

Bilgisayar Destekli Spor Ayakkabı Taban Tasarımı ve Analizi

Bilgin Kaftanoğlu

Profesör

Makina Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

06531 ANKARA

Çetin Enöz

ÇİMTEK A.Ş.

ANKARA

Spor ayakkabıları kullanıldıkları aktivite tiplerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Tenis, basketbol, futbol, koşu ve antrenman tipleri bu sınıflandırmaya birkaç örnektir. Her spor ayakkabı tipinden kullanıldıkları aktiviteye göre birtakım özellikler istenmektedir. Bu nedenle her spor ayakkabı tipi desen yapısı, iç yapısı ve taban kalınlığı bakımından farklılık göstermektedir. Bu çalışmada spor ayakkabılarının taban kısmı gözönüne alınmış, farklı spor ayakkabı tipleri için taban tasarımı yapabilen ve bu tabanı belirli sınır şartları ve yükleme koşulları altında analiz edebilen bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu program I-deas paketi altında çalışmakta ve kullanıcının seçeneklerine göre istenen spor ayakkabı tabanını yaratılmış bir veri tabanı yardımıyla tasarlayabilmektedir. Tasarımı yapılmış spor ayakkabı tabanlarının analizi sonlu elemanlar programı yardımıyla gerilmeler, uzamalar ve yer değiştirmeler cinsinden yapılabilmektedir.

GİRİŞ

Spor ayakkabıları, spor faaliyetlerinin en önemli araçlarından biridir. Her spor dalı, kullanılan spor ayakkabılarından aktivite gereği, farklı özellikler istemektedir. Dolayısıyla, spor ayakkabıları aktivitelere ve istenilen özelliklere göre farklı sınıflara ayrılmışlardır.

Bir spor ayakkabısı başlıca iki kısma ayrılarak incelenebilir. İlk kısım ayağın büyük kısmını kavrayan ve koruyan üst kısımdır. İkinci kısım ise, ilk kısmın altında bulunan ve taban diye adlandırılan bölümdür. Taban kısmı, kullanıldığı spor dalına göre üç ayrı parçadan meydana gelmiş olabilir. Örneğin, tabana rijitlik veren iskelet kısmı, bazı tabanlarda kullanılabilen yay veya şok önleyici kısım ve esas tabanı oluşturan ana kısım bir tabanı oluşturan kısımların bir arada incelenebilir. Bu çalışmada taban kısmı tek bir parça olarak incelenmiştir. Spor ayakkabı tabanlarında, spor tipine göre farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar, taban desen yapısı, desenlerin boyutları, tabanın iç kısmı ve tabanın kalınlığıdır.

Desen yapıları tabanlarda farklılık yaratan en önemli özelliktir. Bu nedenle farklı tür spor dallarında kullanılan ayakkabılar çok farklı türde desen yapılarına sahip olabilmektedirler. Örnek olarak, bir antrenman ayakkabısı basit fakat kalın desenlere sahip olabilirken, tenis ayakkabısı karmaşık fakat çok ince desen yapısına sahip olabilmektedir. Bunun yanında desen yapısı

bakımından yürüyüş ve tenis ayakkabıları çok büyük farklılıklar göstermemektedirler. Bunun nedeni kullanılan alanların birbirine benzer olmasından kaynaklanmaktadır. Desen yapısının, bu kadar farklı ve belirleyici bir faktör olmasına rağmen, farklı spor dalları için desen yapılarını belirleyebilecek, herhangi bir sayısal veya şekilsel standart bulunmamaktadır.

Spor ayakkabı tabanlarında belirleyici bir diğer faktör ise bu desenlerin kalınlıklarıdır. Desen kalınlığı, yüzey ile taban arasındaki sürtünme ve kavrama kuvvetlerini belirleyici bir faktör olduğundan, her spor dalında farklı boyutlarda görülebilmektedir. Eğer spor ayakkabıları ağır koşullar altında kullanılacak ise, örneğin, turmanma, ağır şartlarda koşu, dağcılık vb., desen kalınlıkları da bunlara bağlı olarak arttırılırlar. Bunun yanında desen kalınlığı, basketbol, tenis ve koşu ayakkabılarında daha düşük değerlerde tutulur. Desen yapılarında olduğu gibi, desen kalınlığında da spor tiplerine göre belirleyici nitelikte herhangi bir standart bulunmamaktadır.

Taban kalınlığı ve iç iskelet yapısı da ayakkabı tabanının mukavemetini arttıran diğer belirleyici faktörlerdendir. Ayakkabı tabanlarının kullanıldığı çevre koşulları ve etkileyen kuvvetlerin değerleri arttıkça taban ve iç iskelet kalınlıkları da bunlara bağlı olarak arttırılmaktadır. Bunların yanında ayakkabı taban kalınlığını etkileyen diğer faktörler ise, taban malzemesi, tabanın ağırlığı, aşınması ve tabanın konforudur.

Bütün bahsi edilen ayakkabı tabanlarının belirleyici faktörlerine ek olarak, ayakkabıları numaralandırma sistemlerinde de mevcut standartlar yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle ayakkabı numaralandırma sistemlerinin, mevcut ayakkabı boyutlarıyla uyumlu olarak geliştirilmesi ve bununla ilgili bir algoritmanın bilgisayar programına eklenmesi gerekmektedir.

Çalışmada, değişik spor ayakkabı tabanlarının tasarımlarında belirleyici olarak bulunan fakat standartları olmayan faktörlerin, mevcut tabanların taranması ve incelenmesi yardımıyla bir veri tabanında tutulur hale getirilmesine çalışılmıştır. Bu veri tabanından alınan taban desenleri geliştirilmiş bir takım algoritmalar vasıtasıyla istenilen spor ayakkabı tabanının tasarlanmasında kullanılmıştır. Ayrıca, tasarımı yapılan ayakkabı tabanının belirli yüklemeye ve çevre koşulları altında analizinin yapılabilmesine imkan tanınmıştır.

SPOR AYAKKABILARI

Her spor branşı değişik tipte spor ayakkabısı kullanmaktadır. Bunun sebebi, spor dallarının doğası gereği istediği zorunlu özelliklerden kaynaklanmaktadır. Spor ayakkabıları, basketbol, koşu, tenis, antrenman, yürüyüş ve futbol gibi sınıflara ayrılabilir. Bu çalışmada basketbol, koşu, yürüyüş ve antrenman ayakkabıları incelenmiştir [7]. Bu ayakkabı tiplerinde bulunması gereken özellikler, çeşitli kataloglardan, firmalardan alınan bilgilerden ve gerçek ayakkabı tabanlarından derlenmiştir.

