

Ad, Soyad: \_\_\_\_\_

**Açıklama ve uyarılar:** Bu sınav toplam 100 puan değerinde 6 sorudan oluşmaktadır. Sınav süresi 90 dakikadır ve tüm soruların yanıtlanması gereklidir. Soruları yanıtlamada kullanılacak  $F$  çizelgesi sorulara ek olarak verilmiştir. Tüm işlemler bu sınav kağıdı üzerinde yapılacaktır. Temel işlemler için basit bir hesap makinesinden yararlanılabilir. Programlanabilir hesap makineleri, cep telefonları ve bir hesap makinesinin birden fazla öğrenci tarafından ortak kullanılması yasaktır. Kopya çekme ve çektirme girişiminde bulunanlar hakkında üniversitenin disiplin kuralları çerçevesinde işlem yapılacaktır. Sınav süresince sınav içeriği ile ilgili soru sormak yasaktır.

## Sorular

1988 yılı için 40 farklı ABD kentindeki toplu taşıma hizmeti talebine ilişkin aşağıdaki çoklu bağlantım modelini ele alalım:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + u_i$$

Burada:

- $Y$  kamu toplu taşıma hizmetine olan talebi (1000 yolcu),
- $X_1$  toplu taşıt bilet fiyatlarını (dolar),
- $X_2$  kişi başına ortalama geliri (dolar),
- $X_3$  kentin nüfusunu (1000 kişi),
- $X_4$  kentin alan büyüklüğünü (mil kare)

göstermektedir. SEK yöntemi ile elde edilen bağlantım bulguları aşağıdaki gibidir:

	katsayı	ölç. hata	t-oranı	p-değeri
const	3332,42	1136,93	2,931	0,0059 ***
X1	-155,920	458,504	-0,3401	0,7358
X2	-0,154192	0,0630940	-2,444	0,0197 **
X3	2,11164	0,122363	17,26	1,08e-18 ***
X4	-4,01673	1,14344	-3,513	0,0012 ***

Bağımlı değişken ort	1933,175	Bağımlı değişken Ö.S.	2431,757
Kalıntı kareleri top	20460786	Bağlanım Ö.H.	764,5874
R-kare	0,911281	Ayarlamalı R-kare	0,901142
F(4, 35)	89,87585	P-değeri (F)	6,60e-18
Log-olabilirlik	-319,6604	Akaike ölçütü	649,3207
Schwarz ölçütü	657,7651	Hannan-Quinn	652,3740

Not: Ö.S. ve Ö.H. ölçünlü sapma ve ölçünlü hatayı göstermektedir.

Sabit terim dışındaki en yüksek p-değerli değişken: 2 (X1)

**TOBB - Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi**  
**İKT351 – Ekonometri I, Dönem Sonu Sınavı**

1. (a) (20 puan) Bağlanım sonuçlarını (1) katsayı tahminleri ve (2) verilerin modele yatkınlık derecesi temelinde dikkatlice yorumlayınız.

**Yanıt:** 3332 büyüklüğündeki  $\hat{\beta}_0$ , toplu taşıma hizmetine olan talepte etkili ancak modelde yer almayan tüm diğer etmenlerin ortalama etkisini göstermektedir.  $\hat{\beta}_1$  değıştirge tahmini istatistik bakımından anlamlı olmadığı için, bilet fiyatlarının toplu taşıma talebi üzerinde bir etkisi olduğunu söyleyemeyiz. Diğer taraftan, -0,154 olarak tahmin edilen  $\hat{\beta}_2$ 'ya göre kişi başına ortalama gelir eğer 1 dolar artarsa, hizmete olan talebin de yaklaşık ortalama 150 kişi azalması beklenmektedir. Diğer katsayıların yorumu da benzer şekilde olup, istatistiksel olarak anlamlı ve kuramsal beklentiler ile uyumludur.  $R^2 = 0,91$  değeri, modelde yer alan değişkenlerin toplu olarak talepteki değişimin yüzde 91'ini açıklayabildiklerini göstermektedir. Buna göre verilerin modele çok iyi derecede yakışıkları söylenebilir.

