



**KAMUFLAJ YÜZEYLERDE TECRÜBEYE DAYALI FARKINDALIK VE
KAMUFLAJ TASARIMININ SAHA PERFORMANSININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hüseyin YATTIKALKMAZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİYEL TASARIM ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2024

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Hüseyin YATTIKALKMAZ

18/12/2024

KAMUFLAJ YÜZEYLERDE TECRÜBEYE DAYALI FARKINDALIK VE
KAMUFLAJ TASARIMININ SAHA PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hüseyin YATTIKALKMAZ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2024

ÖZET

Yüksek değerli askeri varlıkların bekası tespit edilebilirliklerinin optimize edilerek en aza indirgenmesine bağlıdır. Bu genellikle kamuflaj uygulaması ve görev bölgesi arasındaki uyumun sağlanabilmesi ile mümkün olmaktadır ve bu tedbirlerin, hedefin izini azaltmadaki etkinliğini anlamak önemlidir. Çalışmanın amacı, askeri kamuflaj yüzeylerin tasarlanmasında, görev bölgesinden alınan renk bilgisi kullanımının gizlilik performansı üzerindeki etkisini araştırmaktır. Ayrıca profesyonel ordu deneyimine sahiplik durumu ile kamuflaj edilmiş nesne tespit performansı arasındaki ilişkiyi incelemektir. Bu doğrultuda, yüksek çözünürlüklü arazi fotoğraflarında k-Means kümeleme algoritması kullanılarak renk segmentasyonu ile elde edilen renk bilgisinin tasarımlarda girdi olarak kullanıldığı bir yöntem geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen deneysel tasarım örnekleri laboratuvar ortamında insan gözlemine dayalı performans ölçümleri ile değerlendirilmiş ve tasarımların gizlilik performansına olumlu yönde etkisi ortaya konmuştur.

Bilim Kodu : 81001
Anahtar Kelimeler : Kamuflaj tasarımı, askeri kamuflaj yüzeyler, durumsal farkındalık, gizlilik performansı
Sayfa Adedi : 89
Danışman : Prof. Dr. Dilek AKBULUT

EXPERIENCE-BASED AWARENESS OF CAMOUFLAGE SURFACES AND
EVALUATION OF FIELD PERFORMANCE OF CAMOUFLAGE DESIGN

(M. Sc. Thesis)

Hüseyin YATTIKALKMAZ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2024

ABSTRACT

The survival of high-value military assets is contingent upon the optimisation and minimisation of their detectability. This is frequently accomplished by aligning the camouflage methodology with the specific operational environment, underscoring the significance of evaluating the efficacy of these strategies in minimizing target detection. The objective of this study is to examine the impact of incorporating colour data from the operational environment on the efficacy of military camouflage surfaces. Furthermore, the relationship between professional army experience and the ability to detect camouflaged objects is examined. In this regard, a methodology has been devised whereby the colour data obtained through the segmentation of terrain photographs using the k-Means clustering algorithm is employed as an input in the design process. The experimental design examples were evaluated in a laboratory setting, with performance assessments based on human observation, and the beneficial impact of the designs on stealth performance was demonstrated.

Science Code : 81001

Key Words : Camouflage design, military camouflage surfaces, situational awareness, stealth performance

Page Number : 89

Supervisor : Prof. Dr. Dilek AKBULUT

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanma sürecinde bana yol gösteren, değerli desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Dilek AKBULUT'a, jürimde yer alarak zaman ayıran ve çalışmama katkı sağlayan değerli yorumları ile bana ışık tutan Sayın Doç. Dr. Naz BÖREKÇİ ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Murat ÖNDER'e teşekkürlerimi sunarım. Çalışmam boyunca yanımda olan Sayın Dr. Mehmet ÇAKIR'a ve CES İleri Kompozit ve Savunma Teknolojileri firmasına minnettarım. Son olarak, hayatımın her anında en büyük destekçim olan annem Ayten ÇAYIR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	5
2.1. Doğada Kamufraj	5
2.2. Askeri Kamuflaje Genel Bakış.....	6
2.3. Tasarım ve Kamufraj.....	10
2.4. Askeri Kamufraj Yüzey Tasarım Temelleri	13
2.4.1. Arka plan eşleştirme ve baskın renk	13
2.4.2. Yıkıcı renklendirme	14
2.4.3. Ters gölgelendirme.....	14
2.5. Askeri Kamufraj Aileleri.....	15
2.5.1. Bozucu desen tasarımlı kamufraj aileleri	15
2.5.2. Fırça darbesi tasarımlı kamufraj ailesi	16
2.5.3. Dijital desen tasarımlı kamufraj ailesi.....	17
2.5.4. Kertenkele tasarımlı kamufraj ailesi.....	17
2.5.5. Kaplan şerit tasarımlı kamufraj ailesi.....	18
2.5.6. Yaprak deseni tasarımlı kamufraj ailesi	18

	Sayfa
2.5.7. Benek tasarımlı kamuflaj ailesi.....	19
2.5.8. Orman tasarımlı kamuflaj ailesi.....	19
2.5.9. Yağmur tasarımlı kamuflaj ailesi.....	20
2.5.10. Yapboz tasarımlı kamuflaj ailesi.....	20
2.5.11. Kıymık tasarımlı kamuflaj ailesi.....	21
2.5.12. Kurbağa derisi tasarımlı kamuflaj ailesi	21
2.6. Askeri Kamuflaj Yüzeylerde Gizlilik Performans Değerlendirmesi	22
2.6.1. İnsan gözlemine dayalı laboratuvar çalışmaları.....	22
2.6.2. İnsan gözlemine dayalı saha çalışmaları.....	25
2.6.3. Hesaplamalı değerlendirme yöntemleri	26
3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ.....	29
3.1. Deneysel Kamuflaj Tasarım Metodu ve k_Means Kümeleme Algoritması	29
3.2. Performans Ölçüm Materyallerinin Oluşturulması.....	39
3.3. Performans Ölçümü Değerlendirme Metodu ve Testin Yapısı.....	43
3.4. Örneklem.....	47
3.5. Anketin Yapısı	48
3.6. Performans Ölçüm Testinin Gerçekleştirilmesi	49
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	55
4.1. Anket Sonuçları.....	56
4.2. Performans Değerlendirme Testi Sonuçları	58
4.2.1. Algılama.....	58
4.2.2. Ölçüm testi veri düzenlemesi	59
4.2.3. Ölçüm testi veri analizi	63
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR	79
EKLER.....	83

	Sayfa
EK-1. Araştırma katılımcıları için hazırlanan bilgilendirme metni	84
EK-2. Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu izin belgesi	85
EK-3. Araştırma katılımcılarına uygulanan anket formu	86
EK-4. Veri kaydetme formu	87
EK-5. Wilcoxon iki örnekli eşleştirilmiş test sonuçları	88
ÖZGEÇMİŞ	89



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Ordu profesyoneli olma durumuna göre dağılım.....	56
Çizelge 4.2. Cinsiyete göre dağılım.....	56
Çizelge 4.3. Yaşa göre dağılım	56
Çizelge 4.4. Göz sağlığı durumuna göre dağılım	57
Çizelge 4.5. Renk körlüğü durumuna göre dağılım.....	57
Çizelge 4.6. Kamufle edilmiş nesne arama ve tanımlama eğitim durumuna göre dağılım	57
Çizelge 4.7. Benzer bir çalışmaya katılım durumuna göre dağılım.....	57
Çizelge 4.8. Varsayımsal görüntü örnek menzıl değerleri.....	60
Çizelge 4.9. Örnek ham tespit menzıl verileri	61
Çizelge 4.10. Tek tip aralık yöntemine göre düzenlenmiş örnek tespit menzıl verileri .	62
Çizelge 4.11. Tek değer aralık yöntemine göre düzenlenmiş örnek tespit menzıl verileri	62
Çizelge 4.12. Performans değerlendirmesi ham tespit menzıl verileri	63
Çizelge 4.13. Tek tip aralık yöntemine göre düzenlenmiş tespit menzili verileri	64
Çizelge 4.14. Tek değer aralık yöntemine göre düzenlenmiş tespit menzili verileri.....	65
Çizelge 4.15. Veri analiz testleri.....	68

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. İşlenmemiş ham fotoğraf	31
Şekil 3.2. Kümeleme ve renk segmentasyonu işlemi sonrası fotoğraf	32
Şekil 3.3. Kayalık dağlık arazi renk örnekleri	34
Şekil 3.4. Ormanlık Dağlık Arazi Renk Örnekleri	36
Şekil 3.5. Kumluk dağlık arazi renk örnekleri	37
Şekil 3.6. Karlı dağ arazisi renk örnekleri	39
Şekil 3.7. Deneysel kamuflaj tasarımı 01 renk örnekleri	40
Şekil 3.8. Deneysel kamuflaj tasarımı 02 renk örnekleri	42
Şekil 3.9. Deneysel kamuflaj şablonu (Peak, 2006)	44
Şekil 3.10. Katılımcı profili dağılım grafiği	48
Şekil 4.1. Sunu 01 kümülatif frekans dağılımı eğrisi.....	66
Şekil 4.2. Sunu 02 kümülatif frekans dağılımı eğrisi.....	66
Şekil 4.3. Sunu 03 kümülatif frekans dağılımı eğrisi.....	67
Şekil 4.4. Sunu 04 kümülatif frekans dağılımı eğrisi.....	67
Şekil 4.5. Sunu 01 ve sunu 02 verilerinin Wilcoxon iki örnekli eşleştirilmiş test sonuçları	70
Şekil 4.6. Sunu 03 ve sunu 04 verilerinin Wilcoxon iki örnekli eşleştirilmiş test sonuçları	72

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Bozucu desen kamuflaj deseni.....	16
Resim 2.2. Fırça darbesi kamuflaj deseni.	16
Resim 2.3. Dijital desen kamuflaj deseni.....	17
Resim 2.4. Kertenkele kamuflaj deseni.	18
Resim 2.5. Kaplan şeridi kamuflaj deseni.	18
Resim 2.6. Yaprak deseni kamuflaj deseni.....	19
Resim 2.7. Benekli kamuflaj deseni.	19
Resim 2.8. Orman kamuflaj deseni.....	20
Resim 2.9. Yağmur kamuflaj deseni.....	20
Resim 2.10. Yapboz kamuflaj deseni.	21
Resim 2.11. Kıymık kamuflaj deseni.....	21
Resim 2.12. Kurbağa derisi kamuflaj deseni.	22
Resim 3.1. Kayalık dağlık arazi fotoğrafı.....	33
Resim 3.2. Kayalık dağlık arazi fotoğraf detayı	34
Resim 3.3. Ormanlık arazi fotoğrafı	35
Resim 3.4. Ormanlık arazi fotoğraf detayı.....	35
Resim 3.5. Kumluk dağ arazi fotoğrafı.....	36
Resim 3.6. Kumluk dağlık arazi fotoğraf detayı.....	37
Resim 3.7. Karlı dağ arazisi fotoğrafı.....	38
Resim 3.8. Karlı dağ arazisi fotoğraf detayı	38
Resim 3.9. Ormanlık dağlık arazi fotoğrafı	39
Resim 3.10. Ormanlık dağlık arazi fotoğraf detayı.....	40
Resim 3.11. Woodland kamuflaj tasarımı.....	40
Resim 3.12. Woodland kamuflaj tasarımı ve deneysel kamuflaj tasarımı.....	41

Resim	Sayfa
Resim 3.13. Kayalık dağlık arazi fotoğrafı	41
Resim 3.14. Kayalık dağlık arazi fotoğraf detayı	42
Resim 3.15. DCU kamuflaj tasarımı.....	42
Resim 3.16. DCU kamuflaj tasarımı ve deneysel kamuflaj tasarımı	43
Resim 3.17. Birinci yakın mesafeden kamuflaj gösterimleri.....	45
Resim 3.18. İkinci yakın mesafeden kamuflaj gösterimleri	45
Resim 3.19. Tipik izleme odası kurulumu	46
Resim 3.20. 1 numaralı sunu 1 ve 2 numaralı görseller.....	50
Resim 3.21. 1 numaralı sunu 3 ve 4 numaralı görseller.....	51
Resim 3.22. 1 numaralı sunu 5 ve 6 numaralı görseller.....	51
Resim 3.23. 1 numaralı sunu 7 ve 8 numaralı görseller.....	52
Resim 3.24. 1 numaralı sunu 9 ve 10 numaralı görseller.....	52
Resim 3.25. 1 numaralı sunu 11 ve 12 numaralı görseller.....	53
Resim 3.26. 1 numaralı sunu 13 ve 14 numaralı görseller.....	53
Resim 3.27. 1 numaralı sunu 15 ve 16 numaralı görseller.....	54
Resim 3.28. 1 numaralı sunu 17 ve 18 numaralı görseller.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

a1	Projeksiyon cihazı, perde arasındaki mesafe
a2	Gözlemci – perde arasındaki mesafe
f1	Kameranin odak uzunluğu
f2	Projeksiyon cihazı odak uzunluğu

Kısaltmalar

Açıklamalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
B	Mavi
DCU	Çöl Kamuflaj Üniforması
DPI	İnç Başına Düşen Nokta
DPM	Yıkıcı Desen Tasarımı
ERDL	ABD Ordusu Araştırma ve Geliştirme Laboratuvarı
G	Yeşil
HZ	Yenileme Hızı
ISO	Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı
IR	InfraRed (Kızılötesi)
K-MEANS	K-Ortalama Kümeleme
NBK	Nükleer, biyolojik, kimyasal
NATO	Kuzey Atlantik Antlaşma Örgütü
SRGB	Standart Kırmızı Yeşil Mavi
UV	Ultraviyole

1. GİRİŞ

Yüksek değerli askeri varlıkların bekası tespit edilebilirliklerinin optimize edilerek en aza indirgenmesine bağlıdır. Bu genellikle çeşitli kamuflaj önlemleri aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu önlemler arasında kamuflaj ağları, düşük emisyonlu boyalar ve değişik kamuflaj desenleri yer almaktadır. Bu tür kamuflaj tedbirlerinin bir hedefin izini azaltmada ne kadar etkili olduğunu ve bu önlemlerin hangi koşullarda işe yaradığını anlamak büyük bir önem taşımaktadır. Ayrıca, kamuflajın sadece gizlenmeyi değil, aynı zamanda aldatma veya yanlış yönlendirme stratejilerini de içerdiği unutulmamalıdır. Bu bağlamda, askeri varlıkların etkili bir şekilde kamufle edilmesi, savunma ve güvenlik stratejilerinin temel bir unsuru olarak öne çıkmaktadır.

Kamuflaj askerler, insan faktörleri ve ergonomi alanlarında uzmanlaşmış kişiler ve tasarımcılar için özel bir öneme sahiptir. Tasarlanması, insan mühendisliği, fonksiyonel tasarım ilkeleri ve belirli kullanım senaryolarına yönelik pratik bilgilerin entegrasyonu ile ilgili derinlemesine bir süreci içermektedir ve askeri alanlarda ve benzeri uygulama bağlamlarında hem güvenlik hem de performans açısından etkili bir çözüm sunma amacını taşımaktadır.

Kamuflajın gelişimi, özellikle 2. Dünya Savaşı sırasında önemli bir ivme kazanmıştır. Hartcup (1979), "kamuflaj" adlı eserinde, 1930'lu yıllardaki kamuflajın gelişimine en büyük katkının sanatçılardan geldiğini ifade etmektedir. Aynı şekilde, Newark ve diğerleri (1996), kamuflajın ilk yıllarındaki gelişiminde sanatçıların önemli rol oynadığına vurgu yapmaktadır. İkinci Dünya Savaşı sırasında Kuzey Afrika çölündeki askeri hareketleri gizleyebilmek için İngiliz ordusu tarafından görsel becerileri nedeniyle özel olarak seçilen sanatçılar, bilim adamları, film yapımcıları ve bir sihirbazın da dahil olduğu çeşitli uygulayıcılardan oluşan bir İngiliz çöl kamuflörleri ekibi kurulmuştur (Forsyth, 2014).

Bilim insanları ve askeri profesyoneller kamuflaj konseptine dair farklı disiplinlerden gelen bilgilerin birleştirilmesinin getirdiği avantajları fark etmişlerdir. Tıp, beşerî bilimler, davranış bilimleri, yer bilimleri, güzel sanatlar ve benzeri alanlardaki araştırmalar, görünmezlik konusunda değerli perspektifler sunarak, kamuflajın geniş bir yelpazede anlam kazanmasına katkıda bulunmuşlardır. Özellikle askeri alanda kamuflaj yüzeyler ve kamuflaj

stratejilerini inceleyen çalışmaların farklı disiplinlerden uzmanlar tarafından ortaya konduğu görülmektedir.

Kamuflaj yüzeylerin tasarımına ilişkin literatürde, ters gölgeleme ve yıkıcı desenleme uygulamaları (Behrens, 1988) ile arka planın ortak ve benzersiz renkler arasında uzlaşmayı temsil eden ara renklerin kullanımı (Geoffrey, 2020) gibi belirgin yaklaşımlar ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, dinamik kamuflaj teknolojileri (Wang ve diğerleri, 2016), derin öğrenmeye dayalı uyarlanabilir dijital kamuflaj teknolojileri (Xiao ve diğerleri, 2020), görüntü analizi ve görüntü işleme teknolojilerinin kullanıldığı kamuflaj tasarlama teknikleri (Marańda ve diğerleri, 2022) gibi gelecekteki potansiyel kullanım alanlarına ışık tutan yaklaşımlar da literatürde kendine yer bulmuştur. Henüz sahada geniş ölçekte uygulanmamış olsalar da bu teknikler gelecekte kamuflaj tasarımında kullanılacak yöntemler ve teknikler hakkında genel bir çerçeve sunmaktadır.

Kamuflaj tasarımının saha performansının değerlendirilmesi ve farklı kullanıcı grupları arasındaki etkileşimlerin detaylı bir şekilde ele alındığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Literatürdeki değerlendirme yöntemleri ise üç ana kategoride toplanabilir: Birincisi, insan gözlemine dayalı ve laboratuvar ortamında gerçekleştirilen değerlendirme çalışmaları; ikincisi, saha koşullarında yapılan gözlemlerle gerçekleştirilen değerlendirmeler; üçüncüsü ise bilgisayarlı görü, sinyal işleme ve benzeri teknolojilerle desteklenen hesaplamalı yaklaşımlardır.

Toet ve Hogervorst (2020) insan gözlemine dayalı saha çalışmalarının, doğrudan operasyonel uygulamalarla ilgili olmakla birlikte, zaman, bütçe sınırlamaları ve gözlemciler için güvenlik endişeleri gibi kısıtlamalar nedeniyle uygulanmasının genellikle zor olduğunu, insan gözlemine dayalı laboratuvar çalışmalarıyla ilgili ise tipik olarak basit yapay uyaranların kullanıldığı laboratuvar deneylerinin sonuçlarına dayandığını ifade etmiştir. Ayrıca Toet ve Hogervorst (2020) sinyal işleme tekniklerine dayanan hesaplamalı değerlendirme yöntemlerinin insan görüşünde net bir karşılığının olmadığını ve gerçekçi askeri senaryolarda insan gözlemcilerin performansına karşı doğrulama girişiminde bulunulmadığını da ifade etmiştir. Sonuç olarak, kamuflaj tekniklerini değerlendirmek ve askeri etkinliklerini ölçmek için şu anda standart ve uluslararası kabul görmüş yöntem ve prosedürlerin bulunmadığını ifade etmektedir.

Kamuflaj tasarımı ve tasarım performansının ölçülebilmesi son derece ilişkili kavramlar olup, yapılan çalışmalar ve gerçekleşen gelişmeler, bir diğerini etkileyecektir. Örneğin, değerlendirme metodolojilerinde yaşanan gelişmeler daha yüksek performansa sahip kamuflaj sistemlerinin geliştirilmesine yardımcı olurken, kamuflaj sistemlerindeki performans artışı da mevcut değerlendirme sistemlerinin geliştirilmesi ya da yeni değerlendirme yöntemlerinin gerekliliğini beraberinde getirebilir. Kamuflaj tasarımlarının performans değerlendirmesi, görevin ve görevi icra edenin bekası için büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte tasarım etkinliğinin artırılması yönünde gerçekleştirilen çalışmalarda önemi göz ardı edilmemelidir.

Kamuflaj tasarımı, görev bölgesinin bitki örtüsü, toprak yapısı, iklimi gibi karakteristik özelliklerine ve görev türüne bağlı olarak değişiklikler göstermektedir. Bu çalışmada bir endüstriyel tasarımcı perspektifinden kamuflaj yüzey tasarımlarının etkinliğine etki eden faktörleri daha iyi anlamak ve tasarımların saha performansını değerlendirerek önemine vurgu yapmak amaçlanmaktadır. Özellikle hava, deniz, kara platformlarında, kişisel koruyucu ekipmanlarda ve askeri tekstil alanındaki kamuflaj deseni renklendirme uygulamalarına farklı bir yaklaşım sunulmaya çalışılmıştır. Ülkemiz özelinde erişime açık böyle bir çalışmanın gerçekleştirilmemiş olması da bu alandaki bilgi boşluğunu daha da belirgin hale getirmekte, bu alanı çalışmaya değer kılmaktadır. Bu tez çalışması çerçevesinde, araştırmanın ana sorusu “Kamuflaj yüzeylerin, görev bölgesinden alınan veriler ile tasarlanması, tasarımın etkinliğine nasıl yansımaktadır?” olmuştur. Bunun yanı sıra araştırma laboratuvar ortamında gerçekleştirilen insan gözlemine dayalı kamuflaj performans değerlendirmesi çalışmalarına katılan gözlemcilerin, profesyonel askeri deneyime sahip olma durumları ile kamuflaj edilmiş nesneleri tespit etme yetenekleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığına odaklanmaktadır.

Bu araştırma kapsamında, konuyla ilgili derinlemesine bir anlayış geliştirmek için başlangıçta elektronik veri tabanları, kitaplar, akademik makaleler ve tezler incelenerek kaynak taraması yapılmıştır. Literatür araştırması sırasında kamuflajın tarihi, kamuflaj tasarım teknikleri ve kamuflaj tasarımı değerlendirme yöntemleri incelenmiş olup bunların birbirleriyle ilişkisi araştırılmıştır. Ardından, araştırmacı tarafından k-means kümeleme algoritmaları kullanılarak deneysel kamuflaj tasarımları oluşturulmuş ve bu tasarımlar, literatürde yer alan laboratuvar ortamında yapılan insan gözlemine dayalı kamuflaj performansı değerlendirme yöntemleri ile test edilmiştir. Gerçekleştirilen deneysel kamuflaj

tasarımlarının gizlilik performansları, günümüzde yaygın olarak kullanılan standart askeri kamuflaj tasarımlarıyla karşılaştırılmış ve ek olarak araştırmaya katılan gözlemcilerin profesyonel askeri deneyim düzeylerinin tespit kabiliyeti üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

Özet olarak bu çalışma, kamuflaj tasarımının etkinliğini değerlendirmeyi ve gizlilik performansını iyileştirmeyi hedefleyen çeşitli yöntemleri bir araya getiren bir araştırma sunmaktadır. İlk bölümde araştırmanın amacı, literatüre katkısı ve araştırma sorularına yer verilmiştir. İkinci bölümde, kamuflajın tarihi ve tasarım teknikleri açıklanmış, özellikle hayvanlardaki kamuflaj örneklerinden askeri alandaki uygulamalara kadar geniş bir perspektif sunulmuştur. Kamuflaj tasarım aileleri, sınıflandırmalar ve literatürde yer alan kamuflaj performans değerlendirme yöntemlerine de yine bu bölümde yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, k-Means kümeleme algoritması kullanılarak renk segmentasyonunun gerçekleştirilmesi örneklerle açıklanmış ve araştırmada kullanılan deneysel kamuflaj tasarımlarının renk paletleri oluşturulmuştur. Dördüncü bölümde, araştırma yöntemi, katılımcı profili ve gözlem testinin kurulumu ve yapısı açıklanmış, yine bu bölümde kamuflaj tasarımlarının performans ölçümleri laboratuvar ortamında yapılmıştır, beşinci ve son bölümde ise veriler analiz edilmiş, sonuçlar paylaşılmıştır. Araştırmacının görüş ve yorumlarına yine bu bölümde yer verilmiştir.

Sınırlılıklar

Bu araştırma kapsamında askeri kamuflaj yüzeylerin, ışığın gözle görülebilen dalga boyu olan yaklaşık 380 nm ile 750 nm arasındaki renk özellikleri incelenmiştir. Kamuflaj yüzeylerde, gizlilik performansına etki eden kızılötesi, termal ve ultraviyole görünürlük gibi çıplak gözle görülemeyen özellikler bu araştırmaya dahil edilmemiştir. Araştırma kapsamında gerçekleştirilen deneysel askeri kamuflaj yüzey tasarımları, araştırmacı tarafından seçilmiş görev bölgelerine özgü olarak geliştirilmiştir ve genel maksat kullanıma yönelik görevlerde benzer performans sonuçlarını sergileyebilecekleri varsayılmamalıdır. Bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen gözlem deneyinde yer alan ordu profesyonellerinden oluşturulmuş örneklem, evreni temsil edecek nitelikte değildir. Araştırma sonuçları tüm ordu profesyonellerini kapsayacak şekilde genellenemez.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Fransızca *camoufler* "gizlemek" fiilinden +age sonekiyle türetilmiştir. Bu sözcük İtalyancada aynı anlama gelen *camuffare* fiilinden alıntıdır. Bir kavram olarak kamuflaj ya bir nitelik (kılık değiştirme) ya da bir eylem (kendini gizleme) olabilir (Edmunds, 1974). Kamuflaj bir nesnenin, bireyin ya da grubun çevresine uyum sağlama yeteneği olarak tanımlanabilir.

2.1. Doğada Kamuflaj

Kamuflaj çalışmalarının biyolojide uzun bir geçmişi vardır. Hayvanlar ve bitkiler aleminde bulunan çok sayıda gizlenme ve kılık değiştirme yöntemi, Darwin ve Wallace'a doğal seçim ve uyum konusundaki fikirlerini açıklamak ve savunmak için önemli örnekler sağlamıştır (Stevens, 2009).

Kamuflaj, doğada bulunan birçok hayvan ve bitkinin benzersiz bir hayatta kalma stratejisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bazı hayvan ve bitkiler doğal ortamlarına uyum sağlamak amacıyla renk, desen ve dokuları ustalıkla kullanmaktadırlar. Bu gizlenme stratejisi sayesinde avlanabilmekte, etçil ve otçul avcılardan kaçabilmekte, gizlenebilmektedirler. Kamuflaj, bu canlıların doğal düşmanlarından gizlenmelerine veya avlarına daha etkili bir şekilde yaklaşmalarına yardımcı olur. Renk uyumları, desenler ve doku özellikleri, doğal bir korunma mekanizması oluşturur. Bu adaptasyon, evrimsel süreçler sonucunda gelişmiş ve farklı türler arasında çeşitlilik göstermiştir.

