T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM BİLİMLERİ FAKÜLTESİ

BSM 498 BİTİRME ÇALIŞMASI

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEMELLİ ANAHTAR GÖSTERGELER YÖNTEMİ İLE ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRME YAPILMASI

G161210552 – Nazım Can ÖZPINARLI

Fakülte Anabilim Dalı : BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı : Dr.Öğr.Üyesi M. Fatih ADAK

2019-2020 Bahar Dönemi

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM BİLİMLERİ FAKÜLTESİ

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEMELLİ ANAHTAR GÖSTERGELER YÖNTEMİ İLE ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRME YAPILMASI

BSM 498 - BİTİRME ÇALIŞMASI

Nazım Can ÖZPINARLI

Fakülte Anabilim Dalı : BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez .. / .. / … tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

…….	…….	…….
Jüri Başkanı	**Üye**	**Üye**

ÖNSÖZ

Günümüz şartlarından dolayı özellikle geleneksel yöntemlerle yönetilen firma ve fabrikalar için ergonomik değerlendirmelerin öneminin fark edilmemesi bu alana yatırım yapılmasından kaçınılması söz konusu olduğundan işletme yöneticilerinin bilinçlendirilmesi ve çalışların sağlığı için ergonomik risk değerlendirmeye ihtiyaç vardır. Ancak ergonomik risk değerlendirmelerinin yapılabilmesi için gerekli olan nitelikli insan sayısının azlığı sebebiyle değerlendirmenin doğruluğu ve devamlılığı için sensör ve optiklerden faydalanılması uygun görülmüştür.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ……..... ii
İÇİNDEKİLER..... iii
ŞEKİLLER LİSTESİ..... v
TABLOLAR LİSTESİ..... vi
ÖZET..... vii

BÖLÜM 1.
GİRİŞ..... 1
1.1.Projenin Genel Yapısı..... 2

BÖLÜM 2.
PROBLEMİN TANIMI…..... 4

BÖLÜM 3.
ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRME..... 5
3.1. Ergonomik Risk Değerlendirme Literatür Taraması..... 5
3.2. Ergonomik Risk Değerlendirme Uygulamasının Avantajları..... 8
3.3. Ergonomik Risk Değerlendirme Dezavantajları..... 9
3.4. Ergonomik Risk Değerlendirme Yapılan Çalışmalar..... 10

BÖLÜM 4.
ANAHTAR GÖSTERGELER YÖNTEMİ..... 12
4.1. Anahtar Göstergeler Yönteminin Uygulanışı..... 13
4.1.1. Zaman Puanının Hesaplanması..... 13
4.1.2. Kuvvet Sarf Etme Puanının Hesaplanması..... 14
4.1.3. Kuvvet Aktarma / Kavrama Koşullarının Puanının Hesaplanması..... 16
4.1.4. El/Kol Pozisyonu veya Hareketinin Puanının Hesaplanması.. 18
4.1.5. Çalışma Koşullarının Puanının Hesaplanması..... 19

4.1.6. Duruş Pozisyonunun Puanının Hesaplanması..... 19
4.2. Risk Puanının Hesaplanması..... 21

BÖLÜM 5.
UYGULAMA..... 22
5.1. OpenPose Kütüphanesi..... 22
5.2. Duruş Pozisyonlarının Derin Öğrenme İle İncelenmesi ve Puanlanması..... 23
5.3. Çalışma Koşullarının Ve Çalışma Süresinin Hesaplanıp Puanlandırılması..... 27
5.4. Verilerin Kayıt Edilmesi Ve Görselleştirilmesi..... 28

BÖLÜM 6.
SENARYOLAR..... 32

BÖLÜM 7.
SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... 34

KAYNAKLAR..... 35
ÖZGEÇMİŞ..... 37

BSM 498 BİTİRME ÇALIŞMASI DEĞERLENDİRME VE SÖZLÜ SINAV TUTANAĞI..... 38

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Projenin Yapısı 2
Şekil 2. Görüntü önce optik formda yakalanır, analog forma dönüştürülür ve son aşamada dijital forma çevrilir. [9] 8
Şekil 3. Kablosuz, 3 Boyutlu İzleme Teknolojisi ile Sırt Omurlarının Hareketlerinin Ölçülmesi[15] 11
Şekil 4. El/Kol Pozisyonu veya Hareketleri 18
Şekil 5. KIM Modelinde dikkatin orta noktadan oluşan sapmalara odaklanması 20
Şekil 6. Kullanılan iskelet yapısı 23
Şekil 7. CSI V2 Kamera 24
Şekil 8. Anlık Kamera Görüntüsü 24
Şekil 9. İki vektör arasındaki açının hesaplanması 25
Şekil 10. Doğru oturuş pozisyonu api sonucu 25
Şekil 11. Yanlış oturuş pozisyonu api sonucu 25
Şekil 12. Veritabanı duruş pozisyonlarının puanı 26
Şekil 13. Doğru oturuş pozisyonu doğru hesaplama 26
Şekil 14.Yanlış oturuş pozisyonu doğru hesaplama 27
Şekil 15. DHT11 sensörünün Raspberry Pi ile bağlantısı 27
Şekil 16. HCSR-04 sensörünün Raspberry Pi ile bağlantısı 27
Şekil 17. Projenin gerçek halinden alıntı bir fotoğraf 28
Şekil 18. İnternet Sitesi Ana Sayfa 29
Şekil 19. Kullanıcı Girişi Sayfası 29
Şekil 20. İnternet Sitesi İşçiler Sayfası 30
Şekil 21. İnternet Sitesi Risk Puanları Sayfası 30
Şekil 22. İnternet Sitesi Risk Puanı Ekleme Sayfası 30
Şekil 23. Veritabanı yapısı eklenmiş veriler ile birlikte 31
Şekil 24. Hesaplayamadığı durum 32
Şekil 25. RESTful API Hata Değeri 32

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Elle taşıma işinde kullanılan risk değerlendirme yöntemlerine ilişkin bir karşılaştırma tablosu[14] 12
Tablo 2. Zaman Puanının Hesaplanması 13
Tablo 3. Kuvvet Sarf Etme Puanının Hesaplanması 15
Tablo 4. Kuvvet Aktarma / Kavrama Koşullarının Puanının Hesaplanması 16
Tablo 5. Olası Kombinasyonlar İçin Derecelendirme Puanları 17
Tablo 6. El/Kol Pozisyonu veya Hareketinin Puanının Hesaplanması 18
Tablo 7. Çalışma Koşullarının Puanının Hesaplanması 19
Tablo 8. Duruş Pozisyonunun Puanının Hesaplanması 20
Tablo 9. RİSK PUANININ HESAPLANMASI 21
Tablo 10. Risk Puanının Değerlendirilmesi 21

ÖZET

Anahtar kelimeler: Görüntü İşleme ile Risk Haritalama, Ergonomik Risk Değerlendirme, Key Indicator Method, Anahtar Göstergeler Yöntemi, Openpose Estimation

Key Indicator Method- KIM (Anahtar Göstergeler Yöntemi) Bu yöntem manuel yapılan işlerde kullanılmak için tasarlanmış bir ergonomik risk değerlendirme yöntemidir. Yöntemin en önemli özelliği çalışandan ziyade yapılan eylemin değerlendirilmesidir. Çalışan kişilerin pozisyonları kadar prosesi tamamlamak için harcadıkları kuvvet ve bunun tekrarlanma oranı, KIM yönteminde önem kazanmaktadır. Bu yüzden zamandan tasarruf sağlamak için özellikle tekrarlanan işleri günümüz teknolojisinin yardımıyla gerçekleştirmek içinde bulunulan sisteme kolaylık sağlamaktadır. Direkt ölçüm metotları ise sistematik gözleme dayalı yöntemlerden üstündür. Bu yüzden manuel yapılan işlerde sistematik gözlem üzerine gerçekleştirilen anahtar göstergeler yönteminde yazılım ve donanım desteği ile, bilgisayarlı görüden faydalanılarak bir veya daha çok görüntünün üzerinde bilgisayar analizinin, bir veya daha çok ana işlemciyle zaman sırasına göre çeşitli teknikler uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ergonomi sözcüğü Yunanca “ergon = iş, çalışma”, “nomos = yasa” anlamına gelen sözcüklerin birleşiminden meydana gelmiştir. Ergonomi insanların, çalıştıkları çevrelerinde anatomi, fizyoloji ve psikolojilerinin incelenmesi anlamına gelir ve bu amaçlar için yapılan çalışmalarının toplamına ergonomik çalışmalar adı verilir.

İnsanın psikolojik ve fiziksel özellikleri incelenerek insanın makine ve çevresi ile olan ilişkisini doğal,beşeri ve teknik olarak araştırma ve geliştirme çalışmalarının yürütülmesi, gittikçe sanayiyle iç içe olan insan doğası ve sağlığı için ergonomi günümüzde üzerinde durulması gereken önemli kavramlardan biri haline gelmiştir. Bu nedenle çalışmamızda insan faktörünün çokça içinde bulunduğu manuel yapılan işlerde kullanılmak için tasarlanmış bir ergonomik risk değerlendirme yöntemi olan (Key Indicator Method- KIM) Anahtar Göstergeler Yöntemi ele alınmıştır. Çalışmada sistemin standardize edilmesi ve sistematik hale dönüştürülmesi açısından bilgisayarlı görü teknikleri ve kütüphanelerinden faydalanılmıştır.

Bu sayede risk değerlendirme yapılırken değerlendirmeyi gerçekleştirecek insan unsurundan kaynaklı oluşacak hata ve sapmalar minimize edilip görev tanımı değişebilecek çalışanlar için ise standart bir sistem oluşturulup risk değerlendirme için gerekli formatın dışına çıkılmaması sağlanmıştır.

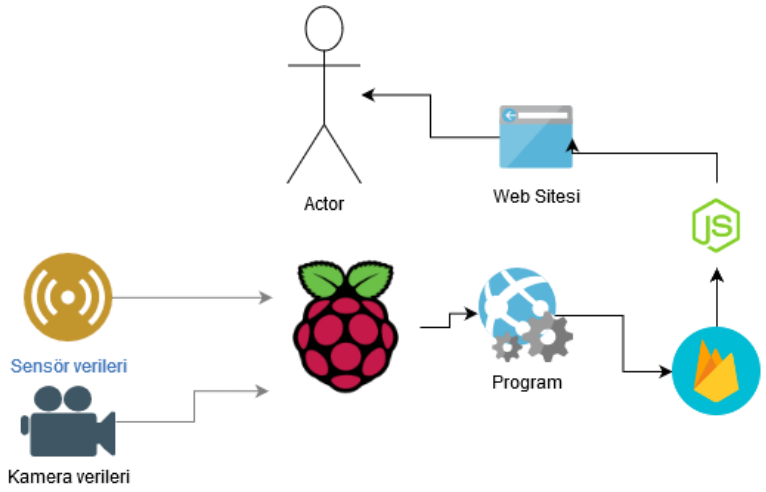
Günümüz şartlarından dolayı özellikle geleneksel yöntemlerle yönetilen firma ve fabrikalar için ergonomik değerlendirmelerin öneminin fark edilmemesi bu alana yatırım yapılmasından kaçınılması söz konusu olduğundan işletme yöneticilerinin bilinçlendirilmesi ve çalışların sağlığı için ergonomik risk değerlendirmeye ihtiyaç vardır. Ancak ergonomik risk değerlendirmelerinin yapılabilmesi için gerekli olan nitelikli insan sayısının azlığı sebebiyle değerlendirmenin doğruluğu ve devamlılığı için sensör ve optiklerden faydalanılması uygun görülmüştür.

