

İLERİ MÜHENDİSLİK ÇALIŞMALARI VE TEKNOLOJİLERİ DERGİSİ

Taguchi Tabanlı Gri İlişki Analizi ile Bir Tekstil Firmasında Sürdürülebilirlik Uygulaması

Ercan ŞENYİĞİT*¹ , Hatice İNCİ² 

¹Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kayseri, 38039, Türkiye

²Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kayseri, 38039, Türkiye

Araştırma Makalesi, Geliş Tarihi: 25.12.2023, Kabul Tarihi: 19.05.2024

Özet

Dokuma nevresim kumaşlarının sürdürülebilirlik performanslarının değerlendirilmesinde farklı performans göstergeleri (cevaplar) dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada 40 yıkama sonrası yırtılma dayanımı, 80 yıkama sonrası yırtılma dayanımı, 40 yıkama sonrası kopma dayanımı, 80 yıkama sonrası kopma dayanımı ve 80 yıkama sonrası aşınma devri birer cevap olarak dikkate alınmıştır. Bu cevaplar deney sonuçlarında elde edilmekte ve değerlendirilmektedir. Bu cevapların ayrı ayrı değerlendirilmesi dikkate alınan cevabı optimum olmasını sağlarken diğer cevaplar için optimum sonucu sağlamamaktadır. Bu nedenle cevaplarının eş zamanlı optimizasyonun sağlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun sağlanması için Taguchi tabanlı gri ilişki analizi yönteminden çalışmada faydalanılmıştır. Çalışmada ayrıca bu cevapların farklı ağırlık değerleri dikkate alınarak duyarlılık analiz sonuçları gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 3 faktör elyaf uzunluğu, ring hızı ve sarma gerilimi dikkate alınmıştır. Bu faktörlerin üçer farklı düzeyi olduğu kabul edilmiştir. Çalışmada L₉ ortogonal dizisi kullanılmıştır. Analiz çalışmaları sonucunda sürdürülebilir optimum sonucun elyaf uzunluğu kriterinin 3. düzeyi olan 44 mm, ring hızının 2. düzeyi olan 18000 rpm ve sarma geriliminin 1. düzeyi olan 240 tex/Cn olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Taguchi yöntemi, Gri ilişki analizi, Eş zamanlı optimizasyon, Dokuma nevresim Kumaşı.

Sustainability Implementation in a Textile Company with Taguchi Based Gray Relationship Analysis

Abstract

Different performance indicators (responses) are taken into account in evaluating the sustainability performance of woven bedding fabrics. In this study, tear strength after 40 washes, tear strength after 80 washes, tensile strength after 40 washes, tensile strength after 80 washes and abrasion cycle after 80 washes are considered as responses. These answers are obtained and evaluated in the test results. While the evaluation of these answers separately provides the optimum for the answer considered, it does not provide the optimum result for the other answers. Therefore, there is a need for simultaneous optimization of the responses. In order to achieve this, Taguchi-based gray relationship analysis method was used in the study. In the study, sensitivity analysis results were also performed by considering different weight values of these answers. In the study, 3 factors fiber length, ring speed and winding tension were taken into consideration. These factors are assumed to have three different levels. L₉ orthogonal array was used in the study. As a result of the analysis, it was determined that the sustainable optimum result was 44 mm which is the 3rd level of fiber length criterion, 18000 rpm which is the 2nd level of ring speed and 240 tex/Cn which is the 1st level of winding tension.

Keywords: Sustainability, Taguchi method, Gray relationship analysis, Simultaneous optimization, Sheeting fabric.

