

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TARIMDA İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) KULLANIMININ ERGONOMİK
AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ece İpek TUNA

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM
DALI**

**ANKARA
2026**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TARIMDA İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) KULLANIMININ ERGONOMİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ece İpek TUNA

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ÇOLAK
Eş Danışman: Prof. Dr. Sarp Korkut SÜMER

İnsansız Hava Aracı (İHA), tarım sektöründe ilaçlama, haritalama, gübreleme, bitki sağlığının izlenmesi gibi farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Sağladığı verim ve maliyet avantajları ile geleneksel yöntemlerin yerine tercih edilir olmuştur. Literatürde tarımsal amaçlı İHA kullanımına yönelik çalışmalar olmakla birlikte sınırlı sayıda çalışmada operatörlerin çalışma koşulları ve maruz kaldıkları riskleri incelenmiştir. Bu çalışmada İHA operatörlerine ergonomik risk değerlendirmesi adımları uygulanmış ve çalışma koşullarının iyileştirilmesi için çözümler önerilmiştir. 18 operatöre Türkçe Cornell Kas İskelet Rahatsızlıkları Anketi ve İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanıcılarına Yönelik Ergonomik Ön Değerlendirme Anketi uygulanmıştır. Çanakkale’de iki farklı İHA operatörü ile görüşme yapılmış ve operatörlerin sahadaki çalışma koşulları gözlemlenmiştir. Zorlayıcı duruşa maruz kaldığı tespit edilen operatörlerin uçuş sırasındaki vücut duruşları fotoğraflanmış ve The Rapid Entire Body Assessment (REBA) yöntemi ile analiz edilmiştir. Operatörlerin İHA’yı taşımak için belden eğildiği duruş çok yüksek riskli sınıftadır. Uçuş sırasında operatörün başının statik olarak eğildiği duruş orta riskli olarak belirlenmiştir. Operatörlerin uzun süreli ve molasız çalıştıkları belirlenmiş olup tamamına yakını yapılan işi stresli ve yorucu olarak tanımlamaktadır. Ayrıca çevresel faktörlerden güneşin operatörlerin çalışma koşullarını zorlaştırdığı tespit edilmiştir. Endüstride kullanılan dış iskeletlerin operatörlerin kullanımına uygun olduğu değerlendirilmekte ve kas iskelet risklerinin ortadan kaldırılmasına katkı sunacağı beklenmektedir. Çalışma konforunun iyileştirilmesi için operatörün uçuşu gölgeden takip etmesi ve periyodik molalar vermesi önerilmektedir. Tarımsal amaçlı İHA operatörleri ergonomik açıdan incelenmiş olup ilerleyen çalışmalarda önerilen çözümlerin uygulanması planlanmaktadır.

Ağustos 2026, 69 sayfa

Anahtar Kelimeler: İHA, tarım, operatör, ergonomi, risk

ABSTRACT

Master Thesis

ERGONOMIC EVALUATION OF THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLE IN AGRICULTURE

Ece İpek TUNA

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Agricultural Machinery & Technologies Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet ÇOLAK
Co-Supervisor: Prof. Dr. Sarp Korkut SÜMER

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) are used in the agricultural sector for various purposes such as spraying, mapping, fertilization, and monitoring plant health. Their efficiency and cost advantages have made them a preferred alternative to traditional methods. While there are studies in the literature on the use of UAVs for agricultural purposes, a limited number of studies have examined the working conditions and risks faced by operators. This study applied ergonomic risk assessment steps to UAV operators and proposed solutions for improving their working conditions. The Turkish Cornell Musculoskeletal Disorders Questionnaire and the Ergonomic Pre-Assessment Questionnaire for UAV Users were administered to 18 operators. Interviews were conducted with two different UAV operators in Çanakkale, and their working conditions in the field were observed. According to The Rapid Entire Body Assessment (REBA), the posture where operators bend at the waist to carry the UAV is classified as very high risk. The posture where the operator's head is statically tilted during flight was determined to be medium risk. It has been determined that operators work long hours without breaks, and almost all describe the work as stressful and tiring. Exoskeletons are considered suitable for operator use and are expected to contribute to the elimination of musculoskeletal risks. To improve working comfort, it is recommended that the operator take periodic breaks and protected from sun which is a enviromental risk. Agricultural UAV operators have been examined from an ergonomic perspective, and the implementation of the suggested solutions is planned for future studies.

August 2026, 69 pages

Keywords: UAV, agriculture, operator, ergonomics, risk

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında beni destekleyen, yönlendiren aynı zamanda özgür ve nitelikli araştırmacı olabilmem için mesleki ve bilimsel etkinliklere katılımımı her zaman destekleyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Ahmet ÇOLAK’a teşekkürlerimi sunarım.

Ziraat Fakültesi yolculuğumun başlangıcına tanıklık eden, Ankara’ya gelsem de bilgilerini ve tecrübelerini esirgemeyen, çıktığım bu yolculukta bana yol gösteren ve beni her zaman destekleyen eş danışman hocam sayın Prof. Dr. Sarp Korkut SÜMER’e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmaya olan destekleri için hocalarım sayın Prof. Dr. İsmail KASAP ve Prof. Dr. Gıyaseddin ÇİÇEK’ teşekkürlerimi sunarım.

Ankete katılan gönüllü sayısının artmasında desteklerini esirgemeyen hocam sayın Doç. Dr. Mehmet Metin ÖZGÜVEN’e teşekkürlerimi sunarım.

Tezin tamamlanmasında büyük emekleri olan ve yardımlarını esirgemeyen sayın Hakan NAR’a teşekkürlerimi sunarım.

Saha çalışmasındaki destekleri, misafirperverlikleri ve yardımları için sayın Mahsun GÜL’e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca beni maddi manevi destekleyen değerli ailem ve dostuma teşekkürü borç bilirim.

Bu tez çalışması, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından Tez Projesi-Yüksek Lisans proje türünde olan FYL-2025-4593 kodlu “Tarımda İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanımının Ergonomik Açıdan Değerlendirilmesi” başlıklı proje ile desteklenmiştir.

Ece İpek TUNA
Ankara, Ağustos 2026

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 İnsansız Hava Aracı Tanımı ve Sınıflandırılması	2
1.2 Tarımda İnsansız Hava Araçlarının Kullanımı	5
1.3 Ergonominin Tanımı ve Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları (KİSR).....	7
1.4 Bilişsel Ergonomi.....	8
1.5 Ergonomik Risk Değerlendirmesi	9
2. KAYNAK ÖZETLERİ	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM	19
3.1 Materyal.....	19
3.1.1 İHA 1	19
3.1.2 İHA 2	22
3.2 Yöntem	28
3.2.1 The Rapid Entire Body Assessment (REBA) analizi	28
3.2.2 Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaires (CMDQ)	34
3.2.3 İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanıcılarına Yönelik Ergonomik Ön Değerlendirme Anketi.....	35
3.2.4 Shapiro-Wilk	36
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	38
4.1 İHA 1 Operatörü REBA Analizi.....	38
4.2 İHA 2 Operatörü REBA Analizi.....	42
4.3 Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	47
4.4 İHA Operatörlerinin Ergonomik Risk Değerlendirmesi	49
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR	55
EK 1 Anket	59
EK 2 Etik Kurul Kararı	67
ÖZGEÇMİŞ.....	69

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
kg	Kilogram
°	Derece

Kısaltmalar

İHA	:İnsansız Hava Aracı
UAV	:Unmanned Aerial Vehicle
CMDQ	:Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaires
REBA	:The Rapid Entire Body Assessment
KİSR	:Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 İHA'nın mekanik ve elektronik bileşenleri.....	3
Şekil 1.2 Altı pervaneli tasarım (Anonim, t.y.–a).....	4
Şekil 1.3 Sabit Kanatlı Tasarım (Anonim, t.y.–b)	4
Şekil 1.4 Tarım uygulamalarında İHA kullanımı	6
Şekil 1.5 Tarımsal amaçlı kullanımı (Anonymous, 2024)	6
Şekil 1.6 Ergonomik risk değerlendirme döngüsü (Sümer vd., 2025).....	10
Şekil 3.1 İHA 1	19
Şekil 3.2 İHA 1 uzaktan kumanda	20
Şekil 3.3 İHA 1 uçuşa hazırlanırken	20
Şekil 3.4 Uçuş sırasında operatörün duruşu	21
Şekil 3.5 Uçuş sırasında parlayan ekran	21
Şekil 3.6 Uçuş sırasında cep telefonu kullanımı	22
Şekil 3.7 İHA'nın taşınması	22
Şekil 3.8 İHA 2	23
Şekil 3.9 İHA 2 uzaktan kumanda	23
Şekil 3.10 Araç arkasındaki platform	24
Şekil 3.11 İHA'nın taşınması	24
Şekil 3.12 Pervanelerin açılması ve bataryaların takılması	25
Şekil 3.13 Kalkış öncesi kontrol	26
Şekil 3.14 Uçuş sırasında operatörün duruşu	26
Şekil 3.15 Araştırmacı haritalamayı deneyimlerken vücut duruşu	27
Şekil 3.16 Uzaktan kumandanın tutuşu.....	28
Şekil 3.17 Türkçe Cornell Kas İskelet Rahatsızlıkları Anketi ayakta çalışan kadın için (Anonymous, n.d.–a)	35
Şekil 3.18 İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanıcılarına Yönelik Ergonomik Ön Değerlendirme Anketi	36
Şekil 4.1 İHA kullanımı şematik özet	38
Şekil 4.2 İHA 1 operatörünün gövdeden eğildiği duruş	39
Şekil 4.3 İHA 1 operatörünün gövdeden eğildiği duruş için REBA analizi	40
Şekil 4.4 İHA 1 operatörünün uçuş sırasındaki duruşu	41
Şekil 4.5 İHA 1 operatörünün uçuş sırasındaki duruşu için REBA analizi	42
Şekil 4.6 İHA araca yerleştirilirken	43
Şekil 4.7 İHA'nın araca yüklenmesi sırasındaki duruş için REBA analizi.....	44
Şekil 4.8 İHA'nın uçurulması sırasında operatörün duruşu	45
Şekil 4.9 İHA'nın uçurulması sırasında operatörün duruşu için REBA analizi ..	46
Şekil 4.10 CMDQ sonuçları	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 İHA azami kalkış ağırlıklarına göre sınıflandırılması (Anonim, t.y.– c).....	5
Çizelge 3.1 REBA yöntemi 1. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)	29
Çizelge 3.2 REBA yöntemi 2. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)	29
Çizelge 3.3 REBA yöntemi 3. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)	30
Çizelge 3.4 REBA yöntemi 4. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)	30
Çizelge 3.5 REBA yöntemi 5. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)	30
Çizelge 3.6 REBA yöntemi 6. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)	31
Çizelge 3.7 REBA yöntemi 7. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)	31
Çizelge 3.8 REBA yöntemi 8. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)	32
Çizelge 3.9 REBA yöntemi 9. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)	32
Çizelge 3.10 REBA yöntemi 10. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)	33
Çizelge 3.11 REBA yöntemi 11. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)	33
Çizelge 3.12 REBA yöntemi 12. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)	34
Çizelge 3.13 REBA yöntemi 13. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)	34

1. GİRİŞ

İnsansız hava aracı (İHA) teknolojisi günümüzde farklı alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatürde ve farklı sektörlerde İHA terimi yerine dron ifadesi kullanılabilmektedir. Bir görevi gerçekleştirmek için tasarlanmış, uzaktan kontrol edilebilen veya otonom olabilen hava araçları için iki terim de yaygın olarak kullanılmaktadır. Sivil veya askeri amaçlarla kullanılabilen İHA sistemlerinde yer kontrol istasyonu, silahlı/silahsız faydalı yük vb. parametreler yer almaktadır. Dron terimi genellikle daha basit tasarımlı, düşük maliyetli, kullanımı kolay ve ticari amaçlarla kullanılan hava araçlarını tanımlamaktadır. Daha geniş kapsamı sebebiyle çalışmada İHA teriminin kullanılmasına karar verilmiş olup operatör tarafından kolaylıkla kontrol edilebilen, ticari amaçlarla farklı alanlarda kullanılabilen hava araçları incelenecektir (Ozguven, 2023).

İHA'nın görevdeki başarısı yapısal özelliklerine, operatöre ve çevresel koşullara bağlıdır. Yaşanabilecek kazaların önüne geçebilmek için İHA kullanımı sırasında karşılaşılan tehlikeler önceden belirlenmeli ve risk analizleri yapılmalıdır. Kuşlar, çevredeki diğer hava araçları, operatörün farkındalığı, kuşlar haricinde çevredeki canlı-cansız varlıklar, navigasyon, batarya, yapısal unsurlar, türbülans ve yer ile iletişimin yetersizliği istenmeyen kazalara sebep olabilmektedir. Kazalar kalkış, uçuş veya iniş sırasında yaşanabilmektedir (Ghasri ve Maghrebi, 2021). İnsan-İHA etkileşimleri nedeniyle çalışanlar risklere maruz kalabilmektedirler. Çalışanların fiziksel olarak zarar görmesinin, İHA'nın sesi/görünüşü/varlığı nedeniyle dikkat dağınıklığı yaşamasının veya psikolojik açıdan olumsuzluk yaşamasının önüne geçilerek güvenli bir iş ortamı oluşturulmalıdır (Jeelani ve Gheisari, 2022).

Uçuş sırasında ve yerdeyken İHA'dan alınabilecek veriler ile uçuş güvenliği için önlemler alınabilmektedir. Çarpışma anında dönen pervanelerin zarar vermesini önlemek için pervaneler muhafazaya alınabilmektedir. Pervane tasarımlarında keskin kenarlardan ve ağır malzeme seçiminden kaçınılarak çarpışmanın etkisi azaltılabilmektedir. İHA'da yer alan sensörler ile uçuş yüksekliği, pozisyonu ve rotası kontrol edilerek uçuş güvenliği

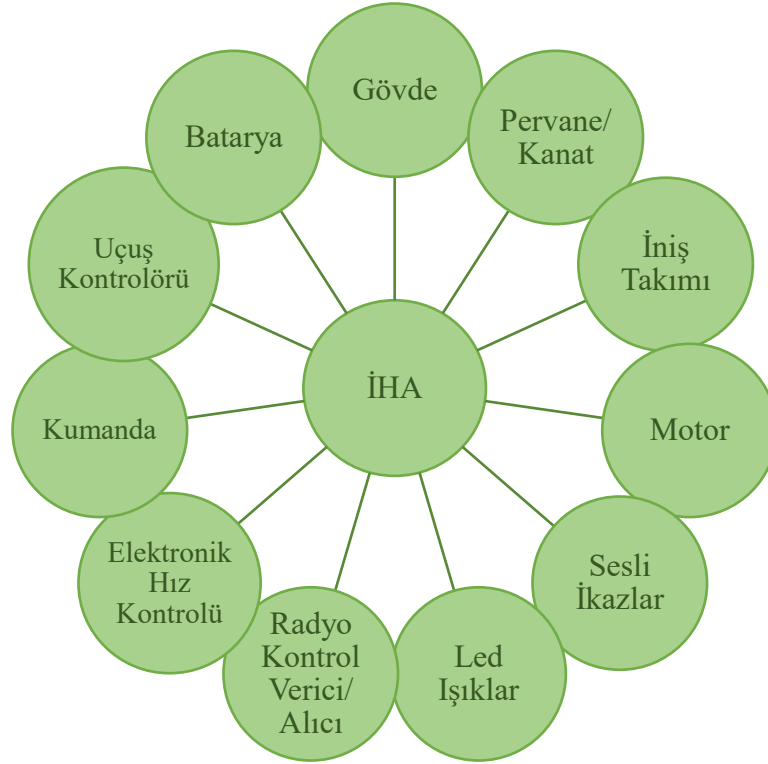
test edilebilmektedir. Sistemin titreşim karakteristiği uçuş hakkında bilgi verebilmektedir. İHA'nın çevresindeki nesnelerle çarpışmasının önlenmesinde aktif ve pasif sensörler kullanılabilir. İHA'nın uçuşu tamamlayıp güvenli şekilde inebilmesi için iniş alanının statik/dinamik olması ve çevresel diğer koşullar önem taşımaktadır (Balestrieri vd., 2021).

İHA kullanım kolaylığı ve geleneksel iş metotlarına göre üstün özelliklere sahip olduğu için tercih edilmektedir. Disiplinler arası kullanımı ile yaygınlığı artmakta ve etkinliğinin artırılması için araştırmalar yapılmaktadır. Bununla beraber iş yerinde İHA kullanımının iş güvenliği ve ergonomi açısından değerlendirilmesi güncelliğini korumaktadır. Güvenli İHA kullanımı için araştırmalar İHA'ların mekanik ve elektronik özellikleri üzerinde yoğunlaşmakta olup operatörün ergonomik açıdan değerlendirilmesi konusunda literatürde boşluk bulunmaktadır. Ergonomi insan-makine-iş-çevre etkileşimlerini inceleyen bir bilim dalıdır.

Bu çalışma kapsamında tarımsal amaçlı İHA kullanımı üzerinde durulmuş ve yapılan ergonomik risk değerlendirmesi ile özellikle kas iskelet sistemi risklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yürütülen risk değerlendirme çalışmaları kapsamında yapılan analiz sonuçlarına göre, çalışma koşullarının ergonomik açıdan iyileştirilmesine yönelik çözüm önerileri sunulmuştur.

1.1 İnsansız Hava Aracı Tanımı ve Sınıflandırılması

Türkiye’de ve dünyada İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanımı giderek yaygınlaşmakta olup gökyüzündeki görünürlüğü her geçen gün artmaktadır. SHGM'nin yayımladığı talimata göre İHA, “... aerodinamik kuvvetler aracılığıyla sürekli uçuş yapma yeteneğinde olan, üzerinde pilot bulunmaksızın uzaktan İHA pilotu tarafından kontrol edilerek veya otonom operasyonu İHA pilotu tarafından planlanarak uçurulan ya da havada kalabilen hava aracını ifade eder” (Anonim, t.y.–c). İHA'larda yer alan mekanik ve elektronik bileşenler Şekil 1.1’de verilmiştir.

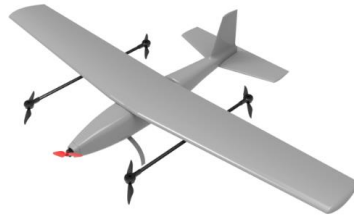


Şekil 1.1 İHA'nın mekanik ve elektronik bileşenleri

Uçuş kabiliyeti için sabit kanatlar veya pervane kullanılabilmektedir. İHA'ların uçuşu yerden operatör tarafından kontrol edilebildiği gibi hava aracının komutları önceden operatör tarafından programlanmış olabilmektedir. Bununla birlikte yeni geliştirilen İHA'larda, çevresel faktörler anlık değerlendirebilmekte ve operatör müdahalesine ihtiyaç duyulmadan otonom uçuş gerçekleştirilebilmektedir. Dikey veya yatay kalkış ve iniş gerçekleştirebilen farklı tasarımlar mevcuttur. Havada kalma süresi ve çıkabileceği irtifaya göre çeşitli sınıflandırmalar yapılabilmektedir. Güç kaynağı olarak genellikle lityum polimer bataryalar tercih edilmektedir. Uygulama alanına göre kamera, GPS, barometre, ultrasonik sensör, kızılötesi (IR) sensör, lidar, termal kamera, manyetometre, optik akış sensörü vb. farklı sensörler İHA üzerinde yer alabilmektedir. İHA ile yapılması planlanan işin başarılı şekilde gerçekleştirilebilmesi için tüm bileşenlerin birbirleriyle uyumlu çalışması gerekmektedir. İHA tasarımında uçuş süresi, yükseklik, mesafe, taşınacak yük parametreleri önemlidir. Sabit kanatlı, tek pervaneli, dört pervaneli, altı pervaneli, sekiz pervaneli tasarımlar mevcuttur. Şekil 1.2 ve Şekil 1.3'te örneklendirilmiştir.



