

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**RULA YÖNTEMİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME DESTEĞİ İLE
GELİŞTİRİLMESİ**

GÜLİN FERYAL CAN

KOCAELİ 2013

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

RULA YÖNTEMİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME DESTEĞİ İLE
GELİŞTİRİLMESİ

GÜLİN FERYAL CAN






Prof.Dr.Nilgün FIĞLALI
Danışman, Kocaeli Üniv.

Prof.Dr.Coşkun ÖZKAN
Jüri Üyesi, YTÜ

Doç.Dr.Şule ÖNSEL EKİCİ
Jüri Üyesi, Doğuş Üniv.

Yrd.Doç.Dr.Kasım BAYNAL
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Yrd.Doç.Dr.Pınar YILDIZ KUMRU
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.


.....

.....

.....

.....

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 28.02.2013

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Mesleki kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları (MKİSR) gerek işletme ekonomisine, gerekse ülke ekonomisine önemli maddi ve manevi yükler getirmektedir. Çalışanların işe devam edememelerine sebep olmakla birlikte, uzun dönemli yeti kayıplarına yol açmakta ve çalışanların hayatlarını idame ettirmelerini de zorlaştırmaktadır.

MKİSR'na yol açan birçok risk faktörü mevcut olmakla birlikte, söz konusu faktörler arasında en çok karşılaşılanı biyomekanik risk faktörleridir. Biyomekanik risk faktörleri kapsamında incelenen çalışma duruşu alt faktörü, MKİSR'na yol açan en önemli alt risk faktör grubudur.

Literatürde iş ortamında sergilenen çalışma duruşlarının analizi için gözleme dayalı yöntemlerden, bilgisayar destekli yöntemlere kadar birçok analiz yöntemi yer almaktadır. Ancak, özellikle gözleme dayalı analiz yöntemlerinin uygulanma sürecinde yaşanan problemler (özellik, zaman ve işgücü kaybı, hangi aralıklarla ve ne kadar süre ile gözlem alınması gerektiği vb.) söz konusu yöntemlerin performansını ve etkinliğini azaltmakta, ayrıca yaygın kullanımını engellemektedir.

Bu tez çalışması kapsamında endüstride yaygın olarak kullanılan ve gözleme dayalı olarak uygulanan Hızlı Üst Ekstremité Değerlendirme Yöntemi (Rapid Upper Limb Assessment-RULA), görüntü işleme teknolojileri kullanılarak bir analiz aracı şeklinde geliştirilmiş ve "Geliştirilmiş RULA (Advanced RULA-ARULA)" adı ile yeniden tasarlanmıştır. ARULA analiz aracı ile RULA yönteminin performansı, etkinliği ve güvenilirliği arttırılmıştır. Ayrıca, RULA yönteminin yaygın kullanımını engelleyen koşullarda iyileşmeler sağlanmıştır. Bununla birlikte; ARULA analiz aracı kullanılarak; farklı işler için en iyi gözlem süresi ve gözlem aralığı bilgilerine ulaşılması mümkün hale getirilmiştir.

Tez çalışmam süresince benden desteklerini esirgemeyen değerli hocam Prof.Dr.Nilgün FIĞLALI'ya teşekkür ederim. RULA yönteminin görüntü işleme ve insan hareket analizi sistemleriyle yeniden tasarlanması konusunda, teknik açıdan verdiği desteklerinden ötürü Sayın Dr.Burcu KEPENEKÇİ'ye teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamın ve hayatımın her aşamasında benim yanımda olan eşime ve aileme sonsuz minnet duygularımı iletmeyi bir borç bilirim.

Temmuz-2013

Gülin Feryal CAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	vi
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR	ix
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
GİRİŞ	1
1. MESLEKİ KAS-İSKELET SİSTEMİ RAHATSIZLIKLARI (MKİSR) VE ERGONOMİ	4
1.1. MKİSR'na Yol Açan Risk Faktörleri	11
1.1.1. Biyomekanik risk faktörleri	13
1.1.1.1. Fazla kuvvet gerektiren işler	13
1.1.1.2. Uygun olmayan çalışma duruşları.....	20
1.1.1.3. Tekrar	25
1.1.1.4. Uzun sürelerde statik duruşta çalışma.....	26
1.1.1.5. Mekanik temas nedeniyle oluşan baskılar.....	27
1.1.2. Psikososyal risk faktörleri	27
1.1.3. Kişisel risk faktörleri.....	29
1.1.3.1. Geçmişte yaşanan rahatsızlıklar	29
1.1.3.2. Cinsiyet	29
1.1.3.3. Yaş	30
1.1.3.4. Obezite	30
1.1.3.5. Fiziksel kondisyon yetersizliği.....	31
1.1.3.6. Sigara alışkanlığı.....	31
1.1.4. Çevresel risk faktörleri.....	32
1.1.4.1. Atmosfer koşulları.....	32
1.1.4.2. Titreşim	33
1.1.4.3. Aydınlatma.....	33
1.2. Çalışma Duruşu Analiz Yöntemleri	34
1.2.1. Snook'un tabloları yöntemi (Snook's tables method).....	37
1.2.2. Revize edilmiş NIOSH kaldırma eşitliği yöntemi (Revised NIOSH lifting equation)	38
1.2.3. Ovako çalışma duruşları analiz sistemi (Ovako working posture analyzing system-OWAS).....	45
1.2.4. Hızlı tüm vücut değerlendirme yöntemi (Rapid entire body assessment-REBA).....	49
1.2.5. İşte zorlanma indeksi yöntemi (Job strain index-JSI).....	50
1.2.6. Hızlı maruziyet kontrol yöntemi (Quick exposure check-QECK).....	55
1.2.7. Hızlı üst ekstremité değerlendirme yöntemi (Rapid upper limb assessment-RULA).....	56
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	74

3. GÖRÜNTÜ İŞLEME DESTEKLİ RULA: GELİŞTİRİLMİŞ RULA (Advanced RULA-ARULA)	100
3.1. ARULA Analiz Aracının Tanıtımı.....	105
3.2. ARULA Analiz Aracında Kullanılan Görüntü İşleme Teknikleri	118
4. ARULA ANALİZ ARACININ ÜRETTİĞİ SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	133
4.1. ARULA Analiz Aracının Güvenilirlik ve Geçerliliğinin Test Edilmesi.....	133
4.1.1. ARULA analiz aracının güvenilirliğinin test edilmesi	133
4.1.2. ARULA analiz aracının geçerliliğinin test edilmesi	143
4.2. RULA Yöntemi ve ARULA Analiz Aracı Kullanılarak Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	147
4.2.1. RULA yöntemi kullanılarak yapılan analizlerde gözlemciler arası geçerliliğinin belirlenmesi	147
4.2.2. RULA nihai skorları açısından gözlemciler arası geçerliliğinin belirlenmesi	156
4.2.3. RULA yöntemi ile ARULA analiz aracı tarafından üretilen analiz sonuçlarının her bir vücut bölümü için karşılaştırılması	160
4.2.4. Nihai skorlar açısından RULA ve ARULA analiz aracı değerlendirme sonuçlarının karşılaştırılması	179
4.3. En İyi Gözlem Süresi ve Gözlem Aralığının Bulunmasına İlişkin Örnek Bir Çalışma.....	182
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	198
KAYNAKLAR	204
EKLER.....	215
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	247
ÖZGEÇMİŞ	248

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Zararlı kaldırma şekilleri.....	15
Şekil 1.2. Kaldırma işleri için yükseklikler.....	15
Şekil 1.3. Yapılan işe uygun çalışma yükseklikleri ve uzanma mesafeleri.....	18
Şekil 1.4. Düzlem görüntüsü	21
Şekil 1.5. Üç temel düzlem	22
Şekil 1.6. Eksen görüntüsü	22
Şekil 1.7. Vücut eksenleri.....	23
Şekil 1.8. Muhtelif vücut bölümlerinin fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri.....	23
Şekil 1.9. Muhtelif vücut bölümlerine ait yana eğilme hareketleri	24
Şekil 1.10. Muhtelif vücut bölümlerine ait abdüksiyon hareketleri.....	24
Şekil 1.11. Muhtelif vücut bölümlerine ait dönme hareketleri	25
Şekil 1.12. Psikososyal risk faktörlerinin MKİSR'nı oluşturma süreci.....	28
Şekil 1.13. NIOSH eşitliği çarpanlarının görsel tanımları	39
Şekil 1.14. NIOSH eşitliğindeki asimetri çarpanının görsel olarak tanımı.....	42
Şekil 1.15. OWAS metodu ile duruşların kodlanması	47
Şekil 1.16. RULA yönteminde analiz edilen üst kol duruşları	59
Şekil 1.17. RULA yönteminde analiz edilen alt kol duruşları	59
Şekil 1.18. RULA yönteminde analiz edilen bilek duruşları	60
Şekil 1.19. RULA yönteminde analiz edilen boyun duruşları	61
Şekil 1.20. RULA yönteminde analiz edilen gövde duruşları	62
Şekil 1.21. Örnek bir çalışma duruşu	67
Şekil 3.1. ARULA analiz aracının işleyişini gösteren akış şeması	105
Şekil 3.2. ARULA video kayıt menüsü.....	106
Şekil 3.3. ARULA video araştır menüsü.....	106
Şekil 3.4. ARULA manuel analiz ekranı.....	107
Şekil 3.5. ARULA yarı otomatik analiz ekranı	108
Şekil 3.6. ARULA otomatik analiz ekranı	110
Şekil 3.7. A12315144439.avi etiketli videonun rapor sayfası	111
Şekil 3.8. Birden fazla videonun raporlama için seçimi.....	111
Şekil 3.9. Süre (x1, y1) raporlama seçimine ilişkin örnek görüntü.....	112
Şekil 3.10. Süre % (x1-y2) raporlama seçimine ilişkin örnek görüntü.....	113
Şekil 3.11. Dakikadaki değişim (x1,y3) raporlama seçimine ilişkin örnek görüntü	113
Şekil 3.12. Boyun ana skoru için sıklık (x3,y3) raporu	115
Şekil 3.13. Fotoğraf karesi raporlama seçimine ilişkin bir örnek	116
Şekil 3.14. MySQL Workbench 5.2 CE veri tabanı ekran görüntüsü.....	117
Şekil 3.15. ARULA analiz aracında nihai skor hesabı.....	118
Şekil 3.16. ARULA analiz aracının akış şeması	119
Şekil 3.17. Çalışma kapsamında kullanılan insan vücut modeli.....	120
Şekil 3.18. Kol kinematik modeli	121
Şekil 3.19. El duruş bilgilerini ve üst kolun radyal ivme ölçümlerini kullanarak kol açılarının tahmin edilmesi.....	122

Şekil 3.20. Arka planı çıkarılmış bir duruş örneği	123
Şekil 3.21. Orjinal görüntü ve kenar tespit sonuçları.....	125
Şekil 3.22. Sekiz başlık kanon	130
Şekil 3.23. Vücut bölümlerinin hareket aralıkları	131
Şekil 3.24. x,y,z projeksiyonu	132
Şekil 4.1. Sol taraf için 29 fps hızında ve 0-45 dk. gözlem süresindeki sonuçlar	184
Şekil 4.2. 30 dk. gözlem süresinde, 0,20 fps hızında ve 5 sn.'lik gözlem aralığında ortaya çıkan nihai skorların sıklıkları	196
Şekil 4.3. 30 dk. gözlem süresinde, 0,20 fps hızında ve 5 sn.'lik gözlem aralığında ortaya çıkan nihai skorların kapsadıkları süreler	197

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1	Yaygın olarak görülen MKİSR.....	10
Tablo 1.2.	Parmaklarda yaşanabilecek rahatsızlık ve sebepleri.....	11
Tablo 1.3.	MKİSR'na yol açan risk faktörleri	13
Tablo 1.4.	Yatay itme-çekme işlemleri için önerilen limitler	16
Tablo 1.5.	Düşey itme ve çekme işlemleri için önerilen limitler	16
Tablo 1.6.	Yaşa göre maksimum enerji tüketimi	30
Tablo 1.7.	Ortam sıcaklıklarının en düşük değerleri.....	33
Tablo 1.8.	İşlere göre aydınlatma düzeyleri.....	34
Tablo 1.9.	Analiz yöntemlerine ilişkin uzmanların ve kullanıcıların ihtiyaçları	37
Tablo 1.10.	Gövde duruşlarında harcanılan süreye göre tehlike kategorileri	47
Tablo 1.11.	Kol duruşlarında harcanılan süreye göre tehlike kategorileri.....	48
Tablo 1.12.	Bacak duruşlarında harcanılan süreye göre tehlike kategorileri.....	48
Tablo 1.13.	REBA eylem seviyeleri (karar tablosu).....	50
Tablo 1.14.	Borg Skalası.....	51
Tablo 1.15.	Çabanın şiddeti görev değişkeninin oranlama kriterleri.....	52
Tablo 1.16.	El/bilek duruşunun oranlama kriterleri.....	53
Tablo 1.17.	İşin hızı değişkeninin oranlama kriterleri	53
Tablo 1.18.	Görev değişkenleri çarpan tablosu.....	54
Tablo 1.19.	QECK yönteminde yer alan risk faktörlerinin skor cinsinden karşılıkları.....	56
Tablo 1.20.	Nihai QECK Tablosu.....	56
Tablo 1.21.	RULA Tablo A Skorları	63
Tablo 1.22.	RULA Tablo B Skorları.....	64
Tablo 1.23.	RULA yönteminin skor değerlendirme sistemi	66
Tablo 1.24.	RULA nihai skor tablosu	66
Tablo 1.25.	Örnek çalışma duruşu için Tablo A Skorları	68
Tablo 1.26.	Örnek çalışma duruşu için Tablo B Skorları	69
Tablo 1.27.	Örnek çalışma duruşu için Tablo C Skorları	69
Tablo 1.28.	Çalışma duruşu analiz yöntemleri özet tablosu	72
Tablo 2.1.	RULA yöntemine ilişkin yapılan çalışmalar	75
Tablo 2.2.	Sürekli yayınlar.....	84
Tablo 2.3.	Kitaplar ve tezler.....	95
Tablo 2.4.	Sempozyumlar, çalıştaylar, bildiriler ve araştırma raporları	96
Tablo 2.5.	İnternet kaynakları	97
Tablo 4.1.	Sol alt kol ve sol üst kola ait ölçümler.....	135
Tablo 4.2.	Sol üst kol ve sağ üst kola ait ölçümler	136
Tablo 4.3.	Sol bilek ve sağ bileğe ait ölçümler	137
Tablo 4.4.	Boyun ve gövdeye ait ölçümler	138
Tablo 4.5.	Büyük örnekler için Wilcoxon İşaretili Sıra Sayıları Testi.....	141
Tablo 4.6.	Açı değerlerine ilişkin istatistikler.....	142
Tablo 4.7.	Beş farklı kullanıcının nihai skor değerlendirmeleri	144
Tablo 4.8.	Vücudun sol ve sağ yanı için geçerlilik testi sonuçları.....	146

Tablo 4.9. Sol alt kol ve sağ alt kol gözlem verileri	148
Tablo 4.10. Sol üst kol ve sağ üst kol gözlem verileri	149
Tablo 4.11. Sol bilek ve sağ bilek gözlem verileri.....	150
Tablo 4.12. Gövde ve boyun gözlem verileri.....	151
Tablo 4.13. Sağ bilek dönme ve sol bilek dönme gözlem verileri.....	152
Tablo 4.14. Gözlemciler arası geçerliliğin belirlenmesine ilişkin analiz sonuçları	155
Tablo 4.15. Vücudun sol ve sağ yanı için nihai RULA skorları	157
Tablo 4.16. Sol ve sağ yan için gözlemci karşılaştırması test sonuçları	158
Tablo 4.17. Sol ve sağ yan değerlendirme frekansları	159
Tablo 4.18. Gövde için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları	161
Tablo 4.19. Boyun için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları	162
Tablo 4.20. Sol alt kol için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları.....	163
Tablo 4.21. Sağ üst kol için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları	164
Tablo 4.22. Sağ alt kol için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları	165
Tablo 4.23. Sol üst kol için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları	166
Tablo 4.24. Sol bilek için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları.....	167
Tablo 4.25. Sağ bilek için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları	168
Tablo 4.26. Sağ bilek dönme için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları	169
Tablo 4.27. Sol bilek dönme için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları	170
Tablo 4.28. Eşleştirme tasarım tablosu	171
Tablo 4.29. McNemar Testi için karar kuralları	172
Tablo 4.30. Gövdeye ilişkin McNemar Testi sonuçları	173
Tablo 4.31. Boyna ilişkin McNemar Testi sonuçları	174
Tablo 4.32. Sol alt kola ilişkin McNemar Testi sonuçları	174
Tablo 4.33. Sağ üst kola ilişkin McNemar Testi sonuçları	175
Tablo 4.34. Sağ alt kola ilişkin McNemar Testi sonuçları.....	175
Tablo 4.35. Sol üst kola ilişkin McNemar Testi sonuçları.....	176
Tablo 4.36. Sol bileğe ilişkin McNemar Testi sonuçları	176
Tablo 4.37. Sağ bileğe ilişkin McNemar Testi sonuçları.....	177
Tablo 4.38. Sağ bilek dönme duruşuna ilişkin McNemar Testi sonuçları.....	178
Tablo 4.39. Sol bilek dönme duruşuna ilişkin McNemar Testi sonuçları.....	178
Tablo 4.40. Vücudun sol yanı için RULA ve ARULA karşılaştırması	179
Tablo 4.41. Vücudun sağ yanı için RULA ve ARULA karşılaştırması.....	180
Tablo 4.42. Sol yan için Kendal's W Uyum Katsayısı Testi ile nihai skorların karşılaştırılması.....	180
Tablo 4.43. Sağ yan için Kendal's W Uyum Katsayısı Testi ile nihai skorların karşılaştırılması.....	181
Tablo 4.44. Sol taraf için 29 fps hızında ve muhtelif gözlem sürelerindeki sonuçlar.....	185
Tablo 4.45. Vücudun sağ tarafı için 29 fps ve 1 fps hızlarına ilişkin nihai skorlar	186
Tablo 4.46. Vücudun sağ tarafı için 0,1 fps – 0,01 fps – 0,02 fps hızlarına ilişkin nihai skorlar	187
Tablo 4.47. Vücudun sol tarafı için 29 fps ve 1 fps hızlarına ilişkin nihai skorlar ..	188
Tablo 4.48. Vücudun sol yanı için 0,1 fps – 0,01 fps – 0,02 fps hızlarına ilişkin nihai skorlar	189
Tablo 4.49. 5 dk.-10 dk.-15 dk. gözlem süreleri için gözlem sayıları	191
Tablo 4.50. 20 dk.-25 dk.-30 dk. gözlem süreleri için gözlem sayıları	191

Tablo 4.51. 35 dk.-40 dk.-45 dk. gözlem süreleri için gözlem sayıları	191
Tablo 4.52. 0,12 fps-0,13 fps-0,14 fps-0,15 fps-0,20 fps analiz hızlarında 5-10-15 dk. için gözlem sayıları	195
Tablo 4.53. 0,12 fps-0,13 fps-0,14 fps-0,15 fps-0,20 fps analiz hızlarında 20-25-30 dk. için gözlem sayıları	195
Tablo 4.54. 0,12 fps-0,13 fps-0,14 fps-0,15 fps-0,20 fps analiz hızlarında 35-40-45 dk. için gözlem sayıları	195

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

Fps	: Çerçeve hızı, (adet/sn)
N	: Eş sayısı, (adet)
N	: Örnek büyüklüğü, (adet)
P	: Yanılma olasılığı
T	: Zaman, (sn)
Z	: Test istatistiği
Z_{α}	: Normal dağılım tablo değeri
α	: Açı, ($^{\circ}$)
α	: Hata payı, (%)
μ	: Ortalama
Σ	: Toplam

Kısaltmalar

A	: Asimetri Angle (Asimetri Açısı)
Adaboost	: Adaptive Boosting (Adaptif Düzeltme)
AM	: Asymmetric Multiplier (Asimetri Çarpanı)
A-P	: Anteroposterior (Önden Arkaya Doğru Giden)
ARULA	: Advanced Rapid Upper Limb Assessment (Geliştirilmiş Hızlı Üst Ekstremité Değerlendirme)
BM	: Beklenti Maksimizasyonu
C	: Coupling (Kavrama)
CAMShift	: Continuously Adaptive Mean Shift (Sürekli Adaptif Ortalama Yer Değiştirme)
CM	: Coupling Multiplier (Kavrama Katsayısı)
CMSDs	: Cumulative Musculoskeletal Disorders (Birikimli Kas-İskelet Rahatsızlıkları)
COWAS	: Computerized Owako Working Posture Analysis System (Bilgisayar Destekli Owako Çalışma Duruşları Analiz Sistemi)
CTDs	: Cumulative Trauma Disorders (Birikimli Travma Rahatsızlıkları)
D	: Distance (Mesafe)
DD	: Duration Per Day (Günlük Süre)
DE	: Duration of Exertion (Çabanın Süresi)
DM	: Distance Multiplier (Uzaklık Çarpanı)
EM	: Expectation Maximization (Beklenti Maksimizasyonu)
EM	: Effort Per Minute (Dakikadaki Çaba)
EMG	: Elektromiyografi
FM	: Frequency Multiplier (Frekans Çarpanı)
H	: Horizontal (Yatay)
HandPEO	: Hand Portable Ergonomic Observation (El için Portatif Ergonomik Gözlem)
HAVS	: Hand-Arm Vibration Syndrom (El Kol Titreşim Sendromu)
HM	: Horizontal Multiplier (Yatay Çarpan)

HSE	: Health and Safety Executive (Sağlık ve Güvenlik Yönetimi)
HWP	: Hands/Wrist Posture (Eller/Bilek Duruşu)
IE	: Intensity of Exertion (Çabanın Şiddeti)
IQR	: Inter Quartile Range (Çeyrekler Arası Uzaklık)
JSI	: Job Strain Index (İşte Zorlanma İndeksi)
KKS	: Kas Kullanım Skoru
LC	: Load Constant (Yük Sabiti)
L-D	: Longitudinal (Alttan Üste Doğru)
LI	: Lifting Index (Kaldırma İndeksi)
LUBA	: Loading on the Upper Body Assessment (Üst Vücuttaki Yüklenmenin Değerlendirilmesi)
MKİSR	: Mesleki Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları
M-L	: Mediolateral (Sağdan Sola Doğru)
MVC	: Maximum Voluntary Contraction (Maksimum Kas Gerilimi)
NIOSH	: National Institute of Occupational Safety and Health (Ulusal Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü)
NMQ	: Nordic Musculoskeletal Questionnaire (Nordik Kas-İskelet Anketi)
OpenCV	: Open Source Computer Vision Library (Açık Kodlu Bilgisayarlı İzleme Kütüphanesi)
OSHA	: Occupational Safety and Health Association (Mesleki Sağlık ve Güvenlik Birliği)
OWAS	: Owako Working Posture Analysis System (Owako Çalışma Duruşu Analiz Sistemi)
QECK	: Quick Exposure Check (Hızlı Maruziyet Kontrol)
PEO	: Portable Ergonomic Observation (Portatif Ergonomik Gözlem)
REBA	: Rapid Entire Body Assessment (Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme)
RPE	: Rating of Perceived Exertion (Algılanan Zorlanma Oranı)
RULA	: Rapid Upper Limb Assessment (Hızlı Üst Ekstremité Değerlendirme)
RWL	: Recommended Weight Limit (Önerilen Ağırlık Limiti)
SGK	: Sosyal Güvenlik Kurumu
SIs	: Strain Injuries (Zorlanmaya Bağlı Rahatsızlıklar)
SIs	: Sprain Injuries (Burkulmaya Bağlı Rahatsızlıklar)
SOFI	: Swedish Occupational Fatigue Inventory (İsveç Mesleki Yorgunluk Envanteri)
SS	: Standart Sapma
SSK	: Sosyal Sigortalar Kurumu
SW	: Speed of Work (İşin Hızı)
TRAC	: Task Recording and Analysis on Computer (Bilgisayar Destekli Görev Kayıt Etme ve Analiz)
V	: Vertical (Düşey)
VDT	: Visual Display Terminal (Görsel Sergileme Terminali)
VDU	: Video Display Unit (Video Sergileme Ünitesi)
VIRA	: Video Film Technique for Registration and Analysis (Kayıt ve Analiz için Video Film Tekniği)
VM	: Vertical Multiplier (Düşey Çarpan)
YS	: Yük Skoru
WRMSDs	: Work-related Musculoskeletal Disorders (İş ile İlgili Kas-İskelet Rahatsızlıkları)

RULA YÖNTEMİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME DESTEĞİ İLE GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Tez çalışması; çalışma ortamında mesleki kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının (MKİSR) ortaya çıkmasında önemli bir rol oynayan ve biyomekanik risk faktörleri kapsamına giren, “uygun olmayan çalışma duruşu” alt faktörü üzerinde odaklanmaktadır. Bu kapsamda, uygun olmayan çalışma duruşlarını analiz etmek için kullanılan yöntemler araştırılmakta ve söz konusu yöntemler arasından Hızlı Üst Ekstremitte Değerlendirme (Rapid Upper Limb Assessment-RULA) yöntemi, performansının, etkinliğinin artırılması ve gözlemci etkisinin ortadan kaldırılması gereklilikleri nedeniyle incelenmek üzere seçilmektedir.

Tez çalışmasında RULA yöntemi, gözleme dayalı uygulanmasından kaynaklanan dezavantajlarını ortadan kaldırmak ve performansını arttırmak amacıyla, görüntü işleme sistemleri ile desteklenerek yeniden tasarlanmaktadır. RULA yöntemini temel alan ve görüntü işleme desteği ile bütünleşik bir sistem haline getirilen yeni tasarım “Geliştirilmiş RULA (Advanced RULA-ARULA) Analiz Aracı” olarak adlandırılmaktadır. ARULA analiz aracının ürettiği sonuçlar, geçerlilik ve güvenilirlik açısından istatistiksel olarak test edilmektedir.

ARULA analiz aracı sayesinde, çalışma duruşlarının analizi için gereken zaman azaltılmakta, bir iş süreci içerisinde gerçekleştirilen tüm duruşların analizi mümkün hale gelmekte ve söz konusu duruşların süre, % süre, sıklık gibi sonuçlarının raporlanması sağlanmaktadır. Ayrıca en iyi gözlem süresi ve gözlem aralığı bilgilerine ulaşılması mümkün hale getirilmektedir.

ARULA analiz aracı, ürettiği güvenilir analiz sonuçları, kullanıcıya sağladığı gözlem kolaylığı, hızlı raporlama sistemleri ve kolay anlaşılabilir ara yüzü ile üst ekstremitedeki zorlanmaların analiz edilmek istendiği farklı işlerde kullanılmak üzere önerilebilecek bir yöntem olarak sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çalışma Duruşu, Fiziksel Zorlanma, Hızlı Üst Ekstremitte Değerlendirme Yöntemi, Mesleki Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıkları.

IMPROVEMENT OF RULA METHOD WITH THE HELP OF IMAGE PROCESSING

ABSTRACT

This thesis focuses on the “awkward working posture” subfactor which is within the scope of biomechanic risk factors, and which plays an important role in the emergence of occupational musculoskeletal disorders in working environments. In this context, methods utilized to analyse awkward working postures were investigated and among these methods, Rapid Upper Limb Assessment Method (RULA) was chosen with the objective of enhancing its performance and effectiveness and eliminating the observer effect.

RULA method is redesigned with the help of image processing with the purpose of eliminating the disadvantages of this method itself, resulting from its observational nature. This new design which is based on RULA method and integrated with a computer aided system is named as “The Advanced RULA- ARULA”.

With the help of ARULA Method, time needed to analyse working postures is diminished, analysis of all the postures within a working process is possible and realization of the results of these postures in terms of duration, % duration, frequency is achieved. Additionally best observation duration and observation interval information can be obtained.

ARULA analysis tool is presented as a method, that can be proposed for various tasks comprising analysis of upper body strain, with its comprehensible user interface, rapid reporting systems, reliable analysis results and observation capabilities provided to the user.

Keywords: Working Posture, Physical Strain, Rapid Upper Limb Assessment Method, Occupational Musculoskeletal System Disorder.

GİRİŞ

Mesleki kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları (MKİSR), ülke ve işletme ekonomisine büyük maddi ve manevi yükler getiren, gelişmiş ülkelerde yaygın bir şekilde görülmekle birlikte, gelişmekte olan ülkelerde de yaşanma sıklığı her geçen gün artan rahatsızlıklardır. Ayrıca söz konusu rahatsızlıklar, kalitede düşüş, verimlilik kaybı ve çalışanların moralinde azalma gibi bir takım olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir.

MKİSR'na yol açan risk faktörleri; kişisel, psikososyal, biyomekanik ve çevresel risk faktörleri olmak üzere dört ana gruba ayrılmaktadır. Bununla birlikte; biyomekanik risk faktörleri, iş ortamında daha fazla maruz kalınması nedeni ile MKİSR'nın ortaya çıkmasında en önemli rolü oynamaktadır.

Tez çalışması kapsamında, MKİSR'na sebep olan dört ana faktör grubu alt faktörleriyle birlikte incelenmekte, tez konusu açısından önem arz etmesi nedeniyle biyomekanik risk faktörleri grubunda yer alan çalışma duruşu alt faktörü daha detaylı bir şekilde değerlendirilmektedir.

Çalışma duruşu; başın, gövdenin, kol ve bacakların yapılan işe ve işin özelliklerine göre hizalanması şeklinde tanımlanmaktadır [1]. İş ortamının ergonomik prensiplere uyulmadan gerçekleştirilen tasarımı nedeniyle çalışanlar, uygun olmayan çalışma duruşları sergilemek zorunda kalmaktadır.

Literatürde, iş ortamında sergilenen çalışma duruşlarını analiz etmek için kullanılan birçok yöntem mevcuttur. Söz konusu yöntemler, gözleme dayalı yöntemlerden bilgisayar destekli yöntemlere kadar geniş bir yelpaze içerisinde yer almaktadır. Tez çalışması kapsamında, literatürde en fazla kullanılan çalışma duruşu analiz yöntemleri incelenmekte; ilgili yöntemler arasından Hızlı Üst Ekstremité Değerlendirme Yöntemine (Rapid Upper Limb Assessment-RULA), tez çalışmasında geliştirilmek üzere seçildiği için, detaylı bir şekilde yer verilmektedir.

RULA, sergilenen çalışma duruşlarını belirli tehlike seviyelerine göre sınıflandıran ve matrislerle çalışan, gözleme dayalı bir yöntemdir. RULA yöntemi ile bir çalışma duruşu analiz edilirken; boyun, gövde ve kollardan oluşan üst ekstremitelere dikkate alınmakta ve bacak duruşları için de genel bir değerlendirme yapılmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında; RULA yönteminin performansını, ürettiği sonuçların güvenilirlik ve geçerliliğini arttırmak ve yöntemi gözlemciden bağımsız hale getirmek, amacıyla, RULA yöntemini temel alan görüntü işleme destekli bir analiz aracı geliştirilmiştir. Geliştirilen görüntü işleme destekli RULA yöntemine ARULA (Advanced RULA- Geliştirilmiş RULA) Analiz Aracı adı verilmiştir.

ARULA analiz aracı ile gözlemciye bağımlılık ortadan kaldırılmış, RULA yönteminin ürettiği sonuçların güvenilirlik ve geçerliliğinde artış sağlanmış, çalışma duruşlarının analizi için gereken zaman azaltılmış, bir iş süreci içerisinde gerçekleştirilen bütün duruşların analizi mümkün hale getirilmiş, söz konusu duruşların süre, % süre, sıklık gibi sonuçlarının raporlanması gerçekleştirilmiş, en iyi gözlem süresi ve gözlem aralığı bilgilerine ilişkin çalışmaların yapılması sağlanmıştır.

Kullanıcıya sağladığı analiz kolaylığı, hızlı raporlama sistemleri ve kolay anlaşılabilir ara yüzü ile ARULA analiz aracı, farklı işlerde üst ekstremitedeki zorlanmaları analiz etmek üzere önerilmektedir.

Bu kapsamda yapılan tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. “MKİSR ve Ergonomi” olarak isimlendirilen ilk bölümde, MKİSR’na ilişkin genel bilgiler verilmekte; söz konusu rahatsızlıklara ait istatistiklerden ve risk faktörlerinden bahsedilmektedir. Aynı bölümde, çalışma duruşu analiz yöntemlerine değinilmekte ve RULA yöntemi ayrıntılı bir şekilde yer sunulmaktadır.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde konu ile ilgili detaylı ve güncel bir literatür araştırması yer almaktadır.

ARULA Analiz Aracının tanıtılmasını amaçlayan üçüncü bölümde; ARULA analiz aracının işleyişi ve yöntemde kullanılan görüntü işleme algoritmaları sunulmaktadır.

Tez çalışmasının dördüncü bölümü olan “ARULA Analiz Aracının Ürettiği Sonuçların Değerlendirilmesi” bölümünde ise; ARULA analiz aracının güvenilirliği ve geçerliliği test edilmektedir. Bununla birlikte; RULA yöntemi kullanılarak bilgisayara veri giriş işi analiz edilmekte ve söz konusu analizlerde gözlemciler arası geçerlilik gösterilmektedir. Ayrıca, aynı çalışma duruşları için, ARULA analiz aracıyla ve RULA yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılmaktadır. Aynı bölümde, örnek bir iş üzerinden en iyi gözlem süresi ve gözlem aralığı bilgilerinin elde edilmesine yönelik bir çalışma da yer almaktadır.

Tez çalışmasının beşinci ve son bölümünde ise; literatürde RULA yöntemi ile ilgili yapılan değerlendirmeler eleştirel bir bakış açısıyla yorumlanmakta ve ARULA analiz aracının geliştirilmesi ile elde edilen sonuçlara ilişkin değerlendirmelere yer verilmektedir. Ayrıca aynı bölümde, ARULA analiz aracının geliştirilmesine yönelik gelecek çalışmalarda üzerinde durulabilecek hususlara da değinilmektedir.

1. MESLEKİ KAS-İSKELET SİSTEMİ RAHATSIZLIKLARI (MKİSR) VE ERGONOMİ

MKİSR; kaslarda, tendonlarda, sinirlerde, kıkırdaklarda, bağ dokularında, eklem yerlerinde ve disklerde (omurga) meydana gelen rahatsızlıklardır [2].

MKİSR'nın "mesleki" olarak ifade edilmesinin nedeni, bu rahatsızlıkların kişinin mesleğini icra ederken oluşması ya da mesleği nedeniyle önceden var olan rahatsızlık durumunun daha da kötüleşmesidir.

MKİSR literatürde;

- Tekrarlı Zorlanma Rahatsızlıkları (Repetitive Strain Injuries (RSIs)),
- Kümülatif Travmaya Bağlı Rahatsızlıklar (Cumulative Trauma Disorders (CTDs)),
- Kümülatif Kas-İskelet Rahatsızlıkları (Cumulative Musculoskeletal Disorders (CMSDs)),
- Mesleki Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıkları (Work-Related Musculoskeletal Disorders (WRMSDs)),
- Zorlanmaya Bağlı Rahatsızlıklar (Strain Injuries (SIs)),
- Burkulmaya Bağlı Rahatsızlıklar (Sprain Injuries (SIs)) başlıkları altında yer almaktadır.

MKİSR çalışana sağlık yönünden ve maddi yönden ciddi kayıplar verdirmekle birlikte işletme ve ülke ekonomisine de büyük zararlar vermektedir. Çalışanların işe devam edememelerine sebep olmanın yanı sıra; uzun dönemli yeti kayıplarına yol açmakta ve çalışanların hayatlarını idame ettirmelerini zorlaştırmaktadır.

MKİSR'nın farklı ülkelerdeki yaşanma sıklıklarına ve beraberlerinde getirdikleri maliyetlere ilişkin çeşitli örnekler aşağıda yer almaktadır:

Hollanda'da MKİSR nedeni ile alınan izinler, işle ilgili alınan rahatsızlık izinlerinin % 46'sına karşılık gelmektedir. MKİSR nedeni ile alınan izinlerin toplam maliyeti,

bir yıldan az süren izinler için 1995 yılında 2.019 Hollanda Guldeni olarak hesaplanmıştır [3].

ABD’de her yıl çalışanların yarısında bel ağrısının ortaya çıktığı belirtilmektedir [4]. İş kazası-meslek hastalıkları nedeniyle oluşan iş günü kaybının üçte birinin bu grup hastalıklar nedeni ile oluştuğu değerlendirilmektedir [5]. 1992 yılında meslek hastalıkları ve iş kazalarının toplam maliyetinin 171 milyar ABD Doları iken; bunun 49 milyar ABD Dolarının bel ağrısı nedeniyle oluştuğu bilinmektedir [6].

Avrupa Birliği MKİSR Raporu’na göre; İspanya’da MKİSR’nın tüm meslek hastalıklarının içinde 1988 yılında % 30,1, 1997 yılında % 75,8’lik bir orana sahip olduğu belirtilmiştir. Lüksemburg’da ise MKİSR’nın; tüm meslek hastalıklarının % 30’luk kısmına karşılık geldiği belirtilmiştir [7].

Danimarka’da 1998 yılında 4000 farklı MKİSR, meslek hastalığı olarak bildirilmiştir. İsveç’te, 1998 yılında yapılan bir çalışmaya göre, MKİSR nedeniyle, kadınlarda kişi başına ortalama 106 gün işe gelememe, erkeklerde ortalama 103 gün işe gelememe durumu söz konusu olmuştur [7].

Birleşmiş Milletlerde, 30-50 yaş grubundaki nüfusta yeti kaybı ile sonuçlanan bel rahatsızlıklarının, en fazla maliyeti olan sağlık sorunu olduğu değerlendirilmektedir. 1995’te tüm çalışanlara ödenen tazminatların % 23’ünü (8.8 milyar dolar) bel ağrısı şikâyetleri oluşturmuştur. Yine 1998’de 279.507 adet aşırı zorlanmaya bağlı iş günü kaybıyla sonuçlanan bel rahatsızlığı rapor edilmiştir [8].

Amerika’daki Mesleki Güvenlik ve Sağlık Birliği (Occupational Safety and Health Association-OSHA)’nin 1999 yılındaki verilerine göre fiziksel olarak yapılan işler nedeniyle kaslarda, eklemlerde ve kemiklerde meydana gelen rahatsızlıklar, tüm raporlanan mesleki rahatsızlıkların % 34’ünü oluşturmaktadır. Bu tür rahatsızlıkların işverene maliyeti ise 15–20 milyar dolar arasında olmaktadır [9].

2001 yılında Birleşmiş Milletler’de Ulusal Tıp Araştırma Konseyi (National Medical Research Consey) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, tazminat ödemeleriyle sonuçlanan rahatsızlıkların % 40’ını MKİSR’nın oluşturduğu ve ülkeye maliyetinin yıllık 54 milyar dolar olduğu belirtilmektedir [10].

Kanada'da İş Yeri Emniyet ve Güvenlik Komitesi'nin (Workplace Safety and Insurance Board) 2003 yılında yaptığı çalışmaya göre; rapor edilen 41.670 adet MKİSR'nın % 10'unun iş günü kaybıyla sonuçlandığı belirtilmiştir. Yine, Kanada Sağlık Araştırmaları Komitesi'nin (Canadian Community Health Survey) yaptığı bir çalışmaya göre 2000-2001 yılları arasında her 10 yetişkinden birinde fiziksel aktiviteleri engelleyici tekrarlı zorlanmaya bağlı rahatsızlıklar görülmektedir [11].

İngiltere'de, Sağlık ve Güvenlik Yönetimi (Health and Safety Executive-HSE) ve Washington Eyaleti Çalışma ve Endüstri Departmanı (Washington State Department of Labor and Industries) tarafından hazırlanan raporlarda (Safety and Health Assessment and Research for Prevention, SHARP-2005), sanayide çalışanların % 50'sinden fazlasının kas iskelet sistemi rahatsızlığına sahip olduğu bildirilmiştir [12].

İngiltere'de her yıl MKİSR nedeniyle yaklaşık 10 milyon iş günü kaybedilmektedir. Bunların yaklaşık 5 milyonu sırt şikâyetleri, 4 milyondan fazlası boyun ve kollarla ilgili şikâyetler ve 2 milyondan fazlası ise; bacaklarda görülen şikâyetler nedeniyle kaybedilmektedir [3].

İngiltere'de, MKİSR'nın tıbbi maliyetinin 84 milyon ile 254 milyon sterlin arasında olduğu tahmin edilmektedir. Mesleki sırt problemlerinin maliyetinin 43 milyon ile 127 milyon sterlin arasında, kollarda ve boyunda görülen rahatsızlıkların maliyetinin 32 milyon ile 104 milyon sterlin arasında ve alt ekstremitede görülen MKİSR'nın maliyetinin ise; 17 milyon ile 55 milyon sterlin arasında olduğu düşünülmektedir. İngiltere'nin tahminlerine göre, boyun ve üst ekstremitede görülen MKİSR'nın işletmelere doğrudan ve dolaylı maliyeti, rahatsızlanan çalışan başına 5.251 sterlindir. Bunun yanında; işle ilgili bir rahatsızlık nedeniyle çalışmayı bırakmak zorunda kalan her çalışan, emeklilik yaşı gelmeden ortalama 51,000 sterlin kaybetmektedir [3].

İsveç'te erken ve malulen emeklilik nedenlerinin % 25'inin bel rahatsızlıkları nedeniyle ortaya çıktığı belirtilmektedir [13].

Ülkemizde ise; 2005 yılındaki SSK (Sosyal Sigortalar Kurumu) istatistiklerine göre; bildirilen toplam meslek hastalığı sayısı 519'dur. Titreşim sonucu oluşan kemik-eğim zararları ve anjöratik bozuklukların sayısı iki olgudur. Maden ocakları vb.

yerlerdeki menüsküs rahatsızlıkları bir olgu olarak bildirilmiştir [7]. 2011 yılında ise SGK (Sosyal Güvenlik Kurumu) tarafından; 69 bin 227 iş kazasının ve 697 meslek hastalığının yaşandığı belirtilmiştir. Ancak, meslek hastalıkları kapsamında MKİSR ayrı bir kalem olarak belirtilmemiştir [14]. 2012 yılına ilişkin istatistiklerin ise; 2013 yılı sonu itibariyle yayınlanacağı bildirilmiştir [14]. Bu bilgilerden hareketle; ülkemizde MKİSR'na ilişkin tam ve sağlam kayıtların bulunmadığı görülmektedir.

Teknolojik ilerlemelere karşın, MKİSR ile ilgili bu rakamlar, konunun ne kadar ciddi boyutlarda olduğunu açıkça göstermektedir. Birçok ülkede MKİSR'nın önlenmesi ulusal öncelik olarak göz önüne alınmaktadır [15].

MKİSR'nın yaşanma sıklığı ve beraberinde getirdiği maliyetler göz önüne alındığı zaman, gerçekleştirilen tez çalışmasının sadece teorik bir çalışma olmadığı, çalışma hayatı ve ülke ekonomisi için de katkı sağlayacak bir çalışma olduğu değerlendirilmektedir.

MKİSR üzerinde ergonomik faktörlerin etkisi büyüktür. Ergonomi, işleri ve görevleri bunları yerine getiren işgücüyle uyumlu hale getirmeye odaklanan bir bilim dalıdır. Ergonomi bilimi, işgücünün bilgi düzeyini fiziksel niteliklerini ve kabiliyetlerini girdi olarak kullanmaktadır. Amaç, bu girdileri kullanarak, sağlık koşullarına uygun, güvenli, fonksiyonel bir çalışma alanı yaratmaktır.

Resmi bir dal olarak ergonominin geçmişi yaklaşık 50 yıl öncesine dayanmasına rağmen; çalışma ortamı ile işgücü arasındaki etkileşimin gözlemlenmesi birkaç yüzyıl öncesine dayanmaktadır. Ergonomik faktörlerin işgücü sağlığı üzerindeki etkilerinin ortaya çıkarılmasında diğer araştırmacılar tarafından da kabul edildiği gibi; bir fizikçi olan Bernardino Ramazzini'nin önemli katkıları olmuştur. Modenada'da 1700 yılında ilk baskısı yapılan "De Morbis Artifum Diatriba (Diseases of Workers-İşgücü Hastalıkları)" eserinde işgücünün yaşadığı rahatsızlıklar üzerinde işin etkisini anlatmıştır [16].

Ramazzini, MKİSR'nın, düzensiz hareketlerden ve işgücünün uzun süreli duruşlarından kaynaklandığını gözlemiştir. Ramazzini, MKİSR'na yol açan faktörlerin değerlendirilmesine ilişkin bir yaklaşım oluşturulmasına rağmen; çalışma duruşu, tekrarlı hareketler, ağır yüklerin kaldırılması, kas sistemine aşırı

yüklenilmesi ve önceden yaşanılmış ya da mevcut olan rahatsızlıklarla MKİSR arasında bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, uygun olmayan duruşlar ve biyomekanik yüklenmelerle ilgili önleyici ölçümlerin yapılması gerektiğini de belirtmiştir [16].

Kas ve iskelet sistemi sendromları; eğilme, doğrulma, tutma, kavrama, bükme ve uzanma gibi sıradan vücut hareketleri nedeniyle oluşmaktadır. Söz konusu hareketler, günlük yaşamda zararlı değildir. Bu hareketleri zararlı yapan; iş yaşamındaki sürekli tekrarlar, güç gerektiren davranışlar ve hızlı uygulamalardır. Kas ve iskelet sistemi sendromları anında gelişen rahatsızlıklar değil; derece derece, yavaş yavaş gelişen travmalardır [2].

MKİSR, işgücünün fiziksel yetenekleri ile işin fiziksel gereklerinin uyuşmadığı durumlarda ortaya çıkmaktadır.

Ancak birçok MKİSR'nın kişinin mesleği dışında geliştiği de bir gerçektir. Söz konusu rahatsızlıklar, sosyal yaşamda gerçekleştirilen hareketler sonucu da oluşabilmektedir. Bunun ayrımının dikkatli bir şekilde yapılması gerekmektedir.

MKİSR açısından yüksek risk taşıyan endüstriler; sağlık endüstrisi (hemşirelik, hasta bakıcılık), maden endüstrisi, gıda endüstrisi, deri endüstrisi, ağır ve hafif malzeme imalat (araçlar, mobilya, elektrik-elektronik, tekstil, ayakkabı vs.) endüstrisi olarak sıralanabilmektedir [17].

MKİSR'nın ortaya çıkmasına yol açan risk faktörleri araştırıldığında dört temel faktör grubu ile karşılaşmaktadır:

- Biyomekanik risk faktörleri,
- Psikososyal risk faktörleri,
- Kişisel risk faktörleri,
- Çevresel risk faktörleri.

Risk faktörlerine ilişkin detaylı bilgilere ilerleyen bölümlerde (Bölüm 1.1) yer verilmektedir.

MKİSR'ndan korunabilmek için en başta yönetimin bu konuda duyarlı olması gerekmektedir. Çünkü ergonomik bir tasarım beraberinde bazı maliyetleri de getirecektir. Yönetim, oluşan yaralanma ve rahatsızlanmalarla katlandığı maliyetle, ergonomik tedbirlere ayıracağı maliyeti karşılaştırarak karar vermelidir. Ancak şu nokta göz ardı edilmemelidir ki, ergonomik tedbirlere yatırım geleceğe yatırımdır. Aksi takdirde katlanılacak maliyetler zaman içinde önleyici yatırımların maliyetinden daha fazla olacaktır.

SLEATOR vd. (1998)'ne göre yaygın olarak görülen MKİSR Tablo 1.1'de yer almaktadır [18].

Tablo 1.1. Yaygın olarak görülen MKİSR [18]

Tıbbi durum	Semptomlar	Rahatsızlığa Neden Olan Faktörler
Bursit (Bursistis) Deri ile kemik arasında ya da kemik ile tendonlar arasında bulunan yumuşak destek dokularının (bursa) iltihaplanmasıdır. Söz konusu rahatsızlık dirsekte oluşabilmektedir.	Rahatsızlığın olduğu alanda ağrı ve şişme şeklinde belirtiler oluşabilmektedir.	Dirsekteki mekanik baskı, tekrarlayan omuz hareketleri bursite neden olabilmektedir. Montaj hattında çalışanlarda yaygın olarak görülmektedir.
Karpal Tünel Sendromu (Carpal Tunnel Syndrom) Bilekten geçen sinirlerde sıkışma oluşmasıdır.	Özellikle geceleri başparmakta ve diğer parmaklarda uyuşma, karıncalanma, ağrı, hissizlik meydana getirebilmektedir.	Bilek bükülmüş pozisyonda tekrarlı olarak çalışmak, titreşimli aletleri kullanmak bu rahatsızlığa yol açabilmektedir. Bazen Tenosinovit rahatsızlığı sonrasında da oluşabilmektedir.
Selülit (Cellulitis) Avuç içinin tekrarlı zedelenmesi sonucu oluşan enfeksiyon, cilt altı hücrelerde meydana gelen enflamasyon olarak tanımlanmaktadır.	Avuç içinde ağrı ve şişme şeklinde ortaya çıkabilmektedir.	Darbeli araçlar kullanmak, (çekiç, kürek gibi) bu rahatsızlığa yol açabilmektedir.
Epikondilit (Epcondylitis) Kemik ve tendonların birleştiği yerlerde iltihaplanma meydana gelmesidir. Dirsekte aynı rahatsızlık oluşursa tenisçi dirseği olarak adlandırılmaktadır.	Rahatsızlığın olduğu yerde ağrı ve şişme meydana gelmektedir.	Marangozluk, sıvacılık gibi kuvvet gerektiren işlerde yapılan tekrarlı hareketler bu rahatsızlığa yol açabilmektedir.
Gangliyon (Ganglion) Eklemlerde ya da tendon kılıflarında kist oluşmasıyla ortaya çıkmaktadır. Genelde elin arkasında veya bileğin arkasında oluşmaktadır.	Küçük, belirli bir alanda oluşan şişme şeklindedir ve genelde ağrısızdır.	Tekrarlı el hareketleri sonucu oluşmaktadır.
Osteoartrit (Osteo-arthritis) Eklemlerde, kemiklerin yüzeyinde oluşan iltihaplanmadır.	Omurgada, boyunda ve diğer eklemlerde sertlik, acı şeklinde ortaya çıkabilmektedir.	Omurganın ve diğer eklemlerin uzun süreli yüklenmesi sonucu oluşabilmektedir.
Tendinit (Tendinitis) Tendonların iltihaplanması olarak ifade edilmektedir.	Elde, bilekte ve/veya üst kolda, kızarıklık, hassasiyet, ağrı, şişme, eli kullanırken zorlanma olarak belirti verebilmektedir.	Tekrarlayan hareketler bu rahatsızlığa yol açabilmektedir.
Tenosinovit (Tenosynovitis) Tendonlarda ve tendon kılıflarında oluşan iltihaplanma olarak ifade edilmektedir.	Acı, şişme, aşırı ağrı, eli kullanırken zorlanma, hassasiyet gibi belirtiler oluşabilmektedir.	Tekrarlayan hareketler, iş yükündeki ani artış nedeniyle oluşabilmektedir.

Tablo 1.1. (Devam). Yaygın olarak görülen MKİSR [18]

Tıbbi durum	Semptomlar	Rahatsızlığa Neden Olan Faktörler
Boyunda ya da omuzda baskı (Tension of the neck or shoulder)	Boyunda ya da omuzlarda lokal ağrı ile ortaya çıkmaktadır.	Sürekli aynı pozisyonda çalışmak nedeniyle oluşabilmektedir.
Boyunda, omuz kaslarında ve tendonlarda iltihaplanma olarak tanımlanmaktadır.		
Tetik parmak (Trigger finger)	Rahatça parmakları hareket ettirememek, hareket edince ağrı oluşması, bükülmüş pozisyonda parmakların kitlenmesi gibi belirtilerle ortaya çıkabilmektedir.	Tekrarlayan hareketler (uzun süre, tekrarlı olarak çok sert bir şekilde bir objeyi sıkmak) bu rahatsızlığa yol açabilmektedir.
Parmaklardaki tendonlarda veya tendon kılıflarındaki iltihaplanma olarak tanımlanmaktadır.		

MKİSR kapsamında, el parmaklarının kan damarlarında yaşanan rahatsızlıklar da dikkate alınmaktadır [18]. Söz konusu rahatsızlıklar Tablo 1.2.'de yer almaktadır.

Tablo 1.2. Parmaklarda yaşanabilecek rahatsızlık ve sebepleri [18]

Tıbbi durum	Semptomlar	Rahatsızlığa Neden Olan Faktörler
Beyaz parmak titreşimi (Vibration white finger)	Genelde soğuk havalarda oluşmaktadır. Hissizlik, karıncalanma, yetiyi kaybetme gibi belirtilerle ortaya çıkabilmektedir.	Titreşimli el aletlerini kullanmak, (çelik testere, pinömatik çekiçler, dönen aletler gibi) bu rahatsızlığa yol açabilmektedir.
Ön kolda ve parmaklardaki vasküler kasılmalar ve nörolojik değişimler, el-kol titreşim sendromu olarak bilinmektedir		

1.1. MKİSR'na Yol Açan Risk Faktörleri

Son yıllarda MKİSR'nın nedenlerini bulma ve bunlara karşı koruyucu önlemlerin geliştirilmesi yönünde artan çabalar görülmektedir. Bu amaçla çalışanları, işverenleri ve sigorta sistemlerini anlamak, iş çevresi ve hastalık gelişimine ait faktörleri saptamak, çalışmama ve üretimde azalma riskini değerlendirmek gerekmektedir [19].

MKİSR'nın ortaya çıkmasına yol açan risk faktörlerine değinmeden önce “tehlikeli iş” kavramı üzerinde durmak gerekmektedir. Çünkü MKİSR'larının temelde yatan sebepleri bu tür işlerden kaynaklanmaktadır.

Tehlikeli iş kategorisine giren işler literatürde “manuel malzeme işleme görevleri (manual material handling tasks)” olarak ifade edilmektedir. Söz konusu işler, çalışanın bir objeyi, bir yerden bir yere hareket ettirmek için, kaldırma, indirme, taşıma, itme ve çekme görevlerini manuel olarak gerçekleştirdiği işler olarak tanımlanmaktadır [20]. Söz konusu işlerde fiziksel güç dışında, sadece basit el aletleri kullanılmaktadır.

Ancak, her tehlikeli iş, kas-iskelet sağlığı açısından zararlı olmayabilmektedir. Yine de, bu tür işler üzerinde daha fazla değerlendirme yapmak gerekmektedir.

MKİSR'nın oluşumunda etkili olan faktörler çok yönlü olmasına rağmen, söz konusu risk faktörlerinin türü, faktörlere maruz kalma seviyesi, bireysel özellikler ve iş gerekleri, risk faktörlerinin yarattıkları etkinin seviyesini değiştirmektedir [21].

MKİSR'na yol açan risk faktörleri, toplu halde aşağıda Tablo 1.3'de yer almaktadır.

Tablo 1.3. MKİSR’na yol açan risk faktörleri

Biyomekanik Risk Faktörleri	Kişisel Risk Faktörleri	Psikososyal Risk Faktörleri	Çevresel Risk Faktörleri
Fazla Kuvvet Gerektiren İşler	Geçmişte Yaşanan Rahatsızlıklar	Aşırı İş Yükü	Atmosfer Koşulları
Uygun Olmayan Çalışma Duruşları	Obezite	Yetersiz Kontrol	Titreşim
Tekrar	Cinsiyet	Sosyal Destek Eksikliği	Aydınlatma
Statik Çalışma	Yaş	Stres	-
Mekanik Temastan Doğan Baskılar	Fiziksel Kondisyon Yetersizliği	Kişisel Duyarlılık	-
-	Sigara Alışkanlığı	Düzensiz ve Yetersiz Molalar	-
-	-	İş Gereklere, Kazançları, Gizliliği	-
-	-	Bilgi Eksikliği	-
-	-	Emsal Baskısı	-
-	-	Boyun Eğme Kültürü	-

Aşağıda söz konusu faktörler, alt faktörleriyle birlikte ayrıntılı olarak incelenmektedir.

1.1.1. Biyomekanik risk faktörleri

Biyomekanik risk faktörleri, MKİSR’na yol açan en önemli faktör grubudur. Biyomekanik risk faktörlerine maruz kalan işgücünde, söz konusu maruziyetin etkilerini ölçmek ve sonuçlarını değerlendirmek diğer faktörlere göre daha kolay olmaktadır.

1.1.1.1. Fazla kuvvet gerektiren işler

Fazla kuvvet gerektiren işlere değinmeden önce üç kavram üzerinde durmak gerekmektedir. Söz konusu kavramlardan birincisi “kuvvet”, ikincisi “güç”, üçüncüsü ise; “yorgunluk” tur.

Kuvvet, kişinin bir objeyi kaldırması, bir aleti kullanması ya da hareket ettirmesi için gereken güç miktarıdır. İşi yapmak için ihtiyaç duyduğumuz kuvvet, objenin ağırlığına ve hangi vücut kısmı ile ilgili olduğuna bağlıdır.

Güç ise; kaslar tarafından üretilen gerilimin tendonlar vasıtasıyla iletilmesidir. Güç, herhangi bir kasa uygulanan kuvvetin büyüklüğünü belirtmektedir.

Fiziksel zorlanma da, kuvvet terimi ile ilişkilendirilerek açıklanabilmektedir.

Wastgard ve Winkel (1997) fiziksel zorlanmayı, yapılan işin gereklerini, tekrar miktarını, işin yapıldığı süreyi karşılamak için üretilen mekanik kuvvet olarak tanımlamaktadır [22].

Yorgunluk ise; yapılan işe bağlı olmakla birlikte; bir yük ile çalışılıyorsa; yükün özelliklerine de bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

İşgücü tarafından gerçekleştirilen işler, kişisel kuvvet veya dayanım sınırlarını aşıyorsa; (kişi aktiviteyi gerçekleştirirken zorlanıyorsa) ortaya çıkan durum “yorgunluk” olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda, aşağıda yüklerle ilgili dikkat edilmesi gereken hususlara yer verilmiştir.

Büyük hacimli bir yükü kaldırma ve taşımamanın temel kuralı; cismi vücuda mümkün olduğunca yakın tutmaktır [23].

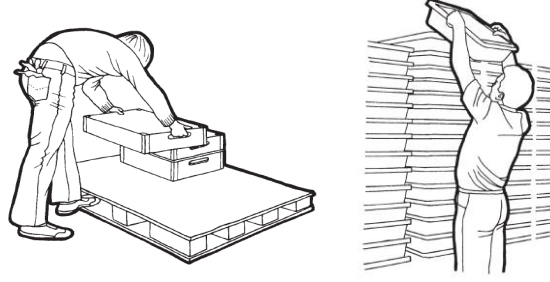
Kavraması zor olan yük-yükler ani hareketlere neden olabilmektedir. Yükler kulplu düzeneklerle kavranarak ya da kavrama için yardım alınarak; çalışanın üzerine düşen ağırlık azaltılmalıdır [23].

Dengede olmayan yüklerin ağırlık merkezini vücudun ortasında tutmak zordur. Bu durum, kasların düzensiz kasılmasına ve yorgunluğa neden olmaktadır [23].

Yapılan araştırmalarda, günde bir kere, ağırlığı 75 pounddan (1 pound-lbs= 0,45 kg.) fazla olan bir yükü kaldırmanın veya 55 pounddan fazla olan bir yükü günde 10 defadan fazla kaldırmanın çalışan açısından zararlı olabileceği belirtilmiştir [24].

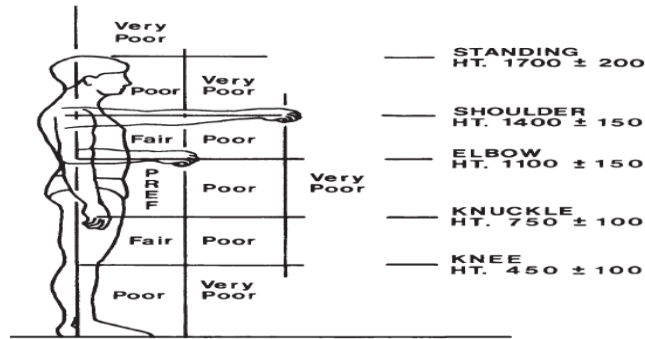
Bununla birlikte, dakikada iki defadan fazla 10 poundluk bir yükü kaldırmanın veya bu işlemi günde iki saatten fazla gerçekleştirmenin de, yine çalışan için olumsuz etkiler yaratabileceği belirtilmiştir [24].

Ayrıca, 25 pounddan fazla ağırlığı olan bir objeyi omuzların üstüne, dizlerin altına ya da omuz hizasına günde 25 defadan fazla kaldırmanın kas-iskelet sağlığı açısından istenmeyen bir durum olduğu belirtilmektedir [24]. Bu kapsamda, Şekil 1.1.'de zararlı kaldırma şekilleri görülmektedir.



Şekil 1.1. Zararlı kaldırma şekilleri [25]

Şekil 1.2’de ise; kaldırma işleri için optimum yükseklikler yer almaktadır.



Şekil 1.2. Kaldırma işleri için yükseklikler [25]

Ağır yüklerin elle taşınması sırasında düşme gibi tehlikeli durumların ortaya çıkma ihtimali mevcuttur. Bu durum da, sakatlanmalara neden olabilmektedir. Bununla birlikte, hafif yüklerin uzun süreler boyunca taşınması da yorgunluğa neden olmaktadır. Söz konusu yük, uzun süreler boyunca taşındığı zaman, çalışan üzerindeki etkisi ağır bir yük ile aynı olmaktadır [23].

Bununla birlikte, çalışma ortamında gerçekleştirilen itme-çekme işlemleri de tehlikeli olabilmektedir. Çalışanlar farklı itme ve çekme tekniklerini birçok aktiviteyi gerçekleştirirken kullanmaktadır. Genelde ekstremitelerin çıkması ve kırılması itme ve çekme hareketleri sonucu oluşmaktadır. Özellikle ellerde, parmaklarda ya da alt bacaklarda meydana gelen rahatsızlıklara itme-çekme işleri yol açabilmektedir [23].

Yatay-düşey itme ve çekme işlemleri için harcanması gereken kuvvet limitleri Tablo 1.4 ve 1.5’de yer almaktadır: Tablo 1.4. ve 1.5’de yer alan pozisyonların söz konusu olduğu işlerde, uygulanan kuvvet azaldıkça işlerin daha güvenli bir şekilde yapılması sağlanmaktadır.

Tablo 1.4. Yatay itme-çekme işlemleri için önerilen limitler [26]

Durum	Aşılması Gereken Kuvvet Seviyesi (Newton cinsinden) (lbf, kgf)	Örnek Aktiviteler
A. Ayakta 1. Bütün vücudu içermek üzere	225 N (50 lbf ya da 23 kgf)	Yük arabası ya da el arabası kullanmak, ekipmanları bir makara yardımı ile taşımak, ruloları raflara doğru kaydırmak.
2. Kollar tamamıyla uzanmış duruşta omuz ve kol kasları	110 N (25 lbf ya da 11 kgf)	Bir objeyi hareket ettirmek için bir engel üzerinden uzanmak, bir objeyi omuz seviyesinin üstüne ya da seviyesine itmek.
B. Çömelmek	118 N (42 lbf ya da 19 kgf)	Bakım-onarım esnasında ekipmanın bir parçasının yerini değiştirmek, tünel ya da koridor gibi sınırlı alanlarda çalışmak.
C. Oturarak	130 N (29 lbf ya da 13 kgf)	Dikey bir kolu kullanmak, konveyörün sonuna doğru bir tablayı ya da ürünü hareket ettirmek.

Not: Kuvvet birimi olarak newton (N), kilogramforce (kgf), pound force (lbf) kullanılmıştır. 10 N, yaklaşık 1 Kgf veya 2 lbf'ye eşittir. Bütün bu birimler, tabloda mevcuttur. Literatürde üç birim de kullanılmaktadır. (Newton; 1 kg.lık bir kütleyle uygulandığında kütleli saniyede 1 m. uzağa götürebilen güç olarak ifade edilmektedir.)

Tablo 1.5. Düşey itme-çekme işlemleri için önerilen limitler [26]

Durum	Newton Olarak Kuvvetin Üst Limiti (lbf, kgf)	Örnek Aktiviteler
Aşağı çekmek (Baş seviyesinin üzerinden)	540 N (120 lbf ya da 55 kgf)	Güvenlik kolu ile ya da manuel olarak kontrol işlemlerini gerçekleştirmek, kancayı kavramak.
Aşağı Çekmek (Omuz seviyesinden)	200 N (45 lbf ya da 20 kgf)	Palangayı kullanmak, 5 cm.'den daha küçük kavrama çapının olduğu durumlarda güç gerektiren kavramaları yapmak.
Yukarı Çekmek (Tabandan 25 cm yukarıya)	315 N (70 lbf veya 32 kgf)	Kablo germek, kontrol işlemlerini gerçekleştirmek.
Yukarı Çekmek (Dirsek seviyesinden)	148 N (33 lbf ya da 15 kgf)	Kapak kaldırmak, ya da kapıya ulaşmak.
Yukarı çekmek (Omuz seviyesinden)	75 N (17 lbf ya da 7.5 kgf)	Kapak kaldırmak ya da avuç içi ile yukarı kaldırmak.
Yukarı kaldırmak (Omuz seviyesinden)	200 N (45 lbf ya da 20 kgf)	Boru gibi bir objenin sonuna ulaşmak, yüksek bir rafa bir objeyi koymak.
Aşağı itmek (Dirsek seviyesinden)	290 N (64 lbf ya da 29 kgf)	Kasaları sarmak, paketlemek ya da kapatmak.

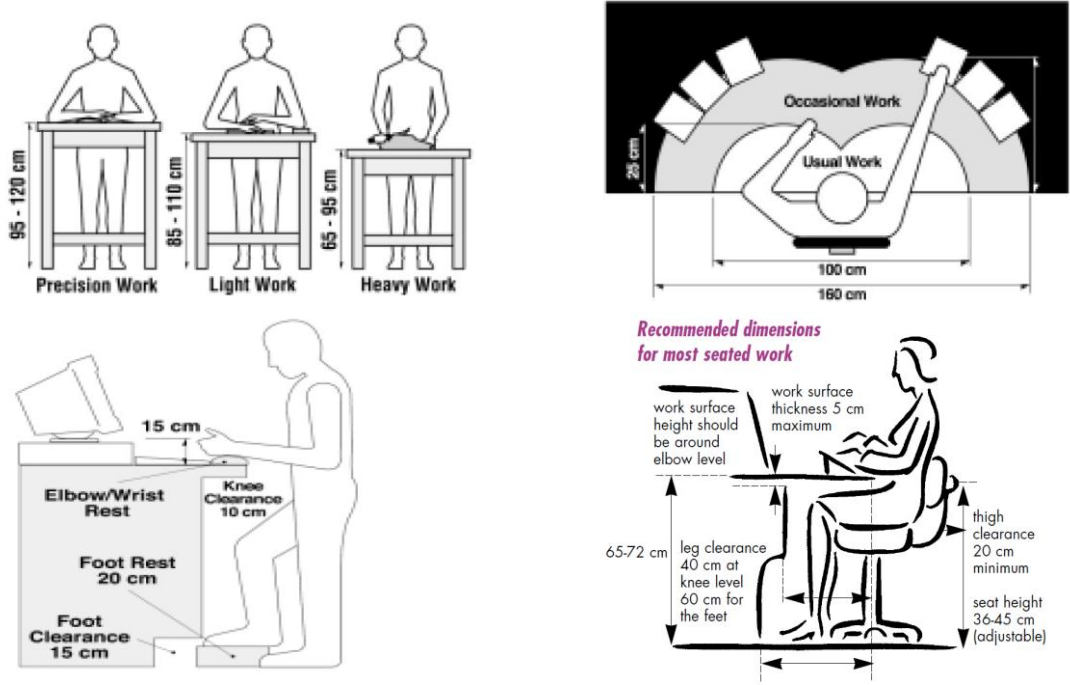
İtme işlemi, çekme işleminden daha güvenlidir. Çünkü itme işleminde sırt bölgesine daha az yük binmektedir.

Yükün özellikleri faktörünün, yapılan işte harcanan kuvveti doğrudan etkilemesiyle birlikte; çalışma alanı tasarımı da harcanan kuvvet üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Eğer çalışma alanı, çalışanların fiziksel özelliklerine uygun bir şekilde tasarlanmamışsa; kas-iskelet rahatsızlıkları oluşabilmektedir.

Farklı işler için bir iş istasyonu tasarlarlarken aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir [26].

- Çalışma yüksekliği ayarlanabilir bir iş istasyonu tasarlanmalıdır.
- Kısa boylu çalışanlar için çalışma platformları oluşturulmalıdır.
- Çalışanlara ayak destekleri sağlanmalıdır. Böylece vücudun dengesi korunmakta ve sırttaki yüklenme azaltılmaktadır.
- Ayarlanabilir yükseklikte bir iş tezgâhı kullanılmalıdır.
- İş yaparken kullanılan sandalyenin ayakta ya da oturarak işi yapmaya uygun olarak tasarlanması gerekmektedir.
- Omuz destekleri kullanılmalıdır. Bu destekler, omuz-boyun arasındaki gerilmeyi azaltmaktadır.
- Çalışanın yaptığı işe yaklaşmasını sağlayacak bir kol açıklığı bırakılmalıdır. Bu önlem, gövdenin eğilmesini engellemektedir.
- Ayakaltına destek koyulmalıdır. Böylece, vücut dengesi sağlanmakta ve çalışanın sırtına binen statik yük azalmaktadır.
- Yorgunluğu giderici minderler kullanılmalıdır. Bunlar, sırtın ve bacakların rahatsızlığını ve yorgunluğunu azaltmaktadır.
- Kol askıları kullanılmalıdır. Böylece omuz-boyun arasındaki alanda gerginlik azalmaktadır.
- Eğer mümkünse çalışana uygun eğimli bir iş istasyonu oluşturulmalıdır.
- Optimum bir konfor için, parçayı sabit tutmayı sağlayacak bağlama tertibatları ya da yardımcı ekipmanlar kullanılmalıdır.
- Aletleri kullanırken ve kumanda ederken uygulanacak kuvveti azaltmak için alet dengeleyicileri kullanılmalıdır.
- Eğer mümkünse en hafif alet seçilmelidir. Bu kapsamda, 1 kg.'dan daha hafif aletler tercih edilebilmektedir.

Şekil 1.3.'de ise yapılan işe uygun çalışma yükseklikleri ve uzanma mesafeleri yer almaktadır.



Şekil 1.3. Yapılan işe uygun çalışma yükseklikleri ve uzanma mesafeleri [27]

Çalışma alanı tasarımını değerlendirirken; çalışma alanında kullanılan ekipmanların dizaynı da göz önünde bulundurulmalıdır. Çalışma ortamında kullanılacak ekipmanlar, kullanıcının güvenliği, rahatlığı ve sağlığı açısından çok önemlidir. Ancak, ekipman çok kaliteli olsa da; çalışma alanının tasarımı kötü yapılmışsa, ekipmanın çok kaliteli olmasının önemi yoktur.

Ekipman tasarımı (ekipmanın ağırlığı, şekli, kullanıcıya uygunluğu ve yapılan işe uygunluğu), iş istasyonu tasarımı (alanı, şekli, yerleşimi), ve işin yapılış şeklinin tasarımı birbirinden daha az önemli olmayan üç konudur [26].

Ekipman tasarımında göz önüne alınması gereken kurallara aşağıda değinilmektedir [26].

El aletinin ağırlığı, 2-2,7 kg. arasında olmalıdır. Eğer alet daha ağırsa, başka bir ekipman, ağırlığı desteklemek için kullanılmalıdır. Bir el aleti, ağırlığı iki ele eşit şekilde dağılacak biçimde tasarlanmalı, dengeli bir kavrama sağlamalı, momente engel olmalı, kullanıcının aleti kontrol edebilmesi sağlanmalıdır [24].

Eğer mümkünse elektrik gücü ile çalışan aletler tercih edilmelidir. Çünkü manuel olarak çalışan el aletlerinde tekrarlı kuvvet harcanması gerekirken; elektrik gücü ile çalışan aletlerde bu durum söz konusu olmamaktadır [26].

İstisnai olarak dikkat gerektiren işler (saat yapımı, mikro cerrahi, süsleme vb.) dışında, tutamaçlar veya kulplar aleti güçlü bir şekilde kavramaya yardımcı olmalıdır. Bir görüşe göre, küçük el aletlerinin küçük, büyük el aletlerinin büyük tutamaçları olmalıdır. Ancak, söz konusu bilgi henüz doğruluğu kanıtlanmamış bir bilgidir [26].

Dikkat gerektiren hassas işlerde, el aletlerinin tutamaçları için önerilen çap kalınlığı 5 mm. ile 12 mm. arasındadır. Çok ince olan tutamaçlar avuç içinin ortasında sıkışmaya sebep olmaktadır. Tutamaç, avuç içinin enine genişliğini kaplamalıdır. Eldiven kullanılması, daha kalın tutamaçların olmasını gerektirmektedir [26].

Kerpeten, maşa gibi ezme, kesme ve kavrama vb. işleri gerçekleştiren el aletlerinde iki tutamaç arasındaki önerilen uzaklık 50 mm. veya 65 mm.'dir [26].

El aletinde iyi bir kavramayı sağlamak için; el ile tutamaç arasında sürtünme oluşmalıdır. El aletleri, iletken olmayan, kaymayan ve bastırılabilir materyallerden yapılmalıdır. Örneğin; lastik ile kaplanmış el aletleri daha iyi bir kavrama sağlamakta ve aletleri kullanmak için gereken kuvveti azaltmaktadır. Ayrıca, cilalanmış ve parlak aletler tercih edilmemelidir [26].

Elektrikle çalışan aletlerde, elektrik ve ısı izolasyonu olan aletler kullanılmalıdır. Bu kapsamda, plastik ya da kauçukla kaplanmış aletler tercih edilmelidir. Keskin köşeler veya konturler dolgu ile kaplanmalıdır [26].

Elektrikli aletlerin mandallarıyla sıkça işaret parmağı kullanılarak yapılan hareketler, (elektrikli matkapta olduğu gibi) işaret parmağında ya da başparmakta tendonitis oluşması için risk yaratmaktadır. İki ya da üç parmakla kullanılan daha uzun mandallar, yaralanma ya da rahatsızlık riskini azaltmaktadır. Mandalın önerilen minimum uzunluğu 50 mm.'dir [26].

1.1.1.2. Uygun olmayan çalışma duruşları

Duruş (posture), iş yöntemi ve iş yerinin tasarımında önemli bir etkidir. Çünkü çalışanların uzanma, tutma ve ekipman kullanma gibi yeteneklerini etkilemekte ve aynı zamanda rahatsızlık, yorgunluk ve kas-iskelet sistemi sorunları yaşamadan işlerini ne kadar uzun süre yapabileceklerini belirlemektedir.

En genel tanımıyla duruş; vücudun, başın, gövdenin, kol ve bacak üyelerinin boşluktaki konfigürasyonu veya hizalanması olarak tanımlanmaktadır [2].

