

**MEYDAN KONTROL KULELERİNİN VE
DONANIMLARININ TASARIMINA ERGONOMİK
BİR YAKLAŞIM A.Ü. HAVA ALANI MEYDAN
KONTROL KULESİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

Salih Sabri AYDIN
Yüksek Lisans Tezi

Endüstriyel Sanatlar Anabilim Dalı
Aralık-2009

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Salih Sabri AYDIN'ın '**Meydan Kontrol Kulerinin ve Donanımlarının Tasarımına Ergonomik bir Yaklaşım A.Ü. Hava Alanı Meydan Kontrol Kulesi Üzerine Bir Uygulama**' başlıklı **Endüstriyel Sanatlar** Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 19.11.2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	: Doç. Dr. Aydan CAVCAR
Üye	: Yrd. Doç. Füsun CURAOĞLU
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Cem ÇETEK

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MEYDAN KONTROL KULERİNİN VE DONANIMLARININ TASARIMINA ERGONOMİK BİR YAKLAŞIM A.Ü. HAVA ALANI MEYDAN KONTROL KULESİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Salih Sabri AYDIN

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstriyel Sanatlar Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Aydan CAVCAR
2009, 88 sayfa**

Ergonomide temel yaklaşım, anatomik, fizyolojik ve psikolojik özelliklerine ilişkin veri ve bilgilerin, çeşitli araç-gereç ve fiziki çevre tasarımında, kişilerin konforunu, sağlığını ve üretkenliğini arttıracak şekilde kullanmasıdır. Bir insan-makine sistemi olarak hava trafik sisteminin önemli bir sürecini oluşturan meydan kontrol süreci, uçuşun başladığı ve bittiği yerdir. Bu bağlamda uçuş emniyeti üzerinde doğrudan doğruya en önemli bir zinciri oluşturan bu sürecin yürütülmesini sağlayan insan faktörünün bulunduğu ortam, kullandığı donanımlar ve bunların yerleşimi çok önemlidir. Günümüzün en stresli işlerinden birisi olan hava trafik kontrolörlüğünde stresin etkisi ergonomik tasarımlarla azaltılabilir.

Bu çalışmada meydan kontrol kulelerinde ergonomik yaklaşımlarla ortamın nasıl olması gerektiği tanımlanmıştır. Daha sonra Anadolu Üniversitesi hava alanı meydan kontrol kulesinin mevcut durumu verilerek ergonomi prensiplerine göre nasıl olması gerektiği tanıtılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Meydan kontrol, hava trafiği ve ergonomi, hava trafik kontrol.

ABSTRACT

Master of Science Thesis

AN ERGONOMIC APPROACH TO THE DESIGN OF AERODROME CONTROL TOWERS AND FACILITIES IMPLEMENTATION AT A.U. AIRPORT CONTROL TOWER

Salih Sabri AYDIN

**Anadolu University
Graduate School of Sciences
Industrial Art Program**

**Supervisor: Doç. Dr. Aydan CAVCAR
2009, 88 pages**

The basic approach in ergonomics is to use data and information related to the anatomical, physiological, and psychological aspects of the equipment and of the environment in a way to increase the comfort, health, and productivity of the people. As a human-machine interaction system, the aerodrome control process which is part of the air traffic control is the place where the flight begins and ends. In this context, the human factors environment which is directly related to the flight safety, the equipment used for this and their locations are very important. The effects of the stress of the air traffic controllers, which work in the most stressful occupation of today, can be relieved by the application of ergonomic designs.

In this study, how the aerodrome control towers and associated systems should design according to the ergonomic approaches is defined. Moreover, how the Anadolu University's airport control tower should be improved according to the ergonomics principles is presented including the current situation.

Keywords: Aerodrome Control Tower, Air Traffic and Ergonomics, Air Traffic Control

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ	1
2. ERGONOMİ	3
2.1. Ergonominin Gelişimi	4
2.2. Ergonominin Uygulanışı	6
2.3. İnsan Makine Sistemlerinin Özellikleri.....	8
2.3.1. Algılama	9
2.3.2. Bilgi depolama	10
2.3.3. Bilgi işleme ve karar verme	10
2.3.4. Eylem	10
2.4. İnsan Makine Sistemlerindeki Tehlikeler.....	11
2.5. İnsan Fizyolojisi ve Sınırları	12
2.5.1 Performansa hazır olmanın periyodik dalgalanmaları.....	13
2.5.2 Bilgi algılama ve tanıma	14
2.5.3 Bilgi işleme ve karar	15
2.6. İnsan hareketlerine Ergonomik Açıdan Bakış.....	15
2.6.1. Baş hareketleri.....	16
2.6.2. Gövde ve üst taraf hareketleri	16

2.6.3. Bacak ve ayak hareketleri	18
2.6.4. Maksimum kavrama noktaları.....	20
2.6.5. Kaslar	21
2.6.6. Göz, gözün yapısı ve görme duyumunun gerçekleşmesi	22
2.7. Zihinsel İşyükü	26
2.8. Yorgunluk.....	27
2.9. Zihinsel Beceriler	29
2.9.1. Hafıza	31
2.9.2. Dikkat	32
3. HAVATRAFİK HİZMETLERİ	35
3.1. Hava Trafik Kontrol Hizmetleri	36
3.1.1. Yaklaşma kontrol hizmeti	38
3.1.2. Saha kontrol hizmeti.....	39
3.1.3. Meydan kontrol hizmeti	39
3.2. Uçuş Bilgi Hizmeti	46
3.3. Uyarı hizmeti	47
4. HAVA TRAFİK KULELERİNDE SİSTEM TASARIMI ve	
 ERGONOMİ	50
4.1. Mimari	50
4.2. Oda yerleşimi ve Çevre.....	51
4.2.1. Dekor	53
4.2.2. Aydınlatma	53
4.2.3. Termal çevre.....	55
4.2.4. Gürültü	56
4.3 Çalışma Pozisyonları	57
4.4. Pozisyon Donanımları	58

4.4.1. Konsollar	59
4.4.2. Oturma elemanları	62
4.4.3. Görsel donanımlar	65
4.4.4. Haberleşme donanımları	68
4.4.5 .Girdi aygıtları	69
4.5. Antropometri	70
4.6. Anadolu Üniversitesi Meydan Kontrol Kulesi ve Ergonomi	72
4.6.1. Anadolu Kontrol Kulesinin mimari açıdan değerlendirilmesi	73
4.6.2. Anadolu Kontrol Kulesinin pozisyon donanımları açısından değerlendirilmesi	74
5.SONUÇLAR	79
KAYNAKLAR	86

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1. İnsan makine sistemlerine iki örnek; makas, karmaşık bir kontrol elemanı.....	8
2.2. İnsanda bilgi işlem süreci	9
2.3. 24 saat içinde biyolojik ritim grafiği	13
2.4. Bilgi algılamada, bilgilerin sayısına göre değişen performans eğrisi	15
2.5. Başın boyun eklemünde hareketliliği	16
2.6. Üst taraf eklemleri hareket boyutları	17
2.7. Bacak ve ayak hareketleri.....	19
2.8. Kavrama noktaları	20
2.10. Gözün yapısı.....	22
2.11. Yorulmanın tasviri.....	27
2.12. Heceler ile kelimelerin anlaşılabilmesi	30
3.1. Hava trafik hizmetleri.....	36
3.2. Meydan turu kısımları ve meydan kontrolörü açısından uçakların kritik pozisyonları.....	42
3.3. Bir meydan kontrol kulesi	49
4.1. Basit bir meydan kontrol kulesi mimarisi (kule katı).....	51
4.2. Çalışma düzeninde masalar arası geçit ve boşluk boyutları.....	52
4.3. Küçük monitörlü konsollar için örnek model profili.....	60
4.4. Büyük monitörlü konsollar için örnek model profili.....	61
4.5. Senkron koltuk	63
4.6. Ayakta durma (a), düz sandalyede oturma (b) ve kalça ve bel destekli sandalyede (c) oturma	65
4.7. Oturma konumunda disklere gelen basınç	65

4.8. Boy farkının konsollar ve masa üzerindeki etkileri.....	66
4.9. Tipik girdi aygıtları ; (a) monitör, (b) fare, (c) klavye, (d) telefon, (e) mikrofon.....	70
4.10. Oturan insanın antropometrik bilgileri, ortalama ve %5 ve %95 lik dilim (metrik sistem ve inç olarak).....	71
4.11. Anadolu Üniversitesi Hava Alanı Meydan Kontrol Kulesine ait bir konsol görüntüsü	73
4.12. A.Ü. Hava Alanı Meydan Kontrol Kulesine ait telsizin görüntüsü.....	75
4.13. A.Ü. Hava Alanı Meydan Kontrol Kulesindeki saatlerin görüntüsü	75
4.14. A.Ü. Meydan Kontrol Kulesi konsol kullanımına ilişkin bir fotoğraf.....	77
4.15. Hava trafik kontrolörünün, görev başında duruşuna bir örnek	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

2.1. Vücut bölümlerinin açısal özellikleri	19
2.2. Duyu organlarımızdan aldığımız bilgi yoğunlukları	32
4.1. Çeşitli seslerin dB cinsinden şiddetleri	56
4.2. Çeşitli kumanda ve kontrol elemanlarının özellikleri	62
4.3. Senkron koltuk boyutları ve ayarlamaları	64
5.1. Anadolu Meydan Kontrol Kulesinin değerlendirmesi	81

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ATC	: Air Traffic Control (Hava Trafik Kontrol)
ATS	: Air Traffic Services (Hava Trafik Hizmetleri)
N	: Yük (Newton)
RSI	:Repetitive Stress Injury (Tekrarlayan Zorlanma Hasarı)
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
VFR	: Visual Flight Rules (Görerek Uuş Kuralları)
IFR	: Instrument Flight Rules (Aletli Uuş Kuralları)
VMC	: Visual Meteorological Condition (Görerek Meteorolojik Koşullar)
IMC	:Instrument Meteorological Condition (Aletli Uuş Koşulları)
FIR	: Flight Information Region (Uuş Bilgi Bölgesi)
FAA	: Federal Aviation Administration (Federal Havacılık Dairesi)
QNH	:Qualified Natural Horizon (lmlendirilmiş Doğal Ufuk)
QFE	: Qualified Field Elevation (lmlendirilmiş Yerden Yükseklik)
ICAO	:International Civil Aviation Organization (Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu)
ATN	:Aeronautical Telecommunication Network (Havacılık Haberleşme Açı)
UTC	:Universal Coordinated Time (Eşgüdümlü Evrensel Zaman)

1.GİRİŞ

Gelişen teknoloji, maliyetleri azaltmakta ve küreselleşmenin sonucunda insanlar, hem iş yapabilmek için hem de psikolojik bir ihtiyaç olarak çok sayıda seyahat etme gereği duymaktadırlar. Bu konuda hava ulaşımı özellikle uzun mesafelerde diğer tüm ulaşım türlerinin önüne geçmektedir. Hava trafiği talebindeki artış ne yazık ki hava trafik kontrolörü sayısındaki artış ile orantılı olmamaktadır. Artan hava trafiğini yönetmek ve uçuş emniyetini aynı düzeyde tutmak için hem teknolojik donanımlar hem de hava trafik kontrolörü eğitimlerine ağırlık verilmektedir. Fakat tek başına eğitim, iş yükünün çoğunu karşılayan kontrolörlerin verimli ve emniyetli çalışmasına yetmemektedir.

Günümüzdeki mevcut limitlerdeki iş yükü ile daha fazla performans artışı gerekmektedir. İnsan performansını artırmanın tek yolu insan-makine sistemini daha verimli hale getirmektir. Ergonomi kavramı bu noktada önem kazanmaktadır. Ergonomi, karmaşık teknolojileri, insan kapasitesinin altına çekecek prensipleri oluşturup, bunların uygulanmasını sağlamaktadır. Böylelikle insan-makine sistemi verimli kullanılmakta ve bir insan-makine sistemi olan hava trafik kontrol sisteminde iş yükünü azaltmaktadır. Ergonomik prensipler, varolan sistemler üzerinde uygulanabilmektedir fakat yeterli ve istenilen verime ulaşamamaktadır. Maliyetler olarak bakıldığında da yeterli verim alınamamaktadır. Bu yüzden işyerinde verimi artırabilmenin uygulama şekli tasarım aşamasında ergonomik prensiplerin kullanılmasıdır. Bu çalışmada ergonomik prensiplerin neler olduğu anlatılmaktadır. Bu amaçla öncelikle ergonomi hakkında temel bilgiler verilecektir. İzleyen bölümde hava trafik hizmetleri incelenecektir. Hava trafik kontrol hizmetlerinin yalnızca bir bölümünü oluşturan ve bu çalışmanın da temel konusunu oluşturan meydan kontrolünün işleyişi yine aynı bölümde sunulmuştur.

Özellikle hava trafik kontrolörlüğünde fiziksel iş yükünden daha fazla zihinsel iş yükü yoğunluklu bir iş olması nedeniyle, hava trafik kontrolörlüğü ergonomik verilerin belki de en çok yer aldığı alanlar olan klasik büro ve fabrika

ortamına göre farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle ergonomik inceleme metotları da farklılık göstermektedir. Kurallar yerine bu alanda kılavuz, yönerge, yaklaşımlar ve prensipler kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle öncelikle ergonomi üzerinde durulmuş daha sonrada hava trafik sistemi hakkında temel bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde hava trafik kontrol kulesinde ergonomik prensiplerin uygulaması detaylı olarak verilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde ise, A.Ü. Hava Alanı Meydan Kontrol Kulesinde, çalışmada elde edilen sonuçlar üzerinden, ergonomik olarak yapılabilecek çalışmalar ve sonuç öneriler verilmiştir. Bu çalışma tümüyle değişiklik sağlayan bir öneri değil, daha çok iyileştirmeye yönelik sonuç öneriler biçimindedir.

Biliyoruz ki ergonominin rolü her geçen gün artmaktadır. Fikirlerin ürünlere dönüşmesi sürecinde ve sonrası olan pazarlama sürecinde önemli farklar yaratabilmektedir. Çalışma hayatında insanlar, konfor seviyesini daha da artıracak olan değişiklikleri kolayca kabullenmekteyken, mevcut duruma göre düşük konfor seviyesine yol açan konfor değişikliklerini kabul etmekte zorlanmaktadırlar. İnsanoğlu her zaman, daha pratik daha kolay ve daha konforlu olana yönelmektedir. Konforun çok önemli bir bileşeni de ergonomidir. Ergonomik çalışmalar bu nedenle hızla geliştirilmektedir. Havacılık gibi konforun ve teknolojinin oldukça gelişmiş olduğu bir sektörde bu prensip daha da önem kazanmaktadır. Fakat akademik çalışmaların yetersizliği nedeniyle, hava trafik kontrol hizmetlerinde ergonomik çözümler yeteri kadar uygulanamamaktadır. Bu yüzden bu konuyla ilgili öncü akademik çalışmalar yapılmalı ve bunların sonucunda detaylı kurallar ve verilere ulaşılmalıdır.

Çalışmada da bu amaç üzerinde durulmuştur, daha kapsamlı çalışmalara temel olması hedeflenmektedir. Hava trafik meydan kontrol kulelerindeki sistemlere ve donanımlara ergonomik bir yaklaşımla tasarım kriterleri oluşturulmaya çalışılacaktır.

2. ERGONOMİ

Günümüzün gelişen teknolojisi ile her alanda bir değişim gözlenmektedir. Söz konusu değişim, bu alanlarda çalışan insanların yeteneklerini bedensel ve düşünsel açıdan çeşitlendirmekte ve zorlamaktadır. Buna karşılık insanlar yapısal, boyutsal ve psikolojik özelliklere sahiptirler. İnsan iskelet ve kas sisteminin belirli bir hareket yeteneği ve gücü, kasların enerji yaratma şekli, çevreyi algılayabilme ve gerektiğinde ondan korunma özellikleri bulunmaktadır. Bu nedenle, işyerlerinde insandan yapması beklenenler ile insanın temel özellikleri arasında bir uyum olması gerekir. Aksi yöndeki gelişmeler insanı yorar, iş verimi ve kalitesini düşürür, iş güvenliği ve personel sorunlarına neden olur.

İnsanın fiziksel ve düşünsel yeteneklerini daha etkin ve verimli olarak kullanabilmesini sağlamak amacıyla sürekli olarak makine, takım, aparat ve cihazlar geliştirilmektedir. Bu araç ve gereçlerin insanın özellik ve yeteneklerini dikkate alarak geliştirilmiş olması iş verimini de arttıracaktır. İş ortamında ısı, nem, hava akımı, toz, duman, gaz, buhar, zararlı ve zehirli maddeler, gürültü, titreşim, aydınlanma eksikliği gibi faktörler de iş verimini etkilemekte, insan sağlığı ve güvenliği açısından çeşitli sorunlara neden olmaktadır [1].

İş yerlerinde motivasyon ve iletişim eksiklikleri, insan yaratıcılığını ön plana çıkaracak sistemlerin olmaması, iş monotonlukları, sürekli eğitim ve gelişim ortamının yaratılmaması gibi faktörler de çalışanlar üzerinde iş tatminsizliği yaratmakta ve iş verimini olumsuz yönde etkilemektedir. İnsanları işyerlerinde sağlıklı, güvenli ve verimli olarak çalışabilmeleri için çalışma yeri ve gerekli donanımın, ses, aydınlatma, çevre sıcaklığı gibi faktörler ile iş organizasyonu ve yönetime yönelik sistemlerin insanın yapısal, boyutsal ve psikolojik özelliklerine göre düzenlenmesi gerekir. Ergonominin temel görevi yukarıdaki amaçlar doğrultusunda bir iş düzenlemesinin gerçekleştirmektir. Bir anlamda ergonomiyi, işin insanın özelliklerine uygun bir şekilde düzenlenmesi olarak tanımlayabiliriz. Ergonomi sözcüğü, Yunanca "Ergon" ve "Nomos" sözcüklerinden oluşmaktadır. Ergon, iş anlamına, nomos ise kural anlamına gelmektedir. Ergonomi, bazı

ülkelerde İnsan Faktörleri Mühendisliği, İnsan Faktörleri veya İş Bilimi adları ile de anılmaktadır [2].

Sabuncu'ya göre ergonomi anatomik, fizyolojik, psikolojik, sosyolojik ve teknik bilgilerden yararlanarak, insan işinin yapılabilirlik ve dayanılabilirlik sınırlarının belirlenmesi için yöntemler geliştirir. Ergonominin görevi, insana yönelik bir iş düzenlemesinin temel bilgilerini sağlamaktır. Böylelikle ergonomi, işin insana ve insanın işe uyumu için gerekli koşulları belirler [3].

Erkan.N'a göre ise ergonomi, insanların anatomik özelliklerini, antropometrik özelliklerini, fiziksel kapasitelerini ve toleranslarını göz önüne alarak, endüstriyel iş ortamındaki tüm faktörlerin etkisi ile olabilecek organik ve psiko-sosyal stresler karşısında, sistem verimliliği ve insan-makine-çevre uyumunun temel yasalarını ortaya koymaya çalışan bir araştırma geliştirme aracıdır [4].

Ergonomi insanlar için iş ve çevre tasarımı yapmayı hedeflemektedir. Böylelikle efektif, emniyetli ve rahat bir çalışma ortamı yaratılmış olur [5].

2.1. Ergonominin Gelişimi

Endüstrileşme, 17. yüzyıl sonunda ve çeşitli yeni keşiflerin ışığında, emekleme düzeyinden başlayarak 18. ve 19. yüzyıllarda hızlanan teknolojik atılımlar ile otomasyon aşamasına kadar ulaşmıştır. İçinde bulunduğumuz yüzyılda ise, robotların kullanımı ve bilgisayar teknolojisi gibi güçlü yaklaşımlar ile büyük bir hız kazanan endüstrileşme sürecinde insanların yetenekleri, bedenleri ve zekâları çok zorlanmaya başlamıştır. Endüstrileşmenin her adımında; üretken, yapıcı, yaratıcı ve kurulmuş sistemleri kontrol edici bir faktör olarak görev alan insanın sağlık, güvenlik ve verimlilik gibi sorunları ise ancak 20. yüzyılın ilk yarılarında ele alınabilmektedir.

Endüstriyel kalkınmanın ilk ve orta çağlarında; daha çok mal üretmek, daha çok kazanmak, piyasanın istediği kalitede ve sayıda imalatı gerçekleştirmek gibi öncelikler arasında, insan varlığı önemli ölçülerde göz ardı edilmiştir. Vasıflı yada vasıfsız olsun, insanların yaşam gereksinimlerini karşılayabilmek için bir iş

aramaları büyük ölçüde istismar edilerek, insan faktörüne gereken önem verilmemiştir [5].

Oysa, endüstri ortamında insanlar, tüm kapasitelerini ortaya koyarak; hammaddelerin madenlerden çıkarılması, işlenebilir bir hale getirilmesi, her türlü araç, gereç ve makinelerin tasarımı, üretimi, işletilmesi ve endüstrilerin giderek gelişmesi için devamlı çaba harcamaktadırlar. Ancak, insanların belli yapısal özellikleri ve boyutları vardır. Biyolojik varlıklar olarak insanların merkezi sinir sistemi kendine özgü temellerle işlerlik gösterir. İnsanların zekâ, beceri ve fizyolojik yeteneklerinin kişiye özel boyutları vardır. İnsan organizmasının algı organları belli sınırlar içinde duyarlıdırlar. İnsanların fiziksel iş verimi ve mekanik etkinliği için, iskelet - kas sisteminin biyomekaniği, kasların biyokimyasal enerji gereksinimi ve bunları destekleyen solunum ve dolaşım sistemlerinin sağlıklı bir şekilde işleyişi önemli etkenlerdir [6].

İnsan, her türlü işini, ölçülebilir düzeylerde ve iş formülleri ile ifade edilebilecek, bir fiziksel iş yaparak gerçekleştirir. Makineler ile kıyaslandığında, insanların fiziksel iş kapasitesi önemli ölçülerde sınırlıdır. Bu nedenle, insanlara verilecek işler, onların gün boyu gerçekleştirebileceği bir düzeyde kalmak zorundadır. Gücünün üzerinde iş yapmaya zorlanan insan yorulur. Yorgunluk; çalışanların iş verimi, sağlığı, güvenliği ve psikolojik denge açısından olumsuz etkiler yaratabilir [6].

İnsanlar iş görürken; çeşitli el aletlerini, mekanik araç ve gereci, iş makinelerini, belli bir iş için programlanmış sistemleri (robotlar, bilgisayarlar ve uzaktan kontrol sistemleri gibi) kullanırlar. Bu işbirliğinden amaç, insanların fizik ve mental yeteneklerini desteklemektir. İnsanların kullandığı her türlü araç ve gerecin en etkin bir şekilde hizmete sokulması ise, onları kullananların; duruş, oturuş, genel sağlık, güvenlik ve sisteme uyum konularının dikkate alınmasını gerektirir. Bu nedenle, insan varlığının bedensel ve ruhsal gereksinimlerini dikkate almak, davranışlarını tanımlamak, insanların kullanımı için tasarlanmış tüm sistemleri onlara uygun ve üstün verim ile çalışan sistemler olarak düşünmek gerekir.

İnsanlar endüstriyel ortamda; soğuk, sıcak, yüksek yada alçak basınç, rutubet gibi çeşitli ortam stresleri ile karşı karşıya kalabilirler. İş ortamında ayrıca; toz, duman, zehirli gaz ve buharlar, zehirleyici maddeler, iyonizan radyasyon gibi çeşitli sakıncalar da bulunabilir. Bu arada, endüstriyel gürültü, titreşimler, yetersiz yada fazla ışık gibi çevre faktörleri de, insan sağlığını ve iş verimini etkileyebilir.

Bütün bu sorunlar karşısında, insan-makine-çevre ilişkilerini inceleyerek, böyle bir ortamda insanların sağlıklı ve üretken bir şekilde çalışabilmeleri için gerekli düzenlemeleri yapmak önem kazanmıştır. Bu alanda yapılan çalışmalar son yarım yüzyılda ergonomi bilim alanının gelişimine gerekçe teşkil etmiştir [4,7].

2.2. Ergonominin Uygulanışı

Ergonominin başlangıç noktası, insan hayatının çeşitli dönemlerinde kişilerin kullandıkları eşya, araç-gereç ve çevrenin tasarımında çeşitli ölçü ve yeteneklerinin dikkate alınmasıdır ve bu sayede verim, performans, çıktı gibi parametreleri olumlu yönde değitirebilmektir.

Ergonomide temel yaklaşım, anatomik, fizyolojik ve psikolojik özelliklerine ilişkin veri ve bilgilerin, çeşitli araç-gereç ve fiziki çevre tasarımında, kişilerin konforunu, sağlığını ve üretkenliğini arttıracak şekilde kullanılmasıdır. İnsanların kullandıkları eşya, makine ve fiziksel çevreyi üç grupta toplamak mümkündür [4].

- a) fiziksel çevre
- b) kişisel ve koruyucu eşyalar
- c) insan-makine sistemleri

- a) Fiziksel Çevre

İnsanların kullandıkları fiziksel çevre, iki başlık altında incelenebilir. Bunlardan birincisi yakın çevre ve genel çevre olarak iki alt grupta incelenir. Yakın çevre içerisinde, çalışma ortamı, iş istasyonu, oturma masası, büro ortamı

yer alırken, genel çevre içerisinde, işyerinin bulunduğu semt, cadde, parklar yer almaktadır. İkincisi ise, aydınlatma, gürültü, nem, sıcaklık, ortam kirliliği gibi çevre faktörlerinin yer aldığı ortam koşullarıdır [7].

b) Kişisel ve Koruyucu Eşyalar

İnsanın yapısı eşyalar arasında, anahtarlık, tarak, diş fırçası gibi kişisel eşyaların yanında, eldiven, gözlük, ayakkabı, giysi vb. gibi koruyucu eşyaları saymak mümkündür. Bu eşyalarla ilgili olarak da kişilerin davranışları belli ölçülerde pasiftir. Buna karşın, kişisel ve koruyucu eşyalar kişinin davranışını belirli ölçüde sınırlar veya önceden belirler [7].

c) İnsan-Makine Sistemleri

İnsan-makine sistemleri, verilen girdileri arzu edilen çıktılara dönüştürmede kullanılan ve birbirleriyle karşılıklı olarak etkileşimlene özelliklerine sahip bir veya daha çok insanla bir veya daha çok makineden oluşur. Bu açıdan, makine sistemleri, insanların yaşamlarını kolaylaştıran her türlü eşya, araç-gereç, makine ve donanımı ifade etmektedir [7]. Şekil 2.1 de iki adet insan-makine sistemi gösterilmiştir.