*Sorumlu yazar senyigit@erciyes.edu.tr, ²4011130196@erciyes.edu.tr

1. GİRİŞ

Sürdürülebilirlik, sıklıkla dikkate alınan ve çeşitli disiplinlerden bilim insanları için popüler olan çok disiplinli bir terimdir. Sürdürülebilirlik, dünyamızdaki tüm türlerin ve doğal kaynakların yeni kuşakların gereksinimlerini karşılayabilmesi için, bugünkü kuşağın kaynak kullanımını sınırlandırması ve toplumun ekosisteme verdikleri kayıpların en düşük düzeyde tutulmasıdır (Ercoşkun, 2007). Tekstil alanında sürdürülebilirlik etkisi önemli derecede yüksektir (Ağraş ve Çetinkaya, 2023). Giyim ve tekstil imalatı dünyadaki en kirletici sektörlerden biri olarak değerlendirilmektedir. Sürdürülebilirlik birçok birbiriyle ilişkili ve komplike problemleri içermektedir. Tekstil ve giyim artık insanların iklim değişikliği, kimya toplumu, su azlığı ve insan hakları konusundaki söylemlerinde de mühim bir rol oynamaktadır (Boström ve Micheletti, 2016). Kaynak kullanımının yoğun olduğu bilinen tekstil sektörü için sürdürülebilirlik çalışmalarının uygulanması ekonomik anlamda sektörün gelişmesini sağlayarak çevresel ve sosyal anlamda tedarik zinciri yönetiminin aşamalarında olumlu etki bırakacağı bir gerçektir. Kaynakların korunması amacıyla tekstil ürünlerinin kullanım süresinin uzatılması, yeni çevreyi az kirleten tekstillerin üretilmesini sağlayarak mühim çevresel yararlar ile sürdürülebilirlik sağlanır. Bunun sağlanabilmesi için de tekstil sektöründe kullanılan üretim proseslerinin en iyi hale getirilmesi gerekir ve böylece sürdürülebilirlik sağlanır (Erdem ve Doğan, 2022). Sürdürülebilir üretim proseslerinin performansının değerlendirilmesinde birden fazla cevabın birlikte dikkate alınmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sonuca ulaşabilmek için Taguchi tabanlı gri ilişki analizi uygulanabilecek yöntemlerden biridir. Literatür incelendiğinde doğrudan sürdürülebilir tekstil sektörü için herhangi bir Taguchi tabanlı gri ilişki analizi uygulamasına rastlanılmamıştır (Ağraş ve Çetinkaya, 2023). Bu nedenle literatürde olan bir çalışmadan kriterlerin, bu kriterlerin düzeylerinin ve cevaplarının belirlenmesinde faydalanılmıştır. Jamsaid ve arkadaşları çalışmalarında nevesim kumaşın dayanıklılık fonksiyonlarını elde etmek için en uygun işlem parametrelerini araştırmak amacıyla Taguchi tabanlı gri ilişki analizi yöntemini kullanmışlardır. Çalışmamızda Jamsaid ve arkadaşlarının dikkate aldığı aynı problem dikkate alınmıştır Jamsaid ve arkadaşlarının çalışmasında cevapların sinyal gürültü (S/G) oranları ve cevapların eşit öneme sahip oldukları dikkate alınırken bizim çalışmamızda farklı olarak cevapların 5 farklı önem sırasına göre ağırlıkları ve sürdürülebilirlik kavramı dikkate alınmıştır.

2. ANALİZ METODU

Taguchi yöntemi tek cevaplı problemlerin çözümünde kullanılabilir fakat gerçek hayatta problemlerin eş zamanlı dikkate alması gereken birden fazla cevap olabilir. Bu tarz karmaşık problemlerin çözümünde Taguchi Tabanlı Gri İlişki Analizi yöntemi kullanılmaktadır (Güneş vd. 2019; Demirel vd. 2022; Karataş, 2022; Üstüntaş vd. 2022). Çalışmada Elyaf uzunluğu (X), Ring hızı (Y) ve sarma gerilimi (Z) faktörleri dikkate alınmıştır. Her bir faktörün 3 düzeyi bulunmaktadır. Bu faktörler ve seviyeleri Tablo 1’de gösterilmiştir. Bu nedenle $L_9(3^3)$ ortogonal dizi dikkate alınmıştır. Taguchi deneysel tasarım yönteminde 3 farklı kalite tanımı bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla, nominal en iyidir, daha küçük daha iyidir, daha büyük daha iyidir (Karataş, 2022).

