



# GİYİM KONFORUNUN TAHMİNLENMESİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI SİSTEMLERİNİN KULLANIMINA YÖNELİK BİR LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

## A REVIEW OF LITERATURE ABOUT THE USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS SYSTEMS ON PREDICTION OF CLOTHING COMFORT

Emine UTKUN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Moda ve Tasarımı Programı, Buldan Meslek Yüksekokulu, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye.  
eutkun@pau.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 11.06.2013, Kabul Tarihi/Accepted: 28.03.2014

\* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2014.29491

Derleme Makalesi/Review Article

### Özet

Son yıllarda tüketicilerin tekstil ürünlerinden beklentilerinin artması ve giysi tercihlerinde konforun ön sıralarda yer almaya başlamasıyla birlikte araştırmacılar ile tekstil ve hazır giyim üreticileri daha konforlu giysi sistemlerinin geliştirilmesi konusuna yoğunlaşmışlardır. Yapay sinir ağları sistemleri ise bu gelişmelere katkıda bulunmaya çalışan araştırma teknikleri arasında yer almaktadır.

Literatürde, çeşitli kumaş parametreleri ile giyim konforu arasındaki ilişkiyi analiz etmek amacıyla istatistiksel yöntemler kullanılarak birçok araştırma yapılmıştır. Ancak kullanılan istatistiksel yöntemlerde bazı kısıtlamalar bulunmaktadır. İstatistiksel modellemede karşılaşılan en yaygın problemlerden birisi giyim konforunu etkileyen farklı parametrelerin giyim konforu ile doğrusal olmayan ilişkisidir. Yapay sinir ağları sistemleri bütün parametrelerin ortaklaşa etkisini göz önünde bulundurarak tahminleme yapmaya çalışan yöntemlerden bir tanesi olarak bilinmektedir.

Bu çalışma kapsamında giyim konforunun tahminlenmesinde yapay sinir ağları sistemlerinin kullanımına yönelik bir literatür araştırması yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Giyim konforu, Yapay sinir ağları, Tekstil sektörü.

### Abstract

In recent years, with the increasing of consumers' expectations from textile products, researchers and producers of textile and apparel sectors focused on development of comfortable clothing systems. Artificial neural networks systems are research techniques that are trying to contribute to these developments.

There are a lot of researches in literature about analysing relationship between clothing comfort and parameters of fabrics using statistical methods. On the other hand, there are some limitations in using them. One of the most common problems encountered in statistical modelling is non-linear relationship between clothing comfort and the parameters of fabrics. Artificial neural networks systems are known trying to make prediction considering all the impact of the parameters together.

In this study, a literature research was performed about using artificial neural networks in prediction of clothing comfort.

**Keywords:** Clothing comfort, Artificial neural networks, Textile sector.

## 1 Giriş

Giyinmek, insan yaşamının ayrılmaz bir parçasıdır. Giysi, insan ile yaşadığı çevre arasında koruyucu bir tampon görevi üstlenmekte ve sağlıklı bir yaşam için önemli bir rol oynamaktadır [1]-[3]. Giyim konforu konusu ise insanların giysi tercihlerini yaptıkları aşamada önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmakta ve giyim fizyolojisi biliminin alt dalı olarak incelenmektedir [4],[5].

Fizyoloji bilimi, organizmaların görevlerini ve faaliyetlerini inceleyen bir bilim dalıyken giyim fizyolojisi bilimi, giysilerin insan fizyolojisi üzerindeki etkilerini incelemektedir. Fizik, kimya, tıp, tekstil ve konfeksiyon tekniklerinin sınır bölgelerinde dolaşan giyim fizyolojisi biliminin amacı, moda ve satış özelliklerini de dikkate alarak, giysiyi giyen kişinin kendini rahat hissedebileceği, sağlığını koruyabileceği ve çalışma verimini hiç değilse düşürmeyecek giysilerin tasarımını ve üretimini sağlayabilen kuralları ortaya koyabilmektir. Giyim konforu ise giysinin kişi üzerinde herhangi bir rahatsızlığa neden olmadığı nötr bir durum olarak ifade edilebilmektedir [6],[7].

Giyim konforu, bir kişinin kendisini giysinin içinde ve o andaki çevresel şartlarda, fizyolojik, psikolojik ve fiziksel açılardan dengede, nötr ve memnun hissetmesi şeklinde tanımlanabilmektedir [8]-[10]. Başka bir ifadeyle, bulunulan ortamın ekolojik ve fiziksel koşulları içerisinde kişinin o

andaki fizyolojik ve psikolojik durumuna bağlı olarak kendini giysi içerisinde rahatsız hissetmemesinin kelime karşılığı giyim konforudur [11],[12]. Isıl konfor, duyuşal konfor, vücut hareketi konforu ve psikolojik konfor olmak üzere dört farklı alt bileşene ayrılmaktadır [9]. Kişinin ısıl konfor hissini belirleyen şey insan teni ile giysi arasında kalan ve mikroklima olarak da adlandırılan hava tabakasıdır. Mikroklima, çevresel faktörlerden, kişinin aktivite düzeyinden ve giysinin özelliklerinden etkilenmektedir [13].

Literatürde, çeşitli kumaş parametreleri ile giyim konforu algısı arasındaki ilişkiyi analiz etmek amacıyla istatistiksel yöntemler kullanılarak birçok araştırma yapılmıştır. Bu yöntemler, korelasyon analizi, regresyon analizi, faktör analizi teknikleri olarak sıralanabilmektedir. Bunlara ek olarak bulanık mantık uygulamaları da giyim konforu araştırmalarında kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. Bu yöntemler kısaca şu şekilde açıklanabilmektedir. Korelasyon analizi, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin derecesini ve yönünü belirlemeye yarayan bir tekniktir. Regresyon analizi, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonunu ve yönünü belirlemeye yarayan bir tekniktir [14]. Faktör analizi, birbiriyle ilişkili p tane değişkeni biraraya getirerek az sayıda ilişkisiz ve kavramsal olarak anlamlı yeni değişkenler (faktörler) bulmayı amaçlayan çok değişkenli bir istatistiksel tekniktir [15]. Bulanık mantık; günlük hayatta kullanılan değişkenlere üyelik dereceleri

atarak, olayların hangi oranlarda gerçekleştiğini belirleyen çoklu mantık sistemi olarak tanımlanabilmektedir. Bulanık mantık ikili mantık sistemine karşı geliştirilmiştir. Bulanıklık, ikili mantığın 0-1 önermelerine karşın, üç veya daha fazla, belki de sonsuz sayıda önermeler yapmaktadır. Yani, bulanık mantıkta küme üyeleri derecelendirilmektedir. Diğer bir ifadeyle, bulanık mantık siyah ile beyaz arasında yer alan sonsuz sayıda gri tonlarını içermektedir [16].

Ancak kullanılan bu istatistiksel yöntemlerde bazı kısıtlamalar bulunmaktadır. İstatistiksel modellemede karşılaşılan en yaygın problemlerden birisi giyim konforunu etkileyen farklı parametrelerin giyim konforu ile doğrusal olmayan ilişkisidir. Yapay sinir ağları sistemleri ise bütün parametrelerin ortaklaşa etkisini göz önünde bulundurarak tahminleme yapmaya çalışan yöntemlerden bir tanesi olarak bilinmektedir. Giyim konforunu etkileyen farklı parametrelerin giyim konforu ile doğrusal olmayan ilişkisi Pontrelli'nin ortaya koymuş olduğu "Konforun Yapısı" ile açıklanabilmektedir (Şekil 1). Konforun yapısında tanımlanan parametreler bir kişinin kendisini konforlu ya da konforsuz hissetmesine neden olan etkileri açıklamaktadır. Bu etkiler üç grupta toplanmaktadır [17].

### 1. Fiziksel Etkiler

Çevre, aktivite düzeyi ile hammaddenin, kumaşın ve giysinin özelliklerinden oluşmaktadır.

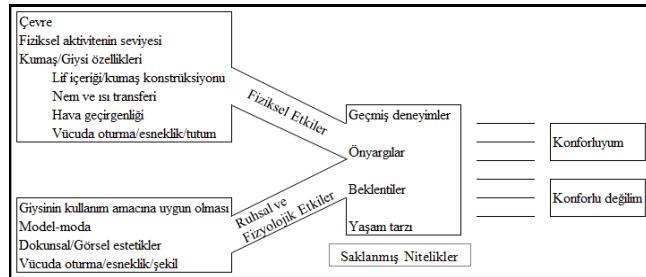
### 2. Ruhsal ve Fizyolojik Etkiler

Giysinin kullanım amacına uygun olması, vücuda oturması ile dokunsal ve görsel estetik özelliklerinden oluşmaktadır.