Bir insan-makine sistemi, elinde makas ile kağıt kesen bir kişi, makine onarımı yapan bir kişi vb. şeklinde basite indirgenebileceği gibi, montaj hatları, işleme makineleri, bir veya daha çok operatör ile çalışan uçaklar, meşrubat dolum tesisleri de karmaşık sistemler olmalarına rağmen birer insan makine sistemleridir. Hava Trafik Kontrolörünün işini yaparken kullandığı telsiz, radar v.d. sistemler de insan makine sistemi olarak tanımlanır. Bu insan-makine sisteminde, performans yalnızca sistemin teknik niteliğine ve sistemin işletim ortamına bağlı değildir. Böyle bir sistemde insan performansı sistemin üçüncü bileşenidir [8].

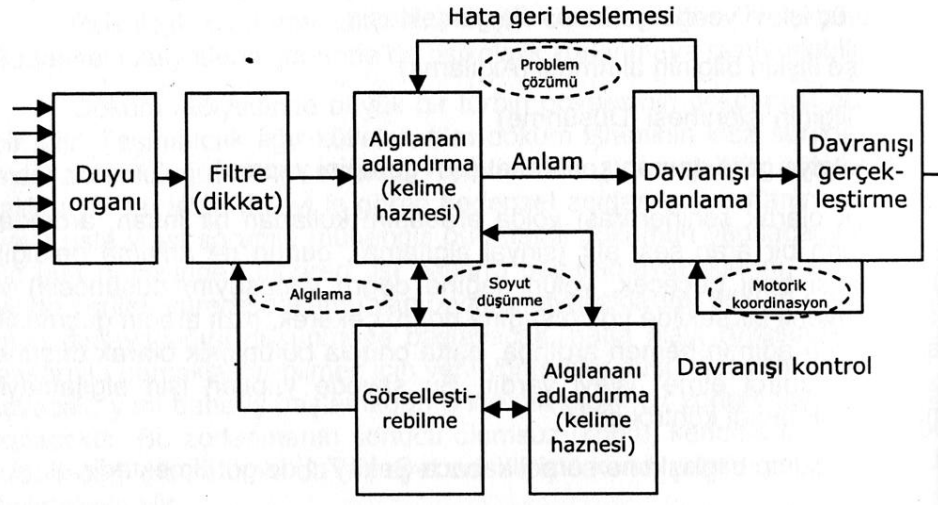


Şekil 2.1 İnsan makine sistemlerine iki örnek; makas (solda), karmaşık bir kontrol elemanı (sağda)

2.3. İnsan Makine Sistemlerinin Özellikleri

Her sistem gibi, insan-makine sistemleri de gerek varoluş amaçlarına, gerek işlevlerine, gerek girdi, çıktı ve bilgi aktarma kanallarına ve çalıştırma talimatlarına ilişkin çeşitli özellikler gösterirler. Her sistemin bir amacı vardır ve bu amaç, yazılı olarak açıkça belirtilmelidir. Her türlü eşya, araç-gereç, donanımın amacına en uygun şekilde hizmet verebilmesi için, hızı, sürekli çalışabileceği süre, çalışma aralığı, manevra yeteneği gibi bazı özellikler açık olarak belirtilmek zorundadır. Bu özelliklerin bir kısmı mühendislik, bir kısmı da insan faktörü ile ilgilidir.

Bir sistemin varoluş amacını gerçekleştirebilmesi, bir takım fonksiyonları yerine getirebilmesi ile mümkündür. Örneğin bir posta sisteminde mektupların toplanması, belirli adreslere göre ayrılması ve alıcıya ulaştırılması gibi fonksiyonlar yerine getirilir. Ya da hava trafik kontrolörünün trafiği yönetirken komut verme işlemi de fonksiyonlara örnektir. Bu fonksiyonların her biri çeşitli insan makine kombinasyonları ile gerçekleştirilir. Bu gerçekleştirme süreci, genelde birbiri ardına gelen dört temel fonksiyon içerir [9,10].



Şekil 2.2 İnsanda bilgi işlem süreci [9]

2.3.1. Algılama

Sistem elemanlarına ya da bireylere bilgi ulaşımını sağlayan olay, algılama fonksiyonudur. Algılama fonksiyonu ile, algılanan bilgilerin bir bölümü sistem dışındaki kaynaklarda üretilebileceği gibi, bazı bilgiler sistemin kendisi tarafından üretilir. Geri besleme veya bellekte tutulacak bilgiler, bu türden bilgilerdir. Algılama fonksiyonu duyu organları tarafından gerçekleştirilir.

Birey düzeyindeki algılama, duyu organlarının çeşitli şekillerde uyarılması sonucu gerçekleşen algılamadır. Bu anlamda göz, kulak, burun, dil ve deri hepsi birer algılama merkezidir. Makine düzeyinde algılama ise sensörler, elektronik, mekanik veya hidrolik olarak çalışan algılama cihazlarıdır. Bazı durumlarda bireysel algılama organları, bazı durumlarda da sensörler birbirine göre üstündürler. Duyu organları çabuk uyum sağladıkları için özellikle değişken ortamlarda daha iyi algılama yaparlar. Çok sayıda tekrar gerektiren işlemlerde ise yorulmaya karşı duyarsız olmaları nedeniyle sensörler daha uygundur [6].

2.3.2. Bilgi depolama

Bireysel düzeyde yapılan bilgi depolama, kişinin belleğinde gerçekleşir. Öğrenilen bilgiler gerekli olması halinde sonra kullanılmak üzere bellekte saklanır. Bellekte saklanan bilginin anımsanması bazen çok kısa sürede gerçekleşebileceği gibi oldukça uzun süreler de alabilir. Şekil 2.2’de algılanan anlamlandırabilme (kelime hazinesi) olarak gösterilen kısım insanda bilgi depolama görevinin sonucudur. Makinelardaki bilgi depolama için çeşitli mekanik, elektrik yada elektronik cihazlardan yararlanır. Örneğin, bir çok bilgi depolama işlemlerinde bilgisayarlar kullanılmaktadır [5]. Hava trafik kontrolünde (ATC) kullanılan stripler uçuş boyunca hafızanın kaldıramayacağı tüm bilgileri sakladıkları için bilgi depolamaya örnek verilebilir.

2.3.3. Bilgi işleme ve karar verme

Bilgi işleme, algılanan ve daha önce depolanmış bilgiler ile gerçekleştirilen çeşitli işlemlerdir. Bireysel düzeyde basit veya karmaşık olsun, her bilgi işleme etkinliği sonucunda bir karar verilir. Bu kararlar bilgi girişine karşın verilen tepkilerdir [9]. Şekil 2.2’de davranışı planlama ve geri besleme olarak gösterilen bölümde bilgi işleme ve karar verme fonksiyonu gerçekleştirilir. Kontrolörün, duruma bakarak, durumla ilgili pilota yönerge verinceye kadar yaptığı bir bilgi işleme ve karar verme işlemidir. Hava trafik kontrolörü ya radar ekranı başında ya da meydan kontrol kulesinde izlediği trafiğin durumunu, kafasında anlamlandırarak problemleri saptar ve çözümler üretir. Çözümlerden en optimum olanı seçerek uçuş mürettebatına iletir [11].

2.3.4. Eylem

Eylem, verilen kararın uygulamaya konulması işlemidir. Eylem, fiziksel, bilgi akışı yada ikisinin bir arada olabileceği bir etkinlik şeklinde olabilir. Hareket halindeki bir aracın frenine basıldığı takdirde, arabanın durması fiziksel bir eylem iken, bilgisayarda yüklü veriyi ekranda görüntüleme bilgi akışı, bir aracın hız

göstergesinden aracın hızının okunması fiziksel olaya ait bilgi akışını gösteren hem fiziksel hem de bilgi akışı şeklinde görülen bir eylemdir. Hava trafik kontrol için düşünürsek pilota müsaade verme işlemi eylem olarak tanımlanmaktadır. Şekil 2.2’de ise eylem, planlama ile davranışı gerçekleştirme arasında bir tür motorik koordinasyon geri beslemesiyle gösterilmiştir. Her insan planladığı davranışı istediği çabukluk, hassasiyet, kuvvet ile yapamamaktadır. Motorik koordinasyon, eğitimi, hazırlık ve deneyim gibi bir çok alt etkenin bir birleşimidir. Kontrolörün pilota müsaade etmesi eylem olup, ama hangi hızla, ne tonda ve ne akıcılıkla bunu yapabileceğini belirleyen ise mototrik koordinasyondur [9,12].

2.4. İnsan Makine Sistemlerindeki Tehlikeler

İnsan-makine sistemlerinde üzerinde önemle durulan tehlike faktörlerinin başında ”monotonluk” gelmektedir. Monotonluk, insan organizmasının kendisine cazip gelmeyen çalışma durumlarına karşı bir tepkisidir. Monotonluk sonucu, bireyin reaksiyon yeteneğinde ve dikkatinde ortaya çıkan azalmalar çeşitli iş kazalarının da nedenini oluşturduğu gibi, en az zararda bile hataların oluşmasına yol açmaktadır.

İnsan-makine sistemlerinde monotonluğu doğuran çeşitli nedenler arasında,

- a) Yapılan hareketlerin değişmeden kısa sürelerle tekrarlanması,
- b) İşin güçlük derecesinin çok az olması, ve
- c) İnsanın dikkatinin işin çok küçük bir parçası üzerinde yoğunlaşması, sayılabilir.

Monotonluk sorunu ile yakın ilişkisi olan bir başka konu da, işin bireyin yeteneklerinin çok altında kalması ve bu nedenle işin bireyi tatmin etmemesidir. Bu tür durumlara özellikle rutin işlerde rastlanmaktadır [10]. Bu tür işler arasında, üretim bandı sistemlerindeki işlemler, konfeksiyon, paketleme işlemleri ile otomatik tezgahlardaki işlemler sayılabileceği gibi ATC de trafik yoğunluğu az olan bir meydana çalışan kontrolörde sayılabilir. Kapasitesinin çok altındaki bir miktar trafiği yönetirken sıkılma ve monotonluk sonucu hata oranı artar. İnsan-makine sistemlerinden kaynaklanan insana

yaraşmayan olumsuzlukların nedenleri arasında ise, işin çok küçük parçalara bölünmüş olması (aşırı işbölümü), bireyin yaptığı işi kendisinin yönlendirememesi ve insan faktörünü dikkate almadan gerçekleştirilen rasyonelleştirme önlemleri önem taşımaktadır.

Araştırmalar, ATC'de yaşanan kaza ve olaylarda en önemli etken olarak insan hatasını göstermektedir. İnsan hatasının % 90'ın üzerinde olduğu belirtilmektedir. Tüm havacılık kaza ve olaylarında ise ATC'in oranı oldukça düşüktür. Boeing'in gerçekleştirdiği bir araştırmanın sonuçlarına göre, dünyadaki ticari jet uçakları ile ilgili meydana gelen tüm kazalarda etkili olan faktörlerden havaalanı ve ATC'nin oranının 1959-1993 arasında % 5,1 iken 1993-2002 arasında % 3,6 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Bu oranlar Avrupa sahasında ise 1959-1993 arasında % 6,1 ve 1993-2002 yılları arasında % 3,7 olarak gerçekleşmiştir [13]. Oranlar incelenirken olayların ve kazaların sonuçlarının da bu değerlendirme kapsamına alınması gerekir. Kontrolör çok sayıda hava trafiğinin kontrolünü gerçekleştirdiği için yapabileceği hatalar sonucunda uçaklar havada veya yerde çarpışabilirler. Yani kontrolörün işinde yapacağı bir hata en az iki uçağa zarar verir. İnsan-makine sistemindeki uyumsuzluklar, eksiklikler, karmaşıklık insan hatasına neden olmakda ya da hata yapma olasılığını artırmaktadır.

2.5. İnsan Fizyolojisi ve Sınırları

İnsanın performansı, bir taraftan performans yeteneğine, diğer taraftan ise performansa hazır olmanın periyodik değişmelerine bağlıdır. Diğer etkenlerin yanı sıra, alışma ve yorulma da performans yeteneğini zamanla etkileyen öğelerdir.

Bunun yanı sıra bir gün boyunca; çalışılmadığı zamanlarda da; insanın bedensel işlevlerini düzenli aralıklarla bir "çalışma evresinden", "dinlenme evresine" dönüştüren otonom, yani irade dışı bir ayarlama mekanizması vardır.

Bu çeşitli olgular sayesinde insan, bilinçli veya bilinçsiz olarak, karşılaştığı belirli durumlara uyum sağlayabilir; performansından ekonomik bir biçimde yararlanabilir veya kendini fazla yük altında kalmaktan korur [14].

2.5.1. Performansa hazır olmanın periyodik dalgalanmaları

Performansa hazır olmanın gün boyunca dalgalanmalarını gösteren eğri, günlük ritim ya da bioritim; vardiya ve mola düzenlemesi, yemek zamanı, serbest zaman davranışı gibi etkenlere ve nihayet günün saatlerine bağlı olan biyolojik bir temel kanundur.

Günlük ritimde, öğleden önce, saat 9'a doğru bir fonksiyon maksimumuna erişilir. Buna kıyasla daha düşük bir düzeye erişebilen ikinci yükselme, öğleden sonraki saatlerde görülür. Mutlak minimum, yani “ölü nokta” ise, gece saat 2 ile 4 arasındadır. Şekil 2.3 deki eğri, insanlar arasında oldukça büyük farklılıkları da dikkate alan ortalama bir akışı göstermektedir [9].



Şekil 2.3. 24 saat içinde biyolojik ritim grafiği [9]

İnsanların takriben % 30'u, akşamın geç saatlerine kadar kayda değer bir yorgunluk belirtisi göstermeden etkin olabilen, kesin akşam tipi olarak tanımlanabilecek kişilerdir. Ancak, akşam saatlerinde çalışırken hissedilen büyük rahatlığın nedeni, genellikle bu saatlerde dikkati dağıtan çevre etkenlerinin az olmasıdır.

Sabahları daha etkin olan sabah tipi insanlarda performansa hazır olmanın yüksek değeri saat 8'e doğru görülür; ancak, bu insanlarda organizma, öğleden sonranın daha ileri saatlerinde dinlenme evresine geçer.

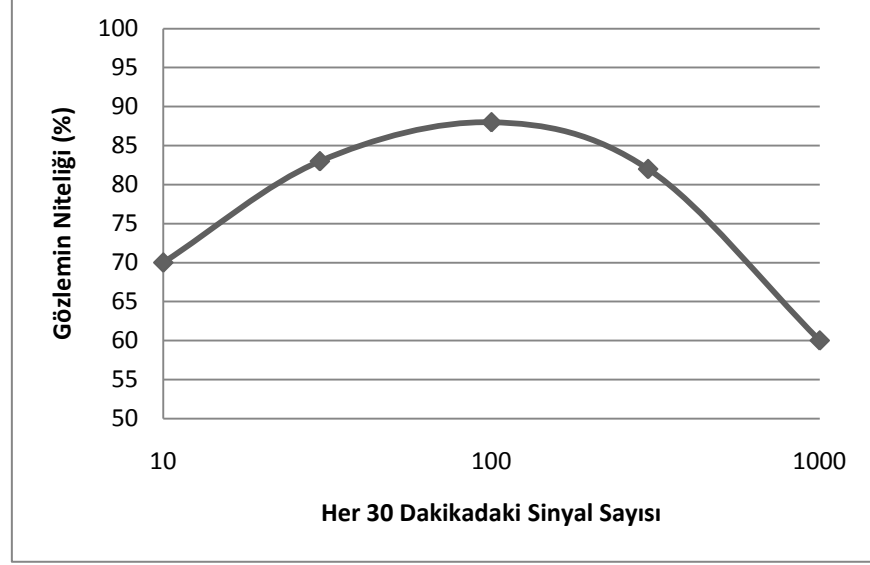
Ayrıca, fizyolojik olarak performansa hazır olma eğrisi ile, gerçek performans eğrisi sadece performansın yüksek olduğu durumlarda çakışır. Buna karşın, düşük performans ile fizyolojik olarak performansa hazır olma karşıt yönlerde yer alabilirler [9,14].

2.5.2. Bilgi algılama ve tanıma

İnsan, bilgileri algılama organları (reseptörler) üzerinden alır. İnsanın çevresinden gelen her türlü bilgi, isteme bağlı ya da bağlı olmadan; görme, işitme ve dokunma duyularıyla algılanır. Çalışma açısından önem taşıyan bilgilerin %90' dan fazlası ilgili algılama organları üzerinden alınır. Bilgi alınışında yukarıda belirtilen duyu organlarının yanında aşağıdaki parametreler de rol oynar:

- a) Duyu boyutu (işle ilgili nesnelere yapı, desen, renk, biçim, boy, yersel konum, nicelik ve ötekilerini tanıma)
- b) Tanıma türü (mutlak, bağıl veya tahmini değerlendirmeler)
- c) Bildirme duyarlılığı ve kesinliği
- d) Bozucu etkenler (göz kamaşması, parlama, yetersiz aydınlatma, gürültü, v.d.)

Özellikle nicelik, yani algılanacak bilgilerin sayısı, duyu organlarının performans yeteneklerinin incelenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Eğer insanın bilgi algılama yeteneğine çok az bilgi ulaşırsa, ortaya çıkan çevre değişikliklerini algılama ve bunlara tepki gösterme özelliği de zayıflar. Çok fazla bilgi ise yorgunluğa ve muhtemelen duyu boyutu kapasitesinin kaybolmasına yol açar [10]. Şekil 2.4'de sinyal sayısının algıya etkisi grafik olarak gösterilmiştir. Görüldüğü gibi izlemenin kalitesi sinyal sayısı ile öncelikle artmakta kapasite limitinden sonra ise azalmaktadır. Burada sinyal sayısının logaritmik artışına dikkat edilmelidir.



Şekil 2.4. Bilgi algılamada, bilgilerin sayısına göre değişen performans eğrisi [9]

2.5.3. Bilgi işleme ve karar

İnsandaki işlev akışının ikinci evresini bilgilerin işlenmesi oluşturur. Merkezi karar verme mekanizmasını etkileyen faktörler arasında aşağıdakiler sayılabilir:

- a) Problem türü
- b) Problemin karmaşıklığı
- c) Problem çözümünün zamanı
- d) Bozucu etkenler

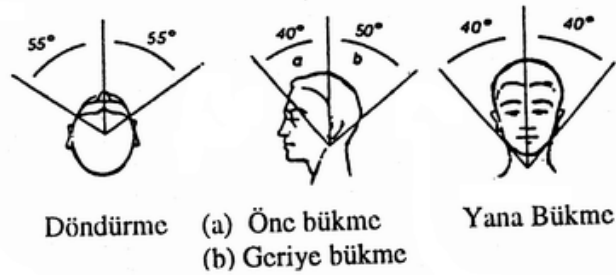
İşlev akışının bu bölümü şimdiye kadar en az araştırılan alan olduğundan, tanımlamada çoğu kez, görevin yerine getirilmesi için gerekli bilgiler gibi, türetilmiş faktörler de kullanılır [9].

2.6. İnsan Hareketlerine Ergonomik Açıdan Bakış

Bu alt bölümde, insan vücudunda hareketli eklemlerin hareket sınırlarına kısaca değinilecek ve ergonomik açıdan değerlendirilmesi yapılacaktır.

2.6.1. Baş hareketleri

Baş hareketlerinin açısal boyutları Şekil 2.5’de gösterilmiştir. Baş rotasyon hareketleri dikkate alındığı zaman, sağa ve sola dönüşlerin açısal ortalamasının 55° olduğu görülmektedir. Ergonomik yaklaşımlarda bu harekete, gözlerin yuvalarında dönme hareketleri de dikkate alınarak, daha geniş açılarda bir hareket boyutu varsayımı ile yaklaşılır. Başın sağa ve sola dönüşü şüphesiz, boyun omurlarının işlekliliği ve boyundaki kas ve bağ dokularının esnekliğine bağlıdır. Göz hareketleri ise burada önemli bir kolaylık ve avantaj sağlayabilir. Bu arada, başın geriye bükülmesinin ortalama 50° gibi değerlere ulaşabilmesine rağmen, ergonomik açıdan başın, bu ölçülerde geriye bükülmüş duruşu herhangi bir yarar sağlamaz. Nitekim, zorlanarak geriye bükülen baş pozisyonunda yutkunma güçleşir ve başı uzun süre bu pozisyonda tutmak çok rahatsız edicidir. Başın öne bükülmesi daha rahat bir pozisyonudur fakat, yine de gözle takip gerektiren göstergelerin, baş hareketlerini zorlamayacak bir şekilde göz bakış açılarında göre yerleştirilmesi prensip kabul edilir. Özellikle, uzun süreli izleme gerektiren göstergeler hiç bir zaman normal göz bakış açılarının dışına yerleştirilmemelidir [9,10].

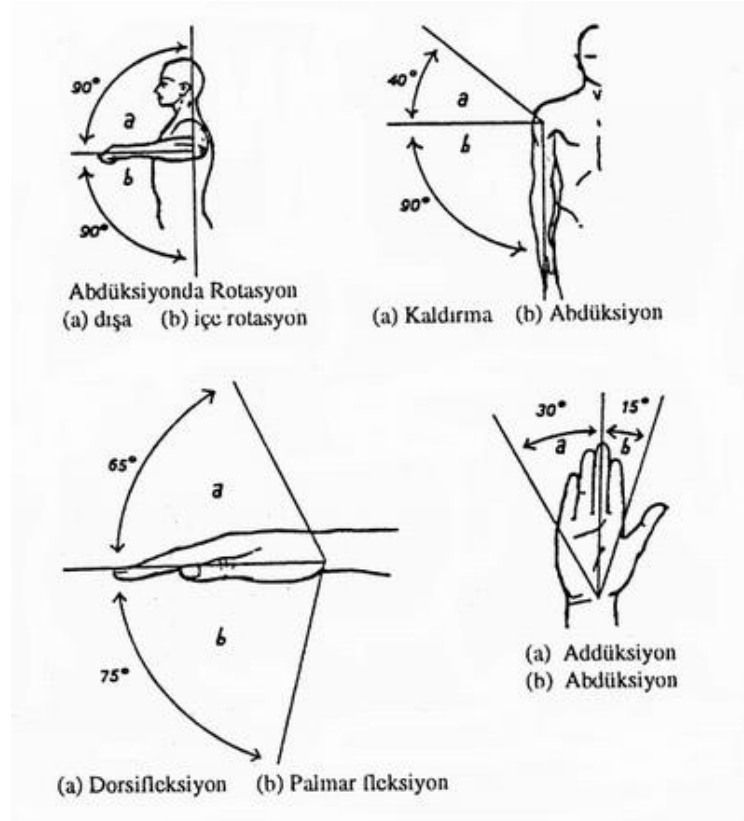


Şekil 2.5. Başın boyun ekleminde hareketliliği [9]

2.6.2. Gövde ve üst taraf hareketleri

Üst taraf hareketlerinin büyük bir bölümünde gövde hareket sınırlarının da kullanılarak çalışması söz konusudur. Gövdenin sağa ve sola dönüş hareketleri 40° civarındadır. Dik duran bir insanın, gövdesini bu açısal değerler içinde hareket ettirmesi ardından üst etraf hareketlerini gerçekleştirmesi mümkündür.

Ancak, bu tür gövde döndürme hareketleri statik bir şekilde ve uzun süreli olmamalıdır. Gövdenin öne ve geriye bükülmesi konusunda da aynı sakınca geçerlidir. Özellikle, gövdenin öne bükülü duruşunda, sağa ve sola döndürme hareketleri ve kuvvet gerektiren kas zorlamaları yapmak sakıncalıdır. Bu tür zorlamalarda kalıcı sakatlıklara neden olan eklem zedelenmeleri görülebilir [9,10]. Kol ve ellerin hareketi şekil 2.6’da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Üst taraf eklemleri hareket boyutları [9]

Omuz eklemine yuvarlak eklem başı ve oldukça düz eklem yuvası, bu eklem geniş açılı hareketini kolaylaştırır. Omuz eklemi hareketine dirsek ve el bileği hareketleri de katıldığı takdirde, gövde etrafında geniş bir erişme alanı oluşur. Ancak, el ve kol hareketleriyle ve duyarlı bir şekilde gerçekleştirilebilen hareketlerin uygulama alanı sınırlıdır. El ve kolların hareketi söz konusu olunca, hareket etkinlik alanı oldukça daralır. Normal olarak kolların duruşu, omuzdan sarkık ve avuç içi gövdeye dönük bir duruştur. Oturan bir insanın rahat çalışma pozisyonu ayrıca değerlendirilmelidir. Çünkü, bu duruş kolun dirsekten 90°

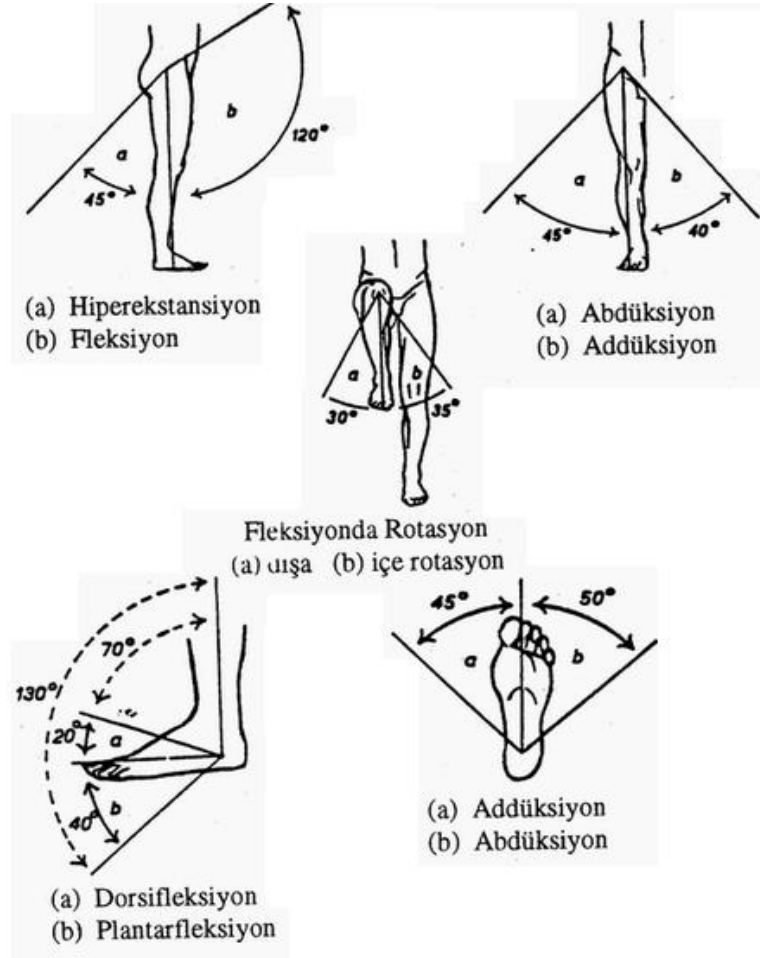
bükülü, alttan desteklenmiş ve parmakların hafifçe bükülü ve avuç içlerinin de birbirine dönük olduğu bir duruştur [10].

