

# İNSAN AYAĞININ BİLGİSAYAR MODELLEME TEKNİĞİ VE FAKTÖR ANALİZİ KULLANILARAK YAPILAN ANTROPOMETRİK ANALİZİ

**Tülin Gündüz CENGİZ**

Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Uludağ Üniversitesi, 16059 Bursa  
[tg@uludag.edu.tr](mailto:tg@uludag.edu.tr)

(Geliş/Received: 17.02.2009 ; Kabul/Accepted: 16.06.2009)

## ÖZET

Antropometri sayesinde iş elemanlarının veya kullanılan ürünlerin hacimsel ve şekilsel olarak insana uyumu sağlanır. Bundan dolayı tasarlanan ürün ile kullanıcı arasındaki ilişkinin incelenmesi gerekir. Bu çalışmada faktör analizi yardımıyla ayaktaki antropometrik parametreleri etkileyen bileşenler belirlenmiştir. 140 erkek ayağında 38 antropometrik parametre ölçülerek, faktör analizi uygulanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen faktörler, ayağın antropometrik yapısını oluşturan 38 parametrenin, iki grupta toplandığını göstermektedir. Bu faktörler ayak bileği ve ayak parmakları olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları otomotiv ve tekstil endüstrisinde ürün tasarımı aşamasında kullanılması için uygundur.

**Anahtar Kelimeler:** Antropometri, insan modelleme, ayak antropometrisi.

## ANTHROPOMETRIC ANALYSIS OF HUMAN FOOT USING COMPUTER MODELING AND FACTOR ANALYSIS

### ABSTRACT

Anthropometry provides conformity of work tools to human as model and volume. Therefore relationship between designed products and its user should be evaluated. The aim of this study was to determine factors influence anthropometric parameters on the foot by performing factor analysis. Factor analysis was performed on 38 anthropometric parameters measured on 140 men's foot. Provided data have shown that 38 parameters constitute anthropometric form of the foot should be evaluated in two groups and these groups are ankle and foot fingers. The results of this study can be used in automotive and textile industry during the stage of product design.

**Keywords:** Anthropometry, human modeling, human foot anthropometry.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İşyeri düzenlemesinde antropometri sayesinde işyerinde iş sistemindeki elemanların hacimsel ve şekilsel olarak insana uyumu sağlanır. İnsanların boyutları birbirinden farklı olduğu için kişiye özel tasarımlar çok sınırlı alanlarda gerçekleştirilebilir. Bu yüzden mümkün olduğunca geniş kullanıcıya hitap eden antropometrik veriler kullanılmalıdır. Ayak ile hareket ettirilecek kumanda elemanlarına kolay ulaşılacak ve kuvvet uygulanabilecek hacim, ayak aksiyon hacmidir. Otomotiv endüstrisinde pedallara ulaşım ulaşamama, kuvvet uygulayabilecek şekilde ulaşma gibi konuların özel dikkate alınması gerek-

tiğinde, mutlaka doğru şablonlar veya modeller kullanılarak karar verilmelidir [1].

İnsan ayağı 26 ana kemik ve 30 eklemden oluşan kompleks bir yapıya sahiptir [2]. İnsan vücudunda iki bacadan gelen vücut ağırlığı, ayaklar tarafından taşınır. Çıplak bir ayakta bacadan gelen yükün %57'si topuk bölgesinde, %43'ü de ayak parmakları bölgesindedir. 2 cm yüksekliğinde ayakkabı giyildiğinde bacadan gelen yük dağılımı, topuk ve ayak parmakları bölgesinde eşit dağılımlıdır. Topuk miktarı yükseldikçe yüzdelik ağırlığı ayak parmakları bölgesine doğru kaymaktadır. Ayağın ayak bileğinden dikey konumdaki hareket alanı 50° kadardır. Ayak,

topuk merkezli hareket ettirilirken bunun yarısı (25°lik kısmı) optimum dönme hareketi için kullanılır [1].

İnsan ayağında konforu sağlamak ve antropometrik model belirlemek amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda kullanılan temel parametreler ayak boyutları ile ilgilidir. Ayağın antropometrik boyutları, ayak ve ayakkabı arasındaki uyumluluğu değerlendirmek için [3] veya üç boyutlu ayak modellemeleri için kullanılabilir. Günümüzdeki antropometrik çalışmalarda ayak antropometrisi için üç boyutlu ölçüm ve analiz yöntemleri kullanılmaktadır [4, 5, 6].

