

Gözle Muayene Görevlerinde Zihinsel Zorlanmanın İncelenmesi

Nurgül İlhan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan 2019

Research of Mental Workloads In Visual Inspection Tasks

Nurgül İlhan

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Industrial Engineering

April 2019

Gözle Muayene Görevlerinde Zihinsel Zorlanmanın İncelenmesi

Nurgül İlhan

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

İnsan ve Makine Sistemleri Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi N.Fırat Özkan

Nisan 2019

ONAY

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Nurgül İlhan'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Gözle Muayene Görevlerinde Zihinsel Zorlanmanın İncelenmesi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi N.Fırat Özkan

İkinci Danışman: -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi N.Fırat Özkan

Üye: Prof. Dr. Berna Haktanırlar Ulutaş

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Fulya Gökalp Yavuz

<p>Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.</p> <p>Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN Enstitü Müdürü</p>
--

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. N. Fırat Özkan danışmanlığında hazırlamış olduğum “Gözle Muayene Görevlerinde Zihinsel Zorlanmanın İncelenmesi” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim.

Tez kapsamında yürütülen deneysel çalışmalar için ESOGÜ Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'nun 53893652-299-E.35742 numaralı izni alınmıştır. 25/04/2019

Nurgül İlhan

ÖZET

Farklı alanlarda zihinsel iş yükünün ölçülmesi ve uygun değer düzeyinde tutulması uzun yıllardan beri araştırılan bir konudur. Bu çalışmada, deneyimlerine göre ayrılmış iki ayrı operatör grubundan göz takip sistemi kullanılarak belirli parçalarda imalat esnasında meydana gelmiş hataları bulmaları istenmiştir. Katılımcılar bu görevleri yerine getirirken tepkileri not edilmiştir. Katılımcılar tarafından verilen görev sonunda NASA Görev Yüklenme İndeksi (NASA-TLX) formları doldurulmuştur. Sonrasında ise katılımcılardan görevlerini gerçekleştirirken hissettikleri ile ilgili sesli düşünceleri istenmiştir. Toplanan veriler istatistiksel yöntemlerle analiz edilerek katılımcıların zihinsel iş yükü ölçülürken gözle muayene performansları da deneyim düzeylerine göre karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Zihinsel Çalışma, Zihinsel İş yükü, Zihinsel İş yükü Ölçüm Yöntemleri, Göz Takip Sistemi, Tahribatsız Muayene, Görsel Muayene, NASA-TLX

SUMMARY

Measuring the mental workload in different areas and keeping at the optimum level is an issue which has been researched for many years. In this study, researcher asked to find the errors that has occurred during manufacturing in certain items by using the eye tracking system from workers belong two different groups who were separated based on their experience. The participants' responses recorded while they were performing their tasks. NASA Task Load Index (NASA-TLX) forms were filled at the end of the tasks completed by the participants. After that thinking aloudly were asked from the participants about their feelings while performing their tasks. All collected datas were analyzed with the statistical methods which provide to measure visual inspection performance and mental workload of the workers considering their experience level.

Keywords: Mental Working, Mental Workload, Mental Workload Measurement Methods, Eye Tracking System, Nondestructive Inspection, Visual Inspection, NASA-TLX

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu alıőmanın gerekleőtirilmesinde değerli bilgi ve birikimini benimle paylaőan saygıdeğer hocam Dr. N. Fırat Özkan'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım. alıőma yaptığım süre boyunca yanımda olan, yardımlarını esirgemeyen dostlarıma ve hayatımın her anında desteklerini her zaman hissettiğim, beni bu günlere getiren canım aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2.ZİHİNSEL İŞ YÜKÜ	3
3.TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMİ VE TÜRLERİ	6
3.1.Göz İle Muayene.....	7
3.2.Penetrant Sıvısı İle Muayene.....	8
3.3.Girdap Akımları(Eddy Akımı) İle Muayene.....	10
3.4.Manyetik Parçacık İle Muayene.....	10
3.5.Ultrasonik Dalgalar İle Muayene.....	12
3.6.Radyografik Muayene Yöntemi.....	13
4.MATERYAL VE YÖNTEM	14
4.1.Göz Takip Sistemi.....	14
4.2.NASA-TLX Yöntemi.....	15
4.3.Hotelling T ² Testi.....	18
5.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	21
6.UYGULAMA	27
6.1.Çalışmanın Amacı.....	27
6.2. Katılımcılar.....	28

İÇİNDEKİLER(devam)

	<u>Sayfa</u>
6.3.Çalışma	28
7.BULGULAR VE TARTIŞMA	33
8.SONUÇ VE ÖNERİLER	44
KAYNAKLAR DİZİNİ	50
EK AÇIKLAMALAR	55
Ek Açıklama-A: Etik Kurul İzni.....	56
Ek Açıklama-B: Serpme Diyagramı Çıktıları	58
Ek Açıklama-C: Normal Q-Q ve Kutu Grafikleri	68
Ek Açıklama-D: Isı Haritaları	73

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1.Gözle Muayene Sonucunda Tespit Edilen Plastik Deformasyon ve Çatlak Örneği.....	8
3.2.Penetran Sıvısı Örneği.....	9
3.3.Penetran Sıvısı İle Muayene Yöntemi Örneği	8
3.4.Eddy Akımı Yöntemi Kullanım Örneği	10
3.5.Manyetik Parçacık İle Muayenenin Kullanımı	10
3.6.Manyetik Parçacık Testi Sonucunda Elde Edilen Bulgu-Çatlak Örneği.....	12
4.1.Göz İzleme Cihazı.....	15
7.1.Hata Bulma Performansının Q-Q Grafiği.....	34
7.2.Hata Bulma Performansının Kutu Grafiği.....	35
8.1.Tecrübesiz 1-Parça 1 Isı Haritası	46
8.2.Tecrübesiz 2-Parça 1 Isı Haritası	47
8.3.Tecrübesiz 3-Parça 1 Isı Haritası	47
8.4.Tecrübeli 1-Parça 1 Isı Haritası	47
8.5.Tecrübeli 2-Parça 1 Isı Haritası	48
8.6.Tecrübeli 3-Parça 1 Isı Haritası	48

ÇİZELGELER DİZİNİ**Cizelge****Sayfa**

6.1.Pareto Çizelgesi	31
7.1.Normallik Testleri	34
7.2.Tecrübeliler İçin Hata Bulma Performansının Tanımlayıcıları	36
7.3.Kovaryans Matrislerinin Eşitlik Testi	37
7.4.Çok Değişkenli Testler	37
7.5.Tecrübeli ve Tecrübesizler İçin Tanımlayıcı İstatistikler	38
7.6.İkili Karşılaştırmalar Tablosu	39
7.7.Tecrübeliler-Odaklanma Sayısı Normallik Testleri	42
7.8.Tecrübeliler-Odaklanma Sayısı Kovaryans Matrislerinin Eşitlik Testi	43
7.9.Tecrübeliler-Odaklanma Sayısı Çok Değişkenli Testler	43

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte bireylerin günlük yaşantısından iş yaşantısına kadar pek çok alanda gelişmeler yaşanmaya devam etmektedir. Sürekli gelişmekte olan teknolojiye uyum sağlayabilmek amacıyla bireylerin yaşamlarına her geçen gün pek çok farklı ekipman ve yöntem girmeye devam etmektedir.

Çalışan kişilerin işlerini gerçekleştirdikleri sırada hissetmiş oldukları iş yükü konusundaki çalışmalar insan ile makine arasındaki etkileşim başladığından beri devam etmekte ve bu çalışmaların önemi gittikçe artmaktadır. Çalışanların genel olarak öncelikle odaklandıkları nokta bireysel iş yüklerini azaltmaktır. İşletmelerin öncelikle önem verdikleri nokta ise mevcuttaki iki farklı odak noktanın ortak bir çözümünün bulunması gerekmektedir. Bunun için öncelikle yapılması gereken çalışanlar üzerindeki mevcut iş yükünün hatasız olarak ölçülmesidir (Gülkaç, 2013).

Bu çalışmada, deneyimlerine göre ayrılmış toplam 22 kişiden oluşan iki ayrı operatör grubunun göz takip sistemi kullanılarak belirli parçalarda imalat esnasında meydana gelmiş hataları bulmaları istenmiştir. Görev sonunda katılımcılar NASA-TLX formunu doldurmuşlardır. Sonrasında ise katılımcılardan görevlerini gerçekleştirirken hissettikleri ile ilgili sesli düşünceleri istenmiştir. Toplanan veriler istatistiksel yöntemlerle analiz edilerek katılımcıların zihinsel iş yükü ölçülürken gözle muayene performansları da deneyim düzeylerine göre karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları sonrasında yeni işe başlayan operatörlerin sisteme daha hızlı katılımını sağlayacak ve eğitim süresinde kazanç sağlayacak önerilerde bulunulmuştur.

Çalışmanın amacı yanlış değerlendirmelerden dolayı ortaya çıkacak iç ve dış başarısızlık maliyetlerini açıklamak ve bunları en aza indirmek için neler yapılabileceğini açıklamaktır. Böylelikle işletmeler odaklandıkları ana nokta olan karlarını artırma hedefine ulaşacaklardır.

Bu tez çalışması Giriş ve Amaç, Zihinsel İş Yükü, Tahribatsız Muayene Yöntemi ve Türleri, Materyal ve Yöntemler, Literatür Araştırması, Uygulama, Bulgular ve Tartışma, Sonuç ve Öneriler olarak sekiz ana başlık altında açıklanmıştır.

Birinci bölüm olan Giriş ve Amaç bölümünde tezin konusu belirtilmiş, bu konunun neden tez konusu olarak seçildiği açıklanmış ve çalışma kapsamında neler yapıldığı özetlenmiştir. İkinci bölüm olan Zihinsel İş Yükü bölümünde zihinsel iş yükünün ne olduğu açıklanmıştır. Üçüncü bölüm olan Tahribatsız Muayene Yöntemi ve Türleri bölümünde tahribatsız muayenenin tanımı verilmiş, ayrıca yöntemin türleri açıklanmıştır. Dördüncü bölüm olan Materyal ve Yöntemler olan göz takip sistemi ve NASA-TLX yöntemi açıklanmış, uygulanış detayları verilmiştir. Beşinci bölüm olan Literatür Araştırması bölümünde tez konusu dahilinde tahribatsız muayene, göz takip sistemi ve NASA-TLX yöntemi ile ilgili literatürde yer alan geçmiş çalışmalara yer verilmiştir. Altıncı bölüm olan Uygulama bölümünde ise çalışma kapsamında yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Deneyin tasarımından uygulanmasına kadar olan süreç adım adım açıklanmıştır. Araştırmaya katılan bireyler hakkında bilgi verilmiştir. Yedinci bölüm olan Bulgular ve Tartışma bölümünde ise kullanılan yöntem sonucunda değerlendirmeler yapıldıktan sonra çıkan sonuçlar paylaşılmıştır. Katılımcılar tarafından deneyim düzeylerine göre hissedilen zihinsel iş yükleri arasındaki farklılıklara yer verilmiştir. Sekizinci bölüm olan Sonuç ve Öneriler bölümünde ise bu tez çalışması sonucunda konuyla ilgili ne tür çalışmalar yapılabileceği paylaşılmış, yeni bir operatör eğitiminde dikkat edilmesi gereken noktalar vurgulanmıştır.

2.ZİHİNSEL İŞ YÜKÜ

Çalışanın hissettiği iş yükünü pek çok faktör etkilemektedir. Görevin gerçekleştirildiği mevcut koşullar ile çalışanın bireysel algı, kabiliyet ve davranışları etkileyen faktörler olarak sıralanabilir (Didomenico vd., 2007). Ayrıca çevresel faktörlerin hissedilen iş yükü üzerinde etkisi büyüktür. Hem çalışanların çalışma performanslarının hem de sağlıklarının olumsuz etkilenmemesi için bu faktörlerin olumsuz etkisi mümkün olan en düşük seviyeye indirilmelidir. Ancak bunu sağlamak için öncelikle görevi gerçekleştiren çalışanın mesleğinin gereklilikleri ve koşulları hatasız bir şekilde analiz edilmelidir. Özellikle yüksek derecede dikkat, motivasyon ve karar verme durumlarının gerektiği bir takım mesleklerde zihinsel iş yükünün önemi çoktur (Özkan vd., 2015).

Zihinsel iş yükü için yapılan bir tanım şu şekildedir; bireylerdeki mevcut kullanılabilir kaynaklar ile gerçekleştirdikleri görev için gerekli kaynaklar arasındaki farka zihinsel iş yükü denilir (Gülkaç, 2013). Farklı bir tanım ise şu şekildedir; zihinsel iş yükü çalışanın gerçekleştirdiği görevin gerektirdiklerini yerine getirme maliyetine karşılık gelen bir kavramdır (Didomenico vd., 2007).

Yapılan bu tanımlardan da yorumlanabileceği gibi zihinsel iş yükü doğrudan ölçülebilen ve maddi bir kavram değildir, soyuttur (Byrne vd., 2014; Özkan vd., 2015). Bireyin gerçekleştirdiği görev ile bu görev esnasında hissettiği zihinsel iş yükü arasında doğrusal bir ilişki vardır. Bu durum görevin zorluğu arttıkça, bireyin hissettiği zihinsel iş yükünün de arttığını göstermektedir (Gülkaç, 2013).

Bu konuda pek çok araştırma yapılmış ve görev zorluğu ile zihinsel iş yükü arasındaki ilişki açıklanmıştır. Yapılan araştırmalarda varılan sonuca göre görev zorluğu arttıkça, bireyin zihinsel iş yükü artmakta ve buna bağlı olarak yapılan hata sayısı ile görevi gerçekleştirme süresi artmaktadır. Bu durum bireyin görevini gerçekleştirirken başarı performansının azalmasına sebep olmaktadır. Sonuç olarak bireyin birbirinden farklı görevleri gerçekleştirme kabiliyeti ve kapasitesi azalmaktadır (Karadağ vd., 2015).

Aynı görev farklı kişiler tarafından gerçekleştirildiğinde görevin karmaşıklık düzeyi farklı algılanabilir. Bu sebeple sınırlı kapasiteye sahip bireyler görevleri gerçekleştirirken, görev ne kadar zor ise birey de o kadar çok zorlanır ve dolayısıyla performansı da o derecede düşer. Sınırlı olan kapasite birey tarafından aşıldığında artık görevi gerçekleştiremez duruma gelir. Bu duruma örnek verilirse bir sürücü rüzgarlı bir havada otomobili uygun bir şeritte tutmada zorluk yaşayabilir. Bunun dışında rüzgarın şiddeti artar ve yol kayganlaşırsa sürücü otomobili tam olarak uygun şeritte tutamayacak hale gelecektir (Tsang ve Vidulich, 2006).

Günümüzde bireylerin hissettiği zihinsel iş yükü fiziksel iş yükünden daha önemli bir kavram haline gelmiştir. Bunun ana sebeplerinden biri bireylerin çalışma ortamlarındaki gün geçtikçe artan teknoloji kullanımı gösterilebilir (Özkan vd.,2015). Buna karşılık zihinsel ağırlıklı işlerde hissedilen iş yükünü belirlemek, fiziksel ağırlıklı işlerde belirlemekten daha güç olmaktadır. Görev atamalarının önemi zihinsel ağırlıklı işlerde daha belirgindir. Çünkü görev atamaları çalışanların bu tarz işlerde performansını doğrudan etkilemektedir. Görev atamalarına dikkat edilerek; çalışanın görevi esnasında hissetmiş olduğu zihinsel iş yükü belirlenmiş olmaktadır. Zihinsel iş yükünü dengelemedeki amaç çalışan üzerindeki zihinsel iş yükünü en uygun seviyeye getirmektir. Böylelikle çalışana gereğinden az veya çok yüklenmeden kaçınılmış olacaktır. İşverenin amacı çalışana karşı hem az hem de çok yüklenmeden kaçınmak ve çalışanların zihinsel iş yükünü olumsuz yönde etkileyebilecek herhangi bir faktörden çalışanları korumak olmalıdır (Gülkaç, 2013).

Zihinsel iş yükü ölçümünde kullanılan öznel ölçüm yöntemlerinin avantajları izleyen şekilde sıralanabilir:

- Uygulaması kolay bir yöntemdir.
- Veri toplama işleminde yüksek maliyetlere gerek yoktur.
- Bireylerin verdiği puanlardan ve ölçüt ağırlıklarından hareketle hesaplanan ağırlıklandırılmış değerlendirilmelerin sonucu kabul edilir düzeydedir.
- Görev esnasında ölçüm yapılamadığı veya ölçüm yapmanın tehlikeli olduğu durumlarda o esnada gözlemler veya kayıtlar alınarak daha sonra değerlendirme yapılabilir.

- Diğer ölçüm yöntemleriyle karşılaştırıldığında genel kabul görmüş ve geçerliliği yüksek bir ölçüm yöntemidir (Gülkaç, 2013).

Dezavantajları ise izleyen şekilde sıralanabilir:

- Yöntemle elde edilen bilgiler sınırlı olabilir.
- Katılımcıların farklı farklı karakterlerde oluşu veya o anda buldukları durumlar, eğilimleri ölçütleri oranlama derecesi sonuçlarında karışıklığa neden olabilir.
- Eğer katılımcılar arasında önemli ölçüde iş yükü farkı var ise toplanan verilerden sağlanan sonuçlar tutarlı olmayabilir.
- Katılımcıların yönteme aşina olması için kullanımından önce eğitilmeleri gerekmektedir.
- İş dışı faktörlerden etkilenebilen bir yöntemdir.
- İş yükü değerlendirilmesinde periyodik ölçüm alınması gerekir.
- Görev sonrası yapılan ölçümlerde negatif hafıza etkisi gözlemlenebilir.
- İş yükü bakımından denk olmayan işlerin karşılaştırılması negatif etkiye yol açabilir (Gülkaç, 2013).

3.TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMİ VE TÜRLERİ

Yapılan işin başarılı olmasında, büyüüp gelişmesinde ve rakiplerle rekabet edebilmesinde en önemli faktörlerden biri kalitedir. Ürünün bir veya daha fazla özelliğinin değerlendirilmesi ve değerlendirme sonuçlarının beklentilerle karşılaştırılması işlemine kalite kontrol denilir (Khasawneh vd., 2003; Kujawinska vd., 2015).

1950'lerden günümüze kadar geniş bir araştırma alanı olan muayene ise bir kalite kontrol bileşenidir. Ürün kullanıcıya teslim edilmeden önce hata içermediğini kanıtlamak amacıyla muayene yapılmaktadır (See, 2012; Matthews vd., 2003).

Muayenesi yapılan parçanın malzemesine zarar vermeden parçanın yapısı hakkında bilgi edinilebilen muayene yöntemine tahribatsız muayene denir. Eğer muayenesi yapılan parçanın değiştirilmesi veya bozulması istenmiyorsa tek seçenek tahribatsız muayene yöntemlerini uygulamaktır. Bu yöntem ile parçada oluşmuş olan parçaların korozyon veya aşınma gibi nedenlerden dolayı oluşan çatlak, içyapıda meydana gelen boşluk gibi hataların tespiti gerçekleştirilir. Bu hatalar parça üzerinde üretim esnasında veya bir süre kullanıldıktan sonra olabilir. Tahribatsız muayene yönteminde parçalardan numune almaya gerek olmadığından doğrudan parça üzerinde muayene yapılabilir. Muayene sonucuna bağlı olarak uygun olmayan parçalar genellikle kullanımdan kaldırılırlar (Gönül ve Bayraktaroğlu, 2015; Gönül ve Bayraktaroğlu, 2017; Anonim, 2018).

Tek bir tahribatsız muayene yöntemi uygulanırken bazı durumlarda birden fazla tahribatsız muayene yöntemi aynı anda da uygulanabilir. Tahribatsız muayene sonucunda ulaşılan çıktılar yorumlanması gereken bilgilerdir. Bu sebeple tahribatsız muayeneyi yapan çalışanın önemi büyüktür (Gönül ve Bayraktaroğlu, 2017). Muayeneyi yapan çalışan ürün için belirlenmiş olan tolerans sınırlarını dikkate almalıdır. Sonrasında ürünü bu sınırlar içinde değerlendirmeli ve buna bağlı olarak bir karar vermelidir (Rebsamen vd., 2011).

Çalışanın doğru bir değerlendirme yapabilmesi için gerekli eğitimi alması gerekecektir. Böylelikle hataları fark edebilecek ve gerekli düzeltici önleyici faaliyetleri

alabilecektir. Ancak eğitimi tam olmayan çalışan doğru değerlendirme yapamayacağı için yanlış yönlendirme yapacaktır. Bu da işletme için kayıplara yol açacaktır (Gönül ve Bayraktaroğlu, 2017). Ortaya çıkan kayıplar incelendiğinde muayenenin ne derecede önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Kayıplar bazı durumlarda yaralanma ve ölümlere kadar sebep olabilirken, bazı durumlarda müşteri memnuniyetini olumsuz yönde etkileyebilir. Ayrıca muayene sonrasında hatalı olarak ayrılan ürün de, bu ürün için katlanılan hammadde ve işçilik maliyetlerinden dolayı işletme için ayrı bir kayıp kalemidir (Matthews vd., 2003).

3.1.Göz İle Muayene

Çıplak gözle veya yardımcı ekipmanlar kullanılarak gün ışığında veya aydınlatıcı yardımı ile yapılan muayenedir. Bu muayene yöntemi ile parçanın yüzeyinde bulunan çatlaklar, bozulmalar, çıkıntılar, delikler veya yapısal bozukluklar gibi durumlar tespit edilebilir. Gerek metalik gerekse metalik olmayan parçalar gözle muayene edilebilir (Gönül ve Bayraktaroğlu, 2017; Ercan vd., 2011; Anonim, 2016).

Genellikle diğer tahribatsız muayene yöntemlerinden önce gözle muayene yönteminin uygulanması istenmektedir. Uygulanmasının basit gibi görüldüğü ancak yöntemin kendine özgü dikkat edilmesi gereken önemli noktaları vardır (Gönül ve Bayraktaroğlu, 2017).

