T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ

HALI ÜRETİMİNDE BOYA RENK FARKLILIĞI DEĞİŞKENLİĞİNİN DENEY TASARIMI İLE AZALTILMASI

Proje No: FBA-10-3022

NAP

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:
Doç. Dr. Mithat Zeydan
Endüstri Mühendisliği

Araştırmacı:
Gülhan TOĞA
Endüstri Mühendisliği

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	4
ABSTRACT	4
1. GİRİŞ	5
2.GENEL BİLİGİLER	5
3. GEREÇ VE YÖNTEM	6
4. BULGULAR	22
5.TARTIŞMA VE SONUÇ	36
6.KAYNAKÇA	37

projeno.pdf (örnek: FBA_09_1236.pdf)

Önerilen Proje Metni Ana Bölümleri,

GİRİŞ / AMAÇ VE KAPSAM
GENEL BİLGİLER
GEREÇ VE YÖNTEM
BULGULAR
TARTIŞMA VE SONUÇ
KAYNAKLAR
EKLE

ÖZET

Bu çalışma çok krtierli karar verme problemlerinin, Yanıt Yüzey Metodu, Yapay Sinir Ağları ve Gri İlişkisel Analizi yaklaşımları kullanılarak tek amaçlı optimizasyon problemine dönüştürülmesi ile ilgilidir. Grey-RSM ve Grey-YSA hibrit yaklaşımları ile çok kriterli optimizasyon problemleri çözülmeye çalışılmıştır. Araştırmanın iki amacı vardır:

1. GRA tabanlı RSM ve YSA ile en uygun elyaf boyama şartlarının bulunması
2. Farklı metodolojiler ile ortaya konan çözümlerin kıyaslanması

Boyama işlemi için tasarım değişkenleri; sıcaklık, zaman, yumuşatıcı, anti-statik, malzeme miktarı, pH, retarder ve dispergatördür. Kalite karakteristiği olarak elyafın renk tutarlılığı, mukavemeti çözeltide kalan boyar madde miktarı dikkate alınmıştır.

Mutlak sev, iyeli GRA-RSM, ara seviyeli GRA-RSM ve GRA-YSA modelleri gri ilişkisel katsayıları açısından ve MSE değeri açısından kıyaslanmıştır. Sonuç olarak GRA-ANN modeli boyama şartları8ndaki değişkenliği azaltan en başarılı model olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, Gri ilişkisel Analiz, Optimizasyon, Yanıt Yüzey metodu

ABSTRACT

This study deals with a multi-criteria optimization problem which has been transformed into a single objective optimization problem using Response Surface Methodology (RSM), Artificial Neural Network (ANN) and Grey Relational Analyses (GRA) approach. Grey-RSM and Grey-ANN are hybrid techniques which can be used for solving multi-criteria optimization problem. There have been two main purposes of this research as follows.

1. To determine optimum and robust fiber dyeing process conditions by using RSM and ANN based on GRA,
2. To obtain the best suitable model by comparing models developed by different methodologies.

The design variables for fiber dyeing process in textile are temperature, time, softener, anti-static, material quantity, pH, retarder, and dispergator. The quality characteristics to be evaluated are nominal color consistency of fiber, maximum strength of fiber, minimum color of dyeing solution. GRA-RSM with exact level value, GRA-RSM with interval level value and GRA-ANN models were compared based on GRA output value and MSE (Mean Square Error) performance measurement of outputs with each other. As a result, GRA-ANN with interval value model seems to be suitable reducing the variation of dyeing process for GRA output value of the model.

Keywords—Artificial Neural Network, Grey Relational Analysis, Optimization, Response Surface Methodology

1. GİRŞİ, AMAÇ ve KAPSAM

Projenin amacı, tekstil sektöründeki en önemli sıkıntılardan birisi olan boyama işleminde farklı partiler arasındaki aynı renklerin ton farkı değişkenliği sorununun en aza indirilmesidir. Bu sayede firmada işçilik maliyetlerinde ve kullanılamaz iplik oranında (atıl iplik) azalma sağlanacaktır. Ayrıca, projemiz boyama işleminde yapılacak optimizasyon çalışması ile, boyanmış elyafın bir sonraki aşaması olan iplik proseslerindeki mukavemete olan etkilerinin de araştırılmasını ve iplik mukavemetinin maksimize edilmesini kapsamaktadır. Bir diğer amaç ise, boyama işlemi sonucunda elde edilen atık boyarmadde miktarını en aza indirerek çevreye zararlı kimyasal miktarını minimize etmektir.

2. GENEL BİLGİLER

Karmaşık süreçlerde ve sistemi etkileyen çok fazla değişkenin olduğu gerçek hayat problemlerinde, analitik ve nümerik modellemeler yapabilmek oldukça zordur. Bu gibi problemleri gözlemlemede devreye Deneysel Tasarım (DOE) girmektedir [1]. İlk kez 1920'de zirai uygulamalarla başlayan Deneysel Tasarımın daha sonra kimya [2,3], biyoloji [4,5] istatistik [6,7] ve mühendislik alanında [8,9] kullanımı ile ilgili çok sayıda kitap ve makale yayınlanmıştır. Ayrıca bu konu ile ilgili referanslara ulaşılabilecek makaleler de bulunmaktadır [10,11]. Deneysel Tasarımı, gözlemi yapılan olay için süreç girdilerindeki

değişikliklerin süreç çıktıları üzerindeki etkisini görmek amacı ile uygulanmaktadır. Deneysel tasarımda girdiler faktör (bağımsız değişkenler), çıktılar ise tepki (bağımlı değişken) olarak ifade edilir [12]. Deneysel Tasarım uygulamasının:

-Bir faktörün optimizasyonunu yapmaya imkan verme ve böylece tepkilerdeki değişimi eş zamanlı olarak gözlemleme, girdiler ve çıktılar arasındaki etkileşimi az miktarda veri ile farklı parametreler açısından inceleme, karar vermek için gerekli gözlem sayısını minimize ederek hızlı veri toplama ve bu sayede hızlı karar vermeyi sağlama, girdilerin sonuca olan etkisi için model oluşturarak, çıktılarda meydana gelen tepkilerin optimizasyonunu yapma, böylece anlamlı bilgiler üretilerek sonuçlara gidebilme gibi çeşitli faydaları bulunmaktadır [13]. Altı Sigma'nın süreçlerde mükemmelliği yakalamak için yapması gereken iyileştirme (Improve) adımında kullanılan en önemli yöntemlerden birisi Deneysel Tasarımdır [14]. Deneysel Tasarım yöntemini belirleme, bazı kaynaklarda 'Ön Analiz' dönemi olarak adlandırılıp, alternatif Deneysel Tasarım metotları; Tam Faktöriyel Tasarım, Kesirli Faktöriyel Tasarım (Fractional Factorial Design), Plackett-Burman Tasarımı, Merkezi Kompozit Tasarım (Central Composite Design), Box- Behnken Tasarımı, Güçlü Parametre Tasarımı (Robust Parameter Design) ve Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design) olarak sıralanmıştır [15]. En fazla bilgiyi, ihtiyaç duyulan malzeme maliyetini ve zamanı en aza indirgeyerek; minimum sayıda analiz ile elde etmek için [16] kullanılacak olan Deneysel Tasarım metodunun doğru şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Deneysel tasarımın tekstil sektöründe kullanımında da çok fazla örnek bulunmaktadır. Elyaflarda boyama işlemlerindeki sorunlarla ilgili olarak çeşitli makaleler yazılmış ve bu problemin çözümüne yönelik deney tasarımları kullanılmıştır [17]. Kuo ve Fang, likra ve naylon karışımlı elyaflarda süreç şartlarının optimize edilmesinde ve kalitenin artırılmasında deneysel tasarımdan faydalanmışlardır [18]. Ancak literatür ayrıntılı olarak tarandığında özellikle boya farkı değişkenliği sorununu ortadan kaldırmaya yönelik yayın bulunamamıştır.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Yapılan bu çalışmada makine halıcılığında kullanılacak hav iplerinin hammaddesi olan akrilik elyafının boyanmasına ilişkin renk tonu sapmasının en az olduğu optimum boyama prosesi şartlarının bulunması amaçlanmaktadır. Bu çalışmada partiler arası renk tonu sapmalarının azaltılması (nominal değere yaklaşım) hedefine ek olarak boyama sonrası elyaf

mukavemetinin maksimize edilmesi ve boyama sonrası çözeltideki boya miktarının minimize edilmesi de amaçlanmaktadır.