Şekil 1.2 Altı pervaneli tasarım (Anonim, t.y.–a)



Şekil 1.3 Sabit kanatlı tasarım (Anonim, t.y.–b)

Dört pervaneli İHA'nın 4 temel hareketi pervane hızlarının değiştirilmesi ile sağlanmaktadır. Karşılıklı yerleştirilen ön ve arka pervaneler saat yönünün tersine dönerken; karşılıklı olarak sağa ve sola yerleştirilmiş pervaneler saat yönünde dönmektedir. Pervane çiftlerinin hızlarının aynı oranda arttırılmasıyla kalkış, azaltılmasıyla iniş, yer çekimine eşitlenmesiyle havada asılı kalma gerçekleşmektedir. İleri-geri hareket, ön ve arka pervanelerin hızları ayarlanmasıyla sağlanmakta olup yunuslama hareketi olarak adlandırılmaktadır. Sağa-sola hareket sağ ve sol pervanelerin hızlarının ayarlanmasıyla sağlanmakta olup yalpalama hareketi olarak adlandırılmaktadır. Pervane çiftlerinin hızlarının birbirlerine göre ayarlanmasıyla sapma hareketi gerçekleşmektedir (Altaş, 2017; Ozguven, 2023).

İHA tasarımında, üretiminde ve operasyonel olarak kalite ve güvenliği sağlamak amacıyla uluslararası organizasyonlar tarafından standartların belirlenmesi için çalışmalar yürütülmektedir. ISO 21384-3:2023, ISO 21384-2:2021 ve ISO 21384-4:2025 standartları İHA konusundaki standartlara örnektir (Anonymous, n.d.–b).

SHGM'nin yayımladığı talimatta İHA'ların azami kalkış ağırlıklarına göre sınıflandırılması Çizelge 1.1'de gösterilmiştir (Anonim, t.y.-c).

Çizelge 1.1 İHA azami kalkış ağırlıklarına göre sınıflandırılması (Anonim, t.y.-c)

İHA0	Azami kalkış ağırlığı 500 gr (dâhil) – 4kg aralığında olan İHA'lar
İHA1	Azami kalkış ağırlığı 4 kg (dâhil) – 25 kg aralığında olan İHA'lar
İHA2	Azami kalkış ağırlığı 25 kg (dâhil) – 150 kg aralığında olan İHA'lar
İHA3	Azami kalkış ağırlığı 150 kg (dâhil) ve daha fazla olan İHA'lar

Sportif ve amatör uçuşlar için genellikle İHA0 ve İHA1 sınıfları tercih edilmektedir. İHA'lar hobi, ticari veya askeri amaçla kullanılabilir. Özellikle ticari amaçlı kullanımlarda, sağladığı ekonomik faydalar ve farklı sektörlere kolaylıkla adapte edilebilmesiyle faaliyet alanı hızla büyümektedir. 2023 yıl sonu itibarıyla İHA sayısının 72 bini ve İHA Pilot lisansına sahip kişi sayısının 1 milyon 477 bini geçtiği görülmektedir (Anonim, 2023). İHA kullanımına yönelik ilgili talimat devamlı olarak güncellenmekte olup güncel tanımlamalar SHGM'nin web sitesinden takip edilmelidir.

1.2 Tarımda İnsansız Hava Araçlarının Kullanımı

İHA'lar fotoğrafçılık, taşımacılık, haritalama, savunma ve tarım gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır. Farklı sektörlerden yatırımcıların ilgisini çeken ve bilim insanları tarafından araştırmaya konu olan İHA'ların kullanımı dünyada ve Türkiye'de yaygınlaşmaktadır. Özellikle tarım sektöründe iş gücü verimliliğine olan olumlu etkisinin fark edilmesiyle tarım uygulamalarındaki kullanımı çeşitlenmektedir. Kullanım alanları Şekil 1.4 ve Şekil 1.5'te örneklendirilmiştir.

Yabancı Ot Tespitinin Yapılması	Tohumlama/ Tozlaşma	Ormancılık Uygulamaları	Hayvancılık Yönetimi
Mahsül Sağlığının İzlenmesi	Pestisit ve Gübre Uygulamaları	Verimli Su Yönetimi	Rekolte Tahmini
Doğal Olaylar Nedeniyle Oluşan Zararın Belirlenmesi	Görüntüleme ve Haritalama	Hasat Sürecinin Gözlemlenmesi	Toprağın Nemliliğinin Belirlenmesi ve Toprağın İncelenmesi

Şekil 1.4 Tarım uygulamalarında İHA kullanımı



Şekil 1.5 Tarımsal amaçlı kullanımı (Anonymous, 2024)

Teknolojinin çiftçi tarafından benimsenmesi ile Türkiye'nin farklı illerinde Zirai İnsansız Hava Aracı (ZİHA) kullanımı yaygınlaşmaktadır. Ayçiçeği, çeltik tarlalarında ve meyve bahçelerinde İHA ile ilaçlama yapılmaktadır. Türkiye'de İHA'ların uçuş izinleri ve zirai mücadele amacıyla bitki koruma ürünü uygulamalarında kullanımı, ilgili düzenlemeler SHGM ve ilgili devlet kurumları tarafından yapılmaktadır. Bilgisiz kişilerce yapılan yanlış uygulama veya yaşanabilecek kazalar sonucu biyolojik ve ekolojik sistemlere olumsuz yansyabilecek etkileri göz ardı edilmemelidir. İnsansız hava püskürtme sistemleri için geliştirilmiş ISO 23117-1:2023 ve ISO 23117-2:2025 vb. standartlar ilaçlama konusunda rehber niteliği taşımaktadır (Anonymous, n.d.–b). Türkiye'de giderek yaygınlaşan kullanımın yanı sıra, İHA üretimine ve bakım onarımı için teknik servis hizmetine yönelik faaliyet gösteren firma sayısı da giderek artmaktadır. Pek çok

farklı sektörde farklı amaçlar için geliştirilebilme avantajı ile İHA üreten firmalar, tek bir faaliyet alanıyla sınırlı olmayıp müşterilerden gelen taleplere göre farklı sektörlerle yönelik çalışmalar yapabilmektedir. Bu sayede İHA kullanımı tarım sektöründe olduğu gibi diğer sektörlerde de ülkemizde giderek artmaktadır.

1.3 Ergonominin Tanımı ve Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları (KİSR)

“Ergonomi; insan ve makina özelliklerini ile bu özelliklerin birbiriyle uyumunu inceleyen bilim dalı veya disiplini olarak tanımlanır. Ergonominin kelime karşılığı; ergo-iş nomos-bilim anlamına gelen eski yunanca bir terimdir ve ilk kez 1949 yılında İngiltere’de tartışılmaya başlanmıştır” (Sabancı vd., 2012). Ergonomi hem çalışanı hem iş vereni gözetken bir bilim dalıdır. Çalışanın iş yerinde sağlıklı ve huzurlu olması, iş verimini arttırmaktadır. İş yerinde insan, makine kullanımı, iş vereniyle olan iletişimi ve çalışma koşulları gibi farklı etkenlerle çeşitli ergonomik risklere maruz kalabilmektedir. İş yeri ortamının iklimlendirilmesi, çalışılan ortamın gürültüsü, iş yerinde yaşadığı stres, kullandığı ekipman nedeniyle vücudunu zorlayan duruşta çalışması gibi durumlar ergonomik risk faktörlerini oluşturmaktadır. Ergonomi bilimi çevresel, örgütsel ve fiziksel tüm risk faktörlerini incelemekle ve çalışanın sağlığını korumak için çözümler üretmekle beraber kas iskelet sistemine yönelik risklerle ve bu risklerin oluşturabileceği rahatsızlıklarla yakından ilgilenir.

Sağlam kaslar, kemikler, eklemler ve bitişik bağ dokularından oluşan lokomotor sisteminin performansı kas iskelet sisteminin sağlığını anlatmaktadır (Anonymous, 2022). Mesleki işe devamsızlığın ana nedenlerinden biri kas iskelet sistemi bozukluklarıdır. Farklı vücut bölgeleri ve mesleki çalışmalar kas iskelet sistemindeki spesifik bozukluklarla ilişkilendirilebilir. Yük kaldırma-taşıma veya titreşim uygulamaları alt sırttaki bozukluklara sebep olabilmektedir. Tekrarlayan veya uzun süreli statik kuvvet üst ekstremiteler bozukluklarına (parmaklarda, ellerde, bileklerde, kollarda, dirseklerde, omuzlarda, boyunda) sebep olabilmektedir. Ara sıra ortaya çıkan ağırlardan tam olarak teşhis edilen spesifik hastalıklara kadar farklı ciddiyetlerde bozukluklar olabilmektedir (Luttmann vd., 2003).

Kas iskelet sistemi rahatsızlıkları, hemen her sektörde çok sayıda meslek çalışanlarını ilgilendiren risklerdir. Tarım sektörü özelinde alet ve makina kullanımından kaynaklanan kas iskelet sistemi rahatsızlıkları dikkat çekmektedir. Tarımda yapılan manuel işlerden hasat, kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına sebep olma konusunda yük taşıma, budama, yabani otları ayıklama gibi işlerden öne çıkmaktadır. Eğilme ve tekrarlı hareketler, kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına sebep olan risk faktörlerinden başlıcalarıdır (Benos vd., 2020a). Traktör, kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına sebep olan birincil tarım makinesidir. Titreşim, kas iskelet sistemi rahatsızlıklarında dikkate alınması gereken diğer bir risk faktörüdür (Benos vd., 2020b). Tarımda alet ve makine kullanımı nedeniyle işçinin maruz kaldığı kas iskelet sistemi riskleri konusunda yapılmış çalışmalar mevcuttur. Gelişen teknolojiyle birlikte makine tasarımları ve tarımsal faaliyetlerde gerçekleştirilen operasyonlar çalışanın konforunu arttıracak yönde iyileştirilmiştir. Ayrıca, tarımsal faaliyetlerde kas iskelet sistemi risklerinin değerlendirilmesine yönelik analiz metodu araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir (Kong vd., 2015).

1.4 Bilişsel Ergonomi

Bilişsel ergonomi, insanın bilişsel özellikleri dikkate alınarak ergonomi prensiplerinin uygulanması olarak tanımlanabilmektedir. İnsanın veriye nasıl ulaştığı ve veriyi nasıl işlediği ile ilgilidir. İş yerinin güvenli ve ruh sağlığı açısından uygun olmasını amaçlamaktadır (Roach ve Duffy, 2021). Bir görevi yerine getirmek amacıyla insan-arayüz etkileşimleri ortaya çıkmaktadır. Bilişsel ergonomi kapsamında bir görevin en kısa sürede hatasız olarak gerçekleştirilmesi ve kullanılan sistemin memnuniyet verici olması beklenmektedir (Cañas, 2008). Bilişsel ergonomi çalışmaları, aynı anda birden çok görevi gerçekleştiren bireylerin zihinsel iş yükünün ölçülmesi, azaltılması, hataya sebep olan bilişsel faktörler ve bireyin performansı üzerinde durmaktadır (Adem vd., 2023). Algılama, karar verme, insan-makine etkileşimi, zihinsel iş yükü, güvenilirlik, başarılı performans ve motor tepkiler bilişsel risk faktörlerini oluşturmaktadır (Sümer vd., 2025).

Endüstri 4.0 ile robotlar ve otomasyon sistemleri üretim faaliyetlerinde insan gücünün yerini almaya başlamıştır. Çalışanların robotlar ile iş yerlerini paylaşması ve ortaklaşa çalışmaları sonucunda yeni ergonomik riskler ortaya çıkmaktadır. Robotla fiziksel temas

neticesinde fiziksel stres olarak değerlendirilebilecek faktörlerin yanı sıra çalışanların maruz kaldığı bilişsel stres faktörleri öne çıkmaktadır. Robotun varlığı, hızı, izlediği yörünge, çıkardığı sesler, görünüşü, çalışana olan mesafesi bilişsel stres unsuru olabilmektedir (Attahir vd., 2025). İş yerlerinde çalışanın maruz kaldığı stresin ölçülmesi kritiktir. Stresin değerlendirilmesi zor ve karmaşık olmakla birlikte en uygun ölçüm yönteminin kullanılması önem taşımaktadır.

Bilişsel iş yükünün değerlendirilmesinde öznel, performans, fizyolojik ölçümler yapılabilmektedir Bilişsel iş yükünün değerlendirilmesinde NASA-TLX ve SWAT yaygın öznel ölçüm yöntemlerindendir. Fizyolojik ölçümler beyin aktivitesini temel alan ve almayan yaklaşımlar olarak ikiye ayrılabilir. Kardiyovasküler aktivite, göz aktivitesi ve beyin aktivitesi çeşitli metotlara ölçülebilmekte ve bilişsel iş yükünün değerlendirilmesinde kullanılabilmektedir. Performansa yönelik ölçümlerde, görev başarısı, reaksiyon zamanı, hata oranı gibi unsurlar dikkate alınmaktadır (Attahir vd., 2025; Das Chakladar ve Roy, 2024; Hart ve Staveland, 1988; Lorenzini vd., 2023; Reid ve Nygren, 1988).

Endüstri 5.0 ile teknolojinin ilerlemekte ve sistemler akıllanmaktadır, ancak üretim süreçlerinde insan faktörü öne çıkmaktadır. Operatör kontrolündeki sistemlerin başarısı, ergonomik, psikolojik ve organizasyonel unsurların uyumluluğuna bağlıdır. İş yerlerinde insan merkezli yaklaşımlar benimsenmelidir (Ioniță vd., 2025).

Ergonomik risk faktörlerinin yönetilmesi amacıyla çeşitli standartlar geliştirilmiştir. ISO 10075-1:2017, ISO 10075-2:2024 ve ISO 10075-3:2004 bilişsel risk faktörlerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Anonymous, n.d.–b)

1.5 Ergonomik Risk Değerlendirmesi

Ergonomik risk değerlendirmesi sürekli kendini yenileyen bir döngüdür. Şekil 1.6'da ergonomik risk değerlendirme döngüsü açıklanmıştır (Sümer vd., 2025). Ergonomik risklerin belirlenmesi ile ergonomik risk değerlendirme süreci başlar. Risklerin

tanımlanması için çalışanlara anket uygulaması yapılabilir veya ergonomik değerlendirmeyi gerçekleştirecek kişi tarafından kontrol listeleri yardımıyla çalışanların maruz kaldığı riskler belirlenebilir. Risklerin belirlenmesinin ardından riskin kişi üzerindeki etki derecesinin anlaşılması ve eylem gerektirip gerektirmediğinin tespiti için risk analiz yöntemleri kullanılmalıdır. Aynı risk faktörleri için birden çok analiz yöntemi literatürde mevcuttur. Yapılan işe uygun analiz yöntemi seçilmelidir. Kas iskelet sistemi risklerine yönelik The Rapid Entire Body Assessment (REBA), The Rapid Upper Limb Assessment (RULA) ve The Rapid Office Strain Assessment (ROSA) gibi yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır (Hignett ve McAtamney, 2000; McAtamney ve Corlett, 1993; Sonne vd., 2012). Riskin etki derecesinin belirlenmesinin ardından ergonomik risk faktörünü ortadan kaldıracak ya da kişi üzerindeki etkisini azaltacak çözümler geliştirilmelidir. En etkili çözüm, riskin tamamen ortadan kaldırılmasıdır. Tamamen ortadan kaldırılamadığı durumlarda ikame, mühendislik veya idari çözümler geliştirilebilir. Çözüm geliştirilemeyen durumlarda asgari önlem olarak çalışanlar kişisel koruyucu ekipmanlarla desteklenmelidir. Uygun çözüm yöntemi belirlendikten sonra çözümün uygulanması için zaman planlanması yapılmalı ve tüm çalışanlar konu hakkında idare tarafından bilgilendirilmelidir. Ergonomik risk değerlendirmesi kendini tekrarlayan bir süreçtir. Uygulanan çözümlerin yeni ergonomik risklere sebep olup olmadığının araştırılması ve çözümlerin etkinliğinin belirlenmesi ve iyileştirilmesi için uygulanan çözümler izlenmeli ve tekrar test edilmelidir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6 Ergonomik risk değerlendirme döngüsü (Sümer vd., 2025)

İnsan-makine etkileşimlerinin ergonomik açıdan uygunluğu standartlarla değerlendirilmektedir. ISO 9241-400:2007, ISO 9241-410:2008, ISO/TS 9241-411:2012, ISO/TS 15066:2016 standartları insan-makine etkileşimlerini konu almaktadır. ISO/TR 23476:2021 standardı tarım sektöründe ergonomi kapsamında uygulanmaktadır (Anonymous, n.d.-b).

Ergonomik risk değerlendirme çalışmaları değişen çalışma koşulları için yenilenmekte ve önerilen çözümler yeniden değerlendirilmektedir. Tarımda İHA kullanımı ergonomik açıdan incelenmesi gereken disiplinler arası bir konudur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ghazali vd. (2022), hassas tarımda İHA uygulamalarını tartışmışlardır. Bu konuda yürütülmüş önceki çalışmalar incelenmiş ve yıllar içerisinde araştırmacıların elde ettiği veriler derlenmiştir. Yapılan incelemede dört pervaneli İHA'nın, hassas tarımda en çok kullanılan çeşidi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca tohum ekimi, ilaçlama, toprak analizi, haritalama, mahsul izleme, hayvancılık alanlarındaki İHA uygulamalarında en az araştırma yapılan alanın tohum ekimi olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak araştırmacılar, hassas tarım uygulamalarındaki İHA kullanımında uçuş süresi, yükseklik, mesafe, kamera, yük gibi farklı parametrelerin etkili olduğunu belirtmiş ve tarımdaki ihtiyaçlar doğrultusunda İHA uygulamalarının çeşitlenerek yaygınlaşacağını öne sürmüşlerdir.