Gözle muayenede dikkat edilmesi gereken nokta ışık miktarıdır. Işık miktarının kontrol esnasında kontrol edilebilir bir seviyede olması gerekmektedir. Teste başlamadan önce de bazı hazırlıklar yapılması gerekmektedir. Kontrolü yapılacak malzemeler hakkında muayene öncesinde üretim bilgileri ve çalışma şartları gibi bilgilerin edinilmesi gerekmektedir. Kontrolü yapılacak malzemenin yüzeyinin temizliği ve kontrol esnasında ortamda yeterli ışığın sağlanması bu hazırlıkların en önemli basamaklarıdır (Anonim, 2016). Gözle muayene sonucunda tespit edilen plastik deformasyon ve çatlak örneği Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1.Gözle Muayene Sonucunda Tespit Edilen Plastik Deformasyon ve Çatlak Örneği

3.2. Penetran Sıvısı İle Muayene

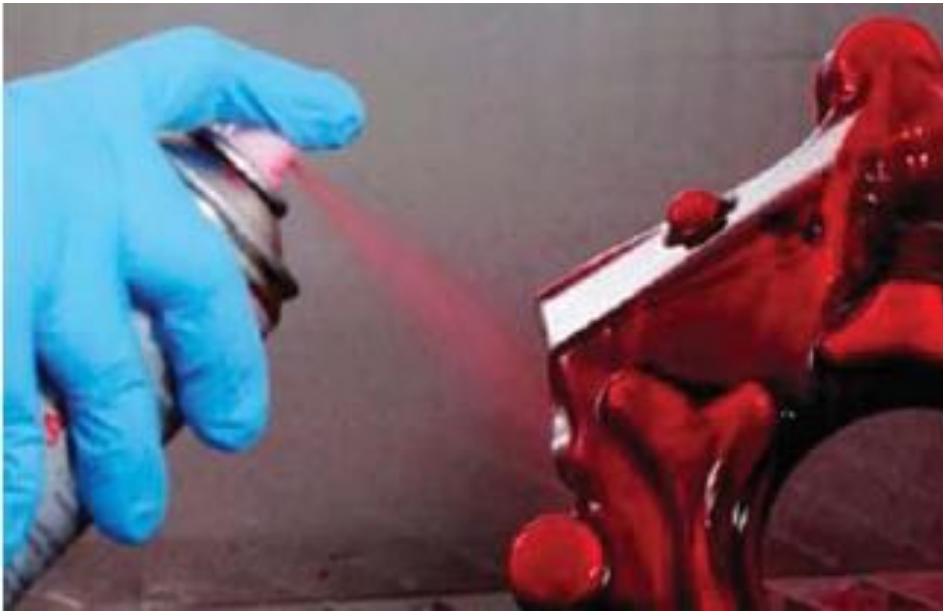
Penetran sıvısı yöntemi parçanın yüzeyinde meydana gelmiş olan çatlak, kırılma gibi ortaya çıkan problemleri ortaya çıkarmak amacıyla kullanılmaktadır. Yöntemde amaç parçada çatlak olan bölgenin görünür hale getirilmesidir. Bu işlem incelenen parçaya özel bir penetran sıvısının parçaya püskürtülmesi ile veya parçanın sıvı içerisine daldırılması ile penetran sıvısının çatlaklar boyunca yapacağı hareketler ile çatlakları doldurması ile başlamaktadır. Bu aşama tamamlandıktan sonra parçanın yüzeyine fazla nüfuz etmiş olan penetran sıvısı yıkanmaktadır. Bu aşamada ise organik çözücüler veya su kullanılmaktadır. Bu aşama yöntem açısından oldukça önemli bir adımdır (Yağcı vd., 2018; Mix, 2005).

Yüzeyin altında kalan veya yüzeye bağlantısı kesilmiş olan hatalar bu yöntemle muayene edilemez. Yöntem genellikle aşırı gözenekli olmamaları koşulu ile metal ve metal olmayan tüm parçalarda kullanılabilir (Gönül ve Bayraktaroğlu, 2017). Penetran sıvısı örneği Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2.Penetran Sıvısı Örneği

Değerlendirmede yanılıya düşmemesi için gerekli test malzemesinin yüzeyi düzgün ve temiz olmalıdır. Muayene esnasında kimyasal bir madde kullanıldığı için ilave olarak bir son temizlik işlemi gerekebilir (Anonim, 2018). Penetran sıvısı yöntemine ait örnek bir uygulama Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

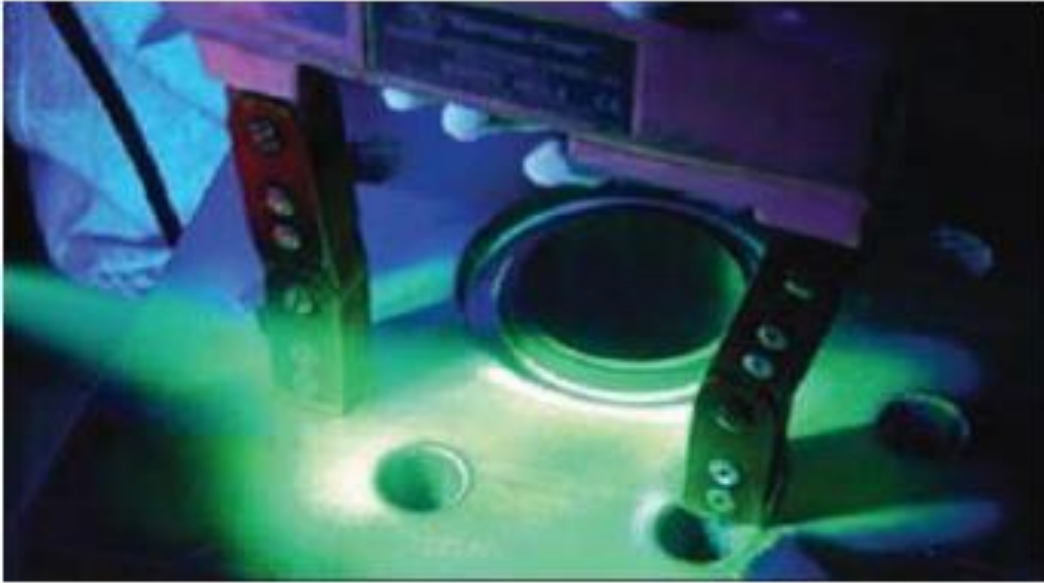


Şekil 3.3.Penetran Sıvısı İle Muayene Örneği

3.3. Girdap Akımları (Eddy Akımı) İle Muayene

Girdap akımları yöntemi temelinde elektromanyetizmanın yattığı bir yaklaşımdır. Manyetik alanın oluşması için bir sarımdan değişken akımın geçirilmesi gerekmektedir. Bu akımın malzeme yüzeyinde indüksiyon akımına dönüşmesi için; sarımın iletken bir malzemenin yüzeyine yaklaştırılması gerekmektedir. Malzeme yüzeyinde oluşan bu indüksiyon akımı girdap akımlarıdır (Yağcı vd., 2018; Blitz, 1997; Yakupoğlu, 2005).

Girdap akımları elektrik iletkenliğine sahip olan bütün metal ve alaşımlarına uygulanabilir. Bu yöntem kullanılarak iletken bir parça üzerindeki boya ve kaplama kalınlığının, çatlakların veya iletkenliğin ölçülmesi mümkündür (Anonim, 2018). Girdap akımları yönteminin kullanımının gösterimi Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



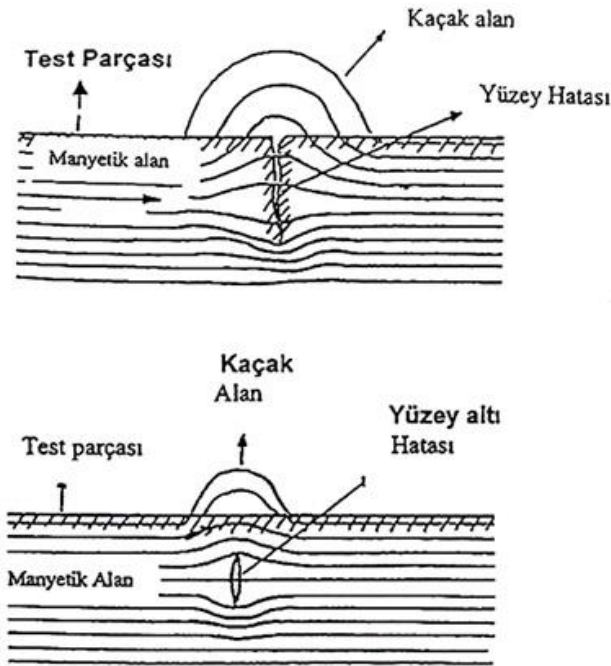
Şekil 3.4.Eddy Akımı Yöntemi Kullanım Örneği

3.4. Manyetik Parçacık İle Muayene

Manyetik parçacık yöntemi tahribatsız muayene yöntemleri arasındaki kullanışı bakımından en pratik yöntemlerden biridir (Yağcı vd., 2018; Blitz, 1997; Yavuz, 1998). Yöntemin temeli incelenen malzemenin manyetikleştirilmesi esasına dayanmaktadır. Manyetikleştirme işlemi, parçadan elektrik akımı veya doğrudan manyetik akı geçilerek

gerçekleştirilir. Ferromanyetik malzemeler, bu manyetik akıya hiç bir direnç göstermezler, aksine bu manyetik akının geçmesine katkıda bulunurlar. Eğer manyetik alan içerisinde hata varsa, hatadaki boşluk alan çizgilerini engelleyecek ve saptıracaktır. Bu durum hata üzerinde yoğun bir kaçak akım oluşturur ve kaçak akımın büyüklüğü, hatanın boyutu ile doğru orantılıdır (Gönül ve Bayraktaroğlu, 2017).

Bünyesinde hata bulunan bir malzeme yüzeyine, manyetik alan uygulanması halinde, yüzeye ferromanyetik tozlar serpilirse, bu tozlar hataların bulunduğu bölgelerde toplanırlar. Böylece, mevcut süreksizliklerin yerleri tespit edilmiş olur (Gönül ve Bayraktaroğlu, 2017). Manyetik parçacık ile muayene yönteminin kullanımı Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Manyetik Parçacık İle Muayenenin Kullanımı

Yöntemin uygulaması basit ve otomasyona uygundur. Ayrıca niteliksel bir yöntemdir. Bu özellikleri ile yöntem kullananlara avantaj sağlamaktadır. Bunların yanı sıra yöntemin dezavantajları da mevcuttur. Bunlardan ilki yöntemin uygulanabilirliğinin yalnızca ferromanyetik parçalar ile sınırlı olmasıdır. Yöntemin bir diğer dezavantajı ise sadece yüzeydeki veya yüzeye yakın çatlakların tespiti için kullanılabilir olmasıdır.

(Yetiştiren vd.). Manyetik parçacık ile muayene yöntemi ile elde edilen bulgular Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6.Manyetik Parçacık Testi Sonucunda Elde Edilen Bulgu-Çatlak Örneği

3.5. Ultrasonik Dalgalar İle Muayene

Ultrasonik dalgalar ile muayene yönteminin temeli muayene esnasında kullanılan prob tarafından üretilen yüksek frekanslı ses üstü dalgalarının parça içerisinde yayılması ve bir süreksizliğe çarptıktan sonra tekrar proba yansması temeline dayanmaktadır. Prob tarafından bu yansımayı algılanır ve elektrik sinyallerine dönüştürülmektedir. Katot ışınları tüpü ekranında parça içyapısının habercisi olan yankılar şeklinde görülür. Ekran üzerinden gözlenen yankıların konumları ve genlikleri süreksizliğin bulunduğu yer ve boyutları hakkında bilgi verir (Yağcı vd., 2018; Shull, 2002; Kara vd., 2017).

Yöntemin avantajları izleyen şekilde sıralanabilir:

- Uygulanışı ekonomik bir yöntemdir.
- Hassas bir yöntemdir ve muayene sonuçları hemen alınabilir.
- Kalınlık ve uzunluğu yaklaşık bir metreye kadar olan parçalar test edilebilir.
- Hatanın yeri, boyutu ve türü belirlenebilir.

- Muayene esnasında kullanılan cihazlar taşınabilir.
- Yöntem tamamen otomatik olarak gerçekleştirilebilir.
- Giriş için sadece bir kenar yeterlidir (Yetiştiren vd.).

Yöntemin dezavantajları ise izleyen şekildedir:

- Yöntemde kullanılan sistemler çok özel olmadığı için kayıtlar kalıcı değildir.
- Operatör test numunesinin hatalı olup olmadığına test anında karar verir.
- Göstergeler hakkında yorum yapmak gerektirmektedir.
- Testin tümüyle değerlendirilmesi için oldukça yüksek bir beceri gerektirir.
- Uygulanışı çok ince kesitlerde zordur (Yetiştiren vd.).

3.6. Radyografik Muayene Yöntemi

Parçanın içinden geçirilen radyasyon demeti parça içinden geçerken belli bir oranda yutulur ve kayba uğrar. Sonrasında parçanın arka yüzeyine yerleştirilmiş olan filme ulaşır ve filmi etkiler. Bu filmin banyo işleminden sonra film üzerindeki kararmalar süreksizliklerin belirtisi olarak görünür hale gelir (Anonim, 2018).

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1.Göz Takip Sistemi

Göz takip sistemleri kişinin nereye, ne kadar süre ile baktığını analiz etmek üzerine göz hareketlerini incelemek amacıyla ortaya çıkmış sistemlerdir. Göz hareketleriyle ilgili araştırmalara ait ilk çalışmalardan biri Louis Émile Javal adlı Fransız optik fizyolojist tarafından 1870’de gerçekleştirilmiştir (Yıldırım ve Varol, 2016; Anonim, 2014).

Çalışma sonucunda edinilen bulgulara göre; bireyler yazıları okurken gözleri yazılar üzerinde küçük duraklamalar yaparak ilerler. Göz bu duraklamalardan bir diğerine hızlıca sıçramalar yapar. Bu odaklanma noktaları bireyde ne kadar fazla ise zihinsel iş yükü de o kadar fazladır. Aslında odaklanma noktası arttıkça bireyin sonuca varma ve çözüm bulma düzeyinin arttığı da böylelikle ispatlanmıştır (Anonim, 2014). Göz odaklanmalarının konumu ise kişinin odak noktasını göstermektedir. Odaklanmalardan sonra yapılan sıçramalarda ise gözün odak noktası değişmektedir (Tsai ve diğ., 2012; Dzung vd., 2016; Underwood vd., 2002).

Göz takip sistemi ile pek çok ölçüm elde edilebilir. Bunlar izleyen şekilde tanımlanabilir:

- Odaklanmalar
- Sıçramalar
- Bakış Noktaları
- Göz Bebeği Büyüklükleri
- Tarama Yolu
- Isı Haritaları (Anonim, 2014)

Odaklanma ölçümü göz takip sistemlerinde görev karmaşıklığının bir göstergesidir. Gözün bir sabit bakışından diğerine hızlı ve sürekli göz değişimi yapmasına ise sıçrama denir (Bhoir vd., 2015; Sharafi vd., 2015; Pan vd., 2004).

Göz izleme ölçümleri, çeşitli durumlar sırasında katılımcı davranışları ve zihniyetleriyle ilgili bilgileri ortaya çıkarmak için kullanılacak faydalı araçlardır (Anonim, 2018).

Bu çalışma kapsamında Tobii Pro Glasses kullanılmıştır. Bu giyilebilir göz izleme cihazının resmi Şekil 4.1'de yer almaktadır. Göz izleme ile veriler SD karta kaydedilir (Anonim, 2018).



Şekil 4.1. Göz İzleme Cihazı

Analiz programı tarafından oluşturulan ısı haritaları göz takip sistemlerinde verilerin görselleştirilmesinde kullanılmaktadır. Isı haritalarının en önemli avantajlarından birisi bu haritaların oluşturulmasının ve yorumlanmasının pratik olmasıdır (Bhoir vd., 2015; Bojko, 2009).

Isı haritaları, birden fazla kullanıcı için göz izleme verilerini görselleştirmek üzere kullanılabilir. Bakış haritalarına benzer şekilde, ısı haritaları sadece kullanıcı gözüyle kaydedilen nesnelere göstermez, aynı zamanda insanların nesnelere ne kadar yoğun baktığını gösterir. Isı haritalarında çeşitli renkler farklı odaklanma yoğunluklarını temsil eder: kırmızı en yoğun odaklanmaları, sarı daha az olanları ve yeşil en az olanları gösterir. Renkleri olmayan alanlar, kullanıcıların uyarının bu bölümleri üzerinde düzeltme yapmadığını gösterir (Özkan vd., 2015).

4.2.NASA-TLX Yöntemi

NASA Görev Yüğü İndeksi (NASA-TLX) zihinsel iş yükünü ölçmek için yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Öznel bir iş yükü değerlendirme tekniğidir. Altı alt

ölçeğin ortalama puanlarına dayalı çok boyutlu bir değerlendirme yapısına sahiptir. Bu alt ölçekler; zihinsel talep, fiziksel talep, zamansal baskısı, performans düzeyi, çabalama düzeyi ve gerginlik seviyesidir (Cao vd., 2009; Zhang vd., 2017).

NASA-TLX katılımcılar arasındaki görev içi farklılıkları ve iş yükünün kaynakları arasındaki görev farklılıkları gösteren bir iş yükü değerlendirme aracıdır (Baulk vd., 2007). Yöntem altı adet boyut üzerinde yapılan değerlendirmelerin ağırlıklı ortalamasının hesaplanması sonucu ortaya çıkan zihinsel iş yükü değerini araştırmacıya vermektedir. Yöntemde kullanılan boyutlar; zihinsel talep, fiziksel talep, zaman baskısı, performans düzeyi, çabalama düzeyi ve gerginlik seviyesidir. Boyutların tanımları ise izleyen şekildedir:

1. Zihinsel Talep: Verilen görev icra edilirken kullanıcının ne kadar zihinsel ve algılama aktivitesine ihtiyaç duyduğunu gösterir. Verilen görevin kolay veya zorluk seviyesi, sade veya karmaşıklığı hakkında araştırmacıya bilgi verir.
2. Fiziksel Talep: Verilen görev icra edilirken ne kadar fiziksel aktiviteye ihtiyaç duyulduğunu gösterir. Görevin yorucu olup olmadığını veya yavaş mı hızlı mı gerçekleştirildiği hakkında araştırmacıya bilgi verir.
3. Zaman Baskısı: Verilen görev icra edilirken belli bir aşamasında kullanıcının üzerinde ne kadar bir zaman baskısı hissettiğini gösterir.
4. Performans Düzeyi: Verilen görev icra edilirken hedeflere ulaşmada kullanıcının gözünden kendisinin diğer kullanıcılara göre ne derecede başarılı olduğunun bilgisini verir.
5. Çabalama Düzeyi: Verilen görev icra edilirken zihinsel ve fiziksel olarak ne kadar ağır çalışma gerektiği hakkında araştırmacıya bilgi verir.
6. Gerginlik Seviyesi: Verilen görev icra edilirken kullanıcının kendisini ne kadar güvensiz, gerilmiş, sinirlenmiş, memnun olmayan veya karmaşık hissettiği hakkında bilgi verir (Gülkaç, 2013).

Ölçümün avantajları izleyen şekildedir:

- Ölçüm sonuçlarının doğruluğu yüksek olduğundan dolayı kabul gören bir yöntemdir.

- Yöntem diğer iş yükü ölçme yöntemlerine kıyasla çok farklı alanlardaki görevlerin iş yükü değerlendirilmesinde kullanılabilir.
- Farklı dillerde çevirisi mevcuttur.
- Alt ölçeklerin ortalama değerleri ağırlıklandırılarak kullanıldığından dolayı katılımcılardan kaynaklanabilecek farklılıklar en aza indirilmiştir (Hill vd., 1992; Hart vd., 1990; Gülkaç, 2013).

Ölçümün dezavantajları izleyen şekildedir:

- Yöntemin altı alt ölçeği birbirleri arasında korelasyon gösterebilir.
- Farklı kullanım alanlarında alt ölçeklerden bazılarının katkısı olmayabilir (Pfendler ve Wiedel, 1988; Gülkaç, 2013).

Yöntem ölçeklerin ağırlıklandırılması ve oranlanmasından oluşan iki aşamada gerçekleştirilir (Gülkaç, 2013).

Genel olarak NASA-TLX yönteminde bir görev için veri toplama adımları aşağıdaki sırayla ilerler:

- Katılımcılar öncesinde yöntem hakkında bilgilendirilir. Sonrasında katılımcılar bu adımda ölçek tanımlarını ve talimatları okurlar.
- Katılımcılar yönteme alışık hale gelirler.
- Katılımcılar oranlamaları doldururlar.
- Sonrasında ise ağırlıkları doldururlar.

Bu adımlar tamamlandıktan sonra NASA-TLX yönteminden elde edilen veriler yorumlanacak şekilde düzenlenir. Her katılımcı için her ölçütün ağırlığı bulunur. Sonrasında ise katılımcının verdiği puanlardan elde edilen ham puanlar ile ölçüt ağırlıkları çarpılır. Bu işlem sonucunda her ölçüt için ağırlığı bulunur. Tüm ağırlıklar toplanıp 15'e bölünerek her bir katılımcı için ağırlıklandırılmış iş yükü skoru hesaplanır. Bu şekilde toplanan ham veriler yorumlanacak düzeye getirilmiş olur (Gülkaç, 2013).

4.3. Hotelling T² Testi

Tek değişkenli veriler karşılaştırılmak istendiğinde istatistiksel yöntem olarak t testi seçilebilir. Çok değişkenli verilerde yani her bir örnek için birden fazla parametrenin olduğu durumlarda ise Hotelling T² testi kullanılabilir. Hotelling T² testi, t testinin çok değişkenli karşılığıdır (Stephanie, 2016).

Hotelling T² testinde H₀ hipotezi; μ_1 ve μ_2 ortalama vektörleri olmak üzere, bu iki vektör arasında fark olmadığı şeklinde kurulur (Aydiner, 2008).

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

H₁ hipotezi ise şu şekildedir;

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Hotelling T² testinde;

$$H_0 : \begin{bmatrix} \mu_{11} \\ \mu_{12} \\ \mu_{13} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \mu_{1p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_{21} \\ \mu_{22} \\ \mu_{23} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \mu_{2p} \end{bmatrix} \text{ hipotezi,}$$

$$H_1 : \begin{bmatrix} \mu_{11} \\ \mu_{12} \\ \mu_{13} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \mu_{1p} \end{bmatrix} \neq \begin{bmatrix} \mu_{21} \\ \mu_{22} \\ \mu_{23} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \mu_{2p} \end{bmatrix} \text{ hipotezine karşı test edilir.}$$

n_1 = 1.grubun örneklem büyüklüğü,

n_2 = 2.grubun örneklem büyüklüğü,

p = değişken sayısı,

$n_1 + n_2 - p - 1$ = serbestlik derecesi

S = ortak kovaryans matrisi olmak üzere;

Kovaryans matrisleri eşit ise;

$$S = \frac{(n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (4.1)$$

olmak üzere T^2 istatistiği;

$$T^2 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} (\mu_1 - \mu_2)' S^{-1} (\mu_1 - \mu_2) \quad (4.2)$$

şeklinde tanımlanır. F istatistiği ise izleyen şekildedir (Aydiner,2008);

$$F = \frac{n_1 + n_2 - p - 1}{p(n_1 + n_2 - 2)} T^2 \sim F_{p, n_1 + n_2 - p - 1} \quad (4.3)$$

Yukarıdaki formül ile hesaplanan F değeri ile tablo değeri karşılaştırılır. Eğer hesaplanan F değeri tablo değerinden büyük ise; H_0 hipotezi reddedilir. Bu durumun yorumu ise; deneyde kullanılan parametrelerden en az birinin diğer parametrelerden farklılaştığı şeklinde yapılmaktadır (Stephanie,2016).