3.1. Parametreler ve Seviyelerinin Belirlenmesi

RSM deneysel tasarım metodunun uygulanmasında prosese etki eden faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir. Prosesin değişkenliğine etki eden faktörler kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen faktörler olarak ikiye ayrılmıştır. Boyama işlemine ait 8 adet kontrol edilebilen faktörlerin yanı sıra kontrol edilemeyen faktörler de tespit edilmiştir.

a. Kontrol Edilemeyen Faktörler

Akrilik elyaflarının bazik boyarmaddeler ile boyanması işlemine etki eden fakat kontrol edilemeyen faktörler yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir. Bu faktörler yapılan RSM deneyleri sürecinde sabit olarak uygulanmış ve deney sonuçlarına etkileri minimuma indirilmiştir. Kontrol edilemeyen faktörler ve nedenleri şu şekildedir;

- Su: Çalışmanın yapıldığı firmada boyama çözeltisinin hazırlanmasında kullanılan şebeke suyunun içerdiği pH ve mineral değerleri dönemsel olarak değiştiği için boyama işlemindeki su faktörü kontrol edilemeyen bir parametre olarak alınmış ve sabit olarak kullanılmıştır.
- Boyanmamış Akrilik Elyaf Rengi: Boyama işleminin uygulanacağı renksiz (ekru) kesikli akrilik elyafı AKSA firmasından temin edilmektedir. Balyalar halinde gelen akrilik elyafının rengi yani lot numarası gelen ürün ile birlikte çalışmanın yapıldığı ATLANTİK HALI A.Ş. firmasına bildirilmektedir. Elyafa ait lot numarası belirlenen limitler dahilinde olduğu durumlarda hammadde firma tarafından kabul edilmektedir. Kabul limitleri 0-8 lot numara aralığında olduğu için ekru elyaf renginin sabit bir değer alması her zaman mümkün olmamaktadır. Bu durumun boyama işleminde renk tonunu etkilemesi ihtimaline karşı laboratuar ve doğrulama deneylerinde kullanılacak elyaf önceden stoklanarak sabit bir renk kullanılması sağlanmıştır. Kontrol edilemeyen bu faktör sabit alınarak, çıktı üzerindeki etkisi en aza indirilmeye çalışılmıştır.
- Boyarmaddeler ve Kimyasallar: Boyama işleminde kullanılan boyarmaddeler ve kimyasallar tedarikçi firmalardan satın alındığı için, bu malzemelerin farklı zamanlarda farklı özellik gösterme ihtimaline karşı aynı döneme ait malzemelerin kullanımı uygun görülmüştür.

Kimyasalların bu özellikleri kontrol edilemediği için çıktı üzerindeki etkisinin en aza indirilmesi sağlanmıştır.

b. Kontrol Edilebilen Faktörler

Boyama deneylerinin uygulanması esnasında çıktı değeri üzerinde etkisi araştırılmak istenen ve net bir şekilde seviyeleri kontrol edilebilen faktörler sıcaklık, süre, yumuşatıcı, anti-statik, malzeme miktarı, pH, retarder ve dispergatör olarak belirlenmiştir. Bu faktörlerin isimleri ve seviyeleri aşağıdaki Tablo 1'de ve seçilme amaçları aşağıda belirtilmektedir.

		Birim	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
A	Sıcaklık	˚C	80	90	100
B	Süre	dk	20	30	40
C	Yumuşatıcı	Tip	A	B	C
D	Anti-Statik	Tip	A	B	C
E	Malzeme Miktarı	Gr	3	5	7
F	pH	-	4,5	5	5,5
G	Retarder	ml	0,15	0,20	0,25
H	Dispergatör	ml	0,15	0,20	0,25

Tablo 1. Parametreler ve Seviyeleri

A) Sıcaklık

Sıcaklık boyama işleminde en önemli parametrelerden birisidir. Sıcaklığın, deneysel tasarım çalışmasında parametre olarak seçilmesinin nedeni akrilik elyafının polimer yapıda olması ve sıcaklık ile boya alım miktarının ve dolayısıyla elyaf renk değerinin (K/S) artmasıdır [1].

Akrilik lifler yüksek kristalizeye bağlı olarak belirli bir sıcaklığa kadar hiç boyarmadde çekmez, bu sıcaklıktan sonra da ani çekim gösterirler. Bunun nedeni bazik boyarmadde moleküllerinin boyutlarının yaklaşık olarak akrilik molekülleri arasındaki boşluk boyutuna eşit olması ve cam geçiş sıcaklığına kadar boyarmadde moleküllerinin lif içerisine geçişinin

zor olmasıdır [3]. Akrilik moleküllerinin yapısının değiştiği bu sıcaklığa cam geçiş sıcaklığı denir ve çalışmalarda 79,58 ˚C olarak bulunmuştur [2]. Akrilik elyafının cam geçiş sıcaklığı olan 80˚C'den sonra boyama işlemi başlamaktadır. Sıcaklık parametresine ait seviyeler şu şekilde belirlenmiştir;

(1) 80˚C: Akrilik elyafının cam geçiş sıcaklığı olan 80˚C sıcaklık parametresinin ilk seviyesi olarak alınmıştır.

(2) 90˚C: 1. ve 3. seviyeye eşit uzaklıkta bulunan 90˚C orta seviye olarak alınmıştır.

(3) 100˚C: Polimer yapısı gereği akrilik elyafının boyanmasında uygulanan en yüksek sıcaklık 100˚C olduğu için 3. seviye olarak seçilmiştir.

B) Süre

Bazik boyarmaddelerin akrilik elyafı ile boyanması işleminde, sabit sıcaklıkta boyanın lif yüzeyine fiksajının yapıldığı süre boya alımı bakımdan önemlidir. Bu sürenin belirli bir zamana kadar arttırılması boya alım miktarını etkilemekte fakat bir süreden sonra boya alımı sabitlenmektedir. Yapılan literatür araştırmalarında bu sürenin 20 – 40 dk arasında olduğu gözlemlenmiştir [4]. Süre parametresine ait seviyeler şu şekilde belirlenmiştir;

(1) 20 dk: Araştırmanın yapıldığı boya işletmesinde boyama fiksaj süresi olarak 20 dk uygun görülmüştür ve hali hazırda uygulamalar 100˚C 'de 20 dk olarak yapılmaktadır. Yapılan araştırmalarda [4] da bu sürenin boya alımı için en kısa fiksaj süresi olarak kullanılabileceği tespit edilmiş ve 1. seviye olarak belirlenmiştir.

(2) 30 dk: Boya fiksaj süresi parametresinin 2. seviyesi olarak diğer seviyelere eşit uzaklıkta (10 dk) olan 30 dk orta seviye için uygun görülmüştür.

(3) 40 dk: Deneyler için belirlenen son seviye olarak 40 dk'nın uygun olacağı tespit edilmiştir. Bu süreden sonra boya alım miktarı yavaşlamaktadır [4].

C) Yumuşatıcı

Akrilik elyafının bazik boyarmaddeler ile boyanması işleminde kullanılan yumuşatıcı kimyasalları liflerin birbirine tutunmasını azaltır ve lifler arasında statik elektriklenmeyi önler. Bu sayede iplik işletmesinde uygulanacak proseslere ve çekimlere karşı daha mukavemetli bir

yapı elde edilmiş olunur. Yapılan çalışmada hedeflerden birisi olan, lif mukavemetinin maksimizasyonu hedefine, yumuşatıcının etkisinin olabileceği düşünüldüğü için parametre olarak yumuşatıcı çeşidi seçilmiştir. Burada kullanılan yumuşatıcı miktarından çok, yumuşatıcının kimyasal içeriğinin mukavemet üzerinde daha önemli bir etkisinin olduğu işletme deneyimlerinden tespit edilmiştir. Bu sebeple seviye seçiminde; mevcut kullanılan yumuşatıcı, daha önce kullanılmış bir yumuşatıcı ve hiç denenmemiş yumuşatıcı markaları göz önüne alınmıştır. Bu çerçevede yumuşatıcı parametresine ait seviyeler şu şekilde belirlenmiştir;

(1) A (Mevcut) : Çalışmanın yapıldığı işletmede halen kullanılmakta olunan yumuşatıcı ilk seviye için seçilmiştir.

(2) B (Econ) : Daha önce yumuşatıcı olarak kullanılmış Econ kimyaya ait ürün 2. (orta) seviye olarak tespit edilmiştir.

(3) C (Esra) : Boyama işletmesinde her hangi bir uygulaması yapılmamış olunan bu yumuşatıcı 3. seviye için belirlenmiştir.

D) Anti-Statik

Akrilik hammaddesi, yapay elyaf (man-made fiber) olması nedeniyle sürtünme etkisiyle ortaya çıkan statik elektriklenmeye oldukça yatkındır. Bu durum, iplik proseslerinde çalışma performansını doğrudan etkilemektedir. Anti-statik kimyasal maddeler ise lif yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturarak statik elektriklenmeyi önlemekte ve çalışma performanslarını iyileştirmektedir. Yapılan çalışmada, anti-statik yardımcı kimyasalın boya alımı ve mukavemet üzerinde etkisi olduğu düşünüldüğü için parametre olarak seçilmiştir. Seviyeler, yumuşatıcıda olduğu gibi değişik kimyasal yapıları bakımından farklı markalar kullanılarak tespit edilmiştir.

(1) A (Mevcut) : Çalışmanın yapıldığı işletmede halen kullanılmakta olunan anti-statik yardımcı kimyasalı ilk seviye için seçilmiştir.

(2) B (Econ) : Daha önce yumuşatıcı olarak kullanılmış anti-statik yardımcı kimyasalı 2. (orta) seviye olarak tespit edilmiştir.

(3) C (Esra) : Boyama işletmesinde her hangi bir uygulaması yapılmamış olunan bu kimyasal 3. seviye için belirlenmiştir.

