

## YAYGIN OLARAK KULLANILAN İSTATİSTİKİ TESTLER

### 1) BAĞIMSIZ İKİ ÖRNEK T-TESTİ

Elimizdeki bulunan iki veri grubun ortalamaları arasında bir fark olup olmadığını araştırmak için kullanılır. Örneğin bir montaj hattı üzerinde yapılan iyileştirmenin istatistiki açıdan anlamlı bir fark yaratıp yaratmadığı test edilmek istendiğinde bu test uygulanabilir. İyileştirme öncesi hattan çıkan günlük üretim miktarları ve iyileştirme sonrası hattan çıkan üretim miktarları Tablo 1'deki gibi olsun.

Tablo 1. Bağımlı örnek t-testi için örnek çalışma

İyileştirme öncesi günlük üretim miktarı	İyileştirme sonrası günlük üretim miktarı
1. gün=100	1. gün=110
2. gün=98	2. gün=112
3. gün=103	3. gün=117
4. gün=105	4. gün=118
5. gün=108	5. gün=105
6. gün=99	
7. gün=110	

Bağımsız örneklem t-testinin yapılması için karşılaştırılacak gün sayısının (veri sayısının) aynı olması gerekmez örneğin tabloda iyileştirme öncesi 7 gün, iyileştirme sonrası için 5 gün alınmıştır. Karşılaştırma yapılırken herhangi bir gündeki üretim miktarları ele alınmıştır. Bayram, tatil, fazla mesai vs gibi durumların normal günlük üretim miktarları aynı grupta ele alınmaması gerekir. Şayet bu durum ele alınacaksa her iki grup için de (iyileştirme öncesi ve sonrası) benzer özellik(yoğunluk) gösteren günler ele alınmalıdır. Tablo 1'de örnek olması açısından kısıtlı sayıda veri kullanılmıştır. Verilerin fazla olması daha doğru karar almamızı sağlayacağı için tercih edilir. Merkezi limit teorimi gereğince minimum 30 verinin kıyaslanması güven aralığının daha doğru hesaplanmasını sağlayacağı için daha doğru sonuçlar elde etmemizi sağlayacaktır.

Bir başka örnek simülasyon çalışmaları için verilebilir. Örneğin simülasyonda farklı tesis yerleşimlerinin ortalama süreç içi stok miktarına etkisinin olup olmadığının incelenmesi gereken durumda yine bağımsız örneklem t-testi yapmamız gerekir. Özetle değişen parametrelere bağlı **iki sonuç arasında bir fark olup olmadığını kıyasladığımız tüm durumlarda bağımsız örneklem t-testi yapılabilir**. Burada dikkat edilmesi gereken nokta ele alınan **grup sayısının iki** olmasıdır. Birden fazla gruplar arasında fark olup olmadığının incelenmesi için ANOVA testinin yapılması gerekir.

## 2) BAĞIMLI ÖRNEK T-TESTİ

Bağımlı örnek t-testi bağımsız örnek t-testinden farklı olarak aynı örneklem çiftine iki farklı uygulama sonucunda elde edilen sonuçların karşılaştırılmasında kullanılmaktadır. Buna en tipik örnek bir hasta grubuna verilen ilacın etkisinin test edilmesidir. Örneğin 10 hastaya ilaç vermeden önceki test değerleri (örn. tansiyon) ile ilaç verdikten sonraki test değerleri ölçülmekte ve ilacın etkisi araştırılmak istendiğinde bağımlı örnek t-testi uygulanmaktadır. Burada önemli olan aynı bireye ait sonuçların karşılaştırılacak olmasıdır.

Endüstri mühendisliği açısından bu test benchmark problemlerin çözümünde karşılaştırma yapmak için kullanılmaktadır. Örneğin bir çizelgeleme algoritması geliştirildiğini ve bu algoritmanın literatürdeki diğer çalışmalardan daha kısa sürede çizelgeleme yapıp yapmadığını test etmek istediğimizi düşünelim (Tablo 2). Algoritmamızın problemleri daha kısa sürede çözüp çözmediğinin belirlenmesi için, literatürde bulunan benchmark problemlerin çözüm zamanları ile bizim algoritmamızın çözüm zamanlarının bire bir karşılaştırılması gerektiği için bu teste ihtiyaç duyulmaktadır. Burada önemli olan Tablo 2’de yer alan her bir problemin farklı olduğu ve **kıyaslamamızın her bir problem için ayrı ayrı yapılması gerektiğidir**. Aynı gruba farklı yöntemlerin kıyaslamasını içerdiği için bağımsız örneklem t-testinden farklıdır.