- (b) (15 puan)  $H_0 : \beta_3 = 2$  sıfır önsavını anlamlılık sınavı yaklaşımı ile ve  $2t$  kuralını uygulayarak sınavınız. Bulduğunuz sonucu tek **bir** tümce ile açıklayınız.

**Yanıt:**  $H_0 : \beta_3 = 2, H_1 : \beta_3 \neq 2$

$$t = \frac{\hat{\beta}_3 - \beta_3^*}{\text{öh}(\hat{\beta}_3)} = \frac{2,11164 - 2}{0,122363} = 0,912$$

$2t$  kuralına göre, serbestlik derecesi  $> 30$  için hesaplanan  $t$  istatistiği eğer mutlak olarak 2'den küçükse (burada olduğu gibi),  $H_0$  önsavı %95 güvenle reddedilmez.

- (c) (20 puan) Belirleme katsayısı  $R^2$ 'nin tanımı ve  $F = \frac{n-k}{k-1} \frac{\text{BKT}}{\text{KKT}}$  eşitliğinden yararlanarak bir çoklu bağlanımın bütününlüğünü anlamlılığını sınavan  $F$  istatistiğini yalnızca  $n$ ,  $k$  ve  $R^2$  değeri ile gösteren formülü türetiniz. Bu formülü ve bağlanım çıktılarını ekte verili olan  $F$  çizelgesi ile birlikte kullanarak eldeki bağlanımın bütününlüğünü sınavınız. Son olarak, bulduğunuz sonucu tek **bir** tümce ile yorumlayınız. (**Not:**  $F$  formülünde yer alan  $n$  gözlem sayısını,  $k$  ise sabit terim ile birlikte tahmin edilen toplam anakütle sayısını göstermektedir.)

**Yanıt:**  $R^2 = \frac{\text{BKT}}{\text{KKT}}$  tanımından yararlanarak aşığıdaki türetmeyi yapabiliriz:

$$\begin{aligned} F &= \frac{n-k}{k-1} \frac{\text{BKT}}{\text{KKT}} = \frac{n-k}{k-1} \frac{\text{BKT}}{\text{TKT} - \text{BKT}} = \frac{n-k}{k-1} \frac{\text{BKT}/\text{TKT}}{1 - (\text{BKT}/\text{TKT})} \\ &= \frac{n-k}{k-1} \frac{R^2}{1 - R^2} \end{aligned}$$

Bağlanım çıktılarından şunu hesaplayabiliriz:

$$F = \frac{40 - 5}{5 - 1} \frac{0,911281}{1 - 0,911281} = 89,88$$

$F$  çizelgesinden  $F_{4,30} = 2,69$  ve  $F_{4,40} = 2,61$  olduğu görülmektedir. Hesaplamış olduğumuz istatistik çizelgeden elde edilen  $F$  değeri büyük olduğu için,  $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$  sıfır önsavı %95 güvenle reddedilir.

**TOBB - Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi**  
**İKT351 – Ekonometri I, Dönem Sonu Sınavı**

Şimdi elimizdeki modele  $X_5 =$  akaryakıt fiyatları (dolar) değişkenini ekleyelim. İkinci modele ait bağlanım sonuçları aşağıdaki gibidir:

	katsayı	ölç. hata	t-oranı	p-değeri
const	2135,44	2729,80	0,7823	0,4395
X1	-191,496	469,411	-0,4079	0,6859
X2	-0,153333	0,0638210	-2,403	0,0219 **
X3	2,08284	0,137318	15,17	1,06e-16 ***
X4	-3,80658	1,23518	-3,082	0,0041 ***
X5	1321,40	2733,30	0,4834	0,6319

Bağımlı değişken ort	1933,175	Bağımlı değişken Ö.S.	2431,757
Kalıntı kareleri top	20321096	Bağlanım Ö.H.	773,0972
R-kare	0,911887	Ayarlamalı R-kare	0,898929
F(5, 34)	70,37325	P-değeri (F)	5,99e-17
Log-olabilirlik	-319,5234	Akaike ölçütü	651,0467
Schwarz ölçütü	661,1800	Hannan-Quinn	654,7106

Not: Ö.S. ve Ö.H. ölçünlü sapma ve ölçünlü hatayı göstermektedir.

