



T.C.

**MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ**

**Fen-Edebiyat Fakültesi**

**İstatistik Bölümü**

**2025-2026 Güz Dönemi**

**IST401 Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler**

**Prof. Dr. Gülay BAŞARIR**

**Arş. Gör. Dr. Turgut ÖZALTINDİŞ**

**Sürücü Eğitim Düzeyleri ve Başarı Durumunun  
Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlerle İncelenmesi**

# İçindekiler

<a href="#"><u>VERİ TANIMLAMA</u></a>	3
<a href="#"><u>VERİ ANALİZİ</u></a>	5
<a href="#"><u>Sayısal Değişkenler</u></a>	5
<a href="#"><u>Kategorik Değişkenler</u></a>	8
<a href="#"><u>Korelasyon Matrisi İncelemesi</u></a>	9
<a href="#"><u>MANOVA</u></a>	10
<a href="#"><u>Manova Varsayımlarının Kontrolü</u></a>	10
<a href="#"><u>Tek Yönlü MANOVA</u></a>	13
<a href="#"><u>Çift Yönlü Manova</u></a>	21
<a href="#"><u>Manova Genel Değerlendirme ve Sonuç</u></a>	28
<a href="#"><u>Temel Bileşenler Analizi ve Faktör Analizi</u></a>	29
<a href="#"><u>Temel Bileşenler Analizi</u></a>	29
<a href="#"><u>Faktör Analizi</u></a>	36
<a href="#"><u>Temel Bileşenler Analizi ve Faktör Analizi Genel Değerlendirme ve Sonuç</u></a>	39
<a href="#"><u>Diskriminant Analizi</u></a>	40
<a href="#"><u>Diskriminant Analizi Varsayımlarının Kontrolü</u></a>	40
<a href="#"><u>Lineer Diskriminant Analizi – Binary</u></a>	43
<a href="#"><u>Lineer Diskriminant Analizi – Binary (Stepwise)</u></a>	50
<a href="#"><u>Lineer Diskriminant Analizi – Binary Genel Değerlendirme ve Sonuc</u></a>	53
<a href="#"><u>Lineer Diskriminant Analizi – Multi Group</u></a>	53
<a href="#"><u>Lineer Diskriminant Analizi – Multi Group (Stepwise)</u></a>	64
<a href="#"><u>Lineer Diskriminant Analizi – Multi Group Genel Değerlendirme ve Sonuç</u></a>	67
<a href="#"><u>Lojistik Regresyon Analizi</u></a>	68
<a href="#"><u>Lojistik Regresyon Analizi - Binary</u></a>	70
<a href="#"><u>Lojistik Regresyon Analizi – Binary (Stepwise)</u></a>	76
<a href="#"><u>Lojistik Regresyon Analizi – Multinomial</u></a>	77
<a href="#"><u>Lojistik Regresyon Analizi Genel Değerlendirme ve Sonuç</u></a>	80
<a href="#"><u>Kümeleme Analizi</u></a>	81
<a href="#"><u>Hiyerarşik Kümeleme</u></a>	83
<a href="#"><u>Hiyerarşik Kümeleme (K-Means Kümeleme Yöntemi)</u></a>	85
<a href="#"><u>Hiyerarşik Kümeleme Genel Değerlendirme ve Sonuç</u></a>	88
<a href="#"><u>Genel Sonuç ve Değerlendirme</u></a>	89

# VERİ TANIMLAMA

Bu çalışma kapsamında analiz edilen veri seti, bireylerin sürücü belgesi sınavındaki başarı durumlarını ve bu başarıyı etkileyebilecek demografik, eğitimsel ve performans değişkenlerini içermektedir. Veride 16 değişken ve her bir değişken için 500 gözlem bulunmaktadır. Değişkenler için detaylı açıklamalar aşağıda sunulmuştur:

**Applicant ID :** Her aday için atanmış benzersiz kimlik numarasıdır. Analizlerde kimlik değişkeni kullanılmaz (sadece tanımlayıcıdır).

- Kategorik (benzersiz tanımlayıcı)

**Gender:** Adayların cinsiyetini ifade eder. Cinsiyetin sürüş performansı üzerindeki etkisi literatürde sıkılıkla tartışıldığından analizde yer verilmiştir.

- Kategorik (Male / Female)

**Age Group:** Adayların yaş grubunu gösteren üç seviyeli faktör. Yaşın artması, sürüş becerisi ve sınav performansı üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir.

- Kategorik (Teenager / Young Adult / Middle Age)

**Race:** Adayların ırkı veya etnik kökenidir.

- Kategorik (White, Black, Other)

**Training:** Adayların sınavdan önce aldığı eğitim seviyesini gösteren üç seviyeli faktör.

- Kategorik (None, Basic, Advanced)

**Signals:** Adayın doğru sinyal verme, şerit değiştirme ve şerit içinde kalma performansı. Yüksek puan, doğru ve zamanında sinyal kullanımını gösterir.

- Sürekli (0–100)

**Yield:** Adayın yol verme kurallarına uyum düzeyini ölçer. Düşük değer, öncelik kurallarına uyumsuzluğu gösterir.

- Sürekli (0–100)

**Speed Control:** Adayın hız kontrolü ve hız sınırlarına uyumu. Yüksek puan daha güvenli sürüşü ifade eder.

- Sürekli (0–100)

**Night Drive:** Adayın simüle edilmiş veya gerçek gece sürüş koşullarında performansı. GörSEL algı, araç kontrolü ve dikkat düzeyini içerir.

- Sürekli (0–100)

**Road Signs:** Başvuranın yol işaretlerine aşinalığını ve doğru yorumlamasını gösteren bilgi puanı.

- Sürekli (0–100)

**Steer Control:** Başvuranın normal ve stresli koşullar altında aracı kontrol etme, direksiyon hâkimiyeti becerisi puanı.

- Sürekli (0–100)

**Mirror Usage:** Çeşitli manevralar sırasında aynaları doğru ve tutarlı kullanma puanı. Güvenli sürüste kritik bir beceridir.

- Sürekli (0–100)

**Confidence:** Değerlendircinin, adayların sürüs sırasında sergilediği özgüvene verdiği öznel puanı.

- Sürekli (0–100)

**Parking:** Paralel, açılı ve dik park etme görevleri için değerlendirme puanı.

- Sürekli (0–100)

**Theory Test:** Trafik kuralları, yol işaretleri ve genel sürüs teorisini kapsayan yazılı teorik değerlendirme puanı.

- Sürekli (0–100)

**Reactions:** Adayların sürüs senaryolarına verdiği tepkiyi gösteren üç seviyeli faktör.

- Kategorik (Slow / Average / Fast)

**Qualified:** Adayların ehliyet almaya hak kazanıp kazanmadığını gösteren iki seviyeli faktör.

- Kategorik (Yes / No)

# VERİ ANALİZİ

## Sayısal Değişkenler

### Normallik Testi

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Signals	,021	500	,200 <sup>b</sup>	,998	500	,808
Yield	,041	500	,043	,995	500	,080
SpeedControl	,041	500	,044	,995	500	,080
NightDrive	,028	500	,200 <sup>b</sup>	,997	500	,379
RoadSigns	,049	500	,006	,995	500	,071
SteerControl	,035	500	,185	,996	500	,219
MirrorUsage	,022	500	,200 <sup>b</sup>	,994	500	,067
Confidence	,030	500	,200 <sup>b</sup>	,996	500	,260
Parking	,033	500	,200 <sup>b</sup>	,994	500	,047
TheoryTest	,093	500	,000	,946	500	,000

<sup>a</sup>. This is a lower bound of the true significance.

<sup>b</sup>. Lilliefors Significance Correction

- **H0:** Veri normal dağılmaktadır.
- **H1:** Veri normal dağılmamaktadır

Verideki tüm sayısal değişkenler için %95 güven düzeyine karşılık gelen  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyinde normallik testi uygulanmıştır. Sonuçlara göre bazı değişkenlerin Kolmogorov-Smirnov testi Sig. değerlerinin 0,05'in üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durumda ilgili değişkenler için H0 reddedilemez ve verinin normal dağılım varsayımini sağladığı kabul edilir.

Bu doğrultuda Signals, Night Drive, Steer Control, Mirror Usage, Confidence ve Parking değişkenlerinin 0,05 anlamlılık düzeyinde normal dağıldığı söylenebilir. Aynı zamanda Q-Q grafikleri incelendiğinde, gözlemlerin büyük ölçüde referans doğrusu etrafında yer aldığı görülmektedir. Bu durum değişkenin normal dağılıma yakın olduğunu göstermektedir.

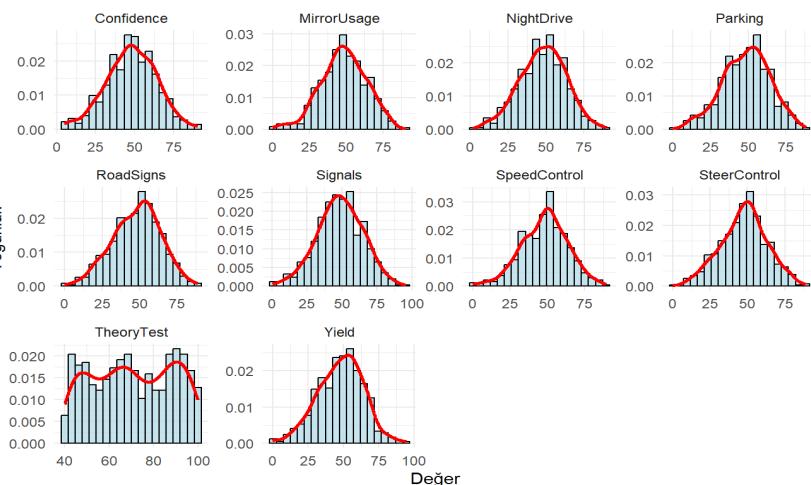
Buna karşılık, normal dağılım testinde  $\text{Sig.} < 0,05$  olan Yield, Speed Control, Road Signs ve Theory Test değişkenleri için H0 reddedilmiş; dolayısıyla bu değişkenlerin normal dağılım varsayımini karşılamadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Normalilik testlerinde bazı değişkenler  $p < 0,05$  ile normal dağılmıyor görünse de örneklem büyülüğu yüksek olduğundan, normalilik testleri küçük sapmalara karşı aşırı hassastır. Bu sebeple dağılımın analize engel oluşturacak derecede bozuk olmadığı kabul edilmiştir.

## Çarpıklık ve Basıklık İncelemesi

Sürüş Performansı Değişkenleri için Histogram & Yoğunluk Grafikleri

Yögenlik



	Variable	Skewness	Kurtosis
## Signals	Signals	-0.11303043	2.911885
## Yield	Yield	-0.22017766	2.987515
## SpeedControl	SpeedControl	-0.23967492	3.099320
## NightDrive	NightDrive	-0.16709422	2.837309
## RoadSigns	RoadSigns	-0.22668133	2.798563
## SteerControl	SteerControl	-0.14109975	2.859387
## MirrorUsage	MirrorUsage	-0.22086172	2.998022
## Confidence	Confidence	-0.14465174	2.891710
## Parking	Parking	-0.22842644	2.800296
## TheoryTest	TheoryTest	-0.03455466	1.736766

### Signals

- Skewness: -0.11: Çok hafif sola çarpık → yüksek sinyal kullanım puanları biraz daha yaygın.
- Kurtosis: 2.91: Normal dağılıma çok yakın.

Dağılım simetrik ve dengeli.

### Yield

- Skewness: -0.22: Hafif sola çarpık → yol verme puanları daha çok orta-üst seviyede toplanmış.
- Kurtosis: 2.98: Normal dağılıma çok yakın.

Performans dağılımı dengeli, düşük değerler az.

### Speed Control

- Skewness: -0.23: Hafif sola çarpık → yüksek hız kontrol puanları daha sık.
- Kurtosis: 3.09: Normalden biraz sivri → adaylar benzer değerlere yakınlaşmış.

Adaylar hız kontrolünde daha başarılı görünüyor.

### Night Drive

- Skewness: -0.16: Simetriye çok yakın, hafif sola çarpık.
- Kurtosis: 2.83: Biraz yayvan.

Gece sürüş puanları geniş bir aralığa yayılmış.

## Road Signs

- Skewness: -0.22: Hafif sola çarpık → yüksek puanlar az da olsa yoğun.
- Kurtosis: 2.79: Normalden yayvan.

Adayalar yol işaretlerini genel olarak orta-iyi seviyede bilmış.

---

## Steer Control

- Skewness: -0.14: Simetrik dağılıma çok yakın.
- Kurtosis: 2.86: Biraz yayvan ama normal yakın.

Direksiyon hakkınıyeti dengeli dağılmış.

---

## Mirror Usage

- Skewness: -0.22: Hafif sola çarpık → yüksek puanlar biraz daha fazla.
- Kurtosis: 2.99: Normal dağılım ile neredeyse aynı.

Aynaların kullanımı genel olarak ortalamanın üzerinde.

---

## Confidence

- Skewness: -0.14: Simetriye çok yakın.
- Kurtosis: 2.89: Normal yakın.

Özgüven puanları dengeli dağılmış.

---

## Parking

- Skewness: -0.22: Hafif sola çarpık → iyi park etme puanları biraz daha yaygın.
- Kurtosis: 2.80: Biraz yayvan.

Park becerileri geniş bir yelpazeye yayılmış fakat düşük puanlar daha az.

---

## Theory Test

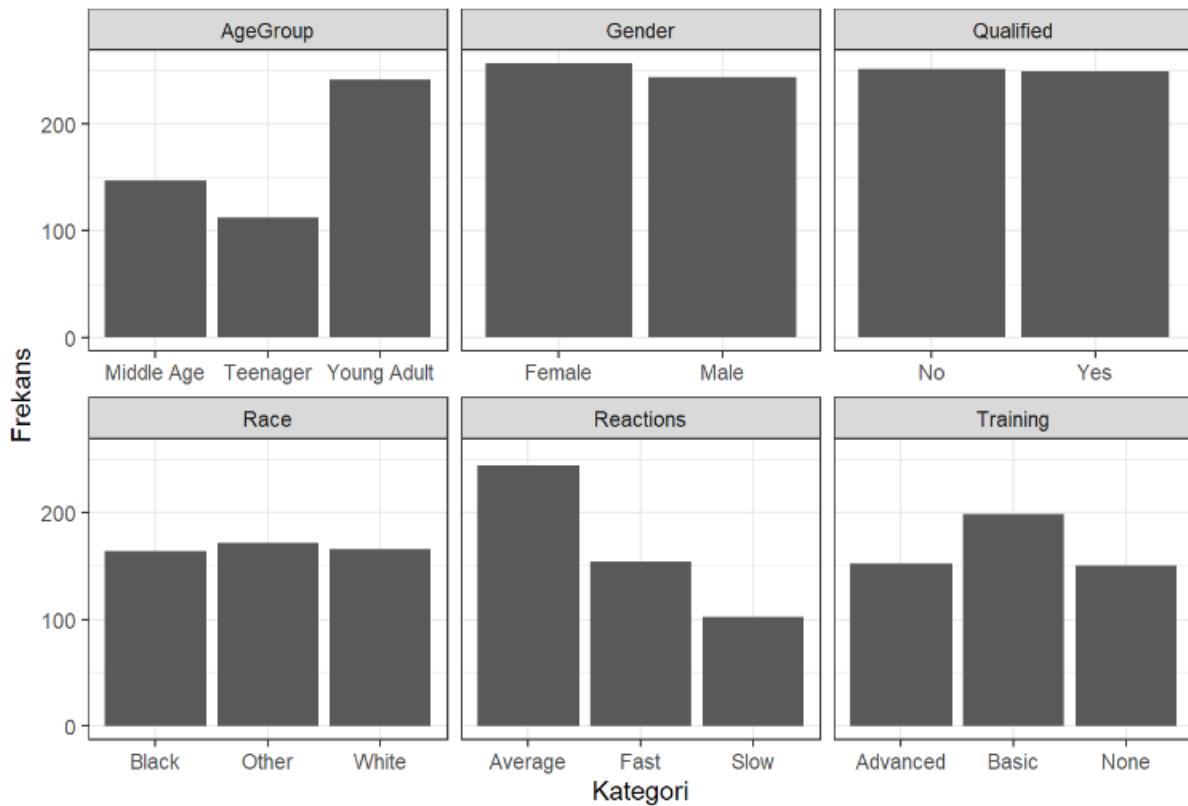
- Skewness: -0.03: Neredeyse tamamen simetrik.
- Kurtosis: 1.73: Belirgin şekilde yayvan

Teori sınavında adaylar geniş bir aralıktaki dağılmış; ortada yığılma yok. Yüksek ve düşük puanlar benzer sıklıkta.

# Kategorik Değişkenler

## Bar Grafiği İncelemesi

Kategorik Değişkenlerin Bar Grafikleri



Verideki kategorik değişkenler için oluşturulan bar grafikleri incelendiğinde:

**Age Group:** Grafikte Young Adult grubunun en yüksek frekansa sahip olduğu görülmektedir. Bunu Middle Age ve Teenager grupları takip etmektedir. Bu durum, veri setinin büyük kısmının genç yetişkinlerden oluştuğunu göstermektedir.

**Gender:** Cinsiyet dağılımı Female ve Male arasında oldukça dengeliidir. Her iki kategori de birbirine yakın sayıda gözleme sahiptir. Bu nedenle veri setinde cinsiyete bağlı bir orantısızlık bulunmamaktadır.

**Qualified:** Sınavı geçen ve geçemeyen bireylerin frekansları birbirine yakındır. Bu durum başarının dengeli olduğunu göstermektedir.

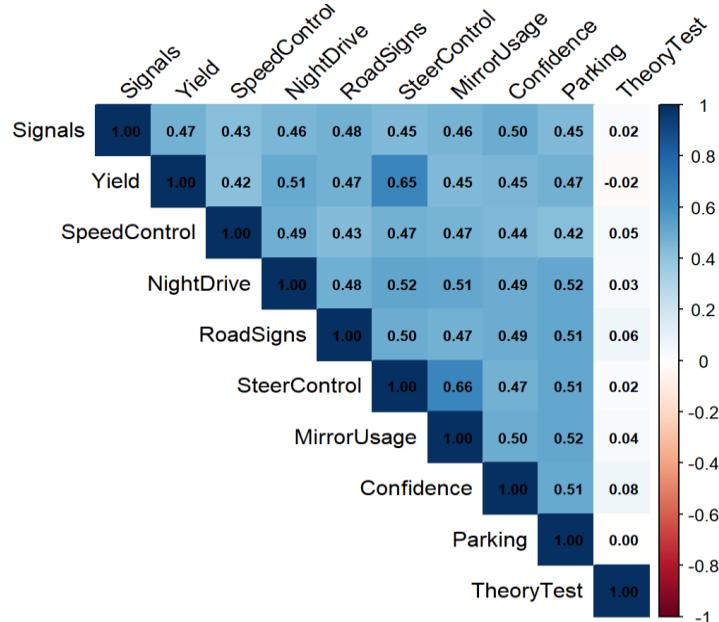
**Race:** Black, White ve Other kategorilerinin frekansları birbirine oldukça yakındır. Veri seti, ırk dağılımı açısından homojen bir yapı göstermektedir.

**Reactions:** En yüksek frekans Average (Ortalama) tepkidedir. Bunu Fast ve en düşük olarak Slow tepki hızları izlemektedir. Bu dağılım, veri setindeki çoğu bireyin normal/ortalama hızda tepki gösterdiğini işaret eder.

**Training:** En yüksek frekans Basic Training kategorisindedir. Bu sonuç, katılımcıların büyük bir kısmının temel seviyede eğitim aldığı göstermektedir.

Kategorilerin dağılımları genel olarak dengeli görülmektedir. Gruplar arasında büyük oransızlıklar olmasa da Age Group, Reactions ve Training değişkenlerinde bazı kategorilerin baskın olduğu görülmektedir.

## Korelasyon Matrisi İncelemesi



Analizler öncesinde bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon katsayısı ile incelenmiştir. Korelasyon matrisi incelediğinde, değişkenler arasında düşük ile orta düzeyde pozitif ilişkiler bulunduğu, ancak çok yüksek korelasyonlara ( $r > 0.90$ ) rastlanmadığı görülmüştür. Değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı problemi yoktur.

Bu durumda bağımlı değişkenler arasında MANOVA'yı gerektirecek düzeyde ilişki vardır, ancak çoklu bağlantı yaratacak kadar yüksek korelasyon bulunmamaktadır

# MANOVA

Sürücü adaylarının performans düzeylerinin **eğitim durumu (Training)** değişkenine göre farklılaşmış farklılaşmadığı incelenmiştir. Araştırmada **Training** değişkeni *None*, *Basic* ve *Advanced* olmak üzere üç düzeyli **tek yönlü faktör** olarak ele alınmıştır.

Bağımlı değişkenler olarak **TheoryTest**, **SpeedControl** ve **Confidence** değişkenleri kullanılmıştır. Bu değişkenlerin birbiriyle ilişkili olması nedeniyle, gruplar arası farkların bütüncül olarak değerlendirilmesi amacıyla **tek yönlü Çok Değişkenli Varyans Analizi (One-Way MANOVA)** uygulanmıştır.

## Manova Varsayımlarının Kontrolü Çok Değişkenli Normallik

```
#Cok Degiskenli Normallik
```

```
drivers %>%
  dplyr::select(TheoryTest, SpeedControl, Confidence) %>%
  mshapiro_test()

## # A tibble: 1 × 2
##   statistic p.value
##       <dbl>    <dbl>
## 1     0.997    0.462
```

- **H0:** Theory Test, Speed Control ve Confidence değişkenlerinden oluşan çok değişkenli veri seti, çok değişkenli normal dağılım göstermektedir.
- **H1:** Theory Test, Speed Control ve Confidence değişkenlerinden oluşan çok değişkenli veri seti, çok değişkenli normal dağılım göstermemektedir.

