	DSİ Laboratuvarları

T 0 16 00 02

İstatistik Tekniklerle Veri Analizi Talimatı

Revizyon Tarihi : 13.03.2020

Revizyon No : 01

Hazırlayan	İmza	Onaylayan	İmza
Nermi ARSLAN		Dr. Vehbi ÖZAYDIN	

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

1. AMAÇ ve KAPSAM

Bu doküman, TS EN ISO/IEC 17025 standardının Madde 7.2 Yöntemlerin seçilmesi, Doğrulanması ve geçerli kılınması, Madde 7.6 Ölçüm belirsizliğinin değerlendirilmesi, Madde 7.7 Sonuçların geçerliliğinin güvence altına alınması ve Madde 8.6 İyileştirme şartlarını sağlamak amacıyla elde edilen verilerin istatistiksel analiz tekniklerini kapsar. Bu dokümanın amacı;

a. Laboratuvarın standart yöntemleri uygulamaya başlamadan önce düzgün bir şekilde çalışılabildiğini doğrulamak,

b. Yöntem geliştirme veya standart olmayan yöntem kullanmak gerektiğinde geliştirilen yöntemin geçerliliğini göstermek,

c. Belirsizlik kaynakları değerlendirmesini yaparak ölçüm belirsizliği tahmini yapmak,

ç. Sonuçları raporlamadan önce verileri gözden geçirmek ve gerektiğinde karar vermek,

d. DSİ Laboratuvarlarında sunulan deney hizmetleri sonunda, hizmet yeterliliği ve performansının değerlendirilmesi, sürekli iyileştirmek üzere elde edilen verilerin değerlendirilmesi

e. Kök sebep analizleri

için gerekli olabilecek istatistik teknikleri ve uygulamalarını açıklamaktır.

2. SORUMLULUK

Laboratuvarlarda üretilen deneysel sonuçların geçerliliği için elde edilen verilerin farklı amaçlar için gözden geçirilip değerlendirilmesine yönelik veri analizi amacıyla kullanılacak istatistiksel tekniklerin bu talimata göre uygulanmasından görev, yetki ve sorumluluk çerçevesinde tüm DSİ Laboratuvarları personeli sorumludur.

3. TERİMLER VE TANIMLAR

Veri

Bir ürün veya süreç ile ilgili elde edilmiş tanımlayıcı, sayısal/sayısal olmayan veya grafiksel yapıdaki değerler. Veriler ölçüm, sayım, deney, gözlem ya da araştırma yolu ile elde edilir. Ölçüm ya da sayım yolu ile toplanan ve sayısal bir değer bildiren veriler nicel veriler, sayısal bir değer bildirmeyen veriler de nitel veriler olarak adlandırılır.

Veri Analizi

Süreç iyileştirme, ürün geliştirme gibi etkinliklere bilgi sağlayacak verilerin toplanması ve düzenlenmesi için yapılan çözümlemeler. Bir verinin tek başına bir anlamı ve işlevi bulunmamaktadır. Veriler toplandıktan sonra gruplanarak, sıralanarak ve özetlenerek, elle ya da bilgisayarla işlenip bilgiye dönüştürüldüklerinde anlam kazanmakta; ait oldukları çalışmayı açıklama gücüne kavuşmaktadır. Problem çözme ya da karar verme gibi bir amaca hizmet edebilecek duruma gelmektedir.

İstatistik

Herhangi bir konuyu incelemek için gerekli verilerin toplanmasını, toplanan verilerin değerlendirilmesini ve değerlendirme sonucu karara varılmasını sağlayan bilim dalı. Diğer bir ifadeyle

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

istatistik, toplanmış verileri geliştirilmiş olan bazı tekniklerle özetleme, yorumlama ve analiz ederek bilgiye dönüştürmemizi sağlayan bir bilim dalıdır. İstatistik, veriden bilgiye geçişi mümkün kılar.

Hipotez

Herhangi bir veri setine ilişkin olarak ileri sürülen ve doğruluğu olasılık kurallarıyla araştırılabilen varsayım (önerme).

4. UYGULAMA

DSİ laboratuvarlarında memnuniyetin ölçülmesi, hizmet performansının değerlendirilmesi gibi nitel verilerin yanı sıra, ölçüm sonuçları (analitik veriler) gibi nicel verilerin objektif olarak değerlendirilmesi amacıyla istatistik tekniklerden geniş ölçüde yararlanılır.

Pek çok çalışma alanında istatistiksel veri analizi büyük öneme sahiptir. Çalışılan alan ve konudan, ölçüm ve araştırma probleminden bağımsız olarak uygulanan istatistiksel bir yöntem yoktur. Veri analizi sürecinde birden fazla amaç için sonuç sağlayabilecek tek bir istatistiksel yöntem kullanmak mümkün değildir. Bu nedenle, farklı alanlarda, farklı amaçlarla, farklı veri yapılarına uygun tanımlanmış oldukça fazla sayıda istatistiksel yöntem vardır.

4.1. Nitel Verilerin İstatistik Tekniklerle Analizi

DSİ laboratuvarlarında müşteri memnuniyetinin ölçülmesi, hizmet performansının değerlendirilmesi ve sürekli iyileştirmenin sağlanması için gerekli verilerin toplanarak istatistik teknikleriyle analiz edilmesi ve böylelikle verilere dayalı karar destek sisteminin oluşturulması sağlanır. Bu çerçevede yürütülecek çalışmalar aşağıdakileri (bunlarla sınırlı olmamak üzere) kapsar:

1. Kalite hedeflerinin değerlendirilmesi
2. Yıllık çalışma programına bağlı olarak performans değerlendirmesi
3. Laboratuvar performansının değerlendirilmesi (üretim sonuçları vb.)
4. Anketler
5. Personelin gözetimi ve yetkinliğinin izlenmesi
6. Risk ve fırsat analizleri

İhtiyaç duyulan istatistiksel çalışmaların planlanması (konusu, istatistiksel yöntemin belirlenmesi, süresi, sorumlusu vb.) ve yürütülmesi Kalite Yöneticisi/Kalite Yöneticisi Temsilcisi tarafından koordine edilir. DSİ laboratuvarlarında istatistiksel çalışmalarda (veri toplama ve veri analizi) temel istatistiksel araçlardan elverişli olanlardan birisi veya birkaçı birlikte kullanılır. Bunların dışında basit istatistiksel teknikler ve grafikler de kullanılabilir.

Temel istatistiksel araçları aşağıda verilmiştir.

4.1.1. Kontrol çizelgeleri (Çetele diyagramları)

Kontrol çizelgeleri verilerin kayıt edilmesi ve düzenlenmesi için kullanılır. Belirli bir zaman aralığında meydana gelen hataların ortaya çıkma nedenlerini ve kaynaklarını bulmak amacıyla sorunları çetele ile göstererek sıklık derecesinin saptanması için kullanılmaktadır.

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

4.1.2. Pareto analizi

Farklı sayılardaki önemli sebepleri, daha az önem arz eden sebeplerden ayırmak için kullanılan istatistiksel bir yöntem.

4.1.3. Histogram

Belli bir kalite karakteristiğinin nasıl dağıldığını sütun grafikleri seklinde gösteren grafiklerdir. Ölçülen karakteristiğin değerleri uygun sınıf aralıklarına bölünerek her sınıfa düşen eleman sayıları belirlenir ve bir bölünme serisi (gruplanmış seri) elde edilir.

4.1.4. Gruplandırma (Tabakalama)

Gruplandırma, belli kategorilere ve özelliklere göre bilgilerin sınıflandırılması sürecidir.

4.1.5. Sebep - sonuç diyagramı (Balık kılçığı) (Ishikawa Diyagramı)

Herhangi bir problemi doğuran ya da dolaylı olarak etkileyen sebepleri; belirlemek, sınıflandırmak ve ilişkilendirerek görselleştirmek amacıyla kullanılan tekniktir.

4.1.6. Dağılma diyagramları (Serpilme, yayılma, saçılma)

Dağılma diyagramları, birbiri ile ilişkisi olduğu düşünülen iki değişken için hazırlanır. Değişkenlerden biri yatay eksende diğeri dikey eksende yer alır.

4.1.7. Kontrol grafikleri (Shewart diyagramları)

Süreç kontrolünün istatistik yöntemlerle ekonomik ve güvenilir biçimde gerçekleştirilmesinde kullanılan kontrol diyagramıdır. Bir başka tanıma göre; üretimden belirli ve eşit zaman aralıklarında alınan örneklerden elde edilen ölçüm değerlerinin zaman içerisindeki değişimlerinin gösterildiği grafiklerdir.

4.1.8. Beyin fırtınası (Brain Storming)

Beyin fırtınası bir problemin nasıl çözüleceği konusunda hep birlikte fikirler ortaya atmak üzere bir grup insanın toplanmasıdır.

4.1.9. Beş neden (5N) analizi

Kalite yönetiminde belirli bir sorunun altında yatan neden-sonuç ilişkilerini keşfetmek için kullanılan bir soru sorma tekniğidir.

4.1.10. Akış diyagramları

4.2 Nicel Verilerin (Analitik Verilerin) İstatistik Tekniklerle Analizi

Laboratuvar faaliyetleri (test, ölçüm ve analiz) sonucunda üretilen veriler daima bazı kararsızlıklar veya hatalar içerir. Ne yapılırsa yapılsın analizi veya ölçümü yapılan bir özelliğin gerçek değeri bulunamaz. Ancak gerçek değere yakın olan veya onu temsil eden bir değer bulunabilir. Bunu bulmak için veya karşılaştırmalar yapmak için tekrarlı analizler/ölçümler yapılabilir. Bu tekrarlar sonunda elde edilen verilerin hangi değer etrafında toplandığı ve bunların birbirlerine göre hangi konumda olduklarının, gerçek veya referans bir değerle aralarındaki farkların bilinmesi oldukça önemlidir. Deneysel sonuçların bir anlam taşıması, bunların bilinmesine ve sonuçlarının doğru yorumlanabilmesine bağlıdır. Laboratuvarda tüm bunların cevabı istatistiksel hesaplamalar ve testler ile bulunabilir.

İstatistiksel değerlendirme, verinin eğilimini ve dağılımını belirler, yanlış veriyi daha kolay anlaşılır hale getirir. Ayrıca sonuçlar çok farklı amaçlarla kullanılabilmekte ve amaca göre de doğruluk kriteri değişebilmektedir. Verilerin kalitesini değerlendirmede istatistiksel tekniklerden geniş ölçüde yararlanılır. Farklı amaçlar için kullanılan, çok farklı istatiksel hesaplamalar ve istatiksel testler mevcuttur.

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

Laboratuvarda istatistiği amacına uygun kullanabilmek için temel istatistiksel hesapların (kavramların) ve testlerin iyi anlaşılması gerekir. Laboratuvarda analitik verilerin değerlendirilmesinde kullanılacak temel hesaplama ve testler aşağıda verilmiştir:

Temel istatiksel kavramlar	**Analitik verilerin (ölçüm sonuçlarının) değerlendirmesi için istatiksel testler (Anlamlılık Testleri)**
- Ortalama değer - Ortanca değer - Mod (Tepe değer) - Açıklık (Yayılma) - Standart sapma - Bağıl (Rölatif) standart sapma - Varyans (Değişim katsayısı) - S_{pool} (standart sapmaların birleştirilmesi, havuzda toplanması) - Hata - Serbestlik derecesi	- F-Testi - T-Testi - ANOVA Testi (Varyans Testi) - Dixons testi - Grubbs testi - Cochran testi

4.2.1. Temel istatiksel kavramlar

İstatistikte sonuçların etrafında toplandığı değerler merkezi eğilim ölçüleri olarak adlandırılır ve aritmetik ortalama, geometrik ortalama, ortanca, mod gibi kavramlar uygulamada merkezi eğilim ölçülerini gösterir. Sonuçların birbirine göre konumlarını, birbirlerine yakınlık ve uzaklıklarını yansıtan değerler de dağılım (yayılma, saçılma) ölçüleri olarak adlandırılır ve açıklık, standart sapma, varyans, değişim katsayısı gibi kavramlar uygulamada dağılım ölçülerini gösterir.

