



**DENİM KUMAŞ ÜRETİMİNDE HATALARIN
ANALİZİ VE MAMUL ÜRÜNE ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

FATİH KAPUCUOĞLU

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Can ÜNAL

2023

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



DENİM KUMAŞ ÜRETİMİNDE HATALARIN ANALİZİ VE MAMUL ÜRÜNE
ETKİSİNİN İNCELENMESİ

FATİH KAPUCUOĞLU

ORCID: 0000-0003-2026-5754

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Danışman: Prof. Dr. Can ÜNAL

ŞUBAT-2023

Her hakkı saklıdır.

ÖZET

DENİM KUMAŞ ÜRETİMİNDE HATALARIN ANALİZİ VE MAMUL ÜRÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Fatih KAPUCUOĞLU

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Can ÜNAL

Bu çalışmanın amacı denim konfeksiyon işletmelerinde, her kumaşın kendine ait özelliklerine göre hata puanlarının alt ve üst limitlerini kontrol kartları yardımıyla belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda kumaş tipine bağlı olarak farklı denim kumaşları kontrol kartı yardımıyla incelenip, üst kontrol limitleri belirlenmiştir. 3 yıllık bir veri kaydının incelendiği bu çalışmadaki diğer bir amaç, hata puanlarının bitmiş ürüne etkisinin olup olmadığını incelemektir. Uygulamanın gerçekleştirildiği işletme verileri ışığında söz konusu etkinin olmadığı istatistiksel olarak tespit edilmiştir. Bunların dışında kumaş hatalarının üst kontrol limitlerine ait veriler kullanılarak, işletmede uygulama kolaylığı sağlamak ve kumaş tiplerini gruplandırmak amacıyla kümeleme analizi uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Denim Konfeksiyon Sektörü, Süreç Analizi, Kontrol Kartları, Kumaş Hata Puanları, Kümeleme Analizi

ABSTRACT

ANALYSIS OF DEFECTS IN DENIM FABRIC PRODUCTION AND INVESTIGATION OF THEIR EFFECTS ON FINISHED PRODUCTS

Fatih KAPUCUOĞLU

Department of Textile Engineering

MSc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Can ÜNAL

The aim of this study is to determine the lower and upper limits of fabric defect scores according to the characteristics of each fabric in denim apparel enterprises with the help of control charts. For this purpose, depending on the fabric type, different denim fabrics were examined with the help of control chart and upper control limits were determined. Another purpose of this study, which examines a 3-year data record, is to examine whether the fabric defect scores have an effect on the finished product. It has been statistically determined that there is no such effect in the light of the data of the enterprise where the application was carried out. Apart from these, a cluster analysis application was carried out in order to provide ease of application in the enterprise and to group fabric types by using the data of the upper control limits of fabric defects.

Keywords: Denim Apparel Industry, Process Analysis, Control Charts, Fabric Defect Scores, Cluster Analysis

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	3
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	8
2. KUMAŞ HATALARI VE HATA PUAN SİSTEMLERİ	10
2.1 Dokuma Kumaş Hataları.....	10
2.2 Kumaş Hata Puan Sistemleri.....	12
2.2.1 4 Puan Sistemi.....	13
2.2.2 10 Puan Sistemi.....	15
2.2.3 Graniteville “78” Sistemi	15
2.2.4 The Worth Street Rules 4 Puan Sistemi.....	16
2.3 Kumaş Kalite Kontrol Uygulaması.....	16
3. MATERYAL VE METOT	19
3.1 Uygulama Yapılan İşletme Hakkında Bilgiler.....	19
3.2 Çalışmada İncelenen Veriler	19
3.2.1 Sevk Edilen Topların Kontrolü Sonrası Hata Puanları	19
3.2.2 İlgili Bitmiş Ürüne Ait Kullanılan Kumaşlar ve Toplar	22
3.2.3 Bitmiş Ürüne Ait Sipariş Adedi, Hata Adedi ve Kullanılan Kumaş.....	23
3.3 Kontrol Kartları.....	24
3.3.1 X-R (Ortalama ve Değişim Aralığı) Kontrol Kartı	26
3.3.2 X-S (Ortalama ve Standart Sapma) Kontrol Kartı	27
3.3.3 I-MR Kontrol Kartları (Tekil Gözlemler İçin Kontrol Kartları).....	28
3.3.4 Uygunsuzların Oranı için (p) Kontrol Kartları	29
3.3.5 Uygunsuzların Sayısı için (np) Kontrol Kartları.....	30
3.3.6 Uygunsuzluklar için (c) Kontrol Kartları.....	30
3.3.7 Birim Başına Uygunsuzluklar İçin Uygunsuzluklar (u) Kontrol Kartları	31
3.4 I-MR Kontrol Kartları ile Ham Kumaşların Analizi.....	32
3.5 Ham Kumaş Hata Puanı ve Bitmiş Ürün İlişkisi	35
3.6 Kümeleme Analizi	36

4. BULGULAR	43
4.1 Ham Kumaşların Kontrol Kartı ile Analizi.....	43
4.2 Ham Kumaş ve Bitmiş Ürün Hatalarının Analizi	47
4.3 Ham Kumaşların Kümeleme Analizi.....	50
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR	58



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Dokuma kumaş hataları.....	11
Çizelge 2.2. Denim kumaş hataları.....	12
Çizelge 2.3. Sık karşılaşılan atkı ve çözgü hataları	12
Çizelge 2.4. 4 puan sistemine göre hata puanları	13
Çizelge 2.5. 10 puan sistemine göre hata puanları	15
Çizelge 2.6. Granitevile “78” puan sistemine göre hata puanları.....	16
Çizelge 2.7. The Worth Street Rules 4 puan sistemine göre hata puanları	16
Çizelge 3.1. Firma tarafından yapılan 4 puan sistemine göre hata puanları.....	20
Çizelge 3.2. Kabul edilebilir maksimum hata puanları	20
Çizelge 3.3. X-R kontrol kartı kontrol limitleri	27
Çizelge 3.4. X-S kontrol kartı kontrol limitleri.....	27
Çizelge 3.5. I-MR kontrol kartı kontrol limitleri.....	28
Çizelge 3.6. p kontrol kartı kontrol limitleri	30
Çizelge 3.7. np kontrol kartı 3-sigma kontrol limitleri	30
Çizelge 3.8. c kontrol kartı 3-sigma kontrol limitleri	31
Çizelge 3.9. u kontrol kartı 3-sigma kontrol limitleri.....	31
Çizelge 4.1. Outlier testi yapılan kumaş toplarının I-MR kontrol kartları ile kontrolü sonrası elde edilen veriler	44
Çizelge 4.2. Outlier testi yapılan kumaş toplarının I-MR kontrol kartları ile kontrolü sonrası hafta bazında elde edilen veriler.....	45
Çizelge 4.3. Outlier testi yapılan kumaş toplarının I-MR kontrol kartları ile kontrolü sonrası ay bazında elde edilen veriler.....	46
Çizelge 4.4. Hata oranı %1 ve üzeri kumaşlara ait sonuçlar	49
Çizelge 4.5. Çalışmada ele alınan kümeleme analizi verileri.....	50
Çizelge 4.6. Küme sayısının belirlenmesi örneği	51
Çizelge 4.7. Complete bağlantı metodu sonuçları.....	52
Çizelge 4.8. Kümeleme analizi bulguları	53

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kumaş kalite kontrol makinesi.....	17
Şekil 3.1. Sevk edilen kumaşların top numaralarına ait bilgiler.....	22
Şekil 3.2. Bitmiş ürüne ait kullanılan top numarası ve kumaş adı	23
Şekil 3.3. Bitmiş ürüne ait gerekli bilgiler.....	24
Şekil 3.4. Basit bir kontrol kartı örneği	25
Şekil 3.5. Kontrol kartlarının sınıflandırılması.....	26
Şekil 3.6. Kalite kontrol tarihine göre sıralanan veriler	32
Şekil 3.7. Outlier testi yapılan kumaşa ait Minitab çıktısı.....	33
Şekil 3.8. Firma 100m ² puanına ait I-MR kontrol kartı çıktısı.....	34
Şekil 3.9. Haftalık ve aylık olarak sınıflandırılan veriler	34
Şekil 3.10. Hafta bazında verilerin I-MR kontrol kartı çıktısı	35
Şekil 3.11. İş akış şeması.....	36
Şekil 3.12. Kümeleme analizi adımları	38
Şekil 3.13. Minitab kümeleme analizi ekran görüntüsü	40
Şekil 3.14. Minitab kümeleme analizi küme sayısı seçimi.....	41
Şekil 4.1. 3 yıllık verilere ait hata oranı	47
Şekil 4.2. Ham kumaş ortalama hata oranı ve tüm mamul hata oranı ilişkisi	48
Şekil 4.3. Ham kumaş ortalama hata oranı ve tüm mamul %1'in üstünde hata oranına sahip mamul ürün ilişkisi	48
Şekil 4.4. Minitab Complete bağlantı metodu veri girişi	51
Şekil 4.5. Minitab'de kumaşların kümelere atanması	52

TEŐEKKÖR

Bu çalıőmanın planlanması ve yűrűtűlmesi sűrecinde benden desteęini esirgemeyen, lisansűstű eęitimim boyunca yardımını ve bilgi birikimini esirgemeyen, her konuda beni yűnlendiren deęerli hocam Prof. Dr. Can ŬNAL'a, çalıőmanın uygulanabilmesi için her konuda destek saęlayan Dr. Aysun ACAR YŬKSEK'e, hayatım boyunca maddi ve manevi desteęini esirgemeyen aileme sonsuz teőekkűrű borç bilirim.

Fatih KAPUCUOğLU

Tekstil Műhendisi

1. GİRİŞ

Tekstil sektörü, ülkemiz için geçmişten günümüze kadar sürekliliğini sürdüren sanayi kollarından biridir. Türkiye ekonomisine büyük ölçüde sağladığı istihdam imkanları ve üretim sürecinde yarattığı katma değer açısından önemli bir sektördür. Dokuma kumaş sanayisi en önemli alt sektörlerinden biridir (Ala & İkiz, 2015). Dokuma kumaş sanayisinde yer alan denim kumaş üretimi ve hataları da büyük önem arz etmektedir. 250 yılı aşkın bir süredir bilinen ve günümüzde büyük oranda kullanımı gerçekleşen denim kumaşlar, ilk günkü gibi kendisinden söz ettirmektedir.

Günümüzde denim ürünleri kullanmayan neredeyse hiçbir kimse kalmamıştır. Ülkemizde bir tüccar tarafından Amerikan subayının üzerinde gördüğü pantolonu benimseyerek ismini “kot” olarak revize etmiştir (Acar, 2005).

Denim kumaşlar, dünyada “jeans”, “blue-jeans”, “jeans wear” ve “sports wear” gibi terimlerle adından söz ettirmektedir. Ülkemizde ise denim kumaş, “kot” kumaş olarak ifade edilmektedir. Denim kumaş ile üretilen pantolonlara ise “kot pantolon” denilmektedir (Acar, 2005).

1980’li yılların başında tekstil sektöründeki yatırımlar, birçok uluslararası markaların üretimlerini Türkiye’ye kaydırması sonucu denim üretimine de olumlu yönde katkılarda bulunmuştur. Denim kumaş ihracatı ve denim konfeksiyon ihracatında önemli derecede artışlar görülmüştür. Bu yılların başından itibaren Türkiye, bir tekstil ülkesi olarak adlandırılmaya başlamıştır (Çalışkan, 2019).

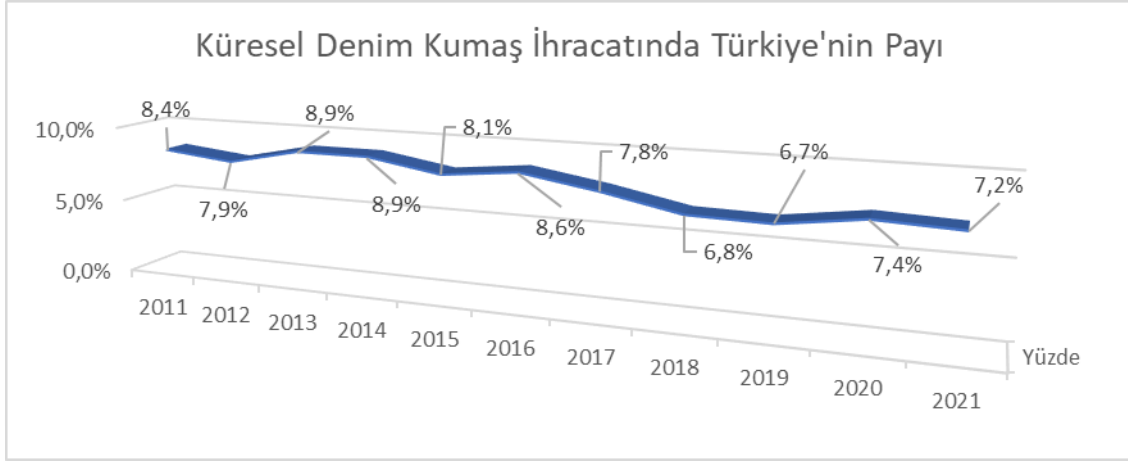
Türkiye gerek denim kumaş ihracatında gerek denim konfeksiyon ihracatında çok önemli bir pazar payına sahiptir.

2021 yılında denim kumaş ihracatı %36,7 oranında artış göstererek 4,7 milyar dolar değerine ulaşmıştır. En büyük denim ihracatçısı %41,7’lik bir pay ile Çin’e aittir. 2021 yılında Çin ise %35,3 oranında artış göstererek 2 milyar dolar değerine ulaşmıştır.

Türkiye ise %7,2 payı ile Dünya’da en büyük 4. denim kumaş ihracatçısı olarak yer almaktadır. Türkiye’nin denim kumaş ihracatı sırasıyla;

- Tunus %18,3
- Mısır %15,6
- Fas %9,9 olarak ihraç edilmektedir.

2021 yılında Tunus'a denim kumaş ihracatı %33,4 oranında artarak 62 milyon dolar değerine ulaşmış 1. sırada yer almaktadır. Mısır 53 milyon dolar ile 2. sırada ve Fas ise 33 milyon dolar ile 3. sıradadır.



Şekil 1. 1. Küresel denim kumaş ihracatında Türkiye'nin payı

Türkiye, %35,8 payı ile AB'nin Birlik dışından en büyük denim kumaş tedarikçisidir. 2021 yılında AB'nin Türkiye'den denim kumaş ithalatı %1,9 oranında artış sağlayarak 40 milyon euro değerine ulaşmıştır (İTHİB - Araştırma Raporları, 2022).

Kumaş ihracatı verilerine göre önemi vurgulanan denim üretiminin daha verimli üretilmesi için üretim hatalarının minimize edilmesi gerekmektedir. Bu hususta yapılması gereken ilk şey hataların doğru tespit edilmesi ve istatistiksel yöntemlerle analiz edilmesidir. Mevcut üretim sistemlerinde kumaş üretimi için geçmişten günümüze gelen çeşitli kumaş kontrolü ve kumaş değerlendirme yöntemleri bulunmaktadır. Ancak söz konusu yöntemler tüm kumaş tipleri için tek bir hata üst limiti sunmaktadır. Bu çalışma ile mevcut kumaş değerlendirme sistemi verilerini kullanarak ve kontrol kartı yöntemi yardımıyla her kumaş tipine özgü bir üst limit oluşturulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda ülkemizin önemli bir denim kumaş üreticisine ait 3 yıllık kalite kontrol verileri analiz edilmiş, ayrıca araştırma sırasında ortaya çıkan "mamul kumaş hatalarının bitmiş ürüne etkisi" sorusu için analitik bir metot ele alınmıştır.

Öncelikle ele alınan bu problemlerin literatürde ne şekilde incelendiği araştırılmış, araştırma bulguları bir sonraki bölümde detaylı açıklanmıştır.

1.1 Literatür Özeti

Kontrol kartları üzerine gerçekleştirilmiş birçok çalışma incelenmiştir. Aşağıda araştırma konusuna yakın olanlara yer verilmiştir.

Ünal ve arkadaşları 2021 yılında bir konfeksiyon işletmesinde dokuma kumaşlardan ziyade örme kumaşlar üzerinde kontrol kartlarını kullanmışlardır. Kumaş hatalarının kritik, majör ve minör olacak şekilde sistematik sınıflandırılması yapılmıştır. Daha sonra kumaş tiplerinin “D” puanları hesaplanıp, alt ve üst kontrol limitlerinin dışarısında kalan kumaş hata türleri belirlenmiştir. Bu çalışma sonrasında kumaş hatalarının derecelendirilmesinin kontrol kartları ile yapılabileceğini kanıtlamışlardır (Ünal, Kaya & Şentürk, 2021).

Sentetik bir \bar{X} kontrol kartı önerilip, Morkov metodolojisi ile araştırma yapılmıştır. Bir hata modeli varsayılarak sentetik \bar{X} kontrol kartı üzerindeki performansının gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonucunda her bir veriye ait hataların daha fazla ölçüm yapılması durumunda sentetik \bar{X} kontrol kartı üzerindeki sonuçlar daha belirgin hale gelmiştir ancak izleme ve kontrol maliyetinin arttığı gözlemlenmiştir (Phuong, Kim, & Athanasios, 2019).

Aydın ve Kargı (2018), otomotiv sektöründe istatistiksel kalite kontrol teknikleri ile bir uygulama yapmışlardır. Bursa’da yer alan otomotiv fabrikasında otomotivlerin ön kapı dinamik kapı kapanma hız ölçümlerinin kontrol altında olup olmadığını incelemiştir. \bar{X} ortalama ve S kontrol grafikleri ile belirlenmeye çalışılmıştır. Veriler, SPSS 17 programında incelenmiştir. Süreç ve makine yeterlilik indeksleri hesaplanıp, sol ön kapı kapanma hızı yeterli ancak sağ ön kapı kapanma hızına ait değerlerin yetersiz olduğu saptanmıştır (Aydın & Kargı Arıkan, 2018).

Ünal ve Ağırhan bir çalışmada dokuma kumaş üretiminde yaşanan kumaş hatalarından ziyade yuvarlak örme kumaş üretiminde yaşanan hatalar üzerine analiz edilmiştir. Kumaş hatalarının analizinde kontrol kartlarını kullanmışlardır. İlk aşamada kumaş hataları sınıflandırılmış ve daha sonra istatistiksel kalite kontrol yöntemlerinden u-kontrol kartı kullanmışlardır. Kumaş hatalarının nedenleri araştırılıp, hataların minimize edilmesi için önerilerde bulunmuşlardır (Ünal & Ağırhan, 2018).

2016 yılında yöneticilere ve operatörlere yardımcı olması açısından istatistiksel proses kontrolüne değinmiştir. Kontrol grafiklerinin kullanıldığı çalışmalardan bahsetmiştir. Kalite kontrolün iyileştirilmesi için kontrol kartlarının yeterliliği tartışılmıştır (Harpreet, Mamta, Harpreet, & Rahul, 2016).

Mayang ve arkadaşları (2016), denim kumaşlarda kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti ve yüzey görünümlerini gibi ürünlerin performansı üzerindeki etkilerini istatistiksel olarak incelemiştir. Yıkama işlemleri sonunda numunelerin yüzey görünümü ve renk değerleri mekanik etkilerle birleştiğinde kumaşa uygulanan (taş+ağartıcı) ürün renk değerlerinde önemli değişimler meydana getirmiştir. Konfeksiyon işletmesinde kalite kontrolün analiz edilmesi ve hatalı ürünlerin istatistiksel araçlar kullanılarak belirlenmesi amaçlanmış ve karşılaşılan hatalara çözümler bulunmuştur (Mayang, Koeswandi, & Yulianti, 2016).

Ala ve İkiz (2015), dokuma kumaş üretimindeki kumaş hatalarının belirlenmesi için istatistiksel proses kontrol yöntemlerinden pareto analizi ve p kontrol grafikleri ile hata sayılarının istatistiksel değerlendirilmesini yapmışlardır (Ala & İkiz, 2015).

Pavol (2015), kalitenin sürekli iyileştirilebilmesi için istatistiksel proses kontrol tekniklerinin önemini vurgulamıştır. Bu tekniklerin avantajlarına değinmiştir. İstatistiksel proses kontrol tekniklerinin analiz etmede, süreç iyileştirmede, süreç geliştirmede ve kontrollerin sağlanmasında kullanılması gerektiğinin problemleri çözmeye yardımcı olacağını kanıtlamıştır (Pavol, 2015).