Hotelling T^2 testi uygulanmadan önce 10 adet varsayım göz önüne alınmalıdır. Bu varsayımlardan ilk üçü çalışmanın tasarımı ve yapılan ölçümlerle ilgilidir. Diğer 7 adet varsayım ise verilerin Hotelling T^2 testine uygunluğu ile ilgilidir. 10 adet varsayım sırasıyla şu şekildedir (Anonim, 2019):

Varsayım 1: Çalışma en az 2 adet sürekli olarak ölçülebilen bağımlı değişkene sahip olmalıdır.

Varsayım 2: Çalışma 2 seviyeden oluşan bir bağımsız değişkene sahip olmalıdır.

Varsayım 3: Çalışmada yer alan bağımsız değişkenlerin farklı seviyelerindeki değerlerin kendi aralarında veya seviyeler arasında herhangi bir ilişki olmamalıdır.

Varsayım 4: Bağımsız değişkenlerin her bir seviyesi için bağımlı değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olmalıdır.

Varsayım 5: Çok kutupluluk olmamalıdır.

Varsayım 6: Tek değişkenli veya çok değişkenli aykırı değerler olmamalıdır.

Varsayım 7: Veriler çok değişkenli normal dağılıma sahip olmalıdır.

Varsayım 8: Örneklem büyüklüğü yeterli olmalıdır.

Varsayım 9: Varyans-kovaryans matrisleri homojen olmalıdır.

Varsayım 10: Varyanslar homojen olmalıdır (Hair vd., 2014; Stevens, 2009; Pituch ve Stevens, 2016).

5.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu tez çalışması kapsamında araştırılan konu ve kullanılan yöntemlerle ilgili literatürde yer alan geçmiş çalışmalar incelenmiştir. İncelenen örnek çalışmalar şu şekilde özetlenebilir:

Gerçekleştirilen görevin zorluğu ve bireyin zihinsel yükü arasındaki ilişkinin incelendiği bir çalışmada aralarında doğrusal bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca zaman baskısı da zihinsel yük üzerinde dolaylı da olsa bir etkiye sahiptir. Zaman baskısı, bir görev için tamamlanma süresi ile görevi yerine getirmek için harcadığı zaman arasında bir uyumsuzluk içermekte ve bireyin üzerinde oldukça duygusal tepkilere yol açmaktadır (Galy vd., 2012).

Göz takip sistemi kullanılarak döküm yapan işçilerin dikkat düzeyinin belirlenmesi konulu bir çalışmada, deneyimli işçinin döküm faaliyeti sırasında hangi noktalara ne kadar süre dikkatle baktığı konusuna odaklanmıştır. Yeni bir işçi eğitiminde bu görüntülerden yararlanılabileceği ve eğitim süresinin kısaltılabileceğini anlatmıştır. Çalışma sonucunda ortalama eğitim süresi tam bir hafta ve bu çalışma sonuçları ve videonun çalışan başına iki gün kazandıracağını söylenmiştir. Bu kazancın o birimde yılda yaklaşık 400 saat eğitim süresi kazandıracağı sonucuna varılmıştır (Anonim,2018).

Göz takip sistemi ile ilgili ise literatürde farklı kullanım alanlarına yönelik pek çok çalışma mevcuttur. Katılımcıların deneyimli olup olmama durumunun kavram haritası geliştirme sürecine olan etkisinin araştırıldığı bir çalışmada uzman ve acemi katılımcılar incelenmiştir. Acemi ve uzman katılımcıların bu süreçteki benzerlik ve farklılıkları araştırılmak amaçlanmıştır. İki deney tasarlanmıştır. Göz izleme, yazılı ve sözel veriler 29 öğretmen adayından ve 6 konu uzmanından toplanmıştır. Veriler, nitel ve nicel veri analizi yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, bazı stratejilerin benzer olmasına rağmen, kavram haritası geliştirme sürecinde uzmanlar ve acemi tarafından takip edilen farklı modeller olduğunu göstermiştir. Hem uzmanlar hem de acemiler “tümünden gelimli akıl yürütme” ve tercih edilen “hiyerarşik” kavram haritalarını benimsemiştir. Kavram haritalarının kalitesini belirleyen içerik zenginliği ölçümlerinde acemi ve uzman

katılımcılar birbirlerinden ayrılmıştır. Uzman katılımcılar, tespit sayıları, odaklanma süreleri, bazı eylemler için ziyaret süreleri bakımından acemi katılımcılardan farklı çıkmıştır. Acemi katılımcıların tespit sayıları tüm süreç boyunca ve kavram haritası geliştirme sürecinin belirli boyutlarında uzman katılımcılardan daha yüksek çıkmıştır (Doğusoy, 2012).

Göz takip sisteminin kullanıldığı farklı alanlardan biri de katılımcı grupları arasında davranış farklarının ve bireylerde oluşan zihinsel iş yükünün belirlenerek sürecin yorumlandığı çalışmalardır. Bu alanda yapılan bir çalışmada göz takip sistemi kullanılarak iki öğrencinin aynı konu üzerinde çalışırken hangi alanlara odaklandıkları ve göz takibinde hangi noktada çaktıkları incelenmiştir. 18 öğrenci toplamda 10 tane geometri sorusunu çözerken göz hareketleri kaydedilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre grup çalışmasını iyi yapan ve işbirliğini sağlayan grupların daha az işbirliği yapan gruplara göre daha fazla ortak noktada odaklandıkları görülmüştür (Karadağ ve Cankul, 2015).

Göz takip sistemleri ara yüzlerin değerlendirildiği çalışmalarda ya da kullanılabilirlik çalışmalarında da sıkça kullanılmaktadır. Kullanılabilirlik çalışmalarında özellikle internet sitelerinin değerlendirildiği çalışmalar yer almaktadır. Web sayfasının tasarımının ve kullanılabilirliğinin incelendiği bir çalışma ODTÜ’de gerçekleştirilmiştir. ODTÜ Kütüphane web sayfasının tasarımı ve kullanılabilirliği 8 kullanıcı tarafından değerlendirilmiştir. Kullanıcılar hedef kitlesi göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Kullanıcılardan elde edilen veriler göz takip sistemi kullanılarak kaydedilmiştir. Web sayfasındaki eksik yönlerin tespiti ve yeniden tasarlanması açısından kullanılabilirlik testi uygulanmıştır. Daha kolay, etkin ve verimli kullanılması için yapılan düzenlemeler anlatılmıştır. Teste katılan görme engelli kullanıcı ile web sayfası görme engellilerin sorunsuz bir şekilde kullanması için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Web sayfasında yer alan görüntü ile bağlantıların içerikleri doğrultusunda etiketlenmesi kararı verilmiştir (Dalcı vd., 2008).

İncelenen bir diğer deneysel çalışmada, katılımcılara bilgisayar başında ekrandaki belli nesnelere bulunup belli yerlere taşınmasını hedefleyen görevler verilmiştir. Görevler her katılımcı için yirmi kez tekrar edilmiştir. Göz takip sistemi kullanılarak kullanıcıların görev esnasında göz bebeği çaplarında oluşan değişimler kaydedilmiştir. Katılımcılara

verilen görev iki aşamalıdır. İlk aşamada katılımcılar ekranda yangın simgesi gördükleri noktalara su simgesi taşıyacaklardır. İkinci aşamada ise ekranda yangın simgesi gördükleri yerlerin belli bir mesafe yakınına bir kamyon simgesi taşıyarak yangının diğer simgelere yayılmasını engelleyeceklerdir. Katılımcılardan elde edilen göz bebeği çapı verilerine göre ikinci aşamanın ilk aşamaya göre katılımcılarda daha fazla zihinsel yük meydana getirdiği görülmüştür. Çalışmada elde edilen sonuçların ara yüz tasarımının nasıl olması gerektiği hakkında bilgi sağlayabileceği belirtilmiştir (Stasi vd., 2013).

Göz takip sistemi kullanılarak fiziksel verilerin toplandığı ve değerlendirme sonuçlarında yorumlandığı çalışmalar literatürde geniş bir alan kapsamaktadır. 22 katılımcının katıldığı bir çalışmada göz kırpma oranının zihinsel yüklenme ile ilişkisini incelemişlerdir. Katılımcılara aritmetik işlemler ve ekranda bir hedefi arama görevleri verilmiştir. Görevlerin zorluk dereceleri birbirinden farklıdır. İlk görev olan aritmetik işlem görevlerinde katılımcılardan arka arkaya ekranda görünen dört sayının zihinden toplanması istenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre görev zorluk seviyesi düşükken tek basamaklı bir sayı aranırken; zorluk düzeyi arttıkça aranan sayının uzunluğu da artmıştır. Sonuçlara göre görev zorluğu arttıkça göz kırpma oranında bir artış gözlenmiştir, ancak iki veri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktur. Görevler esnasında meydana gelen göz kırpma oranları karşılaştırıldığında ise; aritmetik işlem esnasındaki göz kırpma oranının arama görevlerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (Chen ve Epps, 2014).

İncelenen bir çalışmada ise arka plandaki değişikliklerin katılımcıların görsel dikkatine olan etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda Kuzey Amerika ile Çinli katılımcılar arasında gıda maddesi görüntülerine bakarken fark olduğu görülmüştür. Katılımcılar gıda maddesine bakarken göz hareketleri göz takip sistemi tarafından göz hareketleri izlenmiştir. Arka plan içerikleri belirginleştikçe, katılımcıların gıda maddelerine yönelik görsel ilgilerinin azaldığı görülmüştür. Varılan genel sonuçlar dışında Çinliler ve Amerikalıların karşılaştırılmasıyla da farklı sonuçlar elde edilmiştir. Çinli katılımcılar Amerikalı katılımcılara göre daha önce gıda maddesine bakmıştır. Bu durumda Çinlilerin arka plandaki bağlamlardan etkilenme düzeyinin daha çok olduğunu göstermektedir (Zhang ve Seo, 2014).

Aynı matematiksel nesnelere matematiksel temsillerinin öğrenciler tarafından nasıl ele alındığının incelendiği bir çalışmada ise göz izleme yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, formül ve grafikler arasındaki göz hareketlerinde anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. Bu farklılık, insan algısının kültürel ve sosyal şekillenmesi ile sembolik ve grafiksel kayıtlar arasındaki farklılıklar açısından anlaşılabilir (Andra vd., 2013).

Zihinsel iş yükünün ölçülmesinde kullanılan NASA-TLX yöntemi bu alanda genel kabul görmüş bir öznel yöntem olduğundan dolayı yöntemin kullanıldığı pek çok çalışma literatürde karşımıza çıkmaktadır. Pilotların zihinsel iş yüklerinin NASA-TLX yöntemiyle ölçüldüğü çalışma incelenmiştir. Bu çalışmada özel bir havayolu şirketinde deneyimlerine göre gruplanmış üç ayrı pilot grubunun eğitim simülatörlerinde hissettikleri zihinsel iş yükü ölçümlenmiş ve karşılaştırılmıştır. İkinci bir karşılaştırma araştırmaya katılan pilotlar arasında yaş grupları oluşturularak yapılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarına göre pilotların hissettikleri zihinsel iş yükü deneyim grupları açısından pek fark göstermese de, genç pilotlar ve yaşlı pilotlar arasında anlamlı iş yükü farklarına rastlanmıştır (Gülkaç, 2013).

NASA-TLX yönteminin farklı bir alanda kullanımı ise hekimlerde zihinsel iş yüklerinin ölçüldüğü bir çalışmada görülebilir. Çalışmada ayrıca zihinsel iş yükünün hekimlerin sosyo-kültürel özelliklerine göre farklılık gösterip göstermediğinin belirlenmesi de amaçlanmıştır. Araştırmaya % 48,3'ü öğretim üyesi olmak üzere toplam 178 hekim katılmıştır. Araştırma sonucunda, hekimlerde en yüksek düzeyde zihinsel iş yükü oluşturan faktörün “zaman darlığı baskısı”, en alt düzeyde zihinsel iş yükü oluşturan faktörün ise “fiziksel zorlanma” olduğu görülmüştür. Hekimlerin zihinsel iş yükü puan ortalaması $65,42 \pm 15,2$ 'dir. Zihinsel iş yükünün; % 17,7'si poliklinik hizmetleri, % 29,9'u klinik hizmetleri, % 16,5'i idari ve yönetsel faaliyetler, % 19,3'ü eğitim-öğretim faaliyetleri ve % 16,5'i ise araştırma-geliştirme ve bilimsel faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Hekimlerin zihinsel iş yükü yaş, meslekteki toplam çalışma süresi, çalışılan bölüm, nöbet sayısı ve meslekte genel memnuniyet durumu değişkenlerine göre farklılık gösterirken; cinsiyet, medeni durum, unvan, çocuk sayısı ve Ankara Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesindeki toplam çalışma süresi değişkenlerine göre farklılık göstermediği görülmüştür. Yöneticiler veya karar vericiler tarafından yapılacak görev dağılımlarında

hekimlerin sosyo-kültürel özelliklerinin dikkate alınmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir (Karadağ ve Cankul, 2015).

Beyin bilgisayar ara yüzü (BBA) kullanımının zihinsel yüklenme açısından değerlendirildiği bir çalışma ise şu şekilde özetlenebilir; Beyin bilgisayar ara yüzleri, aslen felçli hastalara yardımcı olması amacıyla geliştirilen ve beyin aktiviteleri ile bilgisayara komut verilmesini sağlayan sistemlerdir. Bu çalışmada, BBA sistemlerinden yararlanılarak, zihinsel iş yükünün objektif, kolay uygulanabilir ve yorumlanabilir bir yöntemle incelenmesi amaçlanmıştır. Pilot uygulama kapsamında yetmiş sağlıklı katılımcı, bir BBA sistemi aracılığıyla altı adet görevi yerine getirmiş ve eş zamanlı olarak katılımcılara ait göz bebeği değişim oranı, göz kırpma oranı ve galvanik deri direnci (GDD) verileri toplanmıştır. Her bir görevden sonra katılımcılar NASA Görev Yüğü İndeksi (NASA-TLX) formlarını doldurmuş ve aynı zamanda katılımcıların görevlerdeki başarı düzeyleri de tespit edilmiştir. Toplanan veriler istatistiki yöntemlerle analiz edilerek sağlıklı katılımcıların farklı BBA uygulamalarındaki zihinsel yüklenme eğilimleri ve görevler esnasında anlamlı değişim gösteren belirtiler saptanmıştır (Kahya vd., 2018).

Gerçekleşen trafik kazaları incelendiğinde sürücünün zihinsel iş yükünün önemli bir faktör olduğu görülmüştür. Yol durumunun ve sürücünün sürüş deneyiminin zihinsel iş yükleri üzerindeki etkisinin araştırılmıştır. Birbirinden farklı sürüş deneyimine sahip 26 sürücü sürüş testine katılmışlardır. Kentsel yol, otoyol ve kırsal yol olarak 3 farklı yol tipinde sürüş testleri gerçekleştirilmiştir. Yolun durumunun belirlenmesi amacıyla da araçlara kameralar yerleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda NASA-TLX tekniği uygulanmış ve veriler yorumlanmıştır. Sonuçlara göre hemen hemen tüm katılımcıların zihinsel iş yükü yüksek olarak adlandırılabilir düzeydedir. Bunun sebebi araştırıldığında ise gerginlik faktörünün etkisinin büyük olduğu görülmüştür (Sugiono vd., 2017).

Bu araştırma, görev karmaşıklığının, deneyim seviyesinin, tehlike algısının ve simüle edilmiş araç kırılmasının genel zihinsel iş yükü değerlendirmesi üzerindeki etkisini incelemektedir. Bu çalışmada, Bilgisayar Sayısal Kontrol (CNC) öğütme işlemini simüle eden bir masaüstü sanal gerçeklik eğitim sistemi kullanıldıktan sonra 100 katılımcı test edildi. Ayrıca tehlike algısı ve elde tutma aralığına dayalı farklılıklar da göz önünde bulundurulmuştur. Katılımcılar için eğitim koşulları değişmiştir, böylece görsel

ipuçlarının, işitsel ipuçlarının ve yazılı talimatların katkısı test edilebilir. Katılımcılardan eğitim süresi boyunca en iyi işleme sonucunu belirlemeleri istendi. Sonuçlar önceki literatürle uyumluydu ve genel zihinsel iş yükünün görev karmaşıklığı ve deneyim seviyesinden önemli ölçüde etkilendiğini gösterdi. Sonuçlar ayrıca, bu tür bir endüstriyel iş için zihinsel iş yükü modeline yeni bir katkıda bulunan olarak tehlike algısının eklenebileceğini önerdi. Ayrıca, benzetilmiş takım kırılmasının performans üzerindeki etkisi araştırılmış ve performansın benzetilmiş takım kırılmasının varlığından önemli ölçüde etkilendiği bulunmuştur (Leung vd., 2010).

İncelenen bir diğer çalışmada ise bilgisayar tabanlı eğitim programının performansı değerlendirilmiştir. Çalışma esnasında Tobii T120 göz takip sistemi ile katılımcıların odaklanma ve sıçrama değerleri ölçülmüştür. Katılımcılara verilen görev proje yönetimi eğitimini katılımcıların araştırmacının destek olmadan yerine getirmesini beklemektir. Çalışmanın sonucuna göre katılımcının odaklanma sayısı ile zihinsel iş yükü arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır (Lum vd., 2016).

6.UYGULAMA

6.1.Çalışmanın Amacı

Çalışmada deneyimlerine göre ayrılmış toplam 22 kişiden oluşan iki ayrı operatör grubundan göz takip sistemini kullanarak belirli parçaların imalatları esnasında meydana gelmiş hataların bulmaları istenmiştir. Katılımcıların hataları bulmak için gözle muayene yaparken kullandıkları kalite kontrol cihazı parçayı 200 kat büyötmektedir. Parçayı merceğe yaklaştırıp katılımcılar monitöre yansıyan görüntüden gözle muayene yapmaktadırlar. Çalışma yerinde bu cihazı kullanmayı bilen tüm katılımcılar çalışmaya katılmışlardır. Katılımcılar verilen görev sonunda NASA-TLX formlarını doldurmuşlardır. Sesli düşünme tekniğı kullanılarak katılımcılardan görevlerini gerçekleştirirken hissettiklerini söylemeleri istenmiştir. Toplanan veriler istatistiksel yöntemlerle analiz edilerek katılımcıların zihinsel iş yükü ölçölürken; gözle muayene performansları da deneyim düzeylerine göre karşılaştırılmıştır. Araştırma soruları izleyen şekildedir:

1. Deneyimli ve deneyimsiz katılımcılar arasında parçayı gözle muayene esnasında harcadıkları zaman arasında anlamlı bir fark var mıdır? Katılımcılar gözle muayene yaparken parçaları nasıl inceliyor?
2. Deneyimli ve deneyimsiz katılımcılar arasında gözle muayene esnasında hissettikleri zihinsel iş yükleri arasında anlamlı bir fark var mıdır?
3. Gözle muayene esnasında en sık karşılaşılan hata sebeplerini tespit etmek, daha az sıklıkla karşılaşılan hata sebeplerini tespit etmekten daha az mı zaman alıyor? Aralarında anlamlı bir fark var mıdır?

Bu araştırma sorularına cevap verebilmek amacıyla operatörlerin göz hareketlerini incelemek için göz takip sistemi kullanılarak bir çalışma yapılmıştır. Çalışma kapsamında önerilen hipotezler izleyen şekildedir:

H1-Deneyimli ve deneyimsiz gruplar arasında gözle muayene ettikleri parçada hatayı bulma süresi arasında anlamlı fark vardır.

H2- Deneyimli ve deneyimsiz gruplar arasında parça muayenesi esnasında hissettikleri zihinsel iş yükü arasında anlamlı fark vardır.

H3-Gözle muayene esnasında en sık karşılaşılan hata sebeplerini tespit etmek, daha az sıklıkla karşılaşılan hata sebeplerini tespit etmekten anlamlı şekilde farklıdır.

H4-Gözle muayene esnasında en sık karşılaşılan hata sebeplerini tespit etmek, daha az sıklıkla karşılaşılan hata sebeplerini tespit etmek arasında anlamlı fark yoktur.

6.2.Katılımcılar

Bu çalışmaya yaşları 21 ile 44 arasında değişen farklı deneyim sürelerine sahip 22 operatör gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcıların hataları bulmak için gözle muayene yaparken kullandıkları kalite kontrol cihazı parçayı 200 kat büyötmektedir. Parçayı merceğe yaklaştırıp katılımcılar monitöre yansıyan görüntüden gözle muayene yapmaktadırlar. Çalışma yerinde bu cihazı kullanmayı bilen tüm katılımcılar çalışmaya katılmışlardır.

Gerçek çalışma yapılmadan önce pilot ölçümler alınmıştır. Bu şekilde gerçek ölçümlerde karşılaşılabilecek sorunlar önlenmiş ve deney protokolünde gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Gerçek katılımcılara sesli düşünmeleri esnasında yöneltilecek sorular, pilot ölçüm yapılan bireylerin görevleri esnasında hissettikleri ile ilgili yaptıkları yorumlar aracılığıyla belirlenmiştir.

6.3.Çalışma

Çalışma kapsamında öncelikle katılımcılara göz takip cihazı hakkında bilgi verilmiş, çalışmaya katılacak bireylere gönüllülük formu imzalatılmıştır. Çalışma esnasında katılımcıların görsel dikkatleri bir göz izleme cihazı tarafından kaydedilmiştir.

Böylelikle katılımcıların parçaları gözle muayene ederken hangi noktalara ne kadar dikkat ettikleri kayıt altına alınmıştır. Ayrıca parça üzerindeki hareket değişiklikleri ile muayenede kullandığı tarama yolu da kaydedilen veriler arasındadır. Bu sebeplerden dolayı deneyim düzeyleri farklı olan katılımcılar arasında farkların hem görsel olarak hem de istatistiksel verilerle görülmesi amacıyla göz takip cihazı kullanılmıştır. Görev sonunda katılımcılar NASA-TLX formunu doldurmuşlardır. Buradaki amaç öznel bir yöntem olan NASA-TLX yöntemi ile katılımcıların yerine getirdikleri görevler esnasında hissettiklerini değerlendirmesidir. Yöntemin ağırlıklı ortalamaları ile katılımcıların zihinsel talep, fiziksel talep, zaman baskısı, performans düzeyi, çabalama düzeyi ve gerginlik seviyesi olmak üzere altı alt ölçütte görevlerini değerlendirme sonuçlarını elde edilmiştir. Görevleri sonrasında hemen bu yöntemin uygulanması da elde edilen sonuçların güvenilirliğini artırmıştır. Son olarak ise katılımcılardan görevleri esnasında neler hissettiklerini ve düşündüklerini söylemeleri istenmiştir.