### 3. Saklanmış Nitelikler

Bir filtre gibidir. Kişinin geçmişteki isteklerinden, deneyimlerinden ve gelecekteki beklentilerinden oluşmaktadır.

Bütün bu etkilerin sonucunda kişi kendisini konforlu veya konforsuz hissetmektedir. Bu yapı sayesinde kişinin konforlu ya da değilim cevabının fiziksel, fizyolojik ve psikolojik uyarılara bağlı olduğunu ve bu uyarıların kişinin saklanmış duygularıyla birlikte değerlendirilerek ortaya çıktığı söylenebilmektedir [17].



Şekil 1: Konforun yapısı [17],[18].

Özetle, giyim konforu; insanın anatomik, fiziksel, mekaniksel ve psikolojik olarak giysiyle uyum içerisinde olmasıdır [11]. İnsanın kendisini konforlu hissetmesine neden olacak giysiler sayesinde yaşadığı çevreye uyum göstermesi kolaylaşacaktır. Bu makalede giyim konforunun tahminlenmesi amacıyla kullanılmakta olan yapay sinir ağları sistemlerine yönelik bir literatür araştırması yapılmıştır. Bu sistemler sayesinde insanın yaşam kalitesini arttırmaya yönelik olan konfor araştırmaları yeni bir boyut kazanmaktadır.

## 1.1 Yapay Sinir Ağları

Son yıllardaki gelişmelerden bir tanesi yapay zeka çalışmaları ve bir alt kolu olan yapay sinir ağları sistemleridir. Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak yapabilmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek oldukça zordur veya mümkün değildir. Diğer bir tanıma göre, yapay sinir ağları, insanlar tarafından gerçekleştirilmiş örnekleri kullanarak olayları öğrenebilen, çevreden gelen olaylara karşı nasıl tepkiler üretebileceğini belirleyebilen bilgisayar sistemleridir. Bunlara ek olarak, insan beyninin fonksiyonel özelliklerine benzer şekilde öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme ve optimizasyon gibi konularda başarılı bir şekilde kullanılabilirler. Örneklerden elde ettikleri bilgiler ile kendi deneyimlerini oluşturmakta ve daha sonra benzer konularda benzer kararlar verebilmektedirler. Teknik olarak yapay sinir ağlarının en temel görevi, kendilerine gösterilen bir girdi setine karşılık gelebilecek bir çıktı setini tahminlemektir. Bunu yapabilmesi için ağ, ilgili olayın örnekleri ile eğitilerek genelleme yapabilecek yeteneğe kavuşturulmaktadır. Bu genelleme ile benzer olaylara karşılık gelen çıktı setleri belirlenebilmektedir [19]-[23].

Yapay sinir ağlarının çalışma prensibi insan sinir sisteminin bilgisayar yardımıyla modellenmesine dayanmaktadır. Sinir sistemi, birbiri ile iletişim halinde olan sinir hücrelerinden oluşmaktadır. Genel olarak hücreler üç katman halinde bir araya gelerek ağ oluştururlar. Bu katmanlar, girdi, ara ve çıktı katmanlarıdır. Girdi katmanı, dış dünyadan bilgileri alarak ara katmana ulaştırırlar. Ara katmanlar gelen verileri işlerler ve çıktı katmanına gönderirler. Bir ağ için birden fazla ara katman olabilir. Çıktı katmanı ise sunulan girdi katmanı için gerekli olan çıktıyı üretmektedirler [22].

Yapay sinir ağları, matematik olarak modellenmesi mümkün olmayan karmaşık problemleri modelleyerek çözebilmektedir. Yapay sinir ağları uygulamaları hem pratik hem de maliyet bakımından daha ucuzdurlar. Sadece örneklerin belirlenmesi ve bir bilgisayar programı problemi çözmek için yeterli olabilmektedir. Yapay sinir ağları zaman bakımından verimli çalışmaktadırlar, ayrıca yeni bilgilerin ortaya çıkması ve ortamda bazı değişikliklerin olması durumunda yeniden eğitilebilmektedirler. Yapay sinir ağlarının bir çok avantajına rağmen, ağın kurulmasının kullanıcının tecrübesine dayalı olarak yapılması, ağın eğitiminin uzun zaman alabilmesi, problemlere optimum sonuçlar üretmek yerine iyi sonuçlar üretebilmeleri gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Ancak, dezavantajlarına rağmen yapay sinir ağlarının tahmin, sınıflandırma, veri ilişkilendirme, veri filtreleme, tanıma ve eşleştirme, teşhis ve yorumlama fonksiyonlarını gerçekleştirebileceği alanlarda uygulamaları görülmektedir [22].

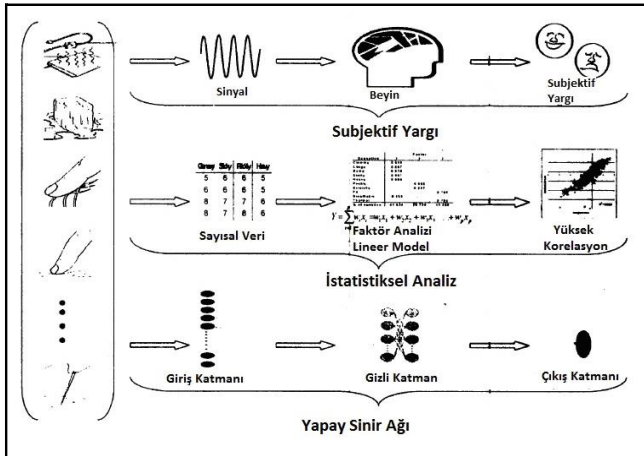
Yapay sinir ağları yapı olarak üç gruba ayrılmaktadır.

- İleri beslemeli yapay sinir ağı: Bu tür ağ yapısında sinir hücreleri arka arkaya beslenmektedirler. Ağda bulunan her bir tabaka, çıktılarını hesaplamakta ve bir sonraki ağı sunmaktadır [23]. İleri beslemeli ağ yalnızca önceki katmanlardan girdi alan bir ağıdır, bir katmanın çıktısı bir sonraki katmanın girdisidir ve çıktidan girdiye herhangi bir geribildirim yoktur [24].

- b) Geri beslemeli yapay sinir ağı: Bu tür ağlarda diğerlerinin aksine, tabakalar arasındaki bağlantıya ek olarak tabakadaki her bir sinir hücresi diğerleriyle bağlantılıdır [23].
- c) İleri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağı: Bu tür ağ yapısında, geri yayılma kuralı, ağ içindeki mevcut hata düzeyine göre her bir tabakadaki ağırlıkları yeniden hesaplamak için kullanılmaktadır. Aynı tabakadaki sinir hücreleri arasında bağlantı mevcut değildir. Tabakadaki her bir sinir hücresi bir ileri tabakadaki her bir sinir hücresine ayrı ayrı bağlıdır ve bunların giriş değerini vermektedir [23]. İleri besleme ve geriye yayılım kombinasyonu ağı daha dirençli, daha az karmaşık ve daha hızlı eğitilebilir hale getirmektedir [24]. Giyim konforu tahminlemelerinde genellikle kullanılan ağ yapısı bu yapıdır.

## 2 Yapay Sinir Ağlarının Giyim Konforu Tahminlemesinde Kullanımı

Wong ve diğ. [25], giyim konforuna ulaşabilmek için kullanılan yöntemleri üç ana başlık şeklinde özetlemektedirler. Bu yöntemler; subjektif yargı, istatistiksel analiz ve yapay sinir ağları yöntemleridir (Şekil 2). Yapay sinir ağları sistemlerinin istatistiksel modelleme teknikleriyle karşılaştırıldıkları zaman kendi kendine öğrenme yeteneği sayelerinde hızlı, esnek ve öngörücü teknikler olduğu söylenebilmektedir [25].



Şekil 2: Giyim konforu ulaşabilmek için kullanılan yöntemler [25].

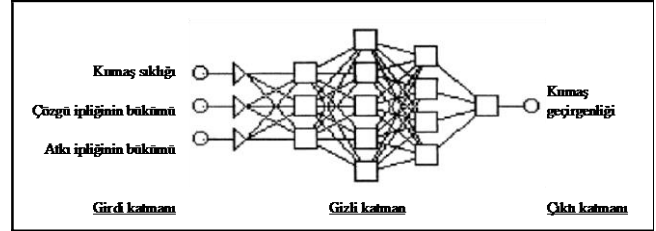
Bu kısımda, literatürde giyim konforunun tahminlenmesi ile ilgili yapılan araştırmalarda yapay sinir ağları yöntemlerinin kullanılma durumları incelenmektedir. Araştırmalar, ısı konfor, duysal konfor ve vücut hareketi konforu başlıkları altında kronolojik sıra ile verilmektedir.

