



DOKUMA KUMAŞLARIN KURUMA HIZI DEĞERLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI METODU İLE TAHMİNİ

İbrahim ÜÇGÜL*, Feyza AKARSLAN*, Arzu ŞENCAN**

Süleyman Demirel Üniversitesi,

*Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü

**Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü,

32260, Isparta

E-Mail: iucgul@mmf.sdu.edu.tr, feyza@mmf.sdu.edu.tr, sencan@tef.sdu.edu.tr

(Geliş Tarihi : 06.02.2003)

Özet: Bu çalışmada; farklı özelliklerdeki kumaşların kurutulması ve kuruma hızlarının tespit edilmesi amacıyla, deneysel olarak bir kurutma düzeneği kurulmuştur. Bilindiği üzere kurutma işlemlerinde; kuruma hızlarının teorik olarak hesaplanması için kurulan modeller tam olarak ihtiyaçları karşılayamamaktadır. Bu nedenle kumaşların önce deneysel olarak kuruma periyotları elde edilmiş ve sonuçları, kurutma deneylerinden elde edilen veriler yardımıyla, kuruma hızı değerleri Yapay Sinir Ağları (YSA) metodu ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. YSA metodu ile tahmin edilen değerler, gerçek (deneysel) değerlerle karşılaştırılmış ve kuruma hızları değerlerinin tahmin edilmesinde bu metodun başarılı bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kurutma, Yapay Sinir Ağları

ESTIMATING DRYING RATES OF WEAVING FABRICS WITH THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS METHOD

Abstract: In this study, an experimental drying mechanism was set up in order to determine drying rates and drying of fabrics with different properties. As known, in drying processes, models that are set up to theoretically determine drying rates can not exactly meet demand. Therefore first, drying periods of fabrics were experimentally determined. Then, drying rates were predicted with the Artificial Neural Networks (ANN) method, using data from the drying experiments. The predicted values of the ANN were compared with real values. As a result, the drying rates were successfully predicted by the ANN method.

Key Words: Drying, Artificial Neural Networks

GİRİŞ

Tekstil ürünleri; iplikler, kumaşlar ve konfeksiyon mamulleri temizlendikleri, ağartıldıkları, boyandıkları ve baskı işlemlerine tabi tutuldukları zaman genellikle terbiye edilmeleri gerekmektedir. 'Terbiye' terimi, tekstil mamulünü çekici ve güzel bir duruma getirmek, tutum ve özellik kazandırmak için gerekli olan bütün bitim işlemlerini ifade eder (Coşkun, 1993). Bu bitim işlemleri yaş işlemler olduğundan, sonrasında kurutma prosesinin uygulanması gerekmektedir.

Kumaş, temizleme, boyama ve baskı gibi yaş işlemlerden sonra, genellikle deforme olmuş hale gelir. Boyama makinelerinde, kumaşın hem ön hem de arka yüzüyle çalışıldığından, boyuna ve enine çekmesini ayarlamaksızın kurutmak imkansızdır. Bu, özellikle deformasyona hassas örme kumaşlara uygulanmaktadır. Bundan dolayı, terbiyenin en önemli fonksiyonlarından biri kumaşı gerdirmek ve onu gerekli olan boyuta getirerek kurutmaktır (Coşkun, 1993).

Ağartmadan veya boyamadan çıkan yaşılanmış tekstil malzemeleri ıslak olduğundan kurutma, terbiyenin önemli bir kısmını teşkil eder.

Tekstil mamullerindeki suyun uzaklaştırılması yani kurutma, ön kurutma ve esas kurutma olmak üzere iki şekilde yapılabilir. Esas kurutma ısı enerjisi kullanılarak yapılmaktadır. Tekstil mamulleri en tehlikesiz şekilde oda sıcaklığında bekletilerek kurutulabilir. Fakat böyle bir kurutma çok uzun sürdüğünden, işletmelerde kurutma işlemi, yüksek sıcaklıklarda yapılmaktadır. Bu esnada bir ısı transferi meydana gelmektedir. Isı enerjisiyle yapılan kurutmalarda ısı transfer yöntemine de bağlı olarak aşağıdaki sınıflandırma yapılabilir: Bunlar konveksiyonla kurutma, ısı iletimli kurutma, ışınlama, ile kurutma ve yakarak kurutmadır. Tekstil mamullerinin kurutulmasında en fazla kullanılan, konveksiyon kurutma yöntemidir (Tarakçıoğlu, 1986). Bu çalışmada esas alınan kurutma yöntemi de konveksiyon kurutmadır.