Tablo 2. Bağımlı örnek t-testi için örnek çalışma

Benchmark problem	Literatürdeki sonuç	Algoritmadan elde edilen sonuç
1.problem	10 sn	12sn
2.problem	15sn	13sn
3.problem	20sn	17sn
4.problem	30sn	32sn
5.problem	50sn	49sn

## 3) ANOVA TESTİ

Bağımsız örneklem t-testi iki grubun ortalamaları arasında bir fark olup olmadığının test edildiği durumda kullanılmaktaydı. Fakat karşılaştırılacak grup sayısı ikiden fazla ise bu durumda bağımsız örneklem t-testi değil ANOVA testinin yapılması gerekmektedir. Örneğin 4 farklı mağazanın ortalama satış miktarları arasında bir fark olup olmadığını test etmek istendiğinde ONE-WAY ANOVA yapılmalıdır. Bir başka örnek olarak montaj hattında 3 farklı yerleşimin gerçekleştiği durumu ele alalım ve yerleşim tiplerine bağlı ortalama hatalı ürün sayısı açısından bir fark olup olmadığını araştıralım. Bu durumda da ONE-WAY ANOVA testi yapılmalıdır. Test ortalama hata sayısı açısından yerleşim tipinin etkisinin olup olmadığını vermenin yanında her bir yerleşim sonucunda elde edilen hata sayıları için güven aralığı da verdiğinden, yerleşim tipleri hata sayısına bağlı sıralanabilmektedir. Böylelikle hem yerleşim tipinin hatalı ürün sayısına etkisinin olup olmadığı hem

de hangi yerleşim tipinde en az hatalı ürün çıktığı bilgilerine ulaşılabilir. Burada önemli olan **bağımsız t-testinden farklı olarak, karşılaştırılacak grup sayısının ikiden fazla olmasıdır.**

**Örnek:** Yapılan iyileştirmeler sonucunda kurulan her bir yerleşim tipinden elde edilen hata sayıları aşağıda verilmiştir. Yerleşim tipi hata sayısı üzerinde etkili midir? En az hataya sahip yerleşim tipi hangisidir?

Yerleşim tipi 1	Yerleşim tipi 2	Yerleşim tipi 3
10	12	3
12	11	2
8	9	5
14	10	2
9	8	1

1) Öncelikle hipotez kurulur.

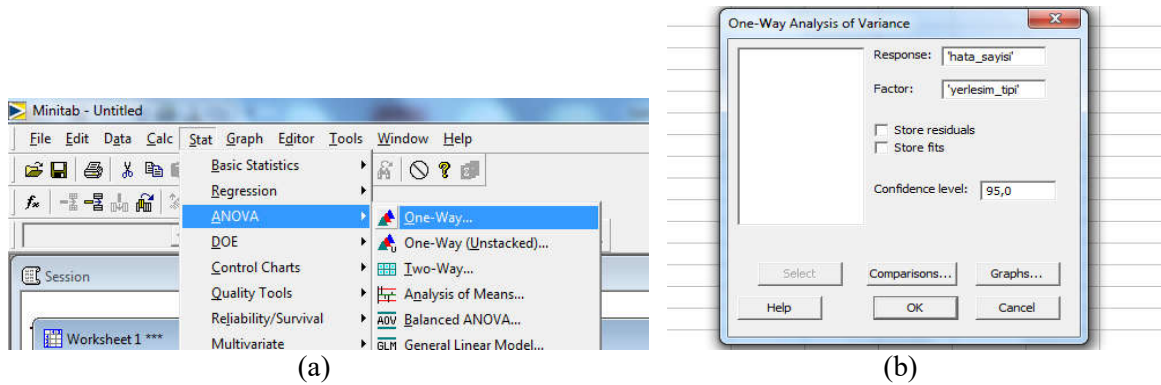
$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$  (ortalama hata sayıları arasında fark yoktur)

$H_1$ : Ortalamalardan en az ikisi arasında anlamlı fark vardır (Ortalama hata sayıları arasında fark vardır)

2) Verilerin minitaba girilmesi. İlk sütunda yerleşim tipleri, ikinci sütunda hata sayıları olmalıdır.