Katılımcılara verilen görevler bir plan dahilinde seçilmiştir. 8 adımdan oluşan görev planı şu şekildedir:

1. Gözlüğü takarak kalibrasyona başla.
2. Kalibrasyon tamamlandıktan sonra gözle muayenesi yapılacak ilk parçayı deney sorumlusundan teslim al.
3. Parçada bulunan hataları deney sorumlusuna söyle.
4. Doğru olan hata sebebi bulunduğundan sonra parçayı deney sorumlusuna teslim et.
5. Sonraki parçayı teslim al.
6. 10 adet parçanın gözle muayenesi bitene kadar Adım 4 ve Adım 5'i tamamla.
7. NASA-TLX formunu doldur.
8. Görev esnasında hissettiklerini deney sorumlusu ile paylaş.

Katılımcılardan NASA-TLX formunu doldurduktan sonra sesli düşüncelerini istenmiştir. Görevleri esnasında hissettikleri hakkında yorumları alınmıştır. Bu esnada katılımcılara bazı sorular da yöneltilmiştir. Bu sorular izleyen şekildedir:

1. Kontrol aletini kullanmada zorluk yaşadınız mı?
2. Hatayı daha hızlı bulmaya çalıştınız mı?
3. Görev esnasında zihinsel olarak zorlandığınız anlar oldu mu? Üzerinizde baskı hissettiğiniz anlar oldu mu?

Çalışma öncesinde gözle muayene edilecek tüm parçalar temizlenmiş ve katılımcıların görevleri esnasında kullanacakları aletin aydınlatma seviyesi ise optimum düzeye göre ayarlanmıştır. 22 katılımcı Tobii Pro Glasses göz takip cihazını kullanarak görevlerini tekrarsız olarak ve toplamda 3 oturumda yerine getirmişlerdir. İmalatı esnasında yapılan bir hata sonucu fire ürün olarak ayrılan 10 adet parçanın katılımcılar tarafından kontrol edilmesi istenmiştir. Katılımcılar görevleri yaparken eş zamanlı olarak hata bulma süreleri ve hatayı kaç hamlede buldukları da kaydedilmiştir. Katılımcılar parçalardaki hata olarak gördükleri durumları sesli olarak bildirmişler ve bu şekilde hata sebepleri bulunana kadar devam edilmiştir.

Tez çalışmasında kullanılan parçalardaki mevcut hata görüntüleri izleyen şekildedir:

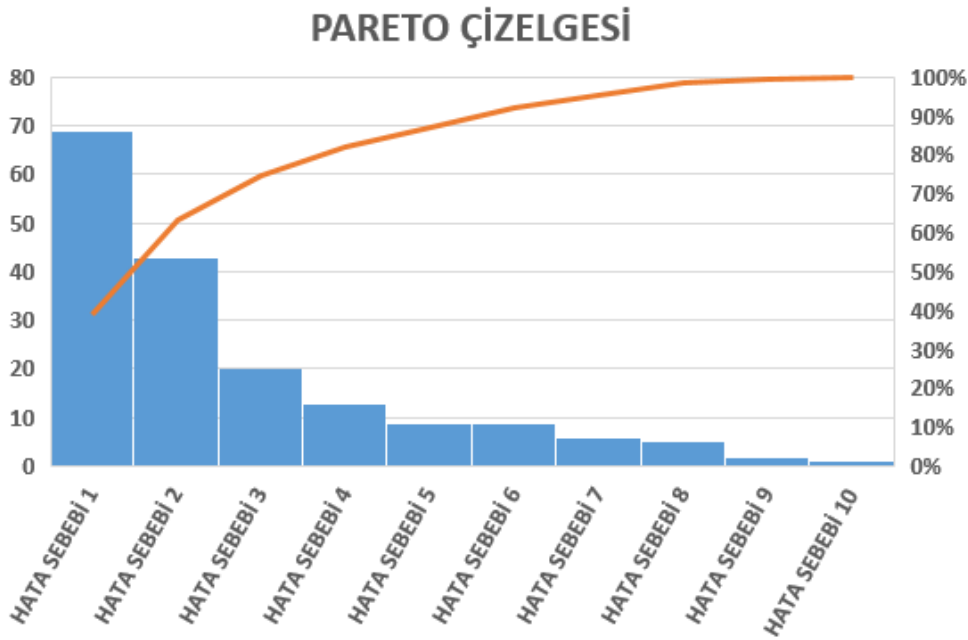
- Parça 1-Kaplama Atması—C—Hata Sebebi 9
- Parça 2-Çarpıtma Kaynaklı Kırık—A—Hata Sebebi 1
- Parça 3-Clearance İnce—A—Hata Sebebi 3
- Parça 4-Yüzey Yanık—B—Hata Sebebi 7
- Parça 5-Marjin Dişler Arası Farklı—A—Hata Sebebi 4
- Parça 6-Yüzey Kalitesi Bozuk—B—Hata Sebebi 6
- Parça 7-Clearance Sıfıra Çıkmış—A—Hata Sebebi 2
- Parça 8-Hammadde Atmosından Kaynaklı Kırık—C—Hata Sebebi 8
- Parça 9-Kesici Ağza Taş Çarpması Kaynaklı Kırık—B—Hata Sebebi 5
- Parça 10-Kaplama Renklenmesi—C—Hata Sebebi 10

Gözle muayene edilecek parçalara karar vermek amacıyla hata sebeplerinin pareto analizi yapılmıştır. En sık karşılaşılan hatalar A sınıfı, daha az sıklıkla karşılaşılan hatalar

B sınıfı ve en az sıklıkla karşılaşılan hatalar ise C sınıfı hatalar olarak sınıflandırılmıştır. Bu hata sınıflarına ait alt başlıklara örnek teşkil edecek birer parçanın operatörler tarafından gözle muayenesinin yapılması istenmiştir.

Hataların ölçüm alınan tarihe kadar bir yıl içerisinde karşılaşıldığı sıklıklara göre oluşan grafik ise Tablo 1’de yer verilmiştir. Bu pareto çizelgesinden yola çıkarak hata sebepleri A,B ve C sınıfı hata olarak sınıflandırılmıştır. Hata sıklıklarının %80’ini oluşturan hatalar A sınıfı hatalara alınmıştır.

Çizelge 6.1.Pareto Çizelgesi



Karşılaşılan sorunlara ilişkin pareto analizi ise izleyen şekildedir:

A SINIFI HATALAR

- Çarpıtırma kaynaklı kırıklar
- Clearance veya marjinin sıfıra çıkması
- Clearance veya marjinin istenenden kalın veya ince çıkması
- Clearance veya marjinin dişler arası farklı çıkması

B SINIFI HATALAR

- Kesici ağza taş ęarpması kaynaklı kırıklar
- Yüzey kalitesinin bozuk olması
- Yüzeyin yanık olması

C SINIFI HATALAR

- Hammadde atmasından kaynaklı kırıklar
- Kaplamanın atması
- Kaplamanın renklenmesi

7.BULGULAR VE TARTIŞMA

Hotelling T^2 testi, operatörlerin deneyim seviyelerinin gözle muayeneye olan etkisini belirlemek için yapıldı. Deneyimli ve deneyimsiz grubun her ikisinin de örneklem sayısı $N=11$ 'dir.

Araştırmadaki bağımlı değişkenler; toplam hata bulma zamanı, hata bulma performansı, NASA-TLX ağırlıklı puanı, toplam odaklanma süresi ve toplam odaklanma sayısıdır. Bağımsız değişken ise deneyim düzeyidir. Deneyimli ve deneyimsiz olmak üzere bağımsız değişken 2 seviyelidir.

SPSS programı sonucunda elde edilen serpm diyagramları tarafından değerlendirildiği gibi doğrusal ilişkiler vardır. Elde edilen serpm diyagramları Ek Açıklama-B'de yer almaktadır.

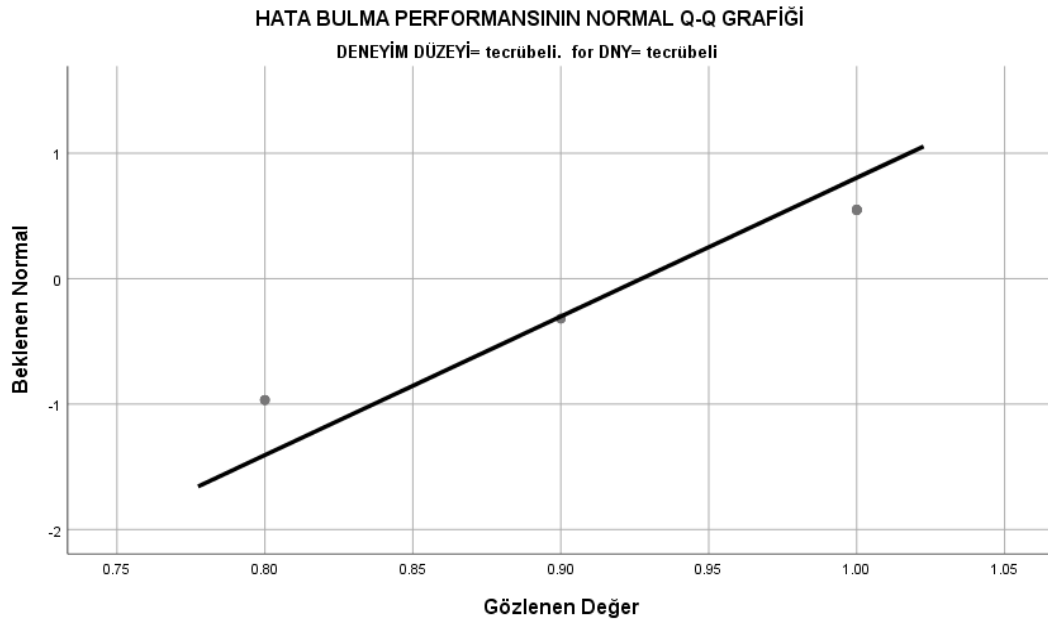
Varsayım kontrolünde; 4 bağımlı değişkenin Shapiro-Wilk testi ($p>0,05$) ile değerlendirildiğinde normal dağıldığı ortaya konuldu. Sırasıyla kutu grafiği ve Mahalanobis mesafesi ($p>0,001$) ile değerlendirildiği gibi tek değişkenli ve çok değişkenli aykırı değişkenler yoktur.

Çizelge 7.1. Normallik Testleri

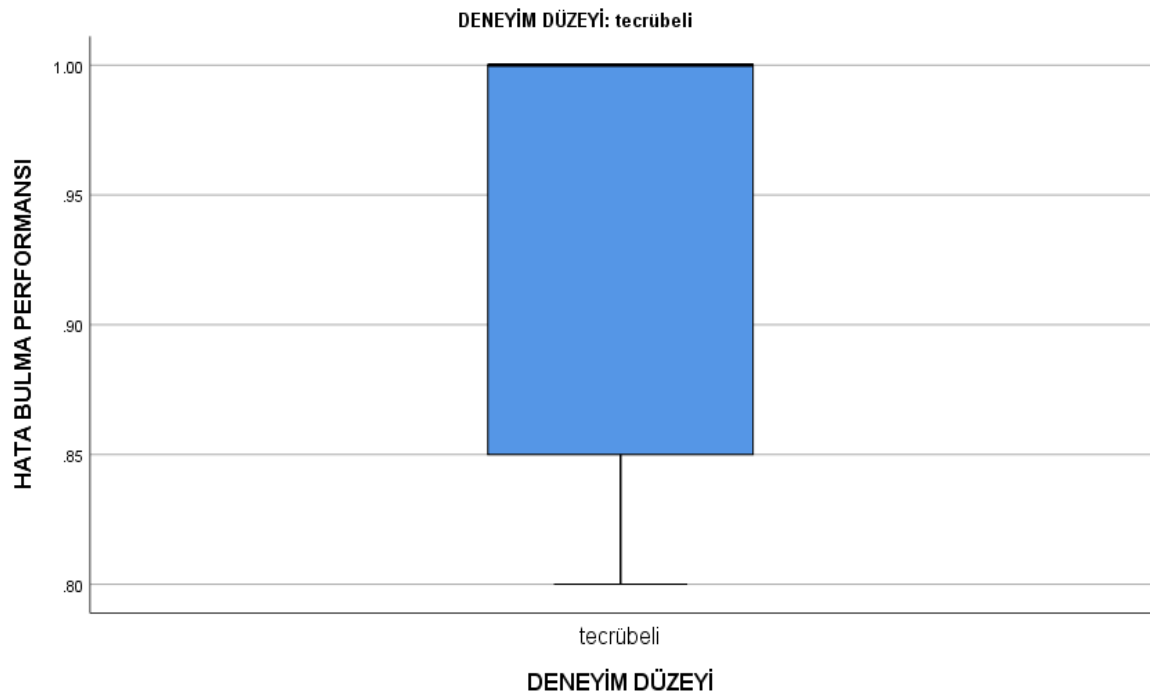
	DENEYİM DÜZEYİ	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TOPLAM HATA BULMA ZAMANI	tecrübeli	.164	11	.200*	.978	11	.953
	tecrübesiz	.189	11	.200*	.881	11	.106
HATA BULMA PERFORMANSI	tecrübeli	.335	11	.001	.733	11	.001
	tecrübesiz	.136	11	.200*	.959	11	.764
NASA-TLX AĞIRLIKLI PUAN	tecrübeli	.156	11	.200*	.948	11	.618
	tecrübesiz	.127	11	.200*	.952	11	.673
TOPLAM ODAKLANMA SÜRESİ	tecrübeli	.142	11	.200*	.909	11	.240
	tecrübesiz	.204	11	.200*	.945	11	.577
TOPLAM ODAKLANMA SAYISI	tecrübeli	.218	11	.148	.895	11	.160
	tecrübesiz	.117	11	.200*	.948	11	.624

Bağımlı değişkenler normal dağılıma uygunluğu için yorumlanan çizgi ve kutu grafikleri Ek Açıklama-C'de yer almaktadır.

5.bağımlı değişken olan hata bulma performansı deneyimli operatörler için Shapiro-Wilk testine göre normal dağılıma uygun çıkmamıştır.



Şekil 7.1.Hata Bulma Performansının Q-Q Grafiği



Şekil 7.2.Hata Bulma Performansının Kutu Grafiği

Çarpıklık-Basıklık yaklaşımı kullanılarak; hata bulma performansı bağımlı değişkeninin deneyimli grup için çarpıklık ve basıklık değerleri hesaplanabilir.

Çizelge 7.2.Tecrübeliler İçin Hata Bulma Performansının Tanımlayıcıları

	DENEYİM DÜZEYİ			Statistic	Std. Error
HATA BULMA PERFORMANSI	tecrübeli	Ortalama		.927	.0273
		95% Güven Seviyesinde Ortalama	Alt Sınır	.867	
		95% Güven Seviyesinde Ortalama	Üst Sınır	.988	
		5% Kesilmiş Ortalama		.930	
		Medyan		1000	
		Varyans		.008	
		Std. Sapma		.0905	
		Minimum		.8	
		Maximum		1.0	
		Oran		.2	
		Çeyrekler Arası Oran		.2	
		Çarpıklık		-.647	.661
		Basıklık		-1548	1279

Çarpıklık için z puanı hesabı;

$$z = \frac{-0,647}{0,661} = -0,98$$

(7.1)

Basıklık için z puanı hesabı;

$$z = \frac{-1,548}{1,279} = -1,21$$

(7.2)

Çarpıklık-Basıklık yaklaşımına göre $\pm 2,58$ z puanına sahip bağımlı değişken 0,01 istatistiksel anlamlılık seviyesinde normal dağılıma uygunluk gösterdiği kabul edilebilir.

Box's M testi ile değerlendirildiği üzere, varyans-kovaryans matrislerinin homojenliği vardır.

Çizelge 7.3.Kovaryans Matrislerinin Eşitlik Testi

Box's M	18265
F	.882
df1	15
df2	1610526
Sig.	.585

Çizelge 7.4.Çok Değişkenli Testler

Efekt		Değer	F	Hipotez df	Hata df	Sig.	Kısmi Kare
Intercept	Pillai's Trace	.988	259.402 _b	5000	16000	.000	.988
	Wilks' Lambda	.012	259.402 _b	5000	16000	.000	.988
	Hotelling's Trace	8106 ₃	259.402 _b	5000	16000	.000	.988
	Roy's Largest Root	8106 ₃	259.402 _b	5000	16000	.000	.988
DNY	Pillai's Trace	.837	16.376 ^b	5000	16000	.000	.837
	Wilks' Lambda	.163	16.376 ^b	5000	16000	.000	.837
	Hotelling's Trace	5117	16.376 ^b	5000	16000	.000	.837
	Roy's Largest Root	5117	16.376 ^b	5000	16000	.000	.837

Wilks' Lambda satırındaki Sig. sütununda bulunan p değeri 0,0005 ten küçük olduğu için Hotelling T² istatistiksel olarak anlamlıdır.

Tablodan faydalanarak şu değerler elde edilir;

$$F(5,16)=16.376$$

$$\text{Wilks' } \Lambda=0,163$$

$$p<0,001$$

$$\text{Kısmi } \eta^2 =0,837$$

Her bağımlı değişken için bağımsız bir örneklem t testi uygulanmıştır. Bağımsız değişkenin iki grubu arasındaki ortalama farkı belirlemek için ikili karşılaştırmalar tablosu incelenmektedir.

Çizelge 7.5.Tecrübeli ve Tecrübesizler İçin Tanımlayıcı İstatistikler

	DENEYİM DÜZEYİ	Ortalama	Std. Hata	N
TOPLAM HATA BULMA ZAMANI	tecrübeli	532.82	183.568	11
	tecrübesiz	1033.91	217.312	11
	Toplam	783.36	322.949	22
HATA BULMA PERFORMANSI	tecrübeli	.927	.0905	11
	tecrübesiz	.700	.1897	11
	Toplam	.814	.1859	22
NASA-TLX AĞIRLIKLI PUAN	tecrübeli	23.3600	13.80975	11
	tecrübesiz	55.9655	10.74374	11
	Toplam	39.6627	20.59647	22
TOPLAM ODAKLANMA SÜRESİ	tecrübeli	349.4327	164.22798	11
	tecrübesiz	600.1591	262.40400	11
	Toplam	474.7959	249.19082	22
TOPLAM ODAKLANMA SAYISI	tecrübeli	482.1818	193.85810	11
	tecrübesiz	632.0909	320.21413	11
	Toplam	557.1364	269.45983	22

Tecrübeli operatörler için ortalama toplam hata bulma zamanı $532,82 \pm 183,56$ iken tecrübesiz operatörler için $1033,91 \pm 217,31$ 'dir.

Tecrübeli operatörler için ortalama hata bulma performansı $0,92 \pm 0,09$ iken tecrübesiz operatörler için $0,70 \pm 0,18$ 'dir.

Tecrübeli operatörler için ortalama NASA-TLX ağırlıklı puanı $23,36 \pm 13,80$ iken tecrübesiz operatörler için $55,96 \pm 10,74$ 'dür.

Tecrübeli operatörler için ortalama toplam odaklanma süresi $349,43 \pm 164,22$ iken tecrübesiz operatörler için $600,15 \pm 262,40$ 'dir.

Tecrübeli operatörler için ortalama toplam odaklanma sayısı $482,18 \pm 193,85$ iken tecrübesiz operatörler için $632,09 \pm 320,21$ 'dir.

Tecrübeli ve tecrübesiz operatörler arasındaki ortalama fark ise İkili Karşılaştırmalar (Pairwise Comparisons) tablosunda verilmiştir.

Çizelge 7.6.İkili Karşılaştırmalar Tablosu

Bağımlı Değişken	(I) DENEYİM DÜZEYİ	(J) DENEYİM DÜZEYİ	Ortalamalar Arası Fark (I-J)	Std. Hata	Sig. ^b	95% Güven Seviyesinde	
						Alt Sınır	Üst Sınır
TOPLAM HATA BULMA ZAMANI	tecrübeli	tecrübesiz	-501.091*	85770	.000	-680004	-322178
	tecrübesiz	tecrübeli	501.091*	85770	.000	322178	680004
HATA BULMA PERFORMANSI	tecrübeli	tecrübesiz	.227*	.063	.002	.095	.359
	tecrübesiz	tecrübeli	-.227*	.063	.002	-.359	-.095
NASA-TLX AĞIRLIKLI PUAN	tecrübeli	tecrübesiz	-32.605*	5275	.000	-43610	-21601
	tecrübesiz	tecrübeli	32.605*	5275	.000	21601	43610
TOPLAM ODAKLANMA SÜRESİ	tecrübeli	tecrübesiz	-250.726*	93336	.014	-445421	-56032
	tecrübesiz	tecrübeli	250.726*	93336	.014	56032	445421
TOPLAM ODAKLANMA SAYISI	tecrübeli	tecrübesiz	-149909	112863	.199	-385337	85519
	tecrübesiz	tecrübeli	149909	112863	.199	-85519	385337

Çizelge 7.6’da görüldüğü gibi; tecrübeli ve tecrübesiz katılımcılar için ortalama toplam hata bulma zamanı arasındaki fark -501,901’dir. Buna göre tecrübeli katılımcıların ortalama toplam hata bulma zamanı tecrübesiz katılımcılara göre 501,091 puan daha düşüktür ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır($p<0,05$).

Tecrübeli ve tecrübesiz katılımcılar için ortalama hata bulma performansı arasındaki fark 0,227’dir. Buna göre tecrübeli katılımcıların ortalama hata bulma performansı tecrübesiz katılımcılara göre 0,227 puan daha yüksektir ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır($p<0,05$).

Tecrübeli ve tecrübesiz katılımcılar için ortalama NASA-TLX ağırlıklı puanı arasındaki fark -32,605’tir. Buna göre tecrübeli katılımcıların ortalama NASA-TLX ağırlıklı puanı tecrübesiz katılımcılara göre 32,605 puan daha düşüktür ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır($p<0,05$).

Tecrübeli ve tecrübesiz katılımcılar için ortalama toplam odaklanma süresi değeri arasındaki fark -250,726'dır. Buna göre tecrübeli katılımcıların ortalama toplam odaklanma süresi değeri tecrübesiz katılımcılara göre 250,726 puan daha düşüktür ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır($p<0,05$).

Tecrübeli ve tecrübesiz katılımcılar için ortalama toplam odaklanma sayısı değeri arasındaki fark -149,909'dur. Buna göre tecrübeli katılımcıların ortalama toplam odaklanma sayısı değeri tecrübesiz katılımcılara göre 149,909 puan daha düşüktür.

