

Dijital İnsan Modelleri Kullanarak Otomobil Sürücüsü Duruş Pozisyonlarının Ergonomik Değerlendirilmesi Üzerine Bir Çalışma

Cengiz ELDEM^a, Neslihan TOP^{*,a}, Hamza ŞAHİN^a

^aGazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, ANKARA 06500, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 01.07.2018
Kabul: 15.03.2019

Anahtar Kelimeler:

Ergonomi,
CATIA,
RULA,
REBA,
Otomotiv Sanayi.

***Sorumlu Yazar:**

neslihantop@gazi.edu.
tr

ÖZET

Ergonomik analiz yöntemleri, ürün tasarım sürecini kısaltarak üretim sonrası beklenmeyen durumlarla karşılaşmayı engellemektedir. Üretim sonrasında fark edilen hatalar, maddi kayıplara ve kullanıcılar üzerinde ciddi sağlık problemlerine sebep olabilmektedir. Üretimde verimliliği artırması sebebiyle ergonomi bilimi, başta mühendislik olmak üzere mimarlık, anatomi, tıp, psikoloji ve fizyoloji gibi birçok disiplinin ortak çalışma alanı haline gelmiştir. Mühendislik bilimlerinde, her türlü araç ve gerecin tasarımında ergonomi biliminden yararlanılmaktadır. Otomotiv sektörü, ergonomik tasarımların en çok ihtiyaç duyulduğu alanlardan biridir. Ergonomik olmayan otomobil tasarımları, güvenli sürüşü etkilemesinin yanı sıra sürücü kas ve iskelet sistemi üzerinde rahatsızlıklara sebep olabilmektedir. Tasarlanan otomobillerin beklenen performansı gösterebilmesi adına, bilgisayar destekli programlar yardımı ile sürücü ve yolcuların duruş pozisyonlarının analiz edilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışma kapsamında, CATIA V5 programının Rapid Entire Body Assessment (REBA) ve Rapid Upper Limb Assessment (RULA) analiz yöntemleri ile dijital insan modelleri kullanılarak farklı duruş pozisyonlarındaki otomobil sürücüsünün ergonomik değerlendirilmesi yapılmıştır. Analiz sonucunda, sürücü koltuğunun gaz-pedal bölümü ve tavan ile mesafesinde değişiklik yapılması gerektiği, sürücü koltuğunun eğim açısının değiştirilebileceği ve daha az kullanılan sol ayakta oluşabilecek kasılmaları engellemek adına önlemler alınması gerektiği tespit edilmiştir.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2019.01.03>

A Study on Ergonomic Assessment of Automobile Driver Posture Positions Using Digital Human Models

ARTICLE INFO

Received: 01.07.2018
Accepted: 15.03.2019

Keywords:

Ergonomic,
CATIA,
RULA,
REBA,
Automotive Industry

***Corresponding**

Authors

neslihantop@gazi.edu.
tr

ABSTRACT

Ergonomic analysis options shorten product design and prevent unexpected situations after production. Errors in production errors can cause material losses and serious health problems. The home page has become a common field of study in disciplines such as medicine, psychology and physiology. In engineering sciences, it can benefit from the science of ergonomics in the design of all kinds of vehicles and devices. We wanted the automotive industry from the areas where ergonomic designs are most needed. Non-ergonomic car designs can affect safe driving, as well as disruptions to the driver's seat and skeletal system. We aim to have designed cars, use computer aided programs and wait for the analysis of the positions of the drivers waiting for their passengers. These areas of work, the Quick Whole Body Evaluation (REBA) and the Fast Upper Extremity Assessment (RULA) analysis methods in CATIA V5, and the digital human models are located in different places. The analysand, in the system, which is open in the system related to the gas-pedal section and the roof of the driver's seat, requests that the angle of inclination of the driver's seat be altered and that it is used to prevent contractions on the left-hand side where less is used.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2019.01.03>

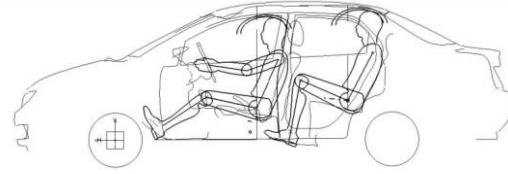
1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yunancada sırası ile iş ve yasa anlamına gelen "ergos" ve "nomos" kelimelerinin birleşimi ile ergonomi terimi meydana gelmiştir [1]. Ergonomi bilimi, bireyin çalışma alanı içerisinde kullanabileceği tüm araç-gereç ve çevre ile olan etkileşimini inceler. Bu inceleme sonucunda elde edilen problemlere, fizyoloji ve psikoloji gibi bilimlerin temel uygulamalarını entegre etmeye çalışır [2].

Ergonomi, insanın yer alabileceği tüm ürün ve sistemlerin tasarım süreçlerinde yararlanılması gereken bir bilim dalıdır. Kurşun kalemde uçağa kadar üretimi gerçekleştirilecek her bir tasarımın gelişim sürecinde antropometrik ölçülerden yararlanılması gerekir. Antropometri, insan vücut ölçü ve biçimlerinin belirlenmesi anlamına gelir. İş verimini arttırmak ve kullanım esnasında insan üzerinde oluşabilecek olumsuz etkileri minimuma indirmek adına antropometrik ölçüler kullanılır. İnsanların fiziksel değişimlerine göre tasarımın şekillenmesi sağlanır [3].