Çalışmamızda dikkate aldığımız faktörlerin daha büyük daha iyidir kalite tanımına uygun olduğu kabul edilmiştir. Taguchi yöntemi ile bir cevap optimize edilebilir. Çalışmamızda olduğu gibi birden fazla cevabın eş zamanlı optimizasyonu gerektiğinde Gri İlişki Analizi yöntemi kullanılmaktadır. Gri ilişki analizi yönteminde olası farklı birimlerde cevaplar olması durumuna karşı normalizasyon işlemi gerçekleştirilir. Deney sonucunda elde edilen değerler 0 ile 1 arasında yer almaktadır. Gri ilişki analizi yöntemi bir çok kriterli karar verme yöntemidir. Dikkate alınan kriterler iki türlü olabilirler. Bunlar değeri artıca sağladığı fayda artan kriterler ve sağladığı fayda azalan olmak üzere sırasıyla fayda türü kriterler ve maliyet türü kriterlerdir. Gri ilişki analizi yönteminde bu iki tür kriter için iki ayrı normalizasyon formülasyonu kullanılmaktadır. Taguchi Tabanlı Gri İlişki Analizi yöntemi kullanılan denklemler için Güneş vd. 2019; Demirel vd. 2022; Karataş, 2022; Üstüntaş vd. 2022 çalışmalarına bakılabilir.

Tablo 1. Faktörler ve seviyeleri (Jamshaid vd. 2022)

X (mm)	Y (rpm)	Z (tex/Cn)
32 (1)	17000 (1)	240 (1)
38 (2)	18000 (2)	280 (2)
44 (3)	19000 (3)	320 (3)

3. ANALİZ

Jamshaid ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada dikkate alınan test standartları ve analiz edilen kumaşların yapısı şu şekildedir; kumaşın yapısı düz örgüdür, atkı ve çözgü sıklığı sırasıyla 40 ends/cm ve 55picks/cm’dir. Tüm numuneler hidrojen peroksit içerisinde ağartılmıştır. Tüm iplik testleri uluslararası standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Sadece

iplik mukavemet testi Uster Tensojet üzerinde gerçekleştirilmiştir. ASTM D 2256-02'ye göre ve Zweigle üzerinde boncuklanma testi yapılmıştır (566 ASTM D 5647-07 boncuklanma test cihazı). Tüm numuneler 40 ve 80 yıkamadan önce ve sonra test edilmiştir. Hızlandırılmış yıkama işlemi, AATCC 61-2013 standardına uygun olarak Laundr-oMeter (Gyro wash) Tc-M-25 cihazında gerçekleştirilmiştir. Tüm kumaş numunelerinin çekme testi ASTM 5035 standart yöntemine göre TITAN TNT 0086 üzerinde şerit yöntemi ile yapılmıştır. Yırtılma mukavemeti ASTM 1424-9 (2019) standardına göre düşme sarkacı ile dijital yırtık üzerinde ölçülmüştür. Aşınma direnci testi BS EN ISO 12947-1 standart yöntemine göre 12 KPa'da Martindale M-235-4'te gerçekleştirilmiştir (Jamshaid vd. 2022).

Çalışmanın hedefi dokuma nevresim kumaşının 40 yıkama sonrası yırtılma dayanımı (C1), 80 yıkama sonrası yırtılma dayanımı (C2), 40 yıkama sonrası kopma dayanımı (C3), 80 yıkama sonrası kopma

dayanımı (C4) ve 80 yıkama sonrası aşınma devri cevaplarının en yüksek değerlerini elde etmektir. Deneysel sonucu 40 yıkama sonrası yırtılma dayanımı, 80 yıkama sonrası yırtılma dayanımı, 40 yıkama sonrası kopma dayanımı, 80 yıkama sonrası kopma dayanımı ve 80 yıkama sonrası aşınma devri cevapları elde edilmiştir. Tablo 2'de L_9 ortogonal dizi ile elde edilen deney sonuçları gösterilmiştir. Tablo 3'te S/G oranları gösterilmiştir.

