

Gözle Muayene Faaliyetlerinin Değerlendirilmesinde Göz Takip Sistemlerinin
Kullanılmasına Yönelik Bir Yaklaşım

Betül Ege

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül 2020

An Approach to Use Eye Tracker Systems for Assessing Visual Inspection Activities

Betül Ege

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Industrial Engineering

September 2020

Gözle Muayene Faaliyetlerinin Değerlendirilmesinde Göz Takip Sistemlerinin
Kullanılmasına Yönelik Bir Yaklaşım

Betül Ege

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: Prof. Dr. Berna Ulutaş

Eylül 2020

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Berna Ulutaş danışmanlığında hazırlamış olduğum “Gözle Muayene Faaliyetlerinin Değerlendirilmesinde Göz Takip Sistemlerinin Kullanılmasına Yönelik Bir Yaklaşım” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara 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.

Bu tez çalışması kapsamında ESOGÜ Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 25403353-050.99-E.27766 sayılı karar ile izin alındığını beyan ederim.
08/09/2020

Betül Ege

İmza

ÖZET

Her geçen gün artan teknolojik gelişmelerle birlikte ürünlerden beklenen kalite ve güvenilirlik büyük önem kazanmaktadır. Kalite ve güvenilirliğin sağlanması açısından tahribatsız muayene, ürünlerin kalite değerlendirmesinde kullanılan en önemli araç haline gelmiştir. Tahribatsız muayene, malzeme yüzeyinde veya içinde meydana gelen kusurları malzemeye zarar vermeden tespit edebilen önemli bir kalite kontrol aracıdır. Muayene işlemini gerçekleştiren kalite kontrol personeli bir dizi standart prosedürlere veya kendi tecrübesine göre incelediği ürünün kabulüne veya reddine karar vermektedir. Bu noktada kararın doğru verilmesi çok önemlidir. Yanlış kararlar vermenin önüne geçebilmek ancak personellere verilecek uygun bir eğitimle mümkün olabilmektedir. Bu tez çalışmasında göz takip sistemi teknolojisi kullanılarak tecrübeli ve tecrübesiz kişilerin özneliğe sahip bir yöntem olan gözle muayene sırasında izledikleri stratejiye dair objektif ve nicel bir veri elde ederek, göz takip cihazının eğitim sırasında kullanılabilirliğini ortaya koymak amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında yirmi beş sağlıklı katılımcının ilk olarak öğrenme stilini belirleyebilmek amacıyla her bir katılımcıya öğrenme stilleri anketi uygulanmıştır. Daha sonrasında Tobii- Pro Glasses-2 göz takip cihazı yardımıyla kusur zorluk dereceleri farklı olan üç farklı döküm parçayı incelemişlerdir. Katılımcılar tahribatsız muayene ve yöntemleri hakkında eğitim aldıktan sonra üç adet döküm parçayı göz takip cihazı kullanarak tekrar kontrol etmişlerdir. Eğitimden önce ve sonra kontrol işlemi sırasında katılımcıların bilişsel olarak ne kadar zorlandıklarını tespit etmek amacıyla her bir katılımcı deney sonrasında NASA-TLX anketi doldurmuştur. Çalışmada öğrenme stilleri anketi verileri, eğitim öncesi ve sonrasında göz takip cihazından elde edilen ortalama odaklanma sayısı, ortalama odaklanma süresi ve kusurlu alanlara odaklanma sayısı verileri, göz takip cihazı tarafından kaydedilen katılımcıların kontrol sırasında yaptıkları sesli yorumları ve NASA-TLX anketi verileri toplanmıştır. Toplanan veriler çeşitli istatistiksel yöntemlerle analiz edilerek göz takip cihazının gözle muayene eğitiminde kullanılabileceği yapılan deneylerle gösterilmiştir.

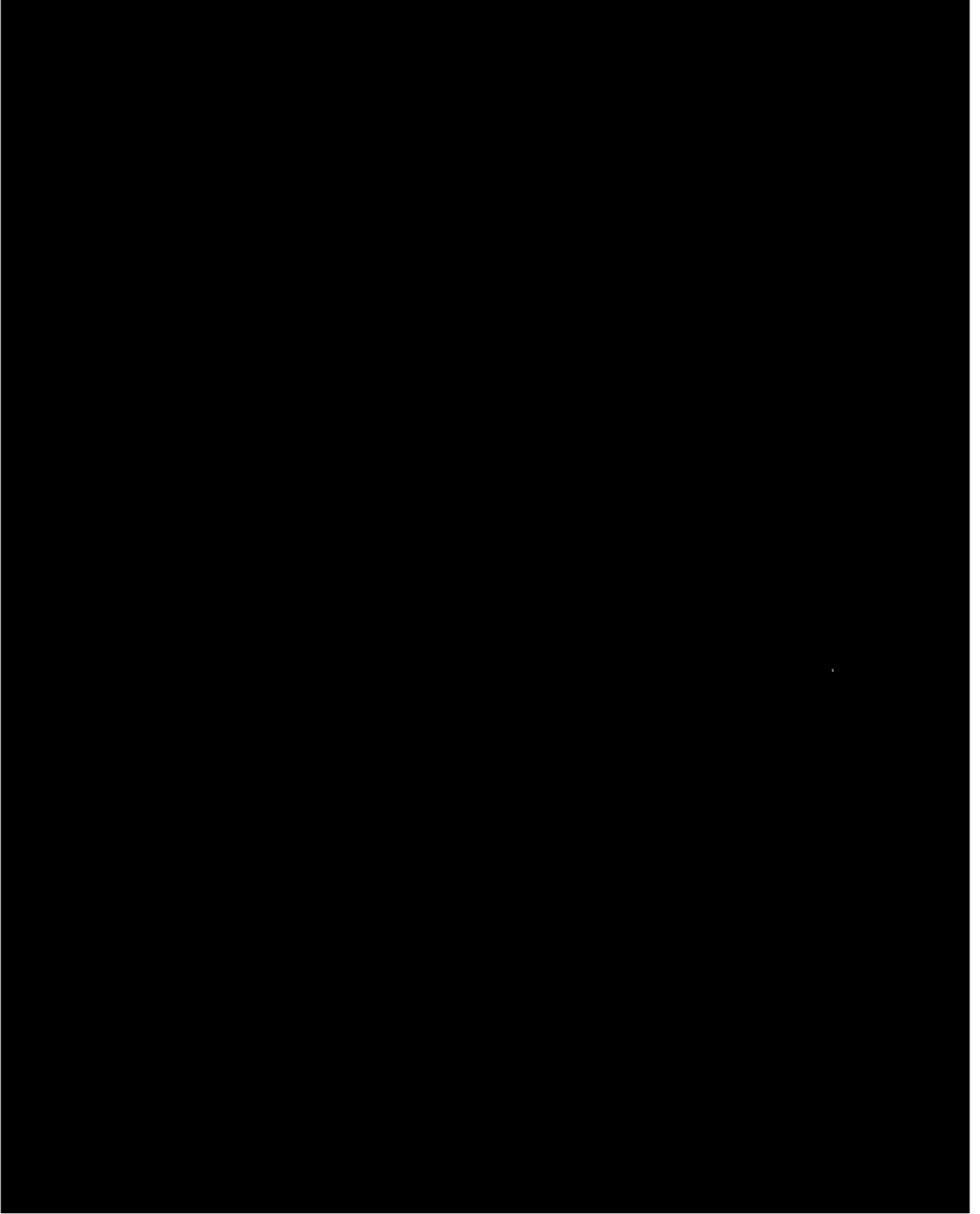
Anahtar Kelimeler: Tahribatsız Muayene, Gözle Muayene, Göz Takip Sistemi, Odaklanma Sayısı, Odaklanma Süresi, Personel Eğitimi, Zihinsel İş Yükü, NASA-TLX

SUMMARY

The quality and reliability expected from the products become more important with technological developments increasing day by day when compared previous times. Non-destructive testing has become the most important tool which used in quality assessment of products in order to ensure quality and reliability. Non-destructive testing is an important quality control tool that can detect defects that occur on the surface or inside the material without any physical damage to the examined material. The quality control staff who perform the inspection process decides the acceptance or rejection of the products according to set of standard procedures or their own experience. At this point, it is very crucial to make a decision correctly. It is just possible to avoid making wrong decisions with an appropriate training for staffs. To main purpose of this thesis is to demonstrate the usability of the eye tracking device during personnel training by obtaining the objective and quantitative data about the strategy followed by experienced and novice staff during visual inspection by using eye tracking system technology. 25 participants involved to the this study. Within the scope of the study, a learning styles questionnaire was applied to each participant in order to determine the learning style at first. Afterwards, participants examined the three different casting material which has different difficulty levels defect by using the Tobii-Pro Glasses - 2 eye tracking device. After training about non-destructive testing and methods, the participants examined casting materials by using an eye tracker again. Each participant filled out NASA-TLX questionnaire before and after training the each experiment completed to measuring each participants of mental workload during the control process. In this study, before and after training number of fixation, fixation duration, number of fixation on area of interest were obtained by using eye tracker. In addition, learning styles questionnaire data, voice comments of the participants recorded by the eye tracker during examining and NASA-TLX questionnaire data were collected. It has been illustrate by experiments that the eye tracker can be used in personnel training at visual inspection by analyzing collected data with various statistical methods.

Keywords: Non-Destructive Testing, Visual Inspection, Eye Tracking System, Number of Fixation, Fixation Duration, Personnel Education, Mental Workload, NASA-TLX

TEŞEKKÜR



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. TAHRİBATSIZ MUAYENE	5
2.1. Tahribatsız Muayene ve Önemi	5
2.2. Uygulama Alanları	6
2.3. Tahribatsız Muayene Yöntemleri	7
2.3.1. Göz ile muayene	7
2.3.2. Penetran sıvısı ile muayene	8
2.3.3. Girdap akımları (Eddy Akımı) ile muayene	9
2.3.4. Manyetik parçacık ile muayene	10
2.3.5. Ultrasonik muayene	11
2.3.6. Radyografik (Röntgen) muayene	12
3. DÖKÜM YÜZEYLERİN KALİTE DEĞERLENDİRMESİ VE GÖZLE MUAYENEDE GENEL PRENSİPLER	13
3.1. Döküm Parçaların Muayenesi	13
3.2. Gözle Muayenede Genel Prensipler	14
4. GÖZ TAKİP SİSTEMİ TEKNOLOJİSİ	19
4.1. Göz Takip Sistemi ve Tarihi	19

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.2. Göz Takip Cihazları.....	20
4.3. Göz Takip Sistemiyle Elde Edilen Veriler	20
5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	22
6. MATERYAL VE YÖNTEM	30
6.1. Deney Uygulama Adımları.....	30
6.1.1. Hazırlık aşaması	31
6.1.2. Deney aşaması.....	31
6.1.3. Deney sonrası	32
6.1.4. Tahribatsız muayene eğitimi	32
6.1.5. Tahribatsız muayene eğitimi sonrası.....	33
6.2. Materyal	33
6.3. Çalışmanın Örneklemi	34
6.4. Çalışma Ortamı	35
6.5. Veri Toplama Araçları	38
6.6. Veri Analizi.....	40
7. BULGULAR VE TARTIŞMA	41
7.1. Öğrenme Stilleri Anket Sonuçları.....	41
7.2. Göz Takip Cihazı ile Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi	42
7.2.1. Göz takip cihazı verilerinin normallik testleri.....	42
7.2.2. Eğitim öncesi ve sonrası verilerin karşılaştırılması.....	44
7.2.2.1. <u>Ortalama odaklanma süresi</u>	45
7.2.2.2. <u>Toplam odaklanma sayısı</u>	47
7.2.2.3. <u>Kusurlara odaklanma sayısı</u>	50
7.2.2.4. <u>Muayene performansı</u>	53

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

7.2.3. Döküm parçalardaki kusur zorluk derecelerinin değerlendirilmesi	56
7.2.4. Deney sırasında yardımcı ekipman kullanımı	60
7.2.5. Sıcaklık haritalarının değerlendirilmesi	61
7.3. NASA-TLX Verilerinin Değerlendirilmesi	62
7.3.1. Eğitim öncesi ve sonrası NASA-TLX verilerinin karşılaştırılması	62
7.3.2. NASA-TLX Puanlarının Cinsiyet Bazında Karşılaştırılması.....	64
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	73
EK AÇIKLAMALAR	78
Ek Açıklama-A: ESOGÜ Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu.....	79
Ek Açıklama-B: Öğrenme Stilleri Anketi	83
Ek Açıklama-C: NASA-TLX Anketi	86
Ek Açıklama-D: Gönüllü Olur Formu.....	89

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Gözle muayenede bakış açısı	8
2.2. Penetran sıvısı ile muayene edilen yüzeye bir örnek	8
2.3. Girdap akımları muayene yönteminin çalışma prensibi	9
2.4. Süreksizlik durumlarının girdap akımları yörüngesine etkisi	9
2.5. Manyetik alan çizgilerinin durumu	10
2.6. Ferromanyetik tozlar ile malzeme yüzeyindeki hatanın tespiti	10
2.7. Ultrasonik muayenede kullanılan cihazlar	11
2.8. Ultrasonik muayene yönteminin şekilsel gösterimi	11
2.9. Radyografik muayene şematik gösterimi	12
3.1. Tipik döküm kusurları	14
6.1. Deney akış şeması	30
6.2. Deney aşamasında olan bir katılımcı	31
6.3. Deney sonrası NASA-TLX Anketini dolduran katılımcı	32
6.4. (a) Kusurlu parça 1, (b) Kusurlu parça 2, (c) Kusurlu parça 3	33
6.5. Manyetik parçacık testi sonunda elde edilen görüntüler (a) Parça 1, (b) Parça 2, (c) Parça 3	34
6.6. Deney ortamı	35
6.7. a) Göz takip cihazı (Tobii Pro Glasses-2) ve kayıt ünitesi, b) Tablet	36
6.8. Çok fonksiyonlu çevresel faktörler ölçüm cihazı	37
6.9. Yardımcı ekipmanlar ve deney parçaları	37
6.10. Örnek öğrenme stilleri anketi sonucu	38
6.11. AOI modülüyle kusurlu alanların tanımlanması	40
7.1. Katılımcıların öğrenme stilleri	41
7.2. Parça bazında eğitimden önce ve sonra ortalama odaklanma süresinin kutu grafiği ile gösterimi	58
7.3. İkili karşılaştırmalar grafiği	59
7.4. Eğitimden sonra katılımcıların yardımcı ekipmanları kullanımı	60

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
7.5. Parça 1'e ait ısı haritaları: a) parçanın incelenmesi sırasında gözün odaklanma dağılımı, b) kusurlu alanda odaklanma	61
7.6. Parça 2'ye ait ısı haritaları: a) parçanın incelenmesi sırasında gözün odaklanma dağılımı, b) kusurlu alanda odaklanma	61
7.7. Parça 3'e ait ısı haritaları: a) parçanın incelenmesi sırasında gözün odaklanma dağılımı, b) kusurlu alanda odaklanma	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
7.1. Parça 1'e ait verilerin normallik testi	43
7.2. Parça 2'ye ait verilerin normallik testi	43
7.3. Parça 3'e ait verilerin normallik testi	44
7.4. Log10 normalleştirme yöntemi sonucu normallik testi	44
7.5. Parça 1'e ait analiz çıktıları	45
7.6. Parça 2'ye ait analiz çıktıları	46
7.7. Parça 3'e ait analiz çıktıları	47
7.8. Parça 1'e ait odaklanma sayısı analiz çıktıları	48
7.9. Parça 2'ye ait odaklanma sayısı analiz çıktıları	49
7.10. Parça 3'e ait odaklanma sayısı analiz çıktıları	50
7.11. Parça 1'e ait kusurlara odaklanma sayısı analiz çıktıları	51
7.12. Parça 2'ye ait kusurlara odaklanma sayısı analiz çıktıları	52
7.13. Parça 3'e ait kusurlara odaklanma sayısı analiz çıktıları	53
7.14. Parça 1'e ait oran değerlerinin analiz çıktıları	54
7.15. Parça 2'ye ait oran değerlerinin analiz çıktıları	55
7.16. Parça 3'e ait oran değerlerinin analiz çıktıları	55
7.17. Parça bazında yapılan normallik testleri	56
7.18. Ortalama odaklanma süresinin parçalar bazında karşılaştırılması	57
7.19. Toplam odaklanma sayısının parçalar bazında karşılaştırılması	58
7.20. Parçalar arası ikili karşılaştırmalar	59
7.21. NASA-TLX skorlarına ait verilerin normallik testi	62
7.22. Log10 normalleştirme yöntemi sonucu normallik testi	63
7.23. Eğitim öncesi ve sonrası NASA-TLX puanlarının karşılaştırılması	63
7.24. Eğitim öncesi ve sonrası NASA-RTLX puanlarının karşılaştırılması	64
7.25. NASA-TLX puanları normallik testi sonuçları	65
7.26. NASA-TLX puanları İki Örneklem t-testi sonuçları	65
7.27. NASA-RTLX puanları İki Örneklem t-testi sonuçları	66

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüz küresel rekabet ortamında firmaların rekabette farklılaşma sağlayabilmeleri için öncelikli hedefi, müşteri taleplerini göz önünde bulundurarak doğru miktarda ürünü, istenilen zamanda ve kalitede müşteriye ulaştırarak müşteri memnuniyetini en üst düzeyde tutmaktır. Bu yüzden üretimden pazarlamaya her alanda kalite ve güvenilirlik önemli bir araç haline gelmiştir. Ürünlerden beklenen kalite ve güvenilirliğin artmasıyla birlikte kalite kontrolde tahribatsız muayene giderek önem kazanmıştır.

Tahribatsız muayene ile malzeme yüzeyinde veya içinde meydana gelen süreksizlikler ve boyutları malzemeye zarar vermeden tespit edilebilmektedir. Muayene sırasında tespit edilen kusurlar kalite standartlarında belirtilen kriterleri karşılamazsa hata olarak kabul edilir. Malzemede yer alan kusur tamir edilebilir bir kusur ise ilgili sürece gönderilir, tamiri mümkün olmayan bir kusur ise reddine karar verilir. Bu noktada kararın doğru verilmesi çok önemlidir. Aksi halde gözden kaçan bir kusur ciddi maddi kayıplara yol açabilir, belki de insan hayatına mal olabilir.

Üretim sonrası kalite kontrol işlemleri, makine parçalarının ömür belirleme çalışmaları, güç santralleri, hava, kara ve deniz ulaşım sektörleri gibi farklı alanlarda kullanılan tahribatsız muayenenin, malzeme cinsine ve aranan hata türüne göre çeşitli yöntemleri bulunmaktadır. Uygulanması kolay, düşük maliyetli ve hızlı sonuçlar vermesi gibi nedenlerden dolayı yaygın olarak kullanılan bu yöntemler; penetran sıvısı ile muayene, girdap akımları ile muayene, manyetik parçacık ile muayene, ultrasonik muayene, radyografik muayene ve gözle muayene şeklinde sıralanabilir.

Gözle muayene, hemen hemen her alanda sıklıkla kullanılan bir tahribatsız muayene yöntemidir. Diğer tahribatsız muayene yöntemlerini uygulamaya başlamadan önce kullanıldığı gibi muayene sonrasında sonuçların yorumlanması ve kaydedilmesi sırasında da başvurulan bir yöntemdir.

Gözle muayene işlemini gerçekleştiren personel, bir dizi standart prosedürlere veya kendi tecrübesine dayanarak malzemeyi incelemektedir (Baudet vd., 2013). Daha sonra

ürünün kabul edilebilir olup olmadığına karar vermektedir. Karar verme aşaması, arama aşamasına göre daha fazla zihinsel iş yükü gerektirmektedir (See, 2012). Zihinsel iş yükü veya bilişsel yük, kişinin yapmakta olduğu işin tamamlanması için gereken zihinsel gereklilikler ile kişinin bunları karşılayabilme yetkinliği arasındaki ilişki şeklinde tanımlanabilir. Zihinsel iş yükünü ölçmek için literatürde çeşitli yöntemler mevcuttur. Fakat NASA-TLX (The National Aeronautics and Space Administration-Task Load Index) yöntemi; güvenilirlik, etkinlik ve duyarlılık gibi özelliklerin tamamını kapsadığı çeşitli çalışmalarda gözlemlendiğinden dolayı en çok tercih edilen yöntemdir (Emeç ve Akkaya, 2018).

Günümüzde sistemler her ne kadar otomasyona dönüşse de karar verme noktasında insan faktörü her zaman önemlidir. Bir parçadaki kusurun değerlendirilmesi personelin bilgi birikimine ve kusurun önemine dair algısına bağlıdır. Firmalar, değerlendirme ve karar verme adımlarında iyileştirmeler yapabilmek için değerlendirme niteliklerini doğru seçmeli ve değerlendirme niteliklerini kalite standardıyla ilişkilendiren bir yöntem geliştirmelidirler. Geliştirilen yöntemin doğru bir şekilde uygulanabilmesi için ise personelin eğitimi oldukça önemlidir (Baudet vd., 2013; Rebsamen vd., 2010).

İlgili konuda eğitim almış, yetişmiş bir personel muayene sırasında izleyeceği yöntemi doğru bir şekilde uygular ve bulduğu kusurlar hakkında doğru değerlendirmeler yapar. Bu, eğer varsa hataların erken fark edilerek gerekli önlemlerin alınmasını sağlar. İlgili eğitimi almamış tecrübesiz bir personel ise kusurları arama aşamasında daha çok zaman kaybeder ve artan zihinsel yükü birlikte personelin, kontrolünü gerçekleştirdiği parçayla ilgili yanlış değerlendirmeler yapma ihtimali de artar. Firmalar için bu durum hem zaman kaybı hem de maddi kayıp ile sonuçlanmaktadır (Gönül ve Bayraktaroğlu, 2017). Etkin ve etkili bir arama stratejisi kusurların gözden kaçırılmasını önlemeye yardımcı olur (Charles, 2015). Bu da ancak personellere verilen uygun bir eğitimle mümkün olur.

Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte göz takip sistemi teknolojisi dikkat çekici bir çalışma alanı haline gelmiştir. Göz takip sistemi, göz bebeği boyutlarını ve göz hareketlerini kızılötesi ışınla takip eden bir göz takip cihazından ve kaydedilen verilerin analizini gerçekleştirebilmek için bir yazılımdan oluşmaktadır. Göz takip cihazı yardımıyla

odaklanma (fixation), sıçrama (saccade) ve izlenen yol (scanpath) olmak üzere üç temel ölçüm yapılmaktadır (Yaman vd., 2018).

Bir parçada kusur arama aşamasında toplanan bilgilerin neredeyse tamamı gözün farklı alanlara odaklanması sonucu elde edilmektedir. Odaklanma süresi yaklaşık 300 milisaniye olup arama süresinin yaklaşık %90'ından fazlasını oluşturmaktadır. Muayene sırasında büyüteç, el feneri gibi herhangi bir yardımcı ekipman kullanmaya gerek duymadan tespit edilen kusurlar kolay görev olarak tanımlanmaktadır. Odaklanma süreleri, kolay görevler ve tecrübeli personellerde daha kısa olma eğilimindedir. Bunun yanında kusurlar ve kusur arama stratejileri hakkında bilgi sahibi olmayan tecrübesiz personellerin ilgili parçada kusur ararken odaklandığı yer sayıları daha fazla olabilmektedir (See, 2012). Gözle muayene işleminde göz izleme teknolojisinin kullanımı, personellerin kusur arama ve karar verme aşamasında izledikleri yollar ve zorlandıkları noktalar hakkında doğrudan veri elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada, endüstride yaygın olarak kullanılan, özneliğe sahip olan gözle muayene sırasında tecrübeli ve tecrübesiz kişilerin nelere dikkat ettiklerini veya neleri gözden kaçırdıklarını tespit ederek, incelenen parça hakkında yanlış kararlar vermenin önüne geçebilmek için göz takip cihazının eğitim sırasında kullanılabilirliğini ortaya koymak amaçlanmıştır. Temel amaca ek olarak;

- Farklı öğrenme stillerinin, izlenen eğitim stratejisinin başarısındaki etkisi,
- Eğitim öncesi ve sonrası katılımcıların zihinsel zorlanmaları arasındaki farklılık,
- Demografik farklılıkların zihinsel zorlanmalar üzerindeki etkisi,
- Kolay, zor ve çok zor olarak tanımlanmış görevlerin (kusur zorluk dereceleri farklı olan döküm parçaların incelenmesi) yerine getirilmesi sırasında katılımcıların göz hareketleri arasındaki farklılık, araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencilerinden, çalışmanın içeriği hakkında bilgi verildikten sonra gönüllü olarak katılım sağlayacaklarını bildiren öğrencilere ilk olarak Öğrenme Stilleri Anketi uygulanmıştır. Böylelikle öğrencilerin, görsel, işitsel, mantıksal vb. olarak tanımlanmış öğrenme stillerinden hangisine daha yatkın oldukları belirlenmiştir. Eskişehir Osmangazi

Üniversitesi laboratuvarında göz takip cihazı kullanılarak gerçekleştirilen deney sırasında, 23 öğrencinin her birinden belirli bir süre içinde (5 dakika) farklı zorluk derecelerine sahip kusurları bulunan 3 adet döküm parçayı kontrol etmeleri ve parçalardaki kusurları bulmaları istenmiştir. Katılımcıların kontrol sırasında göz hareketlerini kaydetmek için Tobii-Pro Glasses-2 göz takip cihazı kullanılmıştır. Her bir öğrencinin kontrol işleminde kusurları bulma sırasında zihinsel olarak ne kadar zorlandığını tespit etmek için tamamladıkları deney sonrasında NASA-TLX anketi uygulanmıştır. Daha sonra öğrencilere tahribatsız muayene uzmanları tarafından, tahribatsız muayene ve gözle muayene yöntemi hakkında 60 dakika slaytlardan yararlanılarak anlatım şeklinde eğitim verilmiştir. Katılımcılardan, aldıkları eğitim sonrasında yine 3 adet döküm parçayı göz takip cihazıyla kontrol etmeleri istenmiştir. Kontrol işleminden sonra tekrar her bir öğrenciye NASA-TLX anketi uygulanmıştır. Eğitim öncesi ve sonrasında öğrencilere ait kaydedilen göz hareketleri analiz edilerek ortalama odaklanma sayısı, ortalama odaklanma süresi ve kusurlu alanlara odaklanma sayısı; NASA-TLX puanları ve farklı zorluk derecelerinde kusurlara sahip parçalar arasında anlamlı bir fark olup olmadığı değerlendirilmiştir.

Literatüre katkı sağlaması amacıyla eğitim sırasında henüz yaygın olarak kullanılmayan göz takip sistemi teknolojisinin gözle muayene eğitiminde kullanılabileceği yapılan deneylerle gösterilmiştir. Bunun yanında göz takip sistemi teknolojisi ile ilgili genel bilgiler verilerek göz takip cihazıyla elde edilen veriler yorumlanmıştır. Tez çalışması, bu alanda araştırma yapmak isteyen araştırmacılar için kaynak olarak gösterilebilir.

Bu tez çalışmasının ikinci bölümünde, tahribatsız muayene ve önemi, tahribatsız muayene yöntemleri, uygulama alanları açıklanacaktır. Üçüncü bölümde gözle muayenede genel prensiplere yer verilecektir. Dördüncü bölümde, göz izleme teknolojisi, tarihçesi, uygulama alanları, göz takip cihazları ve göz takip cihazıyla elde edilen veriler açıklanacaktır. Beşinci bölümde, tez kapsamında ele alınan konu ve yöntemlerle ilgili literatürde son yıllarda yapılmış güncel çalışmalara yer verilecektir. Altıncı bölümde, çalışmada kullanılan materyal ve yöntemler tüm aşamalarıyla anlatılacaktır. Yedinci bölümde, yapılan analizler sonucunda elde edilen sonuçlara yer verilecektir. Sekizinci bölümde ise sonuçlar değerlendirilerek iyileştirme önerileri sunulacaktır.

