

# Spotify Verilerinde Tempo ve Mod Etkileşiminin Popülerlige Etkisi: Çok Yönlü Tek Değişkenli Varyans Analizi

MELİSA KHORDOOSTAN

2211011005

# PROBLEM TANIMI VE AMAÇ

Bir şarkının başarısını sadece sanatçının ünү mü belirler, yoksa şarkının teknik özellikleri (hız, ton) de etkili midir?

Şarkının Temposunun (Hız) ve Modunun (Ton) popülerlik puanı üzerindeki etkisini istatistiksel olarak analiz etmek ve müzik yapımcıları için veriye dayalı bir öneri sunmaktır.

# Popülerlik, Tempo ve Mod Nedir?

- **Popülerlik**

Spotify algoritması tarafından hesaplanan 0 ile 100 arasında dinamik bir puandır.

- **Tempo (BPM - Beats Per Minute)**

Müziğin hızıdır. Dakikadaki vuruş sayısını ifade eder.

- **Düşük (<135):** Daha sakin, chill veya duygusal şarkılar.
- **Yüksek (>135):** Yüksek enerjili, dans veya spor için uygun şarkılar.

- **Mod (Musical Mode)**

Şarkının tonal yapısıdır. Müziğin "atmosferini" veya "duygusunu" belirler.

- **Major (1):** Genellikle neşeli, parlak, umutlu ve kararlı duyulur.
- **Minor (0):** Genellikle üzünlü, duygusal, karanlık veya ciddi duyulur.

# Veri Seti ve Ön İşleme

- **Veri Kaynağı:** Kaggle - "Spotify Top Tracks Dataset".
- **Orijinal Veri:** Orijinal veri setinden alınan 2000 satırlık ham veri.
- **Nihai Veri Seti:** 1563 Temiz Satır.

Veri Seti Önizlemesi (İlk 15 Satır)

Popülerlik	Tempo	Mod	Tempo Grubu	Mod Adı
73	87.917	0	DÜŞÜK	Minor
55	77.489	1	DÜŞÜK	Major
71	181.74	1	YÜKSEK	Major
82	119.949	1	DÜŞÜK	Major
58	98.017	1	DÜŞÜK	Major
80	150.96	1	YÜKSEK	Major
56	78.899	1	DÜŞÜK	Major
74	99.905	1	DÜŞÜK	Major
69	133.406	1	DÜŞÜK	Major
52	124.234	0	DÜŞÜK	Minor
62	87.103	1	DÜŞÜK	Major
58	83.457	1	DÜŞÜK	Major
75	150.96	1	YÜKSEK	Major
46	107.893	0	DÜŞÜK	Minor
61	168.21	1	YÜKSEK	Major

# HİPOTEZLER

- Anlamlılık Düzeyi : Analiz boyunca  $\alpha= 0.05$  olarak belirlenmiştir.

## ➤ Mod Faktörü İçin Hipotezler

- **H01:** Modun (Major/Minor) popülerlik üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.
- **H11:** Modun popülerlik üzerinde anlamlı bir etkisi vardır.

## ➤ Tempo Faktörü İçin Hipotezler

- **H02:** Temponun (Düşük/Yüksek) popülerlik üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.
- **H12:** Temponun popülerlik üzerinde anlamlı bir etkisi vardır.

## ➤ Etkileşim İçin Hipotezler

- **H03:** Tempo ve Mod etkileşiminin popülerlik üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.
- **H13:** Tempo ve Mod etkileşiminin popülerlik üzerinde anlamlı bir etkisi vardır.

# Örneklem Verisi ile Manuel Hesaplama

- Modelin doğruluğunu test etmek için büyük veri setinden rastgele seçilen 8 verilik ( $n=2$  tekrarlı) bir örneklem oluşturulmuştur.