Ayak modelindeki parametreler, tüm vücut stabilitesini etkiler [7]. Chiari ve arkadaşları [8] tarafından temel bileşenler analiz teknikleri kullanılarak yapılan çalışmada, vücudun stabilometrik parametrelerinin antropometriden ve ayak duruşundan etkilendiği ortaya çıkartılmıştır. Luximon ve Goonetilleke [6] ayak uzunluğu, ayak genişliği, ayak yüksekliği ve ayak kavisi parametrelerini kullanarak ayağın antropometrik modelini geliştirmişlerdir. Xiong ve arkadaşları [9] ayak uzunluğu ve ayak yüksekliği parametreleri arasında bir ilişki olmadığını bulmuşlardır. Witana ve arkadaşları [10] ayak antropometrisi için günümüzde kullanılan 3 boyutlu tarama metotlarını karşılaştırmış ve 18 boyut üzerinden yapılan ölçümler sonucunda, ayak antropometrisi üzerindeki ölçümlerin bağlı olduğu 3 ana etmen bulunmuştur: Boyut tanımlama, kullanılan algoritma ve veri kaydı. Yahara ve arkadaşları [11] ayağın antropometrik modelini anatomik belirteçler yardımıyla oluşturmuşlardır.

Bu çalışmadaki amaç, gerçek ayak ile oluşturulan antropometrik model üzerindeki parametrelerin faktör analizi kullanılarak ayak yapısını etkileyen bileşenleri belirlemektir. Böylece ayağın kullanıldığı iş alanlarında, çalışmada belirlenen bileşenler kullanılabilir. Örneğin otomotiv endüstrisinde pedal boyutları ve pedalın yerleşim planlaması, ayağın antropometrik bileşenlerine göre dizayn edilebilir. Ayakkabı endüstrisi kalıp tasarımında bu çalışmada elde edilen sonuçlardan yararlanılabilir.

## 2. AYAĞIN ANTROPOMETRİK MODELLEMESİ (ANTHROPOMETRIC MODELING OF HUMAN FOOT)

Ayak üzerindeki antropometrik parametreler PCMAN bilgisayar modelleme tekniği ile elde edilmiştir [12]. Parametreler, Şekil 1'de görüldüğü üzere iki ayrı alt modelde incelenmektedir:

1. Uzunluk modeli (U): İskelet üzerinden alınan eklemler arası uzunluklardır. Ayakta iki adet uzunluk parametresi vardır:

- Ayak bileği merkezi – ayak parmakları başlangıcı arası uzunluk (UB)

- Ayak parmağı başlangıç yeri – ayak parmağı bitiş arası uzunluk (UP)

2. Yüzeysel model (Y): Vücut bölümünün kesit yüzeyinden alınan uzunluklardır. Her bir kesit yüzey bir disk olarak adlandırılmaktadır. Ayak yüzeysel modelinde 36 adet antropometrik parametre bulunmaktadır. Antropometrik modele göre ayak bileği bölgesinde 7 adet disk mevcuttur. İlk 4 diskin her biri 3 boyutlu olmak üzere 6 vektörel parametreden oluşmaktadır. Son 3 disk de her biri 2 boyutlu olmak üzere 4 vektörel parametreden oluşmaktadır. Normal insan vücudu üzerinde bulunan iki adet ayak birbiri ile simetrik özelliğe sahiptir. Dolayısıyla her iki ayak üzerindeki karşılıklı uzunluk ve disk ölçüleri birbirleriyle aynıdır. Bundan dolayı sadece tek bir ayak için veriler kullanılarak analiz yapılmıştır. Bu şekilde toplam 38 parametreden oluşan ayak bölgesinin parametre tanımları Tablo 1'de verildiği gibidir. Çalışmada 18 yaş üzeri rastgele seçilen 140 erkeğin ayak ölçüleri alınarak model programda kullanılmıştır.

## 3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ (RESEARCH METHOD)

Bu çalışmada, araştırma yöntemi olarak faktör analizi kullanılmıştır. Faktör analizi, birbirleri ile ilişkili veri yapılarını birbirinden bağımsız ve daha az sayıda yeni veri yapılarına dönüştürmek, bir oluşumu ya da olayı açıkladıkları varsayılan değişkenleri gruplayarak ortak faktörleri ortaya koymak, bir oluşumu etkileyen değişkenleri gruplamak amacıyla başvurulan yöntemdir [13].