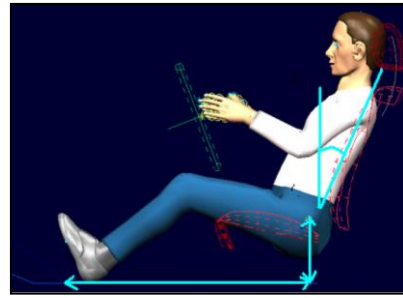
Günümüzde otomobil kullanımının artmasıyla beraber, sürücü duruş pozisyonunun ergonomik açıdan incelenmesi önemli bir konu haline gelmiştir. Araç sürücüleri için en uygun tasarımın yapılmasında, ergonomi biliminin ciddi derecede katkısı bulunmaktadır. Artan talep doğrultusunda birbirleri ile yarış halinde olan üretici firmalar, otomobilleri standart insan formuna göre tasarlamaktadır. Her ne kadar otomobillere ölçüsü ayarlanabilen donanımlar yerleştirilse de bu ölçü değişkenliği farklı toplumlara göre yetersiz kalabilmektedir. Antropometrik ölçüler, milletlere göre büyük farklılık gösterebilmektedir. Örneğin, Alman ve Japon toplumu arasındaki ölçü farkı (boy, tüm kol uzunluğu, alt bölge uzunluğu) 30 cm üzerinde iken, araçlarda ölçüsü ayarlanabilen donanımlar 10 cm arasında değişkenlik göstermektedir [4]. Bu ölçü, güvenli sürüş için hayati önem taşıyan sürücü duruş pozisyonunun sağlanması için yetersizdir. Sürücü koltuğunun yükseklik ve sırt ayarı güvenli sürüşü desteklemelidir. Sürücünün sırtı ile koltuk arasında boşluk kalmamalı, dizleri direksiyon ile temas etmemeli ya da pedallara ulaşımı zor olmamalıdır. Bu yüzden otomobil tasarımında hedeflenen toplumun antropometrik ölçüleri göz önünde bulundurulmalıdır. Otomobil sürücüsünün antropometrik ölçülerine göre değişiklik

gösterebilecek araç içerisindeki konumu Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Modelin Otomobil İçerisindeki Konumu [5]
(Position of the model in automobile)

Bu çalışma kapsamında ise CATIA V5 programında oluşturulan dijital insan modeli kullanılarak Rapid Entire Body Assessment (REBA) ve Rapid Upper Limb Assessment (RULA) ergonomik analiz yöntemleriyle otomobil sürüsünün araç içerisindeki konumunun değerlendirilmesi yapılmıştır. Görüş mesafesi değişikliğinden kaynaklanabilecek boyun bölgesindeki açı değişikliği ve gaz-pedal kullanım ölçüsünün farklılaşmasıyla ortaya çıkabilecek diz ve bacak bölgesindeki açı değişikliği değerlendirilmiştir. Belirlenen açı değerlerine bağlı olarak REBA yönteminde tablolar kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Programda oluşturulan otomobil modeli üzerine farklı konumlarda dijital insan modelleri yerleştirilerek sürücülerin araç kullanım sırasındaki ergonomik analizleri RULA yöntemi ile yapılmıştır. CATIA V5 programındaki dijital insan modelinin sürüş sırasındaki pozisyonu; gaz-pedal mesafesi ve görüş açısı mesafesi Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Modelin Sürüş Sırasındaki Pozisyonu [5]
(Position of the model when driving)

2. DİJİTAL İNSAN MODELLEME (DIGITAL HUMAN MODELLING)

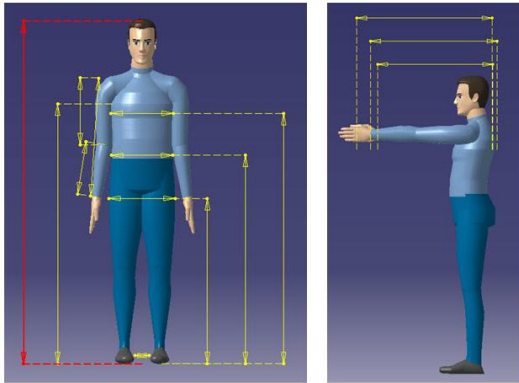
Dijital insan modelleme (Digital Human Modelling – DHM) yaklaşımı ile üretim öncesindeki tasarım aşamalarında ergonomik analiz yapılarak ürün üzerinde gerekli değişiklikler yapılabilmektedir.

Bu yaklaşım sayesinde üretim sonrasında fark edilebilecek ve geri dönüşümü mümkün olmayan hatalar erken tasarım süreçlerinde tespit edilebilmektedir. Gelişen teknolojiyle birlikte DHM yaklaşımının kullanımı giderek artmış ve ergonomik tasarım ve analiz süreçleri için etkili bir araç haline gelmiştir [6-8].

DHM'nin kullanımı, ürün tasarım sürecini kısaltırken, ürünün kullanımı sırasında oluşabilecek duruş bozukluğu, eklem ağrıları gibi rahatsızlıkların engellenmesine yardımcı olur. DHM tabanlı ürün tasarımında antropometri, tasarım sürecinin ilk aşamasında dikkate alınması gereken en önemli hususlardan biridir [9]. Tasarlanan ürünün kullanım senaryosu oluşturularak kullanıcı kitlesi belirlenmeli ve bu kullanıcı kitlesinin antropometrik ölçüleri belirlenerek ergonomik analizleri yapılmalıdır.