### 2.1 Isıl Konfor

Tokarska'nın (2004), çalışmasının amacı, dokuma kumaşlarda hava geçirgenliğinin, kumaş sıklığı ile atkı ve çözgü ipliklerinin büküm özelliklerinden etkilendiğini göstermektir. Bu hipotez yapay sinir ağları yöntemi ile doğrulanmıştır. Ancak aralarındaki ilişkiyi görebilmek için daha detaylı araştırmalar gerektiği belirtilmektedir [26].

Çalışmada toplam 14 adet dokuma kumaş kullanılmıştır. Şekil 4'te görülen çok katmanlı ve tek yönlü geri yayımlı bir yapay sinir ağı modeli tasarlanmıştır. Yapay sinir ağında girdi veri seti olarak kumaş sıklığı, çözgü ipliğinin ve atkı ipliğinin bükümü, çıktı veri seti olarak ise kumaşın hava geçirgenliği

kullanılmıştır [26]. Hava geçirgenliği, insan vücudundan ortama doğru giden gaz akışını ve ortamdan vücuda doğru gelen temiz hava akışını etkileyen hijyenik bir özelliktir [27]. Kumaşlar için önemli bir teknik özellik olmakla birlikte kumaştaki birçok özelliği de etkilemektedir. Hava geçiren bir malzeme genel olarak buhar veya sıvı fazdaki suyu da geçirir, bu nedenle malzemenin su buharı geçirgenliği ve sıvı su iletimi özellikleri hava geçirgenliği özelliği ile yakından ilişkilidir [19],[28]. Bir kumaşın ısı konfor sağlaması açısından ısı iletimi ve ısı tutma özelliklerinin yanında hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği ve sıvı iletimi özelliklerinin de önemli özellikler olduğu bilinmektedir [9],[29],[30].



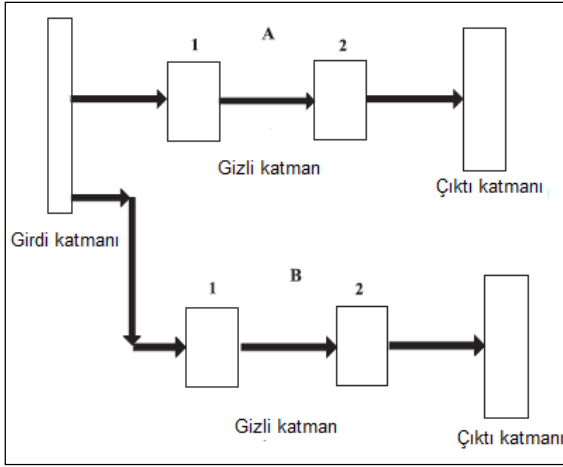
Şekil 3: Yapay sinir ağı modeli [26].

Güneşoğlu [19], günlük ve spor giyimde pazarda yaygın olarak kullanılmakta olan örme kumaşların konfor özelliklerini araştırmış, kumaşlarda kullanılan farklı lif çeşitlerini ve kumaş konstrüksiyonlarının nihai ürünün konfor özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma kapsamında, kumaşların ısı iletkenlik ve ısı soğurganlık değerleri yapay sinir ağları sistemi kullanılarak tahminlenmiştir. Kurulan yapay sinir ağı sisteminde kumaşların gramajı, kalınlığı, yoğunluğu, liflerin iletkenliği, yoğunluğu ve kumaşın şekil faktörleri girdi verileri olarak kullanılmıştır. Yapay sinir ağı, ileri beslemeli geri yayımlı yapıda olmak üzere 3 katmanlı olarak oluşturulmuştur [19].

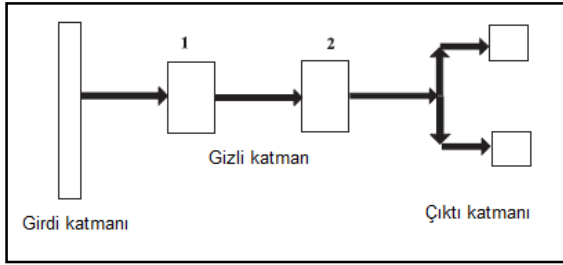
Bhattacharjee D. ve Kothari V.K. [24], ileri beslemeli ve geri yayımlı yapay sinir ağı sistemlerini kullanarak, kumaşların sürekli ve geçici ısı özelliklerinin tahmin edilebilirliği üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışma kapsamında iki farklı ağ kurulmuştur. Kurulan iki ağın mimarileri Şekil 4 ve 5'te görülmektedir. Ağlarda girdi katmanı olarak dokuma tipi (bezayağı, dimi, saten), çözgü numarası, atkı numarası, iplik yoğunluğu, kumaş yoğunluğu, kalınlık verileri kullanılırken çıktı katmanı olarak kumaşların ısı direnç ve anlık ısı transferi değerleri elde edilmektedir. Çalışmada her iki durumda da üç katmanlı yapay sinir ağı modeli kullanılmıştır. Çalışma kapsamında toplam 86 adet pamuklu dokuma kumaş numunesinin 70 adeti yapay sinir ağlarını eğitmek için, 16 adeti ise ağları test etmek için kullanılmıştır. Kumaşların ısı özellikleri Alambeta ısı direnç test cihazı kullanılarak ölçülmüştür [24].

Çalışmada iki farklı ağ mimarisi arasında bir karşılaştırma yapılmıştır, bunlardan birincisi ortak bir girdi ile beslenerek eşzamanlı olarak çalışan iki ardışık ağ, ikincisi ise iki çıktı sağlayan tek bir ağdır. Ağlar daha sonra bir dizi eğitilmiş girdiye tabi tutulmuş, ısı direnç ve anlık ısı transferi gibi ısı özellikleri deneysel olarak elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Birinci yapay sinir ağı ortalama %8.61'lik hata yüzdesine sahipken, ikinci yapay sinir ağı ortalama %10.42'lik hata yüzdesine sahiptir. Ortak girdilerle eşzamanlı olarak çalışan iki ağ yapı, iki çıktı vermek üzere kullanılan tek girdili yapıdan daha iyi sonuçlar vermektedir. Diğer bir ifadeyle, kurulan birinci ağ, ikinci ağdan daha başarılı sonuçlar vermektedir. Bu çalışma, yapay sinir ağlarının bir kumaşın

sürekli ve geçici ısı davranışlarını tahmin etmek amacıyla başarılı bir araç olarak kullanılabilirliğini göstermektedir [24].



Şekil 4: Birinci kurulan yapay sinir ağı mimarisi [24].

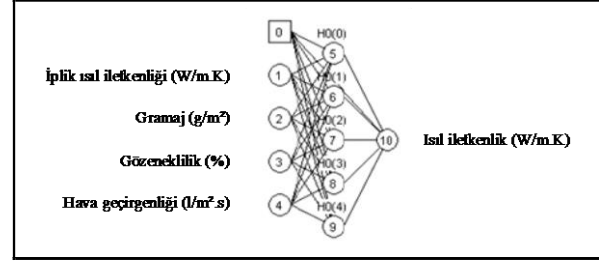


Şekil 5: İkinci kurulan yapay sinir ağı mimarisi [24].

Luo ve diğ. [31], insan-giysi sisteminin dinamik bir ısı ortam olduğunu, mevcut çalışmaların ise genellikle kararlı durum ve tek biçimli koşullar üzerine yoğunlaşmış olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında giysilerin ısı fonksiyonlarının dinamik bir ortamda değerlendirilebilmesi için bulanık yapay sinir ağı modeli geliştirmiş ve modeli fonksiyonel bir tekstil tasarım sisteminde test etmişlerdir. Bu model merkezi ve yerel vücut bölümlerinin sıcaklıkları ve sıcaklık değişiklikleri oranları dahil olmak üzere fizyolojik parametrelere dayanarak bir insanın yerel ve genel ısı hislerini tahmin etmektedir. Simülasyon verileri için elde edilen test sonuçları insan benzeri bu yaklaşımın güvenilirliğini doğrulamaktadır [31].