Spor Ayakkabılarının Taban Özellikleri

Bazı spor ayakkabılarından istenilen özellikler şöyledir [1];

Basketbol: Kararlılık, sağlamlık, hafiflik, burkulmalara karşı koruma ve konfor bir basketbol ayakkabısından istenilen temel özelliklerdir. Basketbol ayakkabı tabanlarının imalinde kullanılan malzemeler ise, poliüretan, aşınmaz katı kauçuk, yüksek basınçta eritilmiş naylon, kristal kauçuk ve kauçuk bileşenleridir.

Tenis: Kararlılık, esneklik, sağlamlık, hafiflik, çok iyi kavrama, konfor ve çarpışma absorblama özellikleri tenis ayakkabılarından istenmektedir. Taban imalatında kullanılan bazı malzemeler ise, aşınmaya karşı yüksek dayanımlı kauçuk, eritilmiş naylon, poliüretan ve kauçuk bileşenleridir.

Koşu ve yürüyüş: Koşu ayakkabıları ağır koşullar altında çalışacakmış gibi üretilirler. Yüksek performans, mükemmel kararlılık, esneklik, ayağı koruması, yüksek konfor, sağlamlık ve çok iyi destekleme bu ayakkabılardan istenilen en temel özelliklerdir. Taban imalatında kullanılan bazı malzemeler ise, aşınmaya karşı dirençli kauçuk, poliüretan, yumuşak PVC, yüksek basınçta eritilmiş naylon ve kauçuk bileşenleridir.

Antrenman: Yüksek performans, ağır aktivite altında iyi destekleme, mükemmel kavrama, hafiflik, değişken hava koşullarında çok amaçlı kullanım, ayağı dış darbelerle karşı koruması, bu ayakkabı tiplerinden

istenilen özelliklerdir. Bu sınıfa giren ayakkabılar, turmanma, dağ bisikletçiliği, ağır koşullarda yürüyüş ve zor koşullarda kullanılan ayakkabılardır. Ayakkabı tabanının imalatında kullanılan malzemeler ise, eritilmiş naylon, aşınmaya dirençli kauçuk ve poli üreterdir.

TABAN TASARIMI VE ANALİZİNDE KARŞILAŞILAN PROBLEMLER

Spor ayakkabı tabanlarının tasarım ve analizlerinde karşılaşılan birtakım problemler mevcuttur. Bu nedenle bu çalışmanın amacı tasarım ve analiz problemlerine çözümler veya yaklaşımlar bulabilmektir.

Taban tasarımında çok değişik sorunlarla karşılaşmıştır. Bunlar, desenlerin şekillerinin kararlaştırılması ve desenler ile tabanın boyutlandırılmasıdır. Bütün bu problemlerin sebebi, mevcut standartlarda bu sorunlara karşı sayısal veya şekilsel değerlerin bulunmamasıdır. Bu sebeple bu problemlerin, CAD teknikleri yardımıyla çözümlene gidilmiştir [3].

Desen yapısı tabanlarda farklılık gösteren en önemli özelliktir. Desen yapısının basitlik veya karmaşıklığına karar verebilecek birtakım kriterler mevcuttur. Desen yapısını etkileyen en önemli faktör taban ile yüzeyler arasında oluşan sürtünme kuvvetleridir. Sürtünme kuvvetlerinin değerleri, her spor dalı için farklı olduğundan, desen yapısının basitliği veya karmaşıklığı da spor dallarına göre değişiklik göstermektedir. Desen yapılarını etkileyen diğer bir faktör de spor ayakkabısının hareket doğrultularıdır. Bu doğrultular spor branşına göre farklılık göstermektedir. Örneğin, bir tenis ayakkabısının bütün doğrultularda sporcunun hareketine imkan tanınması gerekirken, ağır koşullarda antrenman yapan bir ayakkabının sadece belirli doğrultularda hareket etmesi istenilir.

Taban kalınlığı spor ayakkabılarında değişiklik gösteren bir diğer özelliktir. Mevcut ayakkabı tabanlarının incelenmesi sonucu, taban kalınlığını etkileyen bir takım faktörlerin olduğu belirlenmiştir. Bu faktörler, taban malzemesi, tabanın toplam ağırlığı, tabanın rijitliği, tabanın aşınması ve tabanın konforudur.

Taban tasarımında karşılaşılan bir diğer problem ise, tabanların boyutlarını veren kapsamlı bir standartın bulunmamasıdır. Bu sebeple ayakkabı numaralandırması ile ilgili gözlemler yapılmış ve standartlarda verilen belirli ölçülerle uyumlu olacak şekilde algoritmalar geliştirilerek bilgisayar programına eklenmiştir.

Tasarım problemlerinin yanısıra, analiz aşamasında da bir çok problemle karşılaşmıştır. Bu problemler, dinamik yüklemeye koşulları, dinamik sınır koşulları ve taban desenlerinin karmaşıklığıdır. Tabanda bulunan çok karmaşık desenler, analiz aşamasında problemle karşılaşma olasılığını yükseltmektedir. Çünkü sonlu elemanlar modeli kurulan nesne (burada ayakkabı tabanı) ne kadar basit ise analiz de o derecede kolay ve hızlı yapılabilmektedir. Karmaşıklık yüzünden karşılaşılan problemler, ağ alanlarının tanımlanmasında, düğüm noktalarının yaratılmasında, ağ yaratılmasında

ve eleman boyutlarının tanımlanmasında ortaya çıkabilmektedir.

Spor aktivitelerinde kullanıcının ağırlığı, bu ağırlığın taban yüzeylerindeki dağılımı ve tabanın sınır (çevre) şartları sürekli değişmektedir. Bu sebeple taban analizinin de bu şartları sağlayacak şekilde yapılması istenmektedir. Ancak kullanıcının ağırlığının ve taban sınır şartlarının zamana göre değişimini bulmak çok güç olduğundan, analiz ancak statik yükleme ve çevre koşulları için yapılabilmektedir. Bu nedenle analiz sonuçları, gerçek sonuçlardan belirli hata paylarıyla farklılıklar göstermiştir.

Sonuç olarak, spor ayakkabı tabanlarının tasarımlarında ve analizlerinde çok sayıda problemlerle karşılaşmıştır. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için, mevcut tabanlar taranmış, standartlarda verilen belirli ölçüler alınmış ve yeni algoritmalar geliştirilmiştir. Bu algoritmalar, tasarım ve analizi yapabilecek bilgisayar programının temellerini oluşturmuştur.