Ala ve İkiz (2015), bornozluk kadife kumaş üretimi yapan bir işletmede kumaş hata puanlarına göre kumaşların kalite kontrolü yapılmıştır. Bu çalışmada iki farklı sipariş için üretilen bornozluk kadife kumaşlar manuel ışıklı panoda kontrol edilmiştir. Kontrol aşamasında görülen hatalar kontrol kartlarına işlenmiştir. Görülen hatalar farklı hata puan sistemlerine göre sınıflandırılmıştır (Ala & İkiz, 2015).

Gürarda (2015), konfeksiyon işlemlerinin kumaş özellikleri ile olan ilişkisini incelemiştir. Bu çalışmada giysi görünümünün değerlendirilmesi yapılmış ve ürün geliştirme/kalite güvence açısından öneminden bahsetmiştir. En önemli parametrenin kalite olduğunu vurgulamıştır. Hata puanlarına göre objektif değerlendirme yapılmış ve sonrasında kumaşın cinsine göre sınıflandırmıştır. Kumaş hata puanları ile konfeksiyon işlemleri arasında belirli test metotlarını uygulayıp, ideal kumaşın seçilmesi yönünde önerilerde bulunmuştur (Gürarda, 2015).

Aslangiray ve Akyüz (2014), kontrol grafiklerini bulanık mantık ile beraber kullanmışlardır. Kontrol grafiklerinden u-kontrol grafiği ve bulanık kontrol grafiği olacak şekilde iki başlık altında incelemiştir. Bu çalışma sonucunda kontrol altında ve kontrol dışı

gibi sonuçlardan ziyade kısmen kontrol altında ve kısmen kontrol dışı gibi sonuçlar da verilebilmektedir (Aslangiray & Akyüz, 2014).

Duran ve Çetindere (2012), elbise üretimi yapan bir konfeksiyon işletmesinde elbise modellerine ait hata analizleri yapmış ve bu hataların çözümlenebilmesi için istatistiksel proses kontrol tekniklerini kullanmışlardır. Bu istatistiksel proses tekniklerinden ise kontrol grafikleri, sebep-sonuç diyagramı ve pareto analizi gibi teknikleri kullanmışlardır. Hatalı ürünlerin tespiti ise p kontrol grafikleriyle belirlenmiş ve %11 oranında hata tespit edilmiştir anca hataların azaldığını da istatistiksel kontrol tekniklerini kullanarak gözlemlemişlerdir (Duran & Çetindere, 2012).

2010 yılında Kısaoğlu kumaş hatalarının kontrolü için istatistiksel proses tekniklerini ve kontrol kartlarını kullanarak diğer dokuma işletmelerine örnek olmayı amaçlamışlardır (Dülgeroğlu Kısaoğlu, 2010).

Kısaoğlu (2010), bir dokuma fabrikasında kontrol sisteminin kurulması için istatistiksel proses kontrol tekniklerini kullanmıştır. Dokuma işlemi sırasında duruşlar ve nedenleriyle beraber incelenip, kumaş hataları belirlenmiştir. Bu çalışmada iplik aşamasında, dokuma hazırlık aşamasında ve dokuma işlemlerinde yaşanan problemler hakkında bilgiler verilmiştir. Dokuma kumaşın kalitesi hakkında yapılan değerlendirmeler sonucunda incelenen kumaş tiplerinde dokuma hazırlık ve dokuma işlemlerinden yaşanan hata oranları, iplik aşamasından gelen hata oranlarının daha az olduğunu göstermiştir (Dülgeroğlu Kısaoğlu, 2010).

Bir iplik üretimi yapan tekstil işletmesinde bobin sarım kontrolü için X ve S kontrol grafikleri ve tesadüfilik testi kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda ise kontrol grafikleri yardımıyla alt ve üst sınırlar belirlenmiştir. Elde edilen veriler ise alt ve üst limitlerin altında kalmış dolayısıyla verilerin tesadüfi bir dağılım göstermediği kanıtlanmıştır (Patır, 2009).

Bir konfeksiyon işletmesinde dikiş hatalarının azaltılabileceğini istatistiksel proses kontrolü ile uygulanabileceğini ve çok zor olmadığını göstermiştir. p kontrol grafiği ile dikim hatalarının oranlarının istatistiksel olarak kontrol altında olup olmadığı araştırılmıştır. Hata sayısı fazla olan operasyonlarda, hatalara neden olan faktörleri de neden-sonuç diyagramları ile incelemişlerdir. Pareto analizi ile dikiş hatası en yüksek operasyonlar belirlenmiştir. Son olarak kontrol listesi ile de operasyonlardaki dikiş hatalarının miktarlarını belirlemişlerdir ve işletmede kolay bir şekilde uygulanabileceğini belirtmişlerdir (Kayaalp Dengizler & Erdoğan, 2009).

Bek ve Sabır, büyük ölçekli bir konfeksiyon fabrikasında, bir modele ait dikim öncesi, dikim ve dikim sonrası ve yükleme öncesi yapılan kontroller sonucunda verileri toplamışlardır. Bu verilerin analizi için istatistiksel proses kontrol tekniklerini kullanmışlardır. Toplanan verileri de X, R, p kontrol kartları, çetele diyagramı, neden sonuç diyagramları ve pareto diyagramı ile prosesin yeterliliğini kontrol etmişlerdir (Bek & Sabır Ceyhun, 2008).

Konfeksiyon işletmelerinde operatörün önemi vurgulanmış ve operatörlerin farklılarından kaynaklanan üretimin kalitesini etkileyen hatalar üzerine bir çalışma yapılması amaçlanmıştır. Konfeksiyonda dikim aşamasına ait hata oranları belirlenmiştir. Bu hata oranlarının istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki içerisinde olup olmadığı kontrol edilmiştir. İstatistiksel analizler için Korelasyon, T-test, Oneway Anova, Duncan ve Çapraz Tablo yöntemleri kullanılmıştır. Her bir yöntem ile hatalar belirlenip, gerekli iyileştirmeler yapılmıştır (Kaya & Erdoğan, 2007).

Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2006), bir tekstil işletmesinde örneklem büyüklüğünün değişken olması durumunda p kontrol kartlarının oluşturulması için izlenebilecek üç yaklaşımı ele almışlardır. Bu yaklaşımlar ile üretim proseslerinin kontrol altında olup olmadığını gözlemleyip, gerekli tedbirlerin alınması için fikir sahibi olmuşlardır (Ertuğrul & Karakaşoğlu, 2006).

Kısaoğlu bir başka çalışmada ise istatistiksel proses tekniklerini ve kontrol kartlarını kullanarak dokuma işletmesindeki duruşların kontrolünü sağlamıştır (Kısaoğlu, 2006).

Lin ve Chou (2005) Burr dağılımını kullanarak, değişken örneklem büyüklüğüne ve değişken kontrol limitlerine sahip X şemalarının oluşturulmasını ele almışlardır. Asimetrik ve simetrik olmak üzere iki farklı tipteki X şeması üzerine çalışma gerçekleştirilmiştir. Yanlış alarm belirlemede asimetrik X şemasının daha iyi sonuç verdiği saptanmıştır (Lin & Chou, 2005).

Bircan ve Gedik (2003), istatistiksel proses tekniklerinden kontrol tablosu, pareto analizi, sebep-sonuç diyagramı, hata yoğunluğu diyagramı ve kontrol grafiklerini kullanarak Sivas Dikimevi'nde 6 aylık bir inceleme gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın amaçlarından biri de üretim hatalarının sebeplerinin incelenmesidir. Üretim aşamasında gerçekleşen hataların belirli spesifikasyonlar içerisinde olup olmadığı da tartışılmıştır. Bu 6 aylık süre içerisinde kontrol tablosunun sonuçlarına göre hata oranı %1,5 olarak belirlenmiştir. Kontrol grafiklerinden p ve np kontrol grafikleri ile üretimin belirlenen hedeflere uygun olduğu

gözlemlenmiştir. Kalitede istenilen hedeflere ulaşıp, ekonomik anlamda da fayda sağlanması amaçlanmıştır (Bircan & Gedik, 2003).

Carot ve arkadaşları (2002), çalışmalarında çift örneklemeli ve değişken örneklemeli X şemalarını ele almışlardır. Daha sonra ele alınan şemaları CUSUM ve EWMA grafikleri ile kıyaslamışlardır ve çift ve değişken örneklemeli X şemalarının, küçük ve orta düzeydeki dalgalanmaları daha çabuk tespit ettiğini göstermişlerdir. Gıda sektöründe gerçekleştirdikleri bir uygulama bu durumu göstermişlerdir. Çalışmalarında ele aldıkları yaklaşım, optimal altı örneklem büyüklüğü yüzünden örneklem ortalamalarının normal dağılmadığı durumlarda kullanılabilir (Carot, Jabaloyes, & Carot, 2022).

Luo ve Wu (2002), değişken örneklem büyüklüğüne sahip np kontrol şemalarının ve değişken örneklem aralıklı np şemalarının oluşturulmasını ele almışlar, bu tip kontrol şemalarının hesaplanması için bir süreç algoritması önermişlerdir. Bir örnek için elde edilen sonuçları, geleneksel np şemalarıyla kıyaslamışlardır (Luo & Wu, 2002).

Reynolds ve Arnold (2001), örneklem büyüklüğünün ve örneklem aralığının değişken olması durumunda EWMA kontrol şemasının oluşturulmasını ele almışlardır. Ayrıca çalışmalarında değişken örneklem büyüklüğü ve aralığına sahip EWMA şemalarını CUSUM ve X şemaları ile karşılaştırmışlardır (Reynolds & Arnold, 2001).

Antony ve arkadaşları (2000), ürün kalitesinin daha iyi bir hale gelmesi için istatistiksel proses kontrolünün önemli ve çok güçlü bir teknik olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmada istatistiksel proses kontrolü tekniklerini yazılımlar kullanarak desteklemişlerdir (Antony, Balbontin, & Taner, 2000).

Bai ve Lee, (1998), X kontrol kartları ile ekonomik bir örnekleme aralığı tasarlamayı amaçlamışlardır. Ardışık iki örnekleme ait veriler X kontrol kartları ile ele alınmıştır. Yanlış alarmların maliyetini, kontrol dışı durumlarda üretim maliyetini, numune alma ve test etme maliyetini içeren maliyet modeli oluşturmuşlardır. Değişken veya sabit örneklem aralıklarını X kontrol kartlarını kullanarak birim başına gerçekleşen maliyeti belirlemişlerdir (Bai & Lee, 1998).

Özilgen (1998), optimal altı örneklem büyüklüğü ile kontrol şemalarını oluşturmuş, Shewhart kontrol şemalarının kullanılmadığı alanlar için bira üretim değerlerin incelendiği bir yaklaşımı baz almıştır. Bu parametreleri \bar{X} kontrol kartları ile değerlendirmeye almıştır.

Çalışmanın sonucunda kontrol şemalarının kullanılması için numuneden alınan değerlerin normal olmayan bir dağılıma sahip olması gerektiğini belirtmiştir. (Özilgen, 1998).

X-R kartlarının uygulanıp, yazılım geliştirilen bir diğer çalışma ise 1997 yılında Cook ve arkadaşları tarafından limitler dışarısında kalan durumları belirlemek amacıyla yapılmıştır (Cook, Maxwell, Barnett, & Strauss, 1997).

Hossain ve arkadaşları X-R kartı uygulaması için Paragon 500 adında bir program geliştirmişlerdir. Bu yazılım ve kontrol kartlarının araştırılmasında en eski çalışmalardan biridir (Hossain, Choudhury, & Suyut, 1996).

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Kumaş hataları literatürde geniş bir yer kaplamaktadır fakat aktif olarak kalite kontrol kartlarına 40-50 kadarı işlenmektedir. Bu sebeple hataların sıklığı ve cinsleri geniş bir zaman aralığında izlenmelidir. Hatta işlenen bu hataların bir kısmı nadir olarak değerlendirilmekte ve hiç kullanılmamaktadır. Bu sebeple hataların değerlendirilmesi için izlenmesi ve istatistiksel tekniklerle irdelenmesi gerekmektedir. Üretimde oluşan ve oluşabilecek hataları veya kontrol dışı durumların belirlenip, önlem alınmasını sağlamada istatistiksel kontrol yer almaktadır. Ishikawa'ya göre sanayide karşılaşılan sorunların %95'i basit yedi temel teknikle çözümlenebilmektedir: Bu teknikler; akış diyagramı, çetele diyagramı, pareto analizi, neden-sonuç diyagramı, histogram, dağılıma diyagramı ve kontrol kartlarıdır (Asaka & Ozeki, 1996).

Sıklıkla karşımıza çıkan ve araştırma konusu olan kontrol kartları hem tekstil hem de farklı sektörlerde kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı denim konfeksiyon işletmelerinde, her kumaşın kendine ait özelliklerine göre hata puanlarının alt ve üst limitlerini kontrol kartları yardımıyla belirlemektir. Çünkü sektörde kullanılan kumaş değerlendirme sistemleri tüm kumaş tipleri için aynı hata üst limit puanını baz almaktadır. Oysa farklı ürünlerin farklı üretim süreçleri ve farklı üretim toleranslarına sahip olması gerçeği, mevcut kumaş değerlendirme sistemiyle çelişmektedir. Farklı kumaş tiplerinin farklı hata toleranslarının incelendiği bir araştırma bu nedenle önemlidir. Bu hedef doğrultusunda kumaş tipine bağlı olarak farklı denim kumaşları kontrol kartları yardımıyla incelenmiş ve üst kontrol limitleri ve alt kontrol limitleri tespit edilmiştir. Alt kontrol limitleri, kumaş hatalarının beklenen limitin altında olduğunu belirttiği için üst kontrol limitlerine kıyasla bir önemi yoktur. Yaklaşık 3 yıllık bir veri kaydının incelendiği bu çalışmadaki diğer bir amaç hata puanlarının bitmiş ürüne etkisinin olup olmadığı sorusuna da cevap bulmaktır.

İşletmede 4 puan sistemiyle değerlendirilen kumaşların, farklı kumaş tiplerinde hangi üst limitlere sahip olduğunun tespit edilmesidir. Denim kumaş sektöründe ilk defa iki farklı yöntemi bir arada inceleyen bir çalışma olması nedeniyle de sektör adına önemli bir uygulama gerçekleştirilecektir. Ayrıca kumaş hatalarının bitmiş ürüne olan etkisinin de araştırılacak olması, konfeksiyon işlemi öncesi ve sonrası için kumaş hatalarının bitmiş ürüne olan etkisini tespit etmek açısından önemlidir.



2. KUMAŞ HATALARI VE HATA PUAN SİSTEMLERİ

Ülkemizin önemli ihracat kalemlerinden biri olan dokuma kumaş ve denim sektöründe daha verimli çalışmak için üretim hatalarının minimize edilmesi esastır. Ancak kumaş üretimi, doğası gereği çok çeşitli hata tiplerini bünyesinde barındırmaktadır. Hataların sınıflandırılıp, evrensel olarak tek bir dille anlaşabilmek açısından hata puan sistemleri oluşturulmuştur.

2.1 Dokuma Kumaş Hataları

Dokuma kumaş hataları çeşitli biçimlerde tanımlanmaktadır. Kumaş hatalarını genel anlamda sınıflandıracak olursak; bölgesel olarak ortaya çıkan, kumaş görünümünü etkileyen, kumaş yapısını değiştiren ve bölgesel sınırlılıkta özel değişimlere yol açan sapmalardır (Ala, 2008).

Dokuma kumaşların hazırlık ve üretim süreçlerinde çeşitli sebeplerden kaynaklanan hata ya da eksiklikler nedeniyle kumaşa kusurlar gerçekleşmektedir. Bu hatalar, kumaşın kullanımını tamamen ya da kısmen engelleyici anormallikler ve düzensizlikler olup ham madde girdisi, yanlış makine ayarı, ayar bozuklukları, insan kaynaklı nedenlerden vb. oluşabilmektedir. Üretim sürecinin kontrollü ve kontrolsüz girdilerinin her ikisi de istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir. Dokuma kumaş hataları, dokuma hazırlık işlemleri sırasında veya dokuma işleminin yapıldığı anda ortaya çıkabildiği gibi bazen dokuma işleminin ardından kumaşın renklendirilmesi ve kumaşa bir takım farklı özellikler kazandırılması için yapılan terbiye işlemleri esnasında da oluşabilmektedir. Dokuma işleminde kullanılan atkı ve çözgü ipliklerinin üretimi sırasında meydana gelen hatalar da zamanında fark edilmezse dokuma işlemi sonrası kumaşa hata olarak göze çarpar (Barış, 2018).

Dokuma kumaş hataları dört ana başlıkta incelenebilmektedir. Çizelge 2.1’de bu dört ana başlık altında hatalara yer verilmektedir.

Çizelge 2.1. Dokuma kumaş hataları (Barış, 2018).

Çözü Yöündeki Hatalar	Çözü kopuğu (kaçığı)	Gevşek çözü ipliği
	Çözü ucu	İnce-kalın çözü ipliği
	Çözü yolu	Karışık çözü ipliği
	Çift çözü ipliği	Kirli-yağlı çözü ipliği
	Çözüde ek yeri	Tarak yolu
	Çözüde iplik düzgünsüzlüğü	Tarak izi
	Gergi çözü ipliği	Tahar, desen ve rapor hatası
Atkı Yöündeki Hatalar	Atkı bozukluğu (şekilsizliği)	Atkı ilmeği (boncuk)
	Atkı aralığı (duruş izi)	İnce-kalın atkı ipliği
	Atkı yığılması	Karışık atkı ipliği
	Atkı bandı	Kirli-yağlı atkı ipliği
	Atkı kaçığı (ayak kaçığı)	Sık-seyrek atkı
	Yarım atkı kaçığı	Sıyrılmış atkı
	Çift atkı	Sökülmüş atkı
	Atkı eğriliği	Tutuk atkı
	Gergin atkı ipliği	Atkıda desen hatası
	Gevşek atkı ipliği	Atkı ipliği abrağı
	Atkı ipliği düzgünsüzlüğü	
Kumaş Yüzeyindeki Hatalar	Çepel	Uçuntu
	Dalgalı yüzey	Patlak, delik ve yırtık
	Düğüm	Kafes
	Balık	Sürtünme izi (ezik)
	Nope	Yüzeydeki yabancı lifler
	Havlı yüzey	Atlama
	Leke	Pamuklanma
	Haşıl fazlalığı	Bükümsüz iplik
	Kat izi (kırışıklık)	
Kenar Hataları	Bozuk kenar	Kıvrık kenar
	Cımbar izi	Kalın kenar
	Çekik kenar	Sakal (püskül)
	Gergin-gevşek kenar	Kenarda fazla atkı ipliği (dalma)

Atkısı boyanmamış iplik ile indigo boyar maddesi ile boyanan çözü iplikleri bir araya getirilerek denim kumaş oluşturulmaktadır. D 2/1 Z ve D 3/1 Z dimi örgüleri ile dokunmaktadır. Günümüzde bu örgü tiplere daha da genişletilmiştir. D 2/1 S ve D 3/1 S dimi örgü tipleri ile dokunan denim kumaşlar da bulunmaktadır. Denim kumaşların çoğunluğu %100 pamuk ipliği ile dokunmaktadır ancak günümüzde pamuk-polyester karışımları ile de denim kumaş üretimi mevcuttur. Ayrıca denim kumaşın atkı ipliklerini elastan olarak tercih edip, elastik denim ürünler de üretilmektedir.

Denim kumaşların ağırlık birimi ounce/yarda² olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde kullanılan metre cinsinden karşılığı ise 1 oz (ounce)/yd² (yarda²) = 33,906 g/m²'dir. Denim kumaşlar, ağırlıklarına göre çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır. Denim kumaşın ağırlıkları ise kullanım alanlarının belirlenmesinde büyük önem arz etmektedir. Örnek olarak aşağıdaki gruplar verilebilir.

- 4,5 oz – 7,5 oz Denim: Gömleklilik denim kumaşlar,
- 9 oz – 13,5 oz Denim: Yazlık pantolonlarda kullanılan denim kumaşlar,
- 14 oz – 15 oz Denim: Pantolon ve montlarda kullanılan denim kumaşlardır (Acar, 2005).