Yapay sinir ağı modelinde girdi verileri olarak deri sıcaklığı, vücut iç sıcaklığı ve deri sıcaklığının değişim oranı, çıktı verisi olarak ise insanın ısı hissi alınmıştır. Yapay sinir ağları dört katmanlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ esasına dayalı olarak geliştirilmiştir. İlk gizli katman girdilerin bulanık alt kümesini temsil ederken; dördüncü katman çıktı katmanıdır. Burada bulanık mantık kullanmanın avantajı, eğitim verilerinin gerekliliğini azaltmaktır. Konu ile ilgili yapılan diğer deneysel yaklaşımlardan farklı olarak bu modelin doğrudan insan vücudunun ısı tepkilerine (vücut iç sıcaklığı ve deri sıcaklığı) bağlı olduğu görülmektedir [31].

Fayala ve diğ. [32], çalışmalarında örme kumaşlar için ipliğin ısı iletkenliği, kumaşın gramajı, gözenekliliği ve hava geçirgenliği değerlerini kullanarak kumaşın ısı iletkenliğinin tahmin edilebilmesini sağlayan bir yapay sinir ağı modeli kurmuşlardır. Kurulan yapay sinir ağı modeli bir giriş katmanı, bir gizli katman ve bir çıkış katmanından oluşmaktadır (Şekil 6) [32].



Şekil 6: Yapay sinir ağı modeli [32].

Çalışmada 81 adet kumaş kullanılmıştır. 65 adet kumaştan elde edilen veriler eğitim seti verileri olarak, 16 adet kumaştan elde edilen veriler ise deney seti verileri olarak kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda, sinir ağından elde edilen ısı iletkenlik değerleri ile ölçülen değerler karşılaştırılmıştır ve geliştirilen sistemin 0.913 korelasyon katsayısı ile kumaşların ısı iletkenliğini tahmin edebildiği görülmüştür [32].

Majumdar [33], çalışmasında bambu ve pamuk karışımı ipliklerden üretilmiş olan örme kumaşların ısı iletkenliğinin tahmin edilebilmesini sağlayan bir yapay sinir ağı modeli kurmuştur. Sinir ağının kurulumunda, kumaşın örgü yapısı, ipliğin doğrusal yoğunluğu, iplikteki bambu lifinin oranı, kumaşın kalınlığı ve kumaşın yoğunluğu değerleri girdi veri seti olarak kullanılmıştır. Kurulan yapay sinir ağı modeli bir giriş katmanı, bir gizli katman ve bir çıkış katmanından oluşmaktadır [33].

Çalışmada 27 adet kumaş kullanılmıştır. Tesadüfen seçilen 22 adet kumaştan elde edilen veriler eğitim seti verileri olarak, 5 adet kumaştan elde edilen veriler ise deney seti verileri olarak kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda, sinir ağından elde edilen ısı iletkenlik değerleri ile ölçülen değerler karşılaştırılmış ve geliştirilen sistemin 0.95'in üstünde bir korelasyon katsayısı ile kumaşların ısı iletkenliğini tahmin edebildiği görülmüştür [33].

Alibi ve diğ. [34], çalışmalarında örme kumaşların ısı dirençlerini tahminlemeye yarayan üç katmanlı, ileri beslemeli geri yayımlı bir yapay sinir ağı kurmuşlardır. Girdi veri seti olarak, kumaşı oluşturan ipliğin ısı iletkenliği, kumaşın gramajı, kalınlığı, gözenekliliği ve hava geçirgenliği değerlerinden yararlanılmıştır [34].

Çalışmada 82 adet kumaş kullanılmıştır. Kumaşların %80'inden elde edilen veriler eğitim seti verileri olarak, %20'sinden elde edilen veriler ise deney seti verileri olarak kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda, sinir ağından elde edilen ısı direnç değerleri ile ölçülen değerler karşılaştırılmış ve geliştirilen sistemin 0.948 korelasyon katsayısı başarılı tahminler yapabildiği belirtilmiştir [34].

Alibi ve diğ. [35], diğer bir çalışmada yapısında likra içeren esnek örme kumaşların ısı iletkenliğini tahminleyebilmek amacıyla bir yapay sinir ağı kurmuşlardır. Bu ağda kumaşın örgü yapısı, iplik kompozisyonu, iplik numarası, üretildiği makinenin çapı, içerdiği likra oranı, likra ipliğinin numarası, gramajı ve kalınlığı verileri girdi veri seti olarak kullanılmıştır [35].

Çalışmada 340 adet kumaştan yararlanılmıştır. Bu kumaşların 244 adetinden elde edilen veriler eğitim seti verileri olarak, 96 adetinden elde edilen veriler ise deney seti verileri olarak kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda, kurulan ağın tahminlemedeki başarısızlık oranı %5'in altında bulunmuştur, diğer bir ifadeyle yapay sinir ağı kumaşların ısı iletkenliğini tahminlemede başarılıdır [35].



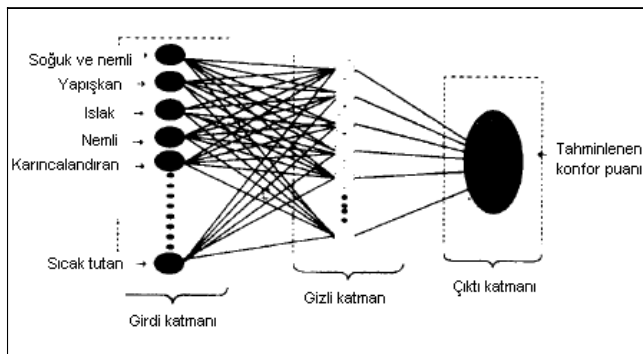
## 2.2. Duyusal Konfor

Park ve diğ.'nin (2000) örme kumaşlar için toplam dokunma hissi üzerine yaptıkları bu çalışmalarında bulanık mantık ve yapay sinir ağları sistemlerini birlikte kullanılmaktadırlar. Çalışmada toplam 47 adet örme kumaştan faydalanılmıştır. Kumaşların KES-FB cihazları ile ölçülen 7 adet mekanik özelliği girdi veri seti olarak kullanılmıştır. Kullanılan mekanik özellikler şu şekildedir, maksimum çekme uzaması (EMT), çekme rezilyansı (RT), sıkıştırma rezilyansı (RC), eğilme rijitliği (B), 0.5°'lik kayma açısındaki kayma gecikmesi (2HG), yüzey pürüzlülüğü (SMD) ve gramaj (W) [36].

Çalışma kapsamında kumaşların toplam dokunma hissi değerini tahminleyebilmek için iki çeşit yöntem geliştirilmiştir. Birinci yöntem kumaşa ait mekanik özelliklere ait verilerden toplam dokunma hissi değerini sağlayan geri yayımlı algoritmaya dayalı bir yapay sinir ağı yazılımıdır. İkinci yöntem ise iki adımdan oluşan bir bulanık sinir ağı yazılımıdır. Buradaki birinci adım bulanıklık üyelik fonksiyonları aracılığıyla bulanıklaştırma, ikinci adım ise sinir ağının eğitilmesidir [36].

Özetle, çalışma kapsamında, örme kumaşların ilgili fiziksel ve mekanik özelliklerinden toplam dokunma hissini tahmin edebilmek amacıyla geliştirilen sistemlerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, geliştirilen bulanık sinir ağı tekniğinin dış giyim örme kumaşların toplam dokunma hissi değerlerinin tahminlenmesinde başarılı bir araç olabileceğini göstermektedir. Yöntemin avantajı, basitliği, farklı tekstil pazarlarına ve kumaş yapılarına uygunluğu şeklinde ifade edilmiştir [36].

Wong ve diğ.'nin (2003) çalışmalarının amacı yapay sinir ağı sistemlerini kullanarak insanın psikolojik algılarından giysinin duyuşsal konforunun tahminlenebilmesini araştırmaktır [25]. Çalışma kapsamında tesadüfi olarak seçilen 22 adet profesyonel atlet laboratuvarlarda giyim denemelerine tabii tutulmuştur. Kendilerinden her bir denemede 4 farklı giysi giymeleri istenmiş ve 90 dakika uygulama periyodu esnasında duyuşsal algıları ölçülmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan ileri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağı modeli Şekil 7'de görülmektedir. Çalışmanın sonunda gerçek konfor puanı ile tahminlenen konfor puanı arasında yüksek bir korelasyonun olduğu ve yapay sinir ağları ile giyim konforunun tahminlenebildiği söylenebilmektedir [25].



Şekil 7: İleri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağı modeli [25].