Çok değişkenli normallik varsayıımı Shapiro-Wilk testi ile incelenmiştir. Test sonucunda p-değeri 0.462 olarak bulunmuş ve 0.05'ten büyük olduğu için ( $H_0$  reddedilemez) çok değişkenli normallik varsayıımının sağlandığı kabul edilmiştir.

## Gözlemlerin Bağımsızlığı

Her gözlem bir sürücü adayına ait olup gözlemler bağımsızdır.

## Varyans Kovaryans Matrislerinin Homojenliği (Box's M)

### Box's Test of Equality of Covariance Matrices<sup>a</sup>

Box's M	25,411
F	2,099
df1	12
df2	1053533,470
Sig.	,014

Tests the null hypothesis that the observed covariance matrices of the dependent variables are equal across groups.

a. Design: Intercept + Training

- **H0:** Gruplara ait varyans–kovaryans matrisleri homojendir.
- **H1:** En az bir grubun varyans–kovaryans matrisi homojen değildir.

Tabloda görüldüğü üzere Sig. =0.014 < p=0.05 olduğundan dolayı H0 reddedilir ve gruplara ait varyans-kovaryans matrislerinin eşit olmadığı söylenebilir.

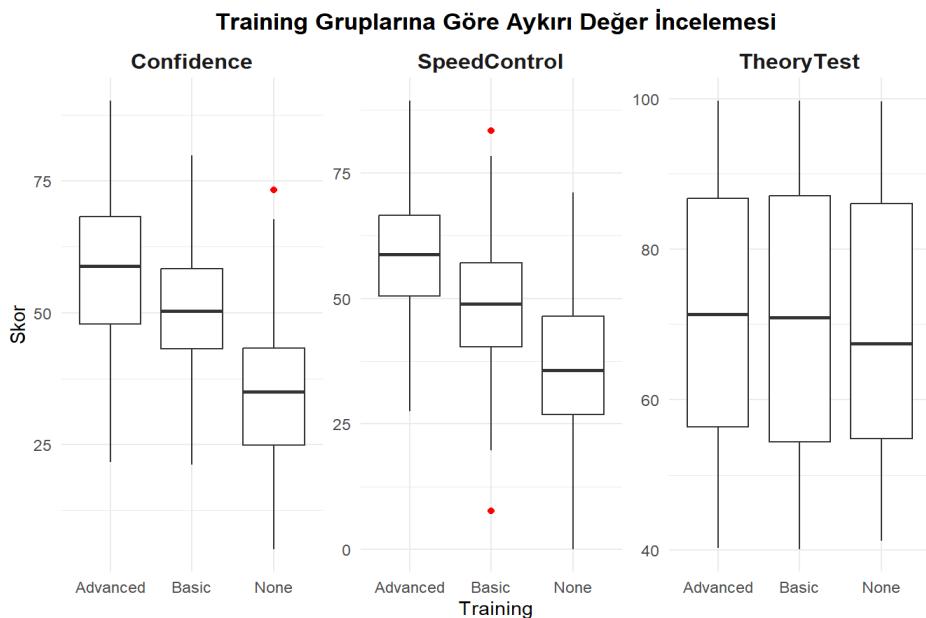
### Between-Subjects Factors

		N
Training	Advanced	152
	Basic	198
	None	150

Verideki Training değişkeninin gözlem sayıları incelendiğinde:

- **En büyük grup / En küçük grup =**  $198 / 150 \approx 1.32$  bulunur.  
 $1.32 \leq 1.5$  olduğundan Training gruplarına ait gözlem sayıları makul düzeyde dengededir. Bu durumda varyans-kovaryans matrislerinin homojenliği varsayıminın bozulumu göz ardı edilebilir.

## Aykırı Değer İncelemesi



Training gruplarına göre oluşturulan kutu grafikleri incelendiğinde, Confidence ve Speed Control değişkenlerinde sınırlı sayıda aykırı gözlem bulunduğu görülmektedir. Ancak bu gözlemler dağılım yapısını bozacak nitelikte değildir. Theory Test değişkeninde ise belirgin bir aykırı değer gözlenmemiştir.

# Tek Yönlü MANOVA

## Tanımlayıcı İstatistikler

Descriptive Statistics				
	Training	Mean	Std. Deviation	N
SpeedControl	Advanced	58,7518	12,05711	152
	Basic	48,5372	12,25492	198
	None	36,1682	14,49217	150
	Total	47,9317	15,60124	500
Confidence	Advanced	58,1305	13,84332	152
	Basic	49,8593	11,66514	198
	None	34,1283	13,66130	150
	Total	47,6544	16,05602	500
TheoryTest	Advanced	71,1237	17,93324	152
	Basic	71,0066	18,00312	198
	None	69,6106	17,68714	150
	Total	70,6234	17,86418	500

Eğitim düzeyine (Eğitim Düzeyi – Training) göre sürücülerin Hız Kontrolü (SpeedControl), Özgüven (Confidence) ve Teorik Bilgi Testi (TheoryTest) puanlarına ait tanımlayıcı istatistikler tabloda verilmiştir. Tabloya göre:

### Hız Kontrolü (SpeedControl)

İleri düzey eğitim alan sürücülerin (Advanced) hız kontrolü puan ortalaması  $58,75 \pm 12,06$  olarak hesaplanmıştır. Temel eğitim alan sürücülerin (Basic) ortalama hız kontrolü puanı  $48,54 \pm 12,25$  iken, herhangi bir eğitim almayan sürücülerin (None) ortalama puanı  $36,17 \pm 14,49$ 'dur.

Bu bulgular, eğitim düzeyi arttıkça hız kontrolü becerisinin belirgin biçimde yükseldiğini göstermektedir.

### Özgüven (Confidence)

Özgüven puanları incelendiğinde, Advanced grubundaki sürücülerin ortalama özgüven düzeyinin  $58,13 \pm 13,84$  olduğu görülmektedir. Basic eğitim alan sürücülerde bu değer  $49,86 \pm 11,67$ , eğitim almayan sürücülerde (None) ise  $34,13 \pm 13,66$  olarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar, eğitim düzeyindeki artışın sürücülerin kendilerine olan güvenlerini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir.

### Teorik Bilgi Testi (TheoryTest)

Teorik bilgi testi puanları değerlendirildiğinde, Advanced grubunun ortalama puanı  $71,12 \pm 17,93$ , Basic grubunun  $71,01 \pm 18,00$  ve None grubunun  $69,61 \pm 17,69$  olarak bulunmuştur.

Teorik bilgi puanları açısından gruplar arasındaki artışlar, hız kontrolü ve özgüven değişkenlerine kıyasla daha az görünülmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, eğitim düzeyi (Training) arttıkça sürücülerin, hız kontrolü (SpeedControl) becerilerinin, özgüven (Confidence) düzeylerinin ve teorik bilgi (TheoryTest) puanlarının artış gösterdiği görülmektedir.

## Multivariate Tests

**Multivariate Tests<sup>a</sup>**

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	Pillai's Trace	,973	5942,647 <sup>b</sup>	3,000	495,000	,000	,973
	Wilks' Lambda	,027	5942,647 <sup>b</sup>	3,000	495,000	,000	,973
	Hotelling's Trace	36,016	5942,647 <sup>b</sup>	3,000	495,000	,000	,973
	Roy's Largest Root	36,016	5942,647 <sup>b</sup>	3,000	495,000	,000	,973
Training	Pillai's Trace	,467	50,429	6,000	992,000	,000	,234
	Wilks' Lambda	,535	60,571 <sup>b</sup>	6,000	990,000	,000	,269
	Hotelling's Trace	,864	71,158	6,000	988,000	,000	,302
	Roy's Largest Root	,859	141,990 <sup>c</sup>	3,000	496,000	,000	,462

a. Design: Intercept + Training

b. Exact statistic

c. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

- **H0:** Training gruplarına göre TheoryTest, SpeedControl ve Confidence değişkenlerinden oluşan çok değişkenli ortalama vektörler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.
- **H1:** Training gruplarına göre TheoryTest, SpeedControl ve Confidence değişkenlerinden oluşan çok değişkenli ortalama vektörler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Kovaryans matrislerinin homojenliği Box's M testi ile incelenmiş ve örneklem büyülüğünün etkisi dikkate alınarak, çok değişkenli analizlerde en güvenli test olarak Pillai's Trace tercih edilmiştir.

Elde edilen bulgular, Training gruplarına göre bağımlı değişkenlerin birlikte ele alındığında istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklılaştığını göstermektedir ( $p < .05$ ). Etki büyülüğü incelediğinde, partial eta kare ( $\eta^2 = 0.23$ ) değeri, Training değişkeninin bağımlı değişkenlerin ortak varyansının yaklaşık %23'ünü açıkladığını ortaya koymaktadır. Bu değer, Cohen'in sınıflamasına göre büyük etki büyülüğü olarak değerlendirilmektedir.

## Test of Between-Subjects Effects

MANOVA sonuçlarında Pillai's Trace istatistiğine göre Training değişkeninin çok değişkenli etkisi anlamlı bulunmuştur. Bu nedenle, farkın hangi bağımlı değişken(ler)den kaynaklandığını belirlemek amacıyla tek değişkenli ANOVA sonuçları incelenmiştir.

**Tests of Between-Subjects Effects**

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	SpeedControl	38625,048 <sup>a</sup>	2	19312,524	115,879	,000	,318
	Confidence	45087,912 <sup>b</sup>	2	22543,956	134,100	,000	,350
	TheoryTest	220,977 <sup>c</sup>	2	110,489	,345	,708	,001
Intercept	SpeedControl	1124827,189	1	1124827,189	6749,159	,000	,931
	Confidence	1103925,387	1	1103925,387	6566,564	,000	,930
	TheoryTest	2450475,278	1	2450475,278	7658,491	,000	,939
Training	SpeedControl	38625,048	2	19312,524	115,879	,000	,318
	Confidence	45087,912	2	22543,956	134,100	,000	,350
	TheoryTest	220,977	2	110,489	,345	,708	,001
Error	SpeedControl	82830,925	497	166,662			
	Confidence	83552,203	497	168,113			
	TheoryTest	159024,311	497	319,968			
Total	SpeedControl	1270181,823	500				
	Confidence	1264112,940	500				
	TheoryTest	2653076,189	500				
Corrected Total	SpeedControl	121455,973	499				
	Confidence	128640,115	499				
	TheoryTest	159245,288	499				

a. R Squared = ,318 (Adjusted R Squared = ,315)

b. R Squared = ,350 (Adjusted R Squared = ,348)

c. R Squared = ,001 (Adjusted R Squared = -,003)

Her bağımlı değişken için hipotezler:

### **SpeedControl**

- **H0:** Training gruplarına göre SpeedControl ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.
  - **H1:** Training gruplarına göre SpeedControl ortalamaları arasında anlamlı bir fark vardır.
- 

### **Confidence**

- **H0:** Training gruplarına göre Confidence ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.
  - **H1:** Training gruplarına göre Confidence ortalamaları arasında anlamlı bir fark vardır.
- 

### **TheoryTest**

- **H0:** Training gruplarına göre TheoryTest ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.
- **H1:** Training gruplarına göre TheoryTest ortalamaları arasında anlamlı bir fark vardır.

Şeklinde kurulmuştur. Buna göre:

Training gruplarına göre 0.05 anlamlılık düzeyinde Confidence ve SpeedControl ( $\text{Sig.} = .00 < .05$ ) ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark varken TheoryTest ( $\text{Sig.} = .708 > .05$ ) ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

## **Levene's Test of Equality of Error Variances**

Tests of Between-Subjects Effects tablosunda SpeedControl ve Confidence değişkenleri için Training faktörüne bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemediğinden bu farklılıkların hangi Training grupları arasında ortaya çıktığını belirlemek ve uygun çoklu karşılaştırma yöntemini seçmek amacıyla hata varyanslarının homojenliği Levene testi ile incelenmiştir.

### The GLM Procedure

Levene's Test for Homogeneity of SpeedControl Variance ANOVA of Squared Deviations from Group Means					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Training	2	397652	198826	3.50	0.0309
Error	497	28227783	56796.3		

Levene's Test for Homogeneity of Confidence Variance ANOVA of Squared Deviations from Group Means					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Training	2	331632	165816	3.33	0.0367
Error	497	24775073	49849.2		

Levene's Test for Homogeneity of TheoryTest Variance ANOVA of Squared Deviations from Group Means					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Training	2	12185.9	6092.9	0.08	0.9224
Error	497	37494487	75441.6		

- **H0:** Gruplara göre varyanslar homojendir.
- **H1:** Gruplara göre varyanslar homojen değildir.

Training gruplarına göre 0.05 anlamlılık düzeyinde SpeedControl ( $p = 0.0309 < 0.05$ ) ve Confidence ( $p = 0.0367 < 0.05$ ) değişkenlerinin hata varyansları homojen değilken TheoryTest ( $p = 0.9224 > 0.05$ ) değişkeninin hata varyansları homojen kabul edilebilmektedir.

Levene testi sonuçlarına göre SpeedControl ve Confidence değişkenlerinde varyans homojenliği varsayımlı sağlanmadığından bu değişkenler için Games–Howell çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. TheoryTest değişkeni için varyans homojenliği sağlanmış olmakla birlikte, tek yönlü ANOVA sonucu anlamlı bulunmadığından (Ortalamar arasında anlamlı bir fark olmadığından) çoklu karşılaştırma yapılmamıştır.

## Multiple Comparisons

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable		(I) Training	(J) Training	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
SpeedControl	Tukey HSD	Advanced	Basic	10,2147*	1,39219	,000
			None	22,5836*	1,48578	,000
		Basic	Advanced	-10,2147*	1,39219	,000
			None	12,3690*	1,39743	,000
		None	Advanced	-22,5836*	1,48578	,000
			Basic	-12,3690*	1,39743	,000
	Tamhane	Advanced	Basic	10,2147*	1,30954	,000
			None	22,5836*	1,53511	,000
		Basic	Advanced	-10,2147*	1,30954	,000
			None	12,3690*	1,46924	,000
		None	Advanced	-22,5836*	1,53511	,000
			Basic	-12,3690*	1,46924	,000
Games-Howell	Advanced	Basic	Basic	10,2147*	1,30954	,000
			None	22,5836*	1,53511	,000
		Basic	Advanced	-10,2147*	1,30954	,000
			None	12,3690*	1,46924	,000
		None	Advanced	-22,5836*	1,53511	,000
			Basic	-12,3690*	1,46924	,000
	Confidence	Advanced	Basic	8,2712*	1,39824	,000
			None	24,0023*	1,40223	,000
		Basic	Advanced	-8,2712*	1,39824	,000
			None	15,7310*	1,40350	,000
		None	Advanced	-24,0023*	1,40223	,000
			Basic	-15,7310*	1,40350	,000
Confidence	Tamhane	Advanced	Basic	8,2712*	1,39572	,000
			None	24,0023*	1,58271	,000
		Basic	Advanced	-8,2712*	1,39572	,000
			None	15,7310*	1,38977	,000
		None	Advanced	-24,0023*	1,58271	,000
			Basic	-15,7310*	1,38977	,000
	Games-Howell	Advanced	Basic	8,2712*	1,39572	,000
			None	24,0023*	1,58271	,000
		Basic	Advanced	-8,2712*	1,39572	,000
			None	15,7310*	1,38977	,000
		None	Advanced	-24,0023*	1,58271	,000
			Basic	-15,7310*	1,38977	,000

Games-Howell çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, SpeedControl ve Confidence değişkenleri açısından eğitim düzeyleri arasındaki tüm ikili karşılaştırmalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

### SpeedControl

- Advanced eğitim düzeyindeki bireylerin SpeedControl puanları, Basic düzeydeki lere göre ortalama 10.21 puan daha yüksektir.
- Advanced eğitim düzeyindeki bireylerin SpeedControl puanları, None grubuna göre ortalama 22.58 puan daha yüksektir.

- Basic eğitim düzeyindeki bireylerin SpeedControl puanları, None grubuna göre ortalama 12.37 puan daha yüksektir.

## Confidence

- Advanced eğitim düzeyindeki bireylerin Confidence puanları, Basic düzeydeki lere göre ortalama 8.27 puan daha yüksektir.
- Advanced eğitim düzeyindeki bireylerin Confidence puanları, None grubuna göre ortalama 24.00 puan daha yüksektir.
- Basic eğitim düzeyindeki bireylerin Confidence puanları, None grubuna göre ortalama 15.73 puan daha yüksektir.

Eğitim düzeyi arttıkça hem SpeedControl hem de Confidence değişkenlerinde artışın yalnızca istatistiksel olarak anlamlı değil, aynı zamanda büyülü açısından da dikkate değer olduğu görülmektedir.

En büyük farklar Advanced – None grupları arasında gözlenmiş; bu durum ileri düzey eğitimin, performans ve özgüven üzerindeki etkisinin nicel olarak da güclü olduğunu göstermektedir.

Sonuçlar, eğitim düzeyinin artmasının bireylerin ilgili becerilerini hem anlamlı hem de pratik açıdan önemli ölçüde geliştirdiğini ortaya koymaktadır.

## Homogeneous Subsets

### SpeedControl

Training	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b,c</sup>	None	150	36,1682	
	Basic	198		48,5372
	Advanced	152		58,7518
	Sig.		1,000	1,000
			1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 166,662.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 163,969.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

### Confidence

Training	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b,c</sup>	None	150	34,1283	
	Basic	198		49,8593
	Advanced	152		58,1305
	Sig.		1,000	1,000
			1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 168,113.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 163,969.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

### TheoryTest

Training	N	Subset	
		1	
Tukey HSD <sup>a,b,c</sup>	None	150	69,6106
	Basic	198	71,0066
	Advanced	152	71,1237
	Sig.		,724

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 319,968.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 163,969.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Homogeneous Subsets tablosunda TheoryTest değişkenine ait tüm eğitim düzeylerinin tek bir alt kümede yer alması, gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığını açıkça göstermektedir. Bu sonuç, daha önce Tests of Between-Subjects Effects analizinde de Training faktörünün TheoryTest üzerindeki etkisinin anlamlı olmadığı yönünde elde edilen bulguları desteklemekte ve analizler arasında tutarlılık sağlamaktadır. Aynı zamanda eğitim düzeyi arttıkça katılımcıların **Confidence** ve **SpeedControl** puanlarının kademeli olarak arttığı ve ileri eğitim düzeylerindeki grupların daha yüksek performans sergilediği görülmektedir.

# Çift Yönlü MANOVA

## Training ve Reactions Değişkenlerine Göre Grup Dağılımları

### Between-Subjects Factors

		N
Training	Advanced	152
	Basic	198
	None	150
Reactions	Average	244
	Fast	154
	Slow	102

Tablo incelendiğinde, Training ve Reactions gruplarının örneklem büyüklüklerinin genel olarak dengeli olduğu görülmektedir. En düşük grup büyüklüğü Reactions-Slow ( $n = 102$ ) olup, analizlerin yürütülmesi için yeterli örneklem sayısı sağlanmıştır.

### Descriptive Statistics

Descriptive Statistics

	Training	Reactions	Mean	Std. Deviation	N
SpeedControl	Advanced	Average	57,7879	11,97124	82
		Fast	61,1553	12,50155	43
		Slow	57,8515	11,49028	27
		Total	58,7518	12,05711	152
	Basic	Average	48,7392	11,24704	89
		Fast	49,1461	11,98869	67
		Slow	47,1376	14,69823	42
		Total	48,5372	12,25492	198
	None	Average	35,1845	15,17380	73
		Fast	35,9039	15,54967	44
		Slow	38,6967	11,22789	33
		Total	36,1682	14,49217	150
	Total	Average	47,7249	15,60741	244
		Fast	48,7158	16,23682	154
		Slow	47,2427	14,68268	102
		Total	47,9317	15,60124	500

Training düzeyi arttıkça SpeedControl ortalaması artmaktadır. En yüksek ortalamalar Advanced, en düşük ortalamalar None grubundadır. Reactions düzeyleri arasında aynı Training içinde büyük farklar yoktur. Bu durum, SpeedControl üzerindeki temel etkinin Training kaynaklı olabileceğine işaret etmektedir.

Confidence	Advanced	Average	56,8804	12,86854	82
		Fast	60,5526	15,29777	43
		Slow	58,0700	14,29674	27
		Total	58,1305	13,84332	152
	Basic	Average	50,4488	11,45094	89
		Fast	49,5427	11,44282	67
		Slow	49,1152	12,65408	42
		Total	49,8593	11,66514	198
	None	Average	34,7537	12,42702	73
		Fast	35,9491	14,74651	44
		Slow	30,3170	14,45301	33
		Total	34,1283	13,66130	150
	Total	Average	47,9145	15,16424	244
		Fast	48,7330	16,38259	154
		Slow	45,4038	17,51530	102
		Total	47,6544	16,05602	500

Confidence puanları Training düzeyi yükseldikçe artmaktadır. Advanced grubunda Confidence değerleri daha yüksektir. Reactions grupları arasında düzenli ve güçlü bir farklılık gözlenmemektedir. Bu durumda Confidence üzerinde Training etkisi vardır, Reactions etkisi zayıftır denilebilir.