E) Malzeme Miktarı

Boyama işletmesinde yapılan uygulamalarda, kazanların tam kapasite çalışması ile belirli bir oranda doluluk ile çalışması arasında renk tonu farklılıklarının gözlemlendiği bilgisi alınarak, akrilik malzemesi miktarı parametre olarak seçilmiştir. Yapılan literatür araştırmasında da malzeme miktarının boyama üzerinde etkisi incelenmiş ve yüzey alanının genişlemesinden dolayı malzeme miktarının azalması ile boya emilim miktarının arttığı tespit edilmiştir [5]. Uygulanan boyama deneylerinde farklı miktarlarda akrilik elyafı boyanmış ve bu sayede malzeme miktarının boya alımı üzerinde etkisi olduğu düşünülerek parametre olarak dikkate alınmıştır. Seviyeler şu şekildedir;

(1) 3 gr: Yapılan elyaf miktarı ölçümlerinde boyama ve test işlemlerinin yapılabileceği minimum miktar 3 gr olarak tespit edilmiş ve ilk seviye olarak belirlenmiştir.

(2) 5 gr: 2. (orta) seviye olarak 5 gr seçilmiştir.

(3) 7 gr: Yapılan boyama deneylerinde kullanılan laboratuar boya tüplerinin kapasitesinin maksimum 7 gr malzeme alabildiği gözlemlenmiş ve 3. seviye olarak belirlenmiştir.

F) pH

pH, boya çözeltisinin asit-baz seviyesini gösteren ve kimyasal reaksiyonlarda önemli rol oynayan bir parametredir. Diğer bir ifadeyle pH, çözelti içerisindeki hidrojen atomu miktarının bir gösterimidir [6]. Uygulamada kullanılan akrilik elyafı aniyonik bir yapıya sahiptir ve katyonik (bazik) boyarmaddeler ile boyanabilmektedir. Boyama esnasında lifin yüzeyinde boyarmadde ile lif arasında iyon değişiminin olması ortamın asitlik derecesinin boyama üzerinde etkisini arttırmaktadır. Boya banyosunun pH değerinin renk değeri (K/S oranı) üzerindeki etkisi, boya yapısı ve akrilik lifleri arasındaki ilişkiye bağlı olduğu söylenebilir [1]. pH değerinin tekstil liflerinin boyarmaddeler ile daha sıkı bağ yapmasındaki ve en iyi renklendirme sonuçlarının elde edilmesindeki etkisi boyama prosesindeki önemini göstermektedir [7].

Yapılan literatür araştırmalarında bazik boyarmaddenin akrilik elyafı ile pH çalışma aralığı olarak 4-5,5 önerilmiştir [4]. pH değerinin boya alımı miktarındaki etkisinin gözlemlenebilmesi için bu çalışmada pH, parametre olarak seçilmiştir. Seviyeleri şu şekildedir;

(1) pH 4,5: Yapılan boyama denemesinde kullanılan zayıf asetik asitin pH değerini en fazla 4,5 seviyesine indirebildiği gözlemlenmiş ve bu seviye 1. seviye olarak seçilmiştir.

(2) pH 5: Boyama deneylerinde orta seviye olarak pH, 5 seçilmiştir.

(3) pH 5,5: Hazırlanan boya çözeltisinin asit eklenmeden başlangıç pH'ının 5,5 olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebi boyanın hazırlanırken asit içerisinde çözünmesidir. Bu başlangıç pH'ı, 3. seviye olarak alınmıştır.

G) Retarder

Retarderler, katyonik boyarmaddelerin akrilik liflere belli bir sıcaklığa kadar çekilmesini engelleyen, dolayısıyla boya moleküllerini akrilik lifinden uzak tutan kimyasal maddelerdir. Cam geçiş sıcaklığının üstündeki sıcaklıklarda bazik boya ve akrilik lifleri arasındaki çekim kuvvetinin oldukça artması ile birlikte boyama oranında da artış gözlemlenir. Boyarmaddenin lif içerisine nüfuzundan sonra da boyar madde moleküllerinin migrasyonu (dağılımı) zor olmaktadır [4]. Bu sebeple retarderler, yapılarına göre ya lif ya da boyarmadde gibi davranarak çekimi yavaşlatırlar. Sıcaklık artışı ile birlikte engelleme azalır ve boyarmaddenin life çekimi sağlanır.

Boyama işlemi esnasında kullanılan retarder miktarı elyafın boya alımını etkilediği çalışmalarda tespit edilmiştir [4]. Yapılan bu çalışmada da retarderin boyama üzerinde etkisinin olabileceği düşünülmektedir. Laboratuar uygulamasında kullanılan retarder miktarı 0,2 ml (10ml'lik çözeltide) olduğu tespit edilmiş ve seviyelerde bu doğrultuda belirlenmiştir. Seviyeler şu şekildedir;

(1) 0,15 ml: Retarder kullanım miktarının alt seviyesi olarak seçilmiştir. Bu seviye ile normal uygulamada kullanılan retarderden az miktarda kullanımın etkisi gözlemlenecektir.

(2) 0,2 ml: Normal şartlarda uygulanan 0,2 ml'lik retarder miktarı orta seviye olarak belirlenmiştir.

(3) 0,25 ml: Retarder miktarının üst seviyesi olarak 0,25 ml seçilmiştir. Bu seviye ile normal uygulamadan fazla retarder kullanımının boyama üzerine etkisi araştırılmıştır.

H) Dispergatör

Suda çözünmeyen katı haldeki boyarmaddelerin su içinde homojen olarak dispersiyon (homojen dağılım) oluşturmasını sağlayan yardımcı maddelerdir. Dispergatör yardımcı kimyasalı, boyarmaddenin çözeltideki karışım oranını etkilediği için boyama ile ilgili yapılan çalışmada parametre olarak belirlenmiştir. Dispergatörün miktarı boya rengini direk olarak etkilemektedir ve parametreye ait seviyeler de bu doğrultuda belirlenmiştir. Uygulamada retarderde olduğu gibi deneyler için miktar 0,2 ml (10 ml çözeltide) kullanılmaktadır. Seviyeler şu şekildedir;

(1) 0,15 ml: Dispergatör kullanım miktarının alt seviyesi olarak seçilmiştir. Bu seviye ile normal uygulamada kullanılan dispergatörden az miktarda kullanımın etkisi gözlemlenecektir.

(2) 0,2 ml: Normal şartlarda uygulanan 0,2 ml'lik dispergatör miktarı orta seviye olarak belirlenmiştir.

(3) 0,25 ml: Dispergatör miktarının üst seviyesi olarak 0,25 ml seçilmiştir. Bu seviye ile normal uygulamadan fazla dispergatör kullanımının boyama üzerine etkisi araştırılmıştır.

Yapılan bu çalışmada da akrilik elyafının boyanmasında ve boyama sonrası işletme performansında etkili olan parametreler tespit edilmiş ve Response Surface Method (RSM) deneysel tasarım metodu ile bu parametrelerin optimum seviyeleri belirlenmiştir. Yapılan bu optimizasyon çalışması ile çıktı değerleri olarak belirlenen elyaf renk tonundaki, elyaf mukavemetindeki ve boyama sonrası çözeltideki boya miktarının varyasyonunun en aza indirilmesi hedeflenmektedir.

RSM deneysel tasarım metodunun çalışmaya uygulanmasında ilk aşama, 8 parametreli ve 3 seviyeli optimizasyon probleminin ortogonal matrisinin tespit edilmesidir. Boyama deneylerinin yapılacağı deney şartlarının belirlendiği ortogonal matrisin kurulmasında proje bütçesi ile alınan STATISTICA paket programından yaralanılmıştır. Programdan 8 parametre ve 3 seviye için 82 deneyli bir düzeneğin uygun olduğu tespit edilmiştir.

Belirlenen ortogonal matriste A,B,C,D,E,F,G,H kontrol edilebilen parametreleri ve -1,0,1'de bu parametrelerin seviyelerini göstermektedir. Bu matris ile uygulanacak 82 deneyin deney şartları ve kullanılacak kimyasal miktarları elde edilmiş olunur.

Ortogonal matris belirlendikten sonra boyama deneylerinin uygulanması aşamasına geçilir. Deneylerin yapılışında laboratuar tipi boyama cihazında her deney için farklı tüp

kullanılmakta, sıcaklık ve süresi aynı olan deneyler aynı anda yapılabilmektedir. Yapılan bu gruplama işlemi ile cihazın her bir şarjında süre ve sıcaklığı ortak olan deneyler gruplandırılarak birlikte yapılmış ve toplamda 9 şarjda deneyler tamamlanmıştır. Ortogonal matriste yapılan gruplama işlemi sonrasında oluşan deney sırasına göre deneyler isimlendirilmiş ve çalışmanın devamında da bu isimler kullanılmıştır.

3.2. Boyama Deneylerinin Uygulanması

Ortogonal matrisi belirlenmiş RSM deneylerinin uygulaması 10 tüp kapasiteli ve boyama programı manüel olarak ayarlanabilen laboratuar tipi boyama cihazında yapılmıştır. Bütün deneylerde ortak olarak kullanılan hammadde ve malzemeler şu şekildedir;

- **Elyaf:** Akrilik elyafı, yapısının %85'ini Poliakrilonitrilin ve geriye kalan kısmı çeşitli monomerlerden oluşturulmuş, yapay elyaflar arasında yüne en çok benzeyen elyaf türüdür. Akrilik elyafının boyanabilirliği, yapısında bulunan monomerler ile geliştirilmiş ve bazik boyarmaddeler ile boyanabilen bir tekstil hammaddesidir. Elyafın bazik boyarmaddeler ile boyanabilmesinin nedeni, içerdiği aniyonik komonomerlerin iyon değişimi ile katyonik boyarmaddeleri çekmesidir. Akrilik elyafının fiziksel özelliği cam geçiş sıcaklığı olan 80˚C'den sonra değişmektedir. Bu sebeple elyafa uygulanan boyama işlemi bu değerinden yüksek sıcaklıklarda yapılmaktadır. Çalışmada kullanılan akrilik elyafı halı üretiminde kullanılan, rengi çeyrek mat olan kesikli elyaftır.