Sabit terim dışındaki en yüksek p-değerli değişken: 2 (X1)

- (d) (20 puan) Toplam kareleri toplamı 230624271'dir. Eklenen  $X_5$  açıklayıcı değişkeninin BKT'yi anlamlı biçimde artırıp artırmadığını ölçebilmek için eski ve yeni bağlanımlara ait birer VARÇÖZ çizelgesi düzenleyiniz. Daha sonra,  $X_5$ 'in marjinal katkısının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını sınavan  $F$  değerini hesaplayınız ve (ekteki  $F$  çizelgesine de başvurarak) sınavı sonucunu tek **bir** tümce ile açıklayınız.

**Yanıt:**  $TKT=230624271$ ,  $KKT_{eski}=20460786$ , ve  $KKT_{yeni}=20321096$  verilir. Bu bilgilerden yararlanarak öncelikle  $BKT_{eski} = TKT - KKT_{eski} = 210163485$  ve  $BKT_{yeni} = TKT - KKT_{yeni} = 210303175$  değerlerini hesaplayalım.

Eski bağlanıma ait VARÇÖZ çizelgesi şöyledir:

Değişimin Kaynağı	KT	sd	OKT
Bağlanım	210163485	$(k - 1) = (5 - 1) = 4$	52540871,25
Kalıntılar	20460786	$(n - k) = (40 - 5) = 35$	584593,88
Toplam	230624271	$(n - 1) = (40 - 1) = 39$	591344,85

Yeni bağlanıma ait VARÇÖZ çizelgesi ise şöyledir:

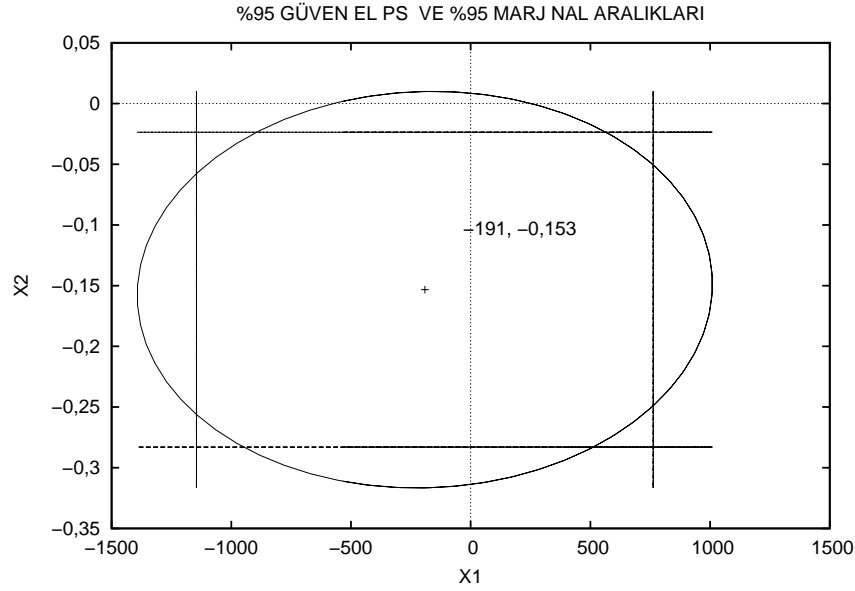
Değişimin Kaynağı	KT	sd	OKT
Bağlanım	210303175	$(k - 1) = (6 - 1) = 5$	42060635
Kalıntılar	20321096	$(n - k) = (40 - 6) = 34$	597679,29
Toplam	230624271	$(n - 1) = (40 - 1) = 39$	591344,85

Çizelgelerden yararlanarak ilgili  $F$  istatistiğini şöyle buluruz:

$$F = \frac{(KKT_{eski} - KKT_{yeni})/m}{KKT_{yeni}/(n - k)} = \frac{(210303175 - 210163485)/1}{20321096/(40 - 6)} = 0,23$$

Hesaplamış olduğumuz  $F$ , çizelgeden elde edilen  $F_{1,30} = 4,17$  değerinden küçük olduğu için,  $X_5$ 'in marjinal katkısının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı sıfır önsavı reddedilmez.

(e) (5 puan) İkinci modele dayanan aşağıdaki çizit neyi göstermektedir? Yorumlayınız.