Aritmetik ortalama

Bir grup tekrar analizinden (ölçümünden) elde edilen sonuçların toplanıp analiz sayısına bölünmesiyle elde edilen değerdir.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Ortanca değer (medyan)

Bir veri setindeki sonuçlar en küçükten en büyüğe doğru sıralandığında sıranın ortasındaki değere denir. Tek sayıda analiz sonuçlarında ortanca değer bir tane olduğu halde, çift sayıdaki analiz sonuçlarında iki tanedir. Böyle durumlarda ortadaki iki değerin ortalaması, ortanca değer olarak alınır.

Mod (Tepe Değer)

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

Bir veri setindeki en çok tekrarlanan değere mod denir. Sonuçların küçükten büyüğe doğru sıralanması gerekli olmasa da, sıralamak mod değerinin bulunmasına kolaylık sağlar.

Açıklık (yayılma)
Yayılma istatistikte önemli bir terimdir. Bir grup tekrar analizinden (ölçümünden) elde edilen sonuçlardan en küçük değerle en büyük değer arasındaki farka denir. Saçılma, dağılma veya değişkenlik de denir.

Standart Sapma (s)
Bir grup tekrar analizinden (ölçümünden) elde edilen sonuçların ortalama değer etrafında dağılımının ölçüsüdür. Standart sapma kesinlik parametresidir ve değeri ne kadar küçükse analizin (ölçümün) kesinliği o kadar iyidir.

Metot geçerli kılma ve doğrulama çalışmalarında tekrarlanabilirliğin/tekrarüretilebilirliğin sayısal ifade edilmesinde kullanılır. Ne kadar çok veri elde edilirse, tekrarlanabilirlik o kadar daha iyi tespit edilmiş olunur.

$$s = \sqrt{\frac{\sum\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}}$$

Varyans
Standart sapmanın karesidir.

Varyans=s^2

Bağıl Standart Sapma (RSD)
Karşılaştırılabilir bir değer olabilmesi için standart sapmanın ortalama değere bölünmesidir.

$$RSD = \frac{s}{\bar{x}}$$

Değişim Katsayısı (CV)

Bağıl standart sapmanın 100 ile çarpılmış haline ise varyasyon katsayısı (değişim katsayısı) (CV) denir.

$$CV = \%RSD = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

Harman (Bileşik) Standart Sapma (S_{pool})

Farklı ölçüm serilerinin standart sapmalarından hesaplanan ortak standart sapmadır. Bir metodun kesinliği harman ya da bileşik standart sapmayla da verilebilir. Özellikle ölçüm belirsizliği belirlenirken kesinlikten gelen belirsizliğin hesaplamasında (F-testi veya ANOVA değerlendirmesi sonunda farklı ölçüm serilerindeki sapmaların uygun olduğuna karar verilmiş ise) çoğunlukla farklı kişilerden maksimum standart sapmayı gösterenin sonucu kullanılır. Ancak gerek ölçüm belirsizliğini iyileştirmek

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

(düşürmek) istendiğinde gerekse tüm sonuçları dahil ederek daha gerçekçi sonuç verilmek istendiğinde aşağıdaki eşitlik kullanılarak farklı standart sapmalar bir araya getirilebilirler (havuzda toplanırlar).

$$s_{pool} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \cdot s_1^2 + (n_2 - 1) \cdot s_2^2 + ... + (n_k - 1).s_k^2}{(n_1 + n_2 + ... + n_k - k)}}$$

n: her bir veri serisindeki tekrar ölçüm sayısı

s: her bir veri serisine ait standart sapma

k: veri serisi sayısı

Hata (Bias, Sapma)

Ölçülen büyüklük değeri ile referans büyüklük değeri arasındaki fark

Serbestlik Derecesi (SD)

Genellikle ölçüm sayısının 1 eksiğine denir.

SD=n-1

Yukarıda verilen temel istatistik hesaplamaların çoğu "Microsoft Office Excel Uygulaması" ile yapılabilir.

4.2.2 Analitik verilerin (ölçüm sonuçlarının) değerlendirmesi için istatiksel testler (Anlamlılık Testleri)

Laboratuvarda üretilen sonuçların doğruluğu oldukça önemlidir. Doğruluk, ölçüm sonuçlarının gerçek değere ve birbirine yakınlığını göstermek için kullanılır. Doğruluk parametresi iki ana bileşenden oluşur. Bunlar gerçeklik ve kesinliktir. Kesinlik ve gerçeklik çok önemli ayrı iki terim olmalarına rağmen, çoğu zaman birbiriyle karıştırılır. Bulunan sonuçların birbirine yakınlığına kesinlik denir. Bağımsız sonuçlar arasındaki tutarlılığı gösterir. Kesinlik, istisnasız her analizde/ölçmede bulunan rastgele hataların dağılımını gösterir.

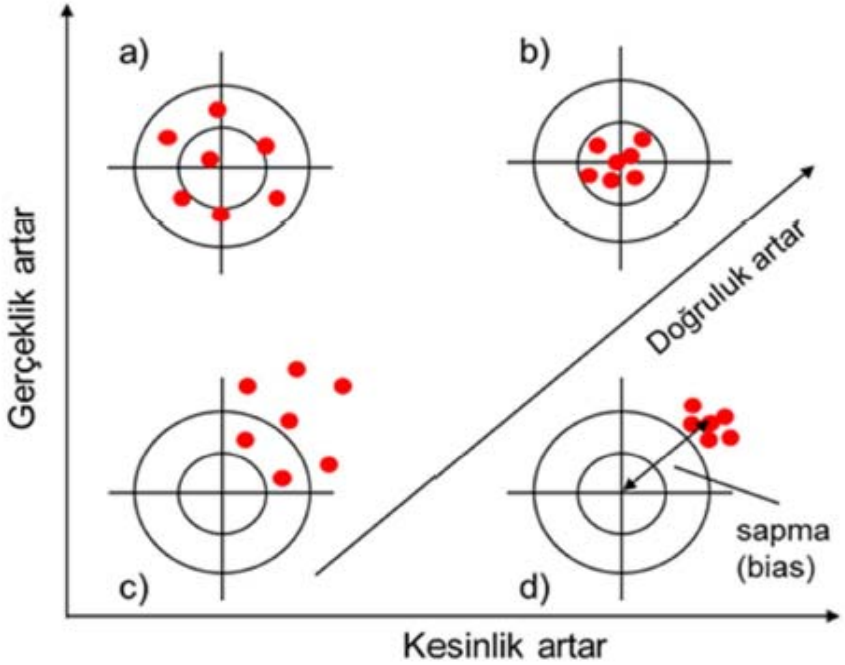
Gerçekliği tanımlamak için doğru değerin veya doğru kabul edilen bir referans yani gerçek değerin bilinmesi gerekir. "Gerçek Değer"; sertifikalı referans malzemelerden, geçerli kılınmış metodun ölçüm sonucu veya LAK-YT çevrimlerinden vb. elde edilebilir. "Gerçek Değer" yoksa/belirlenememişse, bu durumda sadece ölçüm sonucunun kesinliğinden bahsedilebilir.

Gerçeklik için sistematik hata (bias) hesabı yapılır. Sistematik hata bir ölçüm metodunun gerçek sonucu verebilme kabiliyetini belirtir. Sistematik hatalar kaynağı ve sonuçlara etkileri tespit edilip düzeltilebilen hatalardır. Bir metotta sistematik hata varsa her analizde/ölçümde tekrarlanır.

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

Rastgele Hata	Sistematik Hata
Kesinliği etkiler (tekrarlanabilirlik ve tekrarüretebilirlik)	Sapmayı (bias) oluşturur. Rastgele hatanın düşük olduğu durumlarda gerçek değerden sapmayı gösterir
Tekrarların ortalamadan sapmasına neden olur	Tüm sonuçların çok yüksek veya çok düşük olmasına neden olur
Tekrar ölçümleri ile belirlenebilir	Tekrar ölçümleri ile belirlenemez
İyi çalışma teknikleri ile minimize edilebilir; ancak tamamen elimine edilemez	Standart metot ve materyaller ile düzeltilebilir
Çalışanlar ve ekipmanlardan kaynaklanır	Çalışanlar ve ekipmanlardan kaynaklanır

Kesinlikle gerçeklik arasında doğrudan bir ilişki yoktur. Bir analiz/ölçümde sonuçların kesinliğine bakarak gerçeklik hakkında kesin bir şey söylenemez. Çünkü bir analizde/ölçümde kesin (birbirine yakın) sonuçlar elde edilebilir ancak bunlarla hesaplanan ortalama değer, doğru değerden çok farklı olabilir. Bazen de kesinlik çok düşük olmasına rağmen hesaplanan ortalama değer, doğru değere çok yakın olabilir.



a. kesinlik kötü, gerçeklik iyi
b. kesinlik ve gerçeklik iyi
c. kesinlik ve gerçeklik kötü
ç. kesinlik iyi, gerçeklik kötü

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

Doğruluğun artması, hem kesinliğin hem de gerçekliğin artması ile olur.

Laboratuvarda üretilen verilerin kullanılmadan önce değerlendirmesi, doğru olup olmadığının ya da ne oranda doğru olabileceğinin belirlenmesi önemlidir. Bu değerlendirmeyi yaparken istatistiksel testler (anlamlılık testleri) kullanılır. İstatistiksel testler yardımıyla sonucun gerçekliği ve kesinliği değerlendirilerek doğruluğuna karar verilir. Anlamlılık testleri ile;

- Doğru kabul edilen değerle, deneysel olarak kullanılan belirlenen ortalama değer karşılaştırılabilir. Bu karşılaştırmayla bir metodun sistematik bir hatasının olup olmadığına bakılır.
- İki ayrı analiz serisinden hesaplanan ortalama değerler karşılaştırılabilir ve gerçeklikleri açısından fark olup olmadığı belirlenir.
- İki ayrı analiz serisinden hesaplanan standart sapmalar karşılaştırılabilir, böylece kesinliklerinin karşılaştırması yapılmış olur.
- Az sayıda analiz/ölçüm sonucundan hesaplanan standart sapma ile çok sayıda analiz/ölçüm sonucundan hesaplanan standart sapma karşılaştırılabilir.
- Bir grup analiz/ölçüm sonucundan biri veya birkaçı ötekilerden belirgin bir şekilde farklı ise, bunun gruptan atılıp atılmayacağına (kullanılabilir veri sayısına) karar verilebilir.
- Doğru değerin içinde bulunacağı aralık hesaplanabilir.

bu ve benzeri karşılaştırmalar metotlar, cihazlar, kişilerin performansı vb. için yapılabilir.

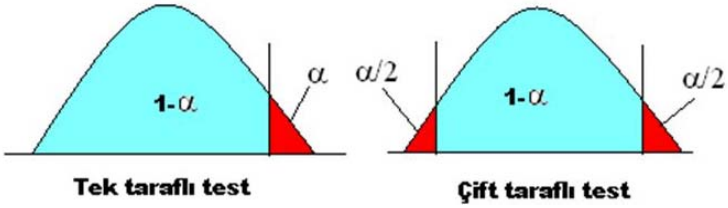
Farklı amaçlar için kullanılan, çok farklı istatistiksel testler mevcuttur. Verilerin değerlendirilmesinde, karşılaştırılmasında sonuçların doğru yorumlanabilmesi, öncelikli olarak amaca ve veriye uygun istatistiksel testin seçilmesine bağlıdır. Laboratuvarda sonuçları doğruluk açısından (kesinlik ve gerçeklik açısından) değerlendirebilmek amacıyla yaygın olarak kullanılan anlamlılık testleri F-Testi, T-Testi, ANOVA Testi (Varyans Testi), Cochran testi, Dixons testi ve Grubbs testidir. Bunların hangi koşullarda nasıl kullanılacağı aşağıda açıklanmıştır.

İstatistikte anlamlılık testleri hipotez testleri olarak bilinir. Hipotez, herhangi bir veri setine ilişkin olarak ileri sürülen ve doğruluğu olasılık kurallarıyla araştırılabilen varsayımdır (önerme). Hipotez testi de veri seti hakkında yapılan varsayımın doğruluğunun araştırılması, veri setini inceleyerek, hipotezin kabul edilip edilmeyeceğinin belirlenmesi işlemidir. Hipotezin, kuruluş biçimine göre tek yönlü ve çift yönlü hipotez olmak üzere iki türü vardır.