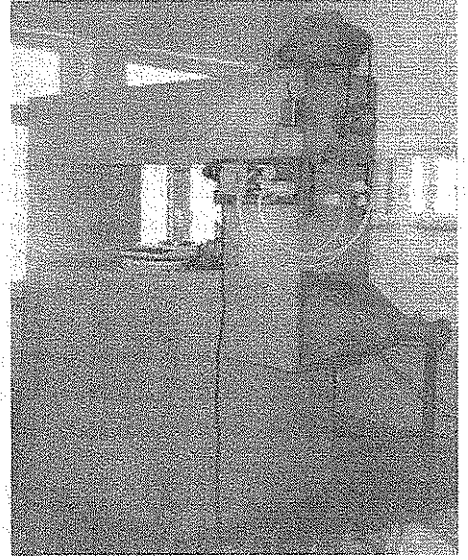
Bu çalışmada, kurutma deneyleri için 6 değişik kumaş seçilmiş ve deneyler 3 değişik sıcaklıkta (50°C, 60°C ve 70°C 'de) yapılmıştır. Deneysel çalışmalarla elde edilen kuruma hızı değerleri, YSA metodu kullanılarak tahmin edilmiştir. Deneysel olarak bulunan kuruma hızı değerleri, YSA metodu ile bulunan değerlerle karşılaştırılmıştır.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Kurutma işleminde materyal olarak 30 x 30 cm ebatlarında kumaş mamuller kullanılmıştır. Kullanılan kumaşların genel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir (Akarslan, 2002).

Yukarıda özellikleri verilen 6 kumaş numunesi için 0,8 m/s hava hızında 3 farklı sıcaklıkta (50 °C, 60 °C, 70 °C' de) kurutma deneyleri yapılmış ve deneyler sonucunda elde edilen veriler çerçevesinde elde edilen ölçüm sonuçları hesaplamalar ile tablolar hazırlanmıştır.

Kurutma işleminde kurutucu olarak Süleyman Demirel Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında kurulu bulunan ve bu tür deneyler için özel olarak imal edilmiş kompartman (kabin) tipi kurutucu kullanılmıştır (Üçgül, İ. ve Koyun, T., 2001). Deney düzeneği ve deneysel çalışmalarda kullanılan kabin kurutucu Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Deneysel çalışmalarda kullanılan kabin tipi kurutucu ve deney düzeneği

Tablo 1. Deneysel çalışmalarda kullanılan kumaşların genel özellikleri

Kumaş No	Gramaj (gr/m ²)	İplik Numar ası (N _m)	Dokuma Örgüsü	Elyaf Türü	Çözü Sıklığı (tel/cm)	Atkı Sıklığı (atki/cm)
1	300	16/1	Dimi 2/1	%100 Pamuk	29	25
2	164	40/1	Bezayağı	%100 Pamuk	45	29
3	165	30/1	Bezayağı	Poliester/Pamuk 70/30	31	25
4	167	30/1	Bezayağı	%100 Pamuk	30	25
5	160	40/1	Dimi 2/2	Poliester/Pamuk 70/30	40	33
6	221	20/1	Bezayağı	%100 Pamuk	26	24

Ayrıca hava hızını ölçmek için (2,6 s' de ortalama alabilen) bir anemometre, ortam nemini ölçmek için bir higrometre (KM 8004 model), sıcaklığı ölçmek için bir ısı çifti, sıcaklığı kontrol etmek amacıyla bir termostat, zamanı ölçmek için kronometre ve 0,001 duyarlılıklı hassas terazi kullanılmıştır.

Bu çalışmada çevre şartlarından alınan hava kurutma tesisatının giriş kısmına yerleştirilen ısıtıcıda ısıtıldıktan sonra fan vasıtası ile sistemin içerisine gönderilmektedir. Sistemin içerisine giren sıcak hava nemlendirilen malzeme üzerinden geçirilerek konveksiyonla kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir.