Denim kumaş hataları dört grupta incelenebilir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Denim kumaş hataları

Çözü Boyu Hatalar	Çift çözü	Gergin ip
	Cımbar izi	Pamuklama atlama dalma
	Çözgüde kalın ip	Tarak izi
	Çözgü boyu iz	Tarak taharı
	Farklı ip	Yabancı ip
Atkı Boyu Hatalar	Atkıda ince ip	Ayak kaçığı
	Atkıda kalın ip	Bobin değışimi
	Atkı yığılması	Çift atkı
	Atkı bandı	Yarım atkı
	Atkı düzgünsüzlüğü	Roper
Çözgüye Çapraz Hatalar	Atkıda şantuk	Sık seyrek
	Blanket izi	Sanfor blanket kırığı
	Dokumacı kırığı	Sanfor izi
Noktasal Hatalar	Düğüm	Su lekesi
	Delik	Uçuntu
	Kafes	Yağ lekesi
	Pamuklama düğümü	

Denim kumaşın kalite standartlarını etkileyen temel nedenler; atkı ve çözü ipliklerinin özellikleri, dayanıklılığı, kopuş oranları ve dokuma makinesinin duruşlarıdır. Sık görülen atkı ve çözü hataları Çizelge 2.3'deki gibidir.

Çizelge 2.3. Sık karşılaşılan atkı ve çözü hataları

Sık Karşılaşılan Denim Kumaş Hataları	
Atkı	Çözgü
Yarım atkı	Çift çözü
Yarım atkı kaçığı	Çözgü kopuğu
Atkı kaçığı	Çözgü yığılması
Çift atkı	Çözgü kaçığı
Atkı yığılması	

2.2 Kumaş Hata Puan Sistemleri

Günümüzde yaşanan teknolojik ilerlemeler ve üretimdeki iyileştirilmelere oranla kumaşlarda görülen hata çeşitleri ve oranı azalmıştır ancak hata oluşumu kaçınılmaz bir sorundur. Kumaş toplarının sınıflandırılması ve kumaşın birinci kalite mi ikinci kalite mi olduğunun tespiti zor bir karardır. Dokuma kumaş üreticilerinin ve müşterilerin, hataları ve bu

hatalara verilen puanları kendi standartları içerisinde farklı şekillerde yorumlayabilmektedir. Bu sebeple üretici için birinci kalite olarak kabul gören kumaş topu müşteri için ikinci kalite olarak belirlenebilmektedir. Bu çelişkinin ve karmaşanın önüne geçmek amacıyla farklı kumaş denetim sistemleri mevcuttur. Bu denetim sistemlerinden biri de hata puan sistemidir. Hata puan sisteminde her hata için belli sayıda puan tanımlanır. Bu şekilde kumaş topu için belirli puan sayısının üzerine çıkıldığında ikinci kalite olarak sınıflandırılmış olur (Hamby & Grover, 1960).

Tespit edilen bir hataya verilecek puan için çeşitli seçenekler bulunmaktadır. Hatalar için belirlenen puanlar hataların uzunluğuna bağlı olarak değişir. Uzun hataların varlığı kumaş açısından daha önemli sorunlar ortaya çıkaracağı için daha fazla puan atanmaktadır (Kadolph, 2007).

Yaygın olarak kullanılan sistemler şunlardır;

- 4 puan sistemi,
- 10 puan sistemi,
- Graniteville “78” sistemi,
- The Worth Street Rules sistemi.

2.2.1 4 Puan Sistemi

AAMA (American Apparel Manufactures Association - Amerikan Giyim İmalatçıları Ortaklığı) puan derecelendirme sistemi olarak varsayılan 4 puan sistemi, kumaş kalitesini belirlemek için giysi kumaş üreticileri ve A.B.D. savunma birimleri tarafından yaygın olarak kullanılır. Basit ve anlaşılır bir sistemdir. Değerler temel alınarak kumaş kusur ve hatalarına puan değerleri verilir. Çizelge 2.4’te 4 puan sistemine göre hata puanları (ASTM Standard, 2004).

Çizelge 2.4. 4 puan sistemine göre hata puanları

Kumaş hata uzunluğu (uzunluk ve genişlik boyunca)	Puan
0–3 inç arası	1
3–6 inç arası	2
6–9 inç arası	3
9 inç yukarısı	4
Delik ve açıklık ≤ 1 inç	2
Delik ve açıklık ≥ 1 inç	4

Değerlendirme için 100 yd²'deki toplam hata puanları hesaplanır. 40 puan/100 yd²'den yüksek olan kumaş ruloları ikinci kalite olarak düşünülür. Fakat giysi imalatçıları, fiyat ve üretilen giysinin çeşidine göre kabul edilebilir kriterler içinde 40 puan/100 yd²'den daha düşük ya da daha yüksek değerleri uygulayabilirler (Mehta, 1992).

Örneğin 120 yd uzunluğunda ve 48 inç genişliğinde bir kumaş rulosu aşağıdaki hataları içersin.

- 0 ve 3 inç arası 2 adet hata $2*1= 2$ puan
- 3-6 inç arası 5 adet hata $5*2= 10$ puan
- 6-9 inç arası 1 adet hata $1*3= 3$ puan
- 9 inç yukarısı 1 adet hata $1*4= 4$ puan
- Toplam hata puanı = $2+10+3+4 = 19$ puan olacaktır.

Bu durumda 100 yd² kumaşın hata puanını hesaplamak için Denklem (2.1) kullanılır.

$$\frac{\text{Puan}}{100 \text{ yd}^2} = \frac{\text{TP} * 3600}{\text{G} * \text{U}} \quad (2.1)$$

- TP: Toplam puan,
- G: İnç olarak kumaş genişliği,
- U: Denetlenen toplam yd (yarda).

Denklem (2.1) baz alınır, hata puanları uygulandığında sonuç için Denklem (2.2) kullanılır.

$$\frac{\text{Puan}}{100 \text{ yd}^2} = \frac{19 * 3600}{48 * 120} \quad (2.2)$$

Elde edilen değer Denklem (2.3) gibidir.

$$\text{Puan} = \frac{11,9 \text{ hata puanı}}{100 \text{ yd}^2} \quad (2.3)$$

Eğer kabul edilebilir kriter 40 puan/100 yd² ise bu rulo kabul edilebilir.

Ülkemizde kullanımında yd² yerine m² metrekare kullanılmaktadır. Buna bağlı kabul edilebilir kriter puanı revize edilmektedir.

2.2.2 10 Puan Sistemi

10 puan sisteminde hatanın boyutuna göre değerlendirme yapılır. Çizelge 2.5’de 10 puan sistemine göre hata puanları verilmiştir. Hatalar atkı ve çözgü yönünde ayrıldığı için sistem biraz karışık görünebilir (Mehta, 1992).

Çizelge 2.5. 10 puan sistemine göre hata puanları

	Kumaş Hata Uzunluğu	Hata Puanı
Çözgü Yönündeki Hatalar	0-1 inç arası	1
	1-5 inç arası	3
	5-10 inç arası	5
	10-36 inç arası	10
Atkı Yönündeki Hatalar	0-1 inç arası	1
	1-5 inç arası	3
	5 inç-kumaş genişliğinin yarısı	5
	Kumaş genişliğinin yarısından fazla	10

Sistemde hata ne kadar kötü veya sık olursa olsun bir yarda 10 hata puanından daha yüksek puan verilemez. Toplam hata puanı kontrol edilen kumaş yardalarının sayısından düşük ise kumaş birinci kalite olarak sınıflandırılmaktadır (Mehta, 1992).

2.2.3 Graniteville “78” Sistemi

Tekstil endüstrisindeki standart dokuma ve örme kumaşlar için 1975 yılında Graniteville şirketi tarafından geliştirilmiş kalite değerlendirme sistemidir. Graniteville “78” sisteminde belirlenen hata puanları Çizelge 2.6’da verilmiştir. Bu sistemde sadece kesimde kumaşın hatalı kısmının kesilip çıkarılmasını gerektiren veya bitmiş ürünü ikinci kaliteye düşürecek hatalar dikkate alınır. Her yd² veya m² kumaş en fazla 4 hata puanı alabilir. Bir yd uzunluğundaki kumaşın alabileceği en fazla hata puanı kumaş eni ile belirlenir. Kumaş eninin inç olarak uzunluğunun 9’a bölünmesi ile bir yarda uzunluğundaki kumaşa verilebilecek en yüksek hata puanı hesaplanır. Örneğin 48 inç genişliğindeki bir kumaş kontrolünde $48/9=5,33$ ya da 6 puan bir yarda kumaş için verilebilecek en fazla hata puanıdır (Mehta, 1992).

Çizelge 2.6. Granitevile “78” puan sistemine göre hata puanları

Kumaş hata uzunluğu (uzunluk ve genişlik boyunca)	Hata Puanı
0-9 inç arası	1
9-18 inç arası	2
18-27 inç arası	3
27-36 inç arası	4

2.2.4 The Worth Street Rules 4 Puan Sistemi

Kumaş hatalarının değerlendirilmesi ve kalite sınıflaması için The Worth Street Rules 4 puan sistemine göre hata boyutuna karşılık hata puanları belirlenmekte ve 1 yarda (0,9144 m) kumaşa 4 hata puanından daha fazla puan verilmemektedir. Çizelge 2.7’de The Worth Street Rules 4 puan sisteminde belirli hata boyutlarına karşılık gelen hata puanları görülmektedir. 100 yarda uzunluk için 40 hata puanından fazla puanı olan kumaş topları ikinci kalite olarak değerlendirilmektedir (Dülgeroğlu Kısaoğlu, 2010).

Çizelge 2.7. The Worth Street Rules 4 puan sistemine göre hata puanları (ASTM Standard, 2004).

Hata Boyutu	Hata Puanı
0-3 inç arası	1
3-6 inç arası	2
6-9 inç arası	3
9 inç yukarısı	4

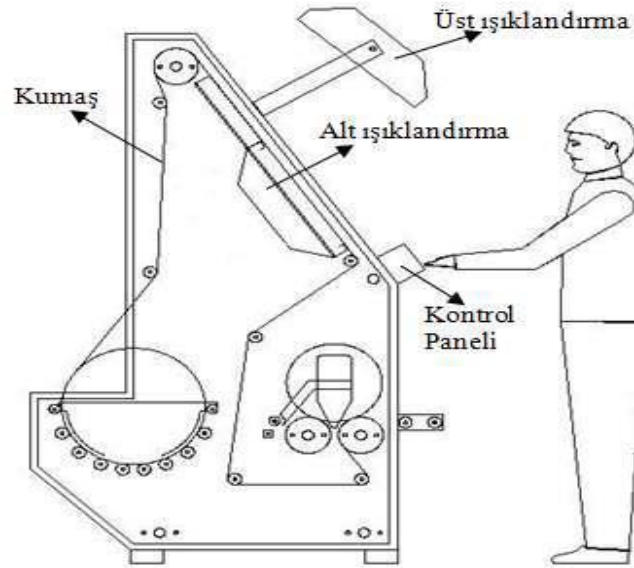
Bu yöntemde, geniş ve belirgin hatalarda denetim sonuçları güvenilir olurken çoğu küçük hata gözden kaçabilmektedir.

2.3 Kumaş Kalite Kontrol Uygulaması

Günümüzde, Türkiye’de ve Dünya’da denim kumaş üretiminde birçok problem yaşanmaktadır (Acar, 2005). Kaliteye ait problemler halen güncelliğini korumaktadır (Kısaoğlu, 2006). Kumaş hatası İngiliz standartlarındaki tanımı ise “mamul kumaşın faydalı enindeki, son ürünün kalitesini düşürecek her tür özellik” olarak tanımlanmaktadır (British Standards Institution, 1983). Türk Standartları Enstitüsü tarafından ise kumaş hataları, “kumaşlarda iplik, yardımcı madde, işçilik, makine, donanım ya da çalışma metodu yüzünden oluşan, gözle görülüp değerlendirilebilen ve kumaşın görünüşünü bozan kusurlar” şeklinde

tanımlanmıştır (Türk Standartları Enstitüsü, 2005). Hatalı üretimden kaynaklanacak maddi kayıp kaygıları nedeniyle, oluşabilecek bu hataların tespiti oldukça önemlidir (İzbudak & Alkan, 2010).

Kumaş tedarikçileri için pazarda yer alabilmek adına kaliteli kumaş üretimi zorunlu hale gelmiştir. Eğer ki istenilen kalitede kumaş üretilmezse tüketici tarafından hataların belirlenmesi maddi kayıpların olmasına kıyasla müşteri kayıplarına yol açmaktadır. Bu sebeple kumaş gönderilmeden önce kumaş toplarının kalite kontrolünün yapılması gereklidir. Üretimi gerçekleşen kumaş toplarının geri açılıp, kumaş üzerindeki hataların gözlem yapılarak belirlenip kalite kontrolü yapılmaktadır (Pradip & Bhardwaj, 1998). Günümüzde denim kumaş kalite kontrol işlemlerinin çoğu tekstilde önemli bir yere sahip olan görsel ışıklı kalite kontrol makinaları ile insanlar tarafından manuel göz taraması ile yapılmaktadır (Conci & Proença, 2000).



Şekil 2.1. Kumaş kalite kontrol makinesi (Çelik, Dülger, & Topalbekiroğlu, 2012).

Denim işletmelerinde kumaş üretilirken, iplik aşamasından kalite kontrol aşamasına kadar birçok sebeplerden kumaş hataları oluşmaktadır. Hataların, tekstil endüstrisinde %85'ini kumaş hataları oluşturmaktadır. Hataların tam anlamıyla belirlenmesi çok zordur. İyi bir eğitime sahip kalite kontrol elemanı bile hataların ancak %70 kadarını belirleyebilir. Bu sebeple kalite kontrol personelinin hatalar konusundaki eğitimi, maliyet ve zaman açısından çok külfetlidir. Bu uzun ve zor sürecin sebebi ise hata çeşitliliğinin çok olmasıdır (Dorrity, Vachtsevanos, & Jasper, 1995).

Kumaş kalite kontrolünün uygulandığı diğer yöntemlerden biri de görüntü analiz yöntemidir. Ancak aktif bir şekilde kullanılmamaktadır. Temel amacı ise görüntüler üzerinde farklı ölçüm ve kontrol sağlamak için kullanılabilir.

Kumar (2003), çalışmasında kumaş hatalarının bulunduğu bölgelerin gri renk değerlerinin değişim sağladığını ve bu doğrultuda hatalı bölgelerin diğer bölgelerden ayrılacağını belirtmiştir (Kumar, 2003).

Kuo ve arkadaşları (2003), çalışmalarında kumaş hatalarından yağ lekesi, delik, atkı ve çözümlü kaçığı hatalarını incelemiştir. Bu hataların gri renk değerlerinin aynı olmadığı kanısına varmışlardır. Yapılan deneyler sonucunda ise hataların şekil ve gri renk değerlerinde farklılıklar olduğunu kanıtlamışlardır (Kuo, Lee, & Tsai, 2003).

Bu alanda yapılmış birçok araştırma bulunmaktadır. Araştırmacılar yukarıdaki örneklerde yer aldığı üzere hata tipini en iyi belirleyecek görüntüleme tekniği ve filtreleme sistemi üzerinde çalışmaktadır. Ancak söz konusu araştırmalar bu tez konusu kapsamı dışında kaldığı için daha ayrıntılı açıklamalara yer verilmemiştir.

3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, çalışmada ele alınan top numaraları, top numaralarının hata puanları ve mamul ürüne etkileri ve kontrol kartları hakkında bilgi verilmektedir.

3.1 Uygulama Yapılan İşletme Hakkında Bilgiler

Çalışmanın gerçekleştirildiği işletme 1985 yılında kurulmuş olan Türkiye'nin en büyük hazır giyim üretim firmalarından biridir. Dünyanın önde gelen markalarına denim ve denim olmayan ürünler üretmektedir. Yıllık ihracatı ise yaklaşık 6,5 milyon adete ulaşmaktadır. İstanbul, Malatya ve Şanlıurfa illerinde 3 üretim tesisi ile günümüzde halen aktif olarak üretim yapmaktadır. 48000 m² kapalı alana ve 1000-5000 toplam çalışan sayısına sahiptir.

3.2 Çalışmada İncelenen Veriler

Çalışmanın gerçekleştirilmesi için bir denim üreticisine ait 3 yıllık üretim verileri analiz edilmiştir. Toplanan veriler bir 3 farklı Excel sayfasında toplanmıştır.

3.2.1 Sevk Edilen Topların Kontrolü Sonrası Hata Puanları

Söz konusu firmada toplanan hata puanları kumaş kalite kontrol talimatına uygun bir şekilde toplanmıştır. Kumaş kalite kontrol talimatının detayları ise aşağıdaki gibidir.

Sevk edilen kumaşa ait evrak ile gelen kumaşın uygunluğu kontrol edilir. Daha sonrasında çeki listesi talep edilmelidir. Çeki listesi miktarı ile sevk edilen kumaş miktarları karşılaştırılır. Top numaraları ve top sayılarının doğruluğu, toplarda herhangi bir hasar olup olmadığı kontrol edilir. Toplarda hasar olması durumunda tutanak tutulup, kumaş satın alma birimine iletilir. Herhangi bir sorun yok ise kontrol edilmesi için “Gelen Kumaş Bekleme Alanına” taşınır.

Bir metredeki hataların toplamı 4 puanı geçse bile en fazla 4 puan kabul edilir. Aynı yerde iki veya daha fazla ipliğin kopuk olduğu yerler delik hatası olarak tanımlanır. Her delik hatası büyüklüğü ne olursa olsun, büyük hata olarak değerlendirilir ve 4 puandır. Çapı 15 cm ve daha geniş delik hataları toptan ayrılmalıdır. Kumaşlar “4 Puan” sistemine göre kontrol edilir. İki kenar arasındaki, gözle görülen tüm hatalar, hata büyüklüğüne göre 1 ile 4 puan arasında değerlendirilir. Hata puanlaması da Çizelge 3.1'deki gibi yapılmaktadır.

Çizelge 3.1. Firma tarafından yapılan 4 puan sistemine göre hata puanları

Kumaş iki kenar arası hata uzunluğu	Puan
7,5 cm'den küçük hatalar	1
7,5 cm-15 cm arası hatalar	2
15 cm-22,5 cm arası hatalar	3
22,5'den büyük hatalar	4
Kumaşın eni boyunca gelen 15 cm'den büyük hatalar	4
Bütün delikler, büyüklüğü ne olursa olsun	4

Büyük hatalar olarak belirtilen hatalar aşağıdaki gibidir:

- 4 puanlık hatalar büyük hata olarak değerlendirilir.
- Herhangi bir top 2 parçadan oluşuyorsa, 2. parçaya 4 puanlık hata verilerek kontrol edilir.
- Herhangi bir topta büyük hata adedi 100m²'de 4 adetten fazla olmamalıdır.
- Bir topun başından ve sonundan 3 metre içeride en az 2 metre ile devam eden büyük hata olamaz. Bu tür toplar 2. Kalite (1A) olarak adlandırılır.

Firmaya ait kabul edilebilir maksimum hata puanları da ayrıca belirlenmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Kabul edilebilir maksimum hata puanları

Kumaş iki kenar arası uzunluğu boyunca	Puan/Adet
Top bazında maksimum hata puanı / 100m ²	20 Puan
Sevkiyat bazında maksimum hata puanı / 100m ²	14 Puan
2. Kalite (1A) toplam hata puanı / 100m ²	>20 Puan
Toptaki maksimum büyük hata sayısı / 100 ²	4 Adet

Kabul edilebilir maksimum hata puanlarına ait formüller de aşağıdaki gibidir.

100m²'deki top bazında maksimum hata puanını hesaplamak için Denklem (3.1) kullanılmaktadır.

100m²'deki sevkiyat bazında maksimum hata puanını hesaplamak için Denklem (3.2) kullanılmaktadır.

100m²'deki 2. Kalite (1A) toplam hata puanını hesaplamak için Denklem (3.3) kullanılmaktadır.

100m²'deki toptaki maksimum büyük hata sayısını hesaplamak için Denklem (3.4) kullanılmaktadır.

$$\frac{\text{Top Hata Puanı}}{100\text{m}^2} = \frac{\text{Toptaki Toplam Hata Puanı}}{\text{Kumaş Eni} \times \text{Top Uzunluğu}} \times 100 \quad (3.1)$$

$$\frac{\text{Sevkiyat Hata Puanı}}{100\text{m}^2} = \frac{\text{Sevkiyattaki Toplam Hata Puanı}}{\text{Kumaş Eni} \times \text{Toplam Sevkiyat Metrajı}} \times 100 \quad (3.2)$$

$$\frac{\text{Top Maksimum Büyük Hata Adedi}}{100\text{m}^2} = \frac{\text{Toptaki Büyük Hata Adedi}}{\text{Top Uzunluğu}} \times 100 \quad (3.3)$$

$$\frac{\text{Sevkiyat Maksimum Büyük Hata Adedi}}{100\text{m}^2} = \frac{\text{Sevkiyattaki Büyük Hata Adedi}}{\text{Toplam Sevkiyat Metrajı}} \times 100 \quad (3.4)$$

Söz konusu sayfada tüm veriler 44424 adet satır 17 adet sütunda toplanmıştır (Şekil 3.1). Sütunlar da kumaşlara ait şu bilgiler yer almaktadır.