Dijital insan modelleri, insan iskelet yapısını ve vücut şeklini içeren antropometrik üç boyutlu mankenlerdir. Kullanılan birçok DHM uygulaması birbirine benzer sistemde çalışır [10]. Duruş ve hareket tahmini için kullanılan DHM kinematiklerini geliştirebilmek ve uygulanabilirliğini arttırmak adına İnsan Hareket Simülasyonu (HUMOSIM) projesi, insan hareket kayıtlarına ait veri tabanları oluşturmuştur [11-13]. Bu proje, ergonomik analizlerin doğruluğu adına oldukça önemlidir [13].

Dijital insan modelleri ile ergonomik analiz süreçlerinde birçok yazılım kullanılmaktadır. Kullanılan yazılımlardan biri ise bu çalışmada da uygulaması gerçekleştirilen CATIA V5 programıdır. Program içerisinde kullanılan dijital insan modelinin görüntüsü Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. CATIA V5 Programında Oluşturulan Model ve Belirlenmesi Gereken Antropometrik Ölçüler [14] (Model created in CATIA V5 Program and Anthropometric Measures to be determined)

3. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

İnsanların konforlu ve sorunsuz bir yaşam sürebilmesi adına, etkileşim içerisinde bulunduğu tüm araç-gereçlerin kullanımının ergonomik olması ve bireyin yaşam kalitesini düşürmemesi gerekmektedir. Bu yüzden, bireyin bulunduğu çevre koşullarının sahip olduğu özelliklerle uyum içinde olması beklenir.

Bu çalışmada CATIA V5 programında hazırlanan otomobil modeli içerisine sürücü konumundaki dijital insan modeli yerleştirilmiş ve sürücünün araç kullanımında karşılaşılabileceği zorlanmalar seviyelendirilmiştir. REBA ve RULA ergonomik analiz yöntemleri kullanılarak elde edilen verilere göre tasarımda yapılması gereken değişiklikler belirlenmiştir. Otomobil üretim sürecinde hitap edilen toplumun antropometrik ölçüleri baz alınmalıdır. Tasarlanan otomobilin rahat kullanımı mümkün olmadığı sürece estetik bir görüntüsünün olması hiçbir anlam ifade etmemektedir [15].

3.1. Rapid Entire Body Assessment (REBA) Yöntemi ile Ergonomik Analiz (Ergonomic Analysis with Rapid Entire Body Assessment)

Rapid Entire Body Assessment (REBA) yöntemi, duruş pozisyonlarının analizi sonucu elde edilen problemlerin çözümünde kullanılan yöntemlerden birisidir [16]. Bu yöntemle, çalışma esnasında boyun, gövde, bacak, kol ve bileklerde meydana gelebilecek yüklenmelere göre 1-15 arasında değişen bir skor belirlenir. Elde edilen bu skor değeri 1'den 15'e doğru ilerledikçe, önlem alınması gerekliliğinin ve aciliyetinin arttığı tespit edilmiş olur. Aynı zamanda risk seviyesinin de arttığını gösterir. Bu analiz sırasında vücudun sol ve sağ kısımları aynı anda değerlendirilir [17].

REBA skorunun tespit edilebilmesi için vücudun kısımları; boyun, gövde, bacak (A grubu) ve üst-alt kol, bilekler (B grubu) olarak ikiye ayrılır.

Boyun, gövde, bacakların skorlarının (Tablo 1) kombinasyonuna taşınan yük değeri eklenerek A skoru elde edilir. Üst, alt kol ve bileklerin skorlarına (Tablo 2) tutuş puan değeri eklenerek B skoru elde edilir. A ve B skorlarının kombinasyonundan C skoru elde edilir (Tablo 3) ve bu değere aktivite yoğunluk puan değeri eklenerek REBA skoruna ulaşılır [18].

Tablo 1. Gövde, boyun ve bacak skorları [17] (Body, neck and leg scores)

	BOYUN												
	1				2				3				
	BACAĞLAR				BACAĞLAR				BACAĞLAR				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
GÖVDE	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Tablo 2. Üst kol, alt kol ve bilek skorları [17] (Upper arm, lower arm and wrist scores)

	ALT KOL						
	1			2			
	BİLEK			BİLEK			
	1	2	3	1	2	3	
ÜST KOL	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Tablo 2. A ve C skorlarının kombinasyonu [17] (Combination of A and C scores)

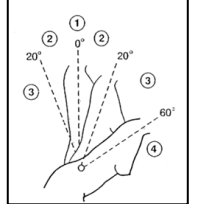
	B SKORU											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1
A SKORU	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	1	1	1
	7	7	7	7	8	9	9	9	1	1	1	1
	8	8	8	8	9	1	1	1	1	1	1	1
	9	9	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Tablo 1'deki boyun, gövde ve bacak skorlarının elde edilmesi Tablo 4-6'da gösterilmiştir. Tablo 2'deki kol ve bilek skor değerlerinin elde edilmesi ise Tablo 7-9'da belirtilmiştir.