Doğadaki adaptasyonun çarpıcı örneklerinden bazıları, fark edilmekten veya tanınmaktan kaçınma amacı güder. Kullanılan stratejiler çok çeşitli olup bazen oldukça sıra dışıdır. Bu stratejilere hayvanlar aleminden çokça örnek vermek mümkündür. Bu örnekler çeşitli güve türlerinde (Kettlewell, 1955) arka planın rengini ve desenini taklit etmek için işaretlemelerin kullanılması, bazı deniz izotoplarında görüldüğü gibi (Merilaita, 1998), vücudun görünümünü bozmak olabilir. Bazı kafadanbacaklılarda (Hanlon ve Messenger, 1988) ve bukalemunlarda (Stuart ve Fox, 2008) bulunduğu ortama uyacak şekilde renk değiştirebilmek etkili bir kamuflaj tekniği iken, diğer dikkate değer örnekler arasında, kuş pisliğine benzerlik gösteren böcekler (Hebert, 1974) veya bir dere yatağına düşen yapraklara

benzeyen balıklar (Sazima, 2006) yer almaktadır. Hatta, özellikle suda yaşayan türlerde vücudun etkili bir şekilde şeffaf hale getirilmesi gibi durumlar da bulunmaktadır (Johnsen ve Carvalho 2001; 2006).

Bitkilerdeki örnekler ise *Mimosa pudica* gibi türlerde fiziksel temasa yanıt olarak yapraklarını katlayarak hacmin küçültülmesi, *Lithops* gibi bitkilerde görünürlüklerini azaltmak için, çevredeki kayaları ve toprağı taklit eden yaprak desenlerinin geliştirilmesi olabilir (Yang, 2024). Ayrıca bazı bitkiler ölü yaprakların şeklini ve dokusunu taklit ederek kamuflajı kullanmaktadır. Örneğin, *Brachychiton* ve *Nicotiana* türleri, tespit edilmekten kaçınmak için, yakınlarında bulunan bitkilerin yapraklarına benzeyen yaprak yapıları geliştirmiştir. *Aristolochia* türleri ise bulundukları bölgelerdeki zemin hatlarını taklit eden büyük, kalp şeklinde yapraklar bulundurmaktadır (Niu, 2018).

2.2. Askeri Kamuflaja Genel Bakış

Askeri kamuflajın tarihi, savaşta gizlenme ve aldatma ihtiyacına dayanan karmaşık ve çok yönlü bir tarihtir. Kamuflajın bir aldatma ve yanlış yönlendirme aracı olarak kullanılması, özellikle I. Dünya Savaşı sırasında ortaya çıkmış ve II. Dünya Savaşı sırasında önemli gelişmeler göstermiştir (Hartcup, 1979). Kamuflaj tasarımında önemli bir figür haline gelen zoolog ve sanatçı Dr. Hugh Cott gibi kişilerin çalışmaları bu gelişmelere önemli katkılar sunmuştur (Forsyth, 2012). ABD'li ressam Abbott H. Thayer'in teorileri de kamuflajın ilk askeri uygulamaları açısından oldukça önemlidir (Behrens, 1988). Kamuflajın evrimi, dünya çapında çeşitli askeri güçler tarafından kullanılan çok çeşitli desen ve tasarımlarla günümüze kadar devam etmiştir (Newark, 1996).

Askeri birlikler 1800'lerin ortalarına kadar gösterişli kıyafetler giymiş ve gizlenme çabası içerisine girmemiştir. Etkili ve uzun menzilli ateşli silahların gelişmesiyle birlikte, askeri stratejiler de değişmeye ve günümüzde bildiğimiz modern kamuflaj tasarımlarının ilk örnekleri ortaya çıkmaya başlamıştır. İngiliz Hint Ordusu'nun bir alayı, 1848 yılında sarımsı donuk renkteki üniformalarla gizlenme amacı taşıyan ilk kamuflaj tasarımını kullanmıştır. Bu dönemde, askerler savaş alanında gizlenebilmenin avantajlarını fark etmeye başlamışlardır. İngiliz ordusu ise 19. yüzyılın sonlarına gelindiğinde düz hâkî renkli bir üniforma kullanmıştır. Alman ordusu, Birinci Dünya Savaşı sırasında "Fragmentation Camouflage" olarak adlandırılan, farklı renklerin desenler halinde kullanıldığı üniformaları

tercih etmiştir. Bu desenler, askeri operasyonların gerçekleştiği bölgeler ve o dönemin iklim koşulları gibi faktörler göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. 20. Yüzyılın başlarında tasarımcılar ve sanatçılar tarafından gösterilen kamuflaj tasarlama çabasına, 1970'lerin sonlarında bilgisayar teknolojileri de katılarak bu alanı daha da geliştirmiş ve bu alandaki araştırmalar kesintisiz bir şekilde devam ederek günümüze kadar gelmiştir.

Genel olarak kamufle olabilme eyleminin ana unsurları içerisinde, çevre ile uyumlu renk ve desen seçimi, malzeme seçimi, hacim, şekil ve psikolojik etkilerden bahsetmek mümkündür. Farklı ortamlar farklı renk paletlerini gerektirir. Ormanlık alanlarda, yeşil, kahverengi ve gri tonları bitki örtüsü ile uyum, çöl ve kumluk arazilerde sarı, bej ve açık kahve tonları kum ve taşların rengi ile bütünleşme, meskûn mahal ve şehir ortamlarında gri, siyah ve mavi tonları beton ve yapay yapılarla uyumu sağlamada sıklıkla kullanılır. Desen seçiminde düz renkler basit ve hızlı bir gizlilik sağlayabilirken, hareketli nesneleri gizleme kapasitesi sınırlıdır. Dijital desenler ve karmaşık desenler askeri uygulamalarda daha sık tercih edilen desenlerdir ve düz renklere göre çevre ile daha yüksek derecede uyum sağlayabilme ve hareketli nesnelerde de daha yüksek derecede gizlilik gerçekleştirme potansiyeline sahiptirler. Malzeme seçimi de performans ve etkinlik açısından oldukça önemlidir. Özel boyalar ve baskı teknikleri ile belirlenen renk ve desen kalıcılığı artırılabilir. Bunun yanı sıra renk ve desen uygulaması için tercih edilen malzeme seçimi ve özellikleri de etkilidir. Nesnelerin ve askeri unsurların fiziksel yapısı da çevre ile uyumlu olmalıdır ve doğal veya yapay öğelerin kullanımı da (taşlar, çalılar vb.) kamuflaj etkinliğini arttırmada etkili olabilmektedir. Fiziksel gizlenmenin ötesinde kamuflajın yarattığı psikolojik etki de son derece önemlidir. Kamufle edilmiş unsurların görünürlüğündeki zorluk belirsizlik hissi yaratır ve tespit mekanizmalarının karar verme süreçlerine etki eder. Aynı zamanda düşük motivasyon ve morale neden olarak operasyonel başarıyı olumsuz etkileyebilir.

Kamuflaj askeri stratejilerin temel bir parçasıdır. Renk ve desen seçiminden malzeme ve teknolojik yeniliklere kadar her unsur gizleme, yanıltma ve askeri başarı sağlama amacı taşır. Etkili bir kamuflaj uygulaması fiziksel gizlilik sağlamanın yanı sıra karar mekanizmalarını ve duyguları da etkileyebilir.

Askeri kamuflaj yüzeylerin sahip olduğu özellikleri iki farklı kategoride değerlendirmek mümkündür. Bunlardan ilki çıplak gözle gözlemlenebilen, renk, desen, doku gibi görünür dalga boyundaki özellikler iken, diğeri çıplak gözle deneyimleyemediğimiz ancak termal

kameralar ve gelişmiş sensörler gibi görüntüleme sistemleri vasıtasıyla deneyimlenebilen kızılötesi ışığı yani nesneler tarafından yayılan termal radyasyon ve ultraviyole ışığı gözle görülemeyen dalga boyundaki parlama gibi özelliklerdir.

Kızılötesi (IR) ışık, görünür ışığın altında yer alır ve genellikle 1 mikrometre ile 1 milimetre arasındaki dalga boylarını kapsar. IR ışığı, sıcak nesneler tarafından yayılan termal radyasyonu ifade eder. Bu dalga boyu aralığı, güvenlik sistemlerinde, termal görüntüleme cihazlarında, uzaktan kumandalı cihazlarda ve tıbbi uygulamalarda kullanılır. IR ışığı, nesnelerin sıcaklığına bağlı olarak dalga boyunda değişikliklere neden olan termal enerjiyi algılar. Örneğin, termal kameralar, düşmanın vücut ısını algılar ve kamuflajlı askerlerin arka plandan ayrıştırılmasını ve fark edilmelerini sağlayabilir. Bu entegrasyon, askeri personelin güvenliği ve etkinliği açısından kritik bir avantaj ve dezavantaj olabilir. Literatürde yer alan, orta ve uzun dalga aralıklarında kızılötesi imzayı azaltan kumaşların geliştirilmesi (Emery, 2013), kamuflaj yüzeylerde kızılötesi imza veri tabanı oluşturmada multispektral ve hiper spektral ölçümlerin önemi (Kastek, 2012) ve askeri uygulamalarda hedef kamuflaj için uzun dalga kızılötesi meta malzemelerin ve nano malzemelerin kullanımı (Albertoni, 2011) gibi çalışmalar askeri kamuflajda kızılötesi dalga boyunun önemini ve etkinliğini artırmaya yönelik devam eden çabaları vurgulamaktadır.

UV ışığı ise, görünür ışık spektrumunun ötesinde yer alır ve insan gözü tarafından genellikle algılanamaz. Ancak, birçok tehdit algılama sistemi, özellikle de gece görüş ekipmanları ve uydu tabanlı izleme sistemleri, UV ışığını kullanarak gizli tehditleri tespit edebilir. Bu, düşmanın pozisyonunu belirlemede ve gizli faaliyetleri keşfetmede önemli bir avantaj sağlar. UV direncine sahip kamuflaj tekstilleri ve boyaları, düşmanın UV algılama sistemlerine karşı etkili bir savunma stratejisi sunar. Askeri personelin çevresine daha iyi uyum sağlaması ve gizliliklerini artırmasını, stratejik konumlarını daha güvenli hale getirmesini sağlayabilir.

Söz konusu gözle gözlemlenebilen dalga boyu olduğunda da günümüzde kamuflajlar yoluyla gizlilikte çoğunlukla renklendirilmiş tekstil malzemeleri, endüstriyel boyalar ve kaplamalar kullanılmaktadır. Askeri kamuflaj tekstilleri, askeri personelin operasyonel ihtiyaçları göz önünde bulundurularak özel olarak tasarlanan yüksek teknoloji ürünü teknik kumaşlardır. Bu özel kumaşlar, ihtiyaca göre gizlenme, UV ve IR görünmezlik, dayanıklılık, hafiflik, nefes alabilirlik, su geçirmezlik, yanmazlık, çift yönlü esneklik, kimyasal ve

biyolojik koruma ve benzeri özelliklerle donatılabilmektedirler. Bu tekstiller genellikle askerin bulunduğu çevreye uyum sağlayabilmesi için özel renk ve desenlere sahiptir. Orman, çöl, kar veya şehir gibi farklı ortamlara yönelik özel kamuflaj desenleri, askerin daha az fark edilmesini sağlar. Modern askeri kamuflaj tekstilleri, ultraviyole (UV) ve kızılötesi (IR) ışınları emecek veya yansıtacak özelliklere sahip olabilmektedir. Bu özellik, düşman unsurları tarafından kullanılan termal görüntüleme sistemleri veya diğer tespit teknolojileri ile tespiti zorlaştırır ve daha fazla gizlilik sağlar. Ayrıca, askeri tekstillerin dayanıklı olması önemlidir. Saha koşullarında aşınmalara ve yıpranmalara dayanabilme yeteneği, uzun süreli kullanımlarda sağlamlık sunar. Bu tekstiller aynı zamanda hafif olmalıdır; bu özellik, askerin hareket kabiliyetini artırır ve uzun süreli kullanımlarda rahatlık sağlar. Nefes alabilir kumaşlardan yapılan askeri kamuflaj giysileri, askerlerin aşırı terleme durumunda dahi rahat bir şekilde giysilerini kullanabilmelerine olanak tanır. Hava koşullarına karşı dirençli olmak da önemlidir. Su geçirmez özellikler, askerin yağmur, çamur veya kar gibi zorlu hava koşullarına karşı korunmasına yardımcı olur; giysilerin hızla kuruması da bu bağlamda kritiktir. Askeri kamuflaj giysileri genellikle çift yönlü esneklik sağlayan kumaşlardan üretilir. Bu, askerin zorlu arazi şartlarında ve taktiksel manevralarda serbestçe hareket edebilmesini sağlar. Kimyasal ve biyolojik tehditlere karşı koruma, yanmazlık sağlayacak özel kaplamalar da bazı askeri kamuflaj giysilerinde bulunmaktadır, bu da askeri personele çeşitli tehlikelere karşı ek bir güvenlik katmanı oluşturur. Askeri kamuflaj tekstilleri, sürekli olarak teknolojik gelişmelerle yenilenerek görev ve icra edenin bekasında kritik ve günümüz ordularının etkinliğini ve güvenliğini artırmak adına da kilit bir unsurdur.

Askeri uygulamalar için özel geliştirilmiş endüstriyel boyalarda da gizlilik sağlama amaçlı kamuflaj uygulamalarında sıklıkla kullanılan öğelerdendir. Askeri araçlar ve teçhizatlar, düşman algısını sınırlamak ve tespit edilebilirliği azaltmak için özel olarak tasarlanmış boyalarla kaplanmaktadır. Bu boyalar radar soğurucu, kızılötesi izi azaltıcı, termal gizlilik sağlayıcı ve ultraviyole ışımaya azaltıcı gibi özellikler barındırabilmektedir. Radar soğurucu boyalar, askeri uçaklar ve gemiler gibi araçları radar algılama sistemlerine karşı koruyabilmek için özel olarak tasarlanmıştır. Bu boyalar, radar dalgalarını emerek veya dağıtarak, radarla tespit edilebilirliği azaltarak, radar sistemlerinde görünürlüğü en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Kızılötesi izi azaltıcı boyalar, termal kızılötesi spektrumunda yayılan ısıyı absorbe ederek veya yansıtarak, askeri araçların ve teçhizatın kızılötesi algılama sistemlerine karşı daha az belirgin olmasını sağlar. Bu boyalar, gece görüş cihazları ve termal kameralarla tespit edilme riskini azaltarak operasyonel gizliliği artırabilmektedir. Termal

gizlilik sağlayıcı boyalar, termal dedektörler tarafından algılanabilir olan nesnelerin ısı imzasını azaltarak, askeri araçların termal görüntüleme sistemlerine karşı daha az belirgin olmasını sağlar. Bu boyalar, düşmanın termal algılaması ile tespit edilme riskini azaltarak operasyonel güvenliği artırabilmektedir. Ultraviyole ışıma azaltıcı boyalar, güneş ışığının neden olduğu ultraviyole ışınlarını absorbe ederek veya yansıtarak, askeri araçların ve teçhizatın ultraviyole algılama sistemlerine karşı daha az belirgin olmasını sağlar. Askeri boyalar, kimyasal ve biyolojik tehditlere karşı koruma sağlamak için de özel olarak formüle edilmiş olabilir. Bu tür boyalar, zararlı kimyasal ve biyolojik maddelerin temasını engelleyerek askeri personelin ve teçhizatın korunmasına yardımcı olabilir. Nükleer, biyolojik ve kimyasal (NBK) ortamlara karşı dayanıklılık sağlamak için askeri boyalar, radyasyona dayanıklı özelliklere sahip olabilir. Bu tür boyalar, radyoaktif parçacıkların etkilerini azaltarak askeri personelin ve teçhizatın korunmasına katkıda bulunabilir. Askeri operasyonlar sıklıkla zorlu ortamlarda gerçekleştirilir ve araçlar sürekli olarak nem, tuzlu su ve diğer çevresel faktörlere maruz kalır. Bu nedenle, askeri boyalar genellikle anti-korozyon özelliklere sahip olacak şekilde tasarlanır. Bu özellik, araçların ve teçhizatın uzun ömürlü olmasını sağlar. Gelişen teknoloji ile birlikte, bazı askeri boyalar yapay zekâ ve sensör entegrasyonu gibi ileri özelliklere sahip olabilir. Bu tür boyalar, çevresel koşulları izlemek ve uygun tepkiler vermek için bütünleşmiş sensörler ve veri analitiği kullanarak askeri operasyonların etkinliğini artırabilir.

2.3. Tasarım ve Kamufraj

Kamufraj yüzeylerin tasarlanma ve geliştirilme süreci bir deneyimin tasarlanması olarak ele alınmalıdır ve insan merkezli bir tasarım yaklaşımı gerektirir. Özellikle renk ve desenlerin kullanımı, bilişsel yük, görsel algı ve kullanıcı geri bildirimlerinin değerlendirilmesi açısından deneyim tasarım süreçleri ile benzer temel ilkeleri paylaşır. Kamufrajın yalnızca gizlemekle kalmayıp aynı zamanda askerlerin operasyonel etkinliğini artırdığından emin olmak için de insan merkezli tasarım metodolojilerine odaklanmak gerekir.

Kamufraj tasarımı, son kullanıcı ile empati kurabilme yeteneği ve farklı kullanım senaryolarının geliştirildiği ve test edildiği iteratif süreçleri gerektirir. Askerlerin ihtiyaçlarını ve görev gereksinimlerini anlamak için personalar yaratılarak farklı kullanıcı tiplerinin modellenmesi, faaliyet gösterdikleri ortamı, karşılaştıkları tehdit türlerini ve farklı görevlerin getirdiği fiziksel, psikolojik stres faktörlerini anlayabilmek için de kullanım

senaryolarının oluşturulması gerekmektedir. Aynı zamanda kullanıcıların ihtiyaçları ve kısıtlamaları hakkında veri toplamak için görüşmeler, odak grupları ve saha gözlemleri gibi nitel yöntemler kullanılmalıdır (Paraskevopoulos, 2014). Degenstein ve diğerlerine göre "operasyonel ortam tüm tasarım sürecini şekillendirir" (Degenstein ve diğerleri, 2021) Tasarım sürecine kullanıcı geri bildirimlerinin dahil edilmesi, nihai ürünün hem işlevsel hem de pratik olmasını sağlamak için çok önemlidir. Paraskevopoulos'un (2014) belirttiği gibi, saha denemeleri ve geri bildirim döngüleri gibi kullanıcı merkezli test yöntemleri, tasarımdaki olası kusurları belirlemeye yardımcı olur. Bu yinelemeli iyileştirmeler, askerlerin kritik görevler sırasında güvenebileceği bir ürün geliştirmek için önemlidir. Etkili kamuflaj tasarımında, askerlerin hareketlerini, araziye ve yoğun ormanlardan kurak çöllere kadar çeşitli operasyonel bağlamları hesaba katmak gerekir. Bu ancak insan merkezli bir tasarım yaklaşımıyla kullanıcıyı, görev türlerini ve görev bölgesini iyi anlamakla mümkün olabilir.

Son kullanıcıların tasarım sürecine dahil edilmeleri de yüksek gizlilik performansına sahip kamuflaj yüzeylerin tasarlanabilmesi için kritik bir önem derecesine sahiptir. Askeri kamuflajın birincil kullanıcıları olan askerler, nihai ürünün operasyonel ihtiyaçlarını karşıladığından emin olmak için tasarım sürecine katılırlar. Son kullanıcıların da tasarım ve test aşamalarında bulunmasıyla kamuflaj gizliliği yalnızca artmakla kalmaz, aynı zamanda diğer operasyonel donanımlarla entegre olarak göreve hazır olma konusunda bütünsel bir çözüm sunabilir. Çalışmalar, kullanıcıları erken aşama prototipleme ve testlere dahil etmenin hem kullanılabilirliği hem de kullanıcı memnuniyetini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir (Norman ve Verganti, 2014). Bu katılımcılı ortak tasarım yaklaşımı, son kullanıcıda bir sahiplenme duygusunu teşvik eder ve kamuflajın gerçek dünya savaş senaryolarında etkili olmasını sağlar (Meriläinen, 2016).

Askeri kamuflaj tasarımında, biyomimikri ve analojiye dayalı tasarım yaklaşımları da kullanılmaktadır. Biyomimikri ile karmaşık sorunların çözümünde doğadan ilham alınırken, analojiye dayalı tasarım uygulamaları bir alandaki çözümleri kullanarak başka bir alandaki yeniliklere ilham verebilir. Talas ve diğerlerine (2017) göre tasarımcılar kafadanbacaklılar veya bukalemunlar gibi belirli hayvanların çevrelerine uyum sağlamak için görünümelerini nasıl değiştirdiklerini gözlemleyebilir ve bu biyolojik stratejileri taklit eden, etkili kamuflaj tasarımları gerçekleştirebilir (Talas ve diğerleri, 2017). Tasarımcılar, doğada bulunan desenleri ve dokuları kullanarak hem insan gözlemcileri hem de tespit sistemlerini aldatan

desenler geliştirebilir ve askeri üniformaların ve ekipmanların etkinliğini artırabilirler (Singh ve diğerleri, 2012). Ek olarak, hayvan derileri veya kabuk yapılarının incelenmesi, kamuflajın malzeme özelliklerinin geliştirilmesinde kullanılabilir (Shu ve diğerleri, 2011). Genel olarak, biyomimikri ve analogi yoluyla tasarım, askeri kamuflaj tasarımına derin bir potansiyel sunar.

Etkili arayüz ve deneyim tasarım çalışmalarında olduğu gibi, etkili kamuflaj yüzeylerin tasarlanabilmesinde de bilişsel psikoloji alanındaki çalışmalardan faydalanmak mümkündür. İnsanların bilgiyi nasıl algıladıkları ve işlediklerini anlamak her iki alanda da tasarımların geliştirilebilmesine katkı sunar. Bilişsel psikoloji, tasarımcıların bilişsel yükü etkili bir şekilde yönetmelerine rehberlik eden dikkat ve bellek gibi yönleri vurgular. Örneğin, önemli bilgileri bir ekranın sol üst köşesine yerleştirmek, "soldan sağa" okuma teorisine uyar ve kullanıcıların içerikle daha sezgisel bir şekilde etkileşime girmesine yardımcı olur (Chee ve Johnson 2018; 2012). Gestalt ilkelerinden biri olan benzerlik yasası, kullanıcıların görsel özellikleri (renk, şekil veya boyut gibi) paylaşan öğeleri ilişkili olarak gruptandırdığını ileri sürer. Bu, benzer öğelerin görsel olarak birlikte gruptandırılması, arayüz öğelerinin işlevini veya hiyerarşisini belirtmek için kullanılabilir (Li ve Fu, 2022). Kamuflaj tasarımında, bu ilke görev bölgesinin görsel özelliklerine uyan desen ve şekillere tasarımda yer vermek şeklinde yorumlanabilir. Süreklilik yasasına göre, insan gözü sürekli çizgileri ve eğrileri takip ederek bunları birleşik şekiller veya desenler olarak yorumlar. Kamuflaj tasarımları, ağaç dalları veya kaya oluşumları gibi ortamlarda bulunan çizgilerin doğal akışını taklit eden desenler kullanarak bu ilkeden yararlanabilir. Bu sürekli desen, gözün nesnenin gerçek sınırlarını algılama yeteneğini bozarak kamuflajı doğal çevreden ayırt etmeyi zorlaştırır. Bunu doğal kamuflaj oluşumlarında da görmek mümkündür. Aristolochia bitki türleri bulundukları bölgelerdeki zemin hatlarını taklit eden büyük, kalp şeklinde yapraklar geliştirmektedirler (Niu ve diğerleri, 2018). Kullanıcı arayüzü tasarımında bu, içerik ve etkileşimin görsel akışını yönlendirebilir ve ekranlar veya bölümler arasındaki geçişleri doğal ve sezgisel hale getirebilir (Li ve Fu, 2022). Kamuflaj tasarımlarında da arayüz tasarım uygulamalarında da sürtünmeyi minimuma indirerek, bilişsel yükü azaltmak önem arz etmektedir. Bilişsel psikolojideki çalışmalarla desteklenen Gestalt yasaları, kamuflaj desenlerinin tasarımına ilişkin temel içgörüler sunarak tasarımdaki görsel öğelerin nasıl renklendirildiği, gruptandırıldığı ve hizalandığının önemini vurgular.

Gelişen teknoloji ile tasarım alanında, algoritmalar ve hesaplamalı yaklaşımlar yaratıcılığı, işlevselliği ve kullanıcı deneyimini optimize etmede çok önemli bir hale gelmiştir. Ürün

tasarımında parametrik ve üretken tasarım yaklaşımları, biçim ve işlevi optimize etmek için algoritmaları kullanırken, deneyim tasarımında da kullanıcı davranışlarını ve geri bildirimlerini izlemek, gerçek zamanlı verilere dayalı olarak arayüzleri ve etkileşimleri optimize etmek için algoritmalara dayanan hesaplamalı teknikler kullanılmaktadır. Ürün tasarımında, özel geliştirilmiş algoritmalar yoluyla tasarım parametreleri arasındaki ilişkilerin tanımlanması ve girdi değişikliklerine dayalı olarak geometrinin dinamik olarak değiştirilmesi, optimize edilmiş tasarımların oluşturulmasını kolaylaştırırken, askeri uygulamalarda Maske R-CNN gibi teknikler kamuflaj tasarımlarının segmentasyonunu ve sınıflandırılmasını mümkün kılmıştır (Karatepe ve Nabiyeve, 2023). Yang ve arkadaşları tarafından uygulanan algoritma tabanlı yaklaşımlar ile araziden alınan verilerin kullanıldığı deneysel kamuflaj desen tasarım çalışmaları da literatürde yer almaktadır (Yang ve diğerleri, 2023). Bu disiplinler arası çaba, modern askeri uygulamaların sürekli değişen zorluklarıyla başa çıkmada iş birliğinin ve yeniliğin önemini vurgular.

2.4. Askeri Kamuflaj Yüzey Tasarım Temelleri

Literatürde, askeri kamuflaj tasarımlarının görev bölgesi ile uyumunun sağlanabilmesi ve tasarımın gizlilik performansını artırabilmek için sıklıkla kullanılan bazı uygulamalar yer almaktadır. Bu uygulamaları günümüzde kullanımda olan askeri kamuflaj tasarım örneklerinin çoğunda gözlemlemek mümkündür.

2.4.1. Arka plan eşleştirme ve baskın renk

Doğal bir ortamda gizliliği en üst düzeye çıkarmak için kamuflaj tasarımı, arka planıyla maksimum düzeyde eşleşen veya birden fazla arka planı kısmen eşleştiren uzlaşmacı renklendirmelere sahip olabilir. Kamuflaj tasarımının, bulundukları çevrenin renk, desen ve doku özellikleriyle uyumlu olması arka plan eşleştirmesi olarak ifade edilir. Örneğin, ormanlık bir alanda görev yapan askerlerin giydikleri kamuflaj deseni, ağaçların yaprakları, toprak rengi ve bitki örtüsü gibi çevresel unsurlarla uyumlu olmalıdır. Kamuflaj tasarımı ile arka plan arasındaki görsel farklılığın düşük olduğu durumlarda, gizliliğin etkinliği artmaktadır. Baskın renk, kamuflaj tasarımında kullanılan renkler arasında belli bir rengin diğerlerine göre daha belirgin olduğu anlamına gelir. Bu renk, genellikle çevrenin genel rengini temsil eder. Örneğin, kumlu bir çöl ortamında kullanılan kamuflaj deseninde, kum rengi baskın olabilir.