Kumaş tutumu, kumaşın duyuşsal konfor özellikleri konusunun içinde incelenebilmektedir. Kumaş tutumu genellikle öznel ve nesnel metotlarla değerlendirilmektedir. Öznel özellikler, kumaş tutumunun dokunma duyusuyla elde edilen psikolojik tepkileri olarak değerlendirilmektedir. Bu durum esas

olarak insanların hassasiyeti ve deneyimleri temel alınarak tanımlanmış bir metottur. Nesnel özellikler ise kumaş tutumunu ilgili deney aletlerini kullanarak ölçmeye çalışmaktadır. Öznel kumaş tutumu için yapılan teorik girişimler, son zamanlarda tekstil ve konfeksiyon alanlarında ilgi uyandırmıştır ve birçok araştırmacı öznel tutum özelliklerini nesnel ölçümlere uygulayabilmek için dünyaca ünlü yöntem bilimlerini incelemiştir [37].

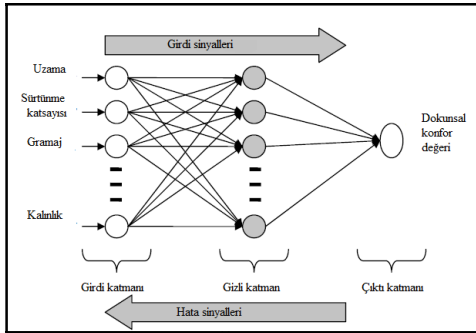
Hui ve diğ. [37], çalışmalarında algısal kumaş tutumu özellikleriyle kumaş özelliklerinin arasındaki ilişkiyi tanımlamış ve yapay sinir ağları sayesinde kumaş tutumuna dayalı olarak kumaş özelliklerini tahminleyen yeni bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Çalışma kapsamında 12 adet fiziksel ve mekaniksel kumaş özelliği ile 14 adet kumaş tutumu özelliğini tanımlayabilmek için 40 çeşit dokuma kumaş kullanılmıştır [37].

Kumaş tutumu özelliğini ifade etmeye yarayan 14 adet sıfat çifti sırasıyla düz-tekstüre, hacimli-hacimli değil, hafif-ağır, ince-kalın, ipeksi-kaşındıran, pürüzsüz-pürüzlü, kumaşın yüzeyleri arasında kısa mesafe olan-uzun mesafe olan, sıkı olmayan-sıkı, esnek-esnek değil, yumuşak-sert, sıkı-gevşek, yoğun-bol, yüksek dökümlülük-düşük dökümlülük, serin-ılık olarak sıralanabilmektedir. Sıfat çiftleri aynı kelimenin farklı anlamlara gelebilme ihtimaline karşılık zıttı ile birlikte tanımlanmaktadır. Çalışmada 30 adet üniversite öğrencisi (20 bayan, 10 bay) panelist olarak seçilmiştir. Her panelistin ellerini öznel renk seçimlerini ortadan kaldırabilmek için 30x30 cm'lik siyah bir kutunun içine yerleştirilmesi istenmiştir. Panelistler her biri 25x25 cm olan 40 adet kumaş örneğini değerlendirmiştir. Panelistlerden kumaş örneklerini 14 kutuplu niteleyicileri kullanarak değerlendirmeleri sağlanmıştır. Değerlendirmeler iki kez yapılmış ve her bir kumaş örneği için değerlendirmenin ortalaması hesaplanmıştır. Kumaşların fiziksel ve mekaniksel özellikleri ise KES-FB ve FAST sistemleri kullanılarak ölçülmüştür [37].

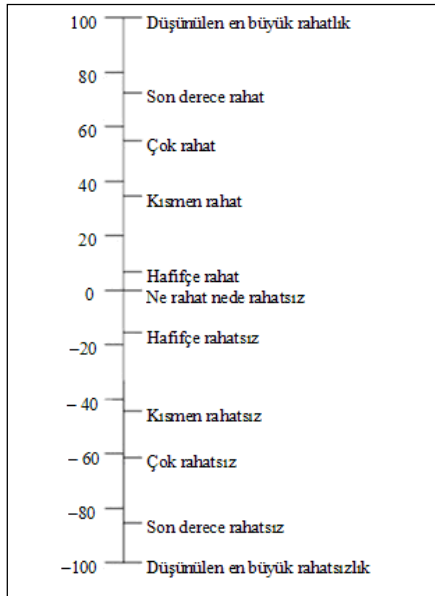
Çalışmanın sonraki bölümünde ise kumaş tutumunu tahminleyebilmek için çok katmanlı ileri beslemeli bir yapay sinir ağı sistemi kurulmuştur. Yapay sinir ağı bir girdi katmanı, iki gizli katman ve bir çıktı katmanından oluşmaktadır. 12 adet kumaş özelliği girdi katmanını oluştururken 14 adet iki kutuplu kumaş tutumu algılama özellikleri çıktı katmanını oluşturmaktadır. Son bölümde de kurulan yapay sinir ağının performansı analiz edilmiştir. Çalışmada önerilen sistem, müşterilerin tutum algılama değerlendirmelerini tahmin etmeye yardımcı olmaktadır. Bu sistem, müşterilerin beklentilerini karşılayabilmek için işletmelere kumaşlarını daha iyi değerlendirme olanağı sunmaktadır [37].

Karthikeyan ve Sztandera [38], çalışmalarında kumaşların mekanik özelliklerinden yararlanarak duyuşsal konfor algısını tahminleyebilen bir yapay sinir ağı modeli önermişlerdir [38]. Çalışma kapsamında dokuma, örme ve dokusuz yüzeyden olmak üzere toplam 33 farklı kumaş kullanılmıştır. Kumaşlara ait 17 adet mekanik özellik KES-FB cihazları ile ölçülmüştür. Kumaşların duyuşsal konfor değerleri ise 50 uzman kişi tarafından CALM ölçeğine göre değerlendirilmiştir (Şekil 9). Bu ölçek ile bireysel olarak deneyimlenen rahatlık veya rahatsızlık seviyesi hat üzerinde herhangi bir noktaya basitçe işaretlenerek gösterilebilmektedir. Kumaşların mekaniksel değerleri geliştirilen yapay sinir ağının girdi katmanını oluştururken, duyuşsal konfor değeri çıktı katmanını oluşturmaktadır. Çalışmada Şekil 8'de görülmekte olan ileri beslemeli geri yayımlı bir yapay sinir ağı sistemi kullanılmıştır. Yapay sinir ağının 1 adet girdi katmanı, 1 adet

çıkış katmanı, 1 adet de gizli katmanı bulunmaktadır. Çalışmanın sonunda önerilen yapay sinir ağı modelinin kumaşların duyuşal konfor değerlerini tahminlemesinin başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür [38].



Şekil 8: İleri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağı modeli [38].

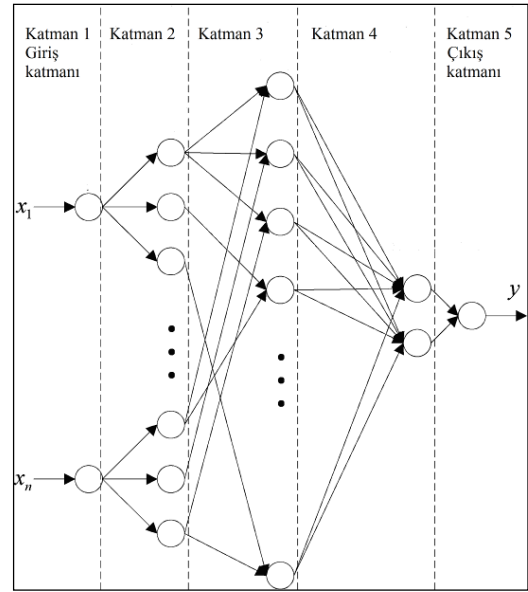


Şekil 9: CALM ölçeği [38],[39].

Yu ve diğ. [40], bulanık sinir ağı tabanlı bir kumaş tutumu tahminleme modeli önermektedirler. Geleneksel istatistiksel tabanlı modellerin, normal dağılıma sahip iyi tanımlanmış türdeki problemlerde optimum bir performans gösterdiği görülürken öznal olarak değerlendirilen kumaş tutumu konusundaki performanslarının genellikle iyi olmadığı görülmektedir. Bulanık mantık ve yapay sinir ağı veya bu ikisinin kombinasyonu olan diğer bir ifadeyle bulanık sinir ağı olarak adlandırılan yapay zeka modelleri son yıllarda kumaş tutumu tahminlemesinde kullanılmaktadır. Modelde yer alan bulanık mantık insanların yaptığı öznal değerlendirmelerde daha kullanışlı ve dolaysızdır. Yapay sinir ağı ise öğrenme ve doğrusal olmayan dönüşüm yapabilmektedir. Bu modeller, kumaş tutumu tahminleme modelleri olarak gelecek vadedilen araçlar olarak düşünölmektedir [40].