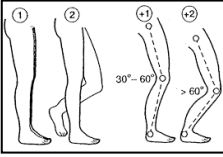
Tablo 4. Boyun Skor Tablosu [17] (Neck Score Table)

HAREKET	SKOR	SKOR DEĞİŞİMİ	
0° - 20° FLEKSİYON	1	YANA ESNEME VEYA DÖNME VARSA +1	
> 20° FLEKSİYON VEYA EKSTANSİYON	2		

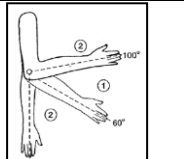
Tablo 3. Gövde Skor Tablosu [17] (Table 5. Body Score Table)

HAREKET	SKOR	SKOR DEĞİŞİMİ	
DİK	1	YANA ESNEME VEYA DÖNME VARSA +1	
0° - 20° FLEKSİYON	2		
0° - 20° EKSTANSİYON	3		
20° - 60° FLEKSİYON	3		
> 20° EKSTANSİYON	4		
> 60° FLEKSİYON	4		

Tablo 4. Bacak Skor Tablosu [17] (Leg Score Table)

HAREKET	SKOR	SKOR DEĞİŞİMİ	
BİLATERAL (İKİ TARAFLI) AĞIRLIK TAŞIMA, YÜRÜME VEYA OTURMA	1	DİZ(LER)D E 30° - 60° ARASI FLEKSİYON +1	
UNİLATERAL (TEK TARAFLI) AĞIRLIK TAŞIMA VEYA SABİT OLMAYAN DURUŞ	2	DİZ(LER)D E >60° FLEKSİYON (OTURMA HARİÇ) +2	

Tablo 5. Alt Kollar Açı-Skor Tablosu [17] (Bottom Arms Angle-Score Table)

HAREKET	SKOR	
60° - 100° FLEKSİYON	1	
< 60° FLEKSİYON VEYA > 100° FLEKSİYON	2	

Tablo 6. Üst Kollar Açı-Skor Tablosu [17] (Upper Arms Angle-Score Table)

HAREKET	SKOR	SKOR DEĞİŞİMİ	
20° FLEKSİYON - 20° EKSTANSİYON	1	KOLDA:	
20° - 45° FLEKSİYON > 20° EKSTANSİYON	2	ABDÜKSİYON VARSA ROTASYON VARSA +1	
45° - 90° FLEKSİYON > 90° FLEKSİYON	3	OMUZ YÜKSELMIŞSE +1	
	4	KOLUN DURUŞUNDA YER ÇEKİMİ DESTEĞİ ETKİLİYSE -1	

Tablo 9. Bilekler Açı-Skor Tablosu [17] (Angle-Score Table of the Wrists)

HAREKET	SKOR	SKOR DEĞİŞİMİ	
0° - 15° FLEKSİYON VEYA EKSTANSİYON	1	BİLEKLER DE YANA ESNEME VEYA DÖNME VARSA +1	
> 15° FLEKSİYON VEYA EKSTANSİYON	2		

Bahsedilen skorlara ilave olarak taşınan yük, tutuş planı ve aktivite yoğunluğu da sırasıyla Tablo 10-11-12'de verilen değerler yardımı ile tespit edilir.

Tablo 7. Taşınan Yük- Skor Tablosu [17] (Carried Load-Score Table)

YÜK/KUVVET	SKOR
< 5 KG	0
5 - 10 KG	1
> 10 KG	2
ANI VEYA HIZLI KUVVET ARTIŞI	+1

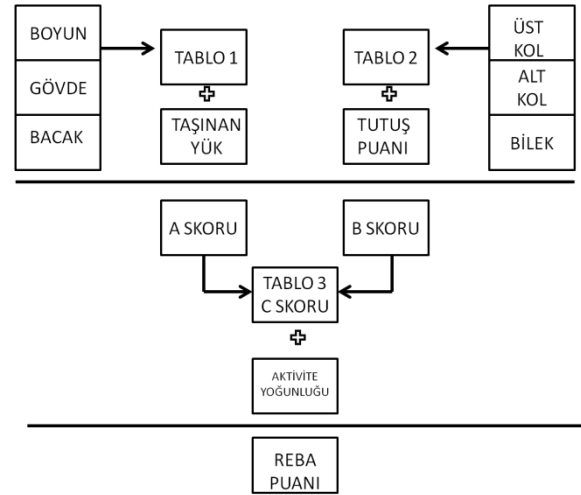
Tablo 8. Tutuş Planı - Kavrama - Skor Tablosu [17] (Hold Plan - Grasp - Score Table)

DERECE	AÇIKLAMA	SKOR
İYİ	İYİ BİR TUTMA KOLU VE ORTA ŞİDDETTE KAVRAMA GÜCÜ	0
UYGUN	EL TUTUŞU UYGUN FAKAT İDEAL DEĞİL VEYA VÜCUDUN BAŞKA BİR BÖLGESİ İLE KAVRAMA UYGUN	1
KÖTÜ	EL TUTUŞU UYGUN OLMAMASINA RAĞMEN MÜMKÜN	2
UYGUN DEĞİL	ZOR VE GÜVENLİ OLMAYAN TUTUŞ, TUTMA KOLU YOK VÜCUDUN BAŞKA BİR BÖLGESİ KULLANILARAK TUTUŞ UYGUN DEĞİL	3

Tablo 9. Aktivite Skoru Tablosu [17] (Activity Score Table)

AKTİVİTE	SKOR
BİR VEYA DAHA FAZLA VÜCUT BÖLGESİ SABİT (ÖRN; 1 DAKİKADAN UZUN SÜRE TUTMA)	+1
KISA ARALIKLARLA TEKRAR EDEN İŞLER (ÖRN; 1 DAKİKADA 4'TEN FAZLA TEKRAR EDEN İŞ, YÜRÜME HARİÇ)	+1
YAPILAN İŞ, DURUŞTA HIZLI VE BÜYÜK DEĞİŞİKLİĞE NEDEN OLUYORSA VEYA SABİT OLMAYAN ZEMİNDE ÇALIŞILIYORSA	+1

Tablo 1-12 kullanılarak ulaşılan skor değerlerinin, REBA skoruna dönüşümü Şekil 4'te gösterilmiştir. Elde edilen REBA skorunun risk seviyesi ise Tablo 13'e göre belirlenmiştir [17].