Yangal vd. (2022), akıllı tarım çalışmaları kapsamında otonom bir tarımsal insansız hava aracı (İHA) ile otomatik tohumlama sisteminin ağaçlandırma rejenerasyon etkisini belirlemeyi amaçlayan bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada, kontrollü şartlar altında kil-tohum ve kil-kompoze gübre-tohum içeren 2 farklı içerikli tohum topları oluşturulmuş ve İHA ile ekim uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada, elma (*Malus Domestica*), badem (*Prunus Dulcis*) ve çam (*Pinus Pinea*) ağaçları için oluşturulan tohum topları, 200 metre irtifadan havadan toprağa atılmıştır. Araştırmada kil toplarının gelişimini incelemek amacıyla 1,5 yıllık süreçlerde tohumlama yapılan bölgedeki elma, badem ve çam tohumlarının boy, yaprak sayısı ve toplam ağaçlandırma sayısı belirlenmiştir. Toplam 300 adet tohum topu uygulamasında (150 adet kil-tohum, 150 adet kil-gübre-tohum) fideleşme oranlarının iki uygulama için sırasıyla %73.33, %94.67 değerlerinde olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak araştırmacılar, İHA ağaçlandırma faaliyetlerinde tohum toplarının kompoze gübre kullanımıyla fideleşme oranının arttığını belirlemişler ve bu uygulamaların İHA ile yapılmasının ağaçlandırmayı artırmada ana itici güç olabileceğini belirtmişlerdir.

Eminoğlu and Koç (2018), yüksek teknoloji ile tasarlanmış akıllı tarla pülverizatörü ile geleneksel tarla pülverizatörünün aynı çalışma koşullarında ergonomik açıdan karşılaştırılmasını amaçlayan bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada operatörün

makinaları kullanırken sahip olduğu vücut duruşları, RULA yöntemi ile analiz edilmiştir. Analizlerde, operatörün iki farklı tarla pülverizatörü ile yapılan çalışmasından elde edilen görüntü kayıtları kullanılmış, incelenen kayıtlarda çalışma pozisyonları için en çok tekrar eden ve bedensel yüklenmenin yüksek olduğu çalışma duruşları saptanmıştır. Analizler ile elde edilen RULA skorları, akıllı tarla pülverizatörü ile çalışmanın operatörün vücut pozisyonu açısından daha az yüklendiğini ve daha az zorlandığını ve bu bakımdan daha sağlıklı olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak araştırmacılar, dengeleme sistemine sahip olan akıllı tarla pülverizatörünün geleneksel pülverizatöre göre ergonomik açıdan daha uygun olduğunu belirtmişler ve bu şekilde tasarlanmış olan makinaların uzun süreli çalışmalar için tercih edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Ercan vd. (2019), tarım 4.0 teknolojilerinin Türkiye’de uygulanabilirliğini tartıştıkları çalışmada, tarım 4.0 teknolojilerini kullanan üç firmanın anket verileri ile birlikte bu konuda daha önce yapılmış çalışmalar birlikte değerlendirilmiştir. Elde edilen verilerle yapılan SWOT analizinde; Türkiye’de akıllı tarım teknolojileri sunan kuruluşların bulunması, üreticilerin bu kuruluşlarla iş birliği yapması ve kullandıkları teknolojiye yönelik olumlu geri dönüşlerde bulunması güçlü yönler olarak saptanmıştır. Aynı analizde, Türkiye’de akıllı teknolojilerin kullanımına yönelik farkındalık eksikliğinin yaşanması ve teknoloji okuryazarlığının yetersiz olması zayıf yönler olarak saptanmıştır. Sonuç olarak araştırmacılar, akıllı tarım uygulamalarının kullanımının kooperatifleştirme ve ortak makine kullanımı ile yaygınlaşabileceğini belirtmişler ve tarımın geleceği olan akıllı tarım uygulamalarında ihtiyaç duyulan nitelikli iş gücünün önemini vurgulamışlardır.

Yeşilay and Macit (2020), yaptıkları çalışmada Türkiye ve diğer ülkelerde gelecekte İHA kullanımının ekonomi üzerindeki olası etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada ülkelere ait veriler, akademik literatür üzerinden derlenmiştir. Sağlık ve savunma alanlarında İHA kullanımının öne çıkabileceği görülmüştür. Ayrıca İHA kullanımının yeni istihdam alanları yarattığı ve gayrisafi yurt içi hasılaya önemli katkı sağlayacağı anlaşılmıştır. Sonuç olarak araştırmacılar, İHA sektörünün büyümeye devam edeceğini ve ülkelerin ekonomisi üzerindeki olumlu yansımalarının gerçekleşeceğini bildirmişlerdir.

Baran and Ersoy Karaçuha (2021), küresel iklim değişikliğinin getirdiği risklere karşı kullanılan akıllı tarım uygulamalarının iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesini amaçlayan bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada literatür incelenip derlenmiştir. Buna göre, iklim değişikliğinin tarım üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için başvurulacak akıllı tarım uygulamalarının, kullanıcılarda iş sağlığı ve güvenliği açısından olumsuzluklar oluşturabileceği belirtilmiştir. Kullanıcıların veri güvenliğine yönelik kaygıları ve çalışanın performansının izlenebilir olması stres kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Sonuç olarak araştırmacılar, akıllı tarım uygulamalarının iklim değişikliği ile mücadelede önemli olduğunu belirtmiş ve uygulamaların entegrasyonu konusunda sistematik yaklaşımla gerekli altyapının oluşturulmasını önermişlerdir.

Çetin vd. (2015), ofis sandalyelerinin çalışanlar tarafından ne kadar bilinçli kullanıldığının ve sandalyelerinden memnuniyet düzeylerinin, beklentilerin neler olduğunun belirlenmesini amaçlayan bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma kapsamında Dokuz Eylül Üniversitesi akademik ve idari personelinden 115 kişiye anket uygulanarak ofis sandalyesinde ne gibi tasarımsal değişikliklerin memnuniyet düzeylerinin yükselmesini sağlayacağı belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada elde edilen ve değerlendirilen anket verilerine göre, sandalyelerinden memnun olmayan kişilerin oranının %60 olduğu belirlenmiştir. Tekstil malzemelerinde en çok rastlanan problemin ise döşemelik kumaşların terletmesi olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak araştırmacılar, ofis sandalyelerinin oturma ve sırt bölgelerinde kullanılan döşemelik malzemelerin terlemeyi önleyici özellikte seçilmesi gerektiğini rapor etmişlerdir.

Cardoso vd. (2021), yürüttükleri çalışmada iki farklı aktif sandalye ile statik sandalyenin biyomekanik karşılaştırılmasını amaçlamışlardır. Yapılan deneyde 15 kadın ve 15 erkek katılımcı üç farklı sandalyeyi -oturma alanı görünür şekilde ayrılmış aktif birinci sandalye, statik ikinci sandalye, kullanıcının hareketini yansıtan sandalyenin ön oturma alanında gizli döner elemana sahip aktif üçüncü sandalye- bilgisayar kullanırken oturarak test etmiştir. Katılımcıların, oturma basınçları, nöromüsküler aktivitesi, hemodinamik yanıtları ve algılanan rahatsızlıkları ölçülmüştür. Statik sandalye kullanımında kullanıcıların önden arkaya sallanmasının sandalyeden kaynaklanan rahatsızlığı azaltmak için olduğu tahmin edilmektedir. Aktif birinci sandalyenin kullanımında diğer ikisine

kıyasla alt bacaklarda kan oksijen seviyesinde artış olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak araştırmacılar, oturma alanı ikiye ayrılmış aktif sandalye kullanımının kullanıcıya biyomekanik ve fizyolojik faydalar sağlama potansiyeli olduğunu belirtmiş ve aktif oturmanın ergonomik açıdan incelenmesinde daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu vurgulamışlardır.

Alnaser and Wughalter (2009), yaklaşık aynı maliyetli iki farklı ergonomik sandalyenin kullanım sırasındaki rahatsızlık derecelerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada 20 kullanıcı, sandalyeleri 90 dakika boyunca kitap okuyarak, yazı yazarak ve bilgisayar kullanarak test etmiştir. Veriler Genel Konfor Derecelendirme Ölçeği ve Vücut Parçası Rahatsızlık Derecelendirme Ölçeği kullanılarak elde edilmiştir. Verilere göre rahatsızlık derecesinin sandalye çeşidinden bağımsız olduğu ve sandalyeyi kullanırken yapılan işle ilgili olduğu belirlenmiştir. Kullanıcılarda en çok rahatsızlık alt sırt ve alt kol kısımlarında görülmüştür. Sonuç olarak araştırmacılar, kullanıcıların sandalye satın alırken ayarlanabilir sırt dayanağına, kol dayanağına ve oturma yüksekliğine sahip, bel desteği ve yumuşak oturma alanı sağlayan ergonomik tasarımları tercih etmeleri gerektiğini belirtmişlerdir.

Garcia vd. (2019), yaptıkları çalışmada duyuşal, motor veya bilişsel bozukluklara sahip kişilerin İHA operatörü olarak İHA ile etkileşimlerini incelemeyi ve geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışma kapsamında yapılan atölyede iki terapist ve dört özel ihtiyaca sahip katılımcı İHA kullanırken gözlemlenmiş ve ihtiyaçları belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen verilere göre, İHA kullanımını kolaylaştırmak için yazılımsal, donanımsal ve otomasyon alanlarında iyileştirmeler içeren adaptasyon alanı tasarlanmıştır. Adaptasyon alanı dikkate alınarak kişilerin ihtiyacına göre ayarlanabilen yazılım tasarlanarak İHA operatörlüğünün kolaylaştırılması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında yapılan ikinci atölyede aynı katılımcılarla prototip denenmiş ve kullanıcıların İHA'yı daha başarılı uçurduğu ve daha memnun olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak araştırmacılar, adaptasyon alanının yapılacak araştırmalarla geliştirilebileceğini ve engelli insanların da kolaylıkla İHA operatörlüğü yapabileceğini belirtmişlerdir.

Kahya and Özkan (2017), yaptıkları çalışmada ofis çalışanlarının hissettikleri rahatsızlıkların hangi ofis şartlarından ve ofis araçlarından kaynaklandığını tespit etmeyi ve uygun önlemleri belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada bir üniversitenin 92 adet ofisi incelenmiş ve verilerin değerlendirilmesinde Rapid Office Strain Assessment (ROSA) ve Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaires (CMDQ) yöntemleri kullanılmıştır. İki yöntemin verileri kullanılarak yapılan ikili lojistik regresyon analizinde, oturarak çalışan kişilerin ekran, telefon, fare ve klavye kullanırken sahip olduğu duruşun omuz, sırt ve boyun rahatsızlıklarını arttırdığı belirlenmiştir. Sonuç olarak araştırmacılar, ofis araçları kullanılırken ergonomik açıdan uygun olmayan pozisyonlarda uzun süre vakit geçirildiğini belirtmişler ve ayarlanabilir ofis araçlarının kullanımı ile birlikte vücut egzersizi içeren periyodik molalar önermişlerdir.

Kahya and Sakarya (2020), yürüttükleri çalışmada 112 Acil Sağlık Servisleri (ASS) çalışanlarının hastanın ambulansa kabulünden acil servise teslim sürecinde maruz kaldıkları fiziksel zorlanmaları tespit etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmaya katılan 39 kişiye kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının tespiti için Cornell anketi uygulanmış olup çalışanların risk düzeylerinin belirlenmesinde REBA yöntemi kullanılmıştır. Cornell anketine göre katılanların %84'ü bel, %61'i boyun, %56'sı sırt bölgelerinde zorlanma yaşamaktadır. ASS çalışanlarının yaptığı 7 farklı işin REBA skorları hesaplandığında bir iş orta risk düzeyine, 4 iş yüksek risk düzeyine ve 2 iş çok yüksek risk düzeyine sahiptir. Sonuç olarak araştırmacılar, ASS çalışanlarının ergonomik açıdan uygun ortamda çalışmasının hastaya daha rahat ve etkin müdahale imkanı yaratacağını belirtmiş ve çalışma ortamındaki ergonomik iyileştirmelerle birlikte çalışanlara kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının azaltılması konusunda verilecek eğitimlerin önemini vurgulamışlardır.

Yılmaz and Ünver (2023), orman ürünleri işletmesindeki ergonomik risklerin tespit edilmesi ve risklerin azaltılması üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada orman ürünleri üreten bir fabrikadaki 40 işçiye Cornell anketi uygulanmıştır ve kereste üretimindeki her ünite için REBA analizi yapılmıştır. Cornell anketine göre kas iskelet sistemi rahatsızlıkları en çok %31.78 ile alt sırt bölgesinde görülmüştür. REBA skorlarına göre en yüksek riskin farklı kesilmiş ürünlerin boyutlanması için geldiği kırpma ünitesinde olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak araştırmacılar, çalışma sırasında verilen

molaların uzunluğunun arttırılmasının vücut yorgunluğunun azaltılmasına ve daha güvenli çalışmaya yardımcı olacağını belirtmiş ve çalışanların farkındalığının artması adına uygun malzeme kaldırma tekniklerinin ayda birkaç kere eğitim olarak verilebileceğini önermişlerdir.

Umeda vd. (2022), yürüttükleri çalışmada haşere kontrolünde İHA kullanımının maliyetini tahmin etmeyi ve iş yükünü ölçmeyi amaçlamışlardır. Çalışmadaki maliyet verileri pirinç çiftliklerinden anketler aracılığıyla elde edilmiştir. İş yükünü ölçmek için Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) ve Metabolic Equivalent for Tasks (METs) analizleri kullanılmıştır. Konvansiyonel makine ve İHA için maliyet kıyaslandığında örnek çiftlikteki konvansiyonel makinenin işçilik maliyetinin İHA'dan 2.26 kat yüksek olduğu görülmüştür. Haşere kontrolü işindeki ortalama METs skoru 2.43 olarak hesaplanmıştır bu skor yapılan fiziksel aktivitenin düşük yoğunluklu olduğunu göstermektedir. OWAS skorlarına göre 19 işten 12'sinin eylem kategorisi 2'nin altındadır. Haşere kontrolünde İHA'nın düşük yüksekliği ve operatörün iki dizi bükülü şekilde ayakta çalışmasının OWAS skorunu arttırdığı saptanmıştır. Sonuç olarak araştırmacılar, İHA'ların tarımda iş gücü eksikliğini iyileştirmek ve tarımsal alanların genişlemesini desteklemek için kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Rahmani ve Weckman (2024), insan-İHA etkileşimlerindeki zorlukları belirlemeyi ve İHA operatörlerinin iş yeri güvenliğine yönelik algılarını değerlendirmeyi amaçlayan bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada çevrim içi ankete katılan 75 İHA operatörünün cevapları analiz edilmiştir. Yapılan analize göre İHA kazalarının en büyük sebebinin insan faktörü olduğu görülmüştür. İHA faktörünün sebep olduğu kazalardaki temel sebeplerin GPS sinyalinin kaybolması, mekanik arızalar ve batarya arızaları olduğu görülmüştür. Sonuç olarak araştırmacılar, İHA operatörlerine profesyonel eğitim verilmesinin ve güvenlik prosedürlerine uyulmasının insan-İHA etkileşimlerindeki riskleri azaltabileceğini belirtmişlerdir.

Rodríguez Elizalde (2025), yürüttüğü çalışmada İHA kullanıcıları için kas iskelet sistemi risklerine yönelik ergonomik analiz gerçekleştirmiştir. Bir kadın ve bir erkek olmak üzere

iki İHA kullanıcıını gözlemleyerek beş farklı çalışma duruşu için RULA skorları hesaplanmıştır. RULA skorları sırasıyla 3, 4, 6, 6, 6 olarak hesaplanmıştır. Araştırmacı, operatörün bozuk vücut duruşu nedeniyle maruz kaldığı risklerin önlenmesi için operatörün İHA takibini uygun mesafeden yapmasını ve kontrol ünitesinin görmeyi kolaylaştırması için büyük ekranlı olmasını önermiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 İHA 1

Çanakkale bölgesinde 4 yıllık tecrübeye sahip İHA kullanıcısı çalışmaya gönüllü olarak katılmıştır. İHA operatörü, DJI markasının M350 RTK modelini tarımda uzaktan algılama amacıyla kullanmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 İHA 1

İHA, 1425 g kütlesindeki ekrana sahip uzaktan kumanda ile kontrol edilmektedir. (Şekil 3.2). 4 pervaneli çift bataryalı hava aracında multispektral kamera ve yapay zeka bilgisayarı yer almaktadır.



Şekil 3.2 İHA 1 uzaktan kumanda

İHA kalkış yapacağı konuma taşındıktan sonra uçuş için pervaneler açılmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 İHA 1 uçuşa hazırlanırken

Operatör kalkış sırasında İHA'yı gökyüzünde takip etmektedir. İHA'yı kontrol ederken kumandayı çift elle tutmaktadır, ancak ekrandaki bazı komutlara erişebilmek amacıyla 1425 g kütleye sahip kumandayı sol el ile tutup sağ el ile komutlara dokunmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Uçuş sırasında operatörün duruşu

Ekran güneş nedeniyle parlamaktadır, operatör ekranı görebilmek için eliyle veya gövdesiyle ekrana gölge yapmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Uçuş sırasında parlayan ekran

İHA uçuşu sırasında operatör cep telefonunu kullanmak istediğinde kumandayı kolu ve gövdesi arasında sıkıştırarak telefonu çift eliyle kullanmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Uçuş sırasında cep telefonu kullanımı

İHA'nın taşınması için valiz kullanılmaktadır. İHA'nın kalkış noktasına taşınması ve uçuş tamamlandıktan sonra valize konmak üzere taşınması tek kişi tarafından yapılmaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 İHA'nın taşınması

3.1.2 İHA 2

Gelibolu bölgesinde 2 yıldır ticari amaçla İHA 2 kullanan operatör çalışmaya gönüllü olarak katılmıştır. İHA'yı uçurmak ve kullanımı gözlemlemek amacıyla operatör

eşliğinde Gelibolu’da tarlaya gidilmiştir. Operatör, XAG markasının P100 modeli tarımsal ilaçlama, gübreleme ve çeltik ekimi için kullanmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 İHA 2

4 pervaneli, çift bataryalı sistemde İHA uzaktan kumanda ile kontrol edilmektedir. Kumandaya ekran olarak kullanılmak üzere entegre edilen cep telefonu ile birlikte kumandanın kütlesi 915 g olarak ölçülmüştür (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 İHA 2 uzaktan kumanda

İHA, uzaktan kumanda, jeneratörler ve bataryalar araç arkasında yer alan platforma yerleştirilmiştir (Şekil 3.10). İHA 2'nin platformdan tarlaya indirilmesi ve tarladan platforma geri yüklenmesi için üç kişiye ihtiyaç duyulmuştur (Şekil 3.11). 88 kg nominal kalkış ağırlığına, 775 mm yerden yüksekliğe, tam yükte 6 dk havada kalma süresine ve tek pompa için maksimum 6L/dakika akış hızına sahiptir (Anonymous, n.d.–c).