2. TAHRİBATSIZ MUAYENE

2.1. Tahribatsız Muayene ve Önemi

Bir malzemenin üretim aşamasında veya sonrasında yüzeyinde oluşabilen tabakalaşmalar, çatlaklar, dikişler, dövme katmanları, yabancı madde kalıntıları ve gözenekler gibi süreksizlik olarak tanımlanan kusurlar malzemenin yapısal bütünlüğünü bozmaktadır. Malzemede oluşan bu süreksizliklerin doğru bir şekilde belirlenebilmesi için kalite kontrolde önemli bir yere sahip olan Tahribatsız Muayene' ye sıklıkla başvurulmaktadır (Hellier, 2003).

Tahribatlı muayene muayenesi gerçekleştirilen malzemelerin tekrar kullanılması olanağını ortadan kaldıran, çekme, basma, burulma, eğme, yorulma, sürtünme ve korozyon gibi malzemeye hasar veren çeşitli tekniklere sahip olan bir diğer muayene işlemidir. Uygulama sırasında malzemeye zarar verdiği için kullanılacak malzemelerin tamamının tahribatlı muayene yöntemleriyle muayene edilmesi beklenmez. Bu sebeple ilgili malzemelerin bütünü temsil eden bir ya da birkaç tanesi üzerinde yapılan muayenelerden elde edilen sonuçların malzemelerin tamamı için aynı olduğunu kabul etmek her zaman doğru sonuçlar vermez (Anonim, 2019).

Tahribatsız muayene; bir malzemenin içyapısında veya yüzeyinde yer alan kusurların ve boyutlarının, ilgili malzemenin yapısına ve fonksiyonuna zarar vermeden, belirlenmesi işlemidir (Haliloğlu, 2016; Anonim, 2019). Tahribatsız muayene kontrol edilecek malzemeye doğrudan uygulanır; yani malzemedan herhangi bir numune almaya gerek yoktur. Malzemelerin %100 muayenesi gerçekleştirilebildiği için daha güvenilir sonuçlar elde edilir. Test sonucuna göre ilgili standartları karşılamayan malzemeler çoğunlukla kullanımdan kaldırılır (Anonim, 2019).

Tahribatsız muayene tekniğinin kalite kontrolünde kullanılmaması durumunda, ekonomik ve güvenlik konularında çeşitli olumsuzluklar meydana gelebilmektedir. Tahribatsız muayene yöntemleri sayesinde parçalarda meydana gelen kusurların, üretim sürecinin daha ilk aşamalarında saptanmasıyla, ileriki aşamalarda zaten hurdaya ayrılacak

olan parçaların boş yere işlenmesinin önüne geçilebilmektedir. Böylece işçilik maliyetinin artması engellenebilmekte ve kazanılan sürede sağlam bir parça işlenerek kazanç sağlanabilmektedir. Bunun yanında ürünlerde meydana gelen hataların önlenmesiyle üretilen kaliteli ürünler sayesinde ürünlere duyulan güven artacak ve dolayısıyla müşteri memnuniyeti sağlanacaktır (Kaya, 1992).

Bugün bir otomobil aksının kırılması, asansör telinin kopması nadir görülen durumlardandır. Bunun sebebi kullanılan araç, gereç ve makinelerin emniyet faktörünün yüksek olmasıdır. Tahribatsız muayene yöntemleri sayesinde düzenli periyotlarla bakımı gerçekleştirilen parçalarda yüksek emniyet faktörü sağlanabilmektedir. Bu durum oluşabilecek kazaların önlenmesi ve insan hayatının korunması açısından önemli bir yere sahiptir (Kaya, 1992).

2.2. Uygulama Alanları

Tahribatsız muayene; tahribatsız oluşu, tahribatlı yöntemlere kıyasla daha hızlı olması, üretim anında sistemlerin durdurulmadan yapılabilmesi ve sonuçların muayene esnasında alınabilmesi gibi sebeplerle hemen hemen her alanda yaygın olarak kullanılan bir kalite kontrol yöntemidir. Bunun yanında test cihazları taşınabilir olduğundan dolayı farklı boyut ve geometriye sahip malzemelerin de kontrolüne olanak sağlamaktadır (Salma, 2011).

Tahribatsız muayene uygulamaları genellikle üretim sonrası kalite kontrol işlemlerinde, makine parçalarının yıpranma durumlarının izlenerek ömür belirleme çalışmalarında kullanılmaktadır. Her türlü metaller, kaynaklı imalatların tamamı, kaynaklı birleştirme yöntemiyle üretilen kazanlar, hava tankları gibi tüm basınçlı kaplar, dövme ve döküm yöntemiyle üretilen tüm parçalar tahribatsız muayene ile incelenmektedir (Tuğcu, 2018). Bunlara ek olarak güç santrallerinde (termik, hidrolik, nükleer); köprü, baraj, boru hattı ve demiryolu gibi inşaat alanlarında; hava, kara ve deniz ulaşım sektörlerinde; petrol ve petrokimya tesislerinde kullanımı yaygındır (Haliloğlu, 2016).

2.3. Tahribatsız Muayene Yöntemleri

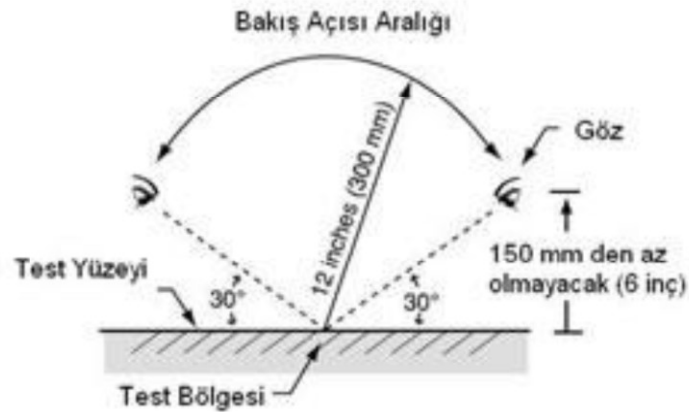
Muayene edilecek olan malzemenin cinsine ve aranan hata türüne göre çeşitli tahribatsız muayene yöntemleri kullanılmaktadır. Yöntemler genellikle birbirlerinin tamamlayıcısı durumundadır. Her bir yöntem çeşitli fiziksel prensiplere sahip olup farklı şekillerde uygulanmaktadır (Anonim, 2019). Tahribatsız muayene yöntemleri izleyen şekildedir:

- Göz ile Muayene
- Penetran Sıvısı ile Muayene
- Girdap Akımları (Eddy Akımı) ile Muayene
- Manyetik Parçacık ile Muayene
- Ultrasonik Muayene
- Radyografik (Röntgen) Muayene

2.3.1. Göz ile muayene

Gözle muayene endüstride kullanılan en eski ve en yaygın tahribatsız muayene yöntemlerinden biridir. Bir malzemenin yüzey süreksizliğinin, yapısal bozukluğunun ve yüzey durumunun yardımcı ekipmanlar kullanarak veya direkt göz ile muayene edilmesidir. Gözle muayene basit bir yöntem olarak görülse de önemli bir kalite kontrol yöntemidir. Genel olarak diğer tahribatsız muayene yöntemlerini uygulamaya başlamadan önce yapılması gerekir. Aynı zamanda muayene yapıldıktan sonra elde edilen görüntülerin yorumlanması için de gözle kontrol yapıp verilerin kaydedilmesi gerekmektedir (Anonim, 2015).

Gözle muayenede dikkat edilmesi gereken en önemli faktör incelenecek yüzeyin görünürlüğünü arttırmaya yarayan ışık miktarıdır. EN 970 standardına göre ışık şiddeti en az 350 lüks (lx) olmalı; fakat 500 ile 1000 lx arasında olması önerilmektedir. Malzeme yüzeyinin ise en az 30° açıyla incelenmesi tavsiye edilmektedir (Şekil 2.1). Ulaşılamayan alanların kontrolü ayna ve endoskop gibi yardımcı ekipmanlar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bunun yanında boroskop, optik cihazlar ve kameralar da kullanılarak incelen malzemenin yüzeyinin görünürlüğü artırabilmektedir (BS EN 970, 1997).



Şekil 2.1. Gözle muayenede bakış açısı (Anonim, 2016)

2.3.2. Penetran sıvısı ile muayene

Metalik ve metalik olmayan bütün malzemelerin yüzeyinde meydana gelen gözle görülmesi zor yüzey hatalarının saptanabilmesi amacıyla kullanılan bir tahribatsız muayene yöntemidir. Malzemelerin iç yüzeyinde meydana gelen yüzeye bağlantısı kesilen hatalar bu yöntem ile tespit edilemez (Gönül ve Bayraktaroğlu, 2017). Bu yöntemde ilgili malzemenin yüzeyi, malzemenin penetran adı verilen sıvıya daldırılması ya da sıvının malzeme yüzeyine püskürtülmesi suretiyle incelenir. Malzeme yüzeyinde herhangi bir çatlak olması durumunda penetran sıvı bu çatlaklara dolar ve bu sayede yüzey kurulandıktan sonra çatlaklar çizgiler halinde daha net görülebilmektedir (Şekil 2.2) (Anonim, 2016).

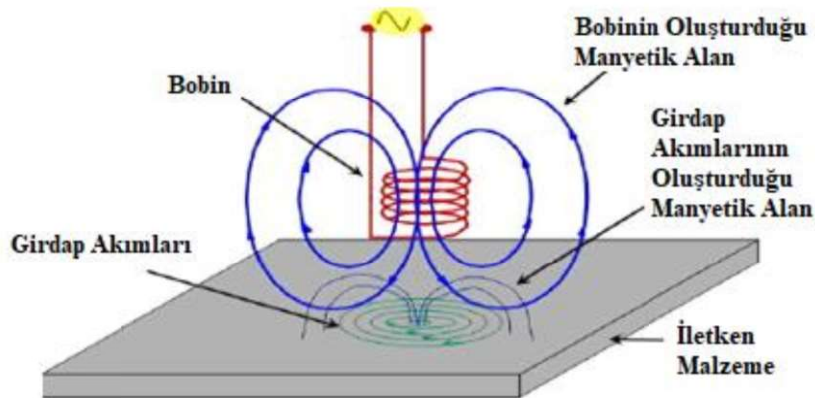


Şekil 2.2. Penetran sıvısı ile muayene edilen yüzeye bir örnek (Anonim, 2016)

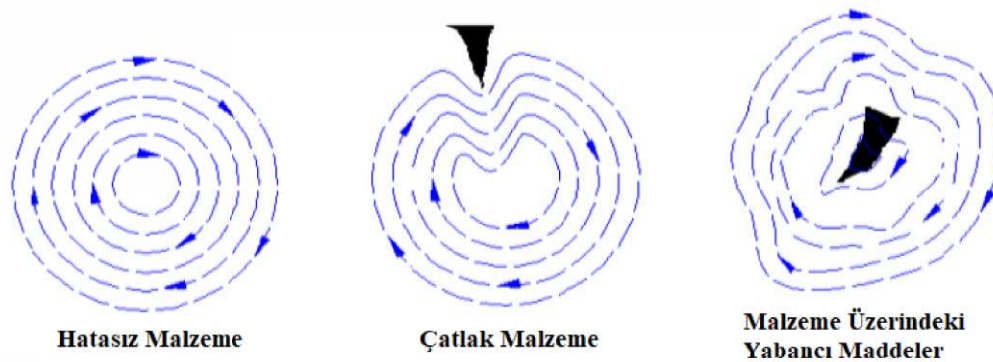
2.3.3. Girdap akımları (Eddy Akımı) ile muayene

Elektriksel iletkenliğe sahip metallerin tamamına ve alaşımlara uygulanabilen bu yöntem ile malzemelerin yüzeyinde ve yüzeye yakın alanlarında meydana gelen hatalar tespit edilebilmektedir. Bu yöntemin uygulanmasıyla, malzemede meydana gelen hataların tespitinin yanı sıra malzeme üzerindeki boya veya kaplama kalınlığının belirlenmesi ve iletkenlik ölçümü de mümkündür (Anonim, 2019).

Bir bobinden alternatif akım geçirildiğinde bobin çevresinde manyetik alan oluşur. Bobin iletken olan malzeme yüzeyine yaklaştırıldığında bobinin değişken manyetik alanı malzeme yüzeyinde girdap akımları olarak adlandırılan indüksiyon akımlarını oluşturur (Şekil 2.3). Girdap akımlarının olduğu bölgede herhangi bir hatanın olup olmaması akımların izlediği yörüngeye bakılarak saptanabilmektedir. Bobinin hareketi sırasında akımların farklı bir yörünge izlemesi malzemede cüruf, gözenekler, gaz boşluğu ve çatlak gibi süreksizliklerin olduğunun göstergesidir (Şekil 2.4) (Anonim 2019).



Şekil 2.3. Girdap akımları muayene yönteminin çalışma prensibi (Anonim, 2019)

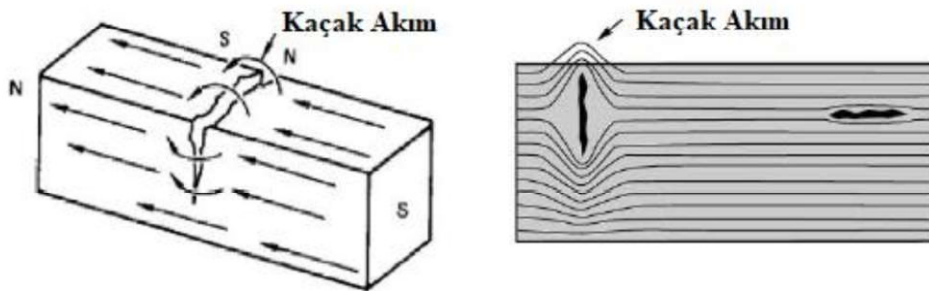


Şekil 2.4. Süreksizlik durumlarının girdap akımları yörüngesine etkisi (Anonim, 2019)

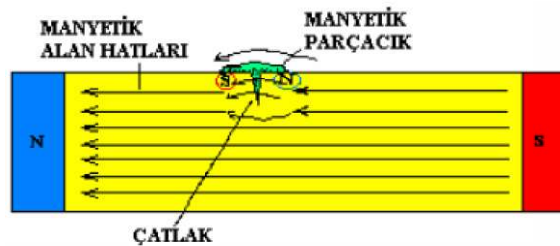
2.3.4. Manyetik parçacık ile muayene

Demir, nikel, kobalt gibi ferromanyetik yani mıknatıslanabilen malzemelere uygulanan manyetik parçacık muayene yöntemi ile yüzey ve yüzeye yakın alanlarda meydana gelen hatalar ve boyutları belirlenebilmektedir. Yöntemin uygulanışı kolay, hızlı ve düşük maliyetli olduğu için oldukça geniş bir kullanım alanı vardır (Gönül ve Bayraktaroğlu, 2017).

Manyetik parçacık ile muayene testinde mıknatıslanma özelliğine sahip kontrol edilecek malzemeye cihaz tarafından akım verilerek malzemenin mıknatıslanması sağlanır (MEGEP, 2012). Mıknatıslanan malzemede hata olmaması durumunda manyetik alan çizgilerinin izlediği yolda herhangi bir sapma meydana gelmez. Manyetik alan içerisinde herhangi bir hata olması durumunda ise manyetik alan çizgileri sapar ve hata üzerinde yoğun bir kaçak akım meydana gelir (Şekil 2.5). Oluşan kaçak akım ne kadar büyükse hatanın boyutu da o derece büyüktür. İncelenen malzeme yüzeyine serpilmiş ferromanyetik tozların hataların yer aldığı alanlarda toplanmasıyla da süreksizliklerin yerleri saptanmış olur (Gönül ve Bayraktaroğlu, 2017). Malzemede yer alan çatlak içerisine toplanan tozların şekilsel gösterimi Şekil 2.6’ da sunulmuştur.



Şekil 2.5. Manyetik alan çizgilerinin durumu (Gönül ve Bayraktaroğlu, 2017)



Şekil 2.6. Ferromanyetik tozlar ile malzeme yüzeyindeki hatanın tespiti (Anonim, 2019)

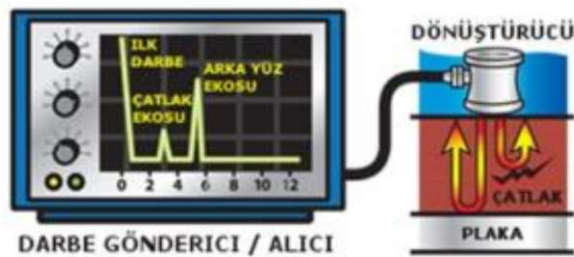
2.3.5. Ultrasonik muayene

Ultrasonik muayene, metalik veya metalik olmayan tüm malzemelere uygulanabilen, çatlak türü yüzeysel hatalar ile hacimsel hataların tespit edilmesinde endüstride en çok kullanılan tahribatsız muayene yöntemlerinden biridir (Anonim 2016; Anonim 2019).

Ultrasonik muayenenin temel prensibi ses dalgalarının yayılma esasına dayanır. Prob olarak adlandırılan parça tarafından yüksek frekanslı ses dalgaları üretilir. Probun malzeme yüzeyinde gezdirilmesi suretiyle yüksek frekanslı ses dalgaları malzeme içine gönderilir. Bu ses dalgaları malzeme içinde herhangi bir engele çarparlarsa yansır. Çarpma açısına bağlı olarak yansıyan ses dalgalarından proba ulaşabilen dalgaların dağılımı cihaz ekranında incelenir (Şekil 2.7). İncelenen malzeme içerisinde herhangi bir kusur olması halinde yansıyan ses dalgalarının şiddeti kusurun yeri, büyüklüğü ve türü hakkında bilgi verir (Anonim 2019). Ultrasonik muayene yönteminin şekilsel gösterimi Şekil 2.8’ de sunulmuştur.



Şekil 2.7. Ultrasonik muayenede kullanılan cihazlar (Anonim 2016)

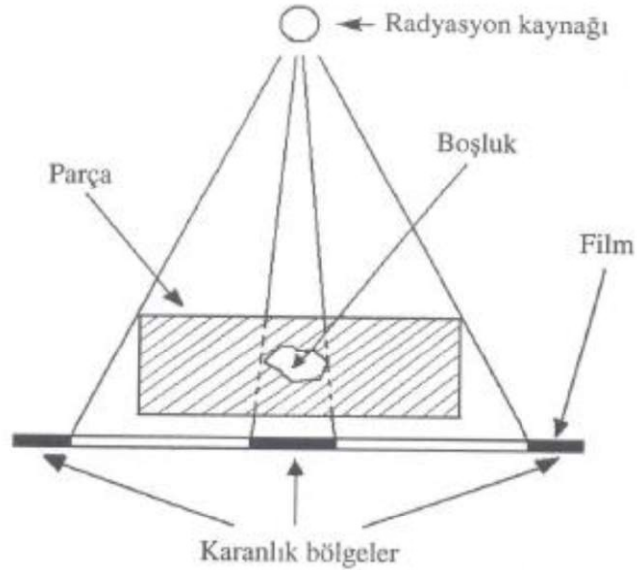


Şekil 2.8. Ultrasonik muayene yönteminin şekilsel gösterimi (Anonim 2016)

2.3.6. Radyografik (Röntgen) muayene

Metalik ve metalik olmayan bütün malzemelere uygulanabilen bu tahribatsız muayene yöntemi, malzemelerin iç kısmında bulunan gözle görülmeyen gaz boşlukları, cüruf ve çatlaklar gibi süreksizliklerin tespit edilmesinde hassas sonuçlar verdiğiinden ve sonuçların kalıcı olarak kaydedilebilmesinden dolayı yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Saylan, 2018; Anonim, 2019).

İncelenecek malzeme içerisinde bulunan kusurların tespit edilmesinde malzeme yüzeyine gönderilen x ve gama ışınları kullanılmaktadır. Malzeme içerisinden geçen bu ışınlar malzeme arkasına yerleştirilen film üzerinde bir görüntü oluşturur. Bu görüntüdeki ışık yoğunluğu incelenerek malzemede herhangi bir kusur olup olmadığı belirlenmektedir. (Özada, 2017). Kusursuz alanların ışık yoğunluğu daha az iken kusurlu alanların ışık yoğunluğu daha fazladır ve film üzerinde karanlık bir bölge oluştururlar (Saylan, 2018). Şekil 2.9’ da radyografik muayenenin şematik gösterimi sunulmuştur.



Şekil 2.9. Radyografik muayene şematik gösterimi

3. DÖKÜM YÜZEYLERİN KALİTE DEĞERLENDİRMESİ VE GÖZLE MUAYENEDE GENEL PRENSİPLER

Bu çalışmada döküm parçaların kalite değerlendirmesi tahribatsız muayene yöntemlerinden biri olan gözle muayene yöntemi ile göz takip cihazı kullanılarak araştırılmıştır. Bu sebeple döküm, döküm hataları, gözle muayenede genel prensipler bu bölümde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

3.1. Döküm Parçaların Muayenesi

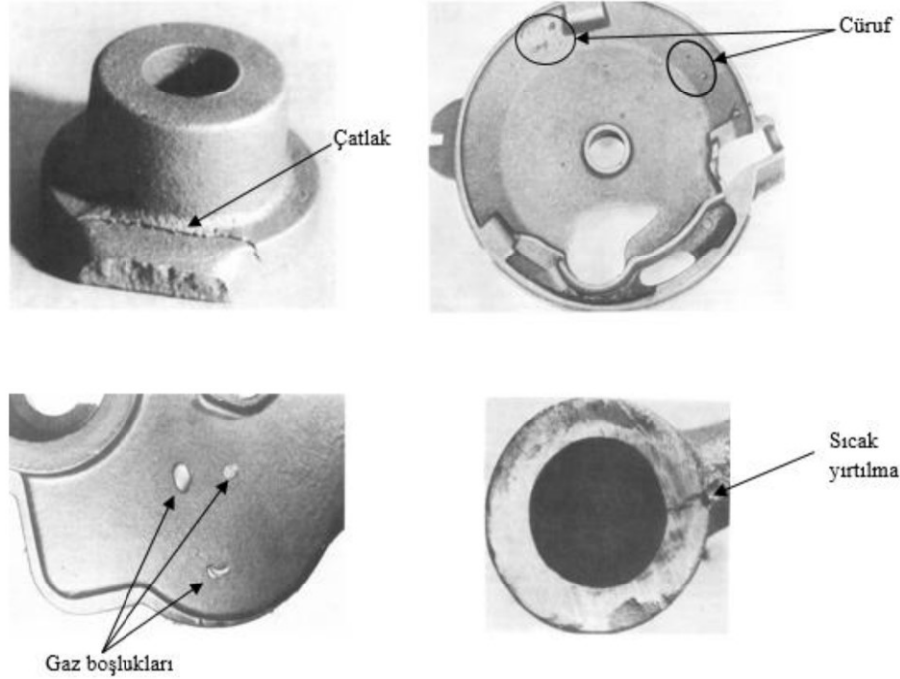
Basit şekilli parçalardan karmaşık şekilli parçalara kadar farklı boyut ve geometriye sahip parçaların hızlı ve çok sayıda üretilebilmesi, diğer yöntemlere kıyasla ekonomik olması ve sahip olduğu bazı mekanik özelliklerinden (işlenebilme ve titreşim sönümlemesinin yüksek olması) dolayı döküm imalat sanayinde en çok kullanılan üretim yöntemlerinden biri haline gelmiştir. Döküm, ergimiş metalin yerçekimi yardımıyla veya basınç uygulayarak, elde edilecek parçanın şekline sahip boşluk içeren kalıplara doldurulup katılaştırıldığı bir yöntemdir (Aran, 2007).

Her üretimde görüldüğü gibi dökümün de üretim aşamalarında çeşitli sebeplerden meydana gelen kusurlar ortaya çıkabilmektedir. Bu sebepler izleyen şekildedir:

- Hatalı parça tasarımı,
- Hatalı model tasarımı ve üretimi
- Hatalı kalıp tasarımı, yanlış kalıp malzemeleri ve kalıplama işlemi,
- Hatalı döküm işlemi,
- Yanlış malzeme seçimi,
- Bitirme işlemleri hataları.

Döküm yöntemiyle elde edilen parçalarda rastlanan başlıca kusurlar; eksik döküm, çatlaklar, sıcak yırtılmalar, gaz boşlukları, kalıp yüzeyinde kopmalar, çapak, cüruf ve kalıntılar şeklindedir. Kusurlar parçanın dış yüzeyinde oluşabildiği gibi iç yüzeyinde de oluşabilmektedir (Aran, 2007). Parçada oluşan kusurların tespit edilmesi çok önemlidir.

Aksi halde yeni kusurlar oluşabilir. Bu da çeşitli maddi kayıplarla ve felaketle sonuçlanabilmektedir (Zhao vd., 2015). Tipik döküm kusurları Şekil 3.1’ de sunulmuştur.



Şekil 3.1. Tipik döküm kusurları (Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği, 2014)

Kusurların tespit edilmesinde çeşitli tahribatsız muayene yöntemleri kullanılmaktadır. Dökümden çıkan parçaların ilk kontrolü göz ile yapılır (Anonim, 2011). Çatlaklar, eksik döküm, gaz boşlukları ve cüruf gibi birçok kusur gözle muayene sonucu saptanabilir. Döküm parçaların ilgili üretim hattına veya müşteriye gönderilmeden önce yapılması gereken son kalite kontrol adımı da gözle muayenedir (Stallard vd., 2018). Gözle görülmesi zor yüzey hatalarının tespitinde penetran sıvı, manyetik parçacık ve ultrasonik gibi yöntemlerden yararlanılmaktadır. Parçanın iç yüzeyinde meydana gelen kusurlar ise radyografik ve ultrasonik yöntemlerle tespit edilebilmektedir (Aran, 2007).

3.2. Gözle Muayenede Genel Prensipler

Gözle muayene üretim işlemlerinde sıkça başvurulan bir yöntemdir. Malzeme yüzeyinin istenilen kalite standartlarına uygun olup olmadığının araştırıldığı bir süreçtir. Uzman bir personel tarafından direkt olarak veya çeşitli yardımcı ekipmanlar kullanılarak gerçekleştirilir.

Muayenenin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için muayene işlemlerinin en kritik iki noktası olan “görsel arama” ve “karar verme” aşamasının etkin ve verimli bir şekilde yerine getirilmesi gerekmektedir (Drury, 2002). Görsel arama, döküm yüzeyinin ilgili kalite kontrol standartları göz önünde bulundurularak kabul edilebilir olup olmadığının araştırıldığı bir süreçtir. Arama süreci, parçanın sadece görsel olarak değil aynı zamanda dokunsal ve işitsel gibi duyuşsal ipuçlarının da incelenmesini içerir (Charles vd., 2015; Johnson vd., 2019). Arama aşaması herhangi bir kusur tespit edildiğinde ya da muayene personelinin arama için yeterli zamanın geçtiğine karar vermesiyle son bulur. Arama aşamasının son bulması, geçen zamanın ve gözden kaçan kusurun maliyetine bağlıdır (Drury, 2002; See,2012). Gözle muayene işleminde arama aşamasının zaman alıcı ve hataya daha çok eğilimli olduğu tespit edilmiştir (See, 2012). Karar verme ise parçanın belirlenen kalite kontrol kriterlerini karşılayıp karşılamadığı kararının verildiği yani kabul veya ret seçeneklerinden uygun olanın seçildiği süreçtir (Charles vd., 2015).

Bir parçanın kabul ve ret kararının doğru şekilde verilmesi çok önemlidir. Belirlenmemiş, gözden kaçan yüzey kusurları parçanın yeniden işlenmesine veya müşteriden geri dönmesine sebep olabilir. Daha da kötüsü can kayıplarına yol açabilir. Kabul edilebilir süresizliklerin kusur olarak belirlenmesi ise daha çok işleme neden olacaktır (Peters vd., 2013).