Şekil 4. REBA Skoru Tablosu (REBA Score table)

Tablo 10. REBA Risk Derecelendirmesi - Karar Tablosu [17] (REBA Risk Rating - Decision Table)

DERECE	REBA SKORU	RİSK SEVİYESİ	ÖNLEM
0	1	İHMAL EDİLEBİLİR	GEREKLİ DEĞİL
1	2-3	DÜŞÜK	GEREKLİ OLABİLİR
2	4-7	ORTA	GEREKLİ
3	8-10	YÜKSEK	KISA ZAMAN İÇİNDE GEREKLİ
4	11-15	ÇOK YÜKSEK	HEMEN GEREKLİ

3.2. Rapid Upper Limb Assessment (RULA) Yöntemi ile Ergonomik Analiz (Ergonomic Analysis by Rapid Upper Limb Assessment)

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) analiz yöntemi ile yapılacak iş için ihtiyaç duyulan güç göz önünde bulundurularak bireyde oluşabilecek kas-iskelet sistemi sorunları tespit edilebilmektedir [19]. Çalışma koşulları sebebiyle bireyde meydana gelebilecek etkiler, puanlandırma sistemi ile değerlendirilmektedir [20]. RULA analizi, bireyin hareketlerini, çalışma duruşunu ve iskelet kas sistemi üzerine binen yükün risk faktörünü inceler. Analizin tamamlanmasından sonra elde edilen final skor değeri 1-7 arasında değişkenlik gösterebilmektedir. Bu skor değerlerinin anlamı ise şu şekildedir;

- 1 ve 2: (Yeşil) Duruşun kabul edilebilir olduğunu gösterir uzun süre muhafaza edilir veya tekrarlanır.
- 3 ve 4: (Sarı) Daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu gösterir ve değişiklikler gerekebilir.
- 5 ve 6: (Turuncu) Araştırmanın ve değişikliklerin yakın zamanda gerekli olduğunu gösterir.
- 7: (Kırmızı) Hemen araştırmanın ve değişikliklerin gerekli olduğunu gösterir [21].

4. BULGULAR (FINDINGS)

Bu çalışma kapsamında sürücü modelinin araç içerisindeki görüş mesafesi ve konumunda değişiklikler yapılarak REBA ve RULA yöntemleriyle ergonomik analizi yapılmıştır. Sürücünün araç içindeki farklı pozisyonları, Durum 1 ve Durum 2 olarak adlandırılmıştır. Durum 1 ile Durum 2 arasında görüş mesafesi değişikliğinden kaynaklı olarak boyun bölgesinde açı değişikliği, gaz-pedal kullanmasından kaynaklı olarak diz ve bacak bölgesinde açı değişikliği yapılmıştır. Sürücü modellerine ait açı ölçümü ve elde edilen değerlere bağlı olarak REBA analizi hesaplamaları CATIA V5 programında gerçekleştirilmiştir.

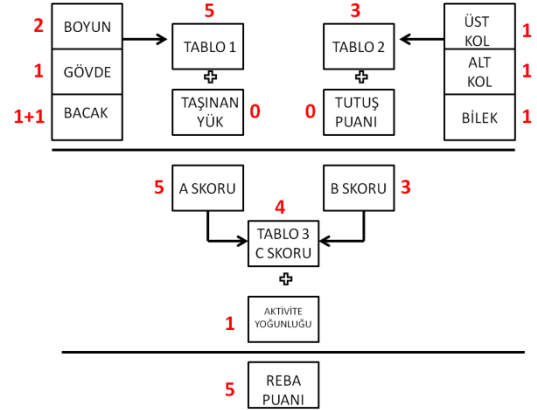
CATIA V5 yazılımında otomobil modeli hazırlanarak dijital insan modeli araç içerisine konumlandırılmış ve RULA yöntemi ile her iki farklı durum için sürücünün duruş pozisyonu ergonomik açıdan analiz edilmiştir.

4.1. Durum 1 İçin REBA Yöntemi İle Analiz

(Analysis with the REBA Method for Case 1)

Durum 1'e göre araç sürücü ergonomisi için REBA yöntemi ile tüm koşullardaki puanlamalar yapıldığında REBA skoru 5 olarak hesaplanmıştır (Şekil 5). Belirlenen bu skor, Tablo 14'de belirtilen REBA risk derecelendirme sonucuna göre insan

ergonomisi için orta seviyelerdedir ve önlem almak gereklidir.