Şekil 3.10 Araç arkasındaki platform



Şekil 3.11 İHA'nın taşınması

İHA kalkış yapacağı konuma taşındıktan sonra pervaneleri uçuş için açılmıştır. Her birinin kütlesi 6.485 kg olan iki batarya, platformdan İHA'nın kalkış yapacağı noktaya taşınarak İHA'ya yerleştirilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Pervanelerin açılması ve bataryaların takılması

Operatör, kalkış için İHA'dan uzaklaşmıştır ve güvenli mesafede kumandadan uçuş bilgilerini kontrol etmiştir. Kalkış anında operatör İHA'nın oluşturduğu toz ve rüzgar nedeniyle geriye kaçmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Kalkış öncesi kontrol

Operatör ilk kalkışta İHA'yı gökyüzünde takip etmektedir. Operatör uçuş sırasında kumandayı sol el ile tutmaktadır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Uçuş sırasında operatörün duruşu

İlaçlama ve gübreleme faaliyetleri sırasında operatörün duruşu Şekil 3.14'teki gibidir. Operatör uçuş öncesinde İHA'nın izleyeceği rotanın belirlenmesi için haritalama

yapmaktadır. Haritalama için operatör kollarını yere paralel tutarak kumandayı vücudundan uzak konumda tutmaktadır. Uçuş yüksekliği göz önünde tutularak İHA'nın çarpma ihtimali olan engeller için haritalama sırasında operatör engellerin çevresinden dolanarak haritada işaretleme yapılmaktadır. Operatörden izin alınarak kumanda kontrolü ile haritalama araştırmacı tarafından deneyimlenmiştir (Şekil 3.15). Haritalama sonrası araştırmacı tarafından İHA uçurulmuştur. Tuşların erişimi ve kumandanın tutuşu fotoğraflanmıştır (Şekil 3.16). İHA istenen görevi yerine getirdikten sonra indiği yerden üç kişi tarafından taşınarak aracın arkasındaki platforma yerleştirilmiştir.



Şekil 3.15 Araştırmacı haritalamayı deneyimlerken vücut duruşu



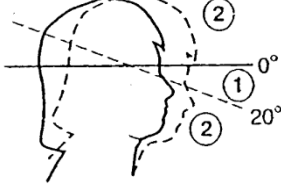
Şekil 3.16 Uzaktan kumandanın tutuşu

3.2 Yöntem

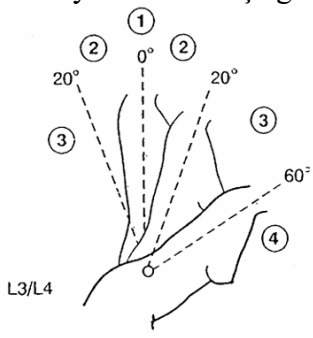
3.2.1 The Rapid Entire Body Assessment (REBA) analizi

The Rapid Entire Body Assessment (REBA), çalışanın bir görev sırasındaki vücut duruşunu değerlendirmektedir. Çalışanın tüm vücut duruşu ve kullandığı ekipman dikkate alınarak hızlı ve kolay uygulanabilir bir yöntemdir. Ergonomist tarafından değerlendirilmesi yapılacak görevler ve vücut duruşları belirlenmektedir. Gerçekleştirilen görev, gözlemci tarafından analiz için kayıt altına alınmaktadır. Fotoğraf/video üzerinden vücut duruşu analiz edilerek risk düzeyi belirlenmektedir. Çizelge 3.1-3.13 REBA yönteminin uygulama adımlarını açıklamaktadır (Hignett ve McAtamney, 2000).

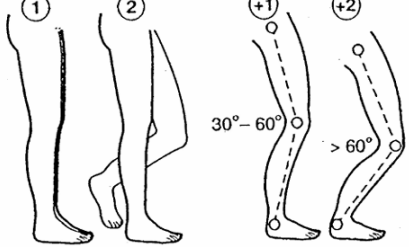
Çizelge 3.1 REBA yöntemi 1. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)

1. Adım	Boyun	Puan
Aşağıdaki resimde yer alan duruşa göre puan seçilir 	0° -20° bükülme varsa	1
	>20° dereceden büyük bükülme veya esneme varsa	2
Koşullara göre ilave puan eklenir	Boyunda dönme veya yana eğilme varsa	1 puan eklenir

Çizelge 3.2 REBA yöntemi 2. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)

2. Adım	Gövde	Puan
Aşağıdaki resimde yer alan duruşa göre puan seçilir 	Dik duruş	1
	0° -20° bükülme veya esneme varsa	2
	20° -60° bükülme veya >20° esneme varsa	3
	>60° bükülme varsa	4
Koşullara göre ilave puan eklenir	Gövdede dönme veya yana eğilme varsa	1 puan eklenir

Çizelge 3.3 REBA yöntemi 3. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)

3. Adım	Bacaklar	Puan
Aşağıdaki resimde yer alan duruşa göre puan seçilir 	Yürürken veya otururken yük iki bacağına dağılmışsa	1
	Yükü tek bacak taşıyorsa veya dengesiz duruş varsa	2
Koşullara göre ilave puan eklenir	Dizler 30° -60° arasında bükülüyse	1 puan eklenir
	Dizler oturma hariç >60 ° bükülüyse	2 puan eklenir

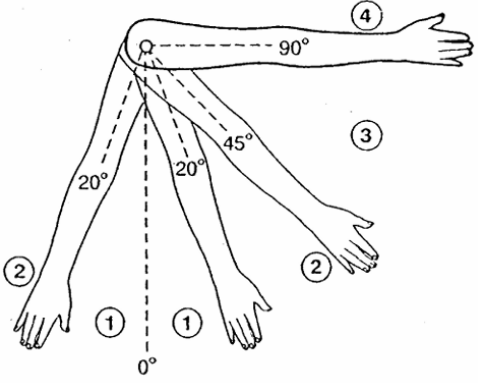
Çizelge 3.4 REBA yöntemi 4. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)

4. Adım		A Tablosu											
İlk üç adım yardımıyla aşağıdaki tablodan puan seçilir.													
A		Boyun											
		1				2				3			
	Bacaklar	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Gövde	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

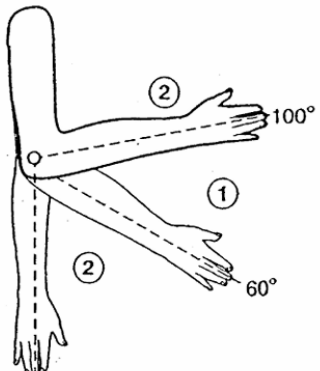
Çizelge 3.5 REBA yöntemi 5. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)

5. Adım	A Tablosu puanı güncellenir
Yük puanı	Eğer taşınan yük <5 kg ilave puan eklenmez
	Eğer taşınan yük 5-10 kg arasındaysa +1 puan eklenir
	Eğer taşınan yük >10 kg +2 puan eklenir
Kuvvet puanı	Eğer kuvvet hızla ve birden artıyorsa +1 puan eklenir

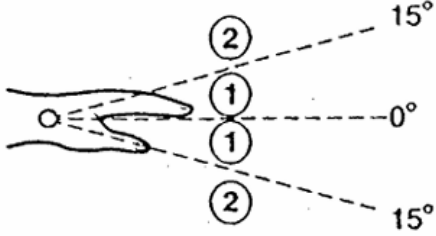
Çizelge 3.6 REBA yöntemi 6. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)

6. Adım	Üst kol	Puan
Aşağıdaki resimde yer alan duruşa göre puan seçilir 	0° -20 ° bükülme veya esneme varsa	1
	>20° esneme veya 20° -45° bükülme varsa	2
	45° -90° bükülme varsa	3
	>90° fazla bükülme varsa	4
Koşullara göre ilave puan eklenir	Üst kolda yana açıklık veya dönme varsa	1 puan eklenir
	Omuz yukarıdaysa	1 puan eklenir
	Kişi bir yere dayanıyorsa veya kol ağırlığı destekleniyorsa	1 puan eksiltir

Çizelge 3.7 REBA yöntemi 7. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)

7. Adım	Alt kol	Puan
Aşağıdaki resimde yer alan duruşa göre puan seçilir 	60° -100° bükülme varsa	1
	<60° veya >100° bükülme varsa	2

Çizelge 3.8 REBA yöntemi 8. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)

8. Adım	Bilek	Puan
Aşağıdaki resimde yer alan duruşa göre puan seçilir	0° -15° bükülme veya esneme	1
	>15° bükülme veya esneme varsa	2
Koşullara göre ilave puan eklenir	Bilek yana doğru eğilmiş veya dönmüşse	1 puan eklenir

Çizelge 3.9 REBA yöntemi 9. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)

9. Adım	B Tablosu						
6,7,8. adımların yardımıyla yandaki tablodan puan seçilir.							
B		Alt Kol					
		1			2		
	Bilek	1	2	3	1	2	3
Üst Kol	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Çizelge 3.10 REBA yöntemi 10. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)

10. Adım	B tablosu puanı güncellenir
Tutuş puanı	El ile iyi tutuş yapılabilir ve orta şiddette tutma gücü gerektiriyorsa ilave puan eklenmez
	İdeal olmayan kabul edilebilir tutuş yapılıyorsa veya vücudun başka kısımlarıyla kabul edilebilir kavrama yapılıyorsa 1 puan eklenir
	El ile tutuş uygun olmadığı halde tutuş yapılıyorsa 2 puan eklenir
	Tutma yeri yok ve vücudun başka kısımlarıyla güvensiz kavrama yapılıyorsa 3 puan eklenir

Çizelge 3.11 REBA yöntemi 11. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)

11. Adım	C Tablosu											
5 ve 10. adımlar yardımıyla aşağıdaki tablodan puan seçilir.												
	C											
	B Tablosu Puanı + Tutuş Puanı											
A Tablosu Puanı + Yük/Kuvvet Puanı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Çizelge 3.12 REBA yöntemi 12. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)

12. Adım	C tablosu puanı güncellenir
Aktivite puanı	1 veya daha fazla vücut kısmı 1 dakikadan daha uzun süre hareketsiz kalıyorsa 1 puan eklenir
	1 dakika içinde aynı hareket dört defadan fazla tekrarlanıyorsa 1 puan eklenir
	Eylem vücut duruşunda ani değişimlere veya dengesizliğe sebep oluyorsa 1 puan eklenir

Çizelge 3.13 REBA yöntemi 13. adım (Hignett ve McAtamney, 2000)

13. Adım	REBA risk düzeyi belirlenir
12. Adım sonrasında hesaplanan puanın REBA risk skoru karşılığı aşağıda yer almaktadır.	
1 = ihmal edilebilir risk	
2 – 3 = düşük risk, önlem belki gerekebilir	
4 – 7 = orta risk, önlem gerekli	
8 – 10 = yüksek risk, önlem alınmalı	
11 + = çok yüksek risk, hemen önlem alınmalı	

3.2.2 Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaires (CMDQ)

Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaires (CMDQ) vücudun boyun, omuz, sırt, üst kol, bel, ön kol, el bileği, kalça, üst bacak, diz, alt bacak ve ayak bölümlerini sağ ve sol kısımları için değerlendirmektedir. Çalışanın hissettiği ağrının şiddeti, sıklığı ve yaşanan ağrının işe engel olup olmadığı çalışan tarafından değerlendirilir ve anket doldurulur. Anket formları kadın ve erkek çalışanlar için ayrı ayrı düzenlenmiştir, ancak değerlendirme açısından farklılık bulunmamaktadır. Şekil 3.17’de ayakta çalışan kadın çalışan için anket örneği yer almaktadır. CMDQ yönteminde ayakta çalışanlarda oturarak çalışanlardan farklı olarak ayaklar değerlendirmeye dahil edilmektedir (Anonymous, n.d.–a; Erdinc vd., 2011; Hedge vd., 1999).

Aşağıdaki resim, ankette sorulan vücut bölümlerini yaklaşık olarak göstermektedir. Lütfen uygun kutucuğu işaretleyerek cevaplayınız.

		Geçtiğimiz hafta çalıştığınız süre boyunca, vücudunuzda ne sıklıkta ağrı, sızi, rahatsızlık hissettiniz? (Her vücut bölümü için cevaplayınız)					Eğer ağrı,sızı,rahatsızlık hissettiyseniz, ne kadar şiddetliydi?			Eğer ağrı,sızı,rahatsızlık hissettiyseniz, bu işinizi yapmanıza engel oldu mu?		
		Hiç hissetmedim	Hafta boyunca 1-2 kez hissettim	Hafta boyunca 3-4 kez hissettim	Her gün bir kez hissettim	Her gün bir çok kez hissettim	Hafif şiddetliydi	Orta şiddetliydi	Çok şiddetliydi	Hiç engel olmadı	Biraz engel oldu	Çok engel oldu
Boyun		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Omuz	(Sağ)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	(Sol)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sırt		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Üst Kol (omuz - dirsek arası)	(Sağ)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	(Sol)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bel		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ön Kol (dirsek - bilek arası)	(Sağ)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	(Sol)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
El Bileği	(Sağ)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	(Sol)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Kalça		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Üst Bacak (kalça - diz arası)	(Sağ)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	(Sol)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Diz	(Sağ)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	(Sol)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Alt Bacak (diz - ayak arası)	(Sağ)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	(Sol)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ayak	(Sağ)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	(Sol)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Şekil 3.17 Türkçe Cornell Kas İskelet Rahatsızlıkları Anketi ayakta çalışan kadın için (Anonymous, n.d.–a)

3.2.3 İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanıcılarına Yönelik Ergonomik Ön Değerlendirme Anketi

Çalışma kapsamında İHA operatörlerine uygulanmak üzere 30 soruluk İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanıcılarına Yönelik Ergonomik Ön Değerlendirme Anketi oluşturulmuştur. Anket, İHA operatörlerinin çalışma koşullarının ergonomik yönden değerlendirilmesi amacıyla farklı ergonomik faktörleri içeren açık uçlu sorular içermektedir. Matbu olarak hazırlanan anket, ayrıca gönüllü katılımcı sayısının arttırılması amacıyla Google Forms üzerinden online olarak düzenlenmiştir (Şekil 3.18).

**İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanıcılarına Yönelik Ergonomik
Ön Değerlendirme Anketi**

Bu anket insansız hava aracı (İHA) kullanıcılarının yaşadığı deneyimi ergonomik açıdan değerlendirmek, maruz kaldıkları zorlanmaları tespit etmek ve kullanıcılar için yapılabilecek ergonomik iyileştirmeleri belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Bu anket, İHA kullanıcılarına yönelik yapılacak ergonomik değerlendirme çalışması için ön değerlendirme niteliği taşımaktadır. Cevaplarınız yapılan çalışmaya yön verecek nitelikte verileri oluşturacağından lütfen soruları evet/hayır şeklinde kısa cevaplarla değil açıklayıcı şekilde cevaplayın. Ankete yönelik görüşlerinizi soruların alt kısmındaki ilgili yerde belirtebilirsiniz. Ankette 30 adet açık uçlu soru yer almaktadır, yaklaşık 15 dk sürmektedir. Katıldığınız için teşekkürler.

Yaş:	
Cinsiyet:	
İl/Bölge:	

Sorular		Cevaplar
1	Tarımda hangi amaçla İHA kullanıyorsunuz?	
2	Ne kadar süredir İHA kullanıyorsunuz?	
3	Kullandığınız İHA sınıfı nedir?	
4	Hangi aylarda İHA kullanıyorsunuz?	

Şekil 3. 18 İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanıcılarına Yönelik Ergonomik Ön Değerlendirme Anketi

3.2.4 Shapiro-Wilk

İstatistiksel verilerin normalliğinin test edilmesi için Shapiro-Wilk yöntemi, araştırmacılar tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Yöntem, örneklemin normal dağılıma sahip olduğu hipotezini test etmektedir. Örneklemin $n \leq 50$ küçük olduğu çalışmalarda Shapiro-Wilk yöntemi etkili olduğu, çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Coşkun Yıldırım, 2023; Hernandez, 2021; Shapiro ve Wilk, 1965; Yazıcı ve Asma, 2007).

Normalliğin test edilmesi amacıyla W istatistiği aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmaktadır (Shapiro ve Wilk, 1965):

H_0 : Veri setinin dağılımı normaldir

$$y_1 \leq y_2 \leq \dots \leq y_n$$

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

n çift ise $n = 2k$,

n tek ise $n = 2k + 1$,

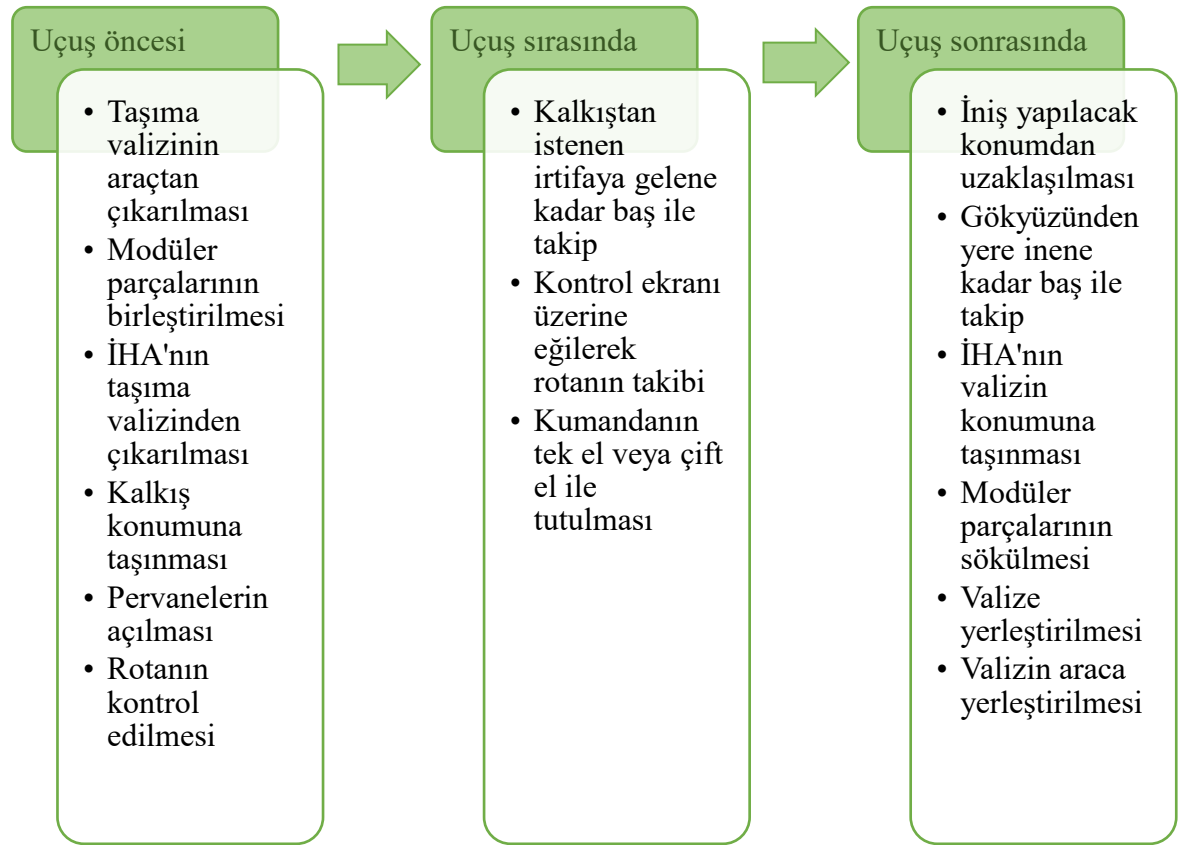
$$b = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} (y_{n-i+1} - y_i)$$

$$W_{hesaplanan} = \frac{b^2}{S^2}$$

W 'nin dağılımının 1, 2, 5, 10, 50, 90, 95, 98 ve 99 yüzdelik değerleri tabloda yer almaktadır. W , $0 < W \leq 1$ aralığında değişim göstermekte olup sıfıra yakın değerler değişkenin normal dağılıma sahip olmadığını göstermektedir. W ve $a_{(n-i+1)}$ değerleri için ilgili tablolar Shapiro and Wilk (1965)'in yaptığı çalışmada yer almaktadır. $W_{hesaplanan} < W$ ise H_0 hipotezi reddedilir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

İHA kullanan operatör uygun olmayan duruş nedeniyle işin herhangi bir sürecinde kas iskelet sistemi risklerine maruz kalabilmektedir. Umeda vd. (2022), yürüttükleri çalışmada İHA ile ilaçlama işinde çalışanların İHA taşıma, batarya değiştirme vb. yaptıkları işleri de değerlendirmişlerdir. Yapılan iş bir bütün olarak ele alındığında en riskli durum tespit edilebilmektedir. İki İHA operatörünün de uçuş öncesinde, sırasında ve sonrasında yaptıkları özet olarak Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 İHA kullanımı şematik özet

4.1 İHA 1 Operatörü REBA Analizi

İHA 1 operatörü İHA'yı tarımsal görüntüleme amacıyla kullanmaktadır. Verim tahmini yapılması, bitki sağlığının izlenmesi, su stresinin belirlenmesi ve çeltikte yabancı otların

tespiti operatörün yaptığı işler arasındadır. Operatör uygun olmayan vücut duruşları nedeniyle kas iskelet sistemi risklerine maruz kalmaktadır. Uçuş öncesi, uçuş sırasında ve uçuş sonrasında operatörün vücut duruşları gözlemlenmiştir. Operatör; İHA'nın modüler parçalarının birleştirilmesi-sökülmesi, pervanelerin açılması-uçuş öncesi kontrollerinin yapılması ve İHA'nın valize yerleştirilmesi süreçlerinde gövdeden eğildiği duruşta statik zorlanmalara maruz kalmaktadır. Kontrol ekranının uçuş öncesinde, uçuş sırasında ve uçuş sonrasında takibi için boyun bölgesi statik olarak öne eğilmektedir. Ayrıca uçuş sırasında İHA'nın gökyüzünde takibi sırasında boyun sıklıkla geriye uzanmaktadır.