TheoryTest	Advanced	Average	71,1689	18,28732	82
		Fast	74,6088	16,94098	43
		Slow	65,4359	17,56686	27
		Total	71,1237	17,93324	152
	Basic	Average	70,2021	17,31559	89
		Fast	72,4325	19,33665	67
		Slow	70,4364	17,51645	42
		Total	71,0066	18,00312	198
	None	Average	70,1718	17,82210	73
		Fast	70,4530	18,03879	44
		Slow	67,2461	17,24130	33
		Total	69,6106	17,68714	150
	Total	Average	70,5180	17,73085	244
		Fast	72,4746	18,27524	154
		Slow	68,0806	17,39485	102
		Total	70,6234	17,86418	500

TheoryTest ortalamaları Training grupları arasında birbirine yakındır. Reactions düzeylerine göre belirgin bir artış veya azalış yoktur. Standart sapmaların yüksek olması bireysel farkların fazla olduğunu göstermektedir. TheoryTest puanları Training ve Reactions değişkenlerine göre belirgin şekilde farklılaşmamaktadır.

## Box's Test of Equality of Covariance Matrices

### Box's Test of Equality of Covariance Matrices<sup>a</sup>

Box's M	49,443
F	1,003
df1	48
df2	148369,687
Sig.	,467

Tests the null hypothesis that the observed covariance matrices of the dependent variables are equal across groups.

a. Design: Intercept + Training + Reactions + Training \* Reactions

- **H0:** Bağımlı değişkenlere ait kovaryans matrisleri, Training ve Reactions grupları arasında eşittir.
- **H1:** Bağımlı değişkenlere ait kovaryans matrisleri, Training ve Reactions grupları arasında eşit değildir.

Kovaryans matrislerinin eşitliği Box's M testi ile incelenmiştir. Test sonucu anlamlı bulunmamıştır ( $\text{Box's M} = 49,443$ ;  $p = 0,467$ ). Bu nedenle, bağımlı değişkenlerin kovaryans matrislerinin gruplar arasında eşit olduğu varsayıımı sağlanmıştır.

## Multivariate Tests

### Multivariate Tests<sup>a</sup>

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	Pillai's Trace	,969	5171,487 <sup>b</sup>	3,000	489,000	,000	,969
	Wilks' Lambda	,031	5171,487 <sup>b</sup>	3,000	489,000	,000	,969
	Hotelling's Trace	31,727	5171,487 <sup>b</sup>	3,000	489,000	,000	,969
	Roy's Largest Root	31,727	5171,487 <sup>b</sup>	3,000	489,000	,000	,969
Training	Pillai's Trace	,441	46,158	6,000	980,000	,000	,220
	Wilks' Lambda	,562	54,388 <sup>b</sup>	6,000	978,000	,000	,250
	Hotelling's Trace	,774	62,914	6,000	976,000	,000	,279
	Roy's Largest Root	,767	125,251 <sup>c</sup>	3,000	490,000	,000	,434
Reactions	Pillai's Trace	,016	1,276	6,000	980,000	,265	,008
	Wilks' Lambda	,985	1,277 <sup>b</sup>	6,000	978,000	,265	,008
	Hotelling's Trace	,016	1,277	6,000	976,000	,265	,008
	Roy's Largest Root	,014	2,250 <sup>c</sup>	3,000	490,000	,082	,014
Training * Reactions	Pillai's Trace	,020	,829	12,000	1473,000	,620	,007
	Wilks' Lambda	,980	,827	12,000	1294,064	,622	,007
	Hotelling's Trace	,020	,825	12,000	1463,000	,625	,007
	Roy's Largest Root	,011	1,366 <sup>c</sup>	4,000	491,000	,244	,011

a. Design: Intercept + Training + Reactions + Training \* Reactions

b. Exact statistic

c. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

Box's M testi sonucunda bağımlı değişkenlerin kovaryans matrislerinin gruplar arasında eşit olduğu varsayımları sağlanmıştır. Bununla birlikte Wilks Lambda esas alınmıştır.

### Training:

- Sig. = 0,000 → 0,05'ten küçük, yani Training faktörü bağımlı değişkenler üzerinde anlamlı bir etkiye sahip.
- Partial Eta Kare = 0,250 → Etki büyüklüğü orta düzeyde, bağımlı değişkenler üzerinde kayda değer bir etkisi olduğunu gösteriyor.

### Reactions:

- Sig. = 0,265 → 0,05'ten büyük, yani Reactions bağımlı değişkenleri anlamlı şekilde etkilemiyor.
- Partial Eta Kare = 0,008 → Etki çok küçük, farkın önemsiz olduğunu destekliyor.

### Training \* Reactions (Etkileşim):

- Sig. = 0,622 → 0,05'ten büyük, etkileşim anlamlı değil.
- Partial Eta Kare = 0,007 → Etki çok küçük.

## Levene's Test of Equality of Error Variances

**Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>**

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
SpeedControl	Based on Mean	1,821	8	491	,071
	Based on Median	1,815	8	491	,072
	Based on Median and with adjusted df	1,815	8	456,754	,072
	Based on trimmed mean	1,820	8	491	,071
Confidence	Based on Mean	,949	8	491	,475
	Based on Median	,946	8	491	,478
	Based on Median and with adjusted df	,946	8	448,759	,478
	Based on trimmed mean	,954	8	491	,472
TheoryTest	Based on Mean	,385	8	491	,929
	Based on Median	,394	8	491	,924
	Based on Median and with adjusted df	,394	8	476,035	,924
	Based on trimmed mean	,385	8	491	,929

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups

a. Design: Intercept + Training + Reactions + Training \* Reactions

- **H0:** Gruplar arası varyanslar homojendir.
- **H1:** Gruplar arası varyanslar homojen değildir.

## SpeedControl

- $p > 0,05 \rightarrow H_0$  reddedilemez  $\rightarrow$  Gruplar arası hata varyansları eşit. Homojenlik sağlanmış.

## Confidence

- $\text{Sig.} = 0,112 > 0,05 \rightarrow H_0$  reddedilemez  $\rightarrow$  Homojenlik sağlanmış.
- 

## TheoryTest

- $\text{Sig.} = 0,087 > 0,05 \rightarrow H_0$  reddedilemez  $\rightarrow$  Homojenlik sağlanmış.

## Test of Between-Subjects Effects

**Tests of Between-Subjects Effects**

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	SpeedControl	39366,959 <sup>a</sup>	8	4920,870	29,433	,000	,324
	Confidence	46183,100 <sup>b</sup>	8	5772,888	34,375	,000	,359
	TheoryTest	2063,099 <sup>c</sup>	8	257,887	,806	,598	,013
Intercept	SpeedControl	984635,286	1	984635,286	5889,411	,000	,923
	Confidence	957569,158	1	957569,158	5701,958	,000	,921
	TheoryTest	2112296,582	1	2112296,582	6598,315	,000	,931
Training	SpeedControl	32368,828	2	16184,414	96,804	,000	,283
	Confidence	41660,528	2	20830,264	124,036	,000	,336
	TheoryTest	233,083	2	116,541	,364	,695	,001
Reactions	SpeedControl	206,620	2	103,310	,618	,539	,003
	Confidence	483,827	2	241,913	1,441	,238	,006
	TheoryTest	1359,638	2	679,819	2,124	,121	,009
Training * Reactions	SpeedControl	554,681	4	138,670	,829	,507	,007
	Confidence	675,336	4	168,834	1,005	,404	,008
	TheoryTest	679,815	4	169,954	,531	,713	,004
Error	SpeedControl	82089,014	491	167,187			
	Confidence	82457,014	491	167,937			
	TheoryTest	157182,189	491	320,127			
Total	SpeedControl	1270181,823	500				
	Confidence	1264112,940	500				
	TheoryTest	2653076,189	500				
Corrected Total	SpeedControl	121455,973	499				
	Confidence	128640,115	499				
	TheoryTest	159245,288	499				

## Hipotezler:

### Training

- **H0:** Training düzeyleri arasında bağımlı değişkenin ortalamaları eşittir.
- **H1:** En az bir Training düzeyi için ortalama farklıdır.

### Reactions

- **H0:** Reactions düzeyleri arasında bağımlı değişkenin ortalamaları eşittir.
- **H1:** En az bir Reactions düzeyi için ortalama farklıdır.

### Training \* Reactions Etkileşimi

- **H0:** Training ve Reactions etkileşimi bağımlı değişkenin ortalamasını etkilemez.
  - **H1:** Training ve Reactions etkileşimi bağımlı değişkenin ortalamasını anlamlı şekilde etkiler.
- 

## Sonuçlar:

### SpeedControl

- **Training:** Sig. = 0,000 → 0,05'ten küçük  
→  $H_0$  reddedilir, Training grupları arasında SpeedControl ortalamaları anlamlı farklılık gösteriyor.
  - Partial Eta Squared = 0,283 → orta-yüksek etki büyülüğu.
  - Yani eğitim düzeyi arttıkça SpeedControl üzerinde kayda değer bir etkisi var.
- **Reactions:** Sig. = 0,539 → 0,05'ten büyük  
→  $H_0$  reddedilemez, Reactions grupları arasında SpeedControl ortalamaları anlamlı farklılık göstermiyor.
- **Training \* Reactions:** Sig. = 0,507 → 0,05'ten büyük  
→  $H_0$  reddedilemez, etkileşim anlamlı değil.

### Confidence

- **Training:** Sig. = 0,000 → 0,05'ten küçük  
→  $H_0$  reddedilir, Training grupları arasında Confidence ortalamaları anlamlı şekilde farklı.
  - Partial Eta Squared = 0,336 → orta-yüksek etki.
- **Reactions:** Sig. = 0,238 → 0,05'ten büyük  
→  $H_0$  reddedilemez, Reactions grupları arasında Confidence ortalamaları arasında anlamlı fark yok.
- **Training \* Reactions:** Sig. = 0,404 → 0,05'ten büyük  
→  $H_0$  reddedilemez, etkileşim anlamlı değil.

## TheoryTest

**Training:** Sig. = 0,695 → 0,05'ten büyük

→  $H_0$  reddedilemez, Training grupları arasında TheoryTest ortalamaları farklı değil.

- Partial Eta Squared = 0,001 → etki çok küçük.

• **Reactions:** Sig. = 0,121 → 0,05'ten büyük

→  $H_0$  reddedilemez, Reactions grupları arasında TheoryTest ortalamaları arasında anlamlı fark yok.

• **Training \* Reactions:** Sig. = 0,713 → 0,05'ten büyük

→  $H_0$  reddedilemez, etkileşim anlamlı değil.

Bağımlı Değişken	Training Etkisi, Partial ETA Squared	Reactions Etkisi	Etkileşim
SpeedControl	Anlamlı, orta-yüksek etki	Anlamlı değil	Anlamlı değil
Confidence	Anlamlı, orta-yüksek etki	Anlamlı değil	Anlamlı değil
TheoryTest	Anlamlı değil, etki çok küçük	Anlamlı değil	Anlamlı değil

## Multiple Comparisons

Bu aşamada Reactions faktörüne ait ana etki istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından ( $p > 0,05$ ), Reactions düzeyleri arasında ortalama farkı olmadığı kabul edilmiş ve bu faktör için çoklu karşılaştırma (post-hoc) analizleri yapılmamıştır.

Çift yönlü MANOVA ve Tests of Between-Subjects Effects sonuçları, yalnızca Training faktörünün SpeedControl ve Confidence değişkenleri üzerinde anlamlı ana etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Etkileşim ve diğer ana etkiler anlamsız olduğundan, analiz başında Training faktörü için gerçekleştirilen çoklu karşılaştırmalar bu aşamada da geçerliliğini korumaktadır.

# Manova Genel Değerlendirme ve Sonuç

- Çalışmada, Training ve Reactions faktörlerinin SpeedControl, Confidence ve TheoryTest üzerindeki etkileri tek yönlü ve çift yönlü MANOVA analizleri ile incelenmiştir.
- Varsayımlar kontrolleri sonucunda, bazı durumlarda normalilik ve varyans–kovaryans homojenliği varsayımlarının tam olarak sağlanmadığı görülmüş; bu nedenle çok değişkenli analizlerde Pillai's Trace istatistiği esas alınmıştır.
- Tek yönlü MANOVA sonuçları, Training faktörünün bağımlı değişkenlerin genelinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir ( $p < 0,05$ ).
- Between-Subjects Effects analizleri, Training değişkeninin özellikle SpeedControl ve Confidence üzerinde anlamlı etkiler yarattığını, TheoryTest üzerinde ise anlamlı bir fark oluşturmadığını ortaya koymuştur.
- Training düzeyleri arasında yapılan çoklu karşılaştırmalar, eğitim seviyesi arttıkça SpeedControl ve Confidence ortalamalarının anlamlı biçimde yükseldiğini göstermiştir.
- Reactions faktörüne ait ana etki, hiçbir bağımlı değişken için istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ). Bu nedenle Reactions değişkeni için post-hoc analizleri yapılmamıştır.
- Çift yönlü MANOVA sonuçları, yalnızca Training faktörünün SpeedControl ve Confidence üzerinde anlamlı etkiye sahip olduğunu doğrulamış; Reactions ana etkisi ile Training × Reactions etkileşimi anlamsız bulunmuştur.
- Etkileşim etkisinin anlamlı olmaması nedeniyle, analiz başında Training için gerçekleştirilen çoklu karşılaştırmaların geçerliliğini koruduğu kabul edilmiştir.
- Elde edilen bulgular, ileri düzey eğitimin sürüs kontrolü ve sürücü özgüveni üzerinde belirleyici bir rol oynadığını, ancak tepki hızının bu ilişkide anlamlı bir farklılaştırıcı olmadığını göstermektedir.

# Temel Bileşenler Analizi ve Faktör Analizi

Drivers veri setinde tanımlanan sayısal değişkenler arasından başlangıçta MANOVA analizinde kullanılan üç bağımlı değişkenin (SpeedControl, Confidence, TheoryTest) birlikte ele alındığında yalnızca tek bir faktör/bileşen oluşturduğu görülmüştür. Bu durum, çok boyutlu yapının yeterince temsil edilemediğine işaret ettiğinden, analizin açıklayıcılığını artırmak amacıyla değişken setinin genişletilmesine karar verilmiştir.

Bu doğrultuda SPSS'te analizler birkaç kez tekrarlanmış, her aşamada elde edilen çıktılar dikkatle değerlendirilmiştir. Son aşamada Communalities tablosu incelendiğinde, SpeedControl değişkeninin ortak varyans değerinin 0,50'nin altında kaldığı görülmüştür. Literatürde yaygın olarak kabul edilen yaklaşımına göre, Communalities değeri 0,50'nin altında kalan diğer değişkenler faktör yapısı tarafından yeterince temsil edilmemekte ve faktör çözümünün kalitesini düşürebilmektedir. Bu nedenle, faktör yapısının daha güçlü ve yorumlanabilir hale gelmesi amacıyla SpeedControl değişkeni analizden çıkarılmıştır.

Değişken çıkarımı sonrasında elde edilen TBA ve FA sonuçlarının daha tutarlı, faktör yüklerinin daha net ayırtıldığı ve açıklanan toplam varyansın arttığı gözlemlenmiştir. Böylece nihai faktör yapısının hem istatistiksel açıdan hem de kuramsal olarak daha sağlam olduğu değerlendirilmiştir.

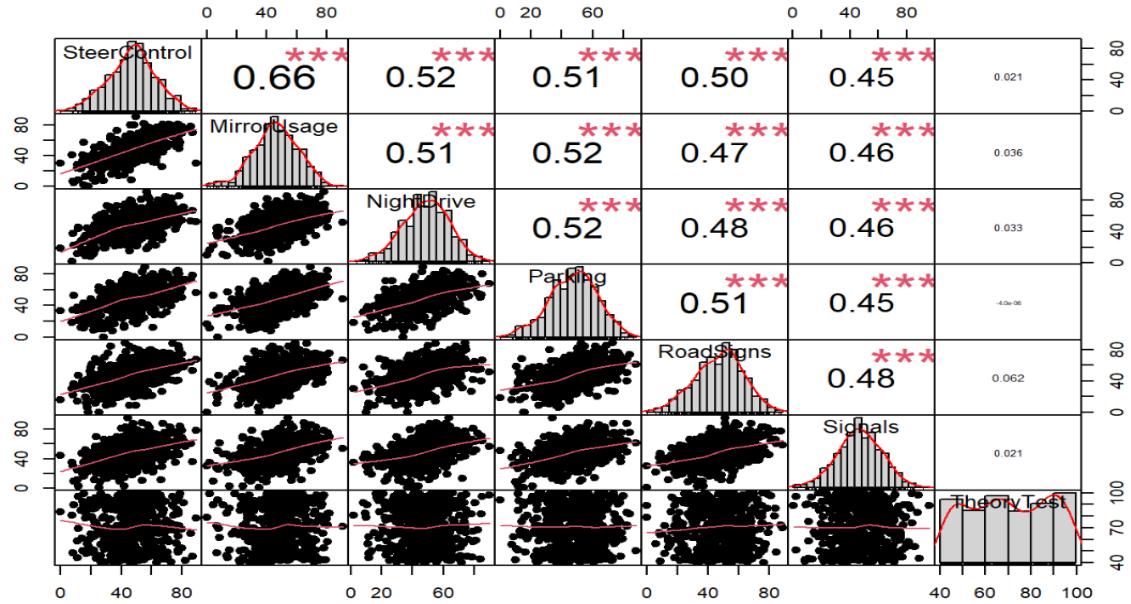
## Temel Bileşenler Analizi

### Korelasyon Analizi

Correlation Matrix<sup>a</sup>

		TheoryTest	Signals	RoadSigns	SteerControl	MirrorUsage	NightDrive	Parking
Correlation	TheoryTest	1,000	,021	,062	,021	,036	,033	,000
Sig. (1-tailed)	TheoryTest		,320	,085	,323	,214	,231	,500
Sig. (1-tailed)	Signals			,490	,448	,462	,458	,446
Sig. (1-tailed)	RoadSigns				,499	,470	,482	,512
Sig. (1-tailed)	SteerControl					,659	,522	,511
Sig. (1-tailed)	MirrorUsage						,512	,516
Sig. (1-tailed)	NightDrive							,516
Sig. (1-tailed)	Parking							

a. Determinant = ,098



Korelasyon matrisi ve saçılım diyagramları incelendiğinde, değişkenlerin bir kısmı arasında orta düzeyde ve istatistiksel olarak anlamlı pozitif ilişkilerin bulunduğu görülmektedir. Korelasyon katsayılarının orta düzeyde (0,40–0,66) olması, değişkenler arasında **aşırı** çoklu doğrusal bağlantı bulunmadığını işaret etmektedir. Bu durum, değişkenler arasında ortak bir yapının varlığına işaret etmekte olup faktör analizinin uygulanmasını uygun kılmaktadır.

TheoryTest değişkeninin diğer değişkenlerle düşük korelasyonlar göstermesi, bu değişkenin ortak faktör yapısına katkısının sınırlı olabileceği işaret etmektedir. Bu nedenle, faktör analizi sonuçlarında TheoryTest'in ayrı bir faktör altında toplanması veya faktör çözümünde farklı bir yapı sergilemesi beklenebilir.

Korelasyon matrisinin determinant değeri 0.098 olarak hesaplanmıştır. Bu değer sıfıra yakın olması değişkenler arasında genel olarak yeterli düzeyde ilişki bulduğunu göstermektedir.

## Inverse Of Correlation Matrix

**Inverse of Correlation Matrix**

	TheoryTest	Signals	RoadSigns	SteerControl	MirrorUsage	NightDrive	Parking
TheoryTest	1,006	,008	-,078	,019	-,033	-,020	,054
Signals	,008	1,528	-,342	-,131	-,235	-,246	-,192
RoadSigns	-,078	-,342	1,677	-,283	-,124	-,248	-,370
SteerControl	,019	-,131	-,283	2,066	-,892	-,304	-,234
MirrorUsage	-,033	-,235	-,124	-,892	2,042	-,259	-,297
NightDrive	-,020	-,246	-,248	-,304	-,259	1,707	-,356
Parking	,054	-,192	-,370	-,234	-,297	-,356	1,731

Korelasyon matrisinin tersinde yer alan köşegen elemanların VIF değerlerini temsil etmesi ve bu değerlerin tamamının 5'in altında olması değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı problemi bulunmadığını göstermektedir

## KMO and Bartlett's Test

**KMO and Bartlett's Test**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	,878
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square 1153,095
	df 21
	Sig. ,000

- **H<sub>0</sub>:** Korelasyon matrisi birim matristir; değişkenler arasında faktör analizi için yeterli düzeyde ilişki yoktur.
- **H<sub>1</sub>:** Korelasyon matrisi birim matris değildir; değişkenler arasında faktör analizi için yeterli düzeyde ilişki vardır.

Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) örneklem yeterlilik katsayısı 0,878 olarak bulunmuştur. Bu değer, örneklemenin faktör analizi için “iyi” düzeyde yeterli olduğunu göstermektedir.

Bartlett Küresellik Testi sonucu istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p < 0,05$  H<sub>0</sub> red). Bu bulgu, korelasyon matrisinin birim matris olmadığını ve değişkenler arasında faktör analizi için yeterli düzeyde ilişki bulunduğuunu göstermektedir.