Faktör analizinin doğrusal ilişki modeli şu şekildedir [14]:

$$z_j = a_{j1}F_1 + a_{j2}F_2 + \dots + a_{jm}F_m + u_jY_j$$

Burada;

$z_j$ : Standartlaştırılmış j.inci değişken ( $j = 1, 2, \dots, n$ )

$a_{jm}$ : Ortak  $m$  faktöründe standartlaştırılmış çoklu regresyon katsayısı

$F_m$ : Ortak faktör

$u_j$ : Özel veya atık faktörü

$Y_j$ : Atık faktörüne ilişkin katsayıdır.

Faktör analizi sonucunda elde edilen ortak faktörler, değişkenlerin lineer bir kombinasyonu olarak şu şekilde ifade edilir:

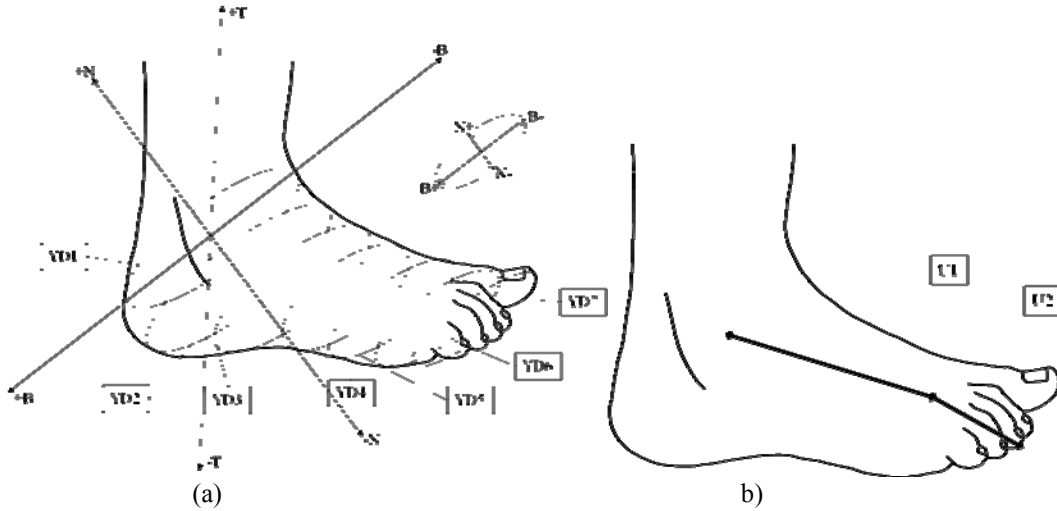
$$F_j = W_{j1}z_1 + W_{j2}z_2 + \dots + W_{jm}z_m$$

Burada;

$F_j$ : j.inci faktörün tahmini

$W_j$ : Faktör skoru (katsayısı)

$m$ : Faktör sayısıdır.



**Şekil 1.** Ayağın antropometrik modeli (a): Ayak yüzeysel modeli, (b):Ayak uzunluk modeli (Anthropometric modeling of human foot. (a) surface model of foot, (b) length model of foot)

Faktör analizi uygulanırken öncelikle verilerin uygunluğunun değerlendirilmesi için KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) değeri kullanılır. KMO bir oran olup, aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} \sum a_{ij}^2}$$

Burada;

$r_{ij}$ :  $i$  ile  $j$  değişkenleri arasındaki basit korelasyon katsayısı

$a_{ij}$ :  $i$  ile  $j$  değişkenleri arasındaki kısmi korelasyon katsayısıdır.

KMO ölçütü 0,9-1 olduğunda mükemmel, 0,8-0,89 arasında olduğunda çok iyi, 0,7-0,79 arasında olduğunda iyi, 0,6-0,69 arasında olduğunda orta, 0,5-0,59 arasında olduğunda zayıf ve 0,5'in altında olduğunda kabul edilemez [15].