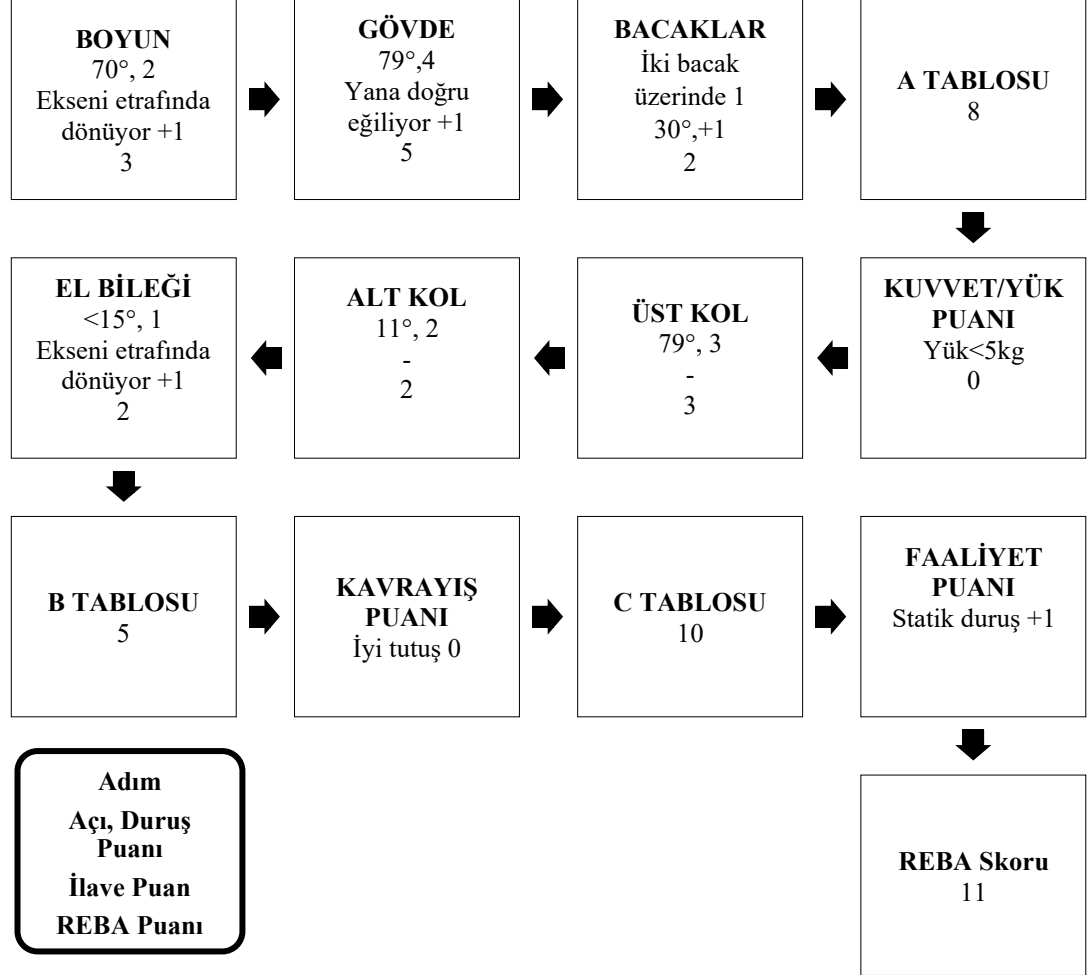
Operatörün pervaneleri açarken ve uçuş öncesi kontrolleri yaparken vücut duruşu, riskli olduğu değerlendirilerek REBA analizi için seçilmiştir. REBA analizi için fotoğraf üzerinde eklemlerin yerleri işaretlenmiş ve eklemler arası açılar belirlenmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 İHA 1 operatörünün gövdeden eğildiği duruş

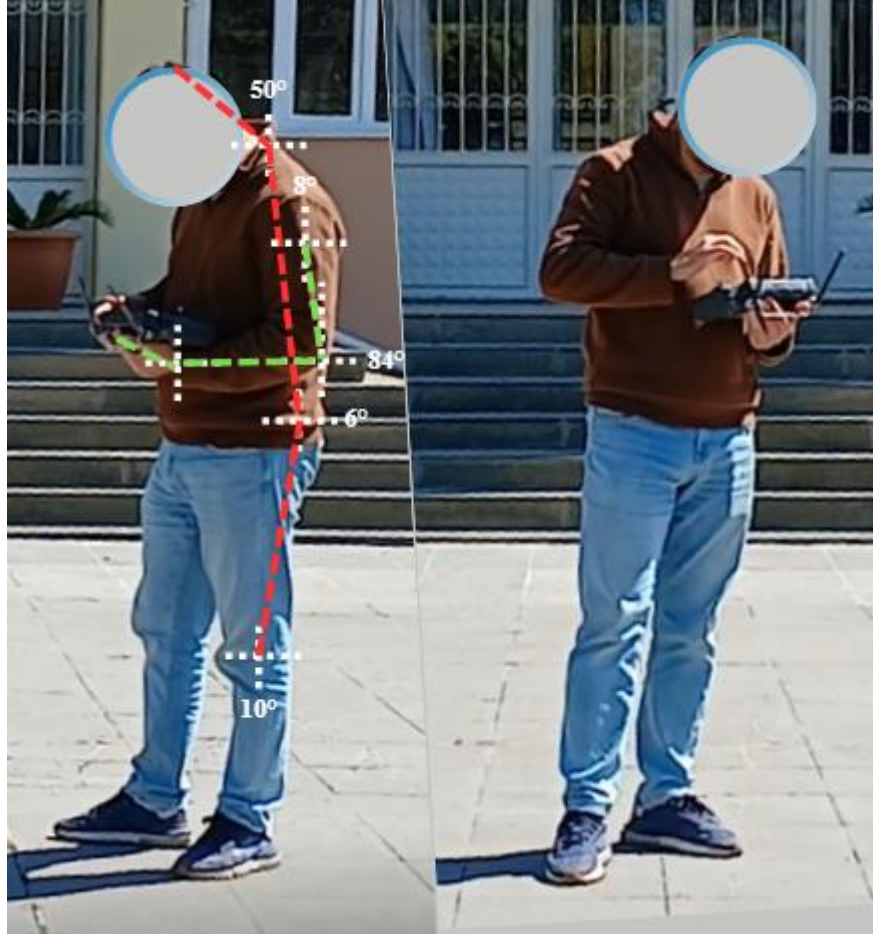
REBA adımları sırasıyla uygulandığında, İHA 1 operatörünün gövdeden eğildiği duruş için REBA skoru 11 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.3). Yılmaz ve Ünver (2023), yürüttükleri çalışmada orman ürünleri endüstrisinde boyutlandırma ünitesinde çalışan işçiye REBA analizi uygulamışlardır. İHA operatörü ile benzer duruşa sahip olan işçiye yapılan değerlendirme sonucu çıkan REBA skoru İHA operatörü ile aynıdır. REBA

değerlendirme ölçeğine göre incelenmesi gereken çok yüksek riskli ve önlem alınması gereken eylem sınıfında yer almaktadır.



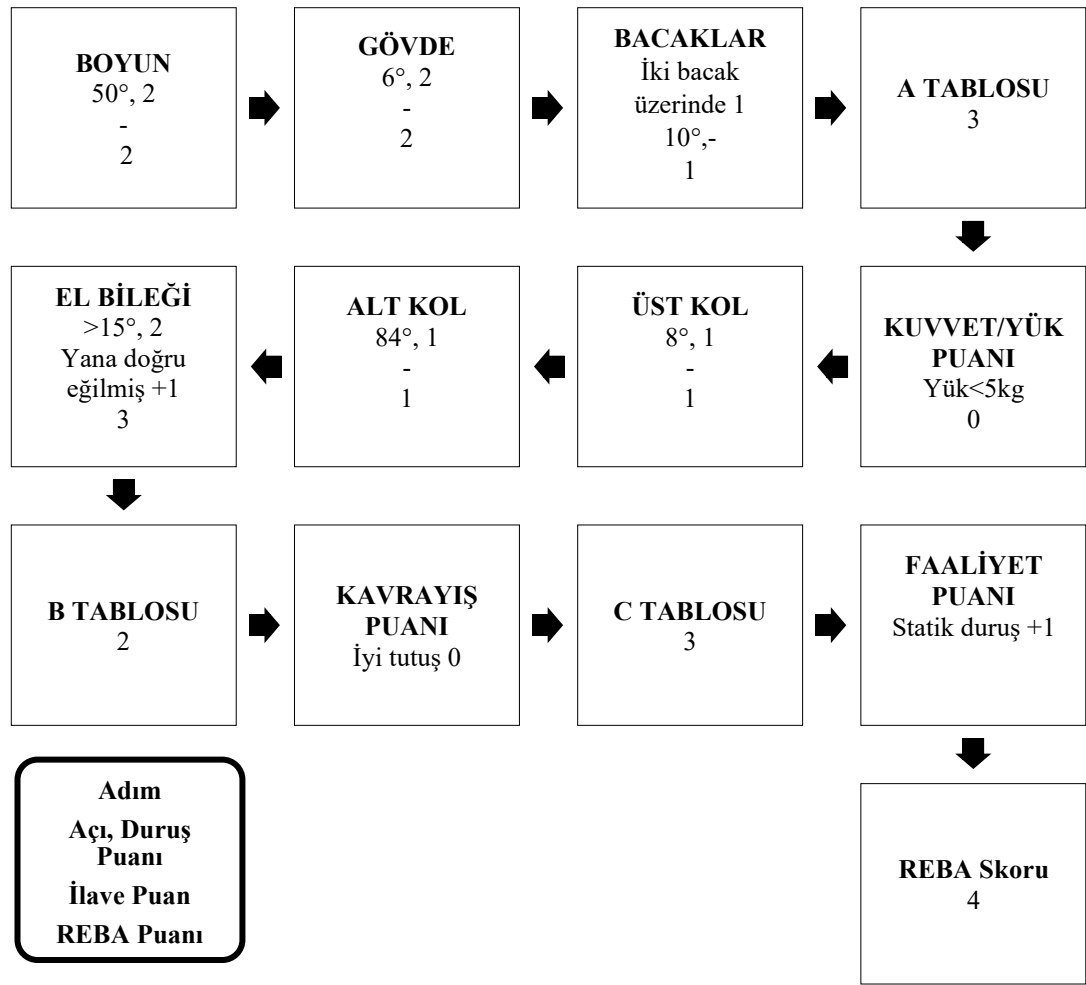
Şekil 4.3 İHA 1 operatörünün gövdeden eğildiği duruş için REBA analizi

Operatörün uçuş sırasındaki statik vücut duruşunun riskli olduğu değerlendirilmiş ve REBA analizi için seçilmiştir. REBA analizi için fotoğraf üzerinde eklemlerin yerleri işaretlenmiş ve eklemler arası açılar belirlenmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 İHA 1 operatörünün uçuş sırasındaki duruşu

REBA adımları sırasıyla uygulandığında, İHA 1 operatörünün uçuş sırasındaki duruşu için REBA skoru 4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.5). REBA değerlendirme ölçeğine göre orta risk düzeyinde ve araştırılması gereken eylem sınıfında yer almaktadır. Rodríguez Elizalde (2025) tarafından yürütülen çalışmada İHA operatörün aynı duruşu için RULA analizi yapılmıştır. Değerlendirme sonucu RULA skoru 4 olarak hesaplanmış olup duruşun araştırılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.5 İHA 1 operatörünün uçuş sırasındaki duruşu için REBA analizi

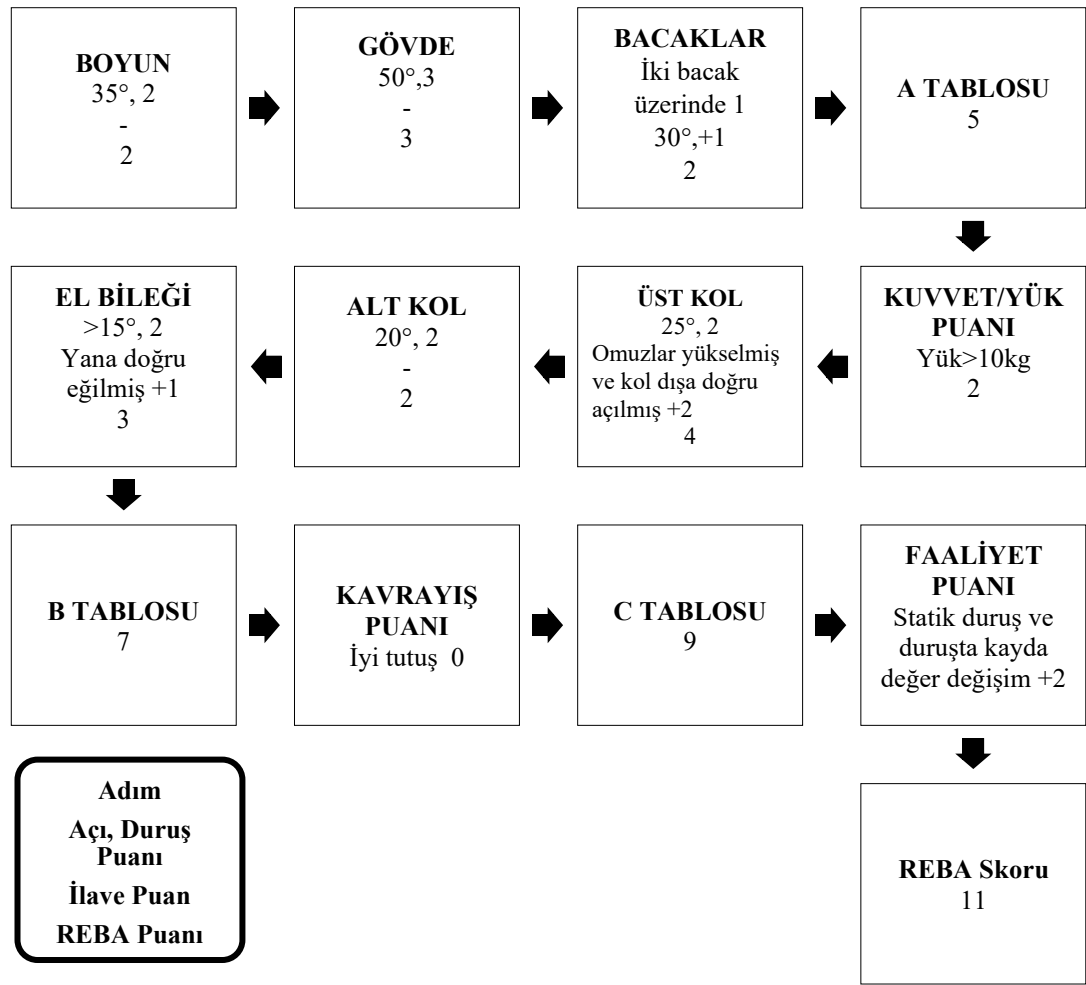
4.2 İHA 2 Operatörü REBA Analizi

Çalışmaya katılan operatör İHA ile tarımsal amaçlı ilaçlama ve gübreleme faaliyetleri gerçekleştirmektedir. Uygun olmayan vücut duruşları nedeniyle kas iskelet sistemi risklerine maruz kaldığı gözlemlenmiştir. Uçuş öncesi, uçuş sırasında ve uçuş sonrasında operatörün vücut duruşları gözlemlenmiştir. Operatör; İHA'nın araçtan indirilmesi-araca yüklenmesi, uçuş öncesi pervanelerinin açılması ve bataryaların İHA'ya yerleştirilmesi sırasında gövdeden sıklıkla eğilmekte ve eğildiği pozisyonda iş yapmaktadır. Gövdeden eğildiği vücut duruşunun riskli olduğu öngörülmektedir. REBA analizi için operatörün İHA'yı araca yüklerken sahip olduğu vücut duruşu fotoğraflanmış olup analiz sırasında kullanılacak açılar fotoğraf üzerinde işaretlenmiştir (Şekil 4.6).