Tek yönlü (kuyruklu) hipotez: Bir veri seti/setleri ile ilgili büyüklük ya da küçüklük üzerine yönlendirme yaparak (büyük mü?, küçük mü?) kurulan, kesin olarak bilinen bir amacın olduğu hipotezdir. Hipotezin ret bölgesinin dağılımın sadece bir tarafında olması durumudur.

Çift yönlü (kuyruklu) hipotez: Bir veri seti/setleri ile ilgili farklılık üzerine kurulan, büyük ya da küçük şeklinde yönlendirme yapılmadan (fark var mı yok mu?) oluşturulan hipotezdir. Hipotezin ret bölgesinin dağılımın iki tarafında da olması durumudur.

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.



Laboratuvar çalışmalarında genellikle başında bir veri setinin kesinlikle ötekinden küçük ya da büyük olacağı çoğunlukla bilinmediğinden ve "fark var mı yok mu?" araştırıldığından, genelde çift yönlü hipotez kurulur.

Ancak yeni bir cihazın veya geliştirilen metodun önceki ile karşılaştırılması gibi bir durumda yeni geliştirilenin eskisinden daha iyi olacağı beklentisi ile "daha iyi mi?" şeklinde kurulan bir hipotez tek yönlüdür ve doğruluğunu araştırmak için yapılacak testler de buna göre uygulanır.

A ve B metotlarının veya A ve B kişilerinin kesinliklerinin (standart sapmalarının) birbirinden anlamlı bir şekilde farklı olup olmadığını araştırmak için çift yönlü anlamlılık testleri uygulanır. Çünkü burada "A mı daha iyi?" (veya B mi daha iyi?) diye bir ön şart olmadan, hipotez "fark var mı yok mu?" oluşturulmuştur.

Hipotez: A < B (tek yönlü)

Hipotez: A > B (tek yönlü) (< veya > de yönlendirme yapıldığı için tek yönlü)

Hipotez: A = B (çift yönlü)

Hipotez: A ≠ B (çift yönlü) (= veya ≠ de büyük büyük de olabilir küçük de yönlendirme yapılmadığı için çift yönlü)

4.2.2.1 F-Testi

İki veri serisine ait kesinliklerin (standart sapmaların) karşılaştırılmasında kullanılan F-testi "Kesinliklerin anlamlılık testleri" olarak da bilinir. İki farklı kişinin aynı metotla yaptığı analizlerin/ölçümlerin (kişilerin karşılaştırılması), aynı kişinin farklı zamanda yaptığı analizlerin (zamanın etkisinin araştırılması), iki farklı metotla veya cihazla elde edilen sonuçların (metotların veya cihazların karşılaştırılması) standart sapmalarının karşılaştırılmasında kullanılır.

Yukarıda anlatıldığı gibi oluşturulan hipoteze göre F-testi tek yönlü ve iki yönlü olarak kullanılabilmektedir

F-testi için; karşılaştırılacak iki veri setine ait standart sapmaların kareleri (varyansları, s^2), büyük değer/küçük değer olacak şekilde birbirine bölünür ve sonuç istenilen güven seviyesindeki tablolardan elde edilen F_{kritik} değeri ile karşılaştırılır.

$$F_{hesap} = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

($s_1 > s_2$ ve $F_{hesap} > 1$ olmalıdır)

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

$F_{hesap} < F_{kritik}$ ise; standart sapmalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığına karar verilir.

F_{kritik} değerleri iki veri setinin serbestlik derecelerine (n_1-1 ve n_2-1'e), anlamlılık (güvenirlik) seviyesine (α) ve yapılan hipotezin türüne (tek veya çift yönlü) bağlıdır. Farklı α değerleri için farklı F tabloları vardır. Öncelikle güven seviyesine ve tek veya çift yönlü olmasına göre kullanılacak tabloya karar verilir. DSİ Laboratuvarlarında % 95 güven seviyesinde (α=0,05) kullanılan F tablosu ekte verilmiştir.

F_{kritik} değerini elde edeceğimiz bu tablolar, 2 farklı serbestlik derecesine göre hazırlanmıştır. Buna göre F tablolarını kullanırken

- Numerator (pay serbestlik derecesi)= *df1* (V_1)= $n_1 - 1$;
- Denominator (payda serbestlik derecesi)= *df2* (V_2)= $n_2 - 1$

n_1 = büyük varyansa sahip serinin ölçüm sayısı

n_2 = küçük varyansa sahip serinin ölçüm sayısı

iki serbestlik derecesi belirlenir. Soldan sağa doğru (üstteki yatay sıradan) pay, yukarıdan aşağıya doğru paydaya bakılır. İkisine karşılık gelen değerlerin kesim noktasından F_{kritik} belirlenir.

Ayrıca, Excel'de FTERS komutunu (işlevini) kullanarak, F_{kritik} değerlerini elde etmek mümkündür. Bu komutun kullanımı; α, güven seviyesi, df1 ve df2 sırasıyla pay ve paydaya ait serbestlik dereceleri olmak üzere " =FTERS (α; df1; df2)" şeklindedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus çift yönlü testler için % 95 güven seviyesi için α=0,05 olarak değil, α/2 = 0,025 olarak almaktır.

4.2.2.2 T-Testi

İki veri serisi için sıklıkla kullanılan hipotez testlerinden birisi de t-testidir. Ortalamaların karşılaştırılmasında kullanılır. Bir veri serisine ait ortalama değerin önceden belirlenen bir değerle (referans metotla elde edilmiş, sertifika değeri vb.) karşılaştırılması, iki veri serisine (aynı niteliğe ait) ait ortalamaların karşılaştırılması ve ortalamalar arasındaki farkın belirli bir güven düzeyinde anlamlı olup olmadığını test etmek için kullanılır.

Üç tür t-testi bulunmaktadır ve veri yapısına uygun testi seçmek hipotez testinin (ne için bu testi uyguladığımızın cevabında) daha güvenilir sonuçlar vermesi için son derece önemlidir. Bunlar;

- Tek grup t testi (one-sample t-test),
- Bağımsız iki grup arası farkların t testi (independent samples t-test) ve
- Eşleştirilmiş iki grup arasındaki farklılıkların incelenmesine yönelik t-testi (paired-samples t-test).

Bu üç tür t-testi farklı alanlarda farklı amaçlar için kullanılabilmektedir. Bunlardan ilk ikisi, laboratuvarda analitik verilerin değerlendirilmesinde daha sık kullanıldığından üçüncünün detayına bu talimatta yer verilmemiştir.

Tüm t-testlerinde bir t değeri hesaplanarak bu değer (t_{hesap}), seçilen güven aralığı ve serbestlik derecesine karşı t-tablosundan elde edilen t_{kritik} ile karşılaştırılır.

$t_{hesap} < t_{kritik}$ ise;

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

karşılaştırması yapılan ortalama değerlerin arasındaki farkın önemli olmadığına karar verilir. Farklı t testleri için t değerinin ve serbestlik derecesinin hesaplaması değişmektedir.

a) Tek grup t testi (one-sample t-test)

Bir seri analiz sonucunda elde edilen ortalamanın, bir referans değer ile (sertifikadan, standarttan, LAK-YT çevrimlerinden vb. elde edilen) kıyaslanarak, aralarındaki farkın belirli bir güven düzeyinde anlamlı olup olmadığını test etmek için kullanılır. Örneğin laboratuvara yeni gelen bir personelin yetkilendirmesi aşamasında, LAK/YT çevriminden kalan bir numune ile n tekrarlı deney yaptırarak sonucu, numunenin atanmış değeri (atanmış değeri referans değer olarak kullanılarak), bu eşitlik ile karşılaştırılabilir.

Tek grup t testi için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$t_{hesap} = \frac{\left|\bar{x} - x_{ref}\right| \cdot \sqrt{n}}{s}$$

$\bar{x}$ = veri serisine ait ortalama

s = veri serisinin standart sapması

n = veri serisindeki ölçüm sayısı

x_{ref} = referans (atanmış) değer

t_{kritik} değerini elde edeceğimiz tablolar, güven aralığı ve serbestlik derecesine göre hazırlanmıştır. İkisine karşılık gelen değerlerin kesim noktasından t_{kritik} belirlenir Tek grup t testinde:

serbestlik derecesi (df)= n-1'dir.

b) Bağımsız iki grup arası t testi (independent samples t-test)

İki seri analiz sonucunda elde edilen ortalamaların karşılaştırılması için kullanılır. Örneğin, laboratuvarda bir kişinin, bir analize ait iki farklı zamandaki ölçümlerine ilişkin ortalamalarının karşılaştırılmasında, aynı analiz için iki farklı kişinin sonuçlarının ortalamalar açısından karşılaştırılmasında, aynı kişinin iki farklı metot ile yaptığı analiz sonuçlarının ortalamaları arasındaki farkın belirli bir güven düzeyinde önemli olup olmadığını belirlemek için kullanılabilir.

Bağımsız iki grup arası t testi uygulamasında iki seçenek vardır. İki veri setinin aynı dağılımı gösterip göstermediklerine (varyansların homojen olup olmamasına) bağlı olarak t değerinin hesaplaması değişir. Her iki durumda t_{hesap} için kullanılan formüller aşağıda verilmiştir:

- **$S_1^2 = S_2^2$ homojen (uyumlu)**

f-testi ile varyansların homojen olduğu gösterilmiş ise t_{hesap} için kullanılan formül aşağıdaki gibidir:

$$t_{hesap} = \frac{\left|\bar{x}_1 - \bar{x}_2\right|}{s_{pool} \cdot \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}}$$

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

$$s_{pool} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\cdot s_1^2 + (n_2 - 1)\cdot s_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)}}$$

Görüldüğü gibi, bu durumda her iki grubun standart sapmasının bileşimi olan, ortak (havuzda toplanmış) standart sapma S_{pool} kullanılır. Ayrıca bu durumda

serbestlik derecesi (df) = n1+n2-2

şeklinde hesaplanır. Daha sonra hesaplanan t değeri, seçilen güven aralığı ve serbestlik derecesi (n1+n2-2)'ne karşı t-tablosundan elde edilen t_{kritik} ile karşılaştırılır.

• **$S_1^2 \neq S_2^2$ homojen değil**

f-testi ile varyansların homojen olduğu gösterilememiş ise thesap için kullanılan formül aşağıdaki gibidir. Görüldüğü gibi, bu durumda iki veri setine ait standart sapma değerleri de thesap değerinin hesaplanmasına dahil edilmelidir ve serbestlik derecesi için aşağıda verilen eşitliğe göre özel bir hesaplama yapılmalıdır:

$$t_{hesap} = \frac{\left|\bar{x}_1 - \bar{x}_2\right|}{\sqrt{s_1^2 / n_1 + s_2^2 / n_2}}$$

Serbestlik derecesi= $df = \left[\dfrac{\left(s_1^2 / n_1 + s_2^2 / n_2\right)^2}{\dfrac{\left(s_1^2 / n_1\right)^2}{n_1 + 1} + \dfrac{\left(s_2^2 / n_2\right)^2}{n_2 + 1}}\right] - 2$

t_{kritik} değerlerini tabloların yanı sıra excel'de TTERS komutunu (işlevini) kullanarak da elde etmek mümkündür. Bu komutun kullanımı; " =TTERS (α; df)" şeklindedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, çift yönlü testler için % 95 güven seviyesi için α=0,05 olarak almaktır (f testinden farklı olarak).

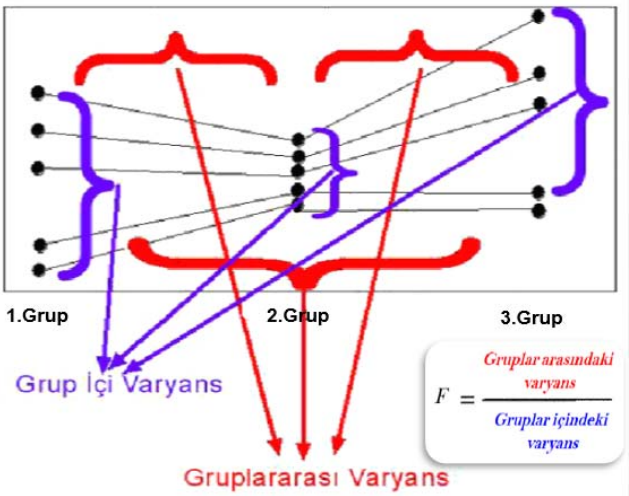
4.2.2.3. ANOVA Testi (Varyans Analizi)

ANOVA testi üç ya da daha fazla ortalamanın karşılaştırması için kullanılır. ANOVA testinin temeli, ortalamaları karşılaştırmak için varyans analizine dayanır. Ancak adından dolayı genel olarak karıştırılmasına rağmen üç ya da daha fazla veri setinin standart sapmalarını karşılaştırmak için değil ortalamalarını karşılaştırmak için kullanılır.