KMO katsayısının yüksek olması ve Bartlett testinin anlamlı çıkması birlikte değerlendirildiğinde, veri setinin faktör analizi için hem örneklem yeterliliği hem de korelasyon yapısı açısından uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

## Anti-Image Matrices

```
## Kaiser-Meyer-Olkin factor adequacy
## Call: KMO(r = drivers_pca)
## Overall MSA =  0.88
## MSA for each item =
##   SteerControl  MirrorUsage  NightDrive      Parking  RoadSigns  Signals
##       0.85        0.85        0.90        0.90        0.89        0.91
##   TheoryTest
##       0.53
```

SPSS'te elde edilen KMO değeri (0,88), veri setinin faktör analizi için yüksek düzeyde örneklem yeterliliğine sahip olduğunu göstermektedir. R yazılımında gerçekleştirilen değişken bazlı KMO analizleri incelendiğinde, değişkenlerin büyük çoğunluğunun 0,80'in üzerinde değerlere sahip olduğu ve faktör yapısını güçlü biçimde desteklediği görülmüştür. TheoryTest değişkeninin KMO değerinin 0,53 ile kabul edilebilir alt sınırla yer almamasına karşın, genel örneklem yeterliliğini bozmadığı; ancak ortak faktör yapısına katkısının diğer değişkenlere kıyasla daha sınırlı olabileceği işaret ettiği değerlendirilmektedir.

## Total Variance Explained

Component	Total	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
		% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	
1	3,503	50,047	50,047	3,503	50,047	50,047	3,500	50,006	50,006	
2	1,002	14,315	64,362	1,002	14,315	64,362	1,005	14,356	64,362	
3	,630	9,003	73,365							
4	,551	7,868	81,233							
5	,508	7,261	88,495							
6	,469	6,697	95,192							
7	,337	4,808	100,000							

Extraction Method: Principal Component Analysis.

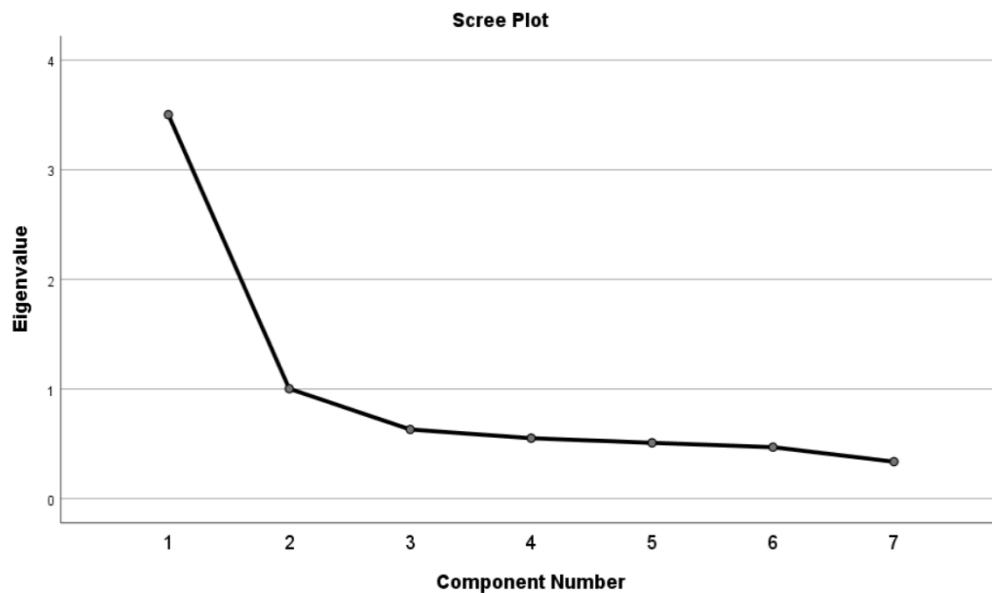
Total Variance Explained tablosu incelendiğinde, özdegeri 1'in üzerinde olan iki bileşenin veri setindeki toplam varyansın önemli bir kısmını açıkladığı görülmektedir.

Birinci bileşenin özdegeri 3,503 olup, toplam varyansın %50,047'sini açıklamaktadır. Bu durum, birinci bileşenin veri setindeki baskın yapıyı temsil ettiğini göstermektedir. İkinci bileşenin özdegeri 1,002 olup, toplam varyansın %14,315'ini açıklamaktadır.

İlk iki bileşen birlikte değerlendirildiğinde, toplam varyansın %64,362'sinin açıklandığı görülmektedir. Her ne kadar ideal hedef olarak toplam varyansın yaklaşık %67 (üçte iki) düzeyinde açıklanması önerilse de bu çalışmada söz konusu oranın sadece 2–3 puan altında kalmıştır. Bu durum katı bir kural olmadığından modelin yapısal yeterliliğini zayıflattığı söylenenemez.

Bileşenlerin yorumlanabilirliğini artırmak amacıyla uygulanan rotasyon işlemi sonrasında, açıklanan kümülatif toplam varyans değeri (%64,362) korunmuştur. Bu durum, rotasyonun veri setindeki toplam bilginin açıklanma oranına katkısını değiştirmediğini gösterir. Ancak, rotasyon varyansı bileşenler arasında yeniden dağıtımıştır: Birinci bileşenin rotasyon sonrası açıkladığı varyans yüzdesi (%50,047'den) %50,006'ya düşerken, İkinci bileşenin açıkladığı varyans yüzdesi (%14,315'ten) %14,356'ya yükselmiştir. Bu yeniden dağıtım, bileşenlerin yüklerinin daha dengeli ve ayrik hale gelmesini sağlayarak, her bir faktörün temsil ettiği yapının daha kolay ve anlamlı bir şekilde yorumlanması olanak tanımıştır.

## Scree Plot



Scree Plot incelendiğinde, birinci ve ikinci bileşenlerden sonra özdeğerlerde belirgin bir kırılma (dirsek noktası) olduğu görülmektedir. Birinci bileşenin ardından hızlı bir düşüş yaşanmakta, ikinci bileşenden sonra ise eğri yataylaşmaktadır. Bu durum, veri setinde anlamlı varyansı esas olarak ilk iki bileşenin açıkladığını ve sonraki bileşenlerin modele sınırlı katkı sağladığını göstermektedir.

## İlk İki Bileşenin Yükleri

	PC1	PC2
## SteerControl	-0.42756556	-0.028125687
## MirrorUsage	-0.42545199	-0.008992672
## NightDrive	-0.40665203	-0.005067369
## Parking	-0.40815131	-0.064265724
## RoadSigns	-0.40019313	0.055790878
## Signals	-0.37853743	-0.015829944
## TheoryTest	-0.02792483	0.995795715

Birinci bileşen, direksiyon hakkımıyeti, aynaların kullanımı, gece sürüüşü, park etme, trafik işaretleri ve hız kontrolü gibi pratik sürüş becerileri ve trafikte aktif davranışları yüksek yüklerle temsil etmektedir. Yüklerin tamamının benzer büyüklükte olması, bu değişkenlerin ortak bir yapı altında toplandığını göstermektedir.

İkinci bileşen neredeyse tamamen TheoryTest değişkeni tarafından temsil edilmektedir. Bu durum, teorik bilginin pratik sürüs becerilerinden ayrı ve bağımsız bir boyut oluşturduğunu göstermektedir.

Birinci ve İkinci Bileşen Denklemleri:

- $TBA\ 1 = -0.427 \cdot SteerControl - 0.425 \cdot MirrorUsage - 0.408 \cdot Parking - 0.406 \cdot NightDrive - 0.400 \cdot RoadSigns - 0.378 \cdot Signals$
- $TBA\ 2 = 0,995 \cdot TheoryTest$

# Faktör Analizi

## Rotated Component Matrix

Rotated Component Matrix <sup>a</sup>		
	Component	
	1	2
SteerControl	,801	
MirrorUsage	,796	
Parking	,766	
NightDrive	,761	
RoadSigns	,747	
Signals	,709	
TheoryTest		,998

Extraction Method: Principal Component Analysis.  
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.<sup>a</sup>

a. Rotation converged in 3 iterations.

Rotated Component Matrix tablosu incelendiğinde, SteerControl (0,801), MirrorUsage (0,796), Parking (0,766), NightDrive (0,761), RoadSigns (0,747) ve Signals (0,709) değişkenlerinin tamamı birinci faktör altında 0,70'in üzerinde yüksek faktör yükleri almıştır.

TheoryTest değişkeni ikinci faktör altında 0,998 gibi son derece yüksek bir faktör yükü göstermiştir. Tek bir değişkenden oluşan faktörlerin yorum gücü sınırlı olmakla birlikte normalde analizden çıkartılıp analiz baştan uygulanmalıdır fakat TheoryTest değişkeni analizden çıkarılarak faktör analizi tekrarlandığında yalnızca tek faktörlü bir yapı elde edilmiştir. Çok boyutlu yapının korunması ve ödev kapsamının gereklilikleri doğrultusunda, TheoryTest değişkeni analizde tutulmuş ve iki faktörlü yapı üzerinden analize devam edilmiştir.

Elde edilen faktör yapısının nicel olarak ifade edilebilmesi amacıyla, her bir faktöre ilişkin bileşen denklemleri aşağıda sunulmuştur.

## Birinci ve İkinci Faktör Denklemleri :

- Faktör 1 = 0,801·SteerControl + 0,796·MirrorUsage + 0,766·Parking + 0,761·NightDrive + 0,747·RoadSigns +0,709·Signals
- Faktör 2 = 0,998·TheoryTest

## Faktör İsimlendirme :

Birinci bileşen/faktör, sürüşe ilişkin pratik uygulamaları ve trafikteki davranışsal becerileri temsil ettiğinden “**Pratik Sürüş Becerileri**” olarak adlandırılmıştır.

İkinci bileşen/faktör ise yalnızca TheoryTest değişkeni tarafından temsil edildiği için “**Teorik Bilgi**” olarak adlandırılmıştır.

## Communalities

Communalities		
	Initial	Extraction
TheoryTest	1,000	,996
Signals	1,000	,502
RoadSigns	1,000	,564
SteerControl	1,000	,641
MirrorUsage	1,000	,634
NightDrive	1,000	,579
Parking	1,000	,588

Extraction Method: Principal Component Analysis.

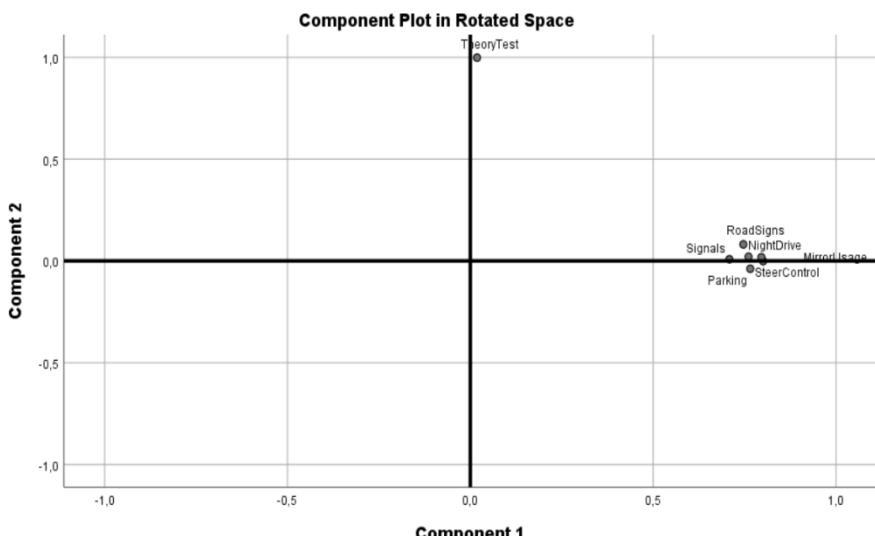
Communalities tablosu incelendiğinde, her bir değişkenin varyansının önemli bir kısmının elde edilen bileşenler tarafından açıklandığı görülmektedir.

- TheoryTest değişkeninin varyansının %99,6'sı, faktör yapısı tarafından açıklanmakta olup bu değişkenin modele son derece güçlü biçimde temsil edildiği anlaşılmaktadır.
- Signals değişkeninin varyansının %50,2'si açıklanmakta olup, bu değer kabul edilebilir alt sınırda yer almakla birlikte değişkenin analizde tutulmasını gerektirecek düzeydedir.

- SteerControl değişkeninin varyansının %64,1'i ve MirrorUsage değişkeninin varyansının %63,4'ü faktörler tarafından açıklanmaktadır. Bu bulgu, söz konusu değişkenlerin ortak yapıyı yüksek düzeyde yansittığını göstermektedir.
- RoadSignals değişkeninin varyansının %56,4'ü, NightDrive değişkeninin varyansının %57,9'u ve Parking değişkeninin varyansının %58,8'i, faktörler tarafından açıklanmakta olup, bu değişkenlerin faktör yapısı tarafından yeterli düzeyde temsil edildiği görülmektedir.

Bu sonuçlar, elde edilen bileşenlerin değişkenleri yeterli düzeyde temsil ettiğini ve faktör yapısının açıklayıcılığının yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

## Component Plot in Rotated Space



Component Plot incelendiğinde, SteerControl, MirrorUsage, Parking, NightDrive, RoadSignals ve Signals değişkenlerinin Component 1 eksenine birbirine yakın konumlandığı görülmektedir. Bu durum, söz konusu değişkenlerin aynı yapıyı temsil ettiğini ve birlikte hareket ettiğini göstermektedir.

TheoryTest değişkeninin ise Component 2 ekseninde tek başına ve diğer değişkenlerden uzak bir konumda yer aldığı görülmektedir. Bu bulgu, TheoryTest değişkeninin diğer değişkenlerden farklı ve bağımsız bir boyut oluşturduğuna işaret etmektedir.

# Temel Bileşenler Analizi ve Faktör Analizi Genel Değerlendirme ve Sonuç

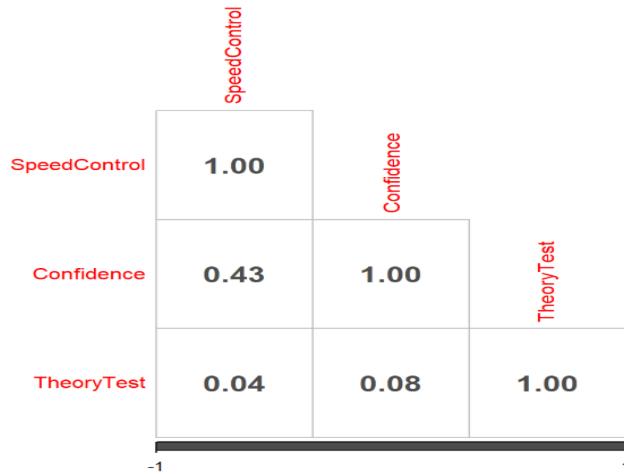
Bu çalışmada öncelikle **Temel Bileşenler Analizi (TBA)** uygulanarak nicel değişkenler arasındaki korelasyon yapısı incelenmiş ve toplam varyansı açıklayan temel bileşenler belirlenmiştir. TBA bulguları, değişkenlerin iki ana bileşen altında toplandığını ve pratik sürüs becerileri ile teorik bilginin birbirinden ayırtığını ortaya koymuştur.

Ardından Faktör Analizi (FA) uygulanarak bu yapının doğrulanması ve daha yorumlanabilir hale getirilmesi amaçlanmıştır. FA sonuçları, TBA ile elde edilen bileşen yapısını desteklemiştir; pratik sürüs becerilerinin bir faktör altında, TheoryTest değişkeninin ise ayrı bir faktör altında toplandığı görülmüştür. Böylece, veri setindeki çok boyutlu yapı hem TBA hem de FA ile tutarlı biçimde ortaya konmuştur.

# Diskriminant Analizi

## Diskriminant Analizi Varsayımlarının Kontrolü

### Çoklu Doğrusal Bağlantı



Değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde, SpeedControl ile Confidence arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki olduğu görülmektedir ( $r \approx 0,43$ ). Bununla birlikte, TheoryTest değişkeninin diğer değişkenlerle olan ilişkileri oldukça düşüktür ( $r \approx 0,04$  ve  $r \approx 0,08$ ).

Çoklu doğrusal bağlantı problemi genellikle korelasyon katsayılarının 0,80–0,90 ve üzerinde olması durumunda ciddi bir sorun olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada değişkenler arasındaki korelasyonlar bu eşik değerlerin oldukça altında kaldığından, çoklu doğrusal bağlantı problemi bulunmamaktadır.

### Normalilik Varsayıımı

Tek Değişkenli Normallik Testleri:

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
SpeedControl	,041	500	,044	,995	500	,080
Confidence	,030	500	,200*	,996	500	,250
TheoryTest	,093	500	,000	,945	500	,000

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

- $H_0$ : Değişken normal dağılıma sahiptir.
- $H_1$ : Değişken normal dağılıma sahip değildir.

### SpeedControl

- Shapiro–Wilk testi:  $p = 0,080 > 0.05$

Buna göre SpeedControl değişkeni normal dağılım varsayımini karşılamaktadır.

### Confidence

- Shapiro–Wilk testi:  $p = 0,250 > 0.05$

Dolayısıyla Confidence değişkeni normal dağılmaktadır.

### TheoryTest

- Shapiro–Wilk testi:  $p < 0,05$

Normallik varsayıımı reddedilmiştir. Bu sonuç, TheoryTest değişkeninin normal dağılımdan sapma gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Normallik testleri sonucunda SpeedControl ve Confidence değişkenlerinin normal dağılım varsayımini sağladığı, TheoryTest değişkeninde ise normallikten sapma olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, örneklem büyülüğünün yüksek olması ve diskriminant analizinin normallik varsayıımıne görece dayanıklı bir yöntem olması nedeniyle, bu sapmanın analizin uygulanabilirliğini ciddi biçimde etkilemediği değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda veri setinin genel olarak diskriminant analizi varsayımlarına uygun olduğu kabul edilmiştir.

### Çok Değişkenli Normallik:

```
## # A tibble: 1 × 2
##   statistic p.value
##       <dbl>    <dbl>
## 1     0.997    0.462
```

- $H_0$ : Değişkenler birlikte çok değişkenli normal dağılıma sahiptir.
- $H_1$ : Çok değişkenli normal dağılım varsayıımı sağlanmamaktadır.

Çok değişkenli normalilik Shapiro-Wilk testi ile incelenmiş ve sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p = 0.462 > 0.05$ )

SpeedControl, Confidence ve TheoryTest değişkenlerinin birlikte çok değişkenli normal dağılım gösterdiği kabul edilmektedir.

## Kovaryans Matrislerinin Homojenliği (Box's M Testi)

İki Gruplu Analiz (Qualified) için Box's M:

```
##  
## Box's M-test for Homogeneity of Covariance Matrices  
##  
## data: drivers_new[, c("SpeedControl", "Confidence", "TheoryTest")] by drivers_new$Qualified  
## Chi-Sq (approx.) = 12.362, df = 6, p-value = 0.05436
```

- **H0:** Grupların kovaryans matrisleri eşittir.
- **H1:** Kovaryans matrisleri eşit değildir.

Qualified değişkeni için kovaryans matrislerinin eşitliği varsayımları sağlanmıştır. ( $p = 0.05436 > 0.05$ )

Çok Gruplu Analiz (Training) için Box's M:

```
##  
## Box's M-test for Homogeneity of Covariance Matrices  
##  
## data: drivers_new[, c("SpeedControl", "Confidence", "TheoryTest")] by drivers_new$Training  
## Chi-Sq (approx.) = 25.1851, df = 12, p-value = 0.01397
```

- **H0:** Grupların kovaryans matrisleri eşittir.
- **H1:** Kovaryans matrisleri eşit değildir.

Training değişkeninin çok düzeyli (multi-group) yapısı için kovaryans matrislerinin eşitliği varsayımları ihlal edilmiştir ( $p = 0.01397 < 0.05$ ). Ancak Box's M testinin büyük örneklerde aşırı duyarlı olması, çoklu normalilik varsayımlının sağlanması ve örneklem büyütüğünün yüksek olması nedeniyle bu ihlalin diskriminant analizinin sonuçlarını ciddi biçimde etkilemeyeceği kabul edilmiştir.

# Lineer Diskriminant Analizi – Binary

Bu bölümde, adayların sürücü belgesi almaya hak kazanma veya kazanmama (Qualified) durumlarını ayırt etmede en etkili olan sürüş becerisi değişkenlerinin (SpeedControl, Confidence, TheoryTest) belirlenmesi amaçlanmıştır. Kurulan Lineer Diskriminant Analizi (LDA) modeli, adayların başarı durumunu en yüksek doğrulukla tahmin eden bir ayırma fonksiyonu oluşturacaktır. Analiz süreci, hem tüm değişkenlerin dahil edildiği standart bir modelle hem de grupları en iyi ayırt eden değişkenlerin seçildiği aşamalı (stepwise) bir yaklaşımla yürütülmüştür.

## Case Processing Summary

Analiz kapsamında yer alan 500 gözlemin tamamı geçerli olup, grup değişkenlerinde veya ayırt edici değişkenlerde herhangi bir eksik ya da geçersiz gözlem bulunmamaktadır. Bu nedenle analizler **tam veri seti** üzerinden gerçekleştirilmiş ve **örneklem kaybı yaşanmamıştır**.

## Group Statistics

**Group Statistics**

Qualified Numerik Kodlama		Mean	Std. Deviation	Valid N (listwise)	
No	SpeedControl			Unweighted	Weighted
No	SpeedControl	40,5316	14,77387	251	251,000
	Confidence	39,4804	14,71545	251	251,000
	TheoryTest	70,5189	18,08287	251	251,000
Yes	SpeedControl	55,3913	12,58655	249	249,000
	Confidence	55,8941	12,83087	249	249,000
	TheoryTest	70,7287	17,67679	249	249,000
Total	SpeedControl	47,9317	15,60124	500	500,000
	Confidence	47,6544	16,05602	500	500,000
	TheoryTest	70,6234	17,86418	500	500,000

Qualified değişkenine göre sınıf ortalamaları incelendiğinde; SpeedControl puanının No grubunda  $40,53 \pm 14,77$ , Yes grubunda ise  $55,39 \pm 12,59$  olduğu ve Yes grubunda belirgin bir artış gösterdiği görülmektedir.