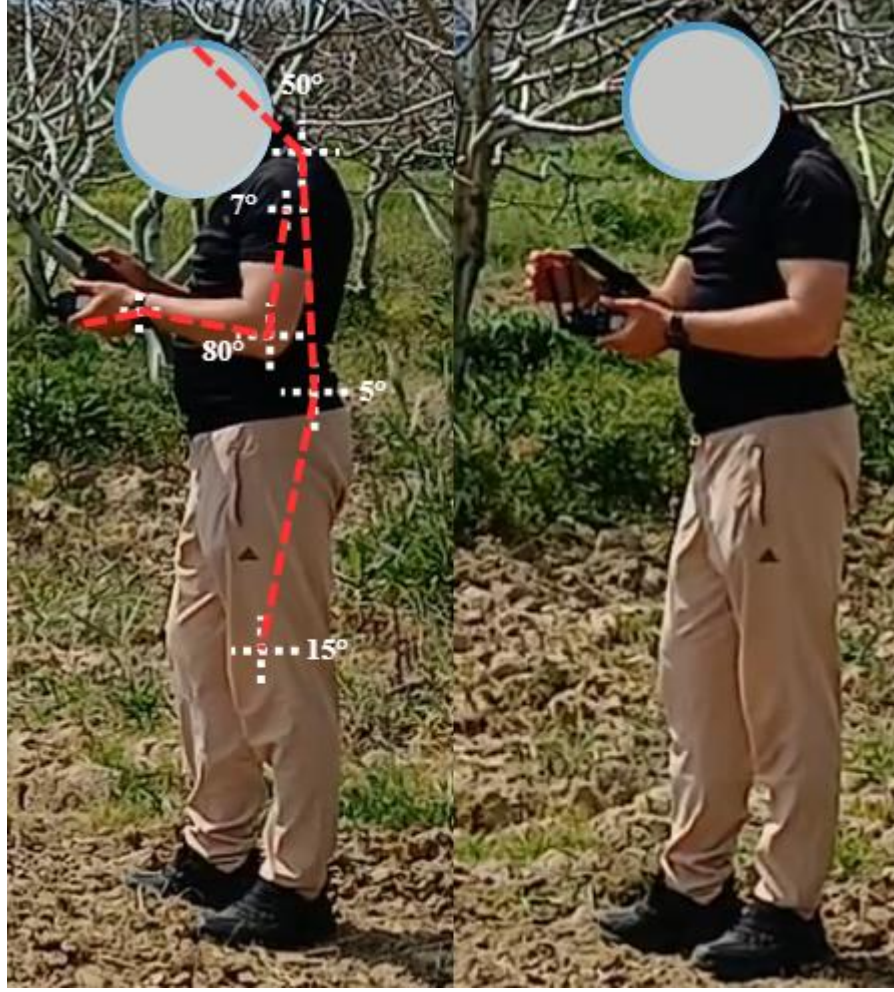
Şekil 4.6 İHA araca yerleştirilirken

İHA'yı araca yerleştirirken sahip olduğu duruş için REBA adımları sırasıyla uygulandığında REBA skoru 11 olarak belirlenmiştir. İHA'nın ağırlığının bacaklardan destek alınarak gövde ile kaldırılmasından dolayı tüm kasların zorlanmakta olup kas iskelet sistemi için risk oluşturmaktadır. Kahya ve Sakarya (2020), yaptıkları çalışmada ambulans çalışanlarının kas iskelet sistemi rahatsızlıklarını REBA ile değerlendirmişlerdir. Sedyeyi ambulansa taşıma işlemini çok yüksek riskli olarak belirlemişlerdir. İHA operatöründe benzer şekilde, İHA'nın araca yerleştirilmesi sırasında operatörün sahip olduğu duruş REBA puanlama tablosuna göre çok yüksek riskli olup incelenmesi ve önlem alınması gerekmektedir (Şekil 4.7).



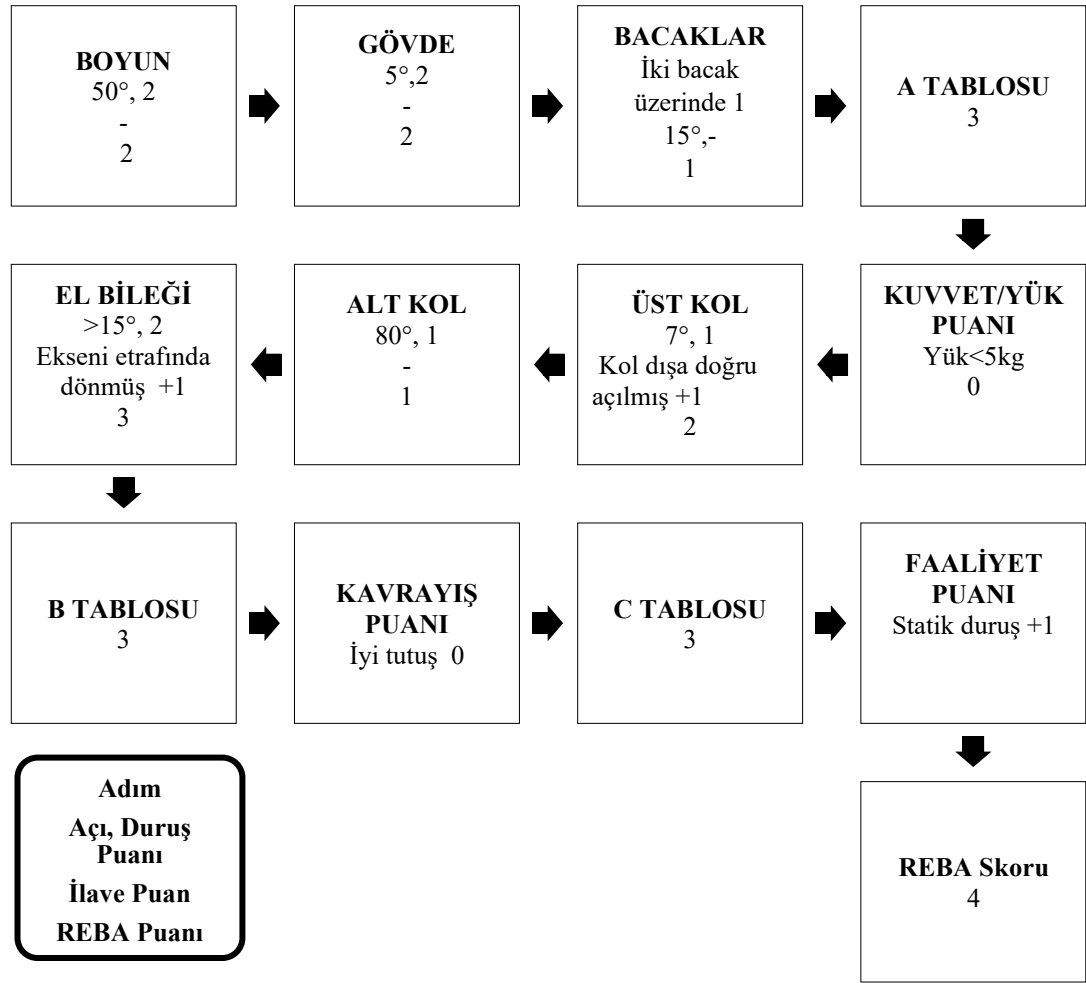
Şekil 4.7 İHA'nın araca yüklenmesi sırasındaki duruş için REBA analizi

Operatörün uçuş sırasında kontrol ekranını izlerken-komut verirken kumandayı tek el ile tuttuğu ve boyunda sürekli öne eğilme olduğu gözlemlenmiştir. Operatör için riskli olduğu düşünülen bu duruş REBA analizi için seçilmiştir (Şekil 4.8). Ayrıca uçuş sırasında İHA'yı gökyüzünde takip ederken boyunda geriye uzanma olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.8 İHA'nın uçurulması sırasında operatörün duruşu

Operatörün Şekil 4.8'deki duruşu için REBA adımları uygulandığında REBA skoru 4 olarak belirlenmiştir. REBA puanlama tablosuna göre araştırılması gereken orta risk düzeyine sahip eylem sınıfındadır (Şekil 4.9). RULA analizinde REBA analizinden farklı olarak sadece üst vücudun değerlendirilmektedir. Rodríguez Elizalde, (2025) tarafından yürütülen çalışmada operatörün kumandayı kontrol ederken sahip olduğu duruşlar incelenmiştir. Araştırmacı, yaptığı çalışmada boyundaki eğilmenin artmasıyla RULA skorunun 3'ten 4'e yükseldiğini belirlemiştir.



Şekil 4.9 İHA'nın uçurulması sırasında operatörün duruşu için REBA analizi

Operatörün İHA'yı daha önce bilmediği konumda uçurabilmesi için öncesinde haritalama yapmak zorundadır. Haritalama için operatör uydudan elde edilen veriler ile telefon üzerinden uçuş yapılacak alanı belirleyebilmektedir. Ancak operatör, bu yöntemin sağladığı kolaylığa rağmen yaşanan konumdan sapmalar nedeniyle tercih etmediğini ifade etmiştir. Operatör daha etkili bir iş yürütebilmek için manuel haritalama yapmaktadır ve bunun için işaretlenecek noktaların çevresinde gezmektedir. Ayrıca uçuş yüksekliği göz önüne alınarak İHA'nın uçuşuna engel olabilecek ağaç vb. tüm nesneler çevrelerinde tur atılacak şekilde işaretlenmektedir. Manuel haritalama sırasında operatör kollarını yere paralel tutmaktadır ve her nokta için 15 saniye beklemektedir. Haritalama araştırmacı tarafından deneyimlenmiştir. Araştırmacının duruşunda operatörden farklı olarak dirsekler kırılmış ve kumanda gövdeye yaklaştırılmıştır.

Operatör 45 dekarlık meyve bahçesini yaklaşık 2-2,5 saatte ilaçlamaktadır. İHA'nın bataryası ilaçlama sırasında yaklaşık 10-12 dakika kullanılabilir. Operatör, ilaçlama öncesinde haritalama için tarlanın çevresini ve tüm engelleri tek tek işaretlemektedir.

4.3 Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanıcılarına Yönelik Ergonomik Ön Değerlendirme Anketi ve Türkçe Cornell Kas İskelet Rahatsızlıkları Anketi 18 kişiye uygulanmıştır (EK 1). Ankete katılan operatörlerin yaş ortalaması 36 olup %11'i kadın İHA operatörüdür. Katılanların %56'sı İç Anadolu bölgesinde faaliyet göstermekte olup ortalama 4 yıllık İHA deneyimine sahiptir.

Ankete katılan operatörler, İHA'ları %36 oranında ilaçlama, %24 oranında gübreleme ve %16 oranında uzaktan algılama/görüntüleme amaçlarıyla kullanmaktadır. Yabancı ot tespiti, kanola,-çeltik ekimi ve yapay tozlama İHA ile yapılan diğer tarımsal faaliyetler arasındadır. Ghazali vd. (2022), yürüttükleri çalışmada İHA uygulamalarında tohum ekimi üzerine yapılan araştırmaların diğer alanlara göre daha sınırlı olduğunu vurgulamışlardır. Katılanların %61'inin kullandığı İHA, İHA 2 sınıfındadır. Katılanların hepsi mayıs-haziran-temmuz-ağustos aylarında İHA'yı kullanmakta olup kış ve sonbahar mevsiminde uçuş gerçekleştiren operatör sayısı azalmaktadır. Uçuşlarda yağışsız, rüzgarsız ve bunaltıcı olmayan hava koşulları tercih edilmektedir. Bununla birlikte uzaktan algılama için İHA kullanan operatörler güneşin dik geldiği zaman dilimini kullanmaktadır.

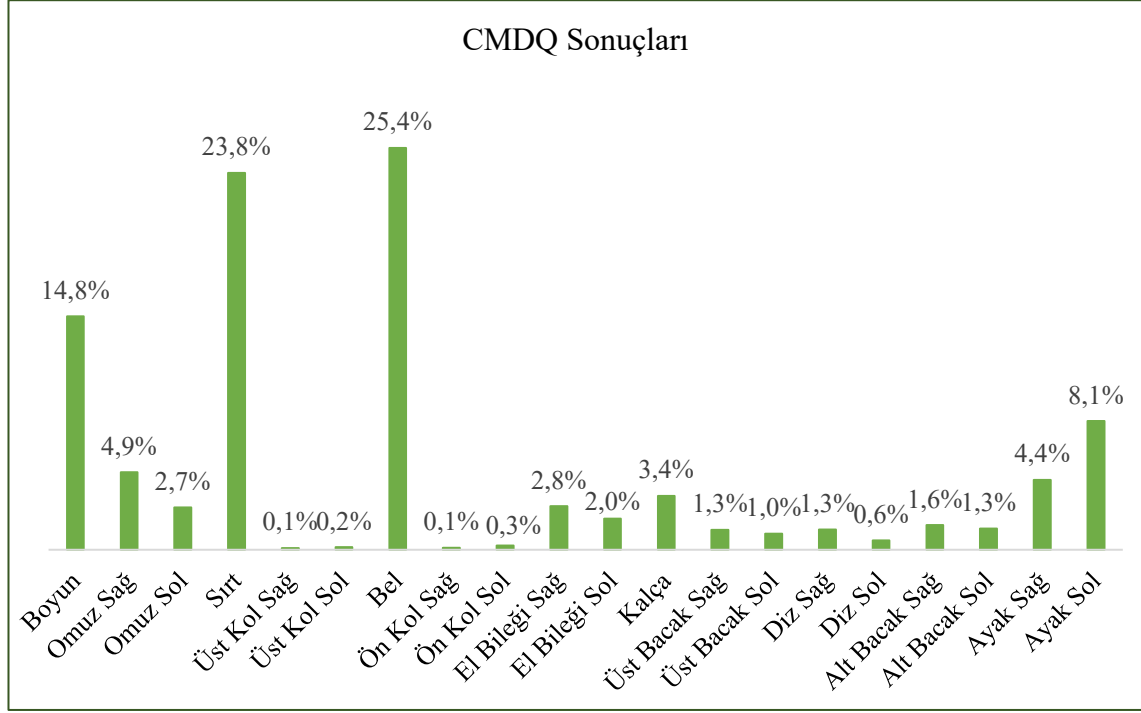
Uçuş yapacak operatörün günlük uçuş süresi yapılacak işe göre değişmektedir. Operatörler günlük çalışma saati sorusuna ortalama saat cevabı verdiği gibi aralık belirten operatörler de mevcuttur. Anket cevapları değerlendirilirken belirtilen maksimum ve minimum saatlerin ortalaması alınmıştır. Ankete katılan operatörler günlük 5,8 saat çalışmaktadır. Verilen cevaplara göre operatörler maksimum 22 saat minimum yarım saat çalışmaktadır. Shapiro-Wilk yöntemi ile %5 anlamlılık düzeyi için günlük çalışma saati normal dağılıma uymaktadır. Ancak operatörler ile yapılan görüşmede yapılacak işin

büyük ölçüde değişkenlik gösterdiğini ayrıca çalışma saatlerinin hava koşullarından ve güneşin batış saatinden etkilendiğini vurgulamışlardır. Çalışma kapsamında, operatörlerin beyan ettiği maksimum ve minimum saatlerin daha önemli olduğu düşünülmektedir. Tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için uygun koşulların oluşması gerekmektedir. Çiftçilerin aynı zamanda İHA'yı talep etmesi ve değişken hava şartları da düşünüldüğünde operatörler aldıkları işi bir an önce bitirme eğilimindedir. Bu nedenle katılımcılar arasında çalışırken en fazla ara veren katılımcı 50 dakikada bir ara vermektedir. Katılımcılar genel olarak ara vermeden işi tamamlama eğilimindedirler. İHA'yı göreve göndermek, bataryaların dolmasını beklemek, yemek molası veya parsel bitimleri operatörlerin dinlendiği sınırlı vakitlerdir.

Operatörlerin %66'sı çalışırken oturma ihtiyacı hissetmekte ve %16'sı sandalye vb. gereç kullanmaktadır. Bununla birlikte bazı katılımcılar, arazi koşulları nedeniyle ayakta çalıştıklarını ifade etmiştir. Cardoso vd. (2021) yürüttükleri çalışmada, statik olarak kullanılan sandalyeler yerine oturma alanı ikiye ayrılmış sandalye kullanımının ergonomik açıdan fayda sağlama potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir. Uzun süre ayakta çalışan operatörlerin %77'si bel, boyun, sırt, ayak ve bacak ağrılarından en az birini uçuş sırasında yaşadıklarını belirtmişlerdir. İHA kontrolü için kullandıkları kumandanın kütlesi 1,5 kilogramı geçebilmektedir. Kumandayı genellikle elde tutan operatörler aparat ile boyunlarına asmayı tercih edebilmektedir. Ayrıca sesli komut ile çalışan kumanda mevcuttur. Kahya ve Özkan (2017) yaptıkları çalışmada, çalışma ekipmanlarının ayarlanabilir olmasını önermişler ve vücut egzersizi içeren periyodik molaların uygun olmayan duruşlarda uzun süre vakit geçirmeyi önleyebileceğini ifade etmişlerdir. Operatörlerin %50'si jeneratör sesinden rahatsızdır. Çalışma koşullarının değişkenliği, uçuşun sorunsuz olarak gerçekleşmesi için sürekli çevrenin kontrol edilmesi, İHA'ların pahalı sistemler olması, her an arıza çıkabilme ihtimali gibi nedenlerle operatörlerin %83'ü yaptıkları işi stresli-gergin-yoğun olarak tanımlamaktadır. Operatör ile yapılan görüşmelerde, bu işi severek yaptıklarını ancak zarar görmemek-vermemek için ve yapılacak hatanın telafisi olmayacağı için baskı altında hissettiklerini ifade etmişlerdir. İlaçlama için koruyucu eldiven ve maske kullanan katılımcılar, iş güvenliği için pervanelerin tehlike oluşturabileceğini belirtmişlerdir.

Uygulanan Cornell Kas İskelet Rahatsızlıkları Anketi'ne göre en riskli vücut bölümleri sırasıyla bel (%25,4), sırt (%23,8) ve boyun (%14,8) olarak belirlenmiştir. Sağ-sol ayak,

omuz ve kalça bölümleri üst sıralarda yer almaktadır. Operatörlerin vücut bölümlerini sağ ve sol için simetrik olarak işaretlediği görülmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 CMDQ sonuçları

4.4 İHA Operatörlerinin Ergonomik Risk Değerlendirmesi

Çalışma kapsamında İHA operatörlerinin ergonomik risk değerlendirmesi yürütülmüştür. Uçuş sırasında İHA'nın çevresinde yer alan insan, hayvan ve ağaç gibi canlı varlıklar veya konut ve depo gibi yapılar için çeşitli tehlikeler belirlenmiştir. Hızla dönen pervaneler, İHA'nın ağırlığı-hızı-yüksekliği zarar verebilecek niteliktedir. Çalışma kapsamında belirlenen risk faktörleri aşağıda açıklanmıştır.

Uygun olmayan vücut duruşları ergonomik risk olarak değerlendirilmiş ve operatörlerin riske maruziyeti REBA analizi ile ortaya konmuştur. İHA 1 ve İHA 2 operatörünün gövdeden eğildiği vücut duruşu yüksek risklidir ve önlem alınması gerekmektedir. İHA modelinin yerden yüksekliği operatörün gövde açısını doğrudan etkilemektedir. İHA 1 modelinin yere daha yakın olması sebebiyle İHA 1 operatörünün gövde puanı daha

yüksektir. İHA 2'nin ağırlığı operatörün duruşunda kayda değer değişikliklere sebep olmaktadır bu nedenle operatörün yük ve faaliyet puanı artmaktadır.

Uçuş sırasında her iki operatörün duruş açıları benzer olup vücut duruşları orta risklidir. Yapılan gözlemlerde boynun geriye doğru esnediği duruşlar olmakla birlikte statik olarak aşağıya eğilmeye zorlandığı belirlenmiştir. Rodríguez Elizalde (2025) yürüttüğü çalışmada, boyundaki zorlanmaların azaltılması için İHA takibinin uygun mesafeden yapılmasının önemini vurgulamıştır.