Şekil 5. Durum 1 REBA Analizi Sonuçları (Case 1 REBA Analysis Results)

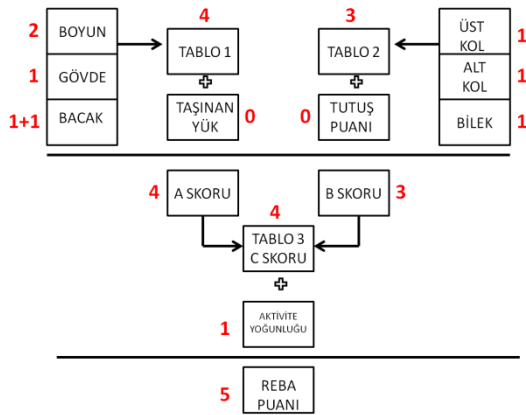
Tablo 11. Durum 1 REBA Risk Derecelendirme Sonuçları (Case 1 REBA Risk Rating Results)

DERECE	REBA SKORU	RİSK SEVİYESİ	ÖNLEM
0	1	İHMAL EDİLEBİLİR	GEREKLİ DEĞİL
1	2-3	DÜŞÜK	GEREKLİ OLABİLİR
2	4-7	ORTA	GEREKLİ
3	8-10	YÜKSEK	KISA ZAMAN İÇİNDE GEREKLİ
4	11-15	ÇOK YÜKSEK	HEMEN GEREKLİ

4.2. Durum 2 İçin REBA Yöntemi İle Analiz

(Analysis with the REBA Method for Case 2)

Durum 2'ye göre araç sürücü ergonomisi için REBA yöntemi ile tüm koşullardaki puanlamalar yapıldığında REBA skoru 5 olarak hesaplanmıştır (Şekil 6). Tablo 15'te belirtilen REBA risk derecelendirme sonucuna göre risk seviyesi, insan ergonomisi için orta seviyelerdedir ve önlem almak gereklidir.



Şekil 6. Durum 2 REBA Analizi Sonuçları (Case 2 REBA Analysis Results)

Tablo 15. Durum 2 REBA Risk Derecelendirme Sonuçları (Case 2 REBA Risk Rating Results)

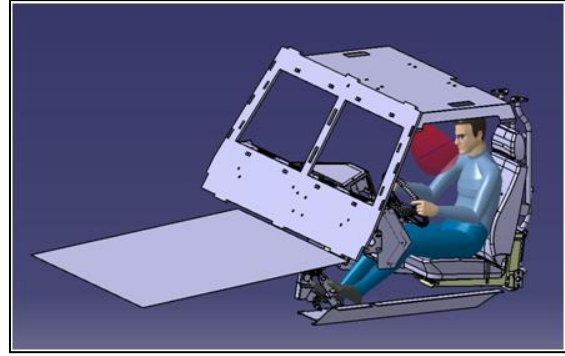
DERECE	REBA SKORU	RİSK SEVİYESİ	ÖNLEM
0	1	İHMAL EDİLEBİLİR	GEREKLİ DEĞİL
1	2-3	DÜŞÜK	GEREKLİ OLABİLİR
2	4-7	ORTA	GEREKLİ
3	8-10	YÜKSEK	KISA ZAMAN İÇİNDE GEREKLİ
4	11-15	ÇOK YÜKSEK	HEMEN GEREKLİ

Durum 1 ile kıyaslama yapıldığında ise gövde açısal olarak daha dik durumda olduğu için puan olarak Durum 2, Durum 1 den daha azdır. Fakat REBA skorları ve risk seviyeleri aynı durumdadır. Durum 1 ve Durum 2 için yapılacak değişiklikler ve iyileştirmeler her iki durumu da kapsayacaktır.

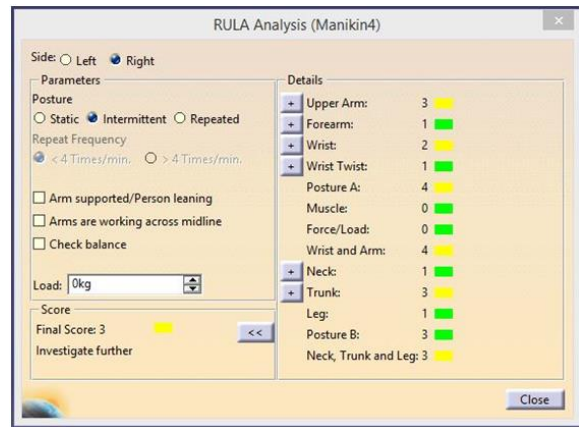
4.3. Durum 1 İçin RULA Yöntemi ile Analiz

(Analysis with the RULA Method for Case 1)

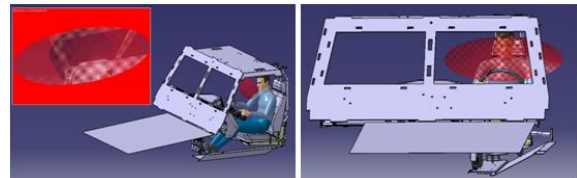
CATIA V5 programında hazırlanan otomobil modelinde, Durum 1'e göre belirlenen sürüş pozisyonunda konumlandırılan dijital insan modeli Şekil 7'de gösterilmiştir. İnsan modelinin duruş pozisyonuna göre uygulanan RULA analiz yöntemi sonuçları Şekil 8'de belirtilmiş ve RULA analizinin final skoru 3 olarak tespit edilmiştir. Bu skorun risk seviyesi orta olmakla birlikte tasarımdaki sürücü duruş mesafelerinde değişiklik yapılması gerektiği belirlenmiştir. Durum 1'e ait sürücü görüş mesafesi ise Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 7. Otomobil modelinde Durum 1'e göre konumlandırılan insan modeli (Human model positioned according to Case 1 in the car model)