Kumaş numuneler, öncelikle higrometre ile ölçülen ortam neminde (% 49-50), 1/1000 duyarlılıktaki hassas terazi ile tartılarak, ortam nemindeki ağırlığı belirlenmiştir. Sonra numuneler tüm yüzey eşit oranda nem alacak şekilde (kuru yer kalmayacak şekilde) ısıtıldıktan sonra, su damlamayacak hale getirilmiş (ön kurutma) ve tekrar tartılarak toplam nemli ağırlığı tespit edilmiştir. Bu sırada kurutucu deney için öngörülen sıcaklık şartlarına getirilerek istenilen rejime oturtulmuştur. Nemlendirilen numune kumaş, kurutucu içerisine, kurutma esnasında kurutucuyu açmadan ağırlık değişiminin belirlenebileceği bir düzeneğe, hava akımına paralel olacak tarzda yerleştirilmiştir. Ağırlık değişimi hassas terazinin RS232 çıkışından bilgisayara bağlanarak saniyelik değişimler bilgisayara kaydedilmiştir. % nem denge nem miktarına (higroskopik nem miktarı) ulaştığı zaman işlem durdurulmuştur (kuru ağırlık esas alınmıştır). Bu şekilde belirli şartlar altında deneylere devam edilmiştir.

Kurutma deneyleri için 6 kumaş seçilmiş ve deneyler 3 değişik sıcaklıkta (50°C, 60°C ve 70°C 'de) yapılmıştır. Deney sonuçlarının hassasiyeti için her deney üçer defa tekrar edilerek sonuçların doğruluğu teyit edilmiştir. Sıcaklık ayarı $\pm 1,5-2^{\circ}\text{C}$ hassasiyetli termostat aracılığıyla yapılmıştır. Kurutma işlemi esnasında öngörülen deney şartlarının (sıcaklık ve hava hızı) sabit kalmasına dikkat edilmiştir.

Deneysel çalışmalarda; her kumaş türüne ve her sıcaklığa göre, kuruma hızı değerleri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\dot{m} = \frac{m_i - m_{i+\Delta t}}{\Delta t} \quad (1)$$

Burada; $m_i - m_{i+\Delta t}$, Δt zaman aralığında kumaştan uzaklaşan nem miktarını göstermektedir.

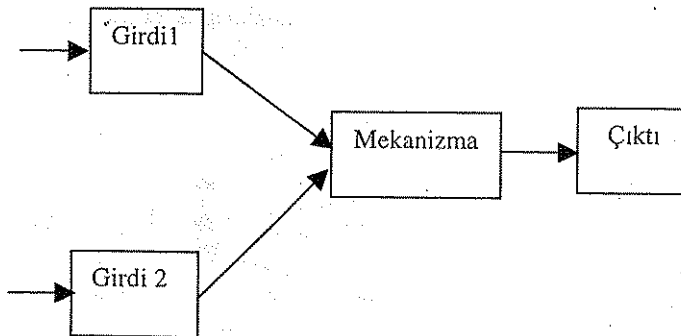
Farklı kumaş türleri ve farklı sıcaklıklar için kuruma hızı değerlerinin tespit edilebilmesi amacıyla, deneysel verilerden yararlanılarak YSA metodu uygulanmış ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)

Yapay sinir ağları, lineer olmayan kompleks problemlerin çözümünde özellikle son yıllarda kullanılmaya başlanan alternatif bir çözüm metodudur. Bu metod, eksik verilerin tamamlanması ve klasik yöntemlerle çözilemeyen karmaşık problemlerin modellenmesi konularında oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptir (Kalogirou, 2001 ve Kalogirou, 1999).