		MOD				Satır Toplamı
		Minor (0)		Major (1)		
T O M P O	Düşük (<135)	73	52	55	82	262
	Yüksek (>135)	60	52	71	80	263
	Sütun Toplamı	237		288		525

$$KT_{\text{Deneme}} = \frac{237^2 + 288^2}{4} - \frac{525^2}{8} = 325,125$$

$$KT_{\text{Blok}} = \frac{262^2 + 263^2}{4} - \frac{525^2}{8} = 0,125$$

$$KT_{\text{Toplam}} = 73^2 + 52^2 + \dots + 80^2 - \frac{525^2}{8} = 1073,875$$

$$KT_{\text{Etkileşim}} = \frac{125^2 + 137^2 + 112^2 + 151^2}{2} - 34778,25 - 34453,25 + 34453,125 = 91,125$$

$$KT_{\text{Hata}} = 1073,875 - 325,125 - 0,125 - 91,125 = 657,5$$

$$KT_{\text{Genel}} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - \frac{T^2}{N}$$

$$KT_{\text{Deneme}} = \sum_{i=1}^k \frac{T_{i.}^2}{n} - \frac{T^2}{N}$$

$$KT_{\text{Blok}} = \sum_{j=1}^n \frac{T_{.j}^2}{k} - \frac{T^2}{N}$$

$$KT_{\text{Etkileşim}} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \frac{T_{ij}^2}{n_i} - \sum_{i=1}^k \frac{T_{i.}^2}{n} - \sum_{j=1}^n \frac{T_{.j}^2}{k} + \frac{T^2}{N}$$

$$KT_{\text{Hata}} = KT_{\text{Genel}} - KT_{\text{Deneme}} - KT_{\text{Blok}} - KT_{\text{Etkileşim}}$$

Değişkenlik Kaynağı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler ToplAMI (KT)	Kareler Ortalaması (KO)	F Oranı
Denemeler	$k - 1$	$KT_{\text{Deneme}}$	$KO_{\text{Deneme}} = \frac{KT_{\text{Deneme}}}{k - 1}$	$F_{\text{Deneme}} = \frac{KO_{\text{Deneme}}}{KO_{\text{Hata}}}$
Bloklar	$n - 1$	$KT_{\text{Blok}}$	$KO_{\text{Blok}} = \frac{KT_{\text{Blok}}}{n - 1}$	$F_{\text{Blok}} = \frac{KO_{\text{Blok}}}{KO_{\text{Hata}}}$
Etkileşim	$(k - 1)(n - 1)$	$KT_{\text{Etkileşim}}$	$KO_{\text{Etkileşim}} = \frac{KT_{\text{Etkileşim}}}{(k - 1)(n - 1)}$	$F_{\text{Etkileşim}} = \frac{KO_{\text{Etkileşim}}}{KO_{\text{Hata}}}$
Hata	$N - nk$	$KT_{\text{Hata}}$	$KO_{\text{Hata}} = \frac{KT_{\text{Hata}}}{N - nk}$	
Toplam	$N - 1$	$KT_{\text{Genel}}$		

# Manuel ANOVA Tablosu

Değişken Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Test
Mod	1	325,125	325,125	1,97
Tempo	1	0,125	0,125	0,00
Etkileşim	1	91,125	91,125	0,55
Hata	4	657,5	164,375	
Genel Toplam	7	1073,875		

F-table of Critical Values of $\alpha = 0.05$ for F(df1, df2)															
	DF1=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30
DF2=1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88	243.91	245.95	248.01	249.05	250.10
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81

Deneme, Blok ve Etkileşim için Kritik Değer:  $F_{1,4; 0.05} = 7,71$

$$F_D = 1,97 < F_{\text{Tablo}} = 7,71 \quad \longrightarrow \quad H01 \text{ KABUL EDİLİR}$$

$$F_B = 0,00 < F_{\text{Tablo}} = 7,71 \quad \longrightarrow \quad H02 \text{ KABUL EDİLİR}$$

$$F_T = 0,55 < F_{\text{Tablo}} = 7,71 \quad \longrightarrow \quad H03 \text{ KABUL EDİLİR}$$

Veri setinden çektiğim 8 satırlık veride, F değerlerinin çok düşük çıktığı görülmektedir. Bunun sebebi, seçtiğim 8 şarkının içinde çok fazla rastgele değişkenlik (Hata = 657,5) olmasıdır. Küçük örneklem müzik gibi karmaşık bir konuda yetersiz kalıyor. Bu yüzden kararı asıl veri setinin Minitab analizine bırakıyorum.