Endüstri 4,0’ın önemli bir etkisi, kontrol otomasyonunu kullanması sayesinde birçok iş parçasının sadece büyük boyutlarda değil küçük boyutlar üzerinde de işlenebileceğidir. Bunun için de genel üretim için programlanmış sistemleri özel üretime uyarlamak gerekmektedir. Üretim için kullanılabilecek bu teknolojiler üretimin sürekliliği ve en önemli kaynaklardan biri olan insanın sağlığı için de

kullanılabilmektedir. Görüntü işleme sistemleri ile önceden öğretilmiş insan hareketlerine dayanarak çalışırlar. Bu önceden alışılmış hareketlerin her özel iş için algılamak ve ölçümlemek bir insan için zordur.

Çalışanların pozisyonu veya hareketlerini ilke alarak fiziksel boyutta ergonomik yapısını ölçmek mümküdür. Bununla birlikte, kuvvet aktarma / kavrama koşullarının puanının hesaplanması, kuvvet sarf etme puanının hesaplanması karmaşık ve her gözlemci için kesin değildir fakat endüstriyel kameralar, parçanın kendi üzerinde şekli ve konumunu belirlenerek buna uygun olarak yönlendiren hassas ölçümler yapabilmektedir. Aynı zamanda, ergonomik risk değerlendirme sonuçları, zamanla yapılan ergonomik risk değerlendirilmesi ya da çalışma sahasında daha karmaşık özelliklerin de ölçülmesi yoluyla, optik olarak kontrol edilebilmektedir. Bu kontrol verileri gerçek zamanlı olarak sistem içerisine alınabilir. Bu sayede, otomatik olarak ergonomik risk değerlendirme bir kendi kendine öğrenme sistemi haline gelebilir. Yeni ve benzer bileşenler, daha sonra, önceki deneyime dayanarak daha verimli bir şekilde işlenebilir.

1.1. Projenin Genel Yapısı



Şekil 1. Projenin Yapısı

İlk olarak programa birey tanımlanarak saniyede bir kere sensörlerden gelen veriler ve kameradan çekilen fotoğraflar Raspberry Pi'ye aktarılmıştır. Sıcaklık ve nem sensörlerinin verileri ile çalışma koşullarının verimliliğinin puanlandırılması yapılmıştır. Uzaklık sensöründen sürekli bir veri akışı olmaktadır.Ve sensörün

algılaması için banttan geçen ürünün tam orta noktasında bir derinlik mevcuttur. Bu derinliğe geldiğinde sensörün verdiği değer aralığı ölçülmüştür. Bu süre içerisinde banttan geçen ilk üç ürünün süresi hariç diğer ürünler için geçen sürelerin ortalaması alınarak bireyin ortalama işi tamamlama süresi bulunmuştur.

İşlenen veriler Firebase RealTime Database'e aktarılmıştır. Anahtar Göstergeler Yönteminde birçok kısıtın değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu sebep dolayısıyla otomatize edilen kısımlara ek olarak gözlem yoluyla elde edilen veriler için manuel olarak veri girişi yapılması gerekmiştir. Tüm puan hesaplamaların tek bir platformda toplanarak ergonomik risk değerlendirilmesinin yapılabilmesi için internet sitesi kodlanarak veriler düzenlenmiş ve görselleştirmelere müsait hale getirilmiştir.

BÖLÜM 2. PROBLEM TANIMI

Ergonomi ve iş sağlığı güvenliğinde risk haritalandırılması işletmelerde çok az derecede yapılmaktadır. Gerçekleşen iş kazalarından sonra iş sağlığı güvenliği konusunun sıkça gündeme gelmesiyle bu konunun büyük önem arz ettiği görülmekte ve bu konuda haritalandırmaların gerekliliği fark edilmektedir. Ancak ergonomik analizlerin eksikliği bu farkındalığı icraat aşamasında yavaşlatmaktadır. Üzerinde çalışılan proje, operasyonların ergonomik açıdan durumunun incelenerek iş sağlığı ve güvenliği açısından riskli bölgelerin analizlerinin yapılabildiği manuel yapılan işlerde kullanılmak için tasarlanmış ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden biri olan Anahtar Göstergeler Yöntemi (Key Indicator Method-KIM) ile gerçekleştirilmiştir. Manuel işlem prosesleri ise hemen hemen her zaman farklı eylemler dizisi şeklinde gerçekleşir.

Risk değerlendirmesini gerçekleştiren kişinin değerlendirme sırasında karar verme kısıtlarının değişmesi sebebi ile metot güvenirliği sarsılmaktadır. Aynı zamanda tekrarlı ve farklı serilerin izlenmesi sonucunda sistemin incelenmesi ve raporlanması kısmında önemli bir kâğıt ve zaman israfının olması, standart bir rapor çıkarılamaması, işletmenin riski değerlendirmesi ve çalışanları için sunması gerektiği ergonomik imkânların ihtiyaç tespitini zorlaştırmaktadır.

BÖLÜM 3. ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRME

Ergonomik risk değerlendirme, işyerlerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi için ve bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörlerin değerlendirilmesiyle birlikte aynı zamanda tehlikelerden kaynaklanmakta olan risklerin analiz edilerek değerlendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gereken çalışmalar bütünüdür. Ergonomik risk değerlendirmeleri sayesinde işletmeler çalışanları için sunduğu çalışma alanlarının dezavantajlarını ve eksikliklerinin tespit ederek ortadan kaldırabilmektedir [1].

3.1. Ergonomik Risk Değerlendirme Literatür Taraması

Literatürde bulunan çalışmalardan hareketle, özellikle fiziksel güç gerektiren işlerde kas iskelet sistemi rahatsızlıklarını oluşturan hareketlerin tespiti için işyerlerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi için ve bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörlerin değerlendirilmesiyle birlikte aynı zamanda tehlikelerden kaynaklanmakta olan risklerin analiz edilerek değerlendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla görüntü işleme ile gerekli çalışmalar üzerine kullanılan metotlar karşılaştırılarak uygulama olarak sisteme uyarlanmıştır. Uyarlamalar sonrasında ergonomik risk değerlendirme uygulaması, işletmelere destek verecek çalışanların ergonomik risk değerlendirmelerindeki başarıları üzerine etkilerine de yer verilmiştir..

Gelişen teknoloji ile birlikte üretim süreçlerindeki artan makineleşme oranı ile seri üretime geçilmiş ve yapılan işlerde büyük kolaylıklar sağlamış olsa da emek gücü ile üretim günümüzde hala birçok alanda rastlanılmakta ve devam etmektedir. Sırt, bacak, kol, boyun, bilek vb. bölgeleri etkileyen kas iskelet sistemi rahatsızlıkları, yoğun işgücü kullanımı gerektiren işlerde çalışanlarda sıklıkla karşılaşılmaktadır [2]. Böyle fazla fiziksel iş gücü gerektiren işlerde uygun olmayan çalışma koşulları, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olduğu gibi üretimin verimsizleşmesime de sebebiyet vermektedir. Avrupa Birliği İş Sağlığı (OHSA) birimi üye ülkelerdeki çalışma sağlığı profilini öğrenmek için tetikleyen sebeplerle pilot bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada

örneklem grubu üzerinde çalışma ortamında sağlığı etkileyen hususlar konusunda görüşme ve istişareler yapılarak şu sonuçlar elde edilmiştir

• Gürültü %28
• Vibrasyon %24
• Yüksek sıcaklık %20
• Düşük sıcaklık %23
• Ağır kaldırma %34
• Tekrarlayan hareketler %58
• Duruş bozuklukları %45
• Yüksek hızlı çalışma %54
• Kimyasallar %14
• Fiziksel şiddet %4
• Monoton iş ortamı %45

Bu çalışma sonucunda çalışanları en çok etkileyen durumların ağır kaldırma, tekrarlayan hareketler, duruş bozuklukları ve yüksek hızlı çalışmalar olduğu anlaşılmıştır[3]

Ergonominin ana noktası, insan tarafından oluşturulan çevre, nesne, iş süreçleri vb. düzenlenmesi sırasında insanın dikkate alınmasıdır. Temel hedef ise ortaya çıkan insan-makine sisteminin verimliliğini insanın sağlığını koruyarak en üst düzeye çıkartmaktır. Sistemin insan bileşeni ile diğer bileşenleri arasındaki etkileşimini geliştirmeyi ve böylece çalışma işlevlerinin daha iyi düzeye getirilmesini sağlamayı amaçlar [4].

İşle ilgili fiziksel, ergonomik ve psikososyal risk faktörleri arasındaki ilişki ile Kas iskelet sistemi rahatsızlıkları arasındaki ilişki bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Ve yapılan iş faaliyetleri dışında başka faktörlerin de kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının oluşumunda etken olduğu gözlenmiştir. 2001 yılında ABD Ulusal Bilim Akademisi yaptığı bir çalışmada çalışanın bel ve üst bölgesinde meydana gelen kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının; tekrarlı ve zorlanmaya bağlı görevler olduğu aşırı yük kaldırma ve çalışma ortamının stresli oluştuğu vb. koşullara bağlı olarak oluşabileceği ile ilgili bilimsel sonuçlar elde etmiştir. Ve bu ergonomik kusurlara bağlı oluşan sorunların iyi

tasarlanan ergonomik girişim programları ile en az düzeyde tutularak indirgenebileceğini açıklamıştır [5].

Burdorf ve Van Der Beek'e göre ise [6] yapılan işle ilgili olarak kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının risk değerlendirme metotlarında öznel yöntemler, sistematik gözlem ve direk ölçüm yöntemleri olarak üç kategoriye ayrılabilmektedir.