Resim 1 : Boyama İşleminde Kullanılacak Akrilik Elyafı

- **Boyarmaddeler:** Akrilik elyafının boyanmasında yaygın olarak kullanılan katyonik (bazik) boyarmaddeler elyafın içerdiği aniyonik uç yapısına kolayca bağlanabilir. Bazik boyarmaddeler ile yapılan düşük konsantrasyon uygulamalarında bile elde edilen renk şiddetinin iyi olması maliyetleri oldukça azaltmaktadır. Bu çalışmada da bazik boyarmaddeler kullanılmıştır. Bütün deneylerde çıktı değerlerinin analizlerinde kullanılacak renk şiddetlerinin karşılaştırılabilmesi için aynı miktarda boyarmaddeler kullanılmıştır. Kullanılacak boyarmadde miktarı laboratuardaki denemeler için büyük kazana göre oran olarak hesaplandığından toz boya miktarı ölçülemeyecek kadar az çıkmıştır. Bu durumda toz boyadan çözelti hazırlanıp bu çözeltilerden boya elde edilmiştir. Boyama deneylerinde kullanılan boyarmadde miktarlar şu şekildedir;

  - Kırmızı : 48 ml
  - Sarı : 6 ml
  - Mavi : 1,1 ml

- **Kullanılan Yardımcı Kimyasallar:** Akrilik elyafının bazik boyarmaddeler ile yapılan boyama uygulamalarında kullanılan yardımcı kimyasallardan retarder ve dispergatör deneylerde kontrol edilebilen birer parametre olarak belirlendiği için kullanım miktarları ortogonal matrise uygun olarak seçilmiştir. Bu belirtilen kimyasalların boyama uygulamasındaki görevleri, parametre ve seviyelerin seçimim bölümünde açıklanmıştır.

Yardımcı kimyasal olarak kullanılan yumuşatıcı ve anti-statik deney şartında belirtilen tipe uygun olarak seçilmekte ve kullanım miktarı da kullanılan tipe göre değişmektedir. Kullanım miktarları şu şekildedir;

Tip	Yumuşatıcı	Anti-statik
A	0,75 ml	0,2 ml
B	0,1 ml	0,2 ml
C	0,75 ml	0,2 ml

Tablo 2. Kullanılan Yumuşatıcı ve Anti-statik Miktarları

Kullanılan diğer bir yardımcı kimyasal da asetik asittir. Asetik asit boya banyosunun pH değerinin ayarlanmasında ve toz halindeki boyarmaddeden pat (asitte eritilmiş toz boyar madde) hazırlanmasında kullanılmaktadır. Seyreltilmiş asetik asitin kullanım miktarı

ortogonal matriste belirtilen pH değerine bağlı olarak; pH 4,5'da 24 ml ve pH 5'de 4 ml kullanılmaktadır. pH 5,5 olan deneyler ise pat hazırlanırken asit kullanıldığı için deney esnasında tekrar asetik asit kullanılmamaktadır.

Uygulama şartları belirlenen RSM deneylerinin tümünde ortak olarak uygulanan boyama işlemi adımları şu şekildedir;

1. Kullanılacak toz boyarmaddeler çözelti yapılmak üzere tartılır.
2. Boyanın çözülmesi için asetik asit kullanılır. Tartılan boyarmaddeye asetik asit eklenerek boya çözülür. Oluşan bu karışıma "pasta" denir.
3. Oluşturulan karışıma, diğer bir değişle pasta, balon joje içerisine alınarak kaynar su (90˚C) eklenir. Boyanın tam olarak çözünebilmesi için asit ve yüksek sıcaklıkta su gereklidir.
4. Tamamen su ve asit içerisinde çözünen boyarmaddeli karışım ortam sıcaklığına gelene kadar soğumaya bırakılır.

Resim 2. Çözelti Olarak Hazırlanmış Boya

5. Boyamada kullanılacak akrilik elyafı ortogonal matriste belirtilen malzeme miktarı parametresine uygun olacak şekilde tartılır.
6. Kullanılacak yardımcı kimyasallardan retarder ve dispergatör matriste belirtilen deney şartındaki miktara uygun olarak, yumuşatıcı ve anti-statik ise kullanılacak tipte belirtilen miktara bağlı olarak ölçülür ve behere eklenir.

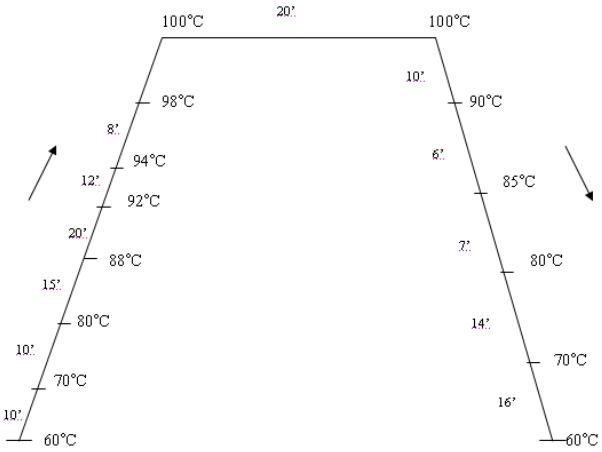
7. Çözelti halindeki kırmızı, sarı ve mavi boyalardan belirtilen miktarlarda ölçüm yapılarak behere eklenir.

8. Uygulanacak deneye ait pH parametresinde belirtilen değere göre asetik asit de behere eklenerek boya çözeltisi hazırlanmış olunur.

9. Boya çözeltisi ve tartımı yapılan akrilik elyafı cihazın tüpü içerisine koyularak ağzı sıkıca kapatılır. Tüpler laboratuar tipi boyama cihazına yerleştirilir.

Resim 3. Cihaza Yerleştirilmiş Boyama Tüpü

10. Boyama deneyinin yapılacağı sıcaklık ve süre cihaza program olarak girilerek boyama işlemi başlatılır. 100 ˚C ve 20 dk'da yapılan boyama uygulamasına örnek olarak aşağıda boyama programı verilmiştir.



Resim 4. 100˚C ve 20 dk'da Yapılan Boyama Uygulaması Programı

11. Boyama programı bittikten sonra tüpler cihazdan çıkarılarak ortam sıcaklığına gelene kadar soğumaya bırakılır. Akrilik elyafının molekül yapısı ani soğumaya karşı hassas olduğu için soğutma işlemi mümkün olduğu kadar yavaş ve düzenli yapılmalıdır.

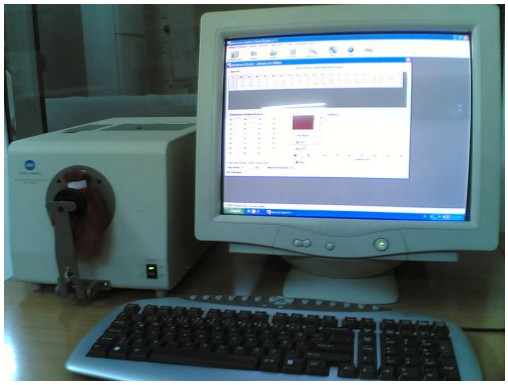
12. Boyanmış elyaf tüpten çıkarılarak düzgünleştirilir ve liflerin paralel hale gelmesi sağlanarak kurumaya bırakılır. Boyama işlemi sonrasında tüpte kalan çözelti, analiz yapılmak üzere şişelere alınır.

3.3.Boyanmış Elyaflara ve Boya Çözeltisine Testlerin Yapılması

RSM deneysel tasarım metodunda çıktı değerlerini oluşturacak veriler boyanmış elyaf ve boyama sonrasında banyoda kalan çözeltilere uygulanan testler ile elde edilmektedir. Boyama işlemi biten elyafa, renk şiddeti ve mukavemet ölçümü yapılırken boyama sonrasında elde edilen çözeltiye de renk ölçümü yapılmaktadır. Çıktı değeri olarak kullanılan bu 3 farklı test sonucu (Kriter) Gri İlişkisel Analiz metodu ile birleştirilmektedir. Boyanmış elyafa ve banyoda kalan çözeltiye uygulanacak testler şu şekildedir;

<u>Boyanmış Elyaf Renk Değerinin Tayini</u>

RSM deneysel tasarım metodu ile boyama şartları belirlenen 27 adet deney uygulandıktan sonra elde edilen boyanmış elyaflara renk değerlerinin tayini için Spektrofotometre cihazında test uygulanmaktadır. Spektrofotometre cihazı boyanmış elyaf, iplik ya da kumaşların 400 ila 700 nm (nanometre) dalga boyları arasındaki renk şiddetlerini (K/S) sayısal olarak ölçmemizi sağlayan laboratuar test cihazıdır. Diğer bir ifadeyle, göz ile görülen renkleri sayısallaştırarak tekstil ürünlerinin renk bakımından karşılaştırılmasını sağlayan test cihazıdır.