2.4.2. Yıkıcı renklendirme

Abbott H. Thayer (1849-1921), kamuflaj tasarımında ters gölgeleme ve yıkıcı renklendirmenin ilk askeri uygulamalarıyla tanınır. Yıkıcı renklendirme kamuflaj tasarımında bulunan renklere görece daha yüksek kontrast değerine sahip bir renk ile tasarıma kontur eklenmesidir. Bu yöntemin amacı, askeri personelin vücut hatlarını ve ekipman konturlarını daha az belirgin hale getirerek ve çarpıtarak düşman gözlemciler tarafından tespiti güçleştirmektir. Yıkıcı renklendirme kontur parçalama olarak da isimlendirilmektedir. Bu yöntemde, desenler ve renkler, askeri personelin vücut hatları veya ekipman konturları boyunca kesintiye uğratılır. Bu, düzensiz desenlerin kullanılması veya desenlerin vücut hatlarına uyumlu bir şekilde bozulması yoluyla gerçekleştirilebilir. Yıkıcı renklendirme, hedefin belirgin konturlarını gizleyerek görsel algıyı karmaşık hale getirir. Selj, G. 2015 yılında yaptığı bir çalışmada, yıkıcı renklendirmenin tespiti zorlaştırabileceğini ve en iyi gizlemenin, arka planla makul ölçüde iyi eşleşen bir hedefe yıkıcı renklendirme eklenmesiyle elde edilebileceğini ifade etmiştir. Aynı zamanda yıkıcı renklendirme askeri personel veya ekipmanın hareket ettiği durumlarla da uyum sağlamayı amaçlar. Desenler, görevin gerektirdiği hareketlilikle uyumlu olacak şekilde tasarlanır, bu da gözlemcinin hedefin hareketini daha zor algılamasını sağlar.

2.4.3. Ters gölgelendirme

Ters gölgeleme, kamuflaj tasarımında kullanılan tekniklerden biridir ve genellikle hayvanlarda doğal olarak gözlemlenebilen bir özelliktir. Bu konsept, nesnenin üst kısmının koyu, alt kısmının ise açık tonlarda renklendirilmesi prensibine dayanır. Ters gölgeleme, nesnenin çevresine daha iyi uyum sağlaması ve onu gölgelerle daha az fark edilebilir hale getirmek amacıyla kullanılır. Üst kısmın daha koyu olması güneş ışınları tarafından daha az aydınlatılacağı ve alt kısımların daha açık renkte olması ise gölgelenme etkisinin daha az fark edilir olacağı anlamına gelir ki bu beklenenin tam tersidir. Nesnenin gölgesi, düşen ışığa göre şekil alır, böylece nesne daha düzgün ve daha az belirgin görünür. Bu, nesnenin profiline daha az vurgu yapar ve daha az fark edilir hale getirir. Ters gölgeleme özellikle askeri araçlarda sıklıkla kullanılan bir yöntemdir.

2.5. Askeri Kamuflaj Aileleri

Askeri kamuflaj tasarımları, çeşitli çevre koşullarına ve operasyonel gereksinimlere göre şekillenen bir dizi farklı desen ve yapıyı içerir. Kamuflaj aileleri, her birinin benzersiz tasarım özellikleri ve uygulama alanlarıyla belirginleşir. Yıkıcı desen tasarımları, büyük ölçekli, düzensiz şekillerle tasarlanmış desenler sunarken, fırça darbesi tasarımları daha yumuşak geçişler ve çizgisel formlar içerir. Kertenkele tasarımları, küçük noktalar ve kıvrımlı çizgilerle doğadaki desenleri taklit ederken, dijital desenler, pikselli dijital görünümleri ile yüksek savaş teknolojisini vurgulamaktadır. Diğer aileler arasında, yırtıcı hayvanların kürklerinden ilham alan Kaplan Şeridi, doğada yaygın olan yaprak biçimlerini içeren Yaprak Deseni ve benekli görünüme sahip benek tasarımlı kamuflajlar yer almaktadır. Ayrıca, orman ve yağmur gibi, yeryüzü şekilleri ve doğa olaylarından ilham almış tasarımlar da mevcuttur. Yapboz ve kıymık desenleri geometrik şekilleri ön plana çıkarırken, kurbağa derisi tasarımları ise sürüngen hayvanların derilerine benzer bir görünüme sahiptir. Farklı savaş alanları ve taktiksel ihtiyaçlar doğrultusunda tasarlanmış bu kamuflaj yüzeyler görünümlerindeki benzerliklere göre zaman içinde sınıflandırılmış ve kategorize edilmiştir.

2.5.1. Bozucu desen tasarımlı kamuflaj aileleri

Bozucu desen tasarımlı kamuflaj (Disruptive Pattern Material, DPM), 1960'larda Birleşik Krallık'ta geliştirilen ve ardından birçok ülke tarafından benimsenen bir askeri kamuflaj desendir. DPM deseni, genellikle ormanlık, çalılık veya taşlık ortamlarda etkili olacak şekilde tasarlanmıştır. DPM deseni, değişen arazi ve çevre koşullarına uyum sağlamak için farklı renkler ve desenlerin kombinasyonunu kullanır. Bu desen genellikle yeşil, kahverengi ve siyah tonlarını içerir ve desenler genellikle leke veya benekler şeklindedir. Bu sayede, askeri personel ve ekipman çevrede daha az fark edilir hale gelir. DPM kamuflajı, Birleşik Krallık'ın yanı sıra Umman, Filipinler, Portekiz, Yemen, Yeni Zelanda, Bulgaristan, Endonezya ve Kamboçya gibi birçok ülke tarafından da kullanılmıştır. Her bir ülkenin kendi ihtiyaçları ve çevresel koşulları doğrultusunda DPM desenini uyarlama ve değiştirmesi sonucu, bazı ülkelerin DPM desenlemesinde kullandıkları renkler diğerlerinden farklılık gösterebilir. Resim 2.1'de DPM deseni için örnek verilmiştir (Larson, 2021).



Resim 2.1. Bozucu desen kamufraj deseni (Larson, 2021).

2.5.2. Fırça darbese tasarımı kamufraj ailesi

Fırça darbese kamufraj deseni, genellikle 20. yüzyılın ortalarında Sovyet Bloku ülkeleri tarafından kullanılan bir askeri kamufraj desendir. Bu desen, özellikle soğuk savaş döneminde Doğu Bloku ülkelerinin askeri kıyafetlerinde sıkça kullanılmıştır. Brushstroke deseni, büyük renk bloklarının ve fırça darbelerinin bir araya gelmesiyle oluşur. Desen, genellikle kahverengi, yeşil, siyah ve bazen beyaz gibi doğal tonları barındırır. Bu desen, askeri personelin ormanlık veya çalılık ortamlarda daha az fark edilmesi sağlayabilmek amacıyla tasarlanmıştır. Fırça darbese kamufraj deseni, düzensiz ve rastgele görünümü sayesinde, çeşitli arazi tiplerine uyum sağlamada etkili olmaktadır. (Larson, 2021).



Resim 2.2. Fırça darbese kamufraj deseni (Larson, 2021).

2.5.3. Dijital desen tasarımı kamufraj ailesi

Dijital desenli kamufraj, geleneksel kamufraj desenlerinden farklı bir yaklaşımı temsil eder. Bu tasarım, dijital teknolojilerin kullanılmasıyla geliştirilmiştir ve genellikle bilgisayar teknolojileri aracılığıyla üretilir. Bu desenler, küçük piksellerin veya noktaların düzenli bir şekilde yerleştirilmesiyle oluşturulur. Bu, geleneksel kamufraj desenlerindeki büyük renk bloklarından veya motiflerinden farklı bir yaklaşımdır. Dijital desenli kamufraj, askeri teknolojideki ilerlemelerin bir yansıması olarak görülmektedir. Amerika, Kanada, İngiltere, Avustralya'nın yanı sıra Fransa, Almanya, İtalya, Hollanda, İspanya gibi NATO ülkeleri tarafından da kullanılmıştır (Larson, 2021).



Resim 2.3. Dijital desen kamufraj deseni (Larson, 2021).

2.5.4. Kertenkele tasarımı kamufraj ailesi

Kertenkele deseni (TAP47 deseni veya Fransızlar için Leopar deseni), ilk olarak 1947'den 1980'lerin sonlarına kadar Fransız Ordusu tarafından kullanılan bir kamufraj desen ailesidir. Bu desenin kullanımı o yıllarda Afrika ülkelerinde de oldukça yaygın kullanılmıştır. Fransız tasarımı yatay çizgilerde iken, Portekiz tarafından düşey çizgilere sahip bir versiyonu da geliştirilmiştir (Larson, 2021).



Resim 2.4. Kertenkele kamuflaj deseni (Larson, 2021).

2.5.5. Kaplan şerit tasarımlı kamuflaj ailesi

Kaplan şeridi, Güney Vietnam Silahlı Kuvvetleri tarafından ormanlık arazilerdeki yakın temas muharebeleri için geliştirilen ve Vietnam Savaşı sırasında ABD Özel Kuvvetleri tarafından 1962'nin sonlarından 1963'ün başlarına kadar kullanılan bir kamuflaj ailesi desenidir. Yeşil ve kahverengi renklerdeki fırça darbelerine benzeyen dar şeritlerin daha açık zeytin yeşili ve açık kahve rengi arka plana eklenmesi ile oluşturulmuştur (Larson, 2021).



Resim 2.5. Kaplan şeridi kamuflaj deseni (Larson, 2021).

2.5.6. Yaprak deseni tasarımlı kamuflaj ailesi

1948 yılında ABD Ordusu Araştırma ve Geliştirme Laboratuvarı (ERDL) tarafından tasarlandı. Limon yeşili arka plan üzerinde siyah "dallar" içeren kahverengi ve çimen yeşili organik şekillerle karakterize edilen genel amaçlı bir orman kamuflaj deseni ailesidir (Larson, 2021)



Resim 2.6. Yaprak deseni kamuflaj deseni (Larson, 2021).

2.5.7. Benek tasarımlı kamuflaj ailesi

1970’lerde Alman Ordusu için geliştirilmiştir. Açık yeşil veya tan rengi bir taban üzerine koyu yeşil, kırmızı, kahverengi veya siyah renkli beneklerin eklemesi ile oluşturulmuştur. Alman ordusu için geliştirilen beş renkli varyasyonu Avrupa’nın ılıman iklime sahip ormanlık bölgelerinde kullanılması için tasarlanmıştır (Larson, 2021).



Resim 2.7. Benekli kamuflaj deseni (Larson, 2021).

2.5.8. Orman tasarımlı kamuflaj ailesi

Kahverengi tonların baskın renk olarak kullanıldığı yaprak deseni kamuflajın bir versiyonudur, yaprak desenli kamuflaj tasarımının yüzde 60 oranında büyütülmesi ile oluşturulmuştur. Uzun mesafelerde etkinliğin artırılması amacıyla tasarımın deseni ABD ordusu tarafından büyütülmüştür. 1981’den 2000’lere kadar ABD Ordusu tarafından standart kabul edilen kamuflaj tasarımıdır. Yeşil, kahverengi, tan ve siyah renkli düzensiz şekillerin kullanımı ile oluşturulmaktadır (Larson, 2021).



Resim 2.8. Orman kamuflaj deseni (Larson, 2021).

2.5.9. Yağmur tasarımlı kamuflaj ailesi

Yağmur tasarımlı kamuflaj Doğu Almanya'da geliştirilmiş ve 1965'ten 1990'a kadar kullanılmıştır. Doğu Alman Ordusu tarafından kullanılan tasarımın Sovyet Rusya kuvvetlerindeki benzerlik göstermesi sorununa çözüm sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Gri, yeşil bir yüzeyin üzerine kısa dikey kırmızı, kahverengi çizgilerin eklenmesiyle oluşturulmuştur (Larson, 2021).



Resim 2.9. Yağmur kamuflaj deseni (Larson, 2021).

2.5.10. Yapboz tasarımlı kamuflaj ailesi

Yapboz tasarımlı kamuflaj deseni, Belçika Silahlı Kuvvetleri tarafından 1956-2022 yılları arasında kullanılan ve birçok ülkede de uyarlamalarına rastlayabildiğimiz bir kamuflaj deseni ailesidir. Belçika Silahlı Kuvvetleri tarafından uzun yıllar kullanılmış ve Kasım 2022'den itibaren aşamalı olarak kullanımına son verilmiştir. Daha koyu renge sahip bir versiyonu ve mavi renk tonlarını içeren bir başka versiyonu Burundi Ordusu ve polisi tarafından kullanılmıştır (Larson, 2021)



Resim 2.10. Yapboz kamufraj deseni (Larson, 2021).

2.5.11. Kıymık tasarımlı kamufraj ailesi

1920'lerin sonlarında Almanya tarafından geliştirilmiştir. Tasarım keskin kenarlara sahip renkli çokgenlerin bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur. Organik formlar yerine düz hatlara sahip geometriler ile karakterize edilir ve bu özelliği ile diğer kolay kamufraj ailelerinden kolayca ayırt edilebilmektedir. Tasarımın etkinliğini arttırabilmek amacıyla yağmur tasarımlı kamufraj ailesi tasarımlarında görülen koyu tonlarda kısa dikey çizgiler eklenmiştir (Larson, 2021).



Resim 2.11. Kıymık kamufraj deseni (Larson, 2021).

2.5.12. Kurbağa derisi tasarımlı kamufraj ailesi

Bir kurbağanın derisine benzer benekli bir görünüme sahiptir. Tasarım ABD ordusunun talebi üzerine Norvell Gillespie tarafından yapılmıştır. Bir diğer ismi örnek avcısıdır (Larson, 2021).



Resim 2.12. Kurbağa derisi kamuflaj deseni (Larson, 2021).

2.6. Askeri Kamuflaj Yüzeylerde Gizlilik Performans Değerlendirmesi

Askeri kamuflaj performansının değerlendirilmesi ve ölçülmesi, kamuflajın personel ve ekipmanı tespit edilmekten ne kadar iyi gizlediğini değerlendiren çeşitli yöntemleri içerir. Saha ölçümleri tipik olarak gerçek ortamlarda kamuflajın etkinliğini değerlendirir. Çevreyle ne derece uyum sağlayabildiğini ve değişen koşullar altında tespitten kaçınıp kaçınmadığını ölçen insan gözlemciler dayanır. Laboratuvar tabanlı ölçümlerde de insan gözlemciler kullanılır; kontrollü deneyler kamuflaj performansını belirli koşullar altında test eder ve performansı ölçmek için genellikle algılama doğruluğu ve tepki süresi gibi ölçütler kullanılır (Penacchio ve diğerleri, 2018). Ek olarak, hesaplamalı yöntemler çeşitli açılardan, aydınlatma koşullarından ve çevresel faktörlerden algılamayı simüle etmek için sensörler ve algoritmalar kullanır. Bu teknolojiler, insan gözünün kaçırabileceği kontrastları, şekilleri ve desenleri tespit etmek de dahil olmak üzere görsel verilerin ayrıntılı analizlerini gerçekleştirebilir. (Li ve diğerleri, 2022). Bu değerlendirme metotları kullanılarak kamuflaj sistemlerinin çeşitli ortamlarda nasıl performans gösterdiğine dair kapsamlı bir anlayış ve yüksek gizlilik performansına sahip kamuflaj tasarımları geliştirmek mümkündür.

2.6.1. İnsan gözlemine dayalı laboratuvar çalışmaları

Kamuflaj değerlendirme etkinliklerinde zamansal kısıtlar, yüksek maliyetler, yoğun emek, lojistik karmaşıklar, saha koşulları ve risk unsurları göz önüne alındığında, insan gözlemine dayalı ve laboratuvar ortamında gerçekleştirilen değerlendirme yöntemleri seçilebilecek en uygun yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır. NATO-RTO tarafından sağlanan kılavuzlar

bu yöntemleri tanımlamaktadır. Bu değerlendirme yöntemleri tüm etkili parametreler üzerinde tam kontrol sağlanmasına imkân tanır.

NATO tarafından gerçekleştirilen bir çalışmaya göre (Peak ve diğerleri, 2006) laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneylerin avantajları şu şekilde sıralanmaktadır.

- Daha geniş bir istatistiksel veri tabanının oluşturulması: Laboratuvar deneyleri, daha kapsamlı bir veri toplanmasına olanak tanır ve sağlam bir istatistiksel temele katkıda bulunur.
- Çevre koşullarında tutarlılık: Laboratuvarda toplanan görüntü dizileri, tek bir kontrollü çevre koşulları altında elde edilir.
- Tek tip görüntüleme deneyimi: Tüm gözlemciler aynı görüntüleri inceler ve deney düzeneğinde standardizasyon sağlanabilir.
- Maliyet etkinliği: Laboratuvar deneyleri genellikle saha denemelerine kıyasla daha ucuzdur.
- Zaman verimliliği: Veri toplama için sahada harcanan süre azaltılarak deneysel süreç kolaylaştırılır.
- Çok konumlu deneyler: Deney, farklı gözlemci havuzlarını içeren birden çok konumda, kontrollü laboratuvar koşulları altında hepsi aynı girdi görüntülerini kullanarak gerçekleştirilebilir.
- Ancak laboratuvar koşullarındaki insan performansının, gerçek dünya senaryolarındaki performanstan önemli ölçüde farklılık gösterebileceğini göz önünde bulundurmak ve laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçların, uygulanabilirliğinin ve gerçek dünya durumlarıyla ilgisinin sağlamasını yapabilmek için benzer saha deneylerinin sonuçlarıyla karşılaştırılması gerekmektedir (Seine, 2014).

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen tespit menzili

NATO tarafından laboratuvar tabanlı tespit menzili ölçümleri için standartlar yayımlanmıştır (Peak ve diğerleri 2006). Bu yöntem, kamufle edilmiş nesneyi içeren bir dizi görüntünün gözlemciye sunulmasını ve kademeli olarak görüntünün nesneyi daha yakından göstermesini sağlayacak şekilde ayarlanmasını içermektedir. Bu işlem kamufle edilmiş nesne gözlemci tarafından tespit edilene kadar devam ettirilmektedir. TNO tarafından da video yaklaşma sahnelerinden oluşan benzer bir yöntem geliştirilmiştir (Hogervorst, 2006).

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen görsel arama

Gözlemcinin sahne içerisine yerleştirilmiş kamufle edilmiş nesneyi tespit etme sürelerinin hesaplanması ile gerçekleştirilmektedir (Peak ve diğerleri, 2006; Selj, 2015; Toet ve Bijl, 2003) ve istenen sonuç, arama süresinde bir artış ve tespit olasılığında bir azalmadır. Gözlemcinin performansını etkileyen faktörler arasında kamufle edilmiş nesnenin görseldeki konumu, sahneye aşinalık ve gözlemcinin öğrenmesi yer almaktadır (Toet ve diğerleri, 2003).

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen görüş puanı

Gözlemciler tarafından, sunulan kamufle edilmiş nesne bulunduran görsellerdeki nesnenin kamuflej etkinliğinin likert ve benzeri puanlama ölçütleri ile derecelendirilmesi olarak tanımlanabilir. (Rock ve diğerleri, 2009; Mortlock, 2018; Hepfinger ve diğerleri, 2010; Hogervorst ve diğerleri, 2009). Bu yöntem basit ve etkilidir. Aynı kamuflej tasarımı ve tekniğinin farklı senaryo ve arka planlarda değerlendirilebilmesi için hızlı bir çözüm sunabilir.

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen sıralama deneyi

Bir sıralama deneyinde, gözlemcilere belirli bir sahnedeki çeşitli kamuflej tasarımlarını içeren görüntüleri en iyiden en kötüye doğru sıralama görevi verilir. Elde edilen verileri analiz etmek için Analitik Hiyerarşi Süreci (Baumbach, 2009) veya MARCUS (Emond, 2002) gibi çeşitli teknikler kullanılabilir. Sıralama yöntemi, farklı kamuflej tasarım ve tekniklerini değerlendirmek ve karşılaştırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen eşleştirilmiş karşılaştırma

Kamuflej etkinliğini eşli karşılaştırmalar yöntemiyle değerlendirirken, gözlemcilere kamufle edilmiş nesne bulunduran görüntü çiftleri sunulur ve hangi görüntüdeki kamufle edilmiş nesnenin daha belirgin olduğunu ifade etmeleri istenir (NATO Task Group, 2014; Copeland ve diğerleri, 2001; Aviram ve diğerleri, 2000; Engeldrum, 2000). Bu yöntemde, bir görüntü her denemede diğer görüntülerle birer kez eşleştirilir. Tüm gözlemcilerden gelen kararların toplanmasıyla, farklı görüntülerde algılanan farklılığın göreceli seviyelerini temsil

eden sayısal değerlerin elde edilebilmesi mümkündür. Sıralama deneyleri ve eşleştirilmiş karşılaştırmalar deneyi benzer sonuçlar verse de eşleştirilmiş karşılaştırmalar yöntemi genellikle daha yüksek hassasiyet sunar (Handley ve diğerleri 2003).

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen göz takibi

Göz takibi, bir kişinin göz hareketlerini ölçmek için kullanılan bir teknolojidir. Bu teknoloji, gözlerin nerelere odaklandığını, göz bebeklerinin pozisyonunu ve hareketlerini kaydederek analiz eder. Göz takibi, özellikle insanların dikkatini çeken öğeleri anlamak ve incelemek için yaygın olarak kullanılır. Göz takibi ölçümleri, tespit süresi ve menzil deneylerinin sunduğu bilgilerin ötesinde, kamuflajın etkinliğine dair ek veriler sağlayabilir. 2006 yılında M. B. Neider tarafından yapılan bir göz takibi çalışmasında, gözlemciler arama sırasında öncelikli olarak yüksek kontrasta sahip bölgelere odaklanmışlardır. Kamufle edilmiş nesne ile arka plan arasındaki benzerlik yüksek olduğunda bu davranış daha sık görülmüştür. Bu bulgular, gözün genellikle arka plandan farklı ve dikkat çekici olan alanlara yöneldiğini, dolayısıyla kamufle edilmiş nesnenin sıklıkla göz ardı edildiğini ve arama sürecinin bu şekilde taraflı gerçekleştiğini göstermektedir.

2.6.2. İnsan gözlemine dayalı saha çalışmaları

Saha çalışmaları, kamuflajın doğrudan gerçek dünya koşullarındaki performansını incelemek için gerçekleştirilmektedir. Bu tür çalışmalarda gözlemciler, farklı kamuflaj desenlerinin, çeşitli doğal ortamlarda nasıl algılandığını kaydeder. Gözlem verileri, tasarımın fiziksel etkilerini, renk ve şekil uyumlarını analiz etmek için kullanılır. Kamuflajın etkinliği, doğru görsel özelliklerin yanı sıra, gözlemcinin ne kadar süreyle ve hangi açıdan gözlem yaptığıyla da ilişkilidir. Saha gözlemine dayalı veriler, yeni tasarımların oluşturulmasına ve mevcut tasarımların optimizasyonuna olanak tanır.

Sahada tespit menzili

Sahada kamuflaj etkinliği testleri yapılırken genelde kamufle edilmiş nesneler önlerinde engel bulundurmayacak şekilde açık alanlara yerleştirilir, bu sayede algılama menzilinin daha büyük mesafeler için de mümkün olması sağlanabilmektedir. Gözlemciden düz bir hat boyunca ilerlemesi ve kamufle edilmiş nesne konumlarını tespit etmesi beklenir (NATO-

RTO, 2006). Bu tür deneylerde, mevcut hava durumu, güneş konumu, atmosferik görünürlük gibi etmenler ölçülen algılama menzili ile doğrudan ilişkilidir.

Sahada görsel arama

Görsel aramaya dayalı kamuflaj etkinlik ölçme çalışmaları laboratuvar ortamında gerçekleştirildiği gibi saha deneyleri yoluyla da yapılabilir (NATO-RTO, 2006). Sahada konumlandırılmış kamufle edilmiş nesnelerin gözlemci tarafından tespit edilebilme süreleri hesaplanarak, kamuflaj etkinliği performansı hakkında veri sağlanması mümkündür. Saha deneylerinde hava durumu ve hava durumundan kaynaklı görüş mesafesi gibi etkenlerin sonuçlara direkt etki edeceği unutulmamalıdır.

2.6.3. Hesaplamalı değerlendirme yöntemleri

Askeri kamuflaj tasarımında gizlilik performansını değerlendirmek için kullanılan hesaplamalı yöntemler, sayısal ve istatistiksel modellerle donatılmış yaklaşımlardır. Bu modeller ortamın görsel özelliklerini, gözlemci algısını ve çevresel faktörleri modelleyerek, kamuflajın gizleme kapasitesini sayısal olarak değerlendirir. Genellikle bilgisayar tabanlı simülasyonlar ve çeşitli algoritmalar kullanılarak, farklı ışık, renk ve doku koşullarında kamuflajın etkinliği ölçülür. Ayrıca, kamuflajın çevresindeki doğal ve yapay unsurlarla olan uyumu, belirginlik haritaları ve dağınıklık ölçümleri gibi hesaplamalı araçlar kullanılarak değerlendirilir.

Belirginlik haritası

Görsel odaklanma davranışı, hem alttan yukarı (bottom-up) hem de üstten aşağı (top-down) mekanizmalar tarafından yönlendirilir. Alttan yukarı mekanizmalar, çevresel uyarıcılara dayalı olarak görsel dikkat süreçlerini etkilerken (Koch ve diğerleri, 1985; Land ve diğerleri, 1999), üstten aşağı mekanizmalar daha çok belirli bir görev veya hedef doğrultusunda dikkati yönlendirir (Yarbus, 1967; Fecteau ve diğerleri, 2006).

Görsel belirginlik, bir görüntüdeki detayların arka plandan ne kadar farklı olduğunu, yani görsel olarak ne kadar belirgin olduğunu ifade eder. Bu, göreceli bir özelliktir ve bir detayın çevresindeki öğelerden ne kadar farklı olduğu ile ilgilidir (Niebur, 1998; Straube ve diğerleri, 2010). Görsel dikkat genellikle alttan yukarı etkilerle yönlendirilir ve serbest

görüntüleme sırasında gözlemlenen önemli faktörlerden biridir. Bu durum, görsel odaklanmanın hangi noktaya kayacağını anlamak için önemli bir rol oynar (Underwood ve diğerleri, 2006).

İnsan gözlemci çalışmaları, belirginliğin serbest görüntüleme sırasında dikkati ve bakış tahsisini güçlü bir şekilde öngörebileceğini göstermiştir. Bu, hem statik sahnelerde (Ouerhani ve diğerleri, 2004; Itti, 2000) hem de dinamik sahnelerde (Elazary ve diğerleri, 2009) geçerlidir. Ayrıca, görsel belirginlik haritası yöntemi, insanların görsel sahnelerde hangi detayları daha ilginç bulduklarını belirlemede etkili bir araç olabilir (Achanta ve diğerleri, 2009).

Hesaplamalı belirginlik modelleri, giriş görüntüsünü bir belirginlik haritasına dönüştüren algoritmalar olarak geliştirilmiştir. Bu harita, sinyal yoğunluğunun yerel görüntü belirginliğine karşılık geldiği bir temsili sunar. Son on yılda, dijital görüntülerden görsel belirginlik haritaları hesaplamak için birçok farklı algoritma önerilmiştir. Bu algoritmalar, genellikle giriş görüntüsünü skaler bir değere sahip haritalara dönüştürür ve bu haritalar yerel görüntü belirginliğini ifade eder.