Literatürdeki modern araştırmalar, duyuşal kumaş tutumunu ölçmek için standart bir ölçek kullanmaktadır. 14 adet çift kutuplu kumaş tutumu tanımlayıcısı, daha yüksek güvenilirliğe sahip olduğu ve standart skala yaklaşımlarındaki tanımlayıcılara göre öğrenmesi daha kolay olduğu için, bu çalışmada da kullanılmıştır. Bu veriler önerilen yapay sinir ağı modelinde girdi verileri olarak kullanılmış ve kumaş tutumu

tahminlenmiştir. Çalışmada önerilen bulanık sinir ağı modeli 5 katmanlıdır (Şekil 10) [40].



Şekil 10: Bulanık sinir ağı modeli [40].

Çalışma kapsamında, 30 adet katılımcının (15 bay, 15 bayan) 10 adet kumaş numunesi seti üzerindeki değerlendirmelerinden toplanan gerçek veri kümeleri, önerilen sistemin performansını eğitmek ve test etmek amacıyla kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda sistemin öngörü doğruluğunun %80'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir [40].

Jeguirim ve diğ. [41], örme kumaşların duyuşal konfor özelliklerini tahminleyebilmek amacıyla kumaşların yapısal özelliklerinden ve üretim şartlarından yararlanarak bir yapay sinir ağı bir de bulanık mantık modeli kurmuşlar ve karşılaştırmışlardır. Çalışmada 23 farklı örme kumaş kullanmışlardır. Girdi veri seti olarak, kumaşların içerdiği hammaddenin cinsi, iplik numarası, üretildiği yuvarlak örme makinesinin çapı, ağartma veya boyama, biyoparlatma, yumuşatma, zımpara ve silindirden geçirilme durumları verileri kullanılmıştır. Çıkış veri seti olarak ise rijitlik, kayganlık, yumuşaklık, tüylülük, elastiklik, hassaslık, buruşukluk verileri elde edilmeye çalışılmıştır. Kurulan yapay sinir ağı, üç katmanlı, ileri beslemeli geri yayımlı bir ağıdır [41].

Çalışmanın sonucunda, kumaşların duyuşal özelliklerini tahminleyebilmek amacıyla, yapısal özelliklerinden ve üretim şartlarından yararlanarak yapay sinir ağı modeli veya bulanık mantık modeli kullanmanın birbirlerine alternatif yöntemler olabileceklerini, ancak yapay sinir ağı'nın bulanık mantığa göre daha iyi sonuçlar vermekte olduğu belirtilmiştir [41].

### 2.3. Vücut Hareketi Konforu

Lai [42], düz dar etek giyildiği zaman hareketi etkileyebileceğini düşündüğü iki farklı veri seti ile eteğin hareket serbestliğini tahminlemeye yarayan iki farklı yapay sinir ağı kurmuştur. Kurulan ağlar üç katmanlı ileri beslemeli geri yayımlı ağlardır. Çalışma kapsamında, 36 farklı dokuma kumaş çeşidi ile üretilen düz dar eteklerden yararlanılmıştır [42].

Kumaşın gramaj ve kalınlığının yanı sıra atkı ve çözgü yönündeki sıklığı, gerilmesi, uzaması, iplik numarası gibi mekanik özellikleri birinci metodun girdi veri seti olarak

kullanılırken, FAST sistemi ile ölçülen sıkıştırılma, eğilme ve uzama kabiliyetlerine ait veriler ikinci metodun girdi veri seti olarak kullanılmıştır. Yapay sinir ağları sayesinde düz dar eteğin hareket serbestliği tahminlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonunda ölçülen değerler ile yapay sinir ağından elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda birinci metodun korelasyon katsayısı 0.7835, ikinci metodun korelasyon katsayısı ise 0.9893 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak kurulan ağ sistemlerinin düz dar eteğin hareket serbestliğini tahminlemede başarılı sonuçlar verdiği söylenebilmektedir [42].

Diğer bir çalışmada, araştırmacılar yine yapay sinir ağlarından giysinin vücut hareketi konforuna katkı sağlayabilmek amacıyla faydalanmayı hedeflemişlerdir. Hu ve diğ. [43], giysinin kalıbının hazırlanması aşamasında, giysinin vücuda uygunluğunun tahminlenmesi ve giysinin optimum ölçülerinin belirlenebilmesi amacıyla, bilgisayar destekli tasarım sistemlerinde yapay sinir ağlarından yararlanmayı sağlayan bir sistem geliştirmeye çalışmışlardır. Bu amaç doğrultusunda, 450 adet pantolonu incelemişler, giyim denemeleri yapmışlar ve üç katmanlı bir yapay sinir ağı kurmuşlardır. 400 adet pantolondan elde edilen veriler eğitim seti verileri olarak, 50 adet pantolondan elde edilen veriler ise deney seti verileri olarak kullanılmıştır. Ağın kurulumunda, giyim denemelerinden elde edilen, kalça çevresi, pantolon uzunluğu, iç bacak dikişlerinin toplam açısı, bel çıkuru, ön ağ, kalça çizgisindeki arka genişlik değerleri girdi veri seti olarak, giysinin vücuda uygunluğu ise çıktı veri seti olarak kullanılmıştır [43].

Çalışmanın sonunda, araştırmacılar, kurulan ağın istediklerini elde etmek açısından yeterli olmadığını, ancak bilgisayar destekli kalıp sistemlerine, yapay sinir ağları ile giysinin vücuda uygunluğunun tahminlenmesini ve giysinin optimum ölçülerinin belirlenmesini dahil edebilenin, kalıbı hazırlanan giysinin iki ve üç boyutlu görüntüsünü geliştirmek açısından önemli olduğu belirtilmişlerdir [43].

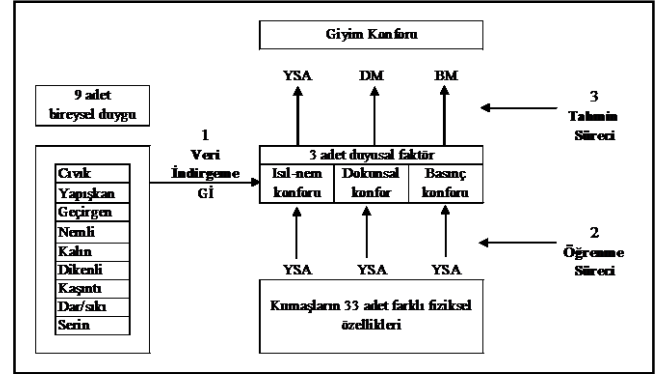
Bu çalışmalara ek olarak, literatürde konu ile ilgili karma modeller kullanılarak yapılan çalışmalar da mevcuttur. Karma diğer adıyla hibrit modeller, birden fazla tekniğin bir arada kullanıldığı modellerdir. Bu tarz çalışmalar şu şekilde özetlenmektedir.

Wong ve diğ. [44], çalışmalarında kumaşların fiziksel özelliklerinden giyim konforu algısının tahmin edilmesine yönelik uygulanan farklı yapay zeka karma modellerinin performanslarını karşılaştırmışlardır. Yapay zeka karma modellerinin şematik grafiği Şekil 11'de verilmektedir. Çalışma kapsamında 8 adet spor giysisi denenmiştir [44].

Giyim konforu algısının tahminlenmesinde üç adet karma model geliştirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Modeller üç aşamalıdır ve hangi aşamada hangi yöntemin kullanılmakta olduğu Tablo 1'de görülmektedir [44].

Modellerde kullanılan üç aşamanın birincisi veri indirgeme, ikincisi kendi kendine öğrenme süreci, üçüncüsü ise bulanık mantıktır. Modellerin 1. aşaması olan veri indirgeme aşamasında giyim denemeleri yapılmış ve geleneksel istatistik yöntemlerinden faktör analizi kullanılmıştır. 9 adet bireysel duyu 3 adet duyu faktöre (ısı-nem konforu, dokunsal konfor, basınç konforu) indirgenmiştir. İkinci aşama olan öğrenme sürecinde kumaşların daha önce ölçülmüş olan 33 adet fiziksel özelliğinden faydalanılmış ve yapay sinir ağları kullanılarak

duyu faktörleri tahminlenmiştir. Son aşamada da giyim konforu algısı tahminlenmiştir [44].