Resim 5. Spektrofotometre Cihazında Elyaf Renk Ölçümü

Boyanmış elyafların renk tayini için spektrofotometre cihazı ile elyafların 400 ila 700 nm dalga boyları arasındaki % Reflektans değerlerinin tespiti için 10 kez ölçümü yapılmıştır. Ölçümler boyanmış elyaftan oluşturulan ve bant yardımıyla etrafında sıkı bir çember oluşturulan ponponların farklı bölgelerinden yapılmıştır.

Ölçümler sonucunda elde edilen reflektans değerleri aşağıda verilen formül ile değerlendirmelerin yapılacağı renk şiddeti değerine (K/S) dönüştürülmüştür. Belirtilen formülde K adsorbsiyon katsayısı, R boyanmış numunenin % reflektans değeri ve S dağılım katsayısıdır [1].

$$K / S = \frac{(1-R)^2}{2R}$$

Test sonucunda her deney için 10 ayrı ölçümle elde edilen 10 farklı renk şiddeti değeri (K/S) bulunmaktadır. Burada yapılan 10 tekrarlı test sonraki aşamalarda Yapay sinir ağlarının eğitiminde ve testinde kullanılmak için gereklidir.

RSM deneysel tasarım metodu ile şartları belirlenen ve laboratuar ortamında uygulaması yapılan 27 deney sonucunda elde edilen elyafların Spektrofotometre cihazı ile renk şiddeti ölçümü yapıldıktan sonra elde edilen tablo aşağıda verilmiştir. Test sonucunda elde edilen sonuçların partiler arasındaki renk tonu farkının en aza indirilebilmesi için nominal değer olan 33,43'e en yakın olması istenmektedir.

Boyama Sonrası Çözelti Renk Tayini

Akrilik elyafının bazik boyarmaddeler ile yapılan boyama uygulaması sonucunda, boya banyosunda kalan çözeltinin rengi proseste kullanılan boya miktarının uygunluğu bakımından bilgi vermektedir. Çözeltinin renginin beklenenden koyu olması boyama işlemi esnasında gereksiz miktarda fazla boya kullanıldığını göstermektedir. Bu sebeple boyama prosesinin optimizasyonu çalışmasında hedef değerlerinden biri boyama çözeltisindeki boya miktarını en aza indirmek için çözelti renginin minimizasyonunun sağlanması olarak belirlenmiştir.

Boyama işlemi sonrasında akrilik elyafı banyodan alındıktan sonra kalan çözeltiden alınan numuneler Spektrofotometre cihazının çözeltiler için kullanılan sisteminde renk testine tabi tutulmuştur. Ölçümler esnasında 528 nm dalga boyundaki renk değerleri dikkate alınmıştır.

Spektrofotometre cihazı ile yapılan renk tayini işlemi esnasında renk değerinin limitler dışında olması durumunda çözeltiler orantısal olarak saf su ile seyreltilmiş ve çıkan sonuçlar seyreltme oranı ile çarpılmıştır.

Boyanmış Elyaf Mukavemet Tayini

Çalışmanın yapıldığı işletmede boyanmış akrilik elyafı, bir sonraki aşama olan iplik işletmesine gönderilmekte ve burada lifler yoğun bir şekilde çekme kuvvetine maruz kalmaktadır. Bu aşamada akrilik elyafının çekme gerilimine karşı mukavemetini koruması iplik işletmesinin performansını ve verimliliğini arttırmaktadır. Akrilik elyafının boyanması esnasında kullanılan yardımcı kimyasalların ve elyafın boyanma şartlarının lif mukavemeti üzerine etkisi olduğu düşünülerek boyanmış akrilik elyafına mukavemet testinin yapılması uygun görülmüştür.

Mukavemet cihazı lif, iplik, kumaş gibi tekstil mamüllerinin gerilim kuvveti altındaki kopma öncesindeki dayanım miktarını göstermektedir. Ölçüm sonuçları, kuvvet/lif numarası olarak belirlenmektedir. Diğer bir ifadeyle birim alana düşen kopma öncesi kuvvet miktarı, tekstil ürününün mukavemetini ifade etmektedir.

Yapılan çalışmada lif ölçümünde birim alan olarak lif numarası yani lif kalınlığı için 1 tex kullanılmıştır. Bunun sebebi; akrilik liflerinin yapay elyaf olarak aynı firma tarafından sabit numarada üretilmiş olmasıdır. Elde edilen sonuçlar Newton/1 tex olduğu için hesaplamaya gerek olmadan direk mukavemet değerleri olarak kullanılmıştır.

Mukavemet testinde Instron® mukavemet cihazı kullanılmıştır. Cihazın çeneleri lif ölçümü için ayarlanmış ve her ölçümde kalibrasyonu yapılmıştır. Akrilik lifleri için mukavemet cihazının çene hızı 20 mm/dk, çeneler arası uzaklık 40 mm, lif numarası da 1 tex olarak ayarlanmıştır. Test örnek büyüklüğü ise standart sapmalar göz önüne alınarak 10 test olarak belirlenmiştir.

Resim 6. Instron ® Elyaf Mukavemet Cihazı

Her numune için yapılan 10 testte kopma anındaki mukavemet değerleri elde edilmiştir. Sonuçlar tablo olarak aşağıda verilmiştir.

RSM deneysel tasarım metodu ile belirlenen 82 deney sonucunda elde edilen elyafların her birine 10'ar kez mukavemet testi uygulanmıştır. Her numunenin 10 test sonucu sonraki aşamada yapay sinir ağları metodunda 3 kriterden oluşan (mukavemet, elyaf rengi, çözelti rengi) Gri İlişkisel Analiz değerine bağlı modeli oluşturabilmek ve amaç fonksiyonuna ulaşabilmek için (değer maksimizasyonu) gerekli olacaktır.

RSM deneysel tasarım metodunda belirtilen 82 adet boyama deneyinin yapılması ile elde edilen elyaflara ve çözeltilere yukarıda belirtilen 3 testin onar kez uygulanması sonucunda test değerleri elde edilmiştir. Her deneyin elyafına ve çözeltisine uygulanan 3 test sonucu Gri ilişkisel analiz metodu ile birleştirilerek tek bir çıktı değeri haline getirilmiştir. Yapılan 10 tekrarlı test ölçümü sonuçlarına da aynı işlem uygulanarak her deneye ait 10 adet çıktı elde edilmesi sağlanmıştır. Bu her deneyin kendine ait 10 çıktı değerinin olması bir sonraki aşama olan Yapay Sinir Ağları metodunda uygulama yapılabilmesi için gerekli olmaktadır. Bu belirlenen değerler daha sonra GRA ile birleştirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Deney Sonuçlarına AHP ile Ağırlıklandırılmış Gri İlişkisel Analiz Metodunun Uygulanması

Gri ilişkisel analiz çok kriterli karar verme tekniklerinde genellikle birden çok response değerinin tek bir çıktı haline dönüştürülmesi için kullanılmaktadır. RSM deneysel tasarım metodunda belirtilen 82 adet boyama deneyinin yapılması ile elde edilen elyaflara ve çözeltilere yukarıda belirtilen 3 testin onar kez uygulanması sonucunda test değerleri elde edilmiştir. Her deneyin elyafına ve çözeltisine uygulanan 3 test sonucu Gri ilişkisel analiz metodu ile birleştirilerek tek bir çıktı değeri haline getirilmiştir. Yapılan 10 tekrarlı test ölçümü sonuçlarına da aynı işlem uygulanarak her deneye ait 10 adet çıktı elde edilmesi sağlanmıştır.

RSM deneylerinde elde edilen boyanmış elyaf ve boyama sonrası kalan çözeltiye yapılan testler sonucunda elde edilen renk şiddeti değeri, mukavemet ve çözelti renk değerleri Gri İlişkisel Analiz metodu ile birleştirilerek tek bir çıktı değeri haline getirilmiştir. Bu aşamada her bir çıktı değişkeni için kullanılacak katsayı değerleri çalışmanın yapıldığı firmanın işletme öncelikleri göz önüne alınarak eşit olmaması gerektiğine karar verilmiştir. Katsayıların belirlenmesinde firma içerisinde uygulanan ve yöneticiler tarafından doldurulan matrisler ile AHP metodu normal işletme önceliklerini çalışmaya yansıtmış olmaktadır. Firma yöneticilerinin çıktı değişkenlerinin önceliklerini belirlediği AHP matrisleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 3,4,5. AHP tabloları

Yönetici 1 ve 2 Tarafından Doldurulan AHP Matrisleri

	RENK TUTARLILIK	MUKAVEMET	ÇÖZELTİ RENK ÖLÇÜMÜ
RENK TUTARLILIK	1,00	1,00	9,00
MUKAVEMET	1,00	1,00	4,00
ÇÖZELTİ RENK ÖLÇÜMÜ	0,11	0,25	1,00

	RENK TUTARLILIK	MUKAVEMET	ÇÖZELTİ RENK ÖLÇÜMÜ
RENK TUTARLILIK	1,00	1,00	6,00
MUKAVEMET	1,00	1,00	7,00
ÇÖZELTİ RENK ÖLÇÜMÜ	0,17	0,14	1,00

Yönetici 3 Tarafından Doldurulan AHP Matrisleri

	RENK TUTARLILIK	MUKAVEMET	ÇÖZELTİ RENK ÖLÇÜMÜ
RENK TUTARLILIK	1,00	1,00	5,00
MUKAVEMET	1,00	1,00	7,00
ÇÖZELTİ RENK ÖLÇÜMÜ	0,20	0,14	1,00

AHP çalışmalarında expertlerce oluşturulan bu matrislerin tutarlığının ölçülmesi gerekmektedir: Bu üç matris için tutarlılık değerleri (CR) sırası ile 0.052674, 0.002869, 0.007828 olarak bulunmuştur. Bu değerlerin tamamı 0.1'den küçük olduğu için expertlerin oluşturmuş olduğu matrisleri tutarlıdır denilebilmektedir. AHP metodu kullanıldığında matrislerin birleştirilmesi ile ilgili iki farklı yöntem mevcuttur: Analitik ortalama ve Geometrik ortalama. Biz bu proje için her iki yöntem ile yapılan sonuçları ayrı ayrı kıyaslayacağız.