Veri uygunluğu değerlendirilirken, Bartlett Testi (Bartlett Test of Sphericity) de uygulanabilir. Bu test "korelasyon matrisi birim matrise eşittir" hipotezini test eder. Hipotezin reddedilmesi, değişkenler arasında bir korelasyonun olduğu anlamına gelir ve faktör analizinin değişkenlere uygulanabilirliği söz konusu olur. Faktör analizi yapılarak son halini alan ölçeğin Cronbach Alpha iç tutarlılık katsayısı hesaplanır. Analizin güvenilir olması için bu değer 0,7 ve üzeri olması gerekir.

Verileri en uygun şekilde temsil edecek faktör sayısı, her faktör tarafından açıklanan toplam varyans yüzdesi ile belirlenir. Toplam varyans, her değişkenin varyansının toplamıdır. Her faktör tarafından açıklanan toplam varyans öz değerleridir. Değişken varyansları bire eşit olduğundan, varyansı birden düşük olan faktörler göz önüne alınmaz. Yani modele alınacak faktör sayısı, öz değerleri (eigen values) birden büyük olan faktörlerin sayısı kadardır.

Faktörler serpilme diyagramı (Scree test) incelenerek de belirlenebilir. Bu yöntemde; özdeğerlerin grafiği incelenir ve düşey çizginin yataylaştığı yere kadar olan faktörler (kırılma noktası) çözüme dahil edilir.

#### 4. BULGULAR (RESULTS)

Faktör analizi uygulama sonuçları SPSS (15.0) paket programı kullanılarak elde edilmiştir. Faktör analizinde, değişkenler arasında yüksek korelasyon ilişkisi aranır. Faktör analizi öncesinde yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, 38 parametrenin her biri birbirleriyle  $p$  (sig.) = 0.000 < 0.005 anlamlılık düzeyinde ilişkili olduğu sonucu elde edilmiştir. Her parametrenin birbiriyle ilişki içinde olmasından dolayı, korelasyonların değerlendirilemeyecek düzeyde olması göz önüne alınarak afaktör analizi uygulamasına geçilmiştir. Ölçeğin KMO değeri 0.860 ve Bartlett testi 30157,89 olarak bulunmuştur.  $p$ (sig.)=0.000 < 0.005 olduğundan Bartlett testinin sonucu anlamlıdır. Bu nedenlerle araştırmanın örneklem büyüklüğü yeterlidir. Cronbach alpha iç tutarlılık katsayısı 0.9686 bulunmuştur. Bu sonuç, veri güvenliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Elde edilen test sonuçları, araştırmada kullanılan verilerin faktör analizi için uygun olduğunu, yapı geçerliğinin sağlandığını ve güvenilir bulunduğunu göstermektedir.

Temel bileşenler, Tablo 2'de görüldüğü gibi varyansı 1'den büyük olanlardır. Özdeğerleri 1'den büyük olan faktör sayısı 2'dir. Özdeğerlerin açıkladıkları birikimli varyans miktarı, toplam varyansın %88,558'idir. Birinci faktör, toplam varyansın %51,703'ünü, ikinci faktör %36,855'ini açıklamaktadır. Serpilme diyagramında da (Scree plot) özdeğeri 1 ve 1'den fazla olan 2 faktör olduğu belirlenmiştir. Parametrelerin ait oldukları faktörler varimax döndürme yöntemi sonucunda hesaplanan faktör ağırlıklarına bakılarak belirlenmiştir. Tablo 3'de döndürülmüş faktör ağırlıklarından mutlak