Tablo 2. Deney Sonuçları (Jamshaid vd. 2022)

(X,Y,Z)	C1	C2	C3	C4	C5
(32 (1),17000 (1),240 (1))	15.54	639.10	15.58	644.76	4000
(32 (1),18000 (2), 280 (2))	14.96	647.18	15.23	625.34	4500
(32 (1),19000 (3), 320 (3))	14.94	599.11	15.41	616.31	4500
(38 (2),17000 (1), 280 (2))	15.61	727.40	16.39	679.16	5000
(38 (2),18000 (2),320 (3))	16.60	749.70	16.79	685.33	9100
(38 (2),19000 (3), 240 (1))	16.37	719.49	16.14	666.74	6000
(44 (3), 17000 (1), 320 (3))	17.26	711.56	17.00	740.52	9500
(44 (3),18000 (2), 240 (1))	18.09	774.04	17.62	832.65	17500
(44 (3),19000 (3), 280 (2))	16.69	689.84	16.56	674.44	15500

Tablo 3. S/G Değerleri (Jamshaid vd. 2022)

(X,Y,Z)	C1	C2	C3	C4	C5
(32 (1),17000 (1),240 (1))	23.83	56.11	23.85	56.19	72.04
(32 (1),18000 (2), 280 (2))	23.50	56.22	23.65	55.92	73.06
(32 (1),19000 (3), 320 (3))	23.49	55.55	23.76	55.80	73.06
(38 (2),17000 (1), 280 (2))	23.87	57.24	24.29	56.64	73.98
(38 (2),18000 (2),320 (3))	24.40	57.50	24.50	56.72	79.18
(38 (2),19000 (3), 240 (1))	24.28	57.14	24.16	56.48	75.56
(44 (3), 17000 (1), 320 (3))	24.74	57.04	24.61	57.39	79.55
(44 (3),18000 (2), 240 (1))	25.15	57.78	24.92	58.41	84.86
(44 (3),19000 (3), 280 (2))	24.45	56.77	24.38	56.58	83.81

Tablo 4'te çalışmada dikkate alınan cevaplar için S/G tepki tablosu gösterilmiştir. Tablo 5'te ise çalışmada dikkate alınan cevaplar için ortalama değerler tepki tablosu gösterilmiştir. Tablo 6'da gri ilişki analizi

normalizasyon değerleri gösterilmiştir. Tablo 7'de Gri ilişkisel katsayı ve gri ilişkisel dereceleri gösterilmiştir. Farklı cevap ağırlıklarına göre optimum faktör düzeyleri tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Cevaplar için S/G tepki tablosunun gösterilmesi

Seviye	C1			C2			C3			C4			C5		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	23.6	24.2	24.4	56	56.8	57	23.8	24.3	24.3	56	56.7	57	72.7	75.2	77.5
2	24.2	24.4	23.9	57.3	57.2	56.7	24.3	24.4	24.1	56.6	57	56.4	76.2	79	77
3	24.8	24.1	24.2	57.2	56.5	56.7	24.6	24.1	24.3	57.5	56.3	56.6	82.7	77.5	77.3
Fark	1.17	0.28	0.48	1.33	0.68	0.31	0.88	0.26	0.2	1.49	0.73	0.65	10	3.84	0.54
Sıralama	1	3	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3

Tablo 5. Cevaplar için Ortalama Değerler tepki tablosunun gösterilmesi

Seviye	C1			C2			C3			C4			C5		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	15.2	16.1	16.7	629	693	711	15.4	16.3	16.5	629	688	715	4333	6167	9167
2	16.2	16.6	15.8	732	724	688	16.4	16.6	16.1	677	714	660	6700	10367	8333
3	17.4	16	16.3	725	670	687	17.1	16	16.4	749	653	681	14167	8667	7700
Fark	2.2	0.55	0.91	104	54.2	24.1	1.65	0.51	0.39	120	61.9	55.1	9833	4200	1467
Sıralama	1	3	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3