Çalışma duruşu ise bu tanıma bağlı olarak; vücudun, başın, gövdenin, kol ve bacakların yapılan işe ve işin özelliklerine göre hizalanması şeklinde tanımlanabilmektedir [1].

Uygun olmayan duruş (awkward posture) ise; bedenin nötral pozisyon dışındaki duruşlarıdır. Nötral duruş; maksimum güç ve kontrolü sağlayan, her bir eklemin en uygun pozisyonda bulunduğu duruştur.

Duruş, yapılması beklenen görevden, iş istasyonu, donanım tasarımından ve işgücünün antropometrik karakteristiklerinden etkilenmektedir [28].

Yapılan çalışmalarda, iş yeri ve iş yöntemleri tasarımlarının iyileştirilmesi yoluyla duruşlarda iyileşme sağlandığı ve bu şekilde MKİSR sayısının azaltıldığı ve iş verimliliğinin arttırıldığı kanıtlanmıştır [29].

Uygun olmayan duruşlar genellikle, arkaya doğru uzanma, bükülme, baş üzerinde çalışma, bileğin eğilmesi, diz çökme, kambur durma, ileriye ya da geriye doğru eğilme ve çömelme olarak tanımlanabilmektedir.

Diz çökme veya çömelme, dizlere yük binmesine neden olmaktadır. Ayrıca çömelme, dizin ön tarafının zeminle temasına bağlı olarak tahrişe neden olmaktadır [23].

Baş hizasının üzerinde kollar yukarıda çalışmak ta uygun olmayan duruşlara bir örnektir. Kollar baş hizasının üzerinde çalışılırken, küçük omuz kasları kolu havada tutmak için daha fazla güç harcamak zorunda kalmaktadır [23].

Uzun süre ayakta durarak gerçekleştirilen işler, kişide bel ağrısı şikâyetini de beraberinde getirmektedir. Aynı şekilde uzun sürelerde oturarak çalışmanın da kas-iskelet sağlığı açısından zararlı olduğu literatürde yapılan araştırmalarla kanıtlanmıştır [30]. Mandal (1981)'a göre, kişi otururken kalça 60° eğimli olmaktadır ve kalça kemiği eğri bir eksende durmaktadır [31]. Bu nedenle sırt ve bel bölgesi dışbükey ya da kambur konumda kalmaktadır [32].

Uygun olmayan bir duruş halinde kaslar, nötral duruştan daha fazla güç harcamaktadır. Bunun anlamı; yapılan iş yüksek kas gücüne ihtiyaç duymasa da; uygun olmayan bir duruşta kaslar daha çabuk yorulabilmektedir. Aynı zamanda omurga ve eklemler üzerindeki mekanik yük, uygun olmayan duruşlarda daha fazla olmaktadır [23].

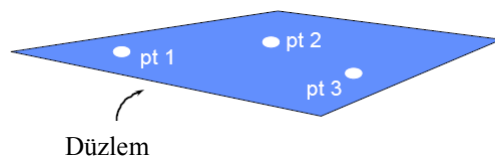
İyi bir çalışma duruşunun önemi 18. yüzyılın başlarında Ramazzini'nin uygun olmayan çalışma hareketlerinin ve doğal olmayan vücut duruşlarının, çalışanlar için ne kadar zararlı sonuçlar doğurabileceğini açıklamasıyla anlaşılmıştır [33].

Çalışma duruşunu önemli kılan diğer bir faktör de kalite seviyesindeki azalmadır. Axelsson (1995), uygun olmayan duruşta yapılan işin kalitesizliğinin, aynı işi uygun duruşta yapmaya göre 10 kat daha fazla olduğunu belirtmiştir [34].

Çalışma duruşlarını daha iyi anlayabilmek ve analiz edebilmek için insan hareket sistemiyle ilgili bilgiye sahip olmak gerekmektedir. Bu kapsamda, aşağıda hareket sistemine kısaca değinilmektedir.

İnsan hareket sistemi düzlem ve eksenlerden oluşmaktadır. Aşağıda, söz konusu hareket terimlerine yer verilmektedir [35].

Düzlem, iki boyutlu ve üç noktadan oluşan bir şekildir. Söz konusu üç nokta, aynı hat üzerinde yer almamaktadır. Tüm hareketler, bir düzlem üzerinde oluşmaktadır. Şekil 1.4.'de bir düzlem görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 1.4. Düzlem görüntüsü [35]

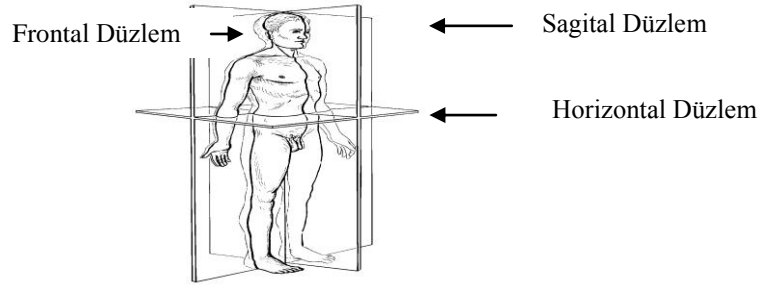
İnsan vücudu üç farklı düzlemden oluşmaktadır. Söz konusu düzlemler; sagittal düzlem, frontal düzlem ve horizontal düzlemdir.

Sagittal düzlem, vücudu sağ ve sol olmak üzere iki eşit parçaya bölen düzlemdir.

Frontal düzlem, vücudu ön ve arka olmak üzere iki eşit parçaya bölen düzlemdir.

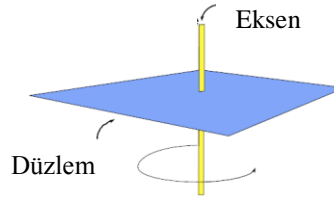
Horizontal (transvers) düzlem vücudu alt ve üst olmak üzere iki eşit parçaya bölen düzlemdir.

Şekil 1.5.'de sagittal, frontal ve horizontal düzlemler gösterilmektedir.



Şekil 1.5. Üç temel düzlem [35]

Eksen ise, düzlemi dikey olarak kesen bir çizgidir. Tüm hareketler, bir eksen etrafında oluşmaktadır. Şekil 1.6.'da bir eksen görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 1.6. Eksen görüntüsü [35]

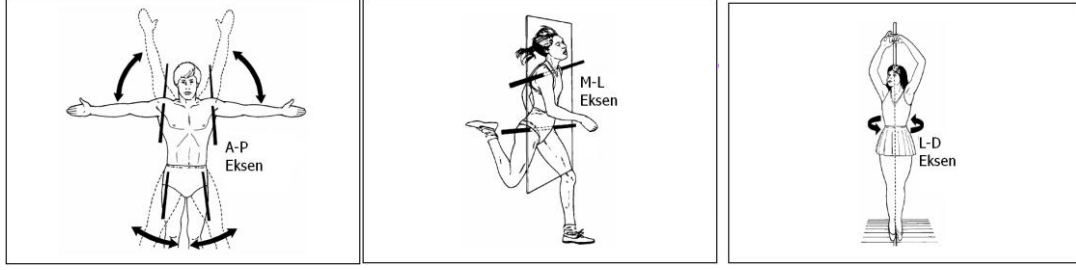
İnsan vücudu üç farklı eksene sahiptir. Söz konusu eksenler, anteroposterior eksen, mediolateral eksen ve longitudinal eksendir.

Anteroposterior eksen (A-P), vücudun önünden arkasına doğru geçen eksendir.

Mediolateral eksen (M-L), vücudun sağından soluna doğru geçen eksendir.

Longitudinal eksen (L-D), vücudun altından üstüne doğru geçen eksendir.

Şekil 1.7.'de vücut eksenleri gösterilmektedir.

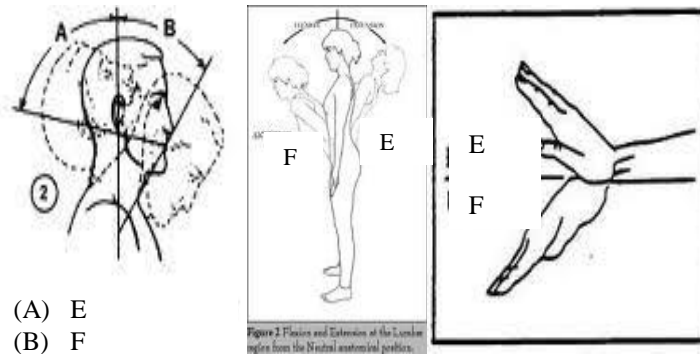


Şekil 1.7. Vücut eksenleri [35]

Günlük hayatta ve çalışma ortamında işlevlerimizi yerine getirebilmek için gerçekleştirdiğimiz farklı hareketler, yukarıda bahsedilen düzlemler üzerinde ve eksenler etrafında oluşmaktadır. Söz konusu hareketler, uzun süreler boyunca ve fazla tekrarlarla yapıldığı zaman, kas-iskelet sağlığı açısından tehdit oluşturmaktadır. Aşağıda, söz konusu hareketlerden detaylı bir şekilde bahsedilmektedir.

Fleksiyon (Flexion) ve Ekstansiyon (Extension) Hareketleri: Fleksiyon hareketi genelde, vücudun sagittal düzleminde oluşan bir harekettir. Söz konusu hareket ile eklem açıları daralmaktadır [36].

Ekstansiyon hareketi ise fleksiyon hareketinin tam tersidir. Bu hareket şeklinde eklem açıları genişlemektedir [37]. Aşağıda yer alan Şekil 1.8.'de muhtelif vücut bölümlerinin fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri gösterilmektedir.

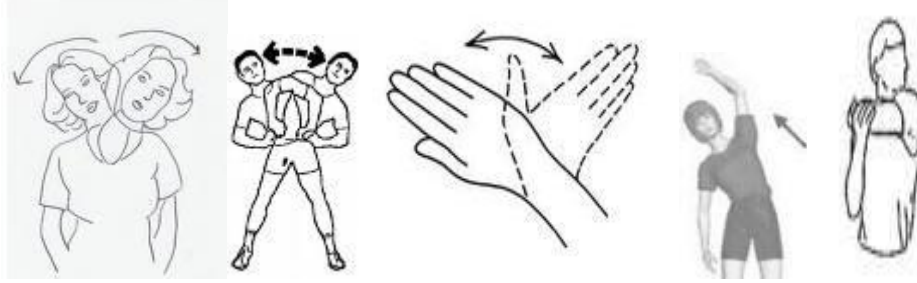


(A) E
(B) F

Şekil 1.8. Muhtelif vücut bölümlerinin fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri. (E: ekstansiyon, F: fleksiyon)

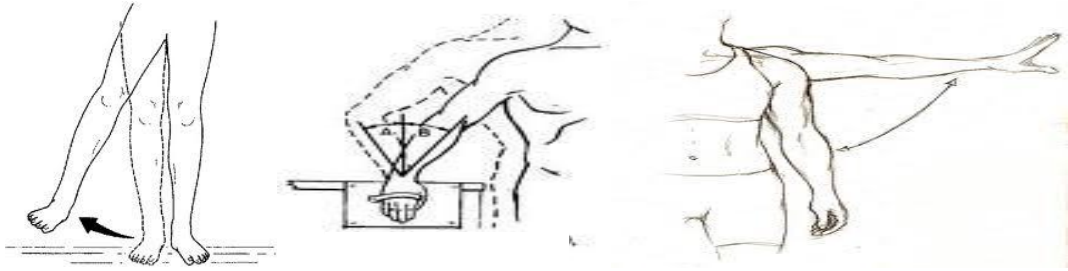
Yana Eğilme (Side-bending) Hareketleri: Vücudun frontal düzleminde, anterior ve posterior ekseninde gerçekleştirilen hareketlerdir. Sağa-sola fleksiyon ya da lateral

flexiyon olarak ta tanımlanabilmektedir [38]. Aşağıda yer alan Şekil 1.9.'da muhtelif vücut bölümlerine ait yana eğilme hareketleri görülmektedir.



Şekil 1.9. Muhtelif vücut bölümlerine ait yana eğilme hareketleri

Abdüksiyon (Abduction) Hareketleri: Vücudun yatay düzleminden ya da mediolateral ekseninden dışarıya ya da içeriye doğru sapmalarla gerçekleştirilen hareketlerdir [39]. Örneğin, bileğin abdüksiyonu, radyal (dışa doğru) ya da ulnar (içe doğru) sapma hareketi olarak bilinmektedir. Şekil 1.10'da muhtelif vücut bölümlerine ilişkin abdüksiyon hareketleri yer almaktadır.



Şekil 1.10. Muhtelif vücut bölümlerine ait abdüksiyon hareketleri

Dönme (Twist) Hareketleri: Vücut bölümlerinin dairesel olarak gerçekleştirdikleri hareketlerdir. Şekil 1.11.'de muhtelif vücut bölümlerine ait dönme hareketleri gösterilmektedir.



Şekil 1.11. Muhtelif vücut bölümlerine ait dönme hareketleri

1.1.1.3. Tekrar

Tekrar, aynı hareketi veya bir grup hareketi çok fazla miktarda gerçekleştirmektir.

Tekrarlanan işler, aynı vücut bağlantılarını ve kaslarını etkiledikleri için tehlikelidir [26].

Tekrarlanan işlerde aynı hareket bir dakika içerisinde birkaç kez yapılmaktadır. Burada asıl zarar veren durum, sadece tekrarlanan hareketler değil aynı zamanda, bu tür hareketlerin aşırı kas gücünü gerektirdiği hallerdir [23].

Hareketlerin fazla ya da az tekrarlı olduğunu yorumlamak için literatürde herhangi bir kural bulunmamaktadır. Bazı araştırmacılar, fazla tekrarlı işleri 30 sn. veya daha az süren işler olarak, az tekrarlı işleri ise; 30 sn.'den daha uzun süren işler olarak tanımlamaktadırlar [40].

Bir diğer görüşe göre de; fazla tekrarlı işler, aynı hareketin döngü içerisinde % 50'den fazla yapıldığı işler olarak tanımlanmaktadır [39]. Ancak kimse, MKİSR'nın kaçınıcı tekrardan sonra oluşacağını belirleyememektedir. Fazla tekrarlı işler, çalışanlara dinlenme için yeterince zaman bırakmamaları nedeniyle yorucudur. Aynı zamanda aynı hareketi birçok kez yapmak daha fazla güç gerektirmektedir. Eğer, göreve yorgunluk oluşmasına rağmen devam ediliyorsa; rahatsızlıklar oluşabilmektedir [40].

Bazı yazarlar da tekrar konusu için, üst ekstremitedeki farklı bağlantı dokuları için farklı sıklıklar önermektedir. Örneğin Kilbom (1994), omuz için dakikada 2-5

defadan fazla, üst kol, dirsek, ön kol ve bilek için 10 defadan fazla tekrarın yüksek risk oluşturduğunu savunmaktadır [41].

Bununla birlikte literatürde, aynı hareketi günde 4 saatten fazla yapmanın kas-iskelet sağlığı açısından zararlı olabileceği savunulmaktadır [42].

Ergonomik olarak tasarlanmış araç-gereçlerle çalışmak tekrarlı hareketlerin yarattığı riski azaltmaktadır. Elektrikli veya pinömatik ekipmanlar da; tekrarlanan, güç gerektiren işler için yardımcı olabilmektedir [23].

1.1.1.4. Uzun sürelerde statik duruşta çalışma

Statik çalışma duruşunda, ilgili vücut bölümlerinde statik yüklenme oluşmaktadır.

Statik yük, kaslarda hiçbir değişim olmadan, aynı hareket yapılırken oluşan yükür. Statik yüklenen kaslar daha çok yorulmaktadır. Dinamik hareket başladığında ise, kaslarda yaralanmalar oluşmaktadır. Dahası; statik yük ile yorulan kasların dinlenmesi için normal zamandan 10 kat daha fazla zamana ihtiyaç vardır [26].

Bununla birlikte; uzun süreler boyunca gerçekleştirildiği takdirde nötral bir duruş söz konusu olsa dahi, her vücut duruşu rahatsızlığa ve yorgunluğa sebep olabilmektedir.

Kas hareketleri kan dolaşımını hızlandırmaktadır. Eğer statik kas kuvveti, maksimum kas gerilimi (Maximum Voluntary Contraction-MVC)'nin % 20'sini aşıyorsa; kaslardaki damarlarda kan akışı azalmakta, MVC'nin % 60'ını aşıyorsa kan dolaşımı tamamıyla durmaktadır. Böylece, kaslar yorulmakta ve zedelenmektedir [20].

Statik çalışma MVC'nin % 50'sine ulaşmışsa; gerçekleştirilen hareket 1 dk.'dan fazla yapılmamalıdır. Eğer % 20'sinden az ise hareket belli bir süre yapılabilmektedir. Statik kuvvet, kısa dönemde, daha fazla enerji tüketimine, artan nabız hızına ve daha fazla mola sürelerine ihtiyaç duymaya sebep olmaktadır. Uzun dönemde ise; bağ dokularında hasarlara sebep olmaktadır [20].

Statik yükü önleyebilmek için iş istasyonu vücudun duruş değiştirmesine imkân verecek şekilde tasarlanmalıdır.

1.1.1.5. Mekanik temas nedeniyle oluşan baskılar

Mekanik baskı (sıkışma), yumuşak dokunun kemik ile sert veya keskin bir nesne arasında kalmasıdır. Kavrama hareketleri ya da el aletlerinin keskin köşeleri ile temastan kaynaklanan sıkışma durumları, kan akışını ve sinir iletimini azaltarak tendonlara zarar verebilmektedir.

Bütün keskin veya sert yüzeylerle uzun süren temaslar vücuda zarar vermektedir. Eli, darbeli işlerde çekiç gibi kullanmak elde lokal incinmelere neden olabilmektedir. Belirtiler, iş esnasında değil ama birkaç saat içerisinde ortaya çıkabilmektedir. Söz konusu durum, erken belirti olmadan uzun süre devam edebilmektedir [26].

Yapılan araştırmalarda, saatte 10 defadan fazla veya günde 2 saatten fazla mekanik baskıya maruz kalmanın zararlı olduğu belirtilmektedir [43].

1.1.2. Psikososyal risk faktörleri

MKİSR'na yol açan bütün ergonomik risk faktörleri fiziksel ortamdan kaynaklanmamaktadır. Bazıları ölçülemez, öznel faktörlerdir. Bu faktörlere örnek olarak; iş ortamında maruz kalınan stres, iş arkadaşlarıyla ve yöneticilerle olan olumlu ya da olumsuz ilişkiler, emsal baskısı vs. örnek verilebilmektedir.

MKİSR'nın gelişiminde meslek ve iş çevresine ait psikososyal faktörlerin etkisinin de gittikçe arttığı belirtilmektedir. Bazı çalışmalar, boyun ağrısı ile yüksek mesleki beklentiler, azalmış sosyal destek, azalmış iş kontrolü ve düşük iş memnuniyeti arasında bir ilişki olduğunu göstermişlerdir. Yapılan çalışmalara göre, işlerini daima zevk alarak yapanlarla karşılaştırıldığında, işini yaparken hemen hemen hiç zevk almayanların sırt/bel ağrısı bildirme olasılığı 2,5 kat daha fazla olmaktadır [19].

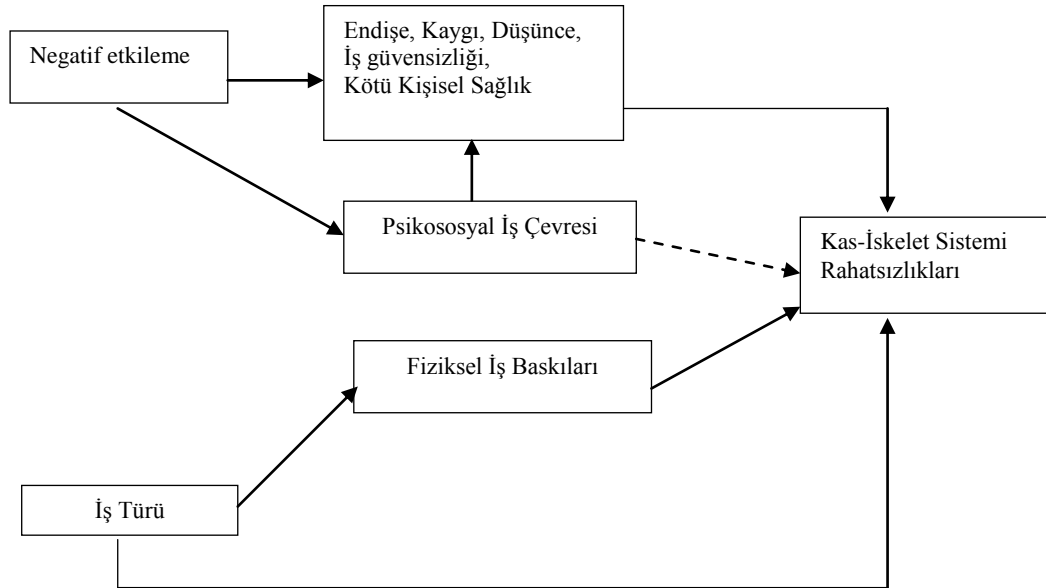
Genelde işe bağlı psikososyal faktörler ile MKİSR arasındaki ilişki için dört farklı açıklama yapılmaktadır [19]:

1. Psikososyal durumlar, artan kas gerginliğini ve işe bağlı mekanik gerginliği artırabilmektedir.
2. Psikososyal faktörler, bildirilen kas-iskelet sistemi semptomlarının ve/veya bunların nedenlerinin algılanmasını arttırabilmektedir.

3. Başlangıçtaki fiziksel yaralanmalara bağlı ağrı atakları, psikolojik ve fizyolojik kronik santral sinir sistemi disfonksiyonunu tetikleyerek kronik ağrı sürecine katkıda bulunabilmektedir.

4. Bazı mesleki durumlar da, psikososyal beklentilerdeki değişiklikler, fiziksel özellikler ve biyomekanik streslerdeki değişiklikler ile ilişkili olabilmektedir Yani psikososyal beklentiler ile kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları arasındaki ilişki nedensel veya sonuçsaldır.

Şekil 1.12.'de psikososyal faktörlerin MKİSR'nın oluşumunda nasıl etkili olduğu gösterilmektedir.



Şekil 1.12. Psikososyal risk faktörlerinin MKİSR'nı oluşturma süreci [44]

Lagerstrom vd. (1998) [45], Smedley vd. (2003) [46], ve Yip (2001) [47]'in hemşireler üzerinde yaptıkları araştırmalara göre, hemşirelerde yetersiz iş memnuniyeti, sosyal destek eksikliği gibi psikososyal faktörler nedeniyle sırt, boyun ve omuz ağrılarının oluştuğu belirlenmiştir.

İş gerekleri, bireysel kapasiteyi aştığı zaman çalışan için bir stres kaynağı haline gelmektedir. Çalışma temposu, iş yükü, düşük seviyede iş kontrolü, kötü iletişim gibi psikososyal faktörler farklı anatomik bölgelerde MKİSR'na yol açabilmektedir [48].

Tam olarak karşılanamayan psikolojik ihtiyaçlar, fazla iş yükü ve iş baskısı gibi faktörlerle birleşerek duygusal strese ve endişeye yol açmaktadır. Söz konusu süreç

kapsamında, adrenalin hormonu fazla salgılanarak kas tansiyonunu arttırmakta ve kalsiyum düzeyi yükselerek kaslarda kasılma meydana gelmektedir [49]. Bu durum da beraberinde kas yorgunluğunu getirmektedir.

1.1.3. Kişisel risk faktörleri

1.1.3.1. Geçmişte yaşanan rahatsızlıklar

Geçmişte yaşanan ve mevcut durumda devam eden kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları, mesleki gereklilikler nedeniyle maruz kalınan kötü koşullarla birleştiği zaman çalışanı daha fazla etkilemektedir. Bu durum, işveren tarafından daha önceden bilinmez ve kişi tarafından fark edilmez ise; işe bağlı ortaya çıkan bir rahatsızlık olarak tanımlanabilmektedir.

Mevcut rahatsızlıkların çalışanı daha fazla etkilememesi için, söz konusu rahatsızlıkların daha önceden fark edilerek; iş yerine gerekli bilgiler verilmelidir. Böylece, çalışana sağlık şartlarına uygun görevler verilmesi sağlanabilmektedir.

1.1.3.2. Cinsiyet

Miller vd.'nin (1993) yaptıkları çalışmalara göre, bayanların kas kuvveti, erkeklere nazaran daha azdır [50]. Fakat bayanların kas dayanımları erkeklere göre daha fazladır. Bununla birlikte, bayanların kas kuvvetleri yaşla birlikte azalmaktadır.

Ayrıca bayanların 50 yaşına kadar üst ekstremitedeki kas kuvvetleri azalmamakta sadece bacak kasları zayıflamaktadır [51].

Yine kas kuvveti açısından değerlendirildiğinde; bayanlar erkeklere göre daha az miktarda kuvvet üretmektedirler. Yapılan çalışmalarda, bayanların kavrama kuvvetlerinin erkeklerinkinin ortalama % 50-74'ü kadar olduğu görülmüştür [52].

MKİSR bayanlarda daha sık görülmektedir. Söz konusu durumun sebebi, çalışma ortamı tasarımının erkeklerin antropometrik özelliklerine göre yapılmış olmasıdır. Ayrıca, mesleki olmayan faktörler ve cinsiyet MKİSR'na yakalanma olasılığını da etkileyebilmektedir. Çünkü kadınlar, iş dışında evlerinde de çalışmaktadırlar. Bu nedenle, bu tür rahatsızlıklara yakalanma ihtimalleri erkeklere oranla daha fazladır [49].

Bel ağrısının cinsiyete göre değişimiyle ilgili ise farklı görüşler mevcuttur. Andersson (1998) tarafından belirtildiğine göre; bel ağrısı yaşanma sıklığı açısından bayan ve erkekler eşit durumdadır [53]. Genelde bu tür rahatsızlıklar, 40–60 yaşları arasında oluşmaktadır [54].

Başka bir görüşe göre ise; kadınlar mekanik bel ağrısı açısından erkeklere nazaran daha yüksek risk taşımaktadır. Birçok araştırmada bel ağrısı oluş sıklığı ve yaygınlığının kadınlarda erkeklere göre daha yüksek olduğu gösterilmiştir. İngiltere’de daha önce hiç bel ağrısı olmayan 2715 yetişkin ile yapılmış olan Güney Manchester Bel Ağrısı Çalışmasında, bir yıllık izleme sonunda kadınlarda % 5 olan bel ağrısı erkeklerde % 3 olarak saptanmıştır [55].

1.1.3.3. Yaş

Grandjean (1988) tarafından yaşla birlikte enerji tüketiminin de azaldığı belirtilmiştir [56]. Bu kapsamda, 20-30 yaşları arasındaki enerji tüketiminin % 100 olduğu düşünüldüğünde; daha yaşlı çalışanların enerji tüketimleri orantısal olarak azalmaktadır. Tablo 1.6’da, belirli yaş grupları için enerji tüketimleri yer almaktadır.

Tablo 1.6. Yaşa göre maksimum enerji tüketimi [20]

Yaş	Maksimum Enerji Tüketimi
40	% 96
50	% 80
60	% 80
65	% 75

Ayrıca, 40 yaşın üzerindeki çalışanlar, çalışma saatlerindeki değişimlere daha az tolerans gösterebilmekte, vardiya değişimlerine adapte olmaları daha fazla zaman almakta ve daha kolay yorulmaktadır [20].

1.1.3.4. Obezite

Obezitede, eklemlere aşırı yük binmesine bağlı olarak; eklemlerdeki kıkırdak yüzeylerde aşınma ve bozulmalar yaygın olarak görülmektedir [57].

Osteoartriti (kemik erimesi) olan hastaların % 80'den fazlası ya kilolu ya da obez kişilerdir. Obezlerde özellikle diz, kalça eklemlerinde ve belde kireçlenmeye (osteoarroz ve osteoartrit) ve topuk dikenine sık rastlanmaktadır [57].

Obeziteye sahip olan bir kişide, normal kilodaki bir kişiye göre eklem rahatsızlıklarının yaşanma oranı yaklaşık 130 kat artabilmektedir. Bunun yanı sıra; genç yaşlarda başlayan ve özellikle uzun sürelerden beri kilolu ve obez olan kişilerde, eklemlerde kireçlenme görülme oranı normale göre yaklaşık 40 kat artabilmektedir.

1.1.3.5. Fiziksel kondisyon yetersizliği

Kaslar ne kadar çok kullanılırsa o kadar iyi çalışmaktadır; dolayısıyla, koruyucu tıp, düzenli ve dengeli egzersize önem vermektedir [58]. Bu nedenle, çalışmada fiziksel kondisyon yetersizliği mevcut ise; yaptığı iş nedeniyle kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına yakalanma riski daha fazla olacaktır. Aksine çalışmada yeterli fiziksel kondisyon söz konusu ise, yaptığı işten dolayı yorulma ve rahatsızlanma durumları daha az olacaktır. Çünkü fiziksel kondisyona sahip olan kişilerin kas dayanımları fazladır ve bu nedenle çalışma süresi, kuvvet gerektiren işleri gerçekleştirebilme yetisi, fiziksel kondisyona sahip olmayan kişilere göre daha fazla olmaktadır.

1.1.3.6. Sigara alışkanlığı

Toplumda % 60-80 oranında görülen bel ağrısının işgücü kaybındaki yeri önemlidir. Bu nedenle üzerinde geniş araştırmalar yapılan bu yakınmanın şaşırtıcı bir biçimde sigara kullananlarda daha fazla olduğu görülmüştür. Bel ağrısının nedeni olarak sigaraya bağlı kronik öksürük ve bu öksürüğün disk basıncını arttırması öne sürülmektedir [59].

Bununla birlikte, Beynon ve Reilly (2002) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise; içen ve içmeyen insanlar arasında bel ağrıları açısından bir fark görülmemiştir [49]. Fakat rahatsızlığı olan grupta günde ortalama 23 adet sigara içen bireylerin olduğu, rahatsızlığın olmadığı gruptaki bireylerin ise günde 10 adet sigara içtiği belirtilmiştir.

1.1.4. Çevresel risk faktörleri

1.1.4.1. Atmosfer koşulları

İklim koşullarının insanlar üzerinde çok çeşitli etkileri vardır. Havanın kimyasal bileşimi, hava sıcaklığı, hava basıncı, hava değişimleri, havadaki nem oranı, farklı sıcaklık dereceleri ve nem oranlarının, iş görenler ve iş verimi üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır [60].

Hava ya da ışınım (ısı ışınımı, aralarında sıcaklık farkı bulunan iki cisim arasında, hava gibi iletken bir ortam aracılığı ile veya doğrudan bir temas olmadan meydana gelmektedir.) sıcaklığının yüksek olması, nabzın, vücut sıcaklığının ve terlemenin artmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda yorgunluk, baygınlık, cilt yanıkları ve sıcak çarpması gibi gerek performansı gerekse insan sağlığını etkileyen olumsuzluklar meydana gelmektedir. Hava ve ışınım sıcaklığının düşük olması, donma, soğuk algınlığı, soğuk yanığı ile el ve vücut becerilerinin azalması gibi olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Genelde insan performansının 27° efektif sıcaklıktan (efektif sıcaklık; 25°, % 100 nem oranında ve 0.1m/sn hava akımındaki sıcaklıktır.) sonra azalma gösterdiği bilinmektedir. Bu nedenle çalışma ortamı sıcaklığının normal standartlarda olması gerekmektedir [60].

Soğuk hava, fiziksel çalışmayı önemli derecede etkilemektedir. Ekstremitelerdeki ya da tüm vücuttaki sıcaklığın azalması fiziksel kapasiteyi de azaltmaktadır. Örneğin, kollarda ya da ellerde sıcaklığın düşmesi, motor yetileri azaltarak dokunma hissini azaltmakta, ekstremitenin kas kontrolünü etkilemekte ve kas dayanımını, beceriyi ve mukavemeti azaltmaktadır. Bütün vücuttaki sıcaklığın azalması ise, metabolizma hızını azaltmakta ve titreme nedeni ile performansı düşürmektedir [56].

Genelde çok soğuk ortamlarda ya da soğuk bir materyale dokunduğumuzda, ellerimiz hissizleşmektedir. Hissiz ellerle ne kadar güç harcadığımız bilinmemekte ve fazladan güç harcanabilmektedir. Soğuk bir çevre, vücudumuzun esnekliğini azaltmaktadır. Her hareket ve her pozisyon daha çok çalışmamıza neden olmakta ve kas-iskelet rahatsızlıklarına yol açabilmektedir. Ancak atmosfer koşullarının MKİSR üzerindeki etkisi konusunda yeterince bilgi bulunmamaktadır [26].

Farklı işyerlerini kapsayan yönergelerde, kanun koyucunun havadaki nem oranı verilmeden belirlediği uygun ortam sıcaklıklarının en düşük değerleri Tablo 1.7.'de verilmiştir.

Tablo 1.7. Ortam sıcaklıklarının en düşük değerleri [60]

İş Türü	Sıcaklık
Çoğunlukla oturarak görülen işlerde	+19°
Çoğunlukla oturmadan görülen işlerde	+17°
Ağır bedensel çalışmada	+12°
Bürolarda	+20°
Satış yapılan kapalı yerlerde	+19°

1.1.4.2. Titreşim

Şekil vermek için kullanılan çekiç gibi ağır el aletleri önemli bir titreşim kaynağıdır ve bu durum, el-kol titreşim sendromuna (Hand-Arm Vibration Syndrom-HAVS) sebep olabilmektedir. Söz konusu rahatsızlık, yaygın olarak Raynaud's Sendromu olarak bilinmektedir [26].

Elektrikli aletlerde titreşimi önlemenin tek yolu tasarım aşamasında titreşimi engelleyecek önlemler almaktır. Bu kapsamda, aletler viskoelastik malzeme ile kaplanmalı ya da titreşimi engelleyen eldivenler kullanılmalıdır. Böylece, titreşimi önleyen materyaller ile belli bir frekansın üstündeki titreşim etkileri azaltılabilmektedir [26].

1.1.4.3. Aydınlatma

Aydınlatma, yapılan iş ve işlemlerde kalite ölçütlerinin gerektirdiği tüm ayrıntıların görülebilmesi için gereken temel koşullardan biridir [60].

Güneş ışınına yakın bir ışıklandırma bireylere ferahlık vermektedir. Kötü ışıklandırmanın getirdiği adale yorgunluğu ile birleşen can sıkıcı durum, hem dikkati dağıtmakta hem de insanı moral bakımından yıpratmakta ve sinirli kılmaktadır [60].

Her türlü işlemin kusursuz yapılabilmesi ve çalışanların göz sağlığının korunması için iyi bir aydınlatma tekniği gereklidir. Aydınlatma ölçü birimi lüktür.

Yapılan işlere göre gerekli aydınlatma düzeyleri Tablo 1.8.'de verilmiştir.

Tablo 1.8. İşlere göre aydınlatma düzeyleri [61]

İş Türü	Örnek	Aydınlık Gereksinimi (Lüks)
Kaba İşler	Mal Depolama	80-70
Orta İncelikte İşler	Normal Montaj İşleri	170-350
İnce İşler	Okuma, Çizim	350-700
Çok İnce İşler	Duyarlı Montaj İşleri	700-10000

1.2. Çalışma Duruşu Analiz Yöntemleri

Çalışma duruşlarının iş görenin kas-iskelet sağlığı açısından zararlı olup olmadığını belirlemek için söz konusu duruşların analiz edilerek değerlendirilmesi gerekmektedir. Literatürde, çalışma duruşlarını değerlendirmek ve tehlike düzeylerini belirlemek için kullanılan yöntemler üç farklı sınıfa ayrılmaktadır:

1. Direkt ölçüm yöntemleri (direct measurements methods),
2. Gözleme dayalı yöntemler ve kontrol listeleri (observation methods and check lists),
3. Öznel değerlendirme yöntemleri (self reported methods)

Yöntemler, basit kalem-kâğıt yöntemlerinden bilgisayar tabanlı, karmaşık sistemleri içeren yöntemlere kadar değişmektedir. Maliyet ve sonuçların kesinliği 3-1 arasında artarken, uygulama kapasitesi, genelleştirme faktörleri de 1-3 arasında artmaktadır [62].

Direkt ölçüm yöntemleri, elektromiyografi, goniometre, biyomekanik analizler ve optik yöntemleri içermektedir. Bu yöntemler, kas aktiviteleri, eklem sapma açıları ve vücut hareketleriyle ilgili detaylı bilgiler vermektedir. Direkt ölçümler aynı zamanda, metabolik ölçümleri ve solunum yüklenmelerini de içermektedir. (Nabız atışı ve oksijen alımı gibi.) [62].

Elektromiyografi (EMG), kaslarda meydana gelen elektrik aktivitelerini, fiziksel iş yükünü ölçen bir sistemdir. İnklinometre, vücut açılarını ölçmektedir. Goniometre

ise, fleksiyon/ekstansiyon ve ulnar/radyal hareketlerdeki açısal sapmaları bilek duruşları ve hareketleri için ölçmektedir [62].

Direkt ölçüm yöntemleri, vücudun belirli bileşimlerini değerlendirdikleri için sınırlıdır ve bazı durumlarda ölçümler çalışana rahatsızlık vererek, ölçümü yapılan açığı etkileyebilmektedir. Ayrıca az sayıda çalışana uygulanabilmesi, direkt ölçümlerin bir dezavantajı olduğu söylenebilir [63].

Gözlem yöntemleri genelde evet/hayır opsiyonlarına dayanmaktadır. Daha gelişmiş gözlemsel yöntemler bilgisayar desteğine ihtiyaç duyabilmektedirler. Bunlara örnek olarak; Ovako Çalışma Duruşları Analiz Sistemi (Ovako Working Posture Analysis System-OWAS), Hızlı Üst Ekstremité Değerlendirme Yöntemi (Rapid Upper Limb Assessment-RULA), Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme Yöntemi (Rapid Entire Body Assessment-REBA) verilebilmektedir [64].

Gözlemsel yöntemler; özel amaçlar için geliştirilmişlerdir, deneysel verilere dayanmamaktadırlar ve jenerik değillerdir. Birçok gözlemsel yöntem sadece birkaç eklem hareketini kapsamakta ve incelemektedir. Örneğin; RULA yöntemi üst ekstremitéye odaklanan bir yöntemdir.

Gelişmiş gözlem yöntemleri video temelli yöntemlerdir. Bu tür yöntemlerle birçok dinamik iş kolaylıkla gözlemlenebilmektedir. Görüntüler, video ya da bilgisayar yoluyla bir yazılım sayesinde kayıt edilmektedir. Böylece, işler gerçek zamanlı olarak izlenmekte ve vücudun farklı segmentleri eş zamanlı görüntülenebilmektedir. Bununla birlikte, hareketin mesafesi, açısal değişimler ve ivme gibi unsurlar da ölçülebilmektedir [64].

Video temelli analizler biyomekanik modelleri de içererek vücut segmentleri arasındaki hareket ve kuvvet iletimini de belirlemektedir. Ancak söz konusu yöntemler maliyeti artırmakta ve yüksek teknolojik destek ile eğitilmiş elemana ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca, çok fazla zaman gerektirdiği için pratikte hızlı bir şekilde çalışma ortamında uygulanabilecek yöntemler değillerdir. Daha çok çalışma ortamının simüle edildiği uygulamalarda kullanılmaktadırlar [64].

Bilimsel düzeyde gözlem yöntemlerinin sınırları olmasına rağmen, geliştirilmeye devam edilmektedir. Çünkü zaman, maliyet ve kullanıcıya kolaylık sağlaması nedeni ile tercih edilmektedirler [40].

Gözlemsel yöntemlerde gözlemci, hareket aralığının birçok alt sınıfa bölünmesiyle oluşturulan, her bir eklem yerindeki pozisyonları içeren duruşsal sınıflandırma şemalarını kullanmaktadır. Gözlemci bu şemaları kullanarak; görsel algısı ile vücut parçasının nötr pozisyondan açısal sapmasını tahmin etmektedir [29].

Gözlem yöntemleri genellikle, saha-alan araştırmalarında öznel değerlendirme yöntemleri ile direkt ölçüm yöntemleri arasında dengeleyici olarak kullanılmaktadır [65].

Gözlem yöntemleri ve direkt ölçüm yöntemleri kullanılırken, kişi birçok defa incelenmelidir veya inceleme uzun süreler boyunca devam etmelidir. Ancak bu şekilde sağlıklı veriler elde edilebilmektedir [66].

Öznel risk değerlendirme yöntemleri olarak anketler ve kontrol listeleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden literatürde sıkça yer alanlarından bazıları; İskandinav Kas-İskelet Sistemi Anketi (Nordic Musculoskeletal Questionnaire) [67], Alman Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlık Anketi (Dutch Musculoskeletal Discomfort Questionnaire) [68], Cornell Kas İskelet Sistemi Rahatsızlığı Taraması (Cornell Musculoskeletal Discomfort Survey) [69], Vücut Rahatsızlık Haritası (Body Discomfort Map) [70], Hissedilen Çaba Derecesi (Rating of Perceived Exertion, RPE) [71], RPE'ye dayanan İsveç Mesleki Yorgunluk Envanteri (Swedish Occupational Fatigue Inventory, SOFI) [72]'dir. Bu yöntemlerin en önemli avantajı etkin, düşük kaynak kullanımı ve geniş kitlelere uygulanabilme kolaylığıdır [73].

Anket yöntemleri, işgücünün kendi deneyim ve düşüncelerinden yararlanmaktadır. Bu tür yöntemler, daha pratik ve belirleyici olmaktadır. Ancak güvenilirlik ve geçerlilikleri diğer yöntemlere nazaran daha düşüktür [62].

Anket yöntemlerinde fiziksel maruziyetlerle ilgili bilgiler elde edilebildiği gibi iş yerindeki psikososyal faktörlerle ilgili bilgiler de toplanabilmektedir. Anketler web tabanlı da yapılabilmektedirler. Ayrıca anket yöntemlerinde, çalışanlara işlerini nasıl

yaptıkları videodan izletilebilmekte ve anlık durdurularla çalışanlara sorular yöneltilmektedir [74].

Tablo 1.9’da çalışma duruşları analiz yöntemleri açısından uzmanların ve kullanıcıların beklentileri karşılaştırılmıştır.

Tablo 1.9. Analiz yöntemlerine ilişkin uzmanların ve kullanıcıların ihtiyaçları [40]

Uzmanların İhtiyaçları	İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Profesyonellerinin İhtiyaçları
Geçerli olmalı	Hızlı olmalı
Güvenilir olmalı	Kesin olmalı
Yüksek inanılabilirlik derecesine sahip olmalı	İşaretleme veya kontrol kutucukları olmalı
Risk faktörleri arasında eşit önem düzeyi olmalı	Öğrenilmesi kolay olmalı
Kapsamlı olmalı	Az derecede kırtasiyeye ihtiyaç duymalı
Tüm çalışma alanları için genelleştirilmiş sonuçlar vermeli	Üzerinde durulan işe/göreve özel olmalı
Standart bir araç olmalı ve her bedene uygulanabilmeli	Gereksiz bilgiye ihtiyaç duymamalı

Aşağıda çalışma duruşlarını analiz eden yöntemler özet bir şekilde anlatılmaktadır:

1.2.1. Snook’un tabloları yöntemi (Snook’s tables method)

Snook’un tabloları yöntemi, Liberty Mutual Insurance Company/Boston’da, malzeme kaldırma işleri nedeniyle oluşan yaralanmalar ve rahatsızlıklar üzerine çalışan Stover Snook ve Vincent Ciriello tarafından geliştirilmiştir [75]. Yöntemde kaldırma, indirme, itme ve çekme işleri için maksimum kabul edilebilir ağırlık limitlerinin (Maximum Acceptable Weight Limits-MAWL) belirlenmesinde kullanılan, kadın ve erkek çalışanlar için ayrı olmak üzere; sırt, gövde, omuz ve bacakların hareketlerini değerlendirmek için geliştirilmiş 22 adet tablo yer almaktadır.

Snook’un yöntemi, her gün düzenli olarak yapılan kaldırma, indirme, itme, çekme ve taşıma işleri için, bu işleri gerçekleştirebilecek işgücü sayısını, cinsiyeti göz önünde bulundurarak; oransal bir limit ile belirlemektedir. Söz konusu oransal limitler ile

analizin yapıldığı gruptaki çalışan popülasyonunun % 10, % 25, % 50, % 75 ve % 90'nın kaldırabildiği ağırlık limitleri belirlenmektedir [75].

Bu yöntemin en büyük avantajı; depolama işleri, süper marketlerdeki taşıma, raf düzenleme işleri, hasta bakım işleri gibi farklı işlere uygulanabilmesidir. Dezavantajı ise; biyomekanik ölçümlerden ziyade psikofiziksel ölçümlere dayanmasıdır [76].

1.2.2. Revize edilmiş NIOSH kaldırma eşitliği yöntemi (Revised NIOSH lifting equation)

NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health), bir seri değerler çarpılarak elde edildiği “Önerilen Ağırlık Limiti (Recommended Weight Limit-RWL)” değerini belirleyen matematiksel bir eşitlik geliştirmiştir.

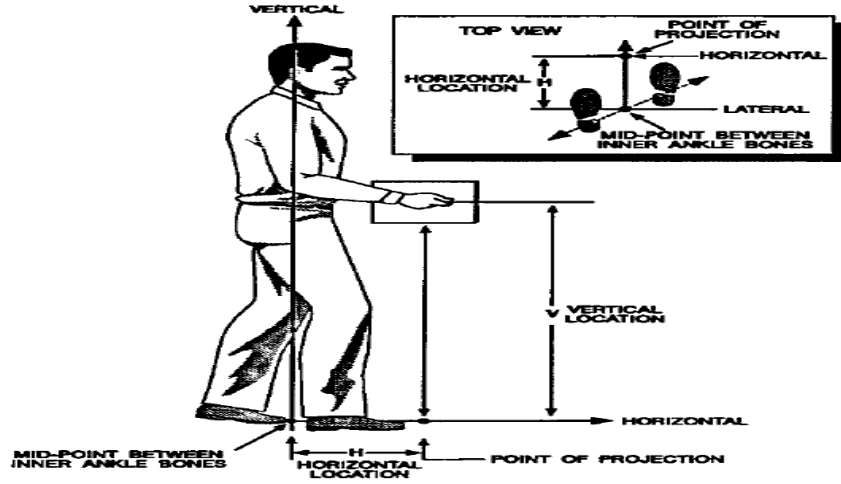
NIOSH kaldırma eşitliği, Amerika’da geliştirilen ve en iyi koşullar altında kaldırma limiti üst seviyesinin 23 kg. olarak belirlendiği bir yöntemdir. Yöntem kapsamında, “en iyi koşullar” ifadesi ile anlatılmak istenen; sagittal düzlemde kaldırmanın yapıldığı, iyi bir kavrama tertibatının var olduğu, yükün düşey düzlemde 25 cm.’den daha az bir yükseklikte olduğu, aynı düzlemdeki hareket mesafesinin 175 cm.’den fazla olmadığı, yatay düzlemdeki uzanma mesafesinin ayak bilekleri arasındaki orta noktadan itibaren 25 cm.’den daha fazla olmadığı durumlardır. Bu koşullar söz konusu olduğu zaman; sağlıklı çalışan popülasyonunun % 90’nın sırt problemi yaşamadan kaldırma işini gerçekleştirebileceği düşünülmektedir [48].

Söz konusu ağırlık limiti değeri, bütün çalışanlar için güvenli olan kaldırma ağırlığı limitidir. Bu ağırlık limiti ile işgücü, belirlenen dinlenme süreleriyle birlikte; 8 saatlik bir süre boyunca bel rahatsızlığı riski olmadan farklı görevleri yerine getirebilmektedir. Bu yöntem, iki eli birden kullanarak; tekrarlı bir şekilde gerçekleştirilen kaldırma-indirme işlerini analiz etmek için geliştirilmiştir [77].

Önerilen ağırlık limiti hesaplandıktan sonra “Kaldırma İndeksi (Lifting Index-LI)” hesaplanarak; yapılan kaldırma görevinin tehlikeli olup olmadığı belirlenmektedir. Kaldırma indeksi, farklı görevler için hesaplanabilmekte ve hangi kaldırma görevlerinin problemlili görevler olduğunu belirlemektedir.

Revize Edilmiş NIOSH Kaldırma Eşitliği yönteminin etkili bir şekilde uygulanabilmesi için uygulayıcının özel bir eğitime tabi tutulması gerekmektedir [56].

Revize edilmiş NIOSH Kaldırma Eşitliği çarpanlarının görsel tanımları Şekil 1.13.'de yer almaktadır.



Şekil 1.13. NIOSH eşitliği çarpanlarının görsel tanımları [78]

Şekil 1.13'de yer alan ifadeler aşağıda açıklanmaktadır [78]:

Point of Projection: Yükün ağırlık merkezinin iz düşüm noktası,

Horizontal: Yatay,

Horizontal Location: Yatay ekseninde bulunulan nokta,

Lateral: Yan taraf,

Mid-point Between Inner Ankle Bones: Ayak bilekleri arasındaki çizginin orta noktası,

Vertical: Düşey,

Vertical Location: Düşey ekseninde bulunulan nokta

Top View: Üstten görünüş olarak ifade edilmektedir.

Şekil 1.13'de gösterilen çarpan değerleri, yöntem kapsamında yer alan tablolardan bakılarak belirlenmektedir [78].

Revize edilmiş NIOSH Kaldırma Eşitliği yönteminde RWL değeri, Eşitlik (1.1)'deki gibi;

$$RWL = LC \times VM \times DM \times AM \times F \times CM \quad (1.1)$$

şeklinde hesaplanmaktadır [78]. Eşitlik (1.1) yer alan ifadeler aşağıda açıklanmıştır:

LC: Yük sabiti (Load constant) dir. Yük sabiti, ideal koşullar altında kaldırılması önerilen maksimum ağırlık limitini göstermektedir. Bu ağırlık limiti de 23 kg. olarak belirlenmiştir [79]. Yöntem, yük sabiti üst sınırını 30 kg.'a kadar normal kabul etmektedir [13].

HM: Yatay çarpan (Horizontal Multiplier) değeridir ve Eşitlik (1.2)'deki gibi;

$$HM = 25 / H \quad (1.2)$$

şeklinde hesaplanmaktadır [78].

H: Yatay ekseninde bulunulan nokta (Horizontal Location) dır. "H" ayak bilekleri arasından geçen çizginin merkezi ile kaldırılan yükün ağırlık merkezinin izdüşümü arasındaki mesafedir [78]. "H" değeri muhakkak ölçülmelidir. "H" ölçülemediği takdirde aşağıdaki kabuller yapılabilmektedir [80]:

(1) Yerden yüksekliği 25 cm.'den fazla olan kaldırma işleri için; ($V \geq 25$ cm ise) Eşitlik (1.3) kullanılarak;

$$H = 20 \text{ cm} + W / 2 \quad (1.3)$$

şeklinde "H" değeri hesaplanmaktadır.

(2) Yerden yüksekliği 25 cm.'den az olan kaldırma işleri için; ($V < 25$ cm ise) Eşitlik (1.4)'deki gibi;

$$H = 25 \text{ CM} + W / 2 \quad (1.4)$$

şeklinde "H" değeri hesaplanmaktadır.

Eşitlik (1.3) ve (1.4)'de yer alan "W" değeri, kaldırılan objenin sagittal düzlemdeki genişliğidir.

Eğer yatay mesafe 25 cm.'den az ise; 25 cm. olarak alınmaktadır. Bu mesafeden daha az uzaklıkta bulunan yükler, karın desteği alınarak veya omuzların aşırı gerilmesiyle taşınabilmektedir. Bununla birlikte; yatay mesafe insan kolunun en fazla uzanabileceği uzaklık olarak kabul edilen 63 cm.'den fazla olursa; HM değeri "0" olmaktadır. 25 cm. veya daha küçük uzaklıklarda ise; (HM) "1" olarak alınmaktadır [80].

VM: Düşey çarpan (Vertical Multiplier) dır ve Eşitlik (1.5) kullanılarak;

$$VM = 1 - (0,003 V - 75) \quad (1.5)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

V: Düşey ekseninde bulunulan nokta (Vertical location) dır. "V" kaldırmanın başlangıç noktasıyla yer arasındaki mesafenin "cm." cinsinden düşey uzaklığıdır. "V", çalışanın uzanma mesafesi sınırı kabul edilen 175 cm.'den fazla olursa; düşey mesafe çarpanı (VM) "0" alınmaktadır. Formüldeki 75 cm. değeri optimum çalışma yüksekliği olarak kabul edilmiştir [79].

DM: Uzaklık çarpanı (Distance Multiplier) dır ve Eşitlik (1.6) kullanılarak;

$$DM = 0,82 + (4,5 / D) \quad (1.6)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

D: Düşey eksenindeki hareket mesafesi (Vertical Travel Distance) dir. "D" kaldırma görevinin başlangıç ve bitiş pozisyonları arasında, ellerin düşey hareket mesafesi farkının cm. cinsinden değeridir. Yükün alındığı yer ve istif edildiği yer arasındaki yükseklik farkıdır [80].

Bu mesafenin 25 cm.'den küçük 175 cm.'den büyük olması istenmemektedir. Eğer böyle bir durum söz konusu ise; düşey hareket mesafesi 25 cm. veya 175 cm. değerlerine eşit alınmaktadır [80].

"D", 25 cm.'den küçük ise 25 cm.'ye tamamlanmakta ve "DM" değeri "1" olarak hesaplanmaktadır. 175 cm.'de ise; DM değeri 0,85 olmaktadır [80].

AM: Asimetri çarpanı (Asymmetric Multiplier) dır ve Eşitlik (1.7) kullanılarak;

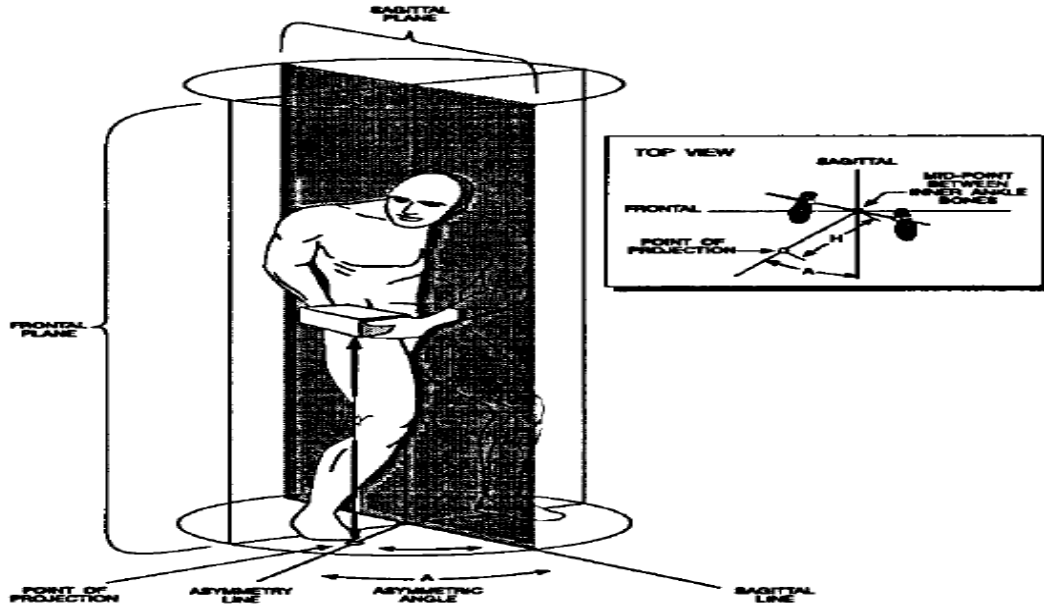
$$AM=1- 0,0032A \quad (1.7)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

A: Asimetri açısı (Asymetri Angle) dır. “A” kaldırma işinin başında ve sonundaki sagittal düzlemden açısal sapma miktarıdır [80].

Asimetri açısı, vücudun duruşu ile değişmektedir [80].

Asimetri açısı 0-135° arasında değer almaktadır. $A > 135^\circ$ ise; AM “0” alınmakta ve söz konusu değer de önerilen kaldırma limitini “0” yapmaktadır. Yük, vücudun önünde iken ($A=0^\circ$); çarpan maksimum değerini almaktadır. Asimetri çarpanı, asimetri açısı arttıkça düşmektedir. 135°’de çarpan, 0,57 değerini almaktadır [80]. Şekil 1.14’de asimetri açısının görsel tanımı yer almaktadır.



Şekil 1.14. NIOSH eşitliğindeki asimetri çarpanının görsel olarak tanımı [78]

Şekil 1.14’de yer alan ifadeler aşağıda açıklanmaktadır [78]:

Sagittal: Vücudu düşey ekseninde ortadan ikiye ayıran çizgi,

Frontal: Vücudu yatay ekseninde ortadan ikiye ayıran çizgi,

Sagittal Plane: Vücudu düşey ekseninde ortadan ikiye ayıran alan kesiti,

Frontal Plane: Vücudu yatay ekseninde ortadan ikiye ayıran alan kesiti,
Asymetri Line: Asimetri çizgisi olarak ifade edilmektedir.

Kaldırma işinin süresi: Bu süre, kısa (1 saat ve daha kısa süreli işler), orta (1-2 saat arasında süren işler), uzun (2-8 saat arasında süren işler) olarak iş kapsamına göre değişmektedir [78].

Kısa süreli işlerde, çalışma süresinin 1,2 katı kadar dinlenme süresi verilmektedir. Örneğin; 45 dk.'lık bir çalışma süresi için en az 54 dk.'lık bir dinlenme süresi verilerek yeni bir kaldırma işine geçilmektedir [78].

Orta uzunluktaki işlerde, dinlenme süresi çalışma süresinin 0,3 katı olarak belirlenmektedir. Örneğin, çalışan iki saat boyunca sürekli kaldırma işi yapıyorsa; en az 36 dk.'lık bir dinlenme süresinden sonra diğer bir kaldırma işine geçilmektedir [79].

Uzun süreli işlerde ise; endüstriyel dinlenme uygulamaları (sabah molası, öğle yemeği, öğleden sonra molası) geçerlidir [78].

Kısa süreli işlerde, sıklık çarpanı değeri (FM) arttığı için önerilen ağırlık limiti değeri de artmakta ve çalışan daha fazla dinlenme süresine ihtiyaç duymaktadır [78].

FM: Frekans çarpanı (Frequency multiplier): "FM" bir dakikada yapılan ortalama kaldırma işi sayısına eşittir. 15 dakikadan fazla süren işler için "FM" değeri hesaplanmaktadır [79].

Eğer çalışan, sürekli 15 dakika boyunca kaldırma işini yapmıyorsa; frekans çarpanının hesaplanması farklı bir prosedüre göre yapılmaktadır [79].

Frekans çarpanı değeri, kaldırma işinin yapıldığı toplam zamana ve yükün yerden yüksekliğine (V) bağlı olarak değişmektedir [79].

C: Kavrama sınıflandırması (Coupling classification)dır: "C" elin nesneyi uygun bir şekilde kavrama derecesini belirtmektedir [80].

CM: Kavrama çarpanı (Coupling multiplier): "CM" kavrama niteliği, iyi, orta ve kötü olarak sınıflandırılmaktadır. Kavranan objenin yapısına, boyutlarına ve kavrama

metoduna göre değerlendirme yapılmaktadır. “İyi” değerlendirmesi, kaldırılan objenin tutamaçlarının optimal bir şekilde dizayn edildiği durumlar için geçerlidir. “Ortalama” değerlendirmesi ise; kavrama anında eller yaklaşık 90° bükülüyorsa geçerlidir. “Kötü” değerlendirmesi ise, keskin köşeli, dengede olmayan, kavranması zor objeler söz konusu ise geçerlidir [79].

Kavrama şekli katsayısı, nesnenin yerden yüksekliği ile değişmektedir [80].

Önemli kontroller (Significant controls): NIOSH eşitliğine göre; eğer çalışanın yükü bıraktığı yerde (kaldırma işleminin sonu) söz konusu yükün hassas ve dikkatli bir şekilde yerleştirilmesi gerekiyorsa; bu durum “önemli kontrol” olarak ifade edilmektedir [79]. Aşağıda sıralanan koşullar mevcut ise; önemli bir kontrol söz konusudur [79]:

1. Çalışanın yükü bıraktığı yerde, söz konusu yükü tekrar kavraması gerekiyorsa;
2. Çalışanın yükü bırakacağı yerde belli bir süre yük elinde beklemek zorunda kalıyorsa;
3. Çalışanın yükü bırakacağı yerde, yükü dikkatli bir şekilde yerleştirmesi ya da yönlendirmesi gerekiyorsa; önemli bir kontrol yapılıyor demektir.

Kaldırma indeksi ise; Eşitlik (1.8) kullanılarak;

$$LI = YA / RWL \quad (1.8)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

Eşitlik (1.8)’de yer alan “YA (yükün ağırlığı-load weight)” çarpanı kaldırılan yükün ağırlığını simgelemektedir.

Yöntem, kaldırma işlerinin gerçekleştirildiği iş süreçlerinin, LI 1.0’in altında olacak biçimde planlanmasını öngörmektedir [13].

Kaldırma indeksinin “1” ile “3” arasında bulunması işin tehlikeli olduğunu ve ergonomik düzenleme gerektirdiğini, “3”ün üzerinde bulunması ise; işin çok tehlikeli olduğunu ve acil ergonomik düzenlemenin zorunlu olduğunu belirtmektedir [13].

NIOSH Kaldırma Eşitliği yöntemi, kaldırma ve indirme işlerinin bel rahatsızlıkları açısından eşit düzeyde risk yarattığını kabul etmektedir [80].

Bu yöntemin uygulanamayacağı bazı durumlar söz konusudur. Bu durumlar aşağıda sıralanmaktadır [78]:

- Tek el ile yapılan kaldırma-indirme işlerinde,
- 8 saatten fazla yapılan kaldırma-indirme işlerinde,
- Çömelerek ya da oturarak yapılan kaldırma-indirme işlerinde,
- Sınırlanmış iş alanlarında yapılan kaldırma-indirme işlerinde,
- Kısıtlı alanlarda yapılan kaldırma-indirme işlerinde,
- Dengede olmayan yüklerle yapılan kaldırma-indirme işlerinde,
- Taşıma yaparken, iterken veya çekerken yapılan kaldırma-indirme işlerinde,
- Yüksek hızda yapılan kaldırma-indirme işlerinde (dakikada 30 defadan fazla),
- Ayak ya da zemin destekli yapılan kaldırma-indirme işlerinde (ayakkabı tabanı ile zemin arasındaki sürtünme katsayısı 0,4'ten küçükse),
- Kriko vb. desteği ile yapılan kaldırma-indirme işlerinde,
- Uygun ortam koşulları olmadan yapılan kaldırma-indirme işlerinde (ortam sıcaklığı 19°-26° dışındaysa) yöntem uygulanamamaktadır.

Revize Edilmiş NIOSH Kaldırma Eşitliği, paketleme, istifleme, depolama, hasta ve çocuk bakımı işlerine, inşaat sektöründe gerçekleştirilen muhtelif işlere uygulanabilmektedir.

1.2.3. Ovako çalışma duruşları analiz sistemi (Ovako working posture analyzing system-OWAS)

OWAS, 1974 yılında Finlandiya'da bulunan bir çelik fabrikasında iş etüdü mühendisi olarak görev yapan Finnishes Karu ve Kansie Kuorinka tarafından geliştirilmiştir. Fabrikada, çalışanların işlerini yaptıkları sırada fotoğrafları çekilmiş ve bu fotoğrafların analizi sonucunda 84 farklı çalışma duruşu belirlenmiştir. Zorlanmaya neden olan duruşları incelemek için duruşlar, neden oldukları rahatsızlık dereceleri ve sağlık üzerindeki muhtemel etkilerinin seviyesine göre hem fabrika çalışanları hem de ergonomistler tarafından puanlandırılmıştır [81]. Bu çalışma

duruşları, daha sonra standartlaştırılmış ve “OWAS Çalışma Duruşları” olarak endüstride tatbik edilmiştir.

OWAS yönteminde 4 gövde, 3 kol, 7 bacak duruşu ve 3 farklı yük seviyesi dikkate alındığında; 252 adet standart duruş ve yük kombinasyonu elde edilmektedir [82].

Bu yöntemle ilgili olarak eğitim bir kere alındıktan sonra, işgücünün çalışmasına engel olmadan gözlemler yapılarak; görev esnasında sergilenen duruşlar analiz edilebilmektedir. İş örneklemesine dayanan OWAS yöntemi, çalışma esnasında, duruşların sergilenme sıklıklarını ve bu sırada geçen süreyi tespit etmektedir [83].

OWAS uygulaması sonucu elde edilen bilgiler, rahatsızlanma riskini azaltmak için herhangi bir önleyici tedbirin gerekip gerekmediğini gösteren tehlike kategorileriyle karşılaştırılmaktadır. Söz konusu tehlike kategorileri aşağıda yer almaktadır [82]:

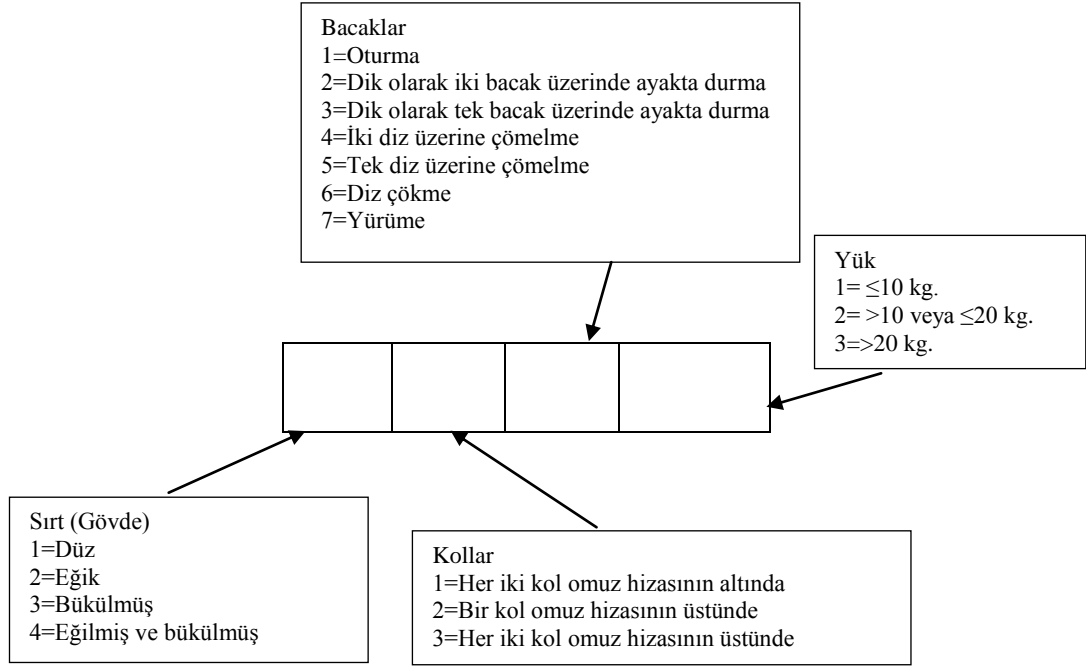
C1 (Kategori 1): Sergilenen duruş normaldir ve ergonomik düzenleme gerekmemektedir.

C2 (Kategori 2): Sergilenen duruşta zorlanma fazla değildir ve ergonomik düzenleme yakın bir gelecekte yapılmalıdır. Biraz tehlikeli bir iş söz konusudur.

C3 (Kategori 3): Sergilenen duruşta yüklenme ve zorlanma fazladır ve ergonomik düzenleme mümkün olduğunca erken yapılmalıdır. Çok tehlikeli bir iş söz konusudur.

C4 (Kategori 4): Sergilenen duruşta yüklenme ve zorlanma çok fazladır ve ergonomik düzenleme hemen yapılmalıdır. İş çok fazla tehlikelidir.

Şekil 1.15’de OWAS yönteminde analiz edilen çalışma duruşlarının kodlama sistemi yer almaktadır. Analizin her aşamasındaki yüksek kod numaraları arzu edilmeyen duruşları temsil etmektedir [82].



Şekil 1.15. OWAS metodu ile duruşların kodlanması [82]

Statik veya dinamik işlerde değerlendirme yapmak için yaygın olarak kullanılan ve gövdeye ait duruşlarda harcanılan süreye göre tehlike kategorilerini belirleyen değerlendirme ölçeği Tablo 1.10'da yer almaktadır.

Tablo 1.10. Gövde duruşlarında harcanılan süreye göre tehlike kategorileri [84]

Gövde Duruş Kodu	Zaman Yüzdeleri	Tehlike Seviyesi
1	% 100	Kabul edilebilir
2	% 30	Kabul edilebilir
	% 30-% 80	Biraz tehlikeli
3	% 80-% 100	Çok tehlikeli
	% 20	Kabul edilebilir
	% 20-% 50	Biraz tehlikeli
4	% 50-% 100	Çok tehlikeli
	% 5	Kabul edilebilir
	% 5-% 30	Biraz tehlikeli
	% 30-% 70	Çok tehlikeli
	% 70-% 100	Çok fazla tehlikeli

Statik veya dinamik işlerde değerlendirme yapmak için yaygın olarak kullanılan kollara ve bacaklara ait duruşlarda harcanılan süreye göre tehlike kategorilerini belirleyen standartlar ise sırasıyla Tablo 1.11 ve Tablo 1.12'de yer almaktadır.

Tablo 1.11. Kol duruşlarında harcamılan süreye göre tehlike kategorileri [84]

Kol Duruş Kodu	Zaman Yüzdesi	Tehlike Seviyesi
1	% 100	Kabul edilebilir
2	% 30	Kabul edilebilir
	% 30-% 80	Biraz tehlikeli
	% 80-% 100	Çok tehlikeli
3	% 20	Kabul edilebilir
	% 20-% 70	Biraz tehlikeli
	% 70-% 100	Çok tehlikeli
	% 5-% 30	Biraz tehlikeli
	% 30-% 70	Çok tehlikeli
	% 70-% 100	Çok fazla tehlikeli

Tablo 1.12. Bacak duruşlarında harcamılan süreye göre tehlike kategorileri [84]

Bacak Duruş Kodu	Zaman Yüzdesi	Tehlike Seviyesi
1	% 90	Kabul edilebilir
	% 90-% 100	Biraz tehlikeli
2	% 80	Kabul edilebilir
	% 80-% 100	Biraz tehlikeli
	% 80-% 100	Çok tehlikeli
3	% 30	Kabul edilebilir
	% 30-% 80	Biraz tehlikeli
	% 80-% 100	Çok tehlikeli
4	% 5	Kabul edilebilir
	% 5-% 30	Biraz tehlikeli
	% 30-% 70	Çok tehlikeli
	% 70-% 100	Çok fazla tehlikeli

OWAS yönteminin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir [85]:

- Göreceli olarak kullanımı ve öğrenilmesi kolay bir yöntemdir.
- Yöntemin içerdiği her bir vücut bölümüne ait skorlar, yapılan iyileştirmenin etkinliğini belirleyebilmek için; iyileştirme öncesi ve sonrası karşılaştırma yapmaya uygundur.
- Yöntemin içerdiği her bir vücut bölümüne ait skorlar epidemiyolojik çalışmalarda kullanılabilir.
- Yöntem, farklı kullanıcı ihtiyaçlarına göre göreceli olarak kolaylıkla özelleştirilebilmektedir.

OWAS yönteminin dezavantajlarına ise aşağıda yer verilmiştir [86]:

- Sağ ve sol üst ekstremitayı ayrı ayrı değerlendirmemektedir. Boyun, dirsek ve bileklerin değerlendirmesi mevcut değildir.
- Omuzlar için kullanılan duruş kodları kabaca belirlenmiştir.
- Zaman alıcı bir yöntemdir.
- Sıralı duruşlardaki tekrar sayısı ve geçirilen süreyi dikkate almamaktadır.
- Sıklık dağılımına dayanan karar kuralları isteğe bağlı ve keyfi olarak belirlenmektedir.
- Yöntemin kullanılması için özel bir eğitim gereklidir. Gözlem stratejisini oluşturmak uzmanlık gerektirmektedir.

OWAS yöntemi, inşaat sektöründe gerçekleştirilen işlere, sağlık sektöründeki bakım işlerine, taşımacılık sektöründeki işlere, otomobil tamir, bakım işlerine, depolama işlerine, kreyn operatörlerine, tarım çalışanlarına, balıkçılara, gemi inşası ile ilgili işlere, dağıtım merkezi çalışanlarına uygulanabilmektedir.

1.2.4. Hızlı tüm vücut değerlendirme yöntemi (Rapid entire body assessment-REBA)

REBA yöntemi, Hignnet ve McAtamney tarafından, RULA yöntemi temel alınarak, geliştirilmiştir. Dinamik ve statik duruşlarda söz konusu olan yüklenmeyi ve insan-yük etkileşimini göz önüne alarak; işgücünün tüm vücudunun duruşsal riskini değerlendirmektedir.

REBA yöntemi vücudu Grup A ve Grup B olmak üzere iki bölüme ayırmaktadır. Grup A'da gövde, boyun ve bacak bölümleri yer alırken; Grup B'de üst kol, alt kol ve bilek bölümleri yer almaktadır. Yöntemde, her bir vücut bölümünün duruşu için skorlar yer almakta ve ilave değerlendirmeler için de yorumlar bulunmaktadır. Her bir vücut bölümünün duruşları, derecelendirilmiş hareket aralıklarına göre belirlenmektedir [87].

Grup A'daki duruş skorları Tablo A'da kesleştirilmekte ve Grup B'deki duruş skorları ise; Tablo B'de kesleştirilmektedir. "Skor A", Tablo A'dan hesaplanan skor ile yük/kuvvet skorunun (load/force score) toplamına eşit olmaktadır. "Skor B" ise; Tablo B'den vücudun sağ ve sol yanı için (üst kol, alt kol, bilek) ayrı ayrı hesaplanan skor ile sağ ve sol el için hesaplanan kavrama şekli skorunun (coupling score)

toplamına eşittir. “Skor C” ise, Tablo C’de Skor A ve Skor B’nin kesiştirilmesiyle elde edilmektedir. REBA Skoru; Skor C ile aktivite skorunun toplanması sonucu elde edilmektedir. Yapılan iş için söz konusu olan riskin derecesi ise; “REBA karar tablosu (eylem seviyeleri tablosu)” kullanılarak elde edilmektedir [87]. İlgili tablolar ve REBA yönteminde gerçekleştirilen skorumla aşamaları Ek A’da yer almaktadır .

Tablo 1.13’de ise REBA eylem seviyeleri yer almaktadır.

Tablo 1.13. REBA eylem seviyeleri (Karar tablosu) [88]

Eylem Seviyesi	REBA Skoru	Risk Seviyesi	Eylem (Daha fazla değerlendirme gereksinimi)
0	1	İhmal edilebilir	Gereksiz
1	2-3	Düşük	Gerekli olabilir
2	4-7	Orta	Gerekli
3	8-10	Yüksek	Kısa bir süre içinde gerekli
4	11-15	Çok Yüksek	Şimdi/hemen gerekli

REBA yöntemi, hemşire, hasta bakıcı gibi bakım hizmeti veren sağlık personelinin ve diğer hizmet sektöründe çalışan personelin çalışma duruşlarının analizinde kullanılabilen bir yöntemdir.