ANOVA analizi, gruplar arasındaki varyansı ve grupların kendi içlerindeki varyansını (şekil 1) hesaplayarak birbirine oranlar ve bu varyansların büyüklüklerine göre bir karar verir.

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

ANOVA analizinde farklı veri setleri topluca ele alınır, sadece farklılığın anlamlı olup olmadığına bakılır. ANOVA analizi, farklılık varsa bu farklılığın kaynağını vermez. Farklılık kaynağının tespiti, farklı testler (çoklu karşılaştırma testleri) gerektirir.



Şekil 1- ANOVA Analizi, gruplar arası ve grup içi varyanslar

ANOVA analizi, F istatistiğini verir. Bunu, F = grup ortalamaları arasındaki varyans/grupların kendi içindeki varyans şeklinde yapar. F değerinin artması gruplar arasındaki farkın gruplar içerisindeki farka kıyasla daha büyük bir değer aldığını gösterir.

ANOVA testinin doğru şekilde yapılabilmesi için sağlanması gereken şartlar:

- verilerin normal dağılıma sahip olması
- grup varyanslarının eşit olması
- verilerin birbirlerinden bağımsız olmasıdır.

3 ya da daha çok grup arasında, belirli bir (çok da olabilir) değişkene dayalı olarak farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan ANOVA analizi, etki eden bağımsız değişkenin (faktörün) sayısına bağlı olarak sınıflandırılır.

• Tek Yönlü ANOVA → (Tek Bağımsız Değişken, Tek Bağımlı Değişken)

• İki Yönlü ANOVA→ (İki Bağımsız Değişken, Tek Bağımlı Değişken)

Tek faktörlü (yönlü) ANOVA (One-Way ANOVA) : Bir bağımlı değişken (incelenen, etkilenen değişken) üzerinde, bir bağımsız değişkenin gruplar arası etkisinin incelenmesinde kullanılır. Kısaca eğer gruplar arasında sadece tek bir faktörün etkisine bakılacaksa tek yönlü varyans analizi yapılır.

Örnek: Deney sonuçları kişilere farklılık gösteriyor mu? araştırmak için tek yönlü ANOVA kullanılır.

Bağımlı değişken: Deney sonuçları

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

Bağımsız değişken: Farklı kişiler

İki faktörlü (yönlü) ANOVA (Two way ANOVA) : İki faktörün (bağımsız değişkenin) bir bağımlı değişken (etkilenen değişken) üzerindeki etkisini, gruplar arası ayrı ayrı test etmek yerine, faktörlerin temel etkilerini ve iki faktörün bağımlı değişken üzerindeki ortak etkisini eş zamanlı olarak test etmek için kullanılır.

Örnek: İki farklı metodun ve farklı üreticilere ait cihazları kullanmanın deney sonuçlarına etkisini araştırmak için iki yönlü ANOVA kullanılır.

Bağımlı değişken: Deney sonuçları
1.Bağımsız değişken: Deney metodu
2.Bağımsız değişken: Farklı cihazlar
İki bağımsız değişkenin bir bağımlı değişken üzerine etkisini araştırırken, tek yönlü iki ayrı anova yapıldığında bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerine ayrı ayrı etkileri belirlenmiş olur. İki yönlü Anova ile iki değişkeni aynı anda eklediğimizde bu iki değişkenin etkileşimi, iki değişkenin etkileşiminin ortak etkisi araştırılmış olur.

Not: **Bağımsız değişken,** olayları veya durumu etkileyen değişkendir. **Bağımlı değişken** ise bu olaylardan etkilenen değişkendir.

ANOVA testinin geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Analitik yöntem validasyonu çalışmalarında çoğunlukla kullanılan tek faktörlü (yönlü) ANOVA'dır.

ANOVA analizi çeşitli istatistiksel yazılım paket programlar (SPSS, Minitab vb.) veya bilgisayarda Excel yardımıyla (Ek A) yapılabilir. ANOVA analizi sonunda aşağıdaki gibi bir sonuç tablosu elde edilir.

ANOVA ANALİZİ
Anova: Tek Etken

ÖZET

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans
Sütun 1	8	169,5	21,1875	0,54125
Sütun 2	8	172	21,5	0,314286
Sütun 3	8	170,6	21,325	0,239286
Sütun 4	8	171,3	21,4125	0,158393

ANOVA

Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	0,42625	3	0,142083	0,453501	0,716879	2,946685
Gruplar İçinde	8,7725	28	0,313304			
Toplam	9,19875	31				

ANOVA analizinde karşılaştırılan kaç grup olursa olsun, tek bir F (F_{hesap}) değeri ve buna karşılık gelen tek bir p değeri vardır. Analiz sonucunda karşılaştırılan çoklu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

bir farklılık olup olmadığına karar vermek için, sonuç tablosundaki bu f_{hesap}, f_{kritik} ve p değerlerine bakılır.

p değeri: Öncelikle ANOVA tablosundaki p (anlamlılık) değeri incelenir. p değerine anlamlılık düzeyi denir ve analiz yaparken p anlamlılık düzeyi için bir eşik değer (%95 güven seviyesi için bu değer 0,05, %99 güven seviyesi için bu değer 0,01) seçilir.

- p değeri, belirlediğimiz anlamlılık düzeyinden küçükse grup ortalamaları arasında anlamlı fark olduğu.
- p değeri, belirlediğimiz anlamlılık düzeyinden büyükse grup ortalamaları arasında anlamlı fark olmadığı, görülür.

Ayrıca F değerine de bakılmalıdır:

F değeri: F değeri yukarıda F testinde anlatıldığı gibi $F_{hesap} < F_{kritik\ (ölçüt)}$ olmalıdır. Buna göre

Sonuç olarak ANOVA analizi sonucunda (%95 güven seviyesi için) istatistiksel olarak;

$F > F_{kritik}$ ve $p < 0,05$ gruplar arasında anlamlı düzeyde fark olduğu

$F < F_{kritik}$ ve $p > 0,05$ gruplar arasında anlamlı düzeyde fark olmadığı görülür.

ANOVA analizi örnek ortalamaları arasında herhangi bir farklılık bulunup bulunmadığını ortaya koymakla beraber bu farklılığı hangi ortalamanın (veya hangi ortalamaların) sebep olduğu konusunda bir fikir vermez. Farklılık gösteren grupların tespiti için, ayrı metotlar (Tukey testi, Duncan testi vb.) geliştirilmiştir.

4.2.2.4 Cochran Testi (Varyansların Homojenlik Testi)

İkiden fazla veri setine ait varyansların eşit olup olmadığını test etmek için kullanılan istatistiksel testlerden biri Cochran yöntemidir.

$$C_{hesap} = \frac{S^2_{\max}}{\sum S_i^2}$$ ($\sum S_i^2$ =her veri setine (her biri aynı ölçüm sayısına sahip) ait varyansların toplamı)

Buradan elde edilen sonuç, Cochran kritik değerler tablosundan (Ek A), istenilen güven seviyesinde elde edilen kritik değer ile karşılaştırılır. Sonuç kritik değerden büyük olursa varyansların homojen olmadığına, aksi durumda varyansların homojenliğine karar verilir.

$C_{hesap} < C_{kritik}$: varyanslar homojen

$C_{hesap} > C_{kritik}$: varyanslar homojen değil

Cochran testi farklı amaçlar içinde kullanılabilir. Tek taraflı olarak değerlendirme dışı bırakılan (sapan) değerleri belirlemek bunlardan biridir. Bu test ile varyanslar grubundaki en yüksek değer denendiğinden tek taraflıdır. En yüksek varyans bu yolla değerlendirme dışı bırakılıp (sapan olarak alınıp), Cochran testi kalan değerler üzerinden tekrar edilmelidir. Ancak, bu tekrarlar, çoğu anlamlılık testlerinde olduğu gibi normal dağılım varsayımı yeteri kadar iyi bir yaklaşımla belirlenmemiş ise çok sayıda değerin sapan olarak göz ardı edilmesine yol açabilir.

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

4.2.2.5 Hartley's F_{max} Testi (Varyansların Homojenlik Testi)

İki varyansın homojenliği için kullanılan F-testi, ikiden fazla varyans olması durumunda max ve min varyanslar için yapılarak tüm varyansların homojenliği için kullanılabilir. 2 den fazla varyansın homojenliğini test etmede en çok kullanılan, bu basit yöntem Hartley's F_{max} Testi'dir.

2'den fazla veri seti arasında, max ve min standart sapmayı gösteren gruplar arasında F-testi yapıldığında;

$F_{max} < F_{Tablo(kritik)}$ ise; tüm varyanslar arasında anlamlı bir fark olmadığına, tüm varyansların homojen olduğuna, aksi durumda homojen olmadığına karar verilir.

$$F_{\max} = \frac{S_{\max}^2}{S_{\min}^2}$$

4.2.3 Aykırı verilerin belirlenmesinde kullanılan istatistikler

İstatistik çalışmalarının en önemli unsurlarından biri verilerin normal dağılımlı olup olmadığıdır. Çünkü birçok istatistiksel analiz yöntemi, verilerin normal dağılımlı olduğu varsayımı üzerine geliştirilmiştir. Ancak, bazen araştırıcının kontrolü dışında hatalı veri girişi, ölçüm aletinin hatalı olması veya tamamen deney materyalindeki farklılıktan kaynaklanan ortalamaya göre çok farklı bir veya birden fazla sonuç, verilerin standart sapmasını artırmanın dışında, dağılımın seklinin de değişmesine ve istatistiksel karar süreci sonucunda hatalı kararlar verilmesine neden olabilmektedir.

Veri setindeki diğer değerlerle karşılaştırıldığında veri setine uygun olmadığı tespit edilen bu aşırı değerlere aykırı değer (outlier) denir. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek için birçok istatistiksel test vardır. Bu testler genellikle gözlemlerin tek etkilerini belirlemek yerine tamamını dikkate alarak hesaplandıklarından, gözlemlerin içerisindeki aykırı veri veya verilerden kaynaklanabilecek bir sapma, hipotezin reddedilmesi gerekirken edilmemesine neden olabilecektir. Diğer taraftan, diğer ölçülen değerlerden oldukça farklı olduğu için aykırı olarak belirlenmiş olan değerler, gerçekten aykırı olmayıp sadece uç değer olabilir. Örnek genişliği yeterince büyük olan bir veri setinin istatistiksel yöntemlerle analizi sırasında aykırı değerler pek çok araştırmacı tarafından üzerinde fazla düşünmeden analiz dışı bırakılabilir. Ancak örnek genişliği küçük olduğunda tek bir gözlemin bile analiz sonuçlarına katkısı çok değerlidir. Bu nedenle bir veri seti içerisinde sonuca önemli etkileri olan aykırı değerlerin doğru belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Aykırı değerlerin belirlenmesi amacıyla geliştirilmiş Dixon, Grubbs, Rosner, Discordance, Walshtest vb. bazı testler mevcuttur. Bunlar farklı örnek büyüklüğü içeren veri setlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu testlerden bazıları sadece bir, bazıları da aynı anda birden fazla gözlemin istatistiksel olarak aykırı gözlem olup olmadığını belirleyebilirler. Burada çoğunlukla kullanılan Dixon ve Grubbs testleri üzerinde durulmuştur.

4.2.3.1 Dixon (Q) Testi

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

Dixon testi, bir veri setinde ortalamadan uzakta yer alan şüpheli bir verinin, aykırı olup olmadığını tespit etmek için kullanılan bir testtir. Bu test, örnek büyüklüğünün $3 \leq n \leq 25$ arasında olduğu ve bir tek aykırı gözlem olduğunun düşünüldüğü durumlarda kullanılır. Ayrıca bu test, aykırı olarak düşünülen gözlemin dışındaki gözlem değerlerinin normal dağılım gösterdiğini varsayar. Veriler küçükten büyüğe doğru dizildiğinde aykırı olarak düşünülen veri, veri setinin sağ ya da sol tarafında yer alan en uçtaki değer, bir diğer ifadeyle verilerin en küçüğü ya da en büyüğü olacaktır.