**Tablo 1.** Parametre sembolleri ve tanımları (Symbols and definitions of parameters)

Parametre no	Parametre kısa adı	Tanımı
1	U1	Ayak bileği – ayak parmakları başlangıcı arası uzunluk
2	U2	Ayak parmağı başlangıç yeri – ayak parmağı bitiş arası uzunluk
3	YD1NP	Yüzeysel model 1 nolu disk +N yönündeki uzunluk
4	YD1NN	Yüzeysel model 1 nolu disk -N yönündeki uzunluk
5	YD1BP	Yüzeysel model 1 nolu disk +B yönündeki uzunluk
6	YD1BN	Yüzeysel model 1 nolu disk -B yönündeki uzunluk
7	YD1TP	Yüzeysel model 1 nolu disk +T yönündeki uzunluk
8	YD1TN	Yüzeysel model 1 nolu disk -T yönündeki uzunluk
9	YD2NP	Yüzeysel model 2 nolu disk +N yönündeki uzunluk
10	YD2NN	Yüzeysel model 2 nolu disk -N yönündeki uzunluk
11	YD2BP	Yüzeysel model 2 nolu disk +B yönündeki uzunluk
12	YD2BN	Yüzeysel model 2 nolu disk -B yönündeki uzunluk
13	YD2TP	Yüzeysel model 2 nolu disk +T yönündeki uzunluk
14	YD2TN	Yüzeysel model 2 nolu disk -T yönündeki uzunluk
15	YD3NP	Yüzeysel model 3 nolu disk +N yönündeki uzunluk
16	YD3NN	Yüzeysel model 3 nolu disk -N yönündeki uzunluk
17	YD3BP	Yüzeysel model 3 nolu disk +B yönündeki uzunluk
18	YD3BN	Yüzeysel model 3 nolu disk -B yönündeki uzunluk
19	YD3TP	Yüzeysel model 3 nolu disk +T yönündeki uzunluk
20	YD3TN	Yüzeysel model 3 nolu disk -T yönündeki uzunluk
21	YD4NP	Yüzeysel model 4 nolu disk +N yönündeki uzunluk
22	YD4NN	Yüzeysel model 4 nolu disk -N yönündeki uzunluk
23	YD4BP	Yüzeysel model 4 nolu disk +B yönündeki uzunluk
24	YD4BN	Yüzeysel model 4 nolu disk -B yönündeki uzunluk
25	YD4TP	Yüzeysel model 4 nolu disk +T yönündeki uzunluk
26	YD4TN	Yüzeysel model 4 nolu disk -T yönündeki uzunluk
27	YD5NP	Yüzeysel model 5 nolu disk +N yönündeki uzunluk
28	YD5NN	Yüzeysel model 5 nolu disk -N yönündeki uzunluk
29	YD5BP	Yüzeysel model 5 nolu disk +B yönündeki uzunluk
30	YD5BN	Yüzeysel model 5 nolu disk -N yönündeki uzunluk
31	YD6NP	Yüzeysel model 6 nolu disk +N yönündeki uzunluk
32	YD6NN	Yüzeysel model 6 nolu disk -N yönündeki uzunluk
33	YD6BP	Yüzeysel model 6 nolu disk +B yönündeki uzunluk
34	YD6BN	Yüzeysel model 6 nolu disk -N yönündeki uzunluk
35	YD7NP	Yüzeysel model 7 nolu disk +N yönündeki uzunluk
36	YD7NN	Yüzeysel model 7 nolu disk -N yönündeki uzunluk
37	YD7BP	Yüzeysel model 7 nolu disk +B yönündeki uzunluk
38	YD7BN	Yüzeysel model 7 nolu disk -N yönündeki uzunluk

değeri 0,5'in üzerinde olanlar, büyükten küçüğe sıralanarak, matris formunda sunulmaktadır.

Faktör analizi sonucu elde edilen faktör gruplarına dahil olan parametrelerin tekil etkilerinden çok, faktör gruplarının işaret ettiği anlamların bilinmesi önemlidir. Ancak, her zaman birinci faktörün ağırlığı (katsayısı) en yüksek olanıdır. Yani, birinci faktör, toplam varyans içinde en büyük paya sahiptir. Sonra ikinci, ve diğer faktörler gelir.

Faktör analizinde en önemli aşama, elde edilen faktörlerin adlandırılarak anlamlandırılmasıdır. Çalışmada elde edilen verilere göre 2 faktör şu şekilde adlandırılabilir:

1. Faktör: Ayak bileği. Faktör 1 incelendiğinde, ayak bileği bölgesindeki tüm yüzey model

parametrelerinin bu grup içerisinde yer aldığı görülmektedir. Ayrıca uzunluk modelindeki 2 parametre de bu faktör içerisinde yer almaktadır.

2. Faktör: Ayak parmağı. Faktör 2 incelendiğinde, ayak parmakları bölgesindeki yüzey model parametrelerinin bu faktör gurubu içinde yer aldığı görülmektedir.

Birinci faktör olan ayak bileği faktörü incelendiğinde, ayak bileği bölgesindeki parametrelerin bu grup içerisinde yer aldığı görülmüştür. Yüzey modelde bulunan disklerin yönü grup içerisinde farklı bir anlam oluşturmamaktadır. En büyük faktör değerine 3. ve 4. disklerdeki +N yönü sahiptir. Bu iki uzunluk, ayak bileğinin merkezinden ayağın üst bölgesine olan uzunluğu ifade etmektedir. Bu parametre, özellikle ayakkabı üretiminde dikkate alınması gereken bir parametredir.