## General Linear Model: popülerlik versus mod\_ad; tempo\_grup

### Method

Factor coding (-1; 0; +1)

### Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
mod_ad	Fixed	2	Major; Minor
tempo_grup	Fixed	2	DÜŞÜK; YÜKSEK

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
mod_ad	1	16426	16425,7	72,55	0,000
tempo_grup	1	2622	2622,2	11,58	0,001
mod_ad*tempo_grup	1	26	25,6	0,11	0,737
Error	1563	353870	226,4		
Total	1566	376530			

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
15,0467	6,02%	5,84%	5,56%

Mod için → P-değeri=0,000 < 0,05 H01 hipotezi **REDDEDİLİR**

Tempo için → P-değeri=0,001 < 0,05 H02 hipotezi **REDDEDİLİR**

Etkileşim için → P-değeri=0,737 > 0,05 H03 hipotezi **KABUL EDİLİR**

$P < 0,05 \rightarrow$  matematiksel olarak "Fhesap > Ftablo" demektir. Yani  $H_0$  hipotezi reddedilir.  
 $P > 0,05 \rightarrow$  matematiksel olarak "Fhesap < Ftablo" demektir. Yani  $H_0$  hipotezi kabul edilir.

Benim analizimde Anlamlılık Düzeyi 0,05'tir. Yani %5 hata payını kabul ediyorum. Eğer P-değeri 0,05'ten küçükse, bu sonucun şans eseri olma ihtimali kabul edilebilir sınırdan (0,05) daha düşüktür. Bu yüzden  $H_0$ 'ı reddederiz. P-value kısaca bulduğumuz sonucun şans eseri olma olasılığıdır.

**S Değeri (Standart Hata):** Modelin tahminlerinde yaptığı ortalama hata payıdır. S değeri yaklaşık **15** puan çıktı. Model bir şarkının popülerliğini tahmin ederken, gerçek değerden ortalama 15 puan yukarıda veya aşağıda sapabiliyor. Popülerlik 0-100 arasında bir puan olduğu için 15 puanlık sapma makul kabul edilebilir. Müzik zevki gibi subjektif bir konuda nokta atışı tahmin yapmak zordur.

**R-sq (R-Kare / Belirtme Katsayısı):** Modelin, verideki değişkenliği (varyansı) açıklama gücüdür. Model, bir şarkının popülerliğindeki değişimin **%6,02'sini** açıklayabiliyor. %6 düşük görünebilir. Ancak ben burada fiziksel bir deney yapmıyorum, insan davranışını ve beğenisini modelliyyorum. Bir şarkının tutması %94 oranında; sanatçının kim olduğu, şarkı sözleri gibi modele katmadığımız dış etkenlere bağlıdır.

Ancak F değerlerinin çok yüksek olması, bu %6'lık etkinin (Tempo ve Mod'un) tesadüf olmadığını, gerçek ve istatistiksel olarak anlamlı bir etki olduğunu kanıtlar. Yani etki azdır ama kesindir.

**R-sq(adj) (Düzeltilmiş R-Kare):** Modele eklenen gereksiz değişkenlere karşı R-kare'yi cezalandıran bir değerdir. Düzeltilmiş R-kare değerim **%5,84**, normal R-kareye (%6,02) çok yakındır. Bu da modelin gereksiz bir değişken eklemediğimi, modelin sade ve sağlam olduğunu gösterir.

**R-sq(pred) (Tahmin R-Karesi):** Modelin, hiç görmediği yeni bir veriyi tahmin etme başarısıdır. Tahmin R-karesi de diğer değerlere oldukça yakın çıkmıştır. Bu, modelin veriyi ezberlemediğini ve genel trendi doğru yakaladığını gösterir. Yani bu modeli yeni şarkılar için de kullanabiliriz.

## Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	34,563	0,458	75,39	0,000	
mod_ad					
Major	3,905	0,458	8,52	0,000	1,26
tempo_grup					
DÜŞÜK	-1,560	0,458	-3,40	0,001	1,12
mod_ad*tempo_grup					
Major DÜŞÜK	-0,154	0,458	-0,34	0,737	1,40

ANOVA tablosunda bir etkinin olduğunu bulduk. Bu tabloda ise yönünü bulduk: Major ton puanı yükseltiyor (+3.9), Düşük tempo puanı düşürüyor (-1.5). VIF değerleri de düşük olduğu için modelde çoklu bağlantı sorunu yoktur ve güvenilirdir.

**Constant :** Tüm şarkıların başlangıç (ortalama) puanıdır. Hiçbir faktörü hesaba katmazsa, bir şarkının ortalama popülerliği 34,5 puandır.

**mod\_ad (Major) :** Katsayının pozitif olması, **Major** tonun popülerliği artırdığını gösterir. Şarkı Major olursa, ortalamanın üzerine yaklaşık **4 puan** ekler. Yani neşeli tonlar başarı getiriyor.

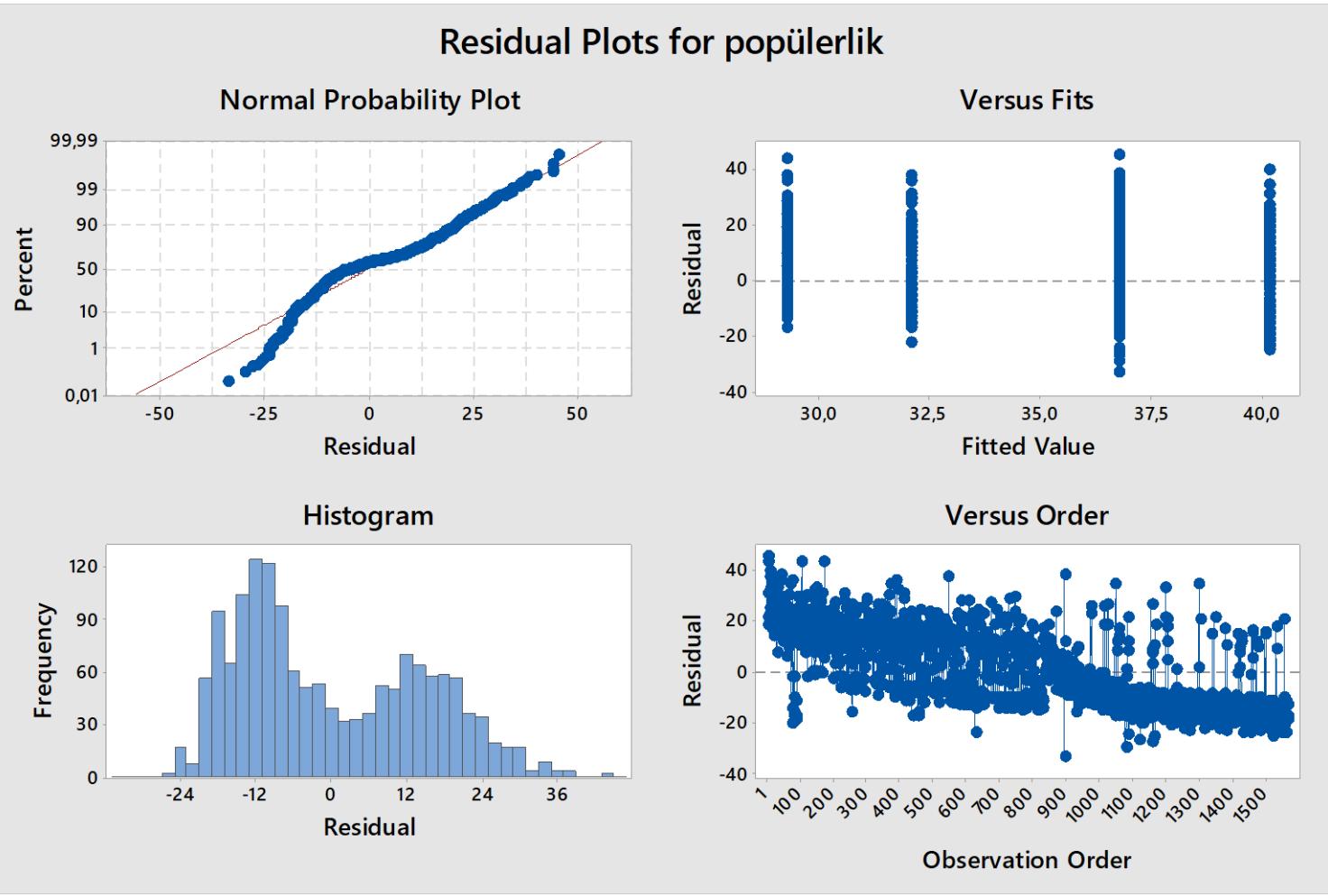
**tempo\_grup (DÜŞÜK) :** Katsayının negatif olması, **Düşük Tempo**'nun popülerliği aşağı çektiğini gösterir. Yavaş şarkı yapmak puanı **1,5 puan** azaltıyor. Düşük tempo kaybettiriyorsa, **Yüksek Tempo** kazandırıyor demektir.