Ölçüm hatalarını en aza indirebilmek için muayene personeline uygun eğitim verilerek, etkili ve etkin bir arama stratejisi ile kusurları gözden kaçırmayı önlenmektedir. Bunun yanında iyi bir şekilde hazırlanmış muayene kılavuzları arama ve karar verme aşamasında personellerin zihinsel iş yükünü en aza indirmekle birlikte sistematik bir yaklaşım benimsemelerini sağlayarak hataları azaltmaya yardımcı olabilmektedir. Büyüteç, el feneri, çeşitli ölçüm araçları gibi yardımcı ekipmanlar da hem arama hem karar verme aşamalarının doğruluğunu arttırmak için kullanılabilir (Drury ve Watson, 2002; Charles vd., 2015).

Her ne kadar bu önlemler hataları en aza indirmek için uygulansa da muayene kılavuzunda yer alan bilgiler ve standartlar kalite kontrol personelleri tarafından farklı şekilde yorumlanabilmekte ve muayene sırasında personeller geçmiş deneyimlerinin etkisinde kalabilmektedirler. Muayene sürecinde etkin rol oynayan insan faktörü olduğu

sürece çeşitli faktörler muayene performansını etkileyebilir ve bu da ilgili parçanın kabul edilebilir olup olmadığı kararının doğru bir şekilde belirleme riskini ortaya çıkarmaktadır (Stallard vd., 2018). Gözle muayene performansını etkileyen başlıca faktörler çevresel faktörler, bireysel faktörler ve görevle ilgili faktörlerdir.

- **Çevresel Faktörler:** Muayeneyi gerçekleştiren personelin muayene performansını etkileyen başlıca çevresel faktörler; sıcaklık, nem, aydınlatma düzeyi ve gürültüdür. Bu faktörler personelin muayene sürecindeki etkinliğini azaltarak hata yapmasına neden olabilmektedir (Stallard vd., 2018).

Sıcaklık, genellikle gözle muayenenin gerçekleştirildiği ortamlarda göz ardı edilen bir faktördür. İnsanlar çok sıcak ortamlarda soğuğa ve çok soğuk ortamlarda vücut ısısının korumaya odaklanmaktadır. Bu odaklanmalar, muayene sırasında personelin zihinsel performansını en iyi şekilde kullanma yeteneğini etkilemektedir. Tham ve Willem (2010) yaptıkları bir araştırmada sıcak bir ortamda, örneğin bir fan yardımıyla, hissedilen soğukluk hissinin ilgili sinir sistemini uyarıp zihinsel uyanıklığı arttırdığını, dolayısıyla dikkat kabiliyetini arttırdığını bulmuşlardır. İdeal olarak nem miktarının %60 ila %70 arasında ve sıcaklığın ise 70 Fahrenheit (21°C) civarında olması gerekmektedir. Sıcaklık ve nemin belirtilen değerlerde tutulmasını sağlamak için iş istasyonlarında fan ve çeşitli soğutma üniteleri kullanılmaktadır (Peters vd., 2013).

Aydınlatma düzeyi, incelenen parça yüzeyinin görünürlüğünü etkilediğinden dolayı ilgili iş istasyonlarında dikkat edilmesi gereken bir diğer faktördür. Gerçekleştirilen muayene işlemlerinde aydınlatma düzeyinin ayarlanması çok önemlidir. Muayene edilen parçanın yüzeyi aydınlatma düzeyinin çok olduğu bir ortamda incelenirse parça yüzeyinde parlamalar meydana gelir ve bu parlamalar yüzeyin etkin bir şekilde incelenme performansını azaltır. Parça yüzeyinde oluşabilecek parlamaları ve gölgeli alanları önlemek için kabul edilen ideal aydınlık şiddeti 500-900 lx (lüx) (Lüx: Aydınlatma şiddeti birimi) aralığındadır. Aksi halde ışık miktarı yetersiz kabul edilir. Dökümlerin muayenesi üzerine yapılan bir çalışmada muayene istasyonlarındaki aydınlatma şiddetinin 150-15.000 lx aralığında değiştiği, ortalama olarak 675 lx civarında olduğu görülmüştür (Stallard, 2018).

Gürültü, insan sağlığı üzerindeki etkilerinden dolayı, dikkat edilmesi gereken önemli bir çevresel faktördür. Gürültülü muayene ortamlarında muayeneyi gerçekleştiren personelin dikkati çok çabuk dağılır, incelediği parçaya yeterince odaklanamaz ve zihinsel iş yükü miktarı artar. Bu durum personelin iş verimini düşürmekle birlikte hata yapma olasılığını arttırmaktadır.

Gürültü şiddeti ses ölçer tarafından desibel (dB) birimi ile ölçülmektedir. İnsanlar için 35-65 dB aralığındaki sesler rahatsız edici değildir. 8 saatlik bir iş gününde maruz kalınan 85 dB'den daha yüksek şiddette gürültü insan sağlığına zararlıdır (Anonim,2019). 90 dB'in üzerinde gürültü şiddetine maruz kalmak ise işitme kaybına neden olabilmektedir. Dökümhanelerden toplanan verilere göre dökümhanelerdeki gürültü şiddeti 70 ile 110 dB arasında değişiklik göstermektedir. Çoğu dökümhanede, meydana gelen gürültü şiddeti etkisini en aza indirmek için personeller en az 25 dB ses azaltma özelliğine sahip kulak koruyucu kullanmak zorundadırlar (Stallard, 2018).

Sıcaklık, nem, aydınlatma düzeyi, gürültü gibi faktörlere ek olarak gün içinde muayene işleminin yapıldığı zaman dilimi de muayene performansını etkilemektedir. Günümüzde çoğu işletme vardiyalar şeklinde çalışmaktadır. Drury (1974)'e göre gece vardiyasında muayene işlemini yapan personellerin herhangi bir parçada yer alan kusurları gözden kaçırma olasılıkları daha fazladır.

- **Bireysel Faktörler:** Muayene işleminde birçok bireysel faktör muayene performansını etkilemektedir. Bu faktörler; cinsiyet, yaş, deneyim, görme keskinliği, yetenek ve arama stratejisi şeklindedir.

İmalat firmaları arasında gözle muayene işlemlerine kadınların erkeklerden daha uygun olduğuna dair yaygın bir inanış bulunmaktadır (Heild vd., 2010). Fakat literatürde bu inanışı destekleyen bir araştırma bulunmamaktadır. Uyanıklık, dikkat durumlarının cinsiyet bazında karşılaştırıldığı 11 çalışmanın 6'sında cinsiyetler arasında farkın olmadığı, 2'sinde erkeklerin daha iyi olduğu, 3'ünde de cinsiyetin etkili ana faktör olmadığı sonuçlarına ulaşılmıştır (See, 2012).

Muayene işlemini yapan personelin yaşı, görme keskinliği ve deneyim faktörü ile ilişkilendirebilmektedir. Yaşı büyük olan muayene personeli deneyimli olduğu için daha iyi performans gösterebilmekte, yaşı küçük olan muayene personeli ise daha iyi görme keskinliğine sahip olduğu için daha iyi performans gösterebilmektedir (See,2012).

Muayeneyi yapan personelin sahip olduğu yetenekler görme yeteneği gibi fiziksel ve bellek yeteneği gibi algısal olabilmektedir. Bu yetenekler, personelin kusurları tespit etme becerisinde önemli rol oynamaktadır (Stallard, 2018).

Muayene işlemi sürecinde sistematik bir arama stratejisiyle yüzeyi kontrol etmek yüzeyin geniş kapsamda araştırılmasına ve fark edilen herhangi bir kusur üzerinde algılanan hassasiyetin artmasına katkı sağlamaktadır (Watts, 2011).

- **Görevle ilgili faktörler:** Parçada yer alan kusur oranı, kusur türü, kusurun konumu, ilgili standartlar, muayene kılavuzları ve muayene görevini tamamlama zamanı muayene performansını etkilemektedir (See, 2012). Yapılan bazı çalışmalar, gerçekleştirilen görevlerde inceleme süresi arttıkça personellerin öne doğru eğildiğini ve duruşlarını sık sık değiştirdiğini göstermektedir. Muayene süresinin artması muayene doğruluğunu arttırmaz, aksine yaşanan fiziksel rahatsızlıktan dolayı hata yapma olasılığını arttırmaktadır (Peters vd., 2013).

4. GÖZ TAKİP SİSTEMİ TEKNOLOJİSİ

4.1. Göz Takip Sistemi ve Tarihi

Göz takip sistemi, kullanıcının nereye ne kadar süre ve kaç kere baktığına, dikkatinin nerede yoğunlaştığına ve neleri gözden kaçırdığına, göz bebeğinin farklı uyaranlara karşı nasıl tepki verdiğine ilişkin bilgilerin elde edilmesinde kullanılan yararlı bir araçtır (Khasawneh vd, 2003; Anonim, 2011; Anonim, 2019). Bu bilgiler farklı özelliklere sahip “eye tracker” da denilen göz takip cihazları aracılığıyla sağlanmaktadır.

Göz takip yönteminin tarihi incelendiğinde ilk çalışmaların 1800’lü yıllarda yapıldığı görülmektedir. Doğrudan gözlem yoluyla yapılan ilk çalışmanın ardından bir çeşit kontakt lens kullanılarak yapılan bir başka çalışmada göz hareketleri, alüminyum gösterge üzerinden incelenmiştir. 1920’li yıllarda ise okuma sırasında ve bir resmin incelenmesi sırasında gözün hareketleri gözlemlenmiştir. 1950 ve 1960’lı yıllarda özellikle odaklanma ve ilgi konularında yeni deneyler yapılmıştır (Mutlu-Bayraktar, 2014).

1980 ve 1990’lı yıllarda göz takip yöntemiyle yapılan ilgili araştırmalarda yeni bulgular bulunmuş ve bu bulgular günümüzde göz takip yöntemi çalışmalarının temelini oluşturmaktadır (Mutlu-Bayraktar, 2014). Bunun yanında göz hareketlerinin ölçümünde kolaylık olması adına göz hareketlerinin kayıtları da bu yıllar arasında alınmaya başlanmış ve kayıt sistemi üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Yıldırım ve Varol, 2016).

Günümüzde göz takip sistemi teknolojisinin uygulama alanlarına bakıldığında geniş bir yelpazeye sahip olduğu görülmektedir. Bu alanlara; pazarlama ve reklam, web sitesi tasarımı, ergonomi ve iş yeri tasarımı, insan bilgisayar etkileşimi, engellilere yardımcı uygulamalar, psikoloji, nöroloji, sanal gerçeklik ve simülatör uygulamaları örnek olarak verilebilir (İnce, 2009).

4.2. Göz Takip Cihazları

Günümüzde göz takip sistemi kapsamında yapılan araştırmalarda, araştırmanın içeriğine göre kullanılan göz takip cihazları farklılık göstermektedir. Göz takip cihazlarını temel olarak ekran temelli cihazlar ve mobil cihazlar olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür.

- **Ekran temelli cihazlar:** Bu grupta yer alan göz takip cihazları, kullanıcının karşısında yer alan, bakacak olduğu ekrana bağlı olarak kullanılır. Bu cihazlar sayesinde kullanıcının ilan, ambalaj veya ürün görselleri, videolar, web siteleri, bilgisayar oyunları gibi uyarıcılar üzerindeki göz hareketleri kaydedilerek çeşitli analizler yapılabilmektedir. Kullanılan ekranın özelliğine göre farklı tipte göz takip cihazları kullanılmaktadır (Anonim, 2014).
- **Mobil Cihazlar:** Bu gruptaki göz takip cihazları gözlük şeklinde tasarlanmıştır. Bakılan alandaki görüntüyü kaydeden bir kameraya ve göz bebeklerini takip eden bir donanıma sahiptir. Kullanımı kolay bu cihazlar sayesinde kullanıcının mağazalarda ürünleri incelerken, araç kullanırken ve çeşitli sportif aktiviteler yaparken göz hareketleri kaydedilebilmektedir (Anonim, 2014).

4.3. Göz Takip Sistemiyle Elde Edilen Veriler

Görme olayı sırasında göz sürekli olarak odaklanma (fixation) ve sıçrama (saccade) hareketi yapmaktadır. Odaklanma, gözün 100-200 milisaniye boyunca bir noktada hareketsiz kalmasıdır. Sıçrama ise iki odaklanma noktası arasında oluşan kayma hareketi olarak adlandırılmaktadır. Sıçrama süresi 10 ila 100 milisaniye arasında değişmektedir (Duchowski, 2017). Göz takip yöntemiyle yapılan çalışmalarda analiz edilen verilerin temelinde odaklanma ve sıçrama hareketleri yer almaktadır (İnce, 2009).

Göz takip sistemi ile çeşitli veriler elde edilebilmektedir. Bu veriler; odaklanma, sıçrama, bakış güzergâhı, odaklanma sayısı, odaklanma süresi, göz bebeği çapı ve sıcaklık haritalarıdır (İnce, 2009).

Elde edilen parametrelerden odaklanma sayısının yorumu incelenen konuya göre değişiklik göstermektedir. Örneğin bir resmin veya web sayfasının incelenmesi sırasında bakışların belirli bir alanda yoğunlaşması o noktanın gözlemcinin dikkatini daha çok çektiği anlamına gelmektedir. Bir başka örnek de belirli bir hedefi bulmaya yönelik olan arama çalışmalarından verilebilir. Arama çalışmalarında belirli bir alan üzerinde yoğunlaşan odaklanma sayısı, gözlemcinin o alanı tanımlayabilme sırasında yaşadığı kararsızlığı gösterebilmektedir (İnce, 2009). Toplamdaki odaklanma sayısı ise arama işleminin verimi hakkında bilgi sağlamaktadır. Bir alandaki odaklanma sayısının fazla olması arama sürecinin düşük verimle yapıldığını göstermektedir (Goldberg ve Kotval, 1999).

Elde edilen bir diğer parametre odaklanma süresidir. Belirli bir alanın incelenmesi sırasında oluşan odaklanma süresinin fazla olması ilgili alanın gözlemci tarafından tanımlanmaya çalışıldığını ve anlaşılmasının güç olduğunu ifade etmektedir (Just ve Carpenter, 1976).

Sıcaklık haritaları ise incelenen alandaki odaklanma sayısı ve odaklanma süreleri verilerinin birlikte oluşturdukları odaklanma yoğunluğunun görsel olarak ifade edilme şeklidir. Analiz sonucu elde edilen ısı haritalarında kırmızıdan açık yeşile doğru bir dereceleme sistemi mevcuttur. Gözlemcinin en çok yoğunlaştığı, görsel dikkat alanları kırmızı ile gösterilirken daha az yoğunlaştığı alanlar açık yeşil ile gösterilmektedir (Anonim, 2014).

5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Tahribatsız muayene ve yöntemleri kalite değerlendirmesinde teşkil ettiği önemden dolayı literatürde yıllardır süregelen çalışmalarda sıklıkla ele alınan bir konu olmuştur. Bu sebeple bu bölümde, yapılan çalışmada ele alınan konu ve yöntemlerle ilgili literatürde son yıllarda yapılmış güncel çalışmalara yer verilmiştir.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte literatürde mevcut olan geleneksel tahribatsız muayene yöntemlerinin yanında daha hızlı sonuçlar veren, daha az maliyetli çağdaş yöntemlerin kullanılabilirliğinin araştırılması, çalışmalarda ele alınan bir konu olmuştur. Ellenberg vd. (2016), köprü yüzeyinde meydana gelen kusurların tespit edilmesinde kullanılan tahribatsız muayene yöntemlerinin zaman alıcı olmasından dolayı trafiği önemli derecede engellemesi ve maliyetli olması gibi nedenlerle yeni bir yöntem sunmuşlardır. Çalışmalarında hem renkli hem kızılötesi kameralarla donatılmış insansız hava araçlarını kullanmışlardır. Elde edilen görüntüleri yorumlayabilmek amacıyla bir algoritma geliştirmişlerdir. Sundukları yöntemi test etmek amacıyla çeşitli yerlerinde kusurlar bulunan bir köprü modeli kullanmışlardır. Bu yöntem ile yüksek doğrulukta sonuçlar elde edilmiş olup kusurların bulunduğu bölgelerin boyutu hızlı ve etkili bir şekilde tespit edilmiştir. Bunun yanında yöntemin, kusurların oluşabileceği olası yerleri tahmin etme kabiliyetinin de olduğu ifade edilmiştir.

Tahribatsız muayene yöntemleri, malzeme yüzeyinde meydana gelen kusurların boyutu ve tipinin tespit edilebilmesinde kullanılmasının yanında bakım faaliyetlerinde de kullanılan bir tekniktir. Uludağ (2017), uçakların kritik bileşenlerinden biri olan ana iniş takımı jantlarının bakım faaliyetleri kapsamında tahribatsız muayene yöntemlerinden biri olan sıvı penetran muayene yöntemini uygulamıştır. Bu yöntem ile kusurların etkin bir şekilde tespit edilmesi mümkün olabilmektedir. Jantların sıvı penetran muayene yöntemi ile gerçekleştirilen kontrol işlemi sonucunda bir jantta korozyon ve çeşitli çatlakların olduğu saptanmıştır.

Tahribatsız muayene; üretim sonrası kalite kontrol işlemlerinde, makine parçalarının ömür belirleme çalışmalarında, güç santrallerinde, hava, kara ve deniz ulaşım sektörlerinde

yaygın olarak kullanılmasının yanı sıra tarihi eserlerdeki yapısal tahribatların ve tarihi ahşap yapılardaki yorulma ve eskimenin tespit edilmesinde de başvurulan bir muayene çeşididir.

Yalçın (2017), ülkemizin en önemli eserlerinden biri olan Ayasofya Müzesi'nde çeşitli sebeplerle zaman içinde meydana gelen yapısal hasarları tahribatsız muayene yöntemleri ile belirlemeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada, tarihi eserlerde duvar içi veya zemin altı görüntüleme yaygın olarak kullanılan tahribatsız muayene yöntemlerinden biri olan yapı radarı olarak adlandırılan GPR-CX yöntemi kullanılmıştır. Ayasofya Müzesi'nde yapı radarı yöntemi ile tespit edilen deformasyonların nedeni ise termal görüntüleme ve mikrodalga nem ölçümleri ile araştırılmıştır. Bu yöntemler sayesinde tarihi eserlerin maruz kaldığı ve kalacağı sorunlar tahribatsız muayene ile başarılı bir şekilde tespit edilebilmektedir.

İçel ve Beram (2016) ise tarihi ahşap yapılardaki yorulma ve odun yapısındaki eskimenin tespit edilmesinde uygulanabilecek tahribatsız muayene yöntemlerini ele almıştır. Bu yöntemler; gözle muayene, stres dalga yöntemi, vibrasyon yöntemi, delme yöntemi (küçük çaplı bir iğne ile), ultrasonik yöntem ve X-ray yöntemi şeklindedir.

İmalatta üretim sonrası ürünlerin gözle muayenesi her sektörde en temel ve en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Gözle muayene, operatörler tarafından yürütülen manuel bir işlem olduğundan dolayı özneliğin var olduğu bir işlemdir. Bu özneliği ortadan kaldırmak amacıyla Tout vd. (2017) jant üretim hattına yerleştirilen çok kameralı bir sistem kullanarak jantın tüm yüzeylerini incelemek için tam otomatik görsel kontrol sistemi önermişlerdir. Jantın tüm yüzeyinin homojen olarak aydınlatılması için dağınık bir aydınlatma sistemi kullanmışlardır. Hata tespiti için doğrusal parametrik model geliştirmişlerdir. Geliştirilen model her jant tipine uyarlanabilen bir modeldir. Tasarlanan bu sistem ile jant yüzeyindeki küçük kusurlar bile tespit edilebilmektedir.

Rais (2015), 1940 yılında gerçekleşen uçak kazası sonucu yapılan araştırmada kazanın tahribatsız muayene sonucu fark edilmeyen bakım hatalarından kaynaklanmasından yola çıkarak hatalı kontrollere yol açan insan faktörlerini SHELL (Software- Yazılım, Hardware- Donanım, Environment- Çevre, Liveware- Çalışanlar) adı verilen bir model kullanarak açıklamıştır. S, denetim prosedürleri, el kitapları, standartlar, kontrol listesi gibi

iş yardımcılarını; H, yardımcı alet ve ekipmanları; E, gözle muayeneyi gerçekleştiren operatörün içinde bulunduğu fiziksel ortamı; L ise kontrolü gerçekleştiren operatör ve etrafındaki çalışma arkadaşlarını belirtmektedir. Bunun yanında gözle muayenenin hatasız bir şekilde yapılabilmesi için ilgili standartlara yer verilmiştir.

Bastian vd. (2019), gözle muayene yöntemi ile araştırılan su, petrol ve doğal gaz boru hatlarındaki korozyonun tespit edilmesinde bilgisayarlı görmeye dayalı bir yaklaşım önermişlerdir. Farklı korozyon seviyelerine sahip 140.000'den fazla boru hattı görüntüsü içeren bir veri tabanı oluşturmuşlardır. Boru hatlarının korozyon seviyelerine göre görüntüleri sınıflandırmak için evrimsel sinir ağına (CNN) başvurmuşlardır. Korozyon seviyeleri, korozyonun yoğunluğuna göre korozyon yok, düşük seviye korozyon, orta seviye korozyon ve yüksek seviye korozyon olmak üzere 4 grupta sınıflandırmışlardır. Önerilen derin öğrenme yaklaşımı, boru hattında meydana gelen korozyonun tespiti için maliyet açısından etkin olmayan, boru hatlarının işleyişini kesintiye uğratan manuel muayene ve diğer görsel olmayan tahribatsız muayene yöntemlerine olan ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır.

Charles vd. (2015), kullanılmış parçaların kontrolünü gerçekleştiren bir üretim bakım tesisinde gözle muayene sırasında çeşitli iş yardımcılarının kullanımının, muayene performansını olumlu yönde etkilediğini göstermiştir. Kontrol edilen parçalar hâlihazırda kullanılmış olduğundan aşınma ve kirden dolayı kusurların doğru bir şekilde tespit edilmesi, üretim sırasındaki kontrol işlemleriyle karşılaştırıldığında daha karmaşık olabilmektedir. Yapılan görevlerin iyi bir şekilde analiz edilebilmesi için hiyerarşik görev analizi yaklaşımı seçilmiştir. Verilerin toplanmasında gözlem ve kontrolü yapan personel ile görüşme yöntemi kullanılmıştır. Yapılan gözlemler ve görüşmeler sonrasında iş yardımcılarını olarak adlandırılan görevle ilgili muayene kılavuzlarının kullanımı, personellerin arama aşamasında sistematik bir yaklaşım benimsemelerini sağlamıştır. Ortak bir yaklaşım, gözle muayene işleminde öznellikten kaynaklanan hataları azaltarak muayene sürecinin iyileştirilebileceğini göstermektedir.

Döküm parçalar, sahip olduğu düşük ağırlık ve mekanik özelliklerinden dolayı imalat endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Zamanla döküm parçaların yüzeyinde ve iç kısmında çeşitli kusurlar oluşabilmektedir. Parçaların iç kısmındaki kusurların tespit edilmesinde tahribatsız muayene yöntemlerinden radyografik muayene yöntemi yaygın

olarak kullanılmaktadır. Döküm parçalardaki kusurların gözden kaçması ise çeşitli olumsuz sonuçlara sebep olabilmektedir. Zhao vd. (2015), radyografik muayene sonucu elde edilen filmin incelenmesi sırasında kusurların gözden kaçırılmasının önüne geçmek amacıyla otomatik bir kusur algılama sistemi geliştirmişlerdir. Yöntemi test etmek amacıyla döküm parçalarda yaygın olarak görülen çatlak, gözeneklilik, büzülme gibi kusurları içeren radyografik filmler kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar, önerilen otomatik kusur algılama sisteminin döküm hatalarının tespitinde ve sınıflandırılmasında iyi bir performans sergilediğini göstermektedir.

Peters vd. (2013) yaptıkları bir çalışmada döküm yüzeylerin gözle kontrolü sırasında kontrolü gerçekleştiren personelin muayene performansını etkileyen çeşitli faktörleri araştırmışlardır. Bu faktörler, personelin parçaları etkili bir şekilde incelemesini ve parçaların kabul edilebilir olup olmadığı kararının verilmesini etkilemektedir. Benzer nesnelere eşleştirme testini kullanarak personellerin kontrol sırasındaki bilişsel süreçleri incelenmiştir. Toplanan veriler analiz edildiğinde uygulanan testin, personellerin bilişsel yeteneklerinin ve gözle muayene performanslarının değerlendirilmesinde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yanında geliştirilen bir göz takip cihazı yardımıyla personellerin kusur arama stratejileri gözlemlenmiştir. Bu sayede personelin muayene performansını etkileyen, iyileştirme yapılabilecek çeşitli faktörler tespit edilmiştir.

Literatürde farklı sektörlerde tecrübeli ve acemi kalite kontrol personellerinin ilgili görevleri yerine getirirken izledikleri yöntemlerin farklılıklarının araştırıldığı çalışmaları görmek mümkündür. Bu çalışmalardan bazıları izleyen şekilde özetlenmiştir:

Bruder ve Hasse (2019), havacılık sektöründe otomatik sistemlerin izlenmesi sırasında tecrübeli pilotlar ve hava trafik kontrolörleri ile işe yeni başlayan acemi personeller arasındaki izleme davranışındaki farklılıklara odaklanmışlardır. Çalışmalarında LC Technologies tarafından üretilen göz takip cihazını kullanmışlardır. 21 uzman ve 33 acemi personelin katılım sağladığı simülasyon aracında gerçekleştirilen çalışmada uzmanlar ve acemiler arasında izleme davranışlarında önemli farklılıklar tespit edilmiştir.

Anderson ve Stone (2015) çalışmalarında, deneyimli ve acemi kaynak operatörlerinin mevcut becerilerini değerlendirmek amacıyla kaynak simülatörü

kullanmışlardır. Kaynak operasyonunda belirlenen beş parametre bazında performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Deneyimli operatörler sahip oldukları bilgi ve beceri sayesinde yüksek bir başarı elde ederken acemi operatörlerde bu başarı seviyesi daha düşük seviyede kalmıştır. Kaynak operasyonunun zorluk derecesinin artması ise acemi personellerin yanında deneyimli personellerin de muayene performansında bir düşüşe sebep olmuştur. Çalışma sonunda, endüstride yüksek kalitede kaynak sağlamak için kaynak operatörlerinin eğitilmesinde sanal gerçeklik simülatörlerinin kullanılabileceği önerilmiştir.

Rebsamen vd. (2010), optik endüstrisinde gözlük camlarının kalite kontrolünün doğru bir şekilde yapılabilmesi için bir eğitim programı tasarlamayı amaçlamışlardır. 18 katılımcının katılım sağladığı araştırmada her bir katılımcı 50 adet gözlük camını kontrol etmiştir. Bu parçalardaki kusurlar kabul edilebilir, kabul edilemez ve kusur yok şeklinde sınıflandırılmıştır. Uzman ve acemi personellerin kusurları bulma süreleri kayıt altına alınarak arama ve karar verme aşamasındaki bilişsel süreçler incelenmiştir. Analiz sonucunda uzman personellerin acemi personellere göre kusurları bulma süresi ve kusurları tanımlayabilme performanslarının daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Crundall (2016) yaptığı bir çalışmada, trafikte tehlikeli bir durum karşısında deneyimli ve acemi sürücülerin verdikleri tepkilerin farklılığını bir dizi deney yaparak araştırmıştır. Deneyimli ve acemi sürücülere trafikte meydana gelebilecek çeşitli olayların yer aldığı video klipler izletilmiştir. Durum farkındalığı değerlendirme tekniğine dayalı tehlike algılama testi yardımıyla sürücülerin tehlikeyi öngörme eylemini gerçekleştirme performansı çeşitli deneylerle analiz edilmiştir. Yapılan deneylerde deneyimli sürücülerin daha iyi bir performans gösterdiği, tehlike tahmini konusunda daha az çaba harcadığı ve tehlikeli durum karşısındaki tepki sürelerinin acemi sürücülere kıyasla daha kısa olduğu gözlemlenmiştir.