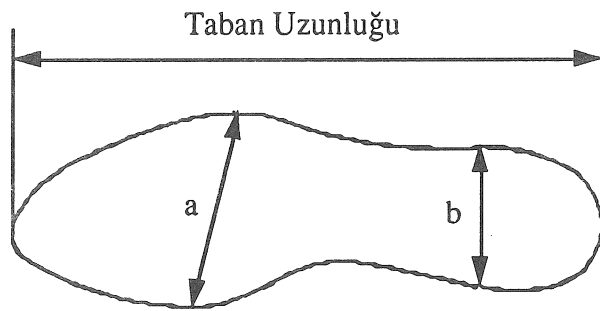
SPOR AYAKKABISI TABAN TASARIMI

Ayakkabıları Numaralandırma Sistemi

İstenilen bir ayakkabı numarası için, çevre eğrilerini geometrik olarak verebilecek herhangi bir standart bulunmamasına rağmen, ayakkabı numaralarına bağlı olarak değişen bir takım parametreler ANSI, DIN ve TSE'ye göre verilmiştir. Değişik ayakkabı numaralarının çevre eğrilerini verebilecek bilgileri oluşturabilmek için, gerçek taban boyutları taranmış ve bu boyutlar mevcut standartlarda verilen bir kaç parametreyle uyumlu olacak şekilde geliştirilmiştir. Ayakkabı numaraları için geliştirilen çevre eğrileri yardımıyla objeler yaratılmış ve bu cisimler daha sonra çağrılmak üzere veri tabanına konulmuştur.

Standartlarda verilen üç parametre Şekil 1'de gösterilmiştir.

Burada a, tabanın orta kısmındaki en büyük genişliği, b ise tabanın topuğundaki en büyük genişliği göstermektedir.



Şekil 1. Ayakkabı Numaralandırma Parametreleri [2].

Tablo 1'de ise bu parametrelerin ayakkabı numaraları için aldığı değerler örnek olarak gösterilmiştir.

Tablo 1'de gösterilen Tip 1 küçük tip ayakkabıları belirlemek için verilmiştir. Standartlarda verilen tipler ise şunlardır:

Tip 1 = Küçük Tip 3 = Büyük
Tip 2 = Orta Tip 4 = Çok büyük

Ayakkabıların Yükleme ve Sınır Koşulları

Yükleme ve sınır koşulları ayakkabı taban geometrisini direk olarak etkileyen iki ana kriterdir.

Koşu ayakkabısı durumunda, yükleme frekansının sabit olduğu ve yük dağılımının zamana göre değişmediği varsayılabilir. Bu nedenle, yük dağılımının altında bulunan noktaların tasarımı bu gerçeğe göre yapılmaktadır. Eğer sürekli koşu durumu gözönüne alınır ise çevrenin de değişmediği varsayılabilir. Bu nedenle koşu tabanı üzerindeki yük değerlerinin belirli sınırları geçmeyeceği varsayılabilir.

Tenis ayakkabısı durumunda da yüklemenin ve çevre koşullarının değişmediği varsayılabilir. Fakat, bununla birlikte taban üzerindeki yük ve yük dağılımı zaman ile değişmektedir. Tennis tabanının bütün doğrultularda hareket etmesi istendiğinden her doğrultudaki yük dağılımı zamanla orantılı olarak değişmektedir. Bu nedenle, tenis ayakkabı tabanlarındaki geometrilerin kullanıcının hareketine kolaylıkla imkan verecek şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Antrenman ayakkabısı durumunda ise yükleme ve sınır koşulları belirsizdir. Taban üzerindeki yük dağılımı yüzey ve aktivite tipine göre değişmektedir. Tabanın kullanıldığı yüzey, çevre koşullarını sürekli değiştirmektedir. Antrenman ayakkabıları, her türlü yüzey ve hava koşullarında çalışabildiklerinden, geometrik yapıları da bu koşullara uyacak şekilde tasarlanmalıdır.

Bir basketbol ayakkabısı ise daha çok basınç kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Bu nedenle bu tabanlardan istenilen en önemli özellik basınç kuvvetlerini dengeleyebilmesidir. Basınç kuvvetlerini dengeleyebilmek için yumuşak taban malzemeleri yanında, basınç yayları, şok tutucular vb. sistemler taban ile uyumlu şekilde kullanılmaktadır. Basketbol tabanına uygulanan yüklerin değişken olmasına rağmen, çevre koşullarının değişmez olduğu kabul edilebilir.

Taban Tasarımı

Taban tasarımında kullanılan mevcut standartlar ile gerçek tabanlardan alınan sayısal ve şekilsel bilgiler toplandıktan sonra, bilgisayar programını oluşturacak algoritmaların geliştirilmesi kolaylaşmıştır. Bilgisayar programının tasarım kısmında, üç tür algoritma geliştirilmiştir. Bu tasarım algoritmaları geometrik ve boyutsal uyumluluğu sağlayacak şekildedir. Tasarım işleminde kullanılacak bütün elemanlar bir veri tabanında tutulmuştur. Bu elemanlar ilgili algoritmalar

Tablo 1. Erkek Ayakkabıları Numaraları (TSE 5553).

Ölçüm Yeri (Şekil 1)	Kalıp Ölçüleri (mm)										
	Paris Sistemine Göre Ayakkabı Numarası										
	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Ayak boyu	243,3	250,0	256,6	263,3	270,0	276,6	283,3	290,0	296,6	303,0	310,0
Kalıp boyu	253,3	260,0	266,6	273,3	280,0	286,6	293,3	300,0	306,6	313,3	320,0
Tip I											
a	83,5	85,0	86,5	88,0	89,5	91,0	92,5	94,0	95,5	97,0	98,5
b	56,0	57,0	58,0	59,0	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0
Tip II											
a	85,5	87,0	88,5	90,0	91,5	93,0	94,5	96,0	97,5	99,0	100,5
b	57,0	58,0	59,0	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0
Tip III											
a	87,5	89,0	90,5	92,0	93,5	95,0	96,5	98,0	99,5	101,0	102,5
b	58,0	59,0	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0	68,0
Tip IV											
a	89,5	91,0	92,5	94,0	95,5	97,0	98,5	100,0	101,5	103,0	104,5
b	59,0	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0	68,0	69,0
Tip V											
a	91,5	93,0	94,5	96,0	97,5	99,0	100,5	102,0	103,5	105,0	106,5
b	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0	68,0	69,0	70,0

yardımıyla çağrılarak tasarım işleminde kullanılmıştır. Bilgisayar programının etkileşimli olarak kullandığı veri tabanının içeriği tamamen geliştirilmiş algoritmalarla bağlanmıştır. Veri tabanında, geliştirilen algoritmaların kullandığı yaklaşık 90 adet nesne (taban parçası) bulunmaktadır. Her nesne tasarlanarak taban geometrisini oluşturmak için kullanılmaktadır. Desen yapısı, kalınlıklar ve taban boyutları, bu nesnelerin yaratılması sırasında gözönünde bulundurulmuştur. Veri tabanında bulunan nesneler, basketbol, koşu, antrenman ve futbol ayakkabılarının tasarımı için geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritmalar, veri tabanındaki yaratılmış nesneler yardımıyla koşu ve antrenman ayakkabıları için yüzlerce sayıda yeni taban tasarımı yapabilmeye imkan tanımıştır.