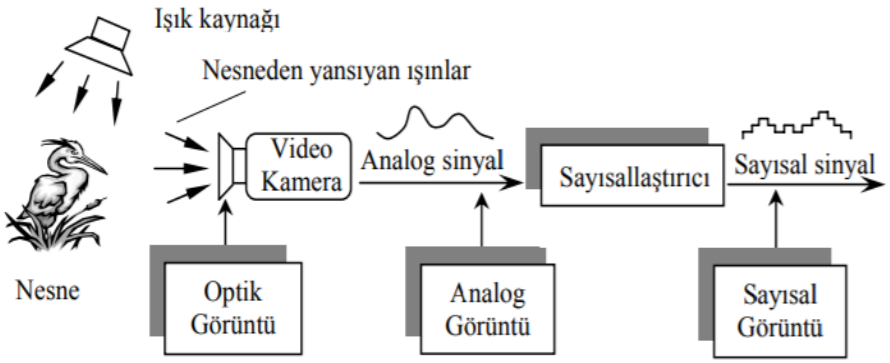
İnsan duruş pozisyonlarının ve hareketlerinin analizi için farklı direkt ölçüm metotları geliştirilmiştir. Direkt ölçüm metotları için açı ölçer, optik araçlar, elektromiyografi, biyomekanik analiz araçları kullanılmaktadır. İlgili araçlar sayesinde kas faaliyetleri, açısal sapmalar, uygulanan güçler ve vücut hareketlerine ait bilgiler ayrıntılı şekilde gerçek sayısal olarak elde edilir. [7]. Direkt ölçüm metotlarını kullanırken görüntü işlemeden faydalanılarak teknolojik gelişmelerden biri olan yapay zeka kullanılmıştır.

Bilgisayarlı görü, bir veya daha çok görüntünün üzerinde bilgisayar analizinin, bir veya daha çok ana işlemciyle zaman sırasına göre çeşitli tekniklerle gerçekleştirilmesi sonucu yapılmaktadır. Bilgisayarla görme, görüntü veya görüntü setleri üzerinden bilgilerin teorik ve algoritmik olarak bilgisayar tarafından çıkartılıp incelenmesini sağlayan bir tekniktir. Görüntü üzerindeki nesne ve nesnelerle ilgili diğer nesnenin boyutu, konumu ve yönlendirilmesi ile ilgili bilgileri içinde barındırır [8].Görüntü sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra görüntüden istenilen bilgilerin elde edilebilmesi için bazı önemli işlemlerden geçirilmesi gerekir [9].Görüntü işleme, resimsel bilgilerin manipulasyonu ve analizi anlamına gelmektedir[10].

Bu analizde takip edilen temel aşamalar şu şekildedir: Birinci aşama, görüntü elde etme işlemidir. Şekil 1'de görüntü elde etme aşamaları şema ile gösterilmiştir.

Bir ışık kaynağı ile aydınlatılmış nesne bulunmaktadır. Nesneden yansıyan ışınlar optik formda kameraya aktarılır. Nesneyi tanımlayan bu ışınlar, kamerada elektrik sinyallerine dönüştürülür bu şekilde görüntü analog forma çevrilir. Analog sinyaller bir sayısal dönüştürücüde sayısal sinyallere dönüştürülür ve son aşamada sayısal forma dönüştürülen görüntü bilgisayar ortamına aktarılarak işlenecek formata getirilmiş olur.

Bu işlem için görüntü sensörü tarafından elde edilen sinyalleri dijital forma dönüştürebilen sistemlere gereksinim duyulmaktadır. [11]



Şekil 2. Görüntü önce optik formda yakalanır, analog forma dönüştürülür ve son aşamada dijital forma çevrilir. [9]

Sayısal görüntü elde edildikten sonra ön işleme adımına geçilir. Bu aşamada, alınan görüntü daha sonraki aşamalarda kolay ve hatasız işlenebilmesi için daha anlaşılır ve belirgin hale getirilir [12].

3.2. Ergonomik Risk Değerlendirme Uygulamasının Avantajları

Ergonomik Risk Değerlendirme Uygulaması Ekonomiktir: Nitelikli işçileri değerlendirebileceğimiz alanlar genellikle çok dardır. Farklı alanlarda değerlendirebileceğimiz işçileri tekrarlayan ve zaman alıcı işlerde kullanmadan; verimlerini düşürmeden hazırlanan altyapı sayesinde masrafları azaltarak işveren maliyetlerinin düşmesini sağlamaktadır.

Ergonomik Risk Değerlendirme Uygulaması Zamandan Ve Mekândan Bağımsızdır: Çalışanların vardiyalarına uygun doğrultuda seçim yaparak kullanılan sensör ve optikler sayesinde ergonomik risk değerlendirme yapılabilmektedir.

Ergonomik Risk Değerlendirme Uygulaması Sürekli Çalışmayı Destekler: Zaman, mekân, işçi vb. gibi konulardaki esnekliğinin yanı sıra ölçüm konusunda da işçiden bağımsızlık sağlamaktadır.

Ergonomik Risk Değerlendirme Uygulaması uzaktan kullanım sayesinde şirket temellidir: Uzaktan kontrol ile işletme istediği zamanda riskler konusunda bilgi alma şansına sahiptir. Bu yüzden uygulama ara yüzü sayesinde hızlı bilgi akışı odaklıdır.

Ergonomik Risk Değerlendirme Uygulaması Geniş Çalışan Kitlesine Hitap Eder: Ergonomik risk değerlendirme uygulaması eğitimin sınırlarını (zaman, mekân, maliyet) en aza indirmektedir. Risk değerlendirmesi yapmak için çeşitli sınırlılara takılan işletmeler uzaktan kontroller sayesinde çalışma sahalarını geliştirme çalışmalarına devam edebilmektedirler.

3.3. Ergonomik Risk Değerlendirme Dezavantajları

Ergonomik risk değerlendirme uygulaması işletmelere ve çalışanlara kolaylıklar ve avantajlar sağlasa da bazı konularda nitelikli işçi kadar etkili olmamaktadır. Nitelikli işçi ile karşılaştırmalar sonucunda ergonomik risk değerlendirme uygulamasının dezavantajları;

- Çalışma ortamlarında önemli görülen insan iletişiminin bir parçası olan yüz yüze etkileşim ortam ve olanakları ortadan kalkmasıyla sistem kullanılmaya başlamadan önceki açıklamadan tatmin olmayan çalışanın kendisinin sürekli izlendiğini düşünerek strese girmesi.
- Herhangi bir işte çalışan bireylerin bedenen ve zihnen yorulduklarında kendilerine ayıracakları dinlenme vakitlerinde çalışma zorunluluğu.
- Sistemin öğrenme sürecinde karşılaşılan öğrenme güçlüklerinin anında çözülememesi ve bu duruma müdahale edilememesi ve oluşabilecek muhtemel sorunlar.
- Sağlıklı pozisyonlarda çalışma alışkanlığı olmayan ve bu yeteneğini geliştirmemiş bireyler için çalışmalardan verim alamama olasılığı.
- Uzaktan erişime artan talepten dolayı sistemdeki çalışan sayısının fazla olması nedeniyle sistem yöneticisi ile iletişimde sınırlılık ve sistemin başka programlar ile entegresi konusunda baskıların oluşması şeklinde sıralanabilir.

3.4. Ergonomik Risk Değerlendirme Yapılan Çalışmalar

Araştırmanın bu bölümünde;

"Yapılmış olan çalışmada Sue Rodgers formunu gösterilerek ve ölçümlerin daha sayısal yöntemlerle yapılmasını sağlanmıştır. Ayrıca formun yanında Revised NIOSH Denklemi, Yine NIOSH tarafından geliştirilmiş olan RWL Yöntemi ve BAUA tarafından geliştirilmiş olan yöntemler kullanılmıştır. Çalışma yazılımlaştırılır iken kodlar Excel VBA tabanında yazılmış ve görsellerle desteklenmiştir. Risk Haritalandırma Yazılımının programın yapımında sorgular, tablolar, makrolar, modüller kullanılarak veri tabanı olarak MS Access yazılımı kullanılmıştır. Yazılıma giriş için kullanıcı adı ve şifre gerekmektedir. [3].

Lmm Cihazı ile yapılan ölçüm, analiz ve iyileştirme örneklerine de bazı kurumsal firmalarda karşılaşılmaktadır. LMM (Lumbar Motion Monitor) cihazı, elle malzeme taşıma işlerini yerine getirirken omurilik yüklerini ve zorlanmayı belirleyen, muhtemelen fazla yüklenmeden ve sırtın bel bölgesinin zorlanmasından kaynaklanan ergonomik rahatsızlıkları değerlendiren araçlardan biridir.

Elle malzeme taşıma işçilerin kaldırma, öne eğilme, yana eğilme, dönme, ağır yük kaldırma, sabit duruş pozisyonunu koruma veya bu faaliyetlerin kombinasyonunu yerine getirmeyi gerektirir. LMM cihazı iş hareketleri sırasında sırttaki omurlarda oluşan zorlanmaların ölçümü için kullanılır, bu bölgeleri zorlayıcı ürünlerin ve işlerin yeniden tasarlanmasına yardımcı olur. Çalışanın boyuna ve sırt uzunluğuna göre otomatik olarak ayarlanan LMM Cihazı kablosuz ve üç boyutlu izleme teknolojisi ile sırt omurlarının hareketlerini ölçer. Cihaz sayesinde elde edilen veriler ile risk faktörlerini belirlemek için modelleme yapılır. Bu modelleme sayesinde hangi unsurların bu riski arttırdığı ve değişmesi gerektiği belirlenir, dolayısıyla iş tasarımı yeniden yapılabilir.

LMM cihaz ile, çalışma rutini içinde üç dakika boyunca ölçüm alınır. Ölçüm ve cihazın olduğu yeleğin giyilmesi ve çıkarılması dahil geçen süre 15 dakikayı geçmez. Böylece elde edilen nitel ve nicel verilerle, farklı ölçüm yöntemlerine dayalı

hesaplamalar yapılır. Analiz sonrası, uygun iyileştirme önerileri sunularak, önerilen durum için aynı risk analizi çalışmaları tekrarlanır. [13].

Şekil 3. Kablosuz, 3 Boyutlu İzleme Teknolojisi ile Sırt Omurlarının Hareketlerinin Ölçülmesi[13]

BÖLÜM 4. ANAHTAR GÖSTERGELER YÖNTEMİ

KIM metodu, elle taşıma işleri esnasında ortaya çıkabilecek riskleri tarama ve değerlendirme amacı ile uygulanmaktadır. Almanya Federal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin-BAuA) ile Alman İş Sağlığı ve Güvenliği Devlet Komitesi (Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik-LASI) uygulayıcıları, güvenlik temsilcileri, işyeri hekimleri, işverenler, çalışan dernekleri, sigorta kuruluşları ve bilimsel kurumların iş birliği ile geliştirilmiştir.