Confidence puanı No grubunda  $39,48 \pm 14,72$ , Yes grubunda  $55,89 \pm 12,83$  olup Yes grubunda daha yüksek düzeydedir.

TheoryTest puanı ise No grubunda  $70,52 \pm 18,08$ , Yes grubunda  $70,73 \pm 17,68$  olarak bulunmuş ve gruplar arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir.

<b>Değişken</b>	<b>No (Grup Ortalaması)</b>	<b>Yes (Grup Ortalaması)</b>	<b>Fark</b>
<b>SpeedControl</b>	40.53	55.39	<b>14.86</b> (Yüksek)
<b>Confidence</b>	39.48	55.89	<b>16.41</b> (En Yüksek)
<b>TheoryTest</b>	70.52	70.73	<b>0.21</b> (Çok Düşük)

## Tests of Equality of Group Means

### Tests of Equality of Group Means

	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Sig.
SpeedControl	,773	146,451	1	498	,000
Confidence	,738	176,596	1	498	,000
TheoryTest	1,000	,017	1	498	,896

- **H0:** Qualified = Yes ve Qualified = No gruplarının ilgili değişken ortalamaları eşittir.
- **H1:** Qualified = Yes ve Qualified = No gruplarının ilgili değişken ortalamaları farklıdır.

Wilks' Lambda test sonuçlarına göre SpeedControl ( $p < 0,05$ ) ve Confidence ( $p < 0,05$ ) değişkenleri için H<sub>0</sub> reddedilmiştir. Bu durum, söz konusu değişkenlerin Qualified grupları arasında anlamlı ortalama farkları bulunduğu ve diskriminant fonksiyonuna anlamlı katkı sağladığını göstermektedir.

Buna karşılık TheoryTest değişkeni için test sonucu anlamlı değildir ( $p = 0,896$ ). Dolayısıyla bu değişken açısından H<sub>0</sub> reddedilememiştir; yani TheoryTest puanları Qualified = No ve Yes grupları arasında anlamlı biçimde farklılaşmamaktadır.

Bu sonuçlar **Group Statistics** tablosu ile tutarlıdır. Nitekim **SpeedControl** ve **Confidence** değişkenlerinin ortalamaları Qualified = Yes grubunda belirgin biçimde daha yüksekken, **TheoryTest** değişkeninin ortalamaları iki grup arasında neredeyse aynıdır. Bu durum, SpeedControl ve Confidence değişkenlerinin grupları ayırt etmede güçlü; TheoryTest'in ise ayırt edici gücünün zayıf olduğunu göstermektedir.

## Log Determinant

Log Determinants		
Qualified Numerik Kodlama	Rank	Log Determinant
No	3	16,428
Yes	3	15,875
Pooled within-groups	3	16,177

The ranks and natural logarithms of determinants printed are those of the group covariance matrices.

Gruplara ait log determinant değerlerinin (16,428 ve 15,875) pooled within-groups değeri (16,177) ile birbirine oldukça yakın olması grupların kovaryans yapılarının benzer olduğunu göstermektedir. Bu durum, diskriminant analizinde kovaryans matrislerinin eşitliği varsayıminın makul ölçüde sağlandığına işaret etmektedir.

## Eigenvalues (Özdeğer)

Eigenvalues				
Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	,518 <sup>a</sup>	100,0	100,0	,584

a. First 1 canonical discriminant functions were used in the analysis.

Analizde yalnızca bir diskriminant fonksiyonu elde edilmiştir ve bu fonksiyon toplam varyansın %100'ünü açıklamaktadır. Özdeğerin 0,518 olması, modelin grupları ayırt etme konusunda orta düzeyde bir ayırt ediciliğe sahip olduğunu göstermektedir.

Kanonik korelasyonun 0,584 (karesi %34,1) olması, bu fonksiyonun bireylerin ait oldukları grup yapısındaki varyansın yaklaşık üçte birini açıkladığını göstermektedir.

## Wilks Lambda

Wilks' Lambda				
Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1	,659	207,094	3	,000

- **H0** : Oluşturulan diskriminant fonksiyonu grupları ayırt etmez; grup merkezleri (çok değişkenli ortalamalar) eşittir.
- **H1** : Diskriminant fonksiyonu grupları ayırt eder; en az bir grubun çok değişkenli ortalaması farklıdır.

Wilks' Lambda değeri 0,659 olarak elde edilmiştir. Buna göre toplam varyansın yaklaşık %65,9'u açıklanamayan varyans olarak kalırken, %34,1'i diskriminant fonksiyonu tarafından açıklanmaktadır.

Bu bulgu, elde edilen diskriminant fonksiyonunun gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ayırt ediciliğe sahip olduğunu göstermektedir.(  $p < 0,05$  olduğundan  $H_0$  reddedilmiştir.) Başka bir ifadeyle, SpeedControl, Confidence ve TheoryTest değişkenlerinin doğrusal birleşimi, bireylerin hangi gruba ait olduğunu ayırt etmede etkilidir.

## Standartlaştırılmış Kanonik Katsayılar

### Standardized Canonical Discriminant Function Coefficients

#### Function

1

	Function
SpeedControl	,578
Confidence	,682
TheoryTest	-,079

Standartlaştırılmış kanonik katsayılar, değişkenlerin diğer değişkenlerin etkisi sabit tutulduğunda fonksiyona olan göreceli katkısını göstermektedir.

Standartlaştırılmış kanonik diskriminant fonksiyon katsayılarına göre modele en yüksek katkıyı Confidence (0,682) değişkeni sağlamaktadır. Bu durum, grupları ayırt etmede Confidence değişkeninin en belirleyici değişken olduğunu göstermektedir.

SpeedControl (0,578) değişkeni de modele anlamlı düzeyde katkı sunmakta olup, ayırt edicilik gücü Confidence'a kıyasla biraz daha düşüktür.

Buna karşılık TheoryTest (-0,079) değişkeninin katsayısı oldukça düşük olup, grupların ayrıştırılmasına katkısının ihmali edilebilir düzeyde olduğu söyleylenebilir.

## Structure Matrix

### Structure Matrix

	Function
Confidence	,828
SpeedControl	,754
TheoryTest	,008

Yapı matrisi sonuçlarına göre Confidence ( $r = 0,828$ ) ve SpeedControl ( $r = 0,754$ ) değişkenleri kanonik diskriminant fonksiyonu ile yüksek düzeyde ilişkilidir ve grupların ayrıştırılmasına en fazla katkıyı sağlayan değişkenlerdir. Buna karşılık TheoryTest ( $r = 0,008$ ) değişkeninin kanonik fonksiyonla ilişkisi yok denecek kadar düşüktür; dolayısıyla grupların ayırt edilmesine anlamlı bir katkı sunmamaktadır. Bu bulgular, ayırımın esas olarak Confidence ve SpeedControl değişkenleri üzerinden gerçekleştiğini göstermektedir.

## Standartlaştırmamış Ayırma Fonksiyonu Katsayıları ve Sabit Terim

Canonical Discriminant Function Coefficients	
	Function 1
SpeedControl	,042
Confidence	,049
TheoryTest	-,004
(Constant)	-4,062
Unstandardized coefficients	

Diskriminant Denklemi :

$$D = -(4,062) + (0,042) \cdot \text{SpeedControl} + (0,049) \cdot \text{Confidence} - (0,004) \cdot \text{TheoryTest}$$

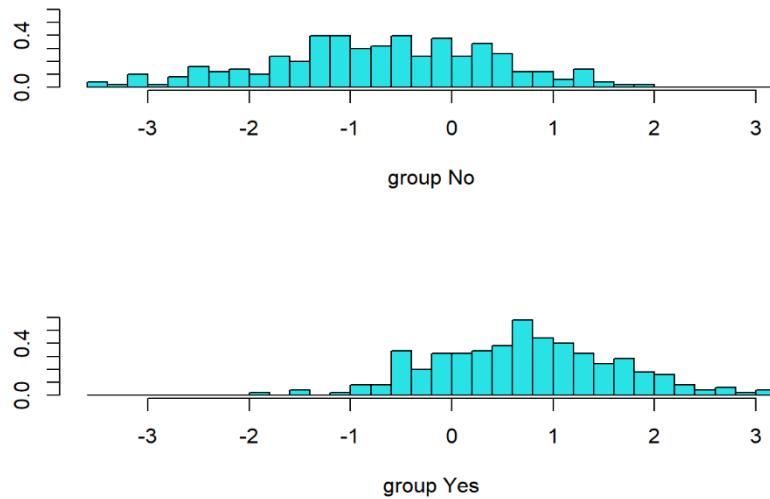
## Functions at Group Centroids

### Functions at Group Centroids

Qualified Numerik Kodlama	Function 1
No	-,715
Yes	,721

Unstandardized canonical  
discriminant functions evaluated at  
group means

Fonksiyon 1 için grup merkezleri No = -0,715 ve Yes = 0,721 olarak elde edilmiştir. Bu değerlerin işaretlerinin zıt ve büyülüklüklerinin birbirine yakın olması, diskriminant fonksiyonunun iki grubu merkezleri üzerinden net biçimde ayırabildiğini göstermektedir. Negatif tarafta “No”, pozitif tarafta ise “Yes” grubunun konumlanması, fonksiyon skorlarının grup ayrimında etkili olduğunu ortaya koymaktadır.



LDA histogramı, Qualified = No ve Qualified = Yes gruplarının kanonik diskriminant skorları açısından farklı bölgelerde yoğunlaştığını göstermektedir. Gruplar arasında kısmi bir örtüşme bulunsa da genel olarak skor dağılımlarının ayırtlığı görülmekte olup, elde edilen diskriminant fonksiyonunun grupları ayırt etmede anlamlı bir ayırt ediciliğe sahip olduğunu göstermektedir.

## Classification Results

### Classification Results<sup>a</sup>

	Qualified Numerik Kodlama	Predicted Group Membership		
		No	Yes	Total
Original Count	No	183	68	251
	Yes	55	194	249
%	No	72,9	27,1	100,0
	Yes	22,1	77,9	100,0

a. 75,4% of original grouped cases correctly classified.

- Gerçekte “No” olan 251 gözlemin 183’ü (%72,9) doğru şekilde No olarak sınıflandırılmıştır. Buna karşılık 68 gözlem (%27,1) gerçekte No olmasına rağmen Yes grubuna atanmıştır. Bu durum, No grubunda yanlış pozitif (false positive) sınıflandırmaların varlığını göstermektedir.,
- Gerçekte “Yes” olan 249 gözlemin 194’ü (%77,9) doğru şekilde Yes olarak sınıflandırılmıştır. Ancak 55 gözlem (%22,1) gerçekte Yes olmasına rağmen No grubuna düşmüştür. Bu da Yes grubunda yanlış negatif (false negative) sınıflandırmalar olduğunu göstermektedir.
- Genel olarak, gözlemlerin %75,4’ü doğru sınıflandırılmıştır, bu da elde edilen diskriminant fonksiyonunun grupları ayırt etmede orta–iyi düzeyde başarılı olduğunu göstermektedir.

## Nispi Şans Kriteri

Önsel olasılıklar:

- No grubu:  $251/500 = 0.502$
- Yes grubu:  $249/500 = 0.498$

Nispi Şans Kriteri:

- $0.502^2 + 0.498^2 \approx 0.252 + 0.248 = 0.500$

Önsel olasılıklara dayalı olarak şans eseri beklenen sınıflandırma doğruluğu yaklaşık %50,0’dır. Diskriminant analizi sonucunda elde edilen gerçek sınıflandırma doğruluğu ise %75,4 olarak bulunmuştur. Bu durum, modelin doğruluk oranının şansa dayalı sınıflandırmaya kıyasla 25,4 yüzde puan daha yüksek olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla kurulan diskriminant modeli, yalnızca rastgele bir atamaya dayalı sınıflandırmadan belirgin biçimde daha başarılıdır ve grupları ayırt etmede anlamlı bir performans sergilemektedir.

## Lineer Diskriminant Analizi – Binary (Stepwise)

Bu aşamada, grupları ayırt etmede en fazla katkıyı sağlayan değişkenlerin belirlenmesi amacıyla **stepwise (adım adım) diskriminant analizi** uygulanmıştır. Bu yöntemde, her adımda modele Wilks’ Lambda değerini en fazla düşüren değişken eklenmekte; katkısı yetersiz olan değişkenler ise modele alınmamaktadır.

## Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

**Variables Entered/Removed<sup>a,b,c,d</sup>**

Step	Entered	Statistic	Wilks' Lambda			Exact F			Sig.
			df1	df2	df3	Statistic	df1	df2	
1	Confidence	,738	1	1	498,000	176,596	1	498,000	,000
2	SpeedControl	,660	2	1	498,000	127,820	2	497,000	,000

At each step, the variable that minimizes the overall Wilks' Lambda is entered.

- a. Maximum number of steps is 6.
- b. Minimum partial F to enter is 3.84.
- c. Maximum partial F to remove is 2.71.
- d. F level, tolerance, or VIN insufficient for further computation.

Stepwise analiz sonucunda ilk adımda Confidence değişkeni modele dahil edilmiştir. Bu değişken tek başına Wilks' Lambda değerini ,738'e düşürmüştür ve modelin grupları ayırt etme gücüne istatistiksel olarak anlamlı katkı sağlamıştır.

İkinci adımda SpeedControl değişkeni modele eklenmiştir. Bu ekleme ile Wilks' Lambda değeri ,660'a kadar düşmüştür ve modelin ayırt ediciliği anlamlı düzeyde artmıştır.

## Variables Not in the Analysis

**Variables Not in the Analysis**

Step		Tolerance	Min. Tolerance	F to Enter	Wilks' Lambda
0	SpeedControl	1,000	1,000	146,451	,773
	Confidence	1,000	1,000	176,596	,738
	TheoryTest	1,000	1,000	,017	1,000
1	SpeedControl	,931	,931	58,613	,660
	TheoryTest	,993	,993	,741	,737
2	TheoryTest	,992	,926	1,048	,659

Başlangıçta (Adım 0) üç değişken de model dışındadır. Bu aşamada Confidence en yüksek F değerine (176,596) ve en düşük Wilks' Lambda'ya (,738) sahip olduğu için modele girme açısından en güçlü değişkendir. SpeedControl da güçlündür ancak Confidence'tan daha zayıftır. TheoryTest ise çok düşük F değeri (.017) nedeniyle ayırt edici değildir.

Birinci adımda Confidence modele alındıktan sonra, model dışında kalan değişkenler yeniden değerlendirilmiştir. Bu aşamada SpeedControl, Wilks' Lambda'yı ,738'den ,660'a düşürme potansiyeline sahip olduğu için hâlâ anlamlı bir katkı sunmaktadır. TheoryTest ise yine düşük F değeri nedeniyle ayırt edici bulunmamıştır.

İkinci adımda SpeedControl da modele alındıktan sonra geriye yalnızca TheoryTest kalmıştır. Bu değişkenin F değeri düşük (1,048) ve Wilks' Lambda'yı anlamlı biçimde azaltmadığı için modele alınmamıştır.

Stepwise analiz sonucunda, Confidence ve SpeedControl grupları ayırt etmede anlamlı katkı sağladığı için modele dahil edilmiş, TheoryTest ise yeterli ayırt ediciliğe sahip olmadığı için model dışında bırakılmıştır.

## Classification Results

		Classification Results <sup>a</sup>		
		Predicted Group Membership		Total
		No	Yes	
Original Count	No	180	71	251
	Yes	57	192	249
	%	71,7	28,3	100,0
	Yes	22,9	77,1	100,0

a. 74,4% of original grouped cases correctly classified.

- Gerçekte "No" olan 251 gözlemin 180'i (%71,7) doğru şekilde No olarak sınıflandırılmıştır. Buna karşılık 71 gözlem (%28,3) gerçekte No olmasına rağmen Yes grubuna atanmıştır. Bu durum, No grubunda yanlış pozitif (false positive) sınıflandırmaların varlığını göstermektedir.

- Gerçekte “Yes” olan 249 gözlemin 192’si (%77,1) doğru şekilde Yes olarak sınıflandırılmıştır. Ancak 57 gözlem (%22,9) gerçekte Yes olmasına rağmen No grubuna düşmüştür. Bu da Yes grubunda yanlış negatif (false negative) sınıflandırmaların olduğunu göstermektedir.
- Genel olarak, gözlemlerin %74,4’ü doğru sınıflandırılmıştır. Bu sonuç, elde edilen diskriminant fonksiyonunun grupları ayırt etmede orta–iyi düzeyde başarılı olduğunu ve rastgele sınıflandırmaya kıyasla anlamlı bir iyileşme sağladığını göstermektedir.

## Lineer Diskriminant Analizi – Binary Genel Değerlendirme ve Sonuç

Kurulan diskriminant analizi modeli, adayların sürücü belgesi alma durumunu (%74,4 doğrulukla) başarıyla tahmin etmiştir. Stepwise analiz ile Confidence ve SpeedControl değişkenlerinin grupları ayırt etmede anlamlı katkı sağladığı; TheoryTest değişkeninin ise ayrımda etkili olmadığı görülmüştür. Model, şansa dayalı sınıflandırmaya kıyasla (%50) yaklaşık 25 yüzde puan daha yüksek doğruluk göstermiştir ve gruplar arasında orta–iyi düzeyde ayırt edici performans sergilemektedir.

## Lineer Diskriminant Analizi – Multi Group

Bu bölümde, adayların sürüs eğitim seviyelerini (Training: None, Basic, Advanced) ayırt etmede en etkili olan sürücü becerisi değişkenlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çok Gruplu LDA modeli, gruplar arasında anlamlı farklılık olup olmadığını ve en yüksek tahmin doğruluğunu hangi değişkenlerin sağladığını inceleyecektir. Üç grup olduğu için, analiz iki adet diskriminant fonksiyonu üretecektir. Analiz süreci, hem **tüm değişkenlerin** dahil edildiği standart bir modelle hem de grupları en iyi ayırt eden değişkenlerin seçildiği **aşamalı (stepwise)** bir yaklaşımla yürütülmüştür.

## Case Processing Summary

Analiz kapsamında yer alan 500 gözlemin tamamı geçerli olup, grup değişkenlerinde veya ayırt edici değişkenlerde herhangi bir eksik ya da geçersiz gözlem bulunmamaktadır. Bu nedenle analizler **tam veri seti** üzerinden gerçekleştirilmiş ve **örneklem kaybı yaşanmamıştır**.

## Group Statistics

Group Statistics

		Valid N (listwise)			
		Mean	Std. Deviation	Unweighted	Weighted
None	SpeedControl	36,1682	14,49217	150	150,000
	Confidence	34,1283	13,66130	150	150,000
	TheoryTest	69,6106	17,68714	150	150,000
Basic	SpeedControl	48,5372	12,25492	198	198,000
	Confidence	49,8593	11,66514	198	198,000
	TheoryTest	71,0066	18,00312	198	198,000
Advanced	SpeedControl	58,7518	12,05711	152	152,000
	Confidence	58,1305	13,84332	152	152,000
	TheoryTest	71,1237	17,93324	152	152,000
Total	SpeedControl	47,9317	15,60124	500	500,000
	Confidence	47,6544	16,05602	500	500,000
	TheoryTest	70,6234	17,86418	500	500,000

Training Numerik Kodlama puanları, sınıflara göre incelendiğinde; SpeedControl puanı None grubunda  $36,17 \pm 14,49$ , Basic grubunda  $48,54 \pm 12,25$  ve Advanced grubunda  $58,75 \pm 12,06$  olarak bulunmuş ve puanların Training seviyesi arttıkça belirgin şekilde yükseldiği görülmektedir.

Confidence puanı None grubunda  $34,13 \pm 13,66$ , Basic grubunda  $49,86 \pm 11,67$  ve Advanced grubunda  $58,13 \pm 13,84$  olup, gruplar arasında artan bir eğilim göstermektedir.

TheoryTest puanı ise None grubunda  $69,61 \pm 17,69$ , Basic grubunda  $71,01 \pm 18,00$  ve Advanced grubunda  $71,12 \pm 17,93$  olarak ölçülmüş ve gruplar arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir.

Değişken	None (Grup Ortalaması)	Basic (Grup Ortalaması)	Advanced (Grup Ortalaması)	Fark (Yükseliş)
SpeedControl	36,17	48,54	58,75	Artış belirgin
Confidence	34,13	49,86	58,13	Artış belirgin
TheoryTest	69,61	71,01	71,12	Çok düşük

## Tests of Equality of Group Means

Tests of Equality of Group Means

	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Sig.
SpeedControl	,682	115,879	2	497	,000
Confidence	,650	134,100	2	497	,000
TheoryTest	,999	,345	2	497	,708

- **H0:** Training Numerik Kodlama grupları (*None, Basic, Advanced*) ilgili değişken ortalamaları eşittir.
- **H1:** Training Numerik Kodlama grupları (*None, Basic, Advanced*) ilgili değişken ortalamaları farklıdır.

Wilks' Lambda test sonuçlarına göre SpeedControl ( $p < 0,05$ ) ve Confidence ( $p < 0,05$ ) değişkenleri için H0 reddedilmiştir. Bu durum, söz konusu değişkenlerin Training grupları arasında anlamlı ortalama farkları bulunduğu ve diskriminant fonksiyonuna anlamlı katkı sağladığını göstermektedir.

Buna karşılık TheoryTest değişkeni için test sonucu anlamlı değildir ( $p = 0,708$ ). Dolayısıyla bu değişken açısından  $H_0$  reddedilememiştir; yani TheoryTest puanları Qualified = No ve Yes grupları arasında anlamlı biçimde farklılaşmamaktadır.