Şekil 11: Yapay zeka karma modellerinin şematik grafiği [44].

Tablo 1: Karma modeller [44].

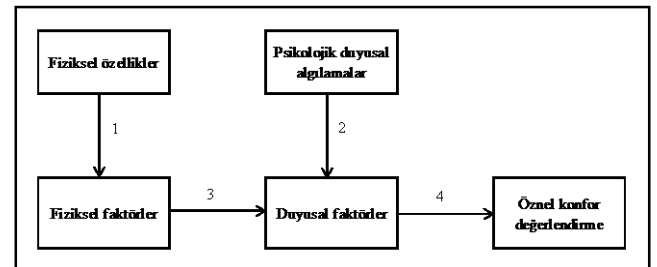
	1. Aşama	2. Aşama	3. Aşama
1. Model	Gİ	YSA	BM
2. Model	Gİ	YSA	DM
3. Model	Gİ	YSA	YSA

Not: BM: Bulanık Mantık; DM: Doğrusal Model; Gİ: Geleneksel İstatistik; YSA: Yapay Sinir Ağları.

Çalışmanın sonunda önerilen üç karma model arasında üç numaralı ve bir numaralı modellerin giyim konforu tahminlenmesinde geçerli ve güvenilir tahminler yaptığı bulunmuştur. Üçüncü model birinci modelden daha iyi bir performansa sahiptir. İki numaralı model ise giyim konforu tahminlenmesinde en zayıf performansa sahip olan modeldir [44].

Wong ve diğ.'nin [45], bu çalışmasında giyim konforu algısı üç ana elementi içine alan bir gelişim süreci olarak ifade edilmektedir. Bu üç ana element kumaşın fiziksel özellikleri, psikolojik duyu algılamalar ve öznel konfor değerlendirmeleridir [45].

Şekil 12 teorik bir model olarak giyim konforunu tahmin edebilme hakkında bilgi vermektedir. Birinci ve ikinci basamakta kumaşın fiziksel özellikleri ve duyu algılamaları fiziksel ve duyu faktörlerle özetlenmiştir. Üçüncü basamakta bu fiziksel faktörler duyu faktörleri tahmin etmede, dördüncü basamakta ise duyu faktörleri öznel konfor algısını tahmin etmede kullanılmaktadır [45].



Şekil 12: Giyim konforu algısının teorik modeli [45].

Çalışmaya küçük ve orta bedene sahip 18-25 arası 28 adet genç bayan kontrollü çevresel şartlarda subjektif giyim denemeleri yapmak üzere katılmıştır. Çalışma kapsamında 8 adet spor giysisi denenmiştir. Denekler 29 °C sıcaklıkta ve %85 nem oranında kontrollü laboratuvar şartlarında saatte 4 mil hız ile koşu bandında koşturulmuştur. Yedi aşamalı bir

skala ile koşunun başlangıcında, 5., 10., 15. ve sonu olan 20. dakikasında 9 adet duyuşsal algı (nemli, yapışkan, nefes alabilir, ıslak, ağır, karıncalandıran, kaşındıran, üste oturan, serin tutan) değerdendirilmiştir. Aynı sürecin ikinci giysi ile denenebilmesi için denekler 30 dakika dinlendirilmişlerdir. 28 adet denegin 21 tanesi yapay sinir ağlarının eğitilmesinde, 7 tanesi ise test edilmesinde kullanılmıştır [45].

Kumaşların 33 adet fiziksel ve duyuşsal özellikleri ölçülmüştür. Bu özellikler arasında gramaj, kalınlık, hava geçirgenliği, ısı iletkenlik, ısı ı direnç özellikleri ile KES-FB ve MMT (Nem Yönetimi Test Cihazı) cihazlarından elde edilen özellikler bulunmaktadır. Çalışmada yer alan 9 adet duyuşsal algı faktör analizi kullanılarak 3 adet bağımsız duyuşsal faktöre (ısı-nem konforu, dokunsal konfor, basınç konforu) indirgenmiştir [45]. Giyim konforu algısının tahminlemesi aşamasında üç farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlar, bulanık mantık (BM), doğrusal model (DM) ve yapay sinir ağları (YSA)'dır. Çalışmada üç farklı karma model kullanılmıştır. Modeller dört aşamalıdır ve Tablo 2'de hangi aşamada hangi yöntemin kullanılmakta olduğu görülmektedir. Bu modellerden birinci model en güvenilir tahminleri verirken onu üçüncü ve ikinci model takip etmektedir. Çalışmanın sonunda kumaşların fiziksel özelliklerinin giyim konforunu tahminlemede kullanılabileceği söylenebilmektedir [45].

Tablo 2: Karma modeller [45].

	1. Aşama	2. Aşama	3. Aşama	4. Aşama
1. Model	Gİ	Gİ	YSA	BM
2. Model	Gİ	Gİ	YSA	DM
3. Model	Gİ	Gİ	YSA	YSA

Singleton ve diğ. [46], çalışmalarında sekiz çeşit giysi ile giyim denemeleri gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında yapılan işlemler sırasıyla özetlenecek olursa, çalışmanın birinci aşamasında, giysilerin kumaşlarına ait şu özellikler ölçülmüştür; gramaj, kalınlık, hava geçirgenliği, ısı iletkenlik, kızılötesi radyasyon özellikleri, nem transferi özellikleri, mekanik özellikleri (KES-FB cihazları ile ölçülen özellikler). Sonrasında faktör analizi tekniği kullanılarak bu özellikler ısı-nem konforu, duyuşsal konfor ve basınç konforu olmak üzere üç grupta toplanmıştır. Çalışmanın üçüncü aşamasında, ileri beslemeli geri yayımlı bir yapay sinir ağı kurulmuştur. Yapay sinir ağının kurulduğunda, giysilerin kumaşlarına ait teknik özellikleri girdi veri seti olarak kullanılırken, faktör analizi ile gruplandırılmış olan ısı-nem konforu, duyuşsal konfor ve basınç konforu çıktı veri seti olarak tahminlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın dördüncü aşamasında ise bulanık mantık uygulaması yapılmıştır. Yapay sinir ağı sisteminin çıktıları bulanık mantık ile değerdendirilerek bir konfor puanı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışmanın son aşamasında, çalışmanın başında yapılan giyim denemelerinin sonuçları ile hesaplanan konfor puanları arasındaki ilişki incelenmiş ve kurulan karma modelin konfor tahminlemesinde başarılı olduğu belirtilmiştir [46].

### 3 Sonuç

Yapay sinir ağlarının en temel işlevi, kendilerine sunulan bir girdi setine karşılık gelebilecek bir çıktı setini tahminlemektir. Yapay sinir ağları sistemlerinin istatistiksel modelleme teknikleriyle karşılaştırıldıkları zaman kendi kendine öğrenme yetenekleri sayesinde hızlı, esnek ve öngörücü özelliklere sahip gelişmeye açık yöntemler oldukları söylenebilmektedir.

Bu makalede, literatürde giyim konforunun tahminlenmesi ile ilgili yapılan araştırmalarda yapay sinir ağları yöntemlerinin kullanılma durumları incelenmiştir. Yapılan çalışmalar, giyim konforunun tahminlenmesinde yapay sinir ağları sistemlerinin başarılı sonuçlar vermekte olduğunu göstermektedir.

Giyim konforu tahminlemelerinde genellikle ileri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağı yapısı kullanılmaktadır. Ayrıca, literatürde konu ile ilgili birden fazla tekniğin bir arada kullanıldığı karma modellerden yararlanılarak yapılan çalışmalar da mevcuttur. Bu modellerde, yapay sinir ağları ile birlikte geleneksel istatistik, bulanık mantık veya doğrusal modelleme tekniklerinden yararlanılarak konfor tahminlemesi yapılmaya çalışılmaktadır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçların da başarılı oldukları gözlenmiştir.