2.6.3. Bacak ve ayak hareketleri

Ayakta dururken dizlerin normal duruşu, vücut ağırlığını taşıyan kemiklerin düşey doğrultuda tutulabilmesi için tam gergin bir duruştur. Oysa, otururken ve sırtüstü yatarken dizlerin en rahat pozisyonu 70° - 130° açılar içinde fleksiyon halindeki duruşudur. Kalça ekleminin eklem kapsülü derin olduğu için, omuz eklemi ile kıyaslandığında hareketlerinin önemli ölçülerde sınırlı olduğu görülür. Bacağın, kalça ekleminde fleksiyon hareketi 120° civarındadır. Ancak, çoğu insan bu hareketi diz bükülü iken gerçekleştirebilir. Kalçadan gerçekleştirilebilen hiperekstansiyon ise 45° civarındadır. Şekil 3.6 'da görülen kalça, diz ve bilek eklemi hareketleri ergonomik tasarımlar açısından önemlidir. Oturan bir makine operatörünün ayaklarda kuvvet uygulamaları, diz ve kalçadan fleksiyon hareketlerinin desteğinde, oldukça geniş bir tasarım alanı ve hacmi sağlar. Ayakta duran bir insanın bir kontrol pedalı üzerinde yaratabileceği kuvvet kişinin ağırlığı ile bağlantılı olduğu gibi, ayak pedallarının yerleştirme alanı da sınırlıdır. Oturan bir operatörün sırt bölgesine iyi bir destek sağlandığında, diz ve kalça açılarının farklı değerlerinde, oldukça önemli ölçülerde kuvvet uygulanabilir. Örneğin; otururken, dizin 165° 'lik bir açı içinde tutulduğunda, ayak pedalına 350 kilogram kadar kuvvet uygulanabilmektedir. Dizin açısı değiştikçe bu kuvvet azalır. Ergonomik açıdan önemli olan sadece kuvvet uygulaması değildir. Eklemlerin hareketliliğine göre, reaksiyon zamanı en kısa uygulama pozisyonu, en uzun süre uygulamalarla elverişli noktalar gibi gereksinimler de dikkate alındığından, el ve ayakların çeşitli eklem açıları içinde hareketleri bu yaklaşımlarla da incelenir. Bir bakıma fonksiyonel anatomi olarak adlandırabileceğimiz bu yaklaşımlar, insan-makine ara kesitinde önemli araştırma alanlarıdır. Çizelge 2.1 de tüm vücudun açısal hareketleri verilmektedir [7].

Çizelge 2.1. Vücut bölümlerinin açısal özellikleri [7]

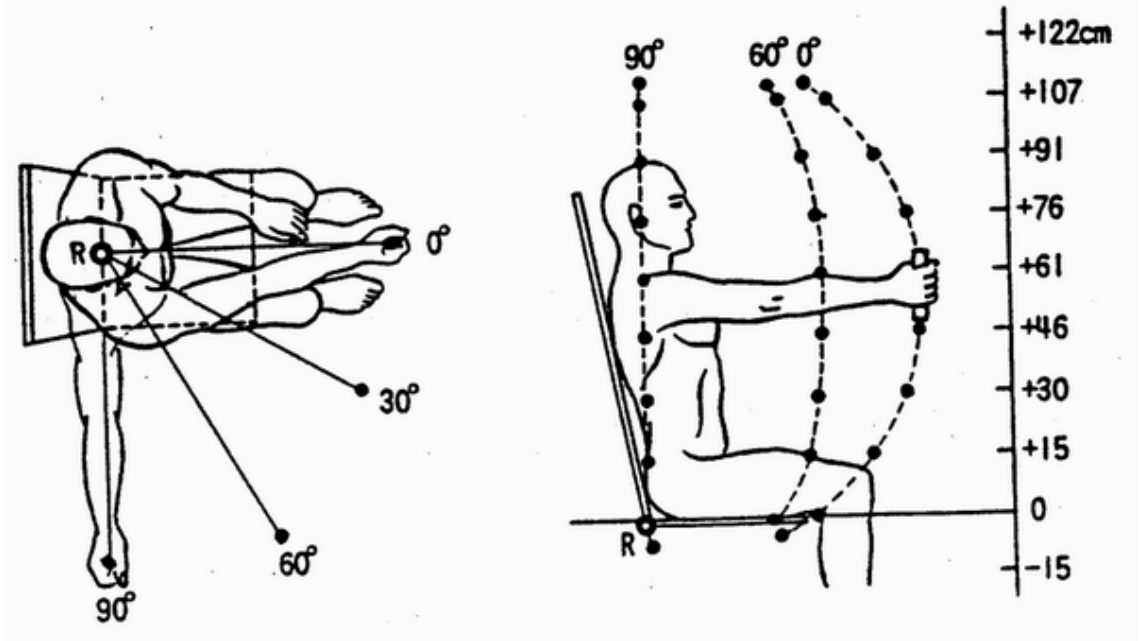
Konum	Eklem	Hareket	Maks. Açılımları (°)	Maks. Bölgenin Rahat Konumu (°)	
Baş	Boyun ekleminin	ön-arka eğme	+60...-35	95	+25...+5
		sağ-sol eğme	+55...-55	110	0
		sağ-sol dönme	+55...-55	110	0
Üst gövde	Göğüs-bel	ön-arka eğme	+100...-50	150	+5
		sağ-sol eğme	+50 ...-50	100	0
Baldır-Üst gövde	Kalça	ön-arka eğme	+115...0	115	0
		dışa-içe yan	+30...-15	45	0(100...+85)
Alt bacak-baldır	Diz	ön-arka salınma	+0...-105	105	0(-60...-85)



Şekil 2.7 Bacak ve ayak hareketleri [9]

2.6.4. Maksimum kavrama noktaları

İnsanların üst etraf boyutları ve eklemlerinin işlekliliği ile orantılı olan maksimum kavrama noktaları, ergonomik yaklaşıma bir örnek teşkil eder ve endüstriyel pratik açısından da önemli tasarım boyutlarını ortaya koyar. Bu konuda sistematik araştırmalar 1950'lerde tamamlanmıştır. Şekil 2.8 'de gösterilen ölçme yaklaşımları ile ve sınırlı sayıda denek üzerinde yapılan çalışmalarını değerlendiren Hertzberg, elde edilen değerlerin istatistik dağılımını da yaparak, işyeri tasarımı açısından önemli verileri ortaya koymuştur. Hertzberg ve onu izleyen araştırmacıların en önemli katkısı şüphesiz, insan-makine ara kesitine fonksiyonel anatomi yaklaşımını getirmeleridir [7,8].



Şekil 2.8. Kavrama noktaları [7]

Fonksiyonel anatominin diğer bir yaklaşımı da biyomekanik diyebileceğimiz ve iş yapan insanın mekanik özelliklerini inceleyen bir yaklaşımdır. Fiziki bir iş yapan insanın anatomik yapı özelliklerine uygun hareketler yapması ve biyomekanik özelliklerinin gözetilmesi, çeşitli zorlanma ve

sakatlanmaların önlenmesi açısından olduğu kadar, insan vücudundan optimal verim sağlamak açısından da önemlidir [10].

2.6.5. Kaslar

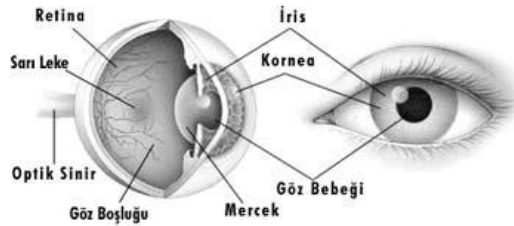
Vücudumuzun her tarafına yayılmış bulunan kaslar, hareket sistemimizin kuvvet kaynağıdır. Bağlantı noktalarına kuvvet uygulayabilen ve tek yönde kasılabilen yada gevşeyerek uzayabilen kaslar, vücut ağırlığının yaklaşık %45 'ini oluştururlar. Her kas, boyları 0,5 ile 14 cm arasında değişen çok sayıda kas lifinden meydana gelir. Bir kasta ortalama çapları 0,1 mm olan bu liflerden 100000 1000000 arasında lif vardır.

Kaslar yapılarına ve çalışma şekillerine bağlı olarak üç grupta incelenebilir. Birinci grupta isteğe bağlı olarak çalışan çizgili kaslar yer almaktadır. İkinci grupta, otonom sinir sistemi altında çalışan düz kaslar vardır. Üçüncü grup ise, yapı olarak birinci gruba, çalışma şekli bakımından da ikinci gruba benzeyen kalbin çizgili kaslarından oluşur. Ergonomik açıdan, en önemli kas grubu isteğe bağlı olarak çalışan çizgili kaslardır. Kas dokusunun en önemli özelliği, kasılabilme yeteneğidir. Bir kas, normal boyunun yarısı kadar kasılabilir. Dolayısıyla, tam olarak kasılmış bir kasın iş yapabilme gücü kasın orijinal boyu ile orantılıdır [9]. Bu nedenle, antrenmanlar ile kaslarını uzatmaya çalışırlar. Her kas lifi belirli bir kuvvet ile kasılır. Bir lif demetinde kasılan kasların kasılma kuvvetlerinin toplamı, kasın toplam kasılma kuvvetini verir. Bir insandaki maksimum kas kasılması, kasın her cm² için yaklaşık 40 N 'dur. Kasılmanın başlangıcında maksimum olan kas kuvveti, kasın boyu kısaldıkça azalmaktadır. Kasılma kuvveti, sadece liflerin uzunluğuna bağlı değildir. Aynı zamanda aktif olarak kasılan lif gruplarının sayısına da bağlıdır. Uzun süreli kasılmalarda, lif grupları nöbetleşe kasılarak, tüm kas sistemine ait kasılmanın sürekli olmasını sağlarlar. Bu şekilde, kasılma sırasında lif gruplarının bir düzen içinde birbirlerini dinlendirmeleri sağlanır [7].

2.6.6. Göz, gözün yapısı ve görme duyumunun gerçekleşmesi

Fiziksel çevremizi algılamakta en fazla kullandığımız organ olan göz, merkezleri aynı eksen üzerinde olan küresel yüzeylere ayrılmış birtakım saydam ortamdan oluşur. Yaklaşık olarak 27 mm çapında bir küre şekli gösteren gözün kesitinde önden arkaya doğru sıra ile şu tabakalar bulunur:

- Göze ışığın girmesini sağlayan saydam tabaka
- Rengi kişilere göre değişen ve iris adı verilen bir diyafram. Bu diyaframın yani irisin ortasında göz bebeği bulunur. Bunun çapı göze gelen ışığa göre 2-5 mm arasında değişir.
- Göz billuru denilen esnek ve iki yüzü de konveks olan bir mercek. Kendisini çepeçevre kuşatan dairesel bir kasla göz küresinin içine yapışık olan billur, gözü iki bölgeye ayırır. Bölmeler, kırılma indisi suyun kırılma indisinden az büyük olan saydam sıvılarla doludur.
- Işığa duyarlı bir yapıya sahip olan ağ tabaka veya retina olarak adlandırılan kısım. Göze gelen sinirlerin gayet ince ipliklere ayrılarak ördüğü ağ tabakada, göz sinirinin giriş noktasında (kör nokta olarak ta adlandırılır) duyarlılık sıfırdır. Göz eksenini geçtiği noktada ise (sarı leke yada fovea da) duyarlılık maksimumdur [15].



Şekil 2.10. Gözün yapısı [15]

Görme duyumunu gerçekleşmesi için muhakkak ışık gereklidir. Çevrede ki uyarılardan gelen ışık ilk olarak saydam tabakaya gelir. Buradan ışığın yansımalarını önleyerek görme keskinliğini sağlayan siyah pigment tabaka sayesinde, göze giren ışık irise ulaşır. İrisin ortasında bulunan açıklık (yani gözbebeği) çevre ve yüzey aydınlatması düzeyine göre, bir diyafram gibi çalışarak

büyüyüp küçülerek, göze giren ışık miktarını ayarlar. Gözbebeğinin arkasında ise, çeşitli uzaklıklardaki nesnelere görülmesini sağlamak üzere odağı ayarlanabilen mercek bulunmaktadır, ki bu, derinlik algılama ve stereoskopik görme (gece görmesi) için önemlidir. Işığa duyarlı olan alıcı uçlarının bulunduğu tabaka ise, gözün üçüncü tabakası (ağ tabaka) retinadır. Gözün en hassas ve en keskin görme noktası, retinanın ortasında olan ve aynı zamanda göz merceğinin eksenine üzerine rastlayan fovea (sarı leke) olup, burada algı uçları bulunur. Koni hücreleri adı verilen bu algı uçları, renk görüşü için gereklidir. Aynı zamanda gündüz ışığı şiddetlerinde akromatik (siyah-beyaz) görüşte de fonksiyonu vardır. Koniler, aydınlık düzeyi orta ve yüksek iken görev yapabilirler. Alacakaranlıkta tonları göremeyişimiz, konilerin az aydınlıkta fonksiyonlarını yapamamalarından kaynaklanır. Bütün retina da yaklaşık 7 milyon kadar koni hücrelerinin bulunduğu tahmin edilmektedir. Koniler aracılığı ile gerçekleşen görmeye fotopik görme (gündüz görmesi) denir. Ayrıca foveadan uzaklaştıkça sayıları artan, retinanın çevresinde kümeleşmiş öbekler halinde bulunan çubuk hücreleri vardır. Bu çubuk hücreleri aydınlık düzeyi düşük yani netliği az olan alacakaranlıkta görme olayını gerçekleştirirler. Işığa uyum şartları çok hassas olan koni hücreleri karanlığa uyma şartlarında tüm hassasiyetlerini kaybederler. Bu durumda sadece çubuk hücrelerle görüş gerçekleşir [9,15]. Şekil 2.10 gözün yapısını şematik olarak göstermektedir.

Görme duyumlarını renk ve ışık uyarıları meydana getirir. Görme alanındaki nesnelere gelen uyarılar, (yani ışık ışınları) gözdeki merceğin dış bükey olması nedeniyle retinadaki görüntüleri ters olarak oluşturur. Retinadaki koni ve/veya çubuk hücrelerinin uyarılmasından sonra, uyarı optik sinirden geçerek geriye doğru gider. Her iki gözdeki optik sinirler, beyindeki oksipital bölgeye ulaşırlar ve böylelikle görme olayı gerçekleşir. İnsan gözü 180 derecelik alanda her şeyi görür. Fakat en detaylı görüş göz merceğinin aksında ki 3 derecelik açı içerisinde olur [15].

Cisimler üç metre kadar bir uzaklıkta buldukça gözlerin çaprazlanması, uzaklık hakkında bir ip ucu verir. Bu ip ucu hem tek gözde hem de iki gözde meydana gelir. Gözler yakında bulunan bir cisme bakmak için çaprazlandığında

bunları içe doğru eviren kaslar gerilir, dışa doğru evirenler ise gevşer. Bunun gibi gözler daha uzaktaki bir cisme bakmak için birbirinden uzaklaştıkça bunları dışa doğru eviren kaslar gerilir, içe doğru evirenler ise gevşer. İşte bu kas gerilmelerindeki bu değişmelerden meydana gelen sinir akımları beyne giderler ve uzaklık hakkında ipuçları verirler.

Her gözde aynı cismin veya durumun az çok farklı bir resmi çıkar. Sağ göz cisimlerin sağ tarafına gelen şeyleri sol gözden biraz daha fazla görür. Aynı şekilde sol gözde sol tarafı sağ göze nazaran biraz daha fazla görür. her iki gözün elde ettiği bu farklı görüşe *retin ayrılığı* denir.

Retina zerine düşen resmin büyüklüğü fizyolojiktir. Resim ne kadar kk olursa cisim o kadar uzak demektir. Bildiğimiz bir nesnenin boyu bizde sabittir ancak bunun resmi kk olunca, bu nesnenin büyük görüldüğü zamandan daha fazla bir uzaklıkta bulunduğuna karar veririz [9].

Görsel algının gerçekleşebilmesi için gerekli en temel ihtiyaç ışıktır. Işığın elektromanyetik dalgalardan (bir kaynaktan) zellikle güneşten çıkan ışık yayan enerji dalgalarından meydana geldiği bilinmektedir. Işık yayan enerji, çeşitli maddelere çarpar ve bu maddeler özelliklerine göre enerjiyi çeşitli şekillerde değiştirir. Işığın hızını azaltır, kırılma yaptırır, yutar veya yansıtır. Işık yansırken sert bir yüzeyde sıçrayan top gibi geri döner. Bütün ışık enerjisinin yansıdığı yüzeyler beyaz görünür. Bazı yüzeyler ise bütün ışığı yutar, absorbe eder. Bu yüzeyler ışığı yansıtmadıklarından dolayı siyah görünür. Bazı yüzeyler ise ışığın bazı uzunlukta olan dalgalarını yansıtır bazılarını ise yutarlar. Bu kromatik görmeyi yani renkli görmeyi meydana getirir.

Gz ancak dalga uzunluğu 400-700 milimikron arası olan elektromanyetik dalgaları almaya elverişlidir. 700 milimikronun üstü kızıl ötesi, 400 milimikronun altı ise ultraviyole dalgalardır ve gözü uyarmazlar. Cisimlerin görülebilmeleri için:

- a) Güneş, lamba, mum gibi ışık kaynaklarının cisimlere ve göze ışık yollamaları gerekmektedir.

- b) Ancak ışık kaynakları sayesinde görülebilen ve karanlık cisim adı verilen cisimlerin, ışık kaynaklarından çıkarak üzerlerine düşen ışığı dolaylarına ve göze göndermeleri ile gerçekleşir.

Bir ışık kaynağından ışık alarak bunu çevrelerine dağıtan ve böylelikle görülebilen cisimlere *aydınlatılmış cisimler* denir. Cam, su, hava gibi ışığı iyi geçiren cisimlere *saydam cisimler*, tahta ve madensel cisim gibi ışığı geçirmeyen cisimlere *saydamsız cisimler* denir. Bunların yanı sıra ince kağıt, buzlu cam gibi ışığın bir kısmını geçiren cisimlere de *yarı saydam cisimler* denir [15].

Yapılan deneyler göstermektedir ki, ışık kaynağından çıkan ışınlar doğrusal bir yolla yayılmaktadır. Işık yayılırken herhangi bir yüzey üzerine düşerse bir kısmı veya tümü bu yüzey tarafından geriye döndürülür. Ayrıca yüzey pürüzlü ise her doğrultuya doğru geri çevrilmiş ışınlar oluşur. Bu durumda gelen ışık pürüzlü yüzeyden yayılmaya uğrar. Ancak ışığın düştüğü cisim pürüzsüz, cilalanmış ise ışık, geliş doğrultusuna göre belirli bir doğrultuya doğru geri çevrilir ve bu yeni halde ışık yansımış olur.

Ayrıca, yansımadan daha karmaşık olan kırılması vardır. Bir saydam ortamdan bir diğerine gelen ince bir ışık demetinin bir kısmı bu iki ortamı ayıran yüzey üzerinde yansır, kalanı ise doğrultusunu değiştirerek öteki ortama girer. Bu doğrultunun değişmesi yüzeylerin yoğunluğuna göre bir takım kırılma indislerini verir [10].

Baş sabit tutulduğu zaman gözler tarafından algılanan çevre parçası görsel alanı oluşturur. Bir derecelik koni içinde bulunan nesnelere açık bir şekilde (net olarak) odaklanırlar. Bu koninin dışında ki nesnelere gittikçe daha az net hale gelir ve silinirler. Görsel alan üçe ayrılabilir;

- a) Açık bir şekilde görme alanı: düşeyde 1 derecelik açı
- b) Orta alan: düşeyde 40 derecelik açı
- c) Çevresel alan: düşeyde 40 derece ile 70 derece arasındaki açı,

orta alana yerleştirilmiş olan nesnelere tam olarak görülmezler fakat hareketleri ve kuvvetli kontrastları ayırt edilebilir. Çevresel alan ise, alın, burun, yanaklarla sınırlanır ve bu bölgede nesnelere hareket ettikleri zaman ayırt edilebilirler.

John Croney'in görme ile ilgili antropometrik genellemelerine göre, bir ortalama görüş çizgisi vardır ve yatayla 5 derecelik açı yapmaktadır. Belirli bir nesneye bakmaksızın oluşan ortalama görüş çizgisi boyunun aşağı yukarı hareketiyle görüş çizgisinin her iki tarafında 15 derecelik çizgilerden görüş konisi oluşur. Ayakta yatayla 30 derecelik açı yapan görsel alan ise nesnelere görülmesi için uygun açıdır. Otururken oluşan normal görüş çizgisi ise yatayla 20 derecelik bir açı yapmaktadır. Yatayla 38 derecelik açı yapan alan ise oturan insanın normal görsel alanıdır.

Göz hareketleriyle bu görsel alan yatay çizginin üzerinde 50 derecelik açı, yatay çizginin altında ise 70 derecelik bir açı yapacak şekilde artar ve görüş mümkün olur. Doğal baş hareketi ise 45 derecelik bir açı oluşturur. Göz ve baş hareketleri birlikte kullanıldığı takdirde normal görüş açısının maksimum değeri 180 derece olur. Ergonomik tasarım açısından bu alanlar ekipman ve çevre tasarımında önemlidir [9].

2.7. Zihinsel İşyükü

İşyerlerinde ve fabrikalarda kullanılan teknolojinin seviyesi yükseldikçe iş görenlerin işi yaparken kullandığı fiziksel güç yerini zihinsel güce bırakmıştır.

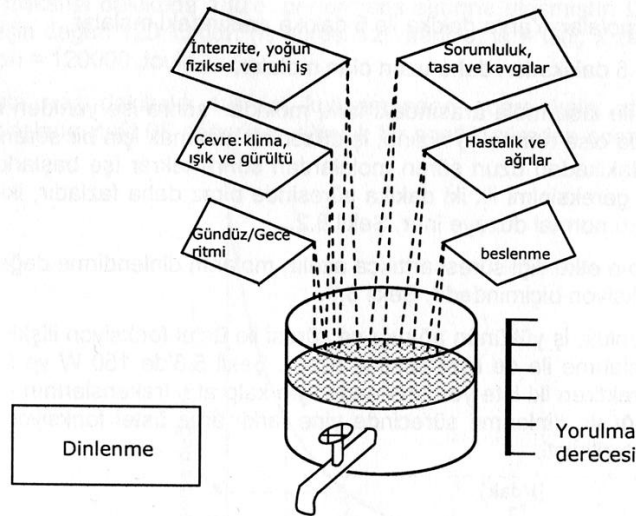
Teknolojinin en alt düzeyde kullanıldığı sistemlerde iş gören sistemi harekete geçirmek ve kontrol etmek için fiziksel güç harcar. Teknolojinin üst seviyede kullanıldığı "karmaşık sistemler"de ise teknoloji harekete geçirici gücü ve bilgiyi sağlarken insan sistemi kontrol eden elemandır.

Askeri jet uçaklarının oto pilot sistemleri gibi teknolojinin en üst seviyede kullanıldığı sistemlerde ise insan kontrol döngüsünden de çıkartılmıştır. Bu durumda makina güç, bilgi ve kontrolü aynı anda sağlayan mekanizma haline gelmiştir. İnsanın görevi ise süreci izlemek ve yön göstermektir.

Teknolojik sistemlerde iş gören üzerindeki "fiziksel iş yükü" "zihinsel iş yükü"ne dönüşmüştür. Tasarım süreçlerinde "zihinsel iş" konusu son zamanlarda daha çok dikkat edilen bir olgu olmuştur. İyi tasarlanmış bir sistem zihinsel iş yükünü en düşük seviyede tutan yada en düşük seviyeye çeken sistemdir [9,10,11].

2.8. Yorgunluk

Yorgunluğun sözlük anlamı “Çalışma vb. sebeplerle bireyin ruh ve beden etkinlikleri açısından verimlilik düzeyinin azalması” olarak geçmektedir [16]. Biyoloji terimleri sözlüğünde ise uzun bir uyartı sonucu bir organın hücrelerinde meydana gelen fizyolojik bir durum olarak tanımlanmıştır [17]. Yorgunluğu daha iyi anlatmak için, içine çeşitli musluklardan su dolan bir kaptaki suyun seviyesi olarak düşünürsek, suyun seviyesini yükselten (yorgunluğu artıran) kaynaklar olarak bedensel ve/veya beyinsel faaliyetin yoğunluğu ve süresi; ışık, gürültü, klima gibi çevre koşulları; gece-gündüz değişimi, sorumluluk, problemler, üst ve üst ile çatışmalar, hastalık halleri ve beslenmeye sayabiliriz. Şekil 2.11’de yorgunluk görsel olarak şekillendirilmiştir. Şekile göre kabın taşmaması ise kaptaki boşaltma valfinin açılmasıyla mümkündür, bu da dinlenmeyi temsil etmektedir. Dinlenme öyle seçilmeli ve uygulanmalıdır ki o günün tüm yorgunluğu dengelenebilmelidir.



Şekil 2.11. Yorulmanın tasviri [9]

Yorgunluğun işaretleri hem objektif hem de sübjektif karakterlidir. En önemli yorgunluk işaretleri şunlardır:

- a) Sübjektif yorgunluk, uyku hali, işten kaçış duygusu algılamaları,
- b) Kolay düşünememe,
- c) Dikkatin azalması,
- d) Algılama hızının düşmesi,
- e) Bedensel ve mental faaliyetlerde performans düşüşü.