Göz takip sistemi teknolojisi, göz hareketlerinin insan düşüncesini yansıtabilmesi ve kullanımının kolay olması gibi nedenlerle literatürde farklı alanlarda yapılan pek çok çalışmanın konusu olmuştur.

Li vd. (2019), şantiyelerde yaygın olarak kullanılan hafriyat makinası, vinç, kamyon gibi inşaat ekipmanlarının kullanımı sırasında operatörlerin tehlike tespit etme kabiliyetini

göz takip sistemi teknolojisiyle araştırmışlardır. Uzun süreli ve monoton çalışmanın bir sonucu olarak ortaya çıkan zihinsel yorgunluk, operatörlerin dikkat eksikliğinden kaynaklanan tehlike tespit etme kabiliyetinin azalmasına neden olmaktadır. Bu da ciddi kazalara sebep olabilmektedir. 12 katılımcının yer aldığı deneyde hafriyat makinesi simülatörü kullanılmıştır. Göz takip cihazı yardımıyla her bir katılımcının göz kırpma sayıları, gözün odaklandığı yerler ve göz bebeği çapı değişimi kayıt altına alınmıştır. Zihinsel yorgunluğun ölçümü için NASA-TLX ve uyanıklık halinin tespiti için Stanford Uykululuk Ölçeği kullanılmıştır. Analiz sonuçları; zihinsel yorgunluğun artmasıyla katılımcıların tehlike tespit etme kabiliyetleri azalmasının gözün odaklandığı bölgelerin dağılımı ile ilişkili olduğunu, giyilebilir göz takip sistemi teknolojisinin zihinsel yorgunluğu ve tehlike tespit etme yeteneğini etkin bir şekilde ölçmede kullanılabileceğini göstermektedir. Bunun yanında kaydedilen göz hareketleri, kazaları azaltmak için etkili güvenlik müdahaleleri ve güvenlik eğitimi yöntemleri geliştirmek için önemli bilgiler sağlamaktadır.

McLaughlin vd. (2017), göz takip sistemi teknolojisini kullanarak radyografi bölümü öğrencileri, radyografi uzmanları ve radyografi raporlama uzmanları tarafından radyografik filmin yorumlanma performansını araştırmışlardır. Göz hareketleri Tobii X60 göz takip cihazı kullanılarak kayıt altına alınmıştır. Her bir katılımcı tarafından görüntü yorumlanması sırasında kaydedilen ses kayıtları ve göz hareketleri bilişsel süreçler hakkında bilgi sağlamıştır. Sonuçlar analiz edildiğinde, raporlama uzmanlarının karar verme sürelerinin öğrencilere kıyasla daha kısa olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Göz takip cihazıyla elde edilen ortalama odaklanma sayısı, ortalama odaklanma süresi, ilgili alanda (AOI) odaklanma sayısı metrikleri ve oluşturulan sıcaklık haritaları radyografik film yorumlamada yetkinliğin ve izlenen arama stratejisinin iyi bir göstergesidir.

Lever vd. (2019) ise göz takip sistemi teknolojisini turizm sektöründe kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada turistlerin seyahat rehberini okuma davranışlarındaki değişkenlik Tobii Pro Glassess 2 göz takip cihazı yardımıyla araştırılmıştır. 22 turistin katılım sağladığı çalışmada gözün ilk odaklanma zamanı, toplam odaklanma sayısı, toplam odaklanma süresi verileri analiz edilmiştir. Kaydedilen göz hareketleri sonucu sıcaklık haritaları oluşturulmuş ve turistlerin dikkatini en çok çeken yerler saptanmıştır. Analizler

sonunda seyahat rehberlerinin daha dikkat çekici olması için çeşitli düzenlemeler yapılmıştır.

Ülkemizde ise göz takip sistemi teknolojisi genellikle pazarlama, eğitim ve web sitesi tasarımı alanlarında kullanılarak çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları izleyen şekilde özetlenmiştir.

Sözel veri işleme, hafıza, dikkat, sosyal biliş ve karar verme süreçlerinde kullanılabilen göz takip sistemi teknolojisi güçlü bir nöropazarlama tekniği olarak kabul edilmektedir. Göz takip sistemi ile elde edilen, bireyin nereye ne kadar süre odaklandığı bilgisi sayesinde tüketicilerin satın alma sürecinde izledikleri yollar görülebilmekte ve bu durum daha etkin bir pazarlama stratejisi benimsenmesine fayda sağlamaktadır. Pazarlamada önemli bir yere sahip olan reklamlara yönelik dikkatin araştırıldığı bir çalışmaya katılan 20 katılımcının her birinden, Gazepoint GP3 HD Eye Tracker göz takip cihazı ile odaklanma sayısı, izlenen yol haritası ve sıçrama verileri elde edilmiştir. Verilerin analizi sonucunda reklamların dikkat düzeyini arttırdığına ve katılımcıların kullanılan markalar üzerinde daha çok odaklandıkları bilgisine ulaşılmıştır (Yaman vd., 2018).

Göz takip sistemi kullanılarak yapılan bir diğer çalışmada sesli ve sessiz okuma sürecindeki göz hareketlerinin kaydedilip okuma becerisinin işleyişi ve niteliği hakkında doğrudan veri elde etmek amaçlanmıştır. Çalışmaya 48 öğretmen adayı katılmıştır. Her bir katılımcıdan 472 kelimelik bilgilendirici türde bir metnin önce sesli sonra sessiz olarak okunması istenmiş ve göz hareketleri SMI marka göz takip cihazıyla kaydedilmiştir. Yapılan analizler sonucunda göz kırpma sayısı ve süresi, odaklanma ve sıçrama süreleri sesli okuma sırasında sessiz okumaya kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Sesli okumada kaybedilen zamanın sebebi ise gözün metnin ilgili yerlerine daha çok odaklanması olarak belirlenmiştir (Baştuğ vd., 2019).

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte hemen hemen çoğu kuruluş verilerini elektronik ortama taşıyarak bilgiye erişimi kolaylaştırmayı ve ulaşılabilirliği arttırmayı amaçlamıştır. Bunun yanında tasarlanan web tabanlı sistemler ile zamandan tasarruf da edilmektedir. Göz takip sistemi teknolojisi, tasarlanan web sitelerinin kullanılabilirliğini araştırmak için tercih edilen bir yöntem olmuştur. Bu amaçla Bayraktar (2017) yaptığı bir çalışmada eğitim

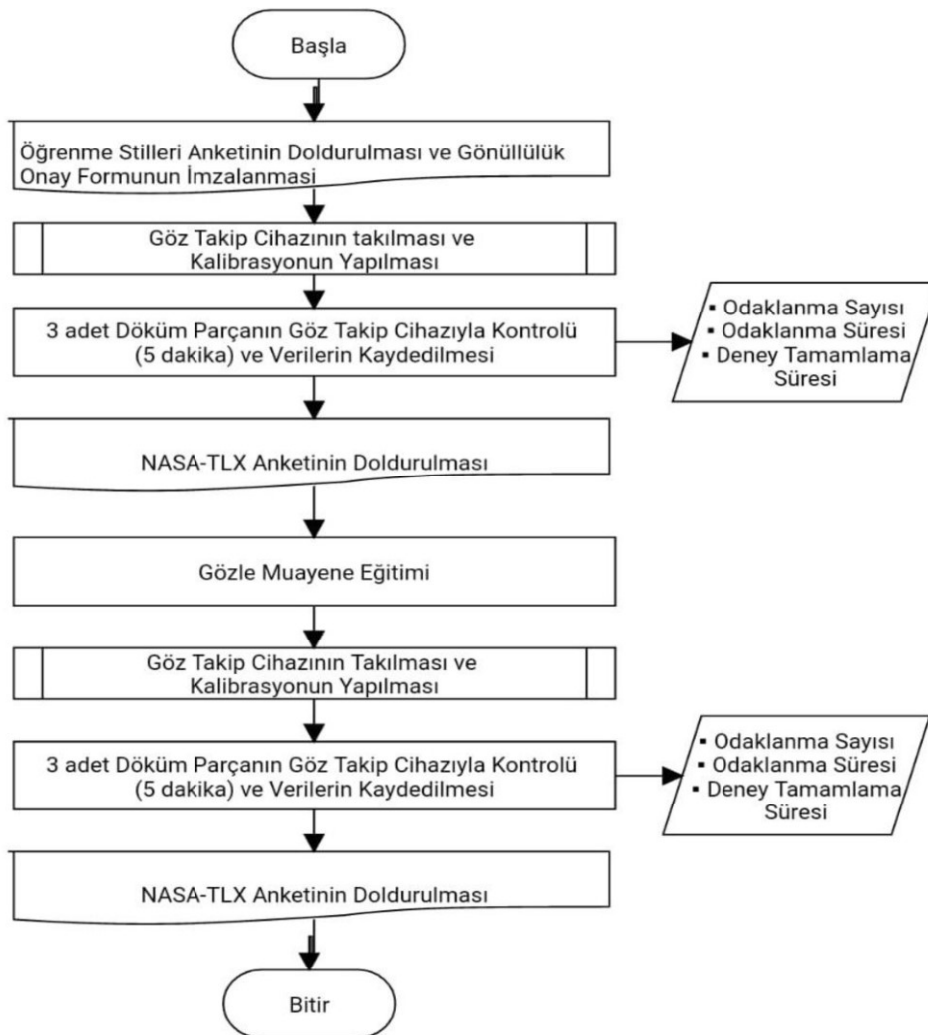
yönetim bilgi sistemi olan e-Okul sistemini ele almıştır. Daha önce bu siteyi kullanmamış, farklı bölümlerden seçilen 10 öğretmenden belirlenen bazı görevleri yerine getirmesi istenmiş ve göz hareketleri göz takip cihazıyla kaydedilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde e-okul bilgi sisteminin kullanılabilirliğini arttırmak için mevcut sayfa menülerinin ve buton isimlerinin gerçekleştirilen işlemlere uygun hale getirilmesi için çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

6. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde; deney uygulama adımları, çalışmada kullanılan döküm parçalar, çalışmanın örnekleme, çalışma ortamı, veri toplama araçları, verilerin analizi başlıkları altında araştırmanın materyal ve yöntemi üzerinde durulmuştur.

6.1. Deney Uygulama Adımları

Deneyin adımlarını özetleyen akış şeması Şekil 6.1' de sunulmuştur.



Şekil 6.1. Deney akış şeması

6.1.1. Hazırlık aşaması

Deney sırasında, göz takip cihazı kullanımından rahatsızlık duyan ya da herhangi başka sebeplerle deneyden ayrılmak isteyen katılımcılar istedikleri anda deneye son verebileceklerine ilişkin bilgilendirilmiştir. Çalışma tamamen gönüllük esasına dayanmaktadır. Her katılımcı tarafından bilgilendirilmiş gönüllü olur formu (Ek Açıklama - D) imzalanmıştır. Gönüllü olur formunu imzalayan katılımcılardan ilk olarak öğrenme stillerini belirleyebilmek için öğrenme stilleri anketi doldurmaları istenmiştir. Katılımcılar daha sonra kendilerine tahsis edilen saatte laboratuvara gelip teker teker deney odasına alınmıştır. Deneye başlamadan önce her bir katılımcıya ne yapacağı anlatılmıştır. Deneyde, masada bulunan 3 adet döküm parçayı göz takip cihazıyla, gerektiğinde yardımcı ekipmanları da kullanarak kontrol etmesini ve bulabildiği kusurları sesli olarak söylemesi gerektiği anlatılmıştır.

6.1.2. Deney aşaması

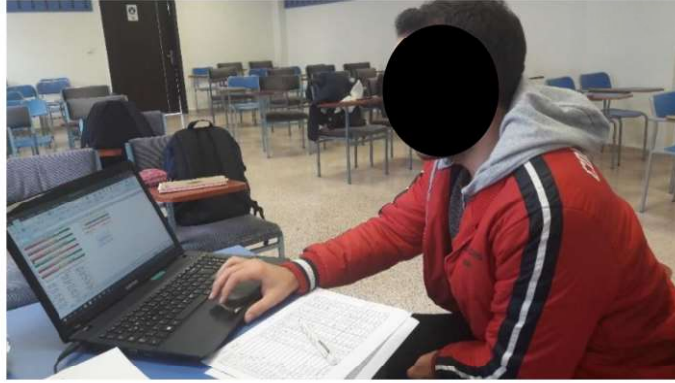
Deney 25°C oda sıcaklığında ve aydınlatma düzeyi 250 lüks olan laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Göz takip cihazı Tobii-Pro Glasses-2, katılımcılar tarafından, gerekli durumlarda araştırmacının da yardımıyla, kolayca takılmıştır. Göz takip cihazını yönlendirmek amacıyla cihazın tabletle bağlantısı aktif hale getirilmiştir. Göz hareketlerinin doğru şekilde tespit edilebilmesi için cihazın kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir. Kalibrasyon işlemi tamamlandıktan sonra kayda başlanmıştır ve her bir katılımcının üç adet döküm parçayı kontrol etmeleri sırasında göz hareketleri ve parçalardaki kusurlar hakkındaki sesli yorumları cihaz tarafından kaydedilmiştir. Şekil 6.2' de deney aşamasından bir görüntü sunulmuştur.



Şekil 6.2. Deney aşamasında olan bir katılımcı

6.1.3. Deney sonrası

Her bir katılımcıya gözle muayene işlemini tamamladıktan sonra NASA-TLX anketi uygulanmıştır (Şekil 6.3). Katılımcının ankette cevapladığı sorular sonucunda elde edilen puan sayesinde gözle muayene sırasında kusurları bulmaya çalışırken zihinsel olarak ne kadar zorlandığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Bunun yanında katılımcıya, sözlü olarak, farklı zorluk derecelerinde kusurlara sahip olan döküm parçaların hangisindeki kusuru bulmaya çalışırken daha çok zorlandığı sorusu yöneltmiştir. Cevaplar her bir katılımcının NASA-TLX skorlarının kaydedildiği çizelgede ilgili yere not edilmiştir.



Şekil 6.3. Deney sonrası NASA-TLX Anketini dolduran katılımcı

6.1.4. Tahribatsız muayene eğitimi

Eğitim öncesi kendilerine tanımlanan görevleri yerine getiren katılımcılar sırasıyla gözle muayene eğitiminin verileceği amfiye geçmiştir. Bu eğitimin amacı; öğrencilerin gözle muayene yöntemi hakkında teorik bilgi sahibi olmalarını sağlamak ve gözle muayene yöntemini uygulayabilmeleri için gerekli alt yapıyı oluşturmaktır. Eğitim, uzmanlar tarafından 60 dakika boyunca slaytlardan yararlanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tahribatsız muayene eğitimi kapsamında;

- Tahribatsız muayenenin önemi,
- Tahribatsız muayene yöntemleri,
- Gözle muayenenin önemi ve diğer yöntemlerle ilişkisi,
- İlgili kalite standartları,

- Çeşitli kaynak, döküm, dövme hataları,
- Gözle muayene sırasında ortamın özellikleri ve bakış açısının önemi,
- Gözle muayene sırasında kullanılan ekipmanlar,
- Gözle muayene sonucunun raporlanması,

başlıklarına değinilmiştir.

6.1.5. Tahribatsız muayene eğitimi sonrası

Gözle muayene eğitiminden sonra katılımcılar yine kendilerine tahsis edilen saatte İşbilim Laboratuvarı'na gelmişlerdir ve teker teker deney odasına alınmışlardır. Göz takip cihazının kalibrasyonu ile başlayan deney eğitim öncesi adımlar tekrarlanarak sona ermiştir.

6.2. Materyal

Göz takip cihazı kullanılarak gerçekleştirilen kontrol işlemi sırasında, katılımcılardan belirli bir süre içinde (5 dakika) 3 adet döküm parçayı kontrol etmeleri ve parçalardaki kusurları bulmaları istenmiştir. Deneyde kullanılan döküm parçalar Orta Doğu Teknik Üniversitesi Tahribatsız Muayene Merkezi'nin gözle muayene eğitimi sırasında kullandığı eğitim parçalarıdır. Bu parçalar Şekil 6.4' te sunulmuştur.



(a)



(b)

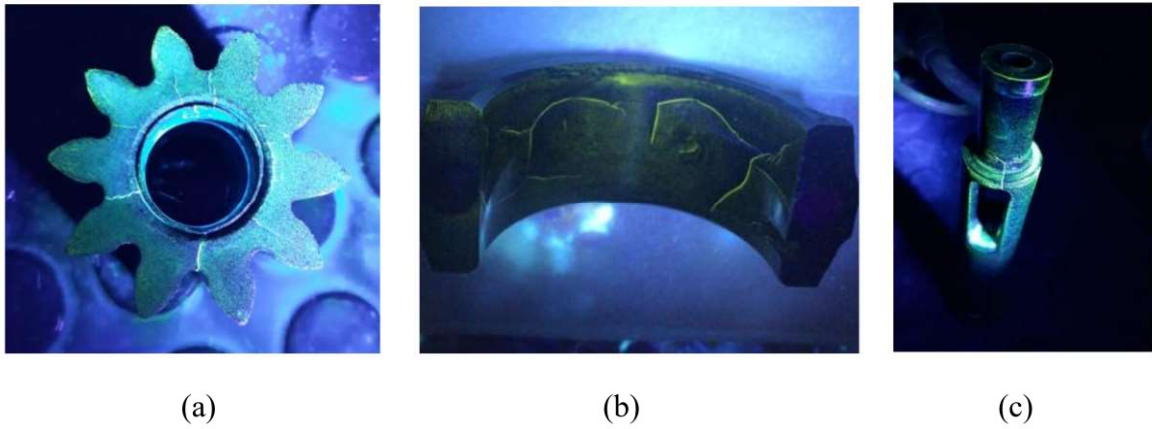


(c)

Şekil 6.4. (a) Kusurlu parça 1, (b) Kusurlu parça 2, (c) Kusurlu parça 3

Döküm parçalarda tek tip kusur (çatlak) bulunmakta ve kusurların tespit edilmesinin zorluk dereceleri parçadan parçaya farklılık göstermektedir. 1. Parçaya ait kusur, herhangi bir yardımcı ekipman kullanılmadan ilk bakışta fark edilebilir bir kusurdur ve bu nedenle “kusur tipinin belirlenmesi kolay olan parça” olarak tanımlanmıştır. 2. Parçada yer alan kusurun belirlenebilmesi 1. Parçaya kıyasla daha çok dikkat gerektirdiği için 2. Parça “kusur tipinin belirlenmesi zor olan parça” olarak tanımlanmıştır. 3. Parçada bulunan kusur ise ilk bakışta fark edilmeyen, ancak ve ancak yardımcı ekipmanlar kullanılarak belirlenebilen bir kusur olduğu için “kusur tipinin belirlenmesi çok zor olan parça” olarak tanımlanmıştır.

Döküm parçalardaki kusurların daha net görülebilmesi için parçalara Orta Doğu Teknik Üniversitesi Tahribatsız Muayene Merkezi’nde manyetik parçacık testi uygulanmıştır. Tahribatsız muayene yöntemlerinden biri olan manyetik parçacık testiyle malzemenin yüzeyinde ve yüzeye yakın bölgelerinde meydana gelen çatlaklar, katlanmalar, kaynak hataları ve boşluk hataları başarıyla analiz edilebilmektedir (Anonim, 2017). Parçalardaki kusurlar Şekil 6.5’ te görülmektedir.



Şekil 6.5. Manyetik parçacık testi sonunda elde edilen görüntüler (a) Parça 1, (b) Parça 2, (c) Parça 3

6.3. Çalışmanın Örnekleme

Çalışmalarda, çalışma sonuçlarının doğruluğunun yüksek olması için uygun örneklem sayısının belirlenmesi oldukça önemlidir. Göz takip cihazıyla yapılan çalışmalarda cihazın maliyetinin yüksek olması, deney sırasında sadece tek bir katılımcı tarafından takılabilmesi ve verilerin analiz sürecinin zaman alıcı olmasından dolayı örneklem sayısının

belirlenmesi hususunda birtakım temel standartlar oluşturulmuştur (Bojko, 2013). Bu standartlara göre, çalışma sonuçlarının doğruluğunun %80 oranında olması ve okuma / web sayfası analizi gibi statik bir çalışma yapılmak istendiğinde örneklem sayısının en az 14; çalışma sonuçlarının doğruluğunun %90 oranında olması istendiğinde ise örneklem sayısının en az 21 olması gerekmektedir. Göz hareketlerinin art arda olduğu ve odaklanma noktalarının incelendiği çalışmalarda ise doğruluk oranının %80 oranında olması ve tekrar eden bir çalışma yapılmak istendiğinde örneklem sayısının en az 21; doğruluk oranının %90 oranında olması istendiğinde ise örneklem sayısının en az 34 olması gerekmektedir (Şenduran, 2019).

Çalışma; Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde 2018- 2019 Eğitim-Öğretim yılında öğrenimine devam eden, çalışmanın içeriği hakkında bilgi verildikten sonra gönüllü olarak katılım sağlayacaklarını bildiren, sağlıklı, toplam 25 (18 kız 7 erkek) öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Öğrencilerin demografik özelliklerindeki farklılıklardan meydana gelebilecek değişiklikleri ortadan kaldırmak için yaşları 20 ile 25 arasında değişen, temel imalat bilgisinin kazandırılması amaçlanan İmalat Süreçleri dersini almakta olan 3. Sınıf öğrencileri seçilmiştir.

6.4. Çalışma Ortamı

Deney, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.6).



Şekil 6.6. Deney ortamı

Tahribatsız muayene ile ilgili eğitim ise, Endüstri Mühendisliği Bölümü amfisinde uzmanlar tarafından, tahribatsız muayene ve yöntemleri hakkında, 60 dakika süresince slaytlardan yararlanılarak anlatım şeklinde gerçekleştirilmiştir.

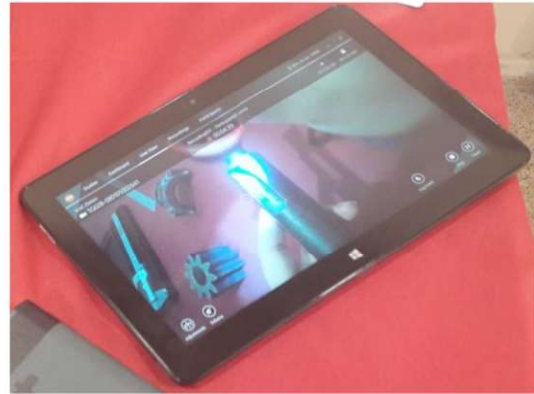
Eğitim öncesi ve eğitim sonrası deneyler 09:15 – 16:00 saatleri arasında yapılmıştır. Katılımcılar kendilerine tahsis edilen saatte ve her bir katılımcı için tanımlanan 5 dakikalık sürede laboratuvarında görevlerini tamamlamışlardır.

Laboratuvarında bulunan cihazlar;

- **Göz takip cihazı, tablet ve kayıt ünitesi:** Göz takip cihazı katılımcının görevini gerçekleştirdiği süre boyunca göz hareketlerini kaydederek nereye, ne kadar süre ve kaç kere baktığı hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar. Cihaza Ethernet bağlantısıyla (kablosuz veya kablolu) bağlanan tablet göz takip cihazını kontrol etmeyi ve kaydedilmiş göz takip verilerini görüntülemeyi sağlar. Kayıt ünitesi ise göz takip cihazına HDMI kablosuyla bağlıdır. Kayıt ünitesi verileri SD hafıza kartına kaydeder. Bunun yanında batarya da kayıt ünitesinde yer almaktadır (Şekil 6.7).



(a)



(b)

Şekil 6.7. a) Göz takip cihazı (Tobii Pro Glasses-2) ve kayıt ünitesi, b) Tablet

- **Çok fonksiyonlu çevresel faktörler ölçüm cihazı:** Gözle muayene sırasında incelenen yüzeyin iyi aydınlatılmış olması gerekmektedir. BS-EN 970 standardına göre aydınlatma şiddeti en az 350 lx olmalıdır. Aydınlatma şiddetinin 500-1000 lx

aralığında olması önerilmektedir. Ortam şartlarını belirlemek için kullanılan çok fonksiyonlu çevresel faktörler ölçüm cihazı Şekil 6.8’ de sunulmuştur.



Şekil 6.8. Çok fonksiyonlu çevresel faktörler ölçüm cihazı

- **Gözle kontrol sırasında kullanılacak yardımcı ekipmanlar:** Deney odasında katılımcının görevlerini gerçekleştireceği masada gözle kontrol işlemi sırasında kullanılabilen ışık şiddeti ayarlanabilen el feneri, hassas ölçüm yapmaya yarayan dijital kumpas, cetvel ve büyüteç bulunmaktadır. Yardımcı ekipmanlar ve deney parçaları Şekil 6.9’ da sunulmuştur.



Şekil 6.9. Yardımcı ekipmanlar ve deney parçaları

6.5. Veri Toplama Araçları

- **Öğrenme Stilleri Anketi:** Katılımcıların görsel, işitsel, mantıksal vb. olarak tanımlanmış öğrenme stillerinden hangisine daha yatkın olduklarının belirlenmesi için uygulanmıştır (Ek Açıklama-B). Katılımcıların öğrenme stillerini belirleyebilmek için 70 soru yer almaktadır. Öğrenciler sorulara 0-1-2 (0: Hayır - 1: Kısmen - 2: Evet) şeklinde puanlar vererek en sonunda toplam bir puan elde edilmiştir. En fazla puana sahip öğrenme şekli öğrencinin öğrenme stilini göstermektedir. Bir öğrencinin sorulara verdiği cevaplar ve anket sonucu Şekil 6.10’da yer almaktadır. Anket sonucuna göre öğrencinin baskın öğrenme stili görsel öğrenmedir.