Çoklu matris uygulamalarında geometrik ve aritmetik ortalama metotlarının grup kararını birleştirmedeki geçerliliği halen tartışılmaktadır. Özellikle geometrik ortalama metodunun grup kararlarını birleştirme esnasında sıra bozulmasına neden olması ve birkaç sosyal aksiyomu açıklamada yetersiz kalması, AHP metodunda kullanılabilecek çoklu matris uygulamalarında matrislerin birleştirilmesinde en etkili yöntem olarak analitik ortalama metodunu önermesine neden olmuştur. Bu çalışma, kentsel ulaşım sistemine yönelik olup geometrik ortalama metodu, değişik ağırlıklar ile ağırlıklandırılmış aritmetik ortalama metodu, eşit ağırlıklar ile ağırlıklandırılmış aritmetik ortalama metodu ve kişi önceliklerinin aritmetik ortalaması olmak üzere 4 farklı grup kararlarını birleştirme metodunun performansları birbirleriyle kıyaslanmış ve neticede geometrik ortalama metodunun, grup kararlarını birleştirmede çok iyi kabul edilen bir aksiyom olan pareto optimalite aksiyomunu karşılamada yetersiz kaldığı bulunmuştur.

Çoklu matrise sahip AHP uygulamalarında grup içerisinde bulunan her üyeye atanan ağırlıkların eşit olması gerektiğini ve bu sayede her üyeye eşit haklar tanınması gerektiğini belirtmişlerdir. Grup üyelerine eşit hakların sağlanabilmesi de basit aritmetik ortalama ile mümkün olabileceği ifade edilmiştir.

AHP metodunda birden fazla matrisin birleştirilmesinde, matrisi oluşturan karar vericiler eğer kişisel yargılarını kullanmış ise geometrik ortalama, kişisel önceliklerini kullanmış ise geometrik veya aritmetik ortalamalarından birisini kullanabilir.

Çoklu matris uygulamasında bazen karar vericiler önceliklerini grup lehine kullanarak grup ruhuyla hareket ederler. Bu durum, kişi yargılarının sinerjik olarak toplanmasıdır. Grup, sanki bir kişi gibi grup ruhuyla hareket ettiği için (homojen), gruptaki kişiler birbirinden bağımsız olamadıklarından ve karar alamadıklarından, yargılar için karşılıklı uzlaşı gerekmektedir ve bu durumda ise geometrik ortalamayı kullanmak, aritmetik ortalamaya göre daha avantajlı hale gelmektedir. Fakat eğer grup üyeleri matriste karar verirken bağımsız bir şekilde karar vererek kendi haklarını kullanıyor ise, diğer bir deyişle grup üyeleri ile birlikte çalışmıyorlarsa aritmetik ortalama kullanmak daha avantajlı olmaktadır.

4.2. Geometrik ortalama metodu ve AHP

AHP sürecinde matrislerin birleştirilmesi geometrik ortalama ile yapılır ise bunun sonucu olarak ağırlıklar değişecektir. Ağırlıkların değişmiş hali şu şekildedir:

Tablo 6. Geometrik ortalama ile bulunan ağırlıklar

Renk tutarlılığı	0.4705
Mukavemet	0.4540
Çözelti Renk Ölçümü	0.0755

GRA ile response'ların birleştirilmesi aşamasında yukarıda anlatılan prosedür aynen tekrarlanmıştır ve ortogonal matrise karşılık gelen çıktı değerleri şu şekilde bulunmuştur:

Tablo 7. Geometrik ortalama ile hesaplanan çıktı değerleri

-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	**0.439035**
-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	**0.494736**
-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	**0.405742**
-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	**0.424029**
-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	**0.390618**
-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	**0.455678**
-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	**0.455733**

-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	**0.439695**
-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	**0.404914**
-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	**0.437802**
-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	**0.438496**
-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	**0.470977**
-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	**0.422796**
-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	**0.437961**
-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	**0.404937**
-1	-1	1	1	1	1	1	1	**0.434984**
-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	**0.447081**
-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	**0.465204**
-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	**0.462547**
-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	**0.404712**
-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	**0.435738**
-1	1	-1	1	-1	1	1	1	**0.43829**
-1	1	-1	1	1	-1	1	1	**0.415576**
-1	1	-1	1	1	1	1	-1	**0.43885**
-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	**0.410632**
-1	1	1	-1	-1	1	1	1	**0.418727**
-1	1	1	-1	1	-1	1	1	**0.47971**
-1	1	1	-1	1	1	1	-1	**0.487432**
-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	**0.447722**
-1	1	1	1	-1	1	-1	1	**0.493343**
-1	1	1	1	1	-1	-1	1	**0.482449**
-1	1	1	1	1	1	-1	-1	**0.435821**
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	**0.74115**
1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	**0.722202**
1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	**0.680434**
1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	**0.70753**
1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	**0.66616**
1	-1	-1	1	-1	1	1	1	**0.666198**
1	-1	-1	1	1	-1	1	1	**0.714618**

1	-1	-1	1	1	1	1	-1	**0.695186**
1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	**0.709626**
1	-1	1	-1	-1	1	1	1	**0.690252**
1	-1	1	-1	1	-1	1	1	**0.658005**
1	-1	1	-1	1	1	1	-1	**0.689555**
1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	**0.66056**
1	-1	1	1	-1	1	-1	1	**0.692155**
1	-1	1	1	1	-1	-1	1	**0.71857**
1	-1	1	1	1	1	-1	-1	**0.687376**
1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	**0.621125**
1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	**0.661586**
1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	**0.747272**
1	1	-1	-1	1	1	1	1	**0.716024**
1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	**0.704733**
1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	**0.667796**
1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	**0.716442**
1	1	-1	1	1	1	-1	1	**0.731621**
1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	**0.698994**
1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	**0.680834**
1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	**0.741784**
1	1	1	-1	1	1	-1	1	**0.701534**
1	1	1	1	-1	-1	1	1	**0.641482**
1	1	1	1	-1	1	1	-1	**0.695797**
1	1	1	1	1	-1	1	-1	**0.741525**
1	1	1	1	1	1	1	1	**0.731894**
-1	0	0	0	0	0	0	0	**0.419785**
1	0	0	0	0	0	0	0	**0.660763**
0	-1	0	0	0	0	0	0	**0.560125**
0	1	0	0	0	0	0	0	**0.711026**
0	0	-1	0	0	0	0	0	**0.661711**
0	0	1	0	0	0	0	0	**0.600992**
0	0	0	-1	0	0	0	0	**0.612785**

0	0	0	1	0	0	0	0	**0.684732**
0	0	0	0	-1	0	0	0	**0.557232**
0	0	0	0	1	0	0	0	**0.659739**
0	0	0	0	0	-1	0	0	**0.62345**
0	0	0	0	0	1	0	0	**0.665605**
0	0	0	0	0	0	-1	0	**0.610234**
0	0	0	0	0	0	1	0	**0.574432**
0	0	0	0	0	0	0	-1	**0.639801**
0	0	0	0	0	0	0	1	**0.599004**
0	0	0	0	0	0	0	0	**0.636313**
0	0	0	0	0	0	0	0	**0.617862**

Her iki yöntemin kıyaslamasını yapabilmek için aynı arzu edilebilirlik seviyelerinde optimal şartlar bulunmaya çalışılmış ve RSM deneyinin analizleri yapılmıştır.

4.2.1. Ara seviyesiz AHP-GRA-RSM

İbrahim ve ark . makalelerinde geliştirdikleri yöntem uygulanmış ve sonuç olarak optimal üretim şartları A1B0C0D0E0F0G0H0 olarak bulunmuştur. Bu şartlar altında oluşturulan RSM modelinin, performans indeksi için yaptığı tahmin 0,668502 ve modelin gerçek üretim sonucu ise 0,660763'dür.

4.2.2. Ara seviyeli AHP-GRA-RSM

Arzu edilebilirlik RSM'de en uygun deney şartlarının bulunması için başvurulan başlıca metotlardandır (J. Li ve ark.). Bu metotta 0,0.5 ve 1 arzu edilebilirlik seviyeleri için çıktı değişkeninin almış olduğu değerlere göre seviyeler belirlenir. Belirlenen seviyeler ile çıktıların alması istenilen değerlere bağlı olarak optimal üretim seti bulunur. RA-RSM için belirlemiş olduğumuz seviyeler şu şekildedir (Tablo 8).

Tablo 8. AHP –GRA-RSM için arzu edilebilirlik seviyeleri

Arzu Edilebilirlik Seviyeleri	Performans İndeks Değerleri
0	0.19
0.5	0.5987
1	1

Bu modelleme için A, E ve A2 faktörleri yapılan ANOVA sonucunda % 95 güven seviyesi için önemli bulunmuştur. Bulunan set için modellemenin yapmış olduğu performans indeksi tahmini 0,7422 ve bu set için yapılan üretim sonucu ise 0,6860'dir.