Yapay sinir ağları, insan beyni esas alınarak modellenmiş bir sistemdir. Çeşitli bağlantılarla birbirine bağlı birimlerden oluşmaktadır. Yapay sinir ağlarının iki türlü çalışma şekli vardır. Biri eğitime (öğrenme) diğeri test (kullanma) aşamasıdır. Bir yapay sinir ağının kullanılabilmesi için önce eğitilmesi gerekir. Ağ içinde olan birimlerin her birinin belli bir işlevi vardır ve katmanlar şeklinde örgütlenmiştir (Lin, Lee, 1996). Yapay sinir ağları, Şekil 2'de görüldüğü gibi, giriş ve çıkışları olan kara kutular gibi düşünülmektedir. Bu kara kutuların işlevi basitçe matematiksel bir fonksiyonu temsil etmek içindir (Şen, 2002).

Bir YSA'nın birim elemanı nörondur (düğüm). YSA'daki düğümlerin girdileri ve çıktıları vardır. Bu çıktı ve girdiler diğer düğümlere, YSA'nın çıktısına veya YSA'nın girdisine bağlanabilir.



Şekil 2. Kara kutu modeli

Düğümlerinin tamamı YSA'nın girdisini oluşturan ve bu düğümlerin kendi girdisi olmayan katman 'girdi katmanı', düğümlerin tamamı çıktığı oluşturan ve bu düğümlerin kendi çıktısı olmayan katman 'çıkış katmanı' olarak, diğer katmanlar ise ara katmanlar ya da dışarıdan görünmedikleri için gizli katmanlar olarak adlandırılır. Yapay bir sinir hücresi Şekil 3'de görülmektedir. Her yapay sinir hücresi Şekil 3'den görüldüğü gibi girdiler (X_n), ağırlıklar (W_{ij}), toplam fonksiyonu (Σ), aktivasyon fonksiyonu $F(\Sigma)$ ve çıktı (y) olmak üzere beş ana kısımdan oluşur (Tsoukalas, 1997 ve Fu, 1994).

Girdiler, girdi seti veya kendinden önceki bir katmandaki başka bir işlem elemanının çıktısıdır. Burada X girdi bilgilerini içeren vektör olmak üzere $X^T = [X_1, X_2, \dots, X_n]$ şeklinde ifade edilebilir. Ağırlıklar, girdi seti veya kendinden önceki bir katmandaki başka bir işlem elemanının, bu işlem elemanı üzerindeki etkisini ifade eden değerlerdir. Ağırlık katsayı değerlerini içeren vektör ise $W^T = [W_1, W_2, \dots, W_n]$ ile gösterilebilir. Toplam fonksiyonu, girdiler ve ağırlıkların tamamının bu işlem elemanına etkisini hesaplayan bir fonksiyondur. Aktivasyon fonksiyonu, toplam fonksiyonun çıktısında hesaplanan değer 0 ile 1 (sigmoid) veya -1 ile 1 (tanh) arasında işlem elemanı çıktı değerine dönüştürüldüğü fonksiyondur. Çıktı, aktivasyon fonksiyonunun sonucudur (Efe, 2000).

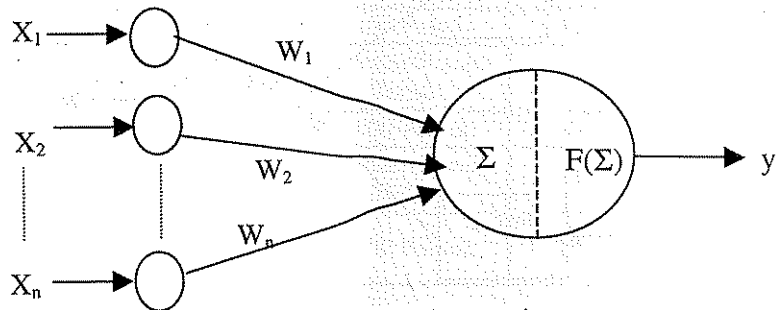
Hücreye taşınan her bilgi, girdi değerleri ve bağlantı ağırlık değerlerinin çarpılmasıyla elde edilir. Hücrede toplanan net bilgi:

$$NET = \sum_{i=1}^n X_i W_i = W_1 X_1 + W_2 X_2 + \dots + W_n X_n \quad (2)$$

olarak elde edilir. Hücrede toplanan bilgi bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek hücrenin gerçek çıktı değeri olan y değeri, $y = f(NET)$ ifadesi ile elde edilir. Bu çalışmada sigmoid (eşik) aktivasyon fonksiyonu seçildiği için y çıktı değeri:

$$y = \frac{1}{1 + e^{-NET}} \quad (3)$$

olarak bulunur.