%95 güven seviyesinde alt ve üst sınırlar ise; tecrübeli katılımcılar için ortalama toplam hata bulma zamanı -680,004 ile -322,178 arasındadır. Tecrübesiz katılımcılar için ise aynı bağımlı değişken 322,178 ile 680,004 arasındadır.

Tecrübeli katılımcılar için ortalama hata bulma performansı 0,095 ile 0,395 arasındadır. Tecrübesiz katılımcılar için ise aynı bağımlı değişken -0,359 ile -0,095 arasındadır.

Tecrübeli katılımcılar için ortalama NASA-TLX ağırlıklı puanı -43,610 ile -21,601 arasındadır. Tecrübesiz katılımcılar için ise aynı bağımlı değişken 21,601 ile 43,610 arasındadır.

Tecrübeli katılımcılar için ortalama toplam odaklanma süresi değeri -445,421 ile -56,032 arasındadır. Tecrübesiz katılımcılar için ise aynı bağımlı değişken 56,032 ile 445,421 arasındadır.

Tecrübeli katılımcılar için ortalama toplam odaklanma sayısı değeri -385,337 ile 85,539 arasındadır. Tecrübesiz katılımcılar için ise aynı bağımlı değişken -85,539 ile 385,337 arasındadır.

Sonrasında tüm bağımsız örneklem t testinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını anlaşılması gerekmektedir. Her bir bağımlı değişken için ikili karşılaştırma tablosuna bakılırsa Sig. sütündeki p değeri 0,05 den küçük ise, bu iki grup arasında

ortalama farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlamına gelir. Eğer $p > 0,05$ ise; bu iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ortalama fark yoktur.

Çizelge 7.6’da görüldüğü gibi; toplam hata bulma zamanı bağımlı değişkeninin p değeri 0’dır. Bu değer 0,05 den küçük olduğu için tecrübeli ve tecrübesiz katılımcı grupları arasında; toplam hata bulma zamanları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır.

Hata bulma performansı bağımlı değişkeninin p değeri 0,002’dir. Bu değer 0,05 den küçük olduğu için tecrübeli ve tecrübesiz katılımcı grupları arasında; hata bulma performansları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır.

NASA-TLX ağırlıklı puanlar bağımlı değişkeninin p değeri 0’dır. Bu değer 0,05 den küçük olduğu için tecrübeli ve tecrübesiz katılımcı grupları arasında; NASA-TLX ağırlıklı puanlar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır.

Toplam odaklanma süresi bağımlı değişkeninin p değeri 0,014’dür. Bu değer 0,05 den küçük olduğu için tecrübeli ve tecrübesiz katılımcı grupları arasında; toplam odaklanma süresi arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır.

Toplam odaklanma sayısı bağımlı değişkeninin p değeri 0,199’dur. Bu değer 0,05 den büyük olduğu için tecrübeli ve tecrübesiz katılımcı grupları arasında; toplam odaklanma sayısı arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Hotelling T^2 testinin sonuçları 5 farklı bağımlı değişkenin 4’ü için anlamlı farklılık vermiştir. Ancak toplam odaklanma sayısı için anlamlı bir sonuç vermemiştir. Bu sebeple toplam odaklanma sayısı bağımlı değişkeninin gözle muayenesi yapılan 10 adet parça için ve her bir katılımcı için ayrı ayrı değerleri Hotelling T^2 testi ile test edilmiştir.

Her bir grup için örneklem sayısı $N=11$ ’dir. Scatterplot tarafından değerlendirildiği gibi doğrusal ilişkiler vardır.

Varsayım kontrolünde; 10 bağımlı değişkenin Shapiro-Wilk testi ($p > 0,05$) ile değerlendirildiğinde Parça 1, Parça 2 ve Parça 8 için verilerin normal dağılıma uygun

olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak diğer parçalardan elde edilen veriler normal dağılıma uygun değildir.

Çizelge 7.7.Tecrübeliler-Odaklanma Sayısı Normallik Testleri

	DENEYİM DÜZEYİ	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1.PARÇA ODAKLANMA SAYISI	tecrübeli	0,168	11	,200*	0,92	11	0,319
2.PARÇA ODAKLANMA SAYISI	tecrübeli	0,2	11	,200*	0,894	11	0,154
3.PARÇA ODAKLANMA SAYISI	tecrübeli	0,22	11	0,144	0,781	11	0,005
4.PARÇA ODAKLANMA SAYISI	tecrübeli	0,404	11	0	0,576	11	0
5.PARÇA ODAKLANMA SAYISI	tecrübeli	0,25	11	0,054	0,738	11	0,001
6.PARÇA ODAKLANMA SAYISI	tecrübeli	0,299	11	0,007	0,707	11	0,001
7.PARÇA ODAKLANMA SAYISI	tecrübeli	0,306	11	0,005	0,729	11	0,001
8.PARÇA ODAKLANMA SAYISI	tecrübeli	0,23	11	0,108	0,926	11	0,375
9.PARÇA ODAKLANMA SAYISI	tecrübeli	0,322	11	0,002	0,655	11	0
10.PARÇA ODAKLANMA SAYISI	tecrübeli	0,305	11	0,005	0,846	11	0,038

Box's M testi ile değerlendirildiği üzere, varyans-kovaryans matrislerinin homojenliği vardır.

Çizelge 7.8.Tecrübeliler-Odaklanma Sayısı Kovaryans Matrislerinin Eşitlik Testi

Box's M	168,018
F	1,335
df1	55
df2	1291,724
Sig.	0,054

Çizelge 7.9.Tecrübeliler-Odaklanma Sayısı Çok Değişkenli Testler

Efekt		Değer	F	Hipotez df	Hata df	Sig.	Kısmi Kare
Intercept	Pillai's Trace	0,895	9,393 ^b	10	11	0	0,895
	Wilks' Lambda	0,105	9,393 ^b	10	11	0	0,895
	Hotelling's Trace	8,539	9,393 ^b	10	11	0	0,895
	Roy's Largest Root	8,539	9,393 ^b	10	11	0	0,895
DNY	Pillai's Trace	0,581	1,528 ^b	10	11	0,248	0,581
	Wilks' Lambda	0,419	1,528 ^b	10	11	0,248	0,581
	Hotelling's Trace	1,389	1,528 ^b	10	11	0,248	0,581
	Roy's Largest Root	1,389	1,528 ^b	10	11	0,248	0,581

Wilks' Lambda satırındaki Sig. sütununda bulunan p değeri 0,248 olduğu Çizelge 7.9'da görülmektedir. Bu değer 0,0005 ten büyük olduğu için Hotelling T² testinin mevcut değişkenler için istatistiksel olarak anlamlı olmadığı sonucuna varılmaktadır.

8.SONUÇ VE ÖNERİLER

İstatistiksel sonuçlar incelendiğinde çalışmada yer verilen 5 bağımlı değişkenin 4'ünde katılımcı gruplar arasındaki fark Hotelling T^2 testine anlamlıdır. İlk bağımlı değişken toplam hata bulma zamanıdır. Bu bağımlı değişkendeki ortalama değerler tecrübeli katılımcılarda tecrübesiz katılımcılara göre daha düşüktür. Bunun sebeplerinden birisi tecrübeli katılımcıların gözle muayene yaptığı parçayı tanınması ve hatanın ortaya çıkabileceği noktaları tahmin edebilmeleridir. Böylelikle kısa sürede doğru noktaları inceleyerek parçadaki mevcut hatalar fark edilmiştir. Bu durum aynı zamanda tecrübeli katılımcılar ile tecrübesiz katılımcılar arasında gözle muayene esnasında inceleme şeklinin de farklı olduğunu göstermektedir. Tecrübesiz katılımcılar parçanın hangi kısmında hata çıkacağı hakkında tahmin yürütemediklerinden dolayı tüm noktaları incelemişlerdir. Çalışmadaki bir başka bağımlı değişken olan toplam odaklanma süresindeki değerler tecrübeli katılımcılarda tecrübesiz katılımcılara göre daha düşüktür. Bu durum da iki grubun inceleme şeklinin farklı olduğunu göstermektedir.

Bir diğer bağımlı değişken ise hata bulma performansdır. Tecrübeli katılımcılar tecrübesiz katılımcılara göre daha başarılı olduklarından dolayı bu bağımlı değişkende de değerleri daha yüksektir. Ayrıca NASA-TLX ağırlıklı puanı bağımlı değişkeninde ise tam tersi bir durum söz konusudur. Bu durum tecrübeli katılımcıların gözle muayene esnasında tecrübesiz katılımcılara göre daha az bilişsel zorlandığını göstermektedir.

Çalışmada katılımcılardan gözle muayene ve NASA-TLX testi uygulamasından sonra sesli düşünceleri istenmiştir. Sesli düşünme tekniğinden elde edilen sonuçlara göre de tecrübeli ve tecrübesiz katılımcılar arasındaki fark yorumlanabilir. Tecrübesiz katılımcılar çalışma esnasında zorlandıkları anlara çoğunlukla bilgilerinin yetersiz olduğu parçaları örnek göstermişlerdir. Bunun dışında tecrübesiz katılımcılar gözle muayene esnasında üzerlerinde bir zaman baskısı hissettiklerini ve parçadaki hatayı daha hızlı bulmaya çalıştıklarını ifade etmişlerdir. Ancak aynı durum tecrübeli katılımcılar için söz konusu değildir. Zaman baskısı hissetmediklerini ve parçaya odaklandıklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca tecrübesiz katılımcılar görev esnasında dikkatlerini zor topladıklarını bu sebeple üzerlerinde stres yaşadıklarını ifade etmişlerdir. Bu iki durum da NASA-TLX

ağırlıklı puanı bağımlı değişkeninin istatistiksel olarak anlamlı çıkmasının önemli sebeplerdendir.

Isı haritaları ise Ek Açıklama-D'de yer almaktadır. İncelenen her bir parça için örnek olarak alınan bir ısı haritasına yer verilmiştir. Isı haritalarından ve katılımcıların görevleri sonrasında yüksek sesle düşünme tekniği sonucu elde edilen veriler de sonuçların yorumlanmasına katkı sağlamaktadır. Isı haritaları ile parçadaki sorunlu kısma ne kadar odaklanıldığı, tecrübeli ve tecrübesiz katılımcılar arasında fark olup olmadığı bilgisine ulaşılabilmektedir. Böylelikle tecrübeli ve tecrübesiz katılımcılar arasındaki farklılığın daha kısa sürede kapanabilmesi ve eğitim süresinin kısalabilmesi açısından bu görsellerden elde edilen yorumlamalar kullanılabilir.

İstatistiksel olarak anlamlı çıkan tecrübeli ve tecrübesiz katılımcılar arasındaki gözle muayene yöntemi verileri doğrultusunda tecrübesiz katılımcıların eğitiminde değişiklikler yapılabilir. Parça kontrolünde tecrübesiz katılımcıların; tecrübe ve eğitim eksikliğinden kaynaklı hatalar göz takip sistemi sayesinde açıkça görülmektedir. Tecrübeli katılımcılar ile aynı parçadaki farklılıklar karşılaştırılarak, tecrübesiz katılımcılara verilen eğitimin içeriği değiştirilebilir. Tecrübesiz katılımcıların hangi noktalarda zorlandığı önceden biliniyor olduğundan dolayı bu noktalara vurgu yapılabilir. Böylelikle eğitim süresinde bir azalma yaşanabilir. Böylelikle tecrübesiz katılımcıların daha kısa sürede tecrübeli katılımcılar haline gelmesi sağlanmış olur. İşletmeler için kalifiye eleman çok önemli bir unsur olduğundan dolayı çalışanın eğitiminin kısa sürmesi ve eğitim sonunda verimli bir sonuç alınması büyük kazançtır.

Çalışana eğitim verme işletmeler açısından ek bir maliyet gibi görünse de, doğru eğitimi almayan çalışan yapacağı yanlış değerlendirmeler ile eğitim maliyetinden çok daha fazlasına sebep olabilir. İşletmeler açısından bu kayıplar iç ve dış maliyetler olarak ikiye ayrılabilir.

İç başarısızlık maliyetleri izleyen şekildedir:

- Hurda
- Rework
- Duruş Süreleri

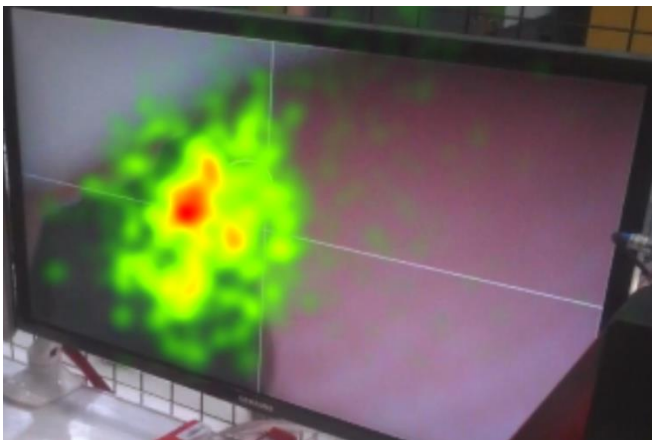
- Kazanç Kayıpları
- İşçilik
- Hammadde
- Sarf Malzeme
- Ölçüm-Ekipman
- Verimlilik

Dış başarısızlık maliyetleri izleyen şekildedir:

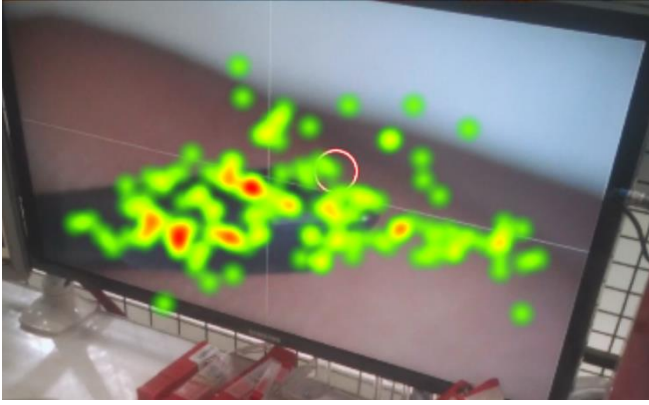
- Müşteri Kaybı
- Pazar Kaybı
- İmaj Kaybı
- Güven Kaybı

Çalışmanın amacı yanlış değerlendirmelerden dolayı ortaya çıkacak iç ve dış başarısızlık maliyetlerini açıklamak ve bunları en aza indirmek için neler yapılabileceğini açıklamaktır. Böylelikle işletmeler odaklandıkları ana nokta olan karlarını artırma hedefine ulaşacaklardır.

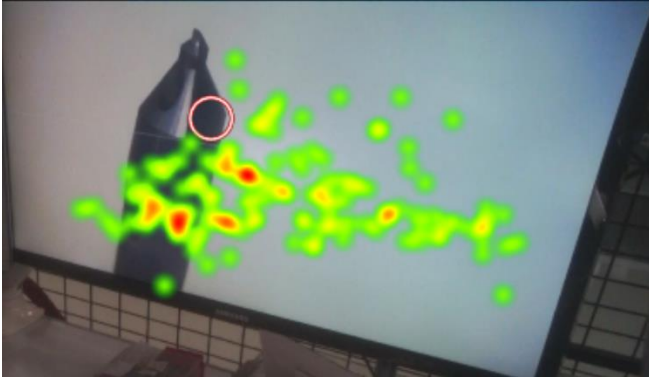
Deneyimli ve deneyimsiz gruplar arasındaki odaklandıkları noktaların farklı olduklarını gözlemlemek amacıyla aynı parçadaki ısı haritaları incelenebilir. Deneyimsiz katılımcıların Parça-1 için ısı haritaları izleyen şekildedir:



Şekil 8.1.Tecrübesiz 1-Parça 1 Isı Haritası



Şekil 8.2. Tecrübesiz 2-Parça 1 Isı Haritası



Şekil 8.3. Tecrübesiz 3-Parça 1 Isı Haritası

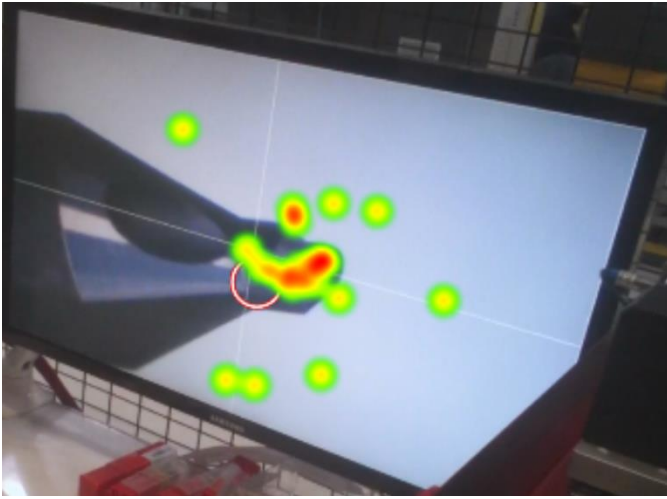
Deneyimli katılımcıların Parça-1 için ısı haritaları izleyen şekildedir:



Şekil 8.4. Tecrübeli 1-Parça 1 Isı Haritası



Şekil 8.5. Tecrübeli 2-Parça 1 Isı Haritası



Şekil 8.6. Tecrübeli 3-Parça 1 Isı Haritası

Isı haritalarında da görüldüğü gibi deneyimli katılımcılar belli noktalara odaklanırken, deneyimsiz katılımcıların odaklandıkları noktalar dağınıktır. Deneyimli katılımcılara ait ısı haritaları ve video kayıtları kullanılarak parçaları gözle muayene esnasında odaklanılması gereken noktalar belirlenebilir. Böylelikle bu noktalar dikkate alınarak bir eğitim dökümanı oluşturulabilir. Gözle muayene eğitimi alacak yeni bir personelin eğitiminde bu noktalara dikkat çekerek verilerin bir eğitim ile kişi daha kısa sürede deneyimli hale getirilebilir. Yeni işe başlayan personellere verilen eğitimin verimi artırılmış olur. Günümüzde kalifiye çalışanın önemi çok yüksek olduğundan, burada sağlanacak verim işletmeler açısından faydası tartışılmaz derecede önemlidir.