Dağınıklık değerlendirmesi

Görüntü karmaşıklığı, yapısal bileşenlerin sayısına, bunların heterojenliğine (örneğin, tek bir şeklin tekrarı vs. farklı şekillerin bulunması), düzenliliğine (örneğin, basit çokgenler vs. daha soyut şekiller) ve öğelerin düzenlenme şekline (örneğin, simetri, dağılım özellikleri) bağlıdır. Bir nesnenin, retinadaki görüntüsü çevresindeki görüntüden bir şekilde farklı olduğunda görsel olarak ayırt edilebilir veya algılanabilir. İnsan görsel sistemi, bu şekil-zemin ayrımını gerçekleştirmek için boyut, form, parlaklık, renk, doku, iki şekil arasındaki uzaklık ve hareket gibi faktörlerdeki farklılıkları kullanır. Bir hedefin çevresindeki herhangi bir faktörde yeterli bir fark, hedefin belirgin olmasına yetecek kadar işlevseldir. Bir hedefin arka planından ayrılmasına ve algılanmasına izin vermek için yerel özellik kontrastının desendeki genel değişkenliği aşması gerekir. Örneğin, Rosenholtz ve diğerlerinin (2007) özellik sıklığı karışıklık metriği, bir nesnenin görsel farklılığının veya çekiciliğinin, yerel özellik kontrastının sahnede yerel özellik değişkenliğini aşma derecesine bağlı olduğu varsayımına dayanmaktadır. Rosenholtz'ün Subband Entropy karışıklık metriği (Bravo ve diğerleri, 2008), hedefin bulunduğu sahnenin düzenliliğine bağlı olarak görsel çekiciliğin

değiştiğini ifade etmiştir. Bu nedenle, sahne düzenliliği arttıkça hedefin belirginliği artacaktır. Rosenholtz, bir hedefin daha az ayrıntı içeren bir bölgeye yerleştirildiğinde daha belirgin olduğu bulgusuna dayanan Edge Density karışıklık ölçüsünü geliştirmiştir (Bravo ve diğerleri, 2008).

Dağınıklık ölçümleri, sahnedeki öğelerin karmaşıklığını, çeşitliliğini ve düzenini dikkate alarak, hedefin algılanabilirliğini etkileyen faktörleri simüle eder. Kamuflaj tasarımının etkinliği, sahnede yer alan diğer öğeler ile arasındaki kontrastın ne kadar küçük olduğuyula doğru orantılıdır. Bu tür ölçümler, genellikle kamuflaj tasarımının çevresinde yer alan öğeler ile etkileşimini değerlendirebilmek için gerçekleştirilmektedir.



3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Bu tez kapsamında, çalışma konusuna ilişkin kavramsal çerçevenin oluşturulması için öncelikle kamuflaj yüzeyler, askeri kamuflaj yüzeylerin tasarlanması ve kamuflaj tasarımlarının performanslarının ölçülmesi kavramları üzerine kaynak taraması yapılmıştır. Kamuflaj yüzeylerin performansına etki eden faktörleri anlayabilmek için askeri kamuflaj yüzeylerin tasarlanmasında ve geliştirilmesinde kullanılan yaygın uygulama ve yaklaşımlar incelenmiş ve deneysel kamuflaj tasarımları oluşturulmuştur. Sonrasında geliştirilen deneysel tasarım uygulamalarının gizlilik performansları laboratuvar ortamında insan gözlemine dayanan yöntemler ile ölçülmüştür.

3.1. Deneysel Kamuflaj Tasarım Metodu ve k_Means Kümeleme Algoritması

Bu araştırmada materyal olarak kullanılacak deneysel kamuflaj tasarımları yüksek çözünürlüklü arazi fotoğrafları kullanılarak, k-Means kümeleme algoritması ile renk segmentasyonu yapılarak oluşturulan renk örnekleri ile tasarlanmıştır. k-Means Kümeleme algoritmasının kullanıldığı renk tabanlı segmentasyon işlemi en eski aynı zamanda en çok kullanılan kümeleme algoritmalarından olup denetimsiz öğrenme temellidir (Armağan, 2022).

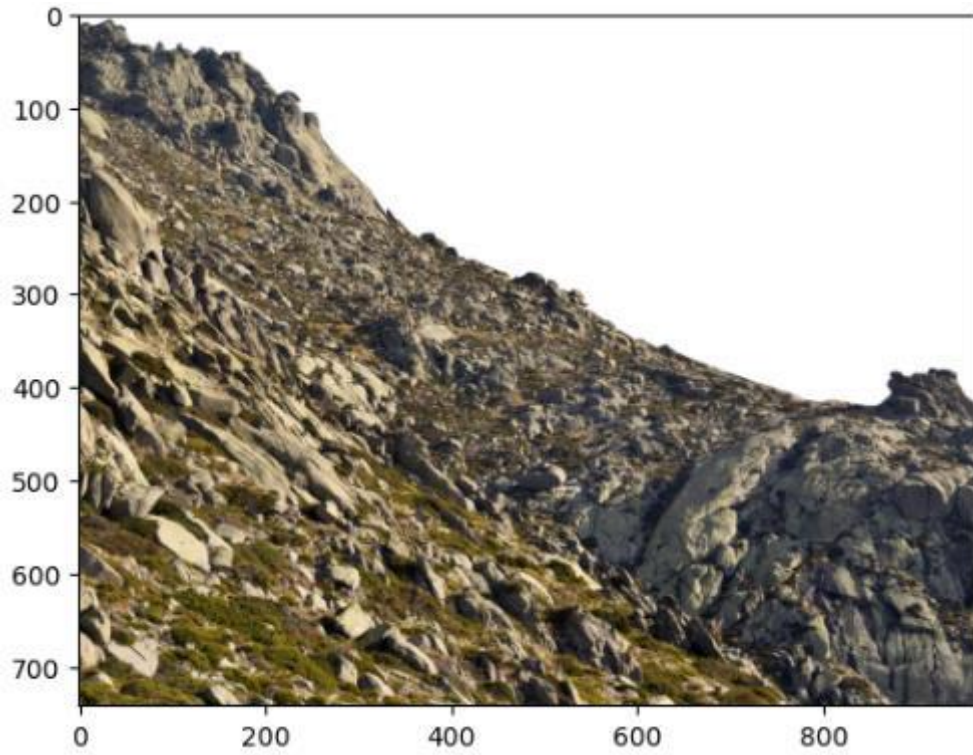
k-Means Kümeleme algoritması ile renk tabanlı segmentasyon, görüntü içindeki benzer renkleri tanımlamak ve gruplandırmak için kullanılabilen bir yöntemdir. Bu yöntemde algoritma, yakın renk piksellerini gruplayarak istenen renk sayısına kadar renkleri optimize eder, uzlaştırmacı renkte birleştirir ve baskın rengi tanımlar. Bu sayede, işlenen fotoğraftan renk örnekleri almak mümkün olur. Örneğin, bir görüntüdeki mavi gökyüzünü, yeşil çimen alanını ve kahverengi bir arka planı tanımlamak için renk tabanlı segmentasyon kullanılabilir. Bu tür segmentasyon, görüntü tabanlı sistemlerde nesnelerin tanınması ve sınıflandırılması için temel bir adımdır. Sergiy Tsybulia ve ekibinin yaptığı araştırmada, arazinin karakteristik renklerinin belirlenebilmesi için k-means kümeleme algoritmasının kullanımı önerilmektedir. Bu bulgu, benzer matematiksel kümeleme algoritmalarının değerlendirilmesi sonucunda elde edilmiştir. Ayrıca Saplıoğlu ve Acar tarafından gerçekleştirilen “ K-Means Kümeleme Algoritması Kullanılarak Oluşturulan Yapay Zekâ Modelleri ile Sediment Taşınımının Tespiti” isimli çalışmada akarsuların kirlilik

seviyelerinin ölçülmesi ve sediment taşınım tespitinde bu algorithmadan yararlanılmıştır. Ek olarak Armağan (2022) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada ticari bir elma bahçesinden alınan görüntüler k_Means kümele algoritması kullanılarak analiz edilmiştir. Algoritma ile kırmızı renk tespiti yapılmış ve tarladaki elma miktarları hesaplanmıştır. Basit ve anlaşılabilir yapısı sayesinde k_Means kümele algoritması ile renk segmentasyonu farklı disiplinler tarafından, farklı amaçlar için sıklıkla faydalanılan bir yöntem olmuştur.

Algoritma, başlangıç olarak renk veri kümelerinden rastgele K veri noktası seçer ve bunları küme merkezleri olarak belirler. Ardından, her veri noktası en yakın merkeze atanarak yeni renk kümeleri oluşturulur. Kümelere atanan veri noktalarının ortalaması alınarak, her küme için yeni bir merkez hesaplanır. Atama ve güncelleme işlemleri, merkezler değişmeyene veya önceden tanımlanmış maksimum yinleme sayısına ulaşılan kadar tekrarlanır. Son olarak, merkezler sabitlenince her veri noktası en yakın olduğu küme ile ilişkilendirilir ve algoritma tamamlanır.

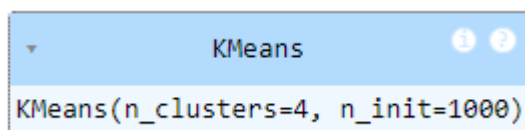
Çalışmaya örnek teşkil edebilmesi için kayalık dağlık, ormanlık, kumluk ve karlı dağ arazi tiplerine ait yüksek çözünürlüklü dijital fotoğraflar kullanılarak uygulama örnekleri gerçekleştirilmiştir. Bu fotoğraflar, web tarayıcıları aracılığıyla kod yazma, çalıştırma ve sonuçları görselleştirme seçenekleri sunan, veri analizi, veri görselleştirme, makine öğrenimi ve bilimsel hesaplama gibi işlemleri gerçekleştirmek için kullanılan açık kaynaklı bir araç ve etkileşimli bir hesaplama ortamı olan Jupyter.org web adresinde işlenmiştir. k-Means kümeleme algoritması ile renk segmentasyonu işlemi Python programlama dili kullanılarak yapılmış ve Jupyter.org web adresinde aşağıdaki kod satırları çalıştırılmıştır.

1. `import matplotlib as mpl`
`import matplotlib.pyplot as plt`
`from sklearn.cluster import KMeans`
2. `image = mpl.image.imread ("image.jpg")`
3. `plt.imshow(image)`

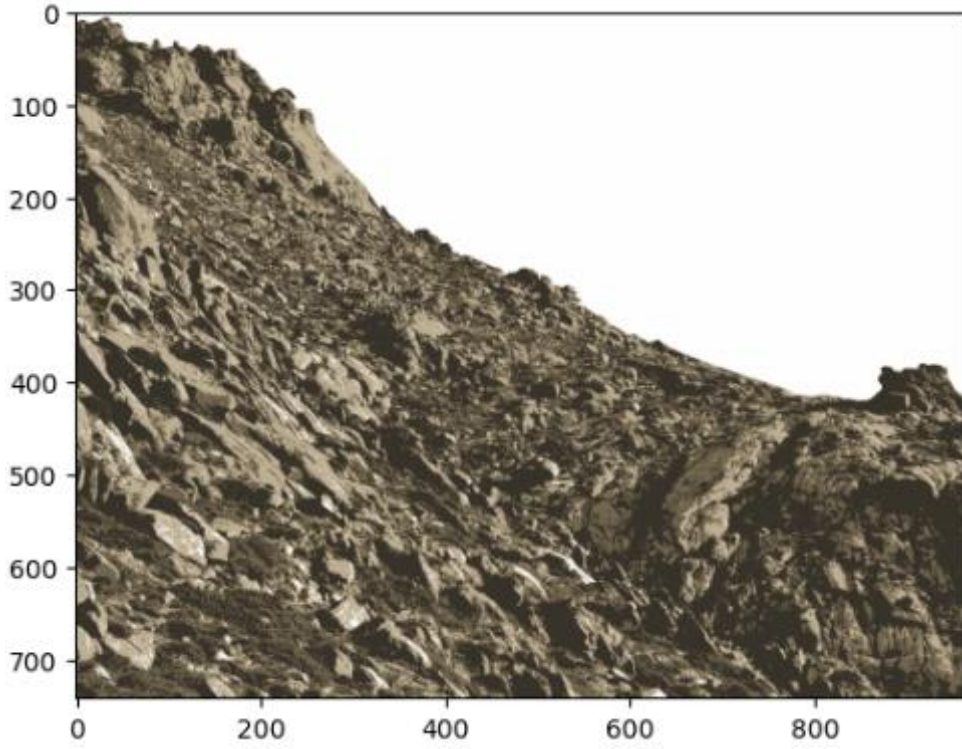


Şekil 3.1. İşlenmemiş ham fotoğraf

4. `image.shape`
5. `(640, 960, 3)`
6. `X = image.reshape(-1, 3)`
7. `kmeans = Kmeans(n_clusters=4, n_init=1000)`
8. `kmeans.fit(X)`



9. `segmented_img = kmeans.cluster_centers_[kmeans.labels_]`
`segmented_img = segmented_img.reshape(image.shape)`
10. `plt.imshow(segmented_img / 255)`



Şekil 3.2. Kümeleme ve renk segmentasyonu işlemi sonrası fotoğraf

Kümeleme ve renk segmentasyonu için kullanılan ve Python programlama dili ile oluşturulmuş 10 satırdan oluşan kod dizisi aşağıda kısaca açıklanmıştır;

1. `import matplotlib as mpl`: Bu satır, matplotlib kütüphanesini `mpl` olarak içe aktarır. Matplotlib, grafik çizim işlemleri için kullanılan bir Python kütüphanesidir.
2. `image = mpl.image.imread("image.jpg")`: `mpl.image.imread()` fonksiyonu, belirtilen dosyadan bir resim okur ve bir numpy array olarak döndürür. Burada "image.jpg" dosyasındaki görsel verisi alınıyor.
3. `plt.imshow(image)`: Bu satır, okunan resmi ekranda görüntüler. `imshow()` fonksiyonu, bir resmin 2D veya 3D piksel verilerini alarak görselleştirir.
4. `image.shape`: Resmin boyutlarını döndürür. Bu örnekte (640, 960, 3) şeklinde, 640 piksel yüksekliğinde, 960 piksel genişliğinde ve 3 renk kanalı (RGB) olduğunu gösterir.
5. `X = image.reshape(-1, 3)`: Resmi tek bir uzun vektör haline getirir, burada her bir pikselin RGB renk değeri bir satır olur. Bu, k-means gibi algoritmalar için gerekli olan formatı oluşturur.
6. `kmeans = KMeans(n_clusters=4, n_init=1000)`: KMeans algoritması, veriyi 4 kümeye ayıracak şekilde tanımlanır. `n_init=1000` parametresi, algoritmanın 1000 kez farklı başlangıç noktalarından çalıştırılmasını sağlar.

7. `kmeans.fit(X)`: KMeans algoritmasını X verisi üzerinde çalıştırarak kümeleri oluşturur.
8. `segmented_img = kmeans.cluster_centers_[kmeans.labels_]`: Kümelere ait merkez noktalarını kullanarak her bir pikseli uygun kümeye yerleştirir. `kmeans.labels_`, her pikselin hangi kümeye ait olduğunu belirtir.
9. `segmented_img = segmented_img.reshape(image.shape)`: Küme merkezlerine göre etiketlenen resmin boyutları tekrar orijinal hale getirilir.
10. `plt.imshow(segmented_img / 255)`: Son olarak, segment edilmiş resim görüntülenir. Görüntü piksel değerleri 0-255 arasındır ve genellikle matplotlib için 0-1 arasında olması gerektiğinden 255'e bölünür.

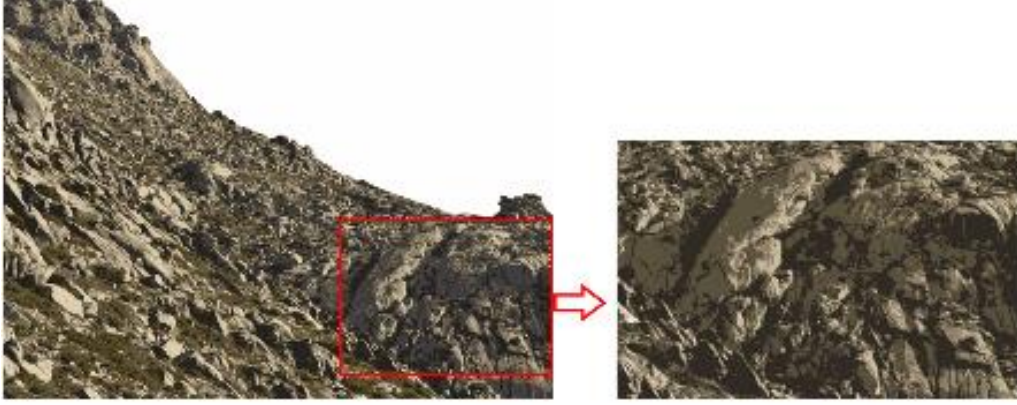
Açıklaması yapılmış kod dizisi kullanılarak, renk segmentasyon işlemi farklı arazi tipleri için uygulanmaya devam edilmiş ve örnekler çeşitlendirilmiştir. Bu yöntemle farklı arazilerden alınmış dijital görüntüler işlenmiş ve elde edilen renklerin RGB renk uzayındaki konumları not edilerek çalışmanın devamında paylaşılmıştır.

Kayalık dağ arazileri, genellikle yüksek rakımlara sahip, dik ve engebeli arazilerdir. Genellikle gri veya siyah tonlarda görünür. Bu renkler, kayaların mineral içeriğine ve bileşimine bağlı olarak değişebilir. Bazı kayalık arazilerde kahverengi veya kırmızı tonlar da görülebilir. Bu renkler, arazinin içerdiği demir oksitlerin miktarına bağlıdır. Aynı zamanda kayalık arazilerde bulunan yosun, liken ve diğer bitki örtüsü mevsimlere bağlı olarak değişken oranlarda yeşil ve tonlarını da barındırmaktadır.



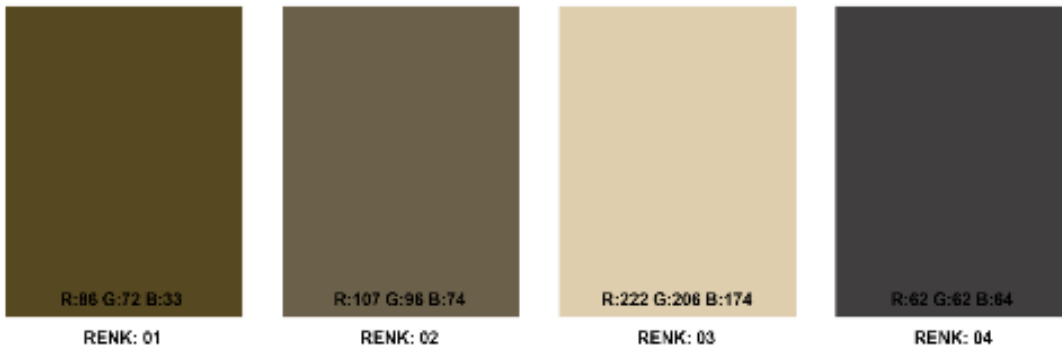
Resim 3.1. Kayalık dağlık arazi fotoğrafı

Algoritmada kullanılacak yüksek çözünürlüklü dijital fotoğraf görüntüsü ön işleme tabi tutulmuş ve sadece arazinin sahip olduğu renklerin hesaplamaya dahil edilebilmesi için, görüntüdeki gökyüzünü içeren alanlar Adobe Photoshop CC yazılımı kullanılarak beyaz (R:0, G:0, B:0) renge boyanmıştır.



Resim 3.2. Kayalık dağlık arazi fotoğraf detayı

Fotoğraf 01, stok fotoğraf, vektör, illüstrasyon ve video sağlayan çevrimiçi bir pazaryeri olan adobestock.com web adresinden alınmıştır. Fotoğrafın boyutları 4752x3168 piksel ve çözünürlüğü 300 dpi'dir. 24 bit derinliğe sahiptir ve sRGB renk uzayında yer alır. Dijital fotoğrafın barındırdığı renk çeşitliliği, Jupyter.org web adresinde k-Means kümeleme algoritması kullanılarak segmente edilmiş ve 4 adete indirgenmiştir. Bu renklerin RGB renk uzayındaki konumları ise (R86, G72, B33), (R107, G96, B74), (R222, G206, B174) ve (R62, G62, B64) şeklindedir.



Şekil 3.3. Kayalık dağlık arazi renk örnekleri

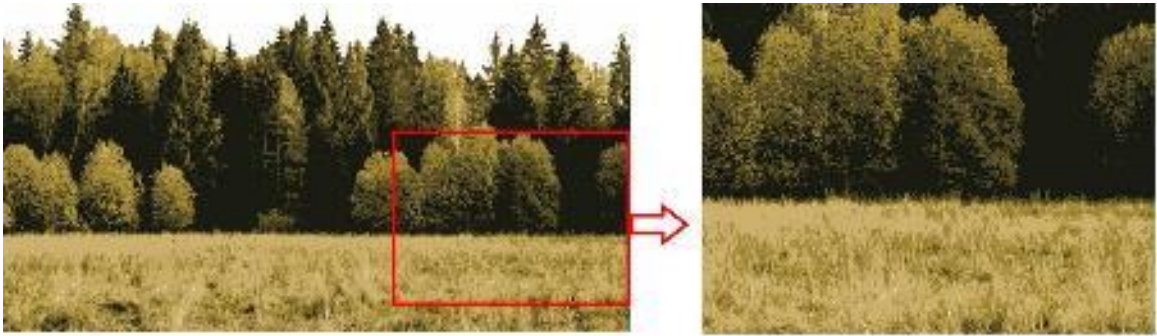
Ormanlık araziler, genellikle ağaçlarla kaplı büyük alanlardır. Ağaç türleri ve iklim koşullarına göre çeşitli tiplerde olabilir. Örneğin, tropikal ormanlar sıcak ve nemli iklimlerde

bulunurken, boreal (tayga) ormanlar soğuk ve kuzey bölgelerinde yer alır. Ormanlık bölgeler, çeşitli bitki örtüsü ve iklim koşullarıyla birlikte geniş bir renk paletine sahip olabilmektedir. Genellikle, ağaçların yapraklarındaki klorofil miktarı nedeniyle yeşil ve tonları hakimdir. Ancak, mevsimlerin değişimi, özellikle sonbaharda, yaprak dökümleriyle birlikte kahverengi, turuncu, sarı ve kırmızı tonlar görülebilmektedir. Arazinin renk çeşitliliği, bitki türlerinin çeşitliliği ve pigmentasyon farklılıklarıyla ilişkilidir.



Resim 3.3. Ormanlık arazi fotoğrafı

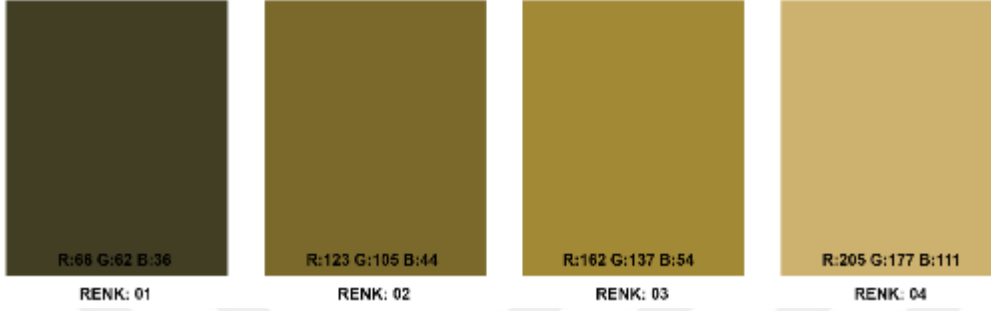
Algoritmada kullanılacak yüksek çözünürlüklü dijital fotoğraf görüntüsü ön işleme tabi tutulmuş ve sadece arazinin sahip olduğu renklerin hesaplamaya dahil edilebilmesi için, görüntüdeki gökyüzünü içeren alanlar Adobe Photoshop CC yazılımı kullanılarak beyaz (R:0, G:0, B:0) renge boyanmıştır.



Resim 3.4. Ormanlık arazi fotoğraf detayı

Fotoğraf 02, stok fotoğraf, vektör, illüstrasyon ve video sağlayan çevrimiçi bir pazaryeri olan adobestock.com web adresinden alınmıştır. Fotoğrafın boyutları 5057x3371 piksel ve çözünürlüğü 300 dpi'dir. 24 bit derinliğe sahiptir ve sRGB renk uzayında yer alır.

Dijital fotoğrafın barındırdığı renk çeşitliliği, Jupyter.org web adresinde k-Means kümeleme algoritması kullanılarak segmente edilmiş ve 4 adete indirgenmiştir. Bu renklerin RGB renk uzayındaki konumları ise (R66, G62, B36), (R123, G105, B44), (R162, G105, B44) ve (R205, G177, B111) şeklindedir.



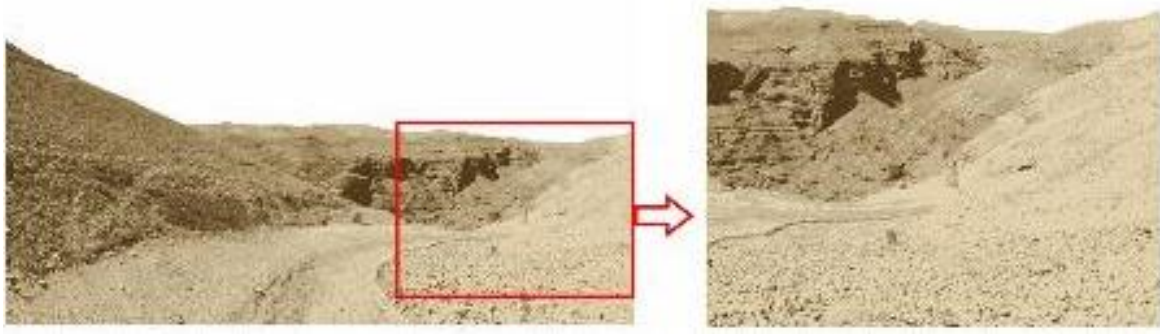
Şekil 3.4. Ormanlık Dağlık Arazi Renk Örnekleri

Kumluk dağlar, genellikle çöllerin kenarlarında veya deniz kıyılarında bulunur ve rüzgarların etkisiyle oluşan kumullarla kaplanmışlardır. Bu kumullar, genellikle ince ve hareketli kum tanelerinden oluşur ve zamanla dağlık alanların şeklini alır. Bununla birlikte, Kumluk Dağları sadece kumullardan ibaret değildir. Çoğu zaman, bu dağlar çeşitli bitki örtüsüyle kaplıdır. Bu bitki örtüsü, çöl bitkileri ile dağlık bölgelerin tipik bitki türlerinin bir karışımını içerebilmektedir.



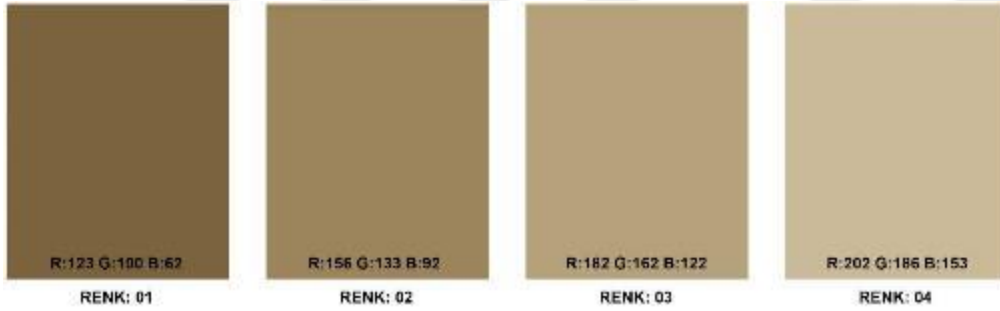
Resim 3.5. Kumluk dağ arazi fotoğrafı

Algoritmada kullanılacak yüksek çözünürlüklü dijital fotoğraf görüntüsü ön işleme tabi tutulmuş ve sadece arazinin sahip olduğu renklerin hesaplamaya dahil edilebilmesi için, görüntüdeki gökyüzünü içeren alanlar Adobe Photoshop CC yazılımı kullanılarak beyaz (R:0, G:0, B:0) renge boyanmıştır.