Tablo 1. Elle taşıma işinde kullanılan risk değerlendirme yöntemlerine ilişkin bir karşılaştırma tablosu[12]

Değerlendirme Aracı	ACGIH-TLV	NIOSH	Snook Tabloları	MAC	Mital ve Arkadaşları Tabloları	KIM
Duruş	X	X	X	X	X	X
Yük/Güç	X	X	X	X	X	X
Hareket Frekansı	X	X	X	X	X	X
Süre	X	X	X	–	X	X
Çalışma Koşulları	–	–	–	X	X	X
Görev Türleri	Kaldırma	İndirme/ kaldırma	İndirme/ kaldırma/ taşıma/ itme/çekme	İndirme/ kaldırma/ taşıma /takım çalışması	İndirme/ kaldırma/ taşıma/ itme/çekme	İndirme/ kaldırma/ taşıma/ itme/çekme
Analiz Zamanı	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Eğitim Gereksinimi	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Orta	Düşük
Değerlendirilen Vücut Bölgesi	Boyun/omuz/ sırt/ gövde/ kalça	Boyun/ omuz/sırt/ gövde/ kalça	Boyun/omuz/ sırt/gövde/ kalça/bacak/ diz/ayak bileği	Boyun/omuz /sırt/gövde/ kalça	Boyun/omuz /sırt/gövde/ kalça/bacak/ diz/ayak bileği	Boyun/omuz /sırt/gövde/ kalça/bacak/ diz/ayak bileği

Tablo 1'de elle taşıma işinde kullanılan risk değerlendirme yöntemlerine ilişkin bir karşılaştırma yapılmaktadır. Ergonomik risk hesaplamak için yöntemler, kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına ilişkin fiziksel risk faktörleri, elle taşıma işine ait görev türleri, yöntemin analiz zamanı, eğitim gereksinimi ve değerlendirilen vücut bölgesi bazında karşılaştırılmaktadır.

Manuel yapılan işlerde kullanılmak için tasarlanmış ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden biri olan Anahtar Göstergeler Yönteminin (Key Indicator Method-KIM) en önemli özelliği çalışandan ziyade yapılan eylemin değerlendirilmesidir. Değerlendirmeyi yapacak kişinin, değerlendirmenin yapılacağı prosesi iyi tanıması diğer tekniklerde olduğu gibi bu teknikte de önemlidir. Çalışan kişilerin pozisyonları kadar prosesi tamamlamak için harcadıkları kuvvet ve bunun tekrarlanma oranı, KIM yönteminde önem kazanmaktadır.

Yöntemin genel olarak akışı maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

1. Öncelikle proses analiz edilmelidir.
2. Her bir prosesin alt kırılımları tanımlanmalıdır.
3. Her bir kırılımda yapılan eylemler tanımlanmalı ve süreleri ölçülmelidir.
4. Kuvvet uyguladığı yüzeyin özelliklerini gözden geçirmelidir.
5. Çalışanın el-bilek-kol hareketleri incelenmelidir.
6. Proseslerdeki iş rotasyonu olup olmadığı incelenmelidir.
7. Çalışma koşullarının (aydınlatma, gürültü, titreşim…) incelenmelidir.
8. Çalışma pozisyonları (eğilme, çökme …) incelenmelidir.

4.1. Anahtar Göstergeler Yönteminin Uygulanışı

4.1.1. Zaman Puanının Hesaplanması

Tablo 2. Zaman Puanının Hesaplanması

Vardiya başına bu etkinliğin toplam süresi [… saate kadar]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zaman değerlendirme puanı	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5

Zaman değerlendirme puanlaması yukarıdaki tablo baz alınarak yapılmaktadır. Faaliyetin gerçekleştirilme süresi mutlaka dikkate alınmalıdır. Bir vardiyadaki işin yapılma süresi, o işin bir çevrim süresi ile toplam tekrarlanmasından bulunmaktadır.

4.1.2. Kuvvet Sarf Etme Puanının Hesaplanması

Manuel işlem prosesleri hemen hemen her zaman farklı eylemler dizisi şeklinde gerçekleşir. Tekrarlı manuel işler genellikle taşıma ve uzanma faaliyetlerinde gerçekleşir. Analiz gerçekleştirilirken yapılan bütün temel eylemler hem sağ hem de sol el için işaretlenmelidir. Burada baskın elin belirlenerek değerlendirme yapılması önemlidir. Sağ ve sol el için belirlenen değerlerin toplam değeri, ilgili bölüme kaydedilir. Bu değerlerden yüksek olan değer değerlendirme puanı olarak alınır.

Kuvvet sarf etme türü gözlemlerden elde edilen bilgilere göre veya gerekli durumlarda çalışanlara yapılan anketlerle belirlenir.
Süre/Tekrarlama her bir çevrimin farklı zamanlarda yapılan gözlemlerinin analiz edilmesi ve kayıt edilmesi ile belirlenir. Bir iş çevrimi, işin dahil olduğu süreç ile bağımlı süre fazında alınmalıdır.
Frekans hesaplanırken bir çevrim süresi içerisinde kaç defa tekrarlandığı belirlenerek, dakikada kaç defa yaptığı göz önüne alınması gerekir. Çevrim süresini belirlemede kullanılacak sürelerin ölçülmüş ve hesaplanmış olması önemlidir.
<4 ve <1 Sütunu nadir ve/veya kısa çok küçük kuvvetler için kayıt edilebilir. Bu 60 saniyeden daha fazla çevrim süresine sahip işler için önemlidir.
Bu yöntemde sağ elini kullananlarla sol elini kullananları ayırmaya gerek yoktur; çünkü bu yöntemde çalışan değil faaliyet analiz edilmektedir.
Tanımlanmış hareketlerin her birinin bir kuvvet derecesi bulunmaktadır. Bulunan bu kuvvet derecelerinin ortalama tutma süresi ve ortalama frekansı hesaplanmaktadır. Frekans hesaplanırken bir çevrim süresi içerisinde kaç defa tekrarlandığı belirlenerek, dakikada kaç defa yaptığı göz önüne alınması gerekir.

Tablo 3. Kuvvet Sarf Etme Puanının Hesaplanması

Parmak-El bölgesinde oluşan kuvvet sarfetme türü		**TUTMA**					**HAREKET**					
		Ortalama Tutma Süresi (Dakikada kaç saniye) (Aynı kuvvette ve devamı olan işlerde süre toplanarak yazılır)					**Ortalama Hareket Frekansı (Dakikada kaç defa =60 / çevrim süresi x Cevrimdeki hareket sayısı kez'i belirler)**					
Tanım ve Tipik Örnekler		**60-31**	**30-16**	**15-4**	**<4**		**<1**	**1-4**	**5-15**	**16-30**	**31-60**	**>60**
		Derecelendirme Puanları										
Çok Düşük Kuvvetler (düğme çalıştırma / değiştirme / sipariş)	**Puan**	**2**	**1**	**0,5**	**0**		**0**	**0**	**0,5**	**1**	**2**	**3**
	Sol El											
	Sağ El											
Düşük Kuvvetler (Malzeme yönlendirme veya ekleme)	**Puan**	**3**	**1,5**	**1**	**0**		**0**	**0**	**1**	**1,5**	**3**	**5**
	Sol El											
	Sağ El											
Orta Kuvvetler (Küçük iş parçalarını elle veya küçük araçlarla kavrama veya birleştirme)	**Puan**	**5**	**2**	**1**	**0**		**0**	**0,5**	**1**	**2**	**5**	**8**
	Sol El											
	Sağ El											
Yüksek Kuvvetler (Döndürmek / Sarmak / Paketlemek / Kavrama / Parçaları tutma veya birleştirme / Presleme / Kesme / Küçük el aletleri (tahrikli) ile çalışmak)	**Puan**	**8**	**4**	**2**	**0,5**		**0,5**	**1**	**2**	**4**	**8**	**13**
	Sol El											
	Sağ El											
Çok Yüksek Kuvvetler (büyük kuvvet unsurunu içeren kesme / küçük zımba tabancaları ile çalışma / hareketli veya tutan parçalar veya aletler)	**Puan**	**12**	**6**	**3**	**1**		**1**	**1**	**3**	**6**	**12**	**21**
	Sol El											
	Sağ El											
Yoğun Kuvvetler (Cıvataları sıkma, gevşetme / Ayırma / Presleme)	**Puan**	**19**	**9**	**4**	**1**		**1**	**2**	**4**	**9**	**19**	**33**
	Sol El											
	Sağ El											
Vurmak Başparmak, avuç içi veya yumruk ile vurmak	**Puan**	**0**	**0**	**0**	**1**		**1**	**1**	**3**	**6**	**12**	**21**
	Sol El											

4.1.3. Kuvvet Aktarma / Kavrama Koşullarının Puanının Hesaplanması

"Kuvvet sarf etme" göstergesi eylemde gerçekleştirilen kuvvetin seviyesini gösterirken "Kuvvet Aktarma/Kavrama Koşulları" göstergesi kuvvetin aktarım türünü ve buna ek kuvvetleri ifade etmektedir. Aşağıdakiler önemlidir,

- Sap türü ile gerekli olan eylem kuvvetinin ilişkisi
- Kilitleme veya çekiş yoluyla uygulanan kuvvet aktarma türü
- Nesnenin yüzeyi

Tablo 4. Kuvvet Aktarma / Kavrama Koşullarının Puanının Hesaplanması

Kuvvet Aktarma / Kavrama Koşullarını	Derecelendirme puanı
1-Optimumum Kuvvet Aktarma/Uygulama: Çalışma nesnelerini kavramak kolaydır (çubuk şekilleri, kavrama olukları gibi). Ergonomik açıdan iyi tasarımları vardır. (Saplar, düğmeler aletler gibi)	0
2-Sınırlı Kuvvet Aktarma/Uygulama: Daha fazla tutma alanı gereklidir. Şekilli sapları mevcut değildir.	2
3-Kuvvet Aktarımı ve Uygulaması Önemli Ölçüde Engellenmiş: İş parçalarının kavranması oldukça zordur. (Kaygan, yumuşak, keskin kenar) kulplarının yoktur veya uygun kulpları yoktur.	4

Aşağıdaki tablo, bir takım olası kombinasyonlar için derecelendirme puanlarını gösterir.