Şekil 8. CATIA Yazılımı İle Yapılan Durum 1'e Ait RULA Analizi Sonucu (RULA Analysis of Case 1 with CATIA Software Result)

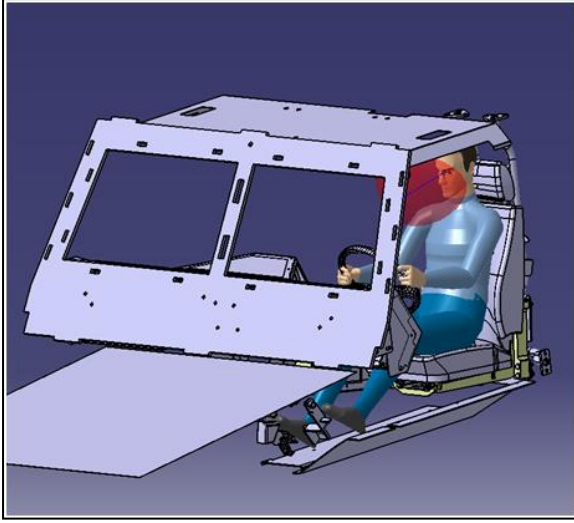


Şekil 9. CATIA Yazılımı İle Durum 1'e Ait Sürücü Görüş Mesafesi (Driver's Visibility Distance of Case 1 with CATIA Software)

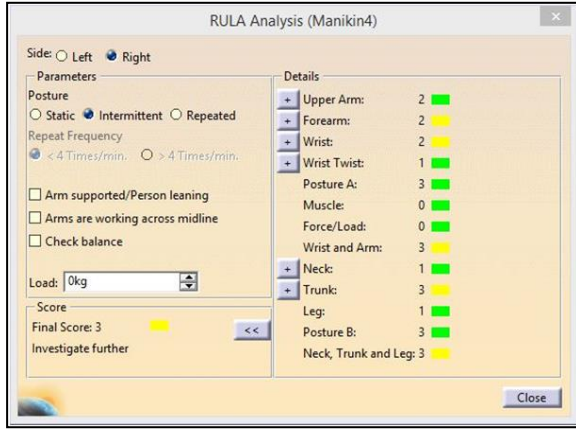
4.4. Durum 2 İçin RULA Yöntemi ile Analiz

(Analysis with the RULA Method for Case 2)

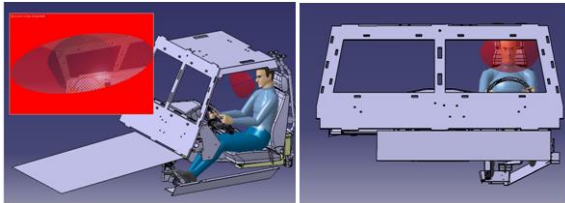
CATIA V5 programında hazırlanan otomobil modelinde, Durum 2'ye göre belirlenen sürüş pozisyonunda konumlandırılan dijital insan modeli Şekil 10'da gösterilmiştir. İnsan modelinin duruş pozisyonuna göre uygulanan RULA analiz yöntemi sonuçları Şekil 11'de belirtilmiş ve RULA analizinin final skoru 3 olarak tespit edilmiştir. Durum 2'ye ait sürücü görüş mesafesi ise Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 10. Otomobil modelinde Durum 2'ye göre konumlandırılan insan modeli (*Human model positioned according to Case 2 in the car model.*)



Şekil 11. CATIA Yazılımı İle Yapılan Durum 2'ye Ait RULA Analizi Sonucu (*RULA Analysis of Case 2 with CATIA Software Result*)



Şekil 12. CATIA Yazılımı İle Durum 2'ye Ait Sürücü Görüş Mesafesi (*Driver's Visibility Distance of Case 2 with CATIA Software*)

Sürücünün her iki durumdaki pozisyonunun da RULA analiz sonucu 3 çıkmıştır. Bu sonuç her iki durum için de daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu ve değişiklikler gerekebileceğini gösterir.

5. DEĞERLENDİRME (EVALUATION)

REBA ve RULA yöntemi ile yapılan analizler sonucunda tasarlanan otomobil modelinin sürücü kısmında değişiklikler yapılması gereklidir. Tasarımda yapılacak iyileştirmeler sonucunda analizler tekrar edilmelidir.

REBA ve RULA yöntemiyle yapılan analizler birbiriyle kıyaslandığında risk bakımından yüksek seviyelerde değildir. Fakat en kısa zamanda önlemler alınması gerekmektedir.

Analizler ve yapılan hesaplamalara dayanarak ergonomik araç sürücü modeline yaklaşmak için;

- Sürücü koltuğu ile gaz-pedal mesafesi uygun seviyelere getirilebilir,
- Sürücü koltuğu ile tavan arası mesafe uygun görüş mesafesi sağlamak şartıyla uygun mesafeye ayarlanabilir,
- Sürücü koltuğu sırt yaslama kısmı eğim açısı uygun seviyelere getirilebilir,
- Daha az kullanılan sol ayak için kasılmaları önlemek için ayak koyma yeri uygun seviyelere getirebilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Bridger R., "Introduction to Ergonomics", *Second Edition*, NewYork, s.2, 2003.
2. M. Ünügür, "Gelişmekte Olan Ülkelerdeki Önemi Açısından Ergonomi-Mimarlık İlişkileri", *1. Ergonomi Kongresi*, Ankara, 1988.
3. M. Çalışkan, F. Fındık, "Malzeme, Ergonomi Ve Biyomekanik İlişkisi", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Sakarya & Saraybosna, 2012.
4. ISO/TS 16949:2002. Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi - Standart Kalite
5. Z. Mohamed Z., R. M. Yusuff, "Automotive Ergonomics: Passenger Cars Interior Dimension Parameters and Comfort", *International Conference On Ergonomics*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2007.
6. C. Eldem, İ. Şahin, M. T. Demir, N. Top, T. Şahin, "Araç Bakım Kanallarının Dijital İnsan Modelleri ile Ergonomik Analiz Simülasyonu ve Yeniden Tasarımı", *3rd International Congress*

