



Konferans Bildirisi

Sanfor Makinesi Çalışma Parametrelerinin Makine Öğrenme Teknikleri Kullanılarak Tahminlenmesi

Seda Keskin^{1*}, Cenk Şahin², Onur Balcı³, Yusuf Kuvvetli⁴, Koray Pektaş⁵

¹ Eren Perakende ve Tekstil A.Ş., Orcid ID: 0000-0002-9381-4278, seda.keskin@erenperakende.com,

² Çukurova Üniversitesi, Orcid ID: 0000-0002-6076-7794, cenksahin@cu.edu.tr,

³ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orcid ID: 0000-0001-6885-7391, obalci@ksu.edu.tr,

⁴ Çukurova Üniversitesi, Orcid ID: 0000-0002-9817-1371, ykuvvetli@cu.edu.tr,

⁵ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orcid ID: 0000-0002-9744-8308, koraypektas@ksu.edu.tr,

* Sorumlu Yazar: seda.keskin@erenperakende.com; +90 545 285 56 26

(First received September 18, 2023 and in final form December 22, 2023)

3rd International Conference on Design, Research and Development

(RDCONF 2023)

December 13 - 15, 2023

Reference: Keskin, S., Şahin, C., Balcı, O., Kuvvetli, Y., Pektaş, K. Sanfor Makinesi Çalışma Parametrelerinin Makine Öğrenme Teknikleri Kullanılarak Tahminlenmesi. Orclever Proceedings of Research and Development,3(1), 221-230.

Özet

Sanfor işlemi mekanik tekstil terbiyesinin en önemli ve selüloz esaslı kumaşlara uygulanan son bitim işlemidir. Bu işlem ile kumaşlara en-boy çekmezliği sağlanır, tuşe kazandırılır, buruşuklukları açılır ve aynı zamanda kumaş metrekaresi gramajı da bu aşamada ayarlanır. İstenilen kumaş çekmezlik değerlerinin tek seferde zaman kaybına uğramadan ve hatasız bir şekilde elde edilebilmesi, sanfor işlemi değişkenleri ve öncesindeki proseslerden kaynaklı kumaş özelliklerinde meydana gelen olumsuz değişimlerinden dolayı güçtür.

Çalışma kapsamında, bu güçlüğü aşmak ve tek seferde hassas bir şekilde istenilen çekmezlik değerlerinin sağlanması, operatör kontrolünün minimize edilmesi amacıyla yapay öğrenme teknikleri kullanarak çekmezlik değerinin ve sanfor çalışma parametrelerinin istenilen hedef çekmezliğe göre tahminlenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla sanfor işlemi öncesi numune kumaşların gramaj, patlama mukavemeti ve çekmezlik değerleri ölçülmüştür. Bu veriler modellerin kurulmasında girdi olarak kullanılmıştır. Bunun yanı sıra sanfor işlemi sonrasında da hedeflenen gramaj, patlama mukavemeti ve çekmezlik değerleri



de girdi olarak kullanılmıştır. Sanfor makinesinin çalışma parametreleri ise çıktı olarak kabul edilmiştir.

Anahtar: Sanfor, Tahmin, Yapay Öğrenme, Makine Öğrenmesi, Çekmezlik



Conference Article

Estimation Of Sanforising Machine Operating Parameters Using Machine Learning Techniques

Abstract

Sanforising is the most important process of mechanical textile finishing and the last finishing process applied to cellulose based fabrics. With this process, the fabrics are provided with aspect shrinkage, hand feel, wrinkles are opened and at the same time the fabric square metre weight is adjusted at this stage. It is difficult to obtain the desired fabric shrinkage values at one time without loss of time and error due to the negative changes in fabric properties caused by sanforising process variables and preceding processes.

Within the scope of the study, in order to overcome this difficulty and to provide the desired shrinkage values precisely at one time and to minimise the operator control, it is aimed to predict the shrinkage value and sanforising operating parameters according to the desired target shrinkage by using machine learning techniques.

For this purpose, the weight, bursting strength and shrinkage values of the sample fabrics were measured before sanforising. These data were used as input for the models. In addition, the targeted weight, bursting strength and shrinkage values after the finishing process were also used as input. The operating parameters of the sanforising machine were accepted as output.

Keywords: Sanfor, prediction, artificial intelligence, machine learning, shrinkage



1. Giriş

Boyutsal stabilite, kumaşın boyutsal değişikliğe karşı direnç gösterme yeteneğini ifade eder. Tekstil mamullerinde zayıf boyutsal stabilite üretici ve tüketicileri oldukça etkilemektedir [1].