Tablo 5. Olası Kombinasyonlar İçin Derecelendirme Puanları

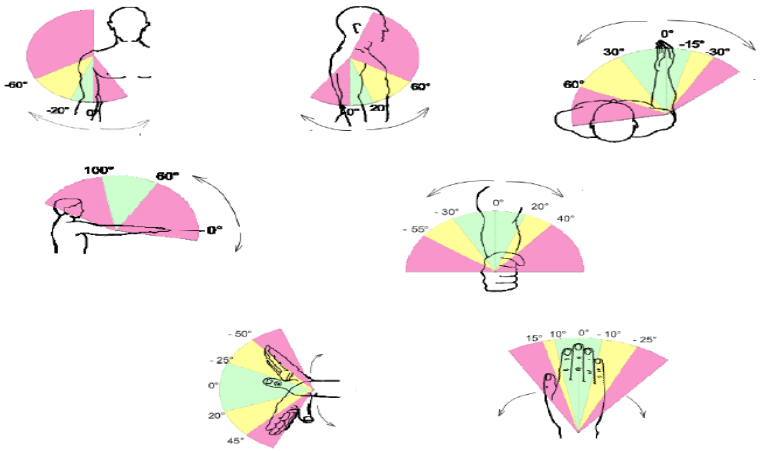
Sapın Türü Kuvvet Aktarımı	Sapın Tasarımı, Temas Yüzeyi Ve Nesneler	Kavrama Yüzeyi			
		Kuru, Kaymaz	Kuru, Çok Prüzsüz	Nemli	Kaygan
Kuvvet İle Kavrama	Düzgün Şekilli Ve Uygun Ölçüde	0	1	2	3
	Şekilli Değil	1	2	3	3
	Çok Büyük Veya Çok Küçük	2	3	4	4
Dokunarak Kavrama	Düzgün Şekilli Ve Uygun Ölçüde	0	1	2	3
	Şekilli Değil	1	2	3	3
	Çok Büyük Veya Çok Küçük	2	3	4	4
Avuç İçi İle Kavrama	Düzgün Şekilli Ve Uygun Ölçüde	0	1	2	3
	Şekilli Değil	2	3	4	4
Kanca Şeklinde Kavrama	Düzgün Şekilli Ve Uygun Ölçüde	0	0	1	2
	Şekilli Değil	1	2	3	4
Kıstırarak Kavrama	Düzgün Şekilli Ve Uygun Ölçüde	0	1	2	3
	Şekilli Değil	1	2	3	3
	Çok Büyük Veya Çok Küçük	2	3	4	4
Çekme İle Kuvvet Aktarımı	Düzgün Şekilli Ve Uygun Ölçüde	0	1	2	3
	Şekilli Değil	1	2	3	3
	Çok Büyük Veya Çok Küçük	2	3	4	4
Çok Küçük/ Çok Büyük Nesneler	Düzgün Şekilli Ve Uygun Ölçüde	0	1	2	3
	Şekilli Değil	1	2	3	3
	Çok Büyük Veya Çok Küçük	2	3	4	4

4.1.4. El/Kol Pozisyonu veya Hareketinin Puanının Hesaplanması

"El/Kol Pozisyonu veya Hareketi" göstergesi, parmaklara, ellere, dirseklere ve omuz eklemlerine binen yükleri hesaba katar. Değerlendirme eklem pozisyonlarının ve tekrarlanmasının/sürelerinin kombinasyonunu dikkate almalıdır. Kesin bir eklemlere binen yüklerin hesaplanması yorucu hareketlerin analizi ile mümkündür. Aşağıdaki tabloda değerlendirme için gerekli bilgiler verilmiştir.

Tablo 6. El/Kol Pozisyonu veya Hareketinin Puanının Hesaplanması

El/Kol Pozisyonu veya Hareketi*		Derecelendirme Puanı
	İyi: orta (rahat) aralıktaki eklemlerin konumu veya hareketi/ sadece nadir sapmalar.	0
	Kısıtlı: Eklemlerin nadiren hareket aralığı sınırlarında hareketi veya pozisyonda olması.	1
	Sakıncalı: Eklemlerin sık sık hareket aralığı sınırlarında hareketi veya pozisyonda olması.	2
	Zayıf: Eklemlerin sık sık hareket aralığı sınırlarında hareketi veya pozisyonda olması/ el-kol desteği olmadan kolları sürekli statik tutma	3
*Tipik pozisyonlar dikkate alınmalıdır. Nadir sapmalar göz ardı edilebilir.		



Şekil 4. El/Kol Pozisyonu veya Hareketleri

4.1.5. Çalışma Koşullarının Puanının Hesaplanması

"Çalışma Koşulları" göstergesi işin performansına etki eden faktörleri ifade etmektedir. Puanlamada referans alınan durumlar aşağıda sıralanmıştır.

- Sınırlı görüş koşulları (yeterli aydınlatma olmaması, parlak yüzeylerle çalışma…)
- Soğuk, hava akımı ve nem
- Rahatsız edici sesler

Kısıtlı görüş koşulları, küçük parçalar ile çalışırken istenmeyen duruş pozisyonlarına çalışanları yönlendirebilir. Doğru aydınlatmanın olmayışı görüş mesafesini azaltabilir veya göz kamaşmasından dolayı farklı baş pozisyonlarına sebebiyet verebilir. Her iki durumda boyundaki ense kaslarına ilave yük oluşturacaktır.

Soğuk, hava akımı ve nem vücutta kısmi soğumalara sebebiyet verebilir bu durum eklemlere ilave yük bindirir ve hareketlerin koordinasyonunu azaltır.

Rahatsız edici sesler, özellikle yüksek konsantrasyon gerektiren işlerde omuz-ense bölgesinde kas gerilimine sebebiyet verebilir.

Tablo 7. Çalışma Koşullarının Puanının Hesaplanması

Çalışma Koşulları	Derecelendirme Puanı
İyi: Çalışma koşulları ile ilgili detayların güvenilir olması/Göz kamaşması olmayan/ İyi iklim koşulları	0
Kısıtlı: Göz kamaşması veya aşırı küçük ayrıntılar nedeniyle bozulmuş detay tanıma	1
Tabloda belirtilmeyen özellikler buna göre dikkate alınmalıdır. Son derece olumsuz koşullar altında derecelendirme puanı 2 atanabilir	

4.1.6. Duruş Pozisyonunun Puanının Hesaplanması

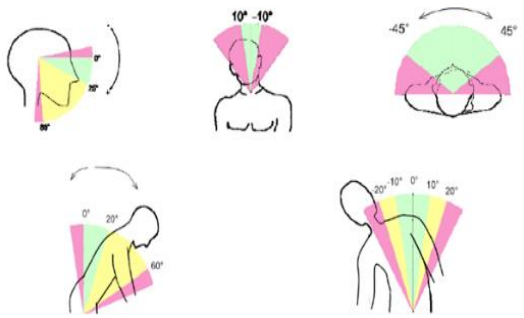
"Duruş" göstergesi boyunun ense bölgesine, sırta ve bacaklara binen yükü göstermektedir. Referans noktaları

- Hareket için kısıtlı olasılıklar söz konusu
- Gövde ve sırt-ense kaslarının statik yüke maruz kaldığı işler
- Elverişsiz eklem pozisyonu
- Uzun periyotlarda ayakta durma

Tablo 8. Duruş Pozisyonunun Puanının Hesaplanması

Duruş		Derecelendirme Puanı
	İyi: oturma ve ayakta durma alternatiflerinin olması / ayakta durma ve yürüme alternatiflerinin olması/ gerektiğinde ellerin ve kolların dinlenebilmesi/ belden dönmenin olmaması/ baş duruşunun değişken olması / omuz yüksekliği üzerinde hiçbir kavramanın olmaması	0
	Kısıtlı: Eylem alanına doğru hafif eğimli gövde/ çoğu zaman oturma ama zaman zaman ayakta durma veya yürüme/ omuz yüksekliği üzerinde ara sıra kavrama	1
	Sakıncalı: Gövde açıkça öne eğilmiş ve/veya belden dönmüş/ çalışma için baş duruşu tanımlı/ Hareket özgürlüğü sınırlandırılmış/ Yürüyüş olmadan sabit ayakta duruş/ Sık sık omuz üzerine kavrama / Sık sık gövdeden uzaktan kavrama	3
	Zayıf: Gövde ciddi bükülmüş ve ileri eğimli/ vücut duruşu kesinlikle sabit/ Büyüteçle veya mikroskopla eylemin görsel kontrolü/ başın ciddi şekilde eğilmesi veya bükülmesi / Sık sık omuz eğilme / omuz seviyesinin üzerinde sabit kavrama/ Vücuttan sabit şekilde sürekli uzaktan kavrama	5

Duruşun tam olarak belirlenmesi yalnızca hareket analizi ile mümkündür. KIM Modelinde dikkat orta noktadan olan sapmalara odaklanmaktadır. Bunlar aşağıdaki şekilde kırmızı ile gösterilmiştir.



Şekil 5. KIM Modelinde dikkatin orta noktadan oluşan sapmalara odaklanması

4.2. Risk Puanının Hesaplanması

Tablo 9. RİSK PUANININ HESAPLANMASI

	Parmak-El Bölgesinde Oluşan Kuvvet Sarf Etme Türü						
+	Kuvvet Aktarma/ Kavrama Koşulları						
+	İş Organizasyonu						
+	El/Kol Pozisyonu veya Hareketi						
+	Çalışma Koşulları			Zaman Değerlendirme Puanı		Risk Puanı
+	Duruş					
=	Toplam		X		=	

Hesaplanan risk puanı için aşağıdaki tablodan bir değerlendirme yapmak mümkündür.

Tablo 10. Risk Puanının Değerlendirilmesi

SEVİYE	PUAN	RİSK	TANIM
1	<10	DÜŞÜK	Düşük yük durumu, fiziksel yüklemelerden dolayı sağlık riskinin oluşması çok zordur.
2	10=<25	ORTA	Orta yük durumu, daha az esnek kişiler için fiziksel aşırı yük mümkündür.
3	25=<50	YÜKSEK	Artan yük durumu, normal esnek kişiler için fiziksel aşırı yük mümkündür.
4	>=50	ÇOK YÜKSEK	Yüksek yük durumu, fiziksel aşırı yüklenme görünme olasılığı yüksektir.

BÖLÜM 5. UYGULAMA

Ergonomik risklerin ölçülerek belirlenmesi sırasında Python programlama dili, OpenPose ve OpenCV kütüphanelerinden faydalanılmıştır.

Ergonomik risk değerlendirmesi hesaplanma sürecinde web programcılığı, nesneye dayalı programlama gibi teknolojilerin yanı sıra grafik araçları ile yüksek seviyeli programlama dillerinin de kullanılması gerekmektedir.

Vücut pozisyonu belirlenmesi için Python programlama dili, Openpose ve Opencv kütüphanelerinden yararlanılmıştır. Web api'ye bağlanma işlemi ise Python programlama diliyle yapılan uygulama flask kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Web arayüzü olarak ASP.NET Core kullanılarak arayüz ortamı oluşturulmuştur.

Kullanıcı girişi, veri tabanına kaydetme, ergonomik risk değerlendirilmesinin yapılması gibi özellikler eklenerek programın kullanıcı tarafından erişimi kolaylaştırılmıştır.

Kullanılan örnek veri setindeki eğitime göre çıktı formatı şu şekildedir;
Burun - 0, Boyun - 1, Sağ Omuz - 2, Sağ Dirsek - 3, Sağ Bilek - 4,
Sol Omuz - 5, Sol Dirsek - 6, Sol Bilek - 7, Sağ Kalça - 8,
Sağ Diz - 9, Sağ Ayak Bileği - 10, Sol Kalça - 11, Sol Diz - 12,
LAnkle - 13, Sağ Göz - 14, Sol Göz - 15, Sağ Kulak - 16,
Sol Kulak - 17, Arka Plan – 18.