1							2
2					1		
3			0				
4					2		
5							1
6						2	
7			2				
8	2						
9							2
10					0		
11	2						
12							0
13						2	
14							0
15		1					
16					2		
17							0
18						2	
19				2			
20						0	
21			1				
22					2		
23						0	
24				2			
25		1					
26				2			
27							2
28			1				
29	2						
30		0					
31					0		
32	0						
33			1				
34				0			
35		2					
Total	6	6	7	6	7	8	5
36						0	
37							1
38	0						
39		0					
40							0
41						1	
42				1			
43	1						
44		0					
45					1		
46							1
47				1			
48		0					
49						1	
50							1
51				1			
52	1						
53					1		
54							1
55				1			
56					1		
57	1						
58						0	
59	1						
60				0			
61					0		
62							0
63		1					
64							1
65	1						
66					1		
67							1
68						2	
69	2						
70							1
Total	6	2	5	5	4	1	4

Genel Toplam	Görsel	Sözel	İşitsel	Kineste tik	Mantıksal	Sosyal	Bireysel
	12	8	8	11	11	9	9

Şekil 6.10. Örnek öğrenme stilleri anketi sonucu

- **Göz Takip Cihazı Kayıtları:** Çalışmada katılımcıların göz hareketlerini kaydetmek için Tobii-Pro Glasses-2 göz takip cihazı kullanılmıştır. Kaydedilen verilerin analizinin yapılabilmesi için veri çıktıları Tobii-Pro Lab Analyzer 1.102.16417 yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Bu cihaz yardımıyla bir katılımcının döküm parçaları kontrolü sırasında gözün nerelere odaklandığı, odaklanma sayısı (number of fixation), odaklanma süresi (duration of fixation), deney tamamlama süresi (duration of experiment) gibi parametreler kaydedilmiştir. Bunun yanında katılımcıların döküm parçaları kontrolü sırasında yaptığı sesli yorumlar da göz takip cihazı tarafından kayıt altına alınmıştır.
- **NASA-TLX Anketi:** Her bir katılımcıya tamamladığı deney sonrasında NASA-TLX anketi uygulanmıştır (Ek Açıklama-C). NASA-TLX anketi iki kısımdan oluşmaktadır. Katılımcının zihinsel ve fiziksel zorlanmasını ölçmek amacıyla ilk kısımda yer alan “zihinsel zorlanma, fiziksel zorlanma, zaman baskısı, performans düzeyi, çabalama düzeyi ve gerginlik” olarak ifade edilen altı faktörün her biri, katılımcılar tarafından 0 ile 100 arasında puanlandırılmıştır. İkinci kısımda ise bu altı faktör ikili olarak karşılaştırılmaktadır. Toplamda 15 tane ikili karşılaştırma yer almaktadır. Katılımcılar, ikili karşılaştırmalarda yer alan faktörlerden hangisinin, parçaların kontrolü sırasında kendisini daha çok zorladığını işaretlemiştir. Her bir faktörün ağırlığı ise, ilgili faktörün işaretlenme sayısının, toplam ikili karşılaştırma sayısına bölünmesiyle elde edilmektedir. İlk kısımda her bir faktöre ait elde edilen puanlarla ikinci kısımdan elde edilen ağırlıkların çarpılıp toplanmasıyla ağırlıklı zihinsel zorlanma skoru elde edilmektedir.

Ağırlıksız NASA-TLX (NASA-RTLX olarak ifade edilir) skoru ise, her bir faktörün ağırlığı eşit kabul edilerek ilk kısımdan elde edilen puanların 6'ya (faktör sayısı) bölünmesi sonucu elde edilmektedir. Bu anket sonunda elde edilen skor sayesinde katılımcıların, tanımlanan gözle muayene görevi sırasında zihinsel ve fiziksel olarak ne kadar zorlandıkları tespit edilmiştir.

6.6. Veri Analizi

Araştırma sonunda; öğrenme stilleri anketi sonuçları, NASA-TLX anketi sonuçları, odaklanma sayısı (number of fixation), odaklanma süresi, kusurlara odaklanma sayısı verileri ve sıcaklık haritası çıktıları elde edilmiştir.

Verilerin analizi aşamasında ilk olarak SD hafıza kartına kaydedilen göz takip cihazı verileri bilgisayara aktarılıp Tobii Pro Lab Analyzer programı yardımıyla veriler görüntülenmiştir. Kayıtlar araştırmacı tarafından tekrar izlenip katılımcıların sesli yorumları not alınmıştır. Her bir katılımcının her bir kusurlu parçayı hangi zaman aralığında kontrol ettiği program üzerinde tanımlanmıştır.

İlgili alan (Areas of interest (AOI)) göz takip sisteminde kullanılan bir analiz yöntemidir. Bu analizde sadece tanımlanan ilgili alana giren göz hareketleri analiz edilmektedir. İlgili alan modülü yardımıyla döküm parçalardaki kusurlu alanlar tanımlanmıştır. Bu alanlara yapılan odaklanma sayısı, katılımcıların bu alanlara verdiği önemi belirtmektedir. Tanımlanan kusurlu alanlar Şekil 6.11’ deki gibidir.



Şekil 6.11. AOI (Areas of interest) modülüyle kusurlu alanların tanımlanması

Eğitim öncesi ve eğitim sonrası göz takip cihazıyla elde edilen veriler arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı ise SPSS 25.0 programı kullanılarak analiz edilmiştir.

7. BULGULAR VE TARTIŞMA

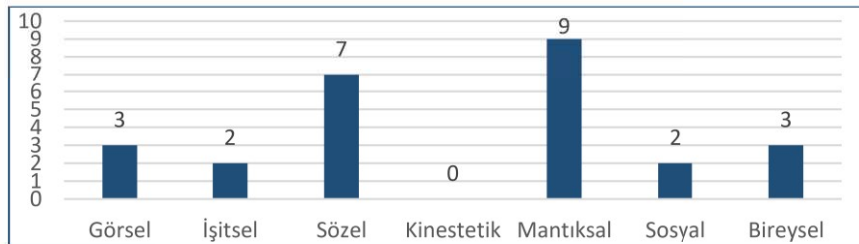
25 katılımcı ile gerçekleştiren deneyde 23 katılımcının verileri analiz edilmiştir. İki katılımcının göz hareketleri göz takip cihazı yardımıyla tam olarak algılanmadığı için değerlendirmeye alınmamıştır. Bu bölümde, belirlenen amaçlar doğrultusunda gerçekleştirilen deneylerde elde edilen verilerin analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

7.1. Öğrenme Stilleri Anket Sonuçları

Her insanın bilgiyi alma ve öğrenme sürecinde izlediği yol farklıdır. 7 farklı öğrenme stili vardır:

- **Görsel:** Resim, şema, diyagram gibi görsel materyalleri tercih ederler.
- **İşitsel:** Dinleyerek öğrenirler.
- **Sözel:** Kelimeleri kullanmayı ve yazılı ifadeleri tercih ederler.
- **Kinestetik:** Dokunarak, hissetme duygusunu kullanarak öğrenirler.
- **Mantıksal:** Mantık yürüterek, olaylar arasında ilişki kurarak öğrenirler.
- **Sosyal:** İnsanlarla birlikte çalışmayı severler.
- **Bireysel:** Tek başlarına çalışmayı tercih ederler (Anonim, 2020).

Katılımcıların öğrenme stilleri Ek Açıklama-B’de yer alan 70 sorudan oluşan anket yardımıyla belirlenmiştir. Öğrencilere ait anket sonuçları Şekil 7.1’deki gibidir. Birden fazla öğrenme stiline sahip olan öğrenciler, sahip oldukları öğrenme stilleri grubuna ayrı ayrı dâhil edilmiştir. Örneğin, öğrenme stili görsel-mantıksal olarak belirlenen öğrenci hem görsel hem mantıksal öğrenme stili grubunda yer almaktadır.



Şekil 7.1. Katılımcıların öğrenme stilleri

Şekil 7.1’ deki grafikte görüldüğü gibi öğrencilerin yaklaşık %40’ı mantıksal öğrenme stiline sahiptir. Mühendislik öğrencilerine uygulanan bu ankette mantıksal öğrenme stilinin çıkması beklenen bir sonuçtur. Bu öğrenme stiline sahip olan bireyler soyut ve kavramsal olarak düşünüp mantık yürütme becerilerine sahiptir. Sebep-sonuç ilişkisi kurma yetenekleri gelişmiştir. Bilişsel düşünme gerektiren deneylere katılmayı severler. Daha önceki bilgileriyle yeni öğrendikleri bilgiler arasında bağ kurarlar (Anonim, 2018). Bu gibi sebeplerle slaytlardan yararlanılarak anlatım şeklinde verilen gözle muayene eğitiminde öğrencilerin bilgiyi edinme sürecinde çok zorlanmadıkları varsayılmıştır.

7.2. Göz Takip Cihazı ile Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

Gözle muayene eğitiminden önce ve sonra göz takip cihazıyla elde edilen “ortalama odaklanma süresi”, “toplam odaklanma sayısı”, “kusurlara odaklanma sayısı” verileri eğitimden önce ve eğitimden sonra olmak üzere iki farklı gruba ayrılmıştır. Amaç, tahribatsız muayene eğitiminin faydalı olup olmadığını tespit etmektir. Yani eğitim öncesi ve eğitim sonrası ölçümler arasındaki farkın anlamlı olup olmadığı araştırılmaktadır.

Kusur zorluk dereceleri farklı olan parçalar, analizlerde kolaylık olması açısından parça 1, parça 2 ve parça 3 olarak isimlendirilmiştir. Parça 1, kusur tipinin belirlenmesi kolay olan parçaya; parça 2, kusur tipinin belirlenmesi zor olan parçaya; parça 3, kusur tipinin belirlenmesi çok zor olan parçaya karşılık gelmektedir.

7.2.1. Göz takip cihazı verilerinin normallik testleri

İlk olarak eğitim öncesi ve eğitim sonrası verilerin farklarından oluşan yeni veri grupları oluşturulmuştur. Daha sonrasında bu veri gruplarına normallik testi yapılmıştır. Elde edilen “kusurlara odaklanma sayısı” ve “toplam odaklanma sayısı” verilerinden türetilen “oran” olarak ifade edilen veri grubu ise kusurlara odaklanma sayısının toplam odaklanma sayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Bu oran bize, toplam odaklanma sayısının yüzde kaçının kusurlara ait olduğunu yani muayene performansını ifade etmektedir.

SPSS 25.0 programı kullanılarak yapılan normallik testi analizlerinde, veri sayısı 30'dan az olduğu için Shapiro-Wilk hanesine bakılmalıdır. Normallik testi için oluşturulan hipotez;

H_0 ; %95 güven seviyesinde veriler normal dağılıma uymaktadır,

H_a ; %95 güven seviyesinde veriler başka bir dağılım göstermektedir, şeklindedir.

Çizelge 7.1. Parça 1'e ait verilerin normallik testi

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Parça_1_Fark_Süre	,192	23	,027	,893	23	,018
Parça_1_Fark_Toplam_Odaklanma_Sayısı	,106	23	,200*	,973	23	,767
Parça_1_Fark_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı	,195	23	,024	,931	23	,112
Parça_1_Fark_Oran	,121	23	,200*	,951	23	,313

Çizelge 7.1' de parça 1'e ait analiz çıktısı incelendiğinde ilk satırda yer alan ortalama odaklanma süresi değerlerinin anlamlılık değeri (sig.) 0,018 olarak bulunmuştur. Bu değer %5 anlamlılık değerinden küçük olduğu için H_0 hipotezi reddedilir. Veriler normal dağılıma uymamaktadır. Tabloda yer alan diğer verilere ait anlamlılık değeri, %5 anlamlılık düzeyinden büyük olduğu için veriler normal dağılıma uymaktadır.

Parça 2 ve parça 3'e ait verilerin normallik testi sonuçları Çizelge 7.2 ve Çizelge 7.3'te sırasıyla yer almaktadır. Yeşil renk ile kutucuk içine alınan anlamlılık değerlerine karşılık gelen veriler, %5 anlamlılık düzeyinden büyük olduğu için normal dağılıma uymaktadır.

Çizelge 7.2. Parça 2'ye ait verilerin normallik testi

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Parça_2_Fark_Süre	,089	23	,200*	,960	23	,461
Parça_2_Fark_Toplam_Odaklanma_Sayısı	,189	23	,033	,834	23	,001
Parça_2_Fark_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı	,190	23	,031	,883	23	,011
Parça_2_Fark_Oran	,130	23	,200*	,943	23	,209

Çizelge 7.3. Parça 3'e ait verilerin normallik testi

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Parça_3_Fark_Süre	,075	23	,200*	,972	23	,730
Parça_3_Fark_Toplam_Odaklanma_Sayısı	,089	23	,200*	,988	23	,992
Parça_3_Fark_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı	,174	23	,071	,826	23	,001
Parça_3_Fark_Oran	,150	23	,198	,925	23	,086

Normal dağılıma uymayan veri gruplarına ise Log10 normalleştirme yöntemi uygulanmıştır. Bu işlem için “0” içeren veri gruplarına 1 eklenirken negatif değer içeren veri gruplarına pozitif değerler elde etmek amacıyla ilgili eklemeler yapılmıştır.

Çizelge 7.4. Log10 normalleştirme yöntemi sonucu normallik testi

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
log_Parça1_fark_süre	,398	23	,000	,535	23	,000
log_Parça2_fark_Toplam_Odaklanma_Sayısı	,197	23	,021	,790	23	,000
log_Parça2_fark_Kusurlara_Oodaklanma_Sayısı	,273	23	,000	,601	23	,000
log_Parça3_fark_Kusurlara_Oodaklanma_Sayısı	,331	23	,000	,433	23	,000

Çizelge 7.4' te görüldüğü gibi normal dağılım göstermeyen veri gruplarına normalleştirme yöntemi uygulanmasına rağmen elde edilen anlamlılık değerlerinin, %5'ten küçük olması, verilerin normal dağılmadığını göstermektedir. Bu yüzden eğitim öncesi ve eğitim sonrası karşılaştırmalarda ilgili veri gruplarında parametrik olmayan testlerden yararlanılmıştır (Karakoç, 2018).

7.2.2. Eğitim öncesi ve sonrası verilerin karşılaştırılması

SPSS 25.0 programı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. İkili karşılaştırmalar için kurulan hipotez;

H₀; %95 güven seviyesinde eğitimden önce ve sonra veriler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur.

H_a; %95 güven seviyesinde eğitimden önce ve sonra veriler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır, şeklindedir.

7.2.2.1.Ortalama odaklanma süresi

Daha anlamlı karşılaştırma yapabilmek adına toplam odaklanma süresinin toplam odaklanma sayısına bölünmesi sonucu elde edilen ortalama odaklanma süresinin, her bir parça için eğitimden önce ve eğitimden sonraki farkı araştırılmaktadır.

- **Parça 1:** Parça 1'e ait ortalama odaklanma süresi verileri normal dağılım göstermediği için Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi uygulanmıştır. Bu test Eşleştirilmiş Örneklem t-Testi' nin parametrik olmayan testlerdeki karşılığıdır. Çizelge 7.5'te analiz çıktısı yer almaktadır.

Çizelge 7.5. Parça 1'e ait analiz çıktıları

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Parça_1_EÖ_Ortalama_Odaklanma_Süresi	23	914,225924	464,9987632	182,5926	2220,0571
Parça_1_ES_Ortalama_Odaklanma_Süresi	23	919,883553	430,1854332	335,3846	2220,4884

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Parça_1_ES_Ortalama_Odaklanma_Süresi - Parça_1_EÖ_Ortalama_Odaklanma_Süresi	Negative Ranks	8 ^a	14,13	113,00
	Positive Ranks	15 ^b	10,87	163,00
	Ties	0 ^c		
	Total	23		

a. Parça_1_ES_Ortalama_Odaklanma_Süresi < Parça_1_EÖ_Ortalama_Odaklanma_Süresi

b. Parça_1_ES_Ortalama_Odaklanma_Süresi > Parça_1_EÖ_Ortalama_Odaklanma_Süresi

c. Parça_1_ES_Ortalama_Odaklanma_Süresi = Parça_1_EÖ_Ortalama_Odaklanma_Süresi

Z	-,760 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,447

Çizelge 7.5 incelendiğinde eğitimden önce ortalama odaklanma süresinin ortalaması 914,226 iken, eğitim sonrası ortalama 919,884'e yükselmiştir. İkinci tablo incelendiğinde 15 katılımcının eğitimden sonraki odaklanma sürelerinde artış görülmektedir. Analiz sonucu anlamlılık değeri ise 0,447 olarak bulunmuştur. Bu değer, % 5 anlamlılık düzeyinden büyük

olduğu için H_0 hipotezi kabul edilir. Yani parça 1'in gözle kontrolü sırasında kaydedilen ortalama odaklanma süresinin, eğitimden önce ve sonraki değerleri arasında farklılık yoktur.

- **Parça 2:** Parça 2'ye ait ortalama odaklanma süresi verileri normal dağılım gösterdiği için Eşleştirilmiş Örneklem t-testi uygulanmıştır. Çizelge 7.6' da analiz çıktısı yer almaktadır.

Çizelge 7.6. Parça 2'ye ait analiz çıktıları

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Parça_2_EÖ_Ortalama_Odaklanma_Süresi	753,906684	23	387,8655845	80,8755651
	Parça_2_ES_Ortalama_Odaklanma_Süresi	983,264925	23	571,7798888	119,2243485

		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Parça_2_EÖ_Ortalama_Odaklanma_Süresi - Parça_2_ES_Ortalama_Odaklanma_Süresi	-229,3582407	382,0663306	79,6663371	-394,5761115	-64,1403698	-2,879	22	,009

Çizelge 7.6 incelendiğinde eğitimden önce ortalama odaklanma süresinin ortalaması 753,907 iken, eğitim sonrası ortalama 983,265'e yükselmiştir. Analiz sonucu hesaplanan anlamlılık değeri ise 0,009 olarak bulunmuştur. Bu değer, % 5 anlamlılık düzeyinden küçük olduğu için H_0 hipotezi reddedilir. Buradan, parça 2'nin gözle kontrolü sırasında kaydedilen ortalama odaklanma süresinin eğitim öncesi ve sonrası değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu sonucuna ulaşılır.

- **Parça 3:** Parça 3'e ait ortalama odaklanma süresi verileri normal dağılım gösterdiği için Eşleştirilmiş Örneklem t-testi uygulanmıştır. Çizelge 7.7' de analiz çıktısı yer almaktadır.

Çizelge 7.7. Parça 3'e ait analiz çıktıları

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Parça_3_EÖ_Ortalama_ Odaklanma_Süresi	713,303881	23	379,9055839	79,2157902
	Parça_3_ES_Ortalama_ Odaklanma_Süresi	820,977427	23	328,1709983	68,4283834

		Paired Differences			95% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Parça_3_EÖ_Ortalama_ Odaklanma_Süresi - Parça_3_ES_Ortalama_ Odaklanma_Süresi	-107,6735458	377,6958416	78,7550271	-271,0014755	55,6543838	-1,367	22	,185

Çizelge 7.7 incelendiğinde eğitimden önce ortalama odaklanma süresinin ortalaması 713,304 iken, eğitim sonrası ortalama 820,978'e yükselmiştir. T-testi sonucuna bakıldığında ise anlamlılık değeri 0,185 bulunmuştur. Bu değer %5 anlamlılık değerinden büyük olması bize, parça 3 için ölçülen ortalama odaklanma süresinin eğitim öncesi ve sonrası değerleri arasında bir farklılık olmadığını göstermektedir.

7.2.2.2. Toplam odaklanma sayısı

Bu kısımda katılımcıların, eğitim öncesi ve eğitim sonrasında, kontrol ettikleri döküm parçalara odaklanma sayıları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı incelenmiştir.

- **Parça 1:** Parça 1'e ait odaklanma sayıları verileri normal dağılım gösterdiği için Eşleştirilmiş Örneklem t-Testi uygulanmıştır. Çizelge 7.8' de analiz çıktısı yer almaktadır.

Çizelge 7.8. Parça 1'e ait odaklanma sayısı analiz çıktıları

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Parça_1_EÖ_Toplam_Odaklanma_Sayısı	51,57	23	22,297	4,649
	Parça_1_ES_Toplam_Odaklanma_Sayısı	60,91	23	24,872	5,186

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Parça_1_EÖ_Toplam_Odaklanma_Sayısı - Parça_1_ES_Toplam_Odaklanma_Sayısı	-9,348	29,151	6,078	-21,954	3,258	-1,538	22	,138

Eşleştirilmiş Örneklem t-testi sonuçlarına bakıldığında eğitimden önce ve sonra parça 1'e odaklanma sayıları arasında farklılık olmadığı görülmektedir (sig.=0,138>0,05). Fakat katılımcıların eğitimden sonra (\bar{X} =60,91) parça 1'e eğitimden önceye (\bar{X} = 51,57) kıyasla daha fazla odaklandıkları görülmektedir (Çizelge 7.8).

- **Parça 2:** Parça 2'ye ait odaklanma sayıları verileri normal dağılım göstermediği için karşılaştırma yapmak için parametrik olmayan testlerden Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 7.9' da sunulmuştur.

Çizelge 7.9. Parça 2'ye ait odaklanma sayısı analiz çıktıları

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Parça_2_EÖ_Toplam_Odaklanma_Sayısı	23	45,22	26,938	20	144
Parça_2_ES_Toplam_Odaklanma_Sayısı	23	46,22	22,653	13	91

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Parça_2_ES_Toplam_Odaklanma_Sayısı - Parça_2_EÖ_Toplam_Odaklanma_Sayısı	Negative Ranks	11 ^a	9,36	103,00
	Positive Ranks	11 ^b	13,64	150,00
	Ties	1 ^c		
	Total	23		

- a. Parça_2_ES_Toplam_Odaklanma_Sayısı < Parça_2_EÖ_Toplam_Odaklanma_Sayısı
b. Parça_2_ES_Toplam_Odaklanma_Sayısı > Parça_2_EÖ_Toplam_Odaklanma_Sayısı
c. Parça_2_ES_Toplam_Odaklanma_Sayısı = Parça_2_EÖ_Toplam_Odaklanma_Sayısı

Z	-,763 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,445

Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi sonuçlarına bakıldığında, katılımcıların eğitim öncesi ve sonrası parça 2'ye odaklanma sayıları arasında bir farklılık görülmemektedir (sig.=0,445>0,05). 11 katılımcının eğitimden önce (negative ranks), diğer 11 katılımcının ise eğitimden sonra (positive ranks) odaklanma sayıları daha fazladır. 1 katılımcının ise eğitim öncesi ve sonrası odaklanma sayıları eşittir (ties).

- **Parça 3:** Parça 3'e ait odaklanma sayıları verileri normal dağılım gösterdiği için Eşleştirilmiş Örneklem t-testi uygulanmıştır. Analiz çıktısı Çizelge 7.10' da yer almaktadır.

Çizelge 7.10. Parça 3'e ait odaklanma sayısı analiz çıktıları

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Parça_3_EÖ_Toplam_Odaklanma_Sayısı	62,96	23	27,973	5,833
	Parça_3_ES_Toplam_Odaklanma_Sayısı	63,96	23	25,131	5,240

		Paired Differences		95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	Parça_3_EÖ_Toplam_Odaklanma_Sayısı - Parça_3_ES_Toplam_Odaklanma_Sayısı	-1,000	41,609	8,676	-18,993	16,993	-,115	22	,909

Analiz sonuçlarına bakıldığında, katılımcıların eğitimden önce ve sonra parça 3'e odaklanma sayıları arasında farklılık yoktur (sig.=0,909>0,05). Fakat katılımcılar eğitimden sonra (\bar{X} =63,96) parça 3'e, eğitimden önceye (\bar{X} = 62,96) kıyasla çok az bir farkla da olsa daha fazla odaklandıkları görülmektedir (Çizelge 7.10).

7.2.2.3. Kusurlara odaklanma sayısı

Bu başlık altında katılımcıların, kontrol ettikleri döküm parçalarda yer alan kusurlu alana odaklanma sayılarının, eğitim öncesi ve sonrasında farklılık gösterip göstermediği analiz edilmiştir.

- **Parça 1:** Parça 1'e ait kusurlara odaklanma sayıları verileri normal dağılım gösterdiği için Eşleştirilmiş Örneklem t-Testi uygulanmıştır. Çizelge 7.11' de analiz çıktısı sunulmuştur.

Çizelge 7.11. Parça 1'e ait kusurlara odaklanma sayısı analiz çıktıları

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Parça_1_EÖ_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı	4,52	23	4,990	1,040
	Parça_1_ES_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı	3,39	23	4,164	,868

		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Parça_1_EÖ_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı - Parça_1_ES_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı	1,130	6,355	1,325	-1,618	3,879	,853	22	,403

Test sonuçları incelendiğinde, katılımcıların eğitimden önce ve sonra parça 1'deki kusura odaklanma sayıları arasında farklılık görülmemektedir (sig.=0,403>0,05). Katılımcılar eğitimden önce (\bar{X} =4,52) parça 1'de yer alan kusura, eğitimden sonraya (\bar{X} = 3,39) kıyasla daha fazla odaklanmışlardır (Çizelge 7.11).

- **Parça 2:** Parça 2'ye ait kusurlara odaklanma sayıları verileri normal dağılım göstermediği için Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi uygulanmış olup analiz çıktıları Çizelge 7.12' de sunulmuştur.

Çizelge 7.12. Parça 2'ye ait kusurlara odaklanma sayısı analiz çıktıları

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Parça_2_EÖ_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı	23	10,39	7,328	0	29
Parça_2_ES_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı	23	15,70	12,193	0	43

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Parça_2_ES_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı - Parça_2_EÖ_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı	Negative Ranks	10 ^a	9,45	94,50
	Positive Ranks	12 ^b	13,21	158,50
	Ties	1 ^c		
	Total	23		

a. Parça_2_ES_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı < Parça_2_EÖ_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı

b. Parça_2_ES_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı > Parça_2_EÖ_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı

c. Parça_2_ES_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı = Parça_2_EÖ_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı

Z	-1,040 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,298

Analiz sonuçları katılımcıların, eğitimden önce ve sonra parça 2'de yer alan kusura odaklanma sayıları arasında anlamlı bir farklılık olmadığını göstermektedir (sig.=0,298>0,05). Fakat katılımcılar eğitimden sonra kusurlu alana (\bar{X} =15,70) eğitimden önceye (\bar{X} =10,39) kıyasla daha fazla odaklanmışlardır. 23 katılımcıdan 12 tanesi (positive ranks) eğitimden sonra kusurlu alana daha çok odaklanırken 10 tanesi (negative ranks) eğitimden önce kusurlu alana daha çok odaklanmıştır. Kalan diğer katılımcının ise eğitim öncesi ve sonrası kusurlu alana odaklanma sayısı eşittir (ties) (Çizelge 7.12).

- **Parça 3:** Parça 3'e ait kusurlara odaklanma sayıları verileri normal dağılım göstermediği için Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi uygulanmış ve test sonuçları Çizelge 7.13' te sunulmuştur.

Çizelge 7.13. Parça 3'e ait kusurlara odaklanma sayısı analiz çıktıları

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Parça_3_EÖ_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı	23	3,52	3,776	0	15
Parça_3_ES_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı	23	6,09	7,816	0	32

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Parça_3_ES_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı - Parça_3_EÖ_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı	Negative Ranks	7 ^a	7,64	53,50
	Positive Ranks	11 ^b	10,68	117,50
	Ties	5 ^c		
	Total	23		

a. Parça_3_ES_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı < Parça_3_EÖ_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı

b. Parça_3_ES_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı > Parça_3_EÖ_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı

c. Parça_3_ES_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı = Parça_3_EÖ_Kusurlara_Odaklanma_Sayısı

Z	-1,396 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,163

Çizelge 7.13' te yer alan test sonuçları incelendiğinde, katılımcıların eğitimden sonra parça 3'teki kusura odaklanma sayısı ($\bar{X}=6,09$), eğitimden önceki odaklanma sayısından ($\bar{X}=3,52$) daha fazladır. 11 katılımcı eğitimden sonra, 7 katılımcı eğitimden önce kusura daha çok odaklanmışlardır. 5 katılımcının ise eğitim öncesi ve sonrası kusura odaklanma sayısı değişiklik göstermemektedir. Test sonucu bulunan anlamlılık değerinin 0,163 olması ise iki ölçüm arasında anlamlı bir farklılık olmadığını göstermektedir (sig>0,05).

7.2.2.4. Muayene performansı

“Muayene performansı” olarak ifade edilen veri grubu, eğitim öncesi ve sonrası göz takip cihazı ile elde edilen “kusurlara odaklanma sayısı” ve “toplam odaklanma sayısı” verilerinden türetilmiştir. Kusurlara odaklanma sayısının toplam odaklanma sayısına

bölünmesi sonucu elde edilen bu değerler bize, toplam odaklanma sayısının yüzde kaçının kusurlara ait olduğunu ifade etmektedir.

- **Parça 1:** Parça 1'e ait oran verileri normal dağılım gösterdiği için Eşleştirilmiş Örneklem t-Testi uygulanmıştır. Çizelge 7.14' te analiz çıktısı sunulmuştur.