Tekstil mamullerinin görünümünü, tutumunu, kullanım özelliklerini, geliştirmek amacıyla yapılan işlemlere terbiye işlemleri denilmektedir. Bu terbiye işlemleri tekstil üretiminin çeşitli safhalarında uygulanabilmektedir. Terbiye işlemleri mekanik ve kimyasal olarak iki gruba ayrılmaktadır. Tekstil ürününün bir flotte içerisinde geçirilmesi ya da bir süre muamele edilmesiyle apre maddesinin ürüne aktarılmasına kimyasal terbiye işlemi denilmektedir. Mekanik terbiye işlemi ise tekstil mamulünün fiziksel olarak işleme tabi tutulması ile istenilen özelliklerin kazandırılması işlemidir [2]. Sanfor işlemi, kumaşların yıkandıktan sonra boyutsal stabilitesini bozmayacak şekilde kumaşın en-boy çekmezliğini, gramajını, tuşesini kontrol altına almak için herhangi bir kimyasal madde ilavesi gerektirmeyen en etkili mekanik terbiye işlemidir [1].

Kumaşlara çekmezlik kazandırma işlemi, sanfor makinesinde gerçekleştirilmektedir. Bu işlem yürütülürken belirlenen standart çalışma şartlarına veya proses yürürken operatörün verdiği kararlara bağlı olarak hareket edilmektedir. Sanfor işlemi sonrasında müşterinin talep ettiği kalite değerlerine ulaşılması için kumaş teknik özellikleri ve birçok makine parametresine hâkim olmak gerekmektedir. Buradaki parametrelerden herhangi birisinin yanlış seçilmesi durumunda, elde edilen çekmezlik değerinin yanı sıra renk, tuşe, gramaj vb. kumaş özellikleri de değişmekte ve ortaya çıkan bu problemin giderilmesi ise verimsizliğe ve maliyete neden olmaktadır. Yani çekmezlik kazandırma prosesinde ortaya çıkan bir hatanın olumsuz etkileri kumaşın neredeyse bütün performans kriterleri üzerinde olmaktadır.

Tekstil sektöründe, temel bir ürün için bile büyük miktarda veri üretilir ve depolanır. Bu veriler hammaddeleri, makine ayarlarını ve ürünün kalite parametrelerini gibi önemli bilgiler içermektedir. Elyaf özellikleri, proses parametreleri ve iplik özellikleri arasında veya iplik özellikleri, makine ayarları ve kumaş performansı arasında bir ilişki aranıyorsa, işlenecek veriler çok değişkenli ve doğrusal değildir. Bu nedenle, tekstil endüstrisinde verilerin işlenmesi ve bu verilerden değerli, potansiyel olarak kullanılabilir bilgilerin keşfedilmesi ve bu verilerden değerli potansiyel olarak kullanılabilir bilgilerin keşfedilmesi için sürekli bir talep vardır. Bu talepler doğrultusunda verilerin analizinde birçok makine öğrenimi kullanılır. Makine öğrenimi, büyük veri kümelerini analiz etmek ve verilerden örüntüler çıkartmak için farklı öğrenme teknikleri sunar [3].



Bu bağlamda yapılan çalışmalar incelendiğinde, süprem ve interlok kumaşların relaksasyon işlemleri sonundaki çekmeleri tahminlenmesi, Çekmezlik ve Kumaş Ağırlığının Lineer Regresyon ve NN modeli ile tahminlenmesi, atkılı örmecilikten elde edilen hırka kumaş için boyutsal stabilitenin tahminlenmesi üzerine çalışmaların mevcut olduğu tespit edilmiştir. Buna göre genel olarak iplik ve örgü yapısı üzerinden boyutsal stabilite üzerine tahminleme çalışmaları yapılmıştır. [4], [5], [6].

Bu çalışmanın literatürde bulunan çalışmalardan ayıran en önemli özelliği ise istenilen çekmezlik, gramaj ve mukavemet değerlerinin girdi olarak kullanılması ve buna bağlı olarak sanfor makine parametrelerinin tahminlenmesidir. Böylece hataların en aza indirgenmesi ve tecrübeden bağımsız otonom bir proses oluşturulması amaçlanmıştır. Bunun için farklı yapay öğrenme teknikleri kullanılmıştır. Ayrıca her bir tekniğin hiper parametre değerlerinin ideal hale gelmesi için de grid arama yaklaşımı kullanılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışma kapsamında Eren Tekstil bünyesinde işlem gören 4 farklı örgü kumaş kullanılmıştır. Kullanılan kumaşlara ait bilgiler aşağıda paylaşılmıştır.