Resim 3.6. Kumluk dağlık arazi fotoğraf detayı

Fotoğraf 03, stok fotoğraf, vektör, illüstrasyon ve video sağlayan çevrimiçi bir pazaryeri olan adobestock.com web adresinden alınmıştır. Fotoğrafın boyutları 6080x3136 piksel ve çözünürlüğü 300 dpi'dir. 24 bit derinliğe sahiptir ve sRGB renk uzayında yer alır. Dijital fotoğrafın barındırdığı renk çeşitliliği, Jupyter.org web adresinde k-Means kümeleme algoritması kullanılarak segmente edilmiş ve 4 adete indirgenmiştir. Bu renklerin RGB renk uzayındaki konumları ise (R123, G100, B62), (R156, G133, B92), (R182, G162, B122) ve (R202, G186, B153) şeklindedir.



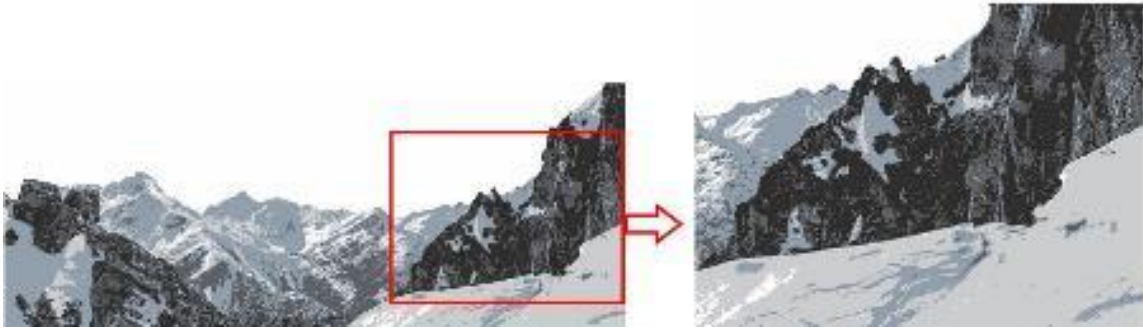
Şekil 3.5. Kumluk dağlık arazi renk örnekleri

Karlı dağ arazileri genellikle yüksek enlemlerde veya yüksek rakımlı bölgelerde bulunur. Kuzey ve güney kutup bölgeleri ile yüksek dağ sıraları, bu tür arazilerin ana konumlarıdır. Kış mevsimindeki kar yağışı birikintileri sayesinde dünyanın her yerinde görülebilmektedir. Genellikle yüksek rakımlı arazilerde daha uzun süreler boyunca görülebilmektedir.



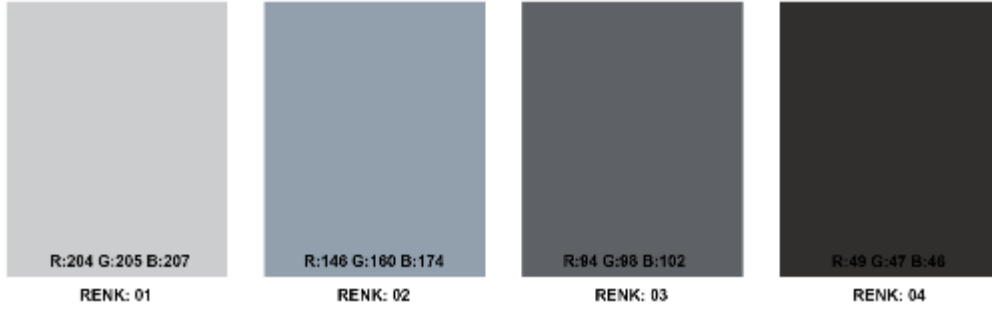
Resim 3.7. Karlı dağ arazisi fotoğrafı

Algoritmada kullanılacak yüksek çözünürlüklü dijital fotoğraf görüntüsü ön işleme tabi tutulmuş ve sadece arazinin sahip olduğu renklerin hesaplamaya dahil edilebilmesi için, görüntüdeki gökyüzünü içeren alanlar Adobe Photoshop CC yazılımı kullanılarak beyaz (R:0, G:0, B:0) renge boyanmıştır.



Resim 3.8. Karlı dağ arazisi fotoğraf detayı

Fotoğraf 04, stok fotoğraf, vektör, illüstrasyon ve video sağlayan çevrimiçi bir pazaryeri olan adobestock.com web adresinden alınmıştır. Fotoğrafın boyutları 9116x3644 piksel ve çözünürlüğü 300 dpi'dir. 24 bit derinliğe sahiptir ve sRGB renk uzayında yer alır. Dijital fotoğrafın barındırdığı renk çeşitliliği, Jupyter.org web adresinde k-Means kümeleme algoritması kullanılarak segmente edilmiş ve 4 adete indirgenmiştir. Bu renklerin RGB renk uzayındaki konumları ise (R204, G205, B207), (R146, G160, B174), (R94, G98, B102) ve (R49, G47, B46) şeklindedir.



Şekil 3.6. Karlı dağ arazisi renk örnekleri

3.2. Performans Ölçüm Materyallerinin Oluşturulması

Test çalışmasında kullanılan görüntü stok fotoğraf, vektör, illüstrasyon ve video sağlayan çevrimiçi bir pazaryeri olan adobestock.com web adresinden alınmıştır. Görüntü Sony ILCE-1 model bir dijital fotoğraf kamerası kullanılarak toplanmıştır. F durağı 1/13, poz süresi 1/400 sn. ve ISO hızı 800 olacak şekilde ayarlanmıştır. Dijital fotoğraflar 7990x5327 piksel boyutlarında, yatayda ve dikeyde 300 dpi çözünürlüğünde, 24 bit derinliğinde ve sRGB renk uzayındadır.



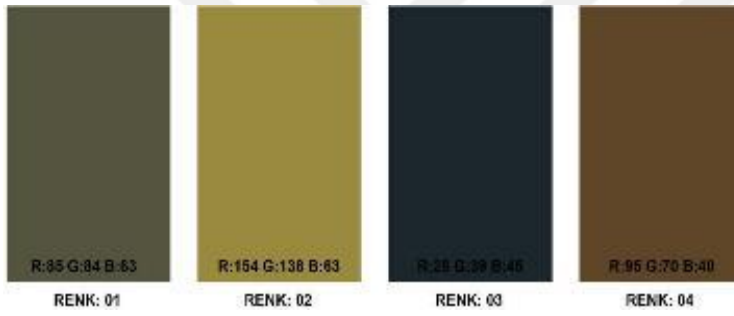
Resim 3.9. Ormanlık dağlık arazi fotoğrafı

Dijital fotoğrafın barındırdığı renk çeşitliliği, Jupyter.org web adresinde k-Means kümeleme algoritması kullanılarak segmente edilmiş ve 4 adete indirgenmiştir



Resim 3.10. Ormanlık dağlık arazi fotoğraf detayı

Bu renklerin RGB renk uzayındaki konumları ise (R85, G84, B63), (R154, G138, B63), (R28, G39, B45), ve (R95, G70, B40) şeklindedir.



Şekil 3.7. Deneysel kamuflaj tasarımı 01 renk örnekleri



Resim 3.11. Woodland kamuflaj tasarımı

Dijital görüntülerden alınan renk örnekleri ve ABD tarafından geliştirilen yaprak kamuflaj deseni kullanılarak deneysel kamuflaj tasarımı gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.12. Woodland kamuflaj tasarımı ve deneysel kamuflaj tasarımı

Test çalışmasında kullanılan görüntü stok fotoğraf, vektör, illüstrasyon ve video sağlayan çevrimiçi bir pazaryeri olan adobestock.com web adresinden alınmıştır. Görüntü Sony ILCE-1 model bir dijital fotoğraf kamerası kullanılarak toplanmıştır. F durağı 1/13, poz süresi 1/400 sn. ve ISO hızı 800 olacak şekilde ayarlanmıştır. Dijital fotoğraflar 7990x5327 piksel boyutlarında, yatayda ve dikeyde 300 dpi çözünürlüğünde, 24 bit derinliğinde ve sRGB renk uzayındadır.



Resim 3.13. Kayalık dağlık arazi fotoğrafı

Dijital fotoğrafın barındırdığı renk çeşitliliği, Jupyter.org web adresinde k-Means kümeleme algoritması kullanılarak segmente edilmiş ve 4 adete indirgenmiştir.



Resim 3.14. Kayalık dağlık arazi fotoğraf detayı

Bu renklerin RGB renk uzayındaki konumları ise (R107, G100, B88), (R166, G141, B122) ve (R138, G107, B88) şeklindedir.



Şekil 3.8. Deneysel kamuflaj tasarımı 02 renk örnekleri



Resim 3.15. DCU kamuflaj tasarımı

Dijital görüntülerden alınan renk örnekleri ve ABD tarafından geliştirilen yaprak kamuflaj deseni kullanılarak deneysel kamuflaj tasarımı gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.16. DCU kamuflaj tasarımı ve deneysel kamuflaj tasarımı

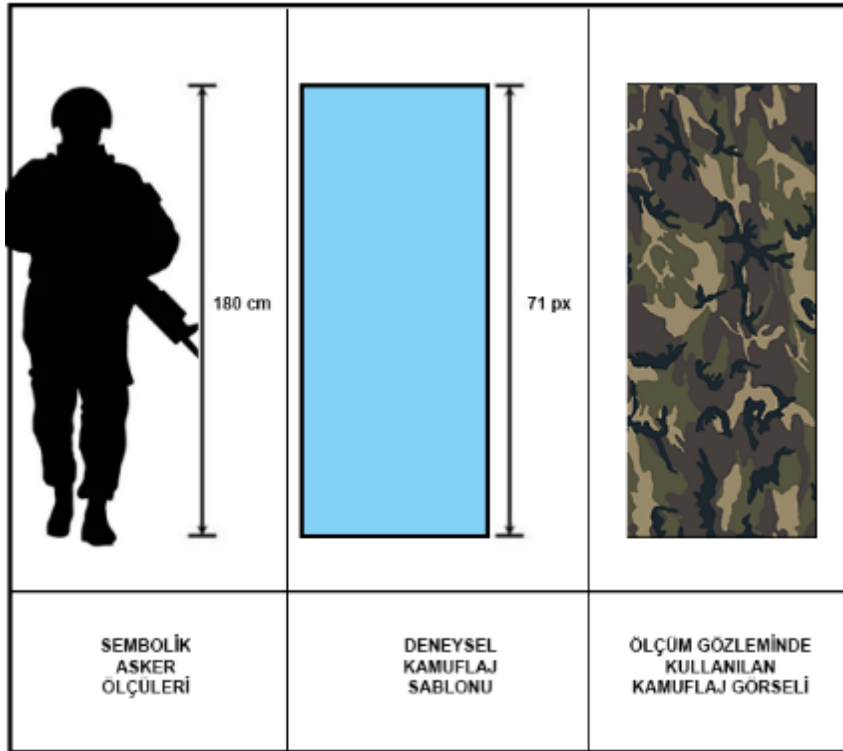
3.3. Performans Ölçümü Değerlendirme Metodu ve Testin Yapısı

Oluşturulan deneysel kamuflaj yüzey tasarımları NATO Araştırma ve Teknoloji Organizasyonu (NATO RTO) tarafından 10/11/2006 tarihinde erişime açık şekilde yayımlanan Gözlemcileri Kullanarak Kamuflaj Değerlendirmesine İlişkin Kılavuzlar (AC/323(SCI-095)TP/96) belgesindeki yönergeler kullanılarak test edilmiştir. RTO, NATO'ya üye ülkelerin askeri unsurları ile iş birliği içinde araştırma yapmak ve bilgi alışverişini teşvik etmek amacıyla 1949'da Washington'da imzalanan Kuzey Atlantik Antlaşması ile oluşturulmuştur. Ulusal savunma, araştırma, teknolojinin gelişimini ve etkili kullanımını desteklemek, İttifak'ın askeri ihtiyaçlarını karşılamak, ulusal karar vericilere danışmanlık yapmak öncelikli amaçlarındandır.

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen ve insan gözlemine dayalı kamuflaj performansı etkinlik değerlendirmesi yöntemi de bu kuruluş tarafından yayımlanan yönergelerde yer almaktadır (AC/323(SCI-095)TP/96). Bu değerlendirmede arazi görüntülerine yerleştirilmiş kamuflaj tasarımlarının yer aldığı dijital fotoğraflar, projeksiyon cihazı vasıtasıyla ya da dijital ekran kullanılarak gözlemcilerle paylaşılabilir.

Performans değerlendirmesini gerçekleştirebilmek için gözlemciler ile paylaşılacak sunuların ve değerlendirmenin yapılacağı ortamın hazırlaması gerekir. Sunularda yer alan arazi görsellerine gizlilik performansı ölçülecek olan kamuflaj tasarımları ticari bir grafik ve görüntü işleme yazılımı olan Adobe Photoshop programı kullanılarak yerleştirilir. Bu işlemi gerçekleştirirken kamuflaj tasarımının ölçeklendirilmesine dikkat edilmelidir. Kamuflaj

tasarımı bir askeri temsil etmesi için dikey bir dikdörtgen şeklinde görsellere yerleştirilir. İlk görselde 180 cm boyundaki bir askeri temsil eden dikey dikdörtgen şeklindeki kamuflaj tasarımının uzun kenarı 71 piksel olacak şekilde ayarlanmıştır. Ölçeklendirilmiş kamuflaj tasarımlarına ait görsellerin araziden alınmış fotoğraflarda konumlandırılması konusunda araştırmacılara serbestlik tanınmıştır ve araştırmacı tarafından uygun olduğu düşünülen konuma eklenebilir.



Şekil 3.9. Deneysel kamuflaj şablonu (Peak, 2006)

Örnek oluşturulabilmesi açısından kamuflaj deseni kullanılarak renklendirilmiş bir askeri temsilen yerleştirilmiş dikey dikdörtgen şeklin yakın mesafeden farklı özelliklerdeki arazilere ait dijital görsellerdeki görünimleri Resim 01, Resim 02, Resim 03 ve Resim 04’te gösterilmiştir.



Resim 3.17. Birinci yakın mesafeden kamuflaj gösterimleri (Hepfinger, 2010)



Resim 3.18. İkinci yakın mesafeden kamuflaj gösterimleri (Hepfinger, 2010)

Tariflenen şekilde kamuflaj tasarımı yerleştirmesi yapılmış yüksek çözünürlüklü arazi fotoğrafında kademeli olarak gizlilik performansı ölçümlenecek kamuflaj tasarımına yakınlaştırma yapılır. Her kademede görüntü yeniden kaydedilerek, 18 görüntüden oluşan bir sunu hazırlanır. Yakınlaştırma işlemi bir yüzde oranı kullanılarak gerçekleştirilebilir, bu oran her kademede sabit olduğu gibi değişken olacak şekilde de ayarlanabilir.

Gözlemcilerle paylaşılacak olan sunuların hazırlığının ardından gözlem değerlendirmesinin yapılacağı ortamın düzenlenmesi gerekmektedir. Performans değerlendirmesi, projektör ve

projeksiyon perdesi bulunan, dikkat dağıtıcı unsurlardan arındırılmış bir ortamda gerçekleştirilmelidir. Ortam aydınlatması, yansıtılan görüntülerin izlenmesini etkilemeyecek şekilde ayarlanır. Yansıtılan sunu görüntüleri önceden ayarlanmış ve sabitlenmiş a2 mesafesinden gözlemcilere sunulur.

$$a2 = (a1 \times f1)/f2$$

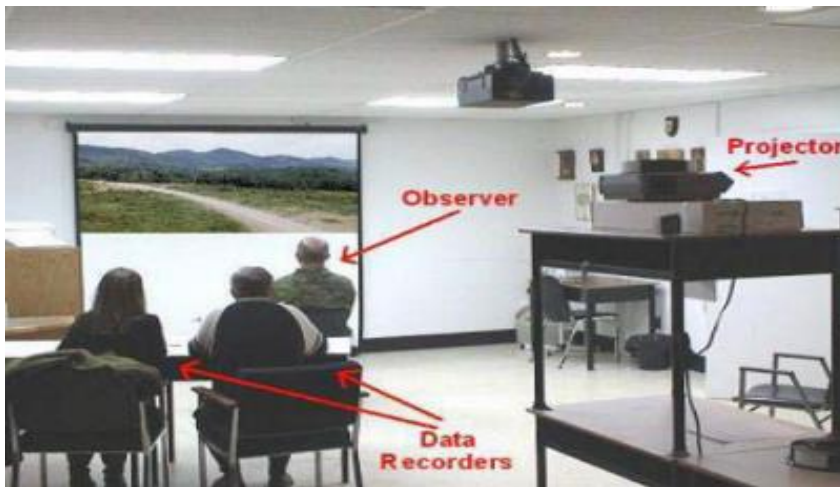
a1 = mesafe projeksiyon – perde

a2 = mesafe gözlemci - perde

f1 = kameranın odak uzunluğu

f2 = projeksiyonun odak uzunluğu

Gözlem koltuğu, hesaplanan noktaya yerleştirilir ve pozisyonunu ölçüm süresince sabit tutabilmek için zemine sabitlenir. Standart ticari bir 35 mm sunu projektörü, görüntüleri yansıtmak için kullanılabilir. Projeksiyon cihazı, gözlemcinin hemen arkasında ve üstünde olacak şekilde konumlandırılır, böylece merkezlenmiş ve engelsiz bir görüntü sunulur. Projektörün perdeden uzaklığı, perdeye 2,0 m genişliğinde bir görüntü yansıtmak için ayarlanır. Sunu projektörü, önceden belirlenmiş bir zaman aralığında sunuları otomatik olarak değiştirecek şekilde ayarlanır ve bu zaman aralığı, ön test çalışmaları ile kontrol edilmelidir. Her bir görüntü için gösterim süresi 14 saniye olacak şekilde ayarlanır. Veri kaydedici, gözlemci koltuğunun arkasına yerleştirilir. Veri kaydedicileri ile gözlemci arasındaki mesafe herhangi bir yorumu kolayca duyabilecekleri ve gözlemci tarafından belirlenen hedef konumlarını görebilecekleri şekilde ayarlanmalıdır.



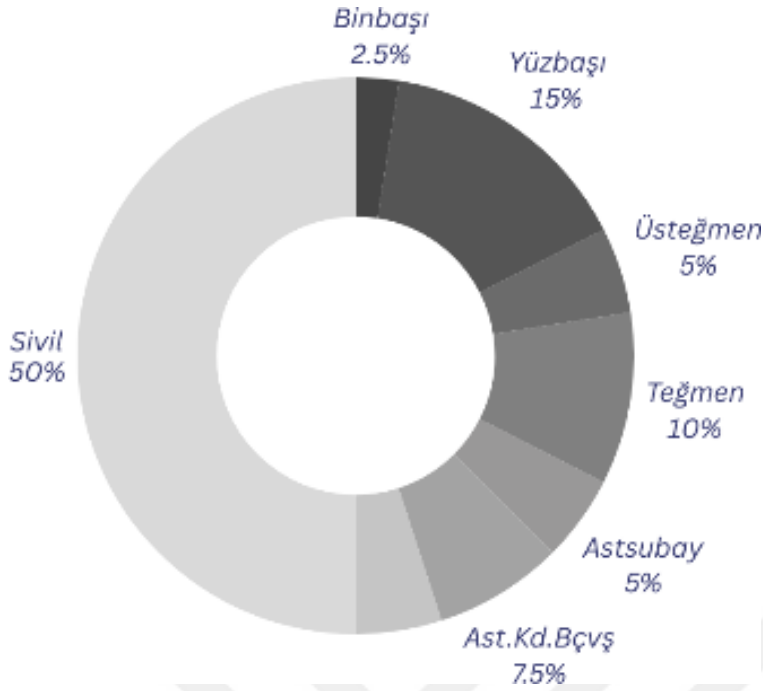
Resim 3.19. Tipik izleme odası kurulumu (Peak, 2006)

Kamuflaj tasarımı etkinlik değerlendirme testinin başlatılmasından önce, gözlemcilere testin amacı ve her gözlemcinin neler yapması gerektiği konusunda bilgilendirme yapılır. Yapılan bilgilendirmenin her gözlemci için tam olarak aynı olabilmesini sağlamak amacıyla gözlemcilere basılı bir metin olarak verilebilir. Sunu gösterimine hedefe ilişkin en uzak mesafedeki görüntü ile başlanır, hedef, gözlemci tarafından belirlenene kadar yakınlştırılmış görüntüler ile sunu devam ettirilir ve hedefin tespit edildiği görüntünün numarası veri kaydediciler tarafından kayıt altına alınır. Test tamamlandıktan sonra, gözlemci odadan ayrılmadan, deneyin sonuna kadar kimseyle deney hakkında konuşmaması konusunda bilgilendirilir ve bir sonraki gözlemci ile işlem tekrarlanır.

Dijital ekran ile gerçekleştirilen değerlendirme ise, projeksiyon cihazı ile gerçekleştirilenin bir alternatifidir. Görüntülerin bir bilgisayar ekranında sunulması veri toplama işlemini daha pratik hale getirmektedir. Projeksiyon cihazı ile gerçekleştirilen testte olduğu gibi görüntü ve gözlemci arasındaki mesafeyi ayarlama gibi bir gereksinime ihtiyaç duymaz ve gözlemcilere bilgisayar ekranına olan mesafelerini rahat hissedebilecekleri şekilde ayarlamaları konusunda serbestlik tanır.

3.4. Örneklem

Bu araştırmada, performans değerlendirmesi gözlemine katılan ve gözlem testi önceki anket formlarını dolduran örneklem Türk Silahlı Kuvvetleri'nde subay, astsubay rütbe kademelerinde gören yapan ordu profesyonelleri ve sivil yetişkinlerden oluşturulmuştur. Literatürde bir kamuflaj uygulamasının diğerleriyle karşılaştırmak için 15 gözlemciden algılama verisinin toplanmasının yeterli olduğu belirtilmiştir (Peak ve diğerleri, 2006). Bu tez çalışmasında veriler, araştırmaya gözlemci olarak katılmaya gönüllü olmuş 1 Binbaşı, 6 Yüzbaşı, 2 Üsteğmen, 4 Teğmen, 2 Asteğmen ,3 Astsubay Kıdemli Başçavuş ve 2 Astsubay rütbelerindeki 1 kadın, 19 erkekten oluşan 20 ordu profesyoneli ve 3 kadın, 17 erkekten oluşan 20 sivil genç yetişkin olmak üzere toplam 40 kişiden toplanmıştır. Katılımcıların yaş aralıkları 22 ile 47 arasında değişmektedir. Katılımcılardan 7 kişi sahada askeri araç/unsur bulma ve tanımlama eğitimine sahiptir. Katılımcılardan 11 kişi gözlük veya lensle, 29 kişi gözlük veya lens olmaksızın her iki gözde de iyi görüşe sahiptir. Her iki gözde de iyi görüşe sahip olmayan katılımcılar araştırmaya dahil edilmemiştir ve katılımcılar arasında renk körlüğüne sahip kişi bulunmamaktadır. Katılımcılar arasında daha önce bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen değerlendirme çalışmasına benzer bir değerlendirme çalışmasına katılım sağlamış kişi bulunmamaktadır.



Şekil 3.10. Katılımcı profili dağılım grafiği

3.5. Anketin Yapısı

Laboratuvar ortamında insan gözlemcilerin kullanıldığı kamuflaj etkinlik değerlendirme çalışmasının öncesinde uygulanan anket formu katılımcılara basılı olarak sunulmuş ve araştırmaya katkı sağlayan tüm katılımcılardan yanıtlamaları istenmiştir. Anket 7 sorudan oluşmaktadır ve ilk 3 soru kısa metin yanıt ile diğerleri ise çoktan seçmeli yanıt şeklinde cevaplanabilmektedir. Anket sorularında katılımcıların demografik analizinin yapılmasına yönelik olarak cinsiyet, yaş, meslek bilgileri sorulmuştur. Ayrıca anket soruları ile katılımcılardan göz sağlığı durumları ile ilgili bilgi vermeleri istenmiş ve kamuflaj nesne arama ve tanımla konusunda herhangi bir eğitim alıp almadıkları sorulmuştur. Anket soruları ile katılımcılardan demografik bilgilerin toplanmasının yanı sıra kamuflaj performans değerlendirmesi testinde avantaj ve dezavantaj durumları hakkında da bilgi toplanması hedeflenmiştir. Katılımcılara yöneltilen anket soruları ile göz sağlığı durumları hakkında bilgiler toplanmış, iyi görüşe sahip olduğu tüm katılımcılar tarafından anket cevapları yoluyla beyan edilmiştir. Renk körlüğü bulunan ya da gözlük ve lens kullanımı ile dahi iyi görüşe sahip olmayan katılımcılar gözlem çalışmasına dahil edilmemiştir.

3.6. Performans Ölçüm Testinin Gerçekleştirilmesi

Bu araştırmada yüksek mobiliteye sahip olduğu ve en fazla katılımcıya ulaşabilme imkânı sunduğu için görüntüler gözlemcilerle bir dijital ekran ile sunulmuştur. Gözlemcilerle paylaşılacak olan sunuların ve test ortamının hazırlanışı 3.3, sunularda yer alan arazi fotoğraflarına yerleştirilmiş deneysel kamuflaj tasarımlarının oluşturulması ise 3.1 ve 3.2 numaralı bölümlerde açıklanmıştır. Gözlem testi bir projeksiyon cihazı ya da bir dijital ekran ile gerçekleştirilebilir. Kamuflaj tasarımlarının arazi fotoğraflarına yerleştirilmesi ve arazi fotoğraflarından sunuların hazırlanma işlemi her iki gösterim şekli için de aynıdır. Bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen performans değerlendirmesinde de bu yöntemlere sadık kalınmış, herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Teste başlamadan önce katılımcılar testin içeriği ve amacı hakkında bilgilendirilmiştir. Katılımcılar ile paylaşılan bilgilendirme metni Ek 1’de yer almaktadır. Bilgilendirme sonrası, gözlemcilerle tamamlamaları için birer anket paylaşılmıştır. Gerçekleştirilen anket çalışması ile gözlemciler hakkında, yaş, cinsiyet, göz sağlıkları, etkili arama teknikleri konusundaki bilgi düzeyleri gibi bilgiler toplanmıştır. Anket formu Ek 3’te verilmiştir.

Görüntüler gözlemcilerle, 23inç boyutunda 1920x1080 piksel çözünürlüğe sahip 60Hz yenileme hızı olan IPS bir bilgisayar ekranı ile gösterilmiştir. Gözlemciler ekran ile olan mesafesini ve eğimini en rahat hissettikleri şekilde ayarlamakta özgür bırakılmıştır. Ticari bir sunum yazılım paketinin (PowerPoint) içerisinde hazırlanan sunuda her bir görüntü tam ekran olacak şekilde 14 saniye süreyle gösterilmiş ve veriler not edilmiştir. Verilerin not edildiği belge Ek 3’te yer almaktadır.