İş görenlerde kronikleşmiş yorgunluğa da sık sık rastlanır. Kronik yorgunluk fazla zorlanma karşısında değil, süreklilik arz eden, her gün tekrarlayan iş yükünden doğar. Kronik yorgunluğun belirtileri işi yaparken veya işten sonra değil sürekli olarak kendini gösterir, daha uyanırken başlayan bu yorgunluk hissi işe başlarken de mevcuttur. Kronik yorgunluk hisseden kişilerde şu belirtiler görülür:

- a) Asosyal davranış, kolay öfkelenme,
- b) Kolay depresyona giriş,
- c) Genel halsizlik ve hastalıklara karşı dirençsizlik [9]

Hava Trafik Kontrolörlerinin daha çok maruz kaldığı yorgunluk türü kronik yorgunluktur. İşin yapısı gereği düzenli olarak dikkat yoğunluğu yüzünden, emniyeti tehlikeye atmamak için belli aralıklarla mola verilmelidir. Fakat günümüz şartlarında ülkemizde yeterli yetişmiş personelin azlığı ve devlet politikaları yüzünden, çalışma ve dinlenme sürelerinin verimliliği tartışılabilir. İşyükünün hesaplanmasındaki zorluklar ve yine devlet politikaları gereği yanlış çalışma-dinlenme zamanları planlamaları yapılabilmektedir.

Bilgisayarda sürekli olarak yazı yazmak, dosya hazırlamak radar ve yol kontrolde hava trafiğini yönetmek gib işler tek yönlü dinamik işlerdir. Bu ve benzer işlerde el, kol ve omuz fazlaca yorulur, ağrımaya başlar. Bir de buna bu işleri yaparken iş gereği vücudun aldığı konuma dikkat edilmezse sırt ağrıları, hatta kronik omurga rahatsızlıkları ile karşılaşılabilir. Bu rahatsızlıklar nedeniyle nefes alma, kan dolaşımı ve alınan gıdanın hazmı zorlaşır. Kuvvet kaybı, kendini

işte iyi hissetmeme, hassasiyet kaybı, hareketi zorlaştıran ağrılar, dinlenme süresinde devam eden ağrı ve acılar, kas ağrıları (miyalji), kas-kiriş iltihaplanmaları (tendinitis, tenosnovitis), Karpal-Tunel Sendromu gibi önemli sağlık sorunlarının, aynı hareketin binlerce kere tekrarlanması ve bu hareketlerde de kuvvet uygulanması nedeniyle oluştuğu şüphesi tip çevrelerinde yaygındır, bu rahatsızlıklar zaman içerisinde RSI (Repetitive Stress Injury = Tekrarlayan Zorlanma Hasarı) sendromuna dönüşmektedir [10]. Eklemler, kirişler ve kaslar her gün çok defa tekrarlanan hareketler nedeniyle öyle hasar görebilirler ki, iş dışı dinlenme süresi vücudun kendi kendini onarmasına, yeterince dinlenmesine yetmeyebilir. İyice dinlenmemiş, şikayetleri geçmemiş insanın ertesi gün aynı hareketleri devam ettirmesinde meydana gelecek hasarlar, eski hasara eklenir. Aylar hatta yıllarca süren aynı konumda, çok sık tekrarlanan işlerde üst üste eklenen bu hasar kuvvet kaybından felce kadar uzanan çok büyük sağlık sorunlarına sebep olabilir [9]. Ayrıca hasar uğratmayacak ölçüde olsa bile ağrı veya yorulma çalışan operatör üzerinde işyükü veya stress yaratabilir. ATC de hem RSI durumlarının işyükü, stress veya performans etkisi vardır, hem de daha fazla dikkat yoğunluğunu gerektiren hava trafik kontrolünde dikkat dağıtıcı etkisinde olabilmektedir.

Eğer yapılan iş, iş düzenlemesi gereği, konum değiştirmeye müsait değilse, konum gereği sürekli gergin olan kasların kanla beslenmesi zorlaşacak, kiriş uçları ve eklemlerde mekanik sürtünme artacaktır. Bu durum kirişlerin ve kasların kolay hasar görmesine neden olur.

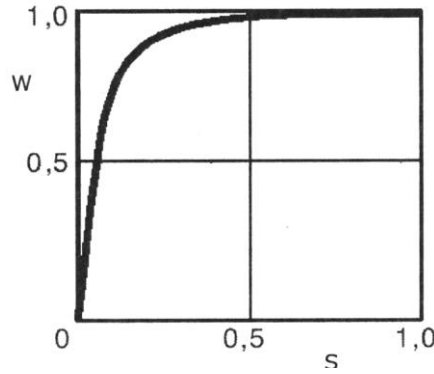
Tüm bu hususlar dikkate alınarak iş ve işyeri düzenlemelerinde vücut konumunun en az yorucu, en az enerji harcamayı gerektiren konum olması, bundan daha önemlisi de, konum ne kadar doğru belirlenmiş olsa da, iş süresinde vücut konumunun değiştirilebileceği, aynı kas gruplarının sürekli gergin kalmayacağı bir düzenleme ve tasarım oluşturulmalıdır [10].

2.9. Zihinsel Beceriler

İnsanın, içinde yaşadığı fiziksel dünyada yaşamını kolaylaştıran, bir dolu zihinsel becerisi vardır ve tüm bu beceriler ölçülebilir niteliktedir.

İnsan karmaşık yapıdaki çıktıları kontrol edebilecek yapıdadır; araba, uçak kullanabilir, klavye kullanabilir, gürültü içindeki anlamlı sesleri seçebilir, şekilleri tanımlayabilir.

Gürültü sadece duyu organına zarar verme açısından rahatsız edici veya tehlikeli değildir. Kritik sınır diye kabul edilen düzeyin altındaki gürültüler de insanı rahatsız eder, psikolojik anlamda stres oluşturur, ancak bunu fiziksel-teknik yöntemlerle veya fizyolojik ölçütlerle tespit edip ifade edebilmek olası değildir. Karşılıklı birbirini duyma ve anlama, hem kişileri izole edilmişlik duygusundan kurtarır, hem de iş güvenliği açısından gereklidir. Bu nedenle gürültü ile konuşmanın anlaşılabilirliği arasındaki ilişkinin incelenmesi gerekir.



Şekil 2.12. Heceler ile kelimelerin anlaşılabilirliği [9]

Bir cümlenin manasının anlaşılması ile hecelerin anlaşılması arasında Şekil 2.12'deki ilişki deneysel olarak tespit edilmiştir. Buna göre bir cümlenin anlaşılması hecelerin anlaşılabilirliğiyle çok yakından ilgilidir. Heceler yarım anlaşıldığında bile cümlelerin anlaşılma derecesi çok yüksektir. Anlaşabilmeyi bozacak bir gürültü olmadığında, hece anlaşılabilirlik derecesi konuşmanın ses düzeyi arttıkça yükselmekte ve 80 dB de maksimum değere ulaşmaktadır. Çok yüksek sesle konuşulduğunda anlaşılma derecesi bir miktar azalmaktadır [9]. Her ne kadar böyle bir çalışma yapılmamış olmasına rağmen, hava trafik kontrolünde normal günlük konuşma ve anlaşma yerine, kısa zamanda yeterli bilgi akışının sağlanması adına kodlamalar ve kısaltmalar kullanıldığı için yukarıda anlatılan anlaşılabilirlik kriterleri geçerliliğini yitirmektedir. Gürültülü ortamda pilot-kontrolör, araç-kontrolör veya kontrolör-kontrolör konuşmaları yanlış anlaşılabilirlikte, cümlenin anlamı kavranırsa bile kelimelerin ve heceleri daha

doğrusu kısaltma ve kodlamaların anlamları yanlış anlaşılabilir. Özellikle de yüz-yüze yapılamayan telsiz görüşmelerinde bu daha da önem gösterilmesi gereken bir konu olmaktadır. Zihinsel beceriler bu noktada dahada kendini göstermektedir. Her kontrolörün veya insanın hatalar yapmaya başlayacağı eşik değeri farklı olacaktır.

Ancak zihinsel olarak çok yüklenildiğinde insanın hata yapması doğaldır. Bununla birlikte makineler gibi bir anda bozulmadıkları için daha uzun süreler endüstriyel işlerin bir parçası olacakları açıktır. Yinede insanın zihinsel kaynakları sınırlıdır ve çalışmaya uygun olmayan şartlarda hata üretebilmektedir. Bu hataların kaynağı hafıza ve dikkat olgularıdır [18].

2.9.1. Hafıza

Bir bilginin hafızada yaşam boyu kayıtlı kalabilmesi için bilgi kaydetme işleminin çeşitli kademelerinden geçmesi gerekir. Bilgi kayıtları kısa süreli kayıt, kısa süreli hafıza ve uzun süreli hafıza olarak genelde üç kademede incelenmektedir. Modern biyolojide bilginin hafızada iz bırakmasının muhtemelen intramoleküler biyokimyasal bir olay olduğu sanılmaktadır ve bu olay aşağıdaki adımlarla ifade edilmektedir:

Çevremizden bir bilgi görerek, duyarak, temas ederek, koklayarak veya tadına bakarak bize ulaşır. Bize ulaşan bu bilginin yoğunluğu algılama organına bağlıdır. Örneğin kokuyla gelen uyarı 20 bit/saniye iken, sinyal algılama yoğunluğu en yüksek duyu organımız olan gözle gelen uyarı ise 10^7 bit/saniyedir. (1 bit=binary digit; en küçük bilgi birimidir. 8 Bit=1 Byte) Gelen sinyaller beyin tarafından filtrelenerek gerekli görülenler kısa süreli kayıt kademesine ulaşmaktadır. Çizelge 2.2 bu bilgi yoğunluklarını göstermektedir. Bu bilgiler 10-20 saniye sonra silinmektedir. Ancak benzer yeni bilgiler gelir veya hafızadaki bir bilgiyle ilişki kurup bir nevi rezonans oluşturursa hemen silinmemekte ve elektrik impuls şeklinde bir sinir hücresine ve onun uzantılı olan sinapsa iletilmektedir [8,18].

Elektrik impuls farklı sinir hücrelerinin sinapsları arasında dönmeye başlamaktadır. (Kısa süreli hafıza) . Sürekli olarak sinir hücrelerinin oluşturduğu devredeki yörüngede hareketini tekrarlayan elektrik impuls bu yörüngede "engram" adı verilen moleküler izler bırakmaktadır. Ancak bu iz de hemen sürekli hafızayı oluşturmamaktadır. İzin uzun süreli hale gelebilmesi için belirli bir zamanın geçmesi gerekmektedir. Bir şok geçiren insanın şok öncesi 15-20 dakikayı hatırlayamamasının da son izlerin hafızaya kaydedilmesi için gerekli zamanın henüz geçmemiş olmasından kaynaklandığı iddia edilmektedir. Kolay kolay ortadan kalkmayan engramlar uzun süreli hafızayı oluşturmaktadır. Kısa süreli hafızadaki bu izler uzun süreli hafızanın bir matrisi gibidir. Kısa süreli hafıza 1-2 gün, uzun süreli hafıza ise birkaç aydan başlayıp ömür boyu devam etmektedir. Duyu organlarımızdan aldığımız bilgiler yoğunlukları aşağıdaki verilmiştir [9].

Çizelge 2.2. Duyu Organlarımızdan aldığımız bilgi yoğunlukları [9]

Optik kanal	$\approx 10^7$ bit/s
Akustik kanal	$\approx 10^6$ bit/s
Taktil kanal (temas)	$\approx 4.10^5$ bit/s
Sıcaklık hissi	$\approx 5.10^3$ bit/s
Kas konumu, yer çekimi	$\approx 10^3$ bit/s
Koku alma	≈ 20 bit/s
Tad alma	≈ 13 bit/s

2.9.2. Dikkat

Seçici dikkat ve bölünmüş dikkat olarak ikiye ayrılır.

a) Seçici dikkat

Aynı anda ve aynı çevrede gerçekleşen birden fazla olay arasında seçtiğimiz olaya odaklanmamızı sağlayan zihinsel bir mekanizmadır.

b) Bölünmüş dikkat

Aynı anda birden fazla işi yapmamızı sağlar. Mesela; araba kullanırken telefonla konuşmak gibi.

Seçici dikkati arttırmak için insan-makina sistemlerinde kullanılan kontrol ve gösterge sistemleri kodlanabilir. Mesela yanlış yapıldığında sistemin sesli olarak ikaz vermesi yada kırmızı ışığın yanması buna bir örnektir. Bu sayede iş gören sadece sisteme müdahale eder ve bunu yaparken en alt düzeyde zihnini kullanır. Bu şekilde çalışma sürecince uzun vadede yanlış yapılma oranı azaltılabilir. Aşırı stresli durumlarda seçici dikkat yeterince etkili çalışmayabilir ve önemli nesnelere algılamayabilir. Genellikle pilotaj hatasından kaynaklanan uçak kazaları bu nedenden dolayı oluşur. İnsanların aynı anda birden fazla iş yapabilme kapasitesi fazla değildir. Eğer iş bu gerçeği göz ardı eder şekilde tasarlanmışsa işin yoğun olduğu süreçlerde hata yapılması kaçınılmazdır.

Fizyolojik değişkenleri kullanarak insan performansını etkileyen fiziksel iş yükünü önlemek kolaydır. Ancak benzer şekilde zihinsel iş yükü kolayca ölçülemez çünkü zihinsel iş yükünü yaratan sebepler neredeyse sonsuzdur. Zihinsel iş yükünü ölçmek amacıyla çokça kullanılan 3 ayrı metot geliştirilmiştir [9,12].

- a) Öznesel oranlamalar (Subjective Ratings)
- b) Davranışsal zaman paylaşımı (Behavioral Timesharing)
- c) Psikofizyolojik işaretler (Psychophysiological Indexes)

Öznesel oranlamalar yönteminde, iş görenlerden çalıştıkları işlere belli bir ölçeğe göre sıralamaları istenerek sonuç alınır.

Davranışsal zaman paylaşımı metodunda ise, aynı anda çalışılan 2 farklı konu incelenerek zihinsel iş yükü davranışsal etkilere bakılarak bulunur.

Psikofizyolojik işaretler metodunda ise, nabız atım sayısı ve beyin dalgalarının yoğunluğu bilgileri elde edilerek çalışılan işin iş görende yarattığı psikolojik ve fizyolojik etkiler incelenir.

Bunlardan daha etkili olan bir başka yöntem de NASA Human Performance grubunun kullandığı tüm iş yükünü alt gruplara ayırma metodudur. Burada testi yapan kişiden alt grupları kendileri için sıralamaları istenir. Her bir grubun ağırlığı farklıdır, sonuçta elde edilen sayılardan tek bir değer bulunur, bu değer de işin çalışan üzerinde yarattığı "zihinsel iş yükü"dür [9].

Toplam iş yükü ise şunlardan oluşur.

- a) Konunun zorluğu
- b) Zaman baskısı
- c) Performans
- d) Zihinsel efor
- e) Fiziksel efor
- f) Stres seviyesi
- g) Aktivite çeşidi
- h) Yorgunluk

Bunlar arasından zaman baskısı, zihinsel efor ve stres seviyesi, kontrolörlerin işlerini yaparken karşılaştıkları genel iş yükü bileşenleridir. Diğerleri daha az etkilidir.

Sonraki bölümde hava trafik kontrol sistemi tanımlanmış olup bu sistemin işleyişi ve sunulan hizmetler kısaca verilmiştir. Sunulan hizmetlerden meydan kontrol hizmeti çalışmanın esas konusunu oluşturması nedeniyle daha detaylı olarak verilmiştir. Meydan kontrol hizmetinin verildiği ortam olan meydan kontrol kuleleri ve burada görev yapan hava trafik kontrolörlerinin kullandığı donanımlarda bu bölümde verilmiştir.

3. HAVA TRAFİK HİZMETLERİ

Hava Trafik Kontrol Sistemi havayolu ulaştırmasının bir alt sistemidir. Amacı, hava sahası ve hava alanlarında seyahat eden uçakların emniyetli, verimli ve ekonomik seyahat etmelerini sağlamaktır [19].

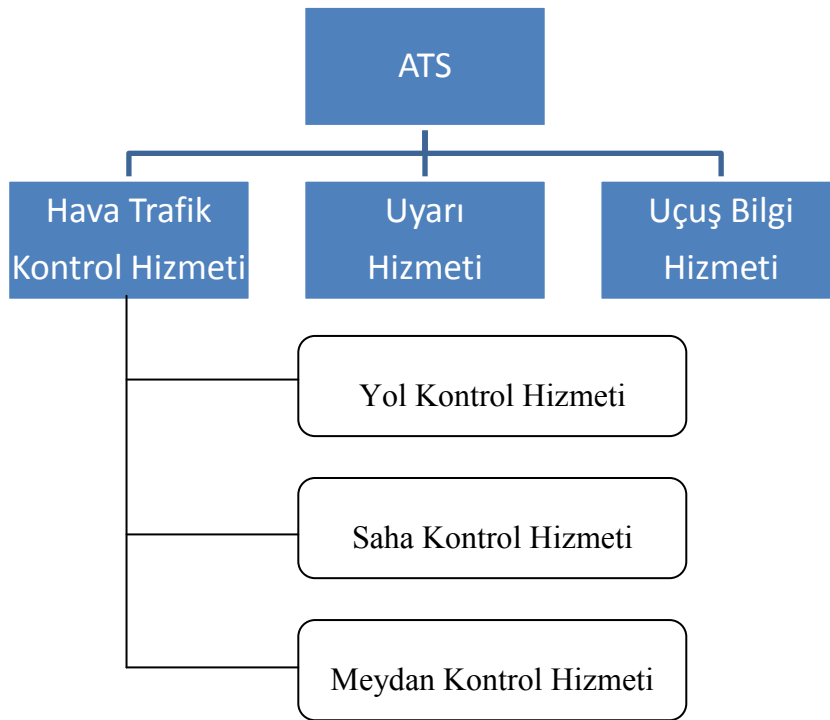
Bir uçağın uçuşunun emniyetinden yalnızca o uçağın pilotu sorumludur. Fakat aynı hava sahasını pek çok uçak aynı anda kullanmaktadır. Günümüz teknolojisiyle birlikte bu uçaklar yüksek hızlarda uçmakta olup, birbirlerini görmelerine rağmen, aralarındaki uçuş emniyetini sağlamakla ilgili sorumlulukları yoktur. Uçakların birbirleri arasındaki uçuş emniyeti hava trafik kontrol sistemi tarafından sağlanmaktadır [20]. Hava taşımacılığındaki üretim ve bilgi teknolojilerindeki gelişim, insanların ve kargonun havayolu ile taşınmasına olan talebi desteklemektedir. Bu da her geçen gün hava trafiği oranlarını artırmaktadır. Gelişmiş hava trafik kontrol faaliyetlerine ulaşmada kapasite ve verimlilik en önemli faktörlerdir. Kapasite artırma çalışmaları beraberinde emniyet sorunlarını da gündeme getirmektedir. Bu durum, uygulanan emniyet kuralları ile kapasite artırımı konularının birbirini ters yönde etkilemesinden kaynaklanmaktadır. Artan hava trafiğine çözüm olarak Hava Trafik Sistemi'nde, emniyetten ödün vermeden kapasite artırma çalışmalarına gidilmektedir. Böylece hava trafik sisteminin havacılıktaki öneminin ve etkisinin daha da artmasına neden olmaktadır [19].

Uçuştaki ve hava alanlarının manevra sahalarındaki bütün hava araçlarının hareketi hava trafiğini oluşturmaktadır. Gerek bir hava alanı üzerinde hareket eden, gerek bir hava alanına inişe gelen ve gerekse de hava yollarında sürekli hareket halinde olan hava araçları tek bir merkezden aynı kurallara bağlı kalmak kaydıyla hava trafik hizmetleri alınmaktadır. Bu hava trafiğine verilen; öncelikle hava trafik kontrol hizmetleri, uçuş bilgi hizmetleri, uyarı hizmetleri, hava trafik tavsiye hizmetleri beraberce Hava Trafik Hizmetlerini oluşturmaktadırlar [21].

Hava trafik hizmetlerinin amaçları şunlardır:

a) Uçaklar arasındaki çarpışmaları önlemek,

- b) Manevra sahasındaki uçakların o sahadaki mâniyalarla çarpışmalarını önlemek,
- c) Düzenli bir trafik akışını sürdürmek, hızlandırmak, maliyetini azaltmak
- d) Uçuşların emniyetli ve etkili bir şekilde yürütülebilmesi için faydalı tavsiye ve bilgileri sağlamak,
- e) Arama - kurtarmaya ihtiyaç duyan uçakla ilgili olarak ilgili kuruluşları uyararak ve istendiğinde bu kuruluşlara yardımcı olmak [22].



Şekil 3.1 Hava Trafik Hizmetleri

3.1. Hava Trafik Kontrol Hizmetleri

Uçaklar arasındaki çarpışmaları önlemek ve düzenli bir trafik akışını sürdürmek hızlandırmak amacıyla verilen bir hizmettir. Uçuşun emniyeti uçakların hareketlerini sürekli izleyen ve uçaklar arasındaki emniyetli ayırmaları temin eden hava trafik kontrolörlerince sağlanmaktadır. Hava trafik akışı ise hem

trafik akış yöneticileri hem de hava trafik kontrolörlerinin birlikte çalışmasıyla gerçekleştirilmektedir.

Trafik akışı yoğun hava alanlarında ve bunun etrafındaki hava sahasında trafik akışının optimize edilmesi ile yapılmaktadır. Hava trafik kontrol hizmetleri kontrollü hava sahaları içinde uçan tüm “Aletli Uçuş kuralları”(IFR) ve “Görerek Uçuş Kuralları”(VFR) uçuşlara verilmektedir. Hava trafik kontrol hizmetleri uçağın uçtuğu hava sahasının türüne ve uçuşun durumuna bağlı olarak farklı şekillerde olmaktadır. Uçuş durumu, doğrudan uçağın uçtuğu meteorolojik koşullara bağlıdır. Uçuş esnasında görüş mesafesi, bulutlardan olan uzaklık ve bulut tavanı ile belirlenen en düşük değerlerden oluşan “Görerek Meteorolojik Koşullar” (VMC) varsa, Görerek Uçuş Kurallarıyla uçuş yapılabilir. VMC dışındaki meteorolojik koşullar “Aletli Uçuş Koşulları (IMC) olup, bu koşullar altında seyrüsefer yardımcı cihazlarıyla gerçekleştirilen uçuşlar ise aletli uçuş kurallarına göre yapılır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta; IMC bir uçak VFR uçuş yapamaz, fakat VMC ise VFR uçuşunu sürdürebileceği gibi, IFR uçuşunu da sürdürebilir [23].

Böyle bir durumda uçak, uçuşundan önce uçuş planında bildirdiği uçuş kurallarına uymakla yükümlüdür. Eğer uçuş esnasında uçuş kurallarında bir değişiklik yapılması gerekirse, bu durum ilgili hava trafik birimine bildirilmelidir. Hava trafik kontrol usulleri ve parametreleri bu iki uçuş kuralına göre farklılık göstermektedir[19].

Bir pilot kalkışından 10-20 dakika önce kalkış meydanındaki hava trafik kontrolörü ile temas kurar. Kontrolör pilota bütün uçuşunu ilgilendiren müsaadeleri verir. Bazen verilen kontrol izinleri pilotun uçuş planında istediği değerlerinden farklılıklar gösterir. Bunun nedenleri istemiş olduğu hava yolunun kapasitesinin dolmuş olması veya hava koşullarındaki olumsuzluklar olabilmektedir.

Pilot uçuşuna başlamadan önce sırasıyla, kalkış meydanındaki kontrolörden piste taksi müsaadesi ister. Bu durumdaki yani yerdeki izinler hava alanı kontrol kulesi tarafından verilir. Havaalanından kalkışından sonra ise uçağın kontrolü

yaklaşma radar kontrolörüne devrolmuştur. Uçuşun tırmanma aşamasının tamamlanarak, gideceği meydanla ilgili hava yoluna dahil olmasından sonra kontrol yetkisi yol radar kontrolörü diğer adıyla saha radar kontrolörüne devir olmuştur. Pilotun varış meydanına yaklaşmaya başlamasıyla birlikte, kontrol fonksiyonu tersine çalışmaya başlar.

Hava trafik hizmetlerinin verilmesi hava trafik kontrol izinleriyle olmaktadır. İzinler ancak hava trafik kontrol hizmeti sağlama gereğine dayanmaktadır. Hava trafik kontrol izinlerinin içerikleri şöyle gruplandırılabilir:

- a) Uçuş planında belirtilen uçak çağrı adı,
- b) İzin sınırı,
- c) Uçuş yolu,
- d) Yol boyunca veya onun belli bölümlerindeki uçuş seviyesi ve/veya seviyeleri ve eğer istenmişse uçuş seviyesi değişiklikleri,
- e) Yaklaşma veya kalkış manevraları, iletişim ve izinin bitiş zamanı gibi gerekli talimatlar ve bilgiler [21].

3.1.1. Yaklaşma kontrol hizmeti

Uçaklar arasındaki çarpışmaları önlemek, düzenli bir trafik akışını sürdürmek ve hızlandırmak amacıyla kontrollü uçakların iniş -kalkışla ilgili kısımlarına terminal kontrol sahaları içerisinde verilen hava trafik kontrol hizmetidir. Yaklaşma kontrol hizmeti saha kontrol biriminden kontrolünü teslim aldığı uçakları en uygun sıralamayı yaparak, meydan kontrol bölgesi için giriş kapılarına getirmekten sorumludur. Asıl işlevi, kendi kontrol sahasında eğrisel yörüngeye sahip uçakları belirlenmiş ayırma kurallarına bağlı olarak sıralama işlevini yapmaktan ibarettir. Yaklaşma kontrol ünitesi radarlı veya radarsız olmak üzere Terminal Kontrol Alanındaki (TMA) gelen, giden ve transit uçuşlara hizmet verir [21].

3.1.2. Saha kontrol hizmeti

Uçaklar arasındaki çarpışmaları önlemek, düzenli bir trafik akışını sürdürmek ve hızlandırmak amacıyla kontrollü uçaklara Uçuş Bilgi Bölgesi (FIR) içerisindeki hava yollarında verilen bir hava trafik kontrol hizmetidir, Amerika Birleşik Devletleri Federal Havacılık Dairesi (FAA) kurallarına göre yol kontrol (En-route Control) olarak da isimlendirilir. Yaklaşma ve yol kontrol kısaca radar kontrol ünitesi olarak da bilinir [19].