1.2.5. İşte zorlanma indeksi yöntemi (Job strain index-JSI)

JSI yöntemi, çalışma ortamında gerçekleştirilen işleri, distal üst ekstremiteler rahatsızlıkları riski açısından değerlendirmektedir ve Drs. Moore ve Gang tarafından 1995 yılında geliştirilmiştir [89]. Yöntem, birçok montaj işi türünden işlerde yoğun olarak kullanılan el, bilek, üst kol ve dirsekte oluşabilecek rahatsızlıkların ortaya çıkma ihtimallerini belirlemektedir [89].

JSI yöntemi, sadece bir kuvvetin uygulandığı tek görevli işler için kullanılan bir yöntemdir [90]. Ağır parçaların kaldırılması gibi birden çok kuvvet harcanmasını gerektiren görevleri içeren işlere uygulanmamaktadır [90].

JSI yönteminde, analizci “görev değişkenleri” olarak adlandırılan altı farklı risk faktörüne göre işleri değerlendirmektedir. Görev değişkenleri de “çarpan” denilen değerlerle ifade edilmektedir. Altı görev değişkeni çarpanının çarpımı sonucunda da “işte zorlanma indeksi (job strain index-JSI)” elde edilmektedir [90].

İndeks, öznel olarak geliştirilen bir oranlama sistemini kullanmaktadır. Bu açıdan Borg skalasına benzemektedir [90]. Borg skalası algılanan zorlanma düzeyini belirlemek için kullanılan basit bir araçtır. Özellikle antrenörler tarafından atletlerin antreman veya yarışta harcadıkları kuvveti ölçmek için kullanılmaktadır. Gunnar Borg tarafından geliştirilmiştir [91]. Tablo 1.14’de 10 bölümlü Borg Skalası yer almaktadır.

Tablo 1.14. Borg skalası [91]

Oran	Açıklama
0	Önemsiz
0.5	Fazlasıyla hafif
1	Çok hafif
2	Orta hafif
3	Makul
4	Biraz zor
5	Zor
6	Zor
7	Çok zor
8	Çok zor
9	Çok zor
10	Çok, çok zor

Aşağıda, JSI yöntemi kapsamında kullanılan görev değişkenleri ve tanımları yer almaktadır:

Çabanın şiddeti (Intensity of exertion-IE): Tek bir çalışanın işi gerçekleştirirken harcadığı kuvvetin yoğunluğu anlamına gelmektedir [92]. Tablo 1.15’de çabanın şiddeti görev değişkeninin oranlama kriterleri yer almaktadır.

Tablo 1.15. Çabanın şiddeti görev değişkeninin oranlama kriterleri [92]

Sıralama Kriteri (Rating Criterion)	% Maksimum Dayanım (% Maximum Strenght)	Borg Skalasına Göre Karşılaştırma (Borg Scale)	Algılanan Çaba (Perceived Effort)
Hafif	< 10	≤2	Ancak fark edilen, zayıf bir çaba
Biraz zor	10-29	3	Fark edilen veya belirli bir çaba
Zor	30-49	4-5	Değişmeyen yüz ifadesi ve belirli bir çaba
Çok zor	50-79	6-7	Değişen bir yüz ifadesi ve önemli bir çaba
Maksimuma yakın	≥80	>7	Kuvvet sağlamak için omuz ve gövdenin kullanılması

Çabanın Süresi (Duration of exertion-DE): Zorlanma döngü süresinin oransal bir değeridir [92]. Eşitlik (1.9)'deki gibi;

$$\%ZS = \frac{TZS}{TGS} \quad (1.9)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Eşitlik (1.9)'da yer alan ifadeler aşağıda açıklanmaktadır.

%ZS: Yüzde zorlanma süresi,

TZS: Toplam zorlanma süresi (total exertion time (sn))

TGS: Toplam gözlem süresi (total observation time (sn))

Dakikadaki Çaba (Effort per minute-EM): Zorlanma sıklığını gösteren bir değerdir. Zorlanma döngü zamanından da bulunabilmektedir (Zorlanma döngü zamanının 20 dakikası 3 kuvvet bölü dakika olarak hesaplanmaktadır.) [92]. Eşitlik (1.10)'daki gibi;

$$DZ = \frac{ZS}{TGS} \quad (1.10)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Eşitlik (1.10)'da yer alan ifadeler aşağıda açıklanmaktadır.

DZ: Dakikadaki zorlanma sayısı (number of exertions per minute-adet/dk),

ZS: Zorlanma sayısı (number of exertions-adet),

TGS: Toplam gözlem süresi (total observation time (sn))

Eller/bilek duruşu (Hands/wrist posture-HWP): Gözlemci tarafından, sergilenen çalışma duruşundaki bilek açılarının nötral duruş ile karşılaştırılması sonucu belirlenmektedir [92]. Tablo 1.16'da eller/bilek duruşu görev değişkeninin oranlama kriterleri yer almaktadır.

Tablo 1.16. Eller/bilek duruşunun oranlama kriterleri [92]

Sıralama Kriteri (Rating Criterion)	Bilek Ekstansiyonu (Wrist Extension)	Bilek Fleksiyonu (Wrist Flexion)	Ulnar Sapma (Ulnar Deviation)	Algılanan Duruş (Perceived Posture)
Çok iyi	0°-10°	0°-50°	0°-10°	Tam nötral
İyi	11°-25°	5°-15°	11°-15°	Nötrale yakın
Orta	26°-40°	16°-30°	16°-20°	Nötral değil
Kötü	41°-55°	31°-50°	21°-25°	Belirli bir sapma var
Çok kötü	>60°	>50°	>25°	Sapmanın en sonunda

İşin hızı (Speed of work-SW): Gözlemcinin öznel olarak verdiği oranlara dayanmaktadır. Çalışanın ne kadar hızlı çalıştığının bir ölçüsüdür [92]. Tablo 1.17'de işin hızı görev değişkeninin oranlama kriterleri yer almaktadır.

Tablo 1.17. İşin hızı değişkeninin oranlama kriterleri [92]

Sıralama Kriteri (Rating Criterion)	Algılanan Hız (Perceived Speed)
Çok yavaş	Rahat bir çalışma
Yavaş	Ağır ağır iş yapmak
Orta	Normal hızda çalışmak
Hızlı	Koşma hızında çalışmak
Çok hızlı	Koşma hızında çalıştığı halde işi yapamamak

Günlük süre (Duration per day-DD): İş için bir günde saat cinsinden harcanan toplam zamandır [92].

Tablo 1.18'de ise; JSI yönteminde yer alan altı farklı görev değişkenine ait çarpan tablosu yer almaktadır.

Tablo 1.18. Görev değişkenleri çarpan tablosu [92]

Oran	Zorlanmanın Şiddeti (IE)	Zorlanmanın süresi (DE)	Kuvvet/Dakika (EM)*	Eller/Bilek Duruşu (HWP)	Çalışma Hızı (SW)	Süre/Gün (DD)
1	1	0.5	0.5	1.0	1.0	0.25
2	3	1.0	1.0	1.0	1.0	0.50
3	6	1.5	1.5	1.5	1.0	0.75
4	9	2.0	2.0	2.0	1.5	1.00
5	13	3.0*	3.0	3.5	2.0	1.50

*Eğer zorlanma süresi % 100 ise; dakikada sarfedilen kuvvet 3,0'e eşitlenmelidir.

İşte zorlanma indeksi (JSI), altı görev değişkenine ait çarpan değerlerinin birbiriyle çarpımı sonucu elde edilmektedir [92]. JSI değeri, Eşitlik (1.11)'deki gibi;

$$JSI = IE \times DE \times EM \times HWP \times SW \times DD \quad (1.11)$$

şeklinde hesaplanmaktadır [92].

JSI, “3” ya da daha az olarak hesaplanmış ise; yapılan iş kesinlikle güvenli bir iş olduğu ve distal üst ekstremitelerde rahatsızlıkları açısından tehlike arz etmediği anlaşılmaktadır [92].

Eğer JSI, “3-5” arasında hesaplanmış ise, işin biraz güvenli bir iş olduğu ve risklerin ortaya çıkabileceği anlaşılmaktadır [92].

Eğer JSI, “5-7” arasında ya da daha fazla hesaplanmış ise, işin kesinlikle tehlikeli bir iş olduğu anlaşılmaktadır [92].

JSI yönteminin dezavantajları aşağıdaki gibidir [92]:

- Yöntem sadece, distal üst ekstremitedeki sinir-kas rahatsızlıklarının ortaya çıkma olasılığını belirlemektedir.
- Yöntemde yer alan altı görev değişkeninin üç tanesi analizci tarafından öznel olarak değerlendirilmektedir.
- Çarpan değerleri, literatürdeki araştırmacıların profesyonel düşüncelerine dayanılarak oluşturulmuştur.
- Yöntem yayımlandığından beri sadece 25 farklı iş üzerinde denenmiştir.

1.2.6. Hızlı maruziyet kontrol yöntemi (Quick exposure check-QECK)

QECK yöntemi 1998'de İngiltere'de Surrey Üniversitesi'nde görev yapan Li ve Buckle tarafından geliştirilmiş ve 2003'de Woods, David ve Buckle tarafından yeniden gözden geçirilerek iyileştirilmiştir. Yaklaşık 200 sağlık ve güvenlik uygulayıcısının katılımcı yaklaşımıyla oluşturulan ölçeğin önemli özelliklerinden biri; değerlendirme sürecine çalışanın da katılımının sağlanmasıdır [93].

Yöntem, sırt, bilek, boyun duruşunu, hareket sıklığını, yapılan işin uzunluğunu, çalışılan ağırlığı, harcanan kuvveti, titreşimi, işle ilgili yaşanan stresi ve işin gerektirdiği görme ihtiyacını dikkate alan bir yöntemdir.

Yöntem, ergonomik iyileştirme öncesinde ve sonrasında kas-iskelet sisteminde söz konusu olan maruziyetleri değerlendirmektedir. Yöntemin uygulanması için 10–15 dakikalık bir eğitime ihtiyaç duyulmakta ve birkaç uygulamadan sonra yöntem, daha etkin bir şekilde kullanılabilir [40].

QECK yöntemi, aynı işin farklı kişiler tarafından yapıldığı durumlarda oluşan zorlanmaları karşılaştırmak amacıyla da kullanılmaktadır.

İki bölümden oluşan ölçeğin, gözlemciye ait bölümünde; çalışma esnasında bel, omuz/kol, el bileği/el, boyun duruş ve hareketleri için 18 adet değerlendirme yapılmaktadır. Çalışana ait bölüm; elle kaldırılan ya da taşınan en fazla ağırlık, iş süresi, bir elle uygulanan en fazla kuvvet, işin gerektirdiği görsel dikkat, taşıt kullanma, titreşim, iş performansı ve iş stresi için 25 adet değerlendirmeden oluşmaktadır. Bunların birbiriyle etkileşiminden bir puanlama tablosu elde edilmektedir. Puanlara göre maruziyet düzeyi düşük, orta ve yüksek olarak değerlendirilmektedir [93]. Söz konusu iki bölümle ilgili sorular Ek-B'de yer almaktadır.

QECK, kullanımı kolay bir kontrol listesidir. Manuel olarak gerçekleştirilen kaldırma işlerinin yapıldığı birçok işe ve taşıma, istifleme, paketleme işlerine, imalat endüstrisinde yapılan muhtelif işlere, sağlık sektöründe gerçekleştirilen bakım işlerine uygulanabilmektedir.

Tablo 1.19’da her bir vücut bölümünün skoruna eklenecek olan ve QECK yönteminde yer alan risk faktörlerinin skor cinsinden karşılıkları yer almaktadır.

Tablo 1.19. QECK yönteminde yer alan risk faktörlerinin skor cinsinden karşılıkları [94]

Sırt	Statik	Hareketli	Omuz/Kol	Statik ya da Hareketli
Yükün Ağırlığı	2	3	Yükün Ağırlığı	3
Süre	2	3	Süre	3
Duruş	3	2	Duruş	2
Sıklık	-	2	Sıklık	2
El/Bilek			Boyun	
Kuvvet	-	3	Süre	2
Süre	-	3	Duruş	1
Duruş	-	2	Görsel talepler	1
Sıklık	-	2		

Anketler doldurulduktan sonra ortaya çıkan sonuçlar Tablo 1.20’de yer alan Nihai QECK tablosuna göre değerlendirilmektedir.

Tablo 1.20. Nihai QECK tablosu [94]

QECK Skoru	Eylem Düzeyi
≤ % 40	Kabul edilebilir.
% 41- % 50	Daha fazla araştırma gereklidir.
% 51- % 70	Daha fazla araştırma gereklidir ve değişimler en kısa zamanda yapılmalıdır.
> % 70	Daha fazla araştırma gereklidir ve değişimler hemen yapılmalıdır.

1.2.7. Hızlı üst ekstremité değerlendirme yöntemi (Rapid upper limb assessment-RULA)

RULA yöntemi, ilk olarak Nottingham Üniversitesi Mesleki Ergonomi Enstitüsü’nden Dr. Lynn McAtamney ve Dr. Nigel Corlett tarafından geliştirilmiş ve 1993 yılında Applied Ergonomics Dergisi’nde tanıtılmıştır [95].

RULA, tekrarlı olarak yapılan işlere ve işi gerçekleştirirken yaşanan zorlanmalardan kaynaklanan üst beden rahatsızlıklarına odaklanmıştır. RULA analizi sonucunda “1” ile “7” arasında değişen bir skor elde edilmektedir. Yüksek skorlar, yüksek risk seviyelerini göstermektedir. Ancak, yüksek skorlar her zaman işin tasarımında birçok problem olduğunu belirtmemektedir. Aynı şekilde, düşük skorlar da ergonomik bir

riskin olmadığını göstermemektedir. Bu yöntem, sadece daha fazla dikkat edilmesi gereken çalışma duruşlarını veya risk faktörlerini belirlemektedir [95].

RULA, matrislerle çalışan bir yöntemdir. Matriste bulunan skorlar, vücudun belli bölümlerinde sergilenen duruşların tehlike düzeylerini belirlemek amacıyla birbiriyle karşılaştırılmaktadır. Matrislerin bu şekilde değerlendirilmesiyle elde edilen skorlar, alınması gereken önlem düzeyini göstermektedirler. RULA yönteminin uygulama alanı, bilekler, alt kol, üst kol, dirsek, omuz, boyun ve gövdenin yer aldığı vücut alanlarıdır.

RULA,

- İş gücünü hızlı bir şekilde izleyerek değerlendirmekte, böylece mesleki üst ekstremitte rahatsızlıklarının ortaya çıkma olasılığını belirlemektedir [96].
- Sergilenen çalışma duruşu sırasında harcanan kas kuvvetini ve kas yorgunluğuna sebep olan işleri belirlemektedir [96].
- Epidemiyolojik, çevresel, organizasyonel, mental ve fiziksel faktörleri içeren sonuçlar vermektedir [96].
- İşte aksama yaratılmadan uygulanabilmektedir [96].
- Gözlemcinin uygulamayı yapmak için yönetime ilişkin fazladan bilgisinin olması gerekmemektedir [96].

RULA yöntemi üç aşamada geliştirilmiştir:

Birinci aşama: Çalışma duruşlarını kaydetmek için model oluşturulması

Yöntemde, insan vücudu A ve B olarak iki farklı gruba ayrılmıştır. A grubunda, alt kol, üst kol ve bilek bölümleri yer almaktadır. B grubunda ise, boyun, gövde ve bacak bölümleri bulunmaktadır. Vücut bölümlerinin sergiledikleri duruşların hareket aralıkları literatürdeki araştırmalara göre derecelendirilmiş ve tehlike seviyesine göre bir skor atanmıştır. “1” skoruna sahip duruş, risk faktörlerinin minimum olduğu çalışma duruşunu veya hareket aralığını göstermektedir. Skorlar arttıkça, risk faktörlerinin etkisinin de arttığı anlaşılmaktadır. Duruşların kolay tanımlanabilmesi için her bir vücut bölümünün pozisyonu, sagittal düzlemden sapma derecesiyle

tanımlanmıştır. Aşağıda A ve B gruplarında yer alan vücut bölümleri ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır [96].

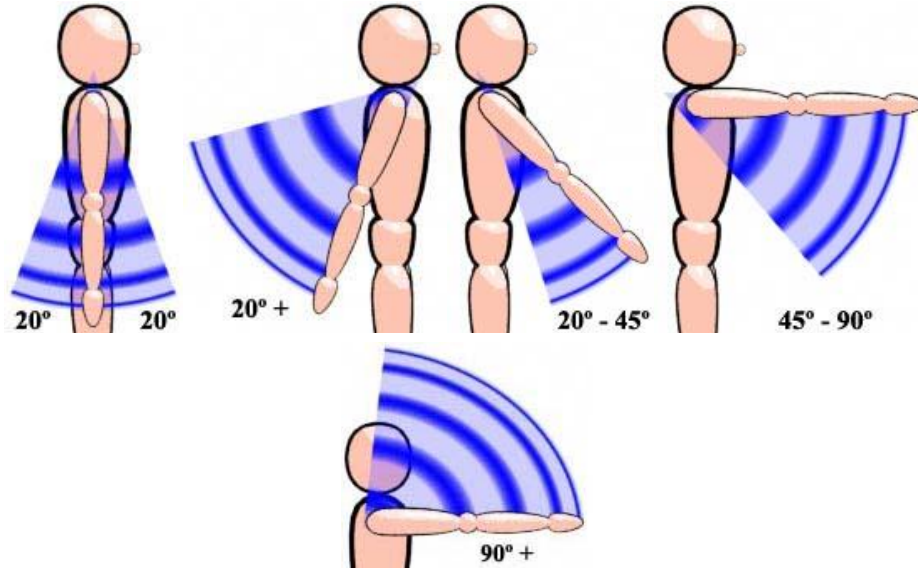
Grup A

Grup A, bu grupta yer alan vücut bölümlerinin skorlarla değerlendirildiği diyagramlardan oluşmaktadır [96]. Grup A'da yer alan üst kolun hareket aralığı, Tichauer (1966) [97], Chaffin (1973) [98], Herberst vd. (1980) [99], Hagberg (1981) [100] ve Schuldt vd. (1987) [101].'nin çalışmalarından yararlanılarak belirlenmiştir. Bu kapsamda, üst kol hareket aralıklarına denk gelen skorlar aşağıdaki gibidir:

Üst kol;

- 20° ekstansiyon hareketi ya da 20° fleksiyon hareketi yapıyor ise; skor; “1” puan olarak değerlendirilmektedir.
- 20°’den daha fazla ekstansiyon hareketi ya da 20°-45° arasında fleksiyon hareketi yapıyorsa skor; “2” puan olarak değerlendirilmektedir.
- 45°-90° arasında fleksiyon hareketi yapıyorsa skor; “3” puan olarak değerlendirilmektedir.
- 90°’den daha fazla fleksiyon hareketi yapıyorsa skor; “4” puan olarak değerlendirilmektedir.
- Bunun yanı sıra; duruş esnasında omuzlar yukarı doğru kalkmışsa; toplam üst kol skoruna “1” puan eklenmektedir.
- Eğer üst kol abdüksiyonda ise; toplam üst kol skoruna “1” puan daha eklenmektedir.
- Eğer operatör bir yere dayanarak çalışıyorsa ve kollardaki yük destekleniyorsa; toplam üst kol skorundan “1” puan çıkarılmaktadır.

Şekil 1.16’da RULA yönteminde analiz edilen üst kol duruşları gösterilmektedir.



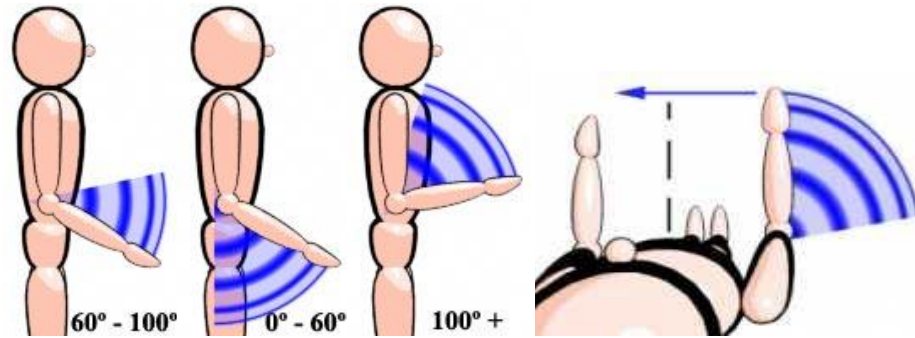
Şekil 1.16. RULA yönteminde analiz edilen üst kol duruşları [102]

Alt kolun hareket aralığı ise Grandjean (1988) [56] ve Tichauer (1976) [103]'ün çalışmalarından yararlanılarak belirlenmiştir.

Alt kol;

- 60°-100° arasında fleksiyondaysa skor; "1" puan olarak değerlendirilmektedir.
- 0°-60° arasında ekstansiyonda veya 100°'den fazla fleksiyonda ise skor; "2" puan olarak değerlendirilmektedir.
- Vücudun orta bölgesinin hizasında çalışıyorsa ya da yanlara doğru açılıyorsa; toplam alt kol skoruna "1" puan eklenmektedir.

Şekil 1.17'de RULA yönteminde analiz edilen alt kol duruşları gösterilmektedir.



Şekil 1.17. RULA yönteminde analiz edilen alt kol duruşları [102]

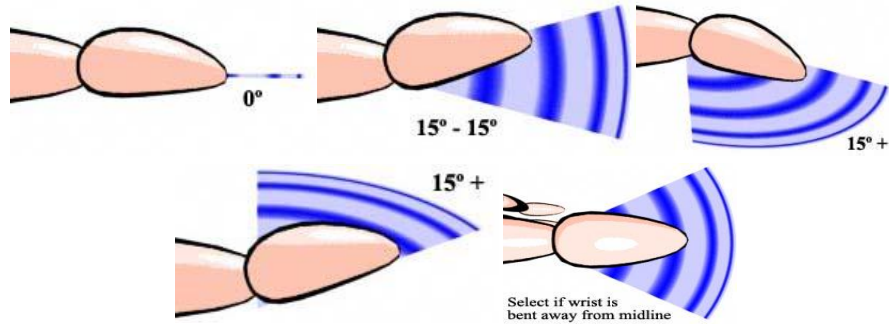
Bileğin hareket alanı ise HSE (Health and Safety Executive) (1990)'nin çalışmalarından yararlanılarak belirlenmiştir [104].

- Bilek nötral pozisyonda ise skor; “1” puan olarak değerlendirilmektedir.
- Bilek 15° fleksiyonda ya da ekstansiyonda ise skor; “2” puan olarak değerlendirilmektedir.
- Bilek 15°’den daha fazla ekstansiyonda ya da fleksiyonda ise skor; “3” puan olarak değerlendirilmektedir.
- Bilek yatay ekseninden sağa ya da sola doğru eğilmişse; toplam bilek skoruna “1” puan eklenmektedir.

Bileğin dönme şekli ise; Tichauer (1976)'in çalışmasından yararlanılarak belirlenmiştir [103].

- Eğer bilek, dönme alanının ortasına yaklaşmış ise skor; “1” puan olarak değerlendirilmektedir.
- Eğer bilek, en fazla dönebileceği alana yaklaşmış ya da sonunda ise skor; “2” puan olarak değerlendirilmektedir.

Şekil 1.18’de RULA yönteminde analiz edilen bilek duruşları gösterilmektedir.



Şekil 1.18. RULA yönteminde analiz edilen bilek duruşları [102]

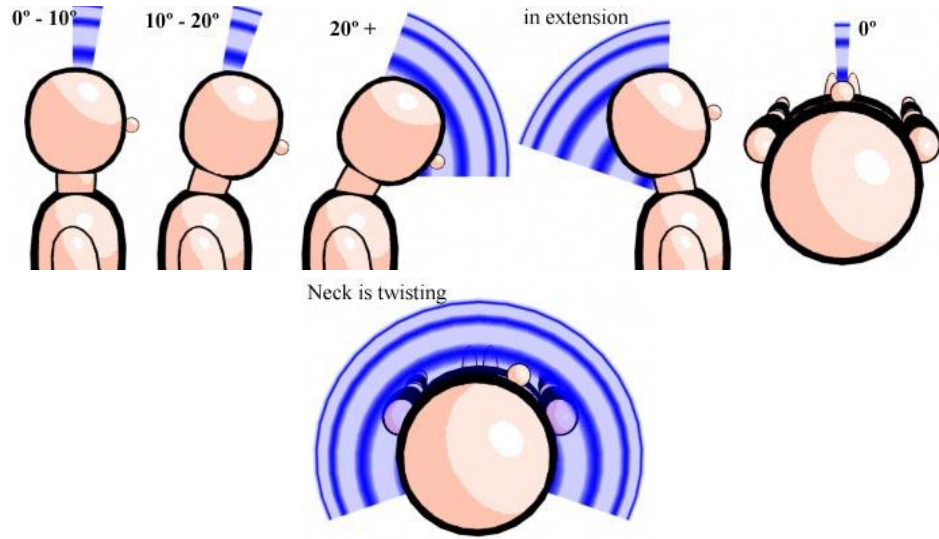
Grup B

Grup B, bu grupta yer alan vücut bölümlerinin skorlarla değerlendirildiği diyagramlardan oluşmaktadır [96]. Grup B’de yer alan boyun skorları Chaffin (1973) [98] ve Kilbom’un (1986) [105] çalışmalarından yararlanılarak belirlenmiştir.

Boyun;

- 0° - 10° arasında fleksiyonda ise skor; “1” puan olarak değerlendirilmektedir.
- 10° - 20° arasında fleksiyonda ise skor; “2” puan olarak değerlendirilmektedir.
- 20° veya daha fazla fleksiyonda ise skor; “3” puan olarak değerlendirilmektedir.
- Ekstansiyonda ise skor; “4” puan olarak değerlendirilmektedir.
- Eğer boyun dönmüş ise; toplam boyun skoruna “1” puan eklenmektedir.
- Eğer boyun yanlara doğru eğik ise; toplam boyun skoruna “1” puan eklenmektedir.

Şekil 1.19’da RULA yönteminde analiz edilen boyun duruşları gösterilmektedir.



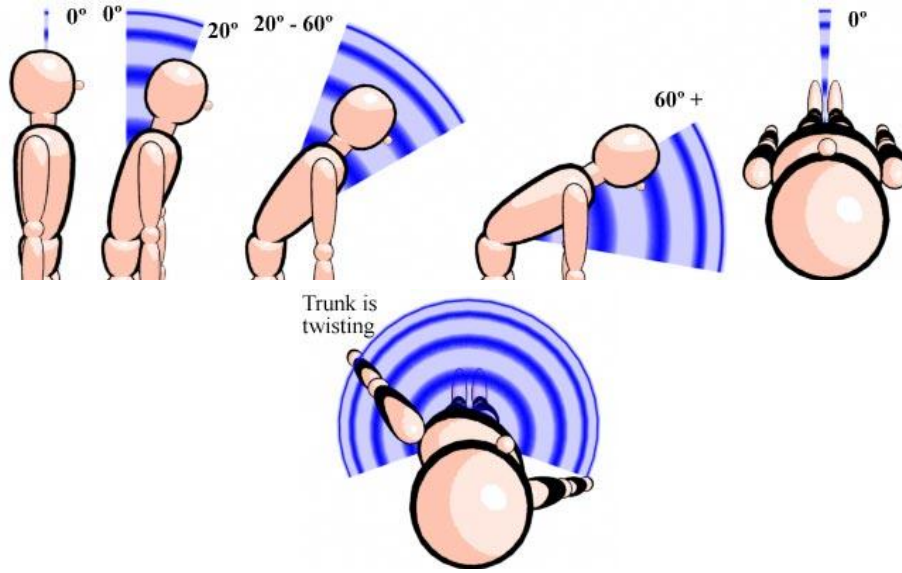
Şekil 1.19. RULA yönteminde analiz edilen boyun duruşları [102]

Gövdenin hareket alanı ise; Drury ve Grandjean (1987) [106]’ın çalışmalarından esinlenerek belirlenmiştir.

- Oturarak ya da ayakta ve iyi desteklenmiş bir şekilde 90° açı yapan bir gövde duruşu söz konusu ise skor; “1” puan olarak değerlendirilmektedir.
- Gövde, 0° - 20° arasında fleksiyonda ise skor; “2” puan olarak değerlendirilmektedir.
- Gövde, 20° - 60° arasında fleksiyonda ise; skor; “3” puan olarak değerlendirilmektedir.
- Gövde, 60° ’den daha fazla fleksiyonda ise skor; “4” puan olarak değerlendirilmektedir.

- Eğer gövde dönmüş ise; toplam gövde skoruna “1” puan eklenmektedir [96].
- Eğer gövde yana eğilmiş ise; yine toplam gövde skoruna “1” puan eklenmektedir [96].

Şekil 1.20’de RULA yönteminde analiz edilen gövde duruşları gösterilmektedir.



Şekil 1.20. RULA yönteminde analiz edilen gövde duruşları [102]

Bacak skorları ise aşağıdaki gibidir [96]:

- Bacaklar ve ayaklar iyi bir şekilde desteklenmiş ve otururken vücut ağırlığı iki bacağı/ayağa eşit dağılmış ise skor; “1” puan olarak değerlendirilmektedir.
- Vücut ağırlığı iki ayağa eşit olarak dağılmış ise ve pozisyon değişikliği için yer varsa skor; “1” puan olarak değerlendirilmektedir.
- Bacaklar ve ayaklar desteklenmemiş ve ağırlık eşit dağılmamış ise skor; “2” puan olarak değerlendirilmektedir.

İkinci Aşama: Vücut segmentlerinin (A Grubu ve B Grubu) skorlarını gruplandırmak için yöntem geliştirilmesi

Grup A ve Grup B’de yer alan vücut bölümlerinin duruşları yukarıda anlatıldığı gibi muhtelif skorlarla değerlendirildikten sonra sırasıyla; Skor A ve Skor B değerleri elde edilmektedir. Skor A; Grup A’da yer alan vücut bölümlerinin sergiledikleri duruşların skorlarının kesiştirilmesiyle elde edilen bir skordur. Skor A, Tablo A’dan

hesaplanmaktadır [96]. Aşağıda yer alan Tablo 1.21’de, Tablo A skorları gösterilmektedir.

Tablo 1.21. RULA Tablo A skorları [96]

Üst Kol	Alt Kol	Bilek Duruşu Skoru							
		1		2		3		4	
		Bilek Dönme		Bilek Dönme		Bilek Dönme		Bilek Dönme	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	3	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Skor B ise; Grup B’de yer alan vücut bölümlerinin sergiledikleri duruş skorlarının kesiştirilmesiyle elde edilen skordur. Skor B, Tablo B kullanılarak hesaplanmaktadır. Aşağıda yer alan Tablo 1.22’de, Tablo B skorları yer almaktadır.

Tablo 1.22. RULA Tablo B skorları [96]

Boyun Duruşu Skoru	Gövde Duruşu Skoru											
	1		2		3		4		5		6	
	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	8	9	9	9

Tablo 1.21 ve Tablo 1.22’den Skor A ve Skor B hesaplandıktan sonra; kas kullanımı ve yük skorları sırasıyla Skor A ve Skor B’ye ayrı ayrı eklenerek Skor C ve Skor D elde edilmektedir. Skor C ve Skor D hesaplamaları, Eşitlik (1.12) ve (1.13)’deki gibi;

$$Skor A + KKS + YS = Skor C \quad (1.12)$$

$$Skor B + KKS + YS = Skor D \quad (1.13)$$

şeklinde yapılmaktadır [96].

Eşitlik (1.12) ve (1.13)’de yer alan ifadeler aşağıda açıklanmaktadır.

KKS: Kas kullanım skoru,

YS: Yük skoru

RULA yönteminde, kas kullanımı skoruyla anlatılmak istenen; 1 dk.’da 4 defadan fazla aynı hareketin yapılıp yapılmadığının belirlenmesidir. Bu kapsamda, sergilenen duruş statikse; yani 1 dk.’dan fazla aynı duruş sergileniyorsa; kas kullanım skoru olarak; Skor A veya Skor B’ye “1” puan ekleme yapılmaktadır [96].

Yine yöntemde, yük skoruyla anlatılmak istenen; el aleti kullanıldığı durumlarda ya da bir ağırlıkla birlikte işlem yapılması gerektiği durumlarda ortaya çıkan

zorlanmanın değerlendirilmesidir. Bu aralıklar, Putz-Anderson (1988) ve Stevenson-Baidya (1987)'nin çalışmalarından yararlanılarak belirlenmiştir [107] [108].

Bu kapsamda; çalışma duruşlarında kullanılan el aletinin ağırlığı, kullanılma süresi ve kasların iyileşme süresi göz önünde tutularak maruz kalınan yük ya da harcanan kuvvet;

- 2 kg. ya da daha az ise; skor "0" olarak değerlendirilmektedir.
- 2-10 kg. arasında ise; skor "1" olarak değerlendirilmektedir.
- 2-10 kg. arasında statik ya da tekrarlı ise; skor "2" olarak değerlendirilmektedir.
- Aralıklarla yüke maruziyet ya da kuvvet harcanması söz konusu ise ve söz konusu yük 10 kg'dan fazla ise; skor "2" olarak değerlendirilmektedir.
- Yüke maruziyet 10 kg'dan fazla ve statik ya da tekrarlıysa; skor "3" olarak değerlendirilmektedir.
- Eğer hızlı bir şekilde yüke maruziyet ya da kuvvet harcanması söz konusu ise; skor "3" olarak değerlendirilmektedir.

Üçüncü Aşama: Nihai (ana) skoru ve eylem seviyesini belirlemek için yöntem geliştirilmesi

Skor C ve D'nin ana skor tablosunda kesiştirilmesiyle RULA skoru elde edilmektedir. Ana skor; 1-7 arasında bir değer almaktadır. Yöntem kapsamında, 1-7 arası dört farklı eylem seviyesine ayrılmıştır [96].

Eylem seviyesi 1: Ana skor "1" veya "2"dir. Sergilenen çalışma duruşu kabul edilebilir bir duruştur. Söz konusu duruş, uzun süreler boyunca sergilenmemektedir. Dolayısıyla herhangi bir tehlike söz konusu değildir.

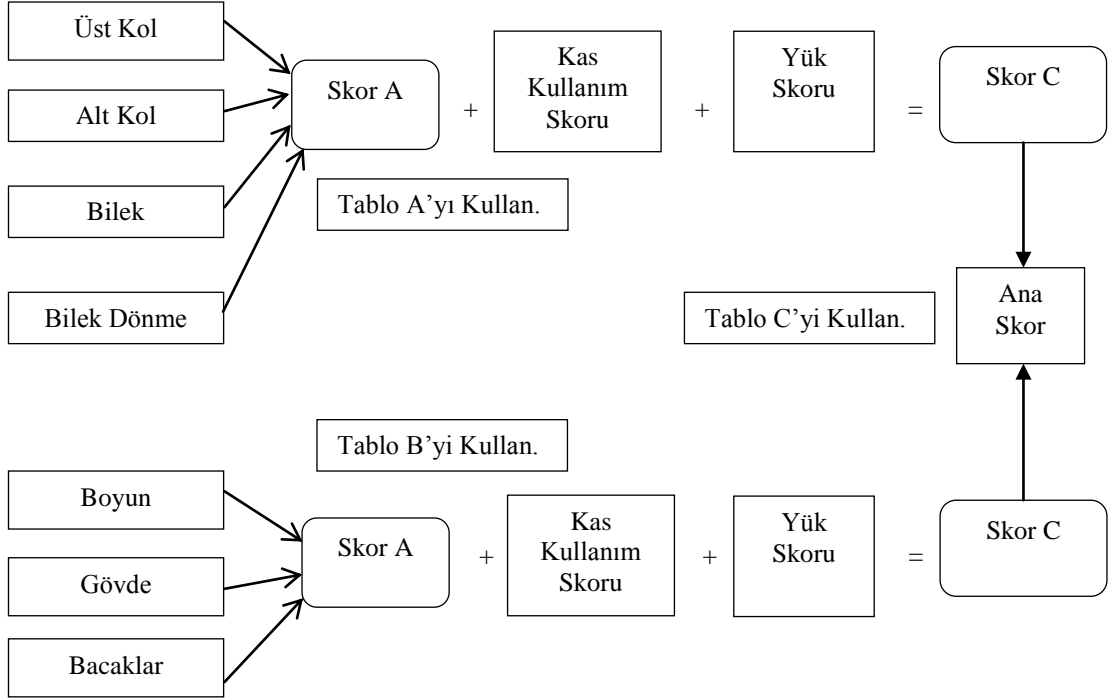
Eylem seviyesi 2: Ana skor "3" ya da "4"tür. Çalışma duruşu üzerinde daha fazla araştırma yapmak gereklidir ve iyileştirme yönünde değişimler yapılmalıdır.

Eylem seviyesi 3: Ana Skor "5" ya da "6"dır. İyileştirmeler en kısa zamanda yapılmalıdır.

Eylem seviyesi 4: Ana Skor "7"dir. İyileştirmeler hemen yapılmalıdır.

Tablo 1.23’de RULA yönteminin skor değerlendirme sistemi toplu halde yer almaktadır.

Tablo 1.23. RULA yönteminin skor değerlendirme sistemi [96]

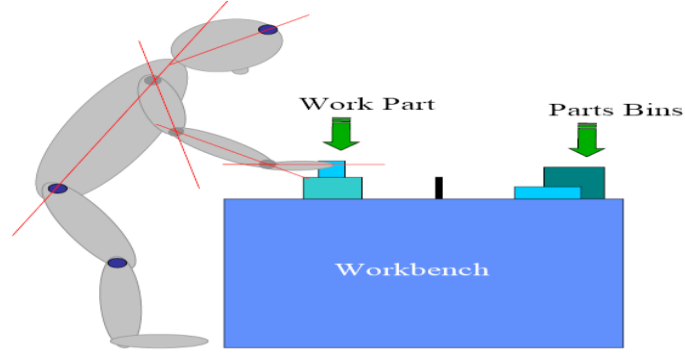


Skor C ve Skor D ise; Tablo C’de keşitirilerek ana skor elde edilmektedir. Tablo 1.24’de, Tablo C skorları (Nihai Skor Tablosu) yer almaktadır.

Tablo 1.24. RULA nihai skor tablosu [109]

		Skor D (Boyun, Gövde, Bacak)						
		1	2	3	4	5	6	7+
S k o r C	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	5	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8	5	5	6	7	7	7	7

Aşağıda yer alan Şekil 1.21’de, RULA yöntemi kullanılarak değerlendirilen örnek bir çalışma duruşuna yer verilmiştir.



Şekil 1.21. Örnek bir çalışma duruşu [109]

Örnek Çalışma Duruşu için Grup A Değerlendirmesi

- Şekil 1.21'den de görüldüğü gibi çalışan üst kolunu, RULA yönteminin üst kol duruşlarına göre "2" (20° - 45° arası) skoruna sahip duruşta tutmaktadır.
- Yine şekle göre; alt kolun 100° 'den fazla fleksiyonda çalıştığı değerlendirilmektedir. Bu duruş, RULA yönteminde yer alan alt kol duruşlarından; "2" skoruna sahip duruşa karşılık gelmektedir.
- İlk olarak Tablo A'da üst kol skoru işaretlenmiştir, daha sonra üst kol skorunun yanındaki alt kol skoru işaretlenmiştir.
- Bilek duruşunun ise; -15° 'den ve $+15^{\circ}$ 'den fazla fleksiyon ve ekstansiyon hareketini gerçekleştirdiği değerlendirilmiştir ve "3" skoruna sahip duruş, bilek duruşları arasından seçilmiştir.
- Tablo A'da bilek skoru "3"ün altındaki "1" skoru (bileğin dönme alanının ortasında olduğu düşünülmüştür.) seçilmiştir ve "1" skoru ile alt kola ait olan "2" skoru kesiştirilmiş ve Skor A; "3" olarak hesaplanmıştır.
- "3" skoruna yapılan iş, bir dakikadan uzun statik duruşa sahip olduğu için "1 puan" eklenerek RULA'nın Tablo A'dan bakılarak belirlenen C skoru; "4" olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1.25'de Skor C'nin hesaplama aşamaları yer almaktadır.

Tablo 1.25. Örnek çalışma duruşu için Tablo A skorları [109]

Üst Kol	Alt Kol	Bilek Duruşu Skoru							
		1		2		3		4	
		Bilek Dönme	Bilek Dönme	Bilek Dönme	Bilek Dönme	Bilek Dönme	Bilek Dönme	Bilek Dönme	Bilek Dönme
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	3	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Daha sonra söz konusu örnek duruş, Grup B segmentlerine göre incelenmiştir [85].

Örnek çalışma duruşu için grup B değerlendirmesi

- Çalışanın boyun duruşunun 20°'den fazla fleksiyonda olduğu düşünüldüğü için boyun duruşları arasından “3” skoruna sahip duruş seçilmiştir.
- Gövde duruşunun ise; 20° ile 60° arası fleksiyonda olduğu değerlendirildiği için “3” skoruna sahip gövde duruşu seçilmiştir.
- Bacak duruşlarından ise; bacakların desteklenmiş ve dengeli bir pozisyona uygun olarak durduğu düşünüldüğü için “1” skoruna sahip bacak duruşu seçilmiştir.
- Tablo B’de, boyun duruşu skoru olan “3” işaretlenmiş, gövde duruşu skoru olan “3”ün altındaki bacak duruşu skoru olan “1” işaretlenmiş ve boyun skoru ile kesştirilmiştir. Böylece; Skor B olarak “4” skoru elde edilmiştir.
- “4” skoruna, yapılan iş bir dakikadan uzun statik duruşa gereksinim duyduğu için “1 puan” eklenerek; Skor D “5” olarak hesaplanmıştır.
- Daha sonra, nihai skor tablosunda (Tablo C) Skor C’nin değeri olan “4” ile Skor D’nin değeri olan “5” kesştirilerek; nihai skor değeri olarak “5” skoru elde edilmiştir.

- “5” skoru, ana RULA skorunu vermektedir ve risk seviyesi ya da eylem seviyesini belirlemektedir.

Tablo 1.26’da Skor D’nin hesaplanma aşamaları yer almaktadır.

Tablo 1.26. Örnek çalışma duruşu için Tablo B Skorları [109]

Boyun Duruş Skoru	Gövde Duruşu Skoru											
	1		2		3		4		5		6	
	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar	Bacaklar
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	8	9	9	9

Nihai skorun hesaplandığı Tablo C ise Tablo 1.27’de yer almaktadır. Bilindiği gibi Tablo C’de Skor C ile Skor D kesiştirilmektedir.

Tablo 1.27. Örnek çalışma duruşu için Tablo C Skorları [109]

	Skor D							
	1	2	3	4	5	6	7+	
S	1	1	2	3	3	4	5	5
k	2	2	2	3	4	4	5	5
o	3	3	3	3	4	5	5	6
r	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
C	7	5	5	6	6	7	7	7
	8	5	5	6	7	7	7	7

Elde edilen eylem seviyesi; üçüncü eylem seviyesidir. Buradan gerçekleştirilen iş için değişikliklerin yakın zamanda yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Çünkü yapılan iş kapsamında sergilenen çalışma duruşu tehlikelidir.

RULA yönteminde iş seçimi yapılırken; en fazla tekrar eden ya da en fazla yükün olduğu iş belirlenmektedir. En yüksek risk seviyesine sahip işin seçimi, sergilenen

en uzun duruşa ya da en fazla duruşsal sapmanın olduğu işe göre de yapılabilmektedir. Uzun iş süreçlerinde ise; düzenli aralıklarla gözlemler alınabilmektedir. Belirli aralıklarla gözlem alınması söz konusu ise; farklı duruşlarda geçen zamanların yüzde olarak değeri belirlenmelidir [96].

RULA yöntemi ile belli bir sürede vücudun tek bir yanı gözlemlenmektedir. Ancak, gözlemci isterse iki yanı birden gözlemleyebilmektedir [96]. Sağ ve sol yan bir arada gözlemlendiğinde elde edilen sonuçlar yaklaşık sonuçlar olmaktadır ve analiz fazla zaman almaktadır. Bilindiği gibi yöntem gözleme dayalı olarak gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, iki yanı aynı anda gözlem yoluyla değerlendirmek oldukça zor olmaktadır.

RULA yönteminin en önemli avantajı; uygulanması için özel bir araç gerektirmemesidir. Uzman bir gözlemci tarafından iş yapıldığı sırada gözlemlenmekte ve birkaç basit soru listeyi doldurmak için sorulmaktadır. Duruşlar, uygulanan kuvvetler ve sıklıklar arasındaki etkileşimi hesaplamak için ampirik veriler kullanılmamaktadır [110].

RULA yönteminin sınırları ise aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

1. Odak noktası üst ekstremitte ve gövdedir.
2. Görev zamanının belli bir noktası için dikkate alınmaktadır.
3. RULA yönteminde, hareket aralıklarını değerlendirirken belirli sınırlar söz konusudur. Örneğin, üst kolun 20° fleksiyonu düşük bir skorla sonuçlanırken 21° için durum belirsizdir.
4. Bu yöntem, görevin süresini, dinlenme zamanını ve titreşimi dikkate almamaktadır.
5. Yöntemde, bacakların dizden bükülme açıları dikkate alınmamaktadır. Oysaki bu durum, operatörün yüke dayanım süresini büyük ölçüde etkilemektedir.
6. Yöntem, gözleme dayalı bir şekilde gerçekleştirildiği için elde edilen sonuçların kesinliği tartışmalıdır.
7. Yöntem açısından farklı işlerde yapılacak uygulamalar için en iyi gözlem süresi ve gözlem aralıkları belirsizdir.

RULA yönteminde yer alan veri kümelerine göre; üst kol için “6”, alt kol için “3”, bilek için “4”, bilek dönmesi için “2”, boyun için “6”, gövde için “6” ve bacaklar için “2” olmak üzere; toplam “10.368” adet farklı duruş kombinasyonu söz konusudur.

RULA yöntemi, montaj işlerinde, üretim kapsamındaki işlerde, dikim işlerinde, depolama ve istifleme işlerinde, telefon ve ultrasound operatörlerinin işlerinde, bankacılık sektöründeki muhtelif işlerde, ofis işlerinde, diş hekimliği faaliyetlerinde ve halı dokuma faaliyetlerinin analizinde kullanılabilen bir yöntemdir. Tablo 1.28’de çalışma duruşu analiz yöntemleri özet ve karşılaştırmalı olarak görülmektedir.

Tablo 1.28. Çalışma duruşu analiz yöntemleri özet tablosu

Değerlendirme Kriterleri	QECK	JSI	REBA	RULA	OWAS	Revised NIOSH	Snook's Tables
Başlık	Quick Exposure Check	Job Strain Index	Rapid Entire Body Assessment	Rapid Upper Limb Assessment	Owako Working Posture Analyzing	Revised National Institute and Occupational Health Lifting Equation	Snook's Tables
Tipi	Kontrol listesi	Risk değerlendirme	Risk değerlendirme	Risk değerlendirme	Risk değerlendirme	Formüller yolu ile	Tablolar yolu ile
Ana özelliği	İşçi cevapları ile ana vücut bölgelerindeki zorlanma seviyelerinin belirlenmesi	İş görevleri için altı maruziyet faktörünün birleştirilmiş indeksi	Değerlendirme için eylem seviyelerini kullanarak vücut duruşlarının ve kuvvetin kategorilendirilmesi	Değerlendirme için eylem seviyelerini kullanarak vücut duruşlarının ve kuvvetin kategorilendirilmesi	Vücut duruşları ve kuvvet için zaman örnekleme	Elle gerçekleştirilen işler için biyomekanik yüklenme ile ilişkili duruşların ölçülmesi	Kaldırma işlerinde bayan ve erkek çalışanlar için popülasyon yüzdelerinin belirlenmesi
Değerlendirilen vücut kısımları	Sırt, eller, bilekler	Distal üst ekstremité	Gövde, boyun, bacaklar, kollar	Gövde, omuzlar, kollar, boyun	Sırt, baş, kollar, bacaklar	Eller	Sırt, gövde, omuzlar, ayaklar, eller
Gerekli olan araçlar	Kontrol listesi	Kamera ve kornometre idealdir fakat gerekli değildir.	REBA formu ve tabloları	RULA formu ve tabloları	Software	Hesap makinesi	Kuvvet ölçer ve kronometre

Tablo 1.28. (Devam). Çalışma duruşu analiz yöntemleri özet tablosu

Değerlendirme Kriterleri	QECK	JSI	REBA	RULA	OWAS	Revised NIOSH	Snook's Tables
Referans	Li G, Buckle P. Evaluating Change in Exposure to Risk for Musculoskeletal Disorders—A Practical Tool, Suffolk: HSE Books, 1999; CRR251.	Moore JS, Garg A., The Strain Index: A Proposed Method of Analyzing Jobs for Risk of Distal Upper Extremity Disorders, American Industrial Hygiene Association Journal, 1995, 56(5), 443-458.	Hignett S, McAtamney L., Rapid Entire Body Assessment (REBA), Appl Ergon., 2000, 31, 201–205.	McAtamney, L. and Corlett, E. N., RULA: A Survey Method for The Investigation of Work-related Upper Limb Disorders, Applied Ergonomics, 1993, 24(2), 91-99.	Karhu O, Kansil P, Kuorinka I., Correcting Postures in Industry: A Practical Method for Analysis. Appl Ergon., 1977, 8, 199–201.	Waters T, Putz-Anderson V, Garg A, Fine L., Revised NIOSH Equation for The Design and Evaluation of Manual Lifting Tasks, Ergonomics, 1993, 36, 749–766.	Snook S., Vaillancourt D., et al., Psychophysical Studies of Repetitive Wrist Flexion and Extension, Ergonomics, 38(7), 1999, 1488-1507.
Duruş	X	X	X	X		X	X
Kuvvet/Güç	X	X	X	X	X	X	X
Hareket Sıklığı	X	X	X	X	-	X	-
Süre	X	X	-	-	-	X	-

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Tez çalışması kapsamında; çalışma ortamında MKİSR'nın ortaya çıkmasında önemli bir rol oynayan ve biyomekanik risk faktörleri kapsamına giren, “uygun olmayan çalışma duruşu” alt faktörü üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda, uygun olmayan çalışma duruşlarını analiz etmek için kullanılan yöntemler araştırılmış ve söz konusu yöntemler arasından RULA yöntemi, performansının, etkinliğinin artırılması ve kullanıcı etkisinden arındırılması amacı ile geliştirilmek üzere seçilmiştir.

Literatürde RULA yöntemine ilişkin az sayıda çalışma bulunmaktadır. Ayrıca, yöntemin öznel değerlendirmelerden kaynaklanan geçerlilik ve güvenilirliğinin artırılması ihtiyacı, az sayıda yapılan her çalışma tarafından belirtilmektedir. Bununla birlikte söz konusu çalışmalarda, farklı işler kapsamında yöntemle ilişkin “en iyi gözlem zamanı” ve “gözlem aralığı” bilgilerinin belli olmaması eleştirileri de çalışılması gereken konular olarak dikkati çekmiştir. Tablo 2.1’de RULA yöntemine ilişkin bugüne kadar yapılan çalışmalar yer almaktadır.

Tablo 2.1. RULA yöntemine ilişkin yapılan çalışmalar

Çalışmanın Adı	Yazarı	Kaynak	Gözlenen Sayısı	Gözlem Süresi	Gözlem Aralığı	Toplam Gözlem Süresi	Gözlem Yöntemi	Uygulanan yer
Prevalence of Upper Extremity Musculoskeletal Symptoms and Ergonomic Risk Factors at A Hi-Tech Company in Israel	Kerem SHUVAL, Milka DONCHIN	International Journal of Industrial Ergonomics 35, 2005, 569-581.	84	30 dk./2 kere	1 saat	9 saat/gün 12 saat/gün	Kişi	VDT çalışanları
Comparision of Methods RULA and REBA for Evaluation of Postural Stress in Odontological Services	Fernanda DINIZ DE SA, Maria Adelaide DO NASCIMENTO, Ana Carolline Carvalho DE MELO, Juliana da Costa SANTOS, Paulo Jose ADISSI	Third International Conference on Production Research- Americas' Region 2006 (ICPR-AM06).	118 duruş fotoğrafı	-	30 sn.	-	Fotoğraf	Diş hekimliği öğrencileri
Musculoskeletal Problems Among Workers of An Iranian Communication Company	Alireza CHOOBINEH, Sayed Hamidreza TABATABAEI, Marzieh TIZIHIAN, Fatemeh GHADAMI	Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine, 11, 2007-1, 32-36.	85	-	-	-	Video	Montaj hattında ve kapalı devre TV hattında çalışanlar
Ergonomic Intervention in Carpet Mending Operation	Alireza CHOOBINEH, Reza TOSIAN, Zahra ALHAMDI, Mohammadhassan DAVARZANIE	Applied Ergonomics, 35, 2004, 493-496.	8	30 dk.	-	-	Gözlemci	Halı dokumacıları

Tablo 2.1. (Devam). RULA yöntemine ilişkin yapılan çalışmalar

Çalışmanın Adı	Yazarı	Kaynak	Gözlenen Sayısı	Gözlem Süresi	Gözlem Aralığı	Toplam Gözlem Süresi	Gözlem Yöntemi	Uygulanan yer
RULA: A Survey Method for The Investigation of Work-related Upper Limb Disorders	Lynn MCATAMNEY, E. Nigel CORLETT	Applied Ergonomics, 24-2, 1993, 91-99.	16	40 dk.	Her gün aynı zamanda	4 hafta	Gözlemci	Bilgisayar veri girişi yapanlar
Investigation of Work-related Disorders in Truck Drivers Using RULA Method	M. MASSACCESSI, A.PAGNOTTA, A. SOCCETTI, M. MASALI, C. MASIERO, F. GRECO	Applied Ergonomics, 34, 2003, 303-307.	77	-	-	-	Gözlemci	Çöp toplama aracı ve cadde temizleme aracını kullanan operatörler
Contribution of Positioning to Work-related Musculoskeletal Discomfort in Diagnostic Medical Sonographers	Shawn C. ROLL, Lauren SELHORST, Kevin D. EVANS	Work: A Journal of Prevention Assessment and Rehabilitation, 2013.	24	-	-	-	Gözlemci	Ultrasound teknisyenleri
Evaluation of Upper Limb Musculoskeletal Loads Due to Posture, Repetition and Force by Rapid Upper Limb Assessment in A Textile Factory	Seyyed Ali Moussavi NAJARKOLA, Ramazan MİRZAEİ	Journal of Health Scope, 1(1), 2012, 18-24.	566	-	-	-	Gözlemci	Tekstil çalışanları

Tablo 2.1. (Devam). RULA yöntemine ilişkin yapılan çalışmalar

Çalışmanın Adı	Yazarı	Kaynak	Gözlenen Sayısı	Gözlem Süresi	Gözlem Aralığı	Toplam Gözlem Süresi	Gözlem Yöntemi	Uygulanan yer
Comparison of Ergonomic Risk Assessment Outputs From Rapid Upper Limb Assessment and The Strain Index For Tasks in Automotive Assembly Plants	Philip DRINKAUS, Richard SESEK, Donald BIOSWICK, Tom BERNARD, Bob WALTON, Brad JOSEPH, Gordon REEVE, Joyce Hall COUNTS	Work: A Journal of Prevention Assessment and Rehabilitation, 2003, 21(2), 165-172.	244	-	-	-	Gözlemci	Otomobil Montaj Firması
An Investigation of Reliability of Rapid Upper Limb Assessment (RULA) As A Method Of Children's Computing Posture	Sara DOCKRELL, Elenor O'GRADY, Kathleen BENNETT, Clare MULARKEY, Rachel Mc CONNELL, Rachel RUDDY, Seamus TWOMEY, Colleen FLANNERY	Applied Ergonomics, 2012, 43(3), 632-636.	24	-	-	-	Gözlemci	İlköğretim okulu
Computer-related Posture and Discomfort in Primary School Children: The Effects of A School-based Ergonomic Intervention	Sara DOCKRELL, Deirdre EARLE, Rose GALVIN	Computer and Education, 2010, 55, 276-284.	23	-	-	-	Gözlemci	İlköğretim okulu
Correlation Between Risk Factors and Musculoskeletal Disorders Among Classical Musicians	Y. KAUFMAN-COHEN N.Z. RATZON	Occupational Medicine, 2011, 61(2), 90-95.	51	-	-	-	Gözlemci	Müzisyenler

Tablo 2.1’de yer alan ve SHUVAL ve DONCHIN (2005) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, görsel sergileme terminali (bilgisayar) (visual display terminal-VDT) çalışanlarında görülen üst ekstremitte kas-iskelet semptomları ile kişisel faktörleri, organizasyonel faktörleri ve stres faktörlerini içeren ergonomik risk faktörleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Araştırmaya bilgisayar programcıları, müdürler, yöneticiler ve pazarlama uzmanlarından oluşan “84” çalışan katılmıştır. Semptomlara ve ergonomik risk faktörlerine ilişkin bilgiler, Nordic Kas-İskelet Anketi (Nordic Musculoskeletal Questionnaire-NMQ) kullanılarak toplanmıştır. Çalışma duruşları ise; RULA yöntemi ile analiz edilmiştir. Söz konusu analiz, günde “9” saat ve “12” saat çalışanlara ayrı ayrı, birer saat aralıklarla “30”ar dk. gözlem yapılarak gerçekleştirilmiştir. RULA analizi sonucunda, çalışanlarda aşırı duruşsal yüklenme olduğu ortaya çıkmıştır. El, bilek ve parmak semptomlarının RULA’nın kol-bilek skorlarına bakılarak, VDT ile birlikte günde “7,1” ila “9” saat arasında çalışanlarda ve firmada iki yıldan fazla çalışanlarda daha sık görüldüğü belirlenmiştir. Boyun ve omuz semptomlarının ise cinsiyete, günde on saatten fazla çalışmaya ve firmada iki yıldan fazla çalışmaya bağlı olarak ortaya çıktığı belirlenmiştir [111].

DINIZ DE SA ve diğ. (2006)’nin gerçekleştirdikleri çalışmada ise; diş hekimliği öğrencilerinin çalışma duruşları REBA ve RULA yöntemleriyle incelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Öğrenciler, işlerini yaptıkları herhangi bir zamanda gözlemlenmişlerdir. Öğrenciler tarafından gerçekleştirilen aktiviteler “30 sn.”de bir fotoğraflanmış ve “118” adet fotoğraf elde edilmiştir. Fotoğraflar incelendiği zaman, RULA yöntemi sonucunda “5,5” ve REBA yöntemi sonucunda ise “7,1” skoru elde edilmiştir. Bu kapsamda RULA yöntemine göre; analiz edilen iş için değişiklikler ve iyileştirmeler kısa zamanda yapılmalıdır. REBA yöntemine göre ise; yapılan iş için orta düzeyde bir risk söz konusudur ve değişiklikler yapılmalıdır. Çalışma sonucunda, RULA metodunun üst ekstremiteye odaklanması nedeniyle diş hekimliği aktivitelerinin analizi için daha uygun olacağı belirlenmiştir [112].

CHOOBINEH, ve diğ. (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise; iletişim sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın montaj ve kapalı devre TV bölümlerinde çalışan ve rastgele seçilen 85 çalışana MKİSR sıklığını belirlemek için NMQ uygulanmıştır. Bununla birlikte; fiziksel maruziyeti belirlemek için de RULA yöntemi kullanılmıştır. Anket sonucunda en çok MKİSR görülme sıklığı sırasıyla

omuzlarda (% 73), dizlerde (% 67,1) ve sırt bölgesinde (% 66,7) ortaya çıkmıştır. RULA yöntemi sonucunda ise; ana skorların % 88,1'i "3" ve "4" skoru olarak ortaya çıkmıştır. RULA analizi yapılırken çalışanların video kayıtları alınmıştır. Daha sonra, kayıtlar izlenmiş ve uygun olmayan duruşlar seçilerek analiz edilmiştir. Her bir duruş için RULA nihai skoru hesaplanmıştır. Çalışmada, video kayıt süresi ve aralığına ilişkin bilgi verilmemiştir. Sonuç olarak; ergonomik düzenleme ile MKİSR sıklığının ve yüksek RULA skorlarının azaltılacağı belirlenmiştir [113].

CHOOBINEH, ve diğ. (2004) tarafından yapılan çalışma ise; bir halı dokuma atölyesinde iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamaya 12 iş istasyonundan 72 erkek çalışan katılmıştır. Çalışanlara NMQ uygulanarak iş istasyonuna ilişkin bilgiler toplanmıştır. Bununla birlikte iş analizi yapılarak; halı dokuma işi 14 farklı göreve ayrılmıştır. Bu görevler arasından en fazla gerçekleştirilen dört görev belirlenerek; RULA analizine tabi tutulmuştur. İkinci aşamada ise; çalışma şartlarını iyileştirmek için yeni bir çalışma masasının tasarlanmasına karar verilmiştir. Bunun için rastgele seçilen 30 çalışanın antropometrik özellikleri temel alınmıştır. Tasarlanan çalışma masasını test etmek için 8 deneyimli çalışan rastgele seçilmiştir. Her bir çalışan, birinci aşamada belirlenen ve en fazla yapılan dört görevi 30 dk. boyunca gerçekleştirmiştir. Çalışma masasında sergilenen çalışma duruşları yine RULA yöntemi ile analiz edilmiş ve eski yöntem sonuçları ile yeni tasarım sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışanların % 42'si ve % 78'i yeni iş istasyonundaki duruşları sırasıyla "iyi" ve "çok iyi" olarak değerlendirmiştir. % 57'si ise; masada çalışmanın geleneksel yöneme göre daha iyi olduğunu belirtmiştir [114].

MCATAMNEY ve CORLETT (1993) tarafından yapılan çalışma ise; RULA yönteminin geliştirildiği ve ilk kez tanıtıldığı çalışmadır. Yöntemin güvenilirliği ve geçerliliği laboratuvar ortamında, video sergileme ünitesi (bilgisayar) (video display unit-VDU) temelli veri giriş faaliteyi analiz edilerek incelenmiştir. Bu kapsamda 1 bayan, 15 erkek çalışan iki farklı çalışma duruşunda 40 dk.lık sürelerde gözlemlenmişlerdir. Dört hafta boyunca, her gün aynı saatte, her bir çalışan 8 farklı görevi gerçekleştirirken analiz edilmiştir. Söz konusu görevler iki farklı duruşta gerçekleştirilmişlerdir. Birinci duruş, RULA skorları ile "1" olarak ifade edilen, kabul edilebilir bir duruştur. İkinci duruş ise; boyun ve ön kollarda fleksiyona sebep olan uygun olmayan bir çalışma duruşudur. Her bir görev tamamlandıktan sonra

çalışan, vücut rahatsızlık haritası (body map discomfort) yöntemini kullanarak; hangi vücut bölümünde rahatsızlık yaşıyorsa onu belirlemiştir. Vücudun sağ tarafı, veri giriş kaynağı sağ tarafta olduğu için analize tabi tutulmuştur ve elde edilen skorlar, “1 ve diğerleri” olarak iki gruba ayrılmıştır. Ayrıca, çalışanların belirledikleri rahatsızlık bölgeleri ile RULA skorları arasında doğru bir ilişki olup olmadığı araştırılmıştır. Sonuç olarak; RULA skorları ile rahatsızlık bildirimini yapılan vücut bölümleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu ve RULA yönteminin rahatsızlığın olduğu bölgeleri net bir şekilde belirleyebildiği ortaya çıkmıştır [96].

MASSACCESSI ve diğ. (2003) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise; 77 adet çöp toplama aracı operatörü ve cadde temizleme aracı operatörünün çalışma duruşları RULA yöntemi ile analiz edilmiştir. Sürücülere ve işe ilişkin bilgiler anket yolu ile toplanmıştır. RULA skorları ile yaş, antropometrik özellikler, çalışma yılı ve profesyonel sürücülük deneyimi arasındaki ilişki Pearson korelasyonu kullanılarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında iki tip araçtaki çalışma şartları incelenmiştir. Birinci tip araç, çöp toplama aracıdır ve ayarlanabilir koltuğa sahiptir. İkinci tip araç ise; cadde temizleme aracıdır ve iki çeşidi vardır. Birinci çeşitte ayarlanabilir koltuk bulunmaktadır. İkinci çeşitte ise; sabit koltuk bulunmaktadır. 38 operatör birinci tip aracı kullanmakta, 18 operatör ayarlanabilir koltuğa sahip ikinci tip aracı kullanmakta, 21 operatör de sabit koltuğa sahip ikinci tip aracı kullanmaktadır. Bütün operatörler günde 5 saat çalışmaktadırlar. Çalışmada iki tip duruş analiz edilmiştir. Birinci duruşta, iki el direksiyonun iki yanında ve sırt desteklenmiş durumdadır. İkinci duruşta, boyun ve gövde lateral olarak bükülmüştür ve öne doğru fleksiyondadır. Çöp toplama aracı operatörlerinin birinci duruşta çalışırken; % 65,8’inde boyun skoru 1’den büyük çıkmıştır. Aynı operatörlerde, boyun rahatsızlık sıklığı % 60,5 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte ki-kare yöntemi uygulanmasının ardından; RULA skorları ile rahatsızlık sıklığı arasında önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Aynı operatörlerin % 89,4’ünde gövde duruşu “1” olarak hesaplanmıştır. Gövde rahatsızlık oranı ise; % 58 olarak belirlenmiştir. Burada, skorlarla rahatsızlık sıklığı arasında bir ilişki bulunmamıştır. Benzer bir şekilde; üst kol, alt kol ve bilek için de bir ilişki belirlenmemiştir. Cadde temizleme aracı operatörlerinin ikinci duruşu sergiledikleri durumlarda, % 94,8’inde boyun skoru 1’den büyük çıkmıştır ve boyun rahatsızlık sıklığı % 87,1 olarak hesaplanmıştır.

Bununla birlikte; sıklık ve skorlar arasında önemli bir ilişki bulunmuştur. Operatörlerin % 92,3'ünde gövde skoru 1'den büyük çıkmıştır ve rahatsızlık sıklığı % 82,05 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, skorlar ve sıklık arasında önemli bir ilişki bulunduğu belirtilmiştir. Üst kol, alt kol ve bilek için ise herhangi bir ilişki bulunamamıştır. Sonuç olarak; sabit koltuklu cadde temizleme araçlarının gövde ve boyun rahatsızlıklarına yol açtığı belirlenmiştir. Çalışmada, gözlem süresi ve aralığına ilişkin herhangi bir bilgi verilmemiştir [115].

ROLL ve diğ. (baskı öncesi) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, RULA yöntemi kullanılarak ultrasoundla teşhis uygulaması sırasında 24 teknisyenin duruşları analiz edilmiştir. Gözlemlenen duruşlar, hissedilen rahatsızlık, sonografi cihazının yüksekliği, uygulama yüzeyinin yüksekliği ile ilişkilendirilmiştir. Bütün katılımcılar, çalışma gününün sonunda kas-iskelet rahatsızlığı bildirmişlerdir. Bütün RULA skorları, "3,11" ile "5,00" arasında ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak; üst ekstremitede uygun olmayan duruşların sergilenmesinin kas-iskelet rahatsızlıklarını arttırdığı belirlenmiştir. Bu nedenle; teknisyenlerin söz konusu çalışma duruşları üzerinde daha fazla inceleme ve araştırma yapılması gerektiği değerlendirilmiştir [116].

MIRZAEI ve diğ. (2012) tarafından yapılan çalışmada, bir tekstil fabrikasında çalışanların farklı görevleri gerçekleştirirken maruz kaldıkları risk faktörleri değerlendirilmiştir. Çalışmada, RULA yöntemi duruşları değerlendirmek için, NMQ ise risk faktörleriyle ilgili bilgi toplamak için kullanılmıştır. 404 erkek, 161 bayan katılımcı olmak üzere toplam 566 kişi analize katılmıştır. NMQ sonucunda % 87,8 ile en fazla MKİSR görülme sıklığı üst kolda hesaplanmıştır. Üst kolu sırasıyla; gövde (% 77), boyun (% 67), bilekler (% 56,2), alt kol (% 45,1) ve bacaklar (% 28,8) takip etmektedir. Örme, doğrudan sarma, iplik birleştirme ve dokuma işlerinin MKİSR açısından en tehlikeli işler olduğu değerlendirilmiştir. Analize ilişkin RULA skorlarının da "2" ile "4" arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuç olarak; NMQ ile elde edilen sonuçların RULA sonuçlarını desteklediği görülmüştür [117].

DRINKAUS ve diğ. (2003) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, RULA ve Zorlanma İndeksi yöntemleri, üst ekstremiteye ilişkin ergonomik risk değerlendirmesi yapmak için kullanılmıştır. 244 adet otomobil montaj görevi her iki

yöntem kullanılarak analiz edilmiş ve yöntemlerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, iki yöntemin ürettiği sonuçların benzer olmadığı görülmüştür [118].

DOCKRELL ve diğ. (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, RULA yönteminin ilköğretim çağındaki çocukların sergiledikleri duruşlar için ürettiği sonuçların gözlemciler arası ve gözlemciler içi güvenilirliği test edilmiştir. Bu kapsamda, 24 çocuğun çalışma duruşları 6 eğitimli gözlemci tarafından değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; RULA yönteminin yaş olarak daha büyük (8-12) çocuklar için ürettiği sonuçların daha küçük yaştaki çocuklara nazaran daha fazla güvenilir olduğu belirlenmiştir [119].

DOCKRELL ve diğ. (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, öğrencilerin bilgisayar kullanımı sırasında sergiledikleri duruşların iyileştirilmesine ilişkin gerçekleştirilen ergonomik iyileştirme çalışmasının etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda, iyileştirme öncesi ve sonrası olmak üzere iki farklı çalışma tasarımı değerlendirilmiştir. 9 ve 10 yaşlarındaki 23 öğrencinin çalışma duruşları RULA ile analiz edilmiştir. İş istasyonunun değerlendirmesi ise; VDU kontrol listesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yeni tasarım ile çalışma duruşlarına ve iş istasyonuna ilişkin öğrencilerden olumlu cevaplar alınmıştır. Sonuç olarak; öğrencilerin bilgisayar kullanımlarına ilişkin iyileştirme çalışmalarının devam etmesi gerektiği belirlenmiştir [120].

KAUFMAN ve RATZON (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise; profesyonel klasik müzik sanatçılarında görülen enstruman çalmaya bağlı kas-iskelet rahatsızlıkları sıklığı ile biyomekanik, çevresel, fizyolojik ve kişisel risk faktörleri arasındaki korelasyon incelenmiştir. Bu kapsamda 51 sanatçı gözlemlenmiştir. Ayrıca sanatçılara, kas-iskelet semptomları, fizyolojik faktörler ve demografiye ilişkin bilgi toplamak için anket uygulanmıştır. Çalışma duruşları RULA ile analiz edilmiştir. Nefesli çalgılar ve mızıkta çalanlara nazaran saz çalanlarda RULA skorları daha yüksek çıkmıştır. Sonuç olarak; biyomekanik risk faktörlerinin, çevresel risk faktörlerinin, enstruman ağırlığının ve haftalık çalma süresinin enstruman çalmaya bağlı gelişen kas-iskelet rahatsızlıkları üzerinde önemli etkisi olduğu görülmüştür [121].

RULA yöntemi ile ilgili yapılan söz konusu çalışmalara ilaveten LUEDER tarafından 1996 yılında gerçekleştirilen “A Proposed RULA For Computer Users” adlı çalışmada, RULA yöntemi bilgisayar kullanıcıları için yeniden tasarlanmıştır [95]. Ancak, söz konusu yöntemin yaygın bir kullanımı bulunmamaktadır. Çünkü yöntem, istatistiksel anlamda genelleme ve geçerlemeye tabi tutulmamıştır. Söz konusu yöntem, RULA yönteminde olduğu gibi gözleme dayalı bir şekilde uygulanmaktadır.

Yöntem kapsamında üst kol duruşunun analizi yapılırken; “fazla telefon kullanma” opsiyonu da değerlendirmede dikkate alınmıştır ve söz konusu durum, üst kol skorunu “1” puan arttırmaktadır. Bununla birlikte; alt kol duruşu analizinde, “negatif bir eğime sahip alçak bir klavye ile çalışma durumu” göz önüne alınmaktadır ve söz konusu durum, alt kol skorlarına “1” puan eklenmesi ile sonuçlanmaktadır. Yine bilek duruşunun analizinde, klavyenin dengesiz bir yüzeyde durması ya da klavyenin kendisinde bir denge probleminin olması durumları göz önüne alınmaktadır ve söz konusu durumlar, bilek skorlarını “1” puan arttırmaktadır. Kas kullanım skorlarında ise, “2 saatten fazla yerinden kalkmadan bilgisayar kullanımı” söz konusu ise; durum “1” skoru ile değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, çalışan düzenli olarak günde yerinden kalkmadan iki saatten fazla bilgisayar başında çalışıyorsa; kas kullanım skoruna “1” puan eklenmektedir. Uygulanan kuvvet/maruz kalınan yük değerlendirmesi ise; bilgisayar başında çalışılan süreler göre değişmektedir. Şöyle ki; “günde 4 saatten fazla 6 saatten az” bilgisayarda çalışılıyorsa; skor “1” olarak değerlendirilmektedir. Eğer “6 saatten fazla çalışılıyorsa” skor “2” olarak değerlendirilmektedir.

Tez çalışması kapsamında konuya ilişkin gerçekleştirilen literatür araştırması, “sürekli yayınlar”, “kitaplar ve tezler”, “sempozyumlar, çalıştaylar, bildiriler ve araştırma raporları” ve “internet kaynakları” olmak üzere aşağıda Tablo 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6’da yer almaktadır.