**mod\_ad \* tempo\_grup:** Bu hem katsayı çok küçük hem de P-değeri 0,05'den yüksek istatistiksel olarak anlamsız. Etkileşimi ihmali ediliyor.

**VIF (Variance Inflation Factor - Varyans Şişirme Faktörü):** değişkenlerin birbirinin kopyası olup olmadığını ölçer. Analizde iki faktör (Tempo ve Mod) birbirine çok benziyorsa, model hangisinin etkili olduğunu ayırt edemez ve matematiksel olarak şaşırır.

- **VIF = 1:** Mükemmel durum. Faktörler tamamen bağımsız (Hiçbir bağlantı yok).
- **VIF > 5 veya 10:** Faktörler birbirinin içine girmiştir, analiz güvenilmez.

# GRAFİKLER



### Normal Probability Plot (Olasılık Grafiği)

Hataların normal dağılıma uyup uymadığını kontrol eder. Noktalar genel olarak kırmızı çizgiyi takip ediyor. Üç kısımlarda hafif sapmalar olsa da, büyük veri seti için kabul edilebilir bir durum.

### Versus Fits (Tahminlere Karşı Hata)

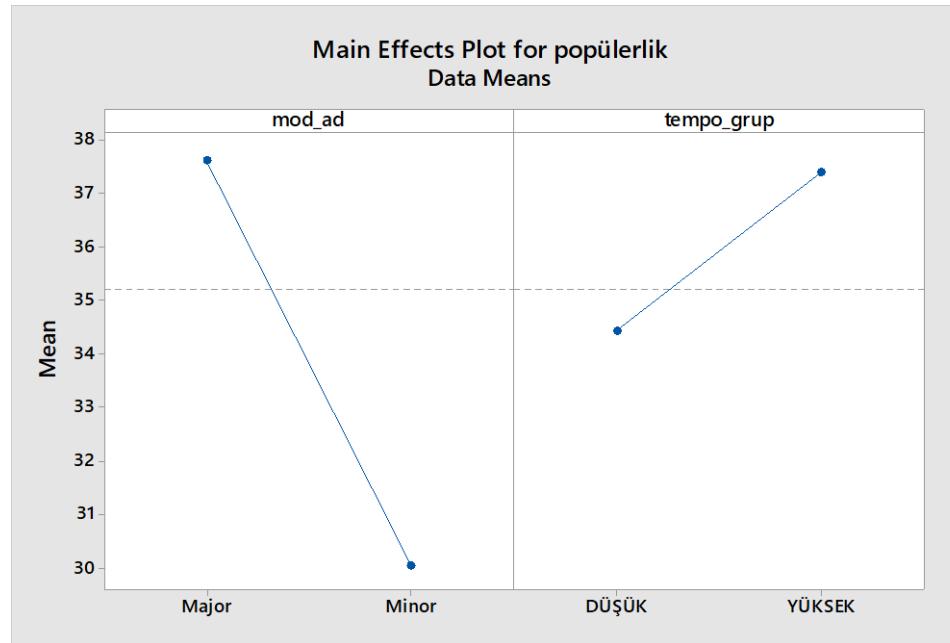
Varyansın sabit olup olmadığını kontrol eder. Noktaların "0" çizgisi etrafında rastgele, bir huni şekli oluşturmadan yayılmalıdır. Burada noktalar sütunlar halinde duruyor. Bunun sebebi girdilerin (Tempo ve Mod) kategorik olmasıdır.