Çalışmanın gerçekleştirildiği ortamdaki çevresel faktörlerinin de çalışma üzerindeki etkileri önemlidir. Katılımcıların gözle muayene esnasında kullanmış oldukları kalite kontrol cihazı çalışma sırasında taşınmadığından mevcut yerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Cihazın mevcut yeri çalışan yoğunluğunun en fazla olduğu bir birimdir. Birimde iş akış trafiğinin yoğun ve karmaşık olması sebebi ile gözle muayene esnasında katılımcının dikkat dağınıklığı yaşaması çok yüksek bir ihtimaldir. Bu durum da katılımcının yanlış değerlendirme sonucuna varma olasılığını artıracaktır. Eğer kullanılan kalite kontrol cihazı işletme tarafından yoğunluğun daha az olduğu bir birime taşınabilir ise çevresel faktörlerden etkilenme durumu en aza indirilecektir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Andra C., Lindström P., Arzareollo F., Holmqvist K., Robutti O., Sabena C., 2013, Reading Mathematics Representations: An Eyetracking Study, *International Journal of Science and Mathematics Education* 13, p.237-259.
- Aydiner Ö., 2008, Çok Değişkenli Çok Örnekli Parametrik Olmayan Konum Testi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Ana Bilim Dalı, s.87.
- Baulk S., Kandelaars K., Lamond N., Roach G., Dawson D., Fletcher A., 2007, Does Variation in Workload Affect Fatigue in a Regular 12-Hour Shift System?, *Sleep And Biological Rhythms* 5, p.74-77.
- Bhoir S., Hasanzadeh S., Fardhosseini M., Esmaeili B., Dodd M., 2015, Measuring Construction Workers' attention Using Eye-Tracking Technology, 5th International/11th Construction Specialty Conference.
- Blitz J., 1997, *Electrical and Magnetic Methods of Non-destructive Testing*. Springer-Science and Business Media, B.V. ISBN 978-94-011-5818-3.
- Bojko A. A., 2009, Informative or Misleading? Heatmaps Deconstructed, In *Human-Computer Interaction, Part I*, p.30-39.
- Byrne A., Tweed N., Halligan C., 2014, A Pilot Study of the Mental Workload of Objective Structured Clinical Examination Examiners. *Medical Education*, 48(3), p.262-267.
- Cao A., Chintamani K., Pandya A., Ellis R., 2009, NASA-TLX: Software for Assessing Subjective Mental Workload, *Behaviour Research Methods* 41, p.113-117.
- Chen S., Epps J., 2014, Using Task-Induced Pupil Diameter And Blink Rate To Infer Cognitive Load, *Human-Computer Interaction* 29, p.390-413.
- Dalcı M., Alçam Ö., Saatçioğlu Y., Erdal F., 2008, ODTÜ Kütüphanesi Yeni Web Sayfasının Tasarımı Ve Kullanılabilirlik Çalışması, *Akademik Bilişim*.
- Didomenico A., Nussbaum M., 2008, Interactive Effects of Physical and Mental Workload on Subjective Workload Assessment, *International Journal of Industrial Ergonomics* 38, p.977-983.
- Djamasbi S., 2014, Eye Tracking and Web Science, *AIS Transactions on Human-Computer Interaction* 6, p.37-54.
- Dzeng R., Lin C., Fang Y., 2016, User Eye-Tracker to Compare Search Patterns Between Experienced and Novice Workers for Site Hazard Identification, *Safety Science* 82, p.56-67.
- Ercan H., Bekem A., Doğu M., Ünal A., 2011, Uçak Sanayiinde Kullanılan Balpeteği Kompozitlerin Tahribatsız Muayeneleri Ve Tamiri, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Galy E., Cariou M., Melan C., 2012, What is the relationship between mental workload factors and cognitive load types?, *International Journal of Psychophysiology* 83, p. 269-275.
- Gandini D., Lemaire P., Dufau S., 2008, Older And Younger Adults' Strategies In Approximate Quantification, *Acta Psychologica* 129, p.175-189.
- Gönül E., Bayraktaroğlu B., 2015, İş Güvenliğinde Tahribatsız Muayenenin Önemi, IX. Kaynak Teknolojisi Ulusal Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı.
- Gönül E., Bayraktaroğlu B., 2017, Tahribatsız Muayene Personelinin Eğitimi ve ISO 9712'ye Göre Belgelendirmesi, X. Kaynak Teknolojisi Ulusal Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı.
- Gönül E., Bayraktaroğlu B., 2017, İşletmede Kullanılan Metal Konstrüksiyonların Ve Makina Parçalarının Yorulma Durumlarının Tahribatsız Muayene Yöntemleri İle Tespiti, X. Kaynak Teknolojisi Ulusal Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı
- Gülkaç H., 2013, Pilotların Zihinsel İş Yüklerinin NASA-TLX Yöntemiyle Ölçülmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, s.80.
- Hair J. F., Jr., Black W. C., Babin B. J., Anderson R. E., 2004, *Multivariate data analysis: International edition (7th ed.)*.
- Hart S. G., Wickens C. D., 1990, *Workload Assessment and Prediction, Manprint: An Approach to Systems Integration*, 1st ed, van nosstrand reinhold, p.257-296.
- Hill S., Iavecchia H. P., Byers J. C., Bittner A. C., Zakland A. L., Christ R. E., 1992, Comparison of 4 Subjective Workload Rating-Scales, *Human Factors*, 21(2), p.129-143.
- Hoonakker P., Carayon P., Gürses A., Brown R., Khunlertkit A., McGuire K., Walker J., 2011, Measuring Workload of ICU Nurses with a Questionnaire Survey: The NASA Task Load Index (TLX), *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering* 1.
- Kahya E., Özkan N., Ulutaş B., 2018, Beyin Bilgisayar Ara Yüzü Kullanımının Bilişsel Yüklenme Açısından Değerlendirilmesi: Bir Pilot Uygulama, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24, s.1-24.
- Kara O., Erdal H., Çelik H. H., 2017, Bazı Tahribatsız Test Yöntemleri: Karşılaştırmalı Bir Derleme Çalışması, *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 3, s.82-93.
- Karadağ M., Cankul İ., 2015, Hekimlerde Zihinsel İş Yükü Değerlendirmesi, *The Journal of Academic Social Science Studies International Journal of Social Science* 35, p.361-370.
- Khasawneh M., Kaewkuekool S., Bowling S., Desai R., Jiang X., Duchowski A., Gramopadhye A., 2003, *The Effects of Eye Movements on Visual Inspection Performance*, Clemson University.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kujawińska A., Vogt K., 2015, Human Factors In Visual Quality Control, Management and Production Engineering Review 6(2), p.25-31.
- Leung G., Yücel G., Duffy V., 2010, The Effects of Virtual Industrial Training on Mental Workload during Task Performance, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries 20(6) s.567-578.
- Lum H., Greatbatch R., Waldfogle G., Benedict J., Nembhard D., 2016, The Relationship of Eye Movement, Workload, and Attention on Learning in a Computer-Based Training Program, Human Factors and Ergonomics Society, 1.
- Matthews, R., Legg, S., Charlton, S., 2003, The Effect of Cell Phone Type on Drivers Subjective Workload during Concurrent Driving and Conversing, Accident Analysis & Prevention, 35(4), p.451-457.
- Mix, P. E., 2005, Introduction To Nondestructive Testing: A Training Guide, Wiley-Interscience, ISBN-10 0-471-42029-8.
- Özkan A., Özdevecioğlu M., Kaya Y., Koç F., 2015, Effects of Mental Workloads on Depression–Anger Symptoms Andinterpersonal Sensitivities of Accounting Professionals, Revista de Contabilidad – Spanish Accounting Review 18(2), p.194-199.
- Pan, B., Hembrooke, H. A., Gay, G. K., Granka, L. A., Feusner, M. K., and Newman, J. K., 2004, The Determinants of Web Page Viewing Behavior: An Eye-Tracking Study. Proceedings Of The 2004 Symposium On Eye Tracking Research & Applications, p.147-154.
- Pfendler C., Widdel H., 1988 Gedächtnisleistung Und Beanspruchung Beim Wiedererkennen Von Farbigen Und Schwarzweißen Reizmustern Auf Elektronischen Anzeigen., Forschungsinstitut Für Anthropotechnik, Report no.81.
- Pituch, K. A., & Stevens, J. P., 2016, Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences (6th ed.).
- Rebsamen M., Boucheix J., Fayol M., Quality Control in the Optical Industry:From a Work Analysis of Lens Inspection to a Training Programme, an Experimental Case Study, 2010, Applied Ergonomics 41, p.150-160.
- Resnick M., Albert W., 2014, The Impact of Advertising Location and User Task on the Emergence of Banner and blindness: An Eye-tracking Study, Intenational Journal of Human-Computer Interaction 30, p.206-219.
- Salmona M., Fırat S., 2005, Bir Endüstri İşletmesinde Çok Değişkenli İstatistiksel Süreç Kontrolü, V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi.
- See J., 2012, Visual Inspection: A Review of the Literature, Sandia International Laboratories.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sharafi Z., Shaffer T., Sharif B., Gueheneuc Y., Eye-tracking Metrics in Software Engineering, 2015, Asia-Pacific Software Engineering Conference.
- Shull, P.J., 2002, Nondestructive Evaluation: Theory, Techniques, and Applications, Marcel Dekker Inc. ISBN: 0-8247-8872-9.
- Sugiono S., Widhayanuriyawan D., Andriani D., 2017, Investigating the Impact of Road Condition Complexity on Driving Workload Based on Subjective Measurement using NASA-TLX, MATEC Web of Conferences 136.
- Stasi L., Antoli A., Canas J., 2013, Evaluating Mental Workload While Interacting With Computer-Generated Artificial Environments, Entertainment Computing 4, p.63-69.
- Tanık M., Çoban H., Kocakoç İ., 2018, Çok Değişkenli İstatistiksel Süreç Kontrol Ve Süreç Yetenek Analizi Uygulama Prosedürü Üzerine Bir Çalışma, Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 65, s.524-532.
- Tsai M., Hou H., Lai M., Liu W., Yang F., 2012, Visual Attention For Solving Multiple-Choice Science Problem: An Eye-Tracking Analysis, Computers Education 58, p.375-385.
- Tsang P., Vidulich M., 2006, Mental Workload and Situation Awareness.
- Underwood, G., Chapman, P., Bowden, K., Crundall, D., 2002. Visual Search While Driving: Skill and Awareness during Inspection of the Scene. Transp. Res. F: Traffic Psychol. Behav. 5, p.87-97.
- Yağcı T., Çidem A., Durmuş H., 2018, Geçmişten Günümüze Tahribatsız Muayene Yöntemleri, MCBÜ Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, 27, 3.
- Yakupoglu A., 2005, Girdap Akımları Yöntemi ile Yüzey Çatlaklarının Algılanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Yavuz E., 1998, Ferromanyetik Malzemeler Üzerindeki Çatlakların Manyetik Yöntemle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Yetiştiren H., Zeren A., Feyzullahoğlu E., 2007, Taşıma Tekniği Ekipmanlarının Bakımında Kullanılan Tahribatsız Muayene Yöntemleri, KOÜ Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 48(571), s.17-24.
- Yıldırım N., Varol A., 2016, A Research On Eye Tracking And Eye Tracking Systems, International Engineering, Science and Education Conference.
- Zhang B., Seo H., 2015, Visual Attention Toward Food-Item Images Can Vary as a Function of Background Saliency and Culture: An Eye-Tracking Study, Food Quality and Preference 41, p.172-179.
- Anonim, <https://www.tobiipro.com/insight/cases/hh-castings/>, erişim tarihi: 15.08.2018
- Anonim, http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/makina_faf72.pdf, erişim tarihi: 24.08.2018.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Anonim, 2016, http://www.csmmuhendislik.com/gozle_muayene.html, erişim tarihi: 24.08.2018.
- Anonim, <http://www.neurodiscover.com/bilimsel-ve-teknolojik-altyapi/eye-tracking-analizi-nedir/>, erişim tarihi:24.08.2018.
- Anonim, <https://www.tobii.com/fields-of-use/user-experience-interaction/>, erişim tarihi:24.08.2018.
- Anonim, <https://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/>, erişim tarihi:25.08.2018.
- Anonim, <https://www.tobii.com/fields-of-use/user-experience-interaction/>, erişim tarihi:21.09.2018.
- Anonim, <https://statistics.laerd.com/premium/spss/ht2/hotellings-t2-in-spss.php>, erişim tarihi: 03.02.2019.
- Anonim, <https://statistics.laerd.com/premium/spss/ht2/hotellings-t2-in-spss-7.php>, erişim tarihi: 03.02.2019.
- Stephanie, <https://www.statisticshowto.datasciencecentral.com/hotellings-t-squared/>, erişim tarihi: 15.01.2019.

EK AÇIKLAMALAR

Ek Açıklama-A: Etik Kurul İzni	56
Ek Açıklama-B: Serpme Diyagramı Çıktıları	58
Ek Açıklama-C: Normal Q-Q ve Kutu Grafikleri	68
Ek Açıklama-D: Isı Haritaları	73

Ek Açıklama-A:Etik Kurul İzni

T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ KURULU
ESKİŞEHİR

Toplantı Tarihi : 22.03.2019

Toplantı No : 2019-05

GÜNDEM :

1. Başvuru Sahibi :Dr.Öğretim Üyesi N.Fırat ÖZKAN. **Konu :** "Gözle Muayene Görevlerinde Zihinsel Zorlanmanın İncelenmesi" konulu anket ve içeriğinin, Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'na etik açıdan uygunluğunun görüşülmesi.


KARAR :

1. Dr.Öğretim Üyesi N.Fırat ÖZKAN'ın "Gözle Muayene Görevlerinde Zihinsel Zorlanmanın İncelenmesi" konulu anket ve içeriğinin, veri toplama araçlarını uygulamak için gerekli yerlerden yasal izinleri almak şartıyla Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'na uygunluğuna, oy birliğiyle karar verildi.


Prof.Dr.Neşe ÖZTÜRK
Başkan


Prof. Dr. Rafet ASLANTAŞ
Başkan Yardımcısı




Prof. Dr. Sibel AKAR
Raportör



Prof. Dr. Necmettin CANER
Üye


Prof. Dr. Bülent SAKA
Üye

Prof. Dr. Gökhan ÇINAR
Üye (Katılmadı)

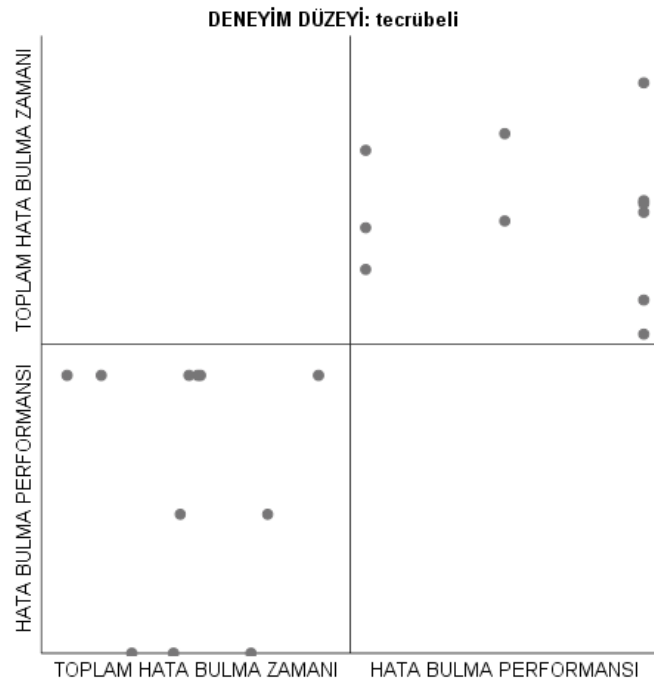
Prof. Dr. Volkan KARABACAK
Üye (Görevli)

**ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ BİLİMSEL
ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİK KURULU DEĞERLENDİRME FORMU**

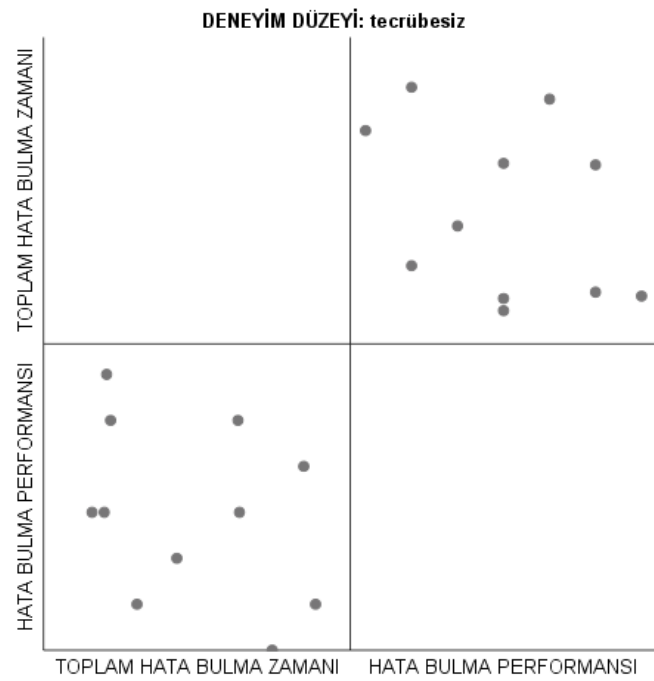
Araştırma No : 01	
Araştırma Başlığı : Gözle Muayene Görevlerinde Zihinsel Zorlanmanın İncelenmesi	
Sorumlu Araştırmacı : Dr.Öğretim Üyesi N.Fırat ÖZKAN	
Başvuru Tarihi : 20.03.2018	
<input checked="" type="checkbox"/> Kabul	
<input type="checkbox"/> Düzeltilme Gereklidir	Gerekçe : 1. 2. 3.
<input type="checkbox"/> Red	Gerekçe: 1. 2. 3.
Başkan	
Adı Soyadı Prof. Dr. Neşe ÖZTÜRK	Tarih 22.03.2019
	 İmza

Ek Açıklama-B:Serpme Diyagramı Çıktıları

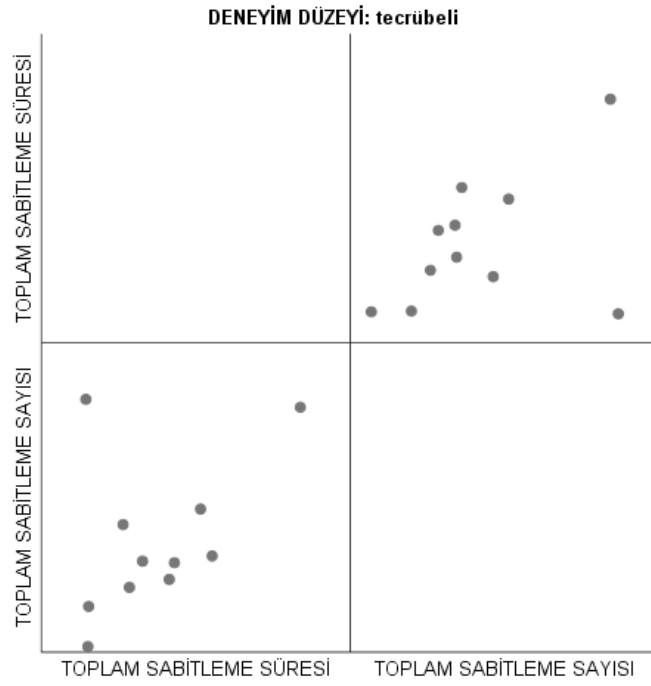
Scatterplot Matrix TOPLAM HATA BULMA ZAMANI,HATA BULMA PERFORMANSI



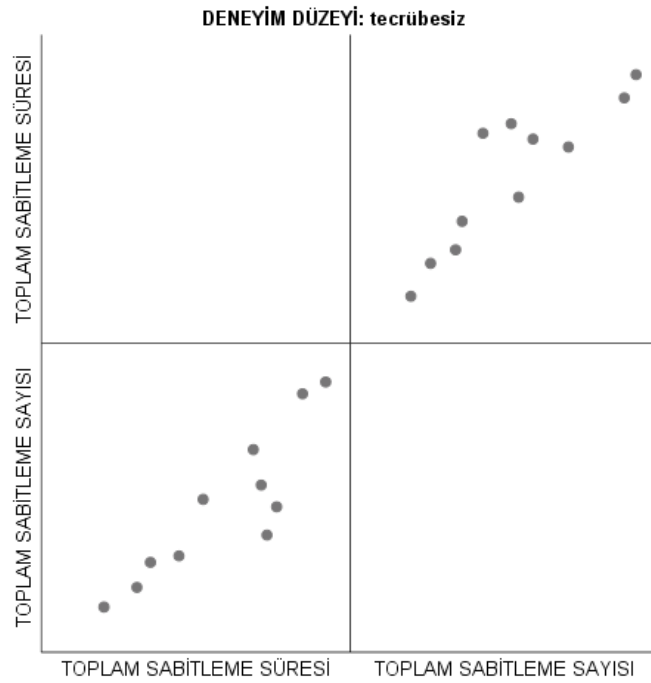
Scatterplot Matrix TOPLAM HATA BULMA ZAMANI,HATA BULMA PERFORMANSI



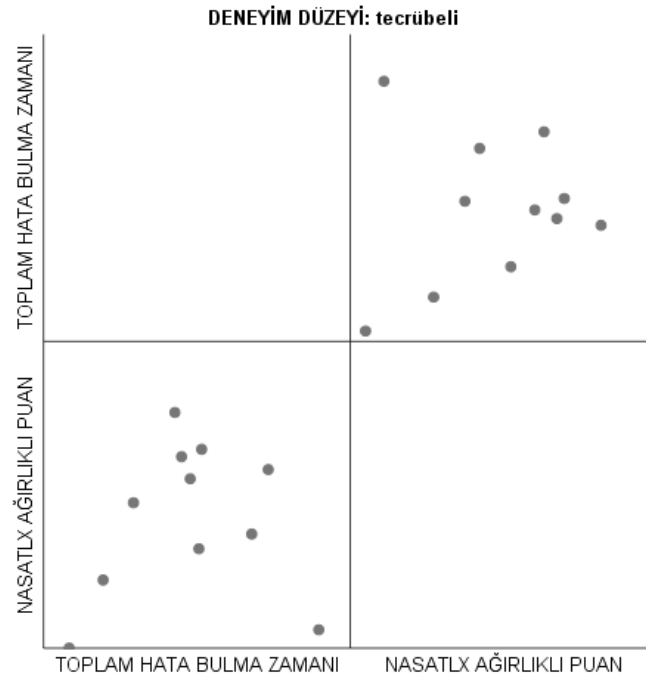
Scatterplot Matrix TOPLAM SABİTLEME SÜRESİ,TOPLAM SABİTLEME SAYISI



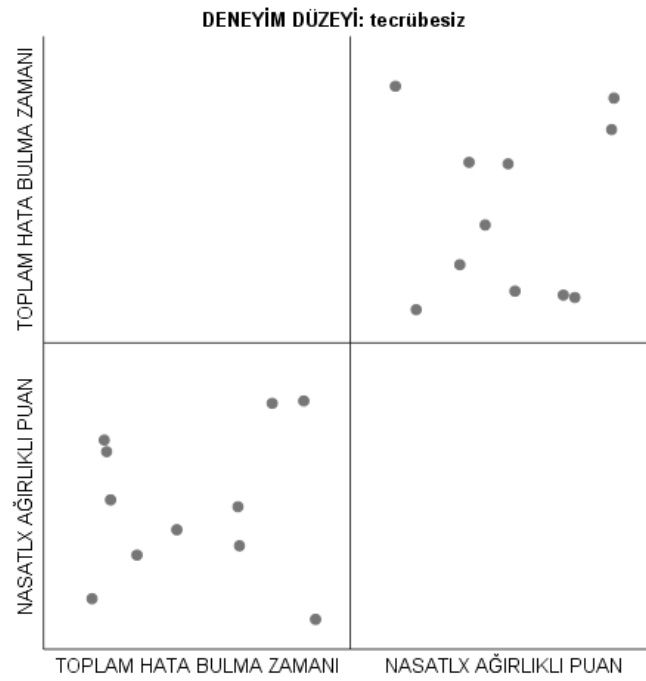
Scatterplot Matrix TOPLAM SABİTLEME SÜRESİ,TOPLAM SABİTLEME SAYISI



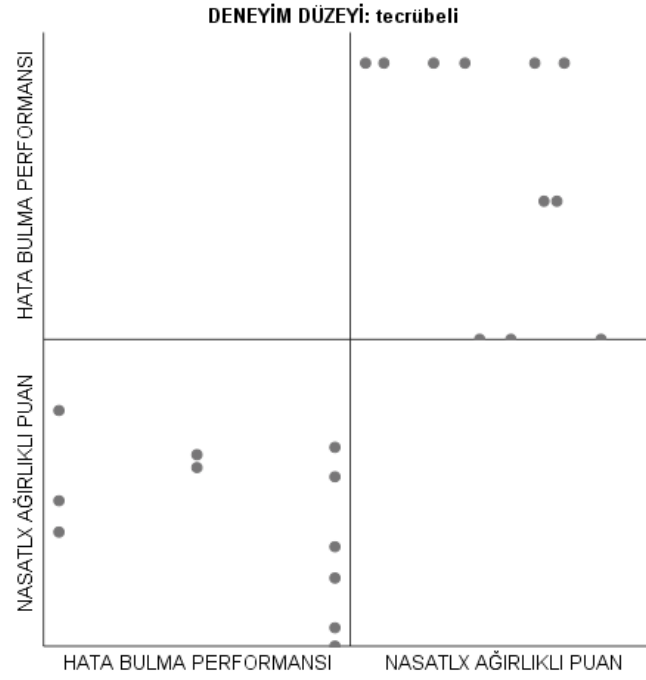
Scatterplot Matrix TOPLAM HATA BULMA ZAMANI,NASATLX AĞIRLIKLI PUAN



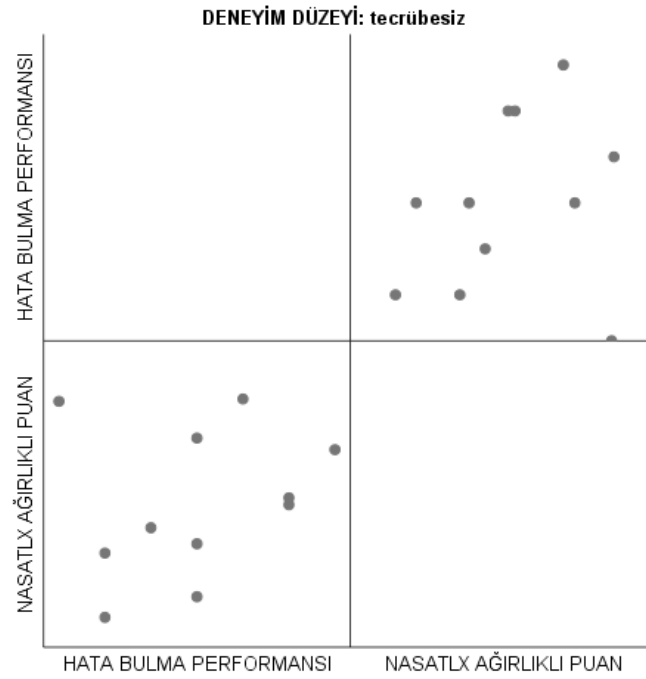
Scatterplot Matrix TOPLAM HATA BULMA ZAMANI,NASATLX AĞIRLIKLI PUAN