**Yanıt:** Bu şekil  $\hat{\beta}_1$  ve  $\hat{\beta}_2$  tahminlerinin ortak %95 güven aralıklarını göstermektedir.  $\beta_1$  ve  $\beta_2$  değişirgelerinin tahminine yönelik her 100 deneyin 95'inde elde edilen değerler bu güven elipsinin içinde kalacaktır. Ayrıca, (0,0) noktası elipsin içinde yer aldığı için  $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = 0$  önsavı %95 güvenle reddedilmez.

(f) (20 puan) Elimizdeki (birinci) modele MWD sınavasını uygulamak istediğimizi varsayalım. İlgili sıfır önsavını ve almaşık önsavı yazınız ve bu sınavı yapmak için izleyeceğiniz **altı** adımı dikkatlice sıralayınız. Bulunan sonuçların ne şekilde değerlendirileceğini de vurgulamayı unutmayınız.

**Yanıt:** MWD sınavına ait  $H_0$  : Doğrusal model ve  $H_1$  : Log-doğrusal model önsavları altında izlenmesi gereken sınav adımları şöyledir:

1. Birinci modele ait  $\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{1i} + \hat{\beta}_2 X_{2i} + \hat{\beta}_3 X_{3i} + \hat{\beta}_4 X_{4i}$  bağlanımını tahmin eder ve  $\hat{Y}$ 'yi buluruz.
2. İlgili  $\widehat{\ln Y}_i = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 \ln X_{1i} + \hat{\alpha}_2 \ln X_{2i} + \hat{\alpha}_3 \ln X_{3i} + \hat{\alpha}_4 \ln X_{4i}$  log-doğrusal modelini tahmin eder ve  $\widehat{\ln Y}$ 'yi buluruz.
3.  $Z_1 = \ln \hat{Y} - \widehat{\ln Y}$  değişkenini türetiriz.
4.  $Y$ 'nin  $X$ 'lere ve  $Z_1$ 'e göre bağlanımını hesaplarız. Eğer  $Z_1$ 'in katsayısı bilindik  $t$  sınavı ile istatistiksel olarak anlamlı çıkarsa,  $H_0$ 'ı reddederiz.
5.  $Z_2 = \exp(\widehat{\ln Y}) - \hat{Y}$  değişkenini türetiriz.
6.  $\ln Y$ 'nin  $\ln X$ 'lere ve  $Z_2$ 'ye göre bağlanımını hesaplarız. Eğer  $Z_2$ 'nin katsayısını  $t$  sınavı ile anlamlı bulursak,  $H_1$  savını reddederiz.

**TOBB - Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi**  
**İKT351 – Ekonometri I, Dönem Sonu Sınavı**

**F ÇİZELGESİ ( $\alpha = 0,05$ )**

sd payda	sd pay																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	$\infty$									
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5	241,9	243,9	245,9	248,0	249,1	250,1	251,1	252,2	253,3	254,3									
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	19,40	19,41	19,43	19,45	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49	19,50									
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,74	8,70	8,66	8,64	8,62	8,59	8,57	8,55	8,53									
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63									
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,68	4,62	4,56	4,53	4,50	4,46	4,43	4,40	4,36									
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,94	3,87	3,84	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67									
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,57	3,51	3,44	3,41	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23									
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,28	3,22	3,15	3,12	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93									
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,07	3,01	2,94	2,90	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71									
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54									
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40									
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30									
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,60	2,53	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21									
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13									
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07									
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01									
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96									
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,27	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92									
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88									
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84									
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25	2,18	2,10	2,05	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81									
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,23	2,15	2,07	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78									
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,20	2,13	2,05	2,01	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76									
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,18	2,11	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,79	1,73									
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24	2,16	2,09	2,01	1,96	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71									
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,15	2,07	1,99	1,95	1,90	1,85	1,80	1,75	1,69									
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,20	2,13	2,06	1,97	1,93	1,88	1,84	1,79	1,73	1,67									
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,12	2,04	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,71	1,65									
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,10	2,03	1,94	1,90	1,85	1,81	1,75	1,70	1,64									
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62									
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51									
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39									
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96	1,91	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25									
$\infty$	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,75	1,67	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00									

**Not:** Çizelgede verilen değerler sağ kuyruk yüzdelerini göstermektedir (%161,4=1,614).