- Top numarası: Kumaş tedarikçileri tarafından sevk edilen kumaşlara ait topların numaralarının bulunduğu listedir.
- Tedarikçi ölçülen uzunluk bilgisi (mt): Sevk edilen kumaş toplarının ölçülen metre cinsinden uzunluk bilgisinin yer aldığı sütundur.
- Firma ölçülen uzunluk bilgisi (mt): Sevk edilen kumaş toplarının firma tarafından metre cinsinden uzunluk ölçümlerinin yapıldığı ve verilerin işlendiği sütun bilgisidir.
- Tedarikçi ölçülen en bilgisi (cm): Sevk edilen kumaş toplarının ölçülen en bilgisinin santimetre cinsinden yer aldığı sütundur.
- Firma ölçülen en bilgisi (cm): Sevk edilen kumaş toplarının firma tarafından ölçümlerinin santimetre cinsinden yapıldığı ve en bilgisinin yer aldığı sütundur.
- Firma kalite kontrol departmanı ölçülen en bilgisi (cm): Ayrıca firmada bulunan kalite kontrol departmanın ölçüm yapıldığı verilen yer aldığı sütun bilgisidir.
- 1 puana sahip hata adedi: 4 puan sistemine göre yapılan kontroller sonrası 1 puana sahip hata adedinin yer aldığı sütundur.
- 2 puana sahip hata adedi: 4 puan sistemine göre yapılan kontroller sonrası 2 puana sahip hata adedinin yer aldığı sütundur.
- 3 puana sahip hata adedi: 4 puan sistemine göre yapılan kontroller sonrası 3 puana sahip hata adedinin yer aldığı sütundur.
- 4 puana sahip hata adedi: 4 puan sistemine göre yapılan kontroller sonrası 4 puana sahip hata adedinin yer aldığı sütundur.
- Toplam puan: 4 puan sistemine göre yapılan kontroller sonrası toplam puanın yer aldığı sütundur.

- Firma 100 m²'deki hata puanı: 4 puan sistemine göre kumaşın 100 m²'ye denk gelen hata puanların yer aldığı sütundur.
- Tedarikçi 100 m²'deki hata puanı: Tedarikçi tarafından yapılan kontrol sonrası 4 puan sistemine göre kumaşın 100 m²'ye denk gelen hata puanların yer aldığı sütundur.
- Kalite kontrol tarihi: Kumaş toplarının kontrolünün yapıldığı sütundur.
- Operatör açıklamaları: Kumaşa ait verilen girilemediği ve hata görülen sütundur. Hataların açıklamaları yer almaktadır. Örn: kumaşta çift barkod var.
- Kumaş adı: Firma ve tedarikçi tarafından ortak kullanılan kumaş isimlerinin yer aldığı sütundur.

Top No	Tedarikçi Uz.(mt)	Firma Uz.(mt)	Tedarikçi En (cm)	Firma Ölç En (cm)	Firma Kalite (cm)	1 Puan	2 Puan	3 Puan	4 Puan	Toplam Puan	Firma 100 m2 Puan	Tedarikçi 100 m2 Puan	Kalite Kont Tar
60847465	150	149,2	148,5	148	148	17	0	0	0	17	7,7	5,4	17.01.2019
60848731	146,1	145,8	149,5	149	149	16	0	0	3	28	12,89	10,1	17.01.2019
60847463	150	149,6	148,2	148	148	32	0	0	1	36	16,26	8,1	17.01.2019
60848533	120	119,8	149,5	149	149	8	0	0	0	8	4,48	2,8	17.01.2019
60853075	103	102,2	148,5	148	148	2	0	0	1	6	3,97	6,6	09.01.2019
60853165	166,1	165,2	150,5	149	149	30	1	1	3	47	19,09	2	09.01.2019
60853170	127,5	127,2	150	149	149	7	0	0	0	7	3,69	1,6	09.01.2019
60853070	90,5	90,1	149	148	148	10	1	0	2	20	15	7,6	09.01.2019
60853201	165	161,1	149,5	149	149	12	1	1	2	25	10,41	9,8	09.01.2019
60853212	145,3	144,6	149,5	148	149	7	0	0	0	7	3,25	1,8	09.01.2019
60853222	137,1	136,7	150	149	150	9	1	0	0	11	5,36	1,4	09.01.2019
60853225	130	129,4	149,5	148	148	6	1	1	0	11	5,74	1	09.01.2019
60853188	150	149,1	150	149	149	8	0	0	1	12	5,4	4,4	09.01.2019
60853192	126,7	126,1	149,5	149	149	12	0	0	1	16	8,52	7,4	09.01.2019
60855898	169	168,4	150,5	150	150	13	0	0	0	13	5,15	0,4	07.01.2019
60855937	160	159,4	150	150	150	6	0	0	0	6	2,51	1,7	10.01.2019
60855938	160	159,8	150	150	150	9	0	1	1	16	6,68	2,9	08.01.2019
60856043	168,4	168,1	148,6	148	148	8	1	1	0	13	5,23	2,8	09.01.2019
60856044	160	159,6	149	149	149	7	1	1	1	16	6,73	2,5	09.01.2019
60856045	160	159,6	149	149	149	9	0	1	0	12	5,05	0,8	09.01.2019
60856047	160	159,3	149	149	149	5	0	1	0	8	3,37	1,2	10.01.2019
60856049	145	144,1	149,5	149	149	9	0	1	0	12	5,59	0,9	07.01.2019
60856050	126,6	126,1	149,7	149	149	7	0	1	2	18	9,58	6,4	07.01.2019
60853166	181,8	180,3	150	149	149	12	0	0	2	20	7,44	3,7	09.01.2019
60855829	95	94,2	150	150	150	10	0	1	2	21	14,86	7,7	07.01.2019
60855830	99,1	99	150	150	150	9	1	0	2	19	12,79	6	09.01.2019
60855878	147,8	147,2	150,5	149	149	8	0	0	0	8	3,65	2,7	08.01.2019

Şekil 3.1. Sevk edilen kumaşların top numaralarına ait bilgiler

3.2.2 İlgili Bitmiş Ürüne Ait Kullanılan Kumaşlar ve Toplar

İlgili sayfa tüm veriler 120933 adet satır 8 adet sütunda toplanmıştır (Şekil 3.2). Sütunlar da kumaşlara ait şu bilgiler yer almaktadır.

- Depo bilgisi: Kumaşa ait hangi topların hangi depoda yer aldığını gösteren sütundur.
- İlgili topun metraj bilgisi: İlgili topa ait metre cinsinden uzunluğu yer aldığı sütundur.
- Tedarikçi en bilgisi (cm): Tedarikçi tarafından yapılan kontroller sonrası santimetre cinsinden en bilgisinin yer aldığı sütundur.
- Firma en bilgisi (cm): Firma tarafından yapılan kontroller sonrası santimetre cinsinden en bilgisinin yer aldığı sütundur.

- Sipariş numarası: Kumaş toplarının firmada bulunan ilgili departmanlar tarafından hangi sipariş numarasına atandığını gösteren sütun bilgisidir.
- Top numarası: Kumaşa ait top numarasının hangi top numarası olduğu gösteren sütundur.
- Kumaş adı: Firma ve tedarikçi tarafından ortak kullanılan kumaş isimlerinin yer aldığı sütundur.

Depo	Alım Miktar	Tedarikçi Er	Firma Er	Tedarikçi Lot	Sipariş No	Top No	Kumaş Adı
Kumaş (Denim) Depo	20	145	144	54	28443	1498056	Jimmy Mc Str Flat Fix;Multicolour;
Kumaş (Denim) Depo	45	143	142	RENK18 546	39231	5712077	70118d Corona Air Blue Od Black;Air Blue;
Kumaş (Denim) Depo	76	170	168	555	37745	623358	2226 Sprinter;Mid Blue;
Kumaş (Denim) Depo	34,4	0	0	454	39958	630470	7324 - Petra Grey;Grey;
Kumaş (Denim) Depo	116,6	170	168	655	44441	740264	Org. 4701 Black Od;Black Mamba;
Kumaş (Denim) Depo	122,8	170	168	655	44441	740269	Org. 4701 Black Od;Black Mamba;
Kumaş (Denim) Depo	123,3	170	167	655	44441	740277	Org. 4701 Black Od;Black Mamba;
Kumaş (Denim) Depo	130,7	170,5	167	655	44441	740957	Org. 4701 Black Od;Black Mamba;
Kumaş (Denim) Depo	102,6	170	167	655	44441	740959	Org. 4701 Black Od;Black Mamba;
Kumaş (Denim) Depo	21,6	170	167	655	44441	740959	Org. 4701 Black Od;Black Mamba;
Kumaş (Denim) Depo	163	147,5	142	46	24744	13598077	10269 Logan;1;
Kumaş (Denim) Depo	77,2	145	143	46	24744	13598078	10269 Logan;1;
Kumaş (Denim) Depo	55,3	146	144	46	24744	13598079	10269 Logan;1;
Kumaş (Denim) Depo	148,4	146,5	145	46	24744	13598081	10269 Logan;1;
Kumaş (Denim) Depo	166	146	145	46	24744	13598094	10269 Logan;1;
Kumaş (Denim) Depo	108	146	144	46	24744	13598099	10269 Logan;1;
Kumaş (Denim) Depo	150,1	146	145	46	24744	13598100	10269 Logan;1;
Kumaş (Denim) Depo	12	133,5	133	64	29032	60614481	3106;Deep Sky;
Kumaş (Denim) Depo	26,5	134	132	64	29351	60614615	3106;Deep Sky;
Kumaş (Denim) Depo	30	133,5	134	RYK	29228	60644947	3106;Deep Sky;
Kumaş (Denim) Depo	135	132	131	56	38311	60861884	3416 (B1439);Feramin;
Kumaş (Denim) Depo	72	0	131		37983	60861896	3416 (B1439);Feramin;
Kumaş (Denim) Depo	20	129	127,5	0	34053	60870922	3304;Jasper;
Kumaş (Denim) Depo	7,5	147,5	146	34	34778	60890798	3204;Jasper;
Kumaş (Denim) Depo	2,5	147,5	146	34	34778	60890798	3204;Jasper;

Şekil 3.2. Bitmiş ürüne ait kullanılan top numarası ve kumaş adı

3.2.3 Bitmiş Ürüne Ait Sipariş Adedi, Hata Adedi ve Kullanılan Kumaş

İlgili sayfa tüm veriler 307460 adet satır 13 adet sütunda toplanmıştır (Şekil 3.3). Sütunlar da kumaşlara ait şu bilgiler yer almaktadır.

- Müşteri bilgisi: Ürünün hangi müşteri için üretildiğini belirten sütundur. Örn: Levi's.
- Ürün grubu: Ürüne ait cinsiyet bilgisinin yer aldığı sütundur. Örn: Erkek.
- Ürün cinsi: Ürünün cinsinin ne olduğu belirten sütundur. Örn: Pantolon.
- Sipariş numarası: Ürünün hangi sipariş numarası için üretildiği gösteren sütundur.
- Sipariş adedi: Müşteri tarafından kaç adet sipariş istendiğini gösteren sütundur.
- Kesim adedi: Ürüne ait kesilen ürün sayısının belirtildiği sütundur.
- 2. Kalite nedeni: Hatanın sebebinin ne olduğunun yazıldığı sütundur. Örn: Dokuma hatası.
- Hata kaynağı: Hatanın kumaş kaynaklı olduğunu belirten sütundur.
- Hatalı ürün adedi: Yapılan kontroller sonrası kaç adet hatalı ürünün olduğunu gösteren sütundur.
- Planlanan adet: Kesim sonrası fire dahil kaç adet ürün üretim yapılacağını

belirtildiği sütundur.

- Tedarikçi bilgisi: Kumaşın hangi tedarikçi firmadan alındığını gösteren sütundur.
- Kumaş adı: Firma ve tedarikçi tarafından ortak kullanılan kumaş isimlerinin yer aldığı sütundur.

Müşteri	Ürün Cinsi	Sipariş Adedi	Kesim Adedi	2K Nedeni	Hata Kaynağı	Hatalı Ürün Sayısı	Plan Adeti	Ürün Grubu	Tedarikçi	Sipariş Numarası	Kumaş Adı
evi Strauss & C	Pantolon	800	836	DELİK	Kumaş	10	840	Bayan	Tekstil San. Tic.	31552	K1
evi Strauss & C	Pantolon	2600	2719	DELİK	Kumaş	20	2725	Bayan	Tekstil San. Tic.	31518	K2
evi Strauss & C	Pantolon	176	182	OKUMA HATA	Kumaş	90	182	Bayan	L Dyeing And	50832	K3
evi Strauss & C	Pantolon	215	199	OKUMA HATA	Kumaş	97	198	Bayan	adolu Tic. San	49011	K4
HUGO MAN	Pantolon	80	80	OKUMA HATA	Kumaş	39	80	Erkek	adolu Tic. San	31853	K5
evi Strauss & C	Pantolon	39	39	OKUMA HATA	Kumaş	32	104	Erkek	Hsing Textile C	32681	K6
A gold E	Pantolon	358	375	OKUMA HATA	Kumaş	113	375	Bayan	İşletmeleri Sar	34161	K7
HUGO MAN	Pantolon	1302	1302	OKUMA HATA	Kumaş	279	1286	Erkek	Candiani S.P.A.	34510	K8
evi Strauss & C	Pantolon	2791	2930	DELİK	Kumaş	15	2938	Bayan	Tekstil San. Tic.	31519	K9
A gold E	Pantolon	700	734	OKUMA HATA	Kumaş	148	734	Bayan	İşletmeleri Sar	34681	K10
evi Strauss & C	Pantolon	466	477	OKUMA HATA	Kumaş	32	165	Bayan	Tekstil San. Tic.	50730	K11
HUGO MAN	Pantolon	430	430	OKUMA HATA	Kumaş	82	430	Erkek	İşletmeleri Sar	31455	K12
evi Strauss & C	Pantolon	200	204	OKUMA HATA	Kumaş	38	204	Bayan	Hsing Textile C	49434	K13
evi Strauss & C	Pantolon	260	272	DELİK	Kumaş	3	270	Bayan	Tekstil San. Tic.	31732	K14
arc O-Polo Cas	Pantolon	1206	1283	OKUMA HATA	Kumaş	225	1283	Bayan	adolu Tic. San	35912	K15
evi Strauss & C	Pantolon	600	621	DELİK	Kumaş	10	624	Bayan	Tekstil San. Tic.	31491	K16
oss-Boss Man E	Pantolon	100	100	OKUMA HATA	Kumaş	15	86	Erkek	I.M.A. TEX SRL	32842	K17
evi Strauss & C	Pantolon	400	410	DELİK	Kumaş	11	413	Bayan	Tekstil San. Tic.	31492	K18
HUGO MAN	Pantolon	1820	1820	OKUMA HATA	Kumaş	295	1715	Erkek	İşletmeleri Sar	43492	K19
COSTE LIVE MI	Ceket	1603	1650	OKUMA HATA	Kumaş	261	1649	Erkek	icolor Texteis	38496	K20
A gold E	Pantolon	600	733	OKUMA HATA	Kumaş	114	733	Bayan	İşletmeleri Sar	35609	K21
evi Strauss & C	Pantolon	342	348	OKUMA HATA	Kumaş	18	119	Bayan	adolu Tic. San	48754	K22
oss-Boss Man E	Pantolon	370	370	OKUMA HATA	Kumaş	54	370	Erkek	rejidos Royo S	35505	K23
HUGO MAN	Pantolon	534	534	OKUMA HATA	Kumaş	75	534	Erkek	İşletmeleri Sar	37859	K24
evi Strauss & C	Pantolon	50	51	OKUMA HATA	Kumaş	7	51	Bayan	Candiani S.P.A.	31682	K25
HUGO MAN	Pantolon	1306	1306	OKUMA HATA	Kumaş	60	449	Erkek	İşletmeleri Sar	46014	K26
A gold E	Pantolon	500	524	OKUMA HATA	Kumaş	69	522	Bayan	İşletmeleri Sar	34076	K27
JOOP	Pantolon	2508	2630	OKUMA HATA	Kumaş	336	2630	Erkek	til San. Ve Tic.	48408	K28
andro Andy SA	Pantolon	570	592	OKUMA HATA	Kumaş	75	592	Bayan	İş Ticaret Paza	37531	K29
arc O-Polo Cas	Pantolon	3200	3295	OKUMA HATA	Kumaş	413	3295	Bayan	adolu Tic. San	34698	K30
JOOP	Pantolon	179	186	OKUMA HATA	Kumaş	23	186	Erkek	Candiani S.P.A.	33698	K31
evi Strauss & C	Pantolon	50	50	OKUMA HATA	Kumaş	6	50	Bayan	ic Milliners Pv	46327	K32
arc O-Polo Cas	Elbise	1489	1562	OKUMA HATA	Kumaş	183	1562	Bayan	Soorty Denim	40849	K33
evi Strauss & C	Pantolon	1685	1734	OKUMA HATA	Kumaş	201	1734	Bayan	ic Milliners Pv	51111	K34

Şekil 3.3. Bitmiş ürüne ait gerekli bilgiler

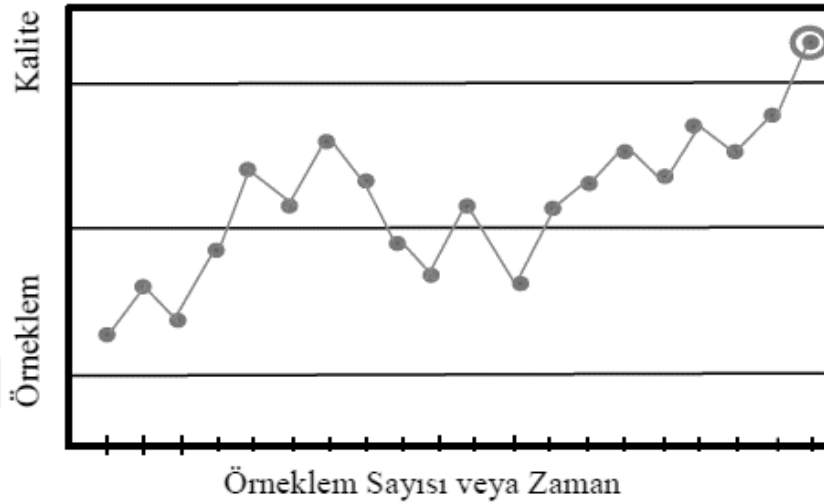
3.3 Kontrol Kartları

Bu bölümde kontrol kartları üzerine kısa bir bilgi verilmiştir. Kontrol kartlarının teorik yapısı, W. E. Shewhart tarafından 1926 yılında oluşturulmuştur (Doğan İpekgil & Tutuncu, 2003). Sürecin kontrol altında tutulmasını sağlamak için istatistiksel yöntemler kullanılıp, desteklenmiştir. Öte yandan ise ekonomik ve güvenilirdir (Başkan, 1994).

Basit bir kontrol kartı, üç yatay çizgiden oluşur. Bu çizgiler ise alt ve üst sınırların bulunduğu yatay çizgiler ve orta (merkezi) yatay çizgilerdir. Orta (merkezi) yatay çizgi dağılımın istenilen standart değerini ya da ortalamasını gösterir. %95 olasılık sınırları olan $\pm 2\sigma$ uzaklığa çizilen iki yatay doğru uyarı sınırlarıdır. Alt ve üst kontrol limitleri olarak da bilinen %99,73 güvenlilikle orta çizginin $\pm 3\sigma$ uzaklığına çizilen iki yatay doğru ise eylem sınırlarını oluşturur. Kontrol altında olan bir üretimde herhangi bir değişimin sıklıkla $\pm 3\sigma$ sınırları içerisinde olması beklenir. Bu sınırların dışına düşen değerler ise hatanın varlığını gösterir ve bu hatanın önlenmesi gerektiğini belirtir (Dülgeroğlu Kısaoğlu, 2010).