3.1.3. Meydan kontrol hizmeti

Meydan kontrol kuleleri hava trafik sisteminin amaçlarını gerçekleştirmek için sorumlulukları altında bulunan uçaklara bilgi ve talimatları ileterek hava trafiğini kontrol etmektedirler. Meydan manevra sahasında uçan ve çalışma yapan uçaklar, iniş ve kalkış yapan uçaklar, manevra sahasındaki araçlar ve manevra sahasındaki engellerin birbirleri ile olan etkileşimlerinden sorumludurlar. Diğer bir deyişle meydan kontrolörleri manevra sahası içindeki uçuşlarla, araçları ve ilgili personeli devamlı olarak gözetim altında tutmak ve önceden belirlenmiş kuralları uygulayarak görevlerini yerine getirmektedirler [22].

Meydan kontrol biriminde çalışan kontrolörler sorumluluk sahalarına göre üç grupta toplanmaktadırlar: Bunlar,

a) Meydan kontrolörü

Genel olarak pist üzerindeki çalışmalar ile sorumluluk sahalarındaki uçuşlardan sorumludurlar

b) Yer kontrolörü

Pistler dışında manevra sahasındaki trafiklerden sorumludurlar

c) ATC izni dağıtım pozisyonundaki kontrolörlerdir

IFR uçuş trafikleri için motor çalıştırma ve ATC iznini aktarmaktan sorumludurlar.

Meydan kontrolörleri, etraflarını net bir şekilde izlemelerine olanak sağlayan meydan kontrol kulelerinde çalışmaktadırlar. Böylelikle meydana gerçekleşen hava trafiği etkinliklerini geniş bir bakış açısı ile izleyebilmektedirler.

Meydan kontrolörleri uçuşlarla ilgili olsun ya da olmasın sorumluluk sahalardaki tüm etkinlikleri devamlı izlemekten sorumludurlar. Uçuşların başlamasından önce ve devamında uçuşla ilgili gerekli araç-gerecin aktif halde olması, gerekli birim ve personelin uyarılması ve gerekli bilgilerin elde edilmesi için çalışırlar. Uçaklara gerekli talimatları iletirken çift yönlü radyo frekansını kullanmaktadırlar [19].

Diğer hava trafik kontrol hizmetlerden farklı olarak bir meydan kontrolörü ancak görebildiği uçaklara izin (clearance) verebilir. Meydan kontrol kuleleri meydan üzerinde ve civarındaki trafiğin emniyetli, düzenli ve hızlı akışını sağlamaktan sorumludur. Ayrıntılı olarak ise,

- a) bir meydanın çevresindeki meydan turunda olan uçaklar
- b) manevra sahası üzerinde hareket eden uçaklar,
- c) iniş ve kalkış yapan uçaklar,
- d) manevra sahası üzerindeki uçaklar ve araçlar,
- e) manevra sahası üzerindeki uçaklarla bu sahadaki mâniyeler arasındaki çarpışmaları önlemek amacı ile kontrolü altındaki uçaklara bilgiler ve izinler yayımlayacaktır.

Meydan kontrol kuleleri aynı zamanda emniyet birimlerini (itfaiye, ambulans vb.) uyarmaktan da sorumludur. Hava alanında meydan trafiği ve uçakların kaptan pilotlarına yardımcı olmak için tesis edilmiş, herhangi bir cihaz ışık veya aygıtın çalışmama veya düzensiz çalışma durumunu vakit geçirmeden rapor edecektir [21]. Meydan kontrol kulesine kontrolü devredildikten sonra, meydan kontrol birimi ile temas etmemiş veya bir kere temas ettikten sonra iletişimi kesilmiş uçaklar, beklenen iniş zamanından beş dakika sonrasına kadar iniş yapmazlarsa durum, saha kontrol merkezine veya uçuş bilgi merkezine bildirilecektir.

Emniyet gerekçesi ile bir meydanın üzerinde ve civarında görerek uçuş kurallarına göre yapılan uçuşlar şu otoriteler tarafından durdurulabilir:

- a) Hava alanının yer aldığı kontrol sahasından sorumlu saha kontrol merkezi,

- b) Görevli meydan kontrolörü,
- c) İlgili ATS otoritesi [21].

Görerek uçuş kurallarına göre yapılan uçuşlara bu şekilde durdurulması meydan kontrol kulesi aracılığı ile gerçekleştirilir veya meydan kontrol kulesine bildirilir. Uçuşların durdurulmasında meydan kontrol kuleleri tarafından şu usuller uygulanır:

- a) Aletli uçuş kurallarına göre uçuş planı dolduran ve saha kontrol merkezinden buna göre onay alan uçuşların dışında bütün kalkışlar durdurulur.
- b) Görerek uçuş kurallarına göre yapılan bütün yerel uçuşlar geri çağrılır veya özel VFR uçuşlar için onay alınır.
- c) Alınan bütün önlemler saha kontrol merkezine bildirilir.
- d) Gerektiğinde veya istenildiğinde bütün işleticilere veya onlara belirtilmiş temsilcilerine alınan önlemin nedeni bildirilecektir [22].

Meydan kontrolörleri, manevra sahasındaki uçaklar, araçlar ve personel de dahil olmak üzere meydan üzerinde ve civarındaki uçuşla ilgili görülebilir bütün hareketleri sürekli gözetim altında tutacak ve bu trafiği burada belirtilen usullere ve uygulanabilir trafik kurallarına göre kontrol edecektir. Bir kontrol alanı içinde başka meydanlar da varsa meydanlara bu alan içindeki trafik paternleri birbirine karışmayacak şekilde koordinasyon sağlanacaktır.

Trafik taksi patenindeki uçaklara Şekil 3.2' de verilen pozisyonları normal olarak ışık işaretleri ve radyo ile verilen meydan kontrol izinlerini alacakları yerlerdir. Doğru izinlerin gecikmeden verilebilmesi için uçaklar bu pozisyonlara yaklaşırken dikkatle izlenmelidir. Mümkün olduğunda bütün izinler uçağın çağrı yapmasını beklemeden verilmelidir [21].

1 Pozisyonu: Kalkacak uçağın taksi için izin istediği yer. Kullanılan pist bildirilir ve taksi izni verilir.

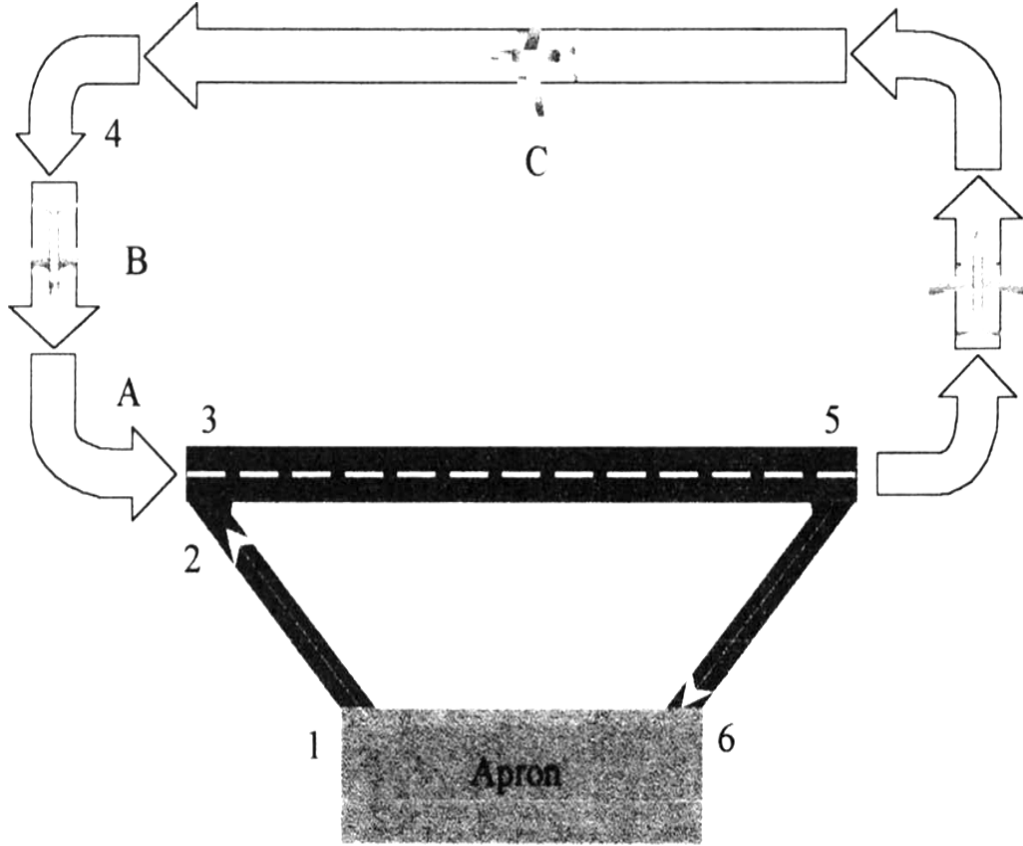
2 Pozisyonu: Problem olan trafik varsa, uçak bu noktada bekletilir, burada normal olarak uçağın motorları maksimum rejimde çalışıyor olacaktır.

3Pozisyonu: Eğer 2 numaralı pozisyonda mümkün olmadıysa kalkış izni bu noktada verilir.

4Pozisyonu: İniş izni bu noktada verilir.

5Pozisyonu: Park sahasına veya hangara taksi izni bu noktada verilir.

6Pozisyonu: Eğer gerekiyorsa park bilgileri bu noktada verilir[22].Uçakların bir meydana iniş için uymaları gereken trafik paterninin kısımları da Şekil 3.2' de verilmiştir. A ile gösterilen kısım "Son Yaklaşma" olup, B ile gösterilen "Süzülüş Bacağı", C ile de "Rüzgar Altı Bacağı" gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Meydan turu kısımları ve meydan kontrolörü bakımından uçakların kritik pozisyonları

Meydan trafiğinin kontrolünde kullanılan pistin seçimi önemlidir. Kullanılan Pist (Runway in Use) terimi, meydan kontrol hizmeti sağlayan ünite tarafından, belirli bir zaman için, o meydana iniş kalkış yapması beklenen uçakların tiplerine en uygun olduğu düşünülen, pisti belirtmek için kullanılır. Emniyet, pist konumu veya hava trafik şartları farklı yönde bir seçimi gerektirmedikçe normal olarak bir uçak rüzgâr içine doğru kalkış iniş yapacaktır.

Kullanılan pistin seçiminde, meydan kontrol hizmeti sağlayan ünite yer rüzgârının yönünden ve hızından başka, meydan trafik paternleri, pistlerin uzunluğu ve mevcut yaklaşma ve iniş yardımcıları gibi ilgili diğer faktörleri de göz önünde tutacaktır. Kaptan pilot tarafından kullanılan pistin uygun olmadığı düşünülürse, bir başka pisti kullanmak için izin isteyebilir.

Meydan trafiğinin kontrolünde iletişimi sağlayan telsizler teknik donanımın önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Doğal olarak telsiz arızası durumunda, iletişimin sürdürülmesi uçuş emniyeti açısından önemlidir.

Aşağıda radyo iletişiminin kesilmesi halinde meydan kontrolörü tarafından lamba (Light-gun veya ARDİZ lambası) ile verilecek ışık işaretlerinin anlamları verilmiştir. Havadaki bir uçak için verilecek işaretler:

Devamlı yeşil: İniş serbestsiniz.

Devamlı kırmızı: Diğer uçağa yol verin ve meydan turuna devam edin.

Kesik kesik yeşil: İniş için geri dönün.

Kesik kesik kırmızı: Meydan emin değil, inmeyin.

Kesik kesik beyaz: Bu meydana inin ve aprona gidin.

Kırmızı işaret fişegi: Daha önce verilmiş talimata rağmen şimdilik inmeyin.

Yerdeki bir uçağa ışık ile verilen işaretlerin anlamları:

Devamlı yeşil: Kalkışa serbestsiniz.

Devamlı kırmızı: Durun.

Kesik kesik yeşil: Taksiye serbestsiniz.

Kesik kesik kırmızı: İniş sahasını terk edin.

Kesik kesik beyaz: Taksiye başlangıç noktasına dönün [23].

Pilotun verilen bu işaretleri alıp anladığını onaylamak için vereceği işaretler ise şunlardır. Gün doğumu ve gün batımı arasında, son yaklaşma veya esas bacak üzerinde iken sağa-sola yatış yaparak, gün batımı ve gün doğumu arasında ise iniş lambalarını açıp kapaması suretiyledir. Eğer yerde ise; düşey veya yatay dümenlerini sağa-sola sallaması, gece ise iniş lambalarını açıp kapaması şeklindedir.

Meydan kontrolörü; uçakların işletimi ile ilgili olarak, uçuş bilgi mesajı olarak pilot tarafından önceden alınmamışsa, kalkış için taksiye başlamadan önce uçaklara aşağıdaki bilgileri sırası ile mutlaka verecektir:

- a) Kullanılan pist,
- b) Önemli değişikliklerle birlikte hakim yer rüzgârının yönü ve hızı,
- c) QNH altimetre değeri ve mahalli düzenlemelerle öngörülmüşse her zaman veya pilot tarafından istenirse QFE altimetre ayar değeri,
- d) Türbin motorlu uçaklar için hava sıcaklığı,
- e) Eğer 10 km.' den az ise kalkış ve tırmanma yönündeki mevcut görüş mesafesi veya eğer sağlanıyorsa kullanılan pist için mevcut pist görüş mesafesi,
- f) doğru zaman [22]

Esas mahalli trafik, belirli bir uçağa tehlike oluşturabilecek, sahası üzerinde veya yakınındaki herhangi bir uçak, araç veya şahıs ile meydan civarında uçan trafik olarak düşünülecektir. Meydan kontrolörü tarafından emniyet bakımından gerekli görüldüğünde ve uçak tarafından istenildiğinde esas mahalli trafik hakkındaki bilgiler, direk olarak veya yaklaşma kontrol hizmeti sağlayan ünite tarafından yayınlanacaktır. Meydan kontrolörü aynı zamanda uçaklara kanat türbülansının oluşumundan dolayı doğabilecek tehlikeler hakkında tavsiyelerde bulunacaktır.

İnmekte olan veya iniş için yaklaşmasının son aşamasında bulunan bir uçak, kalkan bir uçağa göre normal olarak önceliğe sahip olacaktır. Kalkışlara normal olarak kalkışa hazır oluş sırasına göre izin verilecektir, ancak maksimum sayıda kalkışın minimum gecikme ile gerçekleşmesini kolaylaştırmak için bu sıranın dışına çıkılabılır.

Taksi sırasında pilotun görüş alanı sınırlıdır. Bu yüzden meydan kontrol ünitelerinin, doğru taksi yolunu belirlemesi ve diğer uçaklarla veya cisimlerle çarpışmaktan kaçınması için pilota yeterli ve özlü bilgiler verilmesi yeterlidir.

Kanunsuz girişime uğradığı bilinen veya bu durumda olduğuna inanılan veya diğer nedenlerle normal meydan faaliyetlerinden ayrılması gerekli uçaklara önceden belirlenmiş, "ayrılmış park yeri" ne doğru izin verilecektir.

Yayaların veya araçların manevra sahası üzerindeki hareketleri meydan kontrol kulesinin iznine bağlı olacaktır. Araçların sürücüleri de dahil olmak üzere kişiler, manevra sahasına girmeden önce meydan kontrol kulesinden izin alacaklardır.

Bu hizmetleri yaparken meydan kontrolörünün kullandığı donanım 3 grupta incelenebilir. Yapılan bu gruplama, ICAO dökümanları doğrultusunda tanımlanmış olan hava trafik kontrol görevlerinin yapılmasını sağlayan donanımların işlevlerine öre sınıflandırılmasıyla elde edilmiştir.

a) İletişim Donanımları (Communication)

Normal operasyonda kullanılan telsizler, bunların yedekleri ve Acil durumlar için kullanılan konsola entegre telsizler bu kategoriye girmektedir. Bunun dışında özel bir durum için kullanılan el telsizleri de iletişim donanımlarındandır. Konsola entegre yada Sisteme entegre edilmiş telefonlarda meydan kontrolörünün kullandığı iletişim araçlarındandır. Ayrı birer donanım olabildikleri gibi, günümüz tercih edilen modeli dokunmatik ekranlı bilgisayar sistemine entegre edilmiş hallerde olanlardır. Bunlardan hariç Ardiz (Ligth Gun) lambası da, sistemlerin tamamen gittiği durumlarda ışık yardımıyla haberleşmede kullanılır.

b) Seyrüsefer Donanımları (Navigation)

ILS sistemi hem pilotlara hem de Meydan kontrolörlerine yardımcı olan bir ekipmandır. Havaalanlarında uçakların inişine yardımcı olan görsel yardımcılar olarak adlandırılan yaklaşma ışıkları ve pist ışıkları bulunmaktadır. Bu ışıklar sayesinde pilotlar daha güvenli iniş yaparken meydan kontrolörler uçakların konumlarını daha güvenilir olarak bileceklerdir. Bu ışıkların yönetimi de meydan kontrol kulesindedir. Kontrolörleri genellikle ayrı bir pozisyon gibi, ışıkları ayrı bir konsol yada konsolun ayrı bir parçasından kontrol etmektedirler.

Rüzgarla ilgili verilerin okunduğu rüzgâr tulumu da aslında meydan kontrolün donanımdır. Dışarıdaki bir istasyon veya kuleye entegre bir istasyondan alınan meteorolojik verilerin okunduğu gösterge ve saatler yada bilgisayar sistemine entegre ara yüzde seyrüsefer donanımları olarak kategorize edilebilir.

c) İzleme Donanımları (Surveillance)

Yer radarı adı verilen havalimanında yerdeki uçak ve araçların izlenmesinde kullanılan donanım en çok kullanılan izleme donanımdır. Taksi yapan, pistte kalkış bekleyen, inen veya park halinde olan uçaklar yer radarı vasıtasıyla izlenir ve kontrol edilirler. Bunların izlenmesindeki diğer bir yöntem ise dürbünler vasıtasıyla izlemedir. Dürbünler acil durumlarda ve küçük havaalanlarında sıkça kullanılırlar. Strip yazıcıları da, izleme fonksiyonlarını yerine getirmek için kullanılırlar. Elektronik sistemlerin gittiği durumlarda, uçuş stripleri kullanılmaktadır. Strip tutucuları bir donanım olarak düşünülmelidir. O hava alanında oluşabilecek maksimum trafiğe yetecek sayıda oluşabilecek sektörlere göre segmentlere ayrılmış olmalıdırlar.

3.2. Uçuş Bilgi Hizmeti

Uçuşların emniyetli ve etkili bir şekilde yürütülebilmesi için faydalı tavsiye ve bilgileri temin etmek için FIR içerisinde sağlanan bir hava trafik kontrol hizmetidir. Uçuş bilgi hizmeti bu bilgilerden faydalanabilecek bütün uçaklara verilmektedir [20]. Hava alanındaki basınç, meteorolojik bilgiler, rüzgâr hızı ve yönü gibi bilgiler ile havaalanı ve pistle ilgili teknik bilgiler bu hizmet çerçevesinde verilmektedir. ATN (Aeronautical Telecommunications Network) Bu hizmetlerin sağlanması ve gelecekteki trafik yoğunluğuyla baş edebilmeyle ilgili olarak kullanılan bir bilgi değişim ağıdır [21].

ATN günümüzde büyük gelişmelere sahip uçuş bilgi sistemi hizmetinin bir sunum şeklidir. Dolayısıyla da bilgi değişimini de bilgisayar yardımıyla sağlıyor olması, belirli bir derecede otomasyona geçişi mümkün kılmaktadır. Çünkü hava trafik hizmetlerinin bu bölümü otomasyona en yatkın, rutin işlerden oluşan kısımdır.

Otomasyondaki en önemli konulardan biri kontrolörü ve sistemi olumlu veya olumsuz yönde etkilemesidir. Otomasyon yapılmış sistemde kullanılan zihinsel model ile kontrolörün zihinsel modellerinin uyumsuzluğu yüzünden otomasyon yukarıda söylenen etkinlik verimlik ve emniyeti olumsuz yönde etkileyebilmektedir [23].

3.3. Uyarı Hizmeti

Uyarı hizmeti, arama-kurtarma hizmetine ihtiyaç duyan uçaklarla ilgili kuruluşları haberdar etmek ve gerektiğinde arama-kurtarma etkinliklerine yardımcı olmak amacıyla uçuş bilgi bölgelerinde verilen bir hizmettir. Uyarı hizmeti, hava trafik kontrol hizmeti sağlanan tüm uçaklara; uygulanabildiği kadar uçuş planı doldurmuş olan ya da hava trafik hizmet birimlerince bilinen diğer tüm uçaklara; kanunsuz girişime uğramış olduğu bilinen ya da kanunsuz girişime uğradığı inanılan her uçağa sağlanmaktadır.

Uçuş bilgi merkezleri veya saha kontrol merkezleri, kontrol sahası ya da uçuş bilgi bölgesi içinde uçuş yapan bir uçağın acil durumuyla ilgili tüm bilgileri toplayan ve bu bilgileri uygun kurtarma koordinasyon merkezine ileten bir birim olarak hizmet vermektedir [19].

Yaklaşma ya da meydan kontrol biriminin kontrolü altındaki bir uçak acil bir durumla karşılaştığında ilgili birimlere gerekli uyarı yapar ve arama-kurtarma merkezine durumu bildirmektedir. Bunların yanında gerekli mahalli birimler de haberdar edilmektedir. Bir uçağın acil durumda olduğunun kabul edilmesini gerektiren şartlar şunlardır:

- a) Şüphe durumu: Uçakla son iletişimin kurulmasından sonraki 30 dakika içinde hiçbir bağlantı kurulmadığında veya 30 dakika geçmiş olmasına rağmen iletişim bağlantısı kurmak için yapılan girişimler başarılı olmadığı zaman şüphe durumu ilan edilir. Bunun dışında bir uçak son bildirdiği veya hava trafik hizmet birimince hesaplanan tahmini varış zamanına göre 30 dakika geçmiş olmasına rağmen iniş yapmadığı zaman şüphe durumu ilan edilir.

- b) Alarm durumu: Şüphe aşamasından sonra uçakla iletişim bağlantısı kurmak için yapılan girişimler başarısız kalmışsa veya iniş için izin verilmiş bir uçak tahmini iniş zamanından sonra 5 dakika içinde iniş yapmazsa alarm durumu ilan edilir. Ayrıca uçağın kanunsuz girişime uğradığı biliniyorsa veya marnlıyorsa yine alarm hah ilan edilir.
- c) Tehlike durumu: Alarm durumundan sonra iletişim bağlantısı kurmak için yapılan girişimler sonuçsuz kalmışsa veya uçağın yakıtının bittiğine inanılıyorsa tehlike durumu ilan edilir. Yine uçağın normal çalışmasının aksadığına dair bilgi alınmışsa ve uçağın zorunlu iniş yapmak üzere olduğuna dair bir bilgi alınmışsa tehlike durumu ilan edilir [22].

Acil bir durumun başladığı düşünüldüğünde, bu durumdaki uçağın uçuşu, bilinen son pozisyonu dikkate alınarak uçabileceği maksimum mesafe ve daha sonraki olası pozisyonu saptanarak bir harita üzerinde işaretlenir. Bu uçağın yakınında uçtuğu bilinen diğer uçakların uçuşu da yakıt durumlarına ve olası pozisyonlarına göre haritada işaretlenir ve acil durumda olan uçakla ilgili olarak bilgilendirilmektedir.

Bir saha kontrol veya uçuş bilgi merkezi bir uçağın şüphe veya alarm aşamasında olduğuna karar verirse, mümkün olduğunda, kurtarma koordinasyon merkezine haber vermeden önce uçağın işleticisine haber verecektir [19]. Şekil 3.3' de bir meydan kontrol kulesinin dış görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.3. Bir meydan kontrol kulesi

Genel olarak tüm bu hava trafik hizmetleri, genellikle ikili veya çoklu görev olarak tabir edilen birçok performans işinin eşzamanlı olarak yapılmasıyla başarılmaktadır. Çoklu görev performansına örnek vermek gerekirse, hem görsel bilginin hem de işitsel bilginin aynı anda radar ekranında veya kulede izlenmesi verilebilir [24].

İzleyen bölümde karmaşık bir insan-makine sistemi olan hava trafik kontrol sistemi meydan kontrolünde ergonominin kontrolörlerin performansı üzerindeki etkileri anlatılacaktır.

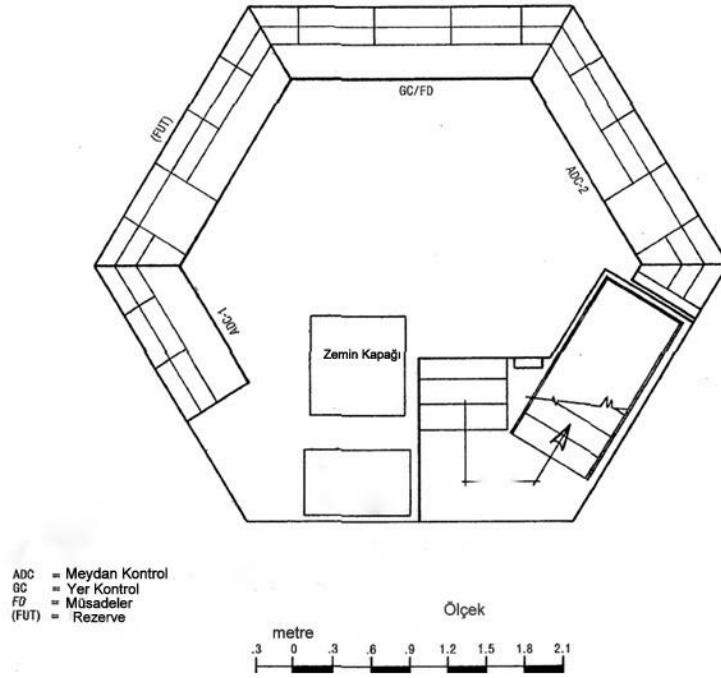
4. HAVA TRAFİK KULELERİNDE SİSTEM TASARIMI ve ERGONOMİ

Hava trafik kontrolü meydan kontrol kulelerindeki sistem ve cihazların tasarımına ergonomik bir yaklaşım yapmak için, sistemleri alt gruplara bölüp incelemek gerekmektedir. Bu gruplama hem ergonomi de hem de hava trafik kontrolde kesişen öğeler şeklindedir.