Ormanlık dağlık arazi ve kumluk kayalık dağlık arazi için gerçekleştirilen 2 farklı deneysel kamuflaj tasarımı ile Woodland kamuflaj tasarımı ve DCU kamuflaj tasarımının kullanıldığı dört farklı sunu hazırlanmış ve gözlemcilerle dijital ekran ile gösterilmiştir. Deneysel kamuflaj tasarımlarının oluşturulma yöntemleri 3.1 ve 3.2 numaralı bölümlerde açıklanmıştır. Tüm sunu gösterilerinde kamuflaj tasarımları dijital fotoğraflara ticari bir grafik düzenleme yazılımı olan Adobe Photoshop kullanılarak yerleştirilmiştir. Kamuflaj tasarımı görüntülere bir insan figürüne yakın ölçülerde dikey bir dikdörtgen şeklinde yerleştirilmiştir. Sunu gösterileri kamufle edilmiş nesnenin %100 ölçekle gösterildiği fotoğraf görüntüsü ile başlatılmış ve görüntü eşit oranda büyütülerek kamufle edilmiş nesnenin %338 ölçekle gösterildiği fotoğraf görüntüsüne kadar devam ettirilmiştir. Sunu

gösterilerinde toplam 18'er adet dijital fotoğraf kullanılmış ve her bir fotoğraf 14 saniye süreyle gözlemcilere gösterilmiştir. Gözlemcinin araştırmacı tarafından fotoğraflara yerleştirilmiş kamuflaj tasarımını tespit etmesi ile sunu gösterisi durdurulmuş ve tespitin gerçekleştiği görüntü numarası araştırmacı tarafından not edilmiştir. Bir numaralı sunu gösterisinde ormanlık dağlık arazi için tasarlanmış deneysel kamuflaj tasarımı kullanılmış ve süreç sırasıyla Woodland kamuflaj tasarımı, DCU kamuflaj tasarımı ve kumluk kayalık dağlık arazi için tasarlanmış deneysel kamuflaj tasarımı için tekrarlanmıştır. Gözlemcilere gösterilen 1, 2, 3 ve 4 numaralı sunu gösterimleri tezin arka kapağında CD ortamında verilmiştir.

Laboratuvar ortamında insan gözlemine dayalı kamuflaj performansı değerlendirmesinde kullanılan sunulardan biri ve bu gösterimde yer alan görsellerin açıklaması gerçekleştirilen ölçümün daha iyi kavranabilmesi için aşağıda tariflenmektedir.



Resim 3.20. 1 numaralı sunu 1 ve 2 numaralı görseller

1 ve 2 numaralı görseller 7990x5327 piksel boyutlarında olup sırasıyla görsele yerleştirilmiş deneysel kamuflaj tasarımı gözlemcilere 36x71 ve 42x82 piksel boyutunda %100 ve %114 ölçek değerinde sunulmuştur. Sol üst köşesi kartezyen X:0, Y:0 piksel kabul edilen görsele yerleştirilen kamuflaj tasarımlarının merkez konumları sırasıyla X:5213, Y:2485.5 piksel ve X:5236, Y:2459 pikseldir.



Resim 3.21. 1 numaralı sunu 3 ve 4 numaralı görseller

3 ve 4 numaralı görseller 7990x5327 piksel boyutlarında olup sırasıyla görsele yerleştirilmiş deneysel kamuflaj tasarımları gözlemcilere 48x88 ve 54x104 piksel boyutunda, %128 ve %142 ölçek değerinde sunulmuştur. Sol üst köşesi kartezyen X:0, Y:0 piksel kabul edilen görsele yerleştirilen kamuflaj tasarımlarının merkez konumları sırasıyla X:5258, Y:2431.5 piksel ve X:5281, Y:2405 pikseldir.



Resim 3.22. 1 numaralı sunu 5 ve 6 numaralı görseller

5 ve 6 numaralı görseller 7990x5327 piksel boyutlarında olup görsele yerleştirilmiş deneysel kamuflaj tasarımları gözlemcilere sırasıyla 57x115 ve 65x125 piksel boyutunda, %156 ve %170 ölçek değerinde sunulmuştur. Sol üst köşesi kartezyen X:0, Y:0 piksel kabul edilen görsele yerleştirilen kamuflaj tasarımlarının merkez konumları sırasıyla X:5304.5, Y:2378,5 ve X:5326.5, Y:2351.5 pikseldir.



Resim 3.23. 1 numaralı sunu 7 ve 8 numaralı görseller

7 ve 8 numaralı görseller 7990x5327 piksel boyutlarında olup görsele yerleştirilmiş deneysel kamuflaj tasarımları gözlemcilerle sırasıyla 70x136 ve 72x142 piksel boyutunda, %184 ve %198 ölçek değerinde sunulmuştur. Sol üst köşesi kartezyen X:0, Y:0 piksel kabul edilen görsellere yerleştirilen kamuflaj tasarımlarının merkez konumları sırasıyla X:5349, Y:2325 piksel ve X:5373, Y:2298,5 pikseldir.



Resim 3.24. 1 numaralı sunu 9 ve 10 numaralı görseller

9 ve 10 numaralı görseller 7990x5327 piksel boyutlarında olup görsele yerleştirilmiş deneysel kamuflaj tasarımları gözlemcilerle sırasıyla 82x157 ve 87x168 piksel boyutunda, %212 ve %226 ölçek değerinde sunulmuştur. Sol üst köşesi kartezyen X:0 piksel Y:0 piksel kabul edilen görsele yerleştirilen kamuflaj tasarımlarının merkez konumları sırasıyla X:5395, Y:2271 ve X:5417.5, Y:2244 pikseldir.



Resim 3.25. 1 numaralı sunu 11 ve 12 numaralı görseller

11 ve 12 numaralı görseller 7990x5327 piksel boyutlarında olup görsele yerleştirilmiş deneysel kamuflaj tasarımları gözlemcilerle sırasıyla 92x178 ve 97x189 piksel boyutunda, %240 ve %254 ölçek değerinde sunulmuştur. Sol üst köşesi kartezyen X:0 piksel Y:0 piksel kabul edilen görsellere yerleştirilen kamuflaj tasarımlarının merkez konumları X:5440, Y:2218 ve X:5462.5, Y:2191.5 pikseldir.



Resim 3.26. 1 numaralı sunu 13 ve 14 numaralı görseller

13 ve 14 numaralı görseller 7990x5327 piksel boyutlarında olup görsellere yerleştirilmiş deneysel kamuflaj tasarımları gözlemcilerle sırasıyla 103x201 ve 108x212 piksel boyutunda, %268 ve %282 ölçek değerinde sunulmuştur. Sol üst köşesi kartezyen X:0, Y:0 piksel kabul edilen görsellere yerleştirilen kamuflaj tasarımlarının merkez konumları sırasıyla X:5485.5, Y:2164.5 ve X:5508, Y:2139 pikseldir.



Resim 3.27. 1 numaralı sunu 15 ve 16 numaralı görseller

15 ve 16 numaralı görseller 7990x5327 piksel boyutlarında olup görsellere yerleştirilmiş deneysel kamuflaj tasarımları gözlemcilere sırasıyla 113x223 ve 119x232 piksel boyutunda %296 ve %310 ölçek değerinde sunulmuştur. Sol üst köşesi kartezyen X:0, Y:0 piksel kabul edilen görsellere yerleştirilen kamuflaj tasarımlarının merkez konumları X:5530.5, Y:2111.5 ve X:5554.5, Y:2084 pikseldir.



Resim 3.28. 1 numaralı sunu 17 ve 18 numaralı görseller

17 ve 18 numaralı görseller 7990x5327 piksel boyutlarında olup görsellere yerleştirilmiş deneysel kamuflaj tasarımları gözlemcilere sırasıyla 125x242 ve 130x258 piksel boyutunda %324 ve %338 ölçek değerinde sunulmuştur. Sol üst köşesi kartezyen X:0 piksel Y:0 piksel kabul edilen görsellere yerleştirilen kamuflaj tasarımlarının merkez konumları X:5576.5, Y:2057 ve X:5661, Y:2021 pikseldir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Yürütülen bu tez çalışmasında kamuflaj yüzeylerin tasarlanmasında, görev bölgesinden alınan veriler ile renk tayini yapılmasının istatistiksel olarak tasarımın gizlilik performansında anlamlı bir farka neden olup olmadığı araştırılmıştır (Bknz. EK-5). Bu çalışmanın diğer bir araştırma konusu ise askeri deneyime sahip ordu profesyonelleri ile sivil yetişkinler arasında kamuflaj yüzeylerin algılanmasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığıdır.

Literatürde yer alan k-Means kümeleme algoritması ile renk tabanlı segmentasyon yöntemi kullanılarak yüksek çözünürlüklü ormanlık ve dağlık kumluk arazi fotoğraflarından renk değerleri alınmıştır. Toplanan bu renk değerleri kullanılarak deneysel kamuflaj tasarımları gerçekleştirilmiştir. Uygulanan deneysel kamuflaj tasarım yöntemine bu tez çalışmasının 3.1 ve 3.2 numaralı bölümlerinden ulaşılabilir. Yüksek çözünürlüklü ormanlık arazi fotoğrafından alınan renk değerleri kullanılarak tasarlanan deneysel kamuflaj 01 tasarımı ile ormanlık arazilerde kullanılması maksadıyla tasarlanmış askeri standart Woodland kamuflaj tasarımının gizlilik performansları karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda yüksek çözünürlüklü kumluk dağlık arazi fotoğrafından alınan renk değerleri kullanılarak tasarlanan deneysel kamuflaj 02 tasarımı ile kumluk dağlık arazilerde kullanılması maksadıyla tasarlanmış askeri standart DCU kamuflaj tasarımının gizlilik performansları karşılaştırılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen deneysel kamuflaj tasarımları ile standart askeri kamuflaj tasarımlarının gizlilik performanslarının karşılaştırılmasında, literatürde yer alan nitel araştırma tekniklerinden laboratuvar ortamında insan gözlemine dayalı kamuflaj performansı değerlendirme yöntemi kullanılmıştır. Laboratuvar ortamında insan gözlemine dayalı kamuflaj performansı değerlendirme yöntemine bu tez çalışmasının 3.3 numaralı bölümünden ulaşılabilir.

Laboratuvar ortamında insan gözlemine dayalı kamuflaj performansı değerlendirmesi 20 ordu profesyoneli ve 20 yetişkin sivilinden oluşan 40 gözlemcinin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Mesleki geçmiş farklarına göre 2 gruba ayrılmış katılımcıların, değerlendirme performansı verileri arasında istatistiksel olarak anlamlandırılabilir bir fark olup olmadığı da bu tez çalışmasında araştırılmıştır. Bununla beraber ek bilgi ve nicel araştırma verisi oluşturması amacıyla ölçüme katılan gözlemcilere ağırlıklı demografik bilgilerin

toplandığı anket soruları yöneltmiştir (Bkz. EK-3). Ölçüm sonucunda elde edilen veriler, IBM SPSS İstatistik 29.0 programı üzerinden analiz edilmiş ve sonuçlara ulaşılmıştır.

4.1. Anket Sonuçları

Anket sonuçlarından elde edilen demografik bulguların analizi için IBM SPSS İstatistik 29 programı kullanılmış ve frekans analizi tabloları oluşturulmuştur. Frekans analizi ile katılımcıların cinsiyetine, göz sağlığı durumlarına ve askeri meslek deneyimlerine sahip olup olmama durumlarına göre miktar dağılımları elde edilmiş ve aşağıda paylaşılmıştır.

Çizelge 4.1. Ordu profesyoneli olma durumuna göre dağılım

Ordu Profesyoneli	Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Toplamlı Yüzde
Evet	20	50	50	50
Hayır	20	50	50	100
Toplam	40	100	100	

Çizelge 4.1'e bakıldığında araştırmaya katkı sağlayan 40 kişinin 4'ü kadın, 36'sı erkeklerden oluşmaktadır.

Çizelge 4.2. Cinsiyete göre dağılım

Cinsiyet	Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Toplamlı Yüzde
Kadın	04	10	10	10
Erkek	36	90	90	100
Toplam	40	100	100	

Çizelge 4.2'ye bakıldığında araştırmaya katkı sağlayan 40 kişinin 4'ü kadın, 36'sı erkeklerden oluşmaktadır.

Çizelge 4.3. Yaşa göre dağılım

Yaş	Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Toplamlı Yüzde
20-25	9	22.5	22.5	22,5
26-35	22	55	55	77,5
36-45	7	17.5	17.5	95
46-55	2	5	5	100
Toplam	40	100	100	

Çizelge 4.3'ye bakıldığında araştırmaya katkı sağlayan 40 kişinin 9'u 20-25, 22'si 26-35, 7'si 36-45, 2'si 46-55 yaş ve yaş aralığındadır.

Çizelge 4.4. Göz sağlığı durumuna göre dağılım

Göz sağlığı durumu	Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Toplamlı Yüzde
İyi Görüş	29	72,5	72,5	72,5
Gözlük veya lensle iyi görüş	11	27,5	27,5	100
Toplam	40	100	100	

Çizelge 4.4'e bakıldığında araştırmaya katkı sağlayan 40 kişinin 29'u iyi görüşe, 11'i gözlük veya lensle iyi görüşe sahiptir.

Çizelge 4.5. Renk körlüğü durumuna göre dağılım

Renk Körlüğü durumu	Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Toplamlı Yüzde
Evet	0	0	0	0
Hayır	40	100	100	100
Toplam	40	100	100	

Çizelge 4.5'e bakıldığında araştırmaya katkı sağlayan 40 kişi içerisinde renk körü bulunmamaktadır.

Çizelge 4.6. Kamufle edilmiş nesne arama ve tanımlama eğitim durumuna göre dağılım

Eğitim durumuna göre	Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Toplamlı Yüzde
Evet	7	17,5	0	0
Hayır	33	82,5	100	100
Toplam	40	100	100	

Çizelge 4.6'ya bakıldığında araştırmaya katkı sağlayan 33 kişi kamufle edilmiş nesne arama ve tanımlama konusunda eğitim ve deneyime sahip değildir.

Çizelge 4.7. Benzer bir çalışmaya katılım durumuna göre dağılım

Değerlendirme çalışması deneyimi	Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Toplamlı Yüzde
Evet	0	0	0	0
Hayır	40	100	100	100
Toplam	40	100	100	

Çizelge 4.7'ye bakıldığında araştırmaya katkı sağlayan 40 kişi daha önce benzer bir çalışmaya katılım sağlamamıştır.

4.2. Performans Değerlendirme Testi Sonuçları

Bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen laboratuvar ortamında insan gözlemine dayalı kamuflaj performans değerlendirmesi verilerinin analizi "Kamuflaj Değerlendirme Tekniklerinin Geliştirilmesi" isimli görev gücü tarafından 2003 yılında yayımlanmış "Kamuflaj Verilerinin Analizi İçin Bir Rehber Kitap" isimli belgede yer alan yönergeler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

"Kamuflaj Değerlendirme Tekniklerinin Geliştirilmesi" adlı görev gücü, Şubat 2001'de NATO Görev Grubu SCI-095 tarafından kurulmuştur. Bu grubun amacı, farklı kamuflaj tasarımlarının etkinliğini ölçmek ve analiz etmek için önerilerde bulunmaktır. 2003 yılında yayımladıkları "Kamuflaj Verilerinin Analizi İçin Bir Rehber Kitap" adlı belgede, spektrumun görünür kısmındaki kamuflaj verilerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen foto simülasyon deneyleri, canlı kamuflaj testleri ve video simülasyonları gibi çeşitli yöntemlerin sonuçlarına dayanan analiz metodolojilerine yer vermiştir.

Araştırmacı tarafından 3.1 ve 3.2 numaralı bölümlerde geliştirilen deneysel kamuflajların gizlilik performanslarının test edilmesi, geliştirmede kullanılan metodun anlamlandırılabilir bir fark yaratıp yaratmadığını anlayabilmek için önem taşımaktadır. Askeri kamuflaj yüzeylerin değerlendirilmesi alanında literatürde sınırlı sayıda kaynak bulunmaktadır. Bu alanda literatürde yer alan en kapsamlı kaynak olmasından dolayı, deneysel kamuflaj tasarımlarının değerlendirilmesi için bu belgeden yararlanılmıştır.

4.2.1. Algılama

Kamuflaj performansının değerlendirmesinde toplanabilecek üç farklı veriden söz edilebilir. İlk algılama, tanıma ve tanımlama olarak isimlendirilmiş algılama tipleri aşağıda açıklanmaktadır.

İlk algılama; gözlemcinin görsellere yerleştirilmiş kamufle edilmiş nesnenin varlığını ilk kez doğru olarak belirtmesiyle gerçekleşir.

Tanıma; gözlemci çeşitli hedef veya nesne kategorileri arasında ayırım yaptığında gerçekleşir. Örneğin; gözlemci potansiyel askeri hedefinin bir kargo aracının aksine zırhlı bir savaş aracı olduğunu belirtebilir.

Tanımlama; belirli bir kategori içindeki bir hedefin kimliğini belirttiğinde gerçekleşir. Örneğin, gözlemci hedefin 5 tonluk bir kargo kamyonu veya bir Zırhlı Personel Taşıyıcı olduğunu belirtebilir. Bu araştırma kapsamında ilk tespit, tanıma ve tanımlama ifadeleri yerine genel bir terim olan "tespit olayı" terimi kullanılmış ve toplanan veri tespit olayı olmuştur. Bunun nedeni gözlem verilerini analiz etme metodolojisinin üç veri için de aynı olmasıdır.

4.2.2. Ölçüm testi veri düzenlemesi

Gözlemcilerden tespit etmeleri beklenen kamufle edilmiş nesneye sırasıyla yakınlaştırılan bir dizi görüntünün gösterildiği foto simülasyon deneylerinde gerçekleşen tespit olayları şu şekilde aralıklı olarak düzenlenmiştir. Örneğin; bir tespit olayının hedefe yaklaşık 1000 metre mesafeden gösterildiği görselde gerçekleştiğini ve bir önceki görselin hedefe olan mesafesinin 1200 metre olduğunu varsayalım. Tespit olayı yaklaşık 1000 metre mesafe değerine sahip görselde gerçekleşmiş olsa da 1200 metre ve 1000 metre arasında da gerçekleşme ihtimali vardı ve bu aralıkta 1100 metre mesafe değerine sahip bir başka görsel daha yer alsaydı tespit olayının gerçekleştiği görsel 1100 metre mesafe değerine sahip görsel olabilirdi. Bu nedenle tespit olayı verileri bir aralığı ifade edecek şekilde düzenlenmiştir. Bu örnekte en iyi bildiğimiz tespit olayının 1200 metre ile 1000 metre aralığında meydana geldiğidir.

Sağ aralık, bir tespit olayı en uzak mesafe değerine sahip bir numaralı görselde gerçekleştiğinde meydana gelir. Örneğin, foto simülasyon deneyinde algılama olayı ilk (hedefe en uzak mesafe değeri) görselde gerçekleşirse, bu gözlem sağ aralıklıdır, yani en iyi bildiğimiz tespit olayının ilk görselde verilen hedefe en uzak olan mesafeye eşit ya da daha uzak bir mesafede gerçekleşebileceğidir. Sol aralık, foto simülasyon deneyinde herhangi bir tespit olayının gerçekleşmemesi durumunda ortaya çıkar. Örneğin, bir foto simülasyon deneyindeki son görüntü hedefe yaklaşık 400 metre mesafe temsilinde ise ve bu deneyde herhangi bir tespit olayı gerçekleşmemişse, en iyi bildiğimiz tespit olayının 0 ile 400 metre arasında bir yerde gerçekleşmiş olacağıdır.

Analiz amacıyla, bir kamuflaj gözlem deneyinden elde edilen verilerin düzenlenmesi gerekmektedir. Ham verilerin düzenleme yapılmadan kullanımı sonuçların analizinde istatistiksel yanlışlığa ve yanlış sonuçlara yol açabilir. Düzenleme işlemi için ise iki farklı yöntem önerilmektedir. Tespit aralığı verileriyle ilişkili hiçbir ortak değişken bilgisi olmadığında tek tip aralık yöntemi, analizde ortak değişken verileri kullanılacak ise tek değer aralık yönteminin kullanılması önerilmektedir.

Veri düzenlenmesinin daha iyi anlaşılabilmesi için Çizelge 4.8’de varsayımsal sunu gösteriminde yer alan görüntülere ait örnek tespit menzili bilgisi paylaşılmıştır.

Çizelge 4.8. Varsayımsal görüntü örnek menzil değerleri

Görüntü Numarası	Menzil (m)
1	2500
2	2250
3	2000
4	1800
5	1600
6	1400
7	1200
8	1100
9	1000
10	900
11	800
12	700
13	600
14	500
15	400
16	300

Çizelge 4.8’de bu iki veri ayarlama yönteminin de açıklanabilmesi için varsayımsal ham tespit sonuçları paylaşılmıştır.

Çizelge 4.9. Örnek ham tespit menzil verileri

Kamuflaj A			Kamuflaj B		
Gözlem Numarası	Yaş	Tespit Menzili (m)	Gözlem Numarası	Yaş	Tespit Menzili (m)
1	38	-1000	16	38	-900
2	40	-1100	17	40	-900
3	32	-1600	18	32	-1100
4	36	-900	19	36	-800
5	28	-900	20	28	-900
6	36	-900	21	36	-1000
7	37	-800	22	37	-1600
8	38	-1000	23	38	-700
9	38	-1000	24	38	-600
10	38	-1600	25	38	-500
11	33	-1100	26	33	-1000
12	37	-700	27	37	-900
13	25	-800	28	25	-900
14	32	-900	29	32	-500
15	37	-800	30	37	-1000

Ham tespit menzili verileriyle ilişkili hiçbir ortak değişken bilgisi olmadığında tek tip aralık yöntemi kullanılarak veri düzenlemesi yapılması önerilmektedir. Bu yöntemi uygulamak için, ortak tespit menzili sayıları belirlenmelidir. Daha sonra bu tespitler gerçekleştikleri mesafe ile bir sonraki daha uzak mesafe değeri arasında eşit aralıklarla yerleştirilmelidir. Örneğin, R_n tespitin gerçekleştiği mesafe değeri ve R_{n+1} bir sonraki daha uzun menzile sahip görüntünün mesafe değerine sahip olsun. Tek tip aralıkta, n gözlem R_n ve R_{n+1} arasında eşit aralıklarla dağıtılmalıdır ve $(R_{n+1} - R_n) / (n + 1)$ hesaplaması kullanılabilir.

Çizelge 4.9’da -1000 metre menzil değerine sahip üç kamuflaj A tespiti bulunmaktadır. Çizelge 4.8’den alınan bir sonraki daha uzak mesafeden görüntü -1100 metre menzil değerine sahiptir. Tek tip aralıkta bu üç menzil -1025, -1050 ve -1075 metre olarak düzenlenmelidir. Çizelge 4.9’daki ham tespit verileri tek tip aralık yöntemi kullanılarak düzenlendiğinde Çizelge 4.10’da gösterilen sonuçlar elde edilir. Tek tip aralık yöntemi kullanılarak yeniden düzenlenen ham veriler artık gözlemcilerle ilişkilendirilmediğinden, Çizelge 4.10’da gösterildiği gibi sıralanabilir ve bu sonraki analizleri kolaylaştırır.

Çizelge 4.10. Tek tip aralık yöntemine göre düzenlenmiş örnek tespit menzili verileri

Veri Numarası	Kamufraj A	Kamufraj B
	Düzenlenmiş Tespit Menzili (m)	Düzenlenmiş Tespit Menzili (m)
1	-1733	-1700
2	-1667	-1150
3	-1167	-1075
4	-1133	-1050
5	-1075	-1025
6	-1050	-983
7	-1025	-967
8	-980	-950
9	-960	-933
10	-940	-917
11	-920	-850
12	-875	-750
13	-850	-650
14	-825	-567
15	-750	-533

Tek değer aralığı analizde ortak değişken verileri kullanılacak ise uygulanması önerilen yöntemdir. Örneğin, tespit menzili ile gözlemci yaşı arasında bir ilişki olup olmadığı araştırılmak istenebilir. Bu durumda her bir tespit menzili bir gözlemci yaşı ile ilişkilendirilmelidir. Burada yanlılığı en aza indirmek için önerilen düzenleme yöntemi, her bir tespit menzili, tespit olayının gerçekleştiği görüntüye ait mesafe değeri ile daha uzak mesafe değerine sahip bir sonraki görüntü değeri arasındaki yani $(R_a + R_b) / 2$ ile değiştirmektir. Bu yöntem ile Çizelge 4.9'daki ham tespit menzili verileri düzenlendiğinde Çizelge 4.11'de gösterilen sonuçlar elde edilir.