- Kumaş 1: Ne 30/1, %100 Pamuk, Süprem örgü kumaş
- Kumaş 2: Ne 24/1, %100 Pamuk, İnterlok örgü kumaş
- Kumaş 3: Ne 30/1, %100 Pamuk, Pike örgü kumaş
- Kumaş 4: Ne 30/1, %100 Viskon, Süprem örgü kumaş

2.2. Metot

Çalışma kapsamında sanfor makinelerinde, çekmezlik, mukavemet ve gramaj üzerinde etkisi olan parametreler istatistiksel olarak incelenmiştir. Buna göre Sanfor makinesinin Alt-Üst Keçe Isısı, Keçe Gergi Ayarı, Balerin Ayarı, Besleme Hızı, Örgü Tipi, Hammadde, Test, Sanfor Öncesi Çekmezlik (Yalnızca Çekmezlik Tahmini için), Sanfor Öncesi Gramaj ve Sanfor Öncesi Mukavemet (Yalnızca Mukavemet ve Çekmezlik Tahmini için) olarak tespit edilmiştir. Modellerde kullanılan örgü tipleri, hammaddeler ve kurutma yöntemleri Tablo 1’de detaylı verilmiştir.

Tablo 1: Modellerde kullanılan örgü tipleri, hammaddeler ve kurutma yöntemleri

Örgü Tipi	Hammadde	Kurutma Yöntemi
Süprem Kumaş	%100 Pamuk	Asarak Kurutma
İnterlok Kumaş	%100 Viskon	Sererek Kurutma
Pike Kumaş		Tumbler kurutma

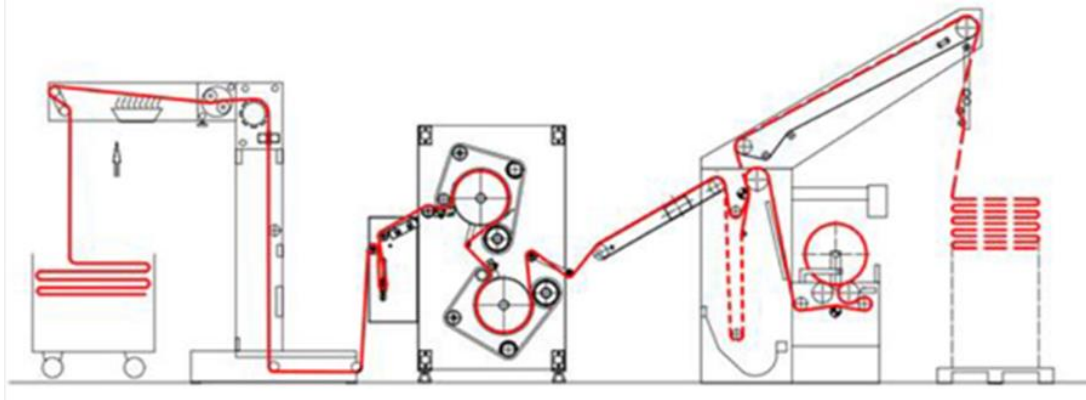
Viskon Süprem Kumaş

Buna göre girdi/çıkış setleri ile dört temel model oluşturularak tahminleme yapılmıştır. Oluşturulan modellerin girdi bilgileri Tablo 2’de verilmiştir. Modelleri değiştiren unsur, seçilen girdi setlerinin içerikleri olmuştur.

Bu 4 model için tahmin edilen çıktılar, sanfor makinesi için önemli olan çalışma parametreleridir. Bunlar;

- Alt-üst keçe ısısı: Kumaşın işlem gördüğü sıcaklığı ifade eder. Bu sıcaklık, kumaşın çekme ve stabilizasyon özelliklerini etkiler.
 - Keçe gergi ayarı: Keçe üzerine uygulanan gerginliği ifade eder. Bu parametre, kumaşın üzerindeki gerilimi kontrol eder ve işlemin başarılı bir şekilde gerçekleşmesine yardımcı olur.
 - Balerin ayarı: Sanfor makinelerinde kullanılan balerin, kumaşı düzeltmek ve çekme işlemini gerçekleştirmek için kullanılan bir parçadır. Balerin ayarı, kumaşın üzerindeki gerilimi kontrol eder.
 - Besleme hızı: Kumaşın sanfor makinesine beslenme hızını ifade eder. Bu hız, kumaşın işlem süresini etkiler.
- olarak belirlenmiştir.