4.1. Mimari

Ergonomik prensiplerin en kapsamlı şekilde uygulanabileceği alan kule mimarisidir. Kulenin başta konumu birçok ergonomik veya ergonomiye ters düşen prensiplerin oluşmasına yol açabilmektedir. Konum olarak tüm havaalanındaki operasyonel noktaları görebilmeli ve yeterli gürültü izolasyonunu sağlanabilecek yapıda olmalıdır. Park yerlerine kafeteryaya, lavabolara, tuvalete, dinlenme odalarına çalışma ortamından kolayca erişilebilmelidir. Böylece dinlenme zamanı verimli bir şekilde değerlendirilebilir [25].

Mimari sadece kontrolörler için değil, sistemin bakımını ve temizliğini yapan personel içinde önemlidir. Bakım yapan personelin, bakım yapabilmesi için ulaşması gereken zor bir bölüm olması durumunda hem işi uzayacaktır hem de kontrolörlerin işinin yapılmasına negatif yönde etki yapacaktır. Trafik yükü çok olan 24 saat boyunca çalışan kulelerde, temizlik yapılırken de, kontrolör ile temizlikçi arasında etkileşim olmaktadır. Bu da kontrolörün dikkatini dağıtabileceği gibi, rahatsızlıkta verebilmektedir. Şekil 4.1’de bir kule mimarisinin, kule katı verilmiştir. Şekil 4.1’de verilen mimari ICAO tarafından tavsiye edilmiş olup, meydan kontrolörünün görevini yapabilmesi için gerekli olan minimum mimari donanımları göstermektedir. Görüldüğü gibi 4 tane pozisyon ve 4 tane konsol bulunmaktadır. Mimari basitlik, görüş alanı avantajları ve maliyet bakımından altıgen yapı tavsiye edilmektedir.



Şekil 4.1. Basit bir meydan kontrol kulesi mimarisi (kule katı) [25]

4.2. Oda Yerleşimi ve Çevre

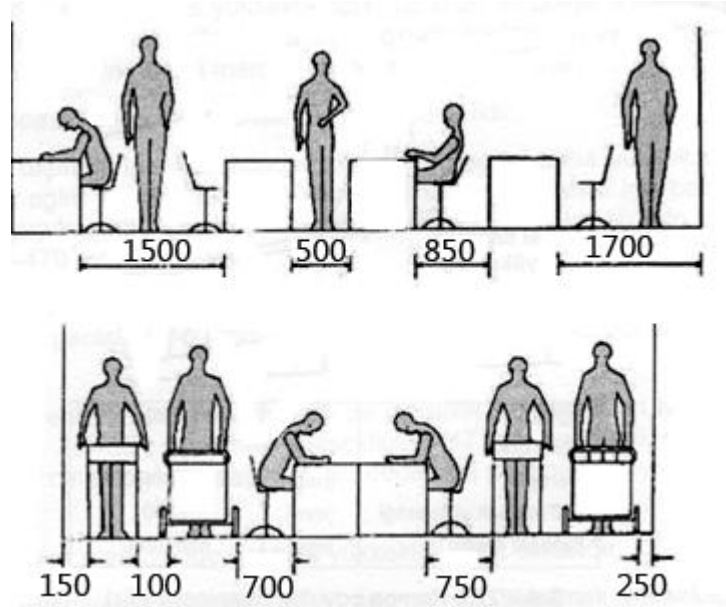
Oda yerleşimi aslında çevrenin bir uzantısı olmaktadır. Oda yerleşimi ilgili hava alanı trafiğini yönetebilecek sayıda görevli personele hizmet edecek kapasitede olmalıdır. Ayrıca iş başı eğitimleri sırasında artan personel sayısını, acil durumlarda artacak personel sayısını da karşılayacak kapasitede, yerleşime ve büyüklüğe sahip olmalıdır. Yangın söndürücüler gibi güvenlikle ilgili donanımların önlerinde hiçbir şekilde engel olmamalıdır [25].

Meydan kontrolünü doğrudan ilgilendiren diğer görevler de dikkatlice düşünülmeli ve oda yerleşimi bunların uygulanmasını kolaylaştırıcı tasarlanmalıdır. Örneğin pist ışıklarının kontrolleri, tüm kontrolörler tarafından kolayca ulaşılabilir bir yerde olmalı ve sadece bir pozisyon tarafından kullanılacak şekilde olmamalıdır. Bu görev her ne kadar bir kontrolöre verilmiş olsa bile herhangi bir kontrolöründe kullanabilmesi gerekebilmektedir. Daha önce kule mimarisinde de bahsedildiği gibi temizlik yapılması gerektiği durumlarda, oda yerleşimi en azından kulenin bir bölümünün operasyonel kalmasına yardımcı

olacak şekilde olmalıdır. Kule konsol katında, hava trafik sistemi donanımlarının ilerde geliştirilebileceği düşünülmelidir [25]. Başlangıçta düşünülmeden yapılan oda yerleşimi sonucunda, sonradan yapılacak değişiklikler hem maliyetli olacaktır, hem istenen verimliliğe ulaşmayacak ya da en kötüsü isteklerin bir kısmının karşılanmasını zorlaştıracaktır.

Çalışma ortamına girerken veya çıkarken görsel açıdan ışık şiddeti açısından çok büyük farklar olmamalıdır. Ayrıca çalışma ortamını diğer kısımlara bağlayan odalar ve koridorlar, gürültü oluşturmaması açısından uygun bir zeminle veya kilim ile kaplanmalıdır ve aynı zamanda ses emici materyaller kullanılmalıdır. Böylelikle giriş ve çıkışlarda, minimum rahatsızlık verilmesi sağlanmış olur [26].

Hava trafik çalışmalarını izlemek için gelenlerle ilgili en iyi çözüm, kule ortamını monitörler yardımıyla başka bir odadan izletilmesidir. Ses yalıtımı sayesinde de kontrolörlere rahatsızlık vermeleri engellenmiş oldukça azaltılmış olacaktır.



Şekil 4.2. Çalışma düzeninde masalar arası geçit ve boşluk boyutları [27].

Şekil 4.2’de büro içi ergonomik kullanım mesafeleri gösterilmiştir. Bu minimum mesafelerin meydan kontrol kulerinde kullanılmasında bir sakınca

yoktur. Kısıtlı bir alana sahip olmasına rağmen kulelerde bu minimaların sağlanması ergonomik ve işlevsel açıdan gereklidir.

Çalışma ortamına girerken veya çıkarken görsel açıdan ışık şiddeti açısından çok büyük farklar olmamalıdır. Ayrıca çalışma ortamını diğer kısımlara bağlayan odalar ve koridorlar, gürültü oluşturmaması açısından uygun bir zeminle veya kilim ile kaplanmalıdır ve aynı zamanda ses emici materyaller kullanılmalıdır. Böylelikle giriş ve çıkışlarda, minimum rahatsızlık verilmesi sağlanmış olur [26].

Fiziksel çevreyi dört ana alt başlıkta incelemek doğru olacaktır. İç tasarımın tamamlayıcısı olan dekor, çalışma ortamının ışıklandırması olan aydınlatma, ortamdaki istenmeyen ses şiddetinin göstergesi gürültü ve çalışanların, donanımların içinde bulunduğu termal çevre, fiziksel çevreyi oluşturmaktadır.

4.2.1. Dekor

Dekor bir yere süsleme amacıyla verilen düzen [16] demektir. Kulelerdeki süslemeyle yapılmak istenen stress faktörünü azaltmak için psikolojik olarak rahatlatmaktır. Bundan dolayı meydan kontrol kulelerinde dekor, yapay bir parça gibi durmamalıdır ve görsellik olarak uyum hissettirmelidir. Duvarların renkleri pastel renkler olmalıdır. Canlı renkler monitörlerdeki kodlamalarla etkileşime girerek beyinin algılamasını karıştırabilmektedirler. Beyazın çok parlak durduğu durumlarda pastel bej veya açık kahverengi tatmin edici olmaktadır [26,28]. Normal bir işyerinde boğucu olduğu düşüncesiyle tercih edilmeyen pastel renkler hava trafik söz konusu olduğunda ergonomik bir zorunluluk haline gelmektedir. Bu da ergonominin farklı dallarda farklı prensiplere sahip olmasına bir göstergedir.

4.2.2. Aydınlatma

Fiziksel çevrenin en önemli ögesi ortamın aydınlatılmasıdır. Hava trafik kulelerinde gündülden gece operasyonlarına kadar doğal ışık oldukça büyük miktarlarda değişmektedir. Gün ışığının olmadığı gece operasyonlarında ortam

aydınlatması kullanılırken, gündüz şartlarında doğal ışıktan faydalanılır ve bunun yönetimi çok daha zordur. Şiddetli güneş ışığı altında monitörlerin, kontrastı düşecektir ve bilgilerin okunabilirliği, algılanma hızı azalacaktır. Bu yüzden ekranların tasarımı, konumu, kullanım amacı dikkatlice belirlenmelidir. Oluşabilecek en aydınlık ortamda monitörler yeterli performans sağlayabilmelidir. Duvarlardan veya tavandan yansıyarak ulaşan ışıkla yapılan aydınlatma tavsiye edilmektedir. Diğer türlü gölge oluşumunun önüne geçmek daha zor olmaktadır. Ayrıca hiçbir pozisyonun görüş alanında doğrudan ışık kaynağı görülmemelidir [25, 26].

Parlama, aydınlık bir günde kule için oldukça büyük bir problem olabilmektedir. Güneşin gün içinde şiddetinin ve konumunun değişmesi bu problemi artırmaktadır. Çözümün bir tanesi, kulenin ana pisti görünürken, güneşle yüz yüze gelinmeyecek bir konuma yerleştirilmesidir. Bu yöntem uygulanamazsa iki farklı yöntemle baş edilebilmektedir: Ortam ışığını azaltmak veya monitörlerin parlaklığını arttırmak. Yöntemi ne olursa olsun parlama ve yansımaların önüne geçilmesi gerekmektedir. Parlamanın önlenmesinin bir yolu, kule mimarisinde çevrenin izlendiği camların dışa dönük olarak açılı yerleştirilmesidir. Bu yöntem ayrıca yağmurdan oluşan görüş azalmasının da bir miktar önüne geçmektedir. Ama yukarı doğru görüşü azaltması da dezavantajdır. Parlama önlenmenin bir yolu da filtreler kullanmak veya cama kaplamalar yapmaktır. Camdaki kaplamalar yansıma ve parlamanın bir miktar önüne geçebilmektedir [18]. Çalışma ortamındaki monitörlerin çevresinin kapatılması, güneş ışığı düşünülerek uzakta konumlandırılması, ışığı kontrollü olarak geçiren perdeler de sıkça kullanılan yöntemlerdir. Özellikle monitörde oluşan parlama önlenmelidir çünkü görüntülenen bilginin kontrastını ve okunabilirliğini azaltmaktadır. Monitör parlaklığının artırılması, özel kaplamaların yapılması veya kullanılan teknolojinin değiştirilmesi de çözümler arasındadır. Bazı yeni teknolojiye sahip monitörler gün ışından az etkilenmekte ve oldukça yüksek parlaklıkta ortamlar için uygun olmaktadır.

Pek sık olmamakla birlikte bazı durumlarda, bir donanımın veya bir kısmın üzerine düşen ışık miktarı artırılmak veya azaltılmak istenebilir. Örneğin

radar ekranının daha iyi algılanabilmesi için radar ekranının çevresindeki aydınlatma elemanının şiddeti azaltılarak, kontrastı yüksek görünüm elde edilebilir. Bu gibi uygulamalar tavsiye edilmemektedir. Düzgün bir ışık dağılımı ergonomik açıdan daha uygun olmaktadır. Tasarımda radar ekranının şiddetinin yeterli yükseklikte yapılması, çok daha uygun bir çözüm olmaktadır [25].

4.2.3. Termal çevre

Termal çevre, havanın nemi, sıcaklığı ve hava hareketinin hızı yani akışıdır. Hava trafik hizmetleri devletlere verilen sorumluluk olduğundan, hava trafik kontrol çalışanları çoğunlukla gömlek giyerek çalışırlar. Meydan kontrolörleri çalışırken ya oturur konumda ya da görüş engelleri dolayısıyla hareket halinde çalışmaktadırlar. Fakat hareketlerin sıklığı, kötü çalışma ortamı tasarımı sonucu oluşmaktadır. Yoğun hava alanlarında 21 ila 25°C ortam sıcaklığı tavsiye edilmektedir. İnsanların rahat olarak tabir ettiği sıcaklık değerleri, ülke ve bölge çapında değişiklik göstermektedir. Bu yüzden kule içerisinde oluşturulacak sıcaklık değerine karar verilirken bu da göz önünde bulundurulmalıdır [26].

Bağıl nem %50 veya daha üstünde olmalıdır. Çok yüksek nem oranı, donukluk hissettirirken ve giysileri rahatsız hale sokarken, çok düşük nem oranı ise boğaz kuruluğu yapmaktadır ki, bu durum kontrolörlerin konuşma kalitesi açısından önemlidir.

Termal konforun diğer bir belirleyicisi hava akışıdır. Dakikada yaklaşık 10 metrelik akış hızı, hissedilme sınırındadır ve hava taze olarak yorumlanmakta ve rahatsızlık uyandırmamaktadır. Bu miktarın üstüde veya altında olan akış hızı ise rahatsızlık oluşturmaktadır. Bu yüzden optimum değer dakikada 10 metrelik hava akışıdır. Mobilyaların, konsolların ve diğer donanımların yerleşimi bu akışı çok fazla etkilemeyecek şekilde olmalıdır. Hava akışı, fanlar veya çalışırken önemli miktarda gürültü üreten herhangi başka bir cihaz tarafından oluşturulmamalıdır. Klima sistemi, merkezi klima sistemleri veya dış merkezli sistemler tarafından oluşturulmalıdır [18,25].

4.2.4. Gürültü

Yüksek gürültü düzeyleri, özellikle kontrolör pilotlar ile konuşurken veya diğer kontrolörler ile koordinasyon işlemi yaparken etkili bir hava trafik kontrolü yapılmasını engellemektedir. Oluşan arka plan gürültüsü telsiz, telefon yoluyla pilota veya diğer bir kontrolöre ulaşması olasılığı bulunmaktadır. Hoparlör sistemi ATC' de tavsiye edilen rutin bir kullanım metodu değildir. Sessiz ventilasyon, ses emici plastik materyal ya da perdeler, sert yüzeyleri kilim kaplama ve dış ortamdaki gelen uçak seslerinin yalıtımı, çalışma ortamındaki ses şiddetini oda düzeyi yani 55dB civarında tutmak için üretilen çözümlerdir [18]. Eğer bu başarılı bir şekilde uygulanırsa, kontrolörler daha kısık sesle iletişim kurabilecek, anlaşılabilirlik artacak hata oranı azalacaktır. Bir kontrolörün kısık sesle iletişim kurması diğerini tetikleyecek ve zorlanmanın olmadığı, sakin, iletişimin güvenilir olduğu bir çalışma ortamı oluşacaktır. Eğer kontrolör iletişimini anlaşılabilir yapabilmek için ortam gürültüsünü baskılayacak şekilde yüksek sesle konuşursa, diğer bir kontrolör veya pilotta bu döngüye girecek ve pozitif besleme sonunda yorucu, hata olasılığının arttığı bir çalışma ortamı oluşacaktır. Çizelge 4.1'de ses şiddetlerine örnekler gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Çeşitli seslerin dB cinsinden şiddetleri [9]

Yakında patlayan bomba (Kulakta ani hasar)		160 dB
Pervaneli uçak	5 m	130 dB
Pnömatik çekiç	1 m	120 dB
Otomobil klaksonu	5 m	100 dB
Kamyon	5 m	90 dB
Çok açılmış radyo		80 dB
Normal konuşma	1 m	70 dB
Otomobil	10 m	60 dB
Sakin akan nehir		50 dB
Trafiksiz sakin mahalle		40 dB
Sakin bahçe, yaprak hışırtısı		30 dB
Cep saati, tık-tıkHar		20 dB
Tam algılanamayan ses		10 dB
Kesin sessizlik		0dB

4.3. Çalışma Pozisyonları

Yirmi dört saat açık olan havaalanlarında çalışan kontrolörler vardiya düzenine göre ekipler halinde çalışırlar. Her bir ekip için bahsi geçen pozisyonlar;

- a) meydan kontrolü,
- b) yer kontrolü,
- c) izinlerin dağıtılması ve
- d) asistan

olmak üzere dört adettir. Buna ilave olarak her ekibin bir de ekip başı süpervizörü bulunmaktadır. Yine hava alanının trafik hacmine bağlı olarak; hava alanının sektörlendiği durumlarda her bir pozisyonun görevini birden fazla kişi yerine getirebilir. Ayrıca her kontrolörün en fazla 2,5–3 saat çalışabileceği düşünüldüğünde görev değişimi yapılabilecek ikinci bir elemanı olmalıdır. Pozisyonlar, çevre, donanım ve yazılım özelliklerini içinde barındırır. Her bir çalışma pozisyonu, kendisine gerekecek tüm ekipmana (haberleşme donanımı, monitörler, mouse, mikrofon vb.) sahip olmalıdır. Gerekli bilgileri okuyabileceği monitörler, gerekli komutu girebileceği girdi aygıtları, kısacası işini yapabilmek için gerekli her şeye ulaşabilmelidir ve bu durum ergonomik parametreler düşünülerek hazırlanmalıdır [25]. Erişim mesafesi de dikkat edilmesi gereken diğer bir parametredir [10].

Yan yana gelen iki kontrolör arasında, ikisinin paylaşacağı bir donanım varsa, ikisi içinde ergonomik olacak şekilde tasarlanmalı veya yerleştirilmelidir. Örneğin, bir monitör iki kontrolör tarafından kullanılıyorsa, görüş açısı ve erişim ikisi içinde uygun olmalıdır. Birden çok kontrolörün kullandığı bir monitör ise yeterli büyüklük de ve görülebilmesi için verilen bilginin yeterli font büyüklüğünde olması gerekmektedir. Tüm kontrolörlerin yüzleri monitöre dönük olmalıdır [25,29].

Bir hava meydanındaki trafik yoğunluğu hem gün içinde hem de daha uzun periyotlarda oldukça fazla değişebilmektedir. Gündüz çok olan trafik yoğunluğu gece oldukça azalabilmekte ya da kışın çok az olan trafik yazın çok fazla miktarda artabilmektedir. Bu yüzden personel sayısı bir kulede devamlı

değişmektedir. Bu da görevlerin bölünüp birleştirilmesi, ya da bazı pozisyonları belirli bir dönemde kapatılıp açılması anlamına gelmektedir. Bu durumda görev geçişlerinin, hem donanım tarafından desteklenmesi hem de bunu yaparken karışıklığı önleyici basit prensiplerle yapması ve ergonomiye fayda sağlaması gereklidir. Süpervizör görevini yapan personel bu değişiklik ve geçişleri hakim olacak pozisyonda (görsel ve erişim açısından) olmalıdır ki gerekli bir durumda kolayca müdahale edebilmelidir [25].

4.4. Pozisyon Donanımları

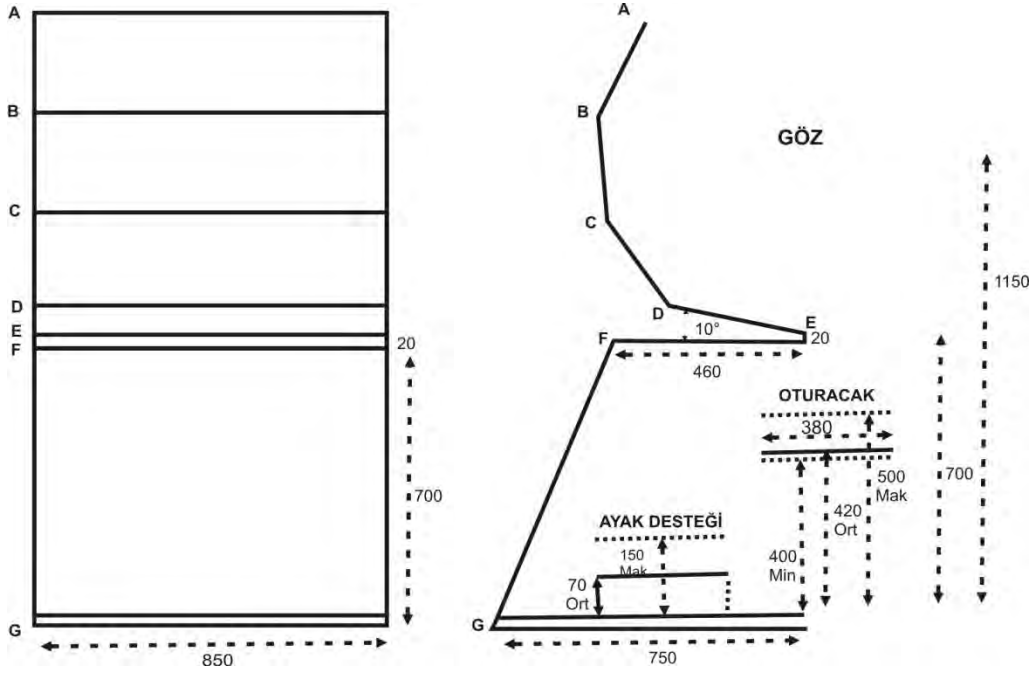
Hava trafik kontrol kulelerinde çalışan kontrolörler, kendileri için gerekli tüm bilgilere erişebilmelidirler. Örneğin bazı kontrolörler yalnızca piste inen kalkan uçaklarla ilgilendiklerinden, bunların inecek ve kalkacak uçakları net görebilmeleri gereklidir. Burada pistin her iki başının da kullanılabilmesi unutulmamalıdır. Bazı kontrolörler ise yerde taksi hareketi yapan veya aprondaki uçakları yönetirler. Bunlarında eksiksiz olarak tüm bu uçakları görebilmeleri gerekir. Görülmeyen noktalar varsa eğer, bunlar video kameralarla, görüntü olarak kuleye taşınmalıdır. Bir kontrolörün görüşü hiçbir şekilde ne başka bir kontrolör tarafından, ne de herhangi bir mania ya da kule içindeki bir yapı tarafından engellenmemelidir.

Kulenin çalışma ortamı, bilgi akışındaki belirsizliği azaltacak ve kolay akışı sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Yoğun hava alanlarında görevler değişik kontrolörlere dağıtılmış şekilde işler yürütülmektedir. Bu dağıtılmış görev düzeni düzenli olarak bilgi akışı gerektirmektedir. Bu bilgi akışına el değiştirme işlemi denilmektedir. Uçakların bilgilerini içeren uçuş striplerinin elden ele daha teknik olarak bir kontrolörden diğerine geçişi bu bilgi akışının temelini teşkil etmektedir. Uçuş striplerinin doğru kontrolörler arasında geçişi, yine kulenin tasarımıyla ilgilidir. Ayrıca her el değiştirme işleminden sonra striplerin doğru dizilmesi hayati öneme sahiptir. Stripler basılı nüsha olabildiği gibi elektronik strip dediğimiz bilgisayar verisi de olabilmektedir. Günümüzde büyük hava alanlarında elektronik stripler tercih edilmekte fakat sistemin emniyeti sebebiyle normal striplerde yedek olarak kullanılabilir durumda tutulmaktadır. Sistemde striplerin yerleştirildiği tutucular, o hava alanı için olabilecek maksimum sayıda uçuş

stripini tutabilecek kapasite olmalıdır. Bu da yine yerleşimsel problemlerin yanında ergonomik prensipleri zorlayacak sıkıntıları beraberinde getirmektedir [25].

4.4.1. Konsollar



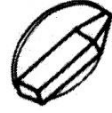


Konsol çalışmanın gerektirdiği her iş aracını üzerine rahatlıkla yerleştirebilecek ve zaman zaman da yerlerini değiştirmeye olanak sağlayacak büyüklükte olmalıdır. Konsolun tablası metal saç, cam, mermer gibi soğuk hissedilen malzemeden seçilmemelidir [10]. Şekil 4.3 ve Şekil 4.4, iki farklı makine ara yüzünü barındıran konsolun yandan şematik kesit görünümüdür. Şekillerde olması gereken boyutlar gösterilmiştir. Değişken boyutlar ortalama, minimum maksimum olarak gösterilmiştir. Çevrenin bir özelliği olarak konsol, kontrolör popülasyonunda ki tüm antropometrik veriler bazında, tüm ölçüsel gereksinimleri karşılayacak yapıda tasarlanmalıdır. Gereklilik görüldüğü takdirde, bazı yüzeyler ayarlanabilir olmalıdır. Konsol profili ayrıca içerisindeki donanımı da kolayca bakım yapılabilecek veya kullanılacak şekilde yardımcı olan bir tasarıma sahip olmalıdır. Ana monitörlerin hepsi kontrolör meşgul durumdayken (meşgul durumdaki bir kontrolör arkasına yaslanmaz ve öne doğru oturur pozisyonadadır) uygun açıyla görülebilecek konumda olmalı ya da ayarlanabilmelidir. Normal ergonomik şartlarda dik açığa yakın olmalıdır, fakat kule şartları ve görüş düşünüldüğünde amacına göre bu açı gereksinimleri karşılayacak ölçüye getirilmelidir. Yine bu durum da konsol profiliyle yani konsol tasarımıyla ilgilidir.



Şekil 4.3. Küçük monitörlü konsollar için örnek model profili [25]

Görevler yerine getirilirken kullanılan kontroller (düğmeler, ayarlar, kollar, anahtarlar vb) tüm kontrolör popülasyonu için öncelikle erişim mesafesinde olması tavsiye edilir. Gerçek erişim mesafesi kumandanın türüne göre değişmektedir. Çizelge 4.2’de çeşitli kontrol ve kumanda elemanlarının özellikleri verilmiştir. Tasarım aşamasında bu özelliklerin hesaba katılması ergonomiyi olumlu yönde etkileyecektir [9]. Örneğin çevrilen kontroller ile basılan kontrollerin mesafelerinde, insan anatomisi nedeniyle fark olmaktadır. Sıkça kullanılan kontroller optimum mesafeye alınmalı, yüzeye göre yatay konumda tercih edilmelidir ki, böylece kontrolör için el bilek ve kol desteği sağlanmış olur. Destek sağlanmadığı durumlarda yorulma ve sonucunda dikkatsizlik meydana gelmektedir [10]. Az kullanılan kontroller ise dikey konumda veya omuriliğin düşünün değişmesini gerektiren pozisyonlar yoluyla ulaşılabilecek veya el, kol veya bilek desteği olmayan yerlere yerleştirilebilir.