Tasarımda Kullanılan Algoritmalar

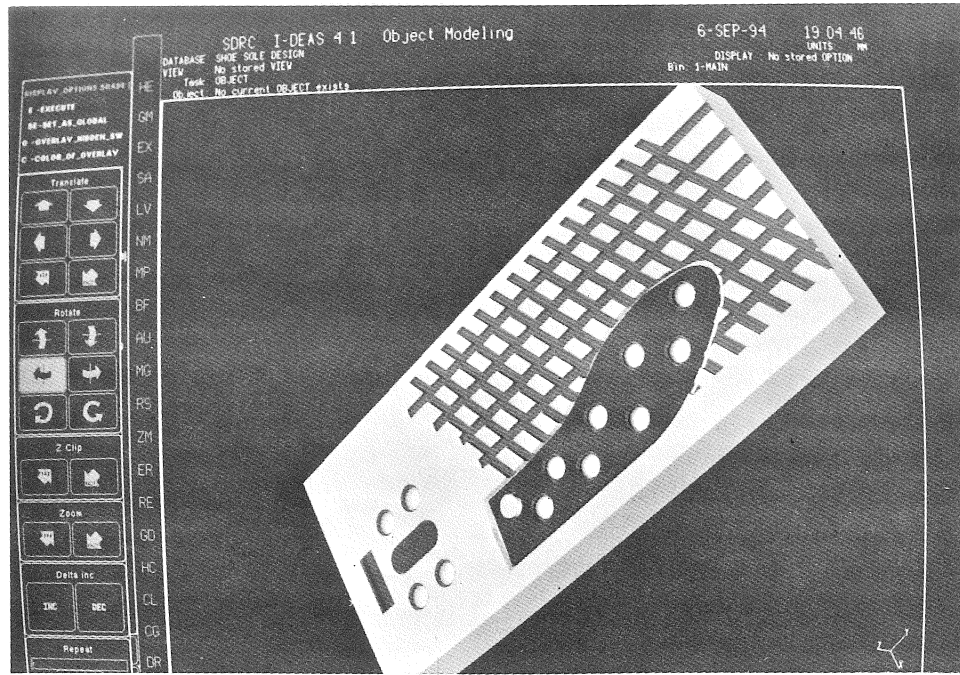
Tasarımda kullanılan algoritmalar, gerçek ayakkabı tabanlarının incelenmesi ve mevcut parametrelerin standartlardan alınması ile geliştirilmiştir. Bu algoritmalar ek olarak, çok sayıda yeni algoritma geliştirmek mümkündür. Taban tasarımında kullanılan bütün nesneler ilgili algoritmaların istediği desen yapısı ve boyutları gözönüne alarak tasarlanmıştır. Algoritmalar program içerisinde belirli komutlar altında bulunmaktadır. Dolayısıyla kullanıcı, komutu seçmekle ilgili algoritmayı da harekete geçirmiş olmaktadır.

İlk algoritmada, kullanıcı istediği tipte ayakkabı

tabanını tasarlamak için veri tabanında bulunan taban bloklarından yararlanmaktadır. Bu taban blokları, her tip ayakkabı için farklı sayıda yaratılmış ve kullanıcının seçeneğine sunulmuştur. Kullanıcıdan istenilen, sadece ayakkabının tipine, numarasına ve iç iskelet yapısına karar vermektir. Şekil 2'de veri tabanında tutulan bir taban bloğu gösterilmektedir.

Geliştirilen diğer iki algoritma sırasıyla, bir ayakkabı tabanının üç ve dört bölgeden oluştuğunu kabul etmektedir. Bu algoritmalar, ilk algoritmaların sınırlamalarını bir ölçüde kaldırabilmek için geliştirilmiştir. Her algoritmanın kullandığı bölgeler için farklı sayıda nesne (bölge) yaratılmıştır. Bu nesneler özellikle koşu ve antrenman ayakkabıları için çok sayıda yaratılmıştır. Bu sayede bu iki tip ayakkabı için yüzlerce yeni taban tasarımı yapabilmek olanaklı hale gelmiştir.

Diğer yandan, tabanın bölümlendirilmesiyle ilgili herhangi bir sınırlama olmadığından, tabanın daha çok sayıda bölgeden oluştuğunu kabul eden yeni bir çok algoritma geliştirmek mümkündür. Ancak bu durumda, boyutsal ve geometrik uyumlulukları dikkatle gözönünde bulundurmamak gerekmektedir. Örneğin, eğer bir ayakkabı tabanının 10 farklı bölgeden oluştuğunu kabul eden yeni bir algoritma geliştirilirse, her bölge için yaratılmış nesnelerin birbirleriyle şekilsel ve boyutsal olarak uyumlu olması zorunlu olduğundan bu nesnelerin yaratılması oldukça güçleşecektir.



Şekil 2. Koşu Ayakkabısı Taban Bloku.

Tabanın Üç Bölgeye Ayrılması

Bu tip algoritma sadece koşu ve antrenman ayakkabıları için uygundur. Bu algoritmada bir tabanın üç bölgeden oluştuğu varsayılmış ve her bölge için çok sayıda örnek nesne (taban parçası) yaratılmıştır. Bütün yaratılan nesnelerin boyutları, tasarımda kullanılan en küçük ayakkabı numarası olan 37'ye göre ayarlanmıştır. Böylece kullanıcının istediği büyük numaralar için ölçek komutunun işletilmesi daha kolay hale getirilmiştir. (0, 0, 0) noktası orijin olmak üzere, bölgelerin genişliği x-yönünde 100 mm ve y-yönünde de 280 mm'dir.

Bölgelerin başlangıç ve bitiş koordinatları $x = 100$ ve $z = 0$ alınmak koşuluyla y-doğrultusunda şöyledir:

	Başlangıç (y-de)	Bitiş (y-de)	Veri Tabanındaki Sayısı
Bölge 1	0 (Orijin)	55	7
Bölge 2	55	85	2
Bölge 3	85	280	4

Veri tabanında her bölge için tutulan nesne sayısı, kaç tane yeni tasarım yapılabileceğini belirlemektedir. Bu algoritmada koşu ayakkabısı için yaratılabilecek maksimum taban sayısı $7*2*4 = 56$ 'dır.

Tasarım için gerekli bölgeler seçildikten sonra, kullanıcıdan ayakkabı numarası istenir. Girilen numaraya göre, mevcut nesneler, yeniden boyutlandırılır ve çevre eğrileri diğer nesneler yardımıyla kesilerek oluşturulur.

Bu algoritma ilk algoritmaya göre çok daha fazla sayıda tasarıma imkan tanımakla beraber, tasarlanabilecek taban sayısı gene de veri tabanında tutulan nesnelerin sayısına bağlıdır.