### Histogram : Hataların dağılım şeklini gösterir.

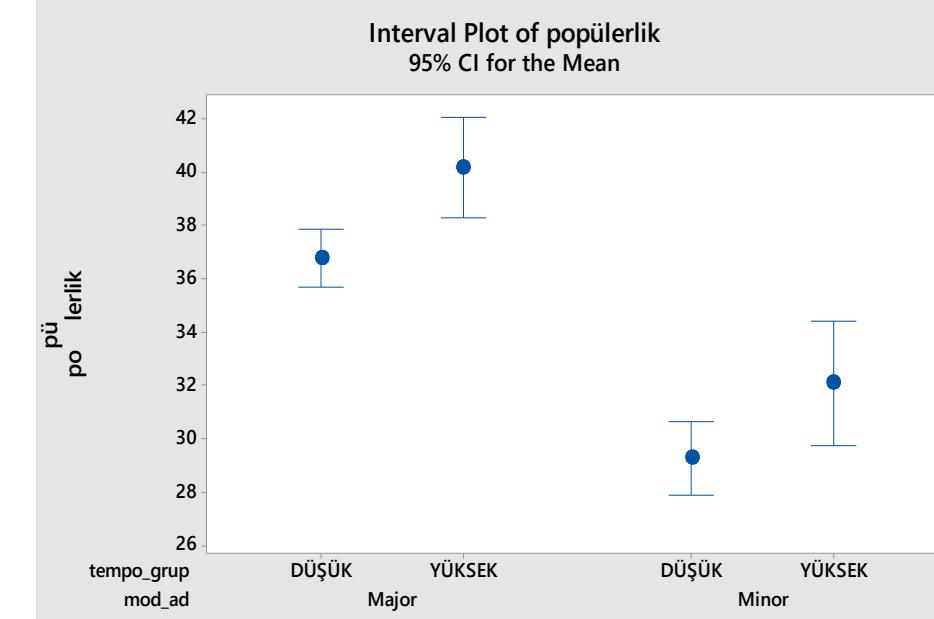
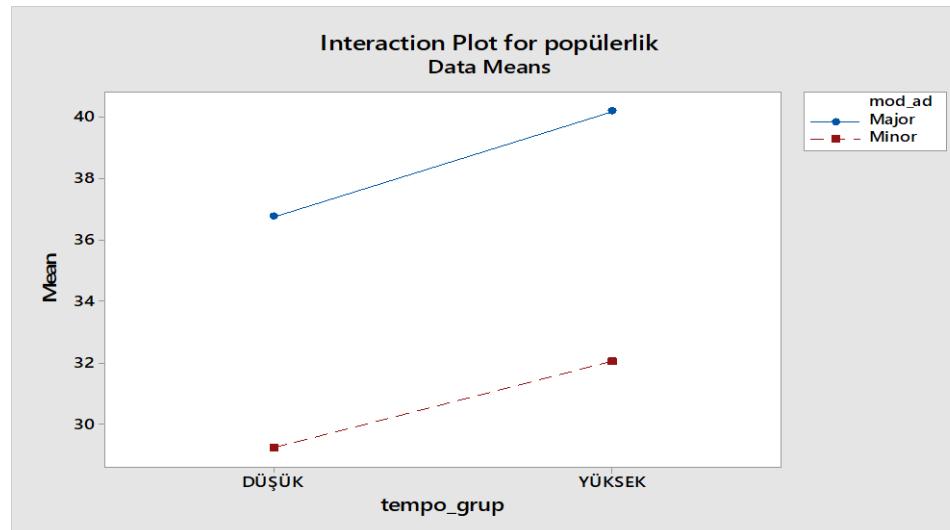
histogram grafiği mükemmel bir çan eğrisi değil, biraz sola doğru yiğilmiş duruyor. Bunun sebebi, Spotify'daki şarkıların doğal dağılımıdır. Model bir şarkiya 'Teknik olarak iyi, 40 puan almalı' derken, o şarkıyı dinleyici tarafından beğenilmeyip 10-15 puanda kalabiliyor. Modelin tahmininden çok daha düşük puan alan bu 'başarısız şarkılar', histogramın sol tarafında yiğilme yapıyor.