Tablo 2.2. Sürekli yayınlar

Sürekli Yayınlar			
No	Yayın Bilgileri	Yayın Adı	Yayın Konusu
1	GRAVES vd. (2004)	Development of Risk Filter and Risk Assessment Worksheets for HSE Quidance-“Upper Limb Disorders in the Workplace” 2002	Çalışmada, mesleki üst ekstremité rahatsızlıklarını önleme rehberi (2002) nin güncellenmesi nedeniyle bazı risk değerlendirme yöntemlerinde yeniden gözden geçirilerek değiştirilmesi gereken konular üzerinde durulmuştur.
2	KIRSTENSEN vd. (1997)	Criteria For Classification of Posture in Repetitive Work by Observation Methods: A Review	Çalışmada, VIRA (video film technique for registration and analysis of work postures and movements), PEO (portable ergonomic observation), HandPEO (el için portatif ergonomik gözlem), TRAC (task recording and analysis on computer), OWAS, COWAS (computerized OWAS), RULA, USA1, USA2, USA3 (American methods), olmak üzere farklı gözlem yöntemleri karşılaştırılmıştır. Söz konusu yöntemler, vücut açıları ve hareket alanları açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca, yöntemlerin içsel ve dışsal geçerlilikleri tartışılmıştır. Sonuç olarak; içsel geçerliliğin iş istasyonunda belirli şartlar sağlandığında oluştuğu ancak dışsal geçerliliğin her şartta sağlandığı anlatılmıştır. Çalışmada sadece, sıklık, hareket süreleri ve duruşlar göz önüne alınmıştır. Açısız hız ve ivme gibi diğer önemli risk faktörleri incelenmemiştir.
3	JANOWITZ vd. (2006)	Measuring The Physical Demands of Work in Hospital Settings: Design and Implementation of An Ergonomics Assessment	Çalışmada, hastanelerde gerçekleştirilen karmaşık işlerin fiziksel taleplerini değerlendirebilen yeni bir yöntem önerilmiştir. Yeni yöntemde, REBA metodu, iş örneklemeyle birleştirilmiştir. Analiz esnasında incelenecek konular Kaliforniya Üniversitesi Bilgisayar Kullanım Kontrol Listesi (University of California Computer Use Checklist) temel alınarak belirlenmiştir. Ayrıca yeni sistemde, üst ve alt vücut için söz konusu olan risk faktörlerini değerlendirmek için sisteme uygun bir skorlama algoritması geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda, geliştirilen sistemin geçerliliği kanıtlanmıştır.
4	MOORE, GANG (1998)	The Strain Index: A Proposed Method to Analyze Jobs for Risk of Distal Upper Extremity Disorders	Çalışmada, İşte Zorlanma İndeksi (Job Strain Index-JSI) yöntemi kapsamlı bir şekilde anlatılmıştır.

Tablo 2.2. (Devam). Sürekli yayınlar

Sürekli Yayınlar			
No	Yayın Bilgileri	Yayın Adı	Yayın Konusu
5	FRANCO, FUSETTI (2004)	Bernardino Ramazzini's Early Observations of The Link Between Musculoskeletal Disorders and Ergonomic Factors	Çalışmada, Bernardino Ramazzini'nin MKİSR konusunda yaptığı katkıları ve çalışmalarını üzerinde durulmuştur.
6	BAO vd. (2009)	Application of Strain Index in Multiple Task Jobs	Çalışmada, farklı işler için, altı farklı zorlanma indeksi hesaplama yöntemi üzerinde durulmuştur.
7	KURT, ERDEM (2003)	Çalışma Duruşları ve Zorlanmalar için OWAS Metodu	Çalışmada, kötü dizaynın yol açtığı verimlilik kaybı ve mesleki sağlık problemlerine sebebiyet veren uygun olmayan çalışma duruşları üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda, manuel işlemlerin söz konusu olduğu bir torna tezgâhında video çekimleri yapılmış ve insan-makine etkileşimi incelenmiştir. İş istasyonunda kötü çalışma duruşlarına neden olan etmenler ve bunların nasıl minimize edileceği, ergonomik kriterlere dayanılarak ortaya koyulmuştur. Verimlilik farkı, parça sayısındaki artış olarak gösterilmiştir.
8	AKAY vd. (2003)	Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi	Çalışmada, çalışma duruşunun tanımı, önemi, sebep olduğu MKİSR, çalışma duruşunu inceleme tekniklerinden biri olan OWAS yöntemi, bu yöntemin bir taşıt-servis istasyonuna uygulanması ve istasyonun nasıl iyileştirileceği konuları üzerinde durulmuştur.
9	DAVID vd. (2008)	The Development of Quick Exposure Check (QECK) for Assessing Exposure to Risk Factor for Work-Related Musculoskeletal Disorders	Çalışmada, Hızlı Maruziyet Kontrol (Quick Exposure Check-QECK) yöntemi kapsamlı bir şekilde anlatılmıştır.
10	LAPERRIERE vd. (2006)	Indicators for Choosing An Optimal Mix of Major Working Postures	Çalışmada, uzun süreli oturma ya da ayakta durma pozisyonunun rahatsızlık yaratıcı etkileri olduğu ve kardiyovasküler sağlık açısından da sakıncalı olduğu belirtilmiştir. Bu kapsamda, 4 farklı iş istasyonunda, oturarak çalışan 65 kişi incelenmiştir. Statik işlerin basınç-ağrı limitlerinin ve kan basıncı üzerindeki etkilerinin dinamik işlerden daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca, kısa sürelerde oturarak çalışmanın koruyucu olduğu belirtilmiştir.

Tablo 2.2. (Devam). Sürekli yayınlar

Sürekli Yayınlar			
No	Yayın Bilgileri	Yayın Adı	Yayın Konusu
11	KEE, KARWOWSKI (2001)	LUBA: An Assessment Technique for Postural Loading on The Upper Body on Joint Motion Discomfort and Maximum Holding Time	Çalışmada, Üst Vücut Yüklenme Değerlendirmesi (Loading on the Upper Body Assessment-LUBA) yöntemi tanıtılmıştır. Söz konusu yöntem, el, kol, boyun ve sırtta sergilenen eklem hareketleri ve statik duruşta geçirilen süreleri temel almaktadır. Ayrıca yöntem, vücudun söz konusu bölümleri için nötral pozisyondan sapmaları açısal olarak ölçmektedir.
12	DAVID (2005)	Ergonomics Methods for Assesing Exposure to Risk Factors for Work Related Musculoskeletal Disorders	Çalışmada, anket yöntemi, direkt ölçümler ve gözleme dayalı teknikler olmak üzere; risk faktörlerine maruziyet derecelerini belirleyen yöntemler sınıflandırılarak anlatılmıştır.
13	THORNTON vd. (2004)	Physical and Psychosocial Stress Exposures in US Dental Schools: The Need for Expanded Ergonomics Training	Çalışmada, Amerika'da diş hekimliği öğrencileri tarafından gerçekleştirilen fiziksel aktivitelerin iyileştirilmesini içeren ergonomik eğitim programı tanıtılmıştır.
14	DAHLBERG vd. (2004)	Do Work Technique and Musculoskeletal Symptoms Differ Between Men and Women Performing The Same Type of Work Tasks?	Çalışmanın amacı, metal endüstrisinde aynı işi yapan bayan ve erkek çalışanların bildirdikleri MKİSR'nı ve işi gerçekleştirme şekillerini karşılaştırmaktır. Analiz için gözlem metodu kullanılmıştır. Sonuç olarak, bayanların eller omuzlarının üstünde daha fazla çalıştıkları ve bu nedenle bayanların daha fazla omuz problemi yaşadığı görülmüştür. Ayrıca, bayanların evde yaptıkları çalışmalar nedeniyle iş yüklerinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; iş yeri tasarımında cinsiyet farkının göz önüne alınması gerektiği belirtilmiştir.
15	RUGELJ (2003)	Low Back Pain and Other Work-Related Musculoskeletal Problems Among Physiotherapists	Çalışmada, 113 adet fizyoterapistte sırt ağrılarıyla ilgili bir anket uygulanmıştır. Fizyoterapistlerin % 73,7'sinde sırt problemleri görülmüştür. Sırt ağrısı ile ilgili en önemli etken ise; yaş olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca, bağımlı hastaları hareket ettirme işi sırt ağrılarına yol açan en önemli problem olarak ortaya çıkmıştır.
16	PUNNET, WEGMAN (2004)	Work-Related Musculoskeletal Disorders: The Epidemiologic Evidence and The Debate	Çalışmada, Uluslar Arası Araştırma Konseyi ve Tıp Enstitüsü tarafından gerçekleştirilen Amerika Kongresinde paylaşılan ve MKİSR'na neden olan, işle ilgili olmayan faktörler açıklanmıştır.

Tablo 2.2. (Devam). Sürekli yayınlar

Sürekli Yayınlar			
No	Yayın Bilgileri	Yayın Adı	Yayın Konusu
17	GÜNAY (2007)	TTK Yeraltı Maden İşletmeciliğinde Bel Ağrıları	Çalışmada NIOSH Kaldırma İndeksi Yöntemi maden işçilerine uygulanmıştır. Bu kapsamda, yer altındaki ağırlık kaldırma ve taşıma faaliyetlerinde, caraskal, palanga, kriko vb. yardımcı ekipmanların kullanımının yaygınlaştırılması gerektiği belirtilmiştir. Özellikle, bacalarda arına kilit ve direk malzemesi taşımada vinç kullanımı, nakliyat işçiliğinde düşen araba ve lokomotifin kaldırılmasında kriko kullanımına alınacak önlemler kapsamında dikkat çekilmiştir. Son olarak alınması gereken tedbirler arasında sayılan, yönetsel kontrol yöntemlerinden biri olan madenci bel kemerleri, bel bölgesini desteklemesi, yükü sabitlemesi ve vücuda transferi hususları nedeniyle kullanılması önerilen bir malzeme olarak değerlendirilmiştir.
18	DENIS vd. (2008)	Intervention Practices in Musculoskeletal Disorder Prevention: A Critical Literature Review	Çalışmada 47 adet makale, önerdikleri MKİSR'ndan korunma projeleri açısından incelenmiştir.
19	HABIBI (2008)	Prevalence of Musculoskeletal Disorders and Associated Lost Work Days in Steel Making Industry	Çalışmada, bir çelik işleme fabrikasında çalışan işçilerin, MKİSR nedeniyle oluşan kayıp iş günleri dikkate alınarak; söz konusu rahatsızlıklara yakalanma sıklığı hesaplanmıştır.
20	CHUNG vd. (2003)	Assessment of Postural Load for Lower Limb Postures Based on Perceived Discomfort	Çalışmada, bacak duruşlarının duruşsal yüklenme açısından önemi üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda, 31 farklı bacak duruşu, 18 erkek çalışan tarafından 1'er dakika boyunca gerçekleştirilmiş ve ardından katılımcılardan, algılanan rahatsızlık oranlarını belirlemeleri istenmiştir. Sonuç olarak; bacak duruşlarının algılanan kişisel rahatsızlık oranını etkilediği belirlenmiştir. Ayrıca, çalışma sonucunda 6 farklı kategoriden oluşan bacak duruşları çizelgesi hazırlanmıştır. Söz konusu 6 kategori 10 alt kategoriye bölünerek, bir skala yardımıyla göreceli rahatsızlık skorları farklı bacak duruşları için değerlendirilebilir hale gelmiştir.
21	HASLAEGRAVE (1994)	What Do We Mean By A Working Posture?	Çalışmada, gerçekleştirilen işlere göre doğru çalışma duruşunun nasıl belirleneceği üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda, farklı görevler için sergilenmesi gereken çalışma duruşlarının, fizyolojik, çevresel, kişisel faktörler ve görev gerekleri kapsamında nasıl belirlenebileceğine ilişkin örnekler yer verilmiştir.

Tablo 2.2. (Devam). Sürekli yayınlar

Sürekli Yayınlar			
No	Yayın Bilgileri	Yayın Adı	Yayın Konusu
22	MANDAL (1981)	The Seated Man (Homo Sedens). The Seated Work Position. Theory and Practice	Çalışmada, oturarak gerçekleştirilen işler için oturma duruşu açısından dikkat edilmesi gereken hususlar üzerinde durulmuştur.
23	WESTGAARD vd. (1997)	Ergonomic Intervention Research for Improved Musculoskeletal Health: A Critical Review	Çalışmada, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarını azaltmak için gerçekleştirilen ergonomik iyileştirme programlarına ilişkin literatür taraması yer almaktadır.
24	LAGERSTROM vd. (1998)	Work-related Low-Back Problems in Nursing	Çalışmada, hemşirelik mesleği ile bel problemleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu kapsamda, hemşirelerin en fazla hasta transferi sırasında bel problemleri yaşadıkları belirtilmiştir.
25	MORSE (2006)	Maximal Dynamic Grip Force and Wrist Torque: The Effects of Gender, Exertion Direction, Angular Velocity and Angle	Çalışmada, bileğin dönme mesafesi ile kavrama kuvveti üzerinde cinsiyet, zorlanma yönü, açısal hız ve bilek açısının etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak; erkeklerin bayanlardan daha fazla kavrama kuvvetine sahip olduğu ve bilek fleksiyondayken ekstansiyon hareketine göre daha fazla kuvvet harcadığı görülmüştür.
26	AYANOĞLU (2007)	İş Yerinde Ergonomi ve Stres	Çalışmada, çalışma ortamında oluşabilecek psikolojik, çevresel, fiziksel ergonomik risk faktörleri ve söz konusu faktörlerin kontrolü üzerinde durulmuştur.
27	KUORINKA vd. (1987)	Standardized Nordic Questionnaires for The Analysis of Musculoskeletal Symptoms	Çalışmada, çalışma ortamında kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının belirlenebilmesi için önerilen NORDIC anketi tanıtılmıştır ve anket yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları üzerinde durulmuştur.
28	HILDEBRANDT (2001)	Dutch Musculoskeletal Questionnaire: Description and Basis Qualities	Çalışmada, iş yerlerinde kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının belirlenebilmesi için önerilen Hollanda (Dutch) Kas-İskelet Anketi tanıtılmıştır.
29	CORLETT (1976)	A Technique for Assessing Postural Discomfort	Çalışmada, çalışma süresi boyunca vücudun farklı bölgelerinde oluşabilecek rahatsızlıkları ve bu rahatsızlıkların söz konusu süreç içerisindeki değişimlerini belirleyebilecek bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntem sayesinde makine tasarımındaki hatalar belirlenebilmekte ve üretimde verimlilik artışı sağlanabilmektedir.
30	HIGNET, MCATAMNEY (2000)	Technical Note, Rapid Entire Body Assessment	Çalışmada, REBA yöntemi tanıtılmıştır.

Tablo 2.2. (Devam). Sürekli yayınlar

Sürekli Yayınlar			
No	Yayın Bilgileri	Yayın Adı	Yayın Konusu
31	SNOOK, CRIELLO (1991)	The Design of Manual Handling Tasks: Revised Tables of Maximum Acceptable Weights and Forces	Çalışmada, Snook'un tabloları yönteminde yer alan ve yeniden revize edilen tabloların geçerliliği belirlenmiştir.
32	KOLTAN (2009)	Mesleki Kas İskelet Sistemi Hastalıklarının Önlemede Bir Ergonomik Yaklaşım Modeli	Çalışmada, NIOSH Kaldırma Eşitliği Yöntemi bir fabrikanın istifleme ve paketleme bölümlerine uygulanmıştır. Sonuç olarak; ilgili bölümlerde tasarım değişikliğine karar verilmiştir.
33	TICHAUER (1966)	Some Aspects of Stress on Forearm and Hand in Industry	Çalışmada, ön kol yüklenmesinin ölçülmesi amacıyla yapılması gereken hesaplamalar için bir model önerilmiştir.
34	CHAFFIN (1973)	Localized Muscle Fatigue Definition and Measurement	Çalışmada, bölgesel kas yorgunluğunun belirlenmesi ve ölçülmesi amacıyla önerilen sistem tanıtılmıştır.
35	HERBERTS vd. (1980)	Arm Positioning in Manual Tasks. An Electromyographic Study of Localized Muscle Fatigue	Çalışmada, 8 farklı kol pozisyonu için 4 farklı omuz kasının mioelektrik aktiviteleri ölçülmüştür. Sonuç olarak; baş seviyesinin üstünde ve omuz seviyesinde gerçekleştirilen işler nedeniyle; bütün kaslarda lokal yorgunluğun ortaya çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca, baş seviyesinin üstünde yapılan çalışmalarda, bilek pozisyonunun yüklenme açısından önem taşıdığı görülmüştür.
36	HAGBERG (1981)	Electromyographic Signs of Shoulder Muscular Fatigue in Two Elevated Arm Positions	Çalışmada, 7 kişinin katılımıyla omuzların sağa açılma olarak fleksiyonu ve abduksiyonu dikkate alınarak; kas yorgunluğunun ölçülmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda her iki pozisyonda da, bir dakika içerisinde kasların yorulduklarını belirten mioelektrik sinyaller alınmıştır.
37	SCHULDT (1987)	Influence of Sitting Postures on Neck and Shoulder EMG During Arm-Hand Work Movements	Çalışmada, farklı oturma duruşlarının boyun ve omuz kasları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kasların hareket seviyeleri EMG yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Sonuç olarak; en fazla kas yorgunluğunun omurganın tamamıyla fleksiyonda olduğu zaman meydana geldiği görülmüştür.
38	TICHAUER (1976)	Ergonomics Sustains Occupational Safety and Health	Çalışmada, mesleki güvenliğin sağlanması için iş ortamında dikkat edilmesi gereken hususlar üzerinde durulmuştur.

Tablo 2.2. (Devam). Sürekli yayınlar

Sürekli Yayınlar			
No	Yayın Bilgileri	Yayın Adı	Yayın Konusu
39	KILBOM vd. (1986)	Disorders of the Cervicobrachial Region Among Female Workers in The Electronics Industry	Çalışmada, elektronik endüstrisinde çalışan 97 adet bayan çalışanın boyun, boyun-omuz arası, omuz ve torasik omurga alanlarındaki MKİSR semptomları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında 96 bayan çalışan analiz edilmiştir. Duruşların değerlendirilmesi için sistematik bir video tekniği olan VIRA yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak; üst koldaki abduksiyon ve fleksiyon hareketlerinin boyun ve omuzdaki söz konusu rahatsızlıklara yol açtığı görülmüştür.
40	DRURY (1987)	A Biomechanical Evaluation of the Repetitive Motion Injury Potential of Industrial Jobs	Çalışmada, iş ortamında gerçekleştirilen tekrarlı hareketlerin biyomekanik açıdan değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, vücut bölümlerinin açısız hareket aralıkları belirlenmiştir.
41	KESİKTAŞ vd. (2007)	İşe Bağlı Kas İskelet Hastalıklarında Risk Değerlendirmesi: Hızlı Maruziyet Değerlendirme (HMD) Yöntemi- QUICK EXPOSURE CHECK (QECK)	Çalışmada, QECK Yöntemi tanıtılmıştır.
42	WANG vd. (2003)	Recent Developments in Human Motion Analysis	Çalışmada, insan hareket analiz sistemlerine ilişkin gelişmeleri özetlemek için bir literatür taraması yapılmıştır.
43	NACHEMSON (1985)	Advances in Low-Back Pain	Çalışmada, bel ağrılarının sebep olan epidemiyolojik risk faktörleri üzerinde durulmuştur.
44	KILBOM (1994)	Repetitive Work of The Upper Extremity: Part I. Guidelines for The Practitioner; Part II. The Scientific Basis (Knowledge Base) for The Guide	Çalışmada, tekrarlı işlerde çalışanların üst ekstremitelerinin açısından sağlık ve güvenliğini arttırmak için birçok yayınlanmış ve yayınlanmamış bilimsel çalışmalardan derlenen bilgilere yer verilmiştir.
45	MILLER vd. (1993)	Gender Differences in Strength and Muscle Fiber Characteristics	Çalışmada, 8 bayan ve 8 erkek çalışanın kas kuvvetleri ve dayanımları karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda, dirsek fleksör kasları ile diz ekstansör kasları dikkate alınmıştır. Dirsek fleksiyonu ve diz ekstansiyonuna ilişkin herhangi bir cinsiyet farkına rastlanmamıştır. Sadece, erkeklerin kas alanları bayanlardan daha fazla olduğu için kas kuvvetlerinin de daha fazla olduğu görülmüştür.

Tablo 2.2. (Devam). Sürekli yayınlar

Sürekli Yayınlar			
No	Yayın Bilgileri	Yayın Adı	Yayın Konusu
46	LEIGH vd. (1997)	Occupational Injury and Illness in The United States. Estimates of Costs, Morbidity and Mortality	Çalışmada, Amerika'daki 1992 yılına ait mesleki yaralanma ve rahatsızlıklar nedeniyle oluşan dolaysız ve dolaylı maliyetler ile yıllık ölüm oranlarına ilişkin bilgiler verilmiştir.
47	VAN vd. (2002)	Low Back Pain	Çalışmada, bel ağrılarının neden olan epidemiyolojik, mesleki, kişisel ve psikososyal risk faktörleri üzerinde durulmuştur.
48	MORTIMER vd. (1999)	Validity of Self Report Duration of Work Postures Obtained by Interview	Çalışmada amaç, dört farklı çalışma durumunda harcanan sürenin anket yöntemi ile belirlenerek geçerlenmesidir. Söz konusu çalışma duruşları; oturma, ayağa kalkma ve eller omuzların üzerinde yürüme, ayağa kalkma ve eller omuz ve diz arasında yürüme, ayağa kalkma ve eller diz seviyesinin altında yürüme olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda, her bir duruş için anket yöntemiyle hesaplanan sürenin gözlem ve teknik ölçümlerle olan ilişkisi belirlenmiştir. 3 farklı duruş için anket yöntemi ile gözlem arasında duruşlarda geçirilen süreler açısından güçlü bir doğrusal ilişki bulunmuştur. Ancak, birinci, ikinci ve dördüncü çalışma duruşlarında geçirilen sürenin anket yöntemi ile analizi sonucunda daha fazla olduğu belirlenmiştir.
49	ÖZDEMİR vd. (2010)	Görüntü Farkı Alma Metodu ve Beklenti Maksimizasyonu Algoritması ile Gelibolu Yarım Adası Tarihi Milli Parkı Orman Alanlarındaki Mekânsal Değişimin Analizi	Bu çalışmada, sahip olduğu tarihi ve arkeolojik önemden dolayı, gerek yurt içi gerekse yurt dışından ziyaretçilerin yoğun ilgisini çeken, fakat aynı zamanda orman yangınları açısından Türkiye'nin en riskli alanlarından biri olan Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı sınırları içindeki ormanların alansal değişimleri incelenmiştir. Bu bağlamda, 1977, 1987, 1999 ve 2007 yıllarına ait Landsat (MSS, TM ve ETM) uydu görüntüleri kullanılarak, eğitimsiz değişim analiz yöntemlerinden biri olan "Görüntü Farkı Alma Metodu" ile alansal değişim analizi yapılmıştır. Analizler sırasında, fark görüntülerindeki 'değişen' ve 'değişmeyen' alanlar, EM algoritması ile belirlenen bir eşik değeri çerçevesinde hesaplanmıştır. Yapılan analizlerden elde edilen sonuçlara göre, Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Park alanında ormanların bir daralma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2.2. (Devam). Sürekli yayınlar

Sürekli Yayınlar			
No	Yayın Bilgileri	Yayın Adı	Yayın Konusu
50	YILMAZ vd. (2006)	İşe Bağlı Kas-İskelet Hastalıkları ve Tedavisi	Çalışmada, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının türleri ve bu rahatsızlıkları önlemede kullanılabilecek basit ergonomik kurallar üzerinde durulmuştur.
51	DEMİR (2003)	Konaklama İşletmelerinde Ergonominin İşgören Verimliliği Üzerine Etkileri	Çalışmada, konaklama işletmelerinde ergonomi-verimlilik ilişkisi kapsamında iş ortamının fiziksel sorunları ele alınmaktadır. Bu sorunlar, aydınlatma, atmosfer koşulları ve gürültü olarak belirlenerek; verimlilik üzerine etkileri incelenmiştir.
52	ESCORPIZO (2008)	Understanding Work Productivity and Its Application to Work-Related Musculoskeletal Disorders	Çalışmada iş verimliliği, MKSİR ve işe ödenen ücret unsurları göz önünde bulundurularak ölçülmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda ölçülen verimlilik değeri, MKİSR'nın beraberinde getirdiği sosyoekonomik maliyetin ve MKİSR yönetim programlarının etkinliğinin belirlenmesinde de kullanılabilir. Verimlilik hesabında, gözlenen ve beklenen verimlilik değerleri, iş başı yapma ve işe gelememe değerleriyle ilişkilendirilmiştir.
53	LIANG (2011)	A New Simple Dynamic Muscle Fatigue Model and Its Validation	Çalışmada yeni bir kas yorgunluk modeli tanıtılarak, söz konusu modelin geçerliliği yapılmıştır. Model, dış yükleri, iş yükü geçmişini ve bireysel farklılıkları göz önüne almaktadır.
54	YIP (2001)	A Study of Work Stress, Patient Handling Activities and The Risk of Low Back Pain Among Nurses in Hong Kong	Çalışmada, Honkonglu hemşireler arasındaki bel ağrısı sıklığı ölçülmek istenmiştir. Çalışmaya 153 hemşire katılmıştır. Bu kapsamda, hasta nakil işlemleri ve işle ilgili psikolojik problemler dikkate alınmıştır. Sonuç olarak; iş stresi ve manuel hasta transfer işlemlerinin bel ғarısını artırdığı görülmüştür.
55	ANDERSSON (1998)	Epidemiology of Low Backpain	Çalışmada, bel ağrısına neden olan faktörler ve bel ağrısının oluşum sürecinde vücutta oluşan etkileşimler üzerinde durulmuştur.

Tablo 2.2. (Devam). Sürekli yayınlar

Sürekli Yayınlar			
No	Yayın Bilgileri	Yayın Adı	Yayın Konusu
56	TULDER (2002)	Low Back Pain	Çalışmada, bel ağrısına neden olan faktörler üzerinde durulmuştur.
57	VIEIRA (2004)	Working Postures: A Literature Review	Çalışmada, Mart 2003'ten önce İngilizce olarak yayınlanan ve "çalışma duruşları" anahtar kelimesiyle PubMed, Scirus ve Science Direct alanlarında yer alan makaleler üzerinde inceleme yapılmıştır. Çalışma duruşlarının değerlendirilmesinde kullanılan ölçüm aletleri, fotoğraf ve video yöntemlerine yer verilmiştir. Ayrıca, çalışma duruşları ile kas-iskelet sağlığı arasında önemli bir ilişki olduğu belirtilmiştir.
58	MURPHY vd. (2004)	Classroom Posture and Self Reported Back and Neck Pain in Schoolchildren	Çalışmada, 11–14 yaş arasındaki okul çocuklarında görülen sırt ağrıları incelenmiştir. Bu ağrılara sebep olan okul ortamındaki risk faktörleri belirlenerek; bu faktörlere yoğunluk, süre ve sıklık açısından ne kadar maruz kaldığı analiz edilmiştir. 66 çocuğun sınıftaki oturma pozisyonu PEO metodu ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak; statik duruşla, boyun ve sırt ağrısı arasında ve fleksiyondaki duruşla bel ağrısı arasında güçlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir.
59	AHSBERG vd. (1997)	Perceived Quality of Fatigue During Different Occupational Tasks: Development of A Questionnaire	Çalışmada, mesleki nedenlerden kaynaklanan kişisel yorgunluğun farklı boyutlarda ölçülmesi için geliştirilen bir yöntem anlatılmıştır. Kişisel yorgunluk; enerji eksikliği, fiziksel zorlanma, fiziksel rahatsızlık, motivasyon eksikliği, uykusuzluk olmak üzere beş farklı boyutta incelenmiştir.
60	WATERS (1993)	Revised NIOSH Equation for The Design and Evaluation of Manual Lifting Tasks	Çalışmada NIOSH Kaldırma Eşitliği Yöntemi tanıtılmıştır.

Tablo 2.2. (Devam). Sürekli yayınlar

Sürekli Yayınlar			
No	Yayın Bilgileri	Yayın Adı	Yayın Konusu
61	SETH vd. (1999)	Development of A Cumulative Trauma Disorder; Risk Assessment Model for The Upper Extremities	Çalışmada, birikimli travma rahatsızlıklarının analizi için yeni bir model önerilmiştir. Model, el hareketi sıklığını ve bilek hareketi sıklığını göz önüne almaktadır. Ayrıca, üst ekstremitedeki duruşları duruş skoru olarak kaydetmekte, diğer stres faktörlerini ise; muhtelif skor olarak kaydetmektedir. Söz konusu model, 24 farklı işe uygulanmıştır. Sonuç olarak; modelin 4 saniyeden fazla çevrim süresine sahip olan işlerde daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte; muhtelif skor sonuçlarının rahatsızlık sıklığını sağlıklı bir şekilde göstermediği ortaya çıkmıştır.
62	DAVIS (2008)	The Development of the Quick Exposure Check (QECK) for Assessing, 60,61,62. Exposure to Risk Factors for Work-related Musculoskeletal Disorders	Çalışmada QECK Yöntemi tanıtılmıştır.

Tablo 2.3. Kitaplar ve tezler

Kitaplar ve Tezler			
No	Kaynak Bilgisi	Kaynak Adı	Kaynak Konusu
1	MARRAS, KARWOWSKI (2006)	The Occupational Ergonomics Handbook: Fundamentals and Assessment Tools for Occupational Ergonomics	Çalışmada, ergonominin temel kavramları ve çalışma duruşlarını değerlendirme yöntemleri detaylı bir şekilde anlatılmıştır.
2	ATWOOD vd. (2004).	Ergonomic Solutions for The Process Industries	Çalışmada, ergonomik açıdan önemli olan iş yeri faktörleri incelenmiştir.
3	WRIGHT (1940)	Diseases of Workers	Çalışmada, uygun olmayan duruşların çalışanlar üzerindeki olumsuz etkilerinden bahsedilmiştir.
4	LEIGHTON, BEYNON (2002)	The Identification and Measurement of Risk, Musculoskeletal Disorders in Health-Related Occupations	Çalışmada, MKİSR, bu rahatsızlıklara yol açan risk faktörleri ve söz konusu risk faktörlerini değerlendirme yöntemleri üzerinde durulmuştur. Değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması için hemşireler ve fizyoterapistler üzerinde uygulamalar yapılmıştır. Uygulanan yöntemler sonucunda, iki meslek dalı için de en riskli işin hasta transfer işi olduğu görülmüştür.
5	BEYNON, RELLY (2002).	Epidemiology of Musculoskeletal Disorders in A Sample of British Nurses and Physiotherapists', Musculoskeletal Disorders in Health-Related Occupations	Çalışmada, İngiltere'de çalışan hemşire ve fizyoterapistlerde görülen MKİSR'nın epidemiyolojik yönü ele alınmıştır.
6	GRANDJEAN (1988)	Fitting The Task to The Man	Çalışmada, görev ve işyeri dizaynında uyulması gereken ergonomik prensipler üzerinde durulmuştur.
7	PHEASANT (2003).	Body Space; Anthropometry, Ergonomics and The Design of Work	Çalışmada, vücut ölçüleri ve bu ölçülerin iş istasyonu ile etkileşimleri ayrıntılı olarak anlatılmıştır.
8	PUTZ- ANDERSON (1988)	Cumulative Trauma Disorders. A Manual for Musculoskeletal Diseases of The Upper Limbs	Çalışmada, ellerin yoğun olarak kullanıldığı işlerde üst ekstremitede meydana gelen rahatsızlıklara ve önleme yollarına değinilmiştir.
9	KILBOM vd. (1985)	Risk Factors For Work Related Disorders of The Neck and Shoulder—with Special Emphasis on Working Postures and Movements	Çalışmada, boyun ve omuz bölgelerinde görülen MKİSR'na yol açan iş yeriyle ilgili risk faktörleri üzerinde durulmuştur.
10	DENİZ (2004)	Ardışık Görüntülerde Hareket Analizi	Çalışmada, video kamera cihazından alınan ardışık görüntülerde hareketin analizi için kullanılan arka plan farkı yöntemleri ve istatistiksel yöntemler incelenmiştir. Söz konusu yöntemlere ek olarak; Ağırlık Merkezi Analizi yöntemi, bu çalışmada ilk kez önerilmiştir.

Tablo 2.4. Sempozyumlar, çalıştaylar, bildiriler ve araştırma raporları

Sempozyumlar, Çalıştaylar, Bildiriler, Araştırma Raporları			
No	Kaynak Bilgisi	Kaynak Adı	Kaynak Konusu
1	LEUDER (1996)	A Proposed RULA for Computer Users	Çalışmada, RULA yönteminin bilgisayar kullanıcıları için tasarlanmış farklı bir versiyonu anlatılmaktadır.
2	PARKE, CARNELL (2005)	Musculoskeletal Disorders, Mental Health and The Work Environment	Çalışmada, MKİSR üzerinde etkili olan risk faktörleri ve bu faktörlerin NORDIC anketi ile değerlendirilmesine yer verilmiştir.
3	AXELSSON (1995)	The Use of Some Ergonomics Methods as Tools in Quality Improvement	Çalışmada, ergonomik iyileştirme çalışmalarının kalite üzerindeki etkilerine yer verilmiştir.
4	ANGELO (2007)	Evaluation of Work-Related Musculoskeletal Disorder Risk of Forestry Workers: A Case Study Using OWAS	Çalışmada, OWAS yöntemi, orman çalışanları üzerinde uygulanmıştır.
5	FIĞLALI (2009-2010)	Fiziksel Ağırlıklı Çalışmaların Kas-İskelet Sistemi Üzerindeki Etkilerinin Analizi ve Değerlendirmesine Yönelik OWAS Tabanlı Bir Yazılım Geliştirme Projesi	Çalışmada, OWAS metodu ile görüntü tanıma sistemleri birleştirilerek; en iyi gözlem zamanının bulunması amaçlanmıştır.
6	MİTA vd. (2005)	Joint Haar-like Features for Face Detection	Çalışmada, görüntüde yüzü belirlemek için kullanılan ayırt edici bir birleşik Haar özelliği tanıtılmıştır. Söz konusu özellik Adaboost algoritması kullanılarak öğrenilmektedir. Haar özellikler seti, yüzdeki yapısal benzerlikler kullanılarak oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda % 37 oranında hatalı sınıflandırmanın olduğu belirtilmiştir.
7	VILLAGE vd. (2008)	An Analysis of Physical Work of Care Aides”, Reducing Injuries in Intermediate Care: The Ergonomic Report	Çalışmada, hasta ya da engelli kişilere bakım hizmeti veren çalışanların karşılaştıkları ergonomik riskler ve MKİSR incelenmiş ve konuya ilişkin öneriler geliştirilmiştir.

Tablo 2.5. İnternet kaynakları

İnternet Kaynakları			
No	Kaynak Bilgileri	Kaynak Adı	Kaynak Konusu
1	http://insaat.isggm.gov.tr/mevzuat/kas_iskelet_rahatsızlıklari.pdf (Ziyaret tarihi: 04.05.2009).	İnşaat Sektöründe Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıkları	Çalışmada, inşaat sektöründe görülen kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının nedenleri, risk değerlendirme çalışmalarının nasıl yapılacağı, sektörde var olan risklerin boyutları ve bu riskleri önleme yolları üzerinde durulmuştur.
2	http://www.bls.gov/news.release/pdf/osh2.pdf (Ziyaret tarihi: 03.04.2008).	Lost Work Time Injury and Illnesses: Characteristics and Resulting Days Away From Work	Çalışmada, İşgücü İstatistikleri Bürosunun 2002 yılında ABD’de yaptığı, “rahatsızlık ve yaralanmalar nedeniyle kaybedilen çalışma zamanları” konulu araştırmasına ait bilgiler verilmiştir. Çalışmaya göre rahatsızlıklar, en fazla kamyon sürücüleri ve hemşirelerde görülmektedir. Söz konusu rahatsızlıkların sebepleri olarak ta en çok; gövde ve alt ekstremitenin fazla zorlanması, obje ve ekipmanlarla temastan oluşan mekanik baskı ve düşmeler gösterilmektedir.
3	http://www.lni.wa.gov/WISHA/Rules/generaloccupationalhealth/PDFs/ErgoRulewithAppendices.pdf (Ziyaret tarihi: 04.12.2008).	Concise Explanatory Statement (RCW 34.05.325.6a) WAC 296-62-051, Ergonomics	Çalışmada, NIOSH tarafından MKİSR’den korunmak amacıyla belirlenen çalışma kuralları yer almaktadır.
4	http://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/ (Ziyaret tarihi: 09.06.2009).	Ergonomics	Çalışmada, ergonominin tanımı ve MKİSR üzerinde durulmuştur.
5	http://www.kilom.org/sayfa/199/kas-iskelet-sistemi-hastaliklari---osteoartrit.html (Ziyaret tarihi: 01.07.2011).	Obeziteye Eşlik Eden Hastalıklar · Kas İskelet Sistemi Hastalıkları / Osteoartrit	Çalışmada, obezite ile kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları arasındaki ilişki incelenmiştir.
6	http://www.ttb.org.tr/STED/sted0303/sigara.pdf (Ziyaret tarihi: 01.07.2011).	Sigaranın Kas-iskelet Sistemi Üzerine Etkileri	Çalışmada, sigaranın osteoproz, yara iyileşmesi, kırık iyileşmesi ve bel ağrısı üzerindeki olumsuz etkilerinden bahsedilmiştir.
7	http://www.ergonomics.com.au/niosh.htm (Ziyaret tarihi: 02.04.2009).	The Revised NIOSH Lifting Equation	Çalışmada NIOSH Kaldırma Eşitliği Yöntemi tanıtılmıştır.
8	http://www.hse.gov.uk/msd/information.htm (Ziyaret tarihi: 04.03.2011).	Guidelines on The Prevention of Work Related Upper Limb Disorders HMSO	Çalışmada, mesleki üst ekstremitte rahatsızlıklarını önleme yolları üzerinde durulmuştur.
9	http://www.aiha.org/localsections/html/florida/TaskAnalysis.pdf (Ziyaret tarihi: 02.03.2011).	Ergonomic Task Analysis, Using Ergonomic Assessment Tools	Çalışmada çeşitli ergonomik değerlendirme yöntemlerine özet olarak değinilmiştir.

Tablo 2.5. (Devam). İnternet kaynakları

İnternet Kaynakları			
No	Kaynak Bilgileri	Kaynak Adı	Kaynak Konusu
10	https://osha.europa.eu/en/topics/msds/index_html/facts_html (Ziyaret tarihi: 05.05.2009).	Key Facts	Çalışmada, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olan faktörler üzerinde durulmuştur.
11	http://libertymmhtables.libertymutual.com/CM_LMTablesWeb/pdf/LibertyMutualTables.pdf (Ziyaret tarihi: 10.11.2009).	Snook's Tables	Çalışmada, Snook'un tabloları yöntemi detaylı bir şekilde anlatılmıştır.
12	http://www.amazon.co.uk/Related-Upper-Disorders-Researchpaper/dp/B0018SXA9G (Ziyaret tarihi: 11.10.2011).	Work-Related Upper Limb Disorders	Çalışmada, MKİSR'nin tanımı, bu rahatsızlıklara yol açan faktörler, bölgelere göre vaka sayıları ve yüksek risk grubundaki işler üzerinde durulmuştur.
13	http://www.orosha.org/educate/workshops/1201w.pdf (Ziyaret tarihi: 03.06.2011).	Introduction To Ergonomics	Çalışmada, iş yerinde oluşabilecek MKİSR'nin nasıl belirlenebileceği, kontrol edilebileceği ve azaltılabileceği konuları üzerinde durulmuştur.
14	www.deu.edu.tr/halksagligi (Ziyaret tarihi: 20.04.2009).	Mesleki kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıkları	Çalışmada, MKİSR ve söz konusu rahatsızlıkların beraberinde getirdiği kayıplar farklı ülkeler temel alınarak incelenmiştir.
15	http://ergo.human.cornell.edu/ahmsquest.html (Ziyaret tarihi: 10.10.2010).	Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaires	Çalışmada, Cornell Üniversitesi tarafından geliştirilen Cornell Kas-isklet Rahatsızlık Anketi tanıtılmıştır.
16	http://nilgun.figlali.com/Insan%20Fakt%fcrleri/ (Ziyaret tarihi: 07.10.2010).	İnsan Faktörleri	Çalışmada, çalışma duruşları ve söz konusu duruşları inceleyen analiz yöntemleriyle ilgili bilgi verilmiştir.
17	http://tr.wikipedia.org/wiki/HSV_renk_uzay%C4%B1 (Ziyaret tarihi: 14.08.2011).	HSV Renk Uzayı	Çalışmada, HSV renk uzayı ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.
18	http://www.jku.at/cg/content/e48343/e79774/FRCAMShift.pdf (Ziyaret tarihi: 18.11.2010).	Fast and Robust CAMShift Tracking	Çalışmada, CAMShift algoritması kullanılarak gerçekleştirilen takip işlemlerine ilişkin prosedüre yer verilmiştir.
19	http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall08/cos429/optiflow.pdf (Ziyaret tarihi: 17.11.2010).	Optical Flow	Çalışmada, optik akış yöntemine ilişkin detaylı bilgi yer almaktadır.
20	http://www.medikalakademi.com.tr/sgk-2011-istatistikleri-is-kaza-meslek-hastalik/ (Ziyaret tarihi: 03.03.2013).	2011 Yılı SGK İstatistikleri	Çalışmada, 2011 yılına ait iş kazası ve meslek hastalıkları istatistiklerine yer verilmiştir.
21	www.usmayors.org/mwma/2001meeting/ergonomics.ppt (Ziyaret tarihi: 03.03.2009).	Ergonomics	Çalışmada ergonomiye ilişkin temel bilgiler yer almaktadır.
22	www.ccohs.ca/oshaanswers/ergonomics (Ziyaret tarihi: 09.06.2009).	Ergonomics	Çalışmada ergonomiye ilişkin temel bilgiler yer almaktadır.

Tablo 2.5. (Devam). İnternet kaynakları

İnternet Kaynakları			
No	Kaynak Bilgileri	Kaynak Adı	Kaynak Konusu
23	http://www.ontario.ca/en/informati-on_bundle/workplace/STEL02_038098.html (Ziyaret tarihi: 03.07.2010).	Work place	Çalışmada, iş ortamı dizaynına ilişkin uyulması gereken kurallar rüzerinde durulmuştur.
24	http://www.genelsaglikbilgileri.com/iskelet-sistemi-hastaliklari/ (Ziyaret tarihi: 01.07.2011).	İskelet Sistemi Hastalıkları	Çalışmada, iskelet sistemi hastalıkları ve söz konusu hastalıklara yol açan faktörler üzerinde durulmuştur.
25	http://www.cdc.gov/niosh/docs/94-110 (Ziyaret tarihi: 03.03.2009).	NIOSH Kaldırma Eşitliği Yöntemi	Çalışmada NIOSH Kaldırma Eşitliği yöntemi tanıtılmıştır.
26	http://www.pdn.ac.lk/eng/old/mechanical/menu/class/downloads/notes/OWAS%20method.pdf (Ziyaret tarihi: 01.15.2010).	OWAS	Çalışmada, OWAS yöntemi tanıtılmıştır.
27	www.humanics-es.com/bernard/REBA_M11.pdf2001 (Ziyaret tarihi: 04.03.2011).	REBA	Çalışmada, REBA yöntemi tanıtılmıştır.
28	http://www.mech.utah.edu/ergo/pages/NORA/2003/03-Drinkaus%20Phill%20Strain_.pdf (Ziyaret tarihi: 10.10.2010).	Job Strain Index	Çalışmada, JSI yöntemi tanıtılmıştır.
29	http://www.rula.co.uk/survey.html (Ziyaret tarihi: 21.12.2012).	RULA	Çalışmada, RULA yöntemi tanıtılmıştır.

Literatür araştırmasından da görüldüğü gibi, RULA yönteminin farklı işlere uygulanmasının dışında, yöntemin performans ve etkinliğinin arttırılmasına ve kullanıcı etkisinin ortadan kaldırılmasına yönelik herhangi bir yöntem geliştirme çalışmasına rastlanmamıştır. Bu kapsamda, RULA yönteminin daha fazla geliştirilmesi ihtiyacı literatür tarafından da desteklenmektedir. Bu anlamda tez çalışması, ergonomide çalışma duruşlarının analizi açısından konuyla ilgili yapılan ilk çalışma özelliğini taşımaktadır. Bununla birlikte, görüntü tanıma literatürü açısından da bugüne kadar yapılan çalışmalar arasında önemli bir yere sahiptir. Çünkü bugüne kadar insan hareket analizi kapsamında vücut bölümlerinin izlenmesi, yürüyüş analizi vb. konulu çalışmalar yapılmış olsa da; bütün olarak bir işin baştan sona ergonomik analizinin görüntü tanıma sistemleriyle gerçekleştirilmesi açısından tez çalışması, özgün bir çalışma ortaya koymaktadır.

3. GÖRÜNTÜ İŞLEME DESTEKLİ RULA: GELİŞTİRİLMİŞ RULA (Advanced RULA-ARULA)

RULA yöntemi, güvenilirlik ve geçerlilik yönünden daha sağlıklı sonuçlar verebilmesi, gözlemciye bağımlılıktan kurtulabilmesi, farklı işlerde kullanılabilmesi ve en iyi gözlem süresi ve gözlem aralığı bilgilerine ulaşılabilmesi amaçlarıyla, görüntü işleme ve insan hareketi analiz sistemleriyle desteklenerek geliştirilmiştir. RULA yönteminin görüntü işleme algoritmaları ile desteklenerek geliştirilen yeni haline “Geliştirilmiş RULA (Advanced RULA-ARULA)” analiz aracı adı verilmiştir.

ARULA Analiz Aracının geliştirilmesinde hizmet alımına gidilmiştir. Çünkü görüntü işleme ve insan hareketi analiz sistemleri özel uzmanlık gerektiren konulardır. Ancak, söz konusu analiz aracının geliştirilmesi için gerekli literatürün araştırılması ve teorik altyapının hazırlanması, sistem analizi çalışmalarının gerçekleştirilmesi, geliştirme sürecinde analiz aracına ilişkin yönlendirmelerin ve bilgilendirmelerin yapılması, algortimanın kurulması, raporlama sisteminin geliştirilmesi, ARULA analiz aracı kullanılarak analizlerin yapılması ve analiz sonuçlarının istatistiksel açıdan incelenmesi faaliyetleri tez sahibi tarafından gerçekleştirilmiştir. Tez sahibi açısından söz konusu analiz aracı, RULA yönteminin performansının geliştirilmesine yönelik çalışmalarda bir araç olarak kullanılmıştır.

ARULA analiz aracında, RULA yönteminin içeriği ve karar kuralları değiştirilmeden kullanılmış ve mevcut sistem otomasyona geçirilmiştir.

ARULA analiz aracı ile aşağıda yer alan kazanımlar elde edilmiştir.

- 1) ARULA analiz aracı ile analiz edilecek işin video kaydı alınabilmektedir.
- 2) ARULA analiz aracı ile duruş değerlendirmeleri, kaydedilen videonun her bir fotoğraf çerçevesi (frame) için yapılabilmektedir. Kullanıcının kendisi, çerçeve hızını analiz etmek istediği değerlere göre (parametrik olarak) seçebilmektedir. (Örneğin; 1 sn.’de 29 çerçeve gibi (29 fps-frame per second)) Böylece, mevcut yöntemin geliştirilmesi gereken bir yönü olan; iş sürecinin sadece belli bir anının gözlenmesi

durumu ortadan kalkmaktadır ve çalışanın bir iş döngüsü içerisinde sergilediği bütün duruşlar analiz edilebilmektedir.

3) ARULA analiz aracı ile farklı analiz aralıklarında elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilmektedir. Böylece, farklı gözlem aralıklarına ilişkin çalışmaların yapılabilmesi mümkün olabilmektedir.

4) ARULA analiz aracı kapsamında analiz edilen vücut bölümlerinin her biri için en uzun süreyle sergilenen çalışma duruşu, ARULA analiz aracı tarafından otomatik olarak belirlenebilmekte ve grafiksel olarak ta gösterilebilmektedir. Böylece mevcut durumda, gözleme dayalı bir şekilde gerçekleştirilen en uzun duruşu belirleme çalışması için zaman harcanmasına ya da karar zorluğu yaşanmasına gerek kalmamaktadır.

5) ARULA analiz aracı ile muhtelif vücut bölümleri tarafından en tehlikeli biçimde sergilenen çalışma duruşu, otomatik olarak belirlenebilmekte ve skorlarla grafiksel olarak gösterilebilmektedir. Böylece, gözlemcinin en tehlikeli çalışma duruşunu belirleme sorunu ortadan kalkmakta ve sübjektiflik önlenmiş olmaktadır.

6) İş döngüsü içerisinde, belirli sürelerde analiz yapılmak istendiğinde; kullanıcı tarafından belirlenecek analiz süreleri ARULA analiz aracına girilerek değerlendirme otomatik olarak yapılmaktadır. (Örneğin 1 saatlik bir video görüntüsünü kullanıcı 10'ar dk.'lık sürelerde ya da 20'şer dk.'lık sürelerde analiz etmek isteyebilir.) Böylece, kullanıcı tarafından farklı sürelerde analiz yapılabilmesi için, iş gücü ve zaman harcanmasına gerek kalmamaktadır. Ayrıca, farklı analiz sürelerinde değerlendirmeler yapılmasının sonuçlar üzerindeki etkisi de görülebilmektedir. Böylece farklı gözlem sürelerinde analiz çalışmalarının yapılması da mümkün hale getirilmektedir.

7) ARULA analiz aracı ile her bir farklı analiz süresinde yapılan değerlendirmelerde, sergilenen duruşların kapsadıkları zamanlar ve yüzdeleri de otomatik olarak hesaplanabilmektedir. Söz konusu zaman yüzdeleri ve sergilenen çalışma duruşlarının kapsadıkları süreler göz önüne alındığında; en uzun süre ile sergilenen çalışma duruşunun mu yoksa en tehlikeli ancak daha az bir süre ile sergilenen çalışma duruşunun mu rahatsızlık riskini arttırdığı bilgisine ulaşılmaktadır.

8) RULA yönteminin içerdiği her bir vücut bölümünün çalışma duruşu skorları, gözlemcinin sübjektif yargılarına göre değil, görüntü işleme algoritmaları sayesinde

objektif ölçümlere göre belirlenmektedir. Böylece, gözlem ile ulaşılan sonuçlardan daha kesin ve sağlıklı sonuçlarla çalışma duruşu/duruşları değerlendirilmektedir.

9) Gözleme dayalı RULA yöntemi, özü itibariyle vücudun sağ, sol ya da her iki yanının analiz edilmesine imkân sağlamaktadır. Ancak, gözleme dayalı bir şekilde uygulandığı için tek bir yanın analiz sonuçlarının dahi sübjektiflik içerdiği ve kesinlik arz etmediği düşünülürse; bir gözlemcinin vücudun her iki yanını gözlemlemesinin ne derecede sağlıksız olacağı ve fazla zaman alacağı anlaşılmaktadır. ARULA analiz aracı sayesinde söz konusu problem ortadan kalkmaktadır. Analiz aracı, vücudun hem sağ, hem sol hem de her iki yanını kolaylıkla değerlendirme imkânı sağlamaktadır.

10) ARULA analiz aracında, çalışma duruşlarına ilişkin ortalama değerler de raporlanabilmektedir. Böylece, sergilenen çalışma duruşunun, bir bütün olarak tehlike seviyesi de ortaya çıkmaktadır. Söz konusu ortalama değerler, sağ ve sol yanlardan elde edilen analiz değerlerinin aritmetik ortalaması şeklinde hesaplanmaktadır.

11) ARULA analiz aracının sağladığı söz konusu avantajlar dışında, gözleme dayalı gerçekleştirilen RULA yönteminde, analiz edilen işin detaylı bir şekilde raporlanması mümkün olmadığı için işe ilişkin kapsamlı bilgiye ancak uzun gözlem süreleri sonucunda, görsel olarak ulaşılabilmektedir. ARULA analiz aracı sayesinde, incelenen işin tüm detaylarıyla raporlanabilmesi sağlanmaktadır. Böylece, işin kısa bir sürede iyi bir şekilde analizi gerçekleştirilebilmektedir.

12) ARULA analiz aracının diğer bir avantajı; kameraların yerleşimi nedeni ile çalışanın video kaydının alındığı süreç içerisinde herhangi bir rahatsızlık yaşamamasıdır.

13) Ayrıca, ARULA analiz aracı ile gerçekleştirilen manuel analizler, mevcut RULA yönteminden farklı olarak; dört farklı kameradan gelen farklı vücut bölümlerine ait görüntülerle gerçekleştirildiği için, manuel anlamda dahi gözleme dayalı yaklaşımdan daha hassas sonuçlar vermektedir.

Çalışma kapsamında, ARULA analiz aracının kodlama aşamasında C# programlama dili kullanılmıştır. Görüntü işleme prosesinde yapılan kodlamalar OpenCV (Open Source Computer Vision Library) içerisinde tutulmaktadır.

ARULA analiz aracının ölçüm sonuçları ise; MySQL Workbench 5.2 CE tarafından oluşturulan veri tabanı içerisinde yer almakta ve istenilen veriler Excel programına da rahatlıkla aktarılabilmektedir.

ARULA analiz aracının kullanıldığı videoların çekimleri ise; iki adet bilgisayara bağlı dört özdeş web kamerası ile gerçekleştirilmiştir. ARULA analiz aracının test edilmesi aşamasında da, dijital bir açıölçer ile elde edilen açı değerleri, ARULA analiz aracının otomatik analizi tarafından belirlenen açı değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında kol açılarının daha net bir şekilde analiz edilmesi için bilek ve diseklere, rengi önem taşımayan kurdeleler takılmıştır.

ARULA analiz aracı test edilirken ve sonrasında tez çalışması kapsamında gerekli analizler yapılırken, bir ofis ortamında, önü kapalı bir masada bilgisayara veri girişi işi temel alınmıştır. Veri girişi yapılan kaynak, çalışanın sağ tarafında konumlandırılmıştır.

ARULA analiz aracının tasarımının başlangıcında, tez sahibi tarafından RULA yönteminin işleyişi bir algoritma ile kodlamayı yapacak uzmana sunulmuştur. Söz konusu algoritma, önceki bölümlerde değinilen RULA nihai skorunu belirleme sürecini içermektedir.

Tez sahibi tarafından ARULA analiz aracında üç farklı analiz sisteminin olması gerektiği değerlendirilmiştir. Söz konusu analiz sistemleri, manuel analiz, yarı otomatik analiz ve otomatik analiz sistemi olarak belirlenmiştir.

ARULA analiz aracı kapsamında, tez sahibi tarafından üst ekstremitede yer alan her bir uzvun açısal hareketlerinin analizine ilişkin bazı karar kuralları oluşturulmuştur. Örneğin; RULA yönteminde üst kolun açısal hareketleri 20° fleksiyon ya da ekstansiyonda olma, 20° - 45° arasında fleksiyonda olma, 45° - 90° arasında fleksiyonda olma, 20° 'den fazla ekstansiyonda olma ve 90° 'den fazla fleksiyonda olma şeklinde sınıflandırılmıştır. Ancak tez sahibi tarafından, ARULA yöntemindeki görüntü işleme algoritmalarının sağlıklı bir şekilde ölçüm yapabilmesi için söz konusu açısal aralıklar; $((-20^{\circ}) - (+20^{\circ}))$, $(>(-20^{\circ}))$, $(21^{\circ}-45^{\circ})$, $(46^{\circ}-90^{\circ})$, $(>91^{\circ})$ şeklinde sınıflandırılmıştır.

ARULA analiz aracının manuel ve yarı otomatik analiz bölümlerinde yer alan RULA yöntemine ilişkin kontrol listesinin vücudun sağ ve sol yanı için aynı ekranda ayrı ayrı alanlarda olması gerektiği düşünülmüştür. Böylece, bir duruşun sağ ve sol yanlarına ilişkin sonuçları bir arada görülebilmektedir.

ARULA analiz aracında yer alan raporlar bölümünün tasarımı da tamamıyla tez sahibine aittir. Söz konusu rapor türleri Ek-C'de yer almaktadır. Raporlara ilişkin genel sınıflandırma ise aşağıda sunulmaktadır.

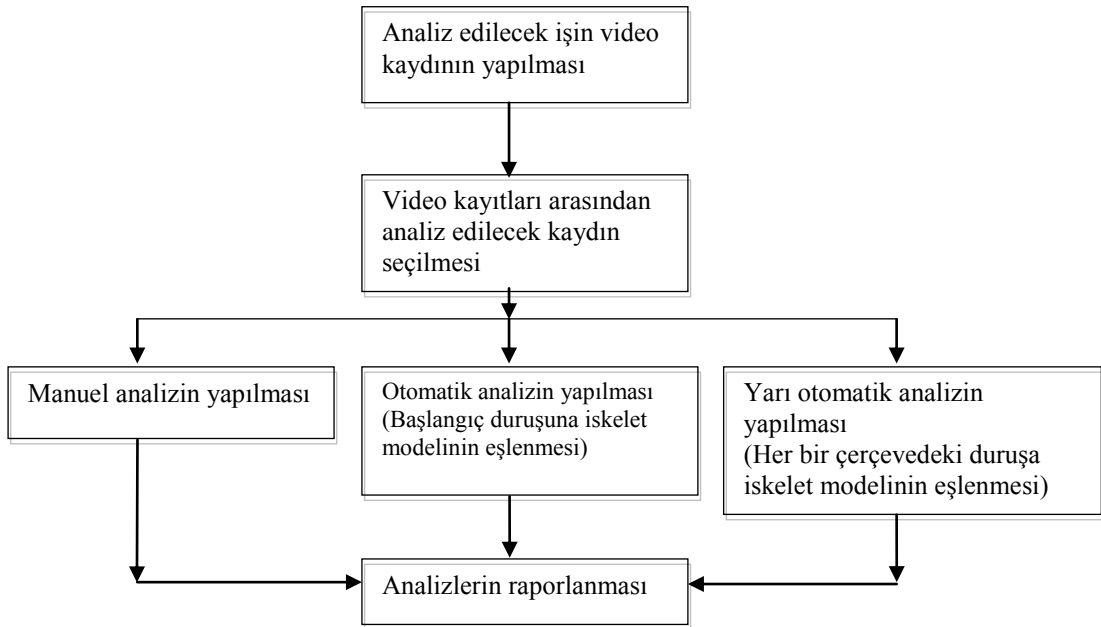
- 1) Yöntem kapsamındaki vücut bölümlerinin açısal hareketlerine ilişkin skorları içeren rapor türleri “süre, % süre ve dakikadaki değişim” raporlarından oluşmaktadır.
- 2) Yöntem kapsamındaki vücut bölümlerinin opsiyonel hareketlerine ilişkin rapor türleri “süre ve % süre” raporlarından oluşmaktadır.
- 3) Yöntem kapsamındaki vücut bölümlerinin açısal hareketlerine ilişkin ana skorları içeren rapor türleri “süre, % süre ve sıklık” raporlarından oluşmaktadır.
- 4) Tablo A, Tablo B ve Tablo C skorlarını içeren rapor türleri “süre, % süre, sıklık ve fotoğraf karesi” raporlarından oluşmaktadır.
- 5) Maruz kalınan yük/uygulanan kuvvet, kas kullanımı ve ayak-bacak destekleme özel durumlarını içeren rapor türleri “süre, % süre ve sıklık” raporlarından oluşmaktadır.
- 6) Ayrıca, ARULA analiz aracı kapsamında, her bir fotoğraf karesinde gerçekleşen skor değerleri EXCEL formatında da raporlanabilmektedir.
- 7) Yine raporlar bölümünün görsel çıktıları, sütun, bar, çizgi grafikleri olarak tez sahibi tarafından belirlenmiştir.
- 8) İlaveten raporlar bölümünde, karşılaştırmalı raporların yer almasının faydalı olacağı tez sahibi tarafından değerlendirilmiştir. Böylece, farklı çalışanların aynı işi yaparken sergiledikleri çalışma duruşları karşılaştırmalı olarak analiz edilebilmektedir.

ARULA analiz aracının ana skor hesabına ilişkin karar kuralı da yine tez sahibi tarafından belirlenmiştir. Burada, tüm video boyunca en fazla süre ya da sıklık ile ortaya çıkan nihai skor, tüm iş için hesaplanan nihai skor olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra her bir analiz aralığı ve analiz süresine ilişkin nihai skor sonuçları da ayrı ayrı belirlenebilmektedir.

ARULA analiz aracı ile farklı analiz sürelerinde ve aralıklarında değerlendirmelerin yapılabilmesi için, analiz frekansı ve analiz süresi değerlerinin parametrik olması gerektiğine tez sahibi karar verilmiştir. Böylece, söz konusu değerler kullanıcı tarafından değiştirilebilmektedir. Ayrıca, bir video süresince en uzun süre ile veya en tehlikeli şekilde sergilenen çalışma duruşunun ARULA analiz aracı ile otomatik bir şekilde belirlenmesinin gerekli olduğu da tez sahibi tarafından değerlendirilmiştir.

3.1. ARULA Analiz Aracının Tanıtımı

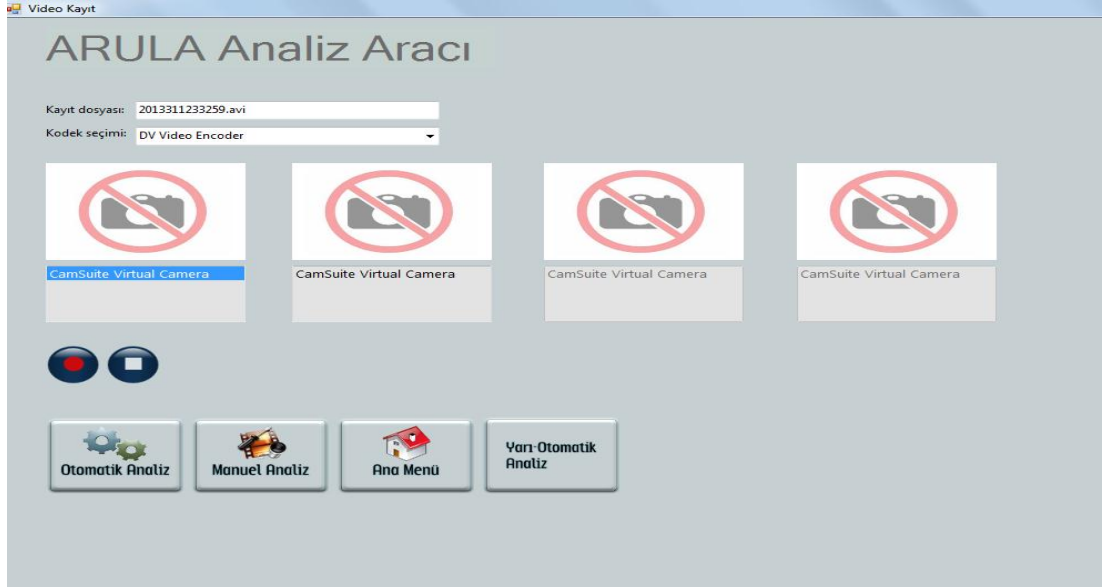
Bu bölüm, ARULA analiz aracının işleyişiyle ilgili ayrıntılı bilgi içermektedir. Şekil 3.1’de ARULA analiz aracının işleyişine ilişkin akış şeması yer almaktadır.



Şekil 3.1. ARULA analiz aracının işleyişini gösteren akış şeması

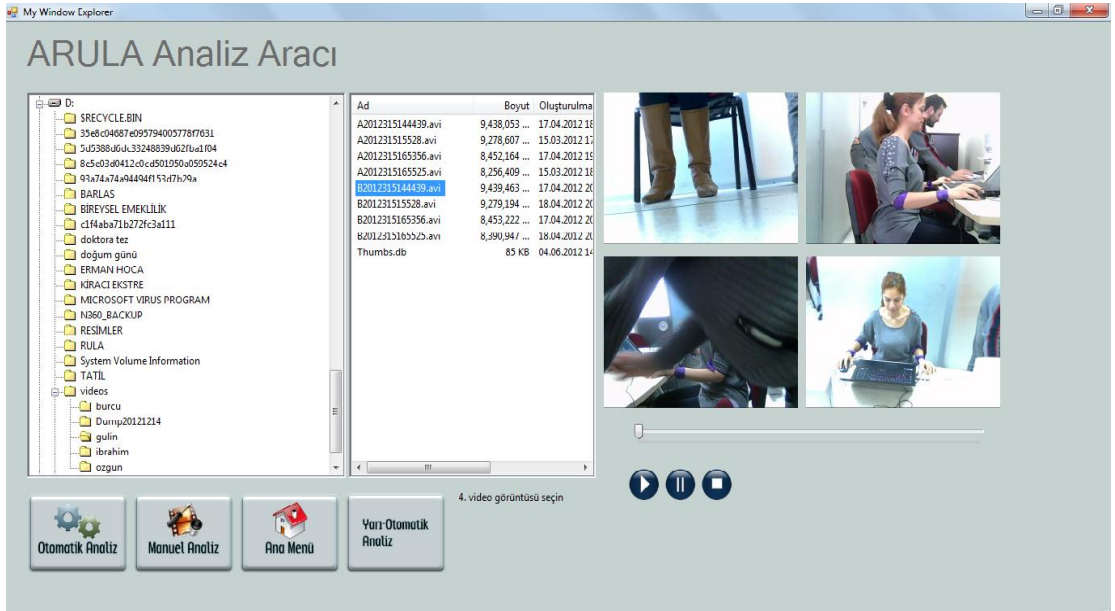
ARULA analiz aracı altı farklı menüden oluşmaktadır. Söz konusu menüler, “video kayıt” menüsü, “video araştır” menüsü, “otomatik analiz” menüsü, “yarı otomatik analiz” menüsü, “manuel analiz” menüsü ve “raporlar” menüsüdür.

Ana menüde yer alan “video kayıt” menüsüyle, ihtiyaca göre iki ya da dört web kamerasından eş zamanlı kayıt yapılmaktadır. Şekil 3.2’de video kayıt menüsü görülmektedir.



Şekil 3.2. ARULA video kayıt menüsü

“Video araştır” menüsüyle ise; çekilen görüntülerin bilgisayar içerisinde kayıt edildikleri klasörlerden bulunması ve analiz için seçilmesi sağlanmaktadır. Şekil 3.3’de “video araştır” menüsüne basıldığında ortaya çıkan görüntü dosyaları görülmektedir.



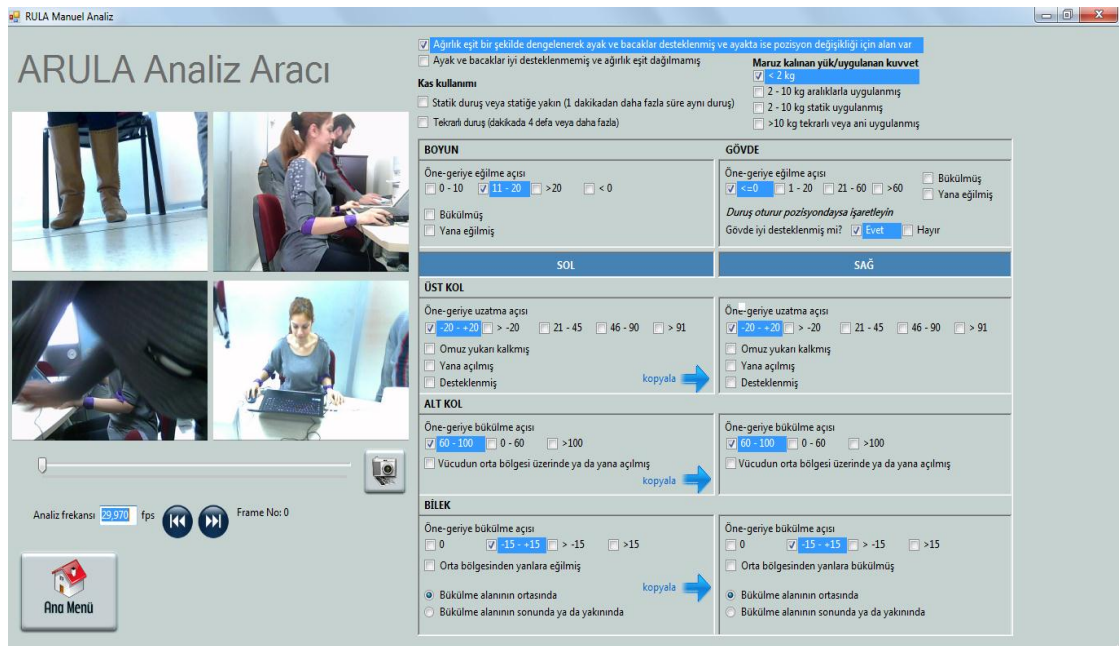
Şekil 3.3. ARULA video araştır menüsü

Kamera görüntülerinin belirlenmesi işlemi tamamlandıktan sonra ekranın sol alt köşesinde yer alan otomatik analiz, manuel analiz ve yarı otomatik analiz seçeneklerinden biri seçilerek analize başlanabilmektedir.

ARULA analiz aracının “manuel analiz” menüsünde dört özdeş web kamerasından gelen görüntüler analize tabi tutulmaktadır. Söz konusu kameralar, ayak ve bacak duruşlarını değerlendirmek için, çalışanın önden görüntüsünü değerlendirmek için, vücudun sağ ve sol yanlarını değerlendirmek için kullanılmaktadır. İş istasyonunda kullanılan masanın önünün kapalı olması kısıtı, ayak ve bacakların tek bir kamera tarafından görülmesini engellemektedir. Önü açık bir masada çalışma söz konusu olduğu zaman, ayak ve bacak duruşlarını değerlendirmek için fazladan bir kameraya ihtiyaç olmayacaktır. Çalışanın önden görünüşünü kayıt eden kamera, ayak ve bacak duruşlarının analiz edilebilmesi için gereken görüntüyü de kayıt edebilecektir.

Manuel analizde açılan sayfanın sağ tarafında RULA yönteminde kullanılan kontrol listesi yer almaktadır. Ekranda kontrol listesine ait ilk değerler otomatik olarak atanmış durumdadır. Kullanıcı yaptığı analiz sırasında söz konusu değerleri ve opsiyonel durumlara ilişkin belirlemelerini çalışma duruşuna uygun bir şekilde değiştirebilmektedir.

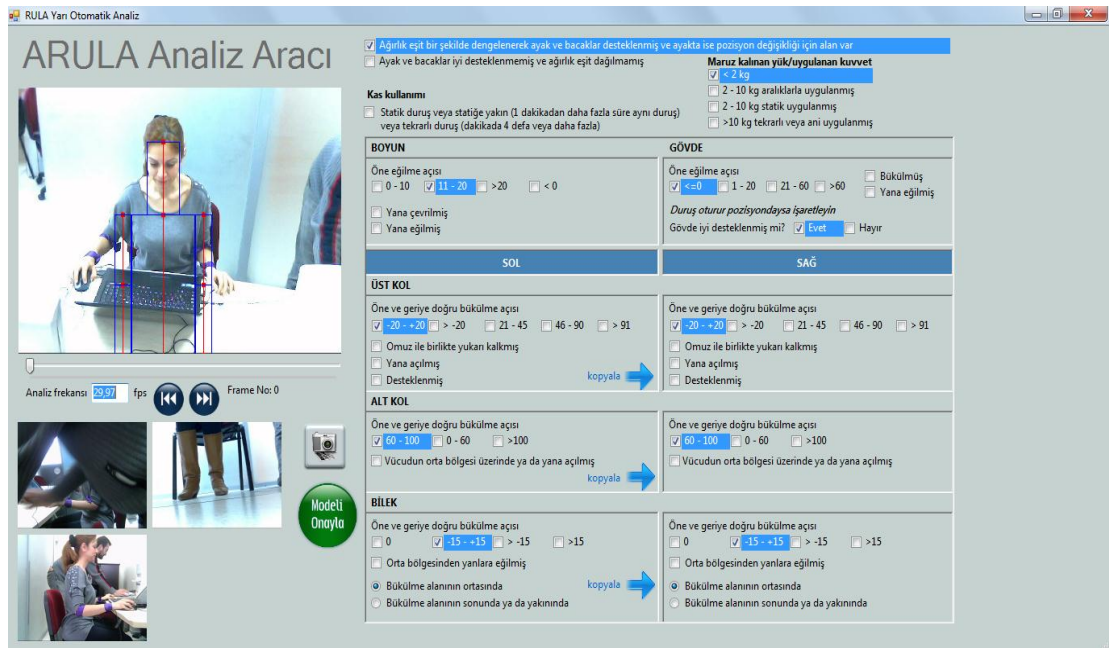
Manuel analiz tamamlandıktan sonra kullanıcı ana menüye geri dönerek; “raporlar” menüsüne tıklayarak; daha önceden oluşturulmuş olan rapor formatlarına göre tüm sonuçları elde edebilmektedir. Şekil 3.4’de manuel analiz ekranı görülmektedir.



Şekil 3.4. ARULA manuel analiz ekranı

Manuel analizde görüntü seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli husus; bütün videoların hep aynı sıra ile seçilmesidir. Örneğin; ayak-bacak görüntüsü, sağ-sol görüntüleri, önden alınan görüntü gibi. Çünkü analiz aracı, girilen bütün verileri başlangıçta belirlenen sıraya göre kaydetmektedir. Tez çalışması kapsamında da söz konusu sıra ile video görüntüleri seçilmiştir.

Analiz aracının “yarı otomatik analiz” menüsü ise; bir analiz şekli değil, manuel ve otomatik analiz arasındaki bir geçiş aracıdır. Bu bölümde, kullanıcı belirlediği çerçeve hızına göre; her bir çerçevede iskelet modelini çalışma duruşu üzerine oturtmakta ve “modeli kaydet” seçeneğine tıklayarak yazılım tarafından açı ölçümlerinin yapılmasını sağlamaktadır. Şekil 3.5’de yarı otomatik analiz ekranı yer almaktadır.



Şekil 3.5. ARULA yarı otomatik analiz ekranı

Yarı otomatik analizde iskelet modeli oturtulduktan sonra otomatik olarak hesaplanan açıların doğru olup olmadığını belirlemek için ön plan görüntüsüne ek olarak diğer üç görüntü de kullanıcının değerlendirme yapması için ekranda yer almaktadır.

Yarı otomatik analizde, RULA yöntemi kapsamındaki açısal hareketler ve opsiyonel durumlar kullanıcı tarafından sürekli kontrol edilmeli, gerekirse düzeltmeler yapılmalıdır. Bu durum, görüntü işleme algoritmalarıyla akan bir videonun açısal

analizlerinin yapılmasının, tek bir görüntünün açısal analizlerinin yapılmasından daha kolay ve sağlıklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, yarı otomatik analiz sonuçlarında sapmalar yaşanabilmektedir.

Yarı otomatik analiz tamamlandıktan sonra kullanıcı ana menüye geri dönerek; “raporlar” ikonuna tıklayarak; daha önceden oluşturulmuş olan rapor formatlarına göre tüm sonuçları elde edebilmektedir.

“Video araştır” ekranından “otomatik analiz” menüsü seçildiğinde; karşımıza iki kameralı bir görüntü çıkmaktadır. Kameralardan biri, çalışanın önden görünüşünü diğeri ise; ayak-bacakların görünüşünü değerlendirmek için kullanılmaktadır. Önden çekilen görüntüdeki başlangıç duruşu üzerine kullanıcı tarafından iskelet modeli oturtularak analize başlanmaktadır. Söz konusu iskelet, video süresince yaşanan duruş değişimlerine göre otomatik olarak kendini güncellemektedir. Vücudun diğerkısımları ise; oturtulan iskelet kullanılarak görüntü işleme algoritmaları desteği ile otomatik olarak analiz edilmektedir.

Otomatik analizde kullanıcı tarafından yapılan eşleştirme işleminde, iskelet modelinin vücudun ilgili kısımlarına tam olarak denk gelip gelmediği kontrol edilmelidir. Aksi takdirde, elde edilen sonuçlarda sapmalar yaşanabilmektedir. Analizin başlangıcında, ayakların yere eşit şekilde basıp basmadığı kontrol edilmelidir. Bu duruma, manuel ve yarı otomatik analizlere başlamadan önce de dikkat edilmelidir.