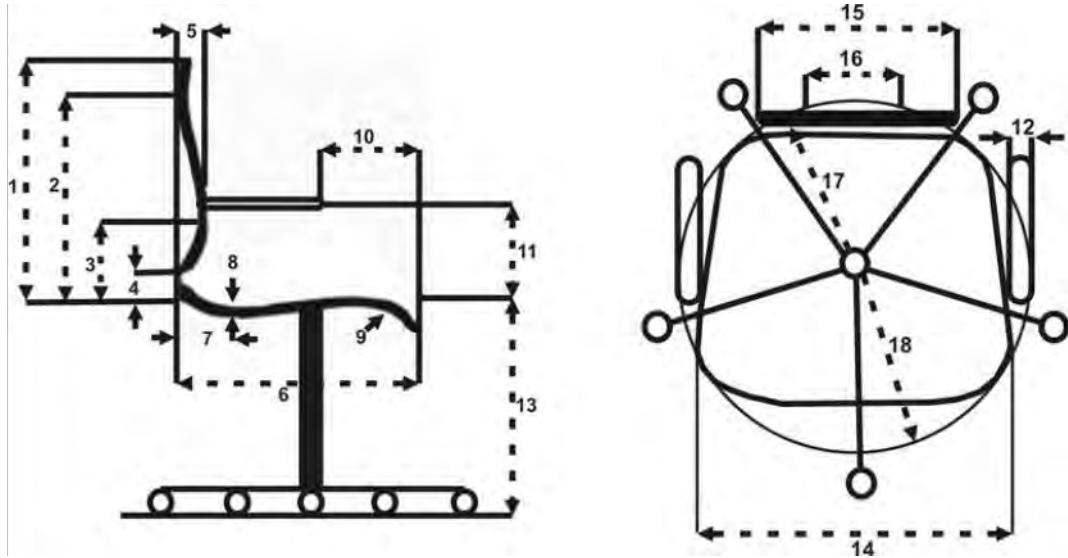
Çizelge 4.2. Çeşitli kumanda ve kontrol elemanlarının Özellikleri [9]

	Bası Düğmesi	Anahtar Şalter	Adım adım döner şalter	Döner düğme şalter	Bası şalteri - ayakla-
					
Uygulanacak kuvvet/moment	Çok küçük	Çok küçük	Çok küçük	Küçük	Küçük-orta
Kumanda süresi	Çok kısa	Çok kısa	Kısa-orta	Kısa-orta	Kısa
Ayarlanabilen konum sayısı veya ayar bölgesi	2	2 veya 3	3-24 bazen daha fazla	Sınırsız	2
Kumanda için gerekli hacim	Küçük	Küçük	orta	Küçük-orta	Büyük
Kodlama imkanı	Kötü-orta	İyi	İyi	İyi	Kötü
Konumun optik anlaşılabilmesi	Işıklıysa iyi değilse kötü	İyi	İyi	Kötü	Kötü
Konumun temasla anlaşılması	Kötü	Çok iyi	Orta-iyi	Kötü	Kötü
Aynı elemanlardan oluşan grup içinde konumun anlaşılabilmesi	Kötü	Çok iyi	Kötü	Orta-iyi	Kötü
Tek elle, yakın birkaçını birden hareket ettirme	Çok iyi	Çok iyi	Kötü	Kötü	-
Kombine kumanda elemanının bir parçası olarak kullanılabilme	Çok iyi	Kötü	İyi	İyi	Kötü

4.4.2. Oturma elemanları

Kontrolörlerin çalışırken kullanacağı sandalyeler, yeterli çalışma ergonomisini sağlamak için ayarlanabilir olmalıdır. Bazı durumlarda çalışanların

antropometrik verileri yeterli gelmekte, oturma elemanlarının sadece bir eksende hareketli olması yetmektedir. Hava alanının yoğunluğuna ve iş y¼k¼ne g¼re daha çok ayar imk¼n¼ olan oturma elemanlarının kullanılması tavsiye edilmektedir. Kontrol¼r pop¼l¼asyonu d¼ř¼n¼ld¼đ¼nde ayarların ¼eřitlenmesi verim ve performans a¼ısından iyi y¼nde etki edecektir. İyi bir bel desteği sağlaması, uzun iş yılları d¼ř¼n¼ld¼đ¼nde hem ergonomi hem de iş sağlığı a¼ısından önemli olmaktadır [25,30]. Uzun yıllar kulede ¼alıřan kontrol¼rlerde bel ađr¼ları ve duruş bozuklukları olabilmektedir. Şekil 4.5 ve ¼izelge 4.3 senkron koltuk adı verilen tipik bir oturma elemanının boyutları ve ayarlamaları g¼sterilmiřtir.

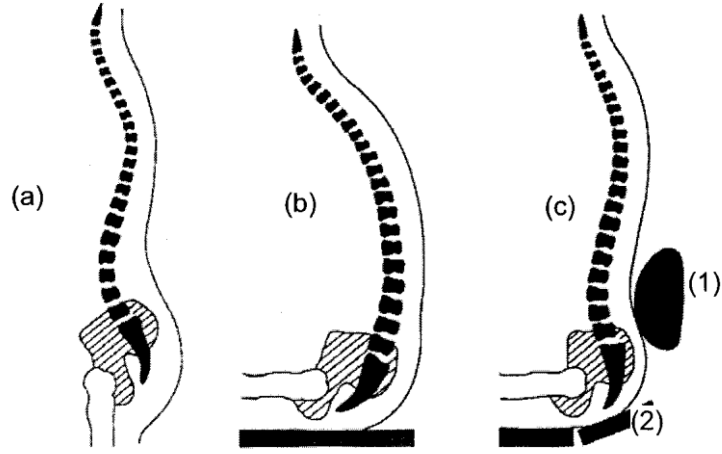


Şekil 4.5. Senkron koltuk [9]

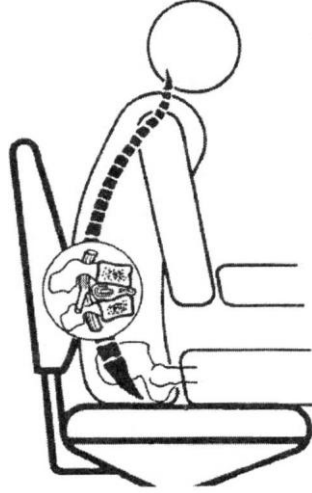
Çizelge 4.3 Senkron koltuk boyutları ve ayarlamaları [9]

Resimdeki Sayı	Ölçü [mm]	Ayarlanabilirlik [mm]
1	480 - 550	
2	400 - 450	
3	180-220	
4	70-90	
5		10-50
6	430 - 450	
7	100-150	
8	0-10	
9	40-50	
10	120-160	
11	200 - 240	
12	50-90	
13		400 - 540
14	420 - 460	
15	380 - 440	
16	100-120	
17	300 - 400	
18	215 (min.)	

Meşgul durumda öne eğilen kontrolörler, izleme ve dinlenme aralıklarında arkalarına yaslanmaktadırlar. Yaslanma konumunda omuriliğin doğal şeklinde durması önemlidir. Omurilik için en faydalı duruş ayakta pozisyonundaki duruştur [9]. Konsol profili, çalışma ortamı ve oturacak öyle bir optimize edilmelidir ki meşgul kontrolörün omuriliği doğal duruma yakın durumda olsun. Doğal durumdan uzaklaşıldıkça omuriliğin disklerinde oluşan basınç artmaktadır. Bu durumda rahatsızlığa ve sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Şekil 4.6 ve Şekil 4.7 'de omuriliğin durumları ve disklerde oluşan basınç görselleştirilmiştir.



Şekil 4.6. Ayakta durma (a), düz sandalyede oturma (b) ve kalça ve bel destekli sandalyede (c) oturma [9]



Şekil 4.7. Oturma konumunda disklere gelen basınç [9]

4.4.3. Görsel donanımlar

Görsel elemanlar, hem çevrenin, hem yazılımın, hem donanımın, hem de insan faktörünün bir bileşeni olarak ele alınmalıdır. Ekran, kullanıcının boynunu çevirmeye gerek duymadan görebileceği şekilde tam karşısına yerleştirilmelidir. Yan tarafa yerleştirilmiş ekranı izleyebilmek için baş ve belden yukarı beden sık sık ekran tarafına döndürülmek zorunda kalınır ki bu da kaslarda gerginliğe, yorulmaya yol açar. Ekranın güneş ışığını veya aydınlatma lambalarının ışığını yansıtıp görme kalitesini bozup bozmayacağı, hatta gözü kamaştırıp

kamaştırmayacağını anlamak için bilgisayarını kapatarak kontrol etmek gerekir. Şekil 4.8 'de boy farkının etkisi gösterilmiştir. Kapalı bilgisayar ekranında lambalar görünüyorsa, ekranı lambalar grnmeyinceye kadar döndürmek gerekir. Bu konum ekranda çalışacak kişiye uygun değilse, o zaman ekranı biraz ne eğerek de yansımaların önüne geçilebilir. Yalnız ekranı fazla ne eğmek görme konforunu olumsuz etkiler. Modern ince düz ekranlar yansıma yönünden problemsizdir.

Görsel donanımların en önemli bileşeni ekranlardır. Tüm ekranların içeriğindeki bilgiler, bu bilgilere ihtiyaç duyan tüm kontrolörler tarafından, detaylı bir Şekilde görülebilmelidir. Çalışma ortamını, en kötü çalışma koşullarında, izin verilen minimum ve maksimum mesafe düşünülerek, görüş alanındaki bilgilerin açıkça görülebilmesini sağlayacak Şekilde tasarlanmalıdır. Gerekli durumlarda göz lk gibi çarelere başvurulmalı ve çalışma esnasında bunların kullanılması sağlanmalıdır.



Şekil 4.8. Boy Farkının Konsollar ve masa üzerindeki etkileri [10]

Statik ve dinamik olmak üzere genel olarak iki tip bilgi vardır. Dinamik bilgi sürekli olarak değişen veya zaman içinde değişecek olan bilgidir. Buna trafik lambaları, arabalardaki hız göstergesi, radar ekranları verilebilir. Statik bilgi ise zamanla değişmeyen veya belirli bir zaman aralığında değişmeden kalan bilgidir. Örneğin kağıda basılmış bilgi, grafikler veya etiketler statik bilgiye sahiptir. Ekran teknolojisinin gelişmesiyle birlikte bu iki tür bilgi arasında ki ayrım

bulanıklaşmıştır. İki bilgi türü de bir arada bilgi ekranlarında kullanılmaya başlanmıştır [10].

Hava trafik kontrolde kullanılan elektronik bilgi ekranları iki tür genel bilgi vermektedir. Statik arka plan bilgisi olarak; hava yolu kodu, tahditli uçuş alanları, mesafe çemberleri gibi bilgilerdir [25]. Bunların mevcut bulunması zorunludur. Fakat engelleyici niteliğinin olmaması yani, alan dolgusu olarak renklendirilmesi, doygun renklerle kodlanması, doygun renkler kullanıldığı durumlarda ise kontrast oranının düşük olması gerekmektedir. Değişken olan uçuş hızı irtifa etiketleri gibi dinamik ön plan bilgileri ise; arka planla olan kontrastı yaklaşık 8.1. olmalıdır.

Bilgi ekranlarında seçilen renkler durum farkındalığı için önemlidir. Renklerin kullanımında dikkat edilecek noktalar şunlardır. Pastel ve doygun olmayan renkler tavsiye edilmektedir. Doygun renkler sadece hayati öneme sahip bilgilerde ya da geçici kodlarda kullanılmalıdır. Çünkü doygun renkler fazlasıyla dikkat çeken ve negatif etkisi olan bir özelliğe sahiptir [28]. Bazı doygun renkler, özellikler mavi rengi, kromatik aberasyon adı verilen bir problem neden olduğu için kullanılmamalıdır. Kromatik aberasyon, göz bebeğinin tüm dalga boylarındaki ışığı aynı kırılmamasından oluşan renk sapmasıdır. Bu renkler doru odaklanmak zor olmaktadır. Uçak etiketlerinin renginin seçiminde, kolayca ayırt edilen renklerin seçilmesi ergonomik olarak daha az zihinsel iş yükü ortaya çıkaracaktır. Renklerin kullanımındaki bir diğer önemli faktörde sisteme uygun kontrast oranlarının tüm renklerde uygulanması gerekmektedir. Bununla ilgili geliştirilebilen bir standart yoktur. Çalışma ortamındaki koşullara göre belirlenmektedir.

Ekran veya tablolardaki yazı karakterleri veya sembollerin minimum büyüklüğü ve aralarındaki optimum mesafenin belirlenmesinde şu faktörler rol oynarlar;

- a) Kontrast oranı, parlaklık ile bilgi ile arka plan ilişkisi
- b) Okunabilirlikle ilgili ergonomik prensipler
- c) Minimum görüş alanı standartları [9, 25]

Bu konuyla ilgili literatür çalışmaları incelendiğinde, farklı kaynakların farklı parametreleri savunduğu görülmektedir. Örneğin ekrandaki bir yazı karakterinin kontrast oranı, ortam aydınlatması ve bunun ekran üzerindeki yansımasından etkilenecektir. Bu yüzden kullanılacak donanım ve seçilecek parametreler dikkatli seçilmelidir. Buna rağmen minimumlar konusunda ortak noktalar vardır ve bunlara uyularak tasarım yapılmalıdır. Çoğu dinamik ATC bilgileri, sembol ve alfa-nümerik karakterlerin bir formu şeklindedir ve okunabilirliği nasıl oluşturulduklarına bağlıdır. Modern donanımlar sayesinde minimum ölçüsü 3mm olan sembol ve etiketler tatmin edici olmaktadır. Bu ölçü, eski teknoloji veya aşırı ışık şiddetinin ters etkileri yüzünden artabilmektedir. İki büyük alfa-nümerik karakter arası dikey mesafe, harflerin boyunun %30'u civarında olması yeterli gelmektedir. Fakat paragraf ya da satır söz konusu olduğunda minimum %60 a çıkmaktadır. Alfa-nümerik karakterler arası yatay mesafe, karakterleri göstermek için kullanılmış çizgi kalınlığının iki katından az olmamalıdır. Bu değerler minimumlardır, tabii ki optimum değerler fontun türüne, sembolün şekline göre değişkenlik gösterecektir [9,18].

ATC deki görsel kodlamalarla ilgili birkaç gereklilik daha vardır. Çok küçük bölümlerde, renk kodlaması yeterli ayırımı sağlayamamaktadır. Bu gibi durumlarda şekilsel ayırım gerekmektedir. Seçilen şekil ise yeterli algılanabilirliği iyi ve çok anlamlılık göstermeyen, yeterli farklılık yaratabilen bir şekil olmalıdır. Böyle bir iyileştirme kullanılırken ortam aydınlatması da yeterli düzeyde ve fazlalığa kaçmamalıdır. Aydınlatmanın rengi de renk algısını değiştirebileceğinden dikkat edilmelidir. Bu prensip hem elektronik ortamdaki bilgiler hem de basılı nüshalar için geçerlidir.

4.4.4. Haberleşme donanımları

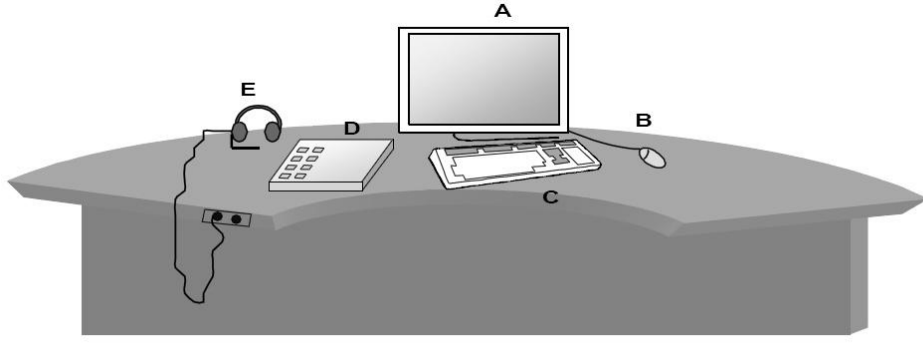
Haberleşme aygıtları, hava trafik kontrolünün ayrılmaz bir parçasıdır. Daha önce çalışma ortamı ve gürültü konusunda detayı verildiği gibi anlaşılır bir haberleşme hava trafik kontrolünün ayrılmaz bir parçasıdır. Haberleşmede kullanılan donanımlar yoğun olarak kullanıldığından, konumları ve kullanım şekilleri oldukça önemlidir. Hem kas yorgunluğu açısından, hem hızlı tepki süresi açısından, hem de zihinsel iş yükü açısından önem arz etmektedirler. Günümüz

gelişmiş teknolojisi ve artan ihtiyaç karşısında dokunmatik ekran tetiklemeli telsiz ve telefonlar yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Önceleri telsiz frekansını değiştirmek gibi hem zaman alıcı hem de zihinsel iş yükü oluşturan kontrollerden, tek bir dokunmayla telsiz irtibatı veya telefon bağlantısı kurulan bir döneme geçilmiştir [29]. Dokunmatik ekranın boyu ve görsel tasarımıyla ilgili her geçen gün yeni metotlar bulunmaktadır. Temel alınması gereken noktalar, operatörün hatalarını azaltıcı, tepki süresini artırıcı ve algılama hızını yükselten prensipler uygulanmalıdır [2].

Haberleşme hatalarını önlemek ile ilgili, ICAO'nun geliştirmiş olduğu havacılık alfabesinin temel prensibi, kalitesiz iletişim şartlarında bile harflerin ve sayıların algılanmasında karışmaları önlemektir ve görevini eksiksiz bir şekilde yerine getirmektedir. Fakat artan havaalanı, hava trafiği sayısı nedeniyle, alfabe tek başına yeterli olamamakta bu yüzden donanımla ilgili gelişmeler ve çalışma ortamı tasarımıyla ilgili iyileştirmeler yapılmak zorunda kalmaktadır. Bu da en başta ergonomik prensiplerin daha çok uygulanmasıyla başarılmaktadır [3].

4.4.5. Girdi aygıtları

Kontrolörler, bir takım girdi aygıtlarını kullanarak kontrol işlerini yaparlar. Bunlardan bazısı basit bir anahtar olabileceği gibi, düğme, pedal, dokunmatik ekranda olabilmektedir. Kontrolör, iletişim kurarken öncelikle iletişim de kullanacağı kanalı seçmelidir. İşte bu tür işlemler için girdi aygıtları kullanılmaktadır. Klavyeler gibi girdi aygıtları sayesinde sürekli güncellenen alfa-nümerik karakterler girilmektedir. Girdi aygıtları konsollara konumlandırılırken, daha doğrusu konsol tasarımı yapılırken, aygıtlara ve kontrollere ulaşma mesafesi, girdi aygıtını çalıştırmak için gereken kuvvet miktarı ve kas yorgunluğu yaratacak frekans gibi standart ergonomik prensipler uygulanarak yapılmalıdır [9]. Şekil 4.9'da girdi aygıtları şematik olarak gösterilmiştir. Bunlar hava trafik kontrolörlerin kullandığı standart donanımlardır. Hava alanı trafiğine göre monitör, klavye ve fare olmayabilir. Ya da tersi durumda birden fazla klavye, monitör telsiz ve telefonda aynı konsolda kullanılabilir.



Şekil 4.9. Tipik Girdi aygıtları ; (a) monitör, (b) fare, (c) klavye, (d) telefon, (e) mikrofon

4.5. Antropometri

Antropometri sayesinde tasarımlar genele daha uygun bir şekilde olmaktadır. Çalışma ortamındaki bazı bileşenlerin ayarlanabilirliği değişik beden yapısı ve ölçülerine bağlı olarak değişir. Örneğin kontrolörün oturduğu koltuğun yüksekliği ayarlanabilir olmalıdır. Bunun nedeni konsolun altında kalan bacakların yeterli bir hacim içinde kalmasıdır. Koltuk, iyi bir arka omurluk, bel desteğine sahip olmalı ve hızlı ve rahat hareket ettirilebilmelidir. Kol destekleri de yorulmayı azaltıcı ve ergonomiyi artırıcı bir rol üstlenirler bu yüzden tercih edilmelidir. Yine konsol tasarımı ve koltuklarla ilgili olarak iki kontrolör arasında yeterli mesafenin olması insan performansı ve ergonomi açısından oldukça önemlidir. Bir kontrolör otururken veya kalkıp ayrılırken diğerlerini rahatsız etmeyecek ölçüler seçilmelidir. İki insan bedeninin merkezi arasında minimum 650 mm olmalıdır. Ama kol destekli koltuklar düşünüldüğünde bu mesafe 750 mm'ye çıkmaktadır [27,30]. Şekil 4.10'da sırasıyla %5, ortalama, %95'lik normal dağılım dilimlerindeki insan boyutları ve oturarak erişim mesafeleri gösterilmiştir.

4.6. Anadolu Üniversitesi Meydan Kontrol Kulesi ve Ergonomi

İncelenen ergonomik prensiplerden hareket ederek; Anadolu Üniversitesi Hava Alanı Meydan Kontrol kulesi incelenecektir. Anadolu Hava Alanı trafik karakteristiği açısından diğer hava alanlarından farklılıklar göstermektedir. Trafik karakteristiğindeki bu farklılıklar doğrudan doğruya mevcut meydan kulesinin yapısını, çalışma koşullarını da etkilemektedir. Anadolu Hava Alanı daha çok eğitim uçuşlarının yapıldığı bir hava alanıdır. Eğitim uçuşlarının yanı sıra tarifeli yurt içi ve yurt dışı uçuşlara ve bunlara ilaveten genel havacılık amaçlı uçuşlara hizmet vermektedir. Eğitim amaçlı kurulmuş bu havaalanında düzenlenen operasyonlar yine üniversitenin sahip olduğu tek ve çift motorlu çeşitli modellerdeki uçaklarla yapılmaktadır [31].

Anadolu meydan kontrol kulesinde yer kontrol, meydan kontrol ve asistan çalışma pozisyonu kullanılmaktadır. Trafiğin azaldığı gece uçuşlarında ise asistana gerek olmayıp yalnızca iki çalışma pozisyonu da yeterli olmaktadır. Çalışma pozisyonları birbirine dik iki konsoldan oluşmaktadır. Burada kullanılan donanımlar yine diğer kontrol kuleleri ile aynı işleve sahip donanımlardır. Haberleşme için:

- a) Telsizler; 2 adet normal ve 2 adet yedek olmak üzere 4 tane telsiz vardır. Telsizler bir tanesi hariç, kulenin içinde ve konsolların üstünde durmaktadır. Bir tanesi ise konsolun altında durmaktadır. Ayrı bir cihaz odası yoktur. Telsizleri besleyen 2 adet batarya vardır ve bunlarda konsolun altında durmaktadır.
- b) Konsol üzerinde duran 2 adet el telsizi,
- c) Tavana monte edilmiş 1 adet Ardiz lambası,

Bilgi ekranı olarak kullanılan donanımlar ise,

- a) Konsola monte edilmiş 1 adet yerel saat ve 1 adet UTC zamanı gösteren saat,
- b) Cam kirişine monte edilmiş 1 adet meteorolojik veri göstergesi,
- c) Masa üzerinde 2 adet dürbün
- d) Masa üzerinde 1 adet gece görüş dürbünü,

- e) Hava alanı meydan ışık kontrol paneli,
- f) 2 tanesi bir konsolda 1 tanesi diğer bir konsolda olmak üzere 3 adet strip holder mevcut bulunmaktadır.



Şekil 4.11. Anadolu Üniversitesi Hava Alanı Meydan Kontrol Kulesine ait bir konsol görüntüsü

Bütün bu donanımlar Şekil 4.11’de fotoğraf olarak gösterilmektedir. Anadolu kulesi ergonomik açıdan bu bölümde verilmiş olan prensiplere bağlı olarak incelenecektir.

4.6.1. Anadolu Kontrol Kulesinin mimari açıdan değerlendirilmesi

Anadolu Kontrol kulesi hava alanındaki konumu açısından değerlendirilecek olursa, pistin özellikle 27 başının çıplak göz ile takip edilmesini zorlaştıracak konumdadır. Buna ilaveten, uçakların ilk motor çalıştırma noktası olan hangar önünde de kör noktalar bulunmaktadır. Bunun dışında diğer sosyal olanaklara erişim kolaydır ve dinlenme olanakları da kule içinde olmak üzere mevcuttur. Görüş açısından kule camlarının birbirine birleştiği noktadaki et kalınlığının fazla oluşu yine görüşü etkileyen olumsuzluklar arasındadır. Termal koşullar split klimalarla sağlanmakta olup, aydınlatma ise tavandan aydınlatma ile sağlanmaktadır.

4.6.2. Anadolu Kontrol Kulesinin pozisyon donanımları açısından değerlendirilmesi

Anadolu kontrol kulesindeki personel sayısı 6 kişidir. Yaz aylarında sayıları 8-10 kişi arasında değişen öğrenci hava trafik kontrolörleri de iş başı eğitimlerini almak için bu sayıya ilave olmaktadır. Doğal olarak bu öğrenciler aynı anda kulede çalışmayıp mevcut kontrolör ekiplerine katılmaktadırlar.