Araştırmacı tarafından REBA analizinde kullanılmak üzere her iki operatör için ikişer duruş belirlenmiştir. Ancak İHA kullanımında uygun olmayan vücut duruşlarının fazlalığı dikkat çekmektedir. Haritalama sırasında üst kolun yaklaşık 90° açıda uzun süreli tutulması operatörün kas iskelet sistemi sağlığı üzerinde risk oluşturmaktadır. İlaçlamada kullanılan İHA 2 ağırlığı nedeniyle üç kişi tarafından arabadan indirilebilmiştir. Engibeli tarla yüzeyi ve İHA 2'nin ağırlığı göz önüne alındığında operatör ve taşımaya yardımcı olan kişilerin uygun olmayan vücut duruşu ergonomik risk olarak değerlendirilmektedir.

İHA 2 operatörü, yapılan görüşmede sol elinin baş parmak ile işaret parmağı arasında kalan bölgenin hafta boyunca 3-4 kez orta şiddette ağrıdığını ifade etmiştir. İfadesi yapılan gözlemlerle tutarlı olup yaşadığı ağrı operatörün kumandayı tek eli ile sıkarak kullanması sonucudur. İHA 1 operatörü baş parmağı ile avucunun bileği ile birleştiği bölgede yaşadığı ağrıyı belirtmiştir. Baş parmağı ile avucu arasındaki bölgenin her gün bir kez orta şiddette ağrıdığını vurgulamıştır. Yaşadığı ağrının kumandanın elinde yaslandığı bölge olduğu gözlemlenmiştir.

İHA'nın uzaktan kumandası iki el ile rahat kavranabilir olup tuşlara kolay erişim sağlanabilmektedir. Ancak İHA 1'in ekranlı kumandası nedeniyle operatör ekrandan komut verirken kumandayı tek el ile tutmaktadır. Ayrıca uçuş sırasında operatör cep telefonunu kullanmak istediğinde kumandayı kolu ile gövdesi arasında sıkıştırmaktadır. İHA 2'nin kumandası daha hafif olup operatör tarafından tek el ile kullanılmaktadır. Kumanda telefon ile entegre çalıştığından boyun askılığı kumandaya takılamamaktadır.

Ankete katılan 18 kişiden sadece 2 kişi boyun askılığı kullanmaktadır. Uzaktan kumandanın ağırlığı nedeniyle oluşan yorgunluk kullanılan elin değiştirilmesiyle giderilmeye çalışılmaktadır. Kas iskelet sistemine ilave yük getirmeyecek ergonomik tasarımı sırt-boyun askılıklarının kullanım konforu oluşturacağı düşünölmektedir.

Tekrarlı hareketler kas iskelet sistemi üzerinde risk oluşturmaktadır. Çalışmada, ilaçlama faaliyetinde kullanılan bataryanın ömrü yaklaşık 12 dakika olup hesaplanan günlük ortalama çalışma süresine göre operatör en az 25 defa boşalan bataryaları yenisiyle değiştirmek zorundadır. Jeneratörlerin bulunduğu araba ile İHA'nın kalkış yapacağı konum arası yaklaşık 6 metredir. Bir batarya 6.485 kg kütleinde olup iki batarya operatör tarafından sürekli bu mesafede taşınmaktadır. Batarya yuvasının operatöre ilave hareket gerektirmeyerek tekrarlayan hareket riskini arttırmaması önem taşımaktadır. Küçük arazilerde kurulum süreçleri ayrıca tekrarlı hareket oluşturmaktadır. Anketten alınan cevap bu sorunu açıklar niteliktedir: "Piller başlı başına sorun. şarj süresi, jeneratörler, ufak parçalı tarlalarda topla tekrar kur çok zor oluyor."

Bilişsel risk faktörleri göz önüne alınarak operatörlere maruz kaldıkları zihinsel yük sorulmuştur. Operatörlerin tamamı yapılan işin belirsizliklerle dolu olduğu, zamana karşı yarışılması gerektiği ve pahalı ekipmanlar nedeniyle sürekli dikkat gerektirdiği konusunda hem fikirdirler. Rahmani ve Weckman (2024), yaptıkları çalışmada İHA kazalarında İHA'nın teknik özellikleri yerine insan faktörünün öne çıktığını belirtmişlerdir. İş sağlığı ve güvenliği gözetildiğinde, ekipmanları korumaya yönelik sigorta benzeri desteklerin operatörlerin daha rahat çalışmasına katkı sunacağı düşünölmektedir.

Uçuş için havanın açık ve rüzgarsız olması zorunluluğu mevcuttur. Ancak, çevresel risk faktörlerinden güneş ve sıcaklık çalışma koşullarını doğrudan zorlaştırmaktadır. Operatörün alışma konforunu olumsuz etkilemesinin yanı sıra kumanda ekranının parlaması nedeniyle çalışmayı da zorlaştırmaktadır. Jeneratör sesi güröltü kirliliği oluşturarak operatörleri rahatsız etmektedir.

İHA kullanmak geleneksel tarım yöntemlerine göre maliyet, zaman ve verim açısından üstünlüklere sahiptir. Bununla birlikte operatörün sağlığı göz ardı edilmektedir. Uzun süreli ayakta çalışmaları, sürekli elde ağırlık tutulması, tekrarlayan hareketler, molasız çalışma hepsi kas iskelet sistemi üzerinde risk oluşturmaktadır. CMDQ anket sonuçları operatörlerin yaşadığı riskleri doğrular niteliktedir. Operatörün yaşadığı ağrılar, kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına dönüşme potansiyeline sahip olup önlem alınması gerekmektedir.

Ergonomik risk değerlendirmesinde risklerin analiz edilmesi ile çözümlerin belirlenmesi ve çözümlerin uygulanması aşamasına geçilmektedir. Operatörlerin maruz kaldığı kas iskelet sistemi risklerinin bertaraf edilmesi amacıyla öncelikli olarak operatör iş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgilendirilmelidir. Operatörün yorulduğunda dinlenebilmesine ve iş sırasında yükünün azaltılabilmesine yönelik çözümler geliştirilmelidir. Çözümlerin uygulanması sonrası operatörler takip edilerek gerekli iyileştirmeler yapılmalı ve ergonomik risk değerlendirme döngüsü takip edilmelidir. Çalışma kapsamında belirlenen çözümler bir sonraki bölümde açıklanmıştır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışma kapsamında tarımsal amaçlı İHA kullanımında operatörlerin çalışma koşulları incelenmiştir. Operatörlerin maruz kaldığı risklerin belirlenebilmesi ve önlem alınabilmesi için ergonomik risk değerlendirmesi yürütülmüştür. İHA ile gerçekleştirilebilen görevler tarımda ve diğer sektörlerde çeşitlenmekte olup operatör sayısı her geçen gün artmaktadır. Tarımda İHA kullanımı belirgin şekilde artmış ve kullanımı yaygınlaşmış olup yer yer tarım makinası sınıfına dahil edilmiştir. Kullanımına yönelik düzenlemeler devlet tarafından yürütülmeye başlanmıştır. Tarımda kalitenin yanı sıra maliyet ve zamandan tasarruf avantajları görülmüş olup araştırmalara konu olmuştur. Yeni teknolojik ürünlerden beklenen faydanın sağlanabilmesi, ancak işe ve operatöre uyum sağlanması ile mümkündür. İHA kullanımının sağladığı avantajlar derinlemesine araştırılmakla birlikte iş güvenliği ve sağlığı konusunda çalışmalar oldukça sınırlıdır. Ergonomik değerlendirme kendini sürekli yenileyen ve denetleyen bir döngüdür. Tez kapsamında İHA operatörlerine ergonomik risk değerlendirme döngüsünün adımları uygulanmıştır. İlk olarak risk belirlenmesi amacıyla 18 operatöre Türkçe Cornell Kas İskelet Rahatsızlıkları Anketi ve araştırmacı tarafından hazırlanan İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanıcılarına Yönelik Ergonomik Ön Değerlendirme Anketi uygulanmıştır. Çevresel risk faktörlerinden güneş ve fiziksel risk faktörlerinden kas iskelet sistemi riskleri operatörlerin maruz kaldığı başlıca riskler olarak belirlenmiştir. İkinci olarak kas iskelet sistemi risk faktörlerinden zorlayıcı duruş REBA yöntemi ile analiz edilmiştir. İHA kullanımı sırasında operatörü uygun olmayan duruşa zorlayan, yüksek risk taşıyan ve önlem alınması gereken eylemler belirlenmiştir. Ayrıca tekrarlı hareketler, operatörlerin yaşadığı ağrılar ile ilişkilendirilmiştir. Operatörlerin güvenli, rahat ve konforlu çalışabilmesi için çözümler belirlenmiş olup tez sonuçlarına dayandırılarak çalışma koşullarının iyileştirilmesi amacıyla önerilmektedir. İHA ekipmanlarının yüksek maliyetleri nedeniyle operatörler stres altında olduklarından yapılacak sigortanın önemi ortaya çıkmaktadır. Operatörlerin kas iskelet sistemi risklerine maruz kaldığı açıktır ve çeşitli vücut bölümlerinde yaşadıkları ağrılar ile ilişkilendirilebilir. Operatörlere iş sağlığı ve güvenliği konusunda verilebilecek eğitim ile ergonomi konusunda farkındalık yaratılmalıdır. Uzun süreli ve molasız çalışmak yaşanan risklerin şiddetini arttırmakta ve yeni riskler oluşturmaktadır. İHA'ların otonom uçuş özelliğinden yararlanılarak

periyodik molalar çalışma saatlerine dahil edilebilir. Arazi şartları uygunsa güneşten korunmak amacıyla operatör uçuşu gölgeden takip etmelidir. Operatör, ilaçlama sırasında giydiği eldiven gibi güneşten koruyucu şapkayı yanında taşımalıdır. İHA üreticileri İHA tasarımlarında montaj kolaylığını gözetmelidir. Araziye uyum sağlayabilen taşıma çantaları ile İHA'nın yerden yüksekliğini arttırarak operatörün eğilmesini azaltan düzenekler operatörlerin ergonomik şartlarını iyileştirecektir. Ayrıca endüstride kullanılan dış iskeletlerin operatörler tarafından kullanılmasının etkili olacağı değerlendirilmektedir. Operatör ihtiyaçları gözetilerek tasarlanıp üretilecek dış iskeletlerin operatöre büyük konfor sağlayacağı beklenmektedir. Çalışmaya katılan gönüllüler, İHA sistemlerine kıyasla düşük maliyetlerle satın alınabilecek ergonomiye yönelik dış iskelet benzeri ekipmanlara olumlu yaklaşmışlardır. Ergonomik risk değerlendirme döngüsünde son adım, uygulanan çözümlerin izlenmesi ve gerekli iyileştirmelerin yapılmasıdır. Tez kapsamında İHA operatörlerinin çalışma koşullarının iyileştirilmesi ve yaşanan risklerin ortadan kaldırılması ya da makul düzeylerde tutulmasına yönelik çözümler önerilmiş olup, ilerleyen çalışmalarda söz konusu çözüm önerilerinin sahada uygulanması ve etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Adem, A., Atıcı, U., Şenol, M. B., & Dağdeviren, M. 2023. A Systematic Review of Cognitive Ergonomics And Safety: General Trends And Application Areas. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 11(4), 1131–1161. <https://doi.org/10.29109/gujsc.1378288>
- Alnaser, M. Z., & Wughalter, E. H. 2009. Effect of chair design on ratings of discomfort. *Work*, 34(2), 223–234.
- Altaş, Z. 2017. *Drone Kullanılarak Görüntü İşleme Tekniği İle Şeker Pancarı Yaprak Lekesi Hastalık (Cercospora Beticola) Düzeyinin Belirlenmesi* Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tokat.
- Anonim. 2023. *Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu*. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM). Erişim Tarihi: 29.12.2024 Erişim Adresi: https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/kurumsal/faaliyet/2023_v2.pdf
- Anonim. t.y.–a. *AIRAKS ASDS (AIRAKS Surveillance Drone System)*. Erişim Tarihi: 17.10.2025 Erişim Adresi: <https://airaks.com/tr/urun/asds-airaks-surveillance-drone-system>
- Anonim. t.y.–b. *AIRAKS V220 VTOL Sabit Kanatlı Drone*. Erişim Tarihi: 17.10.2025 Erişim Adresi: <https://airaks.com/tr/urun/v220-vtol-sabit-kanali-drone>
- Anonim. t.y.–c. *İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA)*. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM). Erişim Tarihi: 10.12.2024 Erişim Adresi: https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/talimatlar/SHT-IHA_WEB.pdf
- Anonymous. (2024). *Agriculture Drone Insurance*. Erişim Tarihi: 11.06.2024 Erişim Adresi: <https://ag.dji.com/newsroom/agriculture-drone-insurance>
- Anonymous. 2022. *Musculoskeletal health*. World Health Organization (WHO). Erişim Tarihi: 20.12.2024 Erişim Adresi: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>
- Anonymous. n.d.–a. *Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaires - Turkish (T-CMDQ) Cornell University Ergonomics*. Erişim Tarihi: 24.12.2024 Erişim Adresi: <https://ergo.human.cornell.edu/ahmsTurkishquest.html>
- Anonymous. n.d.–b. *Standards*. Erişim Tarihi: 22.01.2026 Erişim Adresi: <https://www.iso.org/standards.html>
- Anonymous. n.d.–c. *XAG P100 Agricultural Drone Specs*. Erişim Tarihi: 28.04.2026 Erişim Adresi: <https://www.xa.com/en/p100/p100specs>
- Attahir, M., Chutima, P., & Miralles, C. 2025. Cognitive ergonomics assessment and categorization in human-robot collaborative workplaces: a systematic literature review. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 1–40. <https://doi.org/10.1080/21681015.2025.2594008>

- Balestrieri, E., Daponte, P., De Vito, L., Picariello, F., & Tudosa, I. 2021. Sensors and Measurements for UAV Safety: An Overview. *Sensors*, 21(24), 8253.
- Baran, E., & Ersoy Karaçuha, M. 2021. Küresel İklim Değişikliğine Uyum: Akıllı Tarım Uygulamaları ve İş Sağlığı ve Güvenliği. *Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Öğrenci Kongresi Bildiri Kitabı, İstanbul*, 13–20.
- Benos, L., Tsaopoulos, D., & Bochtis, D. 2020a. A Review on Ergonomics in Agriculture. Part I: Manual Operations. *Applied Sciences*, 10(6), 1905.
- Benos, L., Tsaopoulos, D., & Bochtis, D. 2020b. A Review on Ergonomics in Agriculture. Part II: Mechanized Operations. *Applied Sciences*, 10(10), 3484.
- Cañas, J. 2008. Cognitive Ergonomics in Interface Development Evaluation. *Journal Of Universal Computer Science*, 14, 2630–2649. <https://doi.org/10.3217/jucs-014-16-2630>
- Cardoso, M. R., Cardenas, A. K., & Albert, W. J. 2021. A biomechanical analysis of active vs static office chair designs. *Applied ergonomics*, 96, 103481.
- Coşkun Yıldırım, M. 2023. *Farklı dönüşüm yöntemleri için shapiro-wilk test istatistiği ile dönüşüm parametresinin kestirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çetin, M., Karabay, G., & Kurumer, G. 2015. Ofis sandalyesi memnuniyet araştırması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 269–274.
- Das Chakladar, D., & Roy, P. P. 2024. Cognitive workload estimation using physiological measures: a review. *Cognitive Neurodynamics*, 18(4), 1445–1465. <https://doi.org/10.1007/s11571-023-10051-3>
- Eminoğlu, M. B., & Koç, C. 2018. Akıllı Tarla Pülverizatörünün Geleneksel Tarla Pülverizatörü İle Ergonomik Açıdan Karşılaştırılması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6, 257–262.
- Ercan, Ş., Öztep, R., Güler, D., & Saner, G. 2019. Tarım 4.0 ve Türkiye'de uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi. *Tarım ekonomisi dergisi*, 25(2), 259–265.
- Erdinc, O., Hot, K., & Ozkaya, M. 2011. Turkish version of the Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire: cross-cultural adaptation and validation. *Work*, 39(3), 251–260.
- Garcia, J., Chevrier, L., Jestin, Y., & Brock, A. M. 2019. *HandiFly: towards interactions to support drone pilots with disabilities* Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Glasgow, Scotland Uk. <https://doi.org/10.1145/3290607.3312957>
- Ghasri, M., & Maghrebi, M. 2021. Factors affecting unmanned aerial vehicles' safety: A post-occurrence exploratory data analysis of drones' accidents and incidents in Australia. *Safety Science*, 139, 105273. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105273>
- Ghazali, M. H. M., Azmin, A., & Rahiman, W. 2022. Drone implementation in precision agriculture—A survey. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 12(4).

- Hart, S. G., & Staveland, L. E. 1988. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Advances in Psychology* (Vol. 52, pp. 139–183). North-Holland. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- Hedge, A., Morimoto, S., & Mccrobie, D. 1999. Effects of keyboard tray geometry on upper body posture and comfort. *Ergonomics*, 42(10), 1333–1349.
- Hernandez, H. 2021. *Testing for Normality: What is the Best Method?* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13926.14406>
- Hignett, S., & McAtamney, L. 2000. Rapid entire body assessment (REBA). *Applied ergonomics*, 31(2), 201–205.
- Ioniță, A.-R., Anghel, D.-C., & Boudouh, T. 2025. Mind, Machine, and Meaning: Cognitive Ergonomics and Adaptive Interfaces in the Age of Industry 5.0. *Applied Sciences*, 15(14), 7703.
- Jeelani, I., & Gheisari, M. 2022. Safety Challenges of Human-Drone Interactions on Construction Jobsites. In H. Jebelli, M. Habibnezhad, S. Shayesteh, S. Asadi, & S. Lee (Eds.), *Automation and Robotics in the Architecture, Engineering, and Construction Industry* (pp. 143–164). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77163-8_7
- Kahya, E., & Özkan, N. F. 2017. Bir üniversitenin idari ofislerindeki ergonomik risklerin değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(1).
- Kahya, E., & Sakarya, S. 2020. Ambulans çalışanlarının kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının değerlendirilmesi. *Ergoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*, 8(2), 99–106.
- Kong, Y.-K., Lee, S.-J., Lee, K.-S., Kim, G.-R., & Kim, D.-M. 2015. Development of an ergonomics checklist for investigation of work-related whole-body disorders in farming–AWBA: Agricultural whole-body assessment. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 21(4), 207–215.
- Lorenzini, M., Lagomarsino, M., Fortini, L., Gholami, S., & Ajoudani, A. 2023. Ergonomic human-robot collaboration in industry: A review. *Frontiers in Robotics and AI, Volume 9 - 2022*. <https://doi.org/10.3389/frobt.2022.813907>
- Luttmann, A., Jäger, M., Griefahn, B., Caffier, G., Liebers, F., & Steinberg, U. 2003. *Preventing Musculoskeletal Disorders in the Workplace*. Erişim Tarihi: 20.12.24 Erişim Adresi: <https://www.who.int/publications/i/item/preventing-musculoskeletal-disorders-in-the-workplace>
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. 1993. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied ergonomics*, 24(2), 91–99.
- Ozguven, M. 2023. *The Digital Age in Agriculture*. <https://doi.org/10.1201/b23229>
- Rahmani, H., & Weckman, G. R. 2024. Working under the shadow of drones: investigating occupational safety hazards among commercial drone pilots. *IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 12(1-2), 55–67.