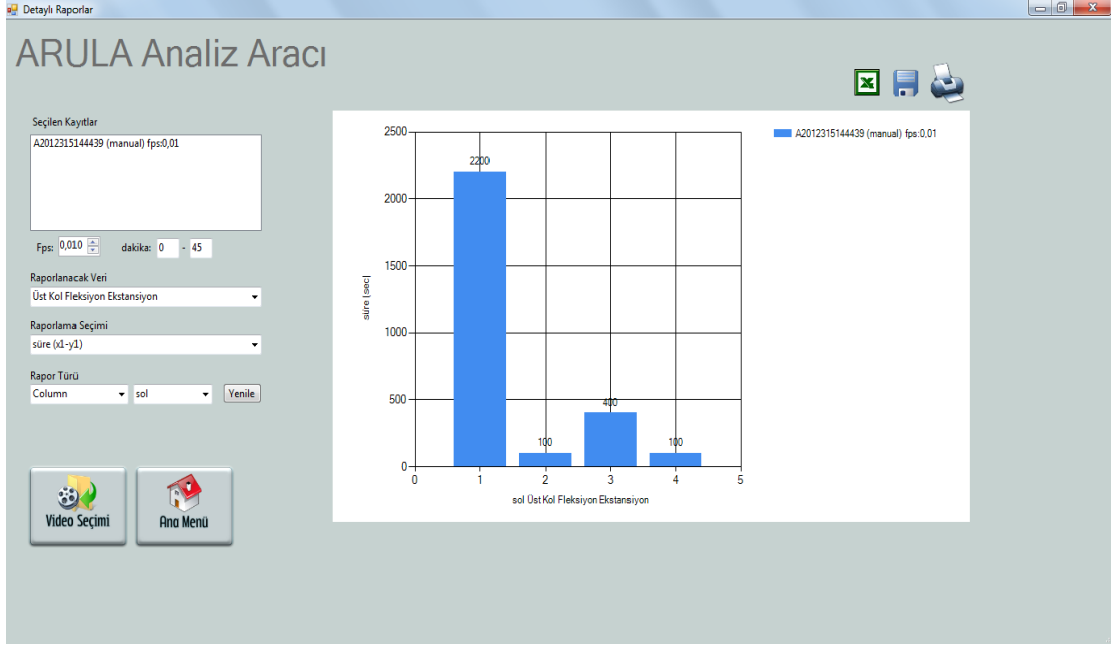
Otomatik analiz ekranında, ekranın sağ tarafında “kas kullanımı, maruz kalınan yük/uygulanan kuvvet, ayak ve bacakların iyi dengelenip dengelenmediği ve gövdenin iyi desteklenip desteklenmediği” opsiyonları mevcuttur ve bu opsiyonların değerlendirilmesi kullanıcı tarafından gerçekleştirilmektedir. Çünkü bunlar, mevcut görüntü işleme teknolojileriyle yapılabilecek analizler değildir. Şekil 3.6’da otomatik analiz ekran görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 3.6. ARULA otomatik analiz ekranı

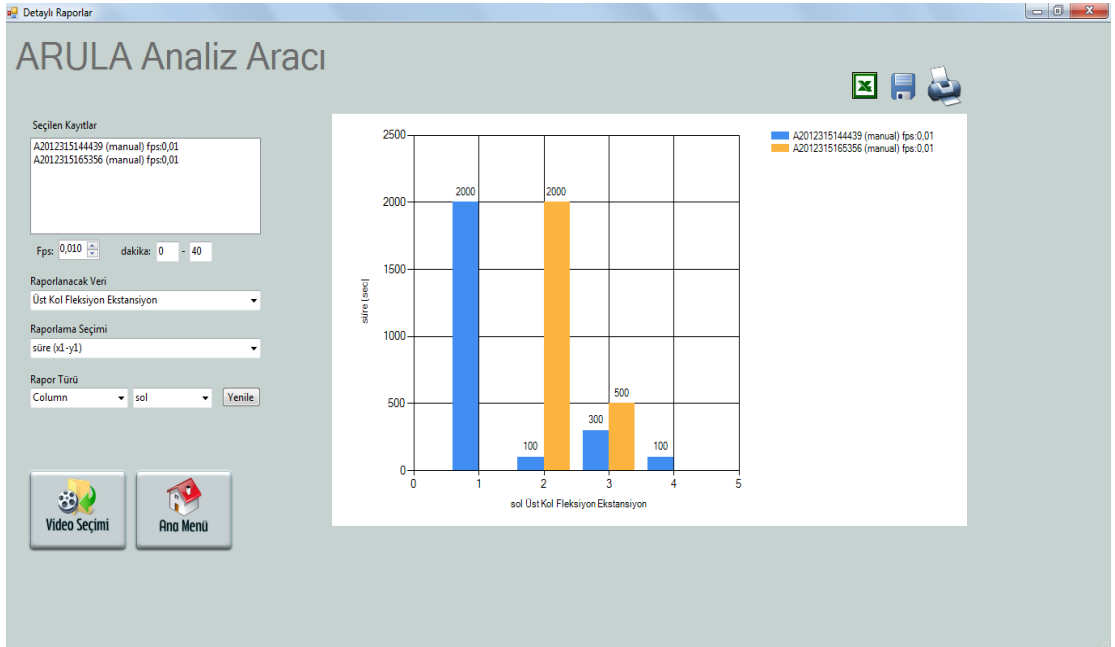
Manuel analizde ve yarı otomatik analizde kullanıcı analiz frekansını isteğine göre değiştirebilmektedir. Otomatik analizde ise; söz konusu değişiklik raporlar bölümünde yapılmaktadır.

Ana menüde yer alan diğer bir menü ise; “raporlar” menüsüdür. Bu menüde, otomatik analiz, yarı otomatik analiz ve manuel analizle yapılan değerlendirmelerin grafik formatında sonuçları mevcuttur. Raporlar bölümüyle, incelenen işe ilişkin detaylı bilgilere ulaşılmaktadır. Raporlar ikonunun altında, EK-C’de yer alan rapor seçenekleri dışında karşılaştırmalı durumlar için de veriler elde edilebilmektedir. Örneğin; farklı çerçeve hızlarında elde edilen sonuçlar, farklı gözlem sürelerinde elde edilen sonuçlar, farklı videoların karşılaştırılması vb. gibi. Şekil 3.7’de bir videonun rapor ekranı görülmektedir.



Şekil 3.7. A12315144439.avi etiketli videonun rapor sayfası

Şekil 3.8’de ise; birden fazla videonun karşılaştırılmasına ilişkin bir rapor formatı yer almaktadır.

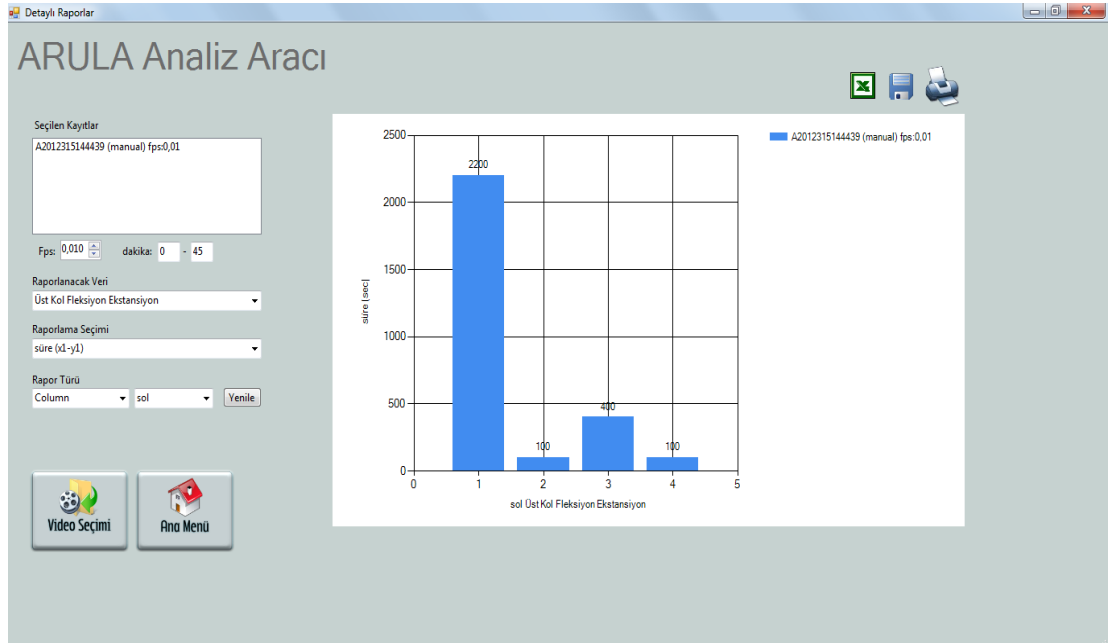


Şekil 3.8. Birden fazla videonun raporlama için seçimi

Raporlar bölümünde farklı rapor seçimleri mevcuttur. Söz konusu rapor seçimlerinden ilki RULA yöntemi kapsamındaki uzuvların açılmal hareketlerinin değerlendirildiği raporlardır. Örneğin; üst kol fleksiyon-ekstansiyon için manuel

analizde dört farklı “raporlama seçimi” söz konudur. Bunlar, “süre (x1, y1), % süre (x1-y2), dakikadaki değişim (x1, y3)” raporlarıdır. “Süre (x1-y1)” raporlama seçimi ile anlatılmak istenen, üst kol değerlendirilmesinde hangi skorun ne kadar süre ile gerçekleştiğidir. Burada, x1 eksenini skorları, y1 eksenini ise; süreyi göstermektedir. “% süre (x1-y2)” raporlama seçimi ile anlatılmak istenen ise; skorların tüm video süresi içindeki yüzdeleridir. Burada, x1 eksenini skorları, y2 eksenini süre yüzdelerini göstermektedir. Yine, “dakikadaki değişim (x1-y3)” raporlama seçimi ile hangi skorun dakikada kaç defa yaşandığı belirlenmektedir.

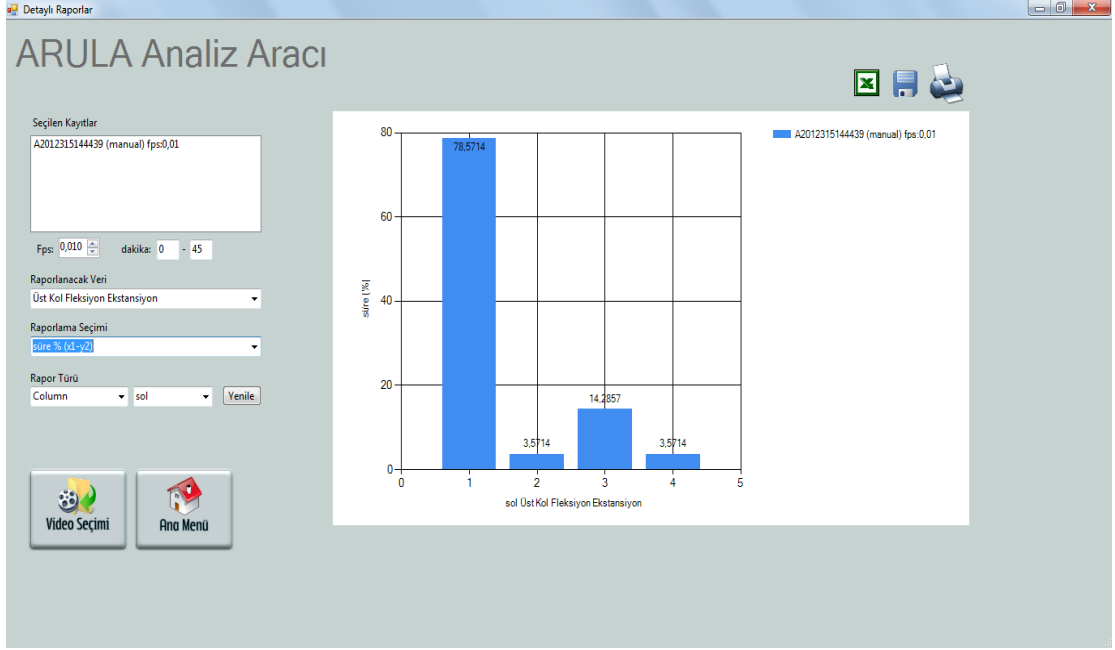
Aşağıda Şekil 3.9’da “raporlama seçimi” kısmında yer alan süre (x1, y1) raporuna ait bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Süre (x1, y1) raporlama seçimine ilişkin örnek görüntü

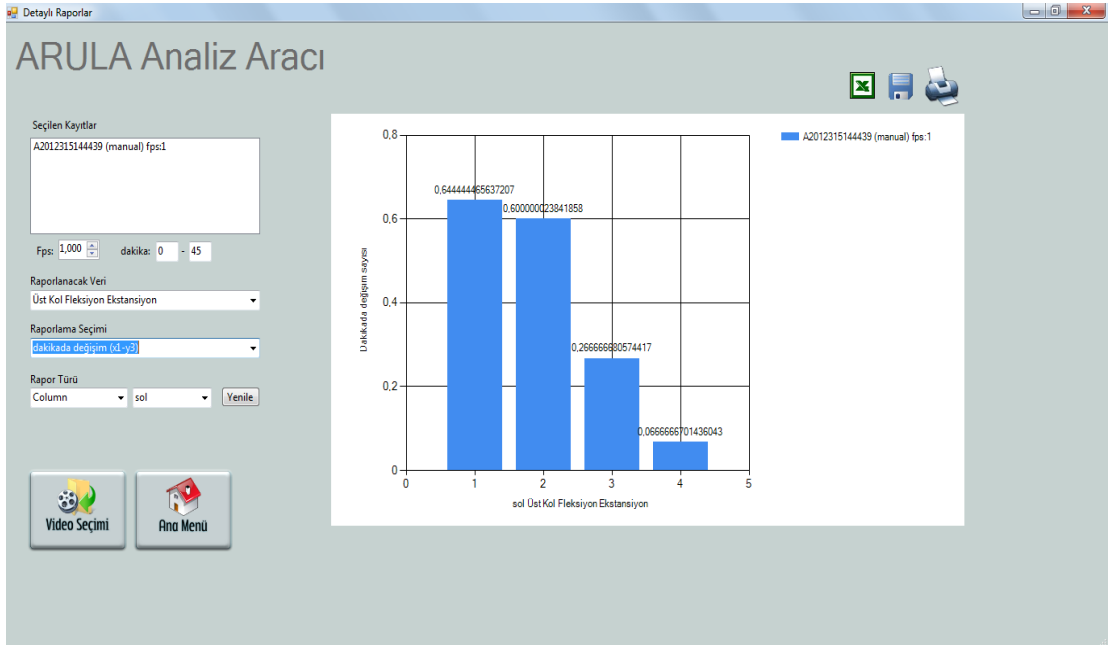
Burada bir noktayı belirtmek gerekmektedir. ARULA analiz aracı kapsamında analiz edilen uzuvların açısız hareketlerine ilişkin skorlar ayrı, uzuvlara ilişkin opsiyonel durumlara ait skorlar ayrı olarak hesaplanmaktadır. Sonrasında söz konusu skorlar, uzuvlara ilişkin ana skorların (boyun fleksiyon-ekstansiyon + boyun opsiyonel durumlar = boyun skoru gibi) elde edilmesi esnasında toplanmaktadır.

Şekil 3.10’da ise; % süre (x1-y2) raporlama seçimine ilişkin bir örnek yer almaktadır.



Şekil 3.10. Süre % (x1-y2) raporlama seçimine ilişkin örnek görüntü

Şekil 3.11’de dakikadaki değişim (x1-y3) raporlama seçimine ilişkin bir örnek yer almaktadır.



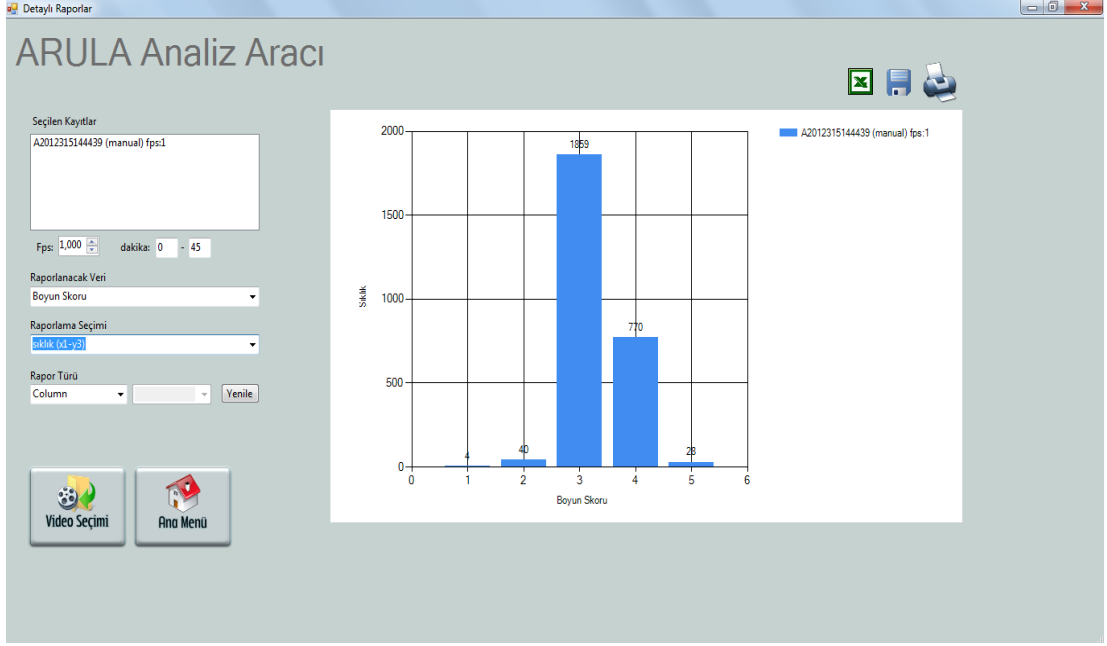
Şekil 3.11. Dakikadaki değişim (x1-y3) raporlama seçimine ilişkin örnek görüntü

Burada, “dakikadaki değişim” rapor seçiminden bahsetmenin faydalı olacağı düşünülmektedir. Şekil 3.11’de, 45 dk. süren A2012315144439 adlı video kaydındaki üst kola ait duruşların dakikadaki değişim sayıları grafikte yer

almaktadır. Söz konusu grafiğe bakıldığı zaman; “1” skorunun video boyunca “29” defa $((2701*0,65)/60= 29)$ (0,65 defa/dk.) yaşandığı, “2” skorunun “27” defa (0,6 defa/dk.) yaşandığı, “3” skorunun “14” defa (0,3 defa/dk.) yaşandığı, “4” skorunun ise; “3” defa (0,06 defa/dk.) yaşandığı görülmektedir. Dakikadaki değişim grafiğinden, en fazla “1” skoruna sahip duruşun yaşandığı görülmektedir. Söz konusu grafik bir anlamda bir sıklık grafiğidir ve kaç defa hangi skorlarla karşılaşıldığını göstermektedir. Bir dakikadaki değişime bakıldığı için ondalıklı sonuçlar elde edilmektedir.

“Raporlama seçimi” bölümüne ilişkin önemli bir nokta da, söz konusu seçimlerin RULA yöntemi kapsamında bulunan opsiyonel durumlarda değişmesidir. Örneğin, gövde duruş açıları dışında, sergilenen çalışma duruşu için gövdenin yana eğilip eğilmemesi opsiyonel bir durumdur. Eğer gövde yana eğilmiş ise; bu durum “1” olarak skorlandırılmakta ve gövde duruş skoruna eklenmektedir. Eğer gövde yana eğilmemiş ise bu durum “0” olarak skorlandırılmaktadır. Bu tür opsiyonel durumlardaki raporlama seçimleri, “süre (x1-y1)” ve “% süre (x1-y2)” raporlarından ibarettir.

Bununla birlikte ARULA analiz aracında üst kol skoru, alt kol skoru, gövde skoru, boyun skoru ve bilek skoru olmak üzere toplam beş adet ana skor bulunmaktadır. Söz konusu skorlar, açısal hareket skorlarına opsiyonel skorların eklenmesi sonucunda elde edilmektedirler. Bu skorlara ilişkin olarak, ARULA yönteminin “raporlar” menüsünde “süre (x1-y1), % süre (x2-y2) ve sıklık (x3-y3)” raporları yer almaktadır. Burada sadece “sıklık (x3-y3)” raporuna değinmenin faydalı olacağı düşünülmektedir. Şekil 3.12’de vücut bölümlerinin ana skorları için oluşturulan “sıklık (x3-y3)” raporu yer almaktadır.

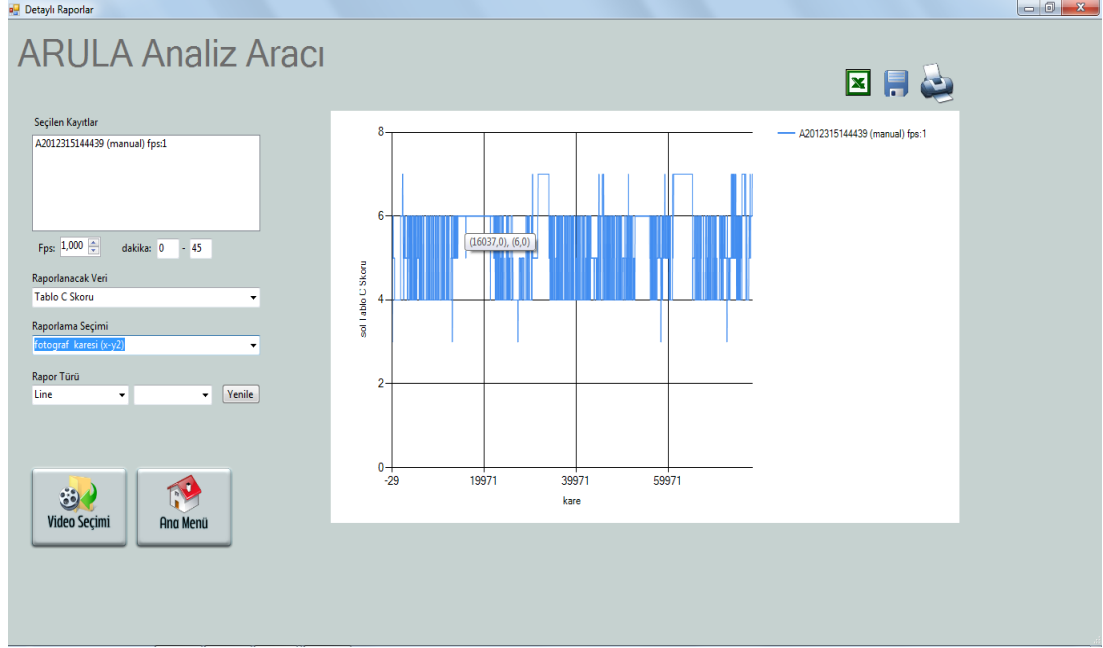


Şekil 3.12. Boyun ana skoru için sıklık (x3-y3) raporu

Şekil 3.12’de, 45 dakika süren “A2012315144439” adlı video kaydına ait boyun ana skorlarının kaç defa ortaya çıktığını gösteren sıklık grafiği yer almaktadır. Grafikten de görüldüğü gibi; söz konusu videoda “1875” defa olmak üzere en fazla “3” skoruna sahip boyun duruşu sergilenmiştir.

Bununla birlikte, ARULA analiz aracında hesaplanan Tablo A, Tablo B ve Tablo C skorlarına ilişkin farklı raporlama seçimleri mevcuttur. Söz konusu raporlama seçimleri; “sıklık (x-y1), fotoğraf karesi (x-y2), süre (x-y3) ve % süre (x-y4)” raporlarıdır. Burada sadece “fotoğraf karesi” raporlama seçimine değinmenin faydalı olacağı düşünülmektedir.

Bu kapsamda Şekil 3.13’de söz konusu skorlara ait fotoğraf karesi raporlama seçimine ilişkin bir örnek yer almaktadır.



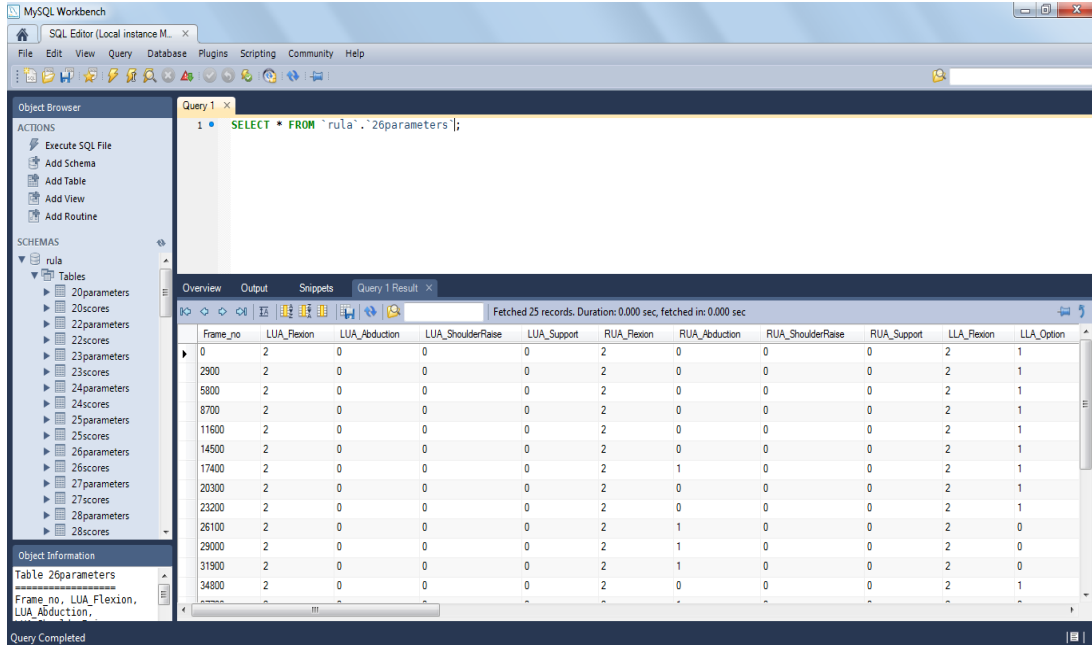
Şekil 3.13. Fotoğraf karesi raporlama seçimine ilişkin bir örnek

Şekil 3.13’de, 45 dakika süren “A2012315144439” adlı video kaydına ait Tablo C skorunun fotoğraf karesi grafiği yer almaktadır. Grafikten de görüldüğü gibi “1 fps” hızında analiz yapıldığı için toplamda “78.271” adet fotoğraf karesi (çerçeve) analiz edilmiştir. Bu nedenle grafik, çok karmaşık bir şekilde karşımıza çıkmaktadır. Ancak örnek olması açısından grafikte yer alan bir verinin üzerine tıklanmıştır ve ortaya çıkan metin kutusu içerisindeki değerler; “(16037,0) (6,0)” değerleri olarak karşımıza çıkmıştır. Söz konusu değerlerle ifade edilmek istenen; “16037” numaralı fotoğraf karesinde yer alan çalışma duruşunun nihai RULA skorunun “6” olduğudur.

ARULA analiz aracı kapsamında analiz edilen, maruz kalınan yük/uygulanan kuvvet, kas kullanımı ve ayak-bacak destekleme durumlarına ilişkin rapor seçimleri ise; “süre (x1-y1), % süre (x2-y2) ve sıklık (x3-y3)” raporlarıdır.

ARULA analiz aracının gerçekleştirdiği bütün ölçüm sonuçları SQL veri tabanında saklanmaktadır. Söz konusu veri tabanında videolar “ID” numaraları ile temsil edilmektedir. Videolara ait açısıl ve opsiyonel değerlendirmelere ulaşılmak isteniyorsa, ilgili videoya ait “parametre” dosyalarına, skor değerlendirmelerine ulaşılmak isteniyorsa “skor” dosyalarına bakılmalıdır. Örneğin; “20parameters” dosyası, “20” ID numaralı videonun açısıl ve opsiyonel değerlendirmelerini içermektedir. “20scores” dosyası ise; “20” ID numaralı videonun opsiyonel durumlar

eklenmiş bir şekilde hesaplanan skor değerlendirmelerini içermektedir. Aşağıda Şekil 3.14’de ARULA analiz aracına ait SQL veri tabanı ekran görüntüsü yer almaktadır.



Frame_no	LUA_Flexion	LUA_Abduction	LUA_ShoulderRaise	LUA_Support	RUA_Flexion	RUA_Abduction	RUA_ShoulderRaise	RUA_Support	LLA_Flexion	LLA_Option
0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1
2900	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1
5800	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1
8700	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1
11600	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1
14500	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1
17400	2	0	0	0	2	1	0	0	2	1
20300	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1
23200	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1
26100	2	0	0	0	2	1	0	0	2	0
29000	2	0	0	0	2	1	0	0	2	0
31900	2	0	0	0	2	1	0	0	2	0
34800	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1

Şekil 3.14. MySQL Workbench 5.2 CE veri tabanı ekran görüntüsü

Örnek olarak; veri tabanında yer alan sol alt kol değerlendirmeleri için kullanılan simgelerin açıklamaları aşağıda verilmiştir. Vücudun diğer bölümleri için veri tabanında yer alan simgeler ise; Ek-Ç’de yer almaktadır.

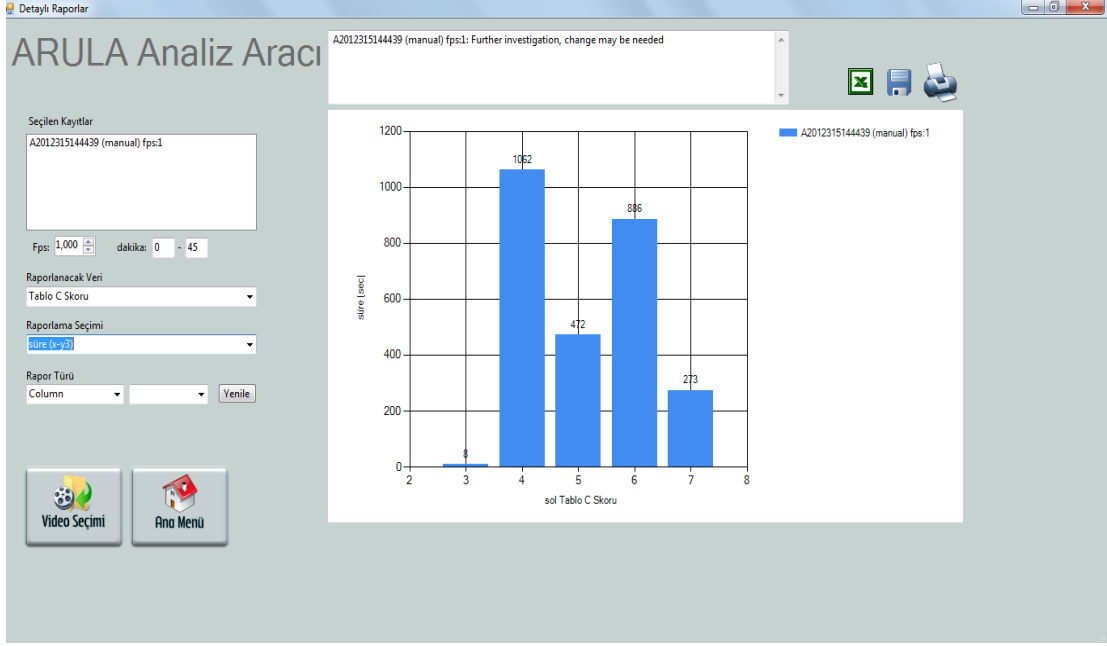
LUA_Flexion: Sol üst kol (left upper arm) fleksiyon skorları (açıları)

LUA_Abduction: Sol üst kol abduksiyon skorları (açıları)

LUA_Shoulder Raise: Sol omzun yukarıda olma opsiyonu

LUA_Support: Sol üst kolun desteklenme opsiyonu

Yukarıda yer verilen bilgilere ilaveten; ARULA analiz aracının nihai skoru hesaplama sistemine de değinmek gerekmektedir. ARULA analiz aracı ile herhangi bir videoyu analiz ettikten sonra istenilen analiz süresi ve aralığında sonuçların alınabileceğine daha önceki bölümlerde değinilmişti. Bu kapsamda ARULA analiz aracı nihai skorun belirlenmesi aşamasında, en fazla süre ile sergilenen skoru ya da en fazla sıklıkla ortaya çıkan skoru nihai skor olarak belirlemekte ve eylem seviyesine ilişkin mesajı ekrana yansıtmaktadır. Söz konusu duruma ilişkin bir örnek Şekil 3.15’de yer almaktadır.

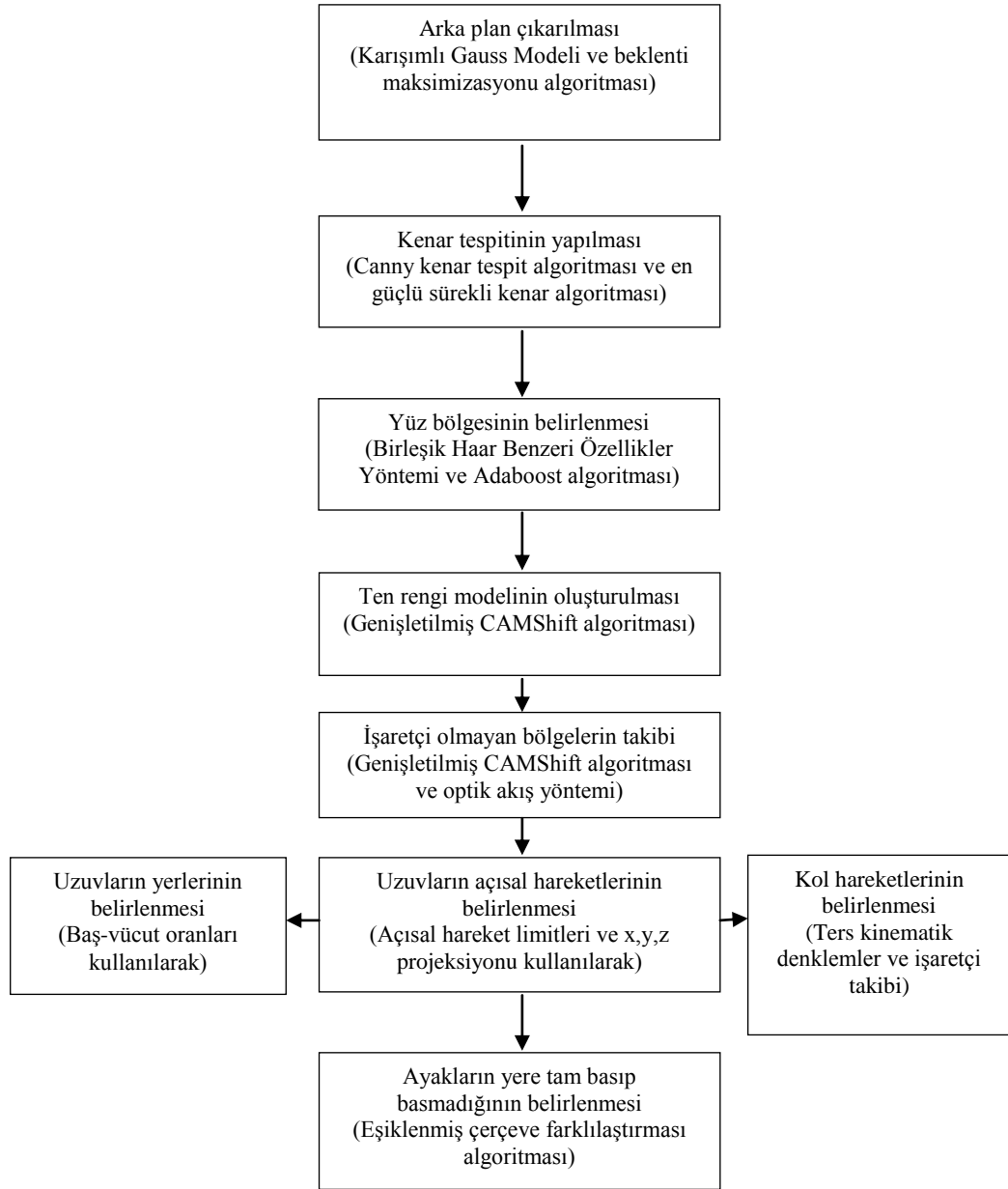


Şekil 3.15. ARULA analiz aracında nihai skor hesabı

Şekil 3.15’den de görüldüğü gibi; “A2012315144439” adlı video kaydının analizi sonucu, video kapsamında sergilenen çalışma duruşları için nihai RULA skoru “4” olarak hesaplanmaktadır. “4” skoruna karşılık gelen eylem seviyesi ise; ikinci eylem seviyesidir. Söz konusu eylem seviyesi; çalışma duruşlarının daha fazla incelenmesi gerektiğini ve ilgili duruşlarda iyileştirmelerin yapılabileceğini belirtmektedir.

3.2. ARULA Analiz Aracında Kullanılan Görüntü İşleme Teknikleri

Bu bölümde, ARULA analiz aracının arka planında yer alan görüntü işleme yaklaşımlarından bahsedilmektedir. ARULA analiz aracı, aşağıda Şekil 3.16’da yer alan akış şemasına uygun olarak çalışmaktadır.



Şekil 3.16. ARULA analiz aracının akış şeması

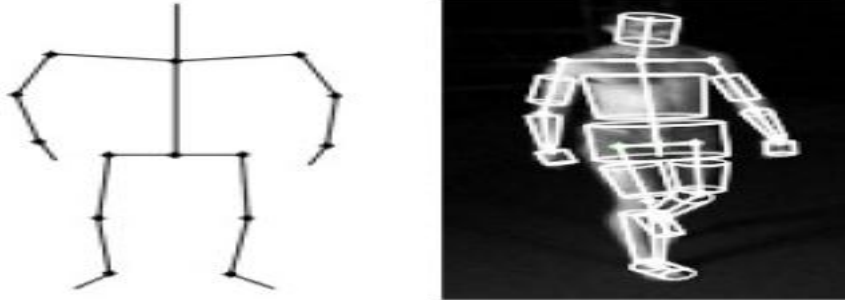
ARULA analiz aracının daha etkin bir şekilde kullanılabilmesi için analizin başlangıcında aşağıdaki kabullerin yapılması gerekmektedir:

- Çalışanın başlangıç pozisyonu bilinmektedir. Bu pozisyon, özellikle otomatik analiz için nötr pozisyona yakın bir pozisyon olmalıdır. Çekim başladıktan sonra, çalışan kendi doğal duruşuna dönebilmektedir.
- Bir sonraki duruş sürekli tahmin edilebilmektedir. Yani, uzuvların bir sonraki hareket noktaları tahmin edilebilmektedir.
- Çalışanın kameraya ön taraftan baktığı kabul edilmektedir.

- Dirsek ve bilekler için işaretçiler kullanılmaktadır.
- Çekimler başlamadan önce, çalışanın iki ayağı yere tam basmalıdır.

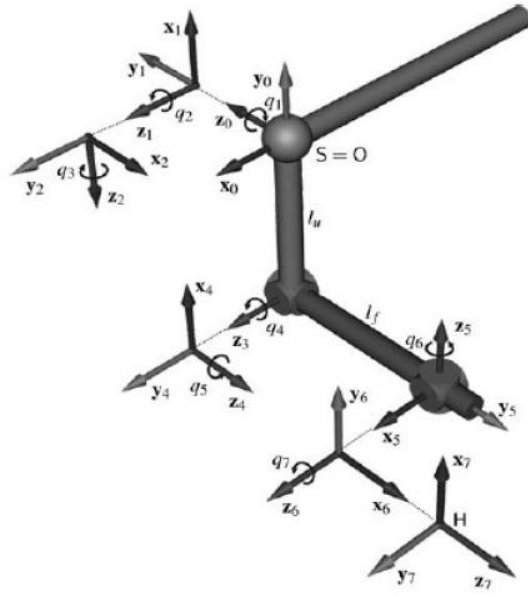
ARULA analiz aracında çalışanın başlangıç pozisyonunu oluşturmak için mafsallı bir insan vücut modeli kullanılmıştır. Söz konusu model, çalışanın video kaydı başlangıcındaki duruşu ile eşleştirilmektedir. Eşleştirme sonrasında kullanıcı videoyu analiz etmeye başlayabilmektedir. Şekil 3.17’de söz konusu vücut modeli görülmektedir.

Bu mafsallı model ile vücudun her bir uzvu, konik şekillerle temsil edilmektedir. Söz konusu model, bilgisayar işlemleri açısından basit olması, yüksek seviyede yorumlama olanağı sağlaması ve iyi bir temsil yeteneğine sahip olması nedeniyle tercih edilmiştir. Ayrıca, ARULA analiz aracında takip açısından renk bilgisi önemli bir rol oynadığı için, çubuk iskeletlerde renk bilgisine ulaşılamaması konik vücut modelinin kullanılmasını gerektirmiştir.



Şekil 3.17. Çalışma kapsamında kullanılan insan vücut modeli

RULA yöntemi vücudun alt kısmını dikkate almadığı için (sadece bacaklar için basit bir değerlendirme yapmaktadır.) modelde en karmaşık yapı kollar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, kolları modellemek için kinematik bir eşitlik kullanılmıştır. Söz konusu eşitlik, Matjaž Mihelj’in (2006) “Human Arm Kinematics for Robot Based Rehabilitation” adlı çalışmasından alınmıştır [122]. Kol eklem yerlerinin koordinat sistemleri ve kullanılan dönüşüm matrisi aşağıda Şekil 3.18’de yer almaktadır.



Şekil 3.18. Kol kinematik modeli [122]

Çalışmada insan kolu yedi serbestlik dereceli bir mekanizma olarak modellenmektedir [122].

Serbestlik derecesi, bir cismin ya da sistemin uzaydaki konumunu belirtmek için bilinmesi gereken minimum koordinat adededir. İnsan vücudu açısından da, vücutta bulunan tüm uzuvların konumunu belirlemek için gerekli olan parametre sayısıdır [122].

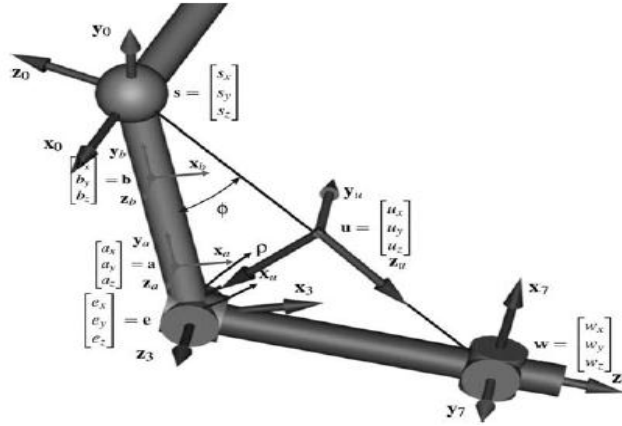
Kol kinematik modelinde yer alan parametrelere aşağıda yer verilmektedir.

- q₁: Omuz başının abdüksiyon yönünü göstermektedir.
- q₂: Omzun fleksiyon ve ekstansiyon yönünü göstermektedir.
- q₃: Üst kolun içe ve dışa rotasyon yönünü göstermektedir.
- q₄: Dirseğin fleksiyon ve ekstansiyon için dönüş yönlerini göstermektedir.
- q₅: Ön kolun pronasyon ve supinasyon yönlerini göstermektedir.
- q₆: Bileğin ulnar ve radyal sapma yönlerini göstermektedir.
- q₇: Elin fleksiyon ve ekstansiyon yönlerini göstermektedir.

Omuz ve dirsek birleşim noktaları üst kol segmentine “l_u” uzunluğu ile bağlanmaktadır. Dirsek ve bilek birleşim yerleri ise; ön kol segmentine “l_f” uzunluğu ile bağlanmaktadır [122].

Çalışma kapsamında insan kolunun ters kinematik problemi; elin verilen pozisyonundan ve oryantasyonundan yedi adet birleşim yeri açısını bulmak şeklinde tanımlanmaktadır [122].

Şekil 3.18'deki bağlantılara binaen aşağıda Şekil 3.19'da yer alan kol dönüşüm matrisleri tanımlanabilmektedir.



Şekil 3.19. El duruş bilgilerini ve üst kolun radyal ivme ölçümlerini kullanarak kol açılarının tahmin edilmesi [122]

Söz konusu matrislerde yapılan hesaplamalar ise; Eşitlik (3.1), (3.2) ve (3.3)'deki gibi;

$$T_s = Rot(z_0, q_1) Rot(z_1, q_2) Rot(z_2, q_3) Trans(z_2, l_u) \quad (3.1)$$

$$T_e = Rot(z_3, q_4) Trans(z_4, l_f) \quad (3.2)$$

$$T_w = Rot(z_4, q_5) Rot(z_5, q_6) Rot(z_6, q_7) \quad (3.3)$$

şeklinde gösterilmektedir [122].

Burada, “ T_s ”, “ T_e ”, “ T_w ” sırayla omuz, dirsek ve bilek dönüşüm matrisleridir. “ z_0, z_1, \dots, z_7 ” ise; “ z ” eksenindeki serbestlik derecelerini göstermektedir. Dirsek (elbow) için “E”, bilek (wrist) için “W”, el (hand) için “H”, omuz (shoulder) için “S” koordinat sistemi temel alınarak yapılan dönüşümler ise; Eşitlik (3.4), (3.5) ve (3.6)'daki gibi;

$$E = T_s \quad (3.4)$$

$$W = T_s T_e \quad (3.5)$$

$$H = T_z T_e T_w \quad (3.6)$$

şeklinde yapılmaktadır [122].

“s”, “e” ve “w” sırasıyla omuz, dirsek ve bilek bileşimlerinin pozisyonlarını göstermektedir [122].

Kol hareketlerinin daha net bir şekilde analiz edilebilmesi için yukarıda bahsedilen kinematik denklemlerin yanı sıra dirsek ve bileklerde işaretçiler de kullanılmıştır. İşaretçiler sadece dirsek ve bileklere otomatik analizin yapılabilmesi için yerleştirilmiştir. İşaretçilerin ileri teknoloji gerektirmeyen türden olması sistemin bir avantajı olarak karşımıza çıkmaktadır. İşaretçi olarak kullanılan ekipman, “kurdele” olarak belirlenmiştir ve çalışanın üzerindeki giysiden ayırt edilebildiği sürece renginin de bir önemi bulunmamaktadır.

ARULA analiz aracında ilk aşamada, mevcut veri setinden arkaplan bilgileri çıkartılmaktadır. Arka planın çıkarılması ile çalışanın silueti elde edilmektedir. “Arka plan çıkarımı (background subtraction)” işlemi en genel ifadesi ile video içindeki sabit arka plandan, hareketli cisimlerin ayırt edilmesidir. Buradaki esas amaç; ilgilenilen hareketleri yakalamak ve ilgilenilmeyenleri yok saymaktır. Ancak hareketli arka plan nesnelere ile hareketsiz ön plan nesnelere birbirine karıştırılmaması gerekmektedir. Şekil 3.20’de arka planı çıkarılmış bir duruş örneği yer almaktadır.



Şekil 3.20. Arka planı çıkarılmış bir duruş örneği

Literatürde de çok fazla önerilen ve her bir arka plan pikselinin farklı tonlarda değerlere sahip olduğu durumlarda dahi düzgün çalışabilen “Karışımli Gauss Modeli (Mixture of Gaussian Model-MoG) yaklaşımı” çalışma kapsamında kullanılmıştır. Bu modelde, her bir piksel “K” adet gauss dağılımı ile tanımlanmaktadır [123]. Her bir gauss için “ortalama (ortalama (μ) toplam (Σ) ve ağırlık (ω)” parametrelerinin hesaplanması gerekmektedir. Çalışmada, ilgili parametrelerin hesabında “Beklenti Maksimizasyonu (BM) (Expectation Maximization-EM)” yaklaşımı kullanılmıştır.

BM algoritması, tam olmayan veri (kayıp veri) problemlerini çözmek için maksimum olasılık tahminlerini yapan tekrarlı bir algoritmadır. BM algoritmasının her tekrarı iki adımda gerçekleşmektedir. Bu adımlar, “bekleneni bulma (B-Adımı (expectation-beklenti))” ve “maksimizasyon (M-Adımı (maximization-maksimizasyon))” olarak adlandırılmaktadır [124].

“B” adımında gözlenen verilerin parametrelerine ait kestirimler kullanılarak; bilinmeyen (kayıp) veri ile ilgili en iyi olasılıklar tahmin edilirken, “M” adımında ise; tahmin edilen, kayıp veri yerine konulup bütün veri üzerinden maksimum olasılık hesaplanarak, parametrelerin yeni tahminleri elde edilmektedir [124].

MoG ile modellemede, $t=0$ anında piksellerin ağırlıklandırılmış renk histogramı çıkarılmakta ve $t=1$ anında yeniden her bir pikselin, $t=0$ anındaki histogramına bakılarak; söz konusu pikselin arka plana ait olma olasılığı hesaplanmaktadır. Söz konusu piksel değerleri için bir eşik değeri çoğu zaman belirlenmektedir. Örneğin; “% 70” arka plana, “% 30” ön plana ait olma olasılığı gibi. MoG modeli ile her bir çerçevede arka plan piksellerine ait histogramlar güncellenmektedir ve ard arda gelen çerçevelerde büyük farklılıklar beklenmemektedir.

Çalışanın silueti elde edildikten sonra “Canny kenar tespit algoritması (Canny edge detection algorithm)” kullanılarak; siluetin kenarları belirlenmektedir. Kenar tespitinin amacı, görüntü işlemenin daha sonraki aşamalarında kullanılmak üzere yapısal özellikleri koruyarak veri sayısını azaltmaktır.

Canny kenar tespit algoritması, John F. CANNY tarafından geliştirilmiştir [125]. Söz konusu algoritmada çift eşikleme (double treshold) stratejisi uygulanmaktadır. Buradaki amaç, tespit edilen kenarın diğer kenar olabilecek cisimlere göre ne kadar

güçlü ve çevresine göre ne kadar güçlü olduğunun belirlenmesidir. Bu şekilde en güçlü kenar seçilebilmektedir.

Görüntülerde kenarları belirlemek için Canny kenar tespit algoritması ile birlikte, “en güçlü sürekli kenar yöntemi (strongest continuous edge method)” kullanılmıştır. Bu yöntem, kollar ve bacaklarda iyi bir taslak oluşturmakta ve renge, giysilerin dokusuna, aydınlatmaya ve duruşa karşı hassasiyet göstermemektedir. Ancak, bazı gürültülü ortamlarda ve kişi bol kıyafetler giydiği zaman, söz konusu yöntemle kenarlar net olarak belirlenmemektedir.

Yöntemin amacı, hareket esnasında arka plandan ayrılacak kadar büyük bir kenar parçasına ulaşmaktır. Bu kenar parçası gürültüden etkilenmemiş bir kenar parçası olmalıdır. Şekil 3.21’de söz konusu kenar belirleme yöntemiyle elde edilen, çalışana ait uzuv kenarları görülmektedir.



Şekil 3.21. Orjinal görüntü ve kenar tespit sonuçları

Canny kenar tespit algoritması beş ayrı adım uygulanılarak çalışmaktadır. Aşağıda söz konusu adımlar yer almaktadır [125].

- 1) Yumuşatma (smoothing): Gürültünün yok edilebilmesi için görüntü bulanıklaştırılmaktadır.
- 2) Eğimin bulunması (finding gradients): Görüntüdeki eğimlerin yüksek değerler aldığı yerlerdeki kenarlar işaretlenmektedir.
- 3) İki kere eşikleme yapılması (double tresholding): Potansiyel kenarlar eşikleme metoduyla belirlenmektedir.

4) Histeresis yoluyla kenarların takibi (Edge tracking by hysteresis): Belirli bir güçlü kenara bağlı olmayan diğer bütün kenarlar bastırılarak son kenar bulunmaktadır. Histeresis, çizgilerin yok edilmesidir. Yani, tek bir eşik düzeyi söz konusu ise, bu düzeyin altında ve üstünde kalan kenarların yok edilmesi anlamına gelmektedir.

Silüete ait kenarlar belirlendikten sonra, arama yaptığımız bölgeyi net bir şekilde bulabilmek için silüetin kapsadığı alan içerisinde kalmak gerekmektedir. Bu nedenle, Canny kenar tespit algoritmasıyla birlikte “genişletilmiş sürekli adaptif ortalama yer değiştirme algoritması (extended continuously adaptive mean shift algorithm-extended CAMshift)” kullanılmaktadır. Böylece, kenar tespit algoritmasıyla silüetin içinde kalınarak arama yapılması sağlanmakta ve genişletilmiş CAMshift algoritmasıyla da aranılan bölgeler sınırlandırılabilir.

Silüetin kenarlarının belirlenmesinin ardından sıra yüz bölgesinin belirlenmesine gelmektedir. Yüz bölgesi, “Birleşik Haar benzeri özellikler (Joint Haar-like features) yaklaşımı” ile takip edilmektedir.

Haar benzeri özellikler yöntemi, Alfred HAAR tarafından 1909 yılında bulunmuştur [126].

Yöntemde; belirli Haar benzeri özelliklerin birlikte ortaya çıkması beklenmektedir. Böylece, görüntüde yüzün bulunduğu anlaşılacaktır. Haar benzeri özellikler, görüntünün çözünürlüğünden bağımsız olarak; çok çabuk bir şekilde hesaplanabilen özelliklerdir. Işık değişimlerine ve gürültüye karşı değişkenlik göstermemektedirler [126].

Haar benzeri özellikler yönteminde, eğitilmiş özellik setleri mevcuttur. Söz konusu setlere, çalışma kapsamında yüz ile ilgili özellikler öğretilmiştir. Algoritma kapsamında eğitim setiyle, belirlenen yüz özellikleri seti arasında yüksek bir korelasyon aranmaktadır.

Yaklaşımında öğrenme işlemi ise; “adaptif düzeltme (adaptive boosting (Adaboost))” olarak ifade edilen bir öğrenme algoritması ile gerçekleştirilmektedir [126]. Adaboost, Yoav FREUND ve Robert SCHAPIRE tarafından geliştirilmiştir. Söz konusu algoritma, bir makine öğrenme algoritmasıdır. Başka öğrenme

algoritmalarıyla birlikte kullanılarak; yanlış sınıflandırılmış bilgilerin düzeltilmesi sağlanmaktadır. Böylece, diğer algoritmaların performansları da artmaktadır [127].

Haar benzeri özellikler yönteminde, zayıf ve güçlü sınıflandırıcılar kullanılmaktadır. Yöntem sonucunda elde edilen ve güçlü sınıflandırıcı olarak ifade edilen sınıflandırıcı, zayıf sınıflandırıcıların doğrusal bir kombinasyonu olarak hesaplanmaktadır. Burada, her bir zayıf sınıflandırıcı, birden fazla özellikten oluşmaktadır. Yüzlerin, tek bir özellik ile değerlendirilemeyecek yapısal benzerlikleri söz konusudur. Örneğin; göz bölgesinin çevresine göre daha gölgeli olması, burun deliklerinin daha koyu olması, iki göz arasındaki bölgenin gözlerden daha aydınlık olması gibi. Bu özelliklerden bir tanesinin bulunması görüntüde yüzün bulunduğunu kanıtlamamaktadır. Bütün özelliklerin bir arada bulunması gerekmektedir. Adaptif düzeltme prosesinin her bir aşamasında, birleştirilmiş özellikler seçilmekte ve böylece eğitim setinin hataları minimize edilmektedir [126].

Çalışmada yüz bölgesi bulunduktan sonra, ten rengi modelinin çıkartılması aşamasına geçilmiştir. Ten renginin bulunmasının tek nedeni; elleri bulabilmektir. Çünkü yüz ve eller birbirine benzer ten rengine sahiplerdir. Söz konusu ten rengi modeli çalışmada genişletilmiş CAMshift algoritması kullanılarak modellenmiştir. Böylece, ten rengi modeli kullanılarak ellerin takibi gerçekleştirilmiştir. Genişletilmiş CAMshift algoritması ile eller birbirine çok yakın mesafelerde olsalar dahi takip edilebilmektedir.

Bununla birlikte, çalışmada işaretçilerin olmadığı bölgelerin hareketlerini izlemek için de genişletilmiş CAMShift algoritması ve optik akış (optical flow) yöntemi bir arada kullanılmaktadır.

CAMshift algoritması, basit, renk tabanlı bir izleme algoritmasıdır. Birçok gelişmiş takipçinin (tracker) temel unsuru olarak kullanılmaktadır. Algoritma, belirli bir arama penceresi ve belirli bir eksen dahilinde belirlenen pik değerini bulmak için renk histogramlarından hesaplanan dağılımların eğimini hesaplamaktadır. Böylece görüntünün “0.”, “1.” ve “2.” momentleri hesaplanarak; hedef objenin yaklaşık yeri bulunmaktadır [128].

Genişletilmiş CAMShift algoritmasında, iki obje birbirini perdelese bile takip yapılırken obje kaybedilmemektedir. Çünkü her bir objenin histogramı bilinmekte ve birbirini perdeledikten sonra da söz konusu objeler histogramları sayesinde izlenebilmektedir.

Genişletilmiş CAMShift algoritmasının diğer bir avantajı ise; obje görüntü dışına çıkıp yeniden görüntü içine girse bile takibin devam edebilmesidir.

Çalışma kapsamında, aydınlatma kaynaklı hataları azaltabilmek için renk özü, doygunluk, parlaklık (Hue, Saturation, Value-(HSV)) renk uzayının kullanılmasına karar verilmiştir.

HSV veya HSB (Hue, Saturation, Brightness) renk uzayı, bileşenleri sırasıyla renk özü, doygunluk ve parlaklık olarak tanımlamaktadır [129].

Renk özü, rengin baskın dalga uzunluğunu belirlemektedir. (Örneğin sarı, mavi, yeşil, vb.) Renk özü açısai bir değerdir ve her rengin 0°'den geçen doğruya göre açısai değişimini vermektedir. Renk özü 0° olan renk kırmızıdır [130].

Doygunluk, rengin canlılığını belirlemektedir. Yüksek doygunluk, canlı renklere neden olurken; düşük doygunluk, rengin gri tonlarına yaklaşmasına neden olmaktadır [130].

Parlaklık ise; rengin aydınlığını yani içindeki beyaz oranını belirlemektedir. Parlaklık, 0-100 arasında değişmektedir [130].

Videoda görülen objenin rengi, çıplak gözle görüleden önemli ölçüde farklıdır. Çevre aydınlatması, ışıkların yansması gibi birçok çevresel faktör videodaki objenin rengini etkileyebilmektedir. HSV renk uzayının sonuçları, insan algısına en yakın sonuçlardır.

Bununla birlikte görsel akış (optical flow) yöntemi, işaretçilerin bulunmadığı ve renk temelli takibin yapıldığı tüm uzuvların hareket paternlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

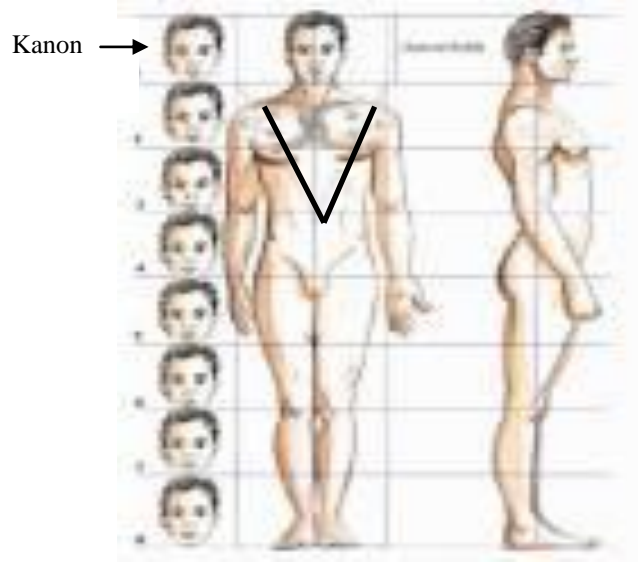
Optik akış, bir görüntüdeki belli özelliklerin (noktaların) birçok çerçeve boyunca izlenmesi veya takip edilmesidir. İnsan görüşü bunu sürekli yapmaktadır. Böylece etrafındaki hareketlerin farkında olmaktadır [131].

Görsel akış, görüntünün belli bir bölgede bulunan her bir pikselinin yer değiştirme yoğunluğunu belirleyen yer değiştirme vektörlerini kullanan bir yöntemdir. Yer değiştirme yoğunluğu, parlaklık kısıtı kullanılarak hesaplanmaktadır. Parlaklık kısıtı, ardışık çerçevelerdeki, ilgili piksellerin parlaklık düzeylerinin değerlendirilmesiyle hesaplanmaktadır.

Özetle; ARULA analiz aracının işleyişinde, arka plan çıkarımı gerçekleştirildikten sonra çalışanın silüeti elde edilmektedir. Daha sonra söz konusu silüetin kenarları Canny kenar tespit ve sürekli en güçlü kenar algoritmalarıyla belirlenmekte ve belirlenen sınırlar içerisinde, birleşik Haar benzeri özellikler yöntemi kullanılarak yüzün bulunduğu yer tespit edilmektedir. Ardından da yüz rengi, genişletilmiş CAMshift algoritması ile modellenerek; ten rengi modeli oluşturulmakta ve renk temelli takibi gerçekleştirmek için görsel akış yöntemi kullanılmaktadır.

Önceki paragraflarda da belirtildiği gibi; eller de dâhil olmak üzere uzuvların yerlerinin belirlenmesinde ten rengi modelinin yanı sıra vücut oranları da kullanılmaktadır. Burada, başın bulunduğu noktaya göre gövdenin, kolların ve ellerin yerleri tahmin edilmektedir. Sonra, ilgili ten rengi modeli ile tam tespit yapılmaktadır.

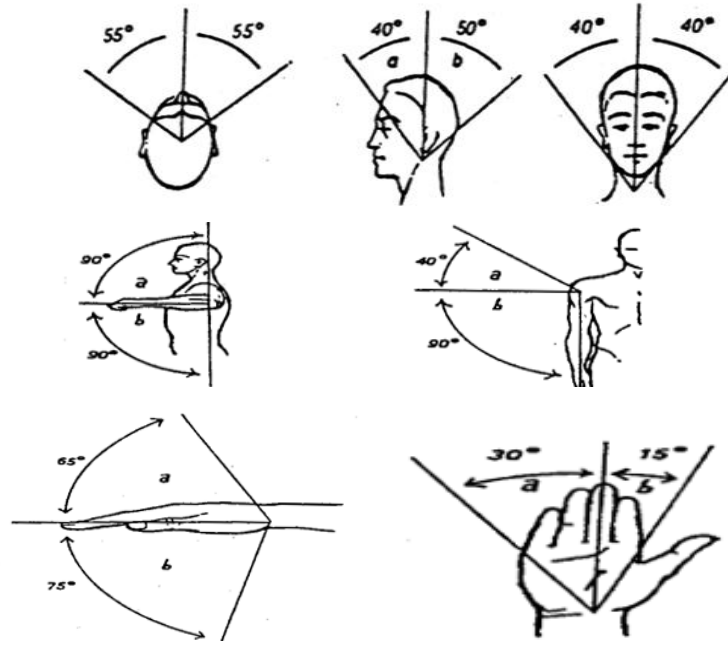
İnsan vücudunu oluşturan parçaların yerleri belirlenirken; baş bölümü oranlamada temel alınmaktadır. İnsan vücudunun oranlarını hesaplamak için “kanon (modül)” adı verilen bir ölçü sistemi kullanılmaktadır. Söz konusu ölçü sisteminde ideal insan vücudu için sekiz başlık kanon göz önüne alınmaktadır. Yani, ideal insan vücudunun sekiz tane baş büyüklüğünde olduğu kabul edilmektedir. Vücut genişliği ise; iki başlık kanon olarak ölçülmektedir [132]. Şekil 3.22’de ideal sekiz başlık kanon sistemi yer almaktadır.



Şekil 3.22. Sekiz başlık kanon [133]

ARULA analiz aracında yukarıda bahsedilen vücut oranları kullanılarak önce uzuvların yerleri ve daha sonra da hareketleri tespit edilmektedir. Bu aşamada, “x,y,z projeksiyonu” yöntemi kullanılarak uzuv hareketleri belirlenmekte ve ters kinematik denklemlerle uzuvların hareket açıları hesaplanmaktadır.

Sistemdeki ana prensip, insan vücudunun belli bir zaman diliminde, alt ve üst sınırlar dâhilinde açısal hareket yapabileceği ve yine bu sınırlar içerisinde mesafe katedebileceğidir. Burada anlatılmak istenen; vücudun her uzvunun maksimum ve minimum hareket mesafelerinin anatomik ve fiziksel olarak belli olduğudur. ARULA analiz aracında kullanılan kameralar “29 fps” hızında kayıt yapabildikleri için, görüntülerin aktarılması da söz konusu hızda gerçekleşmektedir. Yani, herhangi bir çerçevede kol aşağıdaysa ikinci çerçevede en yukarıda olması beklenmemektedir. Kolun söz konusu hareketi gerçekleştirebilmesi için belli bir süre geçmesi gereklidir. Aynı durum, uzuvların açısal hareketleri için de geçerlidir. Aşağıda Şekil 3.23’de ARULA analiz aracı kapsamında analiz edilen vücut bölümlerinin minimum ve maksimum açısal hareketleri yer almaktadır.



Şekil 3.23. Vücut bölümlerinin hareket aralıkları [134]

Çalışmada, uzuvların hareketleri tespit edilirken söz konusu sınırlar ve baş-gövde oranları dikkate alınarak alan taraması yapılmaktadır. Projeksiyon yöntemiyle de analiz edilen uzvun hareket noktaları belirlenmektedir.

“x, y, z” projeksiyonunda; “x”, “y” noktaları uzuvlar hareket ettikçe derinlik bilgisine de ihtiyaç duyulması nedeniyle “x, y, z” noktalarına dönüştürülmektedir. Başlangıç pozisyonunda, x, y, z koordinatları için “z”; “0” olarak değer almaktadır. Yani derinlik bilgisine ihtiyaç yoktur. Ancak, herhangi bir uzuv “α” oranında açılmal hareket yaptığı zaman “z” koordinatının yani derinlik bilgisinin hesaplanması gerekmektedir. Söz konusu “z” koordinatı, “x, y” koordinatları ve “α” açısı bilgisi kullanılarak hesaplanmaktadır.

“x, y (z=0)” koordinatlarındaki görüntü, bizim gördüğümüz görüntüdür. Örneğin; kol uzvunun uzunluğu “5 br.” olsun. Söz konusu kol uzvu açılmal hareketi sonucunda “3 br.” olarak görülüyorsa; “z” ekseninde bir hareketin olduğu anlaşılmaktadır ve aşağıdaki gibi;

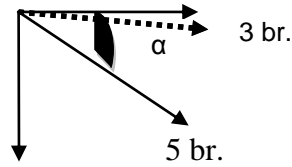
$$x + z \cos \alpha = 0$$

$$y + z \sin \alpha = 3$$

$$x^2 + y^2 + z^2 = 5$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

Söz konusu durum aşağıda Şekil 3.24’de gösterilmektedir.



Şekil 3.24. x, y, z projeksiyonu

Ayrıca, ARULA analiz aracı kapsamında ayakların yere dengeli bir şekilde basıp basmadığı; yani iki ayağın aynı anda yere basılı olup olmadığı “eşiklenmiş çerçeve farklılaştırması (thresholded frame differencing)” yöntemi ile belirlenmektedir. Söz konusu yöntemde iki çerçeve arasındaki fark, piksel değişimlerine bakılarak analiz edilmektedir [135]. Eğer piksellerde belirgin bir değişim söz konusu ise; orada bir hareketin olduğu anlaşılmaktadır. Söz konusu durum, Eşitlik (3.10)’daki gibi;

$$\left| F_2 - F_1 \right| > T \quad (3.10)$$

şeklinde gösterilmektedir [135].

Burada;

“ F_2 ”; sonraki çerçeve, “ F_1 ” ise bir önceki çerçevedir. “ T ” ise; eşik değerini göstermektedir. Özetle iki çerçeve arasındaki piksel farkı, eşik değerinden büyük ise; orada bir hareketin olduğu anlaşılmaktadır ve takibe bu yönde devam edilmektedir.

4. ARULA ANALİZ ARACININ ÜRETTİĞİ SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tez çalışmasının bu bölümünde sırasıyla, ARULA analiz aracı tarafından üretilen analiz sonuçlarının güvenilirliği ve geçerliliği test edilmekte; ARULA analiz aracı ile RULA yöntemi arasındaki değerlendirme farklılıkları incelenmekte ve en iyi gözlem süresi ve gözlem aralığı kombinasyonunun belirlenmesine ilişkin örnek bir analiz çalışmasına yer verilmektedir.

4.1. ARULA Analiz Aracının Güvenilirlik ve Geçerliliğinin Test Edilmesi

Bu bölümde ARULA analiz aracı kullanılarak elde edilen analiz sonuçlarının güvenilirliği ve geçerliliği test edilmektedir.

4.1.1. ARULA analiz aracının güvenilirliğinin test edilmesi

Güvenilirlik, ölçme aracının ölçtüğü özelliği ya da özellikleri ne derecede bir kararlılıkla ölçmekte olduğunun bir göstergesidir [136]. İdeal olarak; ölçülmek istenen özellikte, ölçümleri etkileyen bütün özellikler değişmiyor ve tekrarlanan ölçümlerde hep aynı değerde ölçümler alınıyorsa, ölçme aracının güvenilirliği “tam” olarak ifade edilmektedir [137].

Güvenilirlik, bir testin ya da ölçeğin ölçmek istediği şeyi tutarlı ya da istikrarlı bir biçimde ölçme derecesidir. Güvenilir bir test ya da ölçek benzer şartlarda tekrar uygulandığında benzer sonuçları vermektedir. Bir test ya da ölçek ne ölçüde güvenilir ise, ondan elde edilen veriler ve sonuçlar da o ölçüde güvenilir olmaktadır.

Bu kapsamda ARULA analiz aracının ürettiği sonuçların güvenilirliğini test etmek amacıyla; ilk olarak rastgele sergilenen çalışma duruşlarının açısız hareketleri dijital bir açıölçer kullanılarak ölçülmüştür. Ardından aynı açısız hareketler, ARULA analiz

aracının değerlendirmesine tabi tutulmuştur. Söz konusu değerlendirmeler eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları elde edildikten sonra aralarındaki farkın anlamlı olup olmadığının yani analiz aracının elde ettiği açı değerleriyle gerçek ölçümlerle elde edilen açı değerlerinin birbirine benzer olup olmadığının belirlenmesi için istatistiksel analiz yapılmıştır.

Bu kapsamda tek bir çalışandan 30 farklı duruş örneği alınarak analiz yapılmıştır. Bu duruşlardan birkaç örnek Ek-D'de yer almaktadır. Analiz sonucunda elde edilen veriler, sağ-sol bilek, sağ-sol üst kol, sağ-sol alt kol, boyun ve gövde için ayrı ayrı teste tabi tutulmuştur ve aşağıdaki Tablo 4.1, 4.2, 4.3, ve 4.4'de sunulmaktadır. Tablolarda “Y (yazılım)” ARULA analiz aracının otomatik analiz menüsü ile ölçülen açı değerlerini, “A (açıölçer)” ise dijital açıölçer ile ölçülen açı değerlerini göstermektedir.