Konsolların birbirine dik açıda yerleştirilmiş olması, haberleşme amacıyla kullanılan telsizlerin aynı ortamda konsollar üzerinde bulunuyor olması hem donanım kalabalıklığına yol açmakta hem de telsiz konuşmalarında girişimler nedeniyle iletişimde bozukluklara yol açmaktadır. Telsizlerin konumu frekans değişimi ve diğer ayarlar için eğilerek kumanda verilmesini gerektirmektedir. Açılı duran telsizlerin frekans okuma ve ayarlamaları daha kolay olmaktadır. Ayar yaparken de bileğin bükülme hareketi azalmakta, ayarlama rahat ve hassas bir şekilde yapılabilmektedir. Ana telsizlerden bir tanesi 2 konsolun birleşme yerinde dururken diğeri konsol altına bataryaların üstüne konumlandırılmıştır. Batarya ve telsizin konsolun altına konmasıyla birlikte, konsolun ilgili bölümü kullanılamamaktadır. Bu yüzden de piste paralel olan konsolda çalışan kontrolörün sandalyesi ile piste dik duran kontrolörün sandalyesi birbirlerini fiziksel olarak kısıtlayarak, hem konsolların verimli kullanımını hem de rahatlığı olumsuz yönde etkilemektedir.



Şekil 4.12. A.Ü. Hava Alanı Meydan Kontrol Kulesine ait telsizin görüntüsü



Şekil 4.13. A.Ü. Hava Alanı Meydan Kontrol Kulesindeki saatlerin görüntüsü

Bilgi ekranı donanımlarından olan UTC (Coordinated Universal Time) zamanını gösteren saat için ise gece koşullarında ve gündüz çok aydınlık zamanlarda görünmemektedir. Tasarımı dolayısıyla hem parlama ve yansıma yapmakta, hem de bunun yerine kontrolörün kafasını çevirmeden rahatça görebilmesi için 2 adet büyük kırmızı dijital hem yerel zamanı hem de UTC (greenwich zamanı) zamanını gösteren saatler konulmalıdır. Bir tanesi piste paralel olan konsolun karşısında camları birbirine bağlayan yapının ortasında ve insan boyu hizasına, diğeri ise aynı konumda piste dik konsolun karşısına konumlandırılması tavsiye edilmektedir. Şekil 4.11, 4.12 ve 4.13’de geliştirilmesi gerekli donanımların resimleri gösterilmiştir.

Konsolların konumları dolayısıyla bir miktar alan atıl durumdadır. Bu atıl alan sistemlerin ısınması ve genişletilebilirlik özellikleri düşünülerek bırakılmıştır. Konsolların biraz daha bu boş alanlara kaydırılması alan bakımından faydalı olacaktır. Fakat cihazların kule çeperlerine yakın olması fiziksel riskler taşımaktadır. Herhangi bir cam kırılması veya içeri su girmesi durumunda, cihazlar kolaylıkla zarar görebilecektir. Bu yüzden atıl alanın risk faktörünü azaltması yüzünden, konsol konumlarının değiştirilmesi tavsiye edilmemektedir. Ayrıca konsol altında duran batarya ve telsizin, ergonomik nedenlerle yerinin değişimi mekan kısıtlılığı nedeniyle konsolların üstlerine konulması gerekmektedir. Bu yüzden konsol konumları aynı kalmalıdır.



Şekil 4.14. A.Ü. Meydan Kontrol Kulesi konsol kullanımına ilişkin bir fotoğraf

A.Ü. Meydan Kontrol Kulesinde ergonomiyi ve fonksiyonelliği etkileyen diğer bir etkende kontrolörlük için çok gerekli olan strip tutucuların sayısı ve kapasitesinin azlığıdır. Yerde kalkış için izin bekleyen uçaklar dönem strip koyma hattının kapasitesinin üstüne çıkabilmektedir. Bu durumda stripler konsolun üstüne taşmakta ve hem okuma olarak, hem dikkat olarak hem de yere düşme gibi risklere açık olmaktadır. Bu yüzden kapasite artırımı yapılmalıdır. Konsollara entegre strip tutuma hattının kapasite artırımı konsolları değiştirmeden yapılamaz, bu yüzden harici bir strip koyma tasarlanıp uygun yere yerleştirilmelidir. Şekil 4.14’ de, piste dik duran konsol ve çalışan ilişkisi görülebilir. Konsolun altındaki teçhizat yüzünden bir kısmı kullanılan konsolda yeterince strip kapasitesinin olmadığı görülmektedir.

Kontrolörler çalışırken, A.Ü meydan kontrol kulesinde de olduğu gibi uçakları ve yerdeki araç ve olayları görebilmek için bazen ayakta durmak bazen

eğilmek bazen otururken konsola eğilmek durumunda kalmaktadırlar. Görüşün yapısal olarak engellendiği durumlarda adım atıp yer değiştirmek yerine, bel hareketleri vasıtasıyla görüş yakalamaya çalışılmaktadır. Şekil 4.15’de A.Ü. meydan kontrol kulesinde çalışan kontrolörün görev başında duruşunu değiştirmesine örnektir.



Şekil 4.15. Hava trafik kontrolörünün, görev başında duruşuna bir örnek

5. SONUÇLAR

Ergonomik kriterlerin ve kuralların tasarıma uygulanması, söz konusu sektör havacılık olunca çeşitlenmektedir. Yer hizmetlerinin ve dispeç hizmetinin verildiği büro ortamı, uzun ve dikkat gerektiren, kısıtlı şartların olduğu kokpit ortamı, mekansal gereksinimlerin sıkıntılı olduğu bakım hangarı şartları bunlara örneklerdir. Zaman ile yarışıldığı, dikkat yoğunluğu gerektiren kule şartlarında, stresi yüksek hava trafik kontrolünde ergonomiye çok daha fazla ihtiyaç duyulmakla beraber ergonomik prensiplerin uygulanması açısından bir takım güçlükleri barındırdığı görülmektedir. Literatürde genel ergonomi çalışmaları vardır ve her geçen gün hızla artmaktadır. Fakat çok değişik gereksinimleri olan ergonominin hava trafik kontrol ortamına uygulanışı ile ilgili çalışma yok denecek kadar azdır.

Ergonomi ile ilgili prensipler büro ortamı, fabrika ortamı gibi belirli iş ortamlarına yönelik geliştirildiği için hava trafiğine doğrudan uygulanması mümkün değildir. Örneğin ortamdaki renkler ve kaplamalar konusunda, büro ortamındaki renkler psikolojik ve aydınlatma ile ilgili düşünüldüğünde parlak ve canlı olmalıdır. Ama hava trafik kontrol ortamında bunun tam tersi olmak zorundadır. Hem anatomik olarak göz limitleri hem de ATC deki dikkat yoğunluğu gereksinimleri yüzünden, koyu veya mat renkler kullanılmalıdır. Ortam dekoru ve aydınlatması gereği çok koyu ve çok açık bölgelerin olmaması prensibi renk paleti olgusu bir miktar değişebilmektedir. Yani duruma göre birisine öncelik verilmeli ya da optimumuna ulaşılmaya çalışılmalıdır. Bu optimum ise ancak kriterlerin belirli bir konuya uygulanmasıyla mümkün olmakta ve bir genelleştirilme yapılamamaktadır. Açık tonların hakim olduğu bir meydan kontrol kulesinde tavanları ve duvarları siyah yapmak mantıksız olacaktır. Bej rengi tonları ise, gözün adaptasyon gerektirmeyeceği bir şekilde kullanılmalıdır.

Gelişen teknoloji ile birlikte hava trafik kontrolünde kullanılan donanımların ve insan-makine sisteminin ara yüzü de değişmektedir. Eskiden kullanılan telefonlar yerini sisteme entegre olmuş dokunmatik ekranlara ve yazılımlara bırakmıştır. Bu sayede dikkatin dağılması gibi bozucu etkenlerden uzaklaşıldığı gibi, ergonomik kriterlerde de değişiklik olmuştur. Önceleri hava

trafik kontrolünde kullanılan bir telefon için erişim mesafesi kriteri birincil önceliğe sahip iken, dokunmatik ekranlı bir telefon veya iletişim ünitesi için, erişim mesafesi, kullanım şekli, yazı fontu, simge büyüklüğü, kullanılan simge ve arka plan kontrastı bileşiminden oluşan bir kompleks kriter birincil önceliğe sahiptir. Birçok fonksiyonu bir arada sunan birleşik sistemler ile hem iş yapabilme kapasitesi yükseltmiş hem de onu kullanan operatörün zihinsel iş yükünü artırmıştır. Bu yüzden uygulanması gereken ergonomik kriterlerin sayısı ve çeşitliliği de artmıştır. Temel ergonomik kurallar birleşik sistemlerde uygulanması zorlaşmakta, bu yüzden bu çalışmada yapıldığı gibi kurallar yerine yaklaşım, prensip ve önceliklere dönüşmekte ve bir optimizasyon problemi haline gelmektedir. Kesin aralık değeri olan sayısal ifadeler, önceliklere bağlı optimizasyon yaklaşımlarına ifade edilmektedir. Sadece üst ve alt limitler parametrik halde kullanılabilirler.

Ergonomik kural ve parametrelerin doğrudan doğruya uygulanması, ATC için mümkün olmamaktadır. İlerleyen yıllardaki çalışmalar daha kesin sonuçlar ortaya çıkarmadığı sürece, kesin ergonomik kurallar yerine ergonomik yaklaşımlar ve prensipler kullanılmalıdır. Önemli olan nokta, hangi ergonomik kriterin daha önemli ve ne kadar önemli olduğu belirlenip, diğer ergonomik kriterlerden öncelikli hale getirilmesi ama bunu yaparken %100 uygulama yaklaşımıyla değil, diğerleriyle birlikte optimum değere getirilmesidir. Hem parlamanın oluştuğu, hem de monitör mesafesi ve parlaklığının uygun olmadığı koşullar bu duruma örnek olarak verilebilir. Parlama olayı çözülecek bir pozisyon veya mesafe kullanılıp, bu durumda monitör parlaklığı ve mesafesiyle ilgili iyileştirmeler yapılmaya çalışılmalıdır. Bu yüzden ATC de kullanılan, "monitör bu mesafede ve bu açıda değildir" kuralı yerine, "monitör parlama yapmayacak konumda ve mesafede, gözü yormayacak bir uzaklığa yerleştirilmelidir ve mesafeye göre büyük boyutlu font ve simgeler kullanılması tavsiye edilmektedir" gibi prensipler şeklinde olmalıdır.

Bu çalışmada incelenen Anadolu Kontrol Kulesi detayı verilmiş olan ergonomik kriterler çerçevesinde değerlendirildiğinde, mevcut durum Çizelge 5.1'de verildiği gibi özetlenebilir. Sonradan ergonomik iyileştirmeler yapmaya

çalışırken, kısıtlardan dolayı bir ergonomik prensip diğer bir ergonomik prensibi olumsuz yönde etkilemektedir. Oturma elemanları arasındaki mesafeyi düzenlemek için konsolların kule çeperlerine yaklaştırmak istenildiğinde, cihazların arkasında kalması gereken emniyetli mesafeyi olumsuz yönde etkileyeceği ortaya çıkmıştır. Bir ergonomik prensibi uygulamaya çalışırken diğerlerini ihlal edebileceğimiz için, uygulama seçiminde, basit ve erişilmesi kolay aynı zamanda diğer sistem ve öğelerin ergonomisini bozmayacak yollar seçilmiştir. ATC'deki insan performansının artması gerekliliğinden yola çıkarak, ATC deki ergonomi kavramı konusunda daha detaylı araştırma, test ve sonuçlar elde edilmesi gerekliliği ortaya konmuştur. Bu test sonuçlarından daha genele hitap eden prensip ve yaklaşımlara ulaşmak gerekmektedir. Çizelge 5.1'de anlatılanlar şu şekilde açıklanabilir:

Çizelge 5.1. Anadolu Meydan Kontrol Kulesinin değerlendirilmesi

	Yetersiz	Yeterli
Mimari		
Konum	-	
Sosyal olanaklara erişim		✓
Temizlik		✓
Dinlenme salonu	-	
Oda Yerleşimi ve Çevre		
Dekor		✓
Aydınlatma		✓
Termal çevre		✓
Gürültü kontrolü		✓
Çalışma Pozisyonları		
Konsollar	-	
Oturma elemanları		✓
Görsel Donanımlar	-	
Haberleşme		
Donanımları	-	
Girdi aygıtları		✓

a) **Kulenin konumu;** kulenin mevcut durumu hangarı, apronu ve pistin her iki ucunu da yeterli olarak görememektedir. Hangarın önünde motor çalıştıran uçaklar ağaçlar ve binalar tarafından engellenmekte, pistin 09 başı

açışal olarak yanlış yerde ve uzaklıkta görölmektedir. Çözüm önerisi olarak konuyla ilgili yapılabilecekler; kör noktalara kameralar konulması ve görüntülerinin kuleden izlenmesi ya da kulenin konumunun değiştirilmesidir.

b) **Sosyal olanaklara erişim**; kulenin şu anda tuvalet, lavabo, çay ocağı gibi sosyal ihtiyaç ve olanaklara erişiminde herhangi bir ergonomik sorun yoktur.

c) **Temizlik**; kule yapısı ve yarı zamanlı çalışması gereği kolaylıkla temizlik yapılabilmek de, herhangi bir operasyonel engel taşımamaktadır.

d) **Dinlenme yeri**; ayrı bir dinlenme salonu olmamasına karşın, kule içinde dinlenme bölümü vardır. Yatak olarak kullanılabilir bir kanepenin bir çalışma masası, bir adet televizyon ve kişisel işlerde de kullanılabilir bir bilgisayar mevcuttur.

e) **Dekor**; dekor rahatsız edici bir unsur değildir. Kulenin basitliği dolayısıyla, fazla bir dekora ihtiyaç yoktur.

f) **Aydınlatma**; aydınlatma yeterli olmakla birlikte tavan aydınlatması sadece açık ve kapalı konumda kullanılabilir. Öneri olarak; eğer ki ayarlı anahtarlama yapılabilirse, ergonomide artırılmış olmakla birlikte kritik bir öneme sahip değildir.

g) **Termal çevre**; termal olarak split klimalar sayesinde yeterli konfor sağlanmaktadır.

h) **Gürültü**; split klimalar pasif gürültü kaynakları oldukları için gürültüyle ilgili bir problem bulunmamaktadır.

i) **Konsollar**; konsolların konumu ve tasarımı ergonomik açıdan istenen yeterlikte değildir. Birbirlerine dik konumda duran iki konsol iki kontrolörün kesişen köşede oturarak iş yapmasına izin vermemektedir. Sandalyelerin arasındaki mesafe yeterli gelmemektedir. Ayrıca konsollara yerleştirilmiş telsizlerin konumu dolayısıyla, konsolun altında belirli bir hacim işgal edilmekte, böylece konsolun verimliliğini etkilemektedir.

Çözüm önerisi olarak; kule içindeki konsolların bütünlüğü nedeniyle tüm cihaz kablolarının baştan tasarlanması gerekmektedir. Konsolların aynı anda iki veya daha fazla kontrolörün iş yapmasına olanak sağlamak amacıyla, bilgi ekranlarının ve strip tutucuların hem sayısının artırılması hem de konumlarının uzaklaştırılması gerekmektedir. Meteorolojik ve zaman saatlerinin buna uygun olarak ya başka bir yere kaldırılması ya da daha operasyonel ve görüşün daha iyi olduğu noktalara taşınması çözümler arasındadır.

j) **Oturma elemanları;** oturma elemanlarının sayısı, bel desteği, tasarımı ve boyutlarıyla ilgili herhangi bir problem yoktur. Problemin asıl kaynağı sandalyeler değil konsolların konumu ve tasarımıdır. Konsollar yüzünden oluşan mekânsal kısıt sadece aynı noktada çalışmayı engellemektedir. Normal bir operasyonda sandalye ile arkasındaki mesafe temizlik veya başka bir kullanım için yeterlidir.

k) **Görsel donanımlar;** Görsel donanım olarak meteoroloji saatleri, yerel ve UTC saatler ve bilgi içeren evrak ve stripler bulunmaktadır. Stripler, kapasite olarak yeterli gelmemekte strip tutucular ise mantıken kontrolöre yardımcı olmamaktadır. Anadolu Kulesinde trafiği üç veya dörde ayırarak çalışan kontrolörler için 2 ayrı tutucu bulunmaktadır. Yerdeki araçları ayrı, inişe geçenleri ayrı, meydan turunda olan uçakları ayrı ve dışarıdan gelen uçuşları ayırmaya çalışan kontrolör, bazılarının birleştirmek ve ekstradan zihinsel yük almak zorunda kalmaktadır. Ticari uçuşların sıklaştığı gece saatlerinde ve güneşin etkisinin en fazla olduğu öğlen saatlerinde saatleri kullanmak tasarımları dolayısıyla zor olmaktadır. Parlama ve yansımaları yok edecek şekilde tasarlanmaları sonucu sadece belirli bir açıdan ve yakından görülebilmektedirler.

Meteoroloji saati ise tek bir tane olup farklı kafa hareketleri ile okunabilecek bir pozisyonundadır. Çözüm önerisi; saatler ile ilgili olarak, görüş alanında göz hizasında duracak büyük dijital ve kendinden aydınlatmalı saatler kullanılması ergonomiyi büyük oranda artıracaktır. Strip tutucuların sayısının ve kapasitesinin artırılması ve konumlarının çoklu-iş kavramına uygun bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Evraklar için özel bölme veya kısımlar yapılmalı ve bunlar çalışan kontrolörlerin kolayca ulaşacağı veya değiştirilmesinin kolay olacağı bir tasarımda konumlandırılmalıdır.

1) **Haberleşme donanımları;** teknolojileri itibariyle oldukça eskidirler. Bu yüzden yakın konulduklarında birbirlerine girişim yapabilmektedirler. Ayrıca tek parçadan oluştukları için uzaklaştırılmamaktadırlar ve harici bir dolaba ya da sistem odasına konulamamaktadırlar. Bunlarla ilgili yapılabilecek tek çözüm yeni teknolojiye geçilmesidir. Şu anki kule mimarisi ve sistemlerin eskiliği dolayısıyla bu çözümde pek ulaşılabilir değildir. Şu anda yapılacak bir tadilat mevcut sistemlerin çalışmamasına, arızaların baş göstermesine neden olabilir.

m) **Girdi aygıtları;** İncelenen kontrol kulesi otomasyon donanımlarına sahip olmadığı için girdi aygıtlarıyla ilgili olarak da kulede herhangi bir problem yoktur.

Çalışmada amaçlanan temel bilgilerden ziyade, yaklaşımlara ulaşılmıştır. Bu yaklaşımlar, ileriki deneysel çalışmalarla belirli sayısal değerleri olan daha doğru kriterle dönüştürülebilir. Ayrı ayrı incelenen bileşenler arasındaki ilişkiler, gruplar halinde incelenmelidir. Örneğin konsol profili ile aydınlatma konuları bütünlük bir şekilde işlenmeli ve daha optimize yaklaşımlar oluşturulmalıdır. Böylelikle yaklaşım kriterleri, parametrik sayısal bilgiler ile desteklenmiş olacaktır. Şu anki çalışmalar ile bunu yapmak mümkün olmamaktadır.

Büroda çalışan bir memurun görevini yerine getirirken çoğunlukla dik durması önerilir. Oturma birimi ve masa tasarımları vücudun dik durmasını destekleyici yöndedir. Ergonomik kriterler de "vücudun dik durması, sağlıklı duruştur" prensibinden yola çıkar. Fakat kontrolörler, aktif durumda genellikle konsola doğru eğilerek ya da uçakları görebilmek için vücudun eğik olmasını gerektiren koşullar altında çalışırlar. Bu yüzden bu ergonomik prensipler, aktif olmayan bir kontrolör için geçerli olmakta, pratikte ise yararlılığı tartışılabilir. Burada yapılması gereken gerekli vücut duruşlarındaki ergonomiyi artırmak veya vücudun daha sağlıklı bir şekilde kullanımıyla ilgili bilgiler elde edilmeli ve tasarımlar bu yönde yapılmalıdır.

Esasta olması gereken, meydan kontrol kuleleri daha mimari tasarım aşamasında iken gerek mimarisi gerekse de iç donanımların yerleşim düzenleri hepsi bir arada, ergonomik kriterler çevresinde değerlendirilerek

tasarlanmalıdırlar. Bu tasarımlarda göz önünde tutulması gereken kriterler ise şunlardır:

- a) Hava trafiğinin hacmi, dolayısı ile çalışacak hava trafik kontrolörü sayısı,
- b) Pistlerin, apronların yerine göre kulenin en uygun konumunun belirlenmesi,
- c) Konsolların yerleşimlerinin belirlenmesi,
- d) Kullanılan otomasyon düzeyine bağlı olarak donanımların yerleştirilmesi,
- e) Kablolama ve ayrı bir cihaz odasının yerleşiminin belirlenmesi.

Bu çalışmada ergonominin iş ortamlarına uygulandığının temel prensipleri verilmiş, daha sonrada meydan kontrol kulesi çalışma ortamına bu prensiplerin nasıl uyarlanabileceği anlatılmıştır. Uçuşun başladığı ve bittiği yer olan meydan kontrol kulelerindeki insan-makine sistemini kullanmak için gerekli olan ergonomik kriterler oluşturulmuş ve bu kriterler Anadolu Üniversitesi Hava Alanı meydan kontrol kulesi için değerlendirilmiştir.

Hava trafik kontrolünde iş yükü kaynaklı stresin, saptanmış olan ergonomik kriterler yardımıyla azaltılacağı belirlenmiştir. Ayrıca uygulanan ergonomik çözümlerle konforun da pozitif yönde artması sağlanabilmektedir.

Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda ise belirlenen yönergelerin ergonomik kriterler çerçevesinde değerlendirilmesi yapılmalıdır. Kule içerisinde kullanılan tüm donanımların yerleşimi ve ergonomik kriterlerinin belirlenmesi ise yine ayrı bir araştırma konusudur. Aynı çalışmalar çok farklı bir çalışma ortamına sahip radar kontrol ortamı içinde yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Erkan N., *Ergonomi, Verimlilik, Sağlık ve Güvenlik İçin İnsan Faktörü Mühendisliği*, MPM Yay., Ankara, 2001.
- [2] Su, B.A., *Ergonomi*, Atılım Üniversitesi Yayınları, Ankara, 2001.
- [3] Sabuncu, H., İş Sağlığı ve Güvenliği'nde Risk Analizi, *II. İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresi Bildiriler Kitabı*, TMMBO Makina Mühendisleri Odası, Adana, 2003.
- [4] Erkan, N., *Ergonomi*, MPM Yayınları, Ankara, 2000.
- [5] Mokdad, M. ve Al-Ansari M., “Anthropometrics for the Design of Bahraini School Furniture”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, **39**, 728-735, 2009.
- [6] Onat, E., *Mekansal Düzenin Kuruluşu ve Mimarlıkta Tasarlama Üzerine Kavramsal Bilgiler*, ADMMA, Ankara, 1982.
- [7] Özok, A.F., *Ergonomik Alan Çalışma Yeri Düzenleme ve Antropometri*, İstanbul, Mess Yayınları, 1988.
- [8] Seifert, R., “System, Airspace, and Capacity Requirements for Future ATC Systems”, *Air Traffic Management Civil/Military Systems and Technologies Guidance and Control Panel Symposium*, **7**(1), 7-14, 1979.
- [9] Babalık, F.C., *Mühensiler için Ergonomi İşbilim*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2007.
- [10] Sanders, M.S. ve McCormick, E. J., *Human Factors Engineering and Design*, Seventh edition, McGraw-Hill Inc.,1992.
- [11] Garcia-Avello, C. ve Swierstra, S., “Human Role in ATM: Support for Decision Making”, *ATM: Support for Decision Making Optimization-Automation*, **10**(1), 10-11, AGARD Report 825, Budapest, 1997.
- [12] Çilingir, C.ve Fırlalı, A., *İkincil İş metodu ile Zihinsel iş yükünün ölçümü*, Ulusal Ergonomi Kongresi, Ankara, 1989.
- [13] Boeing&THY Maintenance, Human Factors Seminar, İstanbul, 2004
- [14] Özok, A.F., Üretimde Değer Yargılarımız ve Ergonominin Önemi, *1. Ulusal Ergonomi Kongresi Bildiriler Kitabı*, 1987.
- [15] Hart W.M., Adler’s Physiology of the Eye, St Louis, 1987.

- [16] Türk Dil Kurumu online sözlük, genel sözlük, <http://tdkterim.gov.tr/bts/>
- [17] Türk Dil Kurumu online sözlük, Biyoloji terimleri sözlüğü, www.tdk.gov.tr, 1998.
- [18] Isaac, A. ve Ruitenber, B., *Air Traffic Control: Human Performance Factors*, Cornwall, 1999.
- [19] Cavcar, A., *Temel Hava Trafik Yönetimi*, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, 1998.
- [20] Bianco, L. ve Bielli, M., “ATM: Optimization Models and Algorithms”, *Journal of Advanced Transportation*, **26** (29), 131-167, 1992.
- [21] ICAO, *Annex 11- Air Traffic Services*, ICAO, Montreal, 2003.
- [22] ICAO, Doc. 4444- *Air Traffic Management*, 14. Edition, ICAO, Montreal 2001.
- [23] ICAO, *Annex 2- Rules of the Air*, 9.edition, ICAO, Montreal, 1990.
- [24] Kirwan, B. Hanson, M.A. Lovesey, E.J. ve Robertson, S.A., *Cognitive Error Analysis Of Future Automation Options in Air Traffic Management*, 22-26, Contemporary Ergonomics, Taylor and Francis Ltd., 1999.
- [25] ICAO, CIR 241 *Human Factors in ATC*, Montreal, 1993.
- [26] Onat, E., *Mekansal düzenin kuruluşu ve Mimarlıkta tasarlama üzerine kavramsal bilgiler*, ADMMA, Ankara, 1982
- [27] Kirchner, J.H. ve Baum. E., *Ergonomie für Konstrukteure und Arbeitsgestalter*, Carl Hanser Verlag, München, 1990.
- [28] Sağocak, M.D., “Ergonomik Tasarımda Renk”, *Trakya Univ J Sci*, **6**(1), 77-83, 2005.
- [29] Low, I., Timmer, P. ve Kilner, A., *Are Inconsistencies Of Outcome Between Predictive And Descriptive Mental Workload Techniques Systematic*, 7-12, Contemporary Ergonomics, Taylor and Francis Ltd., 1999.
- [30] Oral, A. ve İlten, N., *Özürlüler İçin Sıhhi Tesisat Tasarımlarının Ergonomik Açıdan Değerlendirilmesi*, Harran Üniversitesi, GAP 2.Mühendislik Kongresi, 1998.

- [31] Aybek, F., *Uçuş Eğitimi Amaçlı Havaalanlarının Kontrol Bölgesi Kapasitesinin Modellenmesi*, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006