Çizelge 4.11. Tek değer aralık yöntemine göre düzenlenmiş örnek tespit menzili verileri

Gözlem Numarası	Kamufraj A		Gözlem Numarası	Kamufraj B	
	Yaş	Düzenlenmiş Tespit Menzili (m)		Yaş	Düzenlenmiş Tespit Menzili (m)
1	38	-1050	16	38	-950
2	40	-1150	17	40	-950
3	32	-1700	18	32	-1150
4	36	-950	19	36	-850
5	28	-950	20	28	-950
6	36	-950	21	36	-1050
7	37	-850	22	37	-1700
8	38	-1050	23	38	-750
9	38	-1050	24	38	-650
10	38	-1700	25	38	-550
11	33	-1150	26	33	-1050
12	37	-750	27	37	-950
13	25	-850	28	25	-950
14	32	-950	29	32	-550
15	37	-850	30	37	-1050

4.2.3. Ölçüm testi veri analizi

Bu bölümde araştırma kapsamında gerçekleştirilmiş gözlem testi verileri ve sonuçlarına yer verilmiştir. Katılımcılara ait yaş, renk körlüğü durumu, arama stratejileri eğitim durumu ve gözlem tespit menzili bilgisi Çizelge 4.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. Performans değerlendirmesi ham tespit menzil verileri

Gözlemci	Profesyonel Ordu Deneyimi	Deneyisel Kamufraj 01		Standart Woodland		Standart DCU		Deneyisel Kamufraj 02	
		SUNU01		SUNU02		SUNU03		SUNU04	
		Tespitin Görüntü Numarası	Tespit Menzili (m)	Tespitin Görüntü Numarası	Tespit Menzili (m)	Tespitin Görüntü Numarası	Tespit Menzili (m)	Tespitin Görüntü Numarası	Tespit Menzili (m)
1	E	4	-1800	11	-1100	6	-1600	13	-900
2	E	8	-1400	5	-1700	10	-1200	7	-1500
3	E	8	-1400	5	-1700	8	-1400	10	-1200
4	E	15	-700	8	-1400	11	-1100	12	-1000
5	E	15	-700	16	-600	5	-1700	18	-400
6	E	17	-500	9	-1300	6	-1600	17	-500
7	E	9	-1300	8	-1400	13	-900	8	-1400
8	E	18	-400	12	-1000	4	-1800	6	-1600
9	E	17	-500	10	-1200	5	-1700	13	-900
10	E	14	-800	13	-900	5	-1700	15	-700
11	E	14	-800	5	-1700	10	-1200	11	-1100
12	E	16	-600	5	-1700	5	-1700	11	-1100
13	E	7	-1500	3	-1900	5	-1700	13	-900
14	E	5	-1700	8	-1400	5	-1700	10	-1200
15	E	15	-700	10	-1200	5	-1700	6	-1600
16	E	-	-	18	-400	9	-1300	16	-600
17	E	6	-1600	8	-1400	6	-1600	8	-1400
18	E	-	-	-	-	7	-1500	13	-900
19	E	13	-900	13	-900	10	-1200	13	-900
20	E	13	-900	8	-1400	6	-1600	13	-900
21	H	-	-	8	-1400	8	-1400	12	-1000
22	H	9	-1300	8	-1400	15	-700	15	-700
23	H	17	-500	12	-1000	6	-1600	15	-700
24	H	-	-	8	-1400	8	-1400	18	-400
25	H	5	-1700	12	-1000	13	-900	10	-1200
26	H	18	-400	18	-400	8	-1400	18	-400
27	H	15	-700	4	-1800	6	-1600	18	-400
28	H	7	-1500	17	-500	10	-1200	14	-800
29	H	12	-1000	6	-1600	9	-1300	14	-800
30	H	15	-700	16	-600	5	-1700	14	-800
31	H	11	-1100	10	-1200	5	-1700	11	-1100
32	H	9	-1300	8	-1400	10	-1200	16	-600
33	H	-	-	15	-700	9	-1300	18	-400
34	H	7	-1500	7	-1500	12	-1000	13	-900
35	H	5	-1700	9	-1300	10	-1200	18	-400
36	H	18	-400	8	-1400	9	-1300	12	-1000
37	H	12	-1000	9	-1300	10	-1200	10	-1200
38	H	9	-1300	6	-1600	10	-1200	13	-900
39	H	18	-400	10	-1200	5	-1700	10	-1200
40	H	15	-700	9	-1300	8	-1400	12	-1000

Çizelge 4.13. Tek tip aralık yöntemine göre düzenlenmiş tespit menzili verileri

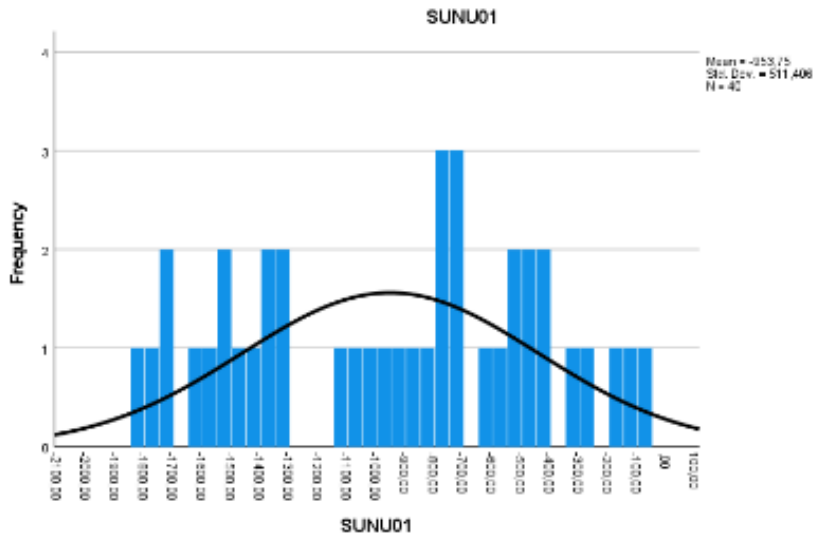
	Deneyisel Kamufraj 01	Standart Woodland	Standart DCU	Deneyisel Kamufraj 02
	SUNU01	SUNU02	SUNU03	SUNU04
Veri Numarası	Düzenlenmiş Tespit Menzili (m)	Düzenlenmiş Tespit Menzili (m)	Düzenlenmiş Tespit Menzili (m)	Düzenlenmiş Tespit Menzili (m)
1	-1850	-1950	-1850	-1667
2	-1775	-1850	-1791	-1633
3	-1750	-1780	-1782	-1550
4	-1725	-1760	-1773	-1467
5	-1650	-1740	-1764	-1433
6	-1525	-1720	-1755	-1283
7	-1550	-1667	-1745	-1267
8	-1575	-1633	-1736	-1250
9	-1433	-1550	-1727	-1233
10	-1467	-1491	-1718	-1217
11	-1320	-1482	-1709	-1175
12	-1340	-1473	-1686	-1150
13	-1360	-1464	-1671	-1125
14	-1380	-1455	-1657	-1080
15	-1150	-1445	-1643	-1060
16	-1033	-1436	-1629	-1040
17	-1067	-1427	-1614	-1020
18	-933	-1418	-1550	-989
19	-967	-1409	-1483	-978
20	-833	-1380	-1467	-967
21	-867	-1360	-1450	-956
22	-714	-1340	-1433	-944
23	-729	-1320	-1417	-933
24	-743	-1280	-1380	-922
25	-757	-1260	-1360	-911
26	-771	-1240	-1340	-875
27	-786	-1220	-1320	-850
28	-650	-1150	-1289	-825
29	-525	-1075	-1278	-775
30	-550	-1050	-1267	-750
31	-575	-1025	-1256	-725
32	-420	-967	-1244	-667
33	-440	-933	-1233	-633
34	-460	-750	-1222	-550
35	-480	-667	-1211	-486
36	-333	-633	-1150	-471
37	-267	-550	-1050	-457
38	-200	-467	-967	-443
39	-133	-433	-933	-429
40	-67	-200	-750	-414

Çizelge 4.14. Tek değer aralık yöntemine göre düzenlenmiş tespit menzili verileri

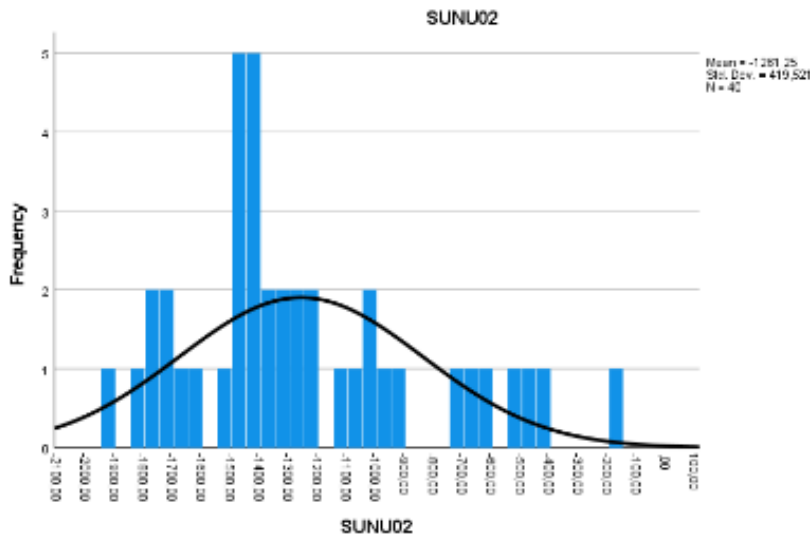
Gözlemci	Profesyonel Ordu Deneyimi	Deneyisel Kamufraj 01	Standart Woodland	Standart DCU	Deneyisel Kamufraj 02
		SUNU01	SUNU02	SUNU03	SUNU04
		Düzenlenmiş Tespit Menzili (m)	Düzenlenmiş Tespit Menzili (m)	Düzenlenmiş Tespit Menzili (m)	Düzenlenmiş Tespit Menzili (m)
1	E	-1850	-1150	-1650	-950
2	E	-1450	-1750	-1250	-1550
3	E	-1450	-1750	-1450	-1250
4	E	-750	-1450	-1150	-1050
5	E	-750	-650	-1750	-450
6	E	-550	-1350	-1650	-550
7	E	-1350	-1450	-950	-1450
8	E	-450	-1050	-1850	-1650
9	E	-550	-1250	-1750	-950
10	E	-850	-950	-1750	-750
11	E	-850	-1750	-1250	-1150
12	E	-650	-1750	-1750	-1150
13	E	-1550	-1950	-1750	-950
14	E	-1750	-1450	-1750	-1250
15	E	-750	-1250	-1750	-1650
16	E	-200	-450	-1350	-650
17	E	-1650	-1450	-1650	-1450
18	E	-200	-200	-1550	-950
19	E	-950	-950	-1250	-950
20	E	-950	-1450	-1650	-950
21	H	-200	-1450	-1450	-1050
22	H	-1350	-1450	-750	-750
23	H	-550	-1050	-1650	-750
24	H	-200	-1450	-1450	-450
25	H	-1750	-1050	-950	-1250
26	H	-450	-450	-1450	-450
27	H	-750	-1850	-1650	-450
28	H	-1550	-550	-1250	-850
29	H	-1050	-1650	-1350	-850
30	H	-750	-650	-1750	-850
31	H	-1150	-1250	-1750	-1150
32	H	-1350	-1450	-1250	-650
33	H	-200	-750	-1350	-450
34	H	-1550	-1550	-1050	-950
35	H	-1750	-1350	-1250	-450
36	H	-450	-1450	-1350	-1050
37	H	-1050	-1350	-1250	-1250
38	H	-1350	-1650	-1250	-950
39	H	-450	-1250	-1750	-1250
40	H	-750	-1350	-1450	-1050

Kümülatif frekans dağılımları

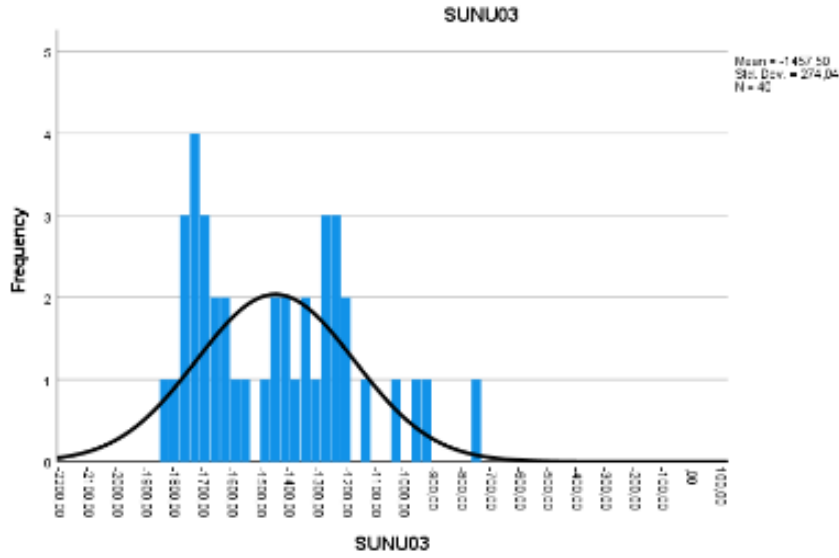
Tüm örneklemin gözlemlerine dair tespit olayı dağılımı Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'teki kümülatif frekans tablolarında verilmiştir. Kümülatif frekans dağılım eğrileri Çizelge 4.13'teki tek tip aralık yöntemine göre düzenlenmiş veriler kullanılarak oluşturulmuştur.



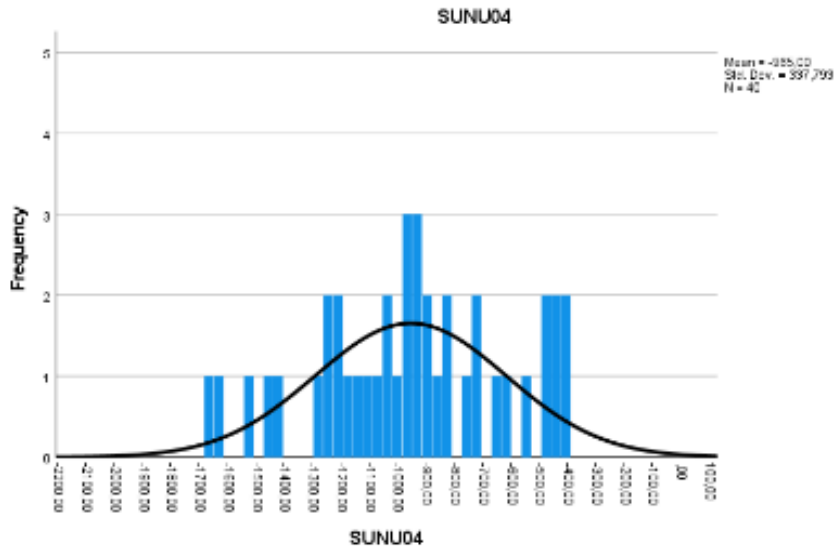
Şekil 4.1. Sunu 01 kümülatif frekans dağılımı eğrisi



Şekil 4.2. Sunu 02 kümülatif frekans dağılımı eğrisi



Şekil 4.3. Sunu 03 kümülatif frekans dağılımı eğrisi



Şekil 4.4. Sunu 04 kümülatif frekans dağılımı eğrisi

Medyan

Kamufraj performans değerlendirme gözlem verileri için ortalama yerine medyan değerinin kullanımı önerilmektedir. Bunun nedeni alışılmadık derecede yüksek veya düşük değere sahip tespit olayı verilerinin ortalamayı çarpıtabilmesi ve merkezi değer olduğundan daha yüksek ve düşük görünmesine neden olabilmesidir. Medyan bu aykırı değerlerden etkilenmez. Medyanı hesaplamak için tek tip aralık yöntemine göre düzenlenmiş veriler kullanılabilir. Medyan değerinin bulunmasında Çizelge 4.13'teki veriler kullanılmış ve

medyan 20 ve 21 sıra numaralı veri değerlerinin ortalamasıdır. Bu araştırmada medyan değerleri Sunu 01 için -850 metre, Sunu 02 için -1370 metre, Sunu 03 için -1458,5 metre ve Sunu 04 için -961,5 olarak hesaplanmıştır.

Standart sapma ve minimum maksimum tespit olayı

Çizelge 4.13'te yer alan veri setleri için hesaplanan standart sapma değerleri Sunu 01 için 511.4, Sunu 02 için 419.5, Sunu 03 için 274 ve Sunu 04 için 337,7 olarak hesaplanmıştır. Sunu 01 için en erken tespit 1850 metre mesafede, en geç tespit ise 67 metre mesafe gerçekleşmiştir. Sunu 02 için en erken tespit 1950 metre mesafede, en geç tespit ise 200 metre mesafede gerçekleşmiştir. Sunu 03 için en erken tespit 1850 metre mesafede, en geç tespit ise 750 metre mesafede gerçekleşmiştir. Sunu 04 için en erken tespit olayı 1667 metre mesafede en geç tespit olayı ise 414 metre mesafede gerçekleşmiştir.

Wilcoxon testi

Kamuflaj tasarımlarının performans testlerinde hangi testin uygun olacağının belirlenmesinde verilerin eşleştirilmiş mi yoksa bağımsız mı olduğu önem arz etmektedir. Eğer gözlemci değerlendirilen kamuflaj tasarımlarından birden fazlasını görmüş ise veriler eşleştirilmiş, her bir kamuflaj tasarımını farklı gözlemci grupları görmüş ise veriler bağımsızdır.

Farklı durumlarda kullanımı tavsiye edilmiş, veri analiz testleri Çizelge 4.8'de paylaşılmıştır.

Çizelge 4.15. Veri analiz testleri

	Bağımsız Gözlemler	Eşleştirilmiş Gözlemler
2 Kamuflaj Uygulaması	Wilcoxon İki Örnek Testi (Mann-Whitney Testi)	Wilcoxon İki Örnekli Eşleştirilmiş Test
3 ve üzeri Kamuflaj Uygulaması	Kruskal-Wallis Testi	Friedman Testi

Bu araştırmada kamuflaj uygulamaları tüm gözlemcilerin değerlendirmesine sunulmuş ve gruplandırılmış kamuflaj çiftlerinin kendi arasındaki performanslarının değerlendirilmesi yapıldığından Wilcoxon İki Örnekli Eşleştirilmiş testi uygulanarak veri analizi yapılmıştır.

Wilcoxon İki Örnekli Eşleştirilmiş Test, eşleştirilmiş gözlemlerde farklı kamuflaj uygulamaları arasında anlamlandırılabilir bir fark olup olmadığı belirleyebilmek için kullanılmıştır. Gözlemler her gözlemcinin iki farklı kamuflaj uygulamasına ait performans değerlendirmesinde yer aldığı durumda eşleştirilebilir. Wilcoxon iki örnekli eşleştirilmiş testinin uygulanabilmesi için ham verilerin tek değer aralık yöntemine göre düzenlenmesi gerekir çünkü her bir kamuflaj uygulaması için tespit olayı ile gözlemci arasındaki bağlantının korunması gerekmektedir.

Ormanlık arazi fotoğrafından alınan renk değerleri kullanılarak tasarlanan deneysel 01 kamuflaj tasarımı ile yine ormanlık arazi kullanımına yönelik tasarlanan askeri standart Woodland kamuflaj tasarımının yer aldığı sırasıyla sunu 01 ve sunu 02’de gerçekleşmiş tespit olayı menzil verileri IBM SPSS İstatistik 29 programında Wilcoxon İki Örnekli Eşleştirilmiş testi uygulanarak analiz edilmiştir.

H_{0A} = Deneysel 01 ve Woodland kamuflaj tasarımlarının gizlilik performansı arasında fark yoktur.

H_{1A} = Deneysel 01 ve Woodland kamuflaj tasarımlarının gizlilik performansı arasında fark vardır.

Bu testte Çizelge 4.14’te yer alan tek değer aralığına göre düzenlenmiş veriler kullanılmıştır. IBM SPSS İstatistik 29 programı kullanılarak elde edilen sonuçlar p – değerinin 0,001 olduğunu göstermiştir. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten küçük olması, kamuflaj deneysel 01 ve Woodland’ın gizlilik performansları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir.

➔ **NPar Tests**

Wilcoxon Signed Ranks Test

		Ranks		
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
SUNU01 - SUNU02	Negative Ranks	8 ^a	15,75	126,00
	Positive Ranks	28 ^b	19,29	540,00
	Ties	4 ^c		
	Total	40		

a. SUNU01 < SUNU02

b. SUNU01 > SUNU02

c. SUNU01 = SUNU02

Test Statistics^a

SUNU01 - SUNU02	
Z	-3,257 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Şekil 4.5. Sunu 01 ve sunu 02 verilerinin Wilcoxon iki örnekli eşleştirilmiş test sonuçları

Gerçekleştirilen ilk performans karşılaştırmasının sonuçları aynı görev bölgesinde gizlilik performansları ölçülen tasarımlar arasında istatistiksel olarak anlamlandırılabilir. İlk gizlilik performansı karşılaştırmasında, deneysel 01 kamuflaj tasarımı için tüm katılımcılardan elde edilen veriler incelendiğinde, medyan mesafe 850 metre olarak belirlenmişken, standart askeri Woodland kamuflaj tasarımı için bu değer 1370 metre olarak hesaplanmıştır. Araştırma kapsamında geliştirilen deneysel 01 kamuflaj tasarımının daha düşük bir medyan değere sahip olması, bu tasarımın daha güçlü bir gizlilik performansı sunduğunu ve tespitin daha yakın mesafelerde yapılabildiğini göstermektedir. Aynı koşullarda gerçekleştirilen karşılaştırmalı gözlem değerlendirmesinde katılımcılar tarafından gerçekleştirilen tespit olayının standart askeri Woodland kamuflaj tasarımı için daha uzak mesafelerde gerçekleştirilebildiği ancak gözlem testinde kullanılan temsili görev bölgesi fotoğrafından toplanan verilerin kullanımı ile gerçekleştirilen deneysel 01 kamuflaj tasarımında değerlendirme sunusunun tasarımın daha yakın mesafelerden gösteriminin yapıldığı bölümlere kadar devam ettirilmesi gerektiği gözlemlenmiştir.

Ormanlık dağlık arazi fotoğrafının kullanıldığı ilk gözleme dayalı performans karşılaştırmasında profesyonel ordu deneyimine sahip gözlemciler tarafından gerçekleştirilen tespit mesafelerinin medyan değerleri sunu 01 için 850 metre, sunu 02 için 1366 olarak hesaplanmıştır. Profesyonel ordu deneyimine sahip olmayan sivil yetişkinler için ise bu değerler sunu 01 için 930 metre ve sunu 02 için 1362 metre olarak hesaplanmıştır. Gerçekleştirilen ilk gözleme dayalı performans değerlendirmesinden elde edilen veri setleri için IBM SPSS İstatistik 29.0 programında Wilcoxon (Mann-Whitney) iki örnek testi uygulanmış ve p- değerleri sırasıyla sunu 01 ve sunu 02 için 0,714 ve 0,806 olarak bulunmuştur. Bu değerler veri setleri arasında istatistiksel olarak anlamlandırılabilir bir fark olmadığını ifade etmektedir.

Dağlık kumluk arazi kullanımına yönelik tasarlanan askeri standart DCU kamuflaj tasarımı ile yine dağlık kumluk arazi fotoğrafından alınan renk değerleri kullanılarak tasarlanan deneysel 02 kamuflaj tasarımının yer aldığı sırasıyla sunu 03 ve sunu 04'te gerçekleşmiş tespit olayı menzili verileri IBM SPSS İstatistik 29 programında Wilcoxon İki Örnekli Eşleştirilmiş testi uygulanarak analiz edilmiştir.

H_{0B} = Deneysel 02 ve DCU kamuflaj tasarımlarının gizlilik performansı arasında fark yoktur.

H_{1B} = Deneysel 02 ve DCU kamuflaj tasarımlarının gizlilik performansı arasında fark vardır.

Bu testte Çizelge 4.14'te yer alan tek değer aralığına göre düzenlenmiş veriler kullanılmıştır. IBM SPSS İstatistik29 programı kullanılarak elde edilen sonuçlar p – değerinin 0,001 olduğunu göstermiştir. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük olması, kamuflaj deneysel 02 ve DCU'nun gizlilik performansları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir.

➔ **NPar Tests**

Wilcoxon Signed Ranks Test

		Ranks		
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
SUNU03 - SUNU04	Negative Ranks	35 ^a	20,10	703,50
	Positive Ranks	3 ^b	12,50	37,50
	Ties	2 ^c		
	Total	40		

a. SUNU03 < SUNU04

b. SUNU03 > SUNU04

c. SUNU03 = SUNU04

Test Statistics^a

	SUNU03 - SUNU04
Z	-4,834 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	<,001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on positive ranks.

Şekil 4.6. Sunu 03 ve sunu 04 verilerinin Wilcoxon iki örnekli eşleştirilmiş test sonuçları

Gerçekleştirilen ikinci performans karşılaştırmasının sonuçları da istatistiksel olarak anlamlandırılabilir bir fark olduğunu ortaya koymuştur ve p – değeri 0,001 olarak hesaplanmıştır. Tüm katılımcılardan elde edilen veriler incelendiğinde, deneysel 02 kamuflaj tasarımı için, gerçekleştirilen tespit mesafelerinin medyan değeri 961,5 metre olarak belirlenmişken, standart askeri DCU kamuflaj tasarımı için bu değer 1458,5 metre olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan medyan değerleri deneysel 02 kamuflaj tasarımının daha yüksek bir gizlilik performansına sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Katılımcılar tarafından gerçekleştirilen tespit olayının standart askeri DCU kamuflaj tasarımı için deneysel 02 kamuflaj tasarımına göre daha uzak mesafelerde gerçekleştirilebildiği gözlemlenmiştir.

Kumluk dağlık arazi fotoğrafının kullanıldığı ikinci gözleme dayalı performans karşılaştırmasında profesyonel ordu deneyimine sahip gözlemciler tarafından

gerçekleştirilen tespit mesafelerinin medyan değerleri sunu 03 için 1650 metre, sunu 04 için 1035 olarak hesaplanmıştır. Profesyonel ordu deneyimine sahip olmayan sivil yetişkinler için ise bu değerler sunu 03 için 1364 metre ve sunu 04 için 870 metre olarak hesaplanmıştır ikinci gözlem değerlendirmesi p- değerleri sırasıyla sunu 03 ve sunu 04 için 0,048 ve 0,037 olarak bulunmuştur. Bu değerler veri setleri arasında istatistiksel olarak anlamlandırılabilir bir fark bulunduğunu ifade etmektedir. Gözlem değerlendirmesinde elde edilen tespit mesafelerinin medyan değerleri göz önünde bulundurulduğunda hem sunu 03 hem de sunu 04 değerlendirmesinde tespit olayı profesyonel ordu deneyimine sahip gözlemciler tarafından daha uzak mesafe değerine sahip görüntülerde gerçekleştirilmiş, profesyonel ordu deneyimine sahip olmayan gözlemcilerin tespit olayını gerçekleştirilebilmesi için değerlendirme sunularında kamuflaj tasarımlarının daha yakın mesafelerden gösterildiği görüntülerin yer aldığı bölümlere kadar devam ettirilmesi gerektiği gözlemlenmiştir.

Ordu deneyim durumu ve tespit verileri arasındaki ilişki

Bu çalışmanın diğer bir araştırma konusu da ordu deneyimine sahip olma durumuna göre kişilerin kamuflaj tespit gözlem verileri arasında anlamlandırılabilir bir fark olup olmadığı olmuştur. Bunun için performans gözlemine katılan katılımcılar hakkında demografik bilgiler anketi yoluyla bilgi toplanmış ve tespit verileri ile ilgili faktör kategorilerine göre gruplandırılmıştır. Bu çalışmada bu gruplar ordu profesyoneli yetişkinler ve sivil yetişkinler, şeklinde olmuştur. Gruplara ait verilerin arasında istatistiksel olarak anlamlandırılabilir bir fark olup olmadığının bulunmasında, tüm veriler bağımsız olduğundan Wilcoxon (Mann-Whitney) iki örnek testi uygulanmış ve Çizelge 4.14'te yer alan tek değer aralığına göre düzenlenmiş veri seti kullanılmıştır.

Çizelge 4.14'ta yer alan Ordu profesyonellerine ait gözlem tespit verilerine ait medyan değerleri sunu 01 için -850 metre, sunu 02 için -1366 metre, sunu 03 için -1650 metre, sunu 04 için -1035 metre olarak hesaplanmıştır. Sivillere ait gözlem tespit verilerine ait medyan değerleri ise sunu 01 için -930 metre, sunu 02 için -1362 metre, sunu 03 için -1364 metre, sunu 04 için -870 metre olarak hesaplanmıştır.

IBM SPSS İstatistik 29 programı kullanılarak elde edilen sonuçlar sırasıyla sunu 01 ve sunu 02 için p – değerinin 0,714 ve 0,806 olduğunu göstermiştir. Bu değer sunu 01 ve 02 için gruplar arasındaki tespit gözlem verilerinde anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir.

Sonuçlar sırasıyla sunu 03 ve 04 için p – değerinin 0,048 ve 0,037 olduğunu göstermiştir. Bu değerler sunu 03 ve 04 için gruplar arasındaki tespit gözlem verilerinde anlamlandırılabilir bir fark olduğunu ortaya koymaktadır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Özellikle son yıllarda Türkiye, savunma sanayiinde gerçekleştirdiği dikkate değer atılımlarla hem ulusal bağımsızlığını pekiştirmiş hem de uluslararası alanda giderek daha önemli bir aktör haline gelmiştir. Özellikle İnsansız Hava Araçları (İHA), füze ve balistik teknolojileri, radar sistemleri, elektronik harp çözümleri, askeri eğitim simülatörleri, gelişmiş silah sistemleri, ileri düzey askeri iletişim altyapıları ve çeşitli operasyonel ihtiyaçlara uygun askeri araçların tasarımı ve üretiminde elde edilen başarılar, Türkiye'nin savunma kapasitesini yalnızca artırmakla kalmamış, aynı zamanda bu kapasitenin stratejik etkilerini dış politika ve uluslararası ilişkiler alanlarına taşımıştır. Yerli üretime dayalı bir savunma altyapısına sahip olmak, ülkenin askeri ihtiyaçlarını dışa bağımlılıktan kurtarıırken, kriz dönemlerinde hızlı ve etkin bir müdahale yeteneği kazandırmış, bu da dış tehditlere karşı caydırıcılık unsurunu güçlendirmiştir. Bunun yanı sıra, savunma sanayiinin ürettiği yüksek katma değerli ürünler, ihracat gelirlerini artırarak ülke ekonomisine doğrudan katkı sağlamış; bu teknolojilerin sivil sektördeki uygulamaları ise inovasyonu teşvik ederek teknoloji tabanlı ekonomik büyümeyi desteklemiştir. Uluslararası düzeyde savunma teknolojilerinin ihracatı ve stratejik askeri iş birliği anlaşmaları, Türkiye'nin müttefikleriyle ilişkilerini derinleştirirken bölgesel liderlik konumunu da pekiştirmiştir. Ayrıca, ekonomik yaptırımlar ya da savaş gibi olağanüstü durumlara karşı dayanıklılık kazandıran bu güçlü altyapı, hızlı adaptasyon yeteneği ile hem ulusal güvenlikte hem de uluslararası arenada Türkiye'nin stratejik konumunu ileri bir noktaya taşımaktadır.