- Reid, G. B., & Nygren, T. E. 1988. The Subjective Workload Assessment Technique: A Scaling Procedure for Measuring Mental Workload. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Advances in Psychology* (Vol. 52, pp. 185–218). North-Holland. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62387-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62387-0)
- Roach, A. L., & Duffy, V. G. 2021, July 24–29. Emerging Applications of Cognitive Ergonomics: A Bibliometric and Content Analysis. HCI International 2021 - Late Breaking Papers: Cognition, Inclusion, Learning, and Culture, Cham.
- Rodríguez Elizalde, R. 2025. Ergonomic Risk Analysis for Drone Pilots. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 10, 193–211. <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i31s.5024>
- Sabancı, A., Sümer, S. K., & Say, S. M. 2012. *Meslek Yüksekokulları için Endüstriyel Ergonomi*. Nobel Yayınevi.
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. 1965. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591–611. <https://doi.org/10.2307/2333709>
- Sonne, M., Villalta, D. L., & Andrews, D. M. 2012. Development and evaluation of an office ergonomic risk checklist: ROSA–Rapid office strain assessment. *Applied ergonomics*, 43(1), 98–108.
- Sümer, S. K., Tuna, E. İ. T., & Kalıncılıç, F. 2025. Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları Ve Ergonomik Risk Değerlendirmesi. In Y. Karatepe Mumcu & G. Özkaya (Eds.), *Güncel Mühendislik Araştırmaları Ve Uygulamaları* (pp. 77–113). Livre de Lyon.
- Umeda, S., Yoshikawa, N., & Seo, Y. 2022. Cost and workload assessment of agricultural drone sprayer: A case study of rice production in Japan. *Sustainability*, 14(17), 10850.
- Yangal, H. S., Karakoç, A. S., Akbulut, A., & Gedikağaoğlu, M. 2022. İnsansız hava aracı ile akıllı tohumlama ve ağaçlandırma amaçlı kil topu uygulaması. *Biyosistem Mühendisliği Dergisi*, 3(1), 18–31.
- Yazici, B., & Asma, S. 2007. A comparison of various tests of normality. *Journal of Statistical Computation and Simulation - J STAT COMPUT SIM*, 77, 175–183. <https://doi.org/10.1080/10629360600678310>
- Yeşilay, R. B., & Macit, A. 2020. Dünyada ve Türkiye’de drone ekonomisi: Geleceğe yönelik beklentiler. *Beykoz Akademi Dergisi*, 8(1), 239–251.
- Yılmaz, M., & Ünver, M. 2023. Ergonomic Risk Assessment in the Forest Products Industry. *Sakarya University Journal of Science*, 27(5), 1019–1035.

EK 1 Anket

Aydınlatılmış Onam Formu

Tarımda İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanımının Ergonomik Açıdan Değerlendirilmesi

Sayın gönüllü,

Yüksek Lisans Tezi kapsamında planlanmış olan yukarıda adı yazılı araştırmaya katılmak üzere davet edilmiş bulunuyorsunuz. Bu araştırmada yer almayı kabul etmeden önce, araştırmanın ne amaçla yapılmak istendiğini anlamanız ve kararınızı bu bilgilendirme çerçevesinde özgürce vermeniz gerekmektedir.

Aşağıdaki bilgileri lütfen dikkatlice okuyunuz, sorularınız olursa sorunuz ve açık yanıtlar isteyiniz.

Tarımda İHA kullanıcılarının maruz kaldığı ergonomik risklerin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve çözüm geliştirilebilmesi amacıyla veri toplamak amacıyla anket çalışması yürütülecektir. Çalışmaya katılacak gönüllülerin tarımsal amaçlı doğrudan İHA kullanan bireyler olması gerekmektedir. Çalışma kapsamında açık uçlu sorulardan oluşan "İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanıcılarına Yönelik Ergonomik Ön Değerlendirme Anketi" ve vücutta hissedilen rahatsızlıkların sıklığının ve şiddetinin değerlendirildiği "Türkçe Cornell Kas İskelet Rahatsızlıkları Anketi ve Türkçe Cornell El Rahatsızlıkları Anketleri (Sağ ve Sol El)" uygulanacaktır. Anketlerin uygulanma süresi yaklaşık 30 dakikadır. Anket uygulamasından sonra Rapid Entire Body Assessment (REBA) analiz yönteminde kullanılmak üzere ses ve görüntü kaydı alınacaktır. Araştırmaya 20 gönüllü dahil edilmesi planlanmaktadır. Araştırmaya katılmanız halinde risk ile karşılaşmayacaksınız. Araştırmaya katılmayı kabul ettiğinizde veya herhangi bir aşamada araştırmadan ayrıldığınızda olumsuz bir durumla karşılaşmayacaksınız. Çalışma için size ödeme yapılmayacak, sizden de ücret talep edilmeyecektir.

Bu araştırmada yer almak tümüyle sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da başladıktan sonra yarıda bırakabilirsiniz. Bu araştırmanın sonuçları bilimsel amaçlarla kullanılacaktır. Araştırmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından araştırmadan çıkarılmanız halinde, sizle ilgili veriler kullanılmayacaktır. Ancak veriler bir kez anonimleştikten sonra araştırmadan çekilmeniz mümkün olmayacaktır. Sizden elde edilen tüm bilgiler gizli tutulacak, araştırma yayımlandığında da varsa kimlik bilgilerinizin gizliliği korunacaktır.

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllülere verilmesi gereken bilgileri içeren metni okudum (ya da sözlü olarak dinledim). Eksik kaldığını düşündüğüm konularda sorularımı araştırmacılara sordum ve doyurucu yanıtlar aldım. Yazılı ve sözlü olarak tarafıma sunulan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anladığım kanısındayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğim konusunda karar vermem için yeterince zaman tanındı. Bu koşullar altında, araştırma kapsamında elde edilen şahsıma ait bilgilerin, ses ve görüntü kayıtlarının bilimsel amaçlarla kullanılmasını, gizlilik kurallarına uyulmak kaydıyla sunulmasını ve yayımlanmasını, hiçbir baskı ve zorlama altında kalmaksızın, kendi özgür irademle kabul ettiğimi beyan ederim.

İmza/Tarih

İmza/Tarih

Gönüllünün adı/soyadı

Araştırmacının adı/soyadı

**İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanıcılarına Yönelik Ergonomik
Ön Değerlendirme Anketi**

Bu anket insansız hava aracı (İHA) kullanıcılarının yaşadığı deneyimi ergonomik açıdan değerlendirmek, maruz kaldıkları zorlanmaları tespit etmek ve kullanıcılar için yapılabilecek ergonomik iyileştirmeleri belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Bu anket, İHA kullanıcılarına yönelik yapılacak ergonomik değerlendirme çalışması için ön değerlendirme niteliği taşımaktadır. Cevaplarınız yapılan çalışmaya yön verecek nitelikte verileri oluşturacağından lütfen soruları evet/hayır şeklinde kısa cevaplarla değil açıklayıcı şekilde cevaplayın. Ankete yönelik görüşlerinizi soruların alt kısmındaki ilgili yerde belirtebilirsiniz. Ankette 30 adet açık uçlu soru yer almaktadır, yaklaşık 15 dk sürmektedir. Katıldığınız için teşekkürler.

Yaş:	
Cinsiyet:	
İl/Bölge:	

Sorular		Cevaplar
1	Tarımda hangi amaçla İHA kullanıyorsunuz?	
2	Ne kadar süredir İHA kullanıyorsunuz?	
3	Kullandığınız İHA sınıfı nedir?	
4	Hangi aylarda İHA kullanıyorsunuz?	
5	Hangi hava şartlarında İHA kullanmayı tercih ediyorsunuz?	
6	Gün içinde toplam kaç saat İHA kullanıyorsunuz?	
7	İHA kullanmaya hangi sıklıkta ara veriyorsunuz?	
8	İHA kullanmaya verdiğiniz aralar kaçar dakika?	
9	İHA kullanırken oturma ihtiyacı hissediyor musunuz?	
10	İHA kullanırken sandalye vb. oturma gereçleri kullanıyor musunuz?	

11	İHA kullanırken veya ofiste çalışırken kullandığınız sandalyede bel/boyun/sırt için minder desteği kullanıyor musunuz?	
12	İHA kullanırken açık havada mısınız?	
13	İHA kullanırken araba vb. kapalı alanda kullandığınız oluyor mu?	
14	İHA kullanırken bel/boyun/sırt/ayak/bacak ağrılarından hangilerini yaşıyorsunuz?	
15	İHA kullanırken kontrol panelinden elinize aktarılan titreşimden rahatsız mısınız?	
16	İHA kontrolü için kullandığınız panelinin ağırlığı ne kadar?	
17	İHA kontrolü için kullandığınız panelinin ağırlığından rahatsız mısınız?	
18	İHA kontrolü için kullandığınız panelini elinizde mi tutuyorsunuz yoksa paneli koymak için masa vb. destek kullanıyor musunuz?	
19	İHA kullanırken sağa ve sola rahat dönebiliyor musunuz?	
20	İHA'nın arayüz tasarımından (menü/kontrollere erişim/tuşların konforu vb.) memnun musunuz?	
21	İHA kullanırken güneş, yağmur, rüzgar, toz vb. çevresel faktörlerden hangileri sizi rahatsız etmektedir?	
22	İHA kullanırken İHA veya başka çevresel faktörlerin sebep olduğu gürültüden rahatsız mısınız?	
23	İHA kullanırken zihinsel iş yükünüzü nasıl tanımlarsınız?	

Türkçe Cornell Kas İskelet Rahatsızlıkları Anketi ve Türkçe Cornell El Rahatsızlıkları Anketleri (Sağ ve Sol El)

Bu anketlerin yapılmasındaki amaç İHA kullanıcılarının ağırlıklı olarak hangi vücut bölgelerinde rahatsızlık duyduklarını tespit etmektir. İHA kullanıcılarına yönelik yapılacak ergonomik değerlendirme çalışmasında veri olarak kullanılacaktır.

Tüm vücudu değerlendiren (kadın/erkek),

sağ el

ve sol el

için toplam 3 anket mevcuttur. Anket yaklaşık 15 dk sürmektedir. Katıldığınız için teşekkürler.

Kaynaklar:

Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaires - Turkish (T-CMDQ) (t.y). Cornell University Ergonomics Web. Erişim adresi: <https://ergo.human.cornell.edu/ahmsTurkishquest.html>

Erdinc O., Hot K., Ozkaya, M. (2011). "Turkish version of the Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire: Cross-cultural adaptation and validation". *Work*, 39 (3), 251-60. <https://doi.org/10.3233/WOR-2011-1173>

Hedge, A., Morimoto, S., & McCrobie, D. (1999). Effects of keyboard tray geometry on upper body posture and comfort. *Ergonomics*, 42(10), 1333–1349. <https://doi.org/10.1080/001401399184983>

Aşağıda vücut bölümleri için temsili resim yer almaktadır. İlgili sütundaki vücut bölümlerine değerlendirme puanını yazmak için hücreye tıklayın. Sağ ve sol için ayrı değerlendirme istenen vücut bölümlerine ilgili puanı araya "/" işareti koyarak yazın.	Geçtiğimiz hafta çalıştığınız süre boyunca, vücudunuzda ne sıklıkta ağrı, sızı, rahatsızlık hissettiniz?	Eğer ağrı, sızı, rahatsızlık hissettiyseniz, ne kadar şiddetliydi?	Eğer ağrı, sızı, rahatsızlık hissettiyseniz, bu işinizi yapmanıza engel oldu mu?																					
	<table border="1"> <tr> <td>Hiç hissetmedim</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Hafta boyunca 1-2 kez hissettim</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Hafta boyunca 3-4 kez hissettim</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Her gün bir kez hissettim</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Her gün birçok kez hissettim</td> <td>5</td> </tr> </table>	Hiç hissetmedim	1	Hafta boyunca 1-2 kez hissettim	2	Hafta boyunca 3-4 kez hissettim	3	Her gün bir kez hissettim	4	Her gün birçok kez hissettim	5	<table border="1"> <tr> <td>Hafif şiddetliydi</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Orta şiddetliydi</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Çok şiddetliydi</td> <td>3</td> </tr> </table>	Hafif şiddetliydi	1	Orta şiddetliydi	2	Çok şiddetliydi	3	<table border="1"> <tr> <td>Hiç engel olmadı</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Biraz engel oldu</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Çok engel oldu</td> <td>3</td> </tr> </table>	Hiç engel olmadı	1	Biraz engel oldu	2	Çok engel oldu
Hiç hissetmedim	1																							
Hafta boyunca 1-2 kez hissettim	2																							
Hafta boyunca 3-4 kez hissettim	3																							
Her gün bir kez hissettim	4																							
Her gün birçok kez hissettim	5																							
Hafif şiddetliydi	1																							
Orta şiddetliydi	2																							
Çok şiddetliydi	3																							
Hiç engel olmadı	1																							
Biraz engel oldu	2																							
Çok engel oldu	3																							



BOYUN			
OMUZ SAG/SOL	/	/	/
SIRT			
UST KOL SAG/SOL			
BEL			
ON KOL SAG/SOL	/	/	/
EL BILEGI SAG/SOL	/	/	/
KALÇA			
UST BACAK SAG/SOL	/	/	/
DIZ SAG/SOL			
ALT BACAK SAG/SOL			
AYAK SAG/SOL	/	/	/

Aşağıda sağ el için temsili resim yer almaktadır.

İlgili sütundaki sağ el bölgelerinin değerlendirme puanını yazmak için hücreye tıklayın.

(SADECE SAĞ EL İÇİN İŞARETLEYİN)

Geçtiğimiz hafta çalıştığınız süre boyunca, vücudunuzda ne sıklıkta ağrı, sızı, rahatsızlık hissettiniz?

Hiç hissetmedim	1
Hafta boyunca 1-2 kez hissettim	2
Hafta boyunca 3-4 kez hissettim	3
Her gün bir kez hissettim	4
Her gün birçok kez hissettim	5

Eğer ağrı, sızı, rahatsızlık hissettiyseniz, ne kadar şiddetliydi?

Hafif şiddetliydi	1
Orta şiddetliydi	2
Çok şiddetliydi	3

Eğer ağrı, sızı, rahatsızlık hissettiyseniz, bu işinizi yapmanıza engel oldu mu?

Hiç engel olmadı	1
Biraz engel oldu	2
Çok engel oldu	3



© 2008 University of...

A BÖLGESİ			
B BÖLGESİ			
C BÖLGESİ			
D BÖLGESİ			
E BÖLGESİ			
F BÖLGESİ			

Aşağıda sol el için temsili resim yer almaktadır. İlgili sütundaki sol el bölgelerinin değerlendirme puanını yazmak için hücreye tıklayın. (SADECE SOL EL İÇİN İŞARETLEYİN)	Geçtiğimiz hafta çalıştığınız süre boyunca, vücudunuzda ne sıklıkta ağrı, sızı, rahatsızlık hissettiniz? <table border="1"> <tr> <td>Hiç hissetmedim</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Hafta boyunca 1-2 kez hissettim</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Hafta boyunca 3-4 kez hissettim</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Her gün bir kez hissettim</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Her gün birçok kez hissettim</td> <td>5</td> </tr> </table>	Hiç hissetmedim	1	Hafta boyunca 1-2 kez hissettim	2	Hafta boyunca 3-4 kez hissettim	3	Her gün bir kez hissettim	4	Her gün birçok kez hissettim	5	Eğer ağrı, sızı, rahatsızlık hissettiyseniz, ne kadar şiddetliydi? <table border="1"> <tr> <td>Hafif şiddetliydi</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Orta şiddetliydi</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Çok şiddetliydi</td> <td>3</td> </tr> </table>	Hafif şiddetliydi	1	Orta şiddetliydi	2	Çok şiddetliydi	3	Eğer ağrı, sızı, rahatsızlık hissettiyseniz, bu işinizi yapmanıza engel oldu mu? <table border="1"> <tr> <td>Hiç engel olmadı</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Biraz engel oldu</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Çok engel oldu</td> <td>3</td> </tr> </table>	Hiç engel olmadı	1	Biraz engel oldu	2	Çok engel oldu	3
Hiç hissetmedim	1																								
Hafta boyunca 1-2 kez hissettim	2																								
Hafta boyunca 3-4 kez hissettim	3																								
Her gün bir kez hissettim	4																								
Her gün birçok kez hissettim	5																								
Hafif şiddetliydi	1																								
Orta şiddetliydi	2																								
Çok şiddetliydi	3																								
Hiç engel olmadı	1																								
Biraz engel oldu	2																								
Çok engel oldu	3																								
     	A BÖLGESİ B BÖLGESİ C BÖLGESİ D BÖLGESİ E BÖLGESİ F BÖLGESİ																								

EK 2 Etik Kurul Kararı



T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Hukuk Müşavirliği
Etik Kurullar Şube Müdürlüğü



Sayı : E-79176220-050.04-2058942
Konu : ETİK KURUL KARARI

04.11.2025

Sayın Ece İpek TUNA

İlgi : 14.10.2025 tarihli başvurunuz.

"Tarımda İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanımının Ergonomik Açıdan Değerlendirilmesi" başlıklı tez projeniz ile ilgili Ankara Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırmalar ve Yayın Etiği Kurulu'nun 27/10/2025 tarihli toplantısında alınan 09/64 sayılı kararın bir örneği ilişikte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. Harun TANRIVERMİŞ
Rektör a.
Rektör Yardımcısı

Ek: Etik Kurul Kararı (1 Sayfa)

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: C6D73B21-6FE7-4BD0-AE25-6F401CC191CB Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/ankara-universitesi-ebvs>

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR VE YAYIN ETİĞİ KURULU
KARAR ÖRNEĞİ

Karar Tarihi :27/10/2025
Toplantı Sayısı :9
Karar Sayısı :64

64- Üniversitemiz Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı Öğretim üyesi **Prof.Dr.Ahmet ÇOLAK**'ın danışmanlığında, araştırmacı olarak **Ece İpek TUNA**'nın "**Tarımda İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanımının Ergonomik Açıdan Değerlendirilmesi**" başlıklı tez projesi ile ilgili Ankara Üniversitesi Senatosunun 25.09.2024 tarihli toplantısında 635/5996 sayılı kararı ile kabul edilen "**Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi**" ne göre değerlendirilmiş ve incelenmiştir.

Yapılan değerlendirme ve inceleme sonucunda yürütücülüğünü **Prof.Dr.Ahmet ÇOLAK**'ın danışmanlığında, araştırmacı olarak **Ece İpek TUNA**'nın "**Tarımda İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanımının Ergonomik Açıdan Değerlendirilmesi**" başlıklı tez projesi ile ilgili araştırma protokolüne uyulması ve etik onay tarihinden itibaren geçerli olması koşuluyla uygulanmasının etik açıdan uygun olduğuna oybirliği ile karar verildi.

ASLININ AYNI DİR
27/10/2025



Ankara Üniversitesi
Etik Kurullar Koordinatörü