Herhangi bir üretimden eşit ve belirli zamanlarda alınan veriler sonucu elde edilen ölçüm değerlerinin zaman içerisindeki değişimleri “kontrol kartlarını” oluşturmaktadır. Kontrol kartları üç çizgiden oluşmaktadır. Bu üç çizgi aşağıdaki gibi adlandırılabilir (Şekil 3.4).

- Merkezi çizgi
- Üst kontrol sınırı
- Alt kontrol sınırı (Bircan & Gedik, 2003).

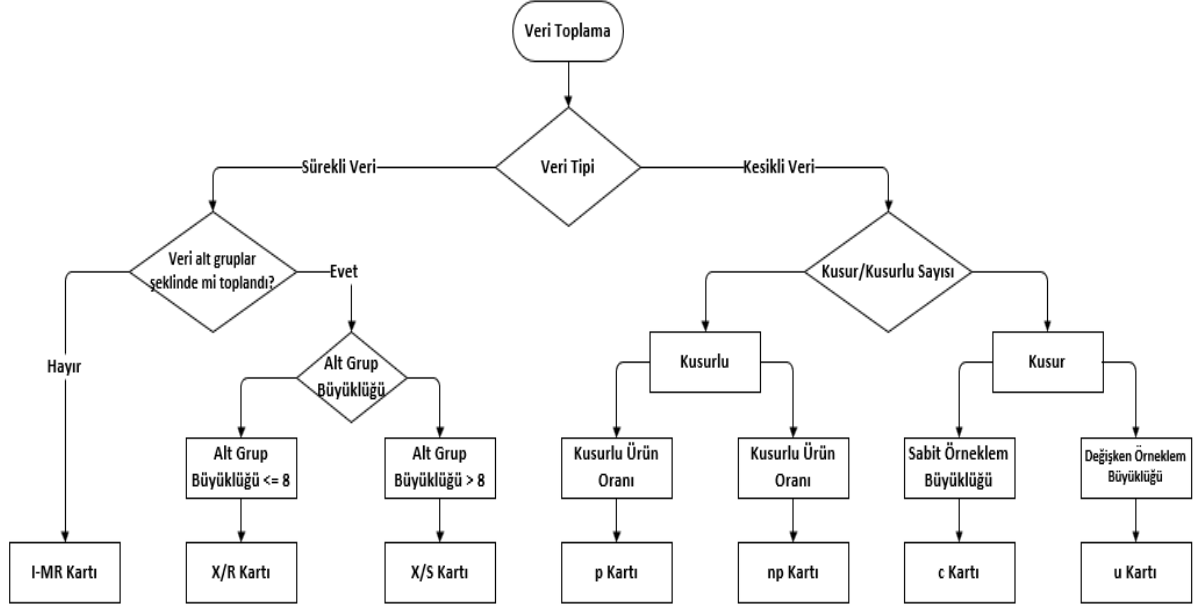


Şekil 3.4. Basit bir kontrol kartı örneği (Kara, 2019).

Kontrol kartlarının en önemli kullanım nedenlerinden biri hatalı üretim yapılmadan önce prosesi kontrol altında tutup, gerekli önlemlerin alınmasını sağlamaktır. Bu amacın yerine getirilebilmesi için en çok tercih edilen yöntem ise kontrol kartlarıdır. Daha detaylı incelendiğinde bu tekniğin neden tercih edildiğine dair sebepler aşağıdaki gibidir.

- Kontrol kartları istatistiksel kontrolde en iyi ifade edilebilen bir yöntemdir.
- Çok farklı biçimlerde kullanılabilir.
- Kontrol kartları geçmiş ve gelecek dönemler hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlamaktadır. Elde edilen verilerin kontrol altında olup olmadığını inceler.
- Süreç iyileştirmede en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir.
- Hata oranı, standart sapma ve ortalama değerler gibi verilerin tahmin edilmesini sağlar.
- Verimliliği arttıran ve bunu kanıtlayan bir yöntemdir. Verimliliğin artmasından dolayı maliyet azalır, üretim kapasitesi artar.

Kontrol kartları hataların önlenmesini de sağlamaktadır. Sürecin en başında hata önlenir (Grant & Leavenworth, 1988).



Şekil 3.5. Kontrol kartlarının sınıflandırılması (Ünal & Ağırhan, 2018).

Kontrol kartlarını elde edilen verilerin türüne sınıflandırılması Şekil 3.5’de verilmektedir. Sayısal ölçümlerle belirtilebilen değerlerin izlenebilmesi için kullanılan Shewhart tipi nicel (ölçülebilir) kontrol kartları, birlikte kullanılan \bar{X} -R, \bar{X} -s ve I-MR kontrol kartlarıdır. Shewhart tipi nitel (ölçülemeyen) kontrol kartları ise p, np, c ve u kontrol kartlarıdır.

3.3.1 \bar{X} -R (Ortalama ve Değişim Aralığı) Kontrol Kartı

Süreçlerden alınan örneklem değerlerinin ölçülebilir değerler olduğu durumlarda ve sayısal olarak ifade edilebilen durumlarda kullanılabilir. Ölçülebilir veriler için ortalama ve standart sapma kontrol grafiklerinin de kullanılması mümkündür. Örneklem büyüklüğünün 10’un altında olması durumunda \bar{X} -R kontrol kartları, 10’a eşit ve üzerinde olması durumlarında ise \bar{x} -s kontrol kartlarının kullanılması önerilmektedir. Bu kontrol kartı iki temel sebebe dayanır. Ortanca tarafından merkezi eğilimin değeri, değişim aralığı tarafından ise değişkenlik değeri ölçülmektedir. \bar{X} kontrol kartının kontrol sınırları, R kontrol kartının merkez çizgisi kullanılarak oluşturulmaktadır (Aydın & Kargı Arıkan, 2018).

Ortalama (\bar{X}) kontrol kartları, prosesin merkezi değerini zamana göre durumunu belirtirken, değişim aralığı (R) kontrol kartları ise prosesin yayılımını zamana göre değerlendirmektedir. \bar{X} ve R kontrol kartlarının limit değişikliğinin 3 olarak baz alındığı durumda hesaplamasına ilişkin formüller Çizelge 3.3’deki gibidir (Kara, 2019).

Çizelge 3.3. \bar{X} -R kontrol kartı kontrol limitleri

	\bar{x} Kontrol Kartı	R Kontrol Kartı
ÜKL	$\bar{\bar{X}} + \frac{3}{d_2\sqrt{n}}\bar{R} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$	$\bar{R} + 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} + 3d_3\frac{\bar{R}}{d_2} = D_4\bar{R}$
MÇ	$\bar{\bar{x}}$	\bar{R}
AKL	$\bar{\bar{X}} - \frac{3}{d_2\sqrt{n}}\bar{R} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	$\bar{R} - 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} - 3d_3\frac{\bar{R}}{d_2} = D_4\bar{R}$

A_2, D_3, D_4 ve d_2, d_3 değerleri bir örnekleme yer alan gözlem sayısına bağlı sabitlerdir.

3.3.2 \bar{X} -S (Ortalama ve Standart Sapma) Kontrol Kartı

Örneklem büyüklüğü n , $n > 10$ veya $n > 12$ gibi ortalama bir büyüklükte olduğu durumlarda ve örneklem büyüklüğü değişkenlik gösterdiği durumlarda standart sapma kontrol grafiği kullanılır (Montgomery, 2001).

Ölçülebilen değerler için oluşturulan grafiklerde olduğu gibi ortalama ve standart sapma kontrol grafikleri prosesin ortalama kalite değerini belirlerken, bir bakıma da standart sapma ile de kalite değerinin değişkenliğini ölçmektedir. Genellikle ortalama ve değişim aralığı (\bar{X} -R) kartlarına benzemektedir. Aralarındaki farklardan biri ise örneklem büyüklüğünün çok büyük olduğu önemli süreçleri kontrol edip, izlemek için kullanılabilir (Pyzdek, 2003). Örneklem büyüklüğünün 10'dan büyük olduğu durumlarda R kontrol kartının etkin olmaması sebebiyle, s örneklem standart sapmasının doğrudan hesaplandığı s kontrol kartları tercih edilmektedir.

Her birinde n adet gözlem olan m adet örnek için kontrol limiti genişliğinin 3 olarak baz alındığı durumda \bar{X} ve s kontrol kartları kontrol limitleri Çizelge 3.4'de verilmektedir (Kara, 2019).

Çizelge 3.4. \bar{X} -S kontrol kartı kontrol limitleri

	\bar{x} Kontrol Kartı	S Kontrol Kartı
ÜKL	$\bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{s}}{c_4\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{s}$	$\bar{s} + 3\frac{\bar{s}}{c_4}\sqrt{1 - c_4^2} = B_4\bar{s}$
MÇ	$\bar{\bar{x}}$	\bar{s}
AKL	$\bar{\bar{X}} - \frac{3\bar{s}}{c_4\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{s}$	$\bar{s} - 3\frac{\bar{s}}{c_4}\sqrt{1 - c_4^2} = B_3\bar{s}$

A_3, B_3, B_4 ve c_4 değerleri bir örnekleme yer alan gözlem sayısına bağlı sabitlerdir.

3.3.3 I-MR Kontrol Kartları (Tekil Gözlemler İçin Kontrol Kartları)

Toplanan veriler doğrultusunda alt grup oluşturmanın mümkün olmadığı durumlarda, alt grup büyüklüğü $n=1$ olup her bir alt grubun aslında tekil bir gözlem olduğunu belirtmektedir. Tekil gözlemler için kontrol grafiğinin kullanıldığı durumlar aşağıdaki gibidir.

- Elde edilecek verilen oluşma hızının yavaş olduğu durumlarda,
- Sürece göre birden fazla verinin toplanmasının bir anlamı olmadığı durumlarda,
- Veri toplamanın maliyetli olduğu durumlarda kullanılmaktadır.

Her alt gruplar arasındaki farkın, değişim ölçüsü olarak değerlendirilmelidir. Bu kontrol grafiklerinin kullanımı ile ilgili en kritik noktalardan biri de standart sapmanın tahminidir. En çok kullanılan standart sapma tahmincisi ise hareketli değişim aralığıdır.

Örneklem büyüklüğünün bir olduğu durumlarda I ve MR kontrol grafikleri birlikte kullanılabilir. I grafiği örneklerin konumunu, MR grafiği ile ise sürecin yaşadığı değişimleri takip edilmektedir. Kontrol limitinin 3 olarak baz alındığı durumlarda kontrol grafiklerine ait kontrol limitleri Çizelge 3.5'teki gibidir (Kara, 2019).

Çizelge 3.5. I-MR kontrol kartı kontrol limitleri

	I Kontrol Grafiği	MR Kontrol Grafiği
ÜKL	$\bar{X} + L \cdot \frac{\overline{MR}}{d_2}$	$D_4 \overline{MR}$
MÇ	\bar{X}	\overline{MR}
AKL	$\bar{X} - L \cdot \frac{\overline{MR}}{d_2}$	$D_3 \overline{MR}$

L kontrol kartı limitlerinin genişliğini belirten ve çoğunlukla 3 olarak alınan sabit parametreyi göstermektedir. d_2 ise birbirini izleyen gözlemlerin hareket aralığına ait farklar için yansızlık sabitini ifade etmektedir.

Kontrol kartının kontrol limitlerinin hesaplanması için değişim aralığına ait formül Denklem (3.5) gibidir.

$$MR_i = |x_i - x_{i-1}| \quad (i=1, \dots, m) \quad (3.5)$$

Değişim aralığının ortalaması formül Denklem (3.6) gibi hesaplanmaktadır.

$$\overline{MR} = \frac{\sum MR}{m-1} \quad (3.6)$$

Söz konusu çalışmada kullanılacak olan metot kumaş topları farklı zamanlarda geldiği, kontrol edildiği ve farklı topların gruplandırılarak değerlendirilmesi kumaş kalitesi açısından rasyonel bir bilgi sağlamayacağı için I-MR kontrol kartlarının kullanılması tercih edilmiştir.

3.3.4 Uygunsuzların Oranı için (\bar{p}) Kontrol Kartları

Uygunsuz birimlerin oranlarını belirlemek için p kontrol kartları kullanılmaktadır. Baz alınan verinin belirlenen şartlara uymaması olasılığı p ile ifade edilmektedir. p'nin bilinmediği durumlarda verilerden tahminlenmesi gerekmektedir. Her bir n adet gözlem içeren m adet örneğin uygunsuz birim sayısı Denklem (3.7) baz alınır, hesaplanır.

$$D_i (i=1,2,\dots,m) \quad (3.7)$$

i. örnek için uygunsuz oranı Denklem (3.8) gibidir.

$$\hat{p}_i = \frac{D_i}{n} \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (3.8)$$

m tane örnek için uygunsuzların ortalaması Denklem (3.9) gibi hesaplanmaktadır.

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{mn} = \frac{\sum_{i=1}^m \hat{p}_i}{m} \quad (3.9)$$

p kontrol kartı kontrol limitleri Çizelge 3.6'da verilmiştir (Kara, 2019).

Çizelge 3.6. \bar{p} kontrol kartı kontrol limitleri

p Kontrol Grafiği	
ÜKL	$\bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
MÇ	\bar{p}
AKL	$\bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$

3.3.5 Uygunsuzların Sayısı için ($n\bar{p}$) Kontrol Kartları

Uygunsuzların sayısını ($n\bar{p}$) elde etmek için kullanılan kontrol kartlarıdır. np kontrol kartı tek veya birden çok kalite karakteristiğini kontrol edebilmektedir. p'nin bilinmediği durumlarda gözlemlenen verilerden tahmin edilmesi beklenir. Çizelge 3.7'de np kontrol kartının 3-sigma kontrol limitleri verilmiştir (Kara, 2019).

Çizelge 3.7. $n\bar{p}$ kontrol kartı 3-sigma kontrol limitleri

np Kontrol Grafiği	
ÜKL	$n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$
MÇ	$n\bar{p}$
AKL	$n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$

3.3.6 Uygunsuzluklar için (c) Kontrol Kartları

Sürecin değerlendirilme koşulları, bir veri için belirtilen şartlardan bir veya daha fazlasının sağlanamadığı durumlarda uygunsuz olarak tanımlanan veride gözlemlenen uygunsuzluk sayısına göre değerlendirilmektedir.

c kontrol kartı, kusurlu oranın hesaplanamadığı koşullarda kusur sayılarını kullanıp, sürecin kontrol altında tutulması desteklemektedir. c ile ifade edilen değer uygunsuzlukların sayısını belirtmektedir. c'nin bilinmediği durumlarda tahminlenmesi gerekmektedir. Uygunsuzlukların ortalaması \bar{c} kullanıldığında 3-sigma kontrol limitleri Çizelge 3.8'deki gibidir (Kara, 2019).

Çizelge 3.8. c kontrol kartı 3-sigma kontrol limitleri

c Kontrol Kartı	
ÜKL	$\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$
MÇ	\bar{c}
AKL	$\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$

Uygunsuzluk türlerine göre analiz edildiğinde, uygunsuzluk sebepleri hakkında daha çok bilgi sahibi olunabileceğinden, uygunsuzlukların sayısına ilişkin veri uygunsuz sayısına göre daha çok bilgi verecektir (Montgomery, 2013).

3.3.7 Birim Başına Uygunsuzluklar İçin Uygunsuzluklar (u) Kontrol Kartları

Her birim için birim alandaki kusur sayılarını ya da uygunsuzlukları u kontrol kartları göstermektedir. c kontrol kartları ile benzer özelliklere sahiptir ancak aralarındaki en belirgin fark ise değişken gözlem alanıyla çalışabilmesi ve birim başına düşen hata sayısını belirlemektir.

- u = ortalama kusur sayısı ve c/n ile hesaplanmaktadır.
- c = toplam kusur sayısını
- n = ele alınan toplam veri sayısını belirtmektedir.

u kontrol kartının 3-sigma kontrol limitleri Çizelge 3.9'daki gibidir (Kara, 2019).

Çizelge 3.9. u kontrol kartı 3-sigma kontrol limitleri

u kontrol kartı	
ÜKL	$\bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$
MÇ	\bar{u}
AKL	$\bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$

3.4 I-MR Kontrol Kartları ile Ham Kumaşların Analizi

I-MR kontrol kartları için en az 100 alt gruba sahip olmak en iyi sonuçları verecektir. Oysaki birçok kontrol şeması için 25 alt grubu yeterli olacaktır (Gitlow, Oppenheim, & Oppenheim, 1994).

I-MR kontrol kartları ile firmaya sevk edilen kumaşlar Şekil 3.1’deki Excel tablosu baz alınarak pivot tablo oluşturulmuştur. Oluşturulan bu pivot tablodan en az 100 adet top sayısına sahip kumaşlar kullanılıp, Minitab uygulamasında kullanılmak üzere aktarılmıştır (Şekil 3.6). Kumaşlara ait bilgilerin gizliliği için her kumaşa “K*” şeklinde bir numara verilmiştir ve 3 yıllık süreçte 100 toptan daha az sayıda veri tabanına kayıtlı kumaşlar, çalışmada incelenmemiştir. Sonuç olarak 108 farklı kumaş 4 puan sistemiyle elde edilen verilerin üst kontrol limitlerini belirlemek amacıyla seçilmiştir.

Aktarılan veriler Minitab uygulamasında önce kalite kontrolün yapıldığı tarih sıralamasına göre sıralanmıştır (Şekil 3.6.).

↓	C1	C2	C3-D
	Top No	Firma 100 m2 Puan	Kalite Kont. Tarih
1	60855898	5,15	7.01.2019
2	60856049	5,59	7.01.2019
3	60856050	9,58	7.01.2019
4	60855829	14,86	7.01.2019
5	60855890	5,34	7.01.2019
6	60855891	12,21	7.01.2019
7	60855896	13,85	7.01.2019
8	60855936	5,28	7.01.2019
9	60855939	5,46	7.01.2019
10	60855970	9,43	7.01.2019
11	60856048	3,48	7.01.2019
12	60853073	13,59	7.01.2019
13	60855880	4,88	7.01.2019
14	60855884	11,83	7.01.2019
15	60855902	11,39	7.01.2019
16	60855956	6,54	7.01.2019
17	60855959	8,43	7.01.2019

Şekil 3.6. Kalite kontrol tarihine göre sıralanan veriler

Daha sonra “Firma 100m² Puanı” adlı sütun baz alınıp, “Outlier” testi yapılmıştır (Şekil 3.7). Bu test ile bir kumaş türüne ait tüm toplar içerisinde aykırı değerlere sahip olanların elemine edilmesi hedeflenmiştir. Böylece kontrol kartı limitleri ilgili kumaşla ilgili daha doğru

bilgi verecektir. Ayrıca kumaş kontrolcülerinin yaptığı hatalı girişlerin önüne geçilmesi planlanmıştır. Söz konusu “Outlier” testi verilerin normal dağılım gösterdiği varsayımını yaparak çıkarılması gereken aykırı değerlerin neler olduğu göstermektedir.