### 4 Kaynaklar

- [1] Li Y, Holcombe BV. "Mathematical Simulation of Heat and Moisture Transfer in a Human-Clothing-Environment System". *Textile Research Journal*, 68(6), 389-397, 1998.
- [2] Özdil N, Marmaralı A, Kretschmar SD. "Effect of Yarn Properties on Thermal Comfort of Knitted Fabrics". *International Journal of Thermal Sciences*, 46, 1318-1322, 2007.
- [3] Öner E, Okur A. "Materyal, Üretim Teknolojisi ve Kumaş Yapısının Termal Konfora Etkileri". *Tekstil ve Mühendis*, 17(80), 20-29, 2010.
- [4] Kaplan S, Okur A. "The Meaning and Importance of Clothing Comfort: A Case Study for Turkey". *Journal of Sensory Studies*, 23, 688-706, 2008.
- [5] Utkun, E. 0-1 Yaş Aralığındaki (İnfant) Bebeklerin Giyim Konforuna Yönelik Giysilerin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2013.
- [6] Erdoğan MÇ. "Giysi Fizyolojisi". *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3(1), 62-68, 1993.
- [7] Varheenmaa, M. MOL-9806:2012 - Clothing Manufacture and Physiology Ders Notları, Tampere University of Technology, Automation, Mechanical and Materials Engineering, Fiber Material Science, Finland, 2012.
- [8] Sweeney, MM, Branson, DH. "Sensorial Comfort, Part I: A Psychophysical Method for Assessing Moisture Sensation in Clothing". *Textile Research Journal*, 60(7), 371-377, 1990.
- [9] Li Y. *The Science of Clothing Comfort*. Textile Institute Publications, Textile Progress, 31(1/2), Manchester, UK, 2001.
- [10] Liao X, Hu J, Li Y, Li Q, Wu X. "A Review on Fabric Smoothness-Roughness Sensation Studies". *Journal of Fiber Bioengineering & Informatics*, 4 (2), 105-114, 2011.
- [11] Utkun E. Farklı Model ve Dikim Özelliklerinin Giyim Konforuna Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2007.
- [12] Utkun E, Öndoğan Z. "Giyim Konforu", *Hazır Giyim Sektöründe Eğitimden İstihdama Etkin Geçiş Ulusal Sempozyumu*. Ankara, Türkiye, 5-6 Kasım 2009.
- [13] Yoo HS, Hu YS. "Effects of Heat and Moisture Transport in Fabrics and Garments Determined with a Vertical Plate Sweating Skin Model". *Textile Research Journal*, 70, 542-549, 2000.
- [14] Tekin VN. *İstatistiğe Giriş*. İstanbul, Türkiye, Seçkin Yayıncılık, 2008.
- [15] Kırtak VN. "Faktör Analizi" [http://w3.balikesir.edu.tr/~demirci/faktor\\_analiz.pdf](http://w3.balikesir.edu.tr/~demirci/faktor_analiz.pdf) (09.01.2014)



- [16] Ünal C. Bulanık Mantık Uygulamasıyla Konfeksiyonda İşin ve Personelin Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, İzmir, Türkiye, 2009.
- [17] Pontrelli GJ. "Comfort by design". *Textile Asia*, 21(1), 52-61, 1990.
- [18] Hollies NRS, Goldman RF. *Clothing Comfort - Interaction of Thermal, Ventilation, Construction and Assessment Factors*. Ann Arbor Science Publishers, Michigan, 1977.
- [19] Güneşoğlu S. Sportif Amaçlı Giysilerin Konfor Özelliklerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, 2005.
- [20] Yerdelen C. "Mevsimlik Kar Erimesinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Tahmin Edilmesi". *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(3-4), 49-56, 2006.
- [21] Uğur A. Yapay Zeka Ders Notları, Ege Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, 2008.
- [22] Öztemel E. *Yapay Sinir Ağları*. Papatya Yayıncılık Eğitim, İstanbul, Türkiye, 2006.
- [23] Özdemir H. "Yapay Sinir Ağları ve Dokuma Teknolojisinde Kullanımı". *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(1), 51-68, 2013.
- [24] Bhattacharjee D, Kothari VK. "A Neural Network System for Prediction of Thermal Resistance of Textile Fabrics". *Textile Research Journal*, 77, 4-12, 2007.
- [25] Wong ASW, Li Y, Yeung PKW, Lee PWH. "Neural Network Predictions of Human Psychological Perceptions of Clothing Sensory Comfort". *Textile Research Journal*, 73, 31-37, 2003.
- [26] Tokarska M. "Neural Model of the Permeability Features of Woven Fabrics". *Textile Research Journal*, 74, 1045-1048, 2004.
- [27] Frydrych I, Dziworska G, Bilska J. "Comparative Analysis of the Thermal Insulation Properties of Fabrics Made of Natural and Man-made Cellulose Fibres". *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 4 (39), 40-44. 2002.
- [28] Pamuk O. Cerrahi Personel ve Hastanın Kullanımına Yönelik İşlevsel Medikal Ürünlerin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2006.
- [29] Chen YS, Fan J, Zhang W. "Clothing Thermal Insulation During Sweating". *Textile Research Journal*, 73(2), 152-157, 2003.
- [30] Majumdar A, Mukhopadhyay S, Yadav R. "Thermal Properties of Knitted Fabrics Made from Cotton and Regenerated Bamboo Cellulosic Fibres". *International Journal of Thermal Sciences*, 49, 2042-2048, 2010.
- [31] Luo X, Hou W, Li Y, Wang Z. "A Fuzzy Neural Network Model For Predicting Clothing Thermal Comfort". *Computers and Mathematics with Applications*, 53, 1840-1846, 2007.
- [32] Fayala F, Alibi H, Benltoufa S, Jemni, A. "Neural Network for Predicting Thermal Conductivity of Knit Materials". *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 3(4), 53-60, 2008.
- [33] Majumdar A. "Modelling of Thermal Conductivity of Knitted Fabrics Made of Cotton-Bamboo Yarns Using Artificial Neural Network". *The Journal of The Textile Institute*, 102(9), 752-762, 2011.
- [34] Alibi H, Fayala, F, Jemni A, Zeng X. "A Neural Network System for Prediction of Thermal Resistance of Knit Fabrics". *Special Topics&Reviews in Porous Media- An International Journal*, 3 (1), 35-53, 2012.
- [35] Alibi H, Fayala F, Jemni A, Zeng X. "A Neural Network Model to Predict Thermal Conductivity of Stretch Knitted Fabrics". *International Journal of Applied Research on Textile*, 1 (1), 22-30, 2013.
- [36] Park SW, Hwang YG, Kang BC, Yeo SW. "Applying Fuzzy Logic and Neural Networks to Total Hand Evaluation of Knitted Fabrics". *Textile Research Journal*, 70, 675-681, 2000.
- [37] Hui CL, Lau TW, Ng SF, Chan KCC. "Neural Network Prediction of Human Psychological Perceptions of Fabric Hand". *Textile Research Journal*, 74, 375-383, 2004.
- [38] Karthikeyan B, Sztandera LM. "Analysis of Tactile Perceptions of Textile Materials Using Artificial Intelligence Techniques Part 1: Forward Engineering". *International Journal of Clothing Science and Technology*, 22 (2/3), 187-201, 2010.
- [39] Sztandera LM. "Tactile Fabric Comfort Prediction Using Regression Analysis". *Wseas Transactions on Computers*, 2 (8), 292-301, 2009.
- [40] Yu Y, Hui CL, Choi TM, Member, IEEE, Au R., "Intelligent Fabric Hand Prediction System with Fuzzy Neural Network". *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 40 (6), 619-629, 2010.
- [41] Jeguirim SEG, Dhoub AB, Sahnoun M, Cheikhrouhou M, Schacher L, Adolpe D. "The Use of Fuzzy Logic and Neural Networks Models for Sensory Properties Prediction from Process and Structure Parameters of Knitted Fabrics". *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22, 873-884, 2011.
- [42] Lai SS. "Objective Evaluation for the Comfort of Free Movement of a Narrow Skirt". *Clothing and Textiles Research Journal*, 20 (1), 45-52, 2002.
- [43] Hu ZH, Ding YS, Yu XK, Zhang WB, Yan QA. "Hybrid Neural Network and Immune Algorithm Approach for Fit Garment Design". *Textile Research Journal*, 79 (14), 1319-1130, 2009.
- [44] Wong ASW, Li Y, Yeung KW. "Performances of Artificial Intelligence Hybrid Models' in Prediction of Clothing Comfort From Fabric Physical Properties". *Sen'i Gakkaishi*, 59 (11), 429-436, 2003.
- [45] Wong ASW, Li Y, Yeung PKW. "Predicting Clothing Sensory Comfort with Artificial Intelligence Hybrid Models". *Textile Research Journal*, 74, 13-19, 2004.
- [46] Singleton S, Lei Y, Junyan H. "Prediction of Clothing Sensory Comfort from Fabric Properties Using Hybrid Neural Fuzzy Model". Proceedings of Textile Bioengineering and Informatics Symposium, Hong-Kong, China, 14-16 August 2008.