Şekil 3. Yapay sinir hücresi

Mühendislikte ve pek çok alanda en çok kullanılan öğrenme algoritması, geriye yayılma algoritmasıdır. Bunun en büyük nedeni, öğrenme kapasitesinin yüksek ve algoritmasının basit olmasıdır.

Yapılan çalışmada YSA'yı eğitmek için geriye yayılma algoritması kullanılmıştır.

Geriye yayılmalı ağda, öncelikle ilk katmana bir girdi vektörü uygulanır. Daha sonra girdi ve 1. katman arasındaki ağırlıklar yardımıyla, 1. katmandaki her birimin aldığı toplam girdi belirlenir. Her birim, girdisini lineer olmayan bir fonksiyondan geçirerek bir sonraki katmana göndereceği çıktıyı belirler. Bir katmandaki tüm birimlerin durumları paralel olarak belirlenir. Bu işlem, çıktı katmanındaki birimlerin durumları belirleninceye kadar sırayla tekrar edilir.

Geriye yayılma algoritması, gerçek çıktı y ile istenen çıktı d arasındaki karesel hatayı minimum yapmak için gradyan azalma algoritmasını (gradyen descent algorithm) kullanır ve hata aşağıdaki gibi hesaplanır (Kalogirou, 1999).

$$E = \frac{1}{2} \left[\sum_p \sum_k |d_{pk} - y_{pk}|^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

Burada, E ortalama karesel hatayı (MSE), d_{pk} istenen çıktı vektörünü ve y_{pk} gerçek çıktı vektörünü (ağ çıktısı) gösterir. Hatanın sıfır veya sıfıra çok yakın olması, ağırlık çok iyi eğitildiğini gösterir.

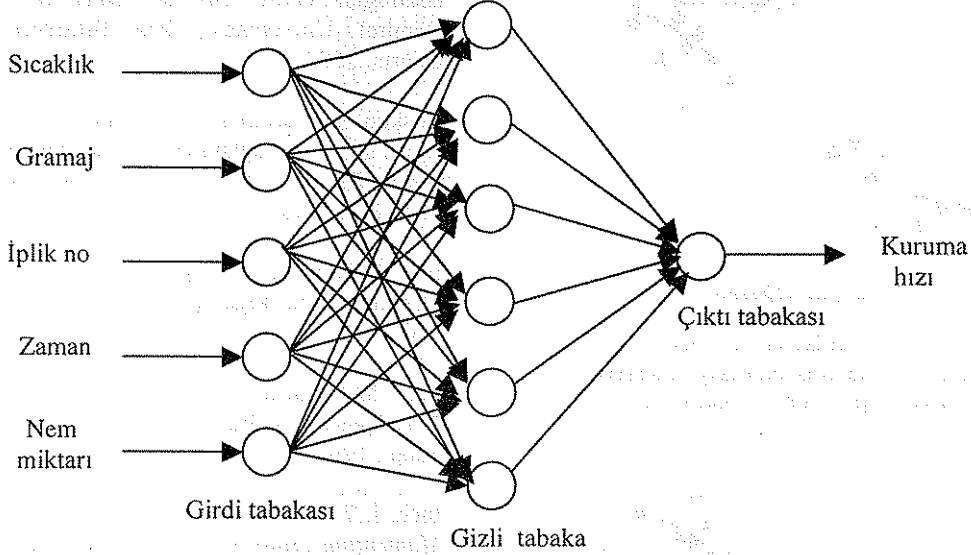
YSA METODU İLE YAPILAN UYGULAMA

Bu çalışmada; öncelikle deneysel olarak kurulan kuruma düzeneginde seçilen farklı özelliklerdeki kumaşların farklı sıcaklıklardaki kuruma özellikleri tespit edilmiştir. Daha sonra kurutma deneylerinden elde edilen veriler yardımıyla, kumaşların kuruma hızı değerleri; sıcaklık, zaman, kumaşın gramajı, iplik numarası ve nem miktarı değerlerine bağlı olarak YSA metodu ile tahmin edilmiştir. Modelde; sıcaklık, kumaşın gramajı, iplik numarası, zaman ve su miktarı girdi

değerlerini, kuruma hızı değerleri ise tahmin edilmek istenen çıktı değerini ifade etmektedir.