Tablo 6. Gri ilişki normalizasyon değerleri

C1	C2	C3	C4	C5
0.190	0.229	0.146	0.132	0.000
0.006	0.275	0.000	0.042	0.037
0.000	0.000	0.075	0.000	0.037
0.213	0.733	0.485	0.291	0.074
0.527	0.861	0.653	0.319	0.378
0.454	0.688	0.381	0.233	0.148
0.737	0.643	0.741	0.574	0.407
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.556	0.519	0.556	0.269	0.852

Tablo 7. Gri ilişkisel katsayı ve gri ilişkisel derecenin gösterilmesi

C1	C2	C3	C4	C5	GİD	Sıralama
0.382	0.393	0.369	0.365	0.333	0.369	7
0.335	0.408	0.333	0.343	0.342	0.352	8
0.333	0.333	0.351	0.333	0.342	0.339	9
0.388	0.652	0.493	0.413	0.351	0.459	6
0.514	0.782	0.590	0.423	0.446	0.551	3
0.478	0.616	0.447	0.395	0.370	0.461	5
0.655	0.583	0.658	0.540	0.458	0.579	2
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1
0.529	0.510	0.530	0.406	0.771	0.549	4

Tablo 8. Farklı cevap ağırlıklarına göre optimum faktör düzeylerinin gösterilmesi

	C1	C2	C3	C4	C5	X	Y	Z
1	0.80	0.05	0.05	0.05	0.05	3	2	1
2	0.05	0.80	0.05	0.05	0.05	3	2	1
3	0.05	0.05	0.80	0.05	0.05	3	2	1
4	0.05	0.05	0.05	0.80	0.05	3	2	1
5	0.05	0.05	0.05	0.05	0.80	3	2	1
6	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	3	2	1

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Gelecek nesillere devredilecek olan kaynakların en doğru şekilde kullanılması ile sürdürülebilirlik sağlanmaktadır. Bunun için üretim süreçlerinin optimum şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Çalışmada, Tekstil sektöründe dokuma nevresim kumaşlarının performansına etki eden faktörler sürdürülebilir üretim süreçlerini sağlamak için incelenmiştir. Bu faktörlerin sırasıyla elyaf uzunluğu, ring hızı ve sarma gerilimi olduğu çalışmada kabul edilmiştir. Bu faktörlerin üçer düzeyi dikkate alınmıştır (Tablo-1). Taguchi tabanlı gri ilişki analizi yöntemi bu faktörlerin eş zamanlı optimizasyonunda kullanılmıştır (Tablo 2-7). L_9 ortogonal dizinin en uygun dizi olduğuna karar verilmiştir. Deneyler, 5 farklı cevap olan 40 yıkama sonrası yırtılma dayanımı, 80 yıkama sonrası yırtılma dayanımı, 40 yıkama sonrası kopma dayanımı, 80 yıkama sonrası kopma dayanımı ve 80 yıkama sonrası aşınma devri cevapları kayıt altına alınmıştır. Çalışmamızda literatürden farklı olarak bu cevapların 6 farklı ağırlık düzeylerine göre duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada dikkate alınan cevapların farklı önem sırasına elde edilmesinde Taguchi Tabanlı

Gri İlişki Analizi yöntemi kullanılmıştır. Duyarlılık analizinde 6 farklı deney gerçekleştirilmiştir. Bu duyarlılık analizinde, 5 kriter sırasıyla baskın kriter haline getirilmiş son deneyde ise tüm kriterlerin eşit önemde olması durumu dikkate alınmıştır (Tablo-8). Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgular aşağıda sıralanmıştır:

- Sürdürülebilir dokuma nevresim kumaşı üretiminde çalışmada gerçekleştirilen duyarlılık analizi sonucunda tüm ağırlık değerlerinde optimum sonucun $X_3Y_2Z_1$ olduğu elyaf uzunluğu kriterinin 3. düzeyi olan 44 mm, ring hızının 2. düzeyi olan 18000 rpm ve sarma geriliminin 1. düzeyi olan 240 tex/Cn olduğu belirlenmiştir (Tablo-8).