Bu çalışmada savunma sanayii alanındaki bu gelişmelere ve bilimsel literatüre katkı sunabilmek amacıyla askeri kamuflaj yüzeylerin tasarlanmasında renk seçimi ve tasarımların saha gizlilik performansları arasındaki ilişki incelenmiş, görev bölgesinden alınan verilerin kullanıldığı hesaplamalı yaklaşımlar ile tasarımlarda kullanılacak renklerin tayini ve gizlilik performansına olan etkisi araştırılmıştır. Bu tez çalışması askeri kamuflaj tasarım süreçlerinde görev bölgesine özgü renk seçimi ve optimizasyonunun, görevin başarısı ve icra edenin bekası üzerindeki önemini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Bu tez çalışmasının ilk araştırma sorusu, “Kamuflaj yüzeylerin görev bölgesinden elde edilen verilerle tasarlanması, tasarımın etkinliğine nasıl yansımaktadır?” şeklinde belirlenmiştir. Araştırma kapsamında, görev bölgesinden elde edilen verilerin kullanıldığı

hesaplamalı bir tasarım yaklaşımıyla geliştirilen deneysel kamuflaj yüzeylerinin, gizlilik performansı açısından yüksek etkinlik sağladığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, gözle görülebilir dalga boyunda tasarımın temel bileşenleri olan renk, desen ve doku gibi tasarım kararlarının, görev bölgesinin özelliklerine dayandırılmasının, tasarımın işlevselliği üzerinde belirgin ve olumlu bir etki yarattığını göstermektedir. Görev bölgesi ile yüksek uyum sağlanan tasarımlar, gözlemcilerin görsel algısının yönetilebilmesini ve tasarım işlevselliğinin arttırılabilmesini sağlamıştır.

Bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen deneysel askeri kamuflaj yüzey tasarımı süreçlerinde, subjektif olmayan hesaplamalı tasarım tekniklerinden elde edilen veriler kullanılmıştır. Kullanılan hesaplamalı tasarım yaklaşımlarından elde edilen olumlu sonuçlar, kamuflaj tasarım süreçlerinin geliştirilmesi için bir alternatif sağlamasının yanı sıra hesaplamalı yöntemlerin kullanımının avantajlarını da beraberinde getirebilme potansiyeline sahiptir. Subjektif yaklaşımlar, tasarım sürecinde kişisel yorumlara ve deneyimlere dayandığından, bu yöntemlerin sunduğu sonuçlar genellikle standardizasyon açısından yetersiz kalmaktadır. Buna karşın, hesaplamalı yöntemler hem daha objektif hem de tekrarlanabilir sonuçlar üretmeleri bakımından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu veriler, tasarım sürecinin her aşamasında nesnel bir temel sağlayarak, karar alma mekanizmalarının daha tutarlı ve bilimsel bir şekilde işlemlerini mümkün kılar. Hesaplamalı yöntemler sayesinde elde edilen verilerin kayıt altına alınması ve bu verilerin daha sonraki çalışmalar için bir bilgi havuzu oluşturması, tasarım süreçlerinin sürekli gelişimini destekleyen kritik bir unsurdur. Bu yaklaşım, yalnızca mevcut tasarımların optimizasyonunu sağlamakla kalmaz, aynı zamanda gelecekteki araştırma ve geliştirme çalışmalarına rehberlik edecek değerli bir referans çerçevesi sunar. Böylelikle, ihtiyaç anında gerçekleştirilen yeni kamuflaj yüzey tasarım uygulamaları önceki çalışmaların bulgularından faydalanabilir ve daha hızlı ve verimli sonuçlara ulaşılması mümkün hale gelir.

Bu araştırma kapsamında, laboratuvar ortamında gerçekleştirilen ve insan gözlemine dayalı kamuflaj yüzey performans değerlendirmeleri, tasarım süreçlerinde kullanıcı geri bildirimlerinin önemini ortaya koymuştur. Her iki karşılaştırmalı değerlendirme de istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar sunmuş ve bu bulgular, kamuflaj tasarımına son kullanıcıların (sahada bu sistemleri doğrudan kullanan ordu personelinin) dahil edilmesinin kritik rolünü vurgulamıştır. Ordu profesyonelleri ve sivil yetişkinler tarafından sağlanan gözlem verilerinin analiz sonuçları, bu verilerin kamuflaj tasarım geliştirme süreçlerindeki

geri bildirim döngülerinin girdisi olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Farklı özelliklere sahip görev bölgelerinde yapılan gözlem çalışmalarından elde edilen sonuçlar, görev türleri ve bölge dinamikleri ile tasarım alternatifleri arasındaki ilişkilere dair değerli içgörüler sunma potansiyeline sahiptir. Araştırma bulguları, askeri kamuflaj yüzeylerin tasarımı, geliştirilmesi ve doğrulanması süreçlerinde insan merkezli tasarım metodolojilerinin kullanılmasının büyük fayda sağlayacağını göstermektedir. Bu bağlamda, odak grupları, kullanıcı görüşmeleri ve gözlem çalışmaları gibi yöntemler, tasarım süreçlerine stratejik katkılar sunabilir. İnsan merkezli bu yaklaşımlar, hem sahadaki ihtiyaçları daha iyi karşılayan hem de görev başarısını artıran daha etkili kamuflaj sistemlerinin geliştirilmesine olanak tanıyabilir.

Bu tez çalışmasının diğer araştırma sorusu ise, laboratuvar ortamında gerçekleştirilen ve insan gözlemine dayalı kamuflaj performans değerlendirmesi çalışmalarında, gözlemcilerin profesyonel askeri deneyime sahip olma durumları, gözlem çalışmalarındaki kamufle edilmiş nesneleri tespit etme performansları üzerindeki etkisi nedir? olmuştur. Bu çalışma kapsamında karşılaştırmalı iki farklı gözleme dayalı kamuflaj performans değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. İlk karşılaştırmalı değerlendirmenin sonuçlarında, profesyonel askeri deneyime sahip olma durumu ile gözlem çalışmasında kamufle edilmiş nesneleri tespit etme performansları arasında istatistiksel olarak anlamlandırılabilir farkların olduğunu sonucuna varılmış ve profesyonel askeri deneyime sahip olan gözlemcilerin, kamufle edilmiş nesneleri tespit etme performanslarında anlamlı ölçüde daha başarılı olduklarını ortaya koymuştur. Bu bulgu, askeri deneyimin görsel algılama ve tehdit unsurlarını tespit etme konularında bir avantaj sağladığını göstermektedir. Ancak, ikinci karşılaştırmalı gözlem değerlendirmesi sonuçları bu ilişkiyi desteklememiş ve profesyonel askeri deneyime sahip olma durumu ile laboratuvar ortamında gerçekleştirilen ve insan gözlemine dayalı kamuflaj performans değerlendirmesinde yer alan kamufle edilmiş nesneleri tespit etme performansları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını ortaya koymuştur. Bu bulgular sonucunda konunun daha geniş örneklem grupları ile derinlemesine araştırılması gerektiği sonucuna ulaşılabilmektedir.

Öneriler

Bu araştırma kapsamında görev bölgesinden toplanan renk verileri subjektif olmayan hesaplamalı yöntemlerle optimize edilerek, deneysel kamuflaj yüzey tasarım örnekleri

oluşturulmuş ve oluşturulan tasarımların gizlilik performansları geniş kullanım alanlarına sahip diğer tasarımlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar kamuflaj yüzeylerde saha fotoğraflarından elde edilen verilerden faydalanarak renk tayini yapılmasının, gizlilik performanslarına olumlu yönde etki ettiğini göstermektedir. Bu araştırma kapsamında ulaşılan sonuçların sadece deneysel tasarımlara veri sağlayan fotoğrafların sahibi bölgeler için geçerli olduğu unutulmamalı ve genel maksat kullanıma yönelik görevlerde benzer performans sonuçlarını sergileyebilecekleri varsayılmamalıdır.

Ancak bu araştırmada ulaşılan sonuçlar görev bölgesinden alınan fotoğrafların sağladığı bilgiler, bölgeye özel hazırlanan kamuflaj yüzey uygulamalarında tasarım girdisi olarak kullanılabilirdiğini göstermektedir. Özellikle sınır hatları, boğazlar ve geçitler, önemli askeri altyapıların çevresi, taktiksel avantaj sağlayan yüksek rakımlı ve görüş açısı geniş noktalar gibi stratejik değer ve düşman tehdidine yakınlık bakımından kritik olarak sınıflandırılabilir bölgelerde sabit bir şekilde konuşlandırılan yapı ve sistemler için bu yaklaşım dikkate değerdir. Radar sistemlerinin, sabit hava savunma unsurlarının, uzaktan gözetim ve erken uyarı sistemlerinin, elektronik karıştırıcı sistemlerin, sabit topçu, obüs, tanksavar ve benzeri silah sistemlerinin, gözlem kulesi, nöbet kulübesi, mühimmat deposu benzeri çelik ve betonarme yapıların kamuflaj edilmesi ve gizlenmesinde kullanılan kamuflaj boya ve kamuflaj ağlarının renklendirilmesinde, görev bölgesinden alınan dijital fotoğraflardan yararlanılmasının, gizlilik performansının artırılması konusunda değerli içgörüler sunabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

İleri çalışmalar

Bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen deneysel kamuflaj yüzey tasarımlarının gizlilik performansları literatürde yer alan laboratuvar ortamında insan gözlemine dayalı performans ölçüm teknikleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen bu değerlendirme çalışmalarından elde edilen sonuçların gerçek saha koşullarında doğrulanması gereklidir. Ayrıca bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen kamuflaj yüzeylerin gizlilik performanslarının değerlendirildiği gözlem çalışmaları için oluşturulan örneklem, evreni temsil edecek nitelikte değildir. İleriki çalışmalarda daha büyük örneklem grupları ile değerlendirmelerin gerçekleştirilmesi hem askeri kamuflaj yüzeylerin etkinlik performansları hakkında daha fazla bilgi sunabilme, hem de gözlemciler hakkında daha kapsayıcı sonuçlara ulaşabilme potansiyeli barındırmaktadır.

KAYNAKLAR

- Achanta, R., Hemami, S., Estrada, F., & et al. (2009). *Frequency-tuned salient region detection*. IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Miami, FL, USA, 1597-1604.
- Armağan, H. (2022). Color based segmentation with k-means clustering algorithm and numerical analysis of the effect of color spaces on image quantities. *ECJSE*, 9(4), 1506-1517.
- Aumbach, J. (2009). *Using the Analytical Hierarchy Process (AHP) to evaluate target signatures*. Land Warfare Conference, Brisbane, AU, 29-34.
- Aviram, G., & Rotman, S. R. (2000). Evaluation of human detection performance of targets embedded in natural and enhanced infrared images using image metrics. *Optical Engineering*, 39(4), 885-896.
- Behrens, R. R. (1988). The theories of Abbott H. Thayer: Father of camouflage. *Leonardo*, 21(3), 291–296.
- Bravo, M. J., & Farid, H. (2008). A scale invariant measure of clutter. *Journal of Vision*, 8(1), 23-9.
- Chijiwa, H. (1987). *Color harmony: A guide to creative color combinations* (Vol. 1). Hong Kong: Rockport Publishers, 138-141.
- Copeland, A. C., & Trivedi, M. M. (2001). Computational models for search and discrimination. *Optical Engineering*, 40(9), 1885–1895.
- Degenstein, L., Sameoto, D., Hogan, J., Asad, A., Dolez, P. (2021). Smart textiles for visible and IR camouflage application: State-of-the-art and microfabrication path forward. *Micromachines*, 12(7), 773.
- Elazary, L., Itti, L. (2009). Interesting objects are visually salient. *Journal of Vision*, 8(3), 1–15.
- Emond, E. J., Mason, D. W. (2002). A new rank correlation coefficient with application to the consensus ranking problem. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11(1), 17–28.
- Engel drum, P. G. (2000). *Psychometric scaling: A toolkit for imaging systems development*. Winchester: Imcotek Press, 173-180.
- Fecteau, J. H., Munoz, D. P. (2006). Saliency, relevance, and firing: A priority map for target selection. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(8), 382–390.
- Forsyth, I. (2014). Designs in the desert: Camouflage, deception and the militarization of space. *Cultural Geographies*, 21(2), 247–265.

- Geoffrey, W. S., Dominic, Y., & Hinze, H. (2020). The role of hue in visual search for texture differences: Implications for camouflage design. *Vision Research*, 176(11), 16–26.
- Handley, J. C., Babcock, J. S., & Pelz, J. B. (2003). Experimental congruence of interval scale production from paired comparisons and ranking for image evaluation. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 5294(12), 211–221.
- Hartcup, G. (1979). *Camouflage: A history of concealment and deception in war*. (Vol 1). Devon, UK: David & Charles, 156.
- Hepfinger, L., Stewardson, C., Rock, K., Lesh, L., Kramer, F., McIntosh, S., Patterson, J., Isherwood, K., Rogers, G., & Hien, N. (2010). Soldier camouflage for Operation Enduring Freedom (OEF): Pattern-in-picture (PIP) technique for Expedient Human-in-the-loop Camouflage Assessment. *US Army Natick Soldier Research, Development and Engineering Center*. Natick, MA. 1-8.
- Hogervorst, M. A., Toet, A., & Beintema, J. (2009). Design and evaluation of camouflage patterns for application to uniforms. *TNO Human Factors*. Soesterberg, The Netherlands. 10-36
- Hogervorst, M. A., Toet, A., & Bijl, P. (2006). *The TOD method for dynamic image quality assessment*. TNO Defense, Security and Safety, Soesterberg, The Netherlands. 26.
- Itti, L. (2005). Quantifying the contribution of low-level saliency to human eye movements in dynamic scenes. *Visual Cognition*, 12(6), 1093–1123.
- Itti, L., & Koch, C. (2000). Target detection using saliency-based attention. Search and Target Acquisition. *California Institute of Technology*. CA, USA. 1–10.
- Johnson, J. (2018). *Designing with the mind in mind: The psychological basis for UI design guidelines*. CHI EA '18: Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. NY, USA. 134.
- Karatepe, İ., & Nabiye, V. (2023). Military camouflage classification with Mask R-CNN algorithm. *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series A2-A3 Physical Sciences and Engineering*, 65(1), 69-78.
- Koch, C., & Ullman, S. (1985). Shifts in selective visual attention: Towards the underlying neural circuitry. *Human Neurobiology*, 4(4), 219–227.
- Land, M., Mennie, N., & Rusted, J. (1999). The roles of vision and eye movements in the control of activities of daily living. *Perception*, 28(11), 1311–1328.
- Li, Y., & Fu, K. (2022). *Research on minimalism in interface design based on Gestalt psychology*. In Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Science and Artificial Intelligence, Fujian, China, 101-104.
- Li, Y., Liao, N., Deng, C., Li, Y., & Fan, Q. (2022). Assessment method for camouflage performance based on visual perception. *Optics and Lasers in Engineering*, 158(9), 107152.

- Masciocchi, C. M., & Still, J. D. (2013). Alternatives to eye tracking for predicting stimulus-driven attentional selection within interfaces. *Human-Computer Interaction*, 28(5), 417–441.
- Mikkelsen, A., Selj, G. K., & Nielsen, N. H. (2023). *Camouflage performance of winter uniforms: Photosimulations in the visual spectrum*. SPIE Security + Defence, Amsterdam, Netherlands, 16.
- Mortlock, R. F. (2018). Camouflage combat pattern case study. NPS-AM-18-219, *Naval Postgraduate School*, Monterey, CA, USA. 9-48.
- Murali, G., Mallick, S., & Kodandaramaiah, U. (2021). Background complexity and optimal background matching camouflage. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 75(4), 1-12.
- Neider, M. B., & Zelinsky, G. J. (2006). Searching for camouflaged targets: Effects of target-background similarity on visual search. *Vision Research*, 46(4), 2217–2235.
- Newark, T., Newark, Q., & Borsarello, J. F. (1998). *Brassey's book of camouflage*. (Vol 13). London: Brassey's, 144.
- Norman, D., & Verganti, R. (2014). Incremental and radical innovation: Design research vs. technology and meaning change. *Design Issues*, 30(1), 78-96.
- Ouerhani, N., von Wartburg, R., & Hugli, H. (2004). Empirical validation of the saliency-based model of visual attention. *Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis*, 3(1), 13–24.
- Paraskevopoulos, I. (2014). *The development and applications of serious games in the public services: Defence and health*. PhD thesis, Brunel University Research Archive, London.
- Peak, J. E., Honke, T., Hepfinger, L., Huebner, G., Mauer, E., Balma, R., Dotoli, P., Fleuriet, J., & Jacobs, P. A. M. (2006). *Guidelines for camouflage assessment using observers (RTO-AG-SCI-095)*. NATO-RTO AC/323(SCI-095)TP/96. Washington, USA, 11-60.
- Penacchio, O., Lovell, P. G., & Harris, J. (2018). Is countershading camouflage robust to lighting change due to weather? *Royal Society Open Science*, 5(2), 170801.
- Poniszewska-Marańda, A., Suszek, M., & Stepień, K. (2022). Image analysis and processing for generating camouflages from digital earth photographs. *Applied Sciences*, 13(1), 403.
- Rock, K., Leshner, L. L., Stewardson, C., Isherwood, K., & Hepfinger, L. (2009). Photosimulation camouflage detection test. NATICK/TR-09/021L, *US Army Natick Research, Development and Engineering Center*, Natick, MA, USA, 1-34.
- Rosenholtz, R., Li, Y., & Nakano, T. (2007). Measuring visual clutter. *Journal of Vision*, 7(2), 1534-7362.
- Selj, G. K., & Heinrich, D. H. (2015). Search by photo methodology for signature properties assessment by human observers. *Signal Processing, Sensor/Information Fusion, and Target Recognition*, 9474(11), 332-343.

- Shu, L. H., Ueda, K., Chiu, I., & Cheong, H. (2011). Biologically inspired design. *CIRP Annals*, 60(2), 673-693.
- Stevens, M., & Merilaita, S. (2009). Animal camouflage: Current issues and new perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1516), 423-427.
- Talas, L., Baddeley, R., & Cuthill, I. (2017). Cultural evolution of military camouflage. *Philosophical Transactions of The Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1727), 20160351.
- Toet, A., & Bijl, P. (2003). Visual search. *Encyclopedia of Optical Engineering*, 2(3), 2949-2954.
- Toet, A., & Hogervorst, M. (2020). Review of camouflage assessment techniques. *TNO Human Factors*. Soesterberg, The Netherlands. 1-36.
- Tsybulia, S. (2023). Determination of the characteristic colors of the terrain in the development of camouflage means. *Military Technical Collection*, (5)26, 114-123.
- Wang, G., Chen, X., Liu, S., Wong, C., & Chu, S. (2016). Mechanical chameleon through dynamic real-time plasmonic tuning. *ACS Nano*, 10(2), 1788–1794.
- Wertheim, A. H. (2010). Visual conspicuity: A new simple standard, its reliability, validity and applicability. *Ergonomics*, 53(3), 421–442.
- Xiao, H., Qu, Z., Lv, M., Jiang, Y., Wang, C., & Qin, R. (2020). Fast self-adaptive digital camouflage design method based on deep learning. *Applied Sciences*, (10)15, 5284.
- Xue, H., & Desmet, P. (2019). Researcher introspection for experience-driven design research. *Design Studies*, 63(4), 37-64.
- Yang, H., & Yin, J. (2013). An adaptive digital camouflage scheme using visual perception and k-mean clustering. *Advanced Materials Research*, 834(836), 1091–1094.
- Yang, X., Xu, W., Liu, J., Jia, Q., Liu, H., Ran, J., Zhou, L., Zhang, Y., Hao, Y., & Liu, C. (2023). A small-spot deformation camouflage design algorithm based on background texture matching. *Defence Technology*, 19(6), 153-162.
- Yarbus, A. (1967). *Eye movements and vision*. New York: Plenum Press, 1-4.
- Yee, C., Ling, C., Yee, W., & Zainon, W. M. N. (2012). GUI design based on cognitive psychology: Theoretical, empirical and practical approaches. *Proceedings - 2012 8th International Conference on Computing Technology and Information Management*, 2(1), 836-841.
- Ying, X. (2007). Camouflage color selection based on dominant color extraction. *Opto-electronic Engineering*, 34(1), 100-103.



EK-1. Araştırma katılımcıları için hazırlanan bilgilendirme metni

Sayın katılımcılar,

Bu fotografik simülasyon testine katılım sağladığınız için teşekkür ederiz.

Bu çalışmanın nihai amacı kamuflaj geliştirme çalışmalarına katkıda bulunabilmek için kamuflaj tasarımı renklendirme çalışmalarına bir yaklaşım sunmak ve aynı zamanda Türk Silahlı Kuvvetlerinin kamuflaj etkinliğinin artırılmasına, taktiksel avantaj elde etmesine katkı sağlamaktır.

Sizden bir gözlemci olarak beklentimiz görüntülere yerleştirilen yabancı nesnelerin konumlarını tespit etmenizdir. Gerçek hayatta olduğu gibi bu nesneler kamuflaj için kullanılan renk ve desenlere sahip olabilir veya olmayabilir.

Size 4 farklı sunu gösterisi gösterilecektir ve her bir sunu 18 adet görüntü içermektedir. Tüm sunu gösterilerinde tespit etmenizi beklediğimiz nesneye olan mesafenizin azaltıldığı bir dizi görüntü göreceksiniz, temel fikir nesneyi tespit edebildiğiniz menzili belirlemektir.

Sunularda yer alan görüntülerde nesneye çok uzak bir menzilden bakmaya başlayacağınızı ve kademeli olarak daha kısa menzillere geçeceğimizi unutmayın. Sunuda yer alan her bir görüntü için size 14 saniye süre tanınacak ve bir sonraki görüntüye geçilecektir.

Görüntülerde yer alan nesneyi tespit ettiğinizde bilgisayar faresi imleci ile konumunu belirtmeniz gerekmektedir. Lütfen tahmin etmeyin ve emin olana kadar gösterilen sıralı görüntülerde yerleştirilmiş nesnenin size daha yakından gösterilmesine izin verin.

Bu test kişisel becerilerinizi veya görme yeteneklerini ölçme amacıyla gerçekleştirilmemektedir. Bu testin amacı daha önceden hazırlanmış deneysel kamuflaj tasarımlarının performansını değerlendirmektir.

İsminiz ve kişisel bilgileriniz bu araştırma kapsamında gizli tutulacak ve paylaşılmayacaktır. Tekrar iş birliğiniz için teşekkür ederiz. İlk başta fotografik simülasyon testinin yapısını anlayabilmeniz için deneme amaçlı olarak, göstereceğimiz görüntülere benzer bir görüntü göreceksiniz ve bilgisayar ekranınızın görüş açısını ve sandalyenizi kendinize en uygun şekilde ayarlamanız için size zaman tanıyacağız.

Herhangi bir sorunuz varsa, lütfen çekinmeden sorun.

EK-2. Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu izin belgesi

Gazi Üniversitesi “Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” ve “Yükseköğretim Kurumları Etik Davranış İlkeleri” çerçevesinde yürütülen tez çalışmalarında, bilimsel ve eğitim amaçlı yapılacak anket çalışmaları için Gazi Etik Komisyonu’na başvurulması gerekmektedir. Araştırmanın gerçekleştirilebilmesi için Gazi Etik Komisyonuna başvuru yapılmış ve 12.09.2024 tarihinde başvuruya onay verildiğine dair sorumlu araştırmacı ve araştırmacıya yazılı izin belgesi gönderilmiştir.

Evrak Tarih ve Sayısı: 12.09.2024-E.1036546



**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Komisyonu**



Sayı : E-77082166-302.08.01-1036546
Konu : Bilimsel ve Eğitim Amaçlı

12.09.2024

DAĞITIM YERLERİNE

Üniversitemiz Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstriyel Tasarım Ana Bilim Dalı **Yüksek Lisans Öğrencisi Hüseyin YATTIKALKMAZ'ın, Prof.Dr. Dilek AKBULUT'un** danışmanlığında yürüttüğü *"Kamuflej Yüzeylerde Tecrübeye Dayalı Farkındalık ve Kamuflej Tasarımının Saha Performansının Değerlendirilmesi"* adlı tez çalışması ile ilgili konu Komisyonumuzun **30.07.2024** tarih ve **13** sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

İlgilinin çalışmasının, yapılması planlanan yerlerden izin alınması koşuluyla yapılmasında etik açıdan bir sakınca bulunmadığına oybirliği ile karar verilmiş ve karara ilişkin imza listesi ekte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Araştırma Kod No: 2024 - 1333

Prof. Dr. İsmail KARAKAYA
Komisyon Başkanı

Ek:1 Liste

EK-3. Araştırma katılımcılarına uygulanan anket formu

Katılımlarınız bu çalışma kapsamında tamamen gizli tutulacaktır. Hiçbir katılımcı isimlendirilmeyecek ve kamuflaj etkinliği ile ilgili olmayan kişisel bilgi toplanmayacaktır. Elde edilen bilgiler, yalnızca belirtilen amaç için kullanılacak ve belirtilen amaç dışında herhangi bir nedenle yayımlanmayacak ve paylaşılmayacaktır.

(Askeri personel ise) rütbeniz nedir? _____

Yaşınız kaçtır? _____

Cinsiyetiniz nedir? _____

Her iki gözünüzde normal 20/20 görüşe veya daha iyisine sahip misiniz?

☐ Her iki gözde iyi görüş

☐ Her iki gözde gözlük veya lensle iyi görüş

☐ Hayır. Eğer hayır ise, lütfen açıklayınız: _____

Renk körlüğünüz var mı?

☐ Hayır

☐ Evet

☐ Bilmiyorum

Sahada askeri araçları bulma ve tanımlama konusunda herhangi bir eğitim veya deneyiminiz oldu mu?

☐ Hayır

☐ Evet. Eğer evet ise, lütfen açıklayınız: _____

Daha önce bu tür bir değerlendirmeye katıldınız mı?

☐ Hayır

☐ Evet. Eğer evet ise, lütfen açıklayınız: _____

EK-5. Wilcoxon iki örnekli eşleştirilmiş test sonuçları

```

NPAR TESTS
  /WILCOXON=SUNU02 SUNU04 WITH SUNU01 SUNU03 (PAIRED)
  /MISSING ANALYSIS.

```

➔ NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

		Ranks		
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
SUNU01 - SUNU02	Negative Ranks	8 ^a	15,75	126,00
	Positive Ranks	28 ^b	19,29	540,00
	Ties	4 ^c		
	Total	40		
SUNU03 - SUNU04	Negative Ranks	35 ^d	20,10	703,50
	Positive Ranks	3 ^e	12,50	37,50
	Ties	2 ^f		
	Total	40		

- a. SUNU01 < SUNU02
 b. SUNU01 > SUNU02
 c. SUNU01 = SUNU02
 d. SUNU03 < SUNU04
 e. SUNU03 > SUNU04
 f. SUNU03 = SUNU04

Test Statistics^a

	SUNU01 - SUNU02	SUNU03 - SUNU04
Z	-3,257 ^b	-4,834 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	,001	<,001

- a. Wilcoxon Signed Ranks Test
 b. Based on negative ranks.
 c. Based on positive ranks.



Gazili olmak ayrıcalıktır