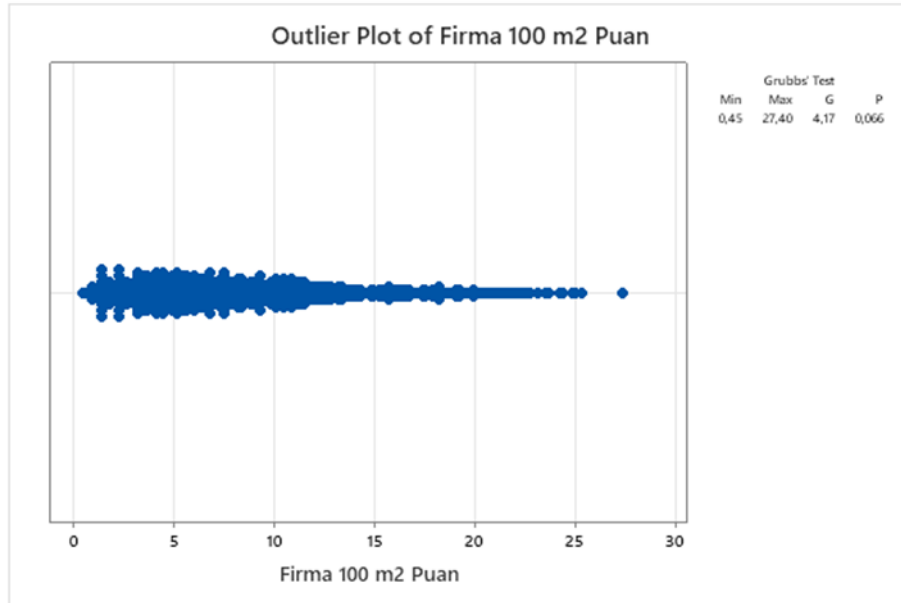
Outlier Test: Firma 100 m2 Puan

Significance level $\alpha = 0,05$

Grubbs' Test

Variable	N	Mean	StDev	Min	Max	G	P
Firma 100 m2 Puan	2288	8,1323	4,6163	0,4500	27,4000	4,17	0,066

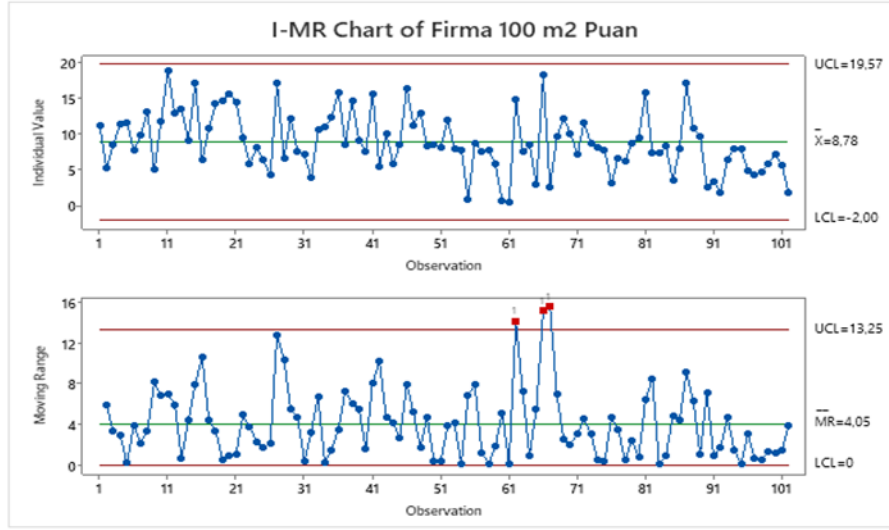
* NOTE * No outlier at the 5% level of significance



Şekil 3.7. Outlier testi yapılan kumaşa ait Minitab çıktısı

Bu test sonrasında uygun olmayan satırlar söz konusu verilerden silinmiştir. Silinen verilerin sonrası I-MR kontrol kartı kullanılıp, Minitab çıktısı elde edilmiştir (Şekil 3.8). Aynı zamanda sonuç kısmında firmanın haftalık veya aylık verilere göre karşılaştırma yapma olasılığı düşünülerek hata puanı verilerinin haftalık ve aylık olarak tekrar sınıflandırıp, I-MR kontrol kartı uygulaması gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.9).

I-MR Chart of Firma 100 m2 Puan



Test Results for MR Chart of Firma 100 m2 Puan

Şekil 3.8. Firma 100m² puanına ait I-MR kontrol kartı çıktısı

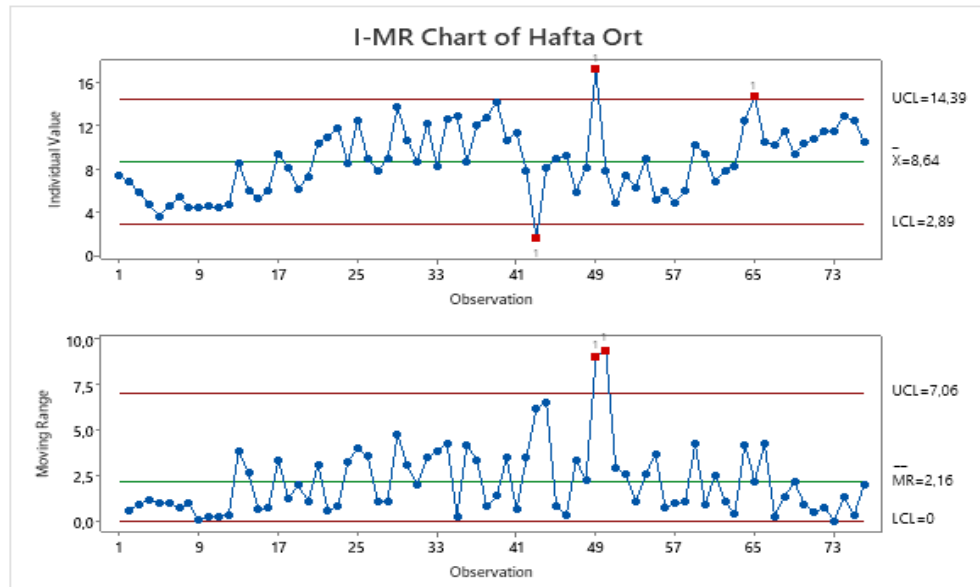
Şekil 3.8 incelendiğinde üst kontrol limitinin (UCL), 19,57 olduğu gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda üst kontrol limitinin üzerinde bir değere sahip kumaş topu mevcut ise tekrardan değerlendirilip incelenmelidir. Ancak Şekil 3.8 örneğinde UCL üzerinde bir değere rastlanmamıştır.

↓	C1	C2	C3-D	C4	C5	C6	C7
	Top No	Firma 100 m2 Puan	Kalite Kont. Tarih	Hafta	Hafta Ort	Ay	Ay Ort
1	60855898	5,15	7.01.2019	201902	7,320	201901	7,024
2	60856049	5,59	7.01.2019	201903	6,710	201902	5,768
3	60856050	9,58	7.01.2019	201909	5,768	201903	4,098
4	60855829	14,86	7.01.2019	201912	4,633	201905	4,583
5	60855890	5,34	7.01.2019	201913	3,614	201906	5,098
6	60855891	12,21	7.01.2019	201922	4,583	201907	4,449
7	60855896	13,85	7.01.2019	201924	5,308	201910	7,828
8	60855936	5,28	7.01.2019	201925	4,358	201911	8,473
9	60855939	5,46	7.01.2019	201926	4,334	201912	8,325
10	60855970	9,43	7.01.2019	201927	4,572	202001	10,511
11	60856048	3,48	7.01.2019	201928	4,327	202002	9,319
12	60853073	13,59	7.01.2019	201929	4,659	202003	13,650
13	60855880	4,88	7.01.2019	201940	8,510	202006	9,722
14	60855884	11,83	7.01.2019	201942	5,866	202012	12,053
15	60855902	11,39	7.01.2019	201945	5,225	202101	12,378
16	60855956	6,54	7.01.2019	201946	5,970	202102	11,426
17	60855959	8,43	7.01.2019	201947	9,332	202103	10,623

Şekil 3.9. Haftalık ve aylık olarak sınıflandırılan veriler

Örnek bir kumaşa ait haftalık ve aylık olarak elde edilen verilerin Minitab çıktıları Şekil 3.10'daki gibidir. Haftalık ve aylık olarak incelenen verilerin üst kontrol limiti (UCL) 14,39 değerine sahiptir ve bu değer üzerinde değer mevcut ise titizlikle incelenip, kontrol edilmelidir. Örnek amacıyla incelenen kumaşa ait 2 değer UCL üzerinde değere sahip olduğu gözlemlenmiştir. İşletmeler için UCL bir uyarı limiti olarak baz alınabilir. Alt kontrol limiti (LCL) 2,89 olarak elde edilmiştir ve LCL altında kalan bir değer mevcuttur. Ancak alt kontrol limiti altında kalan değer çalışma için önem arz etmemektedir. Zaten düşük hata puanına sahip anlamına geldiği için değerlendirmeye alınmamalıdır.

I-MR Chart of Hafta Ort



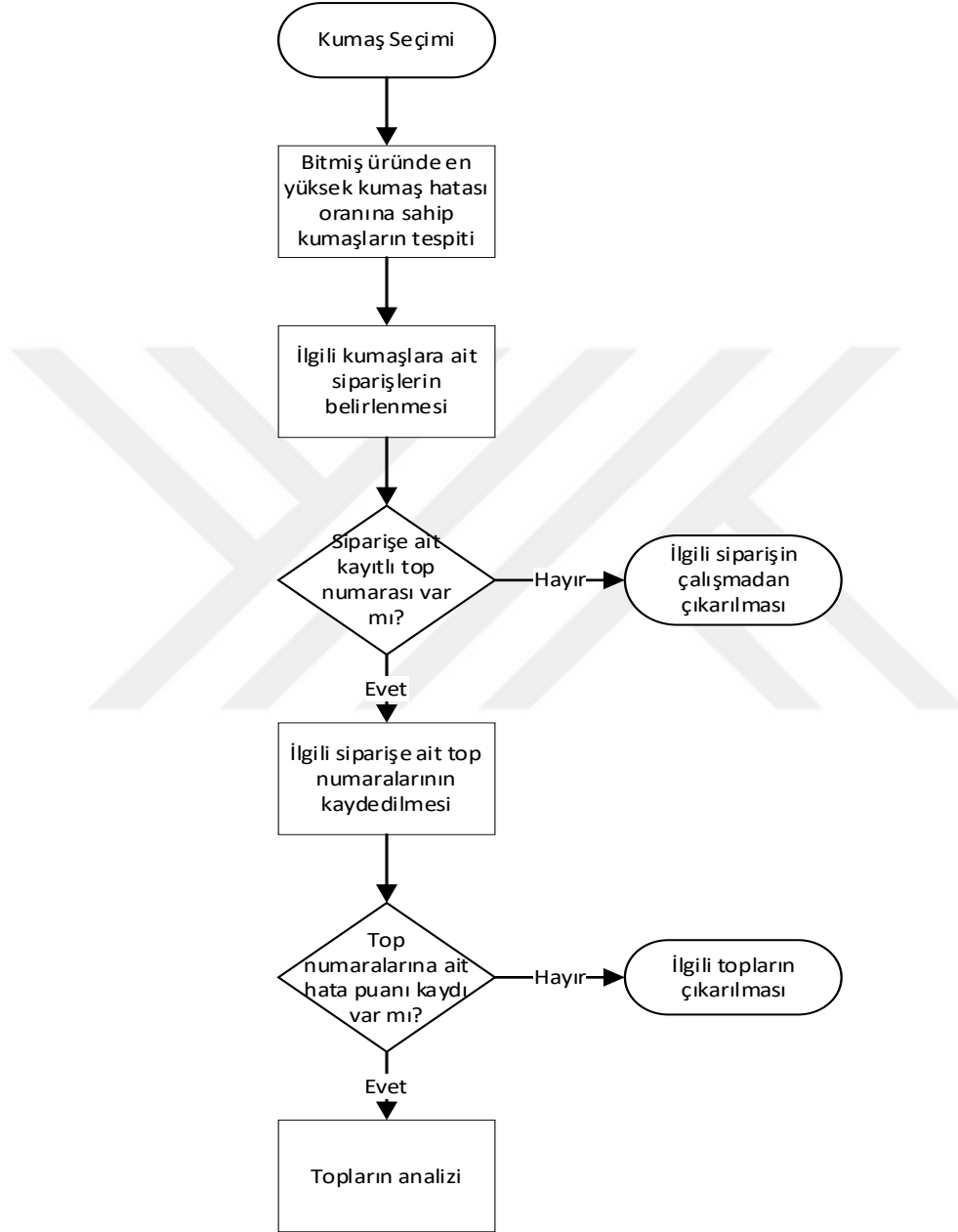
Şekil 3.10. Hafta bazında verilerin I-MR kontrol kartı çıktısı

3.5 Ham Kumaş Hata Puanı ve Bitmiş Ürün İlişkisi

Üç farklı Excel dosyasında tutulan söz konusu veriler için öncelikle çalışmanın yürütüleceği (en çok sipariş edilen) kumaşlar tespit edilmiştir. Bu kumaşlara ait hata puanları kumaş topları bazında kaydedildiği için verilerin analiz edileceği en uygun kontrol kartı I-MR olarak belirlenmiştir. Tüm hesaplar Minitab yazılımında gerçekleştirileceği için Excel verilerinde gerekli düzenlemeler pivot tablolarıyla filtrelenmiştir.

Kumaş hatalarının bitmiş ürüne etkisini tespit edebilmek için Şekil 3.11'deki gibi bir iş akışı kullanılmıştır. Bu noktadan esas olan bitmiş ürün sipariş numarasından kumaşa, oradan

da kumaş toplarına ait puanlara ulaşarak kumaş hatalarının bitmiş ürüne ilişkisinin yapılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda ham kumaş ait ortalama hata puanlarıyla bitmiş ürüne ait kumaş hatası oranı arasındaki korelasyona bakılmıştır. Tüm bu işlemler Excel pivot tablolar yardımıyla yapılmıştır.



Şekil 3.11. İş akış şeması

3.6 Kümeleme Analizi

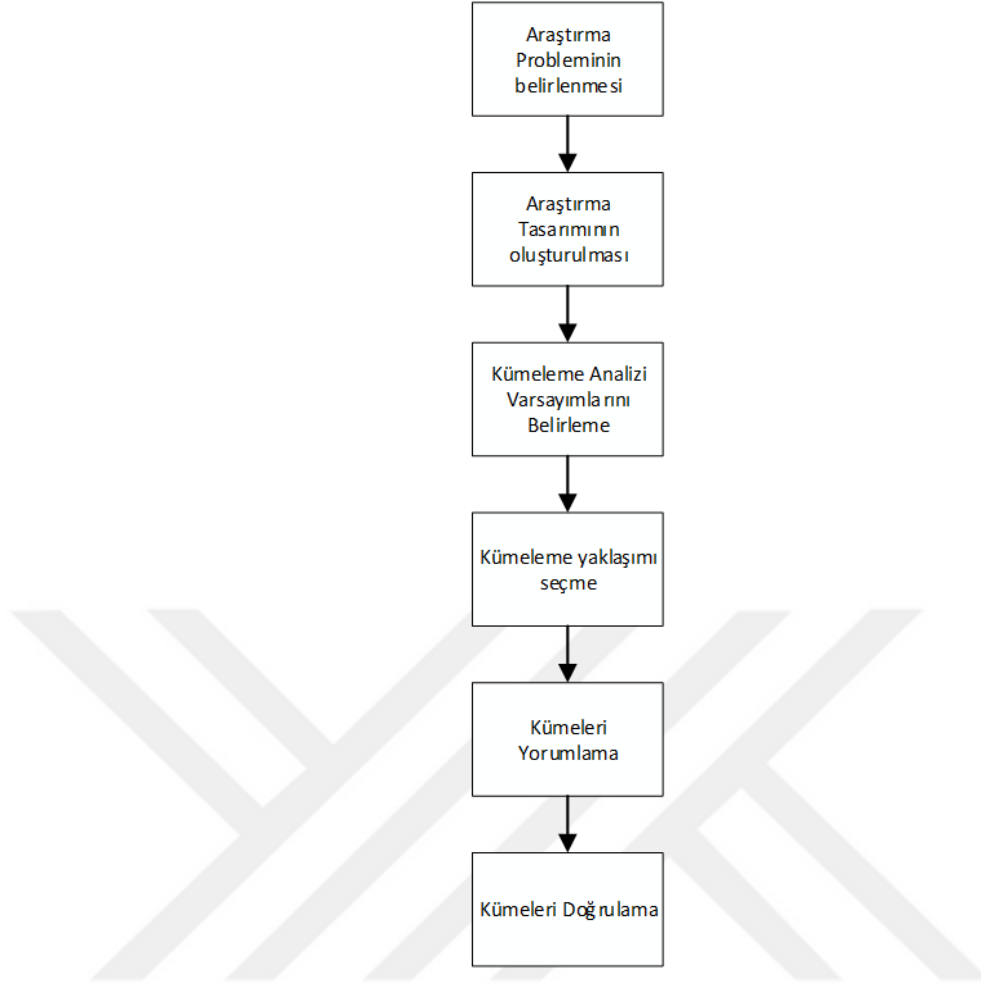
Çalışma kapsamında elde edilen kumaş üst kontrol limit değerlerinin ayrı ayrı incelenmesi işletme uygulaması açısından yorucu ve farklı hatalara neden olabileceği öngörülerek, uygulamayı kolaylaştırmak adına kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen tez çalışması içeriğine katkıda bulunmak ve farklı metotlarını alternatiflerine yer vermek hedeflendiği için kümeleme analizi hakkında genel bir bilgi verilmiş, işletme için gerekli uygulamanın Minitab yazılımında nasıl yapıldığına değinilmiş, elde edilen sonuçlar bulgular kısmında gösterilmiştir.

Kümeleme analizi, birincil amacı nesnelere sahip oldukları özelliklere göre gruplandırmak olan çok değişkenli yöntemler grubudur. Kümeleme analizi, nesnelere (ör. yanıtlayanlar, ürünler veya diğer varlıklar), kümeleme değişkenleri olarak bilinen bir dizi seçilmiş özelliğe dayalı olarak kümedeki diğerlerine çok benzer olacak şekilde sınıflandırır. Ortaya çıkan nesne kümeleri, yüksek iç (küme içi) homojenlik ve yüksek dış (küme arası) heterojenlik sergilemelidir. İşlem başarılı olursa, kümeler içindeki nesnelere geometrik olarak çizildiğinde birbirine yakın olacak ve farklı kümeler birbirinden uzak olacaktır.

Kümeleme analizi, yararlı bir veri azaltma tekniğidir ancak uygulaması subjektif nitelikler gösterir ve farklı benzerlik ölçüleri, farklı algoritmalar sonuçları etkileyebilir. Kümeleme analizine yönelik en yaygın eleştiriler ve dolayısıyla sınırlamalar şunlardır: (1) tanımlayıcıdır, teorik değildir ve çıkarımsal değildir; (2) verilerdeki herhangi bir yapının "gerçek" varlığından bağımsız olarak her zaman kümeler oluşturacaktır ve (3) küme çözümleri genellenebilir değildir, çünkü tamamen benzerlik ölçüsü için temel olarak kullanılan değişkenlere bağlıdır.

Bununla birlikte, araştırmacı dikkatli bir şekilde ilerlerse, küme analizi, diğer çok değişkenli tekniklerle ayırt edilemeyen nesnelere yararlı gruplamalarını (kümelerini) önererek gizli kalıpları belirlemede önemli araçtır. Kümeleme analizi uygulaması uygulama adımları Şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.12. Kümeleme analizi adımları

Kümeleme analizi üç temel araştırma sorusunun herhangi bir kombinasyonunu ele alabilir:

- Taksonomi açıklaması (küme analizinin en geleneksel kullanımını keşif amaçlıdır ve bir taksonominin oluşturulmasıdır - nesnelere ampirik temelli bir sınıflandırması)
- Veri basitleştirme (küme analizi, gözlemler arasındaki yapıyı tanımlayarak, daha fazla analiz için gözlemleri gruplandırarak basitleştirilmiş bir bakış açısı da geliştirir)
- İlişki belirleme (tanımlanan kümeler ve kümelerde temsil edilen verilerin temel yapısı ile araştırmacı, gözlemler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak için tipik olarak bireysel gözlemlerle mümkün olmayan bir araca sahiptir).

Araştırma tasarımı sorunları ve metodoloji seçimi, diğer çok değişkenli tekniklere göre kümeleme analizi üzerinde daha fazla etkiye sahiptir.

Değişken seçimi aşağıdaki konuları dikkate almalıdır:

Metrik değişkenler kullanılırken, metrik olmayan değişkenler de benzerlik ölçülerinin temelini oluşturabilir. Ancak aynı küme değişkeninde hem metrik hem de metrik olmayan

değişkenlerin kullanılmasına izin veren birkaç benzerlik ölçüsü mevcuttur. Söz konusu çalışmanın uygulamasında tedarikçi gibi metrik olmayan veriler Minitab'ın veri kodlama uygulamasıyla numaralandırılarak metrik hale getirilmiştir.

Az sayıda ilgisiz/ayırt edilemeyen değişken bile küme çözümlerini etkileyebileceğinden, analize yalnızca ilgili değişkenlerin dahil edilmesini sağlamak için teorik ve pratik hususlar kullanılmalıdır. Yapılan uygulamada kumaşların kümelenmesi için üst kontrol limit puanları, kumaşın elastan oranı ve tedarikçisi dikkate alınmıştır.

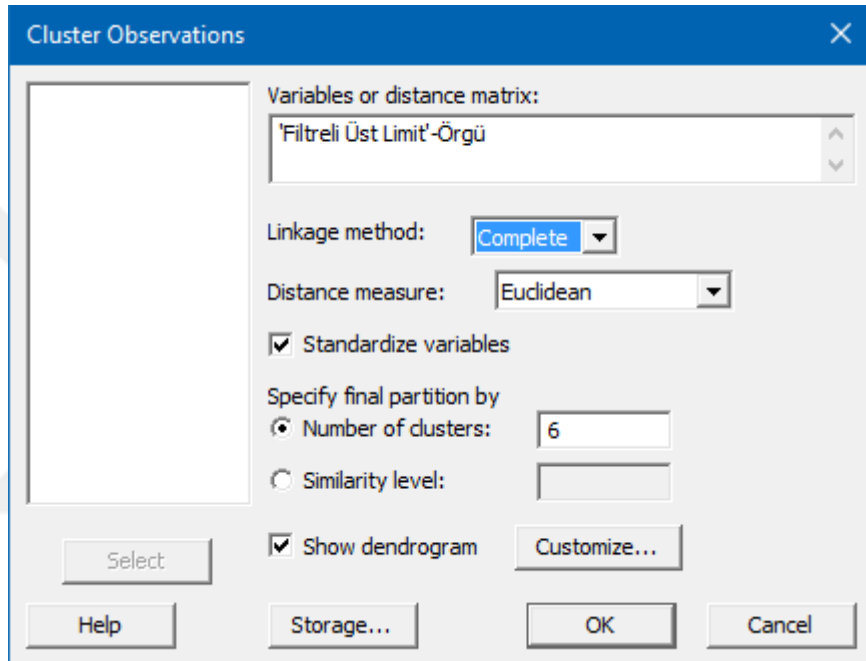
Aykırı değerler, araştırma hedefleriyle tutarsız yapı (kümeler) olarak görünürlerse, sonuçların temsil edilebilirliğini ciddi şekilde bozabilir. Uygulamada 108 farklı kumaş ele alınmış, ancak aynı 8 kumaş aykırı değer oluşturduğu için kümele analizinden çıkarılmıştır.

Kümeleme analizinin uygulanmasındaki üstü kapalı bir varsayım, verilerde doğal gruplamaların olduğudur. Küme analizinin rastgele dağılmış verilerle bile küme çözümlerini belirlenebilmektedir. Bu nedenle analistin verilerin doğasını anlaması çok önemlidir. Girdi değişkenleri, önemli çoklu bağlantı (multicollinearity) açısından incelenmeli ve varsa: ilişkili ölçümlerin her bir setinde değişkenleri eşit sayılara indirilmesi tavsiye edilmektedir. Çalışmada kumaş sınıflandırılmasında üst kontrol limitlerine ait verilerin kümeleme analizinde etkisini kaybetmemesi için değişken sayılarında azaltma yapılmış, örnek bir uygulama olması açısından 3 farklı değişkenle (üst kontrol limit puanları, kumaşın elastan oranı, tedarikçisi) çalışılmıştır.

Küme analizi için çok çeşitli yaklaşımlar prosedürleri önerilmiştir. En yaygın kullanılan iki prosedür, hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan prosedürlerdir. Hiyerarşik prosedürler, gözlemleri bir hiyerarşi veya ağaç benzeri yapı içinde birleştiren bir dizi n-1 kümeleme kararı içerir (n, gözlem sayısıdır). Çalışmada 300-400 örneklemin altındaki uygulamalarda hiyerarşik yöntemlerin uygulanması tavsiye edildiği için Minitab'de yer alan farklı kümeleme teknikleri (Average, Centroid, Complete, McQuitty, Median, Single, Ward) incelenmiştir (Şekil 3.13). Mesafe ölçüleri, küme analizinde en sık kullanılan benzerlik ölçüleridir. Mesafe ölçüleri benzerliği temsil eder, çünkü kümedeki değişkenler boyunca gözlemlerin birbirine olan yakınlığı değişir. Bununla birlikte, benzeşmezlik terimi mesafe ölçümleri için daha uygun olabilir, çünkü daha yüksek değerler daha fazla benzerliği değil, daha fazla farklılığı temsil eder.

Minitab'de farklı mesafe ölçümü teknikleri (Euclidean, Manhattan, Pearson, Squared Euclidean, Squared Pearson) bulunmaktadır (Minitab 20 Support, 2022). Öklid mesafesi, en

yaygın olarak tanınan mesafe ölçüsüdür ve çoğu zaman düz çizgi mesafesi olarak adlandırılır. Kare (veya mutlak) Öklid mesafesi, karekökü almadan kare farkların toplamıdır. Şehir bloğu (Manhattan) mesafesi, Öklid mesafesine dayalı değildir. Bunun yerine, değişkenlerin mutlak farklarının toplamını kullanır (yani, hipotenüs yerine bir dik üçgenin iki tarafı). Bu prosedür, hesaplanması en basit olanıdır, ancak kümeleme değişkenleri yüksek oranda ilişkiliyse geçersiz kümelere yol açabilir. Araştırmacılar bazen sonuçları karşılaştırmak için farklı uzaklık ölçümleri kullanarak çoklu küme çözümlerini incelerler (Hair, Black, Babin, & Anderson, 2019).



Şekil 3.13. Minitab kümeleme analizi ekran görüntüsü

Hiyerarşik yöntemlerin aksine, hiyerarşik olmayan prosedürler ağaç benzeri inşaat sürecini içermez. Bunun yerine, oluşturulacak küme sayısı belirlendikten sonra nesnelere kümelere atarlar. Örneğin, altı kümeli bir çözüm belirtilirse, ortaya çıkan kümeler yalnızca yedi kümeli çözümden iki kümenin bir kombinasyonu değil, yalnızca en iyi altı kümeli çözümü bulmaya dayalıdır. Sürecin iki adımı vardır: (1) her küme için küme tohumları olarak bilinen başlangıç noktalarını belirlemek ve (2) grup içindeki benzerliğe dayalı olarak her gözlemi küme çekirdeklerinden birine atamak. Hiyerarşik olmayan küme yöntemlerine genellikle “k-means” denir.

Hiyerarşik küme analizinden elde edilen sonuçlar, hiyerarşik olmayan küme analizinden farklı şekilde yorumlanır. Herhangi bir araştırmacı için belki de en can alıcı konu küme sayısını belirlemektir. Araştırmacı, bir durdurma kuralı uygulayarak verileri en iyi şekilde temsil edecek

küme çözümlerini seçmelidir. Hiyerarşik yöntemler için tüm durdurma kurallarının altında yatan temel ilke, küme çözümlerini diğer olası küme çözümlerinden daha fazla homojenlik/daha az heterojenlik ile belirlemektir. Küme sayısı azaldıkça heterojenlik her zaman artacağından, durdurma kuralları "sıçramaları" veya heterojenlikte büyük bir artışı belirlemeye çalışır, bu da sürecin o aşamasında kümeleri birleştirmenin oldukça farklı iki kümeyi birleştirerek gerçekleştirildiğini gösterir. Bu, kümelerin ayrı olduğu önceki çözümün tercih edilebilir olduğunu gösterir.

Örneğin Şekil 3.14'de verilen Minitab uygulamasında her adımda birleştirilen kümeler, kümeler arasındaki mesafe ve kümelerin benzerliği gösterilmektedir. Benzerlik düzeyi, 15. adıma kadar yaklaşık 3 veya daha az artışlarla azalır. Küme sayısı 4'ten 3'e değiştiğinde, 16. ve 17. adımlarda benzerlik 20'den fazla azalmaktadır (62.0036'dan 41.0474'e). Birleştirilen kümeler arasındaki mesafe önce yaklaşık 0,6 veya daha az artar. Küme sayısı 4'ten 3'e değiştiğinde, 16 ve 17. adımlarda mesafe 1'den fazla artmaktadır (1,81904'ten 2,82229'a).

Uzaklık ve benzerlik sonuçları, son bölüme için 4 kümenin makul ölçüde yeterli olduğunu göstermektedir. Bu gruplama tasarımcı için sezgisel bir anlam ifade ediyorsa, muhtemelen iyi bir seçimdir.

Amalgamation Steps							Number of obs. in new cluster
Step	Number of clusters	Similarity level	Distance level	Clusters joined	New cluster		
1	19	96,6005	0,16275	13	16	13	2
2	18	95,4642	0,21715	17	20	17	2
3	17	95,2648	0,22669	6	9	6	2
4	16	92,9178	0,33905	17	18	17	3
5	15	90,5296	0,45339	11	15	11	2
6	14	90,3124	0,46378	12	19	12	2
7	13	88,2431	0,56285	2	14	2	2
8	12	88,2431	0,56285	5	8	5	2
9	11	85,9744	0,67146	6	10	6	3
10	10	83,0639	0,81080	7	13	7	3
11	9	83,0639	0,81080	1	3	1	2
12	8	81,4039	0,89027	2	17	2	5
13	7	79,8185	0,96617	6	11	6	5
14	6	78,7534	1,01716	4	12	4	3
15	5	66,2112	1,61760	2	5	2	7
16	4	62,0036	1,81904	1	6	1	7
17	3	41,0474	2,82229	1	4	1	10
18	2	40,1718	2,86421	2	7	2	10
19	1	0,0000	4,78739	1	2	1	20

Şekil 3.14. Minitab kümeleme analizi küme sayısı seçimi

Hiyerarşik küme analizinde, bu durdurma kurallarının belirlenmesinde kümeleme çizelgesi çok önemli hale gelir. Araştırmacı ayrıca, çok küçük küme boyutlarıyla veya kümeleri kümeleme çizelgesinin sonlarında birleştiren gözlemlerle tanımlanacak olan ayırt edicilik ve aykırı değerler olasılığı için küme çözümlerini de analiz etmelidir. Küme sayısı ve muhtemelen küme tohum noktaları da dahil olmak üzere hiyerarşik küme sonuçları, daha sonra kritik sorunun kaç kümenin oluşturulacağı olduğu hiyerarşik olmayan bir yaklaşım için girdiler olabilir. Küme sayısı zaten belirlenmiş olduğundan, kümeleme değişkenleri ve doğrulama dahil diğer değişkenler üzerindeki kümelerin yorumlanması ve profilinin çıkarılmasına odaklanılır (Hair, Black, Babin, & Anderson, 2019).

Kümeleri yorumlama, her bir küme profilinin ayırt edici özelliklerinin incelenmesini ve kümeler arasındaki önemli farklılıkların belirlenmesini içerir. Küme çözümleri, önemli bir çeşitlilik göstermiyorsa, diğer küme çözümlerinin incelenmesi gerektiğini gösterir. Küme ağırlık merkezi, teoriye veya pratik deneyime dayalı olarak araştırmacının önceki beklentilerine uygunluk açısından da değerlendirilmelidir.

Doğrulamaya yönelik en doğrudan yaklaşım, küme çözümlerini karşılaştırarak ve sonuçların uygunluğunu değerlendirerek ayrı numuneleri kümeleme analizi yapmaktır. Araştırmacı ayrıca bir tür ölçüt veya kestirim geçerliliği oluşturmaya çalışabilir. Bunu yapmak için, kümeleri oluşturmak için kullanılmayan ancak kümeler arasında değiştiği bilinen değişken(ler) seçilir ve karşılaştırılır. Karşılaştırmalar genellikle MANOVA/ANOVA veya bir çapraz sınıflandırma tablosu ile yapılabilir. Küme çözümü kararlılık açısından da incelenmelidir. Hiyerarşik olmayan yaklaşımlar, başlangıç çekirdek değerlerinin girdi olarak seçilmesine yönelik farklı süreçler nedeniyle kararsız sonuçlara özellikle duyarlıdır. Bu nedenle, veriler birkaç farklı sıraya göre sıralanmalı ve küme çözümü, tutarlılık için birbirine karşı incelenen farklı çözümlerden kümelerle yeniden yapılmalıdır.

4. BULGULAR

Çalışmada ele alınan 3 farklı metodoloji ile elde edilen bulgular bu kısımda verilmektedir.

4.1 Ham Kumaşların Kontrol Kartı ile Analizi

3 yıllık toplanan veriler Excel yardımı ile pivot tablo oluşturulmuş, en fazla top sayısına sahip kumaşlar tespit edilmiştir, top sayıları yüksekte düşüğe doğru sıralanmıştır. I-MR kontrol kartlarının daha iyi sonuçlar vermesi için en az 100 top sayısına sahip kumaşlar kullanılmıştır. Sırası ile en fazla top sayısından en az 100 topa sahip olan olarak sıralanmıştır. İncelenmesi gereken 108 farklı kumaş böylece belirlenmiştir. Daha sonra 108 kumaşa ait veriler Minitab uygulamasına aktarılıp, outlier testi yapılmış, test sonrası uygun olmayan toplar veri setinden çıkartılmıştır. Bu işlem uygun olmayan top uyarısını vermeyene dek tekrarlanmıştır. Outlier testi sonrası yeni elde edilen veriler, I-MR kontrol kartlarıyla analiz edilmiştir. Minitab çıktıları da sırasıyla bireysel, hafta bazında ve ay bazında Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'deki gibidir.

Çizelge 4.1. Outlier testi yapılan kumaş toplarının I-MR kontrol kartları ile kontrolü sonrası elde edilen veriler

Kumaş Adı	Top Sayısı	I-MR Bireysel	Kumaş Adı	Top Sayısı	I-MR Bireysel	Kumaş Adı	Top Sayısı	I-MR Bireysel
K1	2321	18,22	K37	212	16,63	K73	135	13,84
K2	1379	18,53	K38	212	38,07	K74	134	12,54
K3	1350	18,63	K39	211	24,85	K75	128	17,23
K4	890	20,26	K40	210	18,19	K76	127	17,4
K5	751	15,42	K41	209	24,21	K77	127	14,66
K6	711	15,59	K42	206	15,4	K78	127	20,03
K7	629	26,31	K43	206	30,41	K79	125	19,09
K8	521	13,41	K44	204	23,22	K80	124	20,85
K9	516	13,53	K45	200	17,83	K81	123	15,7
K10	485	30,83	K46	196	22,29	K82	122	13,8
K11	485	14,7	K47	190	12,06	K83	121	19,81
K12	483	17,67	K48	187	18,99	K84	119	12,6
K13	462	15,82	K49	185	22,32	K85	119	15,26
K14	452	9,89	K50	183	10,85	K86	117	17,81
K15	417	28,88	K51	182	14,77	K87	116	22,8
K16	411	16,11	K52	181	13,24	K88	113	24,39
K17	392	19,99	K53	178	25,31	K89	113	18,53
K18	385	14,91	K54	175	15,75	K90	112	20,28
K19	352	22,98	K55	175	17,95	K91	112	17,08
K20	344	16,24	K56	165	25,92	K92	112	10,61
K21	341	24,96	K57	162	15,97	K93	111	13,12
K22	341	11,19	K58	160	15,06	K94	110	17,08
K23	316	23,04	K59	158	23,51	K95	109	14,33
K24	314	20,9	K60	157	20,86	K96	107	15,74
K25	308	17,83	K61	156	25,75	K97	107	16,64
K26	288	15,77	K62	156	29,49	K98	106	11,82
K27	285	16,71	K63	154	21	K99	105	17,32
K28	267	15,6	K64	153	18,15	K100	104	17,81
K29	256	28,25	K65	151	20,13	K101	104	18,33
K30	241	22,32	K66	151	25,95	K102	103	29,47
K31	237	20,01	K67	146	13,17	K103	103	10,26
K32	227	22,45	K68	144	19,15	K104	103	8,57
K33	226	9,3	K69	142	16,72	K105	102	19,57
K34	223	21,71	K70	142	13,09	K106	102	20,09
K35	218	15,79	K71	142	18,68	K107	100	24,17
K36	213	27,82	K72	136	15,7	K108	100	15,31

Çizelge 4.1 incelendiğinde özellikle ilk 3 kumaş, sevk edilen top sayısı olarak ciddi bir top sayısına sahiptir. K1 kumaşına ait 2321 top sayısı, K2 kumaşına ait 1379 top sayısı ve K3 kumaşına ait 1350 top sayısı mevcuttur. İncelenen bu verilerde K1, K2 ve K3 kumaşlarının I-MR kontrol kartları çıktısı sırasıyla 18,22, 18,53 ve 18,63 olarak görülmektedir. En yüksek üst limit değerine sahip olan kumaş K38'dir.

Çizelge 4.2. Outlier testi yapılan kumaş toplarının I-MR kontrol kartları ile kontrolü sonrası hafta bazında elde edilen veriler

Kumaş Adı	Top Sayısı	I-MR Hafta Bazında	Kumaş Adı	Top Sayısı	I-MR Hafta Bazında	Kumaş Adı	Top Sayısı	I-MR Hafta Bazında
K1	2321	14,39	K37	212	13,76	K73	135	13,56
K2	1379	12,61	K38	212	34,94	K74	134	9,783
K3	1350	12,85	K39	211	22,1	K75	128	9,783
K4	890	17,29	K40	210	19,51	K76	127	20,59
K5	751	15,11	K41	209	19,26	K77	127	13,95
K6	711	15,13	K42	206	17,97	K78	127	13,76
K7	629	16,204	K43	206	24,57	K79	125	12,97
K8	521	9,252	K44	204	15,39	K80	124	15,21
K9	516	8,636	K45	200	14,1	K81	123	13,04
K10	485	26,79	K46	196	17,7	K82	122	5,9128
K11	485	12,5	K47	190	8,144	K83	121	21,44
K12	483	12,063	K48	187	16,77	K84	119	11,52
K13	462	12,77	K49	185	19,88	K85	119	13,67
K14	452	9,19	K50	183	7,25	K86	117	23,14
K15	417	19,65	K51	182	14,37	K87	116	18,15
K16	411	14,99	K52	181	10,214	K88	113	18,73
K17	392	22,05	K53	178	18,13	K89	113	13,59
K18	385	9,573	K54	175	14,63	K90	112	13,504
K19	352	19,67	K55	175	13,84	K91	112	18,73
K20	344	9,941	K56	165	20,34	K92	112	7,637
K21	341	19,73	K57	162	13,35	K93	111	8,227
K22	341	8,021	K58	160	9,83	K94	110	18,03
K23	316	12,53	K59	158	16,06	K95	109	13,28
K24	314	12,9	K60	157	15,4	K96	107	14,52
K25	308	11,77	K61	156	23,65	K97	107	18,88
K26	288	14,18	K62	156	17,11	K98	106	11,01
K27	285	10,499	K63	154	13,7	K99	105	9,362
K28	267	9,688	K64	153	11,599	K100	104	15,58
K29	256	25,18	K65	151	16,12	K101	104	15,65
K30	241	14,65	K66	151	28,45	K102	103	45
K31	237	13,27	K67	146	7,637	K103	103	5,193
K32	227	19,74	K68	144	16,25	K104	103	5,612
K33	226	7,58	K69	142	13,7	K105	102	13,06
K34	223	17,5	K70	142	6,668	K106	102	15,88
K35	218	12,48	K71	142	24,79	K107	100	-
K36	213	19,45	K72	136	17,68	K108	100	12,89

Çizelge 4.2 incelendiğinde işletmenin söz konusu analizi haftalık bazda yapabileceği düşünülerek, I-MR kontrol kartları haftalık bazda elde edilmiştir. Minitab uygulamasında günlük olarak elde edilen veriler önce “Format Column > Date” adımları uygulanarak tarihe göre formatı revize edilmiştir. Daha sonrasında “Data > Date/Time > Extract to Numeric” adımları izlenerek haftalık olarak sıralanmıştır. Hafta bazında sıralanan verilerde K1, K2 ve K3 kumaşlarının I-MR kontrol kartları çıktıkları sırasıyla 14,39, 12,61 ve 12,85 olarak gözlemlenmektedir.