Uygulamada kullanılacak YSA modeli, farklı tabaka ve nöron sayıları için denenmiştir. Sonuç olarak en iyi çözüm mimarisini, 10000 iterasyon

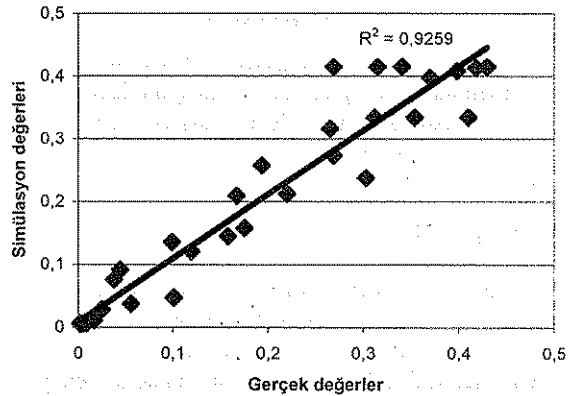
sonucu Şekil 4'de görülen tek gizli tabaka ve altı nörona sahip ileri beslemeli YSA modeli sağlamıştır. Yapay sinir ağını eğitmek için geriye yayılma algoritması ve eşik (sigmoid) aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir.



Şekil 4. Uygulamada kullanılan YSA modeli

Yapılan deneyler ile; 50°C, 60°C ve 70°C sıcaklıklarında, farklı kumaş türlerinin kuruma hızları deneysel olarak ölçülmüştür. Deneysel olarak bulunan kuruma hızı değerleri, YSA metodu ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bundaki amaç; farklı sıcaklık ve farklı kumaş türleri için kuruma hızlarının deney yapmaksızın doğru bir şekilde tahmin edilip edilemeyeceğini belirlemektir. Bu amaçla 50°C'deki kurutma deneylerinde yapılan ölçümler sonucu toplam 171 veri mevcut olup bu verilerden 137'si eğitim, geri kalan 34 veri test amacı ile kullanılmıştır. Gerçek değerler (deneysel ölçüm sonuçları) ile YSA metodu kullanılarak hesaplanmış değerler (simülasyon değerleri) arasındaki ilişki Şekil 5'de görülmekte olup regresyon değeri % 92.59 olarak bulunmuştur.

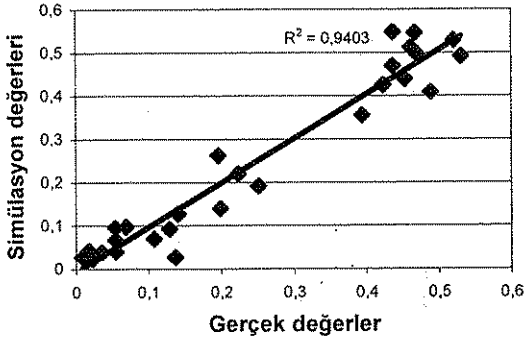
60°C'deki kurutma deneylerinde yapılan ölçümler sonucu toplam 124 veri mevcut olup bu verilerden 97'si eğitim, geri kalan 27 veri test amacı ile kullanılmıştır. Gerçek değerler (deneysel ölçüm sonuçları) ile YSA metodu kullanılarak hesaplanmış değerler (simülasyon değerleri) arasındaki ilişki Şekil 6'da görülmekte olup regresyon değeri % 94.03 olarak bulunmuştur.