Tablo 4.1. Sol alt kol ve sol üst kola ait ölçümler

Ölçüm No	Sol Alt Kol		Sol Üst Kol		Sol Alt Kol Açısal Fark	Sol Üst Kol Açısal Fark
	Y	A	Y	A		
1	110,00	110,20	0,00	1,20	0,20	1,20
2	93,00	93,80	0,00	1,20	0,80	1,20
3	102,00	101,90	10,00	9,80	0,10	0,20
4	95,00	95,10	18,00	18,20	0,10	0,20
5	35,00	35,20	28,00	27,80	0,20	0,20
6	95,00	94,80	0,00	0,80	0,20	0,80
7	91,00	91,30	20,00	19,80	0,30	0,20
8	17,00	17,60	20,00	20,20	0,60	0,20
9	75,00	75,50	37,00	36,80	0,50	0,20
10	35,00	35,10	48,00	47,80	0,10	0,20
11	93,00	93,50	20,00	19,80	0,50	0,20
12	100,00	100,60	7,00	6,30	0,60	0,70
13	98,00	98,70	3,00	2,80	0,70	0,20
14	105,00	104,60	13,00	12,80	0,40	0,20
15	86,00	86,50	13,00	12,80	0,50	0,20
16	130,00	130,60	26,00	25,80	0,60	0,20
17	105,00	104,60	55,00	55,20	0,40	0,20
18	92,00	91,80	18,00	17,80	0,20	0,20
19	35,00	34,90	39,00	38,90	0,10	0,10
20	110,00	110,60	34,00	33,80	0,60	0,20
21	105,00	104,30	15,00	15,00	0,70	0,00
22	110,00	109,80	25,00	25,00	0,20	0,00
23	85,00	84,50	20,00	19,80	0,50	0,20
24	73,00	73,60	43,00	42,80	0,606	0,20
25	27,00	27,60	29,00	28,90	0,60	0,10
26	71,00	70,60	19,00	18,90	0,40	0,10
27	82,00	81,70	18,00	17,90	0,30	0,10
28	85,00	84,80	16,00	16,40	0,20	0,40
29	83,00	83,60	18,00	17,70	0,60	0,30
30	115,00	114,70	23,00	22,80	0,30	0,20
ORTALAMA FARK					0,4033	0,2867

Tablo 4.2. Sol üst kol ve sağ üst kola ait ölçümler

Ölçüm No	Sol Üst Kol		Sağ Üst Kol		Sol Üst Kol Açısal Fark	Sağ Üst Kol Açısal Fark
	Y	A	Y	A		
1	0,00	1,20	4,00	4,20	1,20	0,20
2	0,00	1,20	1,00	1,20	1,20	0,20
3	10,00	9,80	13,00	13,30	0,20	0,30
4	18,00	18,20	20,00	20,80	0,20	0,80
5	28,00	27,80	27,00	25,10	0,20	1,90
6	0,00	0,80	2,00	3,90	0,80	0,10
7	20,00	19,80	24,00	22,10	0,20	1,90
8	20,00	20,20	19,00	18,40	0,20	0,60
9	37,00	36,80	45,00	45,20	0,20	0,20
10	48,00	47,80	50,00	49,10	0,20	0,90
11	20,00	19,80	23,00	24,50	0,20	1,50
12	7,00	6,30	24,00	29,40	0,70	5,40
13	3,00	2,80	32,00	31,20	0,20	0,80
14	13,00	12,80	79,00	81,00	0,20	2,00
15	13,00	12,80	14,00	12,10	0,20	1,90
16	26,00	25,80	21,00	23,50	0,20	1,50
17	55,00	55,20	58,00	59,50	0,20	1,50
18	18,00	17,80	35,00	34,40	0,20	0,60
19	39,00	38,90	37,00	36,00	0,10	1,00
20	34,00	33,80	33,00	32,80	0,20	0,20
21	15,00	15,00	25,00	24,10	0,00	0,90
22	25,00	25,00	35,00	34,40	0,00	0,60
23	20,00	19,80	37,00	35,80	0,20	1,20
24	43,00	42,80	45,00	46,50	0,20	1,50
25	29,00	28,90	25,00	25,00	0,10	0,00
26	19,00	18,90	21,00	22,50	0,10	1,50
27	18,00	17,90	28,00	27,30	0,10	0,70
28	16,00	16,40	27,00	27,00	0,40	0,00
29	18,00	17,70	21,00	19,90	0,30	1,10
30	23,00	22,80	38,00	36,60	0,20	1,40
ORTALAMA FARK					0,2866	1,08

Tablo 4.3. Sol bilek ve sağ bileğe ait ölçümler

Ölçüm No	Sol Bilek		Sağ Bilek		Sol Bilek Açısal Fark	Sağ Bilek Açısal Fark
	Y	A	Y	A		
1	10,00	9,60	5,00	5,10	0,40	0,10
2	9,00	8,50	5,00	5,80	0,50	0,80
3	9,00	8,50	9,00	10,10	0,50	1,10
4	6,00	6,60	8,00	8,10	0,60	0,10
5	5,00	4,80	8,00	8,50	0,20	0,50
6	9,00	8,20	5,00	5,80	0,80	0,80
7	6,00	6,00	4,00	3,80	0,00	0,20
8	6,00	5,60	7,00	7,90	0,40	0,90
9	5,00	5,20	62,00	60,60	0,20	1,40
10	5,00	4,60	5,00	4,90	0,40	0,10
11	3,00	3,60	4,00	5,10	0,60	1,10
12	50,00	49,50	4,00	3,80	0,50	0,20
13	5,00	5,20	7,00	4,80	0,20	3,20
14	5,00	5,20	8,00	7,40	0,20	0,60
15	5,00	5,60	10,00	11,00	0,60	1,00
16	60,00	59,80	15,00	14,60	0,20	0,40
17	11,00	11,20	50,00	49,40	0,20	0,60
18	49,00	48,80	14,00	12,50	0,20	1,50
19	8,00	7,80	10,00	9,50	0,20	0,50
20	58,00	57,80	10,00	9,90	0,20	0,10
21	20,00	19,80	9,00	8,40	0,20	0,60
22	35,00	34,80	14,00	13,10	0,20	0,90
23	20,00	19,60	6,00	5,90	0,40	0,10
24	23,00	22,80	20,00	19,40	0,20	0,60
25	15,00	15,20	12,00	15,50	0,20	3,50
26	14,00	14,20	17,00	16,30	0,20	0,70
27	30,00	30,20	7,00	8,20	0,20	0,80
28	26,00	26,20	7,00	7,60	0,20	0,60
29	30,00	29,80	11,00	10,60	0,20	0,40
30	63,00	62,80	5,00	4,80	0,20	0,20
ORTALAMA FARK					0,31	0,7866

Tablo 4.4. Boyun ve gövdeye ait ölçümler

Ölçüm No	Boyun		Gövde		Boyun Açısal Fark	Gövde Açısal Fark
	Y	A	Y	A		
1	25,00	25,80	83,00	85,40	0,80	2,40
2	32,00	35,60	0,00	1,20	3,60	1,20
3	32,00	32,10	0,00	1,50	0,10	1,50
4	30,00	30,80	2,00	3,90	0,80	1,90
5	10,00	11,00	76,00	75,00	1,00	1,00
6	27,00	29,20	2,00	2,80	1,80	0,80
7	27,00	25,10	2,00	1,80	1,90	0,20
8	46,00	45,00	52,00	50,00	1,00	2,00
9	28,00	26,70	1,00	1,20	1,30	0,20
10	17,00	19,30	74,00	72,70	2,30	1,30
11	30,00	30,20	72,00	69,60	0,20	2,40
12	43,00	42,00	70,00	67,00	1,00	3,00
13	15,00	14,40	5,00	5,90	0,60	0,90
14	14,00	16,50	8,00	10,50	2,50	2,50
15	19,00	19,90	78,00	76,40	0,90	1,60
16	12,00	13,50	21,00	22,40	1,50	1,40
17	15,00	16,50	25,00	27,90	1,50	2,90
18	27,00	29,20	0,00	2,00	2,20	2,00
19	19,00	17,80	79,00	78,40	1,20	0,60
20	20,00	19,20	14,00	16,50	0,80	2,50
21	25,00	26,50	5,00	6,20	1,50	1,20
22	23,00	22,40	3,00	4,90	0,60	1,90
23	35,00	32,00	0,00	1,00	3,00	1,00
24	17,00	18,30	3,00	3,80	1,30	0,80
25	21,00	22,50	76,00	74,50	1,50	1,50
26	28,00	29,00	17,00	18,80	1,00	1,80
27	21,00	23,60	2,00	2,80	2,60	0,80
28	22,00	20,40	17,00	16,80	1,60	0,20
29	22,00	22,50	6,00	5,80	0,50	0,20
30	20,00	18,30	25,00	26,60	1,70	1,60
ORTALAMA FARK					1,41	1,4433

Yukarıdaki tablolarda yer alan aç ı değerlerine “Wilcoxon işaretli sıra sayıları testi (Wilcoxon Signed Ranks Tests)” uygulanmıştır. Bu testin uygulanmasının nedeni; verilerin tek bir çalışandan, aynı çalışma duruşlarında iki farklı ölçüm tarzıyla elde edilmiş olmasıdır. Bu nedenle, iki veri setinin birbirine bağımlı olduğu düşünölmektedir.

Wilcoxon işaretli sıra sayıları testi araştırmaya konu örnekleme, iki durumda ya da iki farklı koşulda ölçölüyorsa kullanılmaktadır ve aynı birimlere ait iki farklı olayın ana kütle dağılımlarının birbirlerine benzer olup olmadığını incelemektedir [138] [139].

Wilcoxon işaretli sıra sayıları testinde, iki bağımlı örnekten derlenen veriler “ $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$ ” olarak gösterilen ölçüm (gözlem) çiftlerinden oluşmaktadır. Bu verilerden elde edilen “ $T_i = X_i - Y_i, i = 1, 2, \dots, n$ ” farklarına Wilcoxon işaretli sıra sayıları testi uygulanmaktadır [140].

Wilcoxon işaretli sıra sayıları testini uygulamak için izlenmesi gereken adımlar aşağıda yer almaktadır:

- 1) Her bir eşleşmiş örneğin farkı “ T_i ” bulunmaktadır. Bu adım çalışma kapsamında, “yazılımın birinci aç ı değeri - dijital aç ıölerin birinci aç ı değeri” olarak uygulanmaktadır.
- 2) Birinci adımda bulunan farkın mutlak değeri “ $|T_i|$ ” alınmaktadır. Bu adım, çalışma kapsamında “|yazılımın birinci aç ı değeri - dijital aç ıölerin birinci aç ı değeri|” olarak uygulanmaktadır.
- 3) İkinci adımda elde edilen fark değerlerinin pozitif veya negatif olup olmadığına bakılmaksızın küçükte büyüğe sıralaması yapılmaktadır. En küçük değere “1” sırası verilmektedir.
- 4) Üçüncü adımda sıralanan fark değerlerinin sıra numaralarına “(-)” ve “(+)” işaretleri eklenmektedir.
- 5) Pozitif işaretlilerin toplamı “ T_+ ” bulunmaktadır.
- 6) Negatif işaretlilerin toplamı “ T_- ” bulunmaktadır.
- 7) $n < 25$ ise; “ T_+ ” ve “ T_- ” toplamlarından hangisi küçük ise; o değer istatistiksel test için kullanılmaktadır. “ $n \geq 25$ ” ise; “ T_+ ” veya “ T_- ” değerlerinden biri “z” test istatistiğine dönüştürölmektedir [141].

Fark değerleri arasında bir adet “0” fark değeri varsa; bu değer sıralamadan çıkarılmakta ve örnek hacmi bir eksiltilmektedir. Eğer çift sayıda “0” değeri varsa; sıralamaya sıfırlardan başlanmakta ve bunların yarısına “(+)”, yarısına “(-)” işaret koyulmaktadır. Tek sayıda sıfır varsa; bunların bir tanesi değerlendirmeden çıkarılmakta, veri sayısı bir azaltılmakta ve işleme çift sayıda “0” değeri varmış gibi devam edilmektedir [141].

Aynı değere sahip olan farklar varsa; söz konusu farklara almaları gereken sıraların ortalamaları verilmektedir [141].

ARULA analiz aracının güvenilirliği test edilirken; $n > 25$ olduğu için “büyük örnekler için Wilcoxon işaretli sıra sayıları testi” uygulanmaktadır. Burada test istatistiği, standart normal dağılıma yaklaştırılmış “z” test istatistiğine dönüştürülmekte ve söz konusu istatistik normal dağılım tablosundan elde edilen kritik değer ile karşılaştırılarak sonuca varılmaktadır [139]. “z” test istatistiği Eşitlik (4.1)’deki gibi;

$$z = \frac{T + \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1) \times (2n+1)}{24}}} \quad (4.1)$$

şeklinde hesaplanmaktadır [139].

Eşitlik (4.1)’de yer alan “T” değeri, iki eş örneklemden hesaplanan fark değeridir. “n” ise örneklem sayısıdır.

Büyük örnekler için Wilcoxon işaretli sıra sayıları testinin tek ya da çift taraflı uygulanıp uygulanmamasına göre hipotezler ve red alanları aşağıda Tablo 4.5’de yer almaktadır.

Tablo 4.5. Büyük örnekler için Wilcoxon işaretli sıra sayıları testi [142]

Tek Taraflı	Red Alanı
H_0 : Örneklenen iki anakütle benzer olasılık dağılımlarına sahiptir. H_1 : Anakütle (2) dağılımı diğerinin sağına (soluna) kaymıştır.	$Z > Z_{\alpha}$
Çift Taraflı	Red Alanı
H_0 : Örneklenen iki anakütle benzer olasılık dağılımlarına sahiptir. H_1 : Anakütle (2) dağılımı diğerinin sağına veya soluna kaymıştır.	$Z < -Z_{\alpha/2}$ veya $Z > Z_{\alpha/2}$

Hesaplanan “z” değerine karşılık gelen yanılma olasılığı (p değeri) “z” tablosundan bulunmakta ve “ α ” değeri ile karşılaştırılmaktadır.

ARULA analiz aracının güvenilirliği test edilirken; RULA yöntemi kapsamında analiz edilen vücut bölümlerinin herbiri için ayrı ayrı “ H_0 ” ve “ H_1 ” hipotezleri kurulmuştur. Örnek olması açısından sağ bilek için kurulan hipotezlere yer verilmektedir:

$H_{0(\text{sağ bilek})}$: Sağ bilek duruşlarının açıölçer ve ARULA analiz aracı ölçümleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

$H_{1(\text{sağ bilek})}$: Sağ bilek duruşlarının açıölçer ve ARULA analiz aracı ölçümleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Çalışma kapsamında, Wilcoxon işaretli sıra sayıları testinde anlamlılık “ α ” düzeyi “0,05” olarak alınmıştır. “ $\alpha=0,05$ ” ise; testin güven düzeyi “ $1-\alpha = 0,95$ ” olarak hesaplanmaktadır. Testin gerçekleştirilmesi için SPSS 20 paket programı kullanılmış ve test iki taraflı olarak uygulanmıştır. Aşağıda yer alan Tablo 4.6’da, yazılım ve açıölçer kullanılarak elde edilen açı değerlerinin, “ortalama (ort.)”, “standart sapma (SS.)”, “z (Z)” tablo değerleri ve “p” tablo değerlerine ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Tablo 4.6. Açık değerlerine ilişkin istatistikler

Gruplar	N	Ort	SS	Z	p	H ₀ Kabul/Ret
Sağ bilek açıölçer	30	11,947	12,431	-0,237	0,813>0,05	Kabul
Sağ bilek yazılım	30	11,933	12,733			
Sol bilek açıölçer	30	19,917	18,56	-1,348	0,178>0,05	Kabul
Sol bilek yazılım	30	20	18,644			
Sol üst kol açıölçer	30	21,16	13,585	-1,353	0,176>0,05	Kabul
Sol üst kol yazılım	30	21,167	13,737			
Sol alt kol açıölçer	30	84,737	28,111	-1,682	0,093>0,05	Kabul
Sol alt kol yazılım	30	84,6	28,182			
Sağ üst kol açıölçer	30	28,893	16,455	-0,057	0,955>0,05	Kabul
Sağ üst kol yazılım	30	28,767	16,313			
Sağ alt kol açıölçer	30	69,95	23,629	-0,533	0,594>0,05	Kabul
Sağ alt kol yazılım	30	70,133	23,674			
Gövde açıölçer	30	27,777	30,861	-1,677	0,093>0,05	Kabul
Gövde yazılım	30	27,267	31,827			
Boyun açıölçer	30	24,51	8,036	-1,42	0,156>0,05	Kabul
Boyun yazılım	30	24,067	8,379			

Tablo 4.6'daki istatistiksel analiz sonuçlarından da görüldüğü gibi ARULA analiz aracı güvenilir sonuçlar üretmektedir. Yani; aynı koşullar altında sergilenen aynı çalışma duruşları, farklı iki ölçüm şekli ile ölçüldüğünde dahi benzer sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Analiz aracından elde edilen sonuçlarla açıölçerden elde edilen sonuçlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

Bununla birlikte ARULA analiz aracının açısal anlamda hassas bir değerlendirme yapabildiği Tablo 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'de yer alan "açısal ortalama fark" değerlerinden de görülmektedir. ARULA analiz aracı, en fazla ortalama 1,4433° gibi çok küçük bir fark ile çalışma duruşlarını değerlendirmiştir. ARULA analiz aracının ürettiği sonuçlar gerçek ölçüm sonuçlarına yakın sonuçlardır. Duruşların değerlendirmesi bir yazılım tarafından gerçekleştirildiği halde bu kadar küçük farklar ile sonuçlara ulaşılması ARULA analiz aracının güvenilirliğini ve başarısını göstermektedir.

4.1.2. ARULA analiz aracının geçerliliğinin test edilmesi

Bir ölçme aracının geçerliliği, aracın neyi ölçtüğü ve bu işi ne kadar iyi yaptığı anlamına gelmektedir. Geçerlilik, bir ölçme aracının ölçmeyi amaçladığı özelliği tam ve doğru ölçebilme derecesidir [137].

Bu kapsamda, ARULA analiz aracının geçerliliğini test etmek için aynı çalışan tarafından sergilenen 29 farklı çalışma duruşu, beş farklı kullanıcı tarafından ARULA analiz aracı kullanılarak değerlendirilmiştir. Burada amaç, farklı kullanıcılar tarafından ARULA analiz aracı ile değerlendirme yapıldığı zaman, sonuçların değişip değişmediğinin belirlenmesidir. Daha önce de ifade edildiği gibi, ARULA analiz aracının otomatik analiz menüsünde kullanıcı etkisi, sadece başlangıç duruşuna iskelet modelini eşlerken söz konusudur. Burada, eşleme durumunun analiz sonuçlarını etkileyip etkilemediği görülmek istenmektedir.

Bununla birlikte geçerlilik analizi, ARULA analiz aracı kapsamında analiz edilen her bir vücut bölümü ve nihai skorlar için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Söz konusu analizde her bir vücut bölümü için geçerlilik sağlanmıştır. Ancak analizin önemli olan kısmının, kullanıcıların nihai skorlar açısından vardıkları sonuçların benzer olması olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, burada sadece nihai skorlara ilişkin test sonuçlarına yer verilmektedir. Aşağıda yer alan Tablo 4.7’de vücudun sağ ve sol yanlarına ait beş farklı kullanıcının nihai skor değerlendirmeleri yer almaktadır.

Tablo 4.7. Beş farklı kullanıcının nihai skor değerlendirmeleri

DURUŞ NO	K1		K2		K3		K4		K5	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1	6	6	5	5	6	6	5	5	6	6
2	4	4	5	6	4	4	5	6	4	4
3	4	4	6	4	4	4	6	4	4	4
4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4
5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5
6	5	5	6	4	5	5	6	4	5	5
7	6	6	6	4	6	6	6	4	6	6
8	5	5	4	4	5	5	4	4	5	5
9	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5
10	6	6	4	4	6	6	4	4	6	6
11	6	6	4	5	6	6	4	5	6	6
12	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4
13	4	4	5	5	4	4	5	5	4	4
14	6	6	3	3	6	6	3	3	6	6
15	4	4	6	6	4	4	6	6	4	4
16	6	6	4	5	6	6	4	5	6	6
17	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4
18	6	6	5	6	6	6	5	6	6	6
19	4	4	5	6	4	4	5	6	4	4
20	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4
21	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
22	5	5	3	4	5	5	3	4	5	5
23	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4
24	6	6	5	6	6	6	5	6	6	6
25	4	4	6	5	4	4	6	5	4	4
26	4	4	5	7	4	4	5	7	4	4
27	6	6	5	5	6	6	5	5	6	6
28	4	4	6	6	4	4	6	6	4	4
29	4	4	4	6	4	4	4	6	4	4

Geçerlilik analizi kapsamında “Kendall’s W uyum katsayısı testi” kullanılmıştır. Kendall’s W uyum katsayısı, “N” nesne veya kişinin ikiden fazla (k kadar) merteye (sıralama) kümesi olduğunda, bunlar arasındaki ilişkiyi bulmak için kullanılan bir ilişki katsayısıdır. Kendall’s W uyum katsayısı testi, “n” gözlemcinin “t” farklı fenomeni değerlendirmelerindeki uyumluluklarını test etmek için kullanılmaktadır [143]. Kendall’s W katsayısı, “0” (uyumluluk yok) ve “1” (tam uyumluluk) aralığındadır [144].

Kendall's W testi, parametrik olmayan bir yöntemdir [119]. Yöntem, ordinal bir skalaya sahip bağımlı veriler için kullanılmaktadır. Verilerin değerlendirilmesi için "medyan ve çeyrekler arası aralık (inter quartile range-IQR)" parametreleri kullanılmaktadır [143].

Kendall's W testi kapsamında kurulan hipotezler genel olarak aşağıdaki gibidir [145].

H₀: k adet ölçüm arasında önemli bir fark bulunmamaktadır.

H₁: k adet ölçüm arasında önemli bir fark bulunmaktadır.

Örneklemlerden hesaplanan test istatistiği ki-kare ile gösterilmektedir ve bu test istatistiği için ki-kare tablosundan bulunan "p" değeri "α" değerinden büyükse; H₀ kabul edilmekte, küçükse H₀ red edilmektedir [145]. Test, SPSS 20 paket programı kullanılarak; "α= 0,05" anlamlılık seviyesinde uygulanmıştır.

Kendall's W testinde A_iX_{bj} satır ve sütunlarından oluşan bir matris söz konusudur. Burada satırlar kişi ya da nesnelere, sütunlar ise değerlendirmeleri göstermektedir. Test istatistiği ise; Eşitlik (4.2) ve (4.3) kullanılarak;

$$\bar{R}_i = \frac{ST}{SS} \quad (4.2)$$

$$W = \frac{\sum_{i=1}^A (\bar{R}_i - \bar{R})^2}{A(A^2 - 1)/12} + W_{A, B, a} \quad (4.3)$$

şeklinde hesaplanmaktadır [146].

Eşitlik (4.2) ve (4.3)'de yer alan ifadeler aşağıda açıklanmaktadır.

\bar{R}_i : Sütun ortalaması,

ST: Sütun toplamı,

SS: Sütun örnek sayısı,

B: Değişken sayısını,

A: Sıralı değişken sayısını,

R: Tablo içindeki değerlerin aritmetik ortalamasını,

\bar{R}_i : Her bir sütundaki değerlerin aritmetik ortalamasını göstermektedir.

Sıralı değişken sayısı arttığında ki-kare tablo değeri Eşitlik (4.4)'deki gibi;

$$\chi^2 = B(A-1)W + \chi^2_{(sd-1),\alpha} \quad (4.4)$$

şeklinde hesaplanmaktadır [146].

Burada,

$$\chi^2_{(sd-1),\alpha} = \text{Ki-kare tablo değerini göstermektedir [122].}$$

Analiz kapsamında elde edilen test sonuçları ise; aşağıda Tablo 4.8'de yer almaktadır.

Tablo 4.8. Vücutun sol ve sağ yanı için geçerlilik testi sonuçları

Kullanıcı	Sol Yan		Sağ Yan	
	Medyan	IQR	Medyan	IQR
1. Kullanıcı	4	2	4	2
2. Kullanıcı	5	2	5	1
3. Kullanıcı	4	2	4	2
4. Kullanıcı	5	2	5	1
5. Kullanıcı	4	2	4	2
Kendall's W*	0,015		0,006	
p	0,788		0,955	

Tablo 4.8'den de görüldüğü gibi; beş kullanıcının vücutun sol yanına ilişkin değerlendirmeleri istatistiksel olarak eşit kabul edilebilir düzeydedir. (Kendall's W=0,015; p=0,788>0,05). Kullanıcıların sol yan değerlendirmelerinin benzerliği açısından geçerlilik sağlanmıştır.

Bununla birlikte; beş kullanıcının vücutun sağ yanına ilişkin değerlendirmeleri de istatistiksel olarak eşit kabul edilebilir düzeydedir. (Kendall's W=0,006; p=0,955>0,05). Kullanıcıların sağ yan değerlendirmelerinin benzerliği açısından geçerlilik sağlanmıştır.

Test sonuçlarından da görüldüğü gibi ARULA analiz aracının ürettiği sonuçların geçerliliği kanıtlanmıştır. Yöntem ile birden fazla kullanıcı tarafından kullanıldığında dahi aynı çalışma duruşları için benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

4.2. RULA Yöntemi ve ARULA Analiz Aracı Kullanılarak Elde Edilen Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen analizlerin ikinci bölümünde, RULA yöntemi ile ARULA analiz aracı kullanılarak elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılmaktadır.

4.2.1. RULA yöntemi kullanılarak yapılan analizlerde gözlemciler arası geçerliliğin belirlenmesi

RULA yönteminin gözlemciler arası geçerlilik analizinde, bir çalışan tarafından sergilenen 29 farklı çalışma duruşu beş gözlemci tarafından analiz edilmiştir. Analiz sonuçları göz önünde bulundurularak; gözlemciler arası geçerlilik hesaplanmıştır. Buradaki amaç, RULA yönteminin gözleme dayalı uygulanmasından dolayı subjektif yargıların ortaya çıkıp çıkmadığının belirlenmesidir. Bu kapsamda, aşağıda Tablo 4.9, 4.10, 4.11, 4.12 ve 4.13’de RULA yöntemi kapsamındaki her bir vücut bölümünün çalışma duruşuna ilişkin gözlem verileri yer almaktadır.

Tablolarda yer alan “G1”, “G2”, “G3”, “G4” ve “G5” ifadeleri beş farklı gözlemcinin değerlendirmelerini temsil etmektedir. Söz konusu değerlendirmeler, RULA yöntemi kapsamında 29 farklı çalışma duruşu için yapılan skorlandırmalardır. Yöntemin analiz ettiği vücut bölümlerine ilişkin medyan değerleri ise; gözlemcilerin duruşlara ilişkin genel kanılarının belirlenmesi için hesaplanmıştır.

Tablo 4.9. Sol alt kol ve sağ alt kol gözlem verileri

Duruş No	Sol Alt Kol Skorları					Sağ Alt Kol Skorları					Sağ Alt Kol Medyan	Sol Alt Kol Medyan
	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5		
1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
2	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1
3	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2
4	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1
5	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2
6	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1
7	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2
8	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1
9	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1
10	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	2	3	2	1	2	2	2	2	1
13	2	1	2	1	1	2	2	1	2	1	2	1
14	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2
15	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
16	2	2	2	3	3	2	2	2	1	2	2	2
17	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1
18	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	1
19	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
20	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
21	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
22	1	1	1	2	2	1	2	2	2	1	2	1
23	3	3	3	2	3	2	1	1	2	2	2	3
24	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1
25	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1
26	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
29	1	2	1	2	2	2	2	2	2	3	2	2

Tablo 4.10. Sol üst kol ve sağ üst kol gözlem verileri

Duruş No	Sol Üst Kol Skorları					Sağ Üst Kol Skorları					Sağ Üst Kol Medyan	Sol Üst Kol Medyan
	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5		
1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1
2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
3	2	3	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1
4	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2
5	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	2
6	1	3	1	2	1	2	2	3	2	3	2	1
7	1	2	1	1	1	2	3	3	3	2	3	1
8	2	1	2	1	1	2	2	2	2	1	2	1
9	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	2	1
10	2	2	2	2	1	2	2	2	3	3	2	2
11	2	2	2	1	1	2	2	2	2	3	2	2
12	1	2	1	1	1	2	2	2	3	3	2	1
13	1	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2
14	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1
15	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
16	3	3	4	4	4	2	2	2	3	3	2	4
17	4	3	4	4	3	2	2	2	2	2	2	4
18	2	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2	2
19	3	4	3	3	3	1	1	1	1	2	1	3
20	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2
21	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
22	2	1	2	2	2	1	1	1	1	2	1	2
23	3	4	3	4	3	1	2	1	2	1	1	3
24	3	4	4	3	4	1	2	1	2	2	2	4
25	2	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1
26	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1
27	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2
28	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2
29	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Tablo 4.11. Sol bilek ve sağ bilek gözlem verileri

Duruş No	Sol Bilek Skorları					Sağ Bilek Skorları					Sağ Bilek Medyan	Sol Bilek Medyan
	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5		
1	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3
2	3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3
3	4	4	3	3	3	4	3	4	3	4	4	3
4	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4
7	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3	4	4
8	3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	3	3
9	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3
10	3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	3	3
11	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4
12	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4	4
13	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
14	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4
15	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
16	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3
17	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	4	3
18	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4
19	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
20	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3
21	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3	3	4
22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
23	4	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3
24	3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	3	3
25	3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	4	3
26	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4
27	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
28	3	3	3	4	4	3	4	3	4	3	3	3
29	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3	4	4

Tablo 4.12. Gövde ve boyun gözlem verileri

Duruş No	Gövde Skorları					Boyun Skorları					Gövde Medyan	Boyun Medyan
	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5		
1	2	2	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3
2	3	2	3	3	3	4	3	4	4	4	3	4
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	2	2	2	2	3	3	2	3	3	3	2	3
5	1	1	1	1	1	3	3	2	3	3	1	3
6	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1
7	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	2
8	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2
9	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	3
10	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	1	2
11	1	1	1	1	1	2	3	2	2	2	1	2
12	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2
13	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	3
14	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	2
15	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
16	3	2	3	3	3	2	1	1	1	2	3	1
17	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2
18	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3
19	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3
20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
21	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2
22	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
23	3	2	3	2	3	2	1	1	1	1	3	1
24	3	3	3	3	3	2	1	2	1	1	3	1
25	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2
26	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
27	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	3
28	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2
29	3	4	3	3	3	3	4	3	4	4	3	4

Tablo 4.13. Sağ bilek dönme ve sol bilek dönme gözlem verileri

Duruş No	Sağ Bilek Dönme Skorları					Sol Bilek Dönme Skorları					Sağ Bilek Medyan	Sol Bilek Medyan
	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5		
1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	2	2	1
2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	2	2	1
3	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1
4	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1
5	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2
6	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1
7	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1
8	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1
9	1	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2
10	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	2	2
11	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	2
12	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
13	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1	2
14	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1
16	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1
17	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1
18	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
19	2	1	2	2	1	2	1	2	1	1	2	1
20	2	1	2	2	2	1	2	1	1	1	2	1
21	1	2	1	1	1	2	1	2	2	2	1	2
22	1	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	2
23	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
24	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
25	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1
26	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1
27	2	1	2	2	1	1	2	1	2	1	2	1
28	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1
29	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1

Yukarıdaki tablolarda yer alan verilere, gözlemciler arası geçerliliğin belirlenebilmesi için, “Cochran’s Q testi” uygulanmıştır [143]. Değişken, “evet-hayır”, “yeterli-yetersiz” gibi iki durumludur [143]. Bu nedenle, beş gözlemcinin gözlem verileri, “1 skoru” ve “2 ve diğer skorlar” olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Söz konusu ayırım, RULA yöntemi açısından da anlamlıdır. Çünkü yöntemde, “1” skoru tehlikesiz çalışma duruşlarını “2, 3, 4” skorları ise; tehlike düzeyi skorlar arttıkça artan çalışma duruşlarını ifade etmektedir.

Cochran’s Q testi, bağımlı gruplarda, grup sayısının ikiden fazla olduğu durumlarda kullanılmaktadır [143]. Çalışma kapsamında tek bir çalışan tarafından sergilenen 29 farklı çalışma duruşuna ait gözlem verileri beş gözlemci tarafından analiz edilmiştir. Bu nedenle gözlem verileri bağımlıdır ve beş gözlemci olduğu için grup sayısı da ikiden fazladır.

Test kapsamında kurulan hipotezler genel olarak aşağıdaki gibidir:

H_0 : Gözlemcilerin değerlendirme sonuçları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

H_1 : Gözlemcilerin değerlendirme sonuçları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Aşağıda Cochran Q testinin uygulama adımları yer almaktadır:

Cochran’s Q testi için ilk aşama, sütun toplamları “ C_j ” ve satır toplamları “ R_i ”nin bulunmasıdır [143].

“ n ”, gözlem sayısı ve “ k ” grup sayısı olmak üzere; Cochran’s Q test istatistiği Eşitlik (4.5)’deki gibi;

$$Q = \frac{(k-1) \left[k \sum_{j=1}^k C_j^2 - \left(\sum_{j=1}^k C_j \right)^2 \right]}{k \sum_{i=1}^R R_i - \sum_{i=1}^R R_i^2} \quad (4.5)$$

şeklinde hesaplanmaktadır [143].

Eşitlik (4.5) ile bulunan “Q” istatistiği, seçilen “ α ” yanılma düzeyinde “k-1” serbestlik dereceli ki-kare tablo istatistiği ile karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırma sonucunda

$Q_{hesap} > \chi^2$ ise; H_0 hipotezi red edilmektedir.

Çalışmada, Cochran’s Q testi, % 95 güven aralığında, $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde SPSS 20 paket programı kullanılarak uygulanmaktadır. Analiz kapsamında her bir vücut bölümü için hipotezler kurulmuş olup, örnek olarak sağ bilek değerlendirmelerine ait hipotezlere yer verilmektedir. Cochran’s Q testi sonuçları Tablo 4.14’de sunulmaktadır.

H_0 : Beş gözlemcinin sağ bilek duruşlarına ilişkin değerlendirmeleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

H_1 : Beş gözlemcinin sağ bilek duruşlarına ilişkin değerlendirmeleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Tablo 4. 14. Gözlemciler arası geçerliliğin belirlenmesine ilişkin analiz sonuçları

Vücut Bölümü	Gözlemci										Cochran's Q	p	H ₀ Kabul/Ret
	G1		G2		G3		G4		G5				
	1	2 ve diğ.	1	2 ve diğ.	1	2 ve diğ.	1	2 ve diğ.	1	2 ve diğ.			
Sağ Bilek	7	22	3	26	11	18	14	15	20	9	26,154	0,000	Ret p<0,05
Sol Bilek	11	18	7	22	14	14	12	17	17	12	8,836	0,065	Kabul p>0,05
Boyun	0	29	5	24	4	25	3	26	3	26	10,000	0,040	Ret p<0,05
Gövde	9	20	9	20	9	20	9	20	9	20	0,000	1,000	Kabul p>0,05
Sağ Üst Kol	12	17	6	23	9	20	7	22	11	18	5,652	0,227	Kabul p>0,05
Sol Üst Kol	12	17	7	22	10	19	13	16	15	14	6,643	0,156	Kabul p>0,05
Sağ Alt Kol	14	15	13	16	10	19	12	17	11	18	1,667	0,797	Kabul p>0,05
Sol Alt Kol	17	12	15	14	15	14	10	19	12	17	6,160	0,188	Kabul p>0,05
Sol Bilek Dönme	15	14	16	13	17	12	17	12	15	14	0,519	0,972	Kabul p>0,05
Sağ Bilek Dönme	17	12	16	13	18	11	20	9	23	6	4,464	0,347	Kabul p>0,05

RULA yöntemi kapsamındaki her bir vücut bölümüne ilişkin analiz sonuçlarına bakıldığında; boyun ve sağ bilek bölümlerinde gözlemciler arası geçerliliğin sağlanamadığı görülmektedir. Söz konusu durum, RULA yönteminin gözleme dayalı bir şekilde uygulanmasından kaynaklanmaktadır. Gözlem yolu ile boyun ve bilek gibi hareket serbestliği fazla olan ve analizi dikkat gerektiren uzuvların açısız duruşlarını doğru tahmin etmek güç bir işlemdir.

Literatürde, istatistiksel olarak tez çalışmasının bu bölümünde yer alan veri desenlerine uygun analiz yöntemlerinin mevcut olmaması verilerin analiz edilebilir halde düzenlenmesi gerekliliğini de beraberinde getirmiştir. Bu kapsamda, RULA yönteminin analiz ettiği vücut bölümleri için ayrı ayrı yapılan değerlendirme sonuçları “1” ve “2 ve diğerleri” olmak üzere iki grupta toplanmıştır. Bu durumda, gözlemcilerin “2, 3 ve 4” skorları ile sonuçlanan değerlendirmeleri aynı kategoride

yer almıştır. Bu durumda dahi, boyun ve sağ bilek değerlendirmelerinde gözlemciler arası geçerliliğin sağlanamayışı, RULA yönteminin gözleme dayalı uygulamasının sakıncalarını ortaya koymaktadır.

Yukarıda yer alan gözlemci değerlendirmeleri, bir iş için Tablo A, Tablo B ve Tablo C skorları dışında RULA yöntemiyle elde edilebilecek tüm sonuçları göstermektedir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi; işe ilişkin herhangi bir raporlama ya da tanımlama sistemi mevcut değildir. Ancak ARULA analiz aracı sayesinde analiz edilecek işe ilişkin detaylı bilgiler elde edilebilmektedir.

4.2.2. RULA nihai skorları açısından gözlemciler arası geçerliliğin belirlenmesi

Gözlemcilerin nihai RULA skorlarına ilişkin değerlendirmeleri vücudun sağ ve sol yanları için Tablo 4.15’de yer almaktadır.

Tablo 4.15. Vücutun sağ ve sol yanı için nihai RULA skorları

DURUŞ NO	G1		G2		G3		G4		G5	
	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ
1	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4
2	6	6	4	3	6	5	7	6	6	6
3	6	5	6	3	4	6	5	5	4	6
4	4	3	3	4	4	5	5	4	6	5
5	5	3	5	4	5	4	4	5	4	5
6	4	5	3	5	4	6	5	4	4	5
7	4	5	3	6	4	6	4	5	4	4
8	4	4	3	5	4	4	4	5	4	4
9	4	5	3	5	4	5	4	4	5	5
10	4	4	5	5	4	4	5	6	4	5
11	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5
12	4	5	5	5	4	5	4	6	4	5
13	5	5	6	6	5	5	5	5	5	6
14	5	6	3	4	3	3	5	6	5	5
15	3	4	6	6	6	6	4	3	4	4
16	6	6	5	4	5	4	6	5	6	6
17	4	4	4	4	4	3	6	5	5	3
18	6	6	5	6	6	5	6	7	6	6
19	6	5	6	5	6	5	6	5	6	6
20	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3
21	4	3	4	4	4	4	5	5	3	3
22	5	4	3	4	4	3	4	3	4	4
23	6	5	4	3	5	4	4	3	6	4
24	6	4	4	5	6	5	6	5	5	4
25	6	5	4	5	5	6	6	7	5	5
26	6	6	6	7	7	5	6	5	5	6
27	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4
28	6	6	3	5	6	6	6	6	7	6
29	5	6	7	7	6	4	6	6	6	7

Vücutun sağ yan değerlendirmesi; sağ üst kol, sağ alt kol ve sağ bilek analizleri ile boyun, gövde, bacak, kas kullanımı ve maruz kalınan yük/uygulanan kuvvet analizlerini kapsamaktadır. Vücutun sol yan değerlendirmesi ise; sol üst kol, sol alt kol ve sol bilek analizleri ile boyun, gövde, bacak, kas kullanımı ve maruz kalınan yük/uygulanan kuvvet analizlerini kapsamaktadır. Söz konusu analiz prosedürüne tez çalışmasının “çalışma duruşu analiz yöntemleri” bölümünde RULA yöntemi anlatılırken değinilmiştir. Beş gözlemci tarafından nihai skor değerleri elde edilinceye kadar gerçekleştirilen işlemler Ek-E’de yer almaktadır.

Nihai skorlar açısından gözlemciler arası geçerlilik “Kendall’s W uyum katsayısı” testi kullanılarak belirlenmiştir.

Test kapsamında kurulan hipotezler ise aşağıdaki gibidir:

H₀: Beş gözlemcinin nihai skor değerlendirmeleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

H₁: Beş gözlemcinin nihai skor değerlendirmeleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmaktadır.

RULA yönteminde eylem seviyesi kategorilerine bakıldığı zaman, nihai skor arttıkça eylem seviyesinde de artış olduğu görülmektedir. Bu nedenle istatistiksel açıdan söz konusu eylem seviyelerinin ordinal bir skalada olduğu kabul edilebilmektedir. Ayrıca, nihai skor değerlendirmeleri, aynı kişiden alınan 29 farklı çalışma duruşunu kapsadığı için; söz konusu verilerin bağımlı veriler oldukları değerlendirilmektedir.

Kendal’ s W uyum katsayısı testinin sonuçları SPSS 20 paket programı kullanılarak; “ $\alpha = 0,05$ ” anlamlılık düzeyinde elde edilmiştir. Aşağıda yer alan Tablo 4.16 ve 4.17’de vücudun sağ ve sol yanları için uygulanan Kendall’s W uyum katsayısı testinin sonuçları yer almaktadır.

Tablo 4.16. Sağ ve sol yan için gözlemci karşılaştırması test sonuçları

Gözlemci	Sol Yan		Sağ Yan	
	Medyan	IQR	Medyan	IQR
1.gözlemci	5	2	5	1,5
2.gözlemci	4	2	5	1
3.gözlemci	5	2	5	1,5
4.gözlemci	5	2	5	1
5.gözlemci	5	2	5	2
Kendall’s W*	0,06		0,03	
p	0,141		0,475	

Beş gözlemcinin sol yan değerlendirmeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. (Kendall’s W=0,06; p=0,141>0,05). Gözlemcilerin sol yan değerlendirmeleri açısından geçerlilik sağlanmaktadır.

Beş gözlemcinin sağ yan değerlendirmeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. (Kendall's $W=0,03$; $p=0,475>0,05$). Gözlemcilerin sağ yan değerlendirmeleri açısından geçerlilik sağlanmaktadır.

Tablo 4.17. Sağ ve sol yan değerlendirme frekansları

Gözlemci	Sol yan				Sağ yan			
	Kabul edilebilir	Daha fazla araştırma gerekli	Yakın zamanda önlem alınmalı	Acil değişim	Kabul edilebilir	Daha fazla araştırma gerekli	Yakın zamanda önlem alınmalı	Acil değişim
1.gözlemci	0	13	16	0	0	12	17	0
2.gözlemci	0	16	12	1	0	11	16	2
3.gözlemci	0	13	15	1	0	12	17	0
4.gözlemci	0	10	18	1	0	7	20	2
5.gözlemci	0	14	14	1	0	11	17	1

Gerçekleştirilen analizler sonucunda nihai skorlar açısından gözlemcilerin benzer kanılara vardıkları görülmektedir. Ancak vücudun RULA kapsamında incelenen bölümlerinin her biri ayrı ayrı analiz edildiği zaman sağ bilek ve boyun değerlendirmelerinde farklılıkların olduğu bir önceki analizlerle belirlenmiştir. Ayrıca, gözlemciler tarafından gerek vücudun her bir bölümüne verilen skor değerlerinin farklı olduğu gerekse nihai skor değerlendirmeleri tek tek incelendiği zaman gözlemcilerin aynı duruşları farklı biçimlerde yorumladıkları görülmektedir.

Uygulanan Kendal's W uyum katsayısı testinde de, RULA eylem seviyeleri grupları ve bu gruplara ilişkin medyan değerleri dikkate alındığından, gözlemcilerin bazıları nihai skoru "1", bazıları "2" olarak değerlendirebilirler; test ve yöntem açısından sonuç aynı olarak kabul edilmektedir.

4.2.3. RULA yöntemi ile ARULA analiz aracı tarafından üretilen analiz sonuçlarının her bir vücut bölümü için karşılaştırılması

Yukarıda yer alan analizlere ek olarak tez çalışması kapsamında; RULA yöntemi ile elde edilen sonuçlar, ARULA analiz aracı ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmaktadır. Söz konusu karşılaştırma için beş gözlemcinin RULA yöntemini kullanarak yaptıkları değerlendirmelerle, ARULA analiz aracının otomatik analiz bölümünün aynı çalışma duruşları için yaptığı değerlendirmeler kullanılmaktadır. Karşılaştırmada kullanılan çalışma duruşları aynı çalışan tarafından sergilenen 29 farklı çalışma duruşudur.

Çalışmada elde edilen sonuçlar, SPSS 20 paket programı ile değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, RULA yöntemi ile yapılan değerlendirmeler ile ARULA analiz aracı ile yapılan değerlendirmelerin benzerliğini incelemek için “McNemar testi” kullanılmıştır. Test sonuçları, “% 95” güven aralığında, “ $\alpha= 0,05$ ” anlamlılık düzeyinde RULA yönteminin kapsadığı vücut bölümlerinin her biri için ayrı ayrı elde edilmiştir. Aşağıda yer alan Tablo 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25 ve 4.26’da her bir vücut bölümüne ilişkin gözlemci değerlendirmeleri yer almaktadır.

Tablo 4.18. Gövde için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları

DURUŞ NO	G1	G2	G3	G4	G5	ARULA
1	2	2	3	3	2	4
2	3	2	3	3	3	2
3	3	3	3	3	3	2
4	2	2	2	2	3	2
5	1	1	1	1	1	2
6	1	1	1	1	1	2
7	1	1	1	1	1	2
8	1	1	1	1	1	2
9	1	1	1	1	1	2
10	1	1	1	1	1	2
11	1	1	1	1	1	2
12	1	1	1	1	1	2
13	2	2	2	2	2	2
14	3	2	2	3	3	2
15	2	3	3	2	2	2
16	3	2	3	3	3	2
17	2	2	2	3	2	2
18	3	3	3	3	3	2
19	3	3	3	3	3	2
20	2	2	2	2	2	2
21	2	2	2	3	2	2
22	2	2	2	2	2	2
23	3	2	3	2	3	2
24	3	3	3	3	3	2
25	3	2	3	3	3	2
26	3	3	3	3	3	2
27	1	1	1	1	1	2
28	3	2	3	3	3	2
29	3	4	3	3	3	2

Tablo 4.19. Boyun için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları

DURUŞ NO	G1	G2	G3	G4	G5	ARULA
1	3	3	3	3	3	2
2	4	3	4	4	4	3
3	3	3	3	3	3	3
4	3	2	3	3	3	3
5	3	3	2	3	3	3
6	2	1	1	2	1	3
7	2	1	1	2	2	4
8	2	2	2	2	2	3
9	3	3	3	3	3	3
10	2	2	2	3	3	4
11	2	3	2	2	2	4
12	2	2	2	2	2	3
13	3	3	3	3	3	3
14	2	2	2	2	2	4
15	2	2	2	2	2	3
16	2	1	1	1	2	4
17	2	2	2	2	2	3
18	3	3	3	4	4	4
19	3	3	2	3	3	3
20	2	2	2	2	2	3
21	2	2	2	2	2	3
22	3	2	2	2	2	3
23	2	1	1	1	1	3
24	2	1	2	1	1	4
25	2	2	2	2	2	3
26	3	3	3	3	3	3
27	2	2	1	1	1	4
28	2	2	2	2	2	3
29	3	4	3	4	4	3

Tablo 4.20. Sol alt kol için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları

DURUŞ NO	G1	G2	G3	G4	G5	ARULA
1	2	2	2	2	2	2
2	1	1	1	2	2	2
3	2	2	1	2	1	1
4	1	1	1	1	2	2
5	2	2	2	1	1	1
6	1	2	1	2	1	2
7	2	2	2	2	1	2
8	1	1	1	2	2	1
9	1	1	1	1	1	1
10	2	2	2	2	2	2
11	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	2	3	1
13	2	1	2	1	1	1
14	1	1	2	2	2	2
15	2	2	2	2	2	2
16	2	2	2	3	3	1
17	1	1	1	1	2	1
18	1	1	1	2	2	1
19	1	1	2	2	2	1
20	2	2	2	2	2	1
21	2	2	2	2	2	2
22	1	1	1	2	2	1
23	3	3	3	2	3	1
24	1	1	1	1	1	2
25	1	2	1	1	1	1
26	1	2	2	1	1	1
27	1	1	1	1	1	1
28	2	1	2	2	1	1
29	1	2	1	2	2	2

Tablo 4.21. Sağ üst kol için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları

DURUŞ NO	G1	G2	G3	G4	G5	ARULA
1	1	2	1	2	1	2
2	1	1	1	1	1	2
3	1	1	2	2	2	2
4	2	2	2	2	1	2
5	1	1	1	2	2	2
6	2	2	3	2	3	2
7	2	3	3	3	2	2
8	2	2	2	2	1	2
9	2	2	2	2	3	2
10	2	2	2	3	3	2
11	2	2	2	2	3	2
12	2	2	2	3	3	2
13	2	2	2	2	3	2
14	2	2	2	2	2	2
15	2	2	2	1	2	2
16	2	2	2	3	3	2
17	2	2	2	2	2	2
18	2	2	1	2	1	2
19	1	1	1	1	2	2
20	2	2	2	1	1	2
21	1	1	2	2	2	2
22	1	1	1	1	2	2
23	1	2	1	2	1	2
24	1	2	1	2	2	2
25	1	2	1	2	1	2
26	1	2	2	1	1	2
27	1	2	2	2	1	2
28	2	2	2	1	1	2
29	2	2	2	2	2	2

Tablo 4.22. Sağ alt kol için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları

DURUŞ NO	G1	G2	G3	G4	G5	ARULA
1	1	1	2	2	2	2
2	1	1	2	1	1	1
3	1	1	1	1	2	2
4	1	1	1	1	2	1
5	2	2	1	1	2	1
6	1	2	1	1	2	2
7	2	2	2	2	1	2
8	1	1	1	2	2	1
9	2	2	2	1	1	2
10	1	1	2	2	2	1
11	1	1	1	1	1	1
12	2	1	2	2	2	1
13	2	2	1	2	1	2
14	2	2	2	2	1	1
15	2	1	2	2	2	2
16	2	2	2	1	2	1
17	2	2	2	2	2	1
18	2	2	2	1	1	2
19	1	1	2	2	2	1
20	2	2	2	1	2	2
21	2	2	2	2	2	1
22	1	2	2	2	1	2
23	2	1	1	2	2	2
24	1	1	2	2	2	1
25	1	2	1	2	1	1
26	1	2	2	1	1	1
27	1	1	1	1	1	1
28	2	2	2	2	2	2
29	2	2	2	2	3	1

Tablo 4.23. Sol üst kol için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları

DURUŞ NO	G1	G2	G3	G4	G5	ARULA
1	1	2	1	1	1	1
2	1	2	1	1	1	1
3	1	1	2	2	1	1
4	2	3	1	1	1	1
5	1	1	2	2	2	1
6	2	2	2	1	1	1
7	1	3	1	2	1	2
8	1	2	1	1	1	2
9	2	1	2	1	1	2
10	1	1	1	1	2	1
11	2	2	2	2	1	1
12	2	2	2	1	1	1
13	1	2	1	1	1	1
14	1	3	2	2	2	1
15	1	1	1	1	1	1
16	1	2	2	2	2	2
17	3	3	4	4	4	3
18	4	3	4	4	3	3
19	2	2	2	1	1	1
20	3	4	3	3	3	3
21	2	2	1	2	2	1
22	2	2	2	2	2	1
23	2	1	2	2	2	1
24	3	4	3	4	3	3
25	3	4	4	3	4	3
26	2	2	1	1	1	1
27	1	2	2	1	1	1
28	1	2	2	2	1	2
29	2	2	1	1	2	1

Tablo 4.24. Sol bilek için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları

DURUŞ NO	G1	G2	G3	G4	G5	ARULA
1	4	4	3	3	3	2
2	3	3	3	4	4	3
3	4	4	3	3	3	3
4	3	3	3	4	4	3
5	4	4	4	4	4	3
6	3	3	4	4	4	3
7	4	4	4	3	3	3
8	3	4	3	4	3	3
9	3	3	3	4	4	3
10	3	4	3	4	3	3
11	4	4	4	4	3	3
12	4	4	4	3	3	3
13	3	4	3	3	3	3
14	4	4	4	4	3	3
15	4	4	4	4	4	3
16	4	4	3	3	3	3
17	3	3	3	3	4	3
18	4	4	4	3	3	3
19	4	4	4	4	4	3
20	4	4	3	3	3	3
21	4	4	4	3	3	3
22	4	4	4	4	4	3
23	4	3	3	3	4	3
24	3	4	3	4	3	3
25	3	4	3	4	3	3
26	4	4	4	4	3	3
27	4	4	4	4	4	3
28	3	3	3	4	4	3
29	4	4	4	3	3	3

Tablo 4.25. Sağ bilek için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları

DURUŞ NO	G1	G2	G3	G4	G5	ARULA
1	4	4	3	3	3	2
2	3	3	3	4	4	3
3	4	3	4	3	4	3
4	4	4	4	3	3	3
5	4	4	4	4	4	3
6	4	4	4	3	3	3
7	4	4	4	3	3	3
8	3	4	3	4	3	3
9	4	4	4	3	3	3
10	3	4	3	4	3	3
11	4	4	4	4	3	3
12	4	4	4	4	3	3
13	3	4	3	3	3	3
14	4	4	4	4	3	3
15	4	4	4	4	4	3
16	4	4	3	3	3	3
17	4	4	4	3	3	3
18	4	4	4	4	4	3
19	4	4	4	4	4	3
20	4	4	3	3	3	3
21	4	4	4	3	3	3
22	4	4	4	4	4	3
23	4	3	3	3	4	3
24	3	4	3	4	3	3
25	3	4	3	4	3	3
26	4	4	4	3	3	3
27	4	4	4	4	4	3
28	3	4	3	4	3	3
29	4	4	4	3	3	3

Tablo 4.26. Sağ bilek dönme için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları

DURUŞ NO	G1	G2	G3	G4	G5	ARULA
1	1	2	2	1	2	1
2	2	2	2	1	2	1
3	1	2	1	1	1	1
4	1	1	1	1	2	1
5	2	1	2	2	2	1
6	2	1	1	1	2	1
7	2	1	1	1	2	1
8	2	1	1	2	1	1
9	1	2	1	2	1	1
10	1	2	2	1	2	1
11	1	2	2	2	1	1
12	2	1	1	1	2	1
13	1	1	2	2	1	1
14	2	2	1	1	1	1
15	2	1	2	1	2	1
16	2	2	1	1	2	1
17	1	1	1	2	1	1
18	2	1	1	2	1	1
19	2	1	2	2	1	1
20	2	1	2	2	2	1
21	1	2	1	1	1	1
22	1	2	1	1	2	1
23	1	1	1	2	1	1
24	1	2	1	1	1	1
25	1	1	2	2	1	1
26	2	2	1	1	2	1
27	2	1	2	2	1	1
28	1	2	2	1	1	1
29	1	1	1	1	2	1

Tablo 4.27. Sol bilek dönme için RULA ve ARULA değerlendirme sonuçları

DURUŞ NO	G1	G2	G3	G4	G5	ARULA
1	2	1	1	1	2	1
2	2	1	1	1	2	1
3	1	2	1	2	1	1
4	2	1	2	1	1	1
5	1	2	2	2	1	1
6	2	2	1	1	1	1
7	1	1	2	1	1	1
8	1	1	1	2	1	1
9	2	2	2	1	1	1
10	2	1	2	1	2	1
11	2	2	2	1	1	1
12	2	1	1	1	1	1
13	1	2	1	2	2	1
14	1	1	1	1	1	1
15	1	1	2	1	1	1
16	1	1	2	1	1	1
17	1	2	1	2	1	1
18	1	2	1	1	1	1
19	2	1	2	1	1	1
20	1	2	1	1	1	1
21	2	1	2	2	2	1
22	1	1	2	2	2	1
23	2	1	1	1	1	1
24	1	2	1	1	1	1
25	1	2	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1	1
27	1	2	1	2	1	1
28	1	2	1	2	1	1
29	2	1	1	1	1	1

McNemar testi, iki bağımlı örnek (eşler) probleminde ölçüm (işlem) sonucuna göre eşlerin kategorilere (sınıflara) ayrıldığı durumlarda kullanılmaktadır [140].

İki bağımlı örnek problemlerinde eşler veya birimler için sınıflandırma yapıldığında 2x2 boyutlu bir frekans tablosu elde edilmektedir [140]. Eşleştirme tasarımı için bu tablonun genel biçimi aşağıda Tablo 4.27’de yer almaktadır.

Tablo 4.28. Eşleştirme tasarım tablosu [140]

	İŞLEM GRUBU			
	Sonuç 1	Sonuç 2	Toplam	
KONTROL GRUBU	Sonuç 1	A	C	A+C
	Sonuç 2	B	D	B+D
	Toplam	A+B	C+D	n

Tablo 4.27’de yer alan terimlerin anlamları aşağıda yer almaktadır [140]:

n: Eş sayısı

A: Hem kontrol hem de işlem grubundaki birimin “sonuç 1” olarak değerlendirildiği eşlerin sayısı,

B: Kontrol grubundaki birimin “sonuç 1” ve işlem grubundaki birimin “sonuç 2” olarak değerlendirildiği eşlerin sayısı,

C: Kontrol grubundaki birimin “sonuç 1” ve işlem grubundaki birimin “sonuç 2” olarak değerlendirildiği eşlerin sayısı,

D: Hem kontrol hem de işlem grubundaki birimin “sonuç 2” olarak değerlendirildiği eşlerin sayısı,

A+B: İşlem grubundaki birimin “sonuç 1” olarak değerlendirildiği eşlerin sayısı,

C+D: İşlem grubundaki birimin “sonuç 2” olarak değerlendirildiği eşlerin sayısı,

A+C: Kontrol grubundaki birimin “sonuç 2” olarak değerlendirildiği eşlerin sayısı,

B+D: Kontrol grubundaki birimin “sonuç 2” olarak değerlendirildiği eşlerin sayısı.

McNemar testinde bir işlem veya koşul altında ilgilenilen özellikte olanların oranı “ Π_1 ” ve diğer işlem (koşul) altında ilgilenilen özellikte olanların oranı da “ Π_2 ” olmak üzere; H_0 hipotezi Eşitlik (4.6)’daki gibi;

$$H_0 = \Pi_1 - \Pi_2 \quad (4.6)$$

şeklinde ifade edilmektedir [140].

İlgilenilen özellik bakımından örnek oranları “P₁” ve “P₂” olarak gösterilsin. Örneğin kontrol grubu için bu oran “P₁” ve işlem grubu için ise; “P₂” ile ifade edilsin. Eşli örneklerde “sonuç 1” değerlendirmesi ile ilgileniliyorsa; daha önce verilen frekans tablosu aracılığıyla söz konusu oran, Eşitlik (4.7)’deki gibi;

$$P_1 = A + \frac{C}{n} \text{ ve } P_2 = A + \frac{B}{n} \quad (4.7)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

H₀ hipotezinin testi için McNemar, Eşitlik (4.8)’deki gibi;

$$Z = \sqrt{\frac{B+C}{B}} \quad (4.8)$$

şeklinde “Z” test istatistiğini hesaplanmasını önermektedir [140].

H₀ hipotezi doğru ve “B+C” değeri en az “10” ise; “Z” test istatistiği standart normal dağılıma sahiptir. Bu bilgi ile “Z” test istatistiği için hesaplanan değer “Z_h” olmak üzere H₁ hipotezinin farklı durumları için karar kuralı aşağıda yer alan Tablo 4.28’deki gibi ifade edilebilmektedir.

Tablo 4.29. McNemar testi için karar kuralları [140]

H ₁	Karar Kuralı
P ₁ > P ₂ ve Z _h > Z _α	ise H ₀ red edilir.
P ₁ < P ₂ ve Z _h < -Z _α	ise H ₀ red edilir.
P ₁ ≠ P ₂ ve Z _h > Z _{α/2} veya Z _h < -Z _{α/2}	ise H ₀ red edilir.

Bu kapsamda analiz çalışmasında kullanılan gözlemci ve ARULA analiz aracı verileri de McNemar testine uygun verilerdir. Çünkü aynı çalışan tarafından 29 farklı çalışma duruşu gözlem ve otomatik analiz olmak üzere iki farklı şekilde analiz

edilmiştir. Bu nedenle veriler bağımlıdır. Skor değerleri, “1” ve “2 ve üstü” olarak iki gruba ayrılarak incelenmiştir. McNemar testi ile yapılan analizlerde SPSS 20 paket programı kullanılmıştır ve $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde test yapılmıştır.

Analiz kapsamında vücut bölümlerinin her biri için ayrı ayrı hipotezler kurulmuştur. Burada, örnek olarak gövdeye ilişkin kurulan hipotezlere yer verilmektedir.

H₀: Gözlemcilerin gövde duruşlarını değerlendirme sonuçları ile ARULA analiz aracının otomatik analiz sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

H₁: Gözlemcilerin gövde duruşlarını değerlendirme sonuçları ile ARULA analiz aracının otomatik analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır.

RULA yöntemi kapsamında yer alan her bir vücut bölümünün duruşlarına ilişkin elde edilen analiz sonuçları aşağıda Tablo 4.29, 4.30, 4.31, 4.32, 4.33, 4.34, 4.35, 4.36 ve 4.37’de yer almaktadır.

Tablo 4.30. Gövdeye ilişkin McNemar testi sonuçları

Gözlemci	1		2 ve üstü		McNemar p	H ₀ Kabul/Ret
	n	%	n	%		
Gövde_gözlemci1	9	31	20	69	0,004	Ret p<0,05
Gövde_otomatik1	0	0	29	100		
Gövde_gözlemci2	9	31	20	69	0,004	Ret p<0,05
Gövde_otomatik2	0	0	29	100		
Gövde_gözlemci3	9	31	20	69	0,004	Ret p<0,05
Gövde_otomatik3	0	0	29	100		
Gövde_gözlemci4	9	31	20	69	0,004	Ret p<0,05
Gövde_otomatik4	0	0	29	100		
Gövde_gözlemci5	9	31	20	69	0,004	Ret p<0,05
Gövde_otomatik5	0	0	29	100		

Tablo 4.31. Boyna ilişkin McNemar testi sonuçları

Gözlemci	1		2 ve üstü		McNemar p	H ₀ Kabul/Ret
	n	%	n	%		
Boyun_gözlemci1	0	0	29	100	-	Kabul
Boyun_otomatik1	0	0	29	100		
Boyun_gözlemci2	5	17	24	83	0,063	Kabul p>0,05
Boyun_otomatik2	0	0	29	100		
Boyun_gözlemci3	5	17	24	83	0,063	Kabul p>0,05
Boyun_otomatik3	0	0	29	100		
Boyun_gözlemci4	4	14	25	86	0,125	Kabul p>0,05
Boyun_otomatik4	0	0	29	100		
Boyun_gözlemci5	4	14	25	86	0,125	Kabul p>0,05
Boyun_otomatik5	0	0	29	100		

Tablo 4.32. Sol alt kola ilişkin McNemar testi sonuçları

Gözlemci	1		2 ve üstü		McNemar p	H ₀ Kabul/Ret
	n	%	n	%		
Solaltkol_gözlemci1	17	59	12	41	0,999	Kabul p>0,05
Solaltkol_otomatik1	18	62	11	38		
Solaltkol_gözlemci2	15	52	14	48	0,549	Kabul p>0,05
Solaltkol_otomatik2	18	62	11	38		
Solaltkol_gözlemci3	15	52	14	48	0,581	Kabul p>0,05
Solaltkol_otomatik3	18	62	11	38		
Solaltkol_gözlemci4	10	34	19	66	0,039*	Ret p<0,05
Solaltkol_otomatik4	18	62	11	38		
Solaltkol_gözlemci5	12	41	17	59	0,146	Kabul p>0,05
Solaltkol_otomatik5	18	62	11	38		

Tablo 4.33. Sağ üst kola ilişkin McNemar testi sonuçları

Gözlemci	1		2 ve üstü		McNemar p	H ₀ Kabul/Ret
	n	%	n	%		
Sağüstkol_gözlemci1	12	41	17	59	0,000	Ret p<0,05
Sağüstkol_otomatik1	0	0	29	100		
Sağüstkol_gözlemci2	6	21	23	79	0,031	Ret p<0,05
Sağüstkol_otomatik2	0	0	29	100		
Sağüstkol_gözlemci3	9	31	20	69	0,004	Ret p<0,05
Sağüstkol_otomatik3	0	0	29	100		
Sağüstkol_gözlemci4	7	24	22	76	0,016	Ret p<0,05
Sağüstkol_otomatik4	0	0	29	100		
Sağüstkol_gözlemci5	11	38	18	62	0,001	Ret p<0,05
Sağüstkol_otomatik5	0	0	29	100		

Tablo 4.34. Sağ alt kola ilişkin McNemar testi sonuçları

Gözlemci	1		2 ve üstü		McNemar p	H ₀ Kabul/Ret
	n	%	n	%		
Sağaltkol_gözlemci1	14	48	15	52	0,549	Kabul p>0,05
Sağaltkol_otomatik1	17	59	12	41		
Sağaltkol_gözlemci2	13	45	16	55	0,388	Kabul p>0,05
Sağaltkol_otomatik2	17	59	12	41		
Sağaltkol_gözlemci3	10	34	19	66	0,118	Kabul p>0,05
Sağaltkol_otomatik3	17	59	12	41		
Sağaltkol_gözlemci4	12	41	17	59	0,302	Kabul p>0,05
Sağaltkol_otomatik4	17	59	12	41		
Sağaltkol_gözlemci5	11	38	18	62	0,210	Kabul p>0,05
Sağaltkol_otomatik5	17	59	12	41		

Tablo 4.35. Sol üst kola ilişkin McNemar testi sonuçları

Gözlemci	1		2 ve üstü		McNemar p	H ₀ Kabul/Ret
	n	%	n	%		
Solüstkol_gözlemci1	13	43	17	57	0,118	Kabul p>0,05
Solüstkol_otomatik1	20	67	10	33		
Solüstkol_gözlemci2	7	23	23	77	0,001	Ret p<0,05
Solüstkol_otomatik2	20	67	10	33		
Solüstkol_gözlemci3	11	37	19	63	0,022	Ret p<0,05
Solüstkol_otomatik3	20	67	10	33		
Solüstkol_gözlemci4	14	47	16	53	0,109	Kabul p>0,05
Solüstkol_otomatik4	20	67	10	33		
Solüstkol_gözlemci5	16	53	14	47	0,388	Kabul p>0,05
Solüstkol_otomatik5	20	67	10	33		

Tablo 4.36. Sol bileğe ilişkin McNemar testi sonuçları

Gözlemci	1		2 ve üstü		McNemar p	H ₀ Kabul/Ret
	n	%	n	%		
Solbilek_gözlemci1			29	100	-	Kabul
Solbilek_otomatik1			29	100		
Solbilek_gözlemci2			29	100	-	Kabul
Solbilek_otomatik2			29	100		
Solbilek_gözlemci3			29	100	-	Kabul
Solbilek_otomatik3			29	100		
Solbilek_gözlemci4			29	100	-	Kabul
Solbilek_otomatik4			29	100		
Solbilek_gözlemci5			29	100	-	Kabul
Solbilek_otomatik5			29	100		

Tablo 4.37. Sağ bileğe ilişkin McNemar testi sonuçları

Gözlemci	1		2 ve üstü		McNemar p	H ₀ Kabul/Ret
	n	%	n	%		
Sağbilek_gözlemci1			29	100	-	Kabul
Sağbilek_otomatik1			29	100		
Sağbilek_gözlemci2			29	100	-	Kabul
Sağbilek_otomatik2			29	100		
Sağbilek_gözlemci3			29	100	-	Kabul
Sağbilek_otomatik3			29	100		
Sağbilek_gözlemci4			29	100	-	Kabul
Sağbilek_otomatik4			29	100		
Sağbilek_gözlemci5			29	100	-	Kabul
Sağbilek_otomatik5			29	100		

Tablo 4.36'daki sonuçlara göre gözlemcilerin sol bilek duruşlarının değerlendirmeleri ile otomatik değerlendirmelerin hepsi aynı skor sıklıklarına sahiptir. Tablo 4.37'deki sonuçlara göre de gözlemcilerin sağ bilek duruşlarının değerlendirmeleri ile otomatik değerlendirmelerin hepsi aynı skor sıklıklarına sahiptir. Her iki tabloda da gözlem sonucu elde edilen skorlar ve otomatik analiz skorlarının hepsi "2 ve üstü" skor kategorisine girmektedir. Matematiksel olarak eşit olan değerlerin istatistiksel olarak ta eşit olduğu kabul edildiği için sol bileğe ilişkin herhangi bir analiz gerçekleştirilmemiştir. Gözlemcilerin değerlendirmeleri ile ARULA analiz aracının otomatik analiz menüsü tarafından yapılan değerlendirmeleri aynı kabul edilmektedir.

Tablo 4.38. Sağ bilek dönme duruşuna ilişkin McNemar testi sonuçları

Gözlemci	1		2 ve üstü		McNemar p	H ₀ Kabul/Ret
	n	%	n	%		
Sağbilekdönme_gözlemci1	15	52	14	48	0,000	Ret p<0,05
Sağbilekdönme_otomatik1	29	100	0	0		
Sağbilekdönme_gözlemci2	16	55	13	45	0,000	Ret p<0,05
Sağbilekdönme_otomatik2	29	100	0	0		
Sağbilekdönme_gözlemci3	17	59	12	41	0,000	Ret p<0,05
Sağbilekdönme_otomatik3	29	100	0	0		
Sağbilekdönme_gözlemci4	17	59	12	41	0,000	Ret p<0,05
Sağbilekdönme_otomatik4	29	100	0	0		
Sağbilekdönme_gözlemci5	15	52	14	48	0,000	Ret p<0,05
Sağbilekdönme_otomatik5	29	100	0	0		

Tablo 4.39. Sol bilek dönme duruşuna ilişkin McNemar testi sonuçları

Gözlemci	1		2 ve üstü		McNemar p	H ₀ Kabul/Ret
	n	%	n	%		
Solbilekdönme_gözlemci1	17	59	12	41	0,000	Ret p<0,05
Solbilekdönme_otomatik1	29	100	0	0		
Solbilekdönme_gözlemci2	16	55	13	45	0,000	Ret p<0,05
Solbilekdönme_otomatik2	29	100	0	0		
Solbilekdönme_gözlemci3	18	62	11	38	0,001	Ret p<0,05
Solbilekdönme_otomatik3	29	100	0	0		
Solbilekdönme_gözlemci4	20	69	9	31	0,004	Ret p<0,05
Solbilekdönme_otomatik4	29	100	0	0		
Solbilekdönme_gözlemci5	23	79	6	21	0,031	Ret p<0,05
Solbilekdönme_otomatik5	29	100	0	0		

Analiz sonuçlarından da görüldüğü gibi gözlemcilerin gövde, sağ üst kol, sağ bilek dönme ve sol bilek dönme duruşlarına ilişkin değerlendirmeleri ile ARULA analiz aracının otomatik analiz menüsü tarafından yapılan değerlendirmeler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmaktadır. Özetle, gözlem sonuçları ile ARULA analiz aracının sonuçları arasında söz konusu vücut duruşları açısından geçerlilik sağlanamamaktadır. Çünkü ARULA analiz aracı, RULA yöntemine göre daha hassas bir değerlendirme yapmaktadır. İnsan gözünün söz konusu hassasiyet derecesinde açısal değerlendirme yapması mümkün değildir.

4.2.4. Nihai skorlar açısından RULA ve ARULA analiz aracı değerlendirme sonuçlarının karşılaştırılması

Aşağıda Tablo 4.40 ve 4.41’de vücudun sağ ve sol yanları için RULA ve ARULA analiz aracı tarafından gerçekleştirilen nihai skor değerlendirmelerine yer verilmektedir.

Tablo 4.40. Vücutun sol yanı için RULA ve ARULA karşılaştırması

DURUŞ NO	G1	G2	G3	G4	G5	ARULA
1	4	5	5	5	4	6
2	6	4	6	7	6	4
3	6	6	4	5	4	4
4	4	3	4	5	6	4
5	5	5	5	4	4	5
6	4	3	4	5	4	5
7	4	3	4	4	4	6
8	4	3	4	4	4	5
9	4	3	4	4	5	5
10	4	5	4	5	4	6
11	5	5	5	4	4	6
12	4	5	4	4	4	4
13	5	6	5	5	5	4
14	5	3	3	5	5	6
15	3	6	6	4	4	4
16	6	5	5	6	6	6
17	4	4	4	6	5	4
18	6	5	6	6	6	6
19	6	6	6	6	6	4
20	4	4	3	3	3	4
21	4	4	4	5	3	4
22	5	3	4	4	4	5
23	6	4	5	4	6	4
24	6	4	6	6	5	6
25	6	4	5	6	5	4
26	6	6	7	6	5	4
27	4	4	5	5	4	6
28	6	3	6	6	7	4
29	5	7	6	6	6	4

Tablo 4.41. Vücutun sağ yanı için RULA ve ARULA karşılaştırması

DURUŞ NO	G1	G2	G3	G4	G5	ARULA
1	4	5	5	5	4	6
2	6	3	5	6	6	4
3	5	3	6	5	6	4
4	3	4	5	4	5	4
5	3	4	4	5	5	5
6	5	5	6	4	5	5
7	5	6	6	5	4	6
8	4	5	4	5	4	5
9	5	5	5	4	5	5
10	4	5	4	6	5	6
11	5	5	4	5	5	6
12	5	5	5	6	5	4
13	5	6	5	5	6	4
14	6	4	3	6	5	6
15	4	6	6	3	4	4
16	6	4	4	5	6	6
17	4	4	3	5	3	4
18	6	6	5	7	6	6
19	5	5	5	5	6	4
20	3	4	3	3	3	4
21	3	4	4	5	3	4
22	4	4	3	3	4	5
23	5	3	4	3	4	4
24	4	5	5	5	4	6
25	5	5	6	7	5	4
26	6	7	5	5	6	4
27	4	5	5	5	4	6
28	6	5	6	6	6	4
29	6	7	4	6	7	4

Tablo 4.40 ve 4.41’de yer alan nihai skor sonuçlarının karşılaştırılması için yine SPSS 20 Paket Programı kullanılarak; “ $\alpha=0,05$ ” anlamlılık düzeyinde Kendal’s W Uyum Katsayısı yöntemi uygulanmıştır. Aşağıda yer alan Tablo 4.42 ve 4.43’de vücutun sağ ve sol yanı için elde edilen test sonuçları yer almaktadır.

Tablo 4.42. Sol yan için Kendal's W Uyum Katsayısı testi ile nihai skorların karşılaştırılması

Gözlemci	Sol Yan				Kendall's W	p	H ₀ Kabul/Ret
	RULA		ARULA				
	Medyan	IQR	Medyan	IQR			
1.gözlemci	5	2	4	2	0,002	0,819	Kabul p>0,05
2.gözlemci	4	2	4	2	0,100	0,088	Kabul p>0,05
3.gözlemci	5	2	4	2	0,015	0,513	Kabul p>0,05
4.gözlemci	5	2	4	2	0,000	0,999	Kabul p>0,05
5.gözlemci	5	2	4	2	0,013	0,532	Kabul p>0,05

Tablo 4.43. Sağ yan için Kendal's W Uyum Katsayısı testi ile nihai skorların karşılaştırılması

Gözlemci	Sağ Yan				Kendall's W	p	H ₀ Kabul/Ret
	Gözlemci		Otomatik				
	Medyan	IQR	Medyan	IQR			
1.gözlemci	5	1,5	4	2	0,006	0,670	Kabul p>0,05
2.gözlemci	5	1	4	2	0,028	0,371	Kabul p>0,05
3.gözlemci	5	1	4	2	0,006	0,683	Kabul p>0,05
4.gözlemci	5	1,5	4	2	0,000	0,999	Kabul p>0,05
5.gözlemci	5	2	4	2	0,006	0,670	Kabul p>0,05

Gerçekleştirilen analizler sonucunda nihai skorlar açısından RULA yönteminin ve ARULA analiz aracının otomatik analiz menüsünün benzer sonuçlara vardıkları görülmektedir. Ancak vücudun RULA kapsamında incelenen bölümlerinin her biri ayrı ayrı analiz edildiği zaman gövde, boyun, sağ üst kol, sağ bilek dönme ve sol bilek dönme değerlendirmelerinde ARULA analiz aracının otomatik analiz menüsüne göre farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, gözlemciler ve otomatik analiz tarafından gerek vücudun her bir bölümüne verilen skor değerleri gerekse nihai skor değerlendirmeleri tek tek incelendiği zaman gözlemcilerin ve otomatik analizin aynı duruşları farklı biçimlerde yorumladıkları görülmektedir.

Nihai skorlar açısından gözlemci ve otomatik analiz sonuçları arasında benzerliğin sağlanabilmesi, yine RULA yönteminde kullanılan skora sisteminden

kaynaklanmaktadır. Kendal's W Uyum Katsayısı testinde de söz konusu kategoriler ve bu kategorilere ilişkin sıklıklar dikkate alınmaktadır. Bu nedenle, RULA ve ARULA analiz aracı değerlendirmelerinden bazıları "1", bazıları "2" nihai skoru ile sonuçlansalar dahi; test ve yöntem açısından aynı sonuç olarak kabul edilmektedir.

Burada belirtilmesi gereken bir nokta da; sağ bilek dönme ve sol bilek dönme duruşlarının RULA yönteminde opsiyonel bir durum değil, bileğe ait ikinci bir skorlama unsuru olmasıdır. Bu nedenle, analiz kapsamına alınmıştır.

RULA yöntemindeki opsiyonel durumların analizlerde yer almamalarının nedeni ise; ARULA analiz aracının otomatik analiz menüsünde kullanılan görüntü işleme destekli yazılımın opsiyonel değerlendirmelerde çok hassas bir analiz yapmasıdır. Örneğin; ARULA analiz aracı gövde düşey ekseninden bir piksel oranında ayrılsa bile gövdeyi yana eğilmiş olarak kabul etmektedir. Söz konusu durumun gözlemci tarafından fark edilmesi mümkün değildir. Bu anlamda karşılaştırmaların farklı sonuçlanacağı düşünüldüğü için opsiyonel durumların değerlendirilmesine gerek duyulmamıştır. Ayrıca, aı değerlerinin yer aldığı tablolar dışındaki tüm tablolarda bulunan skor değerleri, açısal hareket skorları ile opsiyonel durumlara ilişkin skorların toplanmasıyla elde edilen skor değerleridir. Aslında ayrı analizleri yapılmamış olsa dahi, opsiyonel durumlar bir anlamda analiz kapsamına alınmış sayılmaktadır. Analizlerin ikinci bölümünde değerlendirmeye tabi tutulan çalışma duruşlarına birkaç rnek Ek-F'de yer almaktadır.