Tablo 9. AHP-GRA-RSM için Optimal şartlar

Faktörler	Seviyeleri	Üretim Değerleri
A	0.72921	97.2921˚C
B	0.99868	39.9868 dk.
C	-1	A
D	-1	A
E	0.27672	5.55344 gr
F	0.99992	5.49996
G	-0.0181	0.199095 ml
H	-0.068	0.1966 ml

AHP-GRA-RSM'e ait geliştirilen meta model:

Y=0.622424 + 0.128A - 0.081A2 + 0.007B + 0.0146B2 + 0.0002C + 0.010C2 - 0.0003D + 0.027D2 + 0.009E-0.013E2 + 0.004F + 0.023F2 - 0.006G - 0.029G2 - 0.002H - 0.002H2 - 0.002AB - 0.002AC +0.0004AD + 0.007AE - 0.004AF - 0.001AG - 0.003AH + 0.006BC + 0.004BD + 0.008BE - 0.004BF - 0.001BG + 0.003BH + 0.002CD + 0.003CE + 0.001CF +

0.001CG + 0.002CH + 0.002DE + 0.001DF - 0.001DG + 0.004DH -0.005EF + 0.003EG + 0.003EH + 0.003FG + 0.006FH - 0.005GH şeklindedir.

4.2.3. YSA ile AHP-GRA-RSM'in iyileştirilmesi

Yapay Sinir Ağları karmaşık sistemlerin modellemesinde üstün başarı gösteren bir modelleme tekniğidir. Sistemimizde çok fazla girdi olması ve bu girdiler arası ilişkinin durumunun bilinmemesi sebebi ile YSA kullanımına karar verilmiştir.

Proje bütçesi ile alınan STATISTICA paket programı yardımı ile 500 farklı MLP ağı denenmiş ve bu ağlar arasından en başarılı olanı seçilmiştir. Verilerimiz %80 eğitme, %20 test olarak ikiye bölünmüştür. Denenen her bir ağın kullandığı gizli nöron ve eğitme algoritmaları farklılık göstermektedir. Aşağıda bu eğitme sonucu seçilen en iyi 10 ağa yer verilmiştir (Tablo 10).

Tablo 10. En başarılı 10 YSA modeli

Net. Name	Training error	Test error	Hidden activation	Output activation
MLP 8-5-1	0.000126	0.000281	Exponential	Logistic
MLP 8-5-1	0.000151	0.000400	Exponential	Logistic
MLP 8-8-1	0.000019	0.000309	Tanh	Logistic
MLP 8-5-1	0.000131	0.000357	Tanh	Identity
MLP 8-7-1	0.000043	0.000417	Tanh	Identity
MLP 8-10-1	0.000365	0.000517	Tanh	Exponential
MLP 8-12-1	0.001068	0.000629	Gaussian	Identity
MLP 8-7-1	0.000088	0.000240	Tanh	Exponential
MLP 8-5-1	0.000046	0.000542	Tanh	Logistic
MLP 8-7-1	0.000292	0.000507	Tanh	Exponential

Belirlenen MLP 8-7-1 ağı kullanılarak AHP-GRA-RSM'de bulunan en uygun setin en önemli parametrelerinde değişiklikler yapılmış ve bunun sonucu yakalanan en iyi performans indeksi tahminlemesine bağlı olarak YSA için optimal set belirlenmiştir. Bulunan en uygun set Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. YSA için optimal set

Faktörler	Seviyeleri	Üretim Değerleri
A	1	100 ˚C
B	0.99868	39.98 dk.
C	-1	A
D	-1	A
E	0.55	6.1 gram
F	0.99992	5.49
G	-0.0181	0.199 ml
H	-0.068	0.1966 ml

Optimal set için YSA ile yapılan performans indeksi tahmini 0,680532 ve modelin gerçek üretim sonucu ise 0,727032 olarak bulunmuştur.

4.3. Ağırlıkların Tespiti İçin Çeşitli Çalışmalar

Modellemenin başarısını 3çıktı değerini birleştirmede kullandığımız ağırlıkların etkilemesinden yola çıkarak, en doğru modelleme için optimal ağırlık setinin bulunmasına yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Lineer Model Geliştirilmesi

LINDO ve GAMS modelleme programı yardımı ile uygun ağırlık değerlerinin tespitine çalışılmış ve aşağıdaki lineer modelleme yapılmıştır.

MODEL:

MAX w1 + w2 + w3

ST

0.4660w1 + 0.520793w2 + 0.350093w3<=1

0.4663w1 + 0.6605012w2 + 0.3333w3<=1

0.4683w1 + 0.487538w2 + 0.371893w3<=1

0.4661w1 + 0.489168w2 + 0.690028w3<=1

0.4673w1 + 0.481793w2 + 0.362696w3<=1

0.4695w1 + 0.537822w2 + 0.688912w3<=1

0.4695w1 + 0.544792w2 + 0.642148w3<=1

0.4697w1 + 0.521014w2 + 0.6885191w3<=1

0.4701w1 + 0.501417w2 + 0.355507w3<=1

0.4677w1 + 0.494966w2 + 0.641579w3<=1

0.4676w1 + 0.511708w2 + 0.64268w3<=1

0.4684w1 + 0.545573w2 + 0.689306w3<=1

0.4672w1 + 0.507632w2 + 0.347739w3<=1

0.4664w1 + 0.521897w2 + 0.340925w3<=1

0.4695w1 + 0.487769w2 + 0.366482w3<=1

0.4673w1 + 0.532286w2 + 0.376607w3<=1

0.4707w1 + 0.5505w2 + 0.349354w3<=1

.

.

.

.

w1 + w2 + w3=1

w1>0.01

w2>0.01

W3>0.01

w1-w3>0

w1-w2>0

end

ÇÖZÜMÜ

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 3

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
W1	0.980000	0.000000
W2	0.010000	0.000000
W3	0.010000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.534611	0.000000
3)	0.533088	0.000000
4)	0.532472	0.000000
5)	0.531430	0.000000
6)	0.533601	0.000000
7)	0.527623	0.000000
8)	0.528021	0.000000
9)	0.527599	0.000000
10)	0.530733	0.000000
11)	0.530289	0.000000
12)	0.530208	0.000000
13)	0.528619	0.000000
14)	0.533590	0.000000
15)	0.534300	0.000000
16)	0.531348	0.000000
17)	0.532957	0.000000
18)	0.529715	0.000000
19)	0.000000	1.000000
20)	0.970000	0.000000
21)	0.000000	0.000000
22)	0.000000	0.000000
23)	0.970000	0.000000
24)	0.970000	0.000000

.

.

.

NO. ITERATIONS= 3

Modelin çözümünden de anlaşıldığı gibi modelde ağırlıklar için belirlenen alt limit kısıtları hangi değeri alırsa ağırlıkların optimal değeri de aynı olmaktadır. Bu modelde kısıtların aktif olmadığı tespit edilmiş ve bu şekilde doğru sonuca ulaşılamayacağı anlaşılmıştır.

Entropi Metodu İle Ağırlıkların Tespiti

Bu metot tamamen matematiksel işlemlere dayalı, uzman görüşlerini dikkate almadan yapılan, objektif bir modeldir. M adet değerlendirme indisi olan ve n adet objektifi olan mxn matrislik R'= (rij) mxn oluşturulduğunda aşağıdaki adımlar izlenir.

Adım 1: Matrislerin Normalizasyonu

Martis değerleri [0,1] aralığına aşagıdaki formül ile çekilir.

$$r_{ijn} = \frac{r_{ij}'}{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}'}$$ tüm j'ler için

Adım 2: Entropinin Hesaplanması

i. index'e ait entopi Hi şu formülle hesaplanır.

$$H_i = -k\sum_{j=1}^{n} f_{ij} \ln f_{ij}$$, i =1,2,3,...,m

Bu formülde $f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} r_{ij}}$ ve $k = \frac{1}{\ln n}$ şeklinde ifade edilir.

Adım 3: Ağırlıklar

$$w_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^{m} H_i}$$ formula objektif ağırlıkları verir ve bu ağırlıklar [0,1] Aralığında olmak zorundadır (J. Huang).

Tüm bu formüller ışığında 82 deneye ait 3 sonuç için kullanılacak ağırlıklar şu şekilde bulunmuştur.

Tablo 12. Entropi ile bulunan ağırlıklar

	Elyaf Rengi	Elyaf Mukavemeti	Çözelti Rengi
Ağırlıklar	0.372469	0.392053	0.235478

Bu ağırlılar ile GRA işlemine devam edilip hesaplanan performans indeksi çıktı olarak kullanılmış ve RSM modelleme yapılmıştır. Yeni Entropi-GRA-RSM modeline ait ANOVA Tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 13. Entropi-GRA-RSM modeline ait ANOVA

	R	R2	Adjusted R2	SS model	df model	MS model	SS residual	df residual	MS residual	F	p
PI	0.9556	0.913	0.8098	0.383	44	0.0087	0.036	37	0.00098	8.839	0.000000

Bu model için A,B,E,G temel etkileri ve AE, EF ikili etkileşimleri önemli olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$). Optimal setin tespiti için arzu edilebilirlik seviyeleri tespit edilmiş ve gerekli hesaplamalar yapılmıştır (Tablo 13). Yeni arzu edilebilirlik seviyeleri için optimal set Tablo 14'da verilmiştir.