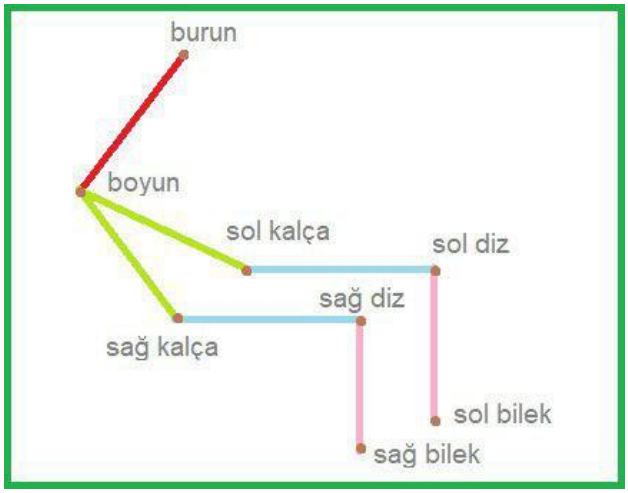
5.1. OpenPose Kütüphanesi

Görüntü işleme kısmında insanların eklem yerlerini tespit edilmektedir. Bu çalışmada; giderek artış gösteren bilgisayarlı görü ve makine öğrenmesi tekniklerinin uygulamalarından birisi olan OpenPose Kütüphanesi [14] kullanılmıştır. OpenPose Kütüphanesi olan 2B insan pozisyon tahmini yapan açık kaynak kodlu bir çalışmadır.

OpenPose'u kütüphanesinin seçilmesinin sebebi Mask R-CNN [15] veya Alpha-Pose [16] gibi popüler kütüphaneler mevcut yüz, vücut kilit noktası gibi faktörleri birleştiremez. Openpose farklı platformlarda ve gömülü sistemlerde çalışabilir yapıdadır.

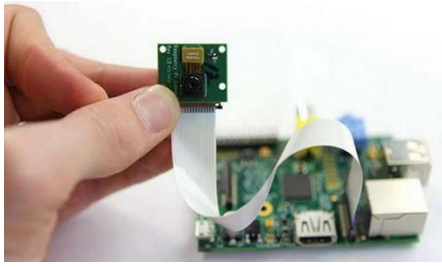
OpenPose 3 parçadan meydana gelir; vücut ve ayak tespiti, el tespiti, yüz tespitidir. Alternatif olarak sadece vücut tespit eden 2 adet eğitilmiş model bulunmaktadır. Bu modeller COCO [17] ve MPII [18] veri setidir. Ayrıca OpenPose, OpenCV [19] kütüphanesine dahil edilmiştir.

5.2. Duruş Pozisyonlarının Derin Öğrenme İle İncelenmesi Ve Puanlanması



Şekil 6. Kullanılan iskelet yapısı

İnsanların bel duruş ve bacak duruş açılarını öğrenmek için Şekil 6'da boyun, kalça, diz ve kalça, diz, bilek noktaları sağ ve sol olarak değerlendirilmiştir.

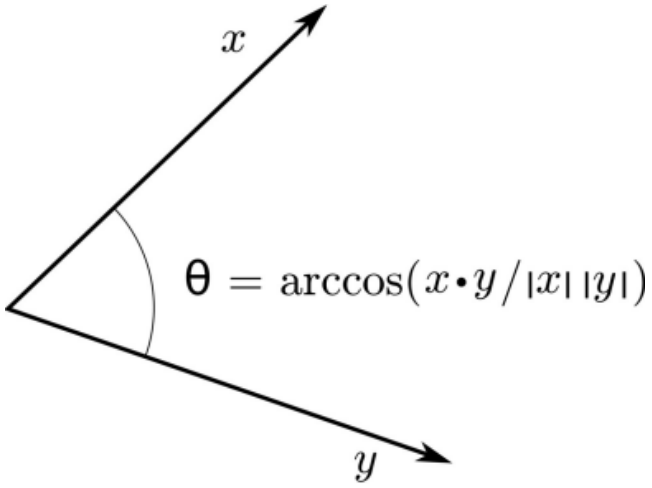


Şekil 7. CSI V2 Kamera

Kamera olarak Raspberry Pi kullanıcılarının sıklıkla kullandığı yukarıdaki şekildeki CSI V2 kamera kullanılmıştır.

Şekil 8. Anlık Kamera Görüntüsü

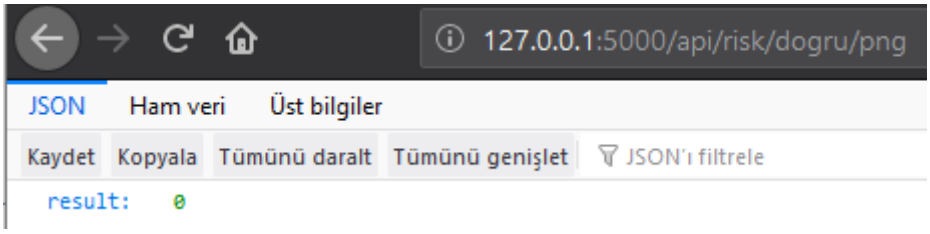
Öncelikle bireyi tanımlıyoruz. Sonrasında yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere kameradan 30 saniyelik periyotlar halinde çalışma süresi boyunca fotoğraf çekmektedir. Çekilen bu fotoğraf Openpose kütüphanesi ile birlikte bireyin iskeletini çıkarmaktadır.



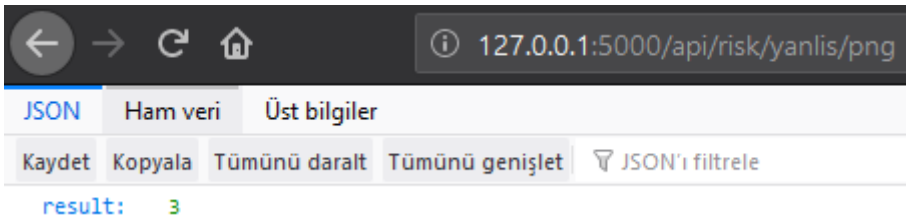
Şekil 9. İki vektör arasındaki açının hesaplanması

Şekil 9'daki $\theta = \arccos\,(x \cdot y/|x|\,|y|)$ formülünü her biri için uygulandı. Karar verme sistemi açıların hangi aralığıyla alakalı olarak 0, 1, 3 ve 5 olmak üzere sonuç döndürüyor.

Açılar kullanılarak puanlama yapan bir algoritma kullanılmıştır. Bu algoritma sonucu aşağıdaki gibidir.

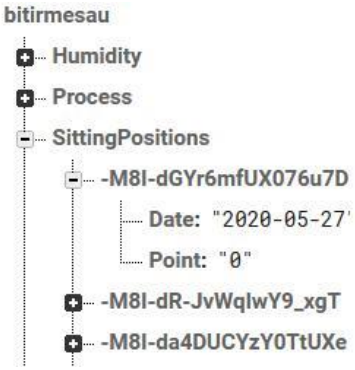


Şekil 10. Doğru oturuş pozisyonu api sonucu



Şekil 11. Yanlış oturuş pozisyonu api sonucu

Ergonomik risk değerlendirmesinin puanı Şekil 10.'da ve 11.'de görüldüğü gibi API'den sonuç vermektedir.



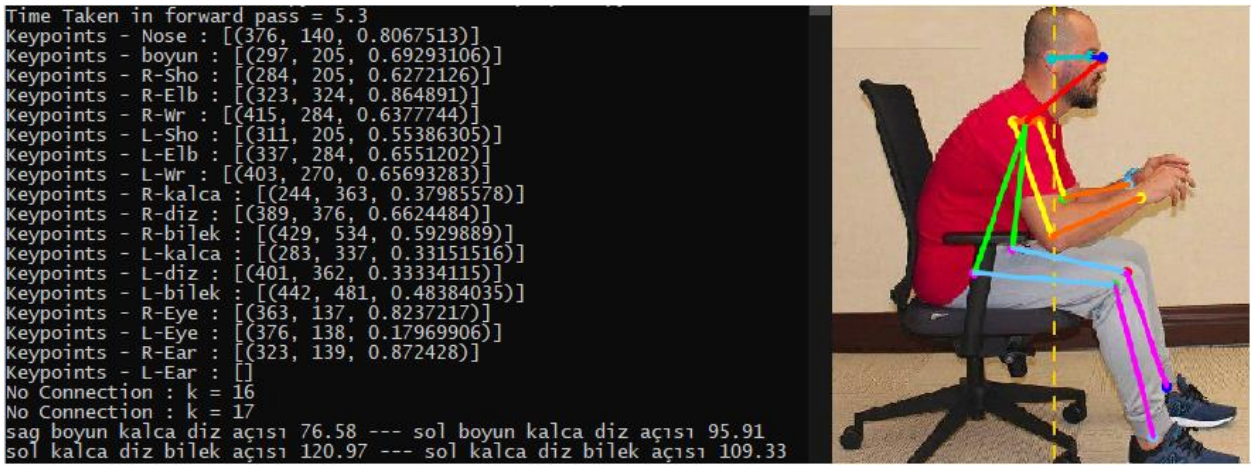
Şekil 12. Veritabanı duruş pozisyonlarının puanı

API'den gelen sonuç yukarıdaki şekildeki gibi verileri firebase kütüphanesi ile Firebase Realtime Database kullanılarak veriler tarih, zaman ve daha önceden tanımlı olan bireyin adı olarak aktarılmaktadır.

Şekil 13. Doğru oturuş pozisyonu doğru hesaplama

Şekil 13'de görüldüğü üzere 6,62 saniyede[1] işleme bitmiştir. Sunucu burada 0 çıktısını vermiştir. Bu sonuç bireyin iyi oturuş pozisyonunda olduğunu göstermektedir.

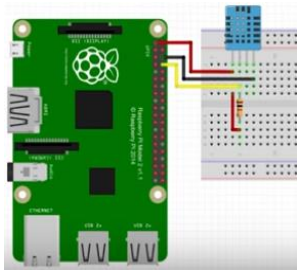
[1] Hesaplamada kullanılan bilgisayar ve özellikleri: Lenovo Z510 i5 4200M Nvidia 740M 6GB Ram.



Şekil 14.Yanlış oturuş pozisyonu doğru hesaplama

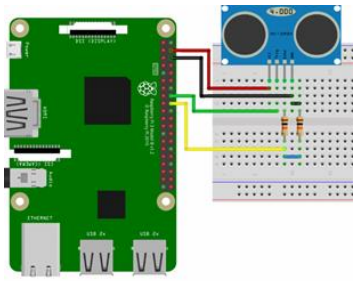
Şekil 14'de birey sakıncalı bir pozisyonda oturduğu için sunucu 3 çıktısını vermiştir.