Bu sonuçlar Group Statistics tablosu ile tutarlıdır. Nitekim SpeedControl ve Confidence puanları Training seviyesi arttıkça belirgin biçimde yükselirken, TheoryTest puanları gruplar arasında neredeyse aynıdır. Bu durum, SpeedControl ve Confidence değişkenlerinin grupları ayırt etmede güçlü; TheoryTest'in ise ayırt edici gücünün zayıf olduğunu göstermektedir.

## Log Determinant

Log Determinants		
Training Numerik Kodlama	Rank	Log Determinant
None	3	16,295
Basic	3	15,649
Advanced	3	15,916
Pooled within-groups	3	15,975

The ranks and natural logarithms of determinants printed are those of the group covariance matrices.

Gruplara ait log determinant değerlerinin (None = 16,295; Basic = 15,649; Advanced = 15,916) pooled within-groups değeri (15,975) ile birbirine oldukça yakın olması, grupların kovaryans yapılarının benzer olduğunu göstermektedir. Bu durum, diskriminant analizinde kovaryans matrislerinin eşitliği varsayımlının makul ölçüde sağlandığına işaret etmektedir.

## Eigenvalues (Özdeğer)

Eigenvalues				
Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	,859 <sup>a</sup>	99,4	99,4	,680
2	,005 <sup>a</sup>	,6	100,0	,074

a. First 2 canonical discriminant functions were used in the analysis.

Analizde iki diskriminant fonksiyonu elde edilmiştir; ancak yalnızca **birinci fonksiyon** anlamlıdır ve toplam varyansın %99,4'ünü açıklamaktadır. Özdeğer 0,859 olup, modelin grupları ayırt etme konusunda güçlü bir ayırt ediciliğe sahip olduğunu göstermektedir.

Kanonik korelasyonun 0,680 (karesi %46,2) olması, bu fonksiyonun bireylerin ait oldukları grup yapısındaki varyansın yaklaşık yarısını açıkladığını göstermektedir. İkinci fonksiyon ise varyansın yalnızca %0,6'sını açıklamakta olup, grupları ayırt etmede anlamlı katkı sağlamamaktadır.

## Wilks Lambda

Wilks' Lambda

Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1 through 2	,535	310,189	6	,000
2	,995	2,701	2	,259

- **H0** : Oluşturulan diskriminant fonksiyonu grupları ayırt etmez; grup merkezleri (çok değişkenli ortalamalar) eşittir.
- **H1** : Diskriminant fonksiyonu grupları ayırt eder; en az bir grubun çok değişkenli ortalaması farklıdır.

Wilks' Lambda testi sonucuna göre, 1–2. fonksiyon birlikte anlamlıdır ( $\text{Lambda} = 0,535$ ;  $p < 0,001$ ); bu durum, diskriminant fonksiyonlarının gruplar arasında toplamda istatistiksel olarak anlamlı bir ayırt ediciliğe sahip olduğunu göstermektedir. Buna göre toplam varyansın yaklaşık %53,5'i açıklanamayan varyans olarak kalırken, %46,5'i diskriminant fonksiyonu tarafından açıklanmaktadır.

Ancak ikinci fonksiyon tek başına anlamlı değildir ( $\text{Lambda} = 0,995$ ;  $p = 0,259$ ); yani ikinci fonksiyon grupları ayırt etmede anlamlı katkı sağlamamaktadır. Başka bir ifadeyle, grupları ayırt eden esas fonksiyon birinci fonksiyondur, SpeedControl ve Confidence değişkenlerinin doğrusal birleşimi bireylerin hangi Training grubuna ait olduğunu belirlemekte etkilidir, TheoryTest'in katkısı ise sınırlıdır.

## Structure Matrix

Structure Matrix

	Function	
	1	2
Confidence	,791*	,608
SpeedControl	,735*	-,666
TheoryTest	,038	,177*

Yapı matrisi sonuçlarına göre, birinci kanonik diskriminant fonksiyonu esas olarak **Confidence** ( $r = 0,791$ ) ve **SpeedControl** ( $r = 0,735$ ) değişkenleri üzerinden grupları ayırmaktadır; bu değişkenler fonksiyonla yüksek düzeyde ilişkili olup grupların ayırtılmasına en fazla katkıyı sağlamaktadır.

Buna karşılık **TheoryTest** ( $r = 0,038$ ) değişkeni birinci fonksiyonla ilişkisi çok düşük olduğundan, grupların ayrimında anlamlı bir rol oynamamaktadır. İkinci fonksiyon ise **TheoryTest** ( $r = 0,177$ ) ve **Confidence** ( $r = 0,608$ ) değişkenleri ile sınırlı düzeyde ilişkili olmakla birlikte, fonksiyonun tek başına anlamlı olmaması nedeniyle ( $p = 0,259$ ) grupların ayırtılmasında kayda değer bir katkı sağlamamaktadır.

Bu bulgular, gruplar arasındaki ayrimın büyük ölçüde birinci fonksiyon ve özellikle Confidence ile SpeedControl değişkenleri üzerinden gerçekleştiğini göstermektedir.

Ayrımsama Gücü Endeksi:

- Confidence:  $(0,791^2 \times 0,994) + (0,608^2 \times 0,006) \approx 0,623$
- SpeedControl:  $(0,735^2 \times 0,994) + ((-0,666)^2 \times 0,006) \approx 0,539$
- TheoryTest:  $(0,038^2 \times 0,994) + (0,177^2 \times 0,006) \approx 0,0012$

Toplam ayırtma gücü endeksine göre, grupların ayrimında en yüksek katkıyı Confidence (0,623) ve ardından SpeedControl (0,539) sağlamaktadır. TheoryTest (0,0012) değişkeninin katkısı ihmali edilebilir düzeydedir. Bu bulgular, ayrimın esas olarak Confidence ve SpeedControl değişkenleri üzerinden gerçekleştiğini göstermektedir.

## Standartlaştırılmamış Ayırma Fonksiyonu Katsayıları ve Sabit Terim

### Canonical Discriminant Function Coefficients

	Function	
	1	2
SpeedControl	,048	-,062
Confidence	,053	,056
TheoryTest	-,002	,009
(Constant)	-4,716	-,342

Unstandardized coefficients

Diskriminant Denklemleri :

1.Diskriminant Fonksiyonu (Function 1):

$$D_1 = -4.716 + 0.048 \cdot \text{SpeedControl} + 0.053 \cdot \text{Confidence} - 0.002 \cdot \text{TheoryTest}$$

2.Diskriminant Fonksiyonu (Function 2):

$$D_2 = -0.342 - 0.062 \cdot \text{SpeedControl} + 0.056 \cdot \text{Confidence} + 0.009 \cdot \text{TheoryTest}$$

Diskriminant analizinde elde edilen iki fonksiyonun anlamlılığı Wilks' Lambda testi ile değerlendirilmiştir. Toplamda 1–2. fonksiyon birlikte anlamlıdır ( $\Lambda = 0,535$ ;  $p < 0,05$ ), yani en az bir fonksiyon gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ayırım sağlamaktadır.

İkinci fonksiyon tek başına incelendiğinde anlamlı değildir ( $\Lambda = 0,995$ ;  $p = 0,259$ ). Wilks' Lambda değeri 1'e çok yakın olduğu için, ikinci fonksiyonun gruplar arasındaki çok değişkenli ortalamaları açıklama gücü neredeyse yoktur. Bu durum,  $D_2$ 'nin grupları ayırt etmede istatistiksel olarak anlamlı bir katkı sağlamadığını açıkça göstermektedir.

Dolayısıyla analizde esas olarak  $D_1$  fonksiyonu grupları ayırt etmek için kullanılmalıdır;  $D_2$  fonksiyonu ise teorik olarak hesaplanmış olmasına rağmen, pratikte grupların ayrışmasında etkisizdir.

## Function at Group Centroids

### Functions at Group Centroids

Training Numerik Kodlama	Function	
	1	2
None	-1,282	-,047
Basic	,146	,090
Advanced	1,076	-,071

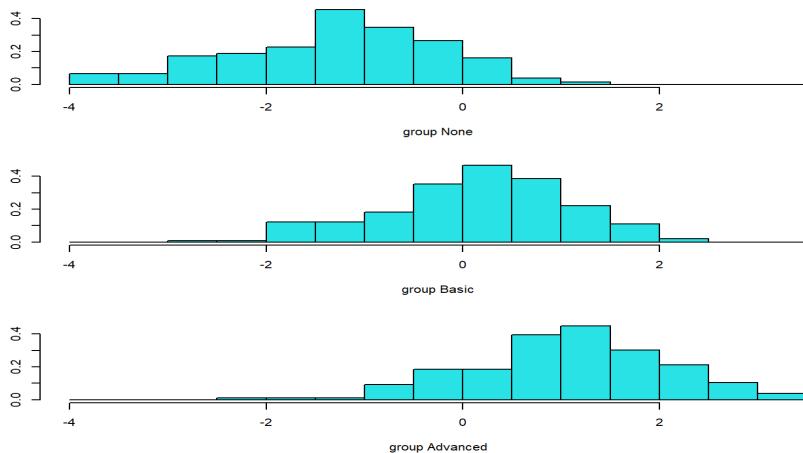
Unstandardized canonical discriminant functions evaluated at group means

Fonksiyon 1'in Rolü: Fonksiyon 1, grupları en iyi ayıran eksendir. None grubu negatif ucta (-1.282), Advanced grubu pozitif ucta (1.076) konumlanırken, Basic grubu merkeze (0.146) yakın konumlanmıştır. Bu fonksiyon, eğitim seviyesine paralel bir süreklilik oluşturmaktadır (Düşük Beceriden Yüksek Beceriyi Ayırt Etme).

Fonksiyon 2'nin Rolü: Fonksiyon 2'deki merkez değerleri birbirine çok yakındır ve sıfıra yakındır (-0.047, 0.090, -0.071). Bu, Fonksiyon 2'nin gruplar arasında anlamlı bir ek ayrim yapmadığını (önceki Wilks' Lambda testiyle tutarlı olarak) göstermektedir.

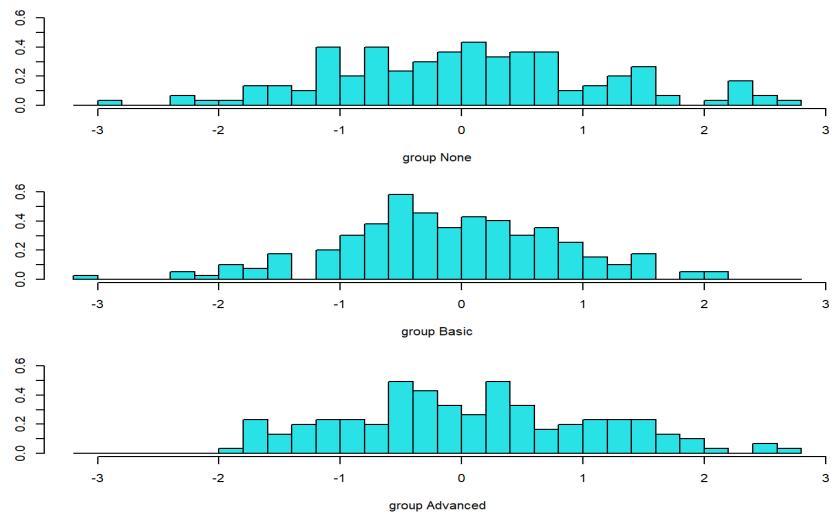
Bu bulgu, Wilks' Lambda testi ile tutarlıdır ( $p = 0,259$ ) ve analizde esas ayrimı sağlayan fonksiyonun Fonksiyon 1 olduğunu doğrulamaktadır.

### Fonksiyon 1 ( $D_1$ ) için LDA Histogramı:



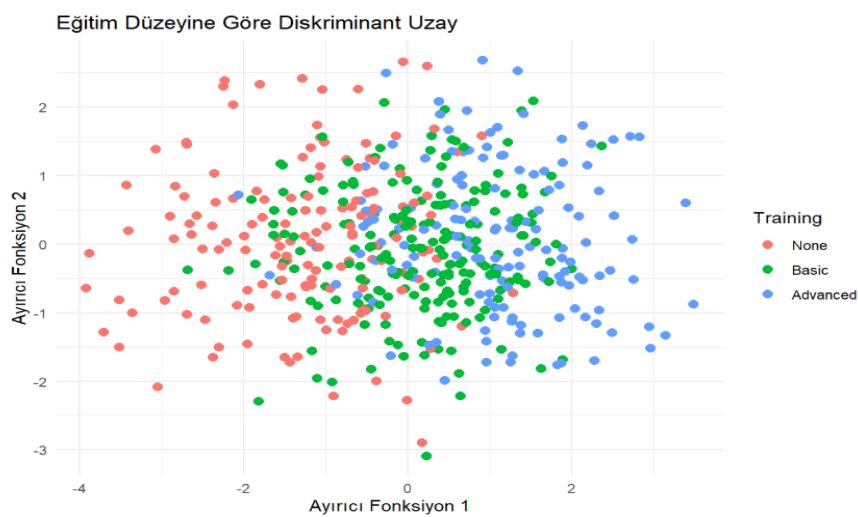
None, Basic ve Advanced gruplarının kanonik diskriminant skorları açısından farklı bölgelerde yoğunlaştığını göstermektedir. Gruplar arasında kısmi bir örtüşme bulunsa da genel olarak skor dağılımları net biçimde ayırmaktadır. Bu durum, elde edilen birinci diskriminant fonksiyonunun grupları ayırt etmede anlamlı ve etkili bir ayırt edici kapasiteye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

### Fonksiyon 2 ( $D_2$ ) için LDA Histogramı:



None, Basic ve Advanced gruplarının kanonik diskriminant skorları açısından yoğunluk dağılımlarını göstermektedir. Histogramda görüldüğü gibi, grupların skor dağılımları büyük ölçüde birbirinin üzerinde ve birbirine yakın konumlanmıştır.

Bu durum, ikinci diskriminant fonksiyonun gruplar arasındaki farkları ayırt etmede anlamlı bir ayırım sağlayamadığını açıkça göstermektedir. Başka bir deyişle,  $D_2$  fonksiyonu grupları ayırt etmede etkisizdir ve analizde esas ayrimı sağlayan fonksiyon  $D_1$ 'dir.



Grafikte görüldüğü gibi, **Fonksiyon 1** (yatay eksen) grupların ana ayrimını sağlamaktadır. Kırmızı noktalar (**None** grubu) sol ucta, mavi noktalar (**Advanced** grubu) ise sağ ucta net bir şekilde konumlanmıştır. Yeşil noktalar (**Basic** grubu) ise iki grubun arasında, merkezde yer almaktadır. Bu, Fonksiyon 1'in eğitim seviyesine paralel bir süreklilik oluşturduğunu doğrular. **Fonksiyon 2** (dikey eksen) boyunca ise gruplar arasında belirgin bir ayrim gözlenmemektedir, bu da Wilks' Lambda testinde Fonksiyon 2'nin anlamsız bulunmasıyla tutarlıdır.

## Classification Results

		Training Numerik Kodlama	Predicted Group Membership			Total
Original	Count		None	Basic	Advanced	
%	None	109	36	5	150	
	Basic	39	99	60	198	
	Advanced	6	32	114	152	
	None	72,7	24,0	3,3	100,0	
	Basic	19,7	50,0	30,3	100,0	
	Advanced	3,9	21,1	75,0	100,0	

a. 64,4% of original grouped cases correctly classified.

- Gerçekte “None” olan 150 gözlemin 109’u (%72,7) doğru şekilde “None” olarak sınıflandırılmıştır. Buna karşın 36 gözlem (%24,0) “Basic” ve 5 gözlem (%3,3) “Advanced” olarak yanlış sınıflandırılmıştır. Bu durum, “None” grubunda yanlış pozitif sınıflandırmaların varlığını göstermektedir.
- Gerçekte “Basic” olan 198 gözlemin 99’u (%50,0) doğru şekilde “Basic” olarak sınıflandırılmıştır. 39 gözlem (%19,7) “None”, 60 gözlem (%30,3) “Advanced” grubuna düşmüştür. Bu da “Basic” grubunda hem yanlış pozitif hem de yanlış negatif sınıflandırmaların olduğunu gösterir.
- Gerçekte “Advanced” olan 152 gözlemin 114’ü (%75,0) doğru şekilde “Advanced” olarak sınıflandırılmıştır. 6 gözlem (%3,9) “None”, 32 gözlem (%21,1) “Basic” grubuna atanmıştır. Bu, “Advanced” grubunda sınıflandırmanın çoğunlukla doğru olduğunu, ancak bazı gözlemlerin diğer gruplara kaydığını gösterir.
- Tüm gözlemlerin %64,4’ü doğru sınıflandırılmıştır. Bu sonuç, elde edilen diskriminant fonksiyonunun üç grubu ayırt etmede orta düzeyde başarılı olduğunu göstermektedir. Özellikle “None” ve “Advanced” gruplarında sınıflandırma daha iyi performans gösterirken, “Basic” grubunda karışıklık daha fazladır.

## Nispi Şans Kriteri

Önsel olasılıklar:

- None grubu:  $150/500 = 0.300$
- Basic grubu:  $198/500 = 0.396$
- Advanced grubu:  $152/500 = 0.304$

Nispi Şans Kriteri:

- $0.300^2 + 0.396^2 + 0.304^2 \approx 0.090 + 0.157 + 0.092 = 0.339$

Önsel olasılıklara dayalı olarak şans eseri beklenen sınıflandırma doğruluğu yaklaşık %33.9’dur. Diskriminant analizi sonucunda elde edilen gerçek sınıflandırma doğruluğu ise %64.4 olarak bulunmuştur. Bu durum, modelin doğruluk oranının şansa dayalı sınıflandırmaya kıyasla 30.5 yüzde puan daha yüksek olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla kurulan diskriminant modeli, yalnızca rastgele bir atamaya dayalı sınıflandırmadan belirgin biçimde daha başarılıdır ve grupları ayırt etmede anlamlı bir performans sergilemektedir.

## Lineer Diskriminant Analizi – Multi Group (Stepwise)

Bu aşamada, grupları ayırt etmede en fazla katkıyı sağlayan değişkenlerin belirlenmesi amacıyla stepwise (adım adım) diskriminant analizi uygulanmıştır. Bu yöntemde, her adımda modele Wilks' Lambda değerini en fazla düşüren değişken eklenmekte; katkısı yetersiz olan değişkenler ise modele alınmamaktadır.

### Variables Entered/Removed

Variables Entered/Removed <sup>a,b,c,d</sup>										
Step	Entered	Statistic	Wilks' Lambda				Exact F			Sig.
			df1	df2	df3	Statistic	df1	df2		
1	Confidence	,650	1	2	497,000	134,100	2	497,000	,000	
2	SpeedControl	,535	2	2	497,000	90,947	4	992,000	,000	

At each step, the variable that minimizes the overall Wilks' Lambda is entered.

- a. Maximum number of steps is 6.
- b. Minimum partial F to enter is 3.84.
- c. Maximum partial F to remove is 2.71.
- d. F level, tolerance, or VIF insufficient for further computation.

Stepwise analiz sonucunda ilk adımda Confidence değişkeni modele dahil edilmiştir. Bu değişken tek başına Wilks' Lambda değerini 0,650'ye düşürmüştür ve modelin grupları ayırt etme gücüne istatistiksel olarak anlamlı katkı sağlamıştır.

İkinci adımda SpeedControl değişkeni modele eklenmiştir. Bu ekleme ile Wilks' Lambda değeri 0,535'e kadar düşmüştür ve modelin ayırt ediciliği anlamlı düzeyde artmıştır.

Stepwise süreci sonunda, TheoryTest değişkeni modele dahil edilmezken, Confidence ve SpeedControl değişkenleri gruplar arasındaki ayrimın açıklanması için yeterli ve en güçlü değişkenler olarak seçilmiştir.

## Variables Not in the Analysis

Variables Not in the Analysis

Step		Tolerance	Min. Tolerance	F to Enter	Wilks' Lambda
0	SpeedControl	1,000	1,000	115,879	,682
	Confidence	1,000	1,000	134,100	,650
	TheoryTest	1,000	1,000	,345	,999
1	SpeedControl	,972	,972	52,880	,535
	TheoryTest	,995	,995	,064	,649
2	TheoryTest	,995	,968	,136	,535

Başlangıçta (Adım 0) üç değişken de model dışındadır. Bu aşamada Confidence en yüksek F değerine (134,100) ve en düşük Wilks' Lambda'ya (0,650) sahip olduğu için modele girme açısından en güçlü değişkendir. SpeedControl da güclüdür ancak Confidence'tan daha zayıftır. TheoryTest ise çok düşük F değeri(0,345) nedeniyle ayırt edici değildir.

Birinci adımda Confidence modele alındıktan sonra, model dışında kalan değişkenler yeniden değerlendirilmiştir. Bu aşamada SpeedControl, Wilks' Lambda'yı 0,650'den 0,535'e düşürme potansiyeline sahip olduğu için hâlâ anlamlı bir katkı sunmaktadır. TheoryTest ise yine düşük F değeri nedeniyle ayırt edici bulunmamıştır.

İkinci adımda SpeedControl da modele alındıktan sonra geriye yalnızca TheoryTest kalmıştır. Bu değişkenin F değeri düşük (0,136) ve Wilks' Lambda'yı anlamlı biçimde azaltmadığı için (Minimum partial F = 3.84 kriterinin altında kalmıştır) modele alınmamıştır.