Çizelge 7.14. Parça 1'e ait oran değerlerinin analiz çıktıları

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Parça_1_EÖ_Oran	,090587	23	,0927179	,0193330
	Parça_1_ES_Oran	,053275	23	,0565960	,0118011

		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Parça_1_EÖ_Oran - Parça_1_ES_Oran	,0373124	,0912705	,0190312	-,0021559	,0767807	1,961	22	,063

Uygulanan test sonucu, eğitim öncesi ve sonrası katılımcıların parça 1'deki kusurlara odaklanma yüzdeleri arasında bir farklılık olmadığını göstermektedir (sig.0,063>0,05). Ancak eğitimden sonra bu oranın (\bar{X} =0,053), eğitimden önceye (\bar{X} =0,090) kıyasla azaldığı görülmektedir (Çizelge 7.14).

- **Parça 2:** Parça 2'ye ait oran verileri normal dağılım gösterdiği için Eşleştirilmiş Örneklem t-Testi uygulanmış olup analiz çıktıları Çizelge 7.15' te görüldüğü gibidir.

Çizelge 7.15. Parça 2'ye ait oran değerlerinin analiz çıktıları

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Parça_2_EÖ_Oran	,254380	23	,1692797	,0352973
	Parça_2_ES_Oran	,371108	23	,2854642	,0595234

		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Parça_2_EÖ_Oran - Parça_2_ES_Oran	-,1167279	,2986175	,0622661	-,2458598	,0124040	-1,875	22	,074

Analiz çıktısına bakıldığında eğitimden sonra kaydedilen değerlerle elde edilen oran ($\bar{X}=0,371$), eğitimden önceye ($\bar{X}=0,254$) kıyasla artmıştır. Test sonucuna göre eğitim öncesi ve sonrası ölçümler arasında anlamlı bir farklılık yoktur (sig.=0,074>0,05) (Çizelge 7.15).

- **Parça 3:** Parça 3'ye ait oran verileri normal dağılım gösterdiği için Eşleştirilmiş Örneklem t-Testi uygulanmış ve analiz çıktıları Çizelge 7.16' da sunulmuştur.

Çizelge 7.16. Parça 3'e ait oran değerlerinin analiz çıktıları

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Parça_3_EÖ_Oran	,064441	23	,0796164	,0166012
	Parça_3_ES_Oran	,086804	23	,1149655	,0239720

		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Parça_3_EÖ_Oran - Parça_3_ES_Oran	-,0223632	,1298369	,0270729	-,0785089	,0337825	-,826	22	,418

Çizelge 7.16' da görüldüğü gibi oran verilerinin eğitim öncesi ve sonrası sonuçları arasında anlamlı bir fark yoktur (sig.=0,418>0,05). Oranlara ait ortalamalar incelendiğinde ise katılımcıların eğitimden sonra ($\bar{X}=0,087$) kusurlara odaklanma yüzdesi eğitimden önceye kıyasla ($\bar{X}=0,064$) biraz daha fazladır.

7.2.3. Döküm parçalardaki kusur zorluk derecelerinin değerlendirilmesi

Farklı zorluk derecelerine sahip parçaların karşılaştırılmasında göz takip cihazından elde edilen ortalama odaklanma süresi ve toplam odaklanma sayısı verileri göz önüne alınmıştır. İlgili alanda harcanan zamanın ve odaklanma sayısının fazla olması katılımcının kusurları bulmada zorlandıklarının bir göstergesidir (Goldberg ve Kotval, 1999).

Karşılaştırmalarda kullanılacak teste karar vermek amacıyla ilk olarak normallik testleri yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 7.17’ de sunulmuştur.

Çizelge 7.17. Parça bazında yapılan normallik testleri

	parça	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Ortalama_Odaklanma_S üresi_EÖ	Parça_1	,172	23	,075	,923	23	,075
	Parça_2	,152	23	,183	,839	23	,002
	Parça_3	,259	23	,000	,843	23	,002
Ortalama_Odaklanma_S üresi_ES	Parça_1	,238	23	,002	,866	23	,005
	Parça_2	,244	23	,001	,687	23	,000
	Parça_3	,210	23	,010	,865	23	,005
Toplam_Odaklanma_Say ısı_EÖ	Parça_1	,135	23	,200*	,932	23	,122
	Parça_2	,198	23	,020	,756	23	,000
	Parça_3	,166	23	,101	,911	23	,042
Toplam_Odaklanma_Say ısı_ES	Parça_1	,246	23	,001	,895	23	,020
	Parça_2	,129	23	,200*	,951	23	,304
	Parça_3	,102	23	,200*	,953	23	,345

Shapiro-Wilk test sonuçlarına göre eğitimden önce parça 1’in kontrolü sırasında kaydedilen ortalama odaklanma süresi ve toplam odaklanma sayısı ile eğitimden sonra parça 2 ve parça 3’ün kontrolü sırasında kaydedilen toplam odaklanma sayısı verileri normal dağılıma uymaktadır (sig. > 0,05). Diğer gruptaki veriler normal dağılım göstermediği için parçaların karşılaştırılmasında Tek Yönlü Varyans Analizi kullanılamaz. Bu yüzden Tek Yönlü Varyans Analizi’nin parametrik olmayan testlerdeki karşılığı olan Kruskal-Wallis H Testi kullanılmıştır. Bu test için kurulan hipotez;

H_0 ; k tane örnek benzer medyanlı gruptan alınmış örneklerdir,

H_a ; k tane örnekten en az birinin medyanı diğerlerinden farklıdır, şeklindedir.

Kruskal-Wallis Testi'nde anlamlı sonuç bulunduktan sonra farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek için parametrik olmayan çoklu karşılaştırma testleri kullanılmaktadır. Karşılaştırmalar SPSS 25.0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Parçaların, ortalama odaklanma sürelerine ait karşılaştırma sonuçları Çizelge 7.18'de sunulmuştur.

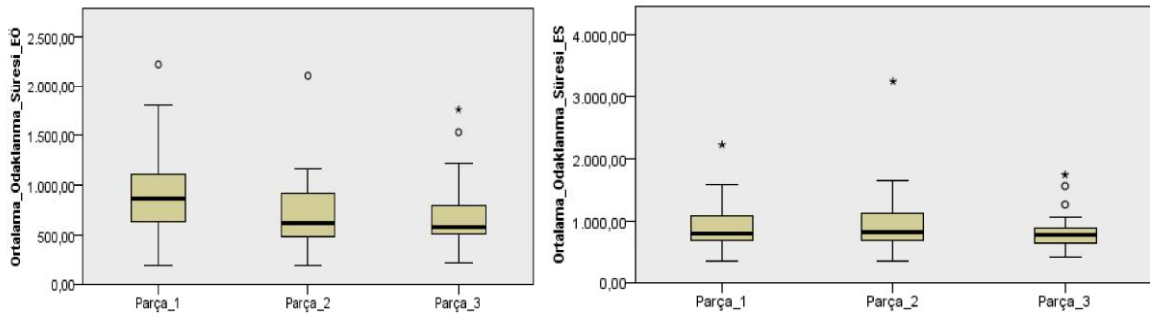
Çizelge 7.18. Ortalama odaklanma süresinin parçalar bazında karşılaştırılması

	parça	N	Mean Rank
Ortalama_Odaklanma_S üresi_EÖ	Parça_1	23	41,61
	Parça_2	23	33,57
	Parça_3	23	29,83
	Total	69	
Ortalama_Odaklanma_S üresi_ES	Parça_1	23	35,70
	Parça_2	23	37,78
	Parça_3	23	31,52
	Total	69	

	Ortalama_Od aklanma_Sür esi_EÖ	Ortalama_Od aklanma_Sür esi_ES
Kruskal-Wallis H	4,143	1,162
df	2	2
Asymp. Sig.	,126	,559

Test sonucuna göre parçalar arasında, ortalama odaklanma süresi bakımından anlamlı bir farklılık görülmemektedir (sig.>0,05). Fakat katılımcılar eğitimden önce, en çok zamanı parça 1'in kontrolünde harcarken (\bar{X} =41,61) en az zamanı parça 3'ün kontrolünde (\bar{X} =29,83) harcamışlardır. Eğitimden sonra ise parça 2'nin kontrolü sırasında (\bar{X} =37,78) diğer parçalara kıyasla daha çok zaman harcamışlardır (Çizelge 7.18).

Parçalar arasında ortalama odaklanma süresi bakımından belirgin bir fark olmadığı analiz sonucu elde edilen kutu grafikleri sayesinde de görülebilmektedir (Şekil 7.2).



Şekil 7.2. Parça bazında eğitimden önce ve sonra ortalama odaklanma süresinin kutu grafiği ile gösterimi

Parçaların, toplam odaklanma sayılarının karşılaştırılması Çizelge 7.19’ da sunulmuştur.

Çizelge 7.19. Toplam odaklanma sayısının parçalar bazında karşılaştırılması

	parça	N	Mean Rank
Toplam_Odaklanma_Sayısı_EÖ	Parça_1	23	35,26
	Parça_2	23	26,70
	Parça_3	23	43,04
	Total	69	
Toplam_Odaklanma_Sayısı_ES	Parça_1	23	37,15
	Parça_2	23	27,74
	Parça_3	23	40,11
	Total	69	

	Toplam_Odaklanma_Sayısı_EÖ	Toplam_Odaklanma_Sayısı_ES
Kruskal-Wallis H	7,647	4,771
df	2	2
Asymp. Sig.	.022	,092

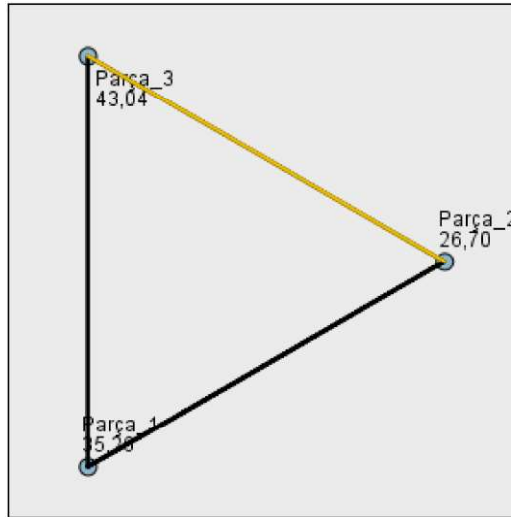
Analiz çıktısı incelendiğinde, katılımcılar eğitimden önce ve eğitimden sonra en çok parça 3’e odaklanmışlardır (EÖ: $\bar{X}=43,04$; E: $\bar{X}=40,11$). Bunu sırasıyla parça 1 (EÖ: $\bar{X}=35,26$; ES: $\bar{X}=37,15$) ve parça 2 (EÖ: $\bar{X}=26,70$; ES: $\bar{X}=27,74$) izlemektedir. Test sonucuna bakıldığında ise parçalar arasında, eğitimden önce kaydedilen toplam odaklanma sayıları bakımından farklılık olduğu görülmektedir (sig.=0,022<0,05). Odaklanma sayısı açısından

hangi iki parçanın birbirinden farklı olduğunu belirlemek için yapılan analiz sonucu Çizelge 7.20’ de sunulmuştur.

Çizelge 7.20. Parçalar arası ikili karşılaştırmalar

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
Parça_2-Parça_1	8,565	5,914	1,448	,148	,443
Parça_2-Parça_3	-16,348	5,914	-2,764	,006	,017
Parça_1-Parça_3	-7,783	5,914	-1,316	,188	,565

Parça 2 ile Parça 3 arasındaki ilişki incelendiğinde bulunan anlamlılık değeri 0,017 olup %5 anlamlılık değerinden küçüktür (Çizelge 7.20). Parça 2 ve Parça 3 arasında odaklanma sayısı bakımından farklılık vardır. Bu farklılığın yönünü belirlemek için analiz sonucu elde edilen Şekil 7.3’ te yer alan grafik incelendiğinde katılımcıların kusuru bulabilmek için parça 3’e ($\bar{X}=43,04$) daha fazla odaklandıkları görülmektedir.



Şekil 7.3. İkili karşılaştırmalar grafiği

Bunun yanında katılımcılara deney sonrasında sözlü olarak hangi parçanın kontrolü sırasında daha çok zorlandıkları sorusu yöneltilmiştir. Katılımcıların cevapları analiz

edildiğinde %13,05'inin 1. Parçada; % 13,05'inin 2. Parçada; %73,9'unun ise 3. Parçada yer alan kusuru bulmakta zorlandıkları görülmüştür.

7.2.4. Deney sırasında yardımcı ekipman kullanımı

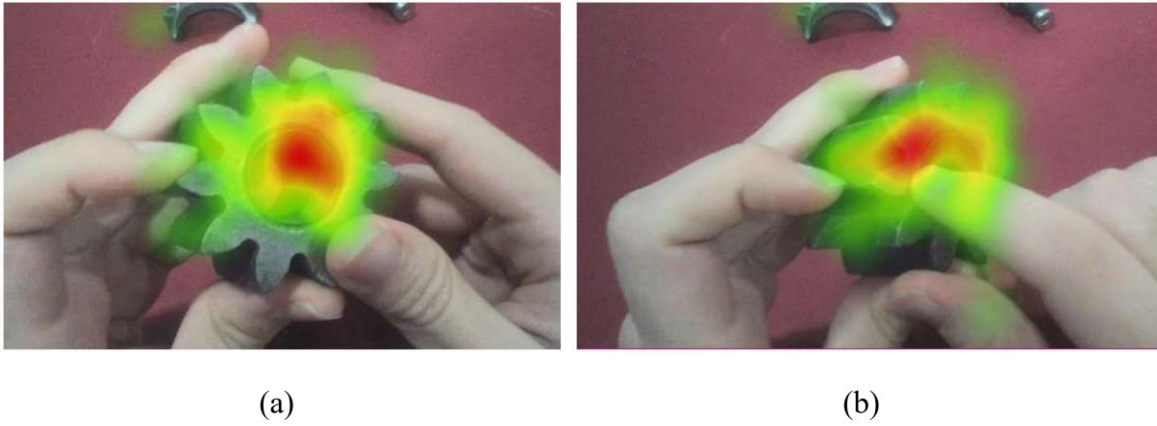
Eğitim öncesi ve eğitim sonrası göz takip cihazıyla elde edilen video kayıtlar deney sonrasında araştırmacı tarafından tekrar izlenmiştir. Gözle muayene eğitiminde aktarılan bilgilerin ve gözle muayene konusunda izlenmesi gereken adımların katılımcı tarafından uygulanıp uygulanmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Gözlemler sonucunda eğitimden önce katılımcıların %95.65'inin parçaların kontrolü sırasında yardımcı ekipmanlardan yararlanmadığı görülmüştür. Eğitimden sonra ise tüm katılımcılar kontrol sırasında ışık şiddeti ayarlanabilen el feneri, büyüteç gibi yardımcı ekipmanlarla parçaların kontrol işlemini tamamlamışlardır. Şekil 7.4' te eğitimden sonra deney sırasında göz takip cihazından alınan görüntüler sunulmuştur.



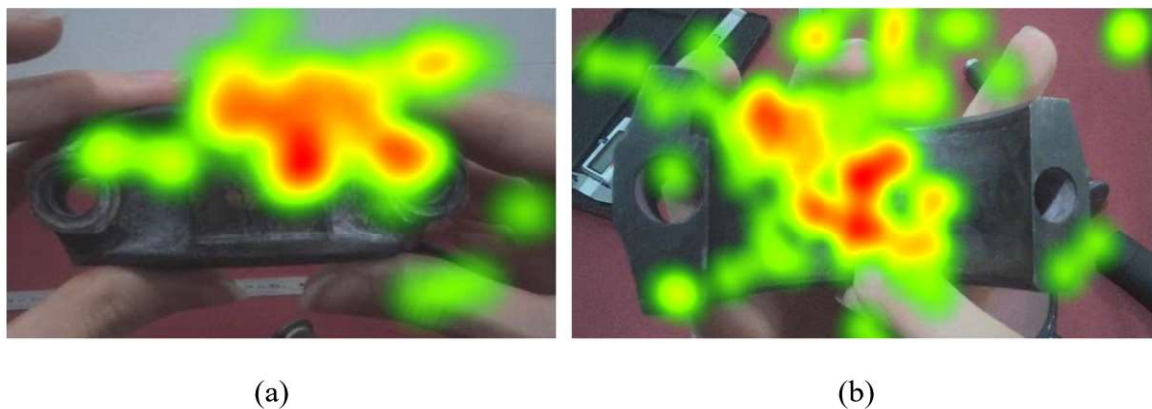
Şekil 7.4. Eğitimden sonra katılımcıların yardımcı ekipmanları kullanımı

7.2.5. Sıcaklık haritalarının değerlendirilmesi

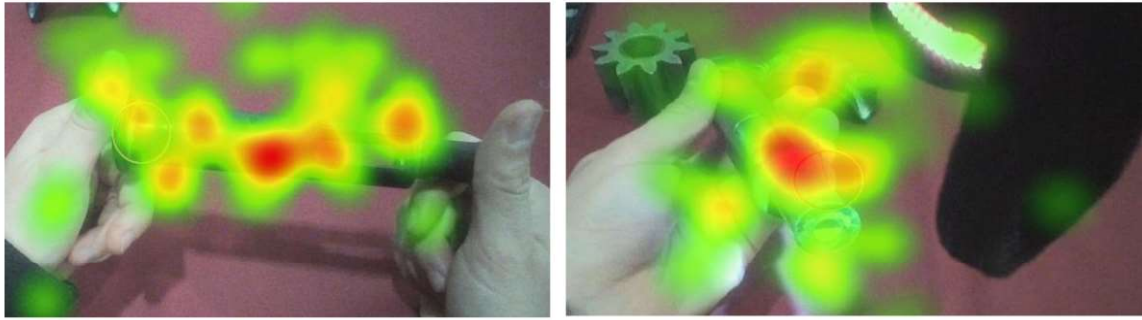
Göz takip cihazından elde edilen verilerin analizinde kullanılan bir diğer yöntem ise Tobii Pro Lab Analyzer analiz programı kullanılarak elde edilen sıcaklık haritalarıdır. Sıcaklık haritasında gözün odaklandığı alanlar katılımcının odaklanma sayısına ve süresine bağlı olarak renkler ile derecelendirilmektedir. Katılımcının kontrol ettiği döküm parçada daha çok odaklandığı alanlar kırmızı renk ile gösterilirken daha az odaklandığı alanlar yeşil renk ile gösterilmektedir. Şekil 7.5, Şekil 7.6 ve Şekil 7.7’de sırasıyla bir katılımcının parça 1, parça 2 ve parça 3’ü kontrolü sırasında gözün odaklandığı alanlar görülmektedir.



Şekil 7.5. Parça 1’e ait sıcaklık haritaları: a) parçanın incelenmesi sırasında gözün odaklanma dağılımı, b) kusurlu alanda odaklanma



Şekil 7.6. Parça 2’ye ait sıcaklık haritaları: a) parçanın incelenmesi sırasında gözün odaklanma dağılımı, b) kusurlu alanda odaklanma



(a)

(b)

Şekil 7.7. Parça 3'e ait sıcaklık haritaları: a) parçanın incelenmesi sırasında gözün odaklanma dağılımı, b) kusurlu alanda odaklanma

7.3. NASA-TLX Verilerinin Değerlendirilmesi

7.3.1. Eğitim öncesi ve sonrası NASA-TLX verilerinin karşılaştırılması

Eğitim öncesi ve sonrasında elde edilen NASA-TLX puanlarının karşılaştırılmasında kullanılacak teste karar vermek amacıyla ilk olarak verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla normallik testi yapılmıştır. NASA-TLX puanlarına ait verilerin normallik testi sonuçları Çizelge 7.21' de yer almaktadır.

Çizelge 7.21. NASA-TLX skorlarına ait verilerin normallik testi

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Fark_NASA_TLX_Ağırlıksız	,181	23	,050	,888	23	,014
Fark_NASA_TLX_Ağırlıklı	,108	23	,200*	,914	23	,050

Çizelge 7.21' e göre ağırlıklı NASA-TLX puanlarının normal dağılım gösterdiği görülürken ağırlıksız NASA-TLX puanlarının ise normal dağılım göstermediği görülmektedir. Normal dağılıma uymayan veri grubuna Log10 normalleştirme yöntemi uygulanmıştır.

Çizelge 7.22. Log10 normalleştirme yöntemi sonucu normallik testi

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
log_fark_NASA_TLX_Ağırlıksız	,309	23	,000	,777	23	,000

Çizelge 7.22' de görüldüğü gibi normal dağılım göstermeyen veri grubuna normalleştirme yöntemi uygulanmasına rağmen elde edilen verilerin normal dağılmadığını göstermektedir (sig.< 0,05).

Katılımcıların eğitim öncesi ve sonrasında elde edilen NASA-TLX puanları normal dağılım gösterdiği için Eşleştirilmiş Örneklem t-testi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 7.23' te sunulmuştur.

Çizelge 7.23. Eğitim öncesi ve sonrası NASA-TLX puanlarının karşılaştırılması

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	NASA_TLX_Ağırlıklı_EÖ	38,48804	23	10,938008	2,280732
	NASA_TLX_Ağırlıklı_ES	31,86148	23	8,980391	1,872541

		Paired Differences			t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean				95% Confidence Interval of the Difference
					Lower	Upper		
Pair 1	NASA_TLX_Ağırlıklı_EÖ - NASA_TLX_Ağırlıklı_ES	6,626565	12,897978	2,689414	1,049061	12,204069	2,464	,022

Analiz sonuçları incelendiğinde, katılımcıların her deney bitişinde doldurdukları NASA-TLX anketi sonucu elde edilen ağırlıklı puanın eğitimden önce ve sonraki değerleri arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir (sig.=0,022<0,05). Katılımcılar görevleri yerine getirirken eğitimden önceye (\bar{X} =38,488) kıyasla eğitimden sonra (\bar{X} =31,861) daha az zorlanmışlardır (Çizelge 7.23).

NASA-RTLX puanları ise normal dağılım göstermediği için bu veri grubuna Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi uygulanmıştır. Test sonuçları Çizelge 7.24' te sunulmuştur.

Çizelge 7.24. Eğitim öncesi ve sonrası NASA-RTLX puanlarının karşılaştırılması

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
NASA_TLX_Ağırlıksız_EÖ	23	32,14478	11,504192	17,670	59,170
NASA_TLX_Ağırlıksız_ES	23	25,95652	7,831792	11,830	43,330

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
NASA_TLX_Ağırlıksız_ES	Negative Ranks	17 ^a	11,21	190,50
NASA_TLX_Ağırlıksız_EÖ	Positive Ranks	5 ^b	12,50	62,50
	Ties	1 ^c		
	Total	23		

a. NASA_TLX_Ağırlıksız_ES < NASA_TLX_Ağırlıksız_EÖ

b. NASA_TLX_Ağırlıksız_ES > NASA_TLX_Ağırlıksız_EÖ

c. NASA_TLX_Ağırlıksız_ES = NASA_TLX_Ağırlıksız_EÖ

Z	-2,078 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,038

Analiz sonuçları katılımcıların, eğitimden önce ve sonra NASA-RTLX değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğunu göstermektedir (sig.=0,038<0,05). Katılımcılar eğitimden sonra (\bar{X} =25,956), eğitimden önceye (\bar{X} =32,144) kıyasla zihinsel ve fiziksel olarak daha az zorlanmışlardır. 23 katılımcıdan 17 tanesi (negative ranks) eğitimden sonra görevlerini gerçekleştirirken daha az zorlanırken 5 tanesi (positive ranks) eğitimden sonra daha çok zorlanmıştır. Kalan diğer katılımcının ise eğitim öncesi ve sonrası zorlanma miktarları eşittir (ties) (Çizelge 7.24).

7.3.2. NASA-TLX Puanlarının Cinsiyet Bazında Karşılaştırılması

İkili karşılaştırmalarda uygun testin seçilebilmesi için ilk olarak normallik testi yapılmıştır ve sonuçlar Çizelge 7.25'te sunulmuştur.

Çizelge 7.25. NASA-TLX puanları normallik testi sonuçları

	Cinsiyet	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
NASA_TLX_Ağırlıklı_EÖ	Kız	,156	16	,200 [*]	,941	16	,359
	Erkek	,282	7	,098	,886	7	,253
NASA_TLX_Ağırlıklı_ES	Kız	,133	16	,200 [*]	,962	16	,694
	Erkek	,209	7	,200 [*]	,849	7	,120
NASA_TLX_Ağırlıksız_EÖ	Kız	,135	16	,200 [*]	,929	16	,237
	Erkek	,229	7	,200 [*]	,895	7	,305
NASA_TLX_Ağırlıksız_ES	Kız	,173	16	,200 [*]	,951	16	,507
	Erkek	,180	7	,200 [*]	,965	7	,859

Veri sayısı 30'dan az olduğu Shapiro-Wilk hanesine bakılmalıdır. Çizelge 7.25'e göre kız ve erkeklere ait NASA-TLX puanları normal dağılıma uymaktadır (sig.> 0,05). Veriler normal dağılım gösterdikleri için ikili karşılaştırmalarda İki Örneklem t-testi uygulanmıştır. Sonuçlar Çizelge 7.26'da yer almaktadır.

Çizelge 7.26. NASA-TLX puanları İki Örneklem t-testi sonuçları

	Cinsiyet	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NASA_TLX_Ağırlıklı_EÖ	Kız	16	39,1898	9,13652	2,28413
	Erkek	7	36,8840	15,02249	5,67797
NASA_TLX_Ağırlıklı_ES	Kız	16	33,3565	8,61737	2,15434
	Erkek	7	28,4443	9,51189	3,59516

		Levene's Test for Equality of Variances				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
NASA_TLX_Ağırlıklı_EÖ	Equal variances assumed	2,736	,113	,457	21	,653
	Equal variances not assumed			,377	8,015	,716
NASA_TLX_Ağırlıklı_ES	Equal variances assumed	,020	,889	1,220	21	,236
	Equal variances not assumed			1,172	10,539	,267

Çizelge 7.26 incelendiğinde eğitimden önce (EÖ) ve eğitimden sonra (ES) erkekler (EÖ, \bar{X} =36,884; ES, \bar{X} =28,444) kızlara (EÖ, \bar{X} =39,190; ES, \bar{X} =33,357) kıyasla parçaların kontrolü sırasında zihinsel ve fiziksel olarak daha az zorlanmışlardır.

İki Örneklem t-testinin varsayımlarından biri de varyansların homojen olmasıdır. Varyansın homojen olup olmaması Levene's Testiyle belirlenmektedir. Levene's Testindeki anlamlılık değerleri EÖ 0,113; ES 0,889 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler %5 anlamlılık değerinden büyük olduğu için grupların varyansları arasında anlamlı bir farklılık yoktur. Yani varyanslar homojendir. t- testi sonucu ise EÖ 0,653; ES 0,236 olarak bulunmuştur. Eğitimden önce ve sonra hesaplanan NASA-TLX puanlarında kız ve erkekler arasında anlamlı bir farklılık görülmemektedir (sig >0,05) (Çizelge 7.26).

NASA-RTLX puanları da cinsiyet bazında karşılaştırılmış olup test sonuçları Çizelge 7.27' de sunulmuştur.