Tablo 13. Entropi-GRA-RSM modeli için Arzu Edilebilirlik seviyeleri

Arzu edilebilirlik	Performans indeks değerleri
0	0.44402
0.5	0.56127
1	0.67853

Belirlenen optimal sete ait model tahminlemesi ise performans indeksi için 0.6883878'dir.

Tablo 14. Entropi-GRA-RSM modeli için en uygun üretim şartları

Faktörler	Seviyeleri	Üretim Değerleri
A	0.95995	99.5995
B	-1	20
C	0.9747	C

D	-0.2875	B
E	0.4918	5.9836
F	0.44427	5.222135
G	-0.0491	0.197545
H	0.026874	0.201344

Yapılan tüm optimizayon çalışmaları kıyaslanacak olursa (Tablo 15)

Tablo 11. Tüm modellerin kıyaslanması

Metot adı	Tahmini GRA	Üretim değerleri	Önemli faktörler	MSE	R 2
Case 1*	0.6685	0.6607	A,D,G	0.00112	0.965
Case 2*	0.7423	0.6860	A,E ve A2	0.00112	0.965
Case 3*	0,7270	0.6805	A,E	0.00024	0.970
Case 4*	0.6883		A,B,E,G ve AE, EF	0.0087	0.913
Case 5*	0.5387	0.5387			

Case 1: Ara değersiz AHP-GRA-RSM; Case 2:Ara değerli AHP-GRA-RSM; Case 3: AHP-GRA-YSA; Case 4: Entropi-GRA-RSM; Case 5: Varolan üretim şartları

Bu sonuçlara bakıldığında en uygun üretim şartlarının AHP-GRA-YSA ile bulunduğu görülmektedir. Buradan çıkarılan sonuç ise AHP gibi subjektif ağırlıkların tespitinde

kullanılan bir yöntemin Entropi gibi objektif ağırlıklar veren bir yöntemden daha üstün başarı göstermiş olmasının yanı sıra YSA'nın RSM'e göre daha iyi bir modelleme yöntemi olmasıdır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan bu çalışma ile deney tasarımı metotlarının Yapay Sinir Ağları ile entegre kullanımının önemi araştırılmıştır. Halı üretiminde kullanılan elyafın renk farklılıklarının ortadan giderilmesi için en uygun deney koşulları YSA ile elde edilmiştir. Böylelikle firmanın bu nedenli aldığı iadelerde azalma olması ve firmanın iade maliyetlerinin düşmesi beklenmektedir.

Çalışmanın ana konusu olan halı üretiminde boya renk farklılığının giderilmesi probleminin tespiti için ilgili firmaya yapılan iadeler ve toplam üretim kayıplarına ilişkin maliyet analizleri yapılmıştır.

Abraj hatalarından kaynaklı müşteri iadelerinin ve firma içinde abraj hatası nedeni ile ayrılan kusurlu ürünlerin m^2 kayıpları tespit edilmiştir.

Firmanın yıllık üretim hacmi brüt 395954 m^2 ve net 262006 m^2 olduğu bilinmektedir. Arada oluşan 133948 m^2 'lik kayıp üretim hataları, abraj hataları ve firma içi kalite kontrol aşamasında fireye ayrılan ürünlerden oluşmaktadır.

Müşteri ile karşılaşan ürünlerden yıl içerisinde toplam yapılan iade 4263 m^2 'dir ve bunun 181.44 $m^{2'}$si abraj nedeni ile gelen iadelerdir. Ayrıca firma üretim sonrası kalite kontrolleri esnasında da 809.4 m^2 ürünü fireye ayırmıştır. Mevcut şartlar altında abraj kaynaklı kayıp 990.84 m2 ürüne tekabül etmektedir. YSA uygulaması ile abrajlı ürünlerde 25.671977 m^2 azalma sağlanması beklenmektedir.

Ayrıca ağırlıkların tespiti için kullanılan entropi ve AHP yöntemleri kıyaslandığında, AHP'nin daha başarılı olduğu ve bunda entropinin deneyimleri dikkate almamasının en büyük nenden olduğu görülmüştür.

Projede ulaşılması istenilen hedefler elde dilmiş olup, proje sonunda İtalya'da düzenlenen uluslararası bir kongrede proje çıktıları sunulmuştur. Yayınlanan bildiri ekte mevcuttur.

KAYNAKLAR:

1.Kleijnen, J.P.C., 'Design Of Experiments: Overview', Simulation Conference, Miami, USA, 479-488, 2008

2. Zivorad, R.L., Design of experiments in chemical engineering: a practical guide, Wiley-VCH, Mörlenbach, Germany, 2004

3. Gullberg, J., Jonsson, P., Nordström, A., Sjöström, M., Moritza, T., 'Design of experiments: an effcient strategy to identify factors influencing extraction and derivatization of Arabidopsis thaliana samples in metabolomic studies with gas chromatography/mass spectrometry', Analytical Biochemistry, Cilt 331, 283–295, 2004

4. Valdramidis, V.P., Geeraerd, A.H., Gaze, J.E., Shaw, H.L., Van, J.F, Kondjoyan, A., Boyd, A.R., 'Quantitative description of Listeria monocytogenes inactivation kinetics with temperature and water activity as the influencing factors; model prediction and methodological validation on dynamic data', Journal of Food Engineering, Cilt 76, 79–88, 2006

5. Swinnen, I.A.M., Bernaerts, K., Gysemans, K., Van, J.F., 'Quantifying microbial lag phenomena due to a sudden rise in temperature: a systematic macroscopic study' International Journal of Food Microbiology, Cilt 100, 85– 96, 2005

6. Roger, M., The design experiments of statistical principles for practical application, Cambridge Univercity Press, New York, A.B.D, 1990

7. Box, G.E.P., Hunter, W.G., Stuart, J., Statistics for Experimenters: An Introduction to Design, Data Analysis and Model Building, Wiley Interscience, NewYork, A.B.D, 1978

8. Calì, M., Santarelli, M.G.L., Leone, P., 'Design of experiments for fitting regression models on the tubular SOFC CHP100 kWe: Screening test, response surface analysis and optimization', International Journal of Hydrogen Energy, Cilt 32, 343 – 358, 2007

9. Pierlot, C., Pawlowski, L., Bigan, M., Chagnon, P., 'Design of experiments in thermal spraying: A review', Surface & Coatings Technology , Cilt 202, 4483–4490, 2008

10. Gevers, M., 'Identification for Control: From the Early Achievements to the Revival of Experiment Design', European Journal of Control, Cilt 1, 1–18, 2005

11. Rojasa, C.R., Welsha, J.S., Goodwina, G.C., Feuerb, A., 'Robust optimal experiment design for system identification', Automatica, Cilt 43, 993–1008, 2007

12. Pronzato, L., 'Optimal experimental design and some related control problems', Automatica, Cilt 44, 303–325, 2008

13. Tay, K.M. ve Butle, C., 'Methodologies for experimental design: A survey, comparison, and future predictions', Quality Engineering, Cilt 11, No 3, 343-356, 1999

14. Zeydan, M., 'Modelling the woven fabric strength using artificial neural network and Taguchi methodologies', IJCST, Cilt 20, 2 , 2007

15. Tanco, M., Viles, E., Ilzarbe, L., ve Alvarez, M.J., 'Implementation of Design of Experiments projects in industry', Appl. Stochastic Models Bus. Ind., Cilt 25, 478–505, 2009

16. Onal, L., Zeydan, M., Korkmaz, M., Meran, S., 'Predicting the Seam Strength of Notched Webbings for Parachute Assemblies Using the Taguchi's Design of Experiment and Artificial Neural Networks', Textile Research Journal, Cilt 79, 468, 2009

17. Kuo, C. -F. J., Chang, C. -D., Su, T. -L. and Fu, C. -T. 'Optimization of the Dyeing Process and Prediction of Quality Characteristics on Elastic Fiber Blending Fabrics', Polymer-Plastics Technology and Engineering, 47: 7, 678 — 687, 2008

18. Kuo, C.-F.J.; Fang, C.C. Optimization of the processing conditions and prediction of the quality for dyeing Nylon and Lycra blended fabrics. Fibers and Polymers, 7 (4), 344–351, 2006.

19. J. Li, C. Ma, Y. Ma, Y. Li, W. Zhou and P. Xu, "Medium optimization by combination of response surface methodology and desirability function: an application in glutamine production", *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol.74, no.3, pp.563-571, 2007.

20.M. H. I. Ibrahim, N. Muhamad, A. B. Sulong, N. H. M. Nor, K. R. Jamaludin, M. R. Harun, and Murtadhahadi, "Optimization of Micro Metal Injection Molding with Multiple Performance Characteristics using Grey Relational Grade", *in International Conference On Advances In Materials And Processing Technologies*, January 17, 2011,vol.1315,pp.713-718.

21.Combining Entropy Weight and TOPSIS Method for Information System Selection Jingwen Huang Information Network Center Guangxi University Nanning, P. R. China)

EK

Sisteme orjinali yüklenmiştir.

International Conference on Industrial and Information Engineering- Venice-Italy

Zeydan, M., Toğa, G., World Academy of Science, Engineering and Technology. 59,624-1634

http://www.waset.org/journals/waset/v59/v59-309.pdf