Stepwise analiz sonucunda, Confidence ve SpeedControl grupları ayırt etmede anlamlı katkı sağladığı için modele dahil edilmiş, TheoryTest ise yeterli ayırt ediciliğe sahip olmadığı için model dışında bırakılmıştır.

## Classification Results

Classification Results<sup>a</sup>

Original	Count	Training Numerik Kodlama	Predicted Group Membership			Total
			None	Basic	Advanced	
%	None	None	109	36	5	150
	Basic	Basic	39	99	60	198
	Advanced	Advanced	6	32	114	152
			72,7	24,0	3,3	100,0
			19,7	50,0	30,3	100,0
			3,9	21,1	75,0	100,0

a. 64,4% of original grouped cases correctly classified.

- Gerçekte “Basic” olan 198 gözlemin 99’u (%50.0) doğru şekilde Basic olarak sınıflandırılmıştır. Ancak 99 gözlem (%50.0) yanlış grumlara düşmüştür. Bu yanlış sınıflandırmaların büyük çoğunluğu (%30.3) Basic grubunun bir üst seviyesi olan Advanced grubuna atanmıştır. Bu durum, Basic ve Advanced grupları arasındaki ayrımlı çizgisinin diğerlerine göre daha bulanık olduğunu göstermektedir.
- Gerçekte “Advanced” olan 152 gözlemin 114’ü (%75.0) doğru şekilde Advanced olarak sınıflandırılmıştır. Sadece 38 gözlem (%25.0) yanlışlıkla None (%3.9) veya Basic (%21.1) gruplarına atanmıştır. Advanced grubunun doğru sınıflandırma oranı, tüm gruplar arasında en yüksek orandır.
- Genel olarak, gözlemlerin %64.4’ü doğru sınıflandırılmıştır. Bu sonuç, elde edilen discriminant fonksiyonunun üç eğitim grubunu ayırt etmede orta düzeyde başarılı olduğunu ve rastgele sınıflandırmaya kıyasla anlamlı bir iyileşme sağladığını göstermektedir.

## Lineer Diskriminant Analizi – Multi Group Genel Değerlendirme ve Sonuç

Kurulan çok gruplu diskriminant analizi modeli, adayların **sürücü eğitim seviyelerini** (%64.4 doğrulukla) başarıyla tahmin etmiştir. Stepwise analiz ile **Confidence** ve **SpeedControl** değişkenlerinin grupları ayırt etmede anlamlı katkı sağladığı TheoryTest değişkeninin ise ayrımda etkili olmadığı görülmüştür. Model, şansa dayalı sınıflandırmaya kıyasla (%33.9) yaklaşık **30.5 yüzde puan daha yüksek** doğruluk göstermiştir ve gruplar arasında **orta düzeyde** ayırt edici performans sergilemektedir. Özellikle **None** (%72.7) ve **Advanced** (%75.0) gruplarını başarılı bir şekilde sınıflandırırken, Basic grubunun ayırt edilmesinde (%50.0) daha fazla zorlanmıştır.

# Lojistik Regresyon Analizi

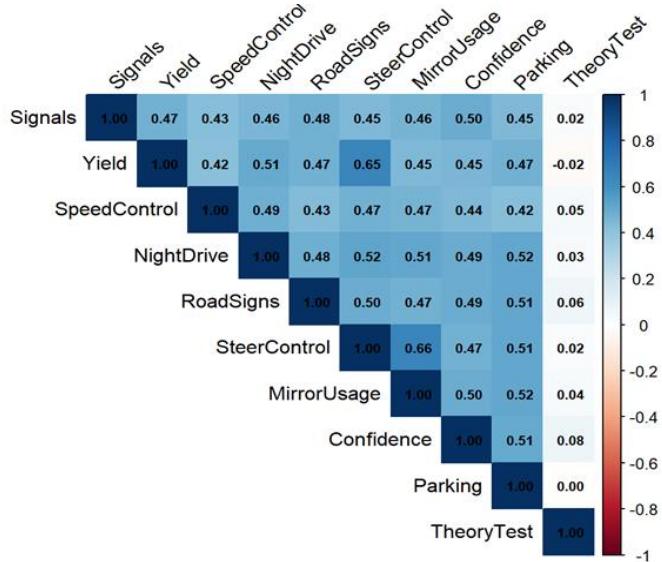
Bu çalışmada sürücülerin başarı durumu (Qualified) ve eğitim düzeyi (Training) ile ilişkili faktörlerin incelenmesi amacıyla lojistik regresyon yöntemleri kullanılmıştır. Analizlerde hem ikili (binary) lojistik regresyon hem de çok kategorili (multinomial) lojistik regresyon modelleri kurulmuştur. Bu yaklaşım, bağımlı değişkenlerin yapısına uygun olarak farklı regresyon türleriyle ilişkilerin karşılaştırılmalı biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Bağımsız değişkenler, sürüs performansını ve teorik bilgi düzeyini temsil eden ölçütler arasından seçilmiştir. Bu kapsamında SpeedControl (hız kontrolü), Confidence (özgüven) ve TheoryTest (teorik sınav puanı) değişkenleri, sürücünün hem uygulamalı hem de teorik yeterliliğini yansıttığı için modele dahil edilmiştir. Bu değişkenlerin, sürücünün başarılı olup olmaması ve aldığı eğitim seviyesini açıklamada anlamlı katkı sağlayabileceği varsayılmıştır.

İlk aşamada, Qualified (Yes/No) değişkeni bağımlı değişken olarak ele alınarak binary lojistik regresyon modeli kurulmuştur. Ardından modelin daha yalın ve açıklayıcı bir yapıya kavuşması amacıyla geri yönlü (backward) stepwise seçim yöntemi uygulanmıştır

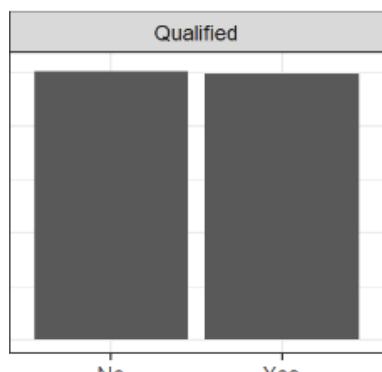
İkinci aşamada ise bağımlı değişken olarak Training (None, Basic, Advanced) kullanılarak multinomial lojistik regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu modelde de aynı bağımsız değişkenler kullanılmış ve geri yönlü stepwise yöntemle en uygun model belirlenmiştir.

## Korelasyon Matrisi



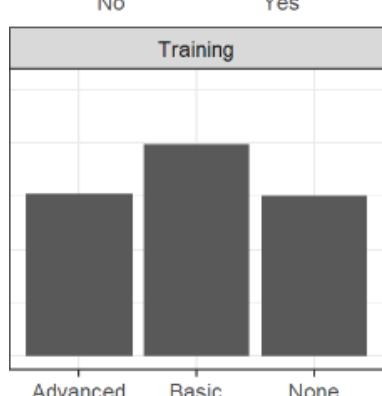
Korelasyon matrisi sonuçları, lojistik regresyon analizinde gerekli olan çoklu doğrusal bağlantı olmaması varsayıminın sağlandığını göstermektedir.

## Bağımlı Değişken Düzeylerinin Dengesi



### Binary Lojistik Regresyon (Qualified)

- Bar grafikleri ve frekans dağılımları incelendiğinde, Qualified (Yes/No) değişkeninin her iki kategorisinin de birbirine yakın sayıda gözleme sahip olduğu görülmektedir.
- Dolayısıyla lojistik regresyon analizinde katsayı tahminlerinin yanlışmasına yol açabilecek bir dengesizlik sorunu bulunmamaktadır.



### Multinomial Lojistik Regresyon (Training)

- Training (None, Basic, Advanced) değişkeninin frekans dağılımı incelendiğinde, Basic kategorisinin diğer kategorilere kıyasla daha yüksek frekansa sahip olduğu görülmekle birlikte, None ve Advanced düzeylerinin de yeterli sayıda gözlem içeriği anlaşılmaktadır.
- Bu yapı, multinomial lojistik regresyon modelinde her bir kategori için güvenilir olasılık tahminlerinin elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

# Lojistik Regresyon Analizi - Binary

## Variables Not in the Equation

Variables not in the Equation					
			Score	df	Sig.
Step 0	Variables	Training (0=None, 1=Basic, 2=Advanced)	227,322	1	,000
		SteerControl	133,970	1	,000
		Confidence	130,890	1	,000
		TheoryTest	,017	1	,895
	Overall Statistics		244,796	4	,000

- **H0:** İlgili değişken modele tek başına girdiğinde bağımlı değişken üzerinde etkili değildir.
- **H1:** İlgili değişken modele tek başına girdiğinde bağımlı değişken üzerinde anlamlı bir etkiye sahiptir.

Değişken	Sig.	Yorum
Training	0.000	İstatistiksel olarak anlamlı
SteerControl	0.000	İstatistiksel olarak anlamlı
Confidence	0.000	İstatistiksel olarak anlamlı
TheoryTest	0.895	İstatistiksel olarak anlamsız

TheoryTest değişkeni için elde edilen p-değeri (0.895), 0.05'in çok üzerinde olduğundan, bu değişkenin tek başına bağımlı değişken üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır.

Overall Statistics için elde edilen  $p < 0.05$  değeri, henüz hiçbir bağımsız değişken modele dahil edilmemiş olsa dahi, aday değişkenler arasında bağımlı değişkeni (Qualified) istatistiksel olarak anlamlı biçimde açıklama potansiyeline sahip en az bir değişken bulunduğu göstermektedir. Bu sonuç, kurulan lojistik regresyon modeline değişken eklenmesinin istatistiksel olarak anlamlı ve gereklili olduğunu ortaya koymaktadır.

## Omnibus Tests of Model Coefficients

### Omnibus Tests of Model Coefficients

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	309,030	4	,000
	Block	309,030	4	,000
	Model	309,030	4	,000

- **H0:** Modele eklenen bağımsız değişkenlerin modelin açıklayıcılığına istatistiksel olarak anlamlı bir katkısı yoktur.
- **H1:** Modele eklenen bağımsız değişkenlerin modelin açıklayıcılığına istatistiksel olarak anlamlı bir katkısı vardır.

Omnibus testine ilişkin sonuçlar incelendiğinde elde edilen anlamlılık düzeyleri 0,05'in oldukça altında olduğundan,  $H_0$  hipotezi reddedilmiştir.

Bu bulgu, modele dahil edilen dört bağımsız değişkenin birlikte ele alındığında, bağımlı değişkeni (Qualified) açıklamada istatistiksel olarak anlamlı bir katkı sağladığını göstermektedir.

## Model Summary

### Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	384,109 <sup>a</sup>	,461	,615

a. Estimation terminated at iteration number 6 because parameter estimates changed by less than .001.

Model Summary sonuçları incelendiğinde, kurulan lojistik regresyon modelinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu (Omnibus Test,  $p < 0,05$ ) ve bağımlı değişkendeki varyansın yaklaşık %61,5'inin (Nagelkerke

$R^2$ ) bağımsız değişkenler tarafından açıklandığı görülmektedir. Bu bulgular, modelin yüksek düzeyde açıklayıcılığı ve iyi bir uyuma sahip olduğunu göstermektedir.

## Hosmer and Lemeshow Test

**Hosmer and Lemeshow Test**

Step	Chi-square	df	Sig.
1	18,560	8	,017

- **H0:** Kurulan lojistik regresyon modeli veriye uyumludur; gerçek (gözlenen) değerler ile model tarafından tahmin edilen değerler birbirine benzemekte ve bu iki değer seti arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.
- **H1:** Kurulan lojistik regresyon modeli veriye uyumlu değildir; gerçek (gözlenen) değerler ile model tarafından tahmin edilen değerler birbirine benzememekte ve bu iki değer seti arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Hosmer–Lemeshow uyum iyiliği testi sonuçlarına göre, modelin veriye tam uyum göstermediği belirlenmiştir ( $p=0,017$ ). Bu bulgu, modelin bazı olasılık gruplarında gözlenen ve tahmin edilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunuğunu göstermektedir. Bununla birlikte, Omnibus testinin anlamlı çıkması ve Nagelkerke  $R^2$  değerinin yüksek olması, modelin genel açıklayıcılık gücünün yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

## Classification Table

**Classification Table<sup>a</sup>**

Observed		Predicted		Percentage Correct
		Qualified (0=No, 1=Yes)	No	
Step 1	Qualified (0=No, 1=Yes)	No	200	51
		Yes	45	204
Overall Percentage				80,8

a. The cut value is ,500

### Sınıf Bazında Doğru Sınıflandırma

- Qualified = No (0) olan bireylerin 200'ü doğru, 51'i yanlış sınıflandırılmıştır. Bu sonuç, "No" sınıfı için doğru sınıflandırma oranının %79,7 olduğunu göstermektedir (özgüllük).
- Qualified = Yes (1) olan bireylerin 204'ü doğru, 45'i yanlış sınıflandırılmıştır. Bu sonuç, "Yes" sınıfı için doğru sınıflandırma oranının %81,9 olduğunu göstermektedir (duyarlılık).

### Genel Sınıflandırma Başarısı

- Modelin genel sınıflandırma doğruluğu %80,8 olarak elde edilmiştir.
- "Yes" ve "No" sınıfları için elde edilen doğruluk oranlarının birbirine yakın olması, modelin **tek bir sınıfa aşırı uyum göstermediğini** ve dengeli bir performans sergilediğini göstermektedir.

## Variables in the Equation

**Variables in the Equation**

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)	
							Lower	Upper
Step 1 <sup>a</sup>	Training (0=None, 1=Basic, 2=Advanced)	1,942	,251	59,805	1	,000	6,971	4,262 11,403
	SteerControl	,041	,012	12,860	1	,000	1,042	1,019 1,066
	Confidence	,045	,011	16,269	1	,000	1,046	1,023 1,069
	TheoryTest	-,008	,007	1,102	1	,294	,993	,979 1,007
	Constant	-5,639	,833	45,810	1	,000	,004	

a. Variable(s) entered on step 1: Training (0=None, 1=Basic, 2=Advanced), SteerControl, Confidence, TheoryTest.

## **Lojistik Regresyon Modeli :**

$$\text{Log} \left( \frac{P(\text{Qualified} = 1)}{(1 - P(\text{Qualified} = 1))} \right) = -5,639 + 1,942 \cdot \text{Training} + 0,041 \cdot \text{SteerControl} + 0,045 \cdot \text{Confidence} - 0,008 \cdot \text{TheoryTest}$$

### **Anlamlı Değişkenlerin Belirlenmesi :**

İstatistiksel Olarak Anlamlı Değişkenler

Değişken	Sig.	Wald	Yorum
Training	0.000	59.805	Çok güçlü etki
SteerControl	0.000	12.860	Anlamlı etki
Confidence	0.000	16.269	Anlamlı etki

- Bu değişkenlerin p-değerleri 0.05'in altındadır.

### **Anlamsız Değişkenlerin Belirlenmesi :**

Değişken	Sig.	Wald	Yorum
TheoryTest	0.294	1.102	Anlamlı değil

- $p > 0.05 \rightarrow$  modele istatistiksel olarak anlamlı katkı sağlamamaktadır.

## **Wald İstatistiği :**

Wald değeri ne kadar büyükse o kadar güçlüdür.

- **Training (Wald = 59.805)** → modelde en güçlü değişken
- **Confidence (Wald = 16.269)** → güçlü ve anlamlı
- **SteerControl (Wald = 12.860)** → anlamlı katkı
- **TheoryTest (Wald = 1.102)** → zayıf ve anlamsız

Exp(B) Yorumlama:

- Training – Exp(B) = 6.971  
Diğer değişkenler sabit tutulduğunda, eğitim düzeyindeki 1 birimlik artış, bireyin ehliyet alma (Qualified = 1) odds'unu yaklaşık 7 kat artırmaktadır.
- SteerControl – Exp(B) = 1.042  
Diğer değişkenler sabit tutulduğunda, SteerControl puanındaki 1 birimlik artış, ehliyet alma odds'unu yaklaşık %4,2 oranında artırmaktadır.
- Confidence – Exp(B) = 1.046  
Diğer değişkenler sabit tutulduğunda, Confidence puanındaki 1 birimlik artış, ehliyet alma odds'unu yaklaşık %4,6 oranında artırmaktadır.
- TheoryTest – Exp(B) = 0.993  
Diğer değişkenler sabit tutulduğunda, TheoryTest puanındaki 1 birimlik artış, ehliyet alma odds'u üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki oluşturmamaktadır.

# Lojistik Regresyon Analizi – Binary (Stepwise)

## Variables in the Equation

Variables in the Equation								
	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)	
							Lower	Upper
Step 1 <sup>a</sup>	Training (0=None, 1=Basic, 2=Advanced)	1,942	,251	59,805	1	,000	6,971	4,262 11,403
	SteerControl	,041	,012	12,860	1	,000	1,042	1,019 1,066
	Confidence	,045	,011	16,269	1	,000	1,046	1,023 1,069
	TheoryTest	-,008	,007	1,102	1	,294	,993	,979 1,007
	Constant	-5,639	,833	45,810	1	,000	,004	
Step 2 <sup>a</sup>	Training (0=None, 1=Basic, 2=Advanced)	1,940	,251	59,693	1	,000	6,960	4,255 11,386
	SteerControl	,041	,011	12,492	1	,000	1,041	1,018 1,065
	Confidence	,044	,011	15,878	1	,000	1,045	1,023 1,068
	Constant	-6,092	,721	71,360	1	,000	,002	

a. Variable(s) entered on step 1: Training (0=None, 1=Basic, 2=Advanced), SteerControl, Confidence, TheoryTest.

## Lojistik Regresyon Modeli (Stepwise Sonrası) :

$$\text{Log} \left( \frac{P(\text{Qualified}=1)}{(1-P(\text{Qualified}=1))} \right) = -6.092 + 1.940 \cdot \text{Training} + 0.041 \cdot \text{SteerControl} + 0.044 \cdot \text{Confidence}$$

Stepwise lojistik regresyon yöntemi kullanılarak kurulan modelde, TheoryTest değişkeni istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığı için ( $p > 0.05$ ) modelden çıkarılmıştır. Anlamsız değişkenin çıkarılmasının ardından modelde kalan Training, SteerControl ve Confidence değişkenleri anlamlılıklarını korumuş ve model daha sade ve yorumlanabilir bir yapı kazanmıştır.

# Lojistik Regresyon Analizi – Multinomial

## Etkilerin Anlamlılığı

Type 3 Analysis of Effects			
Effect	DF	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Confidence	2	82.3762	<.0001
SpeedControl	2	72.0999	<.0001
TheoryTest	2	0.3818	0.8262

Analiz sonuçlarına göre, Confidence (Wald = 82.38, p < 0.05) ve SpeedControl (Wald = 72.10, p < 0.05) değişkenlerinin p-değerleri 0.05'in altında olduğu için, bu değişkenler grupları anlamlı şekilde ayırt ediyor. Wald değerleri büyülüklük açısından Confidence'in SpeedControl'dan biraz daha güçlü bir etkiye sahip olduğunu gösteriyor.

Buna karşın, TheoryTest (Wald = 0.38, p = 0.8262) değişkeninin p-değeri 0.05'in çok üzerinde olduğundan, grupları ayırt etmede anlamlı bir etkisi yoktur. Wald değeri de çok küçük olduğu için etkisi ihmal edilebilir.

## Bağımsız Değişkenlerin Birlikte Etkisi

Testing Global Null Hypothesis: BETA=0			
Test	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
Likelihood Ratio	310.4286	6	<.0001
Score	233.7260	6	<.0001
Wald	148.7442	6	<.0001

- H0: Modele eklenen bağımsız değişkenlerin modelin açıklayıcılığına istatistiksel olarak anlamlı bir katkısı yoktur.
- H1: Modele eklenen bağımsız değişkenlerin modelin açıklayıcılığına istatistiksel olarak anlamlı bir katkısı vardır.

Test sonuçları incelendiğinde, elde edilen p-değerleri 0.05'in oldukça altında olduğundan,  $H_0$  hipotezi reddedilmiştir. Bu durum, modele dahil edilen bağımsız değişkenlerin birlikte, bağımlı değişkeni (Qualified) açıklamada istatistiksel olarak anlamlı bir katkı sağladığını göstermektedir.

## Odds Ratio ve Wald Güven Aralıkları

Odds Ratio Estimates				
Effect	Training	Point Estimate	95% Wald Confidence Limits	
Confidence	Advanced	1.135	1.105	1.167
Confidence	Basic	1.085	1.061	1.110
SpeedControl	Advanced	1.125	1.095	1.156
SpeedControl	Basic	1.056	1.034	1.079
TheoryTest	Advanced	0.996	0.978	1.013
TheoryTest	Basic	1.000	0.985	1.014

- Basic vs None
  - Confidence puanındaki her bir birim artış, Basic eğitim seviyesine geçme olasılığını %8.5 artırmaktadır.
  - SpeedControl puanındaki her bir birim artış, Basic eğitim seviyesine geçme olasılığını %5.6 artırmaktadır.
  - TheoryTest puanındaki değişim, Basic eğitim seviyesine geçme olasılığı üzerinde anlamlı bir etki göstermemektedir. (OR = 1)
- Advanced vs None
  - Confidence puanındaki her bir birim artış, Advanced eğitim seviyesine geçme olasılığını %13.5 artırmaktadır.
  - SpeedControl puanındaki her bir birim artış, Advanced eğitim seviyesine geçme olasılığını %12.5 artırmaktadır.
  - TheoryTest puanındaki değişim, Advanced eğitim seviyesine geçme olasılığı üzerinde anlamlı bir etki göstermemektedir. (OR = 0.996)
- Confidence ve SpeedControl değişkenleri grupları anlamlı şekilde ayırt ediyor. Wald testleri ve 95% güven aralıkları da 1'in üzerinde olduğu için etkiler istatistiksel olarak anlamlıdır.
- TheoryTest değişkeni ise hem Wald testinde hem de Odds Ratio ve güven aralıklarında etkisiz bulunmuştur; grupları ayırt etmede anlamlı bir katkısı yoktur.