**Tablo 2.** Faktörlerin özdeğerleri ve varyans açıklama yüzdeleri (Eigenvalues and total variance explained)

Temel bileşen	Başlangıç özdeğerleri			Döndürülmüş Kareli Yüklerin Toplamı		
	Toplam	Varyans %	Kümülatif %	Toplam	Varyans %	Kümülatif %
1	31,221	82,160	82,160	19,647	51,703	51,703
2	2,431	6,398	88,558	14,005	36,855	88,558
3	,907	2,386	90,944			
4	,775	2,040	92,984			
5	,667	1,756	94,741			
6	,385	1,013	95,754			
7	,313	,823	96,576			
8	,254	,668	97,244			
9	,213	,560	97,805			
10	,164	,431	98,236			
11	,158	,415	98,651			
12	,115	,303	98,953			
13	,101	,267	99,220			
14	8,576E-02	,226	99,446			
15	5,102E-02	,134	99,580			
16	4,895E-02	,129	99,709			
17	4,248E-02	,112	99,821			
18	2,775E-02	7,303E-02	99,894			
19	1,939E-02	5,104E-02	99,945			
20	1,205E-02	3,172E-02	99,976			
21	4,123E-03	1,085E-02	99,987			
22	2,326E-03	6,122E-03	99,993			
23	1,486E-03	3,909E-03	99,997			
24	5,234E-04	1,377E-03	99,999			
25	2,219E-04	5,839E-04	99,999			
26	1,405E-04	3,697E-04	100,000			
27	7,150E-05	1,881E-04	100,000			
28	3,465E-05	9,119E-05	100,000			
29	1,400E-05	3,685E-05	100,000			
30	9,813E-06	2,582E-05	100,000			
31	3,990E-06	1,050E-05	100,000			
32	2,852E-06	7,506E-06	100,000			
33	8,293E-07	2,182E-06	100,000			
34	5,338E-07	1,405E-06	100,000			
35	4,752E-07	1,251E-06	100,000			
36	2,280E-07	6,001E-07	100,000			
37	6,863E-08	1,806E-07	100,000			
38	5,168E-11	1,360E-10	100,000			

Uzunluk modelindeki her iki ölçü de birinci faktör içerisinde yer almaktadır. U1 parametresinin bu grup içerisinde yer alması beklenen bir durumdur. Ancak sonuçlar göstermektedir ki, U2 parametresi de ayak bileği ölçüleriyle ilişkili bir parametredir.

İkinci faktör olan ayak parmağı faktöründe, ayak parmağı bölgesinde bulunan yüzey model parametreleri bulunmaktadır. Burada belirgin bir yön ortaya çıkmamaktadır. Ancak faktör değeri en yüksek olan ilk iki değer, ayak parmağı bölgesinde 7. diskin pozitif ve negatif yöndeki uzunluğudur. Bu iki parametre, 7. diskin yerden yüksekliğini ifade etmektedir.

## 5. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada bilgisayar modelleme programı olan PCMAN ile elde edilen 38 adet antropometrik parametre, 140 erkek üzerinde ölçüm yapılarak belirlenmiştir. Vücudun ayak bölgesinin antropometrik modeli faktör analizi yardımıyla analiz edilmiştir. Elde edilen faktörler, ayağın antropometrik yapısını oluşturan 38 parametrenin, iki grupta toplandığını göstermektedir. Bu iki faktör ayak bileği ve ayak parmakları olarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonraki aşamasında, elde edilen faktörler vücudun antropometrik yapısıyla ilişkilendirilerek ayak bölgesi için percentil grupları oluşturulabilir. Böylece vücudun temel antropometrik verilerine göre ayak yapısının nasıl olduğu belirlenebilir.