Tabanın Dört Bölgeye Ayrılması

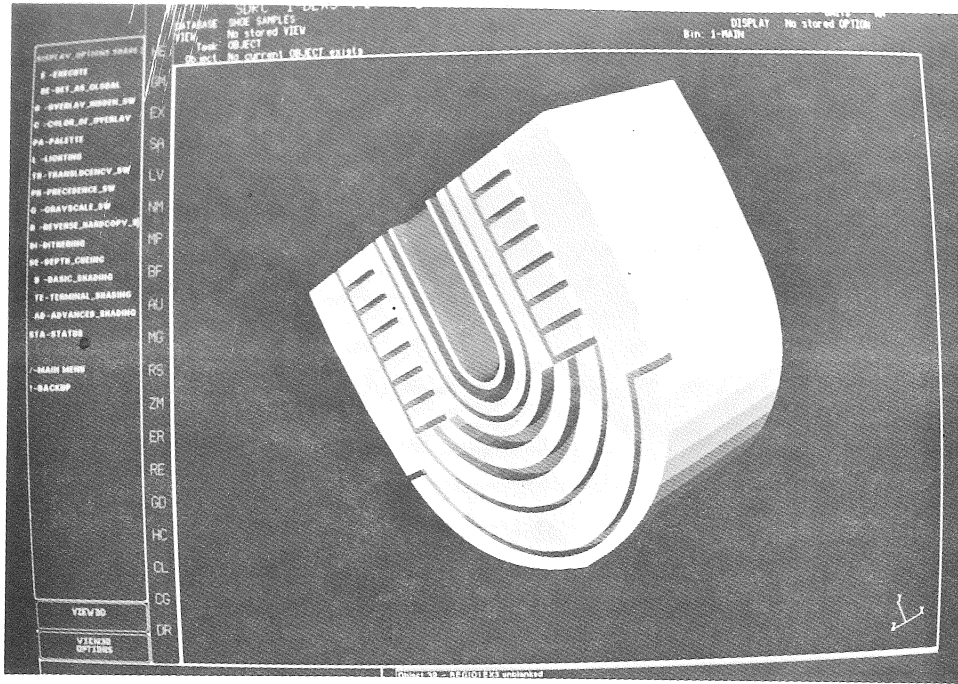
Bu algoritmada bir öncekinde olduğu gibi benzer mantığı taşımaktadır. Tek farklılık bölge sayısının artırılmasıdır. Bu sayede tasarlanabilecek yeni taban sayısı da orantılı olarak artmaktadır. Bölgeler ve bunların başlangıç ve bitiş koordinatları aşağıdaki gibidir.

	Başlangıç (y-de)	Bitiş (y-de)	Veri Tabanındaki Sayısı
Bölge 1	0 (Orijin)	55	7
Bölge 2	55	85	2
Bölge 3	85	235	4
Bölge 4	235	280	6

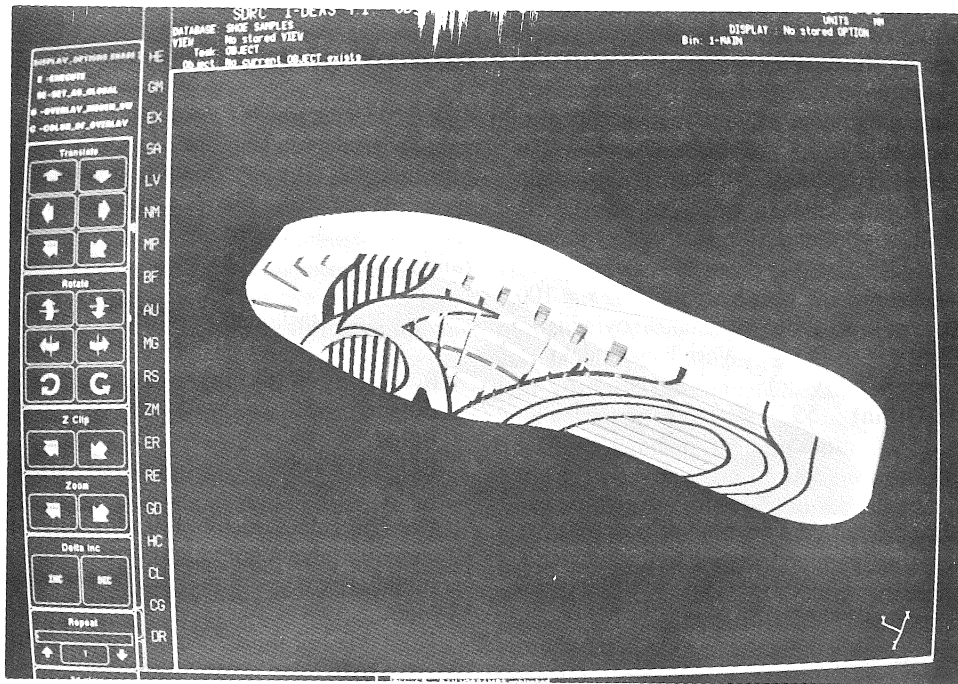
Her bölgenin genişliği 100 mm alınmış ve boyutlar 37 numaralı tabana göre ayarlanmıştır. Bu algoritma ile yaratılabilecek maksimum koşu tabanı sayısı $7*2*4*6 = 336$ 'dır.

Şekil 3'te her iki algoritma içinde yaratılmış olan 1. Bölge'de kullanılan nesne gösterilmektedir.

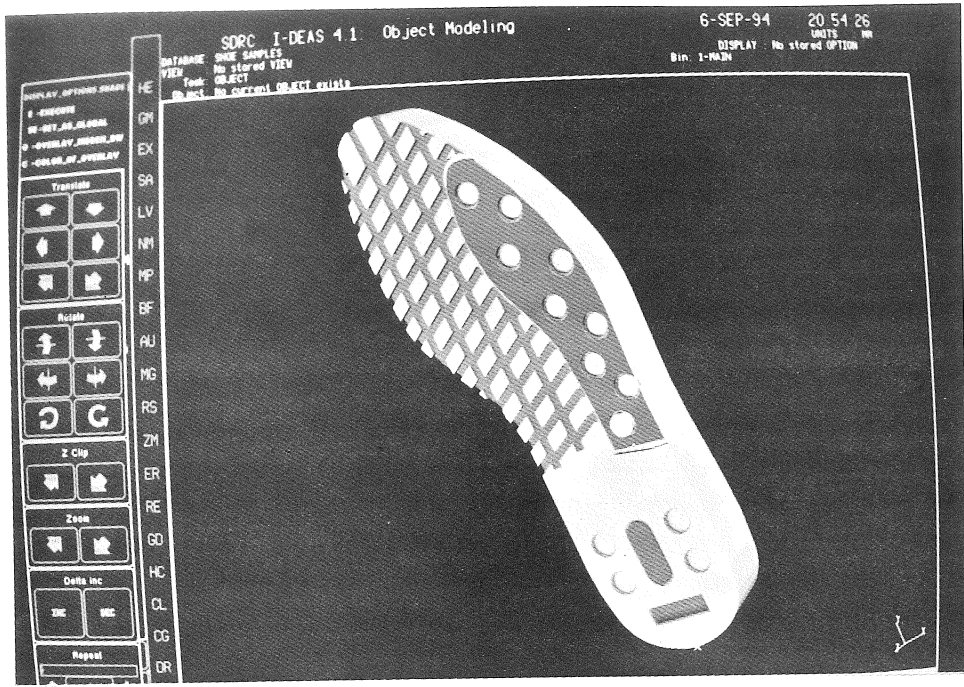
Şekil 4 ve 5'te üç bölgeli ve dört bölgeli algoritmaları kullanarak yaratılan örnek tabanlar gösterilmektedir.