### Versus Order (Sıraya Karşı Hata)

Verilerin birbirinden bağımsız olup olmadığını kontrol eder. Verilerin birbirinden bağımsız olduğunu göstermektedir. Yani model güvenilirdir.



Grafikteki çizgi ne kadar dik eğimli ise, o faktörün etkisi o kadar büyükür. Çizgi yataysa etki yok demektir.



Individual standard deviations are used to calculate the intervals.

Aralık Grafiği analizi; %95 güven düzeyinde Major ve Minor ana grupları arasındaki belirgin seviye farkı, Tonun baskın etkisini göstermektedir. Grupların kendi içindeki dağılımda ise Yüksek Tempo çubuklarının daha yukarıda olması, Hızın pozitif katkısını doğrulamaktadır.

# SONUÇ

---

- **Istatistiksel Karar:** Yapılan ANOVA analizi sonucunda; Tempo (Hız) ve Mod (Ton) faktörlerinin Spotify popülerliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu ( $P < 0.05$ ) kanıtlanmıştır.

Analiz verilerine göre başarı şansını maksimize eden formül şudur:

- Ton: Major (Neşeli) → Yaklaşık **+4 Puan** Artış.
- Hız: Yüksek Tempo (>135 BPM) → Yaklaşık **+1.5 Puan** Artış.
- En yüksek ortalama popülerlik: **Yüksek Tempo & Major Ton** kombinasyonunda elde edilmiştir.
- **Etkileşim Durumu:** İki faktör arasında anlamlı bir etkileşim bulunmamıştır ( $P > 0.05$ ). Bu da Hız ve Tonun birbirinden bağımsız çalıştığını gösterir. Yani prodütörler, hızlı şarkısı yaparken tonun ne olacağı konusunda kısıtlanmak zorunda değildir; Major ton her hızda avantajlıdır.
- **Model Performansı ve Kısıtlar:** Modelin açıklayıcılık katsayısının ( $R^2 = 6\%$ ) düşük olması, müzik beğenisinin sубjektif ve çok değişkenli (sanatçı, sözler, reklam vb.) yapısından kaynaklanmaktadır. Ancak P-değerlerinin yüksek güvenilirliği, tespit edilen etkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve belirlediğimiz faktör seviyelerinin başarıyla ilişkili olduğunu kanıtlamaktadır



# KAYNAKÇA

---

- Kaggle - "Spotify Top Tracks Dataset" . [Spotify Tracks Dataset | Kaggle](#)
- Erilli, N. A. *Istatistik II*. Seçkin Yayıncılık.
- Spotify for Developers. "Web API Reference - Audio Features".  
<https://developer.spotify.com/documentation/web-api/reference/get-audio-features>
- Montgomery, D. C. (2019). *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & Sons.

## Kullanılan Yazılımlar:

- Minitab 18
- Microsoft Excel



**TEŞEKKÜRLER.**