- on 3D Printing Technologies and Digital Industry, Antalya, Turkey, 267-268, 2018.
7. İ. Şahin İ., C. Eldem, İ. Karakaş, C. Kiraz, T. Şahin, C. Şanlıer, "Engelli ve Yaşlı Bireyler için Araç Biniş Aparatı Tasarımı ve Dijital İnsan Modelleme ile Ergonomik Analizi", *3rd International Congress on 3D Printing Technologies and Digital Industry*, Antalya, Turkey, 71-72, 2018.
 8. E. Helvacılar, C. Eldem, "İnsan Faktörleri Mühendisliği Bakış Açısı İle Askeri Mesaj İşletim Sistemleri", *Gazi Journal of Engineering Sciences*, 3 (3), 41 – 46, 2017.
 9. İ. Şahin, C. Eldem, S. A. Kalyon, H. Gökçe, "Digital Human Modelling and Ergonomic Analysis: Automatic Arm Barrier as an Example", *International Congress on New Trends in Science, Engineering and Technology*, Barcelona, Spain, 176-187, 2017.
 10. A. Sundin, R. Ortengren, "Digital human modeling for CAE applications", *Handbook of human factors and ergonomics*, In:G.Salvendy(Ed.), Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, pp. 1053– 1078. 2006.
 11. D. B. Chaffin, "On simulating human reach motions for ergonomics analyses", *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 12(3), 235–247, 2002.
 12. D. B. Chaffin, "Improving digital human modelling for proactive ergonomics in design", *Ergonomics*, 48(5), 478–491, 2005.
 13. D. B. Chaffin, "Human motion simulation for vehicle and workplace design", *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 17(5), 475–484, 2007.
 14. F. A. Ildarovna, I. E. Sergeevna' S. L. Aleksandrovna' "Workflow Module Using Catia Human Builder Program", *Electronic scientific and practical journal "Modern scientific research and innovations"*, 2015.
 15. Göknur Karakurt, "Türkiye Otomotiv Sanayiinde Antropometrik Ölçülere Uygun Ergonomik Sürücü Koltuğu", *Yüksek lisans tezi*, Ankara Üniveristesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
 - Antropoloji (Fizik Antropoloji) Anabilim Dalı, Ankara, 2011.
 16. Y. Kara, Y. Atasagun, A. Peker, "Montaj hatlarında çalışma duruşlarının REBA yöntemi ile analizi ve ergonomik risk değerlendirmesi", Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü Sunumu.
 17. H. Sağıroğlu, M. B. Coşkun, N. Erginel, "REBA İle Bir Üretim Hattındaki İş İstasyonlarının Ergonomik Risk Analizi", *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 339-345, 2015.
 18. Lynn McAtamney, E. Nigel Corlett, "RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders", *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99, 1993.
 19. S. Dockrell, E. O'Grady, K. Bennett, C. Mullarkey, R. Mc Connell, R. Ruddy, S. Twomey, C. Flannery, "An Investigation of the Reliability of Rapid Upper Limb Assessment (RULA) as a Method of Assessment of Children's Computing Posture", *Applied Ergonomics*, 43, 632-636, 2012.
 20. J. Hoy, N. Mubarak, S. Nelson, M. Sweerts de Landas, M. Magnusson, O. Okunribido, M. Pope, "Whole Body Vibration and Posture as Risk Factors for Low Back Pain Among Forklift Truck Drivers", *Journal of Sound and Vibration*, 284, 933-946, 2005.
 21. [Http://Www.Catiadesign.Org/_Doc/V5r14/Catp dfhaaug_C2/Haaug.Pdf](http://Www.Catiadesign.Org/_Doc/V5r14/Catp dfhaaug_C2/Haaug.Pdf), Human Activity Analysis Book

ÖZGEÇMİŞ**Cengiz ELDEM**

1965 yılında Ankara'da doğmuştur. Lisans eğitimini Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesinde tamamladıktan sonra Radsan Elektromekanik Sanayi A.Ş. ve Ülker- Birlik Un Sanayi A.Ş. firmalarında makine konstrüktörü olarak çalışmıştır. 1995 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans, 2002 yılında ise yine aynı üniversitede doktora derecesini almıştır. 2002 yılından itibaren Gazi Üniversitesi'nde Doktor Öğretim Görevlisi olarak çalışmalarını sürdürmektedir.

Neslihan TOP

1992 yılında Aydın'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Aydın'da tamamladı. 2014 yılında Gazi Üniversitesi Endüstri Ürünleri Tasarımı bölümünden mezun oldu. 2017 yılında aynı üniversitenin Endüstriyel Tasarım Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başlamış olup, halen devam etmektedir. 2019 yılında ise Gazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başlamıştır.