4.3. En İyi Gözlem Süresi ve Gözlem Aralığının Bulunmasına İlişkin rnek Bir alışma

Tez çalışmasının bu bölümünde; herhangi bir işin RULA yöntemi ile istatistiksel açıdan güvenilir bir şekilde yani; işin gerçek durumunu en iyi yansıtacak şekilde analiz edilebilmesi için ne kadar süre ile gözlenmesi (gözlem süresi) ve hangi aralıklarda gözlem alınması (gözlem aralığı) gerektiğinin belirlenmesi amacıyla örnek bir iş üzerinde analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Söz konusu çalışmanın yapılabilmesi için; metin kâğıdı sağ tarafında konumlandırılan bir çalışan, diz üstü bilgisayar veri girişi yaparken "45 dk." süre ile

kayıt edilmiştir. Video kaydı ARULA analiz aracının raporlama menüsü desteğiyle beşer dk. aralıklarla ve “29 fps”, “1 fps”, “0,1 fps”, “0,01 fps” ve “0,02 fps” çerçeve hızlarında analiz edilerek; sonuçlar elde edilmiştir (İlgili çerçeve hızı değerlerine, görüntü işleme konusunda uzman olan ve tez çalışmasının görüntü işleme bölümünde teknik destek veren uzman ile fikir alış veriş yapılarak karar verilmiştir). Burada amaç; hem işin her anındaki çalışma duruşunu analiz etmekten dolayı ortaya çıkacak iş yükünü hafifletmek hem de istatistiksel olarak güvenilir sonuçlar elde etmektir.

ARULA analiz aracının otomatik analiz menüsü tarafından yapılan video analizleri “29 fps” çerçeve hızında gerçekleşmektedir. Söz konusu değer, günümüzde birçok web kamerasının ortak hız özelliği olarak karşımıza çıkmaktadır ve çalışma kapsamında kullanılan kameralar da bu özelliğe sahiptirler. Analiz aracı diğer fps hızlarına ilişkin sonuçları, raporlama menüsü desteğiyle elde etmektedir. Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi; raporlar menüsündeki “fps” kısmına istenilen değer girilerek ilgili sonuçlara ulaşılabilmektedir. Fps değerleri gözlem aralıklarını belirlemek için kullanılmaktadır.

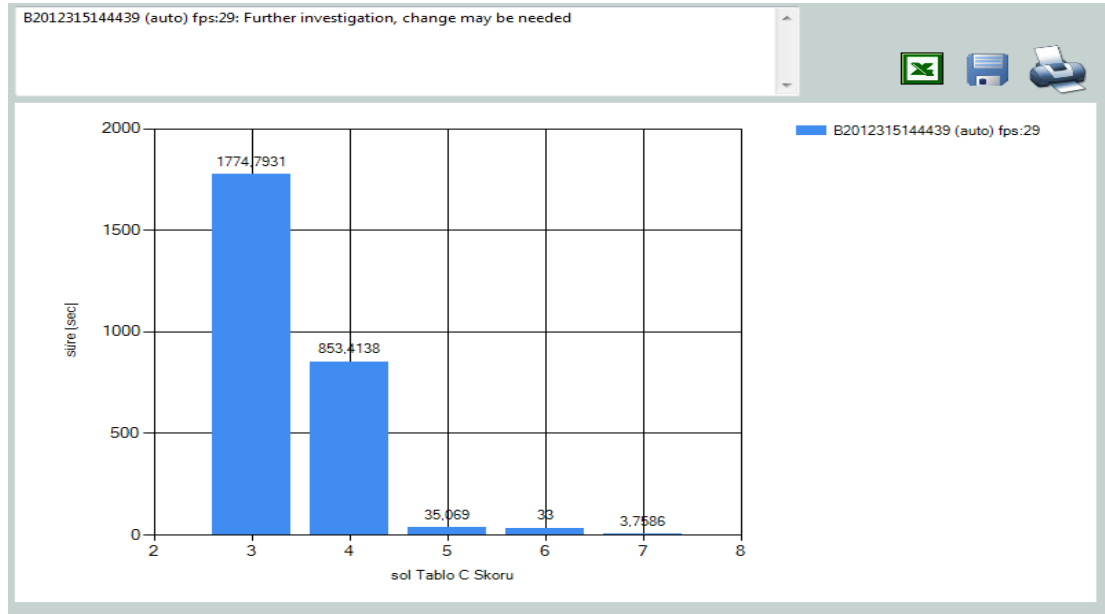
“29 fps” hızında analiz yapıldığı zaman, video birinci saniyeye geldiğinde analiz edilecek olan çalışma duruşu “29.” çerçevede yer alan çalışma duruşu olmaktadır. Bu durumda bir çerçevenin analiz sistemine gönderilmesi “1/29” sn. sürmektedir.

Bununla birlikte “1 fps” hızında analiz yapılmak istendiği zaman, bir saniyede bir çerçeve analiz sistemine gönderilmektedir. Bu durumda bir çerçevenin analiz sistemine gönderilmesi bir sn. sürmektedir. Kamera bir saniyede “29” çerçeveyi analiz sistemine gönderdiği için birinci sn.’de “29” adet çerçeve göndermiş olmaktadır. Bu kapsamda kameranın “29 fps” hızına ilişkin sonuçlarıyla, analiz sisteminin “1 fps” hızına ilişkin sonuçlar aynı olmaktadır.

Yine “0,1 fps” hızında analiz yapılmak istendiği zaman, videonun “10.” sn.’de kamera tarafından gönderilen “290.” çerçevedeki çalışma duruşu analiz edilmektedir. “0,01” ve “0,02” fps hızları için de aynı mantık geçerlidir.

Analiz çalışması kapsamında web kameralarının fps hızları temel alınmaktadır. Bu kapsamda diğer fps hızlarında elde edilen sonuçlar, “29 fps” hızına göre değerlendirilerek en iyi gözlem süresi ve gözlem aralığı bilgilerine ulaşılmaktadır.

En iyi gözlem süresi ve gözlem aralığı bilgisine ulaşabilmek için analiz edilen videonun vücudun sol tarafı için “29 fps” hızında ve “45 dk.” analiz süresindeki sonuçları aşağıda Şekil 4.1’de grafiksel olarak yer almaktadır.



Şekil 4.1. Sol taraf için 29 fps hızında ve 0-45 dk. gözlem süresindeki sonuçlar

“29 fps” hızında ve diğer gözlem sürelerindeki sonuçlar ise Tablo 4.44’de süre ve sıklık kapsamında yer almaktadır.

Tablo 4.44. Sol taraf için 29 fps hızında ve muhtelif gözlem sürelerindeki sonuçlar

Sol Yan		Süre (sn.)							Sıklık (adet/45 dk.)						
Fps	Süre (dk.)	Skor 1	Skor 2	Skor 3	Skor 4	Skor 5	Skor 6	Skor 7	Skor 1	Skor 2	Skor 3	Skor 4	Skor 5	Skor 6	Skor 7
	45	-	-	1774,7931	853,4138	35,069	33	3,7586	-	-	51469	24749	1017	957	109
	40	-	-	1474,7931	853,4138	35,069	33	3,7586	-	-	42769	24749	1017	957	109
	35	-	-	1238,069	790	35,069	33	3,7586	-	-	35908	22910	1017	957	109
	30	-	-	1067,3448	665,3448	30,5862	33	3,7586	-	-	30953	19295	887	957	109
29	25	-	-	854,6207	578,069	30,5862	33	3,7586	-	-	24784	16764	887	957	109
	20	-	-	640,2414	492,4483	30,5862	33	3,7586	-	-	18567	14281	887	957	109
	15	-	-	477,5172	360,5172	25,2414	33	3,7586	-	-	13848	10455	732	957	109
	10	-	-	305,9655	236,1034	21,2069	33	3,7586	-	-	8873	6847	615	957	109
	5	-	-	177,8276	73,3103	12,1379	33	3,7586	-	-	5157	2126	352	957	109

Farklı gözlem sürelerinde “29 fps” hızında, vücudun sağ tarafının süre açısından analiz sonuçlarını içeren grafikler Ek-G’de yer almaktadır. Ayrıca, “0-45 dk.” gözlem süresinde “1”, “0,1”, “0,01” ve “0,02” fps hızlarında vücudun sol tarafı için gerçekleştirilen analizlerin sonuçları da Ek-Ğ’de sunulmaktadır. Vücudun sağ ve sol taraflarına ilişkin analiz sonuçları söz konusu iş için aynı çıktığından analiz kapsamına sadece sol tarafa ilişkin veriler alınmıştır. Aşağıda yer alan Tablo 4.45, 4.46, 4.47 ve 4.48’de farklı gözlem sürelerine ve çerçeve hızlarına ilişkin sonuçlar bir arada sunulmaktadır.

Tablo 4.45. Vücudun sağ tarafı için 29 fps ve 1 fps hızlarına ilişkin nihai skorlar

Gözlem Süresi (dk.)	Çerçeve Hızı							
	29 fps				1 fps			
	Skor 1-2	Skor 3-4	Skor 5-6	Skor 7	Skor 1-2	Skor 3-4	Skor 5-6	Skor 7
5	-	3	-	-	-	3	-	-
10	-	3	-	-	-	3	-	-
15	-	3	-	-	-	3	-	-
20	-	3	-	-	-	3	-	-
25	-	3	-	-	-	3	-	-
30	-	3	-	-	-	3	-	-
35	-	3	-	-	-	3	-	-
40	-	3	-	-	-	3	-	-
45	-	3	-	-	-	3	-	-

Tablo 4.46. Vücutun sağ tarafı için 0,1 fps–0,01 fps–0,02 fps hızlarına ilişkin nihai skorlar

Gözlem Süresi (dk.)	Çerçeve Hızı											
	0,1 fps				0,01 fps				0,02 fps			
	Skor 1-2	Skor 3-4	Skor 5-6	Skor 7	Skor 1-2	Skor 3-4	Skor 5-6	Skor 7	Skor 1-2	Skor 3-4	Skor 5-6	Skor 7
5	-	3	-	-	-	4	-	-		3		
10	-	3	-	-	-	4	-	-		3		
15	-	3	-	-	-	4	-	-		3		
20	-	3	-	-	-	3-4	-	-		3		
25	-	3	-	-	-	4	-	-		3		
30	-	3	-	-	-	3-4	-	-		3		
35	-	3	-	-	-	4	-	-		3		
40	-	3	-	-	-	3-4	-	-		3		
45	-	3	-	-	-	3	-	-		3		

Tablo 4.47. Vücutun sol tarafı için 29 fps ve 1 fps hızlarına ilişkin nihai skorlar

Gözlem Süresi (dk.)	Çerçeve Hızı							
	29 fps				1 fps			
	Skor 1-2	Skor 3-4	Skor 5-6	Skor7	Skor 1-2	Skor 3-4	Skor 5-6	Skor 7
5	-	3	-	-	-	3	-	-
10	-	3	-	-	-	3	-	-
15	-	3	-	-	-	3	-	-
20	-	3	-	-	-	3	-	-
25	-	3	-	-	-	3	-	-
30	-	3	-	-	-	3	-	-
35	-	3	-	-	-	3	-	-
40	-	3	-	-	-	3	-	-
45	-	3	-	-	-	3	-	-

Tablo 4.48. Vücutun sol yanı için 0,1 fps–0,01 fps–0,02 fps hızlarına ilişkin nihai skorlar

Gözlem Süresi (dk.)	Çerçeve Hızı											
	0,1 fps				0,01 fps				0,02 fps			
	Skor 1-2	Skor 3-4	Skor 5-6	Skor 7	Skor 1-2	Skor 3-4	Skor 5-6	Skor 7	Skor 1-2	Skor 3-4	Skor 5-6	Skor 7
5	-	3	-	-	-	4	-	-		3	-	-
10	-	3	-	-	-	4	-	-		3	-	-
15	-	3	-	-	-	4	-	-		3	-	-
20	-	3	-	-	-	3-4	-	-		3	-	-
25	-	3	-	-	-	4	-	-		3	-	-
30	-	3	-	-	-	3-4	-	-		3	-	-
25	-	3	-	-	-	4	-	-		3	-	-
40	-	3	-	-	-	3-4	-	-		3	-	-
45	-	3	-	-	-	3	-	-		3	-	-

Tablo 4.45, 4.46, 4.47 ve 4.48’de yer alan veriler incelendiğinde vücudun her iki tarafı için de “29”, “1”, “0,1” ve “0,02” fps hızlarının aynı skorlarla sonuçlandığı görülmektedir. Sadece 0,01 fps hızında skorlar farklılaşmaktadır. Diğer fps hızlarında en fazla “3” skorunun ortaya çıktığı görülmektedir.

“29 fps” hızındaki nihai skor sonuçları ile “1” fps, “0,1” fps ve “0,02” fps sonuçlarının benzer oldukları görülmektedir. Bununla birlikte 1 fps’nin üzerinde alınan her türlü hız değeri yine “29 fps”deki gözlem aralıklarına eşit olmaktadır. Bu nedenle “1 fps”nin altındaki hız değerleriyle inceleme yapmak daha doğru olacaktır. Aşağıda yer alan Tablo 4.49, 4.50 ve 4.51’de farklı gözlem sürelerine ve aralıklarına göre değerlendirilen farklı gözlem sayıları yer almaktadır.

Tablo 4.49. 5 dk.-10 dk.-15 dk. gözlem süreleri için gözlem sayıları

Gözlem Süresi	5 dk.					10 dk.					15 dk.				
fps	29 fps	1 fps	0,1 fps	0,01 fps	0,02 fps	29 fps	1 fps	0,1 fps	0,01 fps	0,02 fps	29 fps	1 fps	0,1 fps	0,01 fps	0,02 fps
Gözlem Sayısı	300	300	30	3	6	600	600	60	6	12	900	900	90	9	18

Tablo 4.50. 20 dk.-25 dk.-30 dk. gözlem süreleri için gözlem sayıları

Gözlem Süresi	20 dk.					25 dk.					30 dk.				
fps	29 fps	1 fps	0,1 fps	0,01 fps	0,02 fps	29 fps	1 fps	0,1 fps	0,01 fps	0,02 fps	29 fps	1 fps	0,1 fps	0,01 fps	0,02 fps
Gözlem Sayısı	1200	1200	120	12	24	1500	1500	150	15	30	1800	1800	180	18	36

Tablo 4.51. 35 dk.-40 dk.-45 dk. gözlem süreleri için gözlem sayıları

Gözlem Süresi	35 dk.					40 dk.					45 dk.				
fps	29 fps	1 fps	0,1 fps	0,01 Fps	0,02 fps	29 fps	1 fps	0,1 fps	0,01 fps	0,02 fps	29 fps	1 fps	0,1 fps	0,01 fps	0,02 fps
Gözlem Sayısı	2100	2100	210	21	42	2400	2400	240	24	48	2700	2700	270	27	54

Tablo 4.49, 4.50 ve 4.51’de yer alan gözlem sayılarına bakıldığı zaman; söz konusu videoda yer alan çalışma duruşlarının en detaylı olarak 45 dk.’lık gözlem süresinde, 29 ve 1 fps hızlarında analiz edildiği görülmektedir. Özetle, saniyede bir gözlem alındığında en sağlıklı sonuçlar elde edilmektedir. Ancak, söz konusu analiz aralığı uygulama açısından çok fazla iş yükü ve zaman kaybı anlamına gelmektedir. ARULA analiz aracının otomatik analiz kısmıyla dahi dört saati alan bir analiz zamanını gerektirmektedir. Gözleme dayalı bir şekilde ise saniyede bir gözlem yapmak pratikte mümkün değildir. ARULA analiz aracının manuel analiz menüsüyle analiz yapılırsa dahi; 2700 adet çerçevenin incelenmesi gözlemci açısından fazla çalışma zamanı gerektirmektedir.

Bu kapsamda 45 dk. boyunca, 29 fps hızında ve 1 saniyede bir örnek alınmasıyla gerçekleştirilen analiz sonuçları temel alınarak; en iyi gözlem süresi ve gözlem aralığının bulunması çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, iş örnekleme yönteminde yer alan optimum gözlem sayısı formülü kullanılarak; alınması gereken gözlem sayısı bulunmaktadır. Optimum gözlem sayısı Eşitlik (4.9)’daki gibi;

$$N = \frac{Z^2 \times p \times (1 - p)^2}{(h_p)^2} \quad (4.9)$$

şeklinde hesaplanmaktadır [148].

Eşitlik (4.9)’da yer alan parametreler aşağıda açıklanmaktadır [181].

N: Gözlem sayısı,

Z: İstenilen güvenilirlik düzeyindeki tablo değeri,

p: Örneklem oranı için tahmini değer,

h: Doğruluk yüzdesi (örneklem büyüklüğünün doğruluk sınırları, mutlak hata miktarı).

Tez çalışması kapsamında bütün analizler “% 95” güvenilirlik ve “ $\alpha = 0,05$ ” anlamlılık düzeyinde gerçekleştirilgi için gözlem sayısı analizinde de aynı değerler kullanılmıştır. % 95 güvenilirlik düzeyindeki “Z” tablo değeri ise; normal dağılım tablosundan “1,96” olarak bulunmaktadır. Eşitlik (4.9)’da yer alan “p” değeri ise; 45 dk. boyunca “29 fps” hızında ve saniyede bir örnek alınarak analiz edilen videonun

nihai skor değerlerinin sıklıklarına bakılarak hesaplanmıştır. Nihai skor değerleri arasında, en fazla “51.469” adetle “3” skoru ortaya çıkmıştır. “4” skoru “24.749” defa, “5” skoru “1.017” defa, “6” skoru “957” defa ve “7” skoru ise “109” defa oluşmuştur. Sergilenen çalışma duruşları en fazla “3” skoru ile sonuçlandığı için; birikimli sıklık değeri içinde “3” skorunun bulunma yüzdesi “p” oranı olarak hesaplanmaktadır. Söz konusu sıklık değerleri yukarıda Tablo 4.42’de yer almaktadır ve birikimli sıklık değeri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$51469 + 24749 + 1017 + 957 + 109 = 78301$$

“3” skorunun ortaya çıkma yüzdesi ise; “% 65,73” olarak aşağıda hesaplanmaktadır.

$$\frac{51469 \times 100}{78301} = \%65,73$$

“% 65,73” değeri, Eşitlik (4.9)’daki yerine koyulduğu zaman, en az alınması gereken gözlem sayısı aşağıdaki gibi belirlenebilmektedir.

$$N = \frac{(1,96)^2 \times 0,6573 \times 0,34}{(0,05)^2}$$

Eşitlik (4.9) kullanılarak “N” değeri “343,411” yaklaşık “344” olarak hesaplanmaktadır. Bu kapsamda, en az “344” adet gözlem alınmalıdır ki; “45 dk.” lık bir video boyunca sergilenen çalışma duruşları ARULA analiz aracıyla sağlıklı bir şekilde analiz edilebilsin. Bu durumda Tablo 4.49, 4.50 ve 4.51’de yer alan gözlem sayılarına bakıldığı zaman 344 adet gözlem sayısına en yakın değerler;

- Gözlem süresi “5 dk.” olan ve “29-1” fps hızlarındaki analizlerde alınan “300” adet gözlem sayısı,
- Gözlem süresi “35 dk”. olan ve “0,1” fps hızındaki analizlerde alınan “210” adet gözlem sayısı,
- Gözlem süresi “40 dk.” olan ve “0,1” fps hızlarındaki analizlerde alınan “240” adet gözlem sayısı,
- Gözlem süresi “45 dk.” olan ve “0,1” fps hızlarındaki analizlerde alınan 270 adet gözlem sayısıdır.

Ancak söz konusu değerlerin hiç biri “344” adet gözlem sayısının üzerinde değildirler. Bu nedenle başka gözlem sayılarının araştırılması gerektiği görölmektedir. Bu kapsamda araştırılacak olan gözlem sayılarının “0,1 fps” üzerinde olması gerektiği yukarıda yer alan sonuçlardan da anlaşılmaktadır. Aşağıda yer alan Tablo 4.52, 4.53 ve 4.54’de farklı gözlem sürelerindeki gözlem sayıları yer almaktadır.

Tablo 4.52. 0,12 fps-0,13 fps-0,14 fps-0,15 fps-0,20 fps analiz hızlarında 5 dk.-10 dk.-15 dk. için gözlem sayıları

Gözlem Süresi	5 dk.					10 dk.					15 dk.				
fps	0,12 fps	0,13 fps	0,14 fps	0,15 fps	0,20 Fps	0,12 fps	0,13 fps	0,14 fps	0,15 fps	0,20 fps	0,12 fps	0,13 fps	0,14 fps	0,15 fps	0,20 fps
Gözlem Sayısı	36	39	42	45	60	72	78	84	90	120	108	117	126	135	180

Tablo 4.53. 0,12 fps-0,13 fps-0,14 fps-0,15 fps-0,20 fps analiz hızlarında 20 dk.-25 dk.-30 dk. için gözlem sayıları

Gözlem Süresi	20 dk.					25 dk.					30 dk.				
fps	0,12 fps	0,13 fps	0,14 fps	0,15 fps	0,20 fps	0,12 fps	0,13 fps	0,14 fps	0,15 fps	0,20 fps	0,12 fps	0,13 fps	0,14 fps	0,15 fps	0,20 fps
Gözlem Sayısı	144	156	168	180	240	180	195	210	225	300	216	234	252	270	360

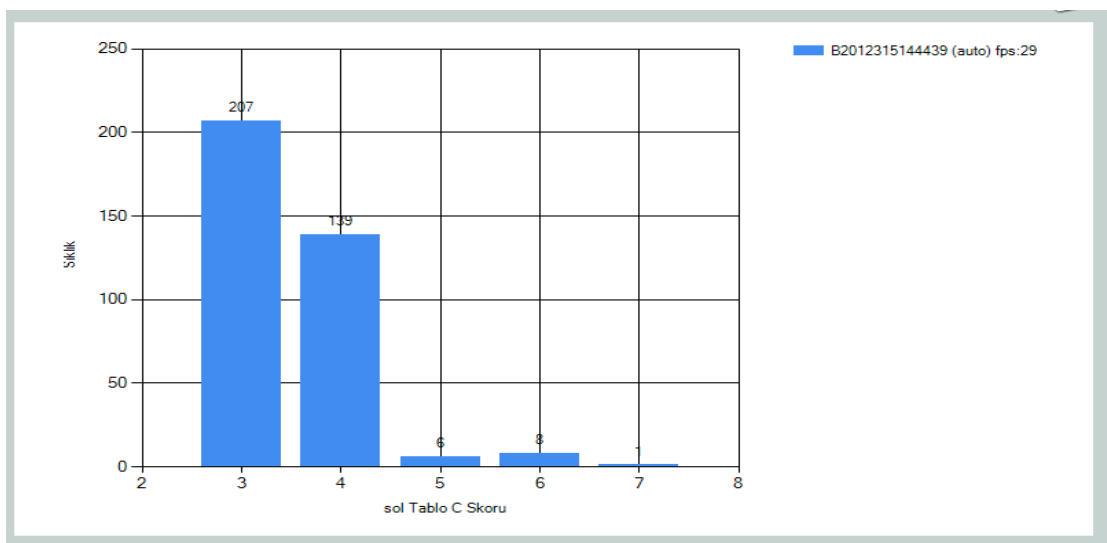
Tablo 4.54. 0,12 fps-0,13 fps-0,14 fps-0,15 fps-0,20 fps analiz hızlarında 35 dk.-40 dk.-45 dk. için gözlem sayıları

Gözlem Süresi	35 dk.					40 dk.					45 dk.				
fps	0,12 fps	0,13 fps	0,14 fps	0,15 fps	0,20 fps	0,12 fps	0,13 fps	0,14 fps	0,15 fps	0,20 fps	0,12 fps	0,13 fps	0,14 fps	0,15 fps	0,20 fps
Gözlem Sayısı	252	273	294	315	420	288	312	336	340	480	324	351	378	405	540

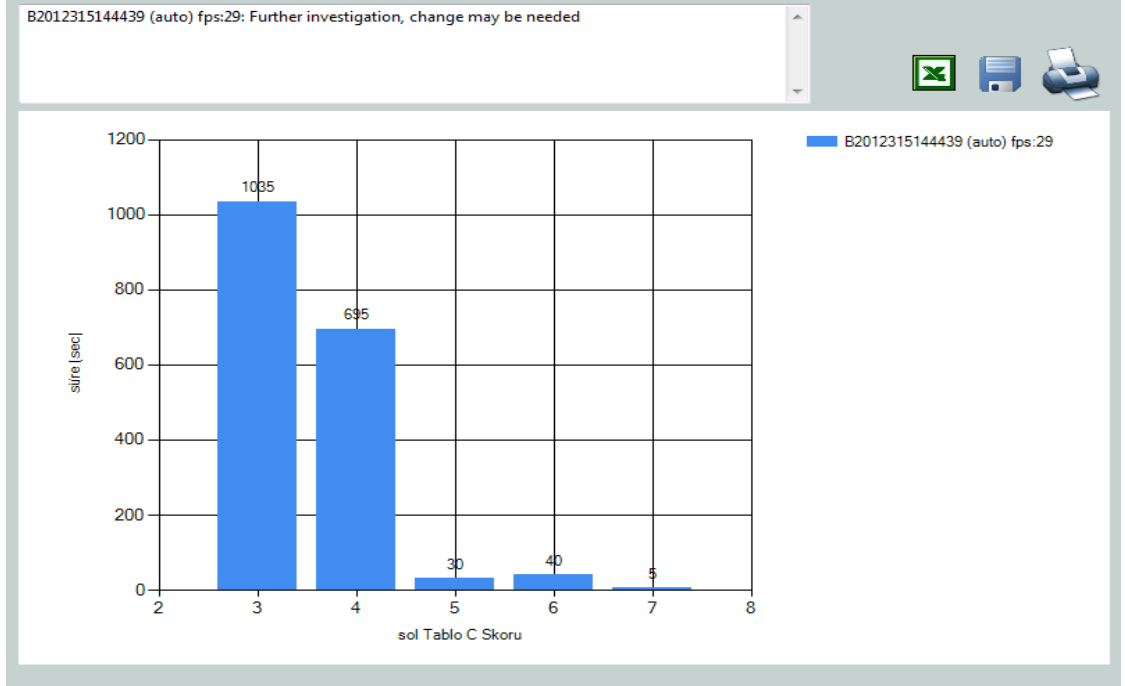
Tablo 4.52, 4.53 ve 4.54’de yer alan gözlem sayılarına bakıldığı zaman optimum gözlem sayısı olan “344” değerine ulaşan en yakın sonuç; “30 dk.” boyunca ve “0,20 fps” hızında gerçekleştirilen “360” adet gözlemdir. Söz konusu gözlem sayısı dışında, “40 dk.” boyunca ve “0,20 fps” hızında gerçekleştirilen “480” adet gözlem, “45 dk.” boyunca ve “0,20 fps” hızında gerçekleştirilen “540” adet gözlem, “45 dk.” boyunca ve “0,15” fps hızında gerçekleştirilen “405” adet gözlem, “45 dk.” boyunca 0,14 fps hızında gerçekleştirilen “378” adet gözlem ve “45 dk.” boyunca “0,13 fps” hızında gerçekleştirilen “351” adet gözlem optimum gözlem sayısından fazladır.

Bu kapsamda “30 dk.” boyunca ve “0,20 fps” hızında gerçekleştirilen gözlem optimum gözlem süresi ve gözlem aralığına sahiptir. Söz konusu gözlem hızında beş sn.’de bir gözlem alınması gerekmektedir. Bununla birlikte; “45 dk.” boyunca ve “0,13 fps” hızında alınan “351” adet gözlem, en az alınması gereken gözlem sayısına daha yakın bir sonuç olmasına rağmen tercih edilmemiştir. Bunun nedeni; gözlem süresinin “360” adet gözlemin alındığı 30 dk.’dan fazla olmasıdır. İki gözlem sayısı arasındaki fark dokuz adettir. Ancak gözlem süresi “15 dk.” uzamaktadır.

Analizlerde temel alınan video, “30 dk.” boyunca ve “0,20 fps” hızında analiz edildiği zaman ortaya çıkan nihai RULA skoru yine “3” skoru olmaktadır. Söz konusu durum; sıklık değerleri açısından Şekil 4.2’de ve süre değerleri açısından Şekil 4.3’de görülmektedir.



Şekil 4.2. 30 dk. gözlem süresinde, 0,20 fps hızında ve 5 sn.’lik gözlem aralığında ortaya çıkan nihai skorların sıklıkları



Şekil 4.3. 30 dk. gözlem süresinde, 0,20 fps hızında ve 5 sn.'lik gözlem aralığında ortaya çıkan nihai skorların kapsadıkları süreler

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında, gözleme dayalı olarak uygulanan RULA yönteminin performansını ve ürettiği sonuçların geçerliliğini ve güvenilirliğini arttırmak için insan hareket analizi ve görüntü işleme destekli ARULA analiz aracı geliştirilmiştir. ARULA analiz aracının ürettiği analiz sonuçlarının güvenilirliği ve geçerliliği istatistiksel olarak gösterilmiştir. ARULA analiz aracı sayesinde yalnızca RULA yönteminin uygulamada yaygın kullanımını engelleyen yönleri geliştirilmemiştir, aynı zamanda literatürde RULA yöntemi için bilimsel bir boşluk olarak belirlenen en iyi gözlem süresi ve gözlem aralığı bilgilerine ilişkin çalışmaların yapılabilmesi de sağlanmıştır.

Tez çalışması sonucunda RULA yöntemine ilişkin aşağıda yer alan eleştirel yorumlar yapılmıştır:

Literatürde RULA yöntemi uygulayıcısının, yöntemi uygulamak için herhangi bir eğitime ihtiyaç duymaması yöntemin bir avantajı olarak belirtilmektedir. Oysa yapılan çalışma sonucunda görülmüştür ki; yöntem kapsamında yer alan, vücudun farklı bölümlerine ait açısal değerlendirmelerin yapılabilmesi için uygulayıcının iyi bir analiz yeteneğine sahip olması ve daha önce birçok kez yöntemi uygulamış olması gerekmektedir. Çünkü vücut bölümlerinin açısal hareketlerine ilişkin değerlendirmelerdeki bir derecelik sapma skor değerlerini arttırmakta ya da azaltmaktadır. Bu durum da, nihai RULA skorunu etkileyerek; yapılan işin tehlike seviyesinin yanlış belirlenmesine yol açmaktadır. Bununla birlikte; gözlem yolu ile hassas açısal değerlendirmelerin yapılması da zorluk ihtiva etmektedir.

Tez çalışmasında yapılan analizler sırasında, RULA yöntemi kapsamında vücut bölümlerine ilişkin opsiyonel değerlendirmelerin de düşünülmemiş olduğu görülmüştür. Örneğin; gövdenin dönme ve yana eğilme opsiyonlarında, herhangi bir açısal sınır belirtilmemiştir. Gövdenin az ya da çok yana eğilmesi ya da dönmesi eşit skorla sonuçlanmaktadır. Aynı durum, bilek, boyun ve kollar için de geçerlidir.

Ayrıca RULA yönteminin bacak değerlendirmeleri konusunda daha hassas bir tanımlamaya ihtiyaç duyduğu düşünülmektedir. Çünkü bacak değerlendirmelerinde sadece iki ayağın aynı anda yere basmış olması önem taşımaktadır. Ancak, yöntem ayakta gerçekleştirilen işlere uygulandığı zaman dizlerin bükülme açıları da önem taşımaktadır. Çünkü söz konusu durum, çalışanın dayanımını etkilemektedir.

Bununla birlikte, literatürde RULA yönteminin hızlı bir şekilde analiz imkânı sağladığı belirtilmektedir. Oysaki gözleme dayalı olarak uygulandığı için işin bütünü içerisinde hangi çalışma duruşunun analiz edileceğine karar verilmesi uzun süreler almaktadır. Burada da gözlemcinin, analiz edilecek iş hakkında bilgiye sahip olması gerekmektedir. Gözlemci vücudun her iki yanını birden analiz etmek isterse gözlem süresi daha da artacaktır.

Tez çalışması kapsamında geliştirilen ARULA analiz aracı, kullanıcıya hızlı bir analiz imkânı sağlamak ve işe ilişkin herhangi bir bilgiye sahip olmayan analizcilerin bile kolaylıkla analiz yapabilmelerini mümkün kılmaktadır. Çünkü ARULA analiz aracında analizci, video kayıtlarını manuel analiz menüsünde dört farklı kameradan gelen görüntülerle ve istediği analiz hızında detaylı bir şekilde analiz edebilmektedir. Aynı şekilde otomatik analiz menüsünde de, yazılım tarafından birkaç saat süren analizler sonucunda incelenen işe ilişkin sonuçlara ulaşılabilir. Kullanıcının yapması gereken şey sadece iskelet modelini başlangıç duruşuna eşlemektir.

RULA yönteminde en fazla tekrar eden ya da en tehlikeli olduğu düşünülen çalışma duruşları analiz edilmektedir. Bu durum, işe ilişkin bilgi kayıplarını da beraberinde getirmektedir. ARULA analiz aracı ile bir iş döngüsü boyunca sergilenen çalışma duruşlarının tümü için ayrıntılı bilgiler elde edilebilmektedir. Ayrıca analiz aracı, vücudun her bir bölümü için en fazla süre ve sıklıkta ortaya çıkan skorları ve tehlike seviyelerini grafiksel olarak raporlayabilmektedir. Bu şekilde gözlemci, hangi çalışma duruşunda hangi skorların oluştuğunu ve nihai skor açısından bütün duruşların durumunu değerlendirebilmektedir. Bu kapsamda ARULA analiz aracı bünyesinde yer alan raporlama sistemi, yöntemin büyük bir avantajı olarak karşımıza çıkmaktadır.

ARULA analiz aracının raporlama sistemi, literatürde bir eksiklik olarak tespit edilen en iyi gözlem süresi ve aralığı bilgilerine ulaşma imkânı da sağlanmaktadır. Literatürde gözleme dayalı yöntemlerde ne kadar süre ile ve hangi aralıklarda gözlem alınması gerektiği konusunda bir fikir birliği mevcut değildir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda, gözlem süresi ve gözlem aralığı kabulü ile ilgili olarak, ya daha önceki çalışmalara atıfta bulunmakta ya da kendi sezgilerine göre kabuller yapmaktadırlar. Bu konularda genelleştirilebilecek kurallara veya standart değerlere ulaşabilmek için çok sayıda ve farklı özelliklerdeki işler üzerinde analizlerin yapılması gerekmektedir. Tez çalışması kapsamında, ARULA analiz aracı ile söz konusu çalışmaların gerçekleştirilmesinin çok daha kolay olabileceği örnek bir işin (bilgisayara veri giriş işi) analizi üzerinden gösterilmektedir.

ARULA analiz aracının diğer bir avantajı da, raporlama sistemi sayesinde birden çok videonun çalışma duruşları açısından karşılaştırılabilmesinin mümkün olmasıdır. Bu sayede, aynı işe ilişkin farklı çalışanların sergiledikleri çalışma duruşları analiz edilebilmekte ve karşılaştırmalı sonuçlar grafiksel olarak raporlanabilmektedir.

ARULA analiz aracı kameraları kullanarak gözlem yaptığı için çalışan açısından psikolojik bir baskı söz konusu olmamaktadır. Ancak RULA yönteminde, bir gözlemcinin sürekli bir çalışmanı izlemesi çalışmanın sergilediği duruşlarda farklılıklar olmasına sebep olabilmektedir.

ARULA analiz aracında kol açılarının daha net bir şekilde hesaplanabilmesi için bilek ve dirseklere takılan ve ne renk olduğu önemli olmayan kurdeleler, her zaman bulunabilecek ve çalışmanı rahatsız etmeyecek türden basit malzemelerdir. Çoğu görüntü analizi çalışmasında çalışan üzerinde birçok tanımlayıcı malzemenin kullanıldığı düşünülürse; bu analiz aracında kurdelelerin kullanılması, yöntemin esnekliğini ve kolay uygulanabilirliğini göstermektedir.

Tez çalışmasının “ARULA analiz aracının ürettiği sonuçların değerlendirilmesi” bölümünde yer alan analizlerin birinci aşamasında, ARULA analiz aracının güvenilirliği test edilmiştir. Bu kapsamda, ARULA analiz aracı ile değerlendirilen açısız hareketlerle, dijital bir açıölçer kullanılarak değerlendirilen açısız hareketlerin

sonuçları karşılaştırılmıştır. Söz konusu açısal hareketler, çalışma duruşlarının fotoğrafları çekilerek elde edilmiştir. Çalışan aynı duruşu belli bir müddet sergilerken; açıölçerle uzuvların açısal hareketleri ölçülmüştür. Analiz kapsamında, 30 adet çalışma duruşu incelenmiştir. Sonuç olarak; ARULA analiz aracının ürettiği sonuçların güvenilir olduğu görülmüştür. Çünkü analiz aracı, çok küçük açısal sapmalarla analizleri gerçekleştirmiştir. Söz konusu farklar, en fazla gövde bölümünde “1,44°” olarak ortaya çıkmıştır.

Aynı bölümde ARULA analiz aracının ürettiği sonuçların geçerliliği de test edilmiştir. Bu kapsamda, beş farklı kullanıcı aynı çalışma duruşlarını ARULA analiz aracının otomatik analiz menüsü ile değerlendirmiştir. Burada, kullanıcı etkisi sadece başlangıç duruşuna iskelet modelini eşlemede oluşmaktadır. Analiz sonucunda, beş farklı kullanıcının değerlendirmeleri arasında istatistiksel açıdan fark olmadığı görülmüştür. Söz konusu durum, ARULA analiz aracının geçerli sonuçlar ürettiğini göstermektedir.

Yine tez çalışmasının “ARULA analiz aracının ürettiği sonuçların değerlendirilmesi” bölümünde yer alan analizlerin ikinci aşamasında, beş farklı gözlemci tarafından RULA yöntemi uygulanarak gerçekleştirilen analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Sonuç olarak; boyun ve sağ bilek bölümlerinde gözlemciler arası geçerlilik sağlanamamıştır. Bu durum, tamamiyle yöntemin gözleme dayalı olarak uygulanmasından kaynaklanmaktadır.

Söz konusu bölümde, nihai skorlar açısından da gözlemciler arası geçerlilik araştırılmıştır. Analiz sonucunda; gözlemciler arası geçerliliğin sağlandığı görülmüştür. Nihai skorlarda geçerliliğin sağlanabilmesinin sebebi; kullanılan istatistiksel analiz tekniği ile ilgilidir. Teknik, skorların sıklıklarını dikkate almaktadır. Nihai skorlara her bir çalışma duruşu için bakıldığı zaman; gözlemciler arası fikir birliğinin olmadığı görülmektedir.

Yine aynı bölümde RULA yöntemini kullanarak beş farklı gözlemcinin yöntem kapsamındaki vücut bölümleri için yaptığı değerlendirmeler ile ARULA analiz aracının otomatik analiz bölümünün değerlendirmeleri arasında benzerlik olup

olmadığı araştırılmıştır. Sonuç olarak; gövde, sağ üst kol, sağ bilek dönme ve sol bilek dönme duruşlarına ilişkin her iki yöntemin yaptığı değerlendirmelerde benzerlik saptanamamıştır. Söz konusu durum, yine RULA yönteminin gözleme dayalı uygulanmasından dolayı ARULA analiz aracı kadar hassas bir değerlendirme yapamamasından kaynaklanmaktadır.

Son olarak aynı bölümde, nihai skorlar açısından da RULA yöntemi ve ARULA analiz aracı sonuçları karşılaştırılmıştır. Analiz sonucunda iki yöntemin yaptığı değerlendirmelerin benzer olduğu görülmüştür. Nihai skorlarda benzerliğin sağlanabilmesinin sebebi; kullanılan istatistiksel analiz tekniği ile ilgilidir. Teknik, skorların sıklıklarını dikkate almaktadır. Nihai skorlara her bir çalışma duruşu için bakıldığı zaman; gözlemciler arası fikir birliğinin olmadığı görülmektedir.

Bununla birlikte ARULA analiz aracının da geliştirilmesi gereken ve gelecek çalışmalarda araştırılabilecek yönleri bulunmaktadır:

ARULA analiz aracının manuel analiz bölümünde dört farklı kameradan görüntüler alındığı için kameralar arasında saniye düzeyinde senkronizasyon farklılıkları yaşanmaktadır. Bu farklılıklar, çok tekrarlı işler için sorun teşkil etmeyebilir. Ancak, az tekrarlı ve farklı hareketlerin sergilendiği çalışma duruşlarında problem yaratabilmektedir. Ancak, bu durum teknik bir problemdir ve kameraların aynı anda kayda başlayıp bitirmelerini sağlayabilecek sistemler çalışma kapsamında sağlanamamıştır.

ARULA analiz aracında geliştirilmesi gereken diğer bir nokta da yarı otomatik analiz menüsüdür. Yarı otomatik analizde her çerçeve için kullanıcı iskelet modelini çalışma duruşu ile eşleştirmek durumunda kalmaktadır. Bu nedenle tam denk gelmeyen eşleştirmelerde, analiz sonuçları yanlış olabilmektedir. Kullanıcı her eşleştirme sonunda sistemdeki bütün açısal ve opsiyonel değerleri kontrol etmek zorunda kalmaktadır. Bu durum da çok zaman almaktadır. Görüntü işleme açısından akan bir videodan açısal hareketlerin değerlendirilmesi, anlık bir görüntünün değerlendirilmesinden daha kolaydır. Bu nedenle sonuçlarda sapmalar meydana gelebilmektedir. Yarı otomatik analiz menüsü gelecek çalışmalar için geliştirilmesi

düşünülen bir sistemdir. Tez çalışması kapsamında önemli olan otomatik analizin geliştirilerek hızlı ve doğru analizlerin yapılabilmesidir.

ARULA analiz aracı çalışma duruşlarına ilişkin açısal hareketler ve yöntem kapsamındaki opsiyonel durumlar açısından çok hassas analizler gerçekleştirmektedir. Örneğin, gövdenin düşey ekseninden bir piksel oranında sapması dahi, gövdenin yana eğilme opsiyonunun varlığı olarak tanımlanmaktadır ve skor değerlerini arttırmaktadır. Bu kapsamda gelecek çalışmalarda üzerinde durulmak üzere; “vücut desteği” olarak ifade edilen açı değerlerinin de yazılıma dahil edilerek skorlama yapılması düşünülmektedir. Ancak söz konusu durum, RULA yöntemiyle gerçekleştirilen analizlerde de dikkate alınmamaktadır. RULA yönteminde gözlemci, ARULA analiz aracının fark ettiği bir derecelik sapmaları dahi değerlendirememektedir.

Bununla birlikte gelecek çalışmalarda üst ekstremitedeki zorlanmaların analiz edilmek istendiği işler için ARULA analiz aracı kullanılarak; çok sayıda ve farklı işler için en iyi gözlem süresi ve gözlem aralığı değerlerinin hesaplanmasıyla standart bir tablo oluşturulması düşünülmektedir. Böylece, söz konusu işlerin analizi için gereğinden fazla zaman harcanmasına ve kullanıcının zorluk yaşamasına gerek olmadan güvenilir analiz sonuçlarına ulaşmak mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Haslaegrave C. M., What do we mean by a working posture?, *Ergonomics*, 1994, **37**(4), 781-799.
- [2] Akay D., Dağdeviren M., Kurt M., Çalışma duruşlarının ergonomik analizi, *Gazi Ünv.Müh.ve Mim.Dergisi*, 2003, **18**(3), 73-84.
- [3] https://osha.europa.eu/en/topics/msds/index_html/facts_html (Ziyaret Tarihi: 05.05.2009).
- [4] Nachemson A., Advances in low-back pain, *Clin Orthop.Relat.Res.*, 1985, **200**, 266-278.
- [5] <http://www.bls.gov/news.release/pdf/osh2.pdf> (Ziyaret tarihi: 03.04.2008).
- [6] Leigh J. P., Markowitz S. B, Fahs M, Shin C., Landrigan P. J, Occupational injury and illness in the United States. estimates of costs, morbidity and mortality, *Arch Inter Med.*, 1997, **57**(14), 1557-1568.
- [7] www.deu.edu.tr/halksagligi (Ziyaret tarihi: 20.04.2009).
- [8] <http://www.orosha.org/educate/workshops/1201w.pdf> (Ziyaret tarihi: 03.06.2011).
- [9] Kee D., Karwowski W., LUBA: An assessment technique for postural loading on the upper body based on joint motion discomfort and maximum holding time, *Applied Ergonomics*, 2001, **32**, 357-366.
- [10] Denis D., St-vincent M., Imbeau D., Jette C., Nastasia I., İntervention practices in musculoskeletal disorder prevention: a critical literature review, *Applied Ergonomics*, 2008, **39**, 1-14.
- [11] Escorpizo R., Understanding work productivity and its application to work-related musculoskeletal disorders, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2008, **38**, 291-297.
- [12] Liang M., Damien C., Fouad B., Wei Z., A new simple dynamic muscle fatigue model and its validation, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2011, **39**, 211-220.
- [13] Günay E., TTK yeraltı maden işletmeciliğinde bel ağrıları, *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 7-Nisan-Mayıs-Haziran, **34**, 47-56.

- [14] <http://www.medikalakademi.com.tr/sgk-2011-istatistikleri-is-kaza-meslek-hastalik/> (Ziyaret tarihi: 03.03.2013).
- [15] Habibi E., Fereidan M., Aghababai A. M., Pourabdian S., Prevalence of musculoskeletal disorders and associated lost work days in steel making industry, *Iranian J. Publ. Health*, 2008, **37**, 83-91.
- [16] Franco G., Fusetti L., Bernardino Ramazzini's observations of the link between musculoskeletal disorders and ergonomic factors, *Applied Ergonomics*, 2004, **35**, 67-70.
- [17] Punnet L., Wegman D. H., Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2004, **14**, 13-23.
- [18] <http://www.amazon.co.uk/Related-Upper-Disorders-Researchpaper/dp/B0018SXA9G> (Ziyaret tarihi: 11.10.2011).
- [19] Yılmaz F., Şahin F., Kuran B., İşe bağlı kas-iskelet hastalıkları ve tedavisi, *Nobel Medicus*, 2006, **2**(3), 15-22.
- [20] Atwood A. D., Deeb J. M., Danz-reece M. E., *Ergonomic solutions for the process industries*, Elsevier, United States of America, 2004.
- [21] Thornton L. J., Stuart-Buttle C., Wyszynski T. C., Wilson E. R., Physical and psychosocial stress exposures in US dental schools: the need for expanded ergonomics training , *Applied Ergonomics*, 2004, **35**, 153-157.
- [22] Westgaard R. H, Winkel J., Ergonomic intervention research for improved musculoskeletal health: a critical review. *Int J Ind Ergon*, 1997, **20**, 463–500.
- [23] http://insaat.isggm.gov.tr/mevzuat/kas_iskelet_rahatsizliklari.pdf (Ziyaret tarihi: 04.05.2009).
- [24] http://www.lni.wa.gov/wisha/ergo/rule_docs/ces/CES.524.PDF (Ziyaret tarihi: 05.05.2009).
- [25] Pheasant S., Body space; anthropometry, ergonomics and the design of work, Second Edition, Taylor&Francis, 129-130, 2003.
- [26] www.ccohs.ca/oshaanswers/ergonomics (Ziyaret tarihi: 09.06.2009).
- [27] http://www.ontario.ca/en/information_bundle/workplace/STEL02_038098.html (Ziyaret tarihi: 03.07.2010).
- [28] Vieira E. R., Kumar S., Working postures: A literature review, *Journal of Occupational Rehabilitation*, 2004, **14**(2), 143-159.

- [29] Chung M. K., Inseok L., Dohyung K., Assessment of postural load for lower limb postures based on perceived discomfort, *International Journal of Industrial Ergonomics*, **31**, 2003, 17-32.
- [30] Laperriere N. S., Thibault M. C., Messing K., indicators for choosing an optimal mix of major working postures, *Applied Ergonomics*, 2006, **37**, 349-357.
- [31] Mandal, A. C., The seated man (homo sedens). the seated work position. theory and practice, *Appl. Ergon.* 1981, **12**, 19–26.
- [32] Murphy S., Buckle P., Stubbs D., Classroom posture and self –reported back and neck pain in schoolchildren, *Applied Ergonomics*, 2004, **35**,113-120.
- [33] Wright W. C., Diseases of workers, The Latin Text De Morbis Artificum Diatriba of Ramazzini, 1713, Translated by Wright, Chicago 111, University of Chicago Press, 1940.
- [34] Axelsson, J., The use of some ergonomics methods as tools in quality improvement, *Proceedings of the 13 th International Conference on Production Research*, 721-723, 1995.
- [35] http://www.sporbilim.com/UserFiles/File/hareket_terminolojisi1.pdf (Ziyaret tarihi: 02.05.2009).
- [36] <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/flexion> (Ziyaret tarihi: 11.08.2011).
- [37] <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/extension> (Ziyaret tarihi: 11.08.2011).
- [38] <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/side-bending> (Ziyaret tarihi: 12.08.2011).
- [39] <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/abduction> (Ziyaret tarihi: 12.08.2011).
- [40] Graves R. J., Way K., Riley D., Lawton C., Morris Z., Development of risk filter and risk assessment worksheets for hse quidance-“upper limb disorders in the workplace” 2002, *Applied Ergonomics*, 2004, **35**, 475-484.
- [41] Kilbom A., Repetitive work of the upper extremity: part 1. guidelines for the practitioner; part 11. the scientific basis (knowledge base) for the guide, *Int. J. Ind. Ergonomics* **14**, 51–86.
- [42] <http://www.lni.wa.gov/WISHA/Rules/generaloccupationalhealth/PDFs/ErgoRulewithAppendices.pdf> (Ziyaret tarihi: 12.04.2003).

- [43] www.usmayors.org/mwma/2001meeting/ergonomics.ppt (Ziyaret tarihi: 03.03.2009).
- [44] Parkes K. R., Carnell S., Musculoskeletal disorders, mental health and the work environment, *Health and Safety Executive, Research Report 316*, Prepared For HSE, 2005, 1-55.
- [45] Lagerstrom M., Hansson T., Hagberg M., Work-related low-back problems in nursing, *Scand. J. Work Environ. Health* 1998, **24** (6), 449–464.
- [46] Smedley J., Inskip H., Trevelyan F., Buckle P., Cooper C., Coggon D., Risk factors for incident neck and shoulder pain in hospital nurses, *Occup. Environ. Med.*, 2003, **60** (11), 864–869.
- [47] Yip Y., A study of work stress, patient handling activities and the risk of low back pain among nurses in hong kong, *J. Adv. Nurs.* 2001, **36** (6), 794–804.
- [48] Leighton D. J., Beynon C., *The identification and measurement of risk', musculoskeletal disorders in health-related occupations*, T.Reilly (Ed.), IOS Press, 2002.
- [49] Beynon, C., Reilly T., Epidemiology of musculoskeletal disorders in a sample of british nurses and physiotherapists, Reilly T. (Ed.), *Musculoskeletal Disorders in Health-Related Occupaitons*, IOS Press, 2002.
- [50] Miller A. E. J., Mac Dougall J. D., Tarnopolsky M. A., Sale D. G., Gender differences in strength and muscle fiber characteristics, *Eur. J. Appl. Physiol*, 1993, **66** (3), 254–262.
- [51] Dahlberg R., Karlqvist L., Bildt C., Nkyvist K., Do work tachtique and musculoskeletal symptoms differ between men and women performing the same type of work tasks?, *Applied Ergonomics*, 2004, **35**, 521-529.
- [52] Morse J. L., Jung M-C, Bashford G. R., Hallbeck M. S., Maximal dynamic grip force and wrist torgue: the effects of gender, exertion direction, angular velocity and angle, *Applied Ergonomics*, 2006, **37**, 737-742.
- [53] Andersson G. B. J., Epidemiology of low backpain, *Acta Orthop. Scand.*, 1998, **281** (Suppl.), 28–31.
- [54] Rugelj D., Low back pain and other work-related musculoskeletal problems among physiotherapists, *Applied Ergonomics*, 2003, **34**, 635-639.
- [55] Tulder M. V., Koes B., Bombardier C., Low back pain, *Best Prac. Res. Clin. Rheumatol*, 2002, **16**(5), 761-775.
- [56] Grandjean E, *Fitting the task to the man*, Taylor & Francis, London, 1988.

- [57] <http://www.kilom.org/sayfa/199/kas-iskelet-sistemi-hastaliklari---osteoartrit.html> (Ziyaret tarihi: 01.07.2011).
- [58] <http://www.genelsaglikbilgileri.com/iskelet-sistemi-hastaliklari/> (Ziyaret tarihi: 01.07.2011).
- [59] <http://www.ttb.org.tr/STED/sted0303/sigara.pdf> (Ziyaret tarihi: 01.07.2011).
- [60] Demir M, Konaklama işletmelerinde ergonominin iş gören verimliliği üzerine etkileri, is guc.org *Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi*, 2003, **5**(2), (online)
- [61] Ayanoğlu C., İş yerinde ergonomi ve stres, *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 7-Nisan-Mayıs-Haziran, **34**, 29-36.
- [62] Pinzke S., Kopp L., Marker-less systems for tracking working postures-results from two experiments, *Applied Ergonomics*, 2001, **32**, 461–471.
- [63] Kirstensen B. J., Fallain N., Ekdahl C., Criteria for classification of posture in repetetive work by observation methods: a review, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1997, **19**, 397-411.
- [64] Janowitz I. L., Gillen M., Ryan G., Rempel D., Trupin L., Swig L., Mullen K., Rugulies R., Blanc P. D., Measuring the physical demands of work in hospital settings: design and implementation of an ergonomics assessment, *Applied Ergonomics*, 2006, **37**, 641-658.
- [65] Marras S., Karwowski W., Fundamentals and assessment tools for occupational ergonomics, CRC Press, Boca Raton, USA, 2006.
- [66] Mortimer M., Hjelm E. W., Wiktorin C., Pernold G., Kilbom A., Vingard E., MUSIC-Norrtalje Study Group, Validity of self report duration of work postures obtained by interview, *Applied Ergonomics*, 1999, **30**, 477-486.
- [67] Kuorinka I., Jonnson B., Kilbom A., Vinterberg H., Biering-sorensen F., Andersson G., Jorgenssen K., Standardized NORDIC questionnaires for the analysis of musculoskeletal sysmptoms, *Applied Ergonomics*, **18**, 1987, 233-237.
- [68] Hildebrandt V. H., Bongers P. M., Van Dijk F. J., Kemper H. C., Dul J., Dutch musculoskeletal questionnaire: description and basis qualities, *Ergonomics*, 2001, **44**, 1038-1055.
- [69] <http://ergo.human.cornell.edu/ahmsquest.html>, (Ziyaret Tarihi: 10.10.2010).
- [70] Corlett E. N., Bishop R. P., A technique for assessing postural discomfort, *Ergonomics*, 1976, **19**, 175-182.

- [71] Borg G., Perceived exertion as an indicator of somatic stress, *Scandinavian Journal of Work, Environment, and Health*, 1970, **16**, 55–58.
- [72] Ahsberg E., Garnberale F., Kjellberg A., Perceived quality of fatigue during different occupational tasks: development of a questionnaire, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1997, **20**, 121-135.
- [73] Village J., Frazer M. B., Leyland T., Uy C., An analysis of physical work of care aides, Reducing Injuries in Intermediate Care: *The Ergonomic Report*, 2008, 5-40.
- [74] David G. C., Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders, *Occupational Medicine*, 2005, **55**, 190-199.
- [75] http://libertymmhtables.libertymutual.com/CM_LMTTablesWeb/pdf/LibertyMutualTables.pdf (Ziyaret tarihi: 10.11.2009)
- [76] Snook S. H., Criello V. M., The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces, *Ergonomics*, 1991, **34**(9), 1197-1213.
- [77] <http://www.cdc.gov/niosh/docs/94-110> (Ziyaret tarihi: 03.03.2009).
- [78] Waters T, Putz-Anderson V, Garg A, Fine L., Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks, *Ergonomics*, 1993, **36**, 749–766.
- [79] www.ergonomics.com.au/niosh.htm (Ziyaret tarihi: 02.04.2009).
- [80] Koltan A., Mesleki kas iskelet sistemi hastalıklarını önlemede bir ergonomik yaklaşım modeli, *Türk Tabipler Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, Ocak-Şubat-Mart 2009, **31**, 37-45.
- [81] <http://nilgun.figlali.com/Insan%20Fakt%20f6rleri/> (Ziyaret tarihi: 07.10.2010).
- [82] Fıglalı N., Fiziksel ağırlıklı çalışmaların kas-iskelet sistemi üzerindeki etkilerinin analizi ve değerlendirmesine yönelik OWAS tabanlı bir yazılım geliştirme projesi, *TÜBİTAK Araştırma Projesi Gelişme Raporu 1*, 01.09.2009-01.03.2010, 1-35.
- [83] Kurt M., Erdem M. A., Çalışma duruşları ve zorlanmalar için OWAS metodu, *Teknoloji Dergisi*, Yıl:6, 2003, Sayı: 1-2, 11-16.
- [84] <http://www.pdn.ac.lk/eng/old/mechanical/menu/class/downloads/notes/OWAS%20method.pdf> (Ziyaret tarihi: 01.15.2010).
- [85] Angelo C., Evaluation of work-related musculoskeletal disorder risk of forestry workers: a case study using OWAS, *15. Arbeitswissenschaftliches Seminar – 15th Seminar of Work Science*, Italy, 2007.

- [86] Seth V., Weston R. L., Freivalds A., Development of a cumulative trauma disorder; risk assessment model for the upper extremities, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1999, **23**, 281-291.
- [87] www.humanics-es.com/bernard/REBA_M11.pdf2001 (Ziyaret tarihi: 04.03.2011).
- [88] Hignet S., Mcatamney L., Technical note, rapid entire body assessment, *Applied Ergonomics*, 2000, **31**, 201-205.
- [89] [http://www.mech.utah.edu/ergo/pages/NORA/2003/03-Drinkaus%20Phill%20Strain .pdf](http://www.mech.utah.edu/ergo/pages/NORA/2003/03-Drinkaus%20Phill%20Strain.pdf) (Ziyaret tarihi: 10.10.2010).
- [90] Bao S., Spielholz P., Howard N., Silverstein B., Application of the strain index in multiple task jobs, *Applied Ergonomics*, 2009, **40**, 56-68.
- [91] <http://ahsmaail.uwaterloo.ca/kin356/rpe/rpe/The%20Borg%20CR10%20Scale.html> (Ziyaret tarihi: 10.10.2010).
- [92] Moore J. S., Gang A., The strain index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1998, **56**, 443-458.
- [93] Kesiktaş N., Özcan E., Alptekin K., İşe bağlı kas iskelet hastalıklarında risk değerlendirilmesi: hızlı maruziyet değerlendirme (HMD) yöntemi-Quick exposure check (QECK), *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 7-Nisan-Mayıs-Haziran, **34**, 25-27.
- [94] Davis, G., Wood V., Li G., Buckle P., The development of the quick exposure check (QECK) for assessing, 60,61,62. exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders, *Applied Ergonomics*, 2008, **39**, 57-69.
- [95] Leuder R., A proposed RULA for computer users, *Proceedings of the Ergonomics Summer Workshop*, UC Berkeley Centre for Occupational & Environmental Health Continuing Education Program, San Francisco, 1-11, August 8-9 1996.
- [96] Mcatamney L., Corlett E. N., RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, *Applied Ergonomics*, 1993, **24-2**, 91-99.
- [97] Tichauer E. R., Some aspects of stress on forearm and hand in industry, *J. Occup. Med.*, 1966, **8**, 63-71.
- [98] Chaffin D. B., Localized muscle fatigue-definition and measurement, *J. Occup. Med.*, 1973, **15**, 346-354.
- [99] Herberts P., Kadefors R., Broman H., Arm positioning in manual tasks. an electromyographic study of localized muscle fatigue, *Ergonomics*, 1980, **23**, 655-665.

- [100] Hagberg M., Electromyographic signs of shoulder muscular fatigue in two elevated arm positions, *Am.J.Phys.Med.*, 1981, **60**, 111-121.
- [101] Schuldt K., Ekholm J., Harms-Ringdahl K., Arborelius U. P., Nemeth G., Influence of sitting postures on neck and shoulder EMG during arm-hand work movements, *Clin.Biomech.* 1987, **2**, 126-139.
- [102] <http://www.rula.co.uk/survey.html> (Ziyaret tarihi: 21.12.2012).
- [103] Tichauer E. R., Ergonomics sustains occupational safety and health, *Ind.Eng.*, 1976, **8**, 45-46.
- [104] <http://www.hse.gov.uk/msd/information.htm> (Ziyaret tarihi: 04.03.2011).
- [105] Kilbom A, Persson I, Jonsson B. G., Disorders of the cervicobrachial region among female workers in the electronics industry, *Int.J.Ind.Ergon.*, 1986, **1**, 37-47.
- [106] Drury C. G., A biomechanical evaluation of the repetitive motion injury potential of industrial jobs, *Semin. Occup. Med.*, 1987, **2**(1), 41-47.
- [107] Putz-Anderson V., Cumulative trauma disorders. a manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs, *Taylor & Francis*, London, 1988.
- [108] Stevenson, M. G, Baidya K., Some guidelines on repetitive work design to reduce the danger of teno- synovitis' in M.G. Stevenson (ed), *Readings in RSI, The Ergonomics Approach to Repetition StrainInjuries*, New South Wales University Press, Sydney, 1987.
- [109] <http://www.aiha.org/localsections/html/florida/TaskAnalysis.pdf> (Ziyaret tarihi: 21.12.2012).
- [110] www.ttl.fi/en/ergonomics/methods/workload_exposure.../OWAS.pdf (Ziyaret tarihi: 04.08.2011).
- [111] Shuval K., Donchin M., Prevalence of upper extremity musculoskeletal symptoms and ergonomic risk factors at a hi-tech company in Israel, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2005, **35**, 569-581.
- [112] Diniz de Sa F., Do Nascimento M. A., Carvalho De Melo A. C., Da Costa Santos J., Adissi P. J. Comparison of methods RULA and REBA for evaluation of postural stress in odontological services, *Third International Conference on Production Research-Americas' Region 2006 (ICPR-AM06)*, Brazil, July 30-August 2 2006.
- [113] Choobineh A., Tabatabaei S. H., Tizihian M., Ghadami F., Musculoskeletal problems among workers of an Iranian communication company, *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 2007-1, **11**, 32-36.

- [114] Choobineh A., Tosian R., Alhamdi Z., Davarzanie M. H., Ergonomic intervention in carpet mending operation, *Applied Ergonomics*, 2004, **35**, 493-496.
- [115] Massaccessi M., Pagnotta A., Soccetti A., Masali M., Masiero C., Greco F. Investigation of work-related disorders in truck drivers using RULA method, *Applied Ergonomics*, 2003, **34**, 303-307.
- [116] Roll S. C., Selhorst L., Evans K. D., Contribution of positioning to work-related musculoskeletal discomfort in diagnostic medical sonographers, *Work: A Journal of Prevention Assessment and Rehabilitation*, 2013.
- [117] Najarkola S. A. M., Mirzaei R., Evaluation of upper limb musculoskeletal loads due to posture, repetition and force by rapid upper limb assessment in a textile factory, *Journal of Health Scope*, 2012, **1**(1), 18-24.
- [118] Drinkaus P., Sesek R., Bioswick D., Bernard T., Walton B., Joseph B., Reeve G., Counts J.H., Comparison of ergonomic risk assessment outputs from rapid upper limb assessment and the strain index for tasks in automotive assembly plants, *Work: A Journal of Prevention Assessment and Rehabilitation*, 2003, **21**(2), 165-172.
- [119] Dockrell S., O'grady E., Bennett K., Mularkey C., Mc Connell R., Ruddy R., Twomey S., Flannery C., An investigation of reliability of rapid upper limb assessment (RULA) as a method of children's computing posture, *Applied Ergonomics*, 2012, **43**(3), 632-636.
- [120] Dockrell S., Earle D., Galvin R., Computer-related posture and discomfort in primary school children: the effects of a school-based ergonomic intervention, *Computer and Education*, 2010, **55**, 276-284.
- [121] Kaufman-Cohen Y. N., Ratzon Z., Correlation between risk factors and musculoskeletal disorders among classical musicians, *Occupational Medicine*, 2011, **61**(2), 90-95.
- [122] Mihelj M., Human arm kinematics for robot based rehabilitation, *Robotica*, May 2006, **24**(3), 377-383.
- [123] KaewTraKulPong P., Bowden R., An improved adaptive background mixture model for real-time tracking with shadow detection, *In Proc. 2nd European Workshop on Advanced Video Based Surveillance Systems, AVBS01*, Sept. 2001.
- [124] Özdemir M., Akbulak C., Yıldırım H. H., Görüntü farkı alma metodu ve beklenti maksimizasyonu algoritması ile Gelibolu yarım adası tarihi milli parkı orman alanlarındaki mekansal değişimin analizi, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2010, **20**(1), 115-138.
- [125] http://www.cvmt.dk/education/teaching/f09/VGIS8/AIP/canny_09gr820.pdf (Ziyaret tarihi: 18.11.2010).

- [126] Mita T., Kaneko T., Hori O., Joint Haar-like features for face detection, *Proceedings of The Tenth International Conference on Computer Vision (ICCV'05)*, Rio de Janeiro, Brazil, 2007.
- [127] <http://en.wikipedia.org/wiki/Adaboost> (Ziyaret tarihi: 17.11.2010).
- [128] <http://www.jku.at/cg/content/e48343/e79774/FRCAMShift.pdf> (Ziyaret tarihi: 18.11.2010).
- [129] http://tr.wikipedia.org/wiki/HSV_renk_uzay%C4%B1 (Ziyaret tarihi: 14.08.2011).
- [130] <http://visl.technion.ac.il/labs/anat/hsvspace.pdf> (Ziyaret tarihi: 16.08.2011).
- [131] <http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall08/cos429/optiflow.pdf> (Ziyaret tarihi: 17.11.2010).
- [132] Drillis R., Contini R., Bluestein M., Body segment parameters: a survey of measurement techniques, *Artif Limbs.*, 1964, **25**, 44-66.
- [133] TC. Milli Eğitim Bakanlığı, Grafik ve fotoğraf: insan figürü çizimi, *Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi*, Ankara, 2008, 1-70.
- [134] www.yarbis.yildiz.edu.tr/.../ihkaya_b1357528dfd5d5397893e54a86 (Ziyaret tarihi: 21.12.2012).
- [135] Shah D. J., Estrin D., Motion based bird sensing using frame differencing and gaussian mixture, *Under Graduate Research Journal*, 2010, 47-52.
- [136] Tekin H., *Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme*, Gözden Geçirilmiş 14. Baskı, Yargı Yayınları, Ankara, 2000.
- [137] Tavşancıl E., *Tutumların Ölçülmesi ve SPSS İle Veri Analizi*, 4. Baskı, Nobel Yayınları, Ankara, 2010.
- [138] Kalaycı Ş., *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, Asil Yayın Dağıtım Ltd.Şti., 5. Baskı, Ankara, 2010.
- [139] Çilingirtürk A. M., *İstatistiksel Karar Almada Veri Analizi*, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2011.
- [140] Gamgam H., Altunkaynak B., *Parametrik Olmayan Yöntemler-SPSS Uygulamalı*, Gazi Kitapevi, Ankara, 2008.
- [141] <http://www.marmaraistatistik.com/belgeler/marmara-istatistik/nonparametrik/onemlilik-testleri/23072010.pdf> (Ziyaret tarihi: 06.10.2012).

- [142] <http://www.deu.edu.tr/userweb/ali.sen/dosyalar/HAFTA2.pdf> (Ziyaret tarihi: 07.10.2012).
- [143] Özdamar K., *Paket Programlar İle İstatistiksel Veri Analizi-1/2*, Kaan Kitabevi, Eskişehir, 1999.
- [144] Kendall M. G., Babington-Smith B., The problem of rankings, *The Annals of Mathematical Statistics*, 1939, **10**(3), 275-287.
- [145] <ftp://ftp.mersin.edu.tr/gelen/ilerinicerastirma> (Ziyaret tarihi: 03.02.2012).
- [146] Üç kardeş F., İstatistik tetsler üzerine bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Zooteknik Anbilim Dalı, , Kahramanmaraş, Ocak 2006.
- [147] Fığlalı N., İş Ölçümleme Teknikleri, Ders Notları, Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 2009.

EKLER

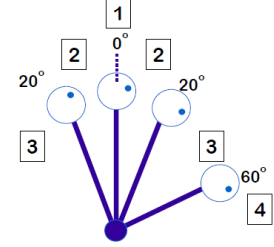
Ek-A

REBA Tabloları

Tablo A.1. REBA Grup A Tabloları

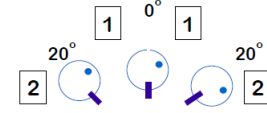
Gövde

Hareket	Skor
Dikey	1
0°-20° arasında ileriye doğru eğilmiş	2
0°-20° arasında geriye doğru eğilmiş	
20°-60° arasında ileriye doğru eğilmiş	3
>20° geriye doğru eğilmiş	
>60° öne doğru eğilmiş	4



Boyun

Hareket	Skor
0°-20° arasında ileriye doğru eğilmiş	1
>20° ileriye doğru ya da geriye doğru eğilmiş	2

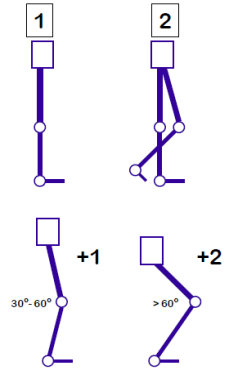


Skoru Değiştir

Eğer bükülme veya yana doğru ileriye eğilme varsa "1" puan ekle.

Bacaklar

Pozisyon	Skor
Çift taraflı yükü taşımak, oturmak ya da yürümek	1
Tek taraflı yükü taşımak, dengesiz duruşta durmak	2



Skoru Değiştir

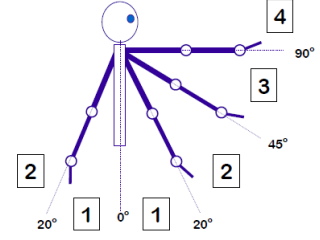
Eğer dizler 30° ila 60° arasında bükülmüşse; "1" puan ekle.

Eğer dizler 60°'den fazla bükülmüşse; "2" puan ekle.
(Oturma pozisyonu hariç tutulacak.)

Tablo A.2. REBA Grup B Tabloları

Üst kollar

Pozisyon	Skor
20° öne 20° arkaya doğru	1
>20° geriye doğru uzanmışsa	2
20° ila 45° arasında ileriye doğru uzanmışsa	3
45° ila 90° arasında ileriye doğru uzanmışsa	3
>90° ileriye doğru uzanmışsa	4



Skoru Değiştir

Kol dönmüş ya da yana açılmışsa; “1” puan ekle.

Omuz yukarı kalmışsa; “1” puan ekle.

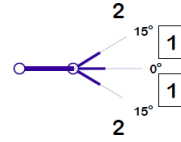
Eğer yana yatmışsa, ağırlık kol ile desteklenmişse veya duruş yerçekimi destekliyse; “1” puan çıkart.

Alt kollar

Hareket	Skor
60°-100° arasında yukarı-ileri doğru kalkmışsa	1
<60° ileri-yukarı kalkmışsa ya da >100° yukarı ileriye doğru kalkmışsa	2

Bilekler

Hareket	Skor
0°-15° arasında yukarı doğru kalkmışsa ya da aşağı doğru inmişse	1
>15° yukarı doğru kalkmışsa ya da aşağı doğru inmişse	2



Tablo A.3. REBA Tablo A Skorları

		Tablo A											
		Boyun											
		1				2				3			
Gövde	Bacaklar	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1		1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2		2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3		2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4		3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5		4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Tablo A.4. REBA Yük/Kuvvet Skorları

0	1	2	+1
<5 kg.	5-10 kg.	10>kg.	Ani ya da hızlı kuvvet uygulama gereksinimi

Tablo A.5. Tablo B Skorları

		Tablo B					
		Alt Kol/Dirsekler					
Üst Kol	Bilek	1	2	3	1	2	3
1		1	2	2	1	2	3
2		1	2	3	2	3	4
3		3	4	5	4	5	5
4		4	5	5	5	6	7
5		6	7	8	7	8	8
6		7	8	8	8	9	9

Tablo A.6. REBA Kavrama Şekli Skorları

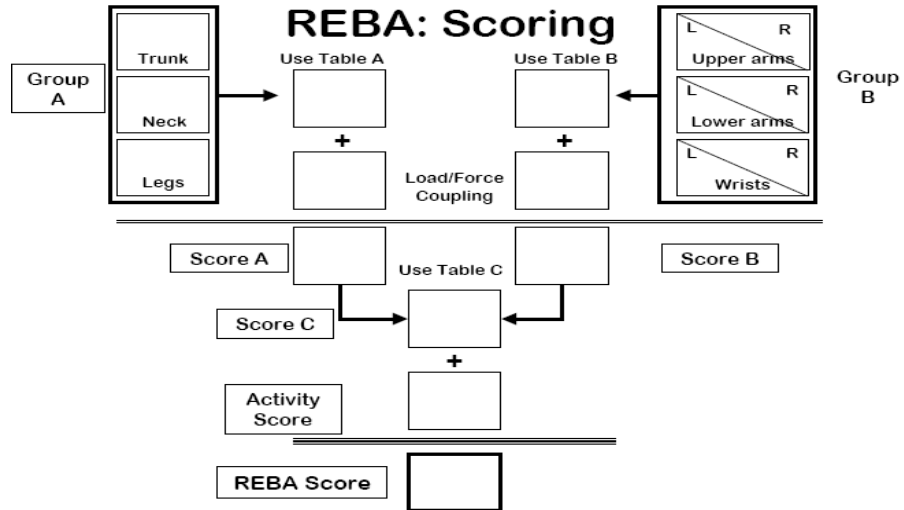
0 İyi	1 Eşit	2 Kötü	3 Kabul edilemez
İyi konumlandırılmış tutamaçlar ve orta bölgeden güçlü sıkıştırma söz konusudur.	Objeyi elle tutmak mümkündür fakat ideal değildir ya da kavrama tertibatı kabul edilebilir seviyededir fakat objenin, diğer vücut kısımları ile desteklenmesi gerekmektedir.	Elle tutmak kabul edilemez ama buna rağmen mümkün olabilir.	Biçimsiz, güvensiz sıkıştırma söz konusudur ve objeyi tutmak için tutamaç bulunmamaktadır. Objeyi diğer vücut kısımlarıyla kavramak kabul edilemez bir durumdur.