Dixon testinde test edilecek değerin en küçük veya en büyük olmasına göre ya da içinde bulunduğu örnek büyüklüğüne (veri sayısı) göre kullanılacak eşitlikler değişir. Aşağıdaki tabloda bu eşitlikler veri sayısına göre en büyük ve en küçük değer için verilmiştir. Dixon testi önce veri sayısına, sonra şüpheli verinin en küçük ya da en büyük olmasına göre seçilen eşitlik kullanılarak hesaplanır ve Dixon kritik tablo değerleri (Ek A) ile karşılaştırılarak test edilen değerin aykırı olup olmadığına karar verilir.

Örnek Büyüklüğü	En küçük değer için hesap	En büyük değer için hesap	Kritik Tablo Değeri
$3 \leq n \leq 7$	$d = \frac{x(2) - x(1)}{x(n) - x(1)}$	$d = \frac{x(n) - x(n-1)}{x(n) - x(1)}$	$\sim d_{n,\alpha}$
$8 \leq n \leq 10$	$d = \frac{x(2) - x(1)}{x(n) - x(1)}$	$d = \frac{x(n) - x(n-1)}{x(n) - x(2)}$	$\sim d_{n,\alpha}$
$11 \leq n \leq 13$	$d = \frac{x(2) - x(1)}{x(n-1) - x(1)}$	$d = \frac{x(n) - x(n-2)}{x(n) - x(2)}$	$\sim d_{n,\alpha}$
$14 \leq n \leq 25$	$d = \frac{x(3) - x(1)}{x(n-2) - x(1)}$	$d = \frac{x(n) - x(n-2)}{x(n) - x(3)}$	$\sim d_{n,\alpha}$

Dixon kritik değerler tablosu (Ek A), farklı güven seviyeleri için veri setindeki ölçüm sayısına (n) bağlı olarak oluşturulmuş olup, seçilen güven seviyesi ile veri sayısının kesişim noktasından kritik değer belirlenir.

$Q_{hesaplanan} > Q_{kritik}$ için şüphe edilen değer çıkartılabilir.

4.2.3.2 Grubbs Testi

Normal dağılım gösteren, 3 ve 100 arasında veri içeren, veri setlerinde aykırı değer tespiti için kullanılan bir testtir. Bu yüzden, bu testin uygulanabilmesi için aykırı olarak düşünülen gözlemin dışındaki değerlerin normal dağılımdan gelmiş olması gerekir. Aynı anda en fazla iki değeri test edebilir. İkiden fazla değer için testin tekrarlanması gerekir. Test işleminden önce veriler küçükten büyüğe dizilirler, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanır. Uç değer olup olmadığı test edilen her bir değer için

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

bir G değeri hesaplanır. Grubbs testinde farklı aykırı durumlara göre farklı test istatistikleri (farklı eşitlikler) kullanılır. Mümkün olabilecek üç farklı aykırı değer için kullanılacak formüller aşağıda verilmiştir.

• Sol uç ya da sağ uçta (yani en küçük veya en büyük) tek bir değerin aykırı olup olmadığını test etmek için,

$$G_1 = \frac{\left|\bar{X} - X_{(i)}\right|}{S}$$

• Hem sol uç hem de sağ uçta (yani en küçük ve en büyük) birer değerin aykırı olup olmadığını test etmek için

$$G_2 = \frac{X_{(n)} - X_{(1)}}{S}$$

• Tek bir uçta iki değerin aykırı olup olmadığını test etmek için,

$$G_3 = 1 - \left(\frac{(n-3)(S^2_{(n-2)})}{(n-1)S^2} \right)$$

Burada;

$\bar{X}$: Aritmetik ortalamayı,

X_1: Veri setindeki en küçük değeri,

X_n: Veri setindeki en büyük değeri,

X_i: Test edilen şüpheli tek aykırı değeri

S: Veri setinin standart sapmasını,

n: Toplam veri sayısını,

α: Önem düzeyini,

S_{n-2}^2: ortalamadan en uzak iki değer veri setinden atıldıktan sonra hesaplanan varyansı ifade etmektedir.

Bu eşitliklerden uygun olana göre hesaplanan değerler, Grubbs kritik tablo değerleri ile karşılaştırılarak test edilen değerin aykırı olup olmadığına karar verilir. Grubbs kritik değerler tablosu (Ek A), farklı güven seviyeleri için veri setindeki ölçüm sayısına (n) bağlı olarak oluşturulmuş olup, seçilen güven seviyesi ve veri sayısı kesişim noktasından kritik değer belirlenir.

$G_{hesaplanan} > G_{kritik}$ için şüphe edilen değer aykırı kabul edilir ve çıkartılabilir.

Bu talimat kapsamında anlatılan laboratuvar çalışmalarında üretilen analitik verilerin değerlendirilmesinde kullanılan temel istatiksel testler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

n	**İstatistiksel Yöntem**	**Karşılaştırılan**	**Amaç**
1	Grubbs veya Q_{test} (Dixon)	-	Aykırı değerin atılması

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

2	F-Test	2 adet varyansın (s^2) uyumu	Kesinlik karşılaştırması
	t-Test	2 adet aritmetik ortalamanın karşılaştırılması	Gerçeklik karşılaştırması
> 2	Cochran Testi veya Hartley's Fmax Testi	En büyük varyansın (s^2) uyumu Max ve Min Varyansların (Tüm Varynasların) Uyumu	Kesinlik karşılaştırması Kesinlik karşılaştırması
	ANOVA	2'den fazla aritmetik ortalamanın karşılaştırılması	Gerçeklik karşılaştırması

4.3 Karşılaştırma Testleri Performans Değerlendirme Hesapları

Düzenleyici kuruluş sonuçların istatistiksel analizini yaptıktan sonra performans değerlendirmesi yapar. Performans değerlendirme için, test referans değeri ve referans standart sapma belirlenir. Referans değer belirsizliğinin ihmal edilebildiği durumlarda z-skor değerleri hesaplanır. Belirsizliğin ihmal edilemeyecek kadar büyük olduğu durumlarda z-skorlar hesaplanmaz. Referans değer belirsizliğinin ihmal edilemediği, dolayısıyla z-skor değerlerinin hesaplanamadığı durumda z-skor yerine z′-skor değerleri hesaplanır ve raporlanır. z′-skor değerleri içerisinde referans değer belirsizliğinin de etkisi katılmış olduğundan, z-skor değerlerine göre daha esnek bir değerlendirme yapılır. Diğer bir deyişle, z′-skor değerleri, z-skor değerlerinden daha küçüktür. Bu yüzden laboratuvarların performanslarının değerlendirilmesi daha zor olur. z- ve z′-skor değerleri aşağıda verilen denklemler kullanılarak hesaplanır:

$$Z = \frac{(x_i - X_{ref})}{\sigma} \qquad Z' = \frac{(x_i - X_{ref})}{\sqrt{\sigma^2 + u_{ref}^2}}$$

x_i : Laboratuvar sonucu

X_{ref} : Referans değer

σ : Referans standart sapma

u_{ref} : Standart referans belirsizlik değeri

Diğer bir performans değerlendirme hesabında ise laboratuvar standart belirsizliği de hesaba katılır. Zeta skoru hesaplanır.

$$\zeta = \frac{(x_i - X_{ref})}{\sqrt{(u_{lab}^2 + u_{ort}^2)}}$$

x_i: Laboratuvar sonucu

X_{ref} : Referans değer

u_{lab}: Lab. Standart Belirsizliği

u_{ort}: Ortalama standart Belirsizlik

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

Performans değerlendirmesi, laboratuvar genişletilmiş belirsizliği hesaba katılarak da yapılabilir. Bu durumda E_n sayısı hesaplanır. İkili karşılaştırmalarda, bir sonucun daha iyi değerle (referans, cihaz duyarlılığı vb.) karşılaştırılması için kullanılır.

$$E_n = \frac{(x_i - X_{ref})}{\sqrt{(U_i^2 + U_{ref}^2)}}$$

x_i : Laboratuvar sonucu
X_{ref} : Referans değer
U_i : Laboratuvar genişletilmiş belirsizlik
U_{ref} : Referans değer genişletilmiş belirsizlik

5. İLGİLİ DOKÜMANLAR

- P7.2 Yöntemlerin Seçilmesi, Doğrulanması ve Geçerli Kılınması Prosedürü
- P7.6 Ölçüm Belirsizliğinin Değerlendirilmesi Prosedürü
- P7.7 Sonuçların Geçerliliğinin Sağlanması Prosedürü

6. REVİZYON TARİHÇESİ

Sayfa No	Revizyon Tarihi	Revizyon No	Revizyon Nedeni
Tümü	06.05.2019	00	İlk yayımlama
29 (Ek-A)	13.03.2020	01	Cochran kritik değerler tablosu eklenmiştir

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

EK A

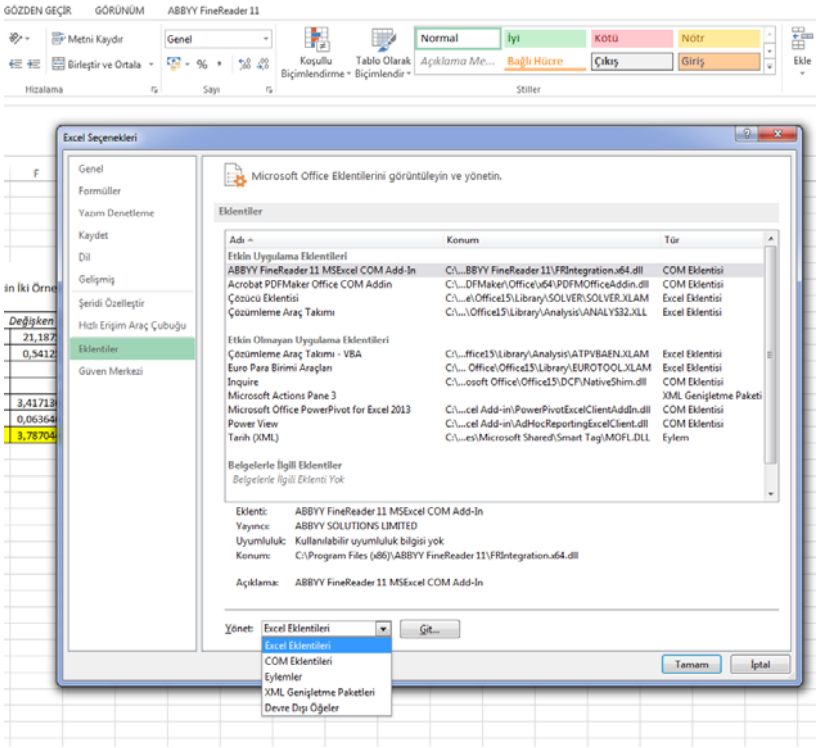
Anlamlılık Testleri İçin Excel Kullanımı :

Excel, bir takım veri analizi işlemlerini kolaylıkla gerçekleştirebilmek için geliştirilmiş bazı **Veri Çözümleme** yöntemlerine sahiptir. Karmaşık bir takım mühendislik çalışmalarını ve istatistiksel çıkarımları **Excel'in Veri Çözümleme** eklentisi sayesinde kolaylıkla yerine getirmek mümkündür.

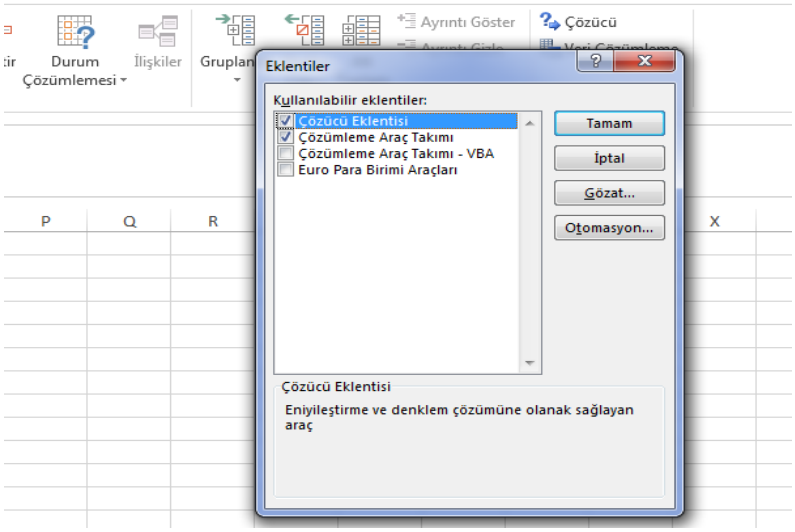
ANOVA analizi gibi F testi ve t testi de Excelde gerçekleştirilebilir Çalışmalarla ilgili girdi verileri tanımlanır, uygun yöntemle işlenen veriler bir çıktı tablosu üzerinden uygun grafik ve gösterim tarzı ile sunulur. Bunun için önce, Veri Çözümleme Araç Takımını Kurmak gerekir.