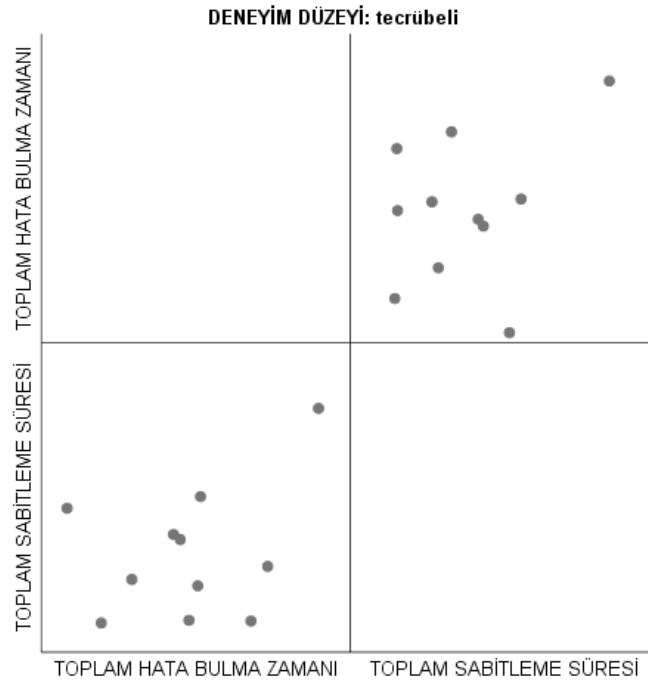
Scatterplot Matrix HATA BULMA PERFORMANSI,NASATLX AĞIRLIKLI PUAN



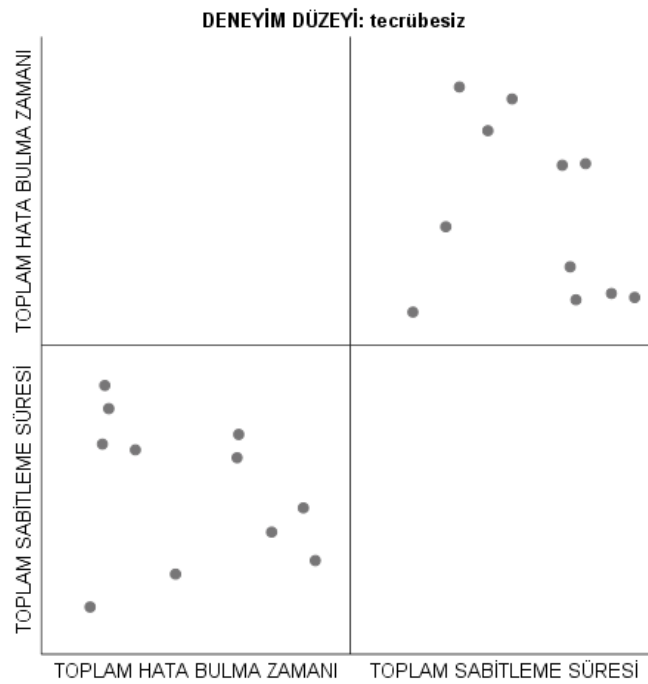
Scatterplot Matrix HATA BULMA PERFORMANSI,NASATLX AĞIRLIKLI PUAN



Scatterplot Matrix TOPLAM HATA BULMA ZAMANI,TOPLAM SABİTLEME SÜRESİ

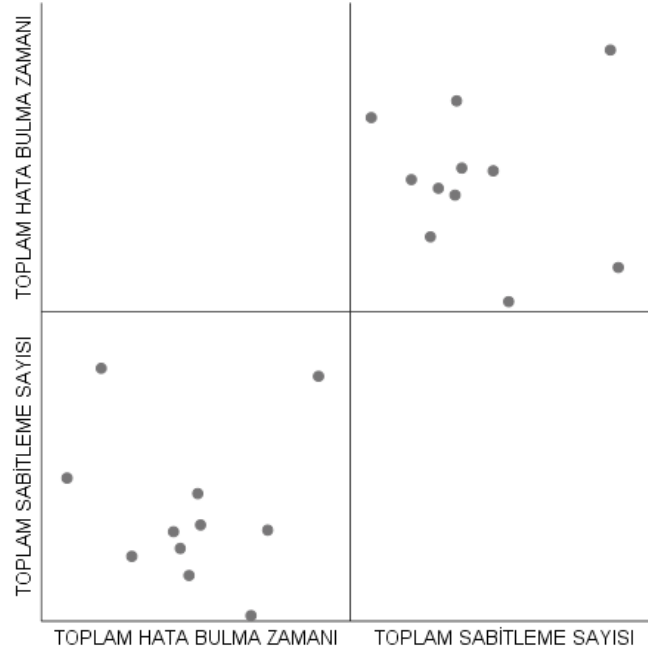


Scatterplot Matrix TOPLAM HATA BULMA ZAMANI,TOPLAM SABİTLEME SÜRESİ



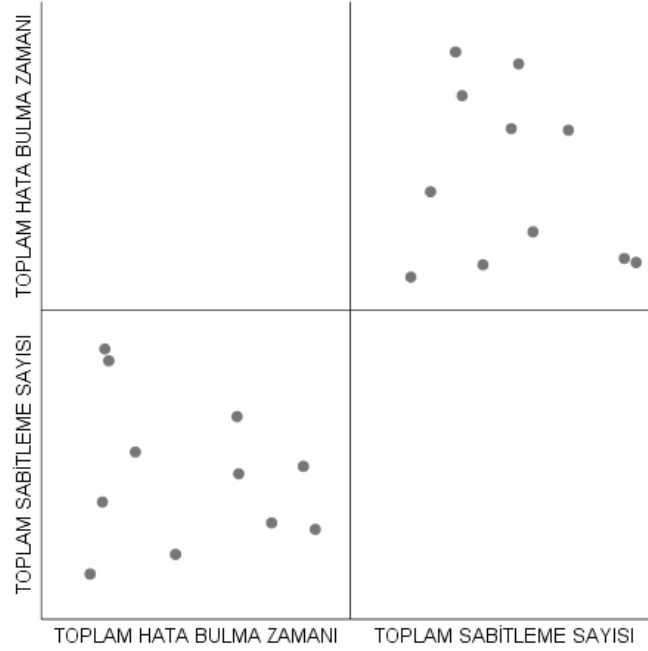
Scatterplot Matrix TOPLAM HATA BULMA ZAMANI,TOPLAM SABİTLEME SAYISI

DENEYİM DÜZEYİ: tecrübeli

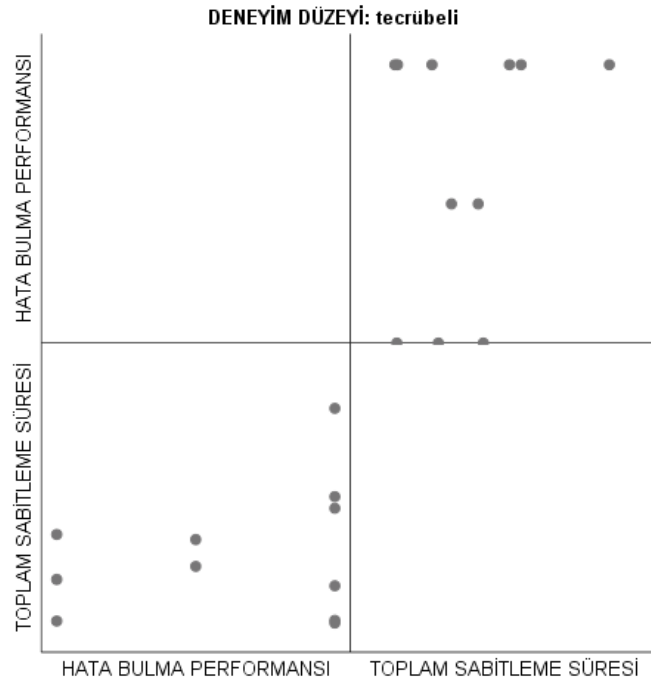


Scatterplot Matrix TOPLAM HATA BULMA ZAMANI,TOPLAM SABİTLEME SAYISI

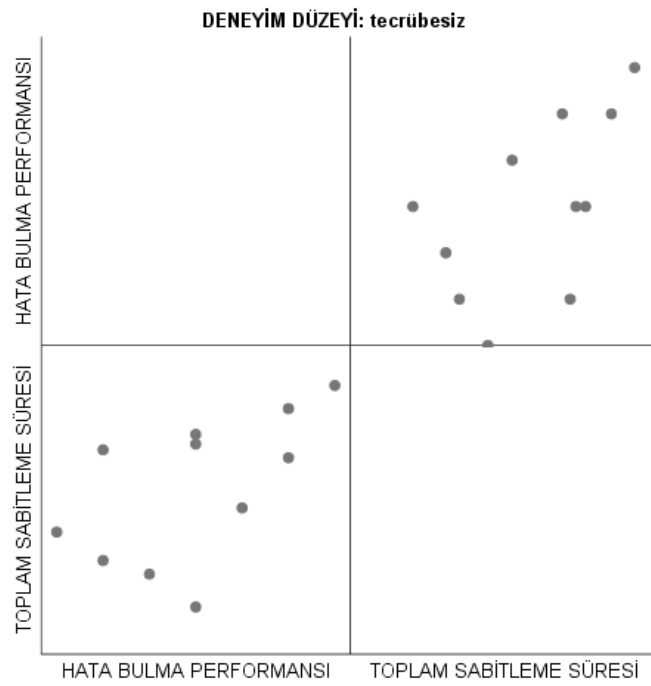
DENEYİM DÜZEYİ: tecrübesiz



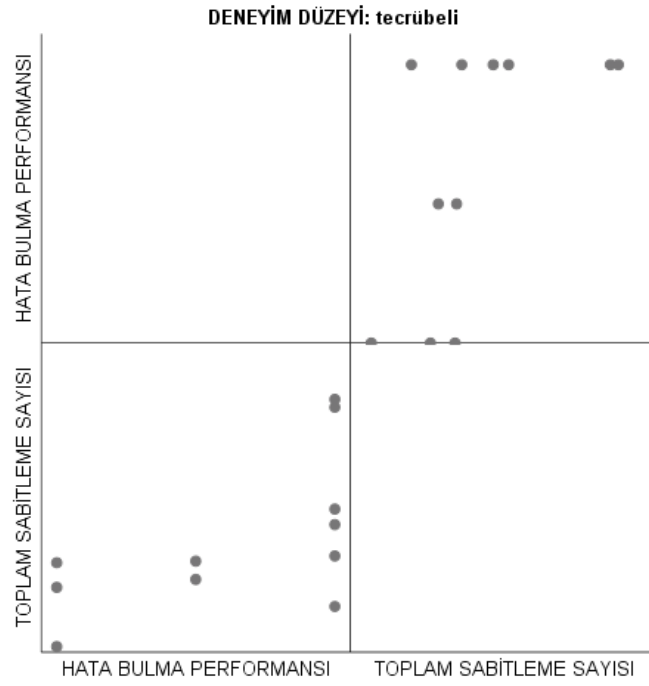
Scatterplot Matrix HATA BULMA PERFORMANSI,TOPLAM SABİTLEME SÜRESİ



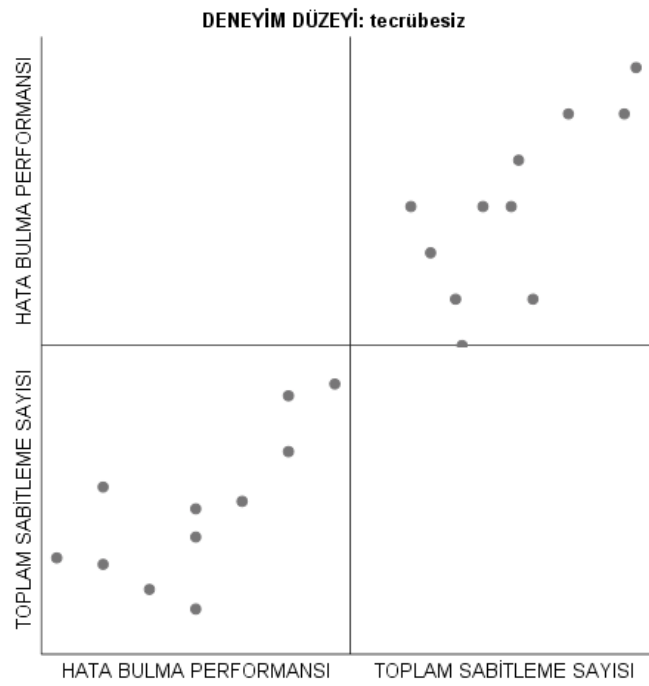
Scatterplot Matrix HATA BULMA PERFORMANSI,TOPLAM SABİTLEME SÜRESİ



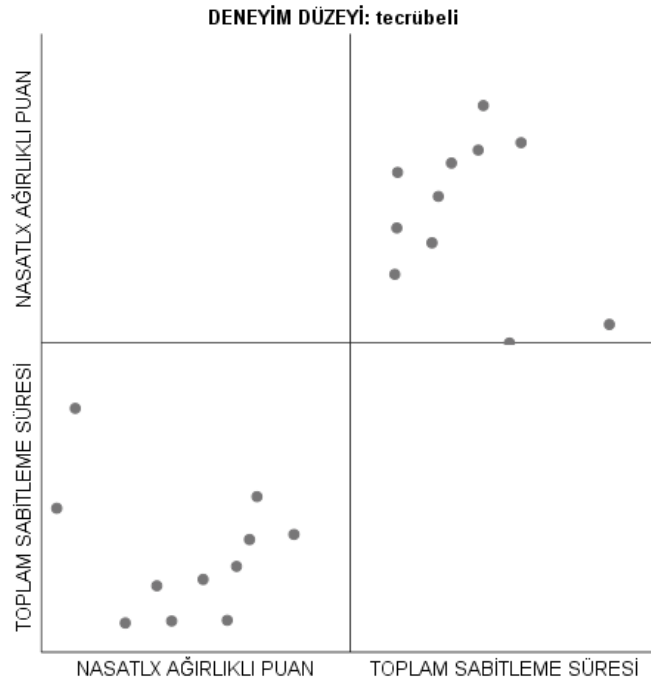
Scatterplot Matrix HATA BULMA PERFORMANSI,TOPLAM SABİTLEME SAYISI



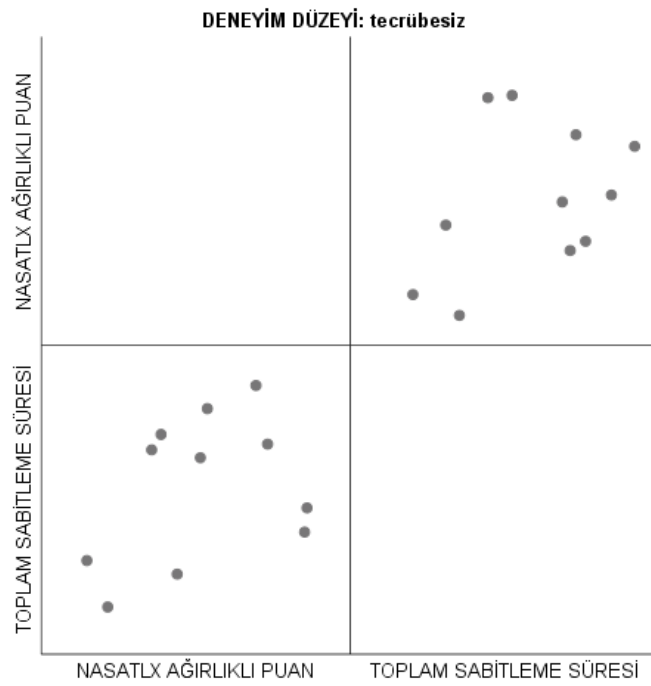
Scatterplot Matrix HATA BULMA PERFORMANSI,TOPLAM SABİTLEME SAYISI



Scatterplot Matrix NASATLX AĞIRLIKLI PUAN,TOPLAM SABİTLEME SÜRESİ

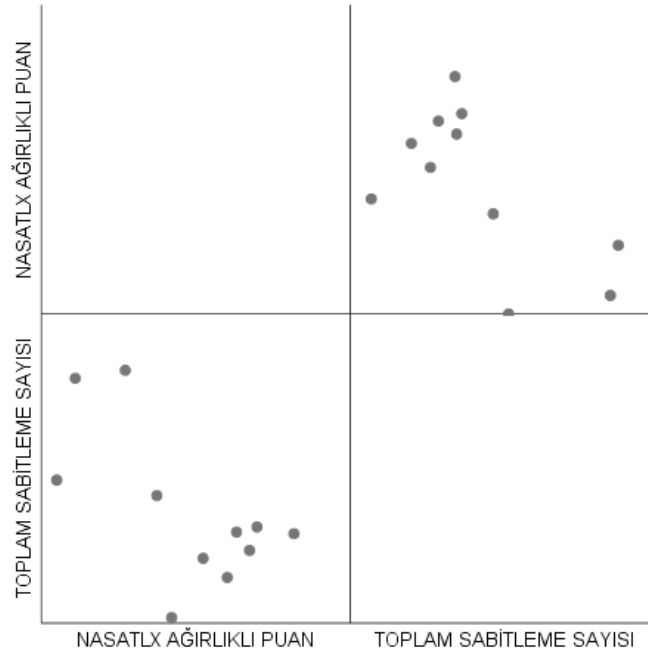


Scatterplot Matrix NASATLX AĞIRLIKLI PUAN,TOPLAM SABİTLEME SÜRESİ



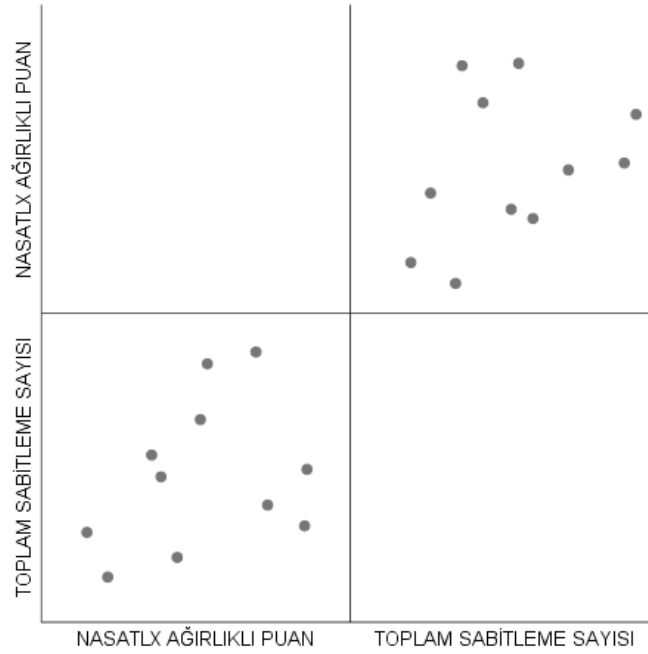
Scatterplot Matrix NASATLX AĞIRLIKLI PUAN,TOPLAM SABİTLEME SAYISI

DENEYİM DÜZEYİ: tecrübeli

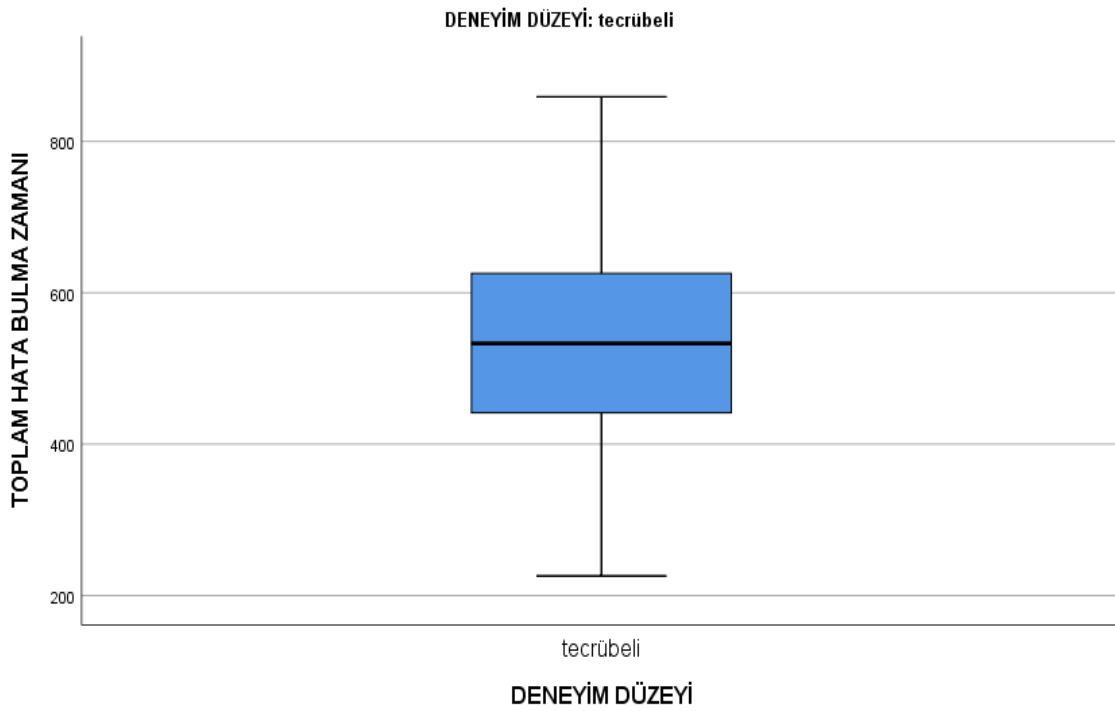
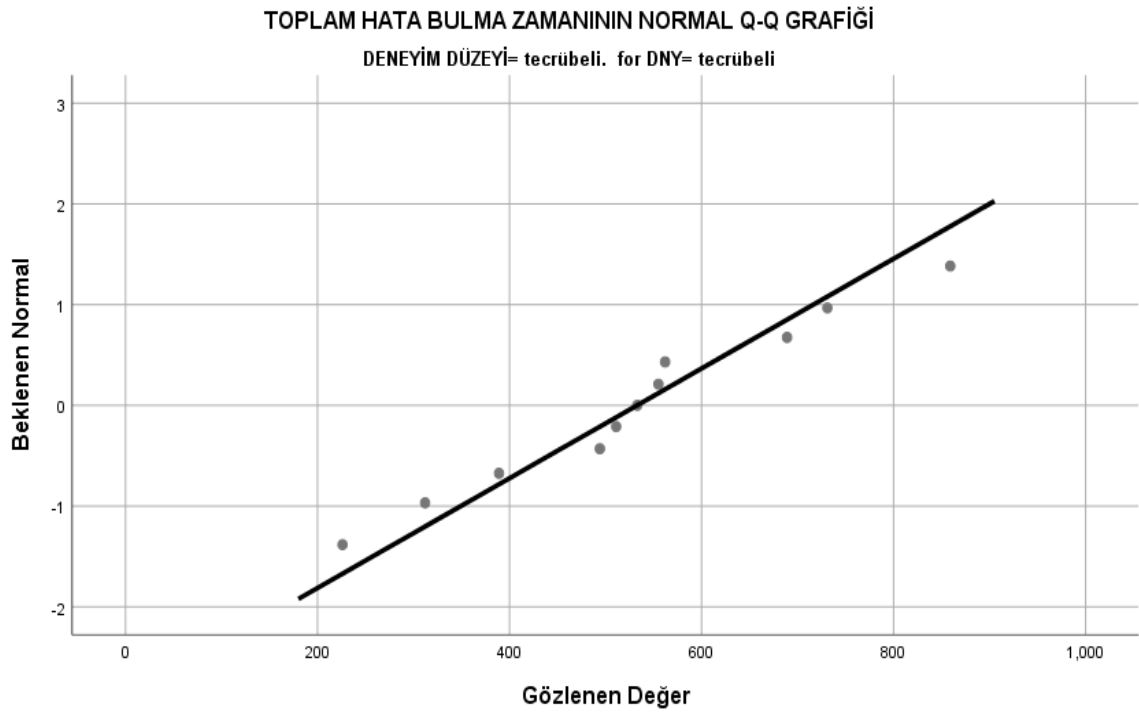