Çizelge 7.27. NASA-RTLX puanları İki Örneklem t-testi sonuçları

	Cinsiyet	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NASA_TLX_Ağırlıksız_EÖ	Kız	16	32,1244	10,44236	2,61059
	Erkek	7	32,1914	14,58285	5,51180
NASA_TLX_Ağırlıksız_ES	Kız	16	27,6250	7,93191	1,98298
	Erkek	7	22,1429	6,57438	2,48488

		Levene's Test for Equality of Variances				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
NASA_TLX_Ağırlıksız_EÖ	Equal variances assumed	,743	,398	-,013	21	,990
	Equal variances not assumed			-,011	8,816	,991
NASA_TLX_Ağırlıksız_ES	Equal variances assumed	,590	,451	1,598	21	,125
	Equal variances not assumed			1,724	13,832	,107

Çizelge 7.27 incelendiğinde eğitimden önce kız ve erkekler yaklaşık olarak aynı derecede zorlanırken (EÖ-Kız, \bar{X} =32,124; EÖ-Erkek, \bar{X} =32,191), eğitimden sonra parçaların kontrolü sırasında erkekler (\bar{X} =22,143) yine kızlara (\bar{X} =27,625) kıyasla zihinsel ve fiziksel olarak daha az zorlanmışlardır. Grupların varyansları ise homojen olup (sig >0,05) hesaplanan t-testi sonuçları sırasıyla 0,990 ve 0,125 olarak hesaplanmıştır. Eğitimden önce ve sonra hesaplanan NASA-RTLX skorlarında kız ve erkekler arasında anlamlı bir farklılık görülmemektedir (sig. > 0,05).

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kalite kontrol, imalat uygulamalarının vazgeçilmez bir adımıdır. İmalat sürecinde ve sonrasında bir parçanın kabul edilebilir olup olmadığı kararının verilmesi çok önemlidir. İşletmelerde kalite kontrol alanında tecrübeli personellerin yer aldığı gibi daha az tecrübeli personeller de yer almaktadır. Kalite kontrol personelinin incelediği malzemede kusurları etkin ve etkili bir şekilde bulabilmesi ve doğru karar verebilmesi için eğitim her zaman önemli bir unsur olmuştur. Personelin verilen bilgiyi kısa zamanda doğru bir şekilde öğrenebilmesi için eğitimin içeriği gözden geçirilmeli, gerekirse verilen eğitimde çeşitli düzenlemelere gidilmelidir.

Bu tez çalışmasının temel amacı, son yıllarda dikkat çekici bir alan haline gelen göz takip sistemi teknolojisinin gözle muayene eğitiminde kullanılabilirliğini göstermektir. Temel amaca ek olarak; farklı öğrenme stillerinin, izlenen eğitim stratejisinin başarısındaki etkisi, katılımcıların eğitim öncesi ve sonrası zihinsel zorlanmaları arasındaki farklılık, kız ve erkek katılımcıların zihinsel zorlanmaları arasındaki farklılık, kusur zorluk dereceleri farklı olan parçaların katılımcıların zihinsel zorlanmalarını ne derecede etkilediği de inceleme konusu olmuştur.

Çalışmadan elde edilen sonuçları üç grupta incelemek mümkündür; öğrenme stilleri anket sonuçları, göz takip cihazıyla elde edilen verilerin analizi ve NASA-TLX anketi sonuçları. İlk olarak katılımcılara öğrenme stilleri anketi uygulanmasının sebebi katılımcıların bilgiyi alma ve öğrenme sürecinde izlediği yol hakkında bir fikir sahibi olmak, slaytlardan yararlanılarak anlatım şeklinde verilen tahribatsız muayene eğitiminin katılımcıların bilgiyi edinme sürecinde zorlanıp zorlanmadığını tespit etmeye çalışmaktır. Anket sonuçları incelendiğinde öğrencilerin yaklaşık %40'ının mantıksal öğrenme stiline sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Katılımcıların verilen tahribatsız muayene eğitiminde bilgiyi edinme sürecinde zorlanmadıkları varsayılmıştır.

Göz takip cihazıyla eğitim öncesi ve eğitim sonrası elde edilen odaklanma süresi, odaklanma sayısı ve kusurlara odaklanma sayısı verileri arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı, verilerin normal dağılım gösterip göstermediği dikkate alınarak çeşitli parametrik

ve parametrik olmayan testler kullanılarak araştırılmıştır. Her bir katılımcının eğitim öncesi ve sonrası göz takip cihazı verileri her bir döküm parçayı kontrolü sırasında ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Çünkü her bir katılımcının eğitim öncesi ve sonrası inceledikleri döküm parçalardaki odaklanma sayıları, odaklanma süreleri ve kusurlara odaklanma sayıları farklılık göstermektedir.

Analiz sonuçları incelendiğinde katılımcıların her bir parçayı incelemeleri sırasında kaydedilen odaklanma süreleri eğitimden sonra artış göstermiştir. Eğitim öncesi ve sonrası, daha kolay tespit edilebilen kusura sahip birinci parçanın ve tespit edilebilmesi çok zor kusura sahip üçüncü parçanın incelenmesi sırasında kaydedilen odaklanma süreleri arasında anlamlı bir farklılık görülmemektedir. Eğitim öncesi ve sonrası zor tespit edilebilen kusura sahip ikinci parçanın incelenmesi sırasında ise odaklanma süreleri arasında anlamlı bir fark olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Eğitim öncesi ve sonrası toplam odaklanma sayıları karşılaştırıldığında katılımcıların birinci ve üçüncü parçaya eğitimden sonra daha fazla odaklandıkları görülürken, ikinci parçaya eğitimden önce ve sonra eşit sayıda odaklandıkları görülmüştür. Fakat istatistiksel olarak eğitim öncesi ve sonrası odaklanma sayıları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Kusurlara odaklanma sayılarının tespit edilebilmesi için parçadaki kusurlu alanlar analiz programı yardımıyla tanımlanmıştır. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda katılımcıların eğitimden önce ve sonra kusurlara odaklanma sayıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Fakat katılımcıların birinci parçadaki kusura eğitimden önce daha fazla odaklandıkları görülmüştür. İkinci ve üçüncü parçadaki kusurlara ise eğitimden sonra daha fazla odaklanmışlardır.

Eğitim öncesi ve sonrası göz takip cihazı ile elde edilen kusurlara odaklanma sayısı ve toplam odaklanma sayısı verilerinden türetilen muayene performansı olarak ifade edilen veri grubu, kusurlara odaklanma sayısının toplam odaklanma sayısına bölünmesi sonucu elde edilmiştir. Bu değer, katılımcıların her bir parçadaki toplam odaklanma sayısının yüzde kaçının kusurlara ait olduğu hakkında bilgi vermektedir. Bu oranın yüksek olması muayene performansının daha iyi olduğunu göstermektedir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda

eğitimden önce ve sonra muayene performansları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. Fakat katılımcıların ikinci ve üçüncü parçayı incelemeleri sırasında sergiledikleri muayene performansının, eğitimden sonra daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

İlgili alanda harcanan sürenin ve odaklanma sayısının fazla olması katılımcının kusurları bulmada zihinsel olarak zorlandığının bir göstergesi olduğundan dolayı farklı zorluk derecelerine sahip döküm parçaların karşılaştırılmasında göz takip cihazından elde edilen ortalama odaklanma süresi ve toplam odaklanma sayısı verileri kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucuna göre parçalar arasında, ortalama odaklanma süresi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur. Toplam odaklanma sayıları bakımından ise parçalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır. Katılımcılar eğitimden önce ve sonra 3. parçada (tespit edilmesi çok zor olan kusura sahip parça) daha çok alana odaklanmışlardır. Deney sonrası katılımcılara sözlü olarak yöneltilen hangi parçanın kontrolü sırasında daha çok zorlandıkları sorusuna katılımcıların verdikleri yanıtların %73'ü 3. parça olmuştur. Elde edilen bu iki sonuç göz takip cihazının, zihinsel zorlanmanın tespit edilmesinde kullanılabileceğini kanıtlar niteliktedir.

Göz takip cihazı verilerinin analizi sonucu elde edilen sıcaklık haritaları da eğitimden önce ve sonra parçaların muayenesi sırasında katılımcıların odaklandığı alanlar hakkında somut bir veri sunmaktadır. Sıcaklık haritaları incelenerek her bir parçadaki hangi ögenin katılımcıların dikkatini çektiği ve hangi alanlara dikkatlerini daha çok verdiği belirlenmiştir.

Eğitimden önce ve sonra katılımcılara uygulanan NASA-TLX anketi sonunda elde edilen puanlar analiz edildiğinde aralarında anlamlı bir farklılık görülmektedir. Katılımcıların eğitim öncesi zihinsel zorlanmaları, eğitim sonrası zihinsel zorlanmalarına kıyasla daha fazladır. Göz takip cihazından elde edilen odaklanma sayısı ve kusurlara odaklanma sayısı verilerinden elde edilen muayene performansının eğitimden sonra daha yüksek olması katılımcıların zihinsel olarak daha az zorlandıklarını kanıtlar niteliktedir. Bunun yanında göz takip cihazıyla kaydedilen video kayıtların deneyden sonra incelenmesi sonucunda katılımcıların eğitimden önce muayene sırasında yardımcı ekipman kullanmadıkları ve parçadaki kusurları tanımlamak için parça üzerinde çok çeşitli alanlara odaklandıkları; eğitimden sonra ise yardımcı ekipmanlardan büyüteç ve el fenerini

kullanarak kusurları daha rahat buldukları gözlemlenmiştir. Demografik farklılıklara göre anket sonuçları incelendiğinde ise eğitimden önce kız ve erkek katılımcıların zihinsel zorlanmaları arasında fark olmadığı, eğitimden sonra ise erkeklerin kızlara kıyasla zihinsel olarak daha az zorlandıkları belirlenmiştir.

Çalışma sonunda elde edilen veriler ışığında kullanımı kolay mobil göz takip cihazının, eğitimde düzenlemeye gidilmesi konusunda kullanılabileceği söylenebilir. Emek yoğun bir işlem olan gözle muayenede personel hatalarının en aza indirgenmesi için detaylara özen gösterilmesi gerekmektedir. Örneğin, muayenenin yapılacağı dökümhane ortamları gürültülü, aşırı sıcak ve aydınlatma bakımından yetersiz olabilir. Bu da personelin dikkatini dağıtabilir ve parçanın kabulü veya reddi konusunda verecek olduğu kararı etkileyebilir. Çevresel, bireysel ve görevle ilgili faktörlerin ideal olmasını sağlamanın yanı sıra ilgili konuda verilecek uygun bir eğitim de personellerin muayene performansının artmasını sağlar. Dökümhane ortamında erimiş metalle çalışmak personeller için fiziksel bir tehlikedir. Güvenlik kısıtlamaları, süreçlerin yakından izlenmesini zorlaştırır; bu da işe yeni başlayan personellerin eğitiminin hem karmaşık hem de tehlikeli olmasına neden olur. Personellere verilecek eğitimin etkin olabilmesi için eğitim ortamında değerlendirme ve geliştirme önemli bir yere sahiptir. Ancak bu şekilde istenilen performansa kolayca ulaşılabilir.

Gözle kontrol süreci insanların daha önce aşına olduğu ya da deneyimlediği şeylere göre insandan insana farklılık gösteren bir süreçtir. Göz takip cihazıyla elde edilen videolar sayesinde bu farklılık en aza indirilebilir. Tecrübesiz personel, tecrübeli personelin göz takip video görüntülerini kullanarak üzerinde eğitim aldığı görevleri tecrübeli personelin gözünden gözlemleyebilmekte, süreç hakkında zengin detaylara ve bakış açısına sahip olabilmektedir. Bu noktada göz takip cihazı; personelin bilişsel iş yükünü, durumsal farkındalığını, görsel becerilerini ve içinde çalıştığı çevre ve süreçleri anlamalarını sağlayan objektif ve nicel veriler sunar. Alanında iyi ve tecrübeli personelin görsel stratejisi haritalandırılarak bireysel becerileri gelecekteki çalışanlara aktarılmak üzere şirketlerin veri tabanında saklanabilir. Tecrübeli personelin göz takip videoları işe yeni alınan personeller için önemli bir eğitim yardımcısı görevini görür ve bu sayede verilen eğitimin süresi de kısaltılabilir.

Tecrübesiz bir personelin performansı tecrübeli bir personelin performansı ile hızlı ve kolay bir şekilde karşılaştırılabilir. Kontrol sırasında personelden kaynaklanan hataların nerede meydana geldiğini ve bunlara neden olan temel faktörleri belirlemek için personelin dikkatinin nereye odaklandığını gözlemleyerek kaçırılan adımlar ve dikkat dağıtıcı unsurlar belirlenebilir; yapılması gereken düzenlemeler tespit edilebilir. Bunun yanında işletmeler, göz takip sistemi yardımıyla çalışma koşullarını çalışanın gözünden görüntüleyerek daha güvenli bir çalışma ortamı oluşturabilirler. Bununla birlikte personelin muayene sırasındaki performansı göz takip cihazıyla gözlemlenerek işe alımda bir gösterge olarak kullanılabilir. Personelin normal ve stresli koşullar altında karar alma becerileri test edilebilir.

İlgili literatür incelendiğinde eğitimde göz takip sistemi teknolojisinin kullanımı henüz yaygın olmayan bir yöntemdir. Bu cihazların maliyetinin düşürülmesi bu alanda yapılacak çalışmalara destek olabilir. Böylece daha farklı alanlarda daha yaygın kullanımı sağlanabilir. Bunun yanında göz takip cihazıyla ilgili bazı teknik konuların iyileştirilmesi (göz takip cihazının kalibrasyonu vb.) veri toplama sırasında veri kaybını en aza indirerek tek seferde uygun veriyi elde etmeye yardımcı olabilir.

Bu çalışmanın sınırlılıkları arasında, gözle kontrolün gerçekleştirildiği ortamın gerçek ortamdaki uzak, laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesi gösterilebilir. Bu deneyde katılımcıların inceleyecek oldukları parçaları bir sıra gözetmeksizin rasgele seçmelerine izin verilmiştir. İncelenen üç adet döküm parçaya kontrol sırası tanımlanabilir. Zorluk dereceleri farklı kusurlara sahip her bir parçanın muayenesinden sonra NASA-TLX anketinin uygulanması katılımcıların hangi parçada zihinsel zorlanmasının daha fazla olduğu hakkında bilgi sağlayabilir. İstatistiksel olarak daha hassas sonuçlar elde edebilmek için örneklem sayısı artırılabilir. Fakat gönüllü katılımcılara erişim pek çok uygulamalı deneyde problem olabilmektedir. Tez çalışmasında eğitim, katılımcıların tümüne verilmiştir. İzleyen çalışmalarda birebir eğitim ve farklı eğitim tiplerinin (sanal ortam vb.) etkisi değerlendirilebilir. Ayrıca gerçek kontrol ortamını temsil edebilmek üzere ses şiddeti, aydınlatma ve iklimik faktörler deney planına dâhil edilebilir. Tez çalışmasında elde edilen sonuçların analiz yönüyle teorik ve yeni teknolojilerin gerçek hayat problemlerinin çözümünde katkısı olacaktır.

İlgili işletmelerde döküm parçaların kontrolünde, robotik sistemler, manyetik muayene gibi farklı teknolojik ekipmanların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Fakat; yüksek maliyetli yatırımların mümkün olmadığı durumlarda, gözle muayene işlemleri kontrol elemanları tarafından gerçekleştirilmeye devam etmektedir. İşletmeler açısından kritik öneminden dolayı, nitelikli kontrol elemanı eğitimlerinin olabildiğince kısa sürede etkin bir şekilde tamamlanması istenir. Bu tezde geliştirilen yaklaşım yardımıyla, daha az tecrübeli kontrol elemanlarının öğrenme stilleri de göz önünde bulundurularak uygun eğitim planlarının oluşturulması mümkün olacaktır. Günümüzde yüksek maliyetli olan göz takip sistemlerinin kullanımı ise, tecrübeli kontrol elemanının bakış açısı ile hangi kontrol noktalarına odaklanması gerektiği ve kritik öneme sahip olduğunun hızlı bir şekilde anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Böylece, tecrübe ve eğitim eksikliğinden kaynaklanması olası hatalar ortadan kaldırılabilecektir. Görsel kontrol sırasında eğitim alan kontrol elemanının zorlandığı durumlar geri bildirim olarak kullanıldığında, eğitim süresinin kısaltılması ve maliyetlerin azaltılması mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Anderson, R., Stone, R., 2015, The Use of Virtual Welding Simulators to Evaluate Experienced Welders, *Welding Journal*, 94, p.389-395.
- Aran, A., 2007, Döküm Teknolojisi İmal Usulleri Ders Notları, <http://www2.isikun.edu.tr/personel/ahmet.aran/dokum.pdf>, erişim tarihi: 30.10.2019
- Bastian, B., Jaspreeth, N., Ranjith, S., Jiji, C., 2019, Visual Inspection and Characterization Of External Corrosion in Pipelines Using Deep Neural Network, *NDT and E International* 107, p.102-134.
- Baştuğ, M., Keskin, K., Şimşek, İ., 2019, Sesli ve Sessiz Okumada Göz Hareketleri: Bir Göz İzleme (Eye Tracking) Çalışması, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20, s.327-337.
- Baudet, N., Maire, J.L., Pillet, M., 2013, The Visual Inspection of Product Surfaces, *Food Quality and Preference*, 27, p.153-160.
- Bojko, A., 2013, *Eye Tracking the User Experience: A Practical Guide to Research*, Rosenfeld Media.
- Bruder, C., Hasse, C., 2019, Differences Between Experts and Novices in the Monitoring of Automated Systems, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 72, p.1–11.
- BS EN 970:1997 Non-Destructive Examination Of Fusion Welds. Visual Examination, BSI, p.3,4.
- Charles R.L., Johnson T.L., Fletcher S.R., 2015, The Use of Job Aids for Visual Inspection in Manufacturing and Maintenance, *The Fourth International Conference on Through-Life Engineering Services Procedia CIRP*, 38, p.90-93.
- Crundall, D., 2016, Hazard Prediction Discriminates Between Novice and Experienced Drivers, *Accident Analysis and Prevention*, 86, p. 47–58.
- Duchowski, A., 2017, *Eye Tracking Methodology*, Springer, p. 40.
- Drury, C., 1974, The Human Factor in Industrial Inspection. *Quality Progress* VII,12, p. 14-19.
- Drury, C., Watson, J., 2002, Good Practices in Visual Inspection, *Human Factors in Aviation Maintenance-Phase Nine, Progress Report, FAA/Human Factors in Aviation Maintenance*, p.1-90.
- Ellenberg, A., Kotsos, A., Moon, F., Bartoli, I., 2016, Rapid Bridge Deck Damage Identification From Unmanned Aerial System Imagery, *Conference: NDE/NDT for Highways & Bridges: SMT 2016*

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Emeç Ş., Akkaya G., 2018, Sağlık Sektöründe Zihinsel İş Yükü Değerlendirmesi ve Bir Uygulama, *Ergonomi*, 1,3, s.156 – 162.
- Goldberg, J., Kotval, X., 1999, Computer Interface Evaluation Using Eye Movements: Method and Constructs, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24, p. 631-645.
- Gönül E., Bayraktaroğlu B., 2017, Tahribatsız Muayene Personelinin Eğitimi ve ISO 9712'ye Göre Belgelendirmesi, *Mühendis ve Makine*, s.37-45.
- Haliloğlu, H., 2016, Tahribatsız Muayenede İş Sağlığı ve Güvenliğinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gedik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, s.34.
- Heidl, W., Thumfart, S., Eitzinger, C., Lughofer, E., & Klement, E.P., 2010, Classifier-Based Analysis of Visual Inspection: Gender Differences in Decision-Making, 2010 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Istanbul, Turkey.
- Hellier, C., 2003, *Handbook of Nondestructive Evaluation*, McGraw-Hill Book, p.1.
- İçel, B., Beram, A., 2016, Tarihi Ahşap Yapılarda Bazı Odun Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Tahribatsız Muayene Yöntemleri, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 17,2, s.201-207.
- İnce, O., 2009, Göz İzleme Verileri ile Güvenlik Sistemi İzleyici Personelinin Görsel Tarama Davranışı Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, s. 7-77.
- Johnson, T., Fletcher, S., Baker, W., Charles, R., 2019, How and Why We Need to Capture Tacit Knowledge in Manufacturing: Case Studies of Visual Inspection, *Applied Ergonomics*, 74, p. 1–9.
- Just, M., Carpenter, P., 1976, Eye Fixations and Cognitive Processes, *Cognitive Psychology*, 8, p. 441-480.
- Karakoç, Ö., 2018, <https://ozlemkarakocblog.wordpress.com/2018/05/21/spss-egitimleri-19->, erişim tarihi: 22.03.2020
- Kaya, B., 1992, Muayede Teknolojik Gelişmeler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s.32-34.
- 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)

- Lever, M., Shen, Y., Joppe, M., 2019, Reading Travel Guidebooks: Readership Typologies Using Eye-Tracking Technology, *Journal of Destination Marketing & Management*, 14.
- Li, J., Li, H., Wang, H., Umer, W., Fu, H., Xing, X., 2019, Evaluating The Impact of Mental Fatigue on Construction Equipment Operators' Ability to Detect Hazards Using Wearable Eye-Tracking Technology, *Automation in Construction*, 105.
- Mclaughlina, L., Bond, R., Hughes, C., Mcconnelle, J., Mcfadden, S., 2017, Computing Eye Gaze Metrics for the Automatic Assessment of Radiographer Performance During X-Ray Image Interpretation, *International Journal of Medical Informatics*, 105, p.11–21.
- Mutlu Bayraktar, D., 2014, Farklı Dikkat Türlerine Göre Tasarlanmış Çoklu Ortamların Bilişsel Özellikler Açısından Geri Getirme Performansına Etkisinin Göz İzleme Yöntemi ile İncelenmesi, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim Dalı, s. 40-45.
- Mutlu Bayraktar, D., 2017, e-Okul Yönetim Bilgi Sisteminin Kullanılabilirliğinin Göz İzleme Yöntemi ile Değerlendirilmesi, *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 6,5, s. 2908-2928.
- Özada, Ç., 2018, <https://www.muhendisbeyinler.net/tahribatsiz-muayene-yontemleri/>, erişim tarihi: 29.10.2019.
- Peters, F., Stone, R., Watts, K., Zhong, P., Clemons, A., 2013, Visual Inspection of Casting Surfaces, *AFS Transactions*, 121, p. 45-52.
- Rais, A., 2015, Basic Human Factors and Nondestructive Testing, *NDT Technician*, 14, 1, p.1–4.
- Rebsamen M., Boucheix J.M., Fayol M., 2010, Quality Control in the Optical Industry: From a Work Analysis of Lens Inspection to a Training Programme, an Experimental Case Study, *Applied Ergonomics*, 41, p.150-160.
- Rebsamen, M., Bouchei, J., Fayol, M., 2010, Quality Control in The Optical Industry: From A Work Analysis of Lens Inspection to a Training Programme, an Experimental Case Study, *Applied Ergonomics*, 41, P.150–160.
- Salma, A., 2011, Tahribatsız Muayene Metotları ve Doğalgaz Boru Hatlarındaki Kaynaklı Bağlantıların Radyografik Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, s.5.
- Saylan, G., 2018, <https://docplayer.biz.tr/107864002-Bolum-7-tahribatsiz-malzeme-muayenesi.html>, erişim tarihi: 28.10.2019

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- See Judi E., 2012, Visual Inspection: A Review of the Literature, Sandia Report, Sandia National Laboratories, New Mexico.
- Stallard, M., Mackenzie, C., Peters, F., 2018, a Probabilistic Model to Estimate Visual Inspection Error for Metalcastings Given Different Training and Judgment Types, Environmental and Human Factors, and Percent of Defects, Journal of Manufacturing Systems, 48, p. 97–106.
- Şenduran, F., 2019, Göz Takip Sisteminin (Eye Tracker) Spor Biliminde Kullanılması: Yeni Araştırmacılar için Kılavuz, Spormetre, 17,4, s.1-13.
- Tham, K., Willem, H., 2010, Room Air Temperature Affects Occupants' Physiology, Perceptions and Mental Alertness, Building and Environment, 45, p. 40-44.
- Tout, K., Retraint, F., Coganne, R., 2017, Automatic Vision System for Wheel Surface Inspection and Monitoring, Conference: ASNT Annual Conference 2017.
- Tuçcu, Z., 2018, https://mmo.org.tr/sites/default/files/gonderi_dosya_ekleri/Tahribats%C4%B1z%20Muayeneler.pdf erişim tarihi: 28.10.2019.
- Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği, 2014, Döküm Hataları Atlası, e-kitap, <https://dokumhane.net/wp-content/uploads/2019/02/Dokum-Hatalari-Atlasi.pdf>, erişim tarihi: 17.10.2019
- Uludağ, A., 2017, Bir Uçak Ana İniş Takımı Jantının Sıvı Penetrant Kontrol Yöntemi ile İncelenmesi, Jurnal of Aviation, 1, 2, s.128-139.
- Watts, K., 2011, The Effect of Visual Search Strategy and Overlays on Visual Inspection of Castings, Graduate Theses and Dissertations, Iowa State University Industrial Engineering.
- Yalçın, C., Gündoğdu, E., Kurban, Y., Altunel, E., 2017, Eski Eserlerdeki Yapısal Tahribatların Termal Görüntüleme ve Mikrodalga Nem Ölçümleri ile Belirlenmesi: Ayasofya Müzesi Örnek Çalışması, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3,2, s.34-47.
- Yaman, C., Küçün, N., Güngör, S., Eroğlu, S., 2018, Reklamlara Yönelik Dikkatin Göz İzleme Tekniği ile Ölçülmesi ve Bağlam Etkisi, Journal of Life Economics, 5, 4, p.221-232.
- Yıldırım N., Varol A., 2016, A Research on Eye Tracking and Eye Tracking Systems, International Engineering, Science and Education Conference.
- Zhao, X., He, Z., Zhang, S., Liang, D., 2015, A Sparse-Representation Based Robust Inspection System for Hidden Defects Classification in Casting Components, Neurocomputing 153, p. 1–10

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Anonim, 2011, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/D%C3%B6k%C3%BCm%20Hatalar%C4%B1.pdf, erişim tarihi: 30.10.2019.

Anonim, 2011, <http://www.eyetracking.com/About-Us/What-Is-Eye-Tracking>, erişim tarihi: 23.10.2019.

Anonim, 2014, <http://www.neurodiscover.com/norobilimteknolojilerimiz/noropazarlamada-eye-tracking-kullanimi/>, erişim tarihi: 23.10.2019.

Anonim, 2015, <http://tspndt.com/non-destructive-testing-industrial-supplies-blog/visual-testing-is-oldest-and-most-common-ndt-technique>, erişim tarihi: 10.01.2019

Anonim, 2016, http://www.csmmuhendislik.com/gozle_muayene.html , erişim tarihi: 28.10.2019

Anonim, 2016, <http://www.gediktest.com/tahribatsiz-muayene>, erişim tarihi: 29.10.2019

Anonim, 2016, <http://www.teknikmuayene.com.tr/ultrasonik-muayene>, erişim tarihi: 29.10.2019

Anonim, 2017, <https://www.kuark.org/2017/05/manyetik-parcacik-yontemi/>, erişim tarihi: 23.10.2019.

Anonim, 2018, <https://www.ogrenmetasarimlari.com/coklu-zeka-kurami-nedir/>, erişim tarihi: 20.10.2019

Anonim, 2019, http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/makina_faf72.pdf, erişim tarihi: 27.10.2019

Anonim, 2019, http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/U%C3%A7aklarda%20Tahribats%C4%B1z%20Muayene.pdf, erişim tarihi: 28.10.2019

Anonim, 2019, <http://ndt.wtndt.metu.edu.tr/ultrasonik-muayene>, erişim tarihi: 28.10.2019

Anonim, 2019, <http://ndt.wtndt.metu.edu.tr/ultrasonik-muayene>, erişim tarihi: 29.10.2019

Anonim, 2019, <https://www.isgnedir.com/gurultu-seviyesinin-ig-acisindan-onemi/>, erişim tarihi: 21.10.2019.

Anonim, 2019, <http://hci.cc.metu.edu.tr/tr/goz-izleme>, erişim tarihi: 23.10.2019.

Anonim, 2020, <https://www.learning-styles-online.com/overview/>, erişim tarihi: 23.10.2019.