**Tablo 3.** Döndürülmüş faktör ağırlıkları (Rotated component matrix)

Gözlemsel değişkenler	Component	
	Faktör 1	Faktör 2
YD4NP	0,859	
YD3NP	0,858	
YD3BP	0,857	
YD1TP	0,855	
YD4TN	0,850	
YD1NP	0,850	
YD4TP	0,849	
YD2NP	0,848	
YD2TP	0,844	
YD3NN	0,844	
YD4BN	0,842	0,515
YD3TP	0,840	
YD2BP	0,838	
YD3BN	0,838	0,504
YD3TN	0,837	
YD1TN	0,836	
YD2BN	0,824	
YD4BP	0,820	0,528
YD2NN	0,816	
YD2TN	0,812	
YD4NN	0,787	0,508
YD1BN	0,768	
YD1BP	0,702	
YD1NN	0,652	
U1	0,645	
U2	0,640	
YD7NN		0,886
YD7NP		0,884
YD6BP		0,883
YD6BN		0,877
YD7BN		0,864
YD7BP		0,863
YD6NP		0,862
YD5BP	0,502	0,852
YD5BN		0,847
YDS5NP		0,836
YD5NN		0,820
YD6NN		0,787

Elde edilen bulgular, özellikle otomotiv ve tekstil endüstrisinde kullanılmaya uygundur. Motorlu araçlarda pedal dizaynı yapılırken ve pedalin yerleştirildiği alanın hacimsel boşlukları hesaplanırken öncelikle ayak bileği bölgesi önem teşkil etmektedir. Tekstil endüstrisinde ayakkabı boyut oranlaması yapılırken, toplumun antropometrik verileri, çalışmada elde edilen iki faktör ele alınarak değerlendirilmelidir.

**KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. Babalık, F.C., **Mühendisler İçin Ergonomi – İşbilim**, Nobel Yayınevi, Yayın no 831, Ankara, 2007.
2. Maslen, B.A. ve Ackland T.R., “Radiographic study of skin displacement errors in the foot and ankle during standing”, **Clinical Biomechanics**, Cilt 9, No 5, 291-296, 1994.
3. Witana, C.P., Feng, J., Goonetilleke, R.S., “Dimensional differences for evaluating the quality of footwear fit”, **Ergonomics**, Cilt 47, No 12, 1301-1317, 2004.
4. Liu, W., Miller J., Stefanyshyn, D., Nigg, B.M., “Accuracy and reliability of a technique for quantifying foot shape, dimensions and structural characteristics”, **Ergonomics**, Cilt 42, No 2, 346-358, 1999.
5. Mochimaru, M. ve Kouchi, M., “Automatic calculation of the medial axis of foot outline and its flexion angles”, **Ergonomics**, Cilt 40, No 4, 450-464, 1997.
6. Luximon, A. ve Goonetilleke, R.S., “Foot Shape Modeling”, **Human Factors**, Cilt 46, No 2, 304-315, 2004.
7. Kerk, C.J., Chaffin, D.B., Keyserling, W.M., “Stability as a constraint in sagittal plane human force exertion modeling”, **Occupational Ergonomics**, Cilt 1, No 1, 23-39, 1998.
8. Chiari, L., Rocchi, L., Cappello, A., “Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement”, **Clinical Biomechanics**, Cilt 17, 666-677, 2002.
9. Xiong, S., Goonetilleke, R.S., Witana, C.P., Au, E.Y.L., “Modelling foot height and foot shape-related dimensions”, **Ergonomics**, Cilt 51, No 8, 1272-1289, 2008.
10. Witana, C.P., Xiong, S., Zhao, J., Goonetilleke, R.S., “Foot measurements from three-dimensional scans: A comparison and evaluation of different methods”, **International Journal of Industrial Ergonomics**, Cilt 36, 789-807, 2006.
11. Yahara, H., Higuma, N., Fukui, Y., Nishihara, S., Mochimaru, M., Kouchi, M., “Estimation of Anatomical Landmark Positions from Model of 3-Dimensional Foot by the FFD Method”, **Systems and Computers in Japan**, Cilt 36, No 6, 967-977, 2005.
12. Seitz T., Bubb H., “Human-Model Based Movement-Capturing Without Markers for Ergonomic Studies”, **SAE Technical Papers**, Document Number: 2001-01-2113, 2001.
13. Özdamar, K., **Paket Programlar İle İstatistiksel Veri Analizi**, Kaan Kitabevi, Eskişehir, 2002
14. Harman, H.H., **Modern Factor Analysis**, The University of Chicago Press, USA., 1976.
15. Akgül A., Çevik O., **İstatistiksel Analiz Teknikleri**, Emek Ofset, Ankara, 2005.