Şekil 1’de kullanılan sanfor makinesinin bir resmi görülmektedir.



Şekil 1: Sanfor Makinesi

Tablo 2: Oluşturulan modellerin girdi verileri

Model 1 (Çekmezlik odaklı tahmin modeli girdileri)	Model 2 (Gramaj odaklı tahmin modeli girdileri)	Model 3 (Mukavemet odaklı tahmin modeli girdileri)	Model 4 (Hibrit tahmin modeli girdileri)
Örgü Tipi	Örgü Tipi	Örgü Tipi	Örgü Tipi



Hammadde	Hammadde	Hammadde	Hammadde
Kurutma Yöntemi	Kurutma Yöntemi	Kurutma Yöntemi	Kurutma Yöntemi
Sanfor Öncesi Çekmezlik	Sanfor Öncesi Çekmezlik	Sanfor Öncesi Patlama Mukavemeti	Sanfor Öncesi Çekmezlik
Sanfor Öncesi Gramaj	Sanfor Öncesi Gramaj	Sanfor Öncesi Gramaj	Sanfor Öncesi Gramaj
Sanfor Sonrası Çekmezlik	Sanfor Sonrası Gramaj	Sanfor Sonrası Patlama Mukavemeti	Sanfor Öncesi Patlama Mukavemeti
			Sanfor Sonrası Gramaj
			Sanfor Sonrası Patlama Mukavemeti
			Sanfor Sonrası Çekmezlik

Tüm modeller için 4 farklı makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak (Destek vektör makineleri (SVM), rassal ağaçlar (RF), yapay sinir ağı (YSA1) ve girdilerin normalize edilerek verildiği yapay sinir modelleridir (YSA2)) tahmin modelleri oluşturulmuş, Tablo 2'deki gibi işletmeden alınan veriler kullanılarak oluşturulan ağ tasarımları ile bu modeller beslenmiştir.

Modeller kurulurken Python programlama dili kullanılmıştır. Python yazılım dili üzerinde sci-kit-learn, pandas ve numpy kütüphaneleri kullanılmıştır. Scikit-learn kütüphanesi makine öğrenmesi için kullanılan bir açık kaynaklı bir kütüphanedir [7].

Modeller kurulmadan önce ilk olarak hiper parametre optimizasyonu yapılmıştır. Hiper parametre optimizasyonu, farklı parametreler altında en uygun yapay sinir ağlarının oluşturulması için gereklidir. Yapay sinir ağlarında kullanıcı tarafından belirlenen ve ağın performansına etki edebilecek bazı parametreler bulunmaktadır. Bu parametrelerden bazıları ağdaki gizli katman sayısı, gizli katmandaki düğüm sayısı, eğitim algoritması ve durdurma kuralı olan maksimum epoch sayısının belirlenmesidir.

ADAM algoritması ile eğitim yapacak bir ağ yapısı kurulmuştur. Ön denemelerde Gizli katman sayısı ve gizli katmandaki düğüm sayıları değerlendirildiğinde ise farklı katman sayılarının etkisinin düşük olduğu gözlenmiş ve tek katmanlı ağ kullanılmıştır.

Gizli katmandaki düğüm sayısı ise 4-30 arasındaki tüm değerler denenmiştir. En iyi sonucu veren düğüm sayısı modeller için belirlenmiştir. RF algoritması için bir daldaki



minimum gözlem sayısı da farklı denemeler sonucunda 3 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca minimum bölme kuralı olarak 4 en iyi sonucu veren parametre olmuştur.

Kontrollü denemeler sonucunda model 1 için 649, model 2 için 216, model 3 için 152 ve model 4 için 152 veri ile çalışılmıştır. Bu verilerin %33' ü test verisi olarak ayrılarak test sonuçları raporlanmıştır. Performans kriteri olarak ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) değeri kullanılmıştır.

3. Sonuç ve Tartışma

Seçilen makine öğrenmesi yöntemleri için eğitilen tüm modeller göz önüne alındığında, Alt-Üst Keçe Isısı (°C), Keçe Gergi Ayarı (N), Balerin Ayarı (bar) ve Besleme Hızı parametreleri için test verileri üzerinde elde edilen en iyi tahmin başarısı sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3: Alt-Üst Keçe Isısı (°C), Keçe Gergi Ayarı (N), Balerin Ayarı (bar) ve Besleme Hızı parametreleri için kullanılan makine öğrenme yöntemlerine ait mutlak yüzde hata (MAPE) sonuçları.