Şekil 3. İkinci ve Üçüncü Algoritmalar için Yaratılmış 1. Bölge (Kesildikten Sonra).



Şekil 4. Koşu Ayakkabısı Tabanı.



Şekil 5. Üç Bölgeci Algoritma ile Yaratılmış Koşu Ayakkabısı Tabanı.

SPOR AYAKKABI TABANI ANALİZİ

Kullanıcı geliştirilen bilgisayar programı yardımıyla, tasarımı yapılmış ayakkabı tabanlarının analizini belirli yaklaşımlarla yapabilmektedir. Bilgisayar programı, kullanıcının seçeneklerine göre, analizi yapabilmek için I-deas'ın özellikleriyle etkileşimli olarak çalışabilmektedir. Analizi yapılacak model, öncelikle tasarlandıktan veya seçildikten sonra, sonuçlar, gerilme, uzama veya yerdeğiştirmeler cinsinden kullanıcıya sunulmaktadır. Bilgisayar programı sınır koşulları ve yüklemeler için kullanıcıya bir takım olanaklar sunmaktadır. Bilgisayar programı analiz yapılmasında iki durumu gözönünde bulundurmaktadır. İlk durum, kullanıcının daha önce yaratılmış modeller yardımıyla analiz yapabilmeye olanak sağlarken, diğer durum kullanıcının I-deas'ın model yaratma özelliklerini kullanarak, kendi modelini yaratmasına olanak sağlamaktadır [4-5]. İkinci durumda, kullanıcının sonlu elemanlar analiz yöntemi hakkında bilgili olması gerekmektedir.

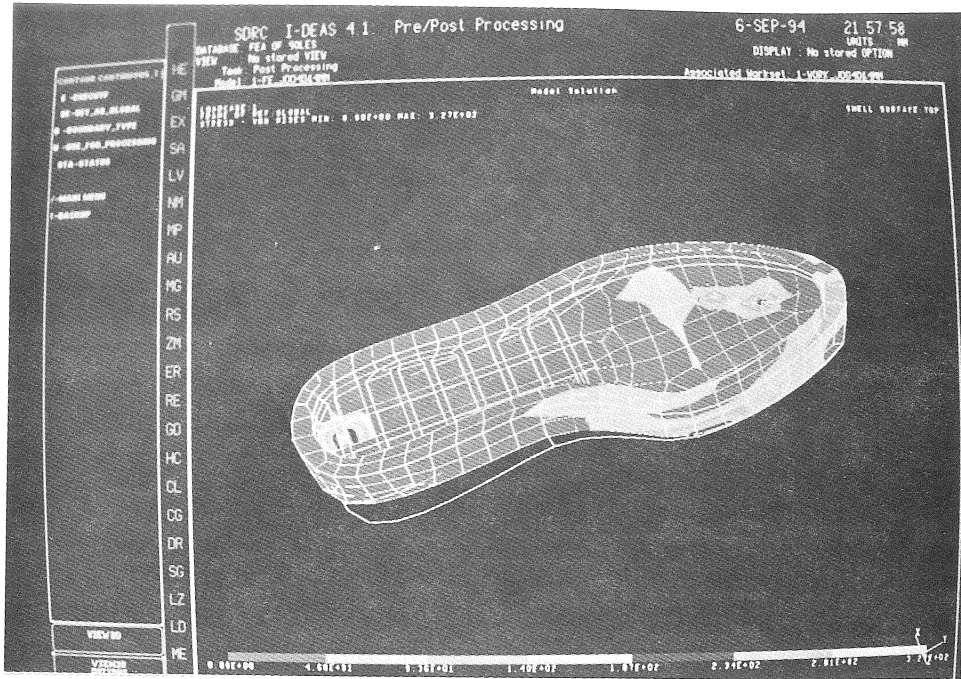
Birinci durumda kullanıcı, daha önce hazırlanmış ayakkabı taban modellerini kullanabilmekte ve verilen sınır koşulları ve yüklemelerinde değişiklik yapabilmektedir.

Örnek Analizler

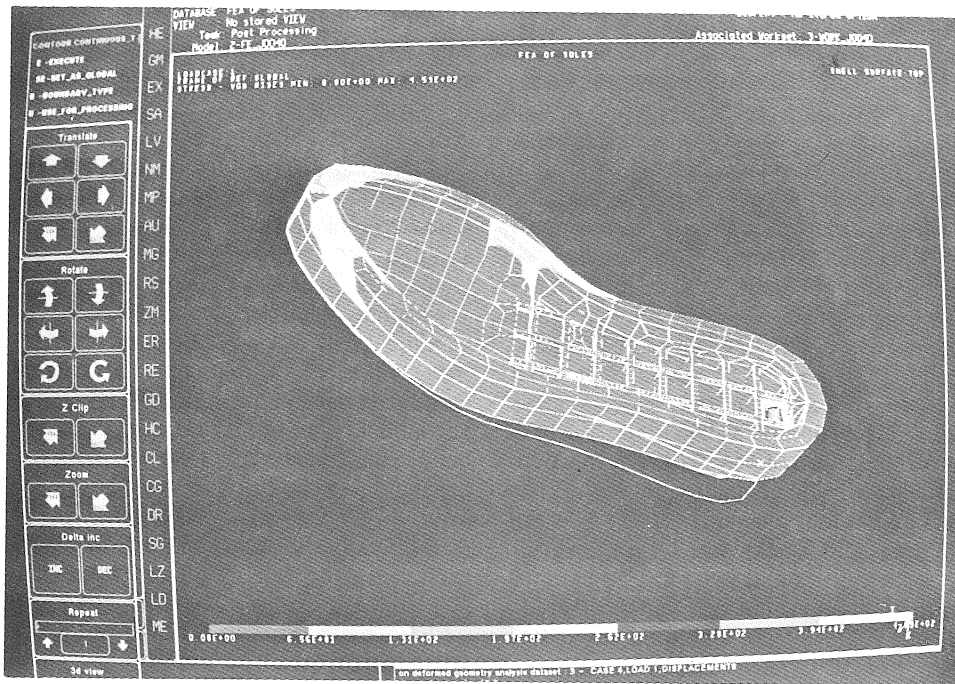
Örnek analizler 40 numaralı koşu ayakkabısının

değişik yüklemeler ve sınır şartları için gerçekleştirilmiştir. Bu koşu ayakkabısı iki farklı iç iskelet kalınlığı ve farklı yüklemeler için analize tabii tutulmuştur. Öncelikle taban 4 mm'lik iç iskelet kalınlığı için analiz edilmiş, daha sonra iskelet kalınlığı 1 mm azaltularak değişik yüklemeler altında sonuçlar alınmış ve bir önceki analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar gerilme, uzama ve yerdeğiştirmeler cinsinden alınmıştır. Alınan sonuçlar vasıtasıyla bir koşu ayakkabısının, değişik iç iskelet kalınlığı ve yüklemeler altındaki davranışı tahmin edilmiştir.