<u>Veri Çözümleme Araç Takımını kurmak için izlenecek adımlar şunlardır:</u>

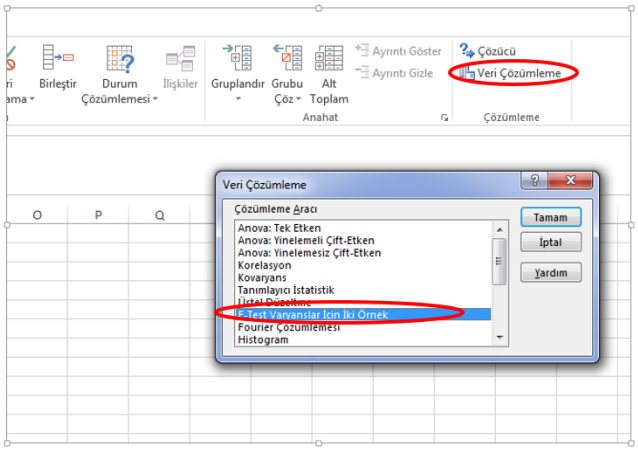
Excel'de iken; Dosya → Seçenekler → Eklentiler → Excel eklentileri → Çözümleme araç takımı seçilerek **Veri Çözümleme** komut gurubunun üst şeritte yer alan **Veri** sekmesinde yer aldığı görülür



ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.



Excel veri çözümleme fonksiyonları aktif hale getirildikten sonra, içinde yer alan testlerden biri seçilerek uygulanabilir.



ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

F-testi Kritik Değerler Tablosu

"F" TEST (%95 OLASILIK İÇİN)

KOYU YAZILAR TEK YANLI; NORMAL YAZILAR ÇİFT YANLI

Bold-face figures: one-sided. Normal-face figures: two-sided P=0,95 → **BÜYÜK VARYANSIN SERBESTLİK DERECESİ**

↓ **KÜÇÜK VARYANS IN SERBESTLİK DERECESİ**

df_2	df_1 (of numerator)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	**161**	**200**	**216**	**225**	**230**	**234**	**237**	**239**	**241**	**242**	**244**	**246**	**248**	**249**	**250**	**251**	**252**	**253**	**254**
	648	800	864	900	922	937	948	957	963	969	977	985	993	997	1001	1006	1010	1014	1018
2	**18.5**	**19.0**	**19.2**	**19.3**	**19.3**	**19.3**	**19.4**	**19.4**	**19.4**	**19.4**	**19.4**	**19.4**	**19.4**	**19.4**	**19.5**	**19.5**	**19.5**	**19.5**	**19.5**
	38.5	39.0	39.2	39.3	39.3	39.3	39.4	39.4	39.4	39.4	39.4	39.4	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5
3	**10.1**	**9.55**	**9.28**	**9.12**	**9.01**	**8.94**	**8.89**	**8.85**	**8.81**	**8.78**	**8.74**	**8.70**	**8.66**	**8.64**	**8.62**	**8.60**	**8.58**	**8.56**	**8.53**
	17.4	16.0	15.1	15.1	14.9	14.7	14.6	14.5	14.5	14.4	14.3	14.3	14.2	14.1	14.1	14.0	14.0	14.0	13.9
4	**7.71**	**6.94**	**6.59**	**6.39**	**6.26**	**6.16**	**6.09**	**6.04**	**6.00**	**5.96**	**5.91**	**5.85**	**5.80**	**5.77**	**5.75**	**5.71**	**5.69**	**5.66**	**5.63**
	12.2	10.7	9.98	9.60	9.36	9.20	9.07	8.98	8.90	8.84	8.57	8.66	8.56	8.51	8.46	8.41	8.36	8.31	8.26
5	**6.61**	**5.79**	**5.41**	**5.19**	**5.05**	**4.95**	**4.88**	**4.82**	**4.78**	**4.74**	**4.68**	**4.62**	**4.56**	**4.53**	**4.50**	**4.46**	**4.43**	**4.40**	**4.36**
	10.0	8.43	7.76	7.39	7.15	6.98	6.85	6.76	6.68	6.62	6.52	6.43	6.33	6.28	6.23	6.18	6.12	6.07	6.02
6	**5.99**	**5.14**	**4.76**	**4.53**	**4.39**	**4.28**	**4.21**	**4.15**	**4.10**	**4.06**	**4.00**	**3.94**	**3.87**	**3.84**	**3.81**	**3.77**	**3.74**	**3.71**	**3.67**
	8.81	7.26	6.60	6.23	5.99	5.82	5.70	5.60	5.52	5.46	5.37	5.27	5.17	5.12	5.07	5.01	4.96	4.90	4.85
7	**5.59**	**4.74**	**4.35**	**4.12**	**3.97**	**3.87**	**3.79**	**3.73**	**3.68**	**3.63**	**3.57**	**3.50**	**3.44**	**3.41**	**3.38**	**3.34**	**3.31**	**3.28**	**3.23**
	8.07	6.54	5.89	5.52	5.29	5.12	4.99	4.90	4.82	4.76	4.67	5.47	4.47	4.42	4.36	4.31	4.25	4.20	4.14
8	**5.32**	**4.46**	**4.07**	**3.84**	**3.69**	**3.58**	**3.50**	**3.44**	**3.39**	**3.35**	**3.28**	**3.21**	**3.15**	**3.12**	**3.08**	**3.04**	**3.02**	**2.98**	**2.93**
	7.57	6.06	5.42	5.05	4.82	4.65	4.53	4.43	4.36	4.30	4.20	4.10	4.00	3.95	3.89	3.84	3.78	3.73	3.67
9	**5.12**	**4.26**	**3.86**	**3.63**	**3.48**	**3.37**	**3.29**	**3.23**	**3.18**	**3.13**	**3.07**	**3.00**	**2.93**	**2.90**	**2.86**	**2.82**	**2.79**	**2.76**	**2.71**
	7.21	5.71	5.08	4.72	4.48	4.32	4.20	4.10	4.03	3.96	3.87	3.77	3.67	3.61	3.56	3.51	3.45	3.39	3.33
10	**4.96**	**4.10**	**3.71**	**3.48**	**3.33**	**3.22**	**3.14**	**3.07**	**3.02**	**2.97**	**2.91**	**2.85**	**2.77**	**2.74**	**2.70**	**2.67**	**2.63**	**2.59**	**2.54**
	6.94	5.46	4.83	4.47	4.24	4.07	3.95	3.85	3.78	3.72	3.62	3.53	3.42	3.37	3.31	3.26	3.20	3.14	3.08
11	**4.84**	**3.98**	**3.59**	**3.36**	**3.20**	**3.09**	**3.01**	**2.95**	**2.90**	**2.86**	**2.79**	**2.72**	**2.65**	**2.61**	**2.57**	**2.53**	**2.49**	**2.45**	**2.40**
	6.72	5.26	4.63	4.28	4.04	3.88	3.76	3.66	3.59	3.53	3.43	3.33	3.23	3.17	3.12	3.06	3.00	2.94	2.88
12	**4.75**	**3.88**	**3.49**	**3.26**	**3.11**	**3.00**	**2.92**	**2.85**	**2.80**	**2.76**	**2.69**	**2.62**	**2.54**	**2.50**	**2.46**	**2.42**	**2.38**	**2.34**	**2.30**
	6.55	5.10	4.47	4.12	3.89	3.73	3.61	3.51	3.44	3.37	3.28	3.18	3.07	3.02	2.96	2.91	2.85	2.79	2.72
13	**4.67**	**3.80**	**3.41**	**3.18**	**3.02**	**2.92**	**2.84**	**2.77**	**2.72**	**2.67**	**2.60**	**2.53**	**2.46**	**2.42**	**2.38**	**2.34**	**2.31**	**2.26**	**2.21**
	6.41	4.97	4.35	4.00	3.77	3.60	3.48	3.39	3.31	3.25	3.15	3.05	2.95	2.89	2.84	2.78	2.72	2.66	2.60
14	**4.60**	**3.74**	**3.34**	**3.11**	**2.96**	**2.85**	**2.77**	**2.70**	**2.65**	**2.60**	**2.53**	**2.46**	**2.39**	**2.35**	**2.31**	**2.27**	**2.23**	**2.19**	**2.13**
	6.30	4.86	4.24	3.89	3.66	3.50	3.38	3.29	3.21	3.15	3.05	2.95	2.84	2.79	2.73	2.67	2.61	2.55	2.49
15	**4.54**	**3.68**	**3.29**	**3.06**	**2.90**	**2.79**	**2.70**	**2.64**	**2.59**	**2.54**	**2.48**	**2.41**	**2.33**	**2.29**	**2.25**	**2.21**	**2.17**	**2.12**	**2.07**
	6.20	4.76	4.15	3.80	3.58	3.41	3.29	3.20	3.12	3.06	2.96	2.86	2.76	2.70	2.64	2.58	2.52	2.46	2.40
16	**4.49**	**3.63**	**3.24**	**3.01**	**2.85**	**2.74**	**2.66**	**2.59**	**2.54**	**2.49**	**2.42**	**2.35**	**2.28**	**2.24**	**2.20**	**2.16**	**2.12**	**2.07**	**2.01**
	6.12	4.69	4.08	3.73	3.50	3.34	3.22	3.12	3.05	2.99	2.89	2.79	2.68	2.63	2.57	2.51	2.45	2.38	2.32

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

KÜÇÜK VARYANS IN SERBESTLİK DERECESİ

17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.62	2.55	2.50	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.11	2.07	2.01	1.96
	6.04	4.62	4.01	3.66	3.44	3.28	3.16	3.06	2.98	2.92	2.82	2.72	2.62	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.25
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	3.65	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.07	2.03	1.98	1.92
	5.98	4.56	3.95	3.61	3.38	3.22	3.10	3.01	2.93	2.87	2.77	2.67	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.26	2.19
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.55	2.48	2.43	2.38	2.31	2.24	2.15	2.11	2.07	2.02	1.99	1.94	1.88
	5.92	4.51	3.90	3.56	3.33	3.17	3.05	2.96	2.88	2.82	2.72	2.62	2.51	2.45	2.39	2.33	2.27	2.20	2.13
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.52	2.45	2.40	2.35	2.28	2.21	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
	5.87	4.46	3.86	3.51	3.29	3.13	3.01	2.91	2.84	2.77	2.68	2.57	2.46	2.41	2.35	2.29	2.22	2.16	2.09
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.09	2.05	2.00	1.96	1.92	1.87	1.81
	5.83	4.42	3.82	3.48	3.25	3.09	2.97	2.87	2.80	2.73	2.64	2.53	2.42	2.37	2.31	2.25	2.18	2.11	2.04
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.47	2.40	2.35	2.30	2.23	2.16	2.07	2.03	1.98	1.93	1.90	1.84	1.78
	5.79	4.83	3.78	3.44	3.22	3.05	2.93	2.84	2.76	2.70	2.60	2.50	2.39	2.33	2.27	2.21	2.14	2.08	2.00
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.38	2.32	2.28	2.20	2.12	2.05	2.00	1.96	1.91	1.87	1.82	1.76
	5.75	4.35	3.75	3.41	3.18	3.02	2.90	2.81	2.73	2.67	2.57	2.47	2.36	2.30	2.24	2.18	2.11	2.04	1.97
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.43	2.36	2.30	2.26	2.18	2.11	2.02	1.98	1.94	1.89	1.85	1.80	1.73
	5.72	4.32	3.72	3.38	3.15	2.99	2.87	2.78	2.70	2.64	2.54	2.44	2.33	2.27	2.21	2.15	2.08	2.01	1.94
25	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.49	2.41	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.00	1.96	1.92	1.87	1.83	1.77	1.71
	5.69	4.29	3.69	3.35	3.13	2.97	2.85	2.75	2.68	2.61	2.51	2.41	2.30	2.24	2.18	2.12	2.05	1.98	1.91
26	4.22	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.08	1.99	1.95	1.90	1.85	1.81	1.75	1.69
	5.66	4.27	3.67	3.33	3.10	2.94	2.82	2.73	2.65	2.59	2.49	2.39	2.28	2.22	2.16	2.09	2.02	1.95	1.88
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.81	1.77	1.72	1.65
	5.61	4.22	3.63	3.29	3.06	2.90	2.78	2.69	2.61	2.55	2.45	2.34	2.23	2.17	2.11	2.05	1.98	1.91	1.83
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.34	2.27	2.21	2.16	2.09	2.02	1.93	1.89	1.84	1.79	1.75	1.69	1.62
	5.57	4.18	3.59	3.25	3.03	2.87	2.75	2.65	2.57	2.51	2.41	2.31	2.20	2.14	2.07	2.01	1.94	1.87	1.79
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.07	2.00	1.93	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
	5.42	4.05	3.46	3.13	2.90	2.74	2.62	2.53	2.45	2.39	2.29	2.18	2.07	2.01	1.94	1.88	1.80	1.72	1.64
60	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
	5.29	3.93	3.34	3.01	2.79	2.63	2.51	2.41	2.33	2.27	2.17	2.06	1.94	1.88	1.82	1.74	1.67	1.58	1.48
120	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.08	2.01	1.95	1.90	1.83	1.75	1.65	1.60	1.55	1.49	1.42	1.35	1.25
	5.15	3.80	3.23	2.89	2.67	2.52	2.39	2.30	2.22	2.16	2.05	1.94	1.82	1.76	1.69	1.61	1.53	1.43	1.31
∞	3.84	2.99	2.60	2.37	2.21	2.09	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.40	1.33	1.24	1.00
	5.02	3.69	3.12	2.79	2.57	2.4[illegible]	2.29	2.19	2.11	2.05	1.94	1.83	1.7[illegible]	1.64	1.57	1.48	1.39	1.27	1.00