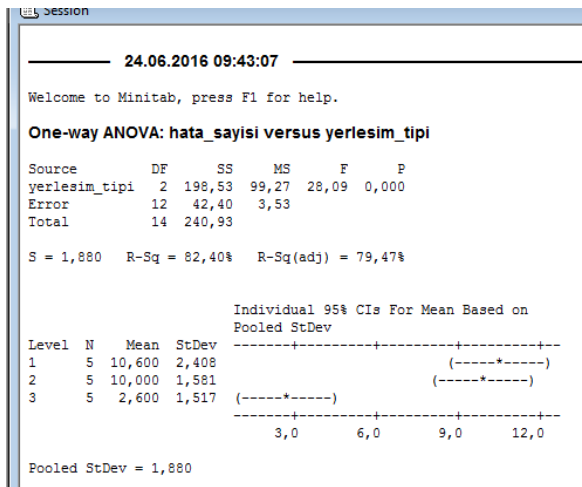
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	yerlesim_tipi	hata_sayisi				
1	1	10				
2	1	12				
3	1	8				
4	1	14				
5	1	9				
6	2	12				
7	2	11				
8	2	9				
9	2	10				
10	2	8				
11	3	3				

3) Veriler minitaba girildikten sonra Stat-ANOVA-One-Way seçilir (Şekil 1a). Sonra karşımıza çıkan ekranda (Şekil 1b) response kısmına “hata sayısı” factor kısmına “yerleşim tipi” seçilir. Güven aralığı (Confidence level) %95 olarak tanımlanmıştır. İstendiği takdirde buradan değiştirilebilir.

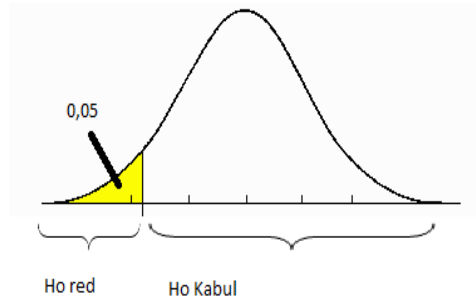


Şekil 1. One-way ANOVA

4) Karşımıza çıkan ANOVA sonuç tablosunun okunması. Şekil 2a’da öncelikle ekranda “P” değerine bakılmalıdır. “P” değerinin 0,05’ten küçük olması (%95 güven aralığı kullanıldığı için)  $H_0$  hipotezinin reddedildiğini yani hata sayısının yerleşim tipine bağlı olarak değiştiği anlamına gelmektedir. “P” değerinin 0,05’ten büyük olması ise  $H_0$  hipotezini reddetmek için elimizde yeterli kanıt olmadığı yani  $H_0$  hipotezinin reddedilemediği anlamındadır. Kavram kargaşası yaratmamak için kısaca  $H_0$  hipotezi kabul edildi şeklinde yorumlanmaktadır.  $H_0$  hipotezi kabul edilmesi hata ortalamaları arasında bir fark olmadığı dolayısıyla yerleşim tipine bağlı olarak hata sayısında bir değişiklik olmadığı anlamına gelmektedir. **Şekil 2a’da “P” değeri 0 çıktığı için, yerleşim tipine bağlı ortalama hata sayısı değişmektedir ( $H_0$  hipotezi red).** Şekil 2b’de grafik üzerinde  $H_0$  hipotezinin hangi durumlarda kabul hangi durumlarda reddedileceği gösterilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 2. ANOVA sonuç tablosu

Hangi yerleşim tipinin daha az hatalı üretim yaptığını bulmak için Şekil 2a’da “Individual 95% CI for Mean Based on Pooled StDev” kısmına bakılmalıdır. Burada her bir yerleşim tipi içinin hata sayısına karşılık gelen güven aralığı çizgi şeklinde verilmektedir. Bu çizgiler güven aralığının genişliği kadar çizilmiştir. Şekil 2a’da yerleşim tipi 1 ve 2’nin güven aralıkları örtüştüğü için %95 güven düzeyinde iki yerleşim tipi arasında hata sayısına bağlı anlamlı bir fark yoktur. Fakat yerleşim tipi 3’ün güven aralığı diğerleri 1 ve 2 ile örtüşmemektedir. Ayrıca yerleşim tipi 1 ve 2’ye göre daha düşüktür. **Bu durumda yerleşim tipi 3 en az hata ile üretimi gerçekleştirmekte, yerleşim tipi 1 ile 2 arasında ortalama hata sayısı açısından bir fark bulunmamaktadır.**