Yapılan analizler statik yüklemeler için yapılmış ve üç farklı yüklemeler durumuna uygulanmıştır. Her yüklemeler durumunda ayakkabının kullanıcı tarafından öne doğru eğilmeye zorlandığı varsayılmış ve kullanıcının ağırlığının tabanın orta kısmındaki belirli elemanlara dağıldığı kabul edilmiştir. Böylelikle tabana kullanıcı ağırlığı ve topuk çekme kuvveti olmak üzere iki tür kuvvet uygulanmıştır. Yüklemeler durumları da bu iki kuvvetin artırılması ile değiştirilmiştir. Örnek analizlerde üç tür yüklemeler koşulu uygulanmıştır. Yüklemeler 1'de topuk kuvveti 3N alınmış, bu Yüklemeler 2 ve Yüklemeler 3 için 6 ve 9 N'a çıkarılmıştır. Bu üç farklı yüklemeler durumu 3 mm ve 4 mm'lik iç iskelet kalınlıkları için ayrı ayrı uygulanmıştır. Şekil 6'da 4 mm'lik iç iskelet kalınlığının Yüklemeler 2 adlı durum için yapılan analizi gerilmeler cinsinden verilmiştir. Şekil 7'de ise 3 mm'lik iç iskelet kalınlığının aynı yüklemeler



Şekil 6. 4 mm İç İskelet Kalınlığı için 1 no.lu Yükleme Altındaki Gerilme Dağılımı.



Şekil 7. 1 no.lu Yükleme Durumu için 3 mm İç İskelet Kalınlığına Sahip Tabanın Gerilmeler Cinsinden Analiz Sonuçları.

Tablo 2. Örnek Analiz Sonuçları.

	İskelet 4 mm			İskelet 3 mm		
	Gerilme (maks) N/mm ²	Uzama (maks)	Yer Değiştirme (mm)	Gerilme (maks) N/mm ²	Uzama (maks)	Yer Değiştirme (maks)
Yüklemeye 1	327*10 ⁻³	0.148	45.5	459*10 ⁻³	0.11	43.9
Yüklemeye 2	662*10 ⁻³	alınmadı	87.4	923*10 ⁻³	alınmadı	83.4
Yüklemeye 3	997*10 ⁻³	alınmadı	129	1390*10 ⁻³	alınmadı	123

durumu için yapılan analizi gene gerilmeler cinsinden verilmiştir.

Yapılan bütün analizlerde kullanıcının ağırlığının 600 N olduğu varsayılmıştır.

Analiz Sonuçları

Bu çalışmada bir koşu ayakkabısının rijitliğini sağlayan iç iskelet yapısı farklı yüklemeye koşulları altında incelenmiştir. Şekil 6'da 4 mm iç iskelet kalınlığına sahip olan bir koşu ayakkabısı 1 nolu yüklemeye durumu için incelenmiş ve taban üzerinde oluşan gerilme değerleri alınmıştır. Şekilde gösterilen 1., 2. ve 3. bölgelerde gerilme değerleri 1 nolu yüklemeye durumunda maksimum değerlere çıkmıştır. Bunun yanında 4 nolu bölgelerde ise gerilme değerleri düşük kalmıştır.

Aynı ayakkabı tabanı 3 mm iç iskelet kalınlığı ve aynı yüklemeye durumu için analiz edilmiş ve Şekil 7'de gösterilen gerilme dağılımı elde edilmiştir. Burada 1 ve 2 nolu bölgelerde gerilmeler fazla çıkarken 3 nolu bölgede değerler düşük kalmıştır. Bu değerler Tablo 2'de karşılaştırılmıştır.

BİLGİSAYAR PROGRAMI

Spor ayakkabı taban tasarımı ve analizini yapacak olan program I-deas yazılımının I-deal dili ile yazılmıştır. Bu dili kullanmadaki amaç, I-deas ile etkileşimli çalışabilmesinden kaynaklanmaktadır. I-deal bir yüksek seviye dildir. Birçok eksiklikleri olmasına rağmen, komutları vasıtasıyla dışarıdan I-deas yazılımını uyarabilmesi programın yazımında birçok kolaylık sağlamıştır.