- Tüm cevaplar için en fazla katkıya sahip parametrenin, en önemli kriterin elyaf uzunluğu olduğu belirlenmiştir.

- 40 yıkama sonrası yırtılma dayanımı cevabında en az katkıya sahip parametrenin, en az öneme sahip kriterin ring hızı, diğer cevaplarda ise sarma gerilimi olduğu belirlenmiştir.

- Çalışmada yapılan duyarlılık analizi sonucunda, kriter ağırlıklarının değişiminin sonuç üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir.

- Çalışma sonucunda optimum sonucun $X_3Y_2Z_1$ olduğu ve bu sonucun kararlı bir sonuç olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç ile sürdürülebilir bir süreç sağlama hedefine ulaşılmıştır.

- Çalışma sonucunda dikkate alınan problemde elyaf uzunluğu kriterinin sonuçlar üzerinde etkili olduğu yöneticilerin bu kritere odaklanmaları gerektiği belirlenmiştir.

Gelecek çalışmalarda, bu çalışmada dikkate alınan faktörler dışında yeni faktörler göz önünde bulundurularak problem tekrar çözülebilir, böylece dokuma nevresim kumaşlarının performanslarının değerlendirilmesinde farklı hangi performans göstergelerinin dikkate alınması gerektiği sorusuna cevap bulunmuş olur.

KAYNAKLAR

Ağraş, S. ve Çetinkaya, F. (2023). Tekstil Sektöründe Çevresel Duyarlılık ve Sürdürülebilirlik Politikalarına Yönelik Bir İçerik Analizi. *Equinox, Journal of Economics, Business & Political Studies*, 10 (1), 26-48.

Bostrom, M. ve Micheletti, M. (2016). Introducing The Sustainability Challenge Of Textiles And Clothing". *Journal of Consumer Policy*, 39(4): 367-375.

Demirel, B., Akkurt, F., Uysal, İ. A. ve Şenyiğit E. (2022). Determination of The Best Injection Stretch Blow Molding Process Parameters in Polyethylene Terephthalate Bottle Service Performance. *Gazi University Journal of Science*, 35 (4), 1297-1316.

Ercoşkun, Ö.Y. (2007). Sürdürülebilir Kent İçin Ekolojik-Teknolojik (EKO-TEK) Tasarım: Ankara-Güdül Örneği. (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Erdem, M. B. ve Doğan, N. Ö. (2020). Tekstil Sektöründe Sürdürülebilirliğin Analizi: Kahramanmaraş'ta Faaliyet Gösteren Bir Tekstil İşletmesinde Dematel Uygulaması. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (36), 571-598.

Güneş, S., Şenyiğit, E., Karakaya E., Özceyhan, V. (2019). Optimization of heat transfer and pressure drop in a tube with loose-fit perforated twisted tapes by Taguchi method and grey relational analysis. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 136 (4), 1795-1806.

Jamshaid, H., Ahmad, N., Hussain, U. Mishra, R. (2022). Parametric optimization of durable sheeting fabric using Taguchi Grey Relational Analysis. *Journal of King Saud University - Science*, 34, 4 (2022), 102004.

Karataş, M. A. (2022). Multi-Criteria optimization of surface roughness in wire EDM of Inconel 718 by Taguchi based gray relational analysis method. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 28(4), 516-532.

Üstüntağ S., Şenyiğit E., Mezarciöz S., Türksoy H. G. (2022). Optimization of Coating Process Conditions for Denim Fabrics by Taguchi Method and Grey Relational Analysis. *Journal of Natural Fibers*, 19 (2), 685-699.