5.3. Çalışma Koşullarının Ve Çalışma Süresinin Hesaplanıp Puanlandırılması



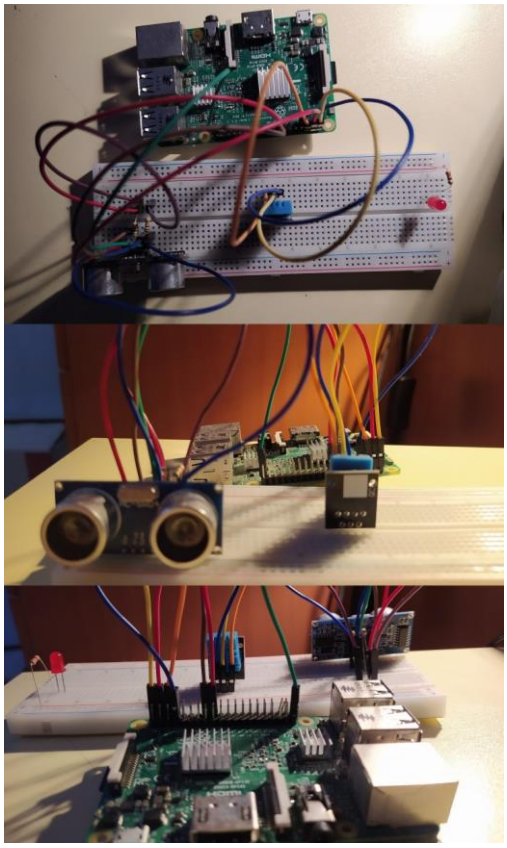
Şekil 15. DHT11 sensörünün Raspberry Pi ile bağlantısı

KIM metodunun diğer bir puanlama aşaması olan ortam sıcaklığı ve nemi için DHT11 sensörü kullanılmıştır. Bu sensör ile gelen veriler 30 saniyede 1 defa Firebase' e kayıt edilmekte ve bu şekilde ortam sıcaklığının puanlaması yapılmaktadır.



Şekil 16. HCSR-04 sensörünün Raspberry Pi ile bağlantısı

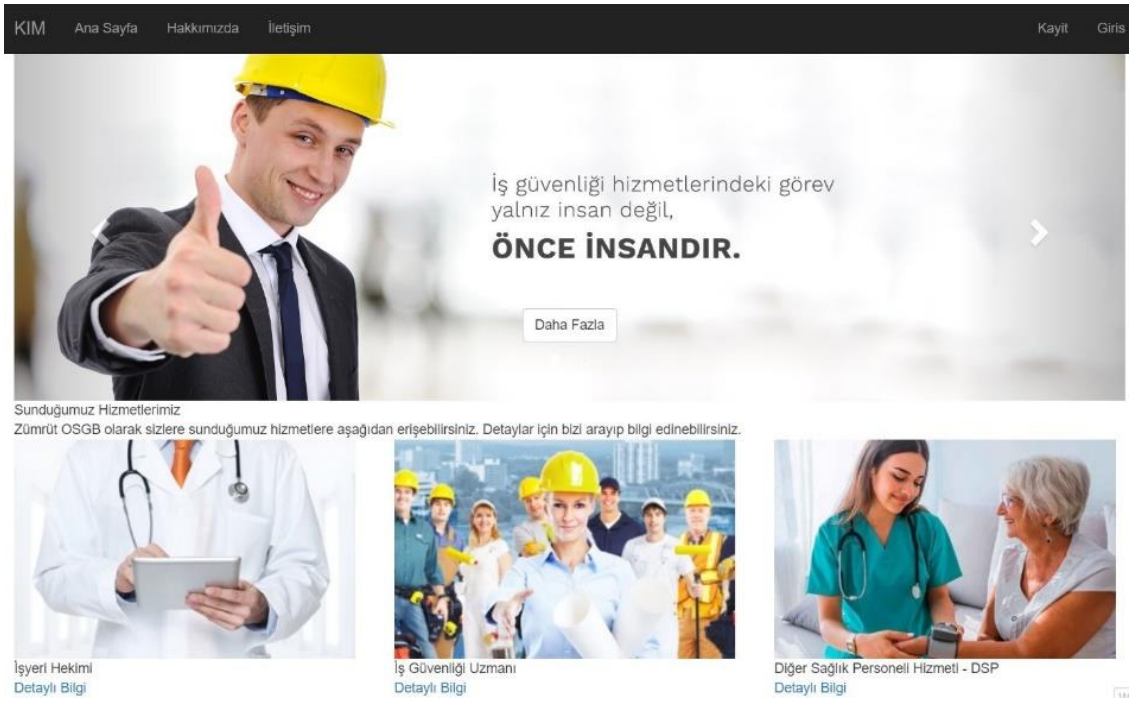
İşçinin yapacağı işin kaç saniyede ya da dakikada gerçekleştiğini ölçmek için HC-SR04 sensörü kullanıldı. HC-SR04 Sensörü kullanımı ile bireyin yaptığı işin süresi ölçüldü. İlk üç veriyi test olarak kullanıp sonrasındaki gelen ürünlerin mesafe aralığını ölçüldü. Bu şekilde bir işi ne kadar sürede yaptığını hesaplıyor ve 2 sensör kullanılması gerekirken ilk gelen 3 veriyi test olarak kullanıp sonraki gelen verilerin ortalaması alındığı takdirde 1 sensör az kullanılmış oluyor.



Şekil 17. Projenin gerçek halinden alıntı bir fotoğraf

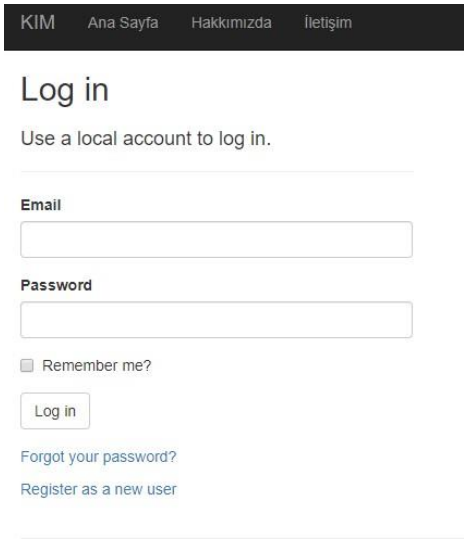
5.4. Verilerin Kayıt Edilmesi Ve Görselleştirilmesi

Ergonomik risk değerlendirmesinin ortak bir platformda çalıştırılabilmesi için internet sitesi tasarlandı. Veri tabanı ile web sitesi aracıyla kullanıcıya ulaşacak şekilde tasarlanmıştır. Eğer eksik bilgiler ve veriler var ise el ile girilebilir opsiyonu da sağlanmıştır. Bu şekilde ergonomik risk değerlendirme tamamlanmıştır. Tasarlanan internet sitesine ait ilgili ara yüz görüntüleri ve açıklamaları aşağıdaki gibidir.

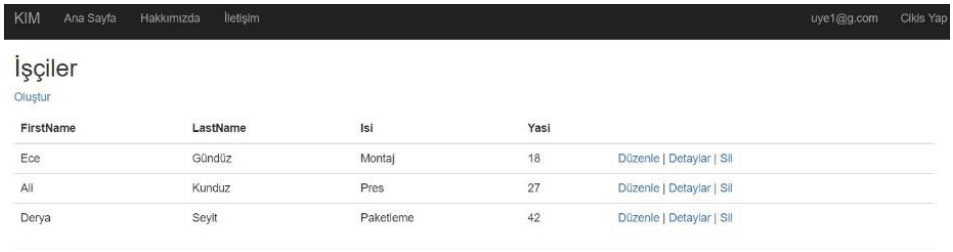


Şekil 18. İnternet Sitesi Ana Sayfa

Kullanıcı girişi; kayıt olma ve diğer menülere geçiş yapılabilir şekilde tasarlanmış site açıldığında ilk görülen sayfadır.



Şekil 19. Kullanıcı Girişi Sayfası



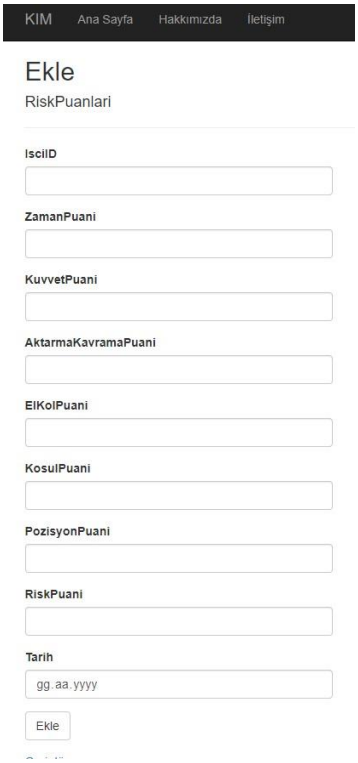
Şekil 20. İnternet Sitesi İşçiler Sayfası

İnternet Sitesi İşçiler Sayfası sayesinde kullanıcı; işçi ekleme, düzenleme yapabilmekte ve detayları görüntüleyebilmektedir.

IsciID	ZamanPuani	KuvvetPuani	AktarmaKavramaPuani	ElKolPuani	KosulPuani	PozisyonPuani	RiskPuani	Tarih
1	3	5	2	2	1	1	**33**	22-09-2019
2	2	3	2	0	0	0	**10**	22-10-2019
3	6	2	4	1	1	1	**54**	22-10-2019

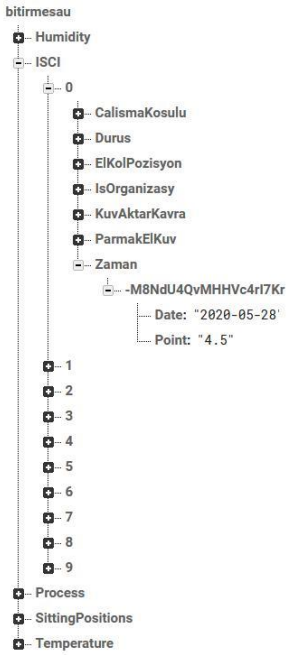
Şekil 21. İnternet Sitesi Risk Puanları Sayfası

İnternet sitesi risk puanları sayfası sayesinde kullanıcı risk puanı ekleyebilmekte, düzenleme yapılabilmekte ve detayları görüntüleyebilmektedir.



Şekil 22. İnternet Sitesi Risk Puanı Ekleme Sayfası

Kullanıcı internet sitesi risk puanı ekleme sayfası sayesinde risk puanlarını manuel olarak ekleyebilmektedir.