t-testi Kritik Değerler Tablosu

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

Critical values for Student's *t*-test: critical values are given for both one-tailed tests (1T) and two-tailed tests (2T).

v	*Confidence level (1 − α) (%)*							
	1T:	*85*	*90*	*95*	*97.5*	*99*	*99.5*	*99.9*	*99.95*
	2T:	*70*	*80*	*90*	*95*	*98*	*99*	*99.8*	*99.9*
1		1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	318.309	636.619
2		1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3		1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4		1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5		1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6		1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7		1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8		1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9		1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10		1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11		1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12		1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13		1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14		1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15		1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16		1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17		1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18		1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19		1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20		1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21		1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22		1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23		1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768
24		1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25		1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26		1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27		1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28		1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29		1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30		1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
31		1.054	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744	3.375	3.633
32		1.054	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738	3.365	3.622
33		1.053	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733	3.356	3.611
34		1.052	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	3.348	3.601
35		1.052	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	3.340	3.591
36		1.052	1.306	1.688	2.028	2.434	2.719	3.333	3.582
37		1.051	1.305	1.687	2.026	2.431	2.715	3.326	3.574
38		1.051	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712	3.319	3.566
39		1.050	1.304	1.685	2.023	2.426	2.708	3.313	3.558
40		1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
41		1.050	1.303	1.683	2.020	2.421	2.701	3.301	3.544
42		1.049	1.302	1.682	2.018	2.418	2.698	3.296	3.538
43		1.049	1.302	1.681	2.017	2.416	2.695	3.291	3.532
44		1.049	1.301	1.680	2.015	2.414	2.692	3.286	3.526
45		1.049	1.301	1.679	2.014	2.412	2.690	3.281	3.520
46		1.048	1.300	1.679	2.013	2.410	2.687	3.277	3.515
47		1.048	1.300	1.678	2.012	2.408	2.685	3.273	3.510
48		1.048	1.299	1.677	2.011	2.407	2.682	3.269	3.505
49		1.048	1.299	1.677	2.010	2.405	2.680	3.265	3.500
50		1.047	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	3.261	3.496
60		1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
70		1.044	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	3.211	3.435
80		1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416
90		1.042	1.291	1.662	1.987	2.368	2.632	3.183	3.402
100		1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.390
∞		1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

Dixon Kritik Değerler Tablosu

Critical Values of Expanded Dixon Outlier Test

Taken from Verma and Quiroz-Ruiz, Table 2

n	CL SL *α*	70% 30% 0.30	80% 20% 0.20	90% 10% 0.10	**95%** **5%** **0.05**	98% 2% 0.02	**99%** **1%** **0.01**	99.5% 0.5% 0.005
3		0.6836	0.7808	0.8850	0.9411	0.9763	0.9881	0.9940
4		0.4704	0.5603	0.6789	0.7651	0.8457	0.8886	0.9201
5		0.3730	0.4508	0.5578	0.6423	0.7291	0.7819	0.8234
6		0.3173	0.3868	0.4840	0.5624	0.6458	0.6987	0.7437
7		0.2811	0.3444	0.4340	0.5077	0.5864	0.6371	0.6809
8		0.2550	0.3138	0.3979	0.4673	0.5432	0.5914	0.6336
9		0.2361	0.2915	0.3704	0.4363	0.5091	0.5554	0.5952
10		0.2208	0.2735	0.3492	0.4122	0.4813	0.5260	0.5658
11		0.2086	0.2586	0.3312	0.3922	0.4591	0.5028	0.5416
12		0.1983	0.2467	0.3170	0.3755	0.4405	0.4831	0.5208
13		0.1898	0.2366	0.3045	0.3615	0.4250	0.4664	0.5034
14		0.1826	0.2280	0.2938	0.3496	0.4118	0.4517	0.4869
15		0.1764	0.2202	0.2848	0.3389	0.3991	0.4385	0.4739
16		0.1707	0.2137	0.2765	0.3293	0.3883	0.4268	0.4614
17		0.1656	0.2077	0.2691	0.3208	0.3792	0.4166	0.4504
18		0.1613	0.2023	0.2626	0.3135	0.3711	0.4081	0.4423
19		0.1572	0.1973	0.2564	0.3068	0.3630	0.4002	0.4333
20		0.1535	0.1929	0.2511	0.3005	0.3562	0.3922	0.4247
21		0.1504	0.1890	0.2460	0.2947	0.3495	0.3854	0.4173
22		0.1474	0.1854	0.2415	0.2895	0.3439	0.3789	0.4109
23		0.1446	0.1820	0.2377	0.2851	0.3384	0.3740	0.4051
24		0.1420	0.1790	0.2337	0.2804	0.3328	0.3674	0.3986
25		0.1397	0.1761	0.2303	0.2763	0.3287	0.3625	0.3935
26		0.1376	0.1735	0.2269	0.2725	0.3242	0.3583	0.3889
27		0.1355	0.1710	0.2237	0.2686	0.3202	0.3543	0.3843
28		0.1335	0.1687	0.2208	0.2655	0.3163	0.3499	0.3801
29		0.1318	0.1664	0.2182	0.2622	0.3127	0.3460	0.3762
30		0.1300	0.1645	0.2155	0.2594	0.3093	0.3425	0.3718
31		0.1283	0.1624	0.2132	0.2567	0.3060	0.3390	0.3685
32		0.1268	0.1604	0.2110	0.2541	0.3036	0.3357	0.3646
33		0.1255	0.1590	0.2088	0.2513	0.2999	0.3323	0.3610
34		0.1240	0.1571	0.2066	0.2488	0.2973	0.3294	0.3583
35		0.1227	0.1555	0.2045	0.2467	0.2948	0.3266	0.3548
36		0.1215	0.1540	0.2026	0.2445	0.2921	0.3238	0.3522
37		0.1202	0.1525	0.2008	0.2423	0.2898	0.3213	0.3498
38		0.1192	0.1512	0.1993	0.2408	0.2879	0.3187	0.3465
39		0.1181	0.1499	0.1974	0.2383	0.2853	0.3163	0.3443
40		0.1169	0.1484	0.1958	0.2366	0.2836	0.3141	0.3415
41		0.1160	0.1472	0.1944	0.2350	0.2815	0.3124	0.3400
42		0.1153	0.1462	0.1930	0.2334	0.2794	0.3102	0.3377
43		0.1141	0.1449	0.1915	0.2319	0.2778	0.3081	0.3353
44		0.1134	0.1441	0.1902	0.2302	0.2758	0.3061	0.3332
45		0.1124	0.1430	0.1890	0.2288	0.2744	0.3050	0.3325
46		0.1116	0.1418	0.1875	0.2273	0.2726	0.3028	0.3298
47		0.1108	0.1408	0.1865	0.2257	0.2711	0.3009	0.3279
48		0.1102	0.1400	0.1850	0.2241	0.2690	0.2991	0.3256
49		0.1093	0.1390	0.1839	0.2228	0.2676	0.2972	0.3235
50		0.1087	0.1381	0.1829	0.2216	0.2662	0.2960	0.3225

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

Grubbs Kritik Değerler Tablosu

Values of Grubbs Statistic (G)

Number of Observations n	Confidence Level (%)					
	99.9	99.5	99	97.5	95	90
3	1.155	1.155	1.155	1.155	1.153	1.148
4	1.499	1.496	1.492	1.481	1.463	1.425
5	1.780	1.764	1.749	1.715	1.672	1.602
6	2.011	1.973	1.944	1.887	1.822	1.729
7	2.201	2.139	2.097	2.020	1.938	1.828
8	2.358	2.274	2.221	2.126	2.032	1.909
9	2.492	2.387	2.323	2.215	2.110	1.977
10	2.606	2.482	2.410	2.290	2.176	2.036
11	2.705	2.564	2.485	2.355	2.234	2.088
12	2.791	2.636	2.550	2.412	2.285	2.134
13	2.867	2.699	2.607	2.462	2.331	2.175
14	2.935	2.755	2.659	2.507	2.371	2.213
15	2.997	2.806	2.705	2.549	2.409	2.247
16	3.052	2.852	2.747	2.585	2.443	2.279
17	3.103	2.894	2.785	2.620	2.475	2.309
18	3.149	2.932	2.821	2.651	2.504	2.335
19	3.191	2.968	2.854	2.681	2.532	2.361
20	3.230	3.001	2.884	2.709	2.557	2.385
30	3.507	3.236	3.103	2.908	2.745	2.563
40	3.673	3.381	3.240	3.036	2.866	2.682
50	3.789	3.483	3.336	3.128	2.956	2.768
60	3.874	3.560	3.411	3.199	3.025	2.837
70	3.942	3.622	3.471	3.257	3.082	2.893
80	3.998	3.673	3.521	3.305	3.130	2.940
90	4.044	3.716	3.563	3.347	3.171	2.981
100	4.084	3.754	3.600	3.383	3.207	3.017

Source: ASTM E178-00, "Standard Practice for Dealing with Outlying Observations"

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

Cochran kritik değerler tablosu

k	n=2		n=3		n=4		n=5		n=6	
	%1	%5	%1	%5	%1	%5	%1	%5	%1	%5
2	-	-	0,995	0,975	0,979	0,939	0,959	0,906	0,937	0,877
3	0,993	0,967	0,942	0,871	0,883	0,798	0,834	0,746	0,973	0,707
4	0,968	0,906	0,864	0,768	0,781	0,684	0,721	0,629	0,676	0,590
5	0,928	0,841	0,788	0,684	0,696	0,598	0,633	0,544	0,588	0,506
6	0,883	0,781	0,722	0,616	0,626	0,532	0,564	0,480	0,520	0,445
7	0,838	0,727	0,664	0,561	0,568	0,480	0,508	0,431	0,466	0,397
8	0,794	0,680	0,615	0,516	0,521	0,438	0,463	0,391	0,423	0,360
9	0,754	0,638	0,573	0,478	0,481	0,403	0,425	0,358	0,387	0,329
10	0,718	0,602	0,536	0,445	0,447	0,373	0,393	0,331	0,357	0,303
11	0,684	0,570	0,504	0,417	0,418	0,348	0,366	0,308	0,332	0,281
12	0,653	0,541	0,475	0,392	0,392	0,326	0,343	0,288	0,310	0,262
13	0,624	0,515	0,450	0,371	0,369	0,307	0,322	0,271	0,291	0,243
14	0,599	0,492	0,427	0,352	0,349	0,291	0,304	0,255	0,274	0,232
15	0,575	0,471	0,407	0,335	0,332	0,276	0,288	0,242	0,259	0,220
16	0,553	0,452	0,388	0,319	0,316	0,262	0,274	0,230	0,246	0,208
17	0,532	0,434	0,372	0,305	0,301	0,250	0,261	0,219	0,234	0,198
18	0,514	0,418	0,356	0,293	0,288	0,240	0,249	0,209	0,223	0,189
19	0,496	0,403	0,343	0,281	0,276	0,230	0,238	0,200	0,214	0,181
20	0,480	0,389	0,330	0,270	0,265	0,220	0,229	0,192	0,205	0,174
21	0,465	0,377	0,318	0,261	0,255	0,212	0,220	0,185	0,197	0,167
22	0,450	0,365	0,307	0,252	0,246	0,204	0,212	0,178	0,189	0,160
23	0,437	0,354	0,297	0,243	0,238	0,197	0,204	0,172	0,182	0,155
24	0,425	0,343	0,287	0,235	0,230	0,191	0,197	0,166	0,176	0,149
25	0,413	0,334	0,278	0,228	0,222	0,185	0,190	0,160	0,170	0,144
26	0,402	0,325	0,270	0,221	0,215	0,179	0,184	0,155	0,164	0,140
27	0,391	0,316	0,262	0,215	0,209	0,173	0,179	0,150	0,159	0,135
28	0,382	0,308	0,255	0,209	0,202	0,168	0,173	0,146	0,154	0,131
29	0,372	0,300	0,248	0,203	0,196	0,164	0,168	0,142	0,150	0,127
30	0,363	0,293	0,241	0,198	0,191	0,159	0,164	0,138	0,145	0,124

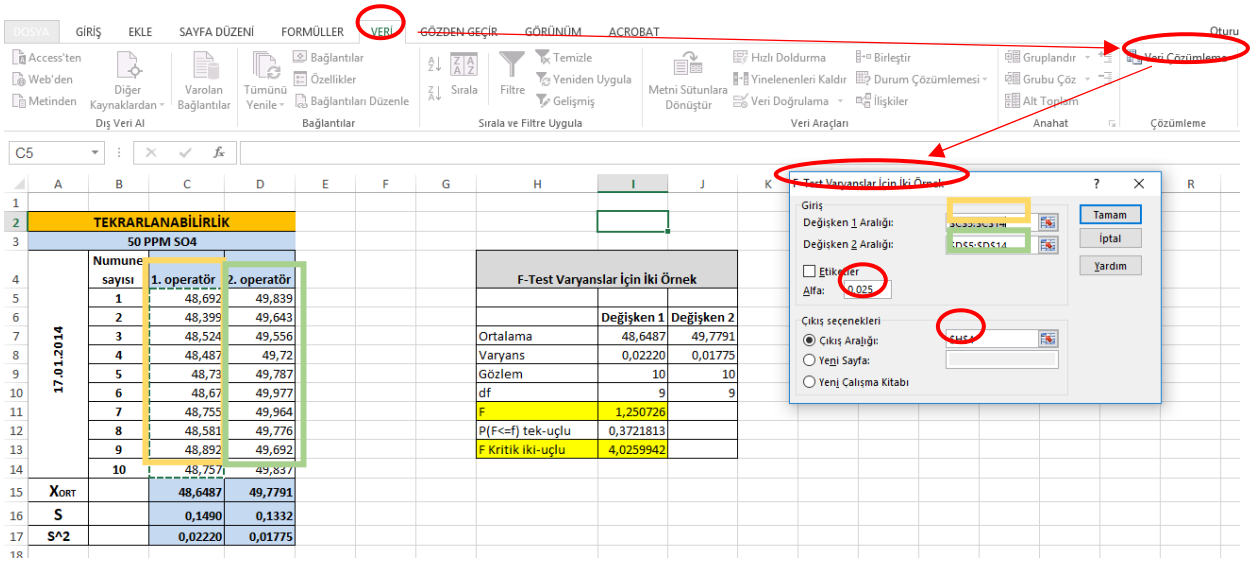
k= laboratuvar sayısı ,**n**= test sonucu sayısı

Örnek: 5'er ölçüm yapılan 4 veri setinden elde edilen varyasların (S_i^2) sırasıyla %5 önem seviyesinde cochran yöntemi ile test edilirse

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

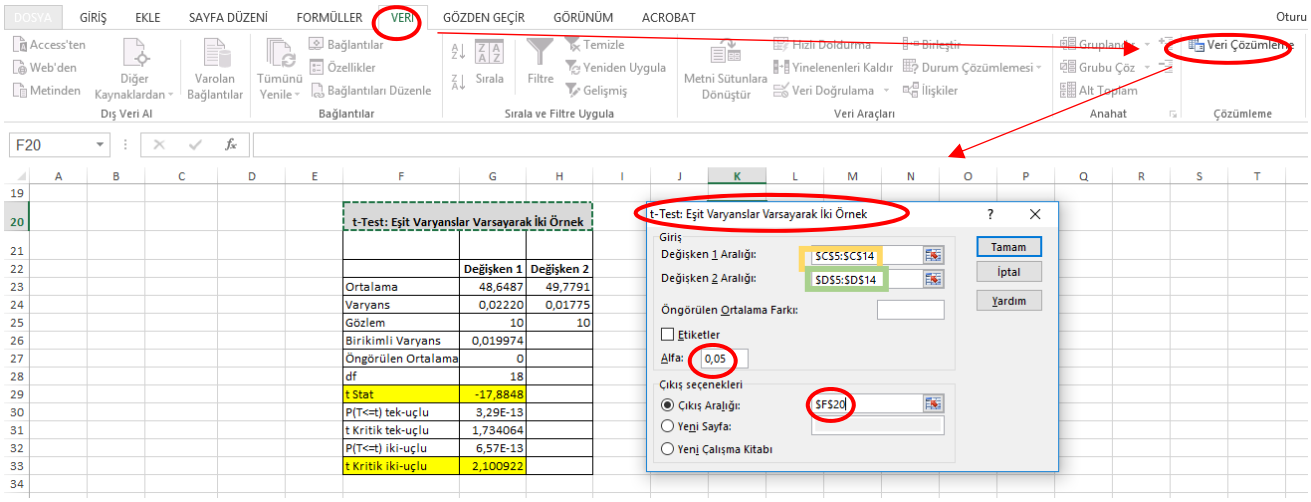
EK B – Örnekler

Örnek: X deneyi için (Sülfat tayini için) iki farklı operatöre ait sonuçların (iki veri setinin) varyansları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olup olmadığının (hipotez: $s_1=s_2$?) iki kuyruklu F-testi ile araştırılması



Sonuç: F< F_{kritik} olduğundan varyanslar arasında önemli bir fark yoktur.

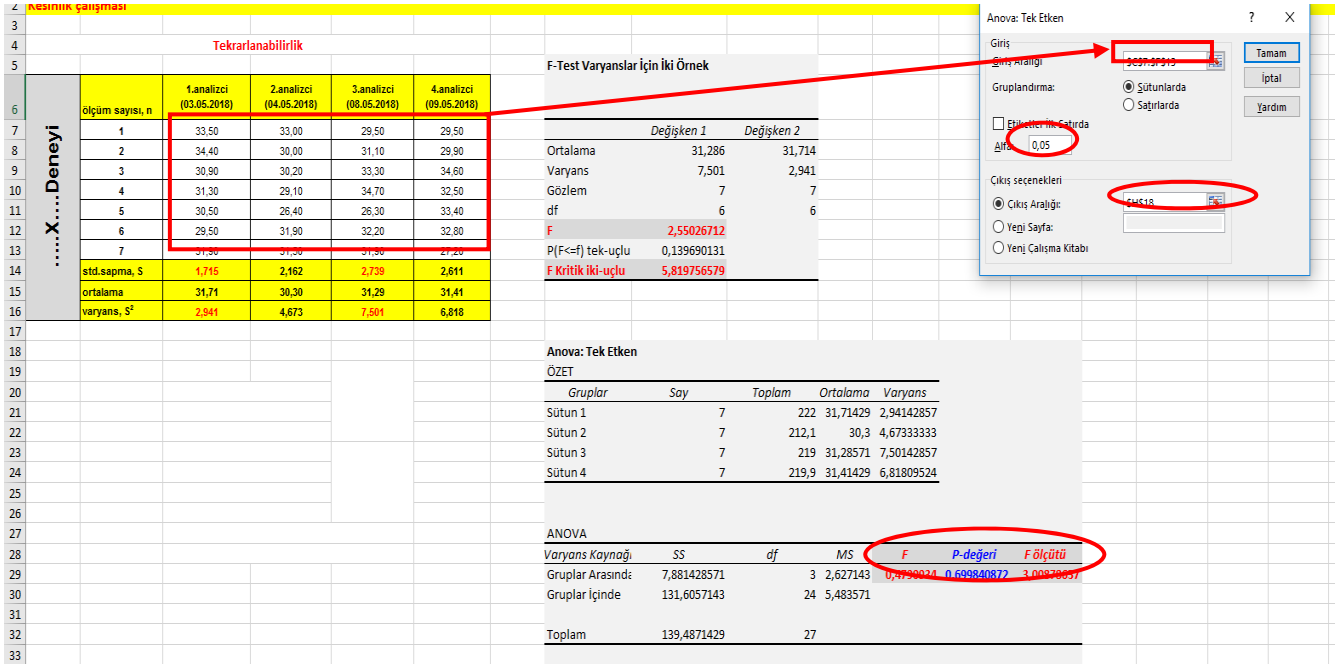
Örnek: X deneyi için (Sülfat tayini için) iki farklı operatöre ait sonuçların (iki veri setinin) ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olup olmadığının (hipotez: $s_1=s_2$?) iki kuyruklu t-testi ile araştırılması



Sonuç: t_{stat}< t_{kritik} olduğundan ortalamalar arasında önemli bir fark yoktur.

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

Örnek: X deneyi için (Sülfat tayini için) 5 farklı operatöre ait sonuçların (5 veri setinin) varyansları ve ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olup olmadığının araştırılması
Varynaslar için: Hartley's Fmax Testi
Ortalamalar için: "Tek yönlü Anova" ile araştırılması



Tekrarlanabilirlik

.....X....Deneyi	ölçüm sayısı, n	1.analizci (03.05.2018)	2.analizci (04.05.2018)	3.analizci (08.05.2018)	4.analizci (09.05.2018)
	1	33,50	33,00	29,50	29,50
	2	34,40	30,00	31,10	29,90
	3	30,90	30,20	33,30	34,60
	4	31,30	29,10	34,70	32,50
	5	30,50	26,40	26,30	33,40
	6	29,50	31,90	32,20	32,80
	7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	27,20
	std.sapma, S	1,715	2,162	2,739	2,611
	ortalama	31,71	30,30	31,29	31,41
	varyans, S^2	2,941	4,673	7,501	6,818

F-Test Varyanslar İçin İki Örnek

	Değişken 1	Değişken 2
Ortalama	31,286	31,714
Varyans	7,501	2,941
Gözlem	7	7
df	6	6
F	2,55026712	
P(F<=f) tek-uçlu	0,139690131	
F Kritik iki-uçlu	5,819756579	

Anova: Tek Etken

ÖZET

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans
Sütun 1	7	222	31,71429	2,94142857
Sütun 2	7	212,1	30,3	4,67333333
Sütun 3	7	219	31,28571	7,50142857
Sütun 4	7	219,9	31,41429	6,81809524

ANOVA

Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	7,881428571	3	2,627143	0,479024	0,699840872	3,008708657
Gruplar İçinde	131,6057143	24	5,483571			
Toplam	139,4871429	27				

Sonuç:

- **Max ve min** varyanslar **f testi ile kıyaslandığında F< F_{kritik} olduğundan varyanslar arasında önemli bir fark olmadığı,**
- **Anova analizi sonucunda;**

  F < Fkritik (Fölçütü) ve p > 0.05 olduğundan;

  %95 güvenle gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı sonucuna varılmıştır.

ELEKTRONİK NÜSHADIR. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.