Modelde **Confidence** ve **SpeedControl** değişkenleri hem anlamlı hem de grupların “Qualified” olma olasılığını artırıcı etkiye sahiptir. **TheoryTest** değişkeni ise etkisizdir ve modelin açıklayıcılığına katkı sağlamamaktadır.

## Lojistik Regresyon Analizi – Multinominal (Stepwise)

```
## Start: AIC=795.58
## Training ~ SpeedControl + Confidence + TheoryTest
```

Stepwise yöntemle yapılan analizde, başlangıçta modele **SpeedControl**, **Confidence** ve **TheoryTest** değişkenleri dahil edilmiştir (başlangıç AIC = 795.58). **TheoryTest** değişkeni grupları ayırt etmede anlamlı olmadığı için modelden çıkarılmıştır; bu işlem sonrası AIC değeri **791.96** olarak düşmüştür, yani modelin uyumu iyileşmiştir.

```
##             Df   AIC
## <none>          791.96
## - SpeedControl  2 884.10
## - Confidence    2 906.00
```

## Multinominal Lojistik Regresyon Denklemleri

```
## Coefficients:
##              (Intercept) SpeedControl Confidence
## Basic      -5.522604   0.05458413  0.08201067
## Advanced   -11.567442   0.11753059  0.12641933
##
```

- **Basic vs None:**

$$\log \left( \frac{P(\text{Basic})}{P(\text{None})} \right) = -5.5226 + 0.0546 \cdot \text{SpeedControl} + 0.0820 \cdot \text{Confidence}$$

- **Advanced vs None:**

$$\log \left( \frac{P(\text{Advanced})}{P(\text{None})} \right) = -11.5674 + 0.1175 \cdot \text{SpeedControl} + 0.1264 \cdot \text{Confidence}$$

## Odds Ratio

```
exp(coef(step_multi))
```

```
##           (Intercept) SpeedControl Confidence
## Basic     3.995429e-03    1.056101   1.085467
## Advanced 9.469425e-06    1.124716   1.134758
```

- SpeedControl puanındaki her bir birim artış, Basic eğitim seviyesine geçme olasılığını %5.6, Advanced eğitim seviyesine geçme olasılığını %12.5 artırmaktadır.
- Confidence puanındaki her bir birim artış, Basic eğitim seviyesine geçme olasılığını %8.5, Advanced eğitim seviyesine geçme olasılığını %13.5 artırmaktadır.

Stepwise sonrası model, grupları ayırt etmede en etkili değişkenlerin **SpeedControl** ve **Confidence** olduğunu göstermektedir; TheoryTest'in etkisizliği önceki Wald ve Odds Ratio analizleriyle tutarlıdır.

## Lojistik Regresyon Analizi Genel Değerlendirme ve Sonuç

Sonuç olarak, yapılan lojistik regresyon analizleri sürücülerin başarı durumu ve eğitim düzeyini etkileyen faktörleri değerlendirmeye olanak sağlamıştır. Hem binary hem de multinomial modellerde Confidence ve SpeedControl değişkenleri, bağımlı değişkenleri anlamlı biçimde açıklamış ve gruplar arasındaki farkları belirlemekte güçlü bir etkiye sahip olmuştur. Buna karşın TheoryTest değişkeni her iki modelde de anlamlı bulunmamış ve stepwise yöntemle modelden çıkarılmıştır. Elde edilen sonuçlar, modelin genel olarak güvenilir olduğunu ve sürücü başarı ve eğitim düzeyini tahmin etmede pratik bir araç olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

# Kümeleme Analizi

Bu çalışmada, sürücülere ait sayısal özellikler kullanılarak benzer sürücü profillerinin belirlenmesi amacıyla kümeleme analizi uygulanmıştır. Veri setinde yer alan gözlem sayısının yüksek olması nedeniyle, hiyerarşik kümeleme yönteminde dendrogramın daha okunabilir ve yorumlanabilir hale getirilmesi amacıyla veri setinden rastgele bir örneklem seçilmiştir.

Çalışmada kullanılan örneklem, veri setinin genel yapısını temsil edecek şekilde rastgele seçilmiştir. Kümeleme analizi keşfedici nitelikte bir yöntem olduğundan, elde edilen bulgular sürücü profillerine ilişkin genel eğilimleri ortaya koymakta olup, sonuçlar kesin genellemelerden ziyade veri setinin yapısını anlamaya yönelik olarak değerlendirilmiştir. Analiz, örneklem üzerinden hem hiyerarşik hem de hiyerarşik olmayan (k-means) kümeleme yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

## Korelasyon Matrisi

---

	SpeedControl	Confidence	TheoryTest
## SpeedControl	1.00	0.44	0.29
## Confidence	0.44	1.00	0.07
## TheoryTest	0.29	0.07	1.00
##			
## n= 35			
##			
##			
## P			
	SpeedControl	Confidence	TheoryTest
## SpeedControl	0.0077	0.0885	
## Confidence	0.0077		0.6891
## TheoryTest	0.0885	0.6891	

Korelasyon matrisi incelendiğinde kümeleme analizinde kullanılan SpeedControl, Confidence ve TheoryTest değişkenleri arasındaki ilişkileri göstermektedir.

- SpeedControl ile Confidence arasında orta düzeyde, pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır  
( $r = 0.44$ ,  $p = 0.0077$ ).

Bu sonuç, sürüs becerisi arttıkça sürücülerin özgüven düzeylerinin de artma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

- SpeedControl ile TheoryTest arasındaki ilişki zayıf düzeyde ve istatistiksel olarak anlamlı değildir  
( $r = 0.29$ ,  $p = 0.0885$ ).

Bu durum, sürüs becerisi ile teorik bilgi düzeyinin birbirinden büyük ölçüde bağımsız değişkenler olduğunu düşündürmektedir.

- Confidence ile TheoryTest arasındaki ilişki ise çok zayıf ve anlamsızdır  
( $r = 0.07$ ,  $p = 0.6891$ ).

Bu sonuç, sürücülerin özgüven düzeyleri ile teorik bilgi seviyeleri arasında belirgin bir doğrusal ilişki bulunmadığını göstermektedir.

Korelasyon analizi sonuçları, değişkenler arasında kümeleme analizini olumsuz etkileyebilecek düzeyde yüksek bir ilişki bulunmadığını ve seçilen değişkenlerin sürücülerini farklı boyutlar üzerinden ayırt edebildiğini göstermektedir.

# Hiyerarşik Kümeleme

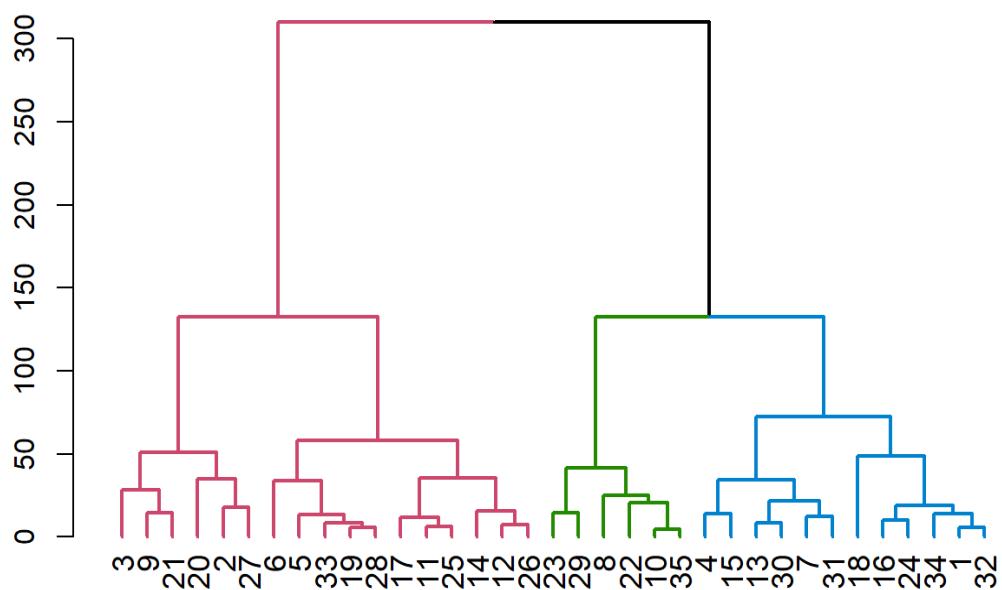
## Case Processing Summary

Cases						
Valid		Missing		Total		
N	Percent	N	Percent	N	Percent	
35	100,0	0	,0	35	100,0	

a. Ward Linkage

Veri setinde eksik gözlem bulunmadığından, tüm gözlemler (%100) analize dahil edilmiştir.

## Hiyerarşik Kümeleme Dendrogramı



Ward bağlantı yöntemi kullanılarak elde edilen dendrogram incelendiğinde, gözlemler arasındaki benzerlik yapısının belirgin kümeler oluşturduğu görülmektedir. Dendrogramda birleşme mesafeleri dikkate alındığında, özellikle yüksek mesafe seviyelerinde gerçekleşen birleşmeler, veri setinde doğal bir küme yapısının bulunduğu işaret etmektedir.

Dendrogram belirli bir yükseklikten kesildiğinde, sürücülerin üç ana küme altında toplandığı gözlemlenmektedir. Bu üç küme, renklerle de gösterildiği üzere, kendi içlerinde daha homojen yapıya sahipken, kümeler arası farklılıkların görece yüksek olduğu gruplar oluşturmaktadır.

- Birinci küme (pembe):

Birleşmelerin daha düşük mesafelerde gerçekleşmesi, bu kümede yer alan sürücülerin sürüsüz becerisi, özgüven ve teorik bilgi düzeyleri açısından birbirine oldukça benzer olduğunu göstermektedir.

- İkinci küme (yeşil):

Görece daha az sayıda gözlem içeren bu küme, diğer kümelere kıyasla farklı bir profil sergilemeye olup, sürücülerin belirli özellikler bakımından orta düzey bir yapı oluşturduğunu düşündürmektedir.

- Üçüncü küme (mavi):

Bu kümede yer alan gözlemler, özellikle ilk kümeden belirgin biçimde ayırmakta ve sürücü özellikleri açısından farklı bir grup yapısını temsil etmektedir.

# Hiyerarşik Olmayan Kümeleme (K-Means Kümeleme Yöntemi)

Hiyerarşik kümeleme analizinde elde edilen dendrogramdan hareketle küme sayısı k=3 olarak belirlenmiştir. Bu aşamada, hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemlerinden biri olan k-means algoritması kullanılarak, rastgele seçilen n=35 gözlem, üç küme altında gruplandırılmıştır. Analiz, sürüs becerisi, özgüven ve teorik bilgi düzeyini temsil eden üç sayısal değişken kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

## Final Cluster Centers

Cluster Means				
Cluster	SpeedControl	Confidence	TheoryTest	
1	45.40083333	40.42333333	89.63833333	
2	36.36307692	43.99615385	50.46384615	
3	58.16800000	62.51300000	72.86100000	

### Küme 1 – Teorik Bilgi Ağırlıklı Sürücüler

- Bu kümede yer alan sürücülerin TheoryTest ortalaması 89.64 ile en yüksek düzeydedir.
- Buna karşılık SpeedControl (45.40) ve Confidence (40.42) ortalamaları orta seviyede kalmaktadır.
- Bu bulgular, teorik bilgisi güçlü ancak pratik sürüs becerisi ve özgüveni görece sınırlı bir sürücü profiliğini göstermektedir.

### Küme 2 – Düşük Performanslı Sürücüler

- Küme 2'de sürüs becerisi SpeedControl ortalaması 36.36 ile en düşük düzeydedir.
- Benzer şekilde TheoryTest ortalaması 50.46 ile diğer kümelere kıyasla oldukça düşüktür.
- Confidence ortalamasının 44.00 olması, bu kümenin genel olarak hem pratik hem teorik açıdan gelişime açık bir yapı sergilediğini göstermektedir.

### Küme 3 – Yüksek Performanslı Sürücüler

- Bu kümede SpeedControl (58.17) ve Confidence (62.51) ortalamaları en yüksek değerlere sahiptir.
- TheoryTest ortalaması 72.86 ile yüksek olmakla birlikte, teorik bilgi açısından Küme 1'in gerisinde kalmaktadır.
- Genel olarak bu küme, pratik beceri ve özgüven bakımından en güçlü ve dengeli sürücü grubunu temsil etmektedir.

K-means kümeleme analizi, sürücüler teorik bilgi ağırlıklı, düşük performanslı ve yüksek performanslı olmak üzere üç anlamlı profil altında toplamıştır.

## ANOVA

ANOVA

	Cluster		Error		F	Sig.
	Mean Square	df	Mean Square	df		
SpeedControl	1344,449	2	135,572	32	9,917	,000
Confidence	1501,705	2	143,351	32	10,476	,000
TheoryTest	4834,194	2	127,232	32	37,995	,000

The F tests should be used only for descriptive purposes because the clusters have been chosen to maximize the differences among cases in different clusters. The observed significance levels are not corrected for this and thus cannot be interpreted as tests of the hypothesis that the cluster means are equal.

### SpeedControl için:

- **H0:** Sürücülerin SpeedControl ortalamaları kümelere göre farklılık göstermez.
  - **H1:** Sürücülerin SpeedControl ortalamaları en az bir küme için farklılık gösterir.
- 
- **p < 0.05**

SpeedControl değişkenine ait ortalamalar kümelere göre **istatistiksel olarak farklılık göstermektedir**. Bu sonuç, sürüs becerisinin kümelerin oluşmasında ayırt edici bir değişken olduğunu göstermektedir.

### **Confidence için:**

- **H0:** Sürücülerin Confidence ortalamaları kümelere göre farklılık göstermez.
- **H1:** Sürücülerin Confidence ortalamaları en az bir küme için farklılık gösterir.
- **p < 0.05**

Confidence değişkeni açısından da kümeler arasında **anlamlı ortalama farklılıklarını** bulunmaktadır. Bu durum, sürücü özgüven düzeyinin kümeler arasında belirgin biçimde ayırtığını göstermektedir.

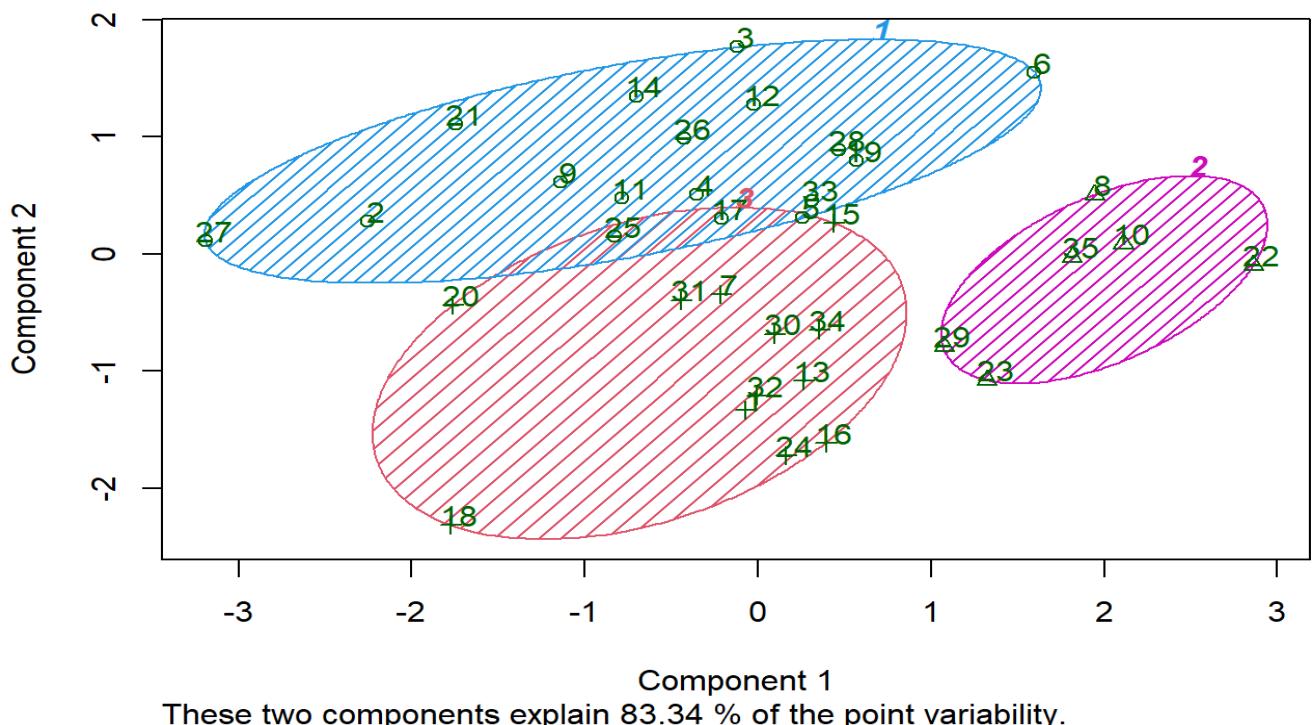
### **TheoryTest için:**

- **H0:** Sürücülerin TheoryTest ortalamaları kümelere göre farklılık göstermez.
- **H1:** Sürücülerin TheoryTest ortalamaları en az bir küme için farklılık gösterir.
- **p < 0.05**

TheoryTest değişkeni için kümeler arasında **anlamlı ortalama farklılıklarını** bulunmaktadır. Teorik bilgi düzeyinin kümeler arasında **en güçlü ayrimı sağlayan değişken** olduğunu göstermektedir.

Tek yönlü ANOVA sonuçları, SpeedControl, Confidence ve TheoryTest değişkenlerinin her biri açısından kümeler arasında anlamlı ortalama farklılıklarını bulduğunu göstermektedir ( $p < 0.001$ ). Bu bulgular, elde edilen kümelerin söz konusu değişkenler bakımından birbirinden belirgin biçimde ayırtığını ve kümeleme çözümünün tutarlı olduğunu ortaya koymaktadır.

## Drivers Hiyerarsik Kumeleme Dendrogrammi



Bu görsel İki bileşen üzerinde elde edilen küme yapısı, toplam varyansın %83,34'ünü açıklamakta olup küme ortalamaları ve betimleyici ANOVA sonuçları ile uyumludur. Nitekim, SpeedControl, Confidence ve TheoryTest değişkenlerinin her biri için kümeler arası farkların yüksek olduğu görülmüş; grafik de bu farklılıklar görsel olarak desteklemiştir.

## Kumeleme Genel Değerlendirme ve Sonuç

Bu çalışma kapsamında sürücüler, SpeedControl, Confidence ve TheoryTest değişkenleri dikkate alınarak hem hiyerarşik hem de hiyerarşik olmayan kumeleme yöntemleri ile incelenmiş ve sürücülerin teorik bilgi düzeyi, sürüs becerisi ve özgüven açısından anlamlı biçimde ayrısan üç farklı profil altında toplandığı görülmüştür. Elde edilen bulgular, sürücülerin homojen bir yapı göstermediğini ve eğitim ile değerlendirme süreçlerinin bu farklılıklar göz önünde bulundurularak planlanmasıının daha uygun olacağını ortaya koymaktadır.

# Genel Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada, sürücülerin eğitim düzeyleri ve başarı durumlarını etkileyen faktörler çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Lineer diskriminant analizi, lojistik regresyon ve kümeleme analizi sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, sürücülerin pratik becerileri ve özgüven düzeylerinin, teorik bilgiye kıyasla çok daha belirleyici olduğu görülmüştür.

Hem çok gruplu LDA hem de multinomial lojistik regresyon analizleri, Confidence ve SpeedControl değişkenlerinin grupları ayırt etmede en güçlü değişkenler olduğunu tutarlı biçimde ortaya koymuştur. Buna karşılık TheoryTest değişkeni, tüm analizlerde istatistiksel olarak anlamsız bulunmuş ve stepwise yöntemlerle modellerden dışlanmıştır. Bu bulgu, teorik bilginin tek başına sürücünün eğitim seviyesi ya da başarı durumunu açıklamakta yetersiz kaldığını göstermektedir.

Kümeleme analizi sonuçları da bu bulguları destekler niteliktir. Sürücüler; düşük performanslı, teorik bilgi ağırlıklı ve yüksek performanslı olmak üzere üç farklı profil altında toplanmış; özellikle yüksek performanslı kümelenin hem sürüş becerisi hem de özgüven açısından öne çıktığı görülmüştür. Bu yapı, diskriminant ve lojistik regresyon analizlerinde elde edilen ayrımlar ile büyük ölçüde örtüşmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma sürücü eğitim ve değerlendirme süreçlerinde yalnızca teorik sınavlara odaklanmanın yeterli olmadığını; sürüş becerisi ve özgüvenin birlikte değerlendirilmesinin daha etkili ve gerçekçi sonuçlar sağlayacağını ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, eğitim programlarının pratik uygulamalar ve davranışsal faktörler temelinde yeniden yapılandırılmasının önemine işaret etmektedir.

## Kaynakça

Baidoo, F. (t.y.). *Driver's License Test Scores Data* [Veri seti]. Kaggle.  
<https://www.kaggle.com/datasets/ferdinandbaidoo/drivers-license-test-scores-data>