Makine Öğrenmesi Yöntemi	Alt-Üst Keçe Isısı (°C) (MAPE)	Keçe Gergi Ayarı (N) (MAPE)	Balerin Ayarı (bar) (MAPE)	Besleme Hızı (m/dk) (MAPE)
Destek vektör makineleri (SVM)	%29.44	%26.25	%45.39	%32.64
Yapay sinir ağı (YSA1)	%14.59	%29.34	%45.44	%42.23
Yapay sinir ağı (YSA2)	%13.52	%24.80	%69.70	%32.61
Rassal ağaçlar (RF)	%7.25	%15.81	%40.38	%23.80

Genel olarak tahmin sonuçları incelendiğinde, tüm parametreler için Rassal ağaçlar (RF) modelinin en düşük MAPE değerine sahip olduğu yani en iyi başarı oranı ile tahmin yapıldığı görülmüştür.

Alt-Üst Keçe Isısı (°C) için <10 MAPE değeri, Keçe Gergi Ayarı (N) için <15 MAPE değeri, Balerin Ayarı (bar) için <50 MAPE değeri ve Besleme Hızı (m/dk) için <20 MAPE değerine sahip olduğu görülmektedir.

Balerin Ayarı (bar) için <50 MAPE değeri diğer modeller arasında iyi olmasına rağmen aslında orta düzeyde başarı oranı ile tahmin yapılabildiği söylenebilir. Ancak balerin ayarının proses şartları değerlendirildiğinde, yüzde 40 sapmanın prosese etkisinin kabul edilebilir olduğu görüşü oluşmuştur.

Tüm çıktı değişkenleri için modellerin olarak oldukça başarılı sonuçlar elde ettiği görülmüştür. Kontrollü deneyler sonucunda elde edilen veriler ile geliştirilen makine

öğrenmesi modellerinin verimli bir şekilde çalışıp çalışmadığı kontrol etmek için ve tahmin modellerin işletme tarafından üretim esnasında karar destek sistemi olarak kullanılabilmesi için web tabanlı bir ara yüz yazılımı geliştirilmiş ve devreye alınması sağlanmıştır. Geliştirilen ara yüzden her model için birer örnek Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2: Ara Yüz Görüntüsü

4. Sonuç

Yapılan çalışmada, istenilen çekmezlik, gramaj ve patlama mukavemeti değerini elde edebilmek için gerekli olan sanfor parametrelerinin belirlenmesi amacıyla makine öğrenmesi metotları kullanılmıştır. Buna göre proses çalışma parametrelerini tahmin edebilen, tersine tahmin yaklaşımı ve bu yaklaşımların çalıştığı yazılım, web tabanlı ara yüz ve karar destek sistemi elde edilmiştir. Tersine model çalışmalarında farklı çıktılar için %7 ile %25 arasında sapma ile tahmin performansına ulaşılmıştır. Böylece projede geliştirilen yazılım ve karar destek sisteminin gerçek makineye aktarılması, tüm sektör



için kullanılır olabilmesi ve otonom sanfor makinesine erişilmesinin mümkün olacağı düşünülmektedir. Bu çalışma Eren Tekstil Ar-Ge Merkezi kapsamında yürütülen AGM 20 no'lu projenin verileriyle hazırlanmıştır.

Referanslar

- [1] Khan, M. D., Rahman, M., Ahmed, M., Shuvo, K., & Ahmed, R. (2020). Optimization of Residual Shrinkage Control of 100% Cotton Woven Fabric Through Sanforization. *Journal Of Textile Science & Fashion Technology*.
- [2] Parlakyiğit, P. (2022). Tekstilde İstatistiksel Proses Kontrol Uygulaması Örneği-Terbiye İşletmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 37(4), 911-924.
- [3] Yıldırım, P., Birant, D., & Alpyıldız, T. (2018). Data mining and machine learning in textile industry. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 8(1), e1228.
- [4] Kalkancı, M., Sinecen, M., & Kurumer, G. (2018). Prediction of dimensional change in finished fabric through artificial neural networks. *Textile and Apparel*, 28(1), 43-51.
- [5] Anupreet, K., & Roy, K. (2016). Prediction of shrinkage and fabric weight (g/m²) of cotton single jersey knitted fabric using artificial neural network and comparison with general linear model. *Int J Inf Res Rev*, 3, 2541-2544.
- [6] Kumar, T. S., & Sampath, V. R. (2013). Prediction of dimensional properties of weft knitted cardigan fabric by artificial neural network system. *Journal of Industrial Textiles*, 42(4), 446-458.
- [7] <https://scikit-learn.org/stable>