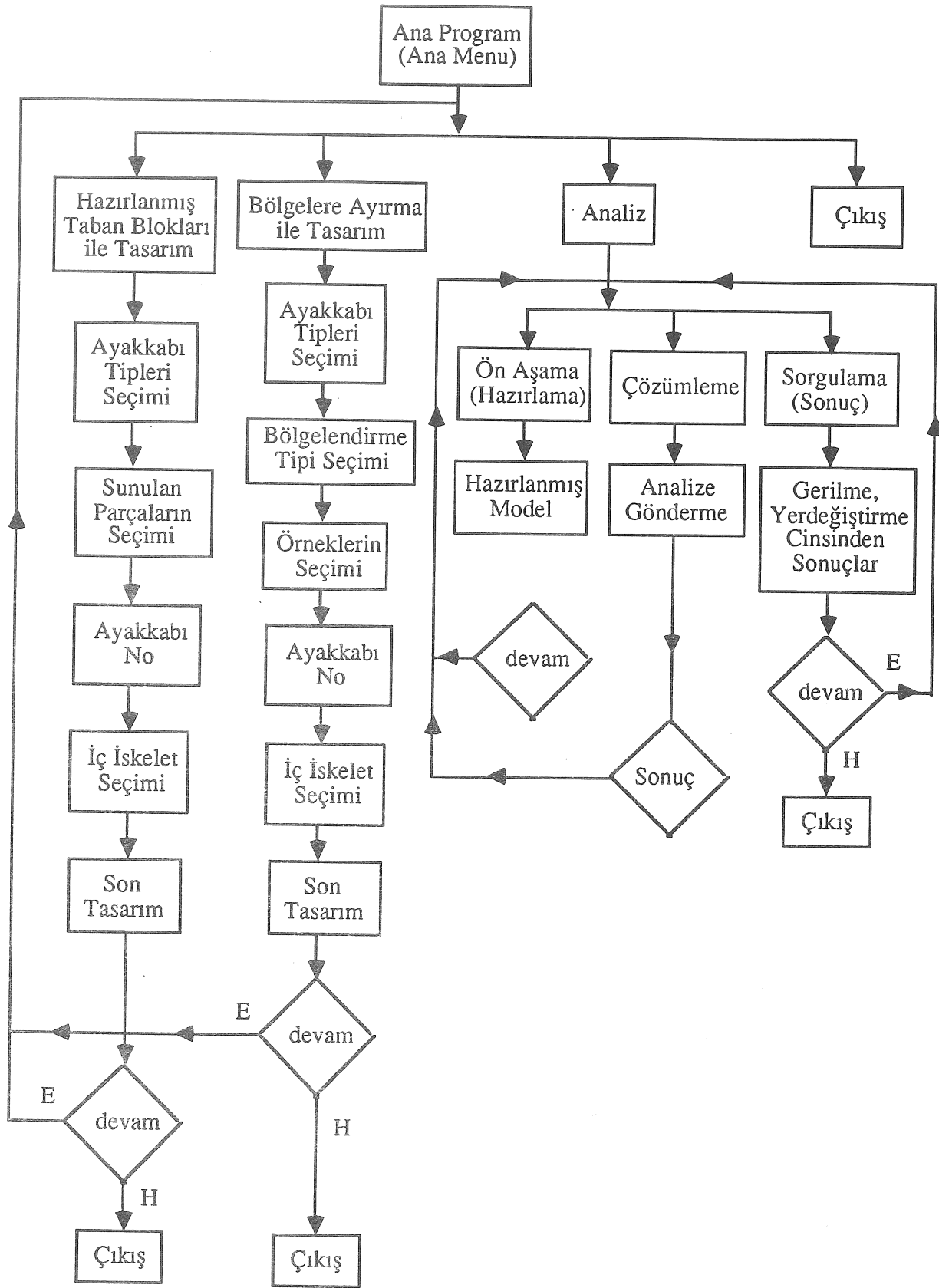
Program Akış Şeması

Bilgisayar programı özet akım şeması Şekil 8'de

gösterilmiştir. Bu şemada kullanıcıya ayakkabı tabanı yaratması için çeşitli olanaklar sunulmuştur. Bu olanakların herbiri ana program altında bir alt programı uyarılmaktadır. Ana menüye gelen kullanıcı, taban yaratmak için, mevcut veri deposunda tutulan ayakkabı taban bölgelerini çağırılmakta ve her bölge için gerekli desen yapısını seçtikten, ayakkabı numarasına, iç iskelet tipine karar verdikten sonra, tasarım aşamasını başlatmış olmaktadır. Kullanıcı ayrıca, tam olarak yaratılmış tabanları seçerek de tasarımını yapabilmektedir. Ana menüde kullanıcıya, tasarımı yapılan tabanın, sonlu elemanlar yöntemi ile analizinin yapılabilmesi için seçenekler de sunulmuştur. Burada kullanıcı, analiz modelini, ya hazır olarak alabilmekte ya da, kendi modelini kendisi oluşturabilmektedir. Daha sonra, modellenmiş taban analize gönderilip, analiz sonuçları, gerilme, uzama ve yerdeğiştirmeler cinsinden kullanıcıya sunulmuştur.

SONUÇ

Spor ayakkabıları, spor aktivitelerinin en önemli elemanlarını oluşturduklarından, tasarımlarında bir takım faktörleri gözönünde bulundurmaları gerekmektedir. Spor ayakkabılarının dış çevre ile temasta bulunan en önemli kısımları taban bölgesi olduğundan, taban tasarımı bir spor ayakkabısının tasarımında büyük öneme sahiptir. Her spor dalının spor ayakkabı tabanından sağlamasını istediği zorunlu şartlar bulunmaktadır. Dolayısıyla tasarımda gözönünde bulundurulması gereken en önemli faktörler, hangi spor branşı için kullanılacağı ve bu spor branşının ayakkabı tabanından istediği şartlardır. Mevcut ayakkabı standartlarında desen seçimi, taban boyutları, desen boyutları ve taban tasarımında uyulması gereken kurallar konusunda herhangi bir bilgi olmamasından veya verilen bilgilerin çok yetersiz olmasından dolayı, taban tasarımını kolaylaştıracak, kullanıcıya tasarım



Şekil 8. Bilgisayar Programının Özet Akış Şeması.

konusunda bir çok seçenek sunabilecek algoritmaların geliştirilmesi gerekmektedir. Geliştirilen bütün bu algoritmaların kullanıcıya bir bilgisayar programı şeklinde sunulması, hızlı ve yaratıcı tasarımların yapılabilmesi açısından zorunludur. Bu nedenle, değişik spor ayakkabı tipleri için algoritmalar geliştirilmiş, bu algoritmaların kullandığı bir veri deposu oluşturulmuş ve bütün bunların kontrolünü sağlayan ve I-deas altında çalışabilen bir bilgisayar programı yaratılmıştır. Bu program sayesinde, tasarımı yapılan ayakkabı tabanının, belirli sınır şartları ve yükleme koşulları altındaki davranışlarını tahmin edebilmenin imkanı doğmuştur.

COMPUTER AIDED SPORT SHOE SOLE DESIGN

The sport shoes are classified according to the activities in which they are used. Tennis, basketball, soccer, jogging, outdoor are some of the examples. Different kind of attributes are required from each shoe type. Therefore, sport shoes show differences in terms of pattern structure, inner structure and sole thicknesses. In this study the lower part of the sport shoe which is called the sole of the shoe is considered. The program which is able to design and analyze the shoe soles for certain types and for certain loading and boundary conditions developed under the I-DEAS package. The program works depending on the selection of the users and uses a database collecting the samples and parts of the sole. The analysis of the designed soles can be performed for defined loading and boundary conditions. The results of the analysis are given to the user in terms of stresses, strains and displacements.

KAYNAKÇA

1. *Activ Collection*, Activ, 1994.
2. *Shoe Sizes*, Turkish Standart 5553, 1988.
3. *I-DEAS Solid Modeling and Design*, Milford, SDRC, 1988.
4. *I-DEAS Pre/Post Processing*, Milford, SDRC, 1988.
5. *I-DEAS, Model Solution*, Milford, SDRC, 1988.
6. Brandrup, J., Immergut, E.H., *Polymer Handbook*, New York, 1966.
7. Enöz, Ç., *Computer Aided Sport Shoe Sole Design*, Yüksek Lisans Tezi, Makina Mühendisliği Bölümü, ODTÜ, Ankara, 1984.