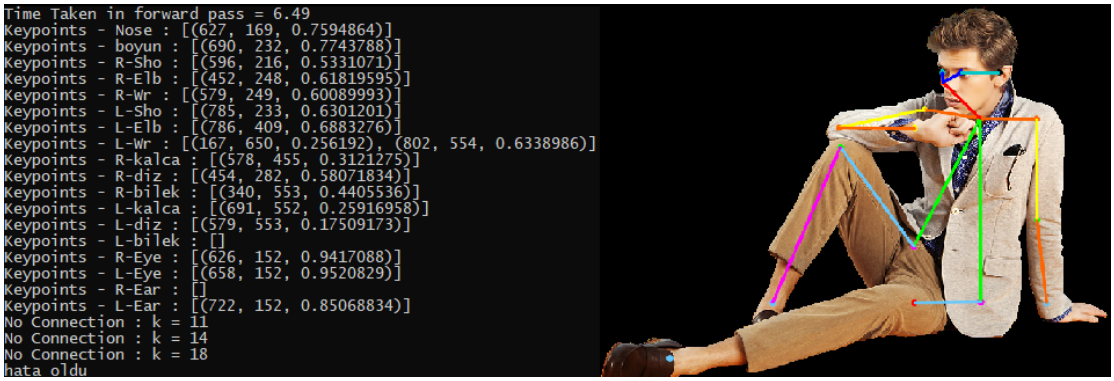


Şekil 23. Veritabanı yapısı eklenmiş veriler ile birlikte

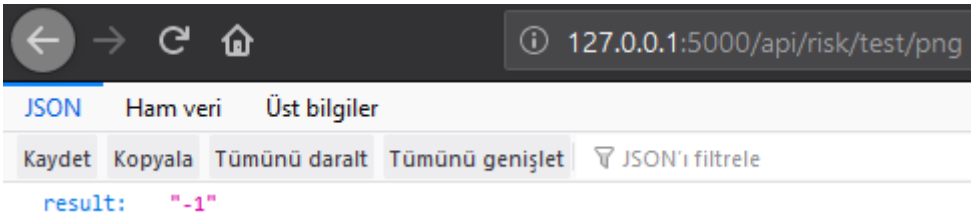
BÖLÜM 6. SENARYOLAR

Bu çalışmada oluşabilecek hatalar için test ortamı oluşturuldu ve hesaplanamayan durumun oluşabildiği belirlendi.

Yapay sinir ağlarının kesin sonuç vermediği bilinmektedir. Bu çözümümüz de bazı durumlarda hatalı sonuç veya hata verebilmektedir.



Şekil 24. Hesaplayamadığı durum



Şekil 25. RESTful API Hata Değeri

Şekil 24'de görüldüğü üzere sol bilek bulanamadığı için hesaplama doğru olarak yapılamamaktadır. Bu yüzden konsola hata oldu yazarak WEB API sonucunu Şekil 25'te gördüğümüz üzere -1 yani hata olarak vermektedir.

.

Sensörlerin ve cihazların yerleştirilmesi sistemin çalışması açısından önemlidir. Bu sebep dolayısıyla herhangi bir su sıçrama veya bir parçanın üzerine düşme ihtimaline karşılık su geçirmez kutu ile Raspberry Pi kapatıldı. Sensörlerin yerleşiminde ise

kullanım kılavuzunda yazdığı üzere Raspberry Pi’den 15 cm uzakta olması verimi açısından önemli olacağından dolayı yerleşimi o şekilde yapılmıştır.

BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ergonomik risk değerlendirmeleri uygulanabilirliği sağlık için oldukça önemli bir konumdadır. İnsanların ergonomik açıdan sağlıklarının tehdit eden risklerin ölçülebilmesi kullanıcıların istedikleri zaman istedikleri ortamda rahatlıkla ölçümlerinin yapabilir olmaları böyle bir sanal ortamın oluşturulup geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyaca çözüm olarak sanal bir ortam oluşturulmuştur. Sanal ortamda görüntü işleme temelli anahtar göstergeler yöntemiyle ergonomik risk değerlendirme yapılması ele alınmıştır.

İşletmelerde ergonomik risk değerlendirmesinin uygulayan kişiler çok deneyimli olmayıp kişisel çıkarımlara dayalı gözlemler olması sebebiyle çok elverişli değildir. Bundan dolayı anahtar göstergeler yöntemiyle ergonomik risk değerlendirme yapılması sırasında özellikle duruş pozisyonları görüntü işleme teknikleri sayesinde doğrulukla hesaplanabilmektedir. Diğer tüm risk puanlarının manuel olarak girdi alınarak ergonomik risk puanının hesaplanması internet sitesi aracılığı ile sağlanmıştır.

Görüntü işleme temelli anahtar göstergeler yöntemiyle ergonomik risk değerlendirme yapılması daha sonra yapılacak olan benzer ergonomik çalışmalara da fikir verecek ve fayda sağlayacaktır. Ürün tamamlama süresi de görüntü işleme ile yapılabilir. Ses sensörü eklemesi yapılması metodun verimini arttıracaktır. Ses sensörü eklemesi için Arduino kartı kullanılabilir veya alternatif db ölçme cihazları bağlanabilir. Sistem maliyeti düşürülüp her çalışma işyerine dağıtıldıktan sonra elde edilecek veriler sayesinde ülkede veya bölgedeki çalışma koşulları hakkındaki benzer çalışmalara da fayda sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

[1] 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6331-20120713.pdf, son erişim tarihi: 10.11.2019

[2] Kocabaş, M., "Ağır ve Tehlikeli İşlerde Çalışan İş Görenlerde Zorlanmaya Neden Olan Çalışma Duruşlarının Analizi," Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2009.

[3] Yavuzkan, G* Kaya, K. Yağız, M.C. Erdem, M. ve Acar, I.,"Ergonomi Risk Analizleri Yazılımlaştırılması Ergonomi- İş Sağlığı Güvenliği Risk Haritalandırılması", Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 2015.

[4] Bakır, B., Güler, Ç. "Sağlık Boyutuyla Ergonomi", Palme Yayıncılık, Ankara, 2004.

[5] Özcan, E. "İş Yerinde Ergonomik Risklerin Değerlendirilmesi ve Hızlı Maruziyet Değerlendirme (HMD) Yöntemi," Mühendis ve Makina, cilt 52, sayı 616, s. 86-89, 2011.

[6] Chiasson, M. E., Imbeau, D., Major, J., Aubry, K., Delisle, A., "Comparing The Results of Eight Methods Used to Evaluate Risk Factors Associated with Musculoskeletal Disorders," International Journal of Industrial Ergonomics, vol. 42, p. 478-488, 2012.

[7] Village, J., Trask, C., Luong, N., Chow, Y., Johnson, P., Koehoorn, M., Teschke, K. "Development and Evaluation of an Observational Back-Exposure Sampling Tool (Back-EST) for Work-Related Back Injury Risk Factors," Applied Ergonomics, vol. 40, p. 538-544, 2008

[8] Baxes, A G., Digital Image Processing Principles and Applications, John Wiley & Sons, Inc., USA, 1994.

[9] Castelman, R. K., Digital Image Processing, Prentice hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1996.

[10] Haralick, R.M. ve Shapiro, L.G., " Computer and Robot Vision", Addison Wesley Publishing Co., USA, 1993.

[11] Sigma Scan Pro, Automated Image Analysis Software User's Manual, Jandel Scientific software Co., USA, 1995.

[12] Yaman, K. Sarucan, A. Atak, M. Aktürk, N., “Dinamik Çizelgeleme İçin Görüntü İşleme Ve Arıma Modelleri Yardımıyla Veri Hazırlama”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 16, No 1, 19-40, 2001.

[13] Deniz G. Arçelik A.Ş. Buzdolabı İşletmesi Ergonomik Risk Analizi Ve Riskin Haritalandırılması, 2015.

[14] G. Hidalgo, Z. Cao, T. Simon, S.-E. Wei, H. Joo, and Y. Sheikh, “OpenPose library,” https://github.com/ CMU-Perceptual-Computing-Lab/openpose.

[15] K. He, G. Gkioxari, P. Doll´ar, and R. Girshick, “Mask r-cnn,” in ICCV, 2017.

[16] H.-S. Fang, S. Xie, Y.-W. Tai, and C. Lu, “RMPE: Regional multiperson pose estimation,” in ICCV, 2017.

[17] T.-Y. Lin, M. Maire, S. Belongie, J. Hays, P. Perona, D. Ramanan, P. Doll´ar, and C. L. Zitnick, “Microsoft COCO: common objects in context,” in ECCV, 2014.

18] M. Andriluka, L. Pishchulin, P. Gehler, and B. Schiele, “2D human pose estimation: new benchmark and state of the art analysis,” in CVPR, 2014.

[19] G. Bradski, “The OpenCV Library,” Dr. Dobb’s Journal of Software Tools, 2000.

ÖZGEÇMİŞ

Nazım Can Özpınarlı, 07.08.1998 de Gebze'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Gebze'de tamamladı. 2016 yılında Gebze Anibal Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2016 yılında Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2017-2018 yılları arasında Sakarya Teknokent'te faaliyet gösteren PASTEL XML Şirketinde yazılım stajyeri olarak çalıştı. 2019 yılında Atılım Yazılım Şirketinde yazılım stajını yaptı. Şu an halen Sakarya Üniversitesi'nde eğitimine devam etmektedir.

BSM 498 BİTİRME ÇALIŞMASI
DEĞERLENDİRME VE SÖZLÜ SINAV TUTANAĞI

KONU:
ÖĞRENCİLER (Öğrenci No/AD/SOYAD):G161210552/NAZIM CAN/ÖZPINARLI

Değerlendirme Konusu	İstenenler	Not Aralığı	Not
Yazılı Çalışma			
Çalışma klavuza uygun olarak hazırlanmış mı?	x	0-5	
Teknik Yönden			
Problemin tanımı yapılmış mı?	x	0-5	
Geliştirilecek yazılımın/donanımın mimarisini içeren blok şeması (yazılımlar için veri akış şeması (dfd) da olabilir) çizilerek açıklanmış mı?			
Blok şemadaki birimler arasındaki bilgi akışına ait model/gösterim var mı?			
Yazılımın gereksinim listesi oluşturulmuş mu?			
Kullanılan/kullanılması düşünülen araçlar/teknolojiler anlatılmış mı?			
Donanımların programlanması/konfigürasyonu için yazılım gereksinimleri belirtilmiş mi?			
UML ile modelleme yapılmış mı?			
Veritabanları kullanılmış ise kavramsal model çıkarılmış mı? (Varlık ilişki modeli, noSQL kavramsal modelleri v.b.)			
Projeye yönelik iş-zaman çizelgesi çıkarılarak maliyet analizi yapılmış mı?			
Donanım bileşenlerinin maliyet analizi (prototip-adetli seri üretim vb.) çıkarılmış mı?			
Donanım için gerekli enerji analizi (minimum-uyku-aktif-maksimum) yapılmış mı?			
Grup çalışmalarında grup üyelerinin görev tanımları verilmiş mi (iş-zaman çizelgesinde belirtilebilir)?			
Sürüm denetim sistemi (Version Control System; Git, Subversion v.s.) kullanılmış mı?			
Sistemin genel testi için uygulanan metotlar ve iyileştirme süreçlerinin dökümü verilmiş mi?			
Yazılımın sızma testi yapılmış mı?			
Performans testi yapılmış mı?			
Tasarımın uygulamasında ortaya çıkan uyumsuzluklar ve aksaklıklar belirtilerek çözüm yöntemleri tartışılmış mı?			
Yapılan işlerin zorluk derecesi?	x	0-25	
Sözlü Sınav			
Yapılan sunum başarılı mı?	x	0-5	
Soruları yanıtlama yetkinliği?	x	0-20	
Devam Durumu			
Öğrenci dönem içerisindeki raporlarını düzenli olarak hazırladı mı?	x	0-5	
Diğer Maddeler			
Toplam			

DANIŞMAN (JÜRİ ADINA):
DANIŞMAN İMZASI: