

İplik Üretiminde Taguchi Tabanlı Gri İlişkisel Analizi Uygulaması

Ömer DEMİRCAN¹ , Ercan ŞENYİĞİT*² 

¹Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kayseri, 38039, Türkiye

²Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kayseri, 38039, Türkiye

Araştırma Makalesi, Geliş Tarihi: 29.12.2023, Kabul Tarihi: 19.05.2024

Özet

İplik mukavemeti ve uzaması üretimde gözetilen en önemli iplik özelliklerindedir. İpliğin üretim sırasında maruz bırakıldığı gerilimlere karşı kopmaması için mukavemetinin fazla olması gerekmektedir. Buna ilaveten, iplik uzamasının yüksek olması mukavemeti düşük olsa dahi ipliğin uygulanan kuvvete karşı direncinin fazla olmasını sağlamaktadır. Teknolojik gelişmelerin de desteğiyle çok büyük hızlara ulaşan dokuma makinelerinin çalışması sırasında oluşacak duruşlar verimliliği düşürecek ve kumaş kalitesini olumsuz etkileyecektir. Bu sebeple mukavemet ve uzamanın yüksek olduğu iplikler üretilmesi hedeflenir. Bu çalışmanın amacı, iplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerleri kullanılarak ipliğe dair bazı bileşenlerin optimizasyonunu sağlamak, iplik üretimi ve daha sonraki süreçlerde yapılacak koleksiyon geliştirme çalışmalarına tavsiye niteliğinde üretim önerisinde bulunmak olacaktır. Uygulama çalışması ring iplik üreten entegre bir denim üretim tesisinde gerçek veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uster tensojet makine ve teknik testleri kullanılarak yapılan iplik testleri 2023 yılı içerisinde üretilmiş ilgili iplik komponentine sahip tek iplik tipinin tüm üretimlerinin ortalaması alınarak girdi olarak kullanılmıştır. Çalışmada iplik kompozisyonu, iplik Ne'si, elastanlık durumu faktörleri dikkate alınmıştır. Kompozisyon ve Ne'de 4 düzey gözlenirken, elastan iplikte ise var ya da yok olmak üzere 2 düzey incelenmiştir. Çalışmada uzama ve mukavemet cevapları elde edilmiştir. Her iki cevabın da fayda kriteri olduğu ve büyük iyidir yaklaşımı ile analiz edilmesine karar verilmiştir. Her iki cevabın ağırlığının eşit olduğu kabul edilmiştir. Çalışmada, %60-40 penye-viskon, 12 Ne, elastanlı bir ipliğin değerlendirilen tüm diğer iplik varyasyonlarına göre daha iyi mukavemet ve daha iyi uzama değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taguchi Yöntemi, Gri ilişkisel analiz, Çok amaçlı optimizasyon, Ring iplik.

The Taguchi Based Grey Relational Analysis In Yarn Production

Abstract

Yarn strength and elongation are the most important properties considered in yarn production. For the yarn not to break against the tensions to which it is exposed during production, its strength must be high. Furthermore, the elevated elongation of the yarn ensures that the resistance against applied force remains high, even in cases where the strength is low. Stoppages occurring during the operation of weaving machines, which achieve exceptionally high speeds due to technological advancements, can diminish efficiency and have adverse effects on fabric quality. Hence, it is aimed to produce yarns with high strength and elongation. The objective of this study is to optimize certain aspects of yarn by utilizing yarn-breaking strength and breaking elongation values and to offer production recommendations for yarn manufacturing as well as subsequent collection development studies in the form of advice. The applied research was conducted using data at an integrated denim production facility that manufactures ring yarn. Yarn tests were performed using Uster Tensojet machines, and technical tests were utilized, taking the average of all productions of the specific yarn type with the corresponding yarn component produced in 2023. The study considers yarn composition, yarn Ne, and elastane(including or not) status as factors. While four levels were observed in composition and Ne, elastic yarn was examined at two levels, presence or absence. Elongation and strength responses were obtained. It was decided to analyze both responses as benefit criteria, adopting the approach that larger values are better. It was assumed that the weights of both responses were equal. It was determined that a 60-40 comb-viscose, 12 Ne, elastic yarn had better strength and better elongation values than all other yarn variations evaluated.

Keywords: Taguchi method, Grey Relational Analysis, Multi-objective optimization, Ring spun yarn.

*Sorumlu yazar senyigit@erciyes.edu.tr, ¹omerdemircan@yandex.com.tr

1. GİRİŞ

İplik mukavemeti ve uzaması en önemli iplik özelliklerindedir. Çünkü ipliğe, iplik üretimi, kumaş üretimi ve terbiye işlemleri sırasında gerilimler uygulanır. İpliğin maruz bırakıldığı bu gerilimlere karşı kopmaması için mukavemetinin fazla olması gerekmektedir. Buna ilaveten, iplik uzamasının yüksek olması mukavemeti düşük olsa dahi ipliğin uygulanan kuvvete karşı direncinin fazla olmasını sağlamaktadır.

Teknolojinin de gelişmesiyle çok büyük hızlara ulaşan dokuma makinelerinin çalışması sırasında oluşacak duruşlar verimliliği düşürecek ve kumaş kalitesini olumsuz etkileyecektir. Bu sebeple iplik üreticilerinin mukavemeti ve uzaması yüksek ürünler üretmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, iplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerleri kullanılarak ipliğe dair bazı bileşenlerin optimizasyonunu sağlamak, iplik üretimi ve daha sonraki süreçlerde yapılacak koleksiyon geliştirme çalışmalarına tavsiye niteliğinde bir üretim önerisinde bulunmak olacaktır.

İplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerlerini temel alarak, çalışmamız iplikle ilgili bu bileşenlerin optimizasyonunu amaçlamaktadır. Bu optimizasyon çabası, hem iplik hem de kumaş tasarım süreçlerine çift yönlü katkı sağlamayı hedeflemektedir. Özellikle, Taguchi deney tasarımı tabanlı olarak gerçekleştirilen deneyler, daha kötü sonuçlar verecek tasarım kombinasyonlarını ayıklamayı hedeflemektedir. Bu şekilde, maliyet açısından avantaj elde edilmesi beklenmektedir. Gri ilişkisel analiz yaklaşımı ise parametre optimizasyonunu sağlayarak optimal deney kombinasyonuna ulaşma aracı olarak kullanılmıştır. Diğer bir katkı ise, gelecekte planlanan ürün tasarım çalışmalarına ışık tutarak tekstil sektöründe literatüre yeni bir bakış açısı kazandırmak olacaktır.

Çalışmanın giriş bölümünün başında verilen bu kısa bilgilendirmeler literatür çalışması ile devam edecektir. İkinci bölümde tekstilde iplik performans ölçütleri olan mukavemet ve uzama kavramlarına değinilirken, çalışmada yapılacak optimizasyonun başlıca yöntemlerinden olan taguchi deney tasarımı yöntemi ve gri ilişkisel analizin anlatımlarına ve uygulama adımlarına yer verilecektir. Çalışmanın son bölümü olan üçüncü bölümde bulgular tartışılacak ve değerlendirilmeler sunulacaktır.

1.1. Literatür

Literatür çalışması yaparken problemi üç farklı şekilde ele almak doğru olacaktır. Uygulanacak yöntemler birçok alanda kullanımı olabilecek yaklaşımlar olduğu için öncelikle sektörden bağımsız olarak yöntem bazında yapılmış çalışmalara değinilecektir. Daha sonra tekstil özelinde sektörel bazda taguchi veya gri ilişkisel analiz kullanarak yapılmış diğer çalışmalar ve akabinde de tekstil sektöründe iplik mukavemet ve uzamalarıyla ilgili yapılan benzer çalışmalara değinilecektir. Değinilen araştırma çalışmaları bu 3 faktör açısından kendi içinde kronolojik olarak sıralanacaktır.

Kopac ve Krajnık (2007) çalışmasında, yan freze parametrelerinin en iyi kombinasyona getirilmesi için Gri ilişki analizine dayalı Taguchi metodu kullanılmıştır. L18 ortogonal dizilim ile altı faktör ve bazı faktörler için iki seviyeli bazıları için üç seviyeli olan karma bir faktör-seviye matrisi ile yaptıkları çalışmalarında çoklu parametre optimizasyonu yapmışlardır.

Kuo vd. (2008) tarafından yapılan araştırma, çoklu yanıt simulasyon problemlerini çözmek için Gri ilişkisel analize dayalı Taguchi metodu önerilmiştir. Prosese etki eden beş faktör ve üç seviye belirlenmiştir. Sonuçlar, Gri ilişkisel analiz prosedürünün çoklu performans simulasyon problemlerini çözmede oldukça basit ve uygulanabilir bir yöntem olduğunu ortaya koymuştur.

Güneş vd. (2019) boru üretimi için gereken tasarım parametrelerinin optimum değerlerinin belirlenmesi için yaptıkları çalışmada, ilk olarak her bir tasarım parametresini bağımsız olarak optimize etmiş ve daha sonra tüm parametreleri taguchi ve gri ilişkisel analiz metodu ile optimize etmişlerdir. Tasarım terimi olarak Nusselt sayısı ve Reynolds sayısı en çok önem arz eden parametreler olurken , en az öneme sahip faktörlerin büküm oranı ve genişlik oranı olduğu görülmüştür.

Demirel vd. (2022) yaptıkları çalışmalarında pet şişe üretiminde kullanılan malzeme ve işlemlere ait parametrelerin taguchi, gri ilişkisel analiz ve ECHIP optimizasyon programı ile optimizasyonundan elde ettikleri sonuçlar ile üretim sürecinde önem arz eden parametreleri netleştirmişlerdir.

Karataş (2022) CNC tel erozyon makinesinde Inconel 718 (IN718) süper alaşımının işlenmesi sonucu oluşan malzemeye dair ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra), kuadratik ortalama pürüzlülük (Rq) ve maksimum pürüzlülük (Rz) değerleri üzerindeki işleme parametrelerinin araştırmasını yapmıştır. Çalışmanın amacı, en düşük Ra, Rq ve Rz değerlerini elde etmek

için kesim parametrelerinin optimum değerlerini belirlemek olmuştur. Gri ilişkisel analiz ve taguchi metotları ile analiz edilen parametre bileşenleri için en yüksek etkiye sahip parametrenin voltaj olduğu belirlenmiştir.

Tekstil sektöründe kullanılan boyamaların çoğu kimyasal (indirgenme-yükseltgenme) reaksiyon temelli işlemlerdir. Bu kimyasalların atık sudan uzaklaştırılmaları için özel arıtma sistemleri kurulması gerekmektedir. Engin vd. (2008) tekstil sektöründe boyama ve terbiye işlemlerinden kaynaklanan bu atık suyun kanalizasyona deşarjı öncesi, doğaya salınmaması gereken renk verici maddelerin uzaklaştırılmasıyla ilgili bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Faktörler HTAB konsantrasyonu (A), HTAB akış hızı (B), atık su akış hızı(C) ve zeolit yatak hacmi miktarı(D) olarak belirlenmiştir. (HTAB: hexadecyltrimethylammonium bromide, C₁₉H₄₂BrN). Yapılan mühendislik değerlendirme süreci sonrası 1 ve 2 nolu faktörler için 4 seviye, 3 ve 4 nolu faktörler için 2 seviye göz önünde bulundurulması gerektiğine karar verilmiştir. Bu nedenle karma L16(4² x 2²) ortogonal dağılım ile yapılacak deneyler belirlenmiştir. Faktörler değerlendirilirken “larger is better” formasyonu kullanılmış ve çıktı sonuçları için kullanılan zeolit miktarı değerlendirilmiştir. Minitab programıyla optimize edilmeye çalışılan problemin en önemli çıktısının HTAB konsantrasyonu olduğu görülmüştür. HTAB akış hızının proses parametresi olarak çok etkili bir bileşen olmadığı yorumu yapılmıştır. Önem sırasının A>D>C>B şeklinde olduğu sonucu çıkarılmıştır.

Kuo ve Tu (2009) tarafından yürütülen çalışmada, kumaş kalenderleme sürecindeki parametreler ile bir dizi deney yapılmıştır. Deneylerde kalender basıncı, kalenderleme hızı, kalenderleme sıcaklığı gibi girdi değişkenleri ile yansıma, su buharı geçirgenliği ve kalenderlenmiş kumaşlarda görülen renk farkı gibi çıktı değişkenleri üzerine odaklanılmıştır. Taguchi tabanlı gri ilişkisel analiz metodu ile çoklu kalite karakteristiklerinin optimizasyonu tahmin edilmiş ve en uygun parametre kombinasyonları belirlenmiştir.

Montoya vd. (2014) normal ve reaktif boyaların tekstil maddelerinden uzaklaştırılması için bitkisel atıkların kullanımı üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada L16 ortogonal dizilim ile deneyler belirlenmiş ve emici karbon yapılı malzemeler için optimal koşullar netleştirilmiştir.

Kaplama yöntemi, denim kumaşlara estetik ve fonksiyonel özellikler kazandırmak için yaygın olarak kullanılır. Üstüntağ vd. (2020) yaptıkları çalışmada

kaplama işleminin kumaşların çeşitli mekanik ve konfor özelliklerini olumsuz etkilediğine değinerek pamuk-elastan karışımı denim kumaşların yırtılma mukavemeti ve sertlik özelliklerinin bir arada optimizasyonuna yönelik kaplama prosesi parametrelerinin optimum seviyelerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Atkı sıklığı, kurutma sıcaklığı, kaplama sıvısının viskozitesi, püskürtme basıncı ve akış hızı gibi parametreler taguchi ve gri ilişkisel analiz yöntemleri ile optimize edilmiş ve en önemli iki parametrenin atkı sıklığı ve akış hızı olduğu saptanmıştır.

Reaktif boyaların, elyafa daha iyi penetre olması için sıvı amonyak ile aktarılması işlemi yapılmaktadır. Selülozik elyaflar tekstilde kullanılan en önemli doğal elyaf maddeleridir. Ramie gibi (ısrıgangiller ailesine dahil edilen güneydoğu Asya’da yetişen lifli bir bitkidir.) doğal elyaf türleri üzerinde bu boyama yöntemi her ne kadar penetrasyonu kolaylaştırırsa da boyanın fikse olma oranı %29,45’te kalmaktadır. Cai vd. (2020) ramie bitkisi elyafında bu fikse oranını optimize etmek için L16 ortogonal dizilimli deneyler serisi ile çalışmalar yapmıştır. Faktörler fiksator miktarı, zaman, sıcaklık ve su miktarı iken 4 seviye üzerinden değerlendirilmiştir. Üzerinde değerlendirme yapılan çıktı ise fikse oranıdır. Boyanın fikse oranı ise bir ağırtıcı ile ağırtıldıktan sonra Datacolor markasına ait bir renk okuyucu ile yapılmaktadır. Taguchi deney tasarımı yaklaşımı ile araştırmacılar fiksator miktarının deneyi en çok etkileyen faktör olduğu sonucuna varmışlardır. %5 oranında fiksator, 40 dakika, 100 °C ve %350 oranındaki su miktarıyla optimum sonuç alınabileceği gözlenmiştir. Fikse oranının %52,82’ye bu parametreler ile çıkacağı sonucuna varılmıştır.

Sektörde mali kısıtlardan bir tanesi de tekstil makinelerinin çok pahalı olması ve tamirlerinin de yine çok maliyetli olmasıdır. Chitra vd. (2021) plazma kaplama makinelerinin eskiyen silindirlerinin getirdiği maliyetleri azaltma amaçlı bir çalışma yapmışlardır. Plazma kaplama makineleri bezin karşılıklı pres halinde olan iki silindir arasından geçirilirken cilama mantığı ile kimyasal kaplanması işlemi yapan makinelerdir. Bu makinelerin silindirlerinin yenilenmesinin oldukça maliyetli olduğu ifade edilen çalışmada aynı zamanda eskiyen silindirlerle üretilen ürünlerin de bozuk üretimler olduğu belirtilmiştir. Faktörler kaplama yapılacak maddenin üfürüldüğü nozzle’un uzaklığı ve kaplama kalınlığı olarak belirlenmiştir. Silindir eskime hızı ise çıktı olarak değerlendirilmiştir. Uzaklık için 2 seviye, kaplama kalınlığı için 3 seviye belirlenmiştir. Silindir yüzeyinin eskime kontrolü ise iğne diski üzerinde değerlendirilerek yapılmıştır. Optimal nozzle

uzaklığı 4 inç ve kaplama kalınlığı 100 mikrometre olarak belirlenmiştir. Bir sonraki çalışma olarak matematiksel model ile çözüm hedeflenmiştir.

Günümüzde tekstilin geldiği nokta itibarıyla iplik üretimi tek bileşenden gerçekleşmemektedir. İki veya daha fazla farklı bileşenden oluşarak her bileşenin olumlu yönlerini, oluşturulan yeni ipliğe yansıtması sonucu genel eğilim bu yöne kaymıştır.

Özdil ve Özçelik (2006) %100 pamuk ve %50-50 pamuk-pes karışımli farklı örgüdeki tekstil materyalinin yırtılma mukavemetlerini inceleyen bir araştırma yapmışlardır. Sonuçlar içerik açısından değerlendirildiğinde %50-50 pamuk pes olan tüm kumaşların %100 pamuk olan kumaşlara göre çok daha yüksek yırtılma mukavemeti değerleri verdikleri görülmüştür.

Can (2009), yaptığı çalışmada terbiye işlemlerinin iplik mukavemetlerine olumlu ya da olumsuz etkilerini incelemiştir. Kompak ve ring ipliklerin farklı farklı sonuçlarının değerlendirildiği çalışmada yakma ve yıkama işlemlerinde her iki iplik tipinin mukavemet ve uzama değerlerinin azaldığı gözlenirken, merserizasyon işleminin her iki işlem için pozitif anlamda değerlere katkıda bulunduğu görülmüştür. Burada iplikte kullanılan malzeme %100 pamuk olmuştur. Bir sonraki çalışmada farklı komponentler ile bu analizin yapılacağı bildirilmiştir.

Vuruşkan vd.(2011) kor (merkezde elastan içeren) iplikler üretmek üzere tasarlanmış bir iplik makinasında denemeler yaparak sonuçları kıyaslamışlardır. Sistemde bazı üretim parametreleri değiştirilerek pamuk ve pamuk/viskon(50-50) kaplı elastanlı iplikler üreterek denenen yeni ipliğin mukavemeti ve uzama değerlerinin değişimi raporlanmıştır. Sonuç olarak ipliğin incelmesinin mukavemet ve uzama değerlerini pozitif anlamda etkilediği gözlemlenmiş, elastanın 44 dtex'ten 78dtex'e yükseltilmesinin mukavemet değerini düşürdüğü, ancak uzama değerini artırdığı gözlenmiştir. Çalışmada ipliğin mukavemeti ve uzaması ile iplik numarası, büküm katsayısı, elastan çekimi, elastan numarası gibi parametrelerle anlamlı matematiksel modeller kurulabileceği kanıtlanmıştır.

Hasani vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada open-end iplik üretiminde iplik numarası(Ne), rotor hızı, rotor çapı, açıcı hızı ve navel tipi gibi beş faktöre karşılık üç seviye için L27 ortogonal dizilime sahip bir deney planı üzerinde çalışılmıştır. Gri ilişkisel analiz optimizasyonu sonucu iplik 16 Ne, rotor hızının 48.000 rpm, rotor çapının 66 mm, açıcı hızının 8400 rpm, navel

tipinin oluksuz olduğu parametre kombinasyonunun optimum sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

İplikler farklı çaplarda olduğundan ayırt edilebilmeleri için uzunluk ve ağırlıklarından yararlanılır. (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011) Birim ağırlıktaki iplik uzunluğu veya birim uzunluktaki iplik ağırlığı "iplik numarası" olarak tanımlanır. "Ne" terimi İngiliz sisteminde kullanılan 1 libre iplikteki 840 yardanın (768 mt.) adedidir. Örnek ile açıklamak gerekirse; 453.6 gr (1 libre) ağırlığındaki iplik 15.360 m (20x768 m) geliyorsa bu iplik 20 Ne'dir. Bu açıklamadan anlaşılacağı gibi iplik Ne'si arttıkça iplik kalınlığı azalacaktır.

Bir ipliğin kalite düzeyini belirleyebilmek için numara varyasyonu veya büküm gibi seçilmiş bir ya da iki özelliğin ölçümü yeterli değildir. İpliklerin sonraki işlemlerdeki davranışları hakkında tahminler yapmak için geliştirilen yöntemler, sadece laboratuvar testlerine dayalı çeşitli özelliklerin karşılaştırılmasıyla elde edilebilir. Bir ipliğin karakterize edilmesinde en temel özelliklerden ikisi kopma mukavemeti ve uzamasıdır. (Can, 2009)

İpliğin eğrilmesinden sonraki işlemler sırasında karşılaşılabilecek etkilere dayanması ve hasar görmemesi için, ipliğin belirli bir minimum mukavemete ve uzama değerine sahip olması gerekmektedir. İplik üretiminden sonra halat sarımı, boyama, haşıllama ve dokuma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Dokuma sonrasında ise oluşan ham bezlere bazı özellikler kazandırmak amacıyla terbiye işlemleri uygulanmaktadır. Tüm bu işlemler süresince üretimde ilerleyen iplik ve kumaşa gerilimler uygulanmaktadır. Gerekli gerilme mukavemeti ve uzama uygulanan işlemlerin çeşidine bağlıdır. Örneğin modern bir dokuma makinesinde ipliğe uygulanan kuvvete dayanmak için iplikler, sadece yüksek çekme kuvvetlerine maruz kalmaz, aynı zamanda limitler içinde değişen uzama değerini de gerektirir.

Çalışmada Uster Tensojet cihazından elde edilen değerler kullanılacaktır. Değerler "SI" birim sistemine göreler. Mukavemet değeri N/tex birimiyle değerlendirilmektedir. Uzama değeri ise % olarak ifade edilecektir. Uzama değerleri kopma mukavemetine ulaşıldığı anda numunede görülen uzamadır. Denklem 1 ile formüle edilir.

$$E: ((L2 - L1) * 100) / L1 \quad (1)$$

E: Uzama oranı (%)

L2: Kopma anındaki boy

L1: İlk ölçüm boyu

N:Newton

Tex: 1000 mt. ipliğin gram karşılığı

2.1. Taguchi Deney Tasarımı ve Gri İlişkisel Analiz Yöntemleri

Deney tasarımı teknikleri, 1900'lerin ikinci çeyreğinin başında A. Ronald Fischer tarafından tarımsal üretimdeki hasat verimini artırmak amacıyla geliştirildi. Fischer'in yürüttüğü bu çalışma, istenen sonuçları elde etmek için mevcut tüm değişkenlerin tüm deneylerde tam olarak kullanılmasını gerektiriyordu (Altaş, 2021). Ancak, bu yaklaşım endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak tercih edilmeyordu çünkü tüm deney koşullarını dikkate almak zor ve maliyetli olabilirdi. Bu nedenle, değişkenliği azaltmak için kısmi faktöriyel deney tasarımı yaklaşımı daha yaygın olarak benimsenmiştir. Bu yaklaşımın öncüsü ise Dr. Genichi Taguchi olmuştur (Ata, 2017).

Taguchi yaklaşımı ile deney girdilerini oluşturan faktörler arasındaki etkileşimler kabul edilebilecek düzeyde göz ardı edilerek deneylerin çıktısını belirleme sürecinde deney adedi azaltılabilmektedir. Taguchi deney tasarımı yaklaşımı, birçok faktörün tek bir çıktı üzerindeki etkilerini aynı anda ve ekonomik bir şekilde değerlendirmek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. (Senthilkumar, Tamizharasan, & Veeramani, 2014)En uygun faktör kombinasyonunu belirlemek Taguchi deney tasarımı yöntemiyle kolayca mümkündür. Bu yöntemde, deney sayısını azaltmak için Jacques Hadamard tarafından geliştirilen yapılandırılmış çizelgeler diğer adıyla ortogonal diziler kullanılır (Ata, 2017). Ortogonal serilerin kullanılması, deney maliyetini, emek ve zaman bakımından azaltır. Bu serilerde, tüm girdi faktörleri eşit sayıda denemede yer alır, bu da normal bir dağılım elde edilmesine olanak tanır (Yavuz, 2017).

Taguchi deney tasarımı, sonuçları Sinyal/Gürültü (S/N) oranı olarak ölçer; S/N oranı deney sonuçlarının ortalamasını ve değişkenliğini dikkate alır. S, gerçek değeri temsil ederken N, sonuca etkisi olan ancak deneyde kontrol edilmeyen değişkenleri ifade eder. Gürültü faktörleri, çevresel etkileri içerir. Taguchi'nin önerdiği S/N oranlarından bazıları "larger is better", "the-nominal-the-best" ve "smaller is better" şeklinde

kullanılmaktadır. (Kuram, 2015). Çalışmada "larger is better" yaklaşımı ile değerlendirmeler yapılacaktır. Denklem 2 bu yaklaşıma aittir.

$$\frac{S}{N} = -10 \left(\log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (2)$$

n: Deney sayısı

yi: Ölçülen deneydeki gerçek değer

Gri ilişkisel analizin temelini oluşturan gri sistem teorisi Judong Deng tarafından geliştirilmiştir. Gri ilişkisel analiz yöntemi, tasarım ve değerlendirilmesi yapılan parametreler ve sistemler arasındaki benzerlikler ve farklılıklar arasındaki değişimlerin derecesini ölçmektedir (Liu, Forrest, & Yang, 2011)

Çalışmada kullanılacak gri ilişkisel analiz yöntemi aşamaları aşağıdaki gibi olacaktır.

Adım1. Karar matrisinin deney sonuçlarının elde edilmesi

Adım2. Sonuçların normalize edilmesi

Adım3. Normalize edilmiş değerler ile referans değerler arasındaki farkın hesaplanması

Adım4. Kriter ağırlıklarına göre gri ilişkisel değerlerin hesaplanması

Adım5. Gri ilişkisel sıralamanın belirlenmesi

Çalışmada 3 faktör üzerinden ilerletilmiştir. Faktörler sırasıyla iplik kompozisyonu, iplik Ne si, elastan bulundurma durumu olarak belirlenmiştir. Bu faktörlerden ilk ikisi için dört seviye, üçüncü faktör için ise iki seviye mevcuttur. Mevcut parametreler Tablo1'de gösterilmiştir.

Karma modelin Minitab 17 programında önerilen çizelgesi L16 ortogonal dizilim olmuştur.

Uster tensojet makine ve teknik testleri kullanılarak yapılan iplik testleri 2023 yılı içerisinde üretilmiş ilgili iplik komponentine sahip tek iplik tipinin tüm üretimlerinin ortalaması alınarak veri olarak kullanılmıştır. (Ör: TTA090SA ipliği testte kullanılmışsa bu ipliğin 2023 yılında yapılmış tüm testleri derlenerek uzama ve mukavemet değerlerinin ortalaması alınmıştır. Böylelikle spot sapmalardan kaçınılmaya çalışılmıştır.)

Tablo1. Faktörler ve seviyeler

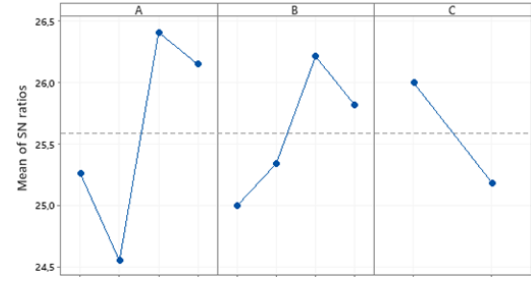
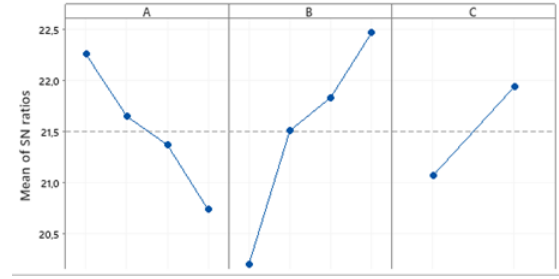
Seviyeler				
Fakt.	1	2	3	4
Kom.	%100 Co	%100 Organ.	%60 Pe.- %40 Ten.	%60 Pe.- %40 Vis.
Ne	8,5	9	10	12
Elast.	Var		Yok	

Tablo 2’de L16 ortogonal dağılım sonucu elde edilmiş dizilim ve bu dizilim ile eşleşen iplik tiplerinin uzama ve mukavemet değerleri görülmektedir. Bu değerler uygulama yapılan firmanın ERP yazılımından MS-Sql veri tabanları kullanılarak derlenmiştir.

Tablo 2. İplik çeşitleri ve test sonuçları

Deney	Dizilim	İplik Kodu	Uz.	Muk.
1	1-1-1	TWA085ND	9,06	18,53
2	1-2-1	TTA090SA	14,11	18,2
3	1-3-2	TTA100SV	14,34	18,28
4	1-4-2	TTA120SR	15,42	18,24
5	2-1-1	OWA085NG	8,63	18,48
6	2-2-1	OWA090SA	13,52	15,21
7	2-3-2	OTA100SA	13,51	16,84
8	2-4-2	OTA120SA	13,56	17,14
9	3-1-2	UYT085SG	11,81	17,49
10	3-2-2	UYT090SC	11,97	23,6
11	3-3-1	UYT100SL	10,97	23,54
12	3-4-1	UYT120SD	12,11	19,66
13	4-1-2	UYT085SF	11,87	16,64
14	4-2-2	UYT090SK	8,77	17,88
15	4-3-1	UYT100SD	10,95	24,09
16	4-4-1	UYT120SC	12,31	23,65

Uzama ve mukavemet değerleri test sonuçlarının yüksek olması ipliğin istenilen kalitede olduğu anlamına gelmektedir. Bu sebeple “larger is better” yaklaşımı iki kriter için de uygun olacaktır. Minitab17 paket programı deney tasarımı modülü ile yapılan analizde sinyal gürültü oranları şekil 1 ve şekil 2’de görüleceği gibi 3-3-1 ve 1-3-2 nolu parametre kombinasyonlarına sahip deneyler

**Şekil 1.** Mukavemet çıktısına göre Taguchi Analizi çıktısı**Şekil 2.** Uzama çıktısına göre Taguchi Analizi çıktısı

Taguchi deney tasarımı için mukavemet çıktısı için 3-3-1 faktör seviyeleri uygunken, uzama çıktısına göre ise 1-4-2 faktör seviyeleri uygundur.

Tablo 2’de verilen değerlere ilişkin gri ilişkisel analiz çıktıları Tablo 3’te gösterilmiştir. “Larger is better” yaklaşımıyla hesaplanan değerler, bu çalışmada eşit öneme sahip oldukları düşünülerek değerlendirmeye alınmıştır. “Larger is better” yaklaşımı için normalizasyon denklem 3 ile ifade edilebilmektedir.

$$x_i(k) = \frac{x_i^0(k) - \min x_i^0(k)}{\max x_i^0(k) - \min x_i^0(k)} \quad (3)$$

Tablo 3 incelendiğinde 16 nolu deney olan kombinasyonunun (%60 penye-% 40 viskon, 12 Ne, Elastanlı) gri ilişkisel analize göre optimum parametreler olduğu görülmektedir (%60 penye-% 40 viskon, 12 Ne, Elastanlı).

15 ve 4 nolu deneyler de bu analize göre optimuma çok yakın olmakla birlikte daha düşük performans gösteren parametrelere sahip deneyler olmuşlardır.

Tablo 3. Gri ilişkisel analiz, ortalama değerleri ve deney sıralamaları

Deney No	Normalizasyon		Eşit Ağırlıklandırılmış		GRA	Sıra
	Uzama	Mukavemet	Uzama	Mukavemet		
1	0,063328424	0,373873874	0,348026653	0,444	0,396013326	14
2	0,807069219	0,336711712	0,721572795	0,42981607	0,575694432	7
3	0,840942563	0,345720721	0,758659218	0,433170732	0,595914975	6
4	1	0,341216216	1	0,43148688	0,71574344	3
5	0	0,368243243	0,333333333	0,441791045	0,387562189	15
6	0,72017673	0	0,641170916	0,333333333	0,487252125	11
7	0,718703976	0,183558559	0,6399623	0,379811805	0,509887052	9
8	0,726067747	0,217342342	0,64605138	0,389815628	0,517933504	8
9	0,468335788	0,256756757	0,484653819	0,402173913	0,443413866	12
10	0,491899853	0,94481982	0,495982469	0,900608519	0,698295494	4
11	0,344624448	0,938063063	0,43275972	0,889779559	0,661269639	5
12	0,512518409	0,501126126	0,506338553	0,500563698	0,503451126	10
13	0,477172312	0,161036036	0,488840893	0,373423045	0,431131969	13
14	0,020618557	0,300675676	0,337979094	0,416901408	0,377440251	16
15	0,34167894	1	0,43165925	1	0,715829625	2
16	0,54197349	0,95045045	0,521906226	0,909836066	0,715871146	1

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Tekstil sektörü, müşteri deneyim ve ihtiyaçları değiştikçe bunlardan derinden etkilenen bir yapıdadır. Müşteri ihtiyaçlarındaki değişiklikler tasarım aşamasından itibaren üretimin bütün süreçlerinde üreticileri yormaktadır. Ürün geliştirme çalışmalarını derinleştirmek, daha fazla deneme yapmak, prototipleri çeşitlendirmek ve opsiyonlar sunmak gibi zorluklarla karşılaşan ürün geliştirme departmanları bu yarışta şirketlerin belki de kaderlerini belirleyecek kilit operasyonlardandır diyebiliriz.

Ar-Ge ve yeni ürün tasarım maliyetleri şirketlerin en önemli gider kalemlerinden biri haline gelirken ancak bu süreçleri müşteri istekleri doğrultusunda gerçekleştirebilen firmalar ayakta kalabilmektedir.

Bu çalışmada Taguchi deney tasarımı yöntemi ve gri ilişkisel analiz yaklaşımı ile bir firmanın üretimde kullandığı ve aynı zamanda kendi ürettiği ipliklerin mukavemet ve uzama performansları değerlendirilmiştir. Değerlendirme yapılırken iplik bileşenlerinden olan elyaf karışım oranları göz önünde bulundurulmuş, buna ilaveten iplik Ne si ve elastan kullanım bilgisi de dâhil edilerek genel olarak üretimde seyreden akışım mukavemet ve uzama kriterleri için değerlendirilmesi yapılmıştır. Gri ilişkisel analiz yöntemine göre %60 penye - %40 viskon, 12 Ne, elastanlı bir ipliğin değerlendirilen tüm diğer iplik varyasyonlarına göre daha iyi mukavemet ve daha iyi uzama değerleri sunabildiği görülmüştür.

Taguchi yaklaşımı ile ise mukavemet çıktısına göre en iyi kombinasyonun %60 penye - %40 tencel, 10 Ne, elastanlı bir iplik olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlar ile yapılabilecek önerilerden biri ürün geliştirme ve Ar-Ge departmanları özelinde yeni ürün geliştirirken ilgili analizler sonucu elde edilen kombinasyonlarda ürün çalışmalarını arttırmak olacaktır. Ürünlerde ve koleksiyon setlerinde bu şekilde bir yönelime gidilmesi zaman içerisinde işletme içindeki genel üretimin de bu ürün gruplarına göre değişim göstereceği için kısa zamanda elde edilebilecek çıktılarının haricinde daha uzun bir periyotta gözlemlenebilecek bir verimlilik söz konusu olacaktır.

KAYNAKLAR

- Altaş, E. (2021). Şekil hafızalı NiTi alaşımın kriyojenik işlem uygulanmış takımlarla işlenebilirliği. *Doktora Tezi*, 79-91.
- Ata, İ. (2017). Güneş enerjisi destekli hava ısıtıcısı performansının deneysel incelenmesi ve gri ilişkisel analiz yöntemi ile optimizasyonu. *Doktora Tezi, Gazi*, 120-123.
- Cai, Y., Liang, Y., Navik, R., Zhu, W., Zhang, C., Perves, M., & Wang, Q. (2020). Improved reactive dye fixation on ramie fiber in liquid ammonia and optimization of fixation parameters using the Taguchi approach. *Dyes and Pigments, Volume 183*.

- Can, Y. (2009). Bazı terbiye işlemlerinin kompakt ve ring ipliklerin mukavemet ve uzama özelliklerine etkisinin incelenmesi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, s. 56-60.
- Chitra, V., Ramachandran, S., & Anandaraj, V. (2021). Determination of specific wear rate of steel coated with tungsten carbide using Taguchi technique for textile applications. *Materials today: Proceedings*, s. 4558-4561.
- Demirel, B., Akkurt, F., Usal, İ., & 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), s. 1297-1316.
- Engin, A., Özdemir, Ö., Turan, M., & Turan, A. (2008). Color removal from textile dyebath effluents in a zeolite fixed bed reactor: Determination of optimum process conditions using Taguchi method. *Journal of Hazardous Materials*, s. 348-353.
- Güneş, S., Şenyiğit, E., Karakaya, E., & Özceylan, 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*, vol.136, no.4., s. 1795-1816.
- Hasani, H., Tabatabaei, S., & Amiri, G. (2012, June 1). Grey Relational Analysis to Determine the Optimum Process Parameters for Open-End Spinning Yarns. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, s. 81-86.
- 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), s. 516-532.
- Kopac, J., & Krajnik, P. (2007, August 1). Robust design of flank milling parameters based on grey-Taguchi method. *Journal of Materials Processing Technology*, s. 400-403.
- Kuo, J., & Tu, H.-M. (2009, June). Gray Relational Analysis Approach for the Optimization of Process Setting in Textile Calendaring. *Textile Research Journal*, s. 981-992.
- Kuo, Y., Yang, T., & Huang, G.-W. (2008, June). The use of a grey-based Taguchi method for optimizing multi-response simulation problems. *Engineering Optimization*, s. 517-528.
- Kuram, E. (2015). *Yumuşak ve sert malzemelerin mikro frezelenmesinde işleme şartlarının optimizasyonu*. Kocaeli: Doktora Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Liu, S., Forrest, J., & Yang, Y. (2011). A brief introduction to grey systems theory. *Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services*, (s. 89-104). Nanjing, China.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). *Sentetik ve Yarı Mamül Kontrolleri*. Ankara.
- Özdil, N., & Özçelik, G. (2006). Kumaşlarda yırtılma mukavemeti test yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine bir çalışma. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 16(3), s. 174-179.
- Ramirez-Montoya, L., Hernández-Montoya, V., & Montes-Moran, M. (2014). Optimizing the preparation of carbonaceous adsorbents for the selective removal of textile dyes by using Taguchi methodology. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, s. 9-20.
- Senthilkumar, N., Tamizharasan, T., & Veeramani, A. (2014). Experimental investigation and performance analysis of cemented carbide inserts of different geometries using Taguchi based grey relational analysis. *Measurement*, 520-536.
- Üstüntağ, S., Şenyiğit, E., Mezarçöz, S., & Türksöy, H. (2022). Optimization of Coating Process Conditions for Denim Fabrics by Taguchi Method and Grey Relational Analysis. *Journal of Natural Fibers Volume 19*, s. 685-699.
- Vuruşkan, D., Babaarslan, O., & İlhan, İ. (2011). Elastan içerikli seçilmiş ipliklerde bazı üretim parametrelerinin iplik mukavemeti ve uzaması üzerindeki etkisi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, s. 22-29.
- Yavuz, M. (2017). Delme işlemlerinde takım geometrisinin etkilerinin deneysel ve teorik olarak araştırılması. *Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, s. 67-72.