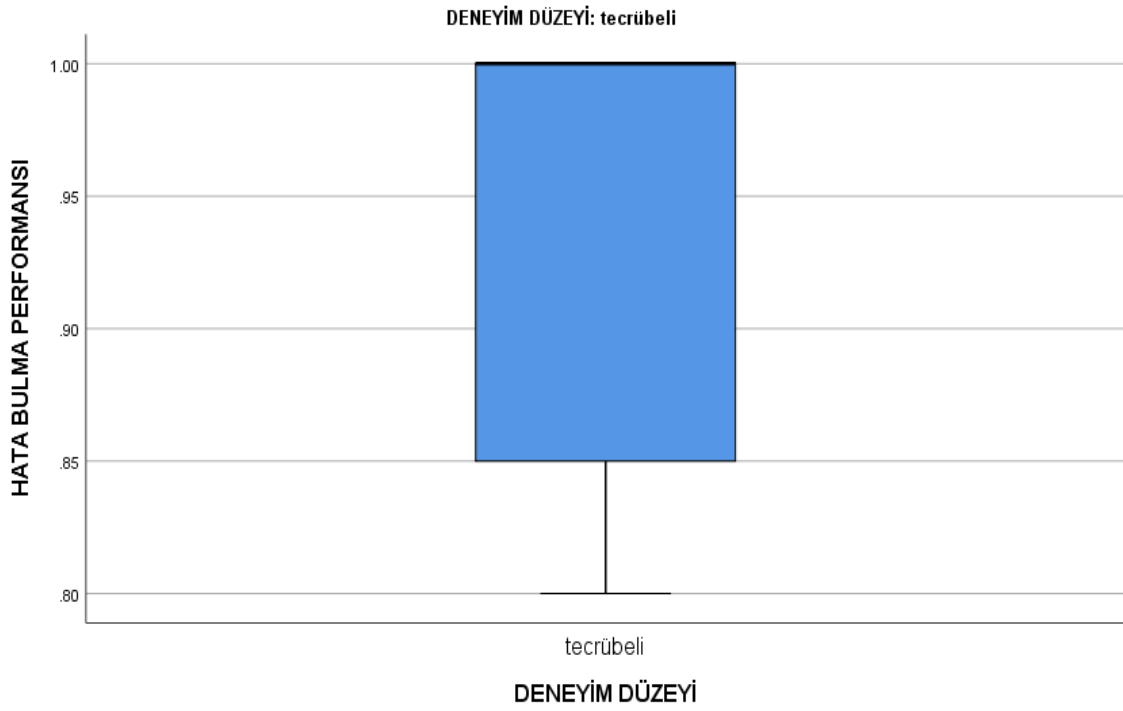
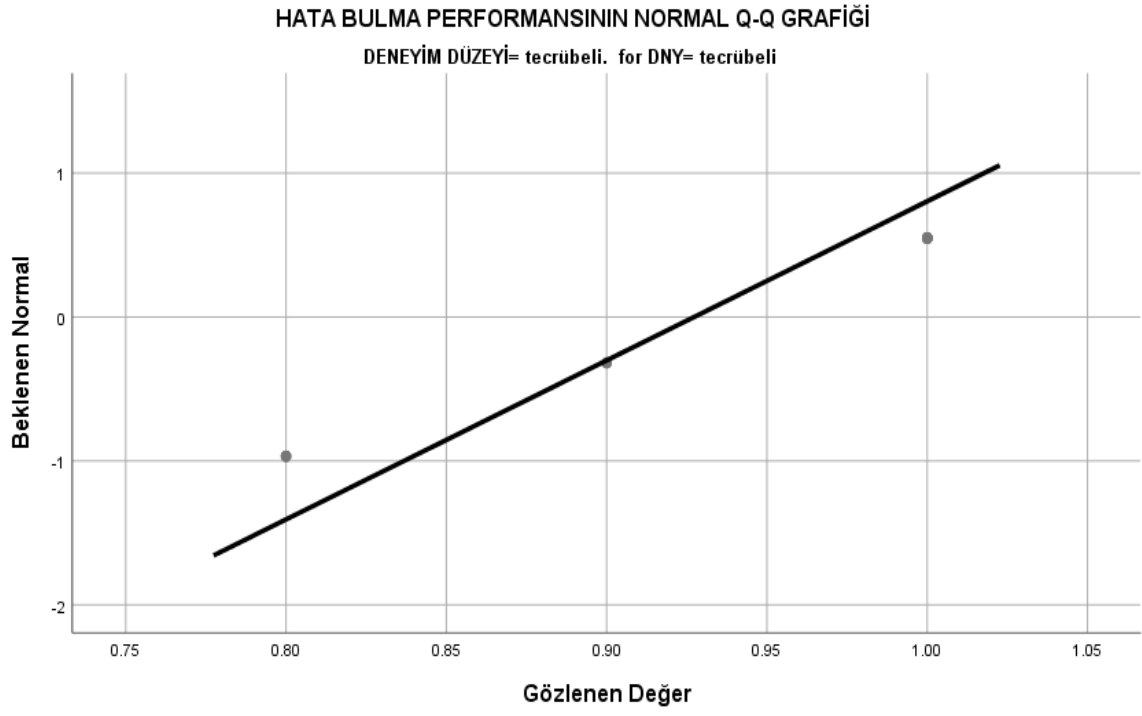
Scatterplot Matrix NASATLX AĞIRLIKLI PUAN,TOPLAM SABİTLEME SAYISI

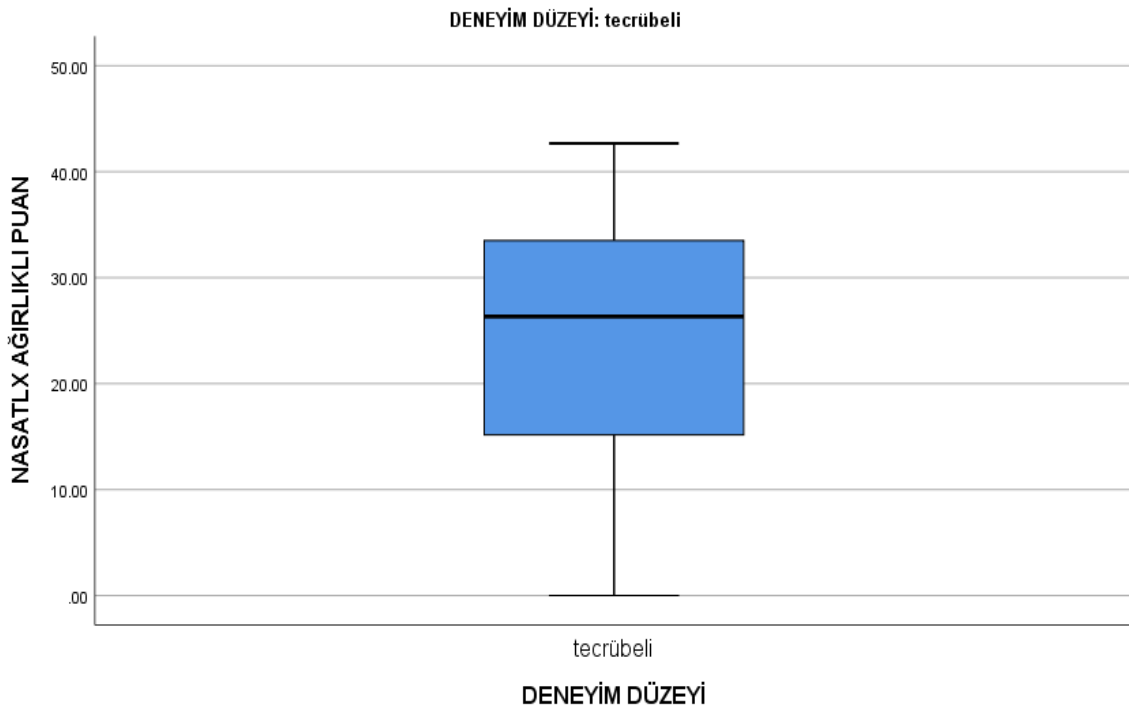
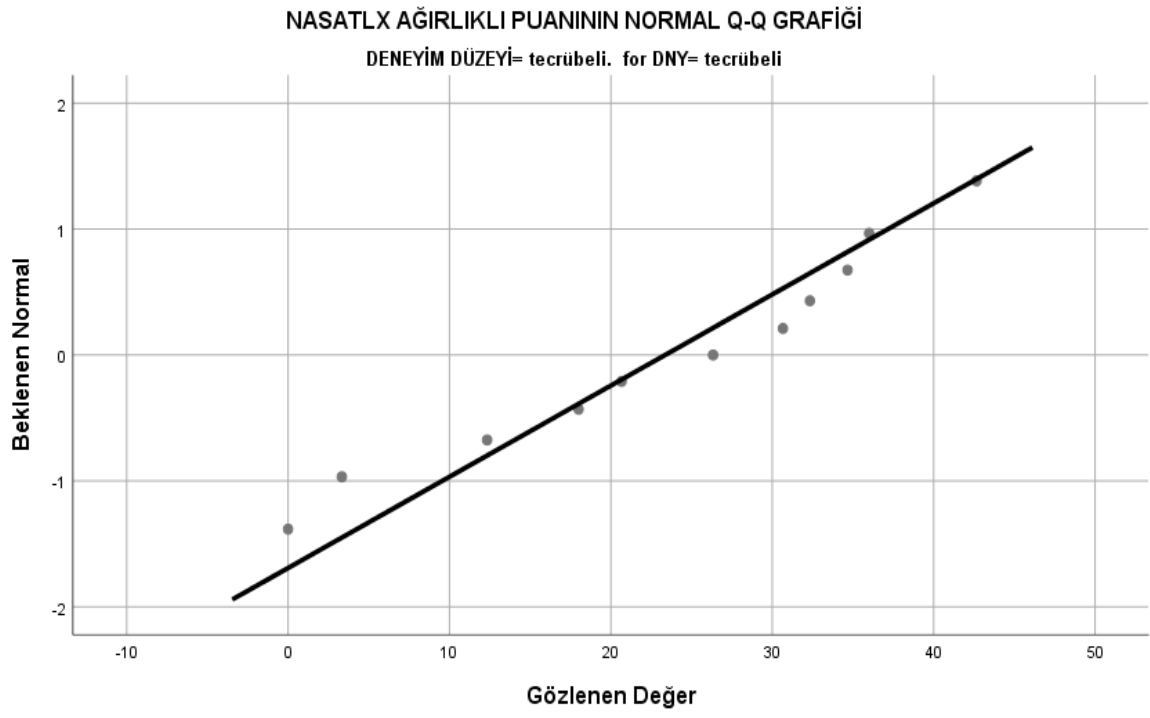
DENEYİM DÜZEYİ: tecrübesiz

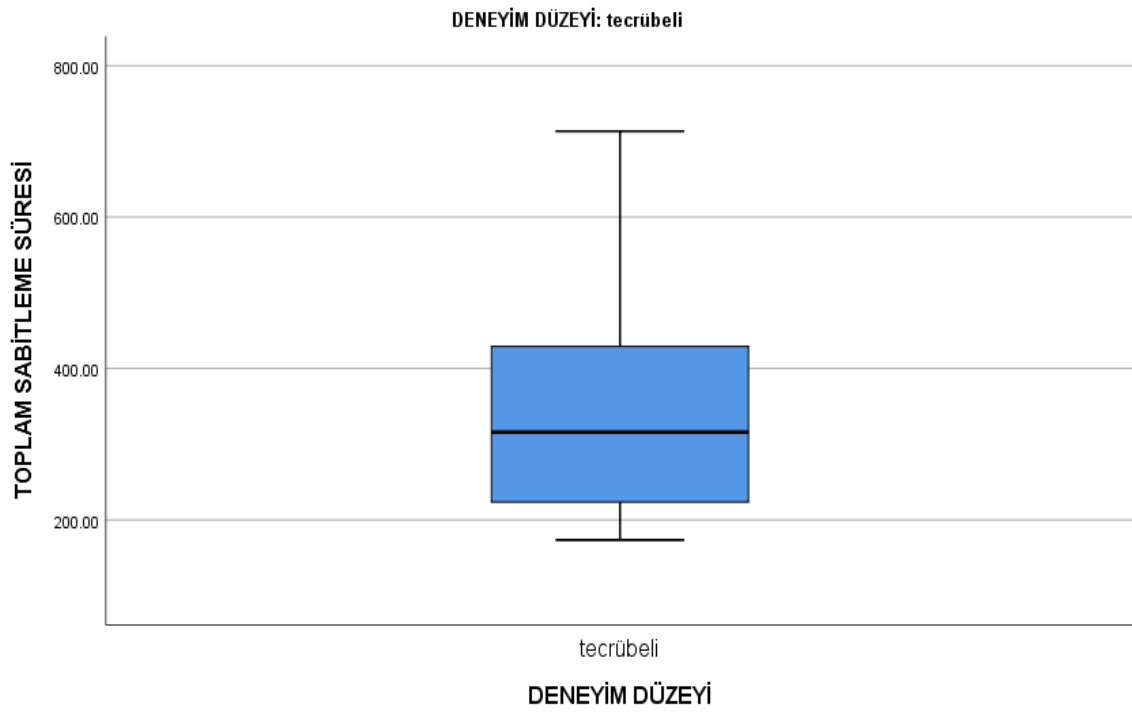
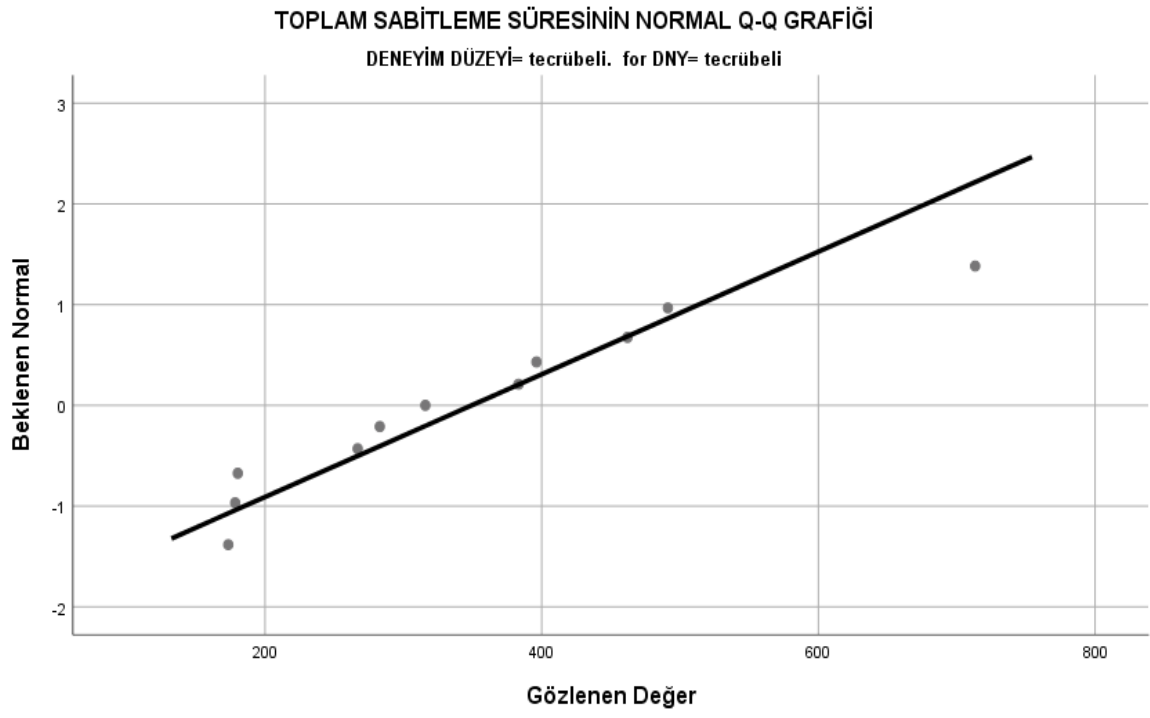


Ek Açıklama-C:Normal Q-Q ve Kutu Grafikleri



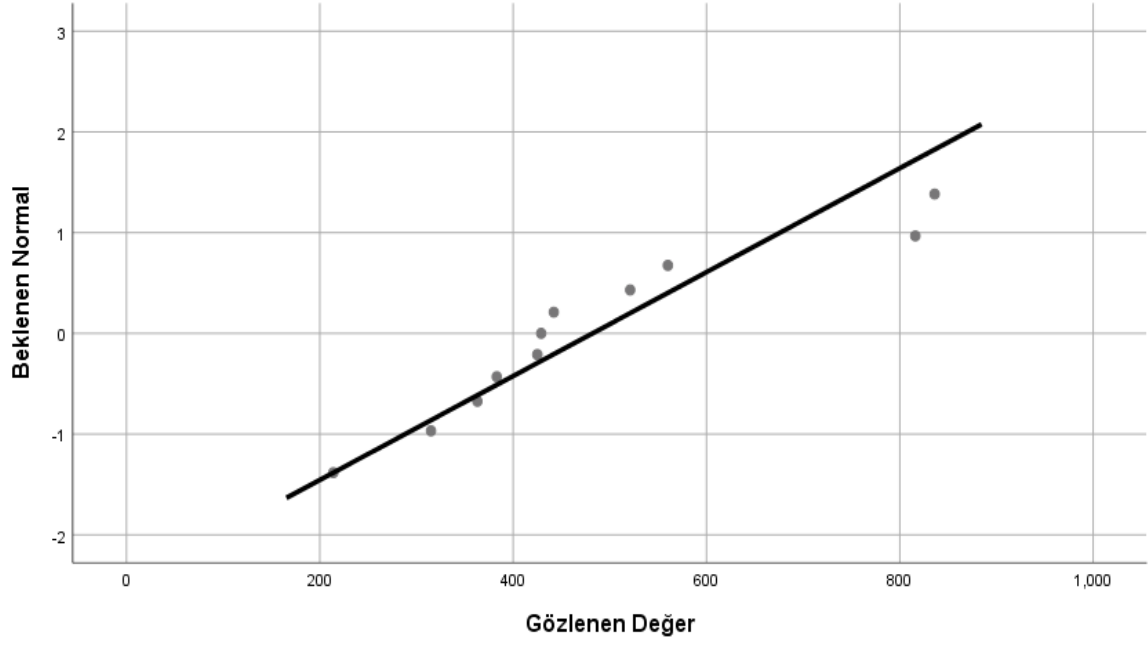




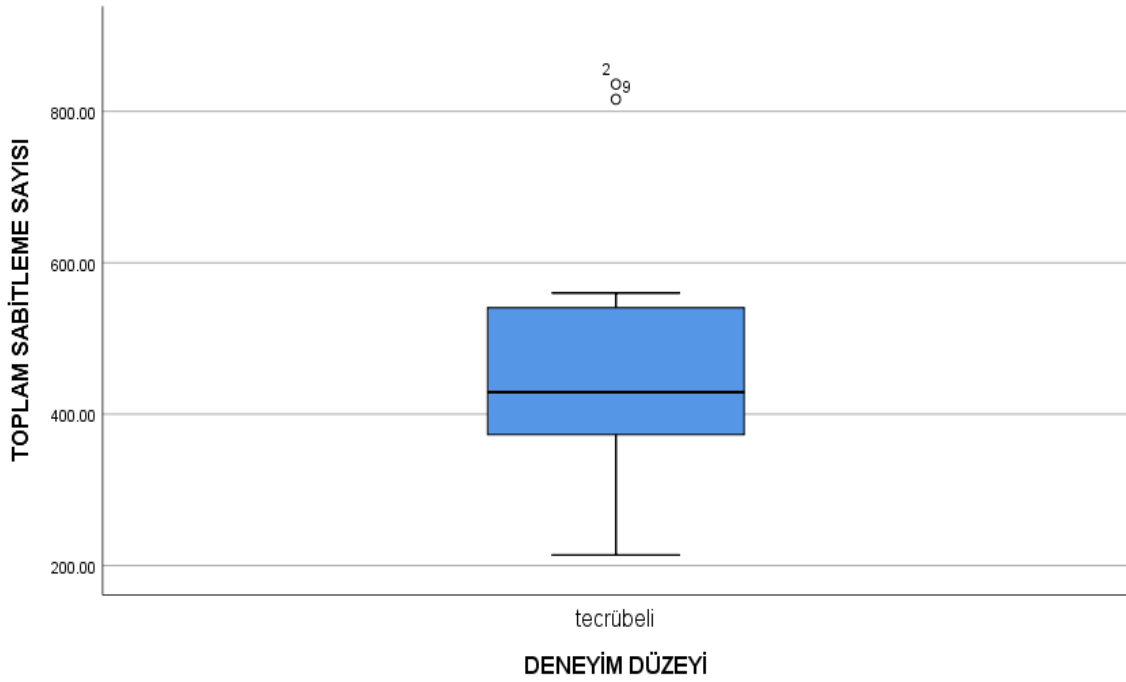


TOPLAM SABİTLEME SAYISININ NORMAL Q-Q GRAFİĞİ

DENEYİM DÜZEYİ= tecrübeli. for DNY= tecrübeli



DENEYİM DÜZEYİ: tecrübeli



Ek Açıklama-D:Isı Haritaları