EK AÇIKLAMALAR

Ek Açıklama-A: ESOGÜ Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Ek Açıklama-B: Öğrenme Stilleri Anketi

Ek Açıklama-C: NASA-TLX Anketi

Ek Açıklama-D: Gönüllü Olur Formu

Ek Açıklama-A: ESOGÜ Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu



T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı



Sayı : 25403353-050.99-E.27766
Konu : 2019 - 13 Karar

05/03/2019

Sayın Prof.Dr.Berna ULUTAŞ
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
İnsan ve Makine Sistemleri Anabilim Dalı

Sorumlu Araştırmacısı olduğunuz **“Gözle Kontrol Faaliyetlerinin Değerlendirilmesi ve Personel Eğitiminin İyileştirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım”** başlıklı çalışma hakkında alınan karar ilişikte gönderilmiştir.


Bilgilerinizi ve gereğini saygı ile rica ederim.

Prof. Dr. Ömür ŞAYLIGİL
Kurul Başkanı

Bu evrak 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu'na göre elektronik olarak imzalanmıştır. Evrak doğrulama adresi:
<https://cbysnetn.ogu.edu.tr/Home/Dogrulama/0cda7dd9-313b-4183-94d0-da3bc55d3e64>

Adres	: Meselik Kampüsü PK:26480 Odunpazari	Ayrıntılı Bilgi	: Aysun SERTTAŞ - Bilgisayar İşçitmeni
Telefon	: 0222 2392979-4690	Faks	: 222 239 37 72
E-Posta	: aserttas@ogu.edu.tr	Elektronik Ağ	: http://girisimselolmuyanetikkurul.ogu.edu.tr/
		KEP Adresi	: esk.osmangaziunirek@hs01.kep.tr

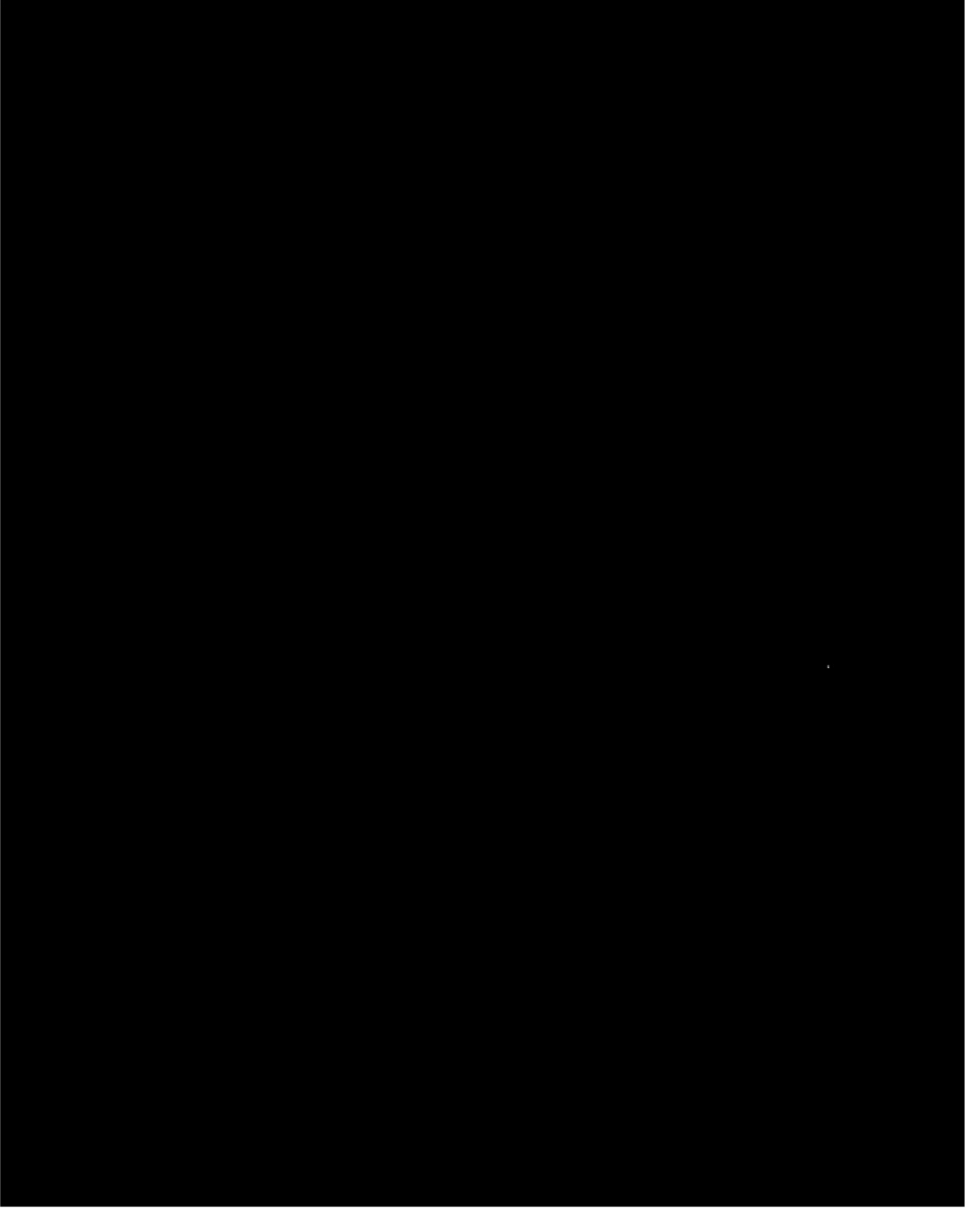
Ek Açıklama-A: ESOGÜ Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu (devam)

 ESKİŞEHİR OSMANGAZI ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU BAŞKANLIĞI	
KARAR FORMU	
<p>Prof.Dr.Ömür ŞAYLIGİL (Başkan) Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı</p> <p>Doç.Dr.Ömer KILIÇ (Başkan Yardımcısı) Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı / Çocuk Enfeksiyon Hast. Bilim Dalı</p> <p>Doç.Dr.Özlem ÖRSAL (Raportör) Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Halk Sağ. Hemşireliği Anabilim Dalı</p> <p>Doç.Dr.Uğur BİLGE Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Aile Hekimliği Anabilim Dalı</p> <p>Prof.Dr.Setenay DİNÇER ÖNER Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyostatistik Anabilim Dalı</p> <p>Prof.Dr.Hilmi ÖZDEN Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı</p> <p>Prof.Dr.Varol ŞAHİNTÜRK Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı</p> <p>Prof.Dr.Timuçin KAŞİFOĞLU Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı / Romatoloji Bilim Dalı</p> <p>Doç.Dr.Batu Can YAMAN Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı</p> <p>Prof.Dr.Bekir YAŞAR Genel Cerrahi Uzmanı</p> <p>Av. Önder CAN Avukat</p> <p>Etik Kurul Sekreterliği Aysun SERTTAŞ Tel: 0 222 239 29 79 / 4690</p>	<p>Başvuru Tarihi: 11.01.2019</p> <p>Çalışmanın Başlığı: "Gözle Kontrol Faaliyetlerinin Değerlendirilmesi ve Personel Eğitiminin İyileştirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım"</p> <p>Çalışmacılar: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü İnsan ve Makine Sistemleri Anabilim Dalı - Prof.Dr.Berna ULUTAŞ (Yüksek Lisans Tez Danışmanı), Yüksek Lisans Öğrencisi Betül EGE (Yüksek Lisans Tez Sahibi)</p> <p>Çalışmanın değerlendirildiği ilk toplantı tarihi: 22.01.2019</p> <p>Sonuç: 1. Çalışma uzman görüşüne gönderilmiştir. Gelen görüşten sonra Etik Kurulumuz çalışmaya ilişkin nihai kararını verecektir.</p> <p>Gelen görüş tarihi: 13.02.2019</p> <p>Uzman Görüşü "Gözle kontrol faaliyetlerinin değerlendirilmesi ve personel eğitiminin iyileştirilmesine yönelik bir yaklaşım" konulu çalışma ile ilgili uzman görüşüm aşağıda bilgilerinize sunulmuştur. Saygılarımla, Bu çalışmada, endüstride çeşitli materyallerin üretimi ve/veya kullanımı sırasında yapılarında oluşabilecek çatlak, korozyon, gözenek büyüklüğü gibi kusur ve bozulmaların saptanmasında önemli bir kalite kontrol yöntemi olan gözle değerlendirme eğitiminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada göz takip cihazı kullanılarak endüstriyel parçayı değerlendiren kişinin göz odaklanma sayısı, nerelere ne kadar süre ile odaklandığı ve tepki süreleri kaydedilecek, tecrübeli ve tecrübesiz personel arasındaki farklar saptanacaktır. Elde edilen veriler görsel eğitimin geliştirilmesi için kullanılacaktır. Görsel kontrol analizi için göz hareketlerini kaydeden gözlüklerin kullanılması kişi için bir risk oluşturmamaktadır. Ancak çalışmaya dahil edilme kriteri olarak görme ile ilgili herhangi bir göz sağlığı olup olmadığı konusu çalışma için önemli olup uzman bir muayene gerektirmektedir. Bu nedenle araştırmada yer alan kişilerin göz muayenelerinin göz uzmanı tarafından yapılmasının çalışmanın güvenilirliği açısından gerekli olduğu görüşümdedir.</p>

Ek Açıklama-A: ESOGÜ Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu (devam)

<p>Çalışmanın değerlendirildiği ikinci toplantı tarihi:</p> <p>19.02.2019</p>	<p>Sonuç:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bilgi gizliliğinin sağlanması gereken en önemli durumlardan biri görüşmeler esnasındaki gizliliklidir. 2. Gönüllünün sağlığına ve diğer kişilik haklarına zarar verilmemesi için gereken bütün tedbirler alınmalıdır. 3. Gönüllülerin kimliği ile ilgili kayıtlar ilgili mevzuat hükümlerine göre özel hayat ve gizlilik kurallarına saygı gösterecek şekilde korunmalıdır. 4. Araştırmacılar İyi Klinik Uygulamalar Kılavuzu (2015), Dünya Tıp Birliği Helsinki Bildirgesi (2013)'ni imzalamış bu imza ile sorumluluğu kabul ettiklerini beyan etmişlerdir. 5. Araştırmacıların yetkin ve bu araştırma için yeterli oldukları anlaşılmaktadır.
<p>Karar Tarihi:</p> <p>19.02.2019</p> <p>Karar No: 03</p>	<p>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü İnsan ve Makine Sistemleri Anabilim Dalı Prof.Dr.Berna ULUTAŞ (Yüksek Lisans Tez Danışmanı) sorumluluğunda yürütülen “Gözle Kontrol Faaliyetlerinin Değerlendirilmesi ve Personel Eğitiminin İyileştirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım” başlıklı çalışmanın yapılmasının etik açıdan uygun olduğuna oy birliğiyle karar verilmiştir.</p> <p>Araştırmacılara başarılar dileriz.</p>

Ek Açıklama-A: ESOGÜ Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu (devam)



Ek Açıklama-B: Öğrenme Stilleri Anketi (devam)

33. Telefon numaraları, pin numaraları ve diğer nesnelere hatırlamak için onu çağrıştıran kodlar kullanırsınız.
34. Okulda spor, ahşap ya da metal işleme, el işleri, seramik ya da diğer benzer konulardan hoşlanırsınız.
35. Çok sayıda kelime bilirsiniz ve doğru kelimeyi doğru zamanda kullanırsınız.
36. Kıyafetlerin, mobilyaların ve diğer nesnelere dokununca verdiği hissi ayırt edebilir ve bu hissi seversiniz.
37. Tatilinizi etrafta pek çok insanın bulunduğu tatil köylerinde veya gemi seyahatlerinde geçirmek yerine terk edilmiş bir adada geçirmeyi tercih edersiniz.
38. İçinde şekiller, resimler veya diyagramların bulunduğu kitapları seversiniz.
39. Kendinizi sözlü veya yazılı olarak rahatça ifade edebilir, fikirlerinizi ve bilgilerinizi rahatça açıklayabilirsiniz.
40. Başkalarıyla kart veya grup oyunları oynamayı seversiniz.
41. Bakış açınızı desteklemek için belirli örnekler ve referanslar kullanırsınız.
42. Etrafınızdaki seslere dikkat edersiniz. Enstrümanların, arabaların veya uçakların aralarındaki farkı bu seslere göre söyleyebilirsiniz.
43. İyi bir renk algınız vardır.
44. Kelimelerin anlamlarıyla oynamayı, telaffuzu zor sözcükler kullanmayı ve kafiyeleri seversiniz.
45. Fiziksel bir işle uğraşırken problemler, sorunlar ve fikirler hakkında düşünmeyi seversiniz.
46. Kişisel gelişim kitapları okursunuz, bu konuda çalışmalara katılırsınız veya kendinizi daha iyi tanımak için benzer çalışmalar yaparsınız.
47. Bir müzik aleti çalabilir veya makamına uygun şekilde şarkı söyleyebilirsiniz.
48. Bulmaca, Scrabble gibi kelime türetme oyunlarını seversiniz.
49. Mantık ve zekâ oyunları ile satranç gibi strateji oyunlarını seversiniz.
50. Dışarıya çıkmaktan ve çeşitli sosyal aktivitelere katılmaktan hoşlanırsınız.
51. Ara sıra müzikle beraber parmaklarınızla tempo tuttuğunuzu fark edersiniz veya doğal bir şekilde mırıldanmaya ya da ısıklık çalmaya başlarsınız. Bir melodiyi sadece bir kaç kere duysanız bile hatırlayabilirsiniz.
52. Problemleri sesli düşünerek çözmek istersiniz. Sorunlar, problemler ve muhtemel çözümler hakkında konuşursunuz.
53. Dans etmekten keyif alırsınız.
54. Yalnız ders çalışmayı tercih edersiniz.
55. Sessizliği sevmersiniz. Arka fonda biraz müzik ya da gürültü olmasını tercih edersiniz.
56. Fiziksel hareket gerektiren (tırmanış, yürüyüş vb.) aktiviteleri çok seversiniz ya da hiç sevmersiniz çünkü vücudunuzun zorlanması konusunda hassassınızdır.
57. İyi resim çizersiniz. Düşünürken kendinizi resim çizerken ya da bir şeyler karalarken bulursunuz.
58. Sayılarla rahat çalışırsınız. Akıldan hesap yapma konusunda iyisinizdir.
59. Fikirlerinizi ve bildiklerinizi aktarırken diyagramlar, şekiller kullanırsınız. Yazı tahtası kullanmayı ve renkli kalemleri çok seversiniz.
60. Başkalarının duyamadığı çok küçük şeylerin sesini duyabilirsiniz.
61. Bir şeyin nasıl çalıştığını anlamak için ona dokunmayı veya elinize alıp incelemeyi tercih edersiniz.
62. Başkalarına yol göstermek ve liderlik yapmak umurunuzda değildir.
63. Okuyarak, ses kaydı dinleyerek veya derslerde bilgiyi özümsersiniz. Mevcut kelimeler ve ifadeler hemen aklınıza gelir.
64. Olanların nasıl ve niçin gerçekleştiğini anlamak istersiniz. Fen ve teknoloji alanındaki gelişmeleri takip edersiniz.
65. Tamirat işlerini seversiniz. Nesnelere parçalara ayırıp tekrar bir araya getirmek sizin için kolaydır. Şekillerle verilen talimatları kolayca takip edersiniz.
66. Müzik dinlemek sizde güçlü duygulara ve çeşitli görüntülerin gözünüzde canlanmasına yol açar. Hatıralarınızı hatırlarken müzik önemli bir yerdedir.
67. Özgürce düşünürsünüz. Kendi güçlü ve zayıf yönlerinizi anlayabilirsiniz.
68. Bahçe ile uğraşmayı veya elinizi kirletecek işleri yapmayı seversiniz.
69. Heykel, resim gibi görsel sanatları seversiniz. Yapboz ve labirentlerden hoşlanırsınız.
70. Problemleri çözmek için adım adım izleyeceğiniz bir süreç kullanırsınız.

Ek Açıklama-B: Öğrenme Stilleri Anketi (devam)

ÖĞRENME STİLLERİ ANKETİ DEĞERLENDİRME FORMU

1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							

36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							
67							
68							
69							
70							

--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--

1	2	3	4	5	6	7

Ek Açıklama-C: NASA-TLX Anketi (devam)

FİZİKSEL ZORLANMA	Verilen görevi tamamlamak için fiziksel olarak ne kadar zorlandınız (örneğin iterken, çekerken, döndürürken, kontrol ederken, çalıştırırken vb)?
veya	
HAYAL KIRIKLIĞI	Verilen görevi yerine getirirken ne kadar hayal kırıklığı hissettiniz? Ne kadar umutsuzluğa kapıldınız? Kendinizi ne kadar güvensiz, bezgin, rahatsız, stresli, sınırlı hissettiniz?
ZİHİNSEL ZORLANMA	Verilen görevi tamamlamak için zihinsel olarak ne kadar zorlandınız (örneğin düşünürken, araştırma yaparken, karar verirken, hesaplarken, hatırlarken, vb)?
veya	
ÇABA	Kendi performans düzeyinize ulaşmak için hem zihinsel, hem de fiziksel olarak ne kadar çaba gösterdiniz? Ne kadar çalışmak zorunda kaldınız?
FİZİKSEL ZORLANMA	Verilen görevi tamamlamak için fiziksel olarak ne kadar zorlandınız (örneğin iterken, çekerken, döndürürken, kontrol ederken, çalıştırırken vb)?
veya	
PERFORMANS	Verilen görevin amacına ulaşmak için gösterdiğiniz performansı nasıl değerlendirirsiniz? Verilen görevi yerine getirip getirmediğiniz konusunda kendinizi ne kadar başarılı buluyorsunuz?
FİZİKSEL ZORLANMA	Verilen görevi tamamlamak için fiziksel olarak ne kadar zorlandınız (örneğin iterken, çekerken, döndürürken, kontrol ederken, çalıştırırken vb)?
veya	
ZAMAN GEREKSİNİMİ	Verilen görevi tamamlamak için ne kadar zamana ihtiyaç duydunuz? Verilen zaman az mıydı, yeterli miydi? Görevi tamamlamak için yavaş ve sakin mi çalıştınız (AZ), hızlı ve aceleyle mi çalıştınız (ÇOK)?
ZİHİNSEL ZORLANMA	Verilen görevi tamamlamak için zihinsel olarak ne kadar zorlandınız (örneğin düşünürken, araştırma yaparken, karar verirken, hesaplarken, hatırlarken, vb)?
veya	
FİZİKSEL ZORLANMA	Verilen görevi tamamlamak için fiziksel olarak ne kadar zorlandınız (örneğin iterken, çekerken, döndürürken, kontrol ederken, çalıştırırken vb)?
ZAMAN GEREKSİNİMİ	Verilen görevi tamamlamak için ne kadar zamana ihtiyaç duydunuz? Verilen zaman az mıydı, yeterli miydi? Görevi tamamlamak için yavaş ve sakin mi çalıştınız (AZ), hızlı ve aceleyle mi çalıştınız (ÇOK)?
veya	
HAYAL KIRIKLIĞI	Verilen görevi yerine getirirken ne kadar hayal kırıklığı hissettiniz? Ne kadar umutsuzluğa kapıldınız? Kendinizi ne kadar güvensiz, bezgin, rahatsız, stresli, sınırlı hissettiniz?

Ek Açıklama-C: NASA-TLX Anketi (devam)

HAYAL KIRIKLIĞI	Verilen görevi yerine getirirken ne kadar hayal kırıklığı hissettiniz? Ne kadar umutsuzluğa kapıldınız? Kendinizi ne kadar güvensiz, bezgin, rahatsız, stresli, sinirli hissettiniz?
veya	
ÇABA	Kendi performans düzeyinize ulaşmak için hem zihinsel, hem de fiziksel olarak ne kadar çaba gösterdiniz? Ne kadar çalışmak zorunda kaldınız?
ÇABA	Kendi performans düzeyinize ulaşmak için hem zihinsel, hem de fiziksel olarak ne kadar çaba gösterdiniz? Ne kadar çalışmak zorunda kaldınız?
veya	
FİZİKSEL ZORLANMA	Verilen görevi tamamlamak için fiziksel olarak ne kadar zorlandınız (örneğin iterken, çekerken, döndürürken, kontrol ederken, çalıştırırken vb)?
PERFORMANS	Verilen görevin amacına ulaşmak için gösterdiğiniz performansı nasıl değerlendirirsiniz? Verilen görevi yerine getirip getirmediğiniz konusunda kendinizi ne kadar başarılı buluyorsunuz?
veya	
ZAMAN GEREKSİNİMİ	Verilen görevi tamamlamak için ne kadar zamana ihtiyaç duyduunuz? Verilen zaman az mıydı, yeterli miydi? Görevi tamamlamak için yavaş ve sakin mi çalıştınız (AZ), hızlı ve aceleyle mi çalıştınız (ÇOK)?
ÇABA	Kendi performans düzeyinize ulaşmak için hem zihinsel, hem de fiziksel olarak ne kadar çaba gösterdiniz? Ne kadar çalışmak zorunda kaldınız?
veya	
PERFORMANS	Verilen görevin amacına ulaşmak için gösterdiğiniz performansı nasıl değerlendirirsiniz? Verilen görevi yerine getirip getirmediğiniz konusunda kendinizi ne kadar başarılı buluyorsunuz?
HAYAL KIRIKLIĞI	Verilen görevi yerine getirirken ne kadar hayal kırıklığı hissettiniz? Ne kadar umutsuzluğa kapıldınız? Kendinizi ne kadar güvensiz, bezgin, rahatsız, stresli, sinirli hissettiniz?
veya	
ZİHİNSEL ZORLANMA	Verilen görevi tamamlamak için zihinsel olarak ne kadar zorlandınız (örneğin düşünürken, araştırma yaparken, karar verirken, hesaplarken, hatırlarken, vb)?
ZAMAN GEREKSİNİMİ	Verilen görevi tamamlamak için ne kadar zamana ihtiyaç duyduunuz? Verilen zaman az mıydı, yeterli miydi? Görevi tamamlamak için yavaş ve sakin mi çalıştınız (AZ), hızlı ve aceleyle mi çalıştınız (ÇOK)?
veya	
ÇABA	Kendi performans düzeyinize ulaşmak için hem zihinsel, hem de fiziksel olarak ne kadar çaba gösterdiniz? Ne kadar çalışmak zorunda kaldınız?

Ek Açıklama-D: Gönüllü Olur Formu

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU**“GÖZLE KONTROL FAALİYETLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE PERSONEL EĞİTİMİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM” İSİMLİ YÜKSEK LİSANS TEZİ İÇİN OLUŞTURULMUŞ BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU**

Araştırmanın Adı: Gözle kontrol faaliyetlerinin değerlendirilmesi ve personel eğitiminin iyileştirilmesine yönelik bir yaklaşım

Sorumlu Araştırmacı: Prof. Dr. Berna Ulutaş

Araştırmanın Yürütüleceği Yer: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü İŞLAB.

GİRİŞ:**1. Araştırmanın Amacı:**

Gözle muayene eğitimi öncesi ve sonrasında, 20-25 yaş aralığındaki sağlıklı kız ve erkek öğrencilere ait kaydedilen göz hareketleri analiz edilerek parçalardaki kusurları bulma süreleri ve tespit ettikleri kusur sayıları arasında anlamlı fark olup olmadığının değerlendirilmesi ve çalışmada elde edilen sonuçlara dayanarak, endüstri uygulamalarında gözle muayene sırasında personel eğitiminin iyileştirilmesi için çeşitli önerilerin sunulmasıdır.

2. Araştırmaya katılması beklenen tahmini gönüllü sayısı:

Değişkenliği tespit edebilmek için en az 30 gönüllü üzerinden ölçüm alınması planlanmaktadır.

3. Araştırmada Yapılacaklar:

Öğrenme stillerinizi öğrenmek amacıyla ilk olarak toplam 70 sorudan oluşan Öğrenme Stilleri Anketini doldurmanız istenecektir. Sorulara 0-1-2 şeklinde puanlar vererek en sonunda toplam bir puan elde edilecektir. En fazla puana sahip öğrenme şekli sizin öğrenme stilinizi gösterecektir. Böylece görsel, işitsel, mantıksal vb. olarak tanımlanmış öğrenme stillerinden hangisine daha yatkın olduğunuzu belirlemeye çalışacağız.

Göz takip cihazını kullanarak gerçekleştirilecek deney sırasında, sizlerden belirli bir süre içinde (5 dk.) 3 adet döküm parçayı kontrol etmeniz ve parçalardaki kusurları bulmanız istenecektir. Kontrol sırasında göz hareketlerinizi ve odaklanma sürelerinizi kaydetmek için Tobii-Pro Glasses-2 göz takip cihazı kullanılacaktır (Şekil 1).



Şekil 1. Deneyler sırasında kullanılacak göz takip cihazı
(<https://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/>)

Ek Açıklama-D: Gönüllü Olur Formu (devam)

Tamamladığınız deney sonrasında NASA-TLX anketi uygulanacaktır. Bu anket sonunda elde edilen skor sayesinde kontrol işlemi sırasında kusurları bulma sırasında zihinsel ve fiziksel olarak ne kadar zorlandığınız tespit etmeye çalışılacaktır. Daha sonra sizlere tahribatsız muayene yöntemlerinden biri olan gözle muayene hakkında 60 dk. slaytlardan yararlanılarak anlatım şeklinde bir eğitim verilecektir. Aldığınız bu eğitim sonrasında sizden aynı 3 parçayı yeniden kontrol etmeniz istenecektir. Göz hareketlerinizi ve odaklanma sürelerinizi kaydetmek üzere yine Tobii-Pro Glasses-2 göz takip cihazı kullanılacaktır. Kontrol işleminden sonra tekrar NASA-TLX anketi uygulanıp puanlamalar hesaplanacaktır.

4. Çalışma Hakkında Sorular Sorma Ve Çalışmadan Ayrılma Hakkı:

Dilediğiniz zaman çalışma ile ilgili sorular sorma hakkına sahipsiniz. İsteddiğiniz zaman bu araştırmadan ayrılma hakkına sahipsiniz. Bu çalışmaya katılım gönüllüdür. Katılmayı reddettiğinizde herhangi bir yaptırım uygulanmaz.

5. Çalışmada Gizlilik:

Bu çalışmada kimliğinizi ortaya çıkaracak kayıtlar gizli tutulacaktır. Araştırma sonuçlarının yayımlanması halinde dahi kimliğiniz gizli kalacaktır.

6. Araştırmaya son verme kriterleri:

Dencyler sırasında, göz takip cihazı kullanımından rahatsızlık duyarsanız deneyi kendi isteğinizle sonlandırabilirsiniz.

Herhangi bir sorunuz olduğunda yüksek lisans tez öğrencisi Betül Ege'ye betul.ege1030@gmail.com adresine mail atarak ulaşabilirsiniz.

Bilgilendirilmiş gönüllü olur formundaki tüm açıklamaları okudum. Katılımım sorulan yüksek lisans tez çalışmasının amaç ve işlemleri bana açıklanmıştır.

Bu çalışma ile ilgili olası yararlar ve görülmesi mümkün olan herhangi bir risk ve bu çalışmaya bağlı rahatsızlıklar bana bildirildi. Tüm sorularıma yeterince cevap aldım.

Bu çalışmaya katılımın gönüllü olduğunu ve bu çalışmadan istediğim zaman çekebileceğimi ve bunu yaptığımda herhangi bir yaptırımla karşılaşmayacağımı anladım.

Söz konusu çalışmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum.

Ad- Soyad:

Tarih:

İmza:

Ek Açıklama-D: Gönüllü Olur Formu (devam)

<p>Aklınıza gelen soruları sormadan ve bu sorulara yeterli yanıt almadan bu formu imzalamayınız.</p>
<p>Araştırmacıların imzaları:</p> <p>Prof. Dr. Berna ULUTAŞ</p> <p>Betül EGE</p>