Tablo A.7. REBA Tablo C Skorları

Tablo C												
SKOR B												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7
S	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	8
K	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8
O	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9
R	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
6	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10
A	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11
8	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11
9	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12
10	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12
11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tablo A.8. REBA Aktivite Skoru

+1: Bir ya da daha çok vücut parçası statikse örneğin; 1 dakikadan daha fazla bir işi yapmak.
 +1: Duruşlardaki veya dengesiz bir zeminde, tekrarlı bir şekilde ve dar alanda yapılan işler söz konusudur.
 +1: Duruşlarda veya dengesiz bir zeminde, hızlı büyük değişim gerektiren hareketler söz konusudur.



Şekil A.1. REBA Yöntemi Uygulama Prosedürü

Ek-B

QECK soru listesi

Observer's Assessment	Worker's Assessment
<p>Worker's name _____ Date _____</p> <p>Back</p> <p>A When performing the task, is the back <i>(select worse case situation)</i></p> <p>A1 <input type="checkbox"/> Almost neutral?</p> <p>A2 <input type="checkbox"/> Moderately flexed or twisted or side bent?</p> <p>A3 <input type="checkbox"/> Excessively flexed or twisted or side bent?</p> <p>B Select ONLY ONE of the two following task options:</p> <p>EITHER</p> <p>For seated or standing stationary tasks. Does the back remain in a <u>static</u> position most of the time?</p> <p>B1 <input type="checkbox"/> No</p> <p>B2 <input type="checkbox"/> Yes</p> <p>OR</p> <p>For lifting, pushing/pulling and carrying tasks (i.e. moving a load). Is the <u>movement</u> of the back</p> <p>B3 <input type="checkbox"/> Infrequent (around 3 times per minute or less)?</p> <p>B4 <input type="checkbox"/> Frequent (around 8 times per minute)?</p> <p>B5 <input type="checkbox"/> Very frequent (around 12 times per minute or more)?</p>	<p>Workers</p> <p>H Is the maximum weight handled MANUALLY BY YOU in this task?</p> <p>H1 <input type="checkbox"/> Light (5 kg or less)</p> <p>H2 <input type="checkbox"/> Moderate (6 to 10 kg)</p> <p>H3 <input type="checkbox"/> Heavy (11 to 20kg)</p> <p>H4 <input type="checkbox"/> Very heavy (more than 20 kg)</p> <p>J On average, how much time do you spend per day on this task?</p> <p>J1 <input type="checkbox"/> Less than 2 hours</p> <p>J2 <input type="checkbox"/> 2 to 4 hours</p> <p>J3 <input type="checkbox"/> More than 4 hours</p> <p>K When performing this task, is the maximum force level exerted by one hand?</p> <p>K1 <input type="checkbox"/> Low (e.g. less than 1 kg)</p> <p>K2 <input type="checkbox"/> Medium (e.g. 1 to 4 kg)</p> <p>K3 <input type="checkbox"/> High (e.g. more than 4 kg)</p> <p>L Is the visual demand of this task</p> <p>L1 <input type="checkbox"/> Low (almost no need to view fine details)?</p> <p>+L2 <input type="checkbox"/> High (need to view some fine details)?</p> <p><i>+ If High, please give details in the box below</i></p> <p>M At work do you drive a vehicle for</p> <p>M1 <input type="checkbox"/> Less than one hour per day or Never?</p> <p>M2 <input type="checkbox"/> Between 1 and 4 hours per day?</p> <p>M3 <input type="checkbox"/> More than 4 hours per day?</p> <p>N At work do you use vibrating tools for</p> <p>N1 <input type="checkbox"/> Less than one hour per day or Never?</p> <p>N2 <input type="checkbox"/> Between 1 and 4 hours per day?</p> <p>N3 <input type="checkbox"/> More than 4 hours per day?</p> <p>P Do you have difficulty keeping up with this work?</p> <p>P1 <input type="checkbox"/> Never</p> <p>P2 <input type="checkbox"/> Sometimes</p> <p>+P3 <input type="checkbox"/> Often</p> <p><i>+ If Often, please give details in the box below</i></p> <p>Q In general, how do you find this job</p> <p>Q1 <input type="checkbox"/> Not at all stressful?</p> <p>Q2 <input type="checkbox"/> Mildly stressful?</p> <p>+Q3 <input type="checkbox"/> Moderately stressful?</p> <p>+Q4 <input type="checkbox"/> Very stressful?</p> <p><i>+ If Moderately or Very, please give details in the box below</i></p>
<p>Shoulder/Arm</p> <p>C When the task is performed, are the hands <i>(select worse case situation)</i></p> <p>C1 <input type="checkbox"/> At or below waist height?</p> <p>C2 <input type="checkbox"/> At about chest height?</p> <p>C3 <input type="checkbox"/> At or above shoulder height?</p> <p>D Is the shoulder/arm movement</p> <p>D1 <input type="checkbox"/> Infrequent (some intermittent movement)?</p> <p>D2 <input type="checkbox"/> Frequent (regular movement with some pauses)?</p> <p>D3 <input type="checkbox"/> Very frequent (almost continuous movement)?</p>	
<p>Wrist/Hand</p> <p>E Is the task performed with <i>(select worse case situation)</i></p> <p>E1 <input type="checkbox"/> An almost straight wrist?</p> <p>E2 <input type="checkbox"/> A deviated or bent wrist?</p> <p>F Are similar motion patterns repeated</p> <p>F1 <input type="checkbox"/> 10 times per minute or less?</p> <p>F2 <input type="checkbox"/> 11 to 20 times per minute?</p> <p>F3 <input type="checkbox"/> More than 20 times per minute?</p>	
<p>Neck</p> <p>G When performing the task, is the head/neck bent or twisted?</p> <p>G1 <input type="checkbox"/> No</p> <p>G2 <input type="checkbox"/> Yes, occasionally</p> <p>G3 <input type="checkbox"/> Yes, continuously</p>	
<p>* Additional details for L, P and Q if appropriate</p> <p>* L</p> <p>* P</p> <p>* Q</p>	

Şekil B.1. QECK soru listesi soru bölümü

Exposure Scores Worker's name _____ Date _____

Back				Shoulder/Arm				Wrist/Hand				Neck			
Back Posture (A) & Weight (H)				Height (C) & Weight (H)				Repeated Motion (F) & Force (K)				Neck Posture (G) & Duration (J)			
A1 A2 A3				C1 C2 C3				F1 F2 F3				G1 G2 G3			
H1 2 4 6				H1 2 4 6				K1 2 4 6				J1 2 4 6			
H2 4 6 8				H2 4 6 8				K2 4 6 8				J2 4 6 8			
H3 6 8 10				H3 6 8 10				K3 6 8 10				J3 6 8 10			
H4 8 10 12				H4 8 10 12											
Score 1				Score 1				Score 1				Score 1			
Back Posture (A) & Duration (J)				Height (C) & Duration (J)				Repeated Motion (F) & Duration (J)				Visual Demand (L) & Duration (J)			
A1 A2 A3				C1 C2 C3				F1 F2 F3				L1 L2			
J1 2 4 6				J1 2 4 6				J1 2 4 6				J1 2 4			
J2 4 6 8				J2 4 6 8				J2 4 6 8				J2 4 6			
J3 6 8 10				J3 6 8 10				J3 6 8 10				J3 6 8			
Score 2				Score 2				Score 2				Score 2			
Duration (J) & Weight (H)				Duration (J) & Weight (H)				Duration (J) & Force (K)				Total score for Neck			
J1 J2 J3				J1 J2 J3				J1 J2 J3				Sum of Scores 1 to 2 _____			
H1 2 4 6				H1 2 4 6				K1 2 4 6				Driving			
H2 4 6 8				H2 4 6 8				K2 4 6 8				M1 M2 M3			
H3 6 8 10				H3 6 8 10				K3 6 8 10				1 4 9			
H4 8 10 12				H4 8 10 12								Total for Driving _____			
Score 3				Score 3				Score 3				Vibration			
Now do ONLY 4 if static				Frequency (D) & Weight (H)				Wrist Posture (E) & Force (K)				N1 N2 N3			
OR 5 and 6 if manual handling				D1 D2 D3				E1 E2				1 4 9			
B1 B2				H1 2 4 6				K1 2 4				Total for Vibration _____			
J1 2 4				H2 4 6 8				K2 4 6				Work pace			
J2 4 6				H3 6 8 10				K3 6 8				P1 P2 P3			
J3 6 8				H4 8 10 12								1 4 9			
Score 4				Score 4				Score 4				Total for Work pace _____			
Static Posture (B) & Duration (J)				Frequency (D) & Duration (J)				Wrist Posture (E) & Duration (J)				Stress			
B1 B2				D1 D2 D3				E1 E2				Q1 Q2 Q3 Q4			
J1 2 4				J1 2 4 6				J1 2 4				1 4 9 16			
J2 4 6				J2 4 6 8				J2 4 6				Total for Stress _____			
J3 6 8				J3 6 8 10				J3 6 8							
Score 4				Score 5				Score 5							
Frequency (B) & Weight (H)				Frequency (B) & Duration (J)				Total score for Back				Total score for Shoulder/Arm			
B3 B4 B5				B3 B4 B5				Sum of scores 1 to 4 OR				Sum of Scores 1 to 5			
H1 2 4 6				J1 2 4 6				Scores 1 to 3 plus 5 and 6				_____			
H2 4 6 8				J2 4 6 8				_____				_____			
H3 6 8 10				J3 6 8 10				_____				_____			
H4 8 10 12								_____				_____			
Score 5				Score 6				_____				_____			

Şekil B.2. QECK soru listesi değerlendirme bölümü

Ek-C

ARULA Analiz Aracı Rapor Seçenekleri

1. RULA metodunun içerdiği uzuvların, yöntem tarafından belirlenen açısal hareketlerinin değerlendirilmesi için, grafik ve EXCEL dosyaları şeklinde aşağıda yer alan rapor seçeneklerinin ARULA yöntemi kapsamında elde edilmesi sağlanmıştır.

a) x_1 = boynun fleksiyonu ya da ekstansiyonu (0-10° fleksiyon, 10-20° arası fleksiyon, <20° (20°'den fazla) fleksiyon, boynun ekstansiyonu (herhangi bir açısal karşılığı bulunmamaktadır.))

y_1 = x_1 koordinatında belirtilen noktalarda geçen süre

y_2 = x_1 koordinatında belirtilen noktalarda geçen sürenin toplam zamanın %'si olarak değeri

y_3 = boyunda yaşanan duruşsal değişikliklerin dakikadaki değişim sayısı

grafikler: x_1 - y_1 , x_1 - y_2 , x_1 - y_3

b) x_1 = gövdenin fleksiyonu (0° nötral duruş, 0-20° arası fleksiyon, 20-60° arası fleksiyon, <60° (60°'den fazla) fleksiyon)

y_1 = x_1 koordinatında belirtilen noktalarda geçen süre

y_2 = x_1 koordinatında belirtilen noktalarda geçen sürenin toplam zamanın %'si olarak değeri

y_3 = gövdede yaşanan duruşsal değişikliklerin dakikadaki değişim sayısı

grafikler: x_1 - y_1 , x_1 - y_2 , x_1 - y_3

c) x_1 = üst kolun fleksiyonu ya da ekstansiyonu (-20° ekstansiyon veya +20° fleksiyon, <-20° (-20°'den fazla ekstansiyon, 20-45° arası fleksiyon, 45-90° arası fleksiyon, <90° (90°'den fazla) fleksiyon))

y_1 = x_1 koordinatında belirtilen noktalarda geçen süre

$y_2 = x_1$ koordinatında belirtilen noktalarda geçen sürenin toplam zamanın %'si olarak değeri

$y_3 =$ üst kolda yaşanan duruşsal değişikliklerin dakikadaki değişim sayısı

grafikler: $x_1-y_1, x_1-y_2, x_1-y_3$

d) $x_1 =$ alt kolun fleksiyon veya ekstansiyonu ($60-100^\circ$ arası fleksiyon, $60-0^\circ$ arası ekstansiyon, 100° 'den fazla fleksiyon)

$y_1 = x_1$ koordinatında belirtilen noktalarda geçen süre

$y_2 = x_1$ koordinatında belirtilen noktalarda geçen sürenin toplam zamanın %'si olarak değeri

$y_3 =$ alt kolda yaşanan duruşsal değişikliklerin dakikadaki değişim sayısı

grafikler: $x_1-y_1, x_1-y_2, x_1-y_3$

e) $x_1 =$ bileğin fleksiyonu ve ekstansiyonu (0° 'deki nötral duruş, 15° 'den daha fazla fleksiyon, $0-15^\circ$ arası fleksiyon, 15° 'den daha fazla ekstansiyon)

$y_1 = x_1$ koordinatında belirtilen noktalarda geçen süre

$y_2 = x_1$ koordinatında belirtilen noktalarda geçen sürenin toplam zamanın %'si olarak değeri

$y_3 =$ bilekte yaşanan duruşsal değişikliklerin dakikadaki değişim sayısı

grafikler: $x_1-y_1, x_1-y_2, x_1-y_3$

f) Boyun için opsiyonel olan durumların raporlanması gerekmektedir. Örneğin; boyun çevriliyorsa (twist) boyun duruşunun skoruna +1 puan eklenecektir ya da boyun iki yandan birine eğilmişse (side bending) boyun skoruna yine +1 puan eklenecektir. Bu durumda,

$x_1 =$ boyunun çevrildiği duruş (tek değerli +1)

$y_1 = x_1$ koordinatında sergilenen duruşta geçen süre

$y_2 = x_1$ koordinatında belirtilen noktada geçen sürenin toplam zamanın %'si olarak ifadesi

grafikler: x_1-y_1 , x_1-y_2

Söz konusu koordinat örnekleri boyun kapsamında opsiyonel olan bütün durumlar için geçerlidir.

g) Gövde için opsiyonel olan durumların raporlanması gerekmektedir. Örneğin; kişi otururken gövde iyi desteklenmiş ise +1 puan, iyi desteklenmemiş ise +2 puan gövde skoruna eklenecektir. Bununla birlikte, gövde yanlara çevrilmişse (twist) +1 puan, yanlara eğilmişse (side bending) +1 puan yine gövde skoruna eklenecektir. Bu durumda,

$x_1 =$ gövdenin çevrildiği duruş (tek değerli +1)

$y_1 = x_1$ koordinatında sergilenen duruşta geçen süre

$y_2 = x_1$ koordinatında belirtilen noktada geçen sürenin toplam zamanın %'si olarak ifadesi

grafikler: x_1-y_1 , x_1-y_2

Söz konusu koordinat örnekleri gövde kapsamında opsiyonel olan bütün durumlar için geçerlidir.

h) Üst kol için opsiyonel olan durumların raporlanması gerekmektedir. Örneğin; omuzlar yukarı doğru kalkıyorsa (raise) üst kol duruşu skoruna +1 puan eklenecektir ya da üst kol abdüksiyonda ise; üst kol skoruna yine +1 puan eklenecektir ve eğer kollar desteklenmiş veya kişi öne ya da arkaya doğru eğilmişse üst kol skoruna yeniden +1 puan eklenecektir. Bu durumda,

$x_1 =$ omuzların yukarı kalktığı duruş (tek değerli +1)

$y_1 = x_1$ koordinatında sergilenen duruşta geçen süre

$y_2 = x_1$ koordinatında belirtilen noktada geçen sürenin toplam zamanın %'si olarak ifadesi

grafikler: x_1-y_1 , x_1-y_2

Söz konusu koordinat örnekleri boyun için opsiyonel olan bütün durumlar için geçerlidir.

1) Alt kol için opsiyonel olan durumların raporlanması gerekmektedir. Örneğin; alt kol vücudun orta bölgesi üzerinde çalışıyorsa alt kol duruşu skoruna +1 puan eklenecektir ya da alt kol iki yana açılarak çalışılıyorsa yine söz konusu skora +1 puan eklenecektir. Bu durumda,

x_1 = alt kolun vücudun orta bölgesinde çalıştığı duruş (tek değerli +1)

y_1 = x_1 koordinatında sergilenen duruşta geçen süre

y_2 = x_1 koordinatında belirtilen noktada geçen sürenin toplam zamanın %'si olarak ifadesi

grafikler: x_1-y_1 , x_1-y_2

Söz konusu koordinat örnekleri alt kol için opsiyonel olan bütün durumlar için geçerlidir.

i) Bilek için opsiyonel olan durumların raporlanması gerekmektedir. Örneğin; bilek orta bölgesinden yanlara bükülerek (side bending) çalışıyorsa; bilek duruşu skoruna +1 puan eklenecektir ya da bilek, dönme aralığının orta bölgesindeyse (twist) yine bilek duruşu skoruna +1 puan eklenecektir ve bilek, dönebileceği en son aşamada ise bilek duruşu skoruna +2 puan eklenecektir. Bu durumda,

x_1 = bileğin orta bölgesinden yanlara bükülerek çalıştığı duruş (tek değerli +1)

y_1 = x_1 koordinatında sergilenen duruşta geçen süre

y_2 = x_1 koordinatında belirtilen noktada geçen sürenin toplam zamanın %'si olarak ifadesi

grafikler: x_1-y_1 , x_1-y_2

Söz konusu koordinat örnekleri bilek için opsiyonel olan bütün durumlar için geçerlidir.

j) Yazılımda kas kullanım skorlarının da raporlanması gerekmektedir. Bu skorların manuel giriş ile elde edilmesi gerektiği yazılım çalışmaları esnasında değerlendirilmiştir. Kas kullanımını için iki opsiyon söz konusudur. Birincisi, duruş statik veya statığe yakınsa yani 1 dakikadan daha fazla süre aynı duruş sergileniyorsa +1 puan Tablo A ve Tablo B'den elde edilen skorlara eklenmektedir, ikincisi ise, duruş dakikada 4 defa veya daha fazla sergileniyorsa yani duruş tekrarlı bir duruş ise yine Tablo A ve Tablo B'den elde edilen skorlara +1 puan eklenmektedir. Bu kapsamda aşağıdaki grafiklerin ve excel dosyalarının raporlanması gerekmektedir:

x_1 = statik duruş

y_1 = gözlem süresi boyunca statik duruşta geçen süre toplamı

y_2 = x koordinatında belirtilen noktalarda geçen sürenin toplam zamanın %'si olarak değeri

y_3 = gözlem süresi boyunca statik duruş sıklığı

x_2 = iki opsiyonel durum

y_4 = bu durumların aynı grafikte sıklıklarının gösterilmesi

y_5 = gözlem süresi boyunca aynı grafikte iki opsiyon için de geçen süre toplamı

y_6 = x koordinatında belirtilen noktalarda geçen sürenin toplam zamanın %'si olarak değeri

grafikler: x_1-y_1 , x_1-y_2 , x_1-y_3 , x_2-y_4 , x_2-y_5 , x_2-y_6

Söz konusu koordinat örnekleri kas kullanım skoru kapsamında opsiyonel olan bütün durumlar için geçerlidir.

k) Yazılımda maruz kalınan yük/uygulanan kuvvet skorlarının da raporlanması gerekmektedir. Bu skorların manuel giriş ile elde edileceği yazılım çalışmaları esnasında değerlendirilmiştir. Maruz kalınan yük/uygulanan kuvvet için dört opsiyon

söz konusudur. Birincisi; maruz kalınan yükün 2 kg.dan daha az olduğu ve aralıklarla kuvvet uygulanmasının söz konusu olduğu durumlar için, Tablo A ve Tablo B skorlarına '0' puan eklenmektedir. İkincisi ise; maruz kalınan yükün 2-10 kg arasında olduğu ve aralıklarla kuvvet uygulanması gerektiği durumlarda +1 puan eklenmektedir, Üçüncü durum olarak ta; 2-10 kg. arasında bir yükün söz konusu olduğu ve uygulanan kuvvetin statik veya tekrarlı olduğu durumlarda +2 puan eklenmektedir, dördüncüsü ise, yükün 10 kg.' dan fazla olduğu ve kuvvetin tekrarlı veya ani bir şekilde uygulandığı durumlarda +3 puan eklenmektedir. Bu kapsamda aşağıdaki grafiklerin ve EXCEL dosyalarının raporlanması istenmektedir:

x_1 = yük 2 kg.' dan daha az ve kuvvet aralıklarla uygulanıyorsa,

y_1 = gözlem süresi boyunca yükün 2kg.' dan az olduğu ve kuvvetin aralıklarla uygulandığı durumlarda geçen süre toplamı

y_2 = x koordinatında belirtilen noktalarda geçen sürenin toplam zamanın %'si olarak değeri

y_3 = gözlem süresi boyunca yükün 2 kg.'dan az olduğu ve kuvvetin aralıklarla uygulandığı durumların sıklığı

x_2 = dört opsiyonel durum

y_4 = bu durumların aynı grafikte sıklıklarının gösterilmesi

y_5 = gözlem süresi boyunca aynı grafikte dört opsiyon içinde geçen süre toplamı

y_6 = x koordinatında belirtilen noktalarda geçen sürenin toplam zamanın %'si olarak değeri

grafikler: x_1-y_1 , x_1-y_2 , x_1-y_3 , x_2-y_4 , x_2-y_5 , x_2-y_6

Söz konusu koordinat örnekleri maruz kalınan yük/uygulanan kuvvet skoru kapsamında opsiyonel olan bütün durumlar için geçerlidir. Maruz kalınan yük ve uygulanan kuvvet skorları A grubu duruşları (üst kol, alt kol, bilek) ve B grubu duruşları (boyun, gövde, bacaklar) için ayrı ayrı düşünülecektir.

1) Ayak-bacak duruşları içinde çeşitli raporlamaların yapılması gerekmektedir. Ayak ve bacaklar iyi desteklenmişse +1 puan eklenmekte, iyi desteklenmemişse +2 puan eklenmektedir. Bu durumda, aşağıdaki raporlara grafiksel ve excel dosyası olarak ihtiyaç duyulmaktadır.

x_1 = ayak ve bacakların iyi desteklendiklerindeki durum,

y_1 = x_1 koordinatında gözlem süresi boyunca ayak ve bacakların iyi desteklendikleri durumlarda geçen süre toplamı

y_2 = x_1 koordinatında belirtilen noktalarda geçen sürenin toplam zamanın %'si olarak değeri

y_3 = x_1 koordinatında gözlem süresi boyunca ayak ve bacakların iyi desteklendiklerindeki durumların sıklığı

grafikler: x_1 - y_1 , x_1 - y_2 , x_1 - y_3

Söz konusu koordinat örnekleri kas kullanım skoru kapsamında opsiyonel olan bütün durumlar için geçerlidir.

2. Gözlem süresi boyunca, RULA metodunun içerdiği uzuvların, her fotoğraf karesinde sergiledikleri duruşlara göre aldıkları skorlar (örneğin; boyun için +1, +2, +3, +4 skorları) dağılımlarının grafiksel ve EXCEL dosyası olarak raporlanması istenmektedir.

Konuya ilişkin detaylı bilgi aşağıda yer almaktadır.

a) x = boyun duruşunun gözlem süresi içinde aldığı skorlar

y = x koordinatında yer alan skorların sıklıkları

b) x = gövde duruşunun gözlem süresi içinde aldığı skorlar

y = x koordinatında yer alan skorların sıklıkları

c) x = üst kol duruşunun gözlem süresi içinde aldığı skorlar

y = x koordinatında yer alan skorların sıklıkları

d) x = alt kol duruşunun gözlem süresi içinde aldığı skorlar

y = x koordinatında yer alan skorların sıklıkları

e) x = bilek duruşunun gözlem süresi içinde aldığı skorlar

y = x koordinatında yer alan skorların sıklıkları

3. Gözlem süresi boyunca elde edilen fotoğraf karelerinde sergilenen duruşların (tüm uzuvlar göz önünde bulundurularak) RULA metodundaki hangi tehlike seviyesine karşılık geldikleri yazılım tarafından belirlenecek bir konudur. Bu kapsamda, söz konusu tehlike seviyeleri ve bu seviyelere karşılık gelen duruşların sıklıkları ve % olarak değerleri grafiksel olarak ve EXCEL dosyası şeklinde raporlanmalıdır.

x = tehlike seviyeleri (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)

y_1 = x eksenindeki koordinatlara karşılık gelen duruş sayısı

y_2 = x eksenindeki koordinatlara karşılık gelen ve toplam fotoğraf karesi sayısı baz alınarak hesaplanan % değeri

grafikler: x_1 - y_1 , x_1 - y_2

4. Bilindiği gibi RULA metodunda A tablosundaki skorlar A grubundaki duruşlardan (üst kol, alt kol, bilek) elde edilen nihai skoru belirlemek için kullanılmaktadır. Bu kapsamda konuyla ilgili aşağıdaki raporlara ihtiyaç duyulmaktadır.

x = Tablo A'daki nihai skorlar (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)

y_1 = x koordinatındaki değerlerin sıklıkları

y_2 = x koordinatındaki değerlerin hangi numaralı fotoğraf karelerinde olduğu

y_3 = x koordinatındaki değerlerin toplam süreleri

y_4 = x koordinatındaki değerlerin toplam süre içindeki % değerleri

grafikler: $x-y_1$, $x-y_2$, $x-y_3$, $x-y_4$

5. Bilindiği gibi RULA metodunda B tablosundaki skorlar B grubundaki duruşlardan (boyun, gövde, bacak) elde edilen nihai skoru belirlemek için kullanılmaktadır. Bu kapsamda konuyla ilgili aşağıdaki raporlara ihtiyaç duyulmaktadır.

x = Tablo B'deki nihai skorlar (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)

y_1 = x koordinatındaki değerlerin sıklıkları

y_2 = x koordinatındaki değerlerin hangi numaralı fotoğraf karelerinde olduğu

y_3 = x koordinatındaki değerlerin toplam süreleri

y_4 = x koordinatındaki değerlerin toplam süre içindeki % değerleri

grafikler: $x-y_1$, $x-y_2$, $x-y_3$, $x-y_4$

6. Bilindiği gibi RULA metodunda C tablosundaki skorlar A ve B grubundaki duruşlardan elde edilen nihai skorların birleşmesiyle oluşan ana skoru belirlemek için kullanılmaktadır. Bu kapsamda konuyla ilgili aşağıdaki raporlara ihtiyaç duyulmaktadır.

x = Tablo C'deki ana skorlar (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)

y_1 = x koordinatındaki değerlerin sıklıkları

y_2 = x koordinatındaki değerlerin hangi numaralı fotoğraf karelerinde olduğu

y_3 = x koordinatındaki değerlerin toplam süreleri

y_4 = x koordinatındaki değerlerin toplam süre içindeki % değerleri

grafikler: $x-y_1$, $x-y_2$, $x-y_3$, $x-y_4$

7. Elde edilen ana skorlar eğer;

a) 1 veya 2 ile sonuçlanmışsa; “kabul edilebilir duruşlar söz konusudur.” mesajı,

- b) 3 veya 4 ile sonuçlanmışsa “alışma duruşlarıyla ilgili daha fazla inceleme ve iyileştirme yapmak gereklidir.” mesajı,
- c) 5 veya 6 ile sonuçlanmışsa, “alışma duruşlarıyla ilgili en yakın zamanda inceleme ve iyileştirme yapmak gereklidir.” mesajı,
- d) 7 ile sonuçlanmışsa “alışma duruşlarıyla ilgili hemen inceleme ve iyileştirme yapmak gereklidir.” mesajı yazılım tarafından verilmelidir.

Ek-Ç

ARULA Analiz Aracında Yer Alan Kısaltmalar

RUA_Flexion: Sağ üst kol (right upper arm) fleksiyon skorları veya açıları

RUA_Abduction: Sağ üst kol abdüksiyon skorları veya açıları

RUA_Shoulder Raise: Sağ omzun yukarıda olma opsiyonu

RUA_Support: Sağ üst kolun desteklenme opsiyonu

RLA_Flexion: Sağ alt kol (right lower arm) fleksiyon skorları veya açıları

RLA_Option: Sağ alt kolun yana açılma opsiyonu

LLA_Flexion: Sol alt kol (left lower arm) fleksiyon skorları veya açıları

LLA_Option: Sol alt kolun yana açılma opsiyonu

LW_Flexion: Sol bilek (left wrist) fleksiyon skorları ya da açıları

LW_SideBend: Sol bileğin yana eğilme opsiyonu

LW_Twist: Sol bileğin dönme opsiyonu

RW_Flexion: Sağ bilek (right wrist) fleksiyon skorları ya da açıları

RW_SideBend: Sağ bileğin yana eğilme opsiyonu

RW_Twist: Sağ bileğin dönme opsiyonu

Neck_FrontBend: Boynun (neck) fleksiyon ve ekstansiyon skorları veya açıları

Neck_Twist: Boynun dönme opsiyonu

Neck_SideBend: Boynun yana eğilme opsiyonu

Trunk_FrontBend: Gövdenin (trunk) fleksiyon ve ekstansiyon skorları veya açıları

Trunk_Twist: Gövdenin dönme opsiyonu

Trunk-SideBend: Gövdenin yana eğilme opsiyonu

Trunk_Support: Gödenin desteklenme opsiyonu

Muscle Use: Kas kullanım skoru

ForceLoad: Maruz kalınan yük veya uygulanan kuvvet skoru

LegsSupport: Bacakların denge skoru

LTable A: Vücutun sol tarafı için Tablo A skoru

RTable A: Vücutun sağ tarafı için Tablo B skoru

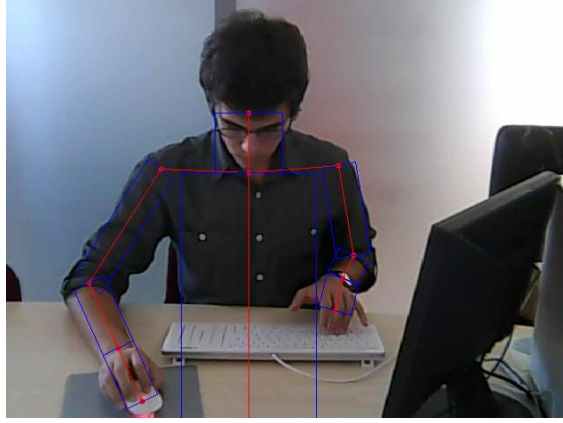
TableB: Tablo B skoru

LTable C: Vücutun sol tarafı için Tablo C skoru

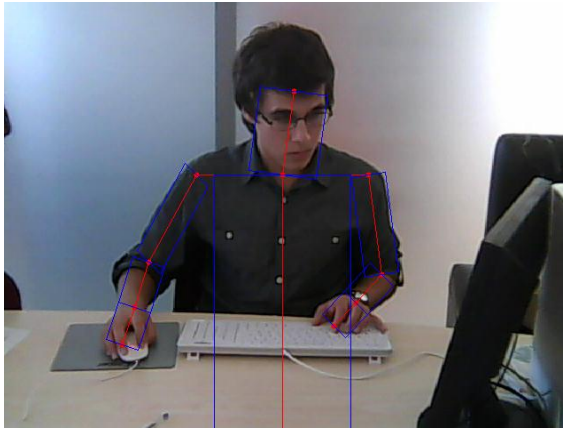
RTable C: Vücutun sağ tarafı için Tablo C skoru

Ek-D

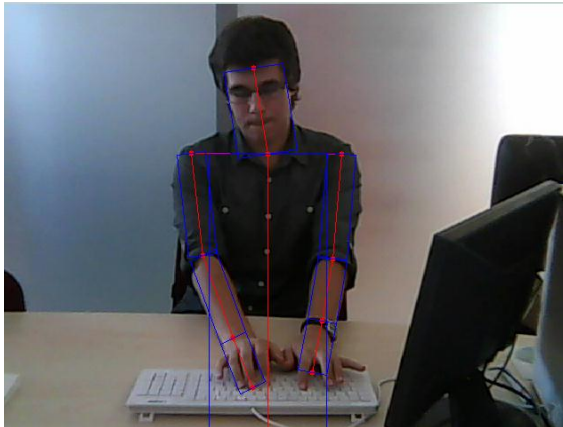
ARULA Analiz Aracının Test Görüntüleri



Şekil D.1. Birinci örnek duruş



Şekil D.2. İkinci örnek duruş



Şekil D.3. Üçüncü örnek duruş

Ek-E

Birinci Gözlemcinin Sol ve Sağ Yan Değerlendirmeleri

Tablo E.1. Birinci gözlemcinin sol yan değerlendirmesi

Duruş no	Gövde	Boyun	Sol Alt Kol	Sol Üst Kol	Sol Bilek	Dönme	Bacaklar	Kas Kullanım	Tablo A	Skor C	Tablo B	Skor D	Tablo C
1	2	3	2	1	4	2	1	1	3	4	3	4	4
2	3	4	1	1	3	2	1	1	3	4	6	7	6
3	3	3	2	2	4	1	1	1	4	5	4	5	6
4	2	3	1	1	3	2	1	1	3	4	3	4	4
5	1	3	2	2	4	1	2	1	4	5	3	4	5
6	1	2	1	1	3	2	2	1	3	4	3	4	4
7	1	2	2	1	4	1	2	1	3	4	3	4	4
8	1	2	1	2	3	1	2	1	3	4	3	4	4
9	1	3	1	1	3	2	2	1	3	4	3	4	4
10	1	2	2	2	3	2	2	1	3	4	3	4	4
11	1	2	1	2	4	2	2	1	4	5	3	4	5
12	1	2	1	1	4	2	2	1	3	4	3	4	4
13	2	3	2	1	3	1	2	1	3	4	4	5	5
14	3	2	1	1	4	1	1	1	3	4	4	5	5
15	2	2	2	1	4	1	1	1	3	4	2	3	3
16	3	2	2	3	4	1	1	1	5	6	4	5	6
17	2	2	1	4	3	1	1	1	4	5	2	3	4
18	3	3	1	2	4	1	1	1	4	5	4	5	6
19	3	3	1	3	4	2	1	1	5	6	4	5	6
20	2	2	2	2	4	1	1	1	4	5	2	3	4
21	2	2	2	2	4	2	1	1	4	5	2	3	4

Tablo E.1. (Devam). Birinci gözlemcinin sol yan değerlendirmesi

Duruş no	Gövde	Boyun	Sol Alt Kol	Sol Üst Kol	Sol Bilek	Dönme	Bacaklar	Kas Kullanım	Tablo A	Skor C	Tablo B	Skor D	Tablo C
22	2	3	1	2	4	1	1	1	4	5	3	4	5
23	3	2	3	3	4	2	1	1	5	6	4	5	6
24	3	2	1	3	3	1	1	1	4	5	4	5	6
25	3	2	1	2	3	1	2	1	3	4	5	6	6
26	3	3	1	1	4	1	2	1	3	4	5	6	6
27	1	2	1	1	4	1	2	1	3	4	3	4	4
28	3	2	2	2	3	1	2	1	3	4	5	6	6
29	3	3	1	2	4	2	1	1	3	4	4	5	5

Tablo E.2. Birinci gözlemcinin sağ yan değerlendirmesi

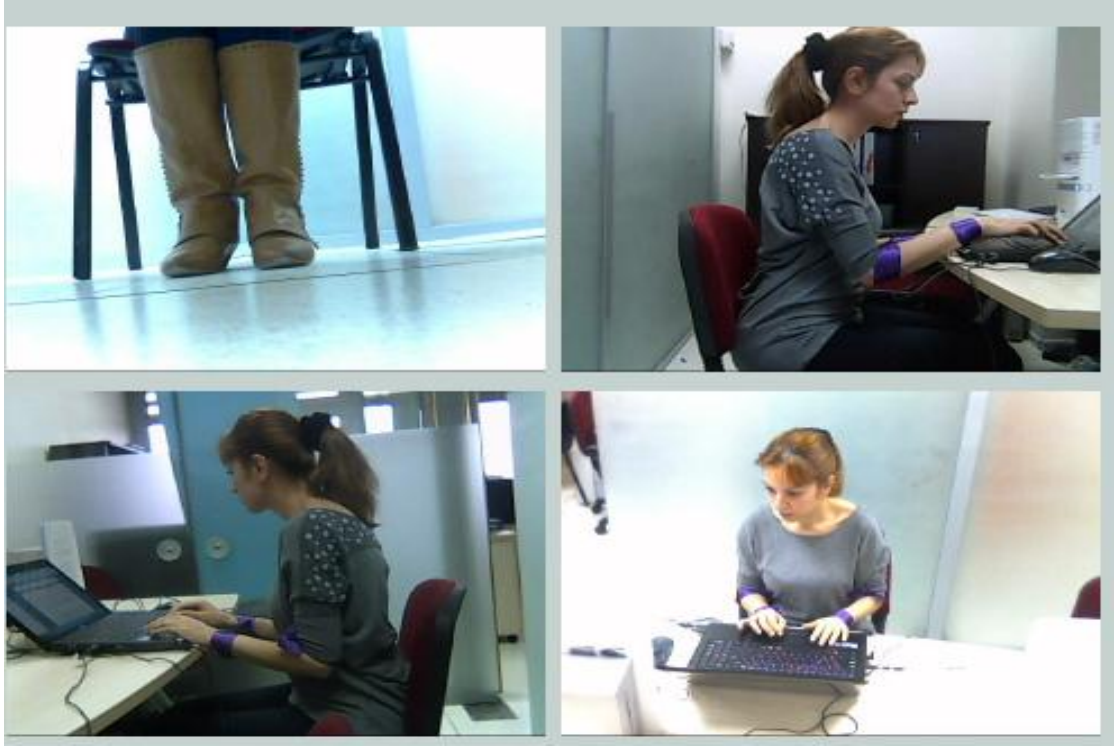
Duruş No	Gövde	Boyun	Sağ Alt Kol	Sağ Üst Kol	Sağ Bilek	Dönme	Bacaklar	Kas Kullanım	Tablo A	Skor C	Tablo B	Skor D	Tablo C
1	2	3	1	1	4	1	1	1	3	4	3	4	4
2	3	4	1	1	3	2	1	1	3	4	6	7	6
3	3	3	1	1	4	1	1	1	3	4	4	5	5
4	2	3	1	2	4	1	1	1	4	5	3	4	3
5	1	3	2	1	4	2	2	1	3	4	3	4	3
6	1	2	1	2	4	2	2	1	4	5	3	4	5
7	1	2	2	2	4	2	2	1	4	5	3	4	5
8	1	2	1	2	3	2	2	1	3	4	3	4	4
9	1	3	2	2	4	1	2	1	4	5	3	4	5
10	1	2	1	2	3	1	2	1	3	4	3	4	4
11	1	2	1	2	4	1	2	1	4	5	3	4	5
12	1	2	2	2	4	2	2	1	4	5	3	4	5
13	2	3	2	2	3	1	2	1	3	4	4	5	5
14	3	2	2	2	4	2	1	1	4	5	4	5	6
15	2	2	2	2	4	2	1	1	4	5	2	3	4
16	3	2	2	2	4	2	1	1	4	5	4	5	6
17	2	2	2	2	4	1	1	1	4	5	2	3	4
18	3	3	2	2	4	2	1	1	4	5	4	5	6
19	3	3	1	1	4	2	1	1	3	4	4	5	5
20	2	2	2	2	4	2	1	1	4	5	2	3	3
21	2	2	2	1	4	1	1	1	3	4	2	3	3
22	2	3	1	1	4	1	1	1	3	4	3	4	4

Tablo E.2. (Devam). Birinci gözlemcinin sağ yan değerlendirmesi

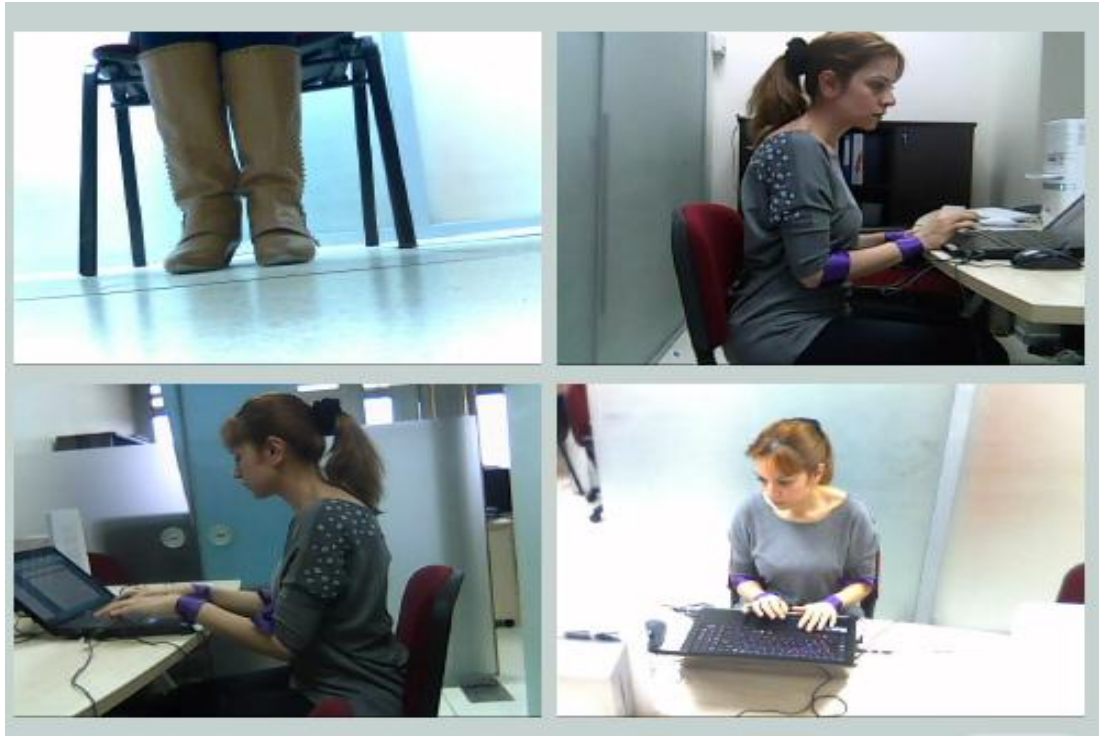
Duruş No	Gövde	Boyun	Sağ Alt Kol	Sağ Üst Kol	Sağ Bilek	Dönme	Bacaklar	Kas Kullanım	Tablo A	Skor C	Tablo B	Skor D	Tablo C
23	3	2	2	1	4	1	1	1	3	4	4	5	5
24	3	2	1	1	3	1	1	1	2	3	4	5	4
25	3	2	1	1	3	1	2	1	2	3	5	6	5
26	3	3	1	1	4	2	2	1	3	4	5	6	6
27	1	2	1	1	4	2	2	1	3	4	3	4	4
28	3	2	2	2	3	1	2	1	3	4	5	6	6
29	3	3	2	2	4	1	1	1	4	5	4	5	6

Ek-F

Örnek Çalışma Duruşları



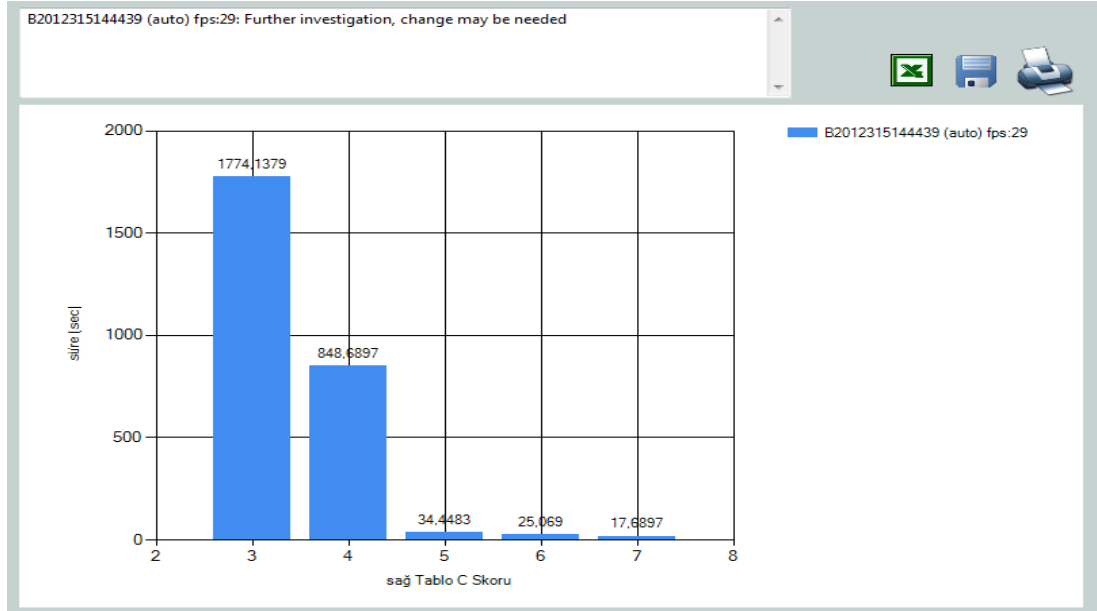
Şekil F.1. Analiz kapsamındaki çalışma duruşuna örnek 1



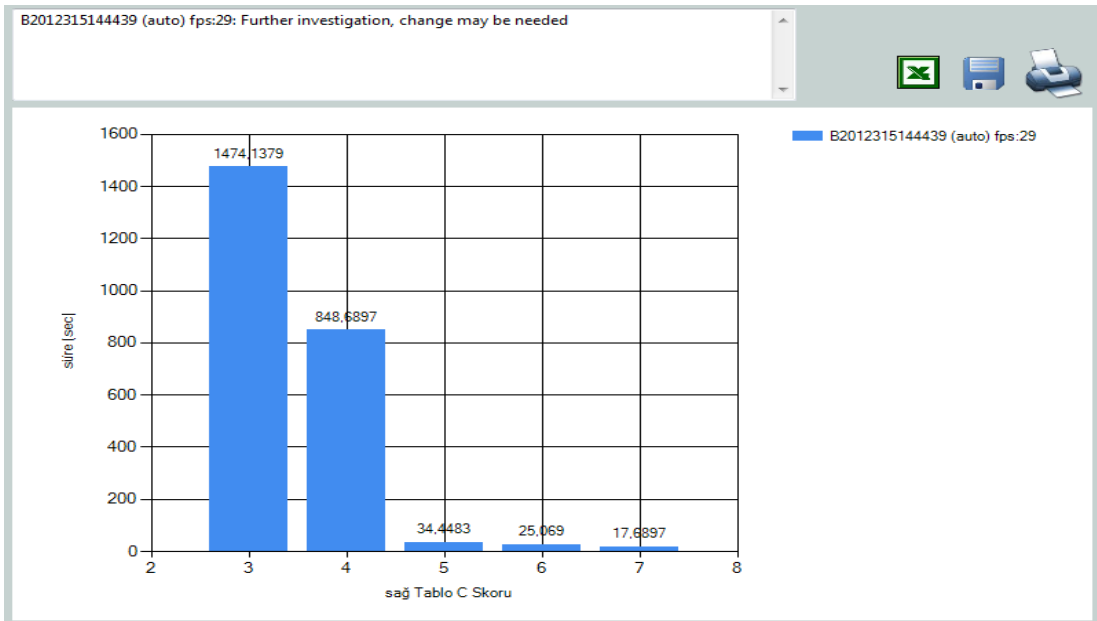
Şekil F.2. Analiz kapsamındaki çalışma duruşuna örnek 2

Ek-G

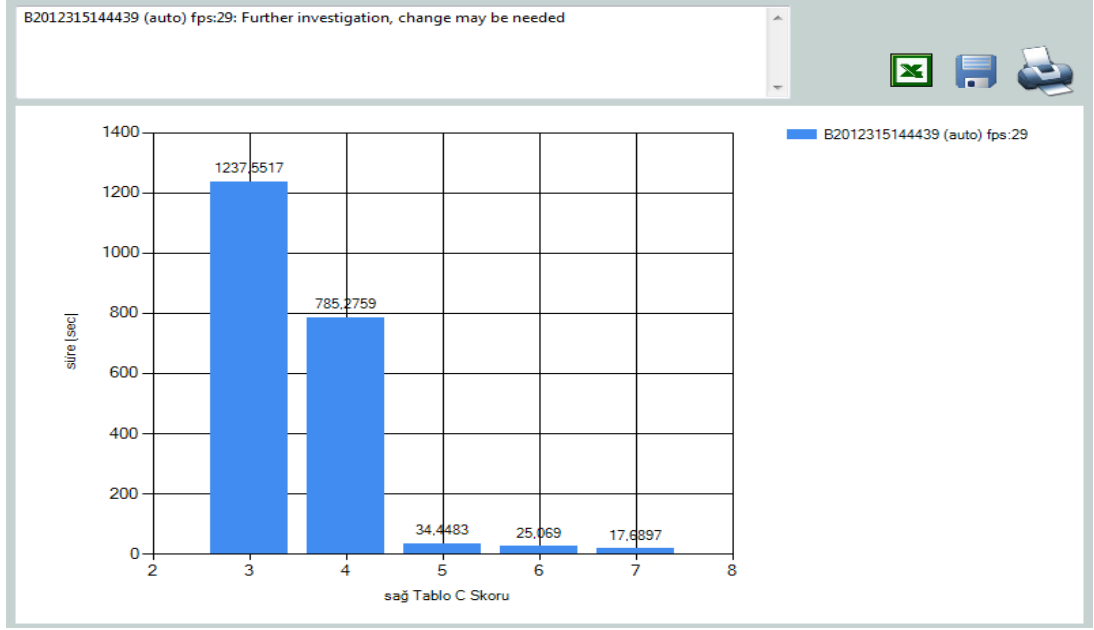
Vücutun Sağ Tarafı için 29 Fps Hızında Gerçekleştirilen Analiz Sonuçları



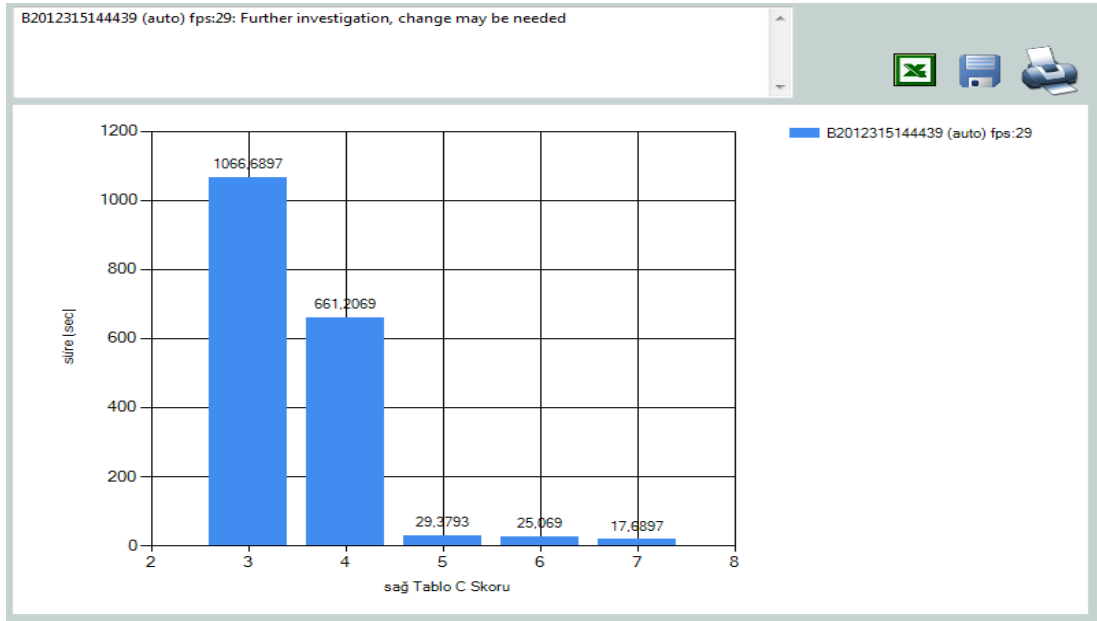
Şekil G.1. Sağ taraf için 29 fps hızında ve 0-45 dk. gözlem süresindeki sonuçlar



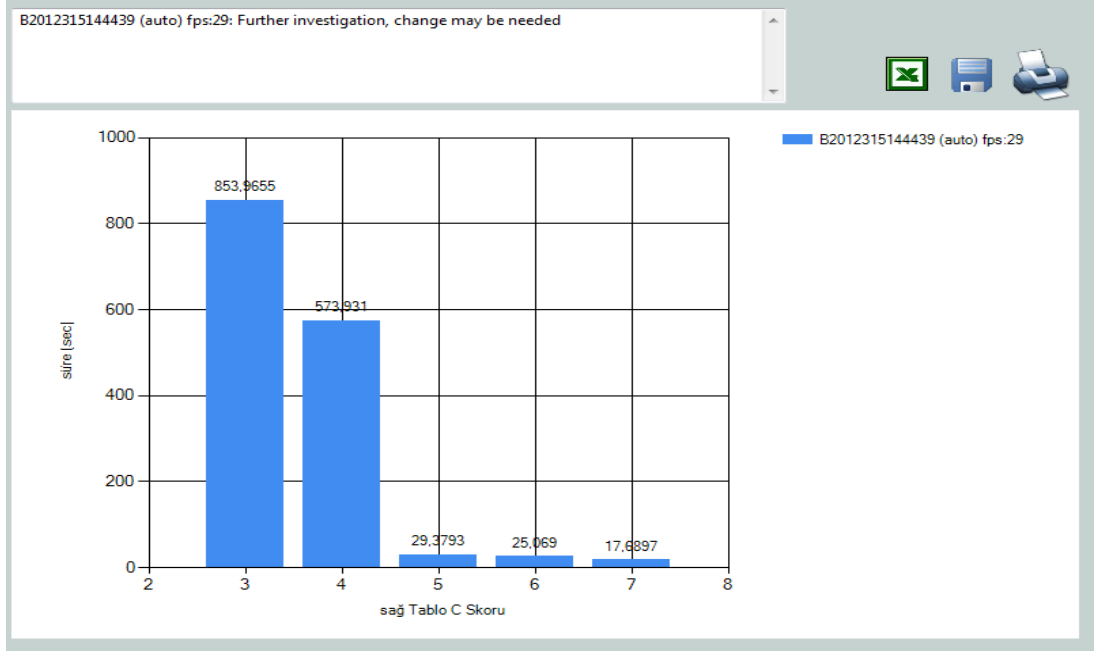
Şekil G.2. Sağ taraf için 29 fps hızında ve 0-40 dk. gözlem süresindeki sonuçlar



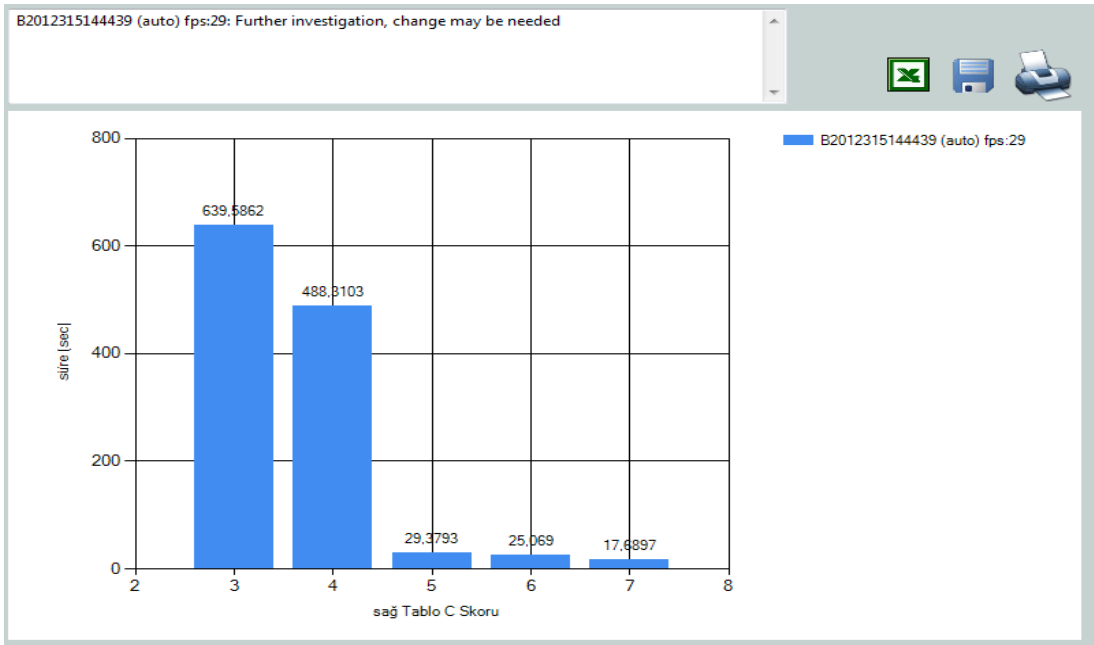
Şekil G.3. Sağ taraf için 29 fps hızında ve 0-35 dk. gözlem süresindeki sonuçlar



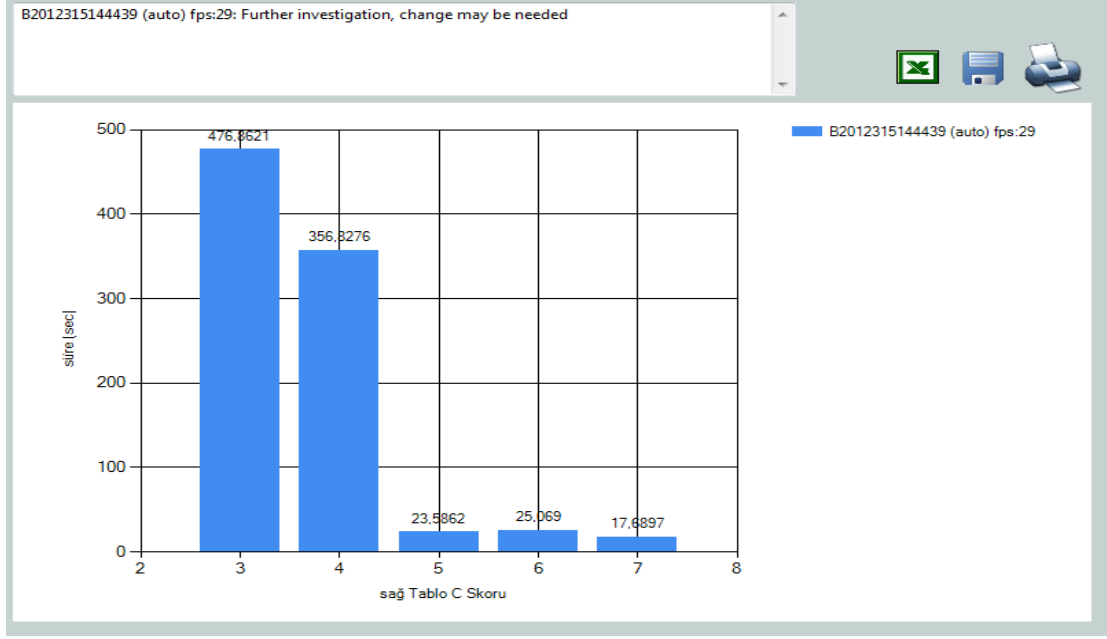
Şekil G.4. Sağ taraf için 29 fps hızında ve 0-30 dk. gözlem süresindeki sonuçlar



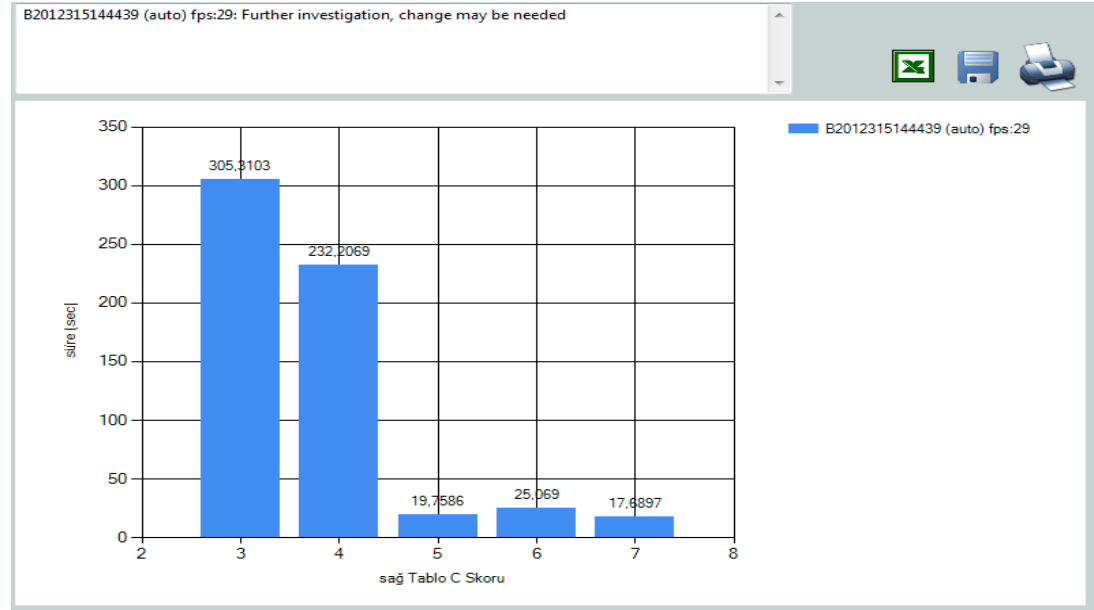
Şekil G.5. Sağ taraf için 29 fps hızında ve 0-25 dk. gözlem süresindeki sonuçlar



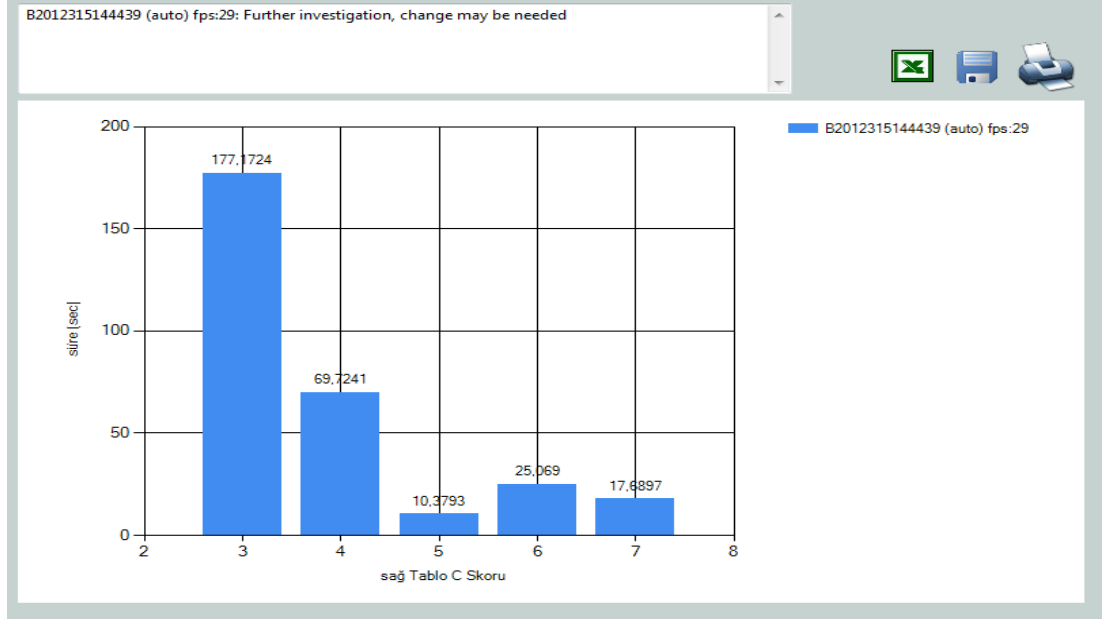
Şekil G.6. Sağ taraf için 29 fps hızında ve 0-20 dk. gözlem süresindeki sonuçlar



Şekil G.7. Sağ taraf için 29 fps hızında ve 0-15 dk. gözlem süresindeki sonuçlar



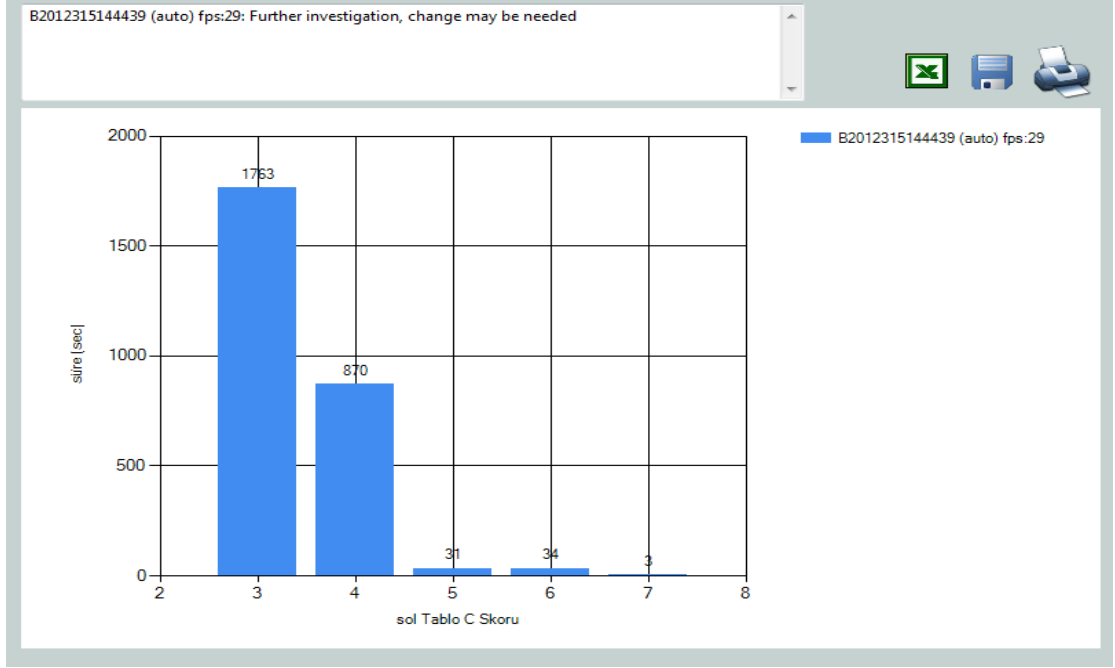
Şekil G.8. Sağ taraf için 29 fps hızında ve 0-10 dk. gözlem süresindeki sonuçlar



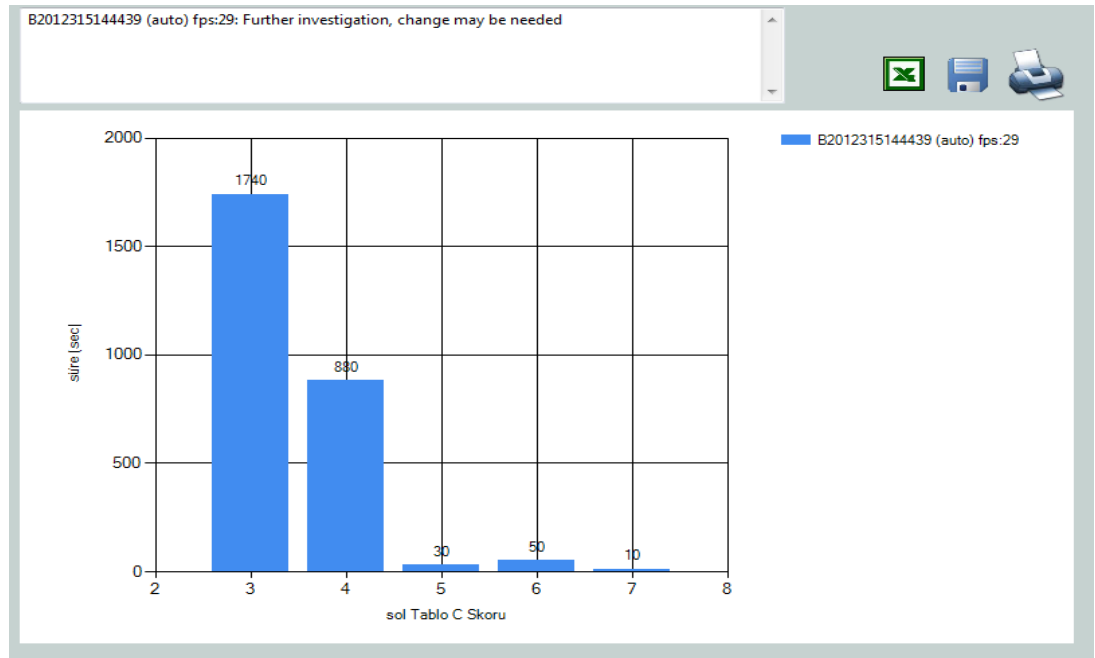
Şekil G.9. Sağ taraf için 29 fps hızında ve 0-5 dk. gözlem süresindeki sonuçlar

Ek-Ğ

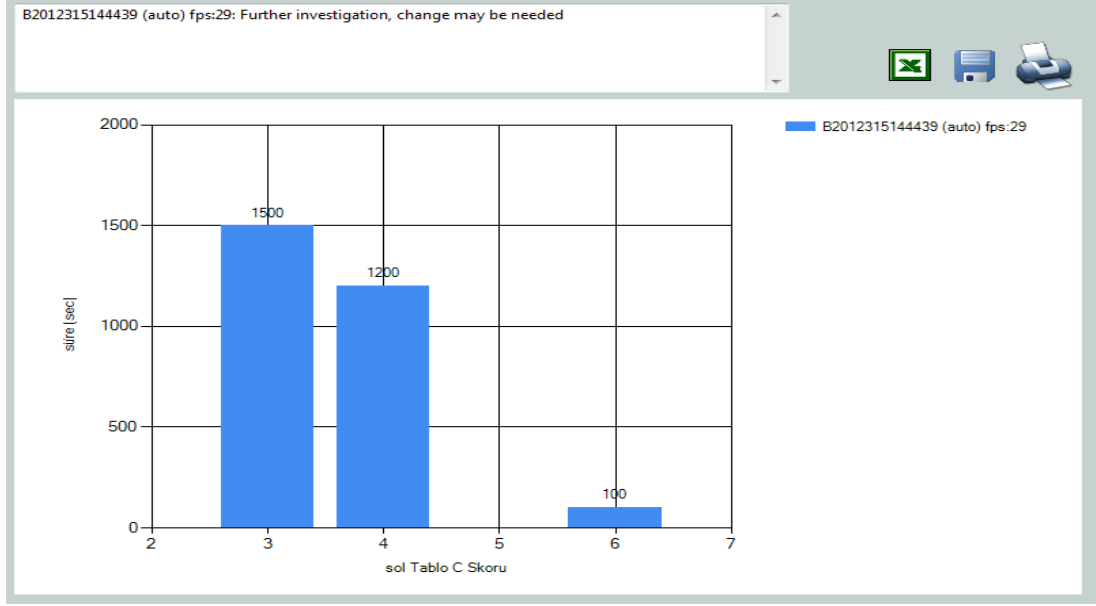
Vücutun Sol Tarafı İçin 1 fps-0,1 fps-0,01 fps ve 0,02 fps Hızlarında Gerçekleştirilen Analiz Sonuçları



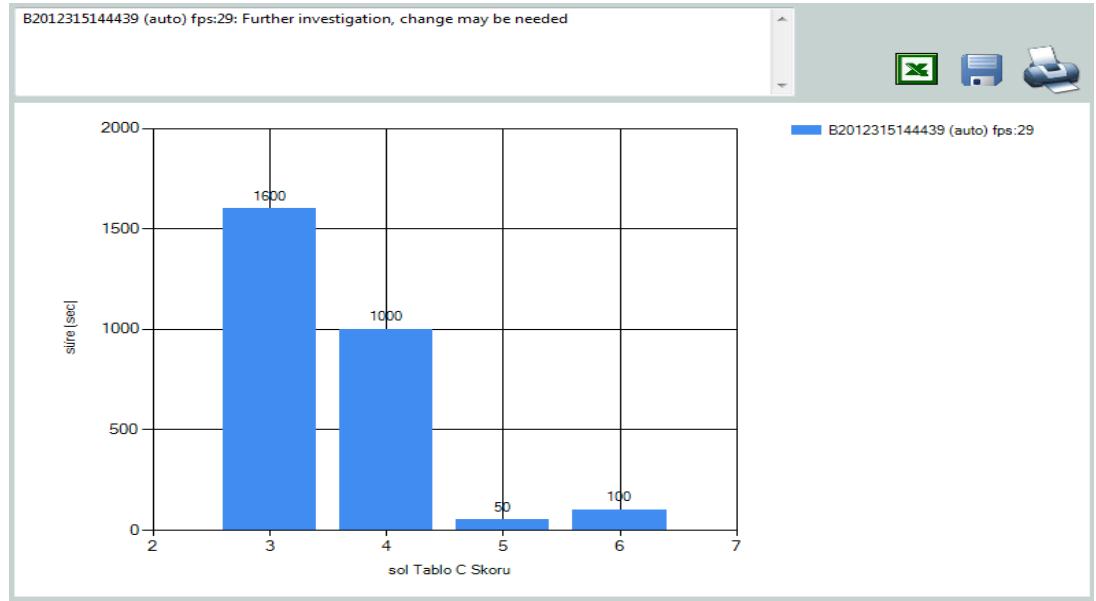
Şekil Ğ.1. Sol taraf için 1 fps hızında ve 0-45 dk. gözlem süresindeki sonuçlar



Şekil Ğ.2. Sol taraf için 0,1 fps hızında ve 0-45 dk. gözlem süresindeki sonuçlar



Şekil Ğ.3. Sol taraf için 0,01 fps hızında ve 0-45 dk. gözlem süresindeki sonuçlar



Şekil Ğ.4. Sol taraf için 0,02 fps hızında ve 0-45 dk. gözlem süresindeki sonuçlar

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Can G. F.**, Gülenç İ.F., Bulanık doğrusal programlama yöntemi kullanılarak bir sanayi işletmesinde üretim planlama uygulaması, 26. *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi*, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 20-22 Haziran 2006.
- [2] **Can G. F.**, Yörür B., Analitik hiyerarşi prosesinin elektronik kart tutucu sistemlerinin yeniden dizaynında kullanılması, 27. *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 2-4 Temmuz 2007.
- [3] **Can G. F.**, Eriş H., Fırlalı, N., Mesleki kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının ergonomik analizine yönelik yöntemlerin değerlendirilmesi, *Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, Kıbrıs, 16-18 Eylül.
- [4] **Can G. F.**, Erdebil B., Selection of working areas for industrial engineering students *World Conference on Learning, Teaching and Administration (SCI)*, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, 28-30 Ekim 2011.
- [5] **Can G. F.**, Erdebil B., Evaluating CRM performance of seven shopping malls by using a combined DEA-fuzzy AHP model: a pilot study, *World Conference on Financial Crisis and Impacts (SCI)*, Başkent Üniversitesi, Ankara, 28 Eylül-2 Ekim 2011.
- [6] **Can G. F.**, Eriş H., Fırlalı, N., Çalışma duruşu ve kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları, *Makine Mühendisleri Odası Dergisi-Endüstri ve İşletme Mühendisliği Meslek Dalı Ana Komisyon Bülteni*, Mart 2009, Sayı: 129, 8-14.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Diyarbakır'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Kocaeli'nde, lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 2000 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 2004 yılında Endüstri Mühendisi olarak mezun oldu. 2004-2006 yılları arasında Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bölümü'nde Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. 2006 yılından beri Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'nda Endüstri Mühendisi olarak görev yapmaktadır.