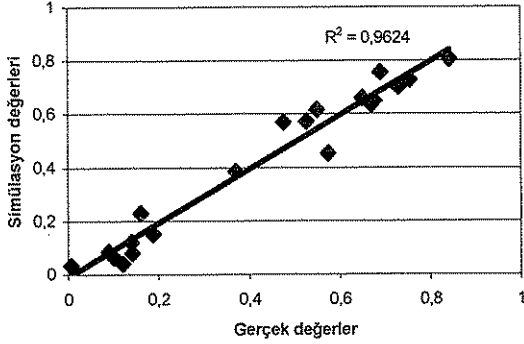
Şekil 5. Deneysel değerler ile YSA metodu kullanılarak hesaplanmış simülasyon değerleri arasındaki ilişki (50°C sıcaklık için)

70°C'deki kurutma deneylerinde yapılan ölçümler sonucu toplam 92 veri mevcut olup bu verilerden 72'si eğitim, geri kalan 20 veri test amacı

ile kullanılmıştır. Gerçek değerler (deneysel ölçüm sonuçları) ile YSA metodu kullanılarak hesaplanmış değerler (simülasyon değerleri) arasındaki ilişki Şekil 7'de görülmekte olup regresyon değeri % 96.24 olarak bulunmuştur.



Şekil 6. Deneysel değerler ile YSA metodu kullanılarak hesaplanmış simülasyon değerleri arasındaki ilişki (60°C sıcaklık için)



Şekil 7. Deneysel değerler ile YSA metodu kullanılarak hesaplanmış simülasyon değerleri arasındaki ilişki (70°C sıcaklık için)

SONUÇLAR

Bu çalışmada, teorik olarak hesaplanması oldukça zor olan ve deneysel olarak tespit edilmesi zaman alan kuruma hızı değerlerinin tahmini için YSA metodu kullanılmıştır. Bu amaçla deneysel olarak elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Çalışmada; gerçek değerler (deneysel ölçüm sonuçları) ile YSA metodu kullanılarak hesaplanmış değerler (simülasyon değerleri) arasındaki korelasyon katsayısı 50°C'deki sıcaklık için 0.9259, 60°C'deki sıcaklık için 0.9403 ve 70°C'deki sıcaklık için 0.9624 olarak bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlar; YSA metodunun, farklı sıcaklıkta ve farklı kumaş türlerinde kuruma

hızlarının tahmin edilmesinde oldukça başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

Akarslan, F., Tekstil mamul özelliklerinin kurutma etkinliğine etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2002.

Coşkun, S., Kurutma işlemlerinde ısı pompası ile enerji tasarrufu sağlanmasının incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 1993.

Efe, Ö., Kaynak, O., *Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları*, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 2000.

Fu, L.M., *Neural Networks in Computer Intelligence*, McGraw-Hill International Editions, 460p., 1994.

İnce, İ.T., *Simultaneous Heat, Mass Transfer and Momentum Transfer in Porous Media: A Theory of Drying*, Master of Science in Mechanical Engineering, Boğaziçi University, 1987.

Kalogirou, S.A., Applications of artificial neural networks in energy systems a review, *Energy Conversion&Management*, 40, 1073-1087, 1999.

Kalogirou, S.A., Artificial neural networks in renewable energy systems applications: a review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5, 373-401, 2001.

Keey, R.,B., *Drying Principles and Practice*, Pergamon Pres, 1982.

Lin, C.T., Lee, C.S.G., *Neural Fuzzy Systems*, PTR Prentice Hall , 1996.

Şen, Z., *Seminer Notları*, 2002.

Üçgül, İ. ve Koyun, T., Halının kuruma özelliklerinin deneysel tespiti, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, *Makine Mühendisliği Dergisi (International Journal of Mechanical Engineering)*, V.2, No:11, 75-83, Isparta, 2001.

Tarakçıoğlu, I., *Tekstil Terbiye İşletmelerinde Atık Su ve Enerji Yönetimi*

Tarakçıoğlu, I., *Tekstil Terbiyesi ve Makineleri*, Cilt 1, 1986.

Telli, Z., K., *Termodinamik*, Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayını, Isparta, 1997.

Treybal, R., E., *Mass Transfer Operations*, McGraw-Hill Int. Book Company, 1972.

Tsoukalas, L.H., Uhrig, R.E., *Fuzzy and Neural Approaches in Engineering*, John Wiley & Sons Inc., 587p., 1997.

Whitaker, S., Simultaneous heat, mass transfer and momentum transfer in porous media: A theory of drying, in *Advances in Heat Transfer*, 13, 119-203, 1977.