Çizelge 4.3. Outlier testi yapılan kumaş toplarının I-MR kontrol kartları ile kontrolü sonrası ay bazında elde edilen veriler

Kumaş Adı	Top Sayısı	I-MR Ay Bazında	Kumaş Adı	Top Sayısı	I-MR Ay Bazında	Kumaş Adı	Top Sayısı	I-MR Ay Bazında
K1	2321	13,57	K37	212	10,856	K73	135	10,11
K2	1379	16,31	K38	212	25,16	K74	134	13,65
K3	1350	13,37	K39	211	21,34	K75	128	16,89
K4	890	12,473	K40	210	19,4	K76	127	20,59
K5	751	11,91	K41	209	16,043	K77	127	15,2
K6	711	11,93	K42	206	17,66	K78	127	11,396
K7	629	13,899	K43	206	-	K79	125	15,24
K8	521	8,176	K44	204	-	K80	124	17,89
K9	516	9,342	K45	200	15,9	K81	123	12,73
K10	485	27,19	K46	196	21,58	K82	122	-
K11	485	12,11	K47	190	10,29	K83	121	18,74
K12	483	10,537	K48	187	17,38	K84	119	-
K13	462	12,49	K49	185	14,88	K85	119	11,85
K14	452	6,341	K50	183	5,316	K86	117	27,97
K15	417	17,222	K51	182	16,27	K87	116	16,86
K16	411	14,72	K52	181	10,5	K88	113	15,8
K17	392	19,5	K53	178	18,77	K89	113	11,795
K18	385	10,097	K54	175	12,17	K90	112	14,15
K19	352	18,38	K55	175	14,99	K91	112	11,73
K20	344	8,889	K56	165	18,11	K92	112	8,693
K21	341	22,19	K57	162	19,08	K93	111	10,01
K22	341	8,672	K58	160	8,547	K94	110	17,07
K23	316	-	K59	158	15,79	K95	109	13,28
K24	314	13,85	K60	157	15,75	K96	107	13,79
K25	308	10,125	K61	156	23,38	K97	107	20,44
K26	288	14,07	K62	156	18,96	K98	106	10,41
K27	285	10,897	K63	154	16,28	K99	105	-
K28	267	7,812	K64	153	11,874	K100	104	10,903
K29	256	26,22	K65	151	13	K101	104	-
K30	241	17,62	K66	151	30,71	K102	103	48,08
K31	237	12,048	K67	146	-	K103	103	6,529
K32	227	15,8	K68	144	16,46	K104	103	6,497
K33	226	6,165	K69	142	12,63	K105	102	14,51
K34	223	23,47	K70	142	6,332	K106	102	17,45
K35	218	12,69	K71	142	20,95	K107	100	-
K36	213	16,285	K72	136	14,24	K108	100	12,89

Çizelge 4.3 incelendiğinde işletmenin söz konusu analizi aylık bazda yapabileceği düşünülerek, I-MR kontrol kartları aylık bazda elde edilmiştir. Minitab uygulamasında, günlük olarak elde edilen veriler önce “Format Column > Date” adımları uygulanarak tarihe göre formatı revize edilmiştir. Daha sonrasında “Data > Date/Time > Extract to Numeric” adımları izlenerek aylık olarak sıralanmıştır. Ay bazında sıralanan verilerde K1, K2 ve K3 kumaşlarının I-MR kontrol kartları çıktıkları sırasıyla 13,57, 16,31 ve 13,37 olarak gözlemlenmektedir. Hafta ve ay bazında elde edilen veriler gün bazında elde edilen verilere oranla daha küçük üst kontrol limitlerine sahiptir. Bazı kumaşlarda aylık tek bir veri olduğu için üst kontrol limiti tespit edilememiştir.

4.2 Ham Kumaş ve Bitmiş Ürün Hatalarının Analizi

Bitmiş ürün ile mamul kumaş arasında bir ilişki olup olmadığının analizi için ham kumaş hataları ile mamul üründe tespit edilen hata oranlarının karşılaştırılması ilk amaçlardan biridir. Sonrasında 4 puan sistemi ile kontrol edilen kumaş toplarının kontrol kartlarıyla istatistiksel olarak kontrolü hedeflenmiştir.

Yukarıda bahsi geçen ham kumaş ve bitmiş ürün ilişkisine ait sonuçların elde edilmesi için 3 yıl boyunca toplanan veriler Şekil 4.1'deki gibi sınıflandırılmıştır. Şekil 3.3'den farklı olarak şu verilere yer verilmiştir.

- Oran %: Hatalı ürün sayısının sipariş içerisinde yüzde kaçlık paya sahip olduğunu belirten sütundur.
- Sipariş Numarası: Müşteri ile ürüne ait ortak bir dil konuşmak amacıyla ürüne atanan ve 5 haneli sayıdan oluşan numaradır.
- Kumaş Adı: Sipariş numarasına göre hangi kumaşın kullanıldığını belirten sütundur.

Müşteri	Ürün Cinsi	Sipariş Adedi	Kesim Adedi	2K Nedeni	Hata Kaynağı	Hatalı Ürün Sayısı	Plan Adedi	Oran %	Ürün Grubu	Tedarikçi	Sipariş Numarası	Kumaş Adı
evi Strauss & C	Pantolon	800	836	DELİK	Kumaş	10	840	1%	Bayan	Tekstil San. Tic.	31552	K1
evi Strauss & C	Pantolon	2600	2719	DELİK	Kumaş	20	2725	1%	Bayan	Tekstil San. Tic.	31518	K2
evi Strauss & C	Pantolon	176	182	OKUMA HATA	Kumaş	90	182	49%	Bayan	L Dyeing And	50832	K3
evi Strauss & C	Pantolon	215	199	OKUMA HATA	Kumaş	97	198	49%	Bayan	adolu Tic. San	49011	K4
HUGO MAN	Pantolon	80	80	OKUMA HATA	Kumaş	39	80	49%	Erkek	adolu Tic. San	31853	K5
evi Strauss & C	Pantolon	39	39	OKUMA HATA	Kumaş	32	104	31%	Erkek	Hsing Textile C	32681	K6
A gold E	Pantolon	358	375	OKUMA HATA	Kumaş	113	375	30%	Bayan	İşletmeleri Sa	34161	K7
HUGO MAN	Pantolon	1302	1302	OKUMA HATA	Kumaş	279	1286	22%	Erkek	Candiani S.P.A	34510	K8
evi Strauss & C	Pantolon	2791	2930	DELİK	Kumaş	15	2938	1%	Bayan	Tekstil San. Tic	31519	K9
A gold E	Pantolon	700	734	OKUMA HATA	Kumaş	148	734	20%	Bayan	İşletmeleri Sa	34681	K10
evi Strauss & C	Pantolon	466	477	OKUMA HATA	Kumaş	32	165	19%	Bayan	Tekstil San. Tic	50730	K11
HUGO MAN	Pantolon	430	430	OKUMA HATA	Kumaş	82	430	19%	Erkek	İşletmeleri Sa	31455	K12
evi Strauss & C	Pantolon	200	204	OKUMA HATA	Kumaş	38	204	19%	Bayan	Hsing Textile C	49434	K13
evi Strauss & C	Pantolon	260	272	DELİK	Kumaş	3	270	1%	Bayan	Tekstil San. Tic	31732	K14
arc O-Polo Cası	Pantolon	1206	1283	OKUMA HATA	Kumaş	225	1283	18%	Bayan	adolu Tic. San	35912	K15
evi Strauss & C	Pantolon	600	621	DELİK	Kumaş	10	624	2%	Bayan	Tekstil San. Tic	31491	K16
oss-Boss Man E	Pantolon	100	100	OKUMA HATA	Kumaş	15	86	17%	Erkek	L.M.A. TEX SRL	32842	K17
evi Strauss & C	Pantolon	400	410	DELİK	Kumaş	11	413	3%	Bayan	Tekstil San. Tic	31492	K18
HUGO MAN	Pantolon	1820	1820	OKUMA HATA	Kumaş	295	1715	17%	Erkek	İşletmeleri Sa	43492	K19
COSTE LIVE M	Ceket	1603	1650	OKUMA HATA	Kumaş	261	1649	16%	Erkek	icolor Texteis	38496	K20
A gold E	Pantolon	600	733	OKUMA HATA	Kumaş	114	733	16%	Bayan	İşletmeleri Sa	35609	K21
evi Strauss & C	Pantolon	342	348	OKUMA HATA	Kumaş	18	119	15%	Bayan	adolu Tic. San	48754	K22
oss-Boss Man E	Pantolon	370	370	OKUMA HATA	Kumaş	54	370	15%	Erkek	fejidos Royo S	35505	K23
HUGO MAN	Pantolon	534	534	OKUMA HATA	Kumaş	75	534	14%	Erkek	İşletmeleri Sa	37859	K24
evi Strauss & C	Pantolon	50	51	OKUMA HATA	Kumaş	7	51	14%	Bayan	Candiani S.P.A	31682	K25
HUGO MAN	Pantolon	1306	1306	OKUMA HATA	Kumaş	60	449	13%	Erkek	İşletmeleri Sa	46014	K26
A gold E	Pantolon	500	524	OKUMA HATA	Kumaş	69	522	13%	Bayan	İşletmeleri Sa	34076	K27
JOOP	Pantolon	2508	2630	OKUMA HATA	Kumaş	336	2630	13%	Erkek	til San. Ve Tic.	48408	K28
andro Andy SA	Pantolon	570	592	OKUMA HATA	Kumaş	75	592	13%	Bayan	ış Ticaret Paza	37531	K29
arc O-Polo Cası	Pantolon	3200	3295	OKUMA HATA	Kumaş	413	3295	13%	Bayan	adolu Tic. San	34698	K30
JOOP	Pantolon	179	186	OKUMA HATA	Kumaş	23	186	12%	Erkek	Candiani S.P.A	33698	K31
evi Strauss & C	Pantolon	50	50	OKUMA HATA	Kumaş	6	50	12%	Bayan	ic Milliners Pv	46327	K32
arc O-Polo Cası	Elbise	1489	1562	OKUMA HATA	Kumaş	183	1562	12%	Bayan	Soorly Denim	40849	K33
evi Strauss & C	Pantolon	1685	1734	OKUMA HATA	Kumaş	201	1734	12%	Bayan	ic Milliners Pv	51111	K34

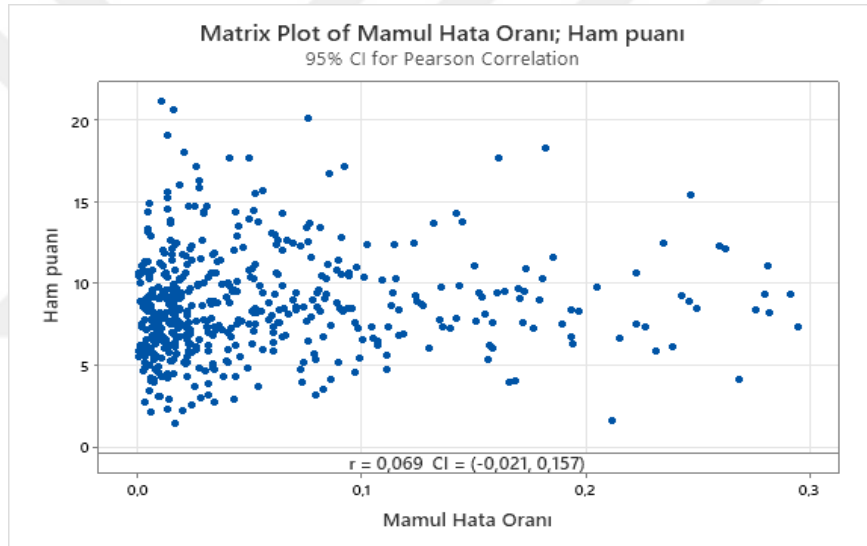
Şekil 4.1. 3 yıllık verilere ait hata oranı

İlk aşamada veriler içerisinde kumaş hatalarına sahip siparişler filtrelenmiştir. Filtrelenen bu veriler ile hata oranının belirlenmesi amaçlanmıştır. Şekil 4.1'de görüldüğü gibi

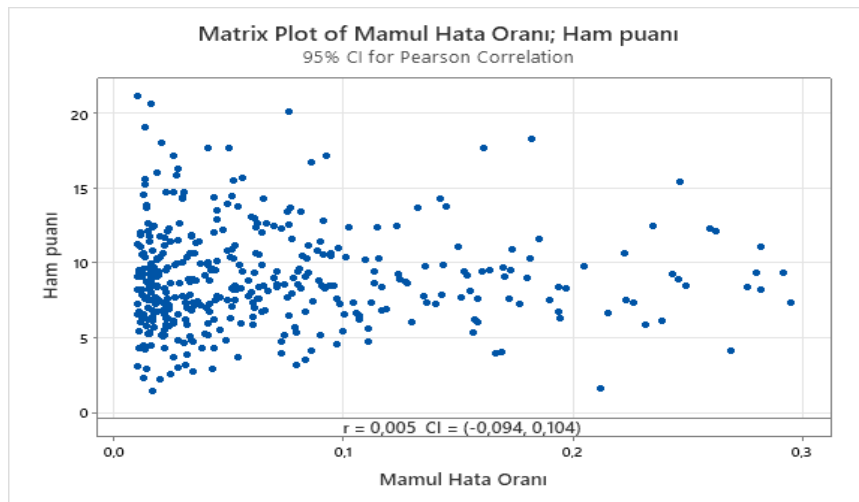
hata oranı olarak belirtilen sütun hatalık ürün sayısının plan adedine bölünmesi sonucu elde edilmiştir. Elde edilen hata oranı yüzdeler olarak belirtilmiştir.

Daha sonrasında veriler ile Excel aracılığıyla pivot tablo oluşturulmuştur. Kumaşa ait topların hata puanı ortalaması ve mamul hata oranları Çizelge 4.4'teki gibidir. Ayrıca bu pivot tabloda tüm mamul hata oranları ve %1'in üzeri olan değerler baz alınmıştır.

Gerçekten ön çalışma ile mamul kumaş ile bitmiş ürün arasında bir ilişki olup olmadığını analizi için ham kumaş hataları ile mamul üründe tespit edilen hata oranları karşılaştırılmıştır. Mamul kumaştaki hata oranlarının tümünün ve %1'in altındaki değerlerin göz ardı edildiği veri setlerine korelasyon verileri ait grafikler mevcut araştırma bulgusu olarak paylaşılmıştır (Şekil 4.2. ve Şekil 4.3).



Şekil 4.2. Ham kumaş ortalama hata oranı ve tüm mamul hata oranı ilişkisi



Şekil 4.3. Ham kumaş ortalama hata oranı ve tüm mamul %1'in üstünde hata oranına sahip mamul ürün ilişkisi

Hata oranlarının tümünün ve %1'in üstündeki değerlerin, bitmiş ürünlere ait hata sayıları ilişkisi incelendiğinde, bitmiş ürüne ait tüm hata oranları değerleriyle ham kumaş ortalama hata oranları arasındaki ilişkinin $r=0,069$, $p(0,135)>0,05$ önemli olmadığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde %1'den büyük hata oranına sahip bitmiş ürünlere ait kumaş hatası oranları ile ham kumaş hata oranları arasındaki ilişkinin $r=0,005$, $p(0,92)>0,05$ önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. Hata oranı %1 ve üzeri kumaşlara ait sonuçlar

Kumaş	Mamul Hata Oranı	Kumaş Hata Puanı	Kumaş	Mamul Hata Oranı	Kumaş Hata Puanı	Kumaş	Mamul Hata Oranı	Kumaş Hata Puanı
K1	4,281	11,788	K42	0,280	9,321	K83	0,156	5,332
K2	3,559	3,820	K43	0,276	8,377	K84	0,155	8,133
K3	1,924	19,140	K44	0,268	4,141	K85	0,154	9,146
K4	1,276	7,592	K45	0,262	12,161	K86	0,152	9,434
K5	1,201	7,592	K46	0,259	12,329	K87	0,151	7,723
K6	1,077	9,287	K47	0,249	8,459	K88	0,150	11,045
K7	1,072	5,408	K48	0,247	15,416	K89	0,145	13,790
K8	1,042	3,231	K49	0,246	8,895	K90	0,143	9,873
K9	0,834	8,620	K50	0,243	9,275	K91	0,143	7,894
K10	0,820	13,767	K51	0,239	6,179	K92	0,142	14,321
K11	0,750	34,230	K52	0,235	12,463	K93	0,140	7,307
K12	0,736	8,214	K53	0,231	5,848	K94	0,136	7,384
K13	0,695	8,560	K54	0,226	7,371	K95	0,136	9,752
K14	0,659	9,278	K55	0,223	7,514	K96	0,135	7,786
K15	0,657	7,353	K56	0,223	10,650	K97	0,132	13,683
K16	0,579	6,838	K57	0,215	6,619	K98	0,130	6,084
K17	0,569	12,970	K58	0,212	1,620	K99	0,128	8,667
K18	0,541	11,920	K59	0,205	9,782	K100	0,127	8,702
K19	0,521	10,518	K60	0,197	8,268	K101	0,125	8,947
K20	0,509	7,353	K61	0,194	6,324	K102	0,124	9,270
K21	0,496	10,518	K62	0,194	8,403	K103	0,123	12,492
K22	0,470	11,829	K63	0,193	6,711	K104	0,120	50,921
K23	0,441	10,708	K64	0,190	7,522	K105	0,119	6,958
K24	0,436	24,476	K65	0,185	11,639	K106	0,117	6,818
K25	0,430	7,927	K66	0,182	18,260	K107	0,116	8,358
K26	0,416	7,515	K67	0,181	10,285	K108	0,115	10,277
K27	0,413	5,179	K68	0,180	9,038	K109	0,114	12,384
K28	0,409	12,432	K69	0,176	7,279	K110	0,114	9,396
K29	0,377	8,777	K70	0,173	10,891	K111	0,113	8,647
K30	0,366	7,475	K71	0,173	9,488	K112	0,112	7,318
K31	0,365	7,459	K72	0,172	7,640	K113	0,111	4,735
K32	0,363	6,558	K73	0,170	9,058	K114	0,111	5,616
K33	0,354	12,884	K74	0,170	9,724	K115	0,109	10,255
K34	0,349	11,123	K75	0,169	4,088	K116	0,107	6,465
K35	0,343	10,088	K76	0,166	4,125	K117	0,107	6,203
K36	0,340	7,443	K77	0,164	9,485	K118	0,105	6,665
K37	0,315	7,359	K78	0,161	17,668	K119	0,104	7,379
K38	0,295	7,359	K79	0,160	9,419	K120	0,102	12,422
K39	0,291	9,332	K80	0,159	6,058	K121	0,101	10,400
K40	0,282	8,211	K81	0,159	7,603	K122	0,100	6,582
K41	0,281	11,124	K82	0,157	6,211			

4.3 Ham Kumaşların Kümeleme Analizi

Ham kumaş üst kontrol limitleri elde edilen kumaşların, işletme uygulamasında kolayca sınıflandırılması için gerçekleştirilen Minitab uygulamasına burada yer verilmiştir. Uygulamanın başlangıcında her kumaş tipine ait hammadde, örgü tipi, tedarikçi, kumaş rengi bilgilerine ulaşılmıştır. Çalışmada ele alınan 108 kumaştan sadece 3/1 Z örgü tipi olanlar filtrelenmiş, toplamda 100 farklı kumaş (KN) kontrol kartı üst limiti sonuçları (ÜL), elastan oranı (EA) ve tedarikçisine (TN) göre listelenmiştir (Çizelge 4.5).

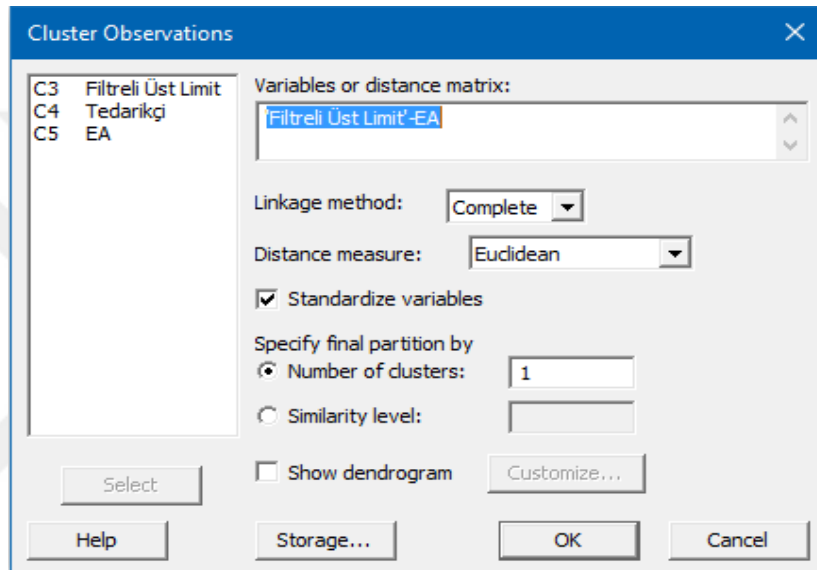
Çizelge 4.5. Çalışmada ele alınan kümeleme analizi verileri

KN	ÜL	TN	EA	KN	ÜL	TN	EA	KN	ÜL	TN	EA	KN	ÜL	TN	EA
K1	18,2	16	2	K29	28,3	2	2	K55	18	16	2	K80	20,9	2	2
K2	18,5	5	5	K30	22,3	5	6	K56	25,9	22	1	K81	15,7	16	0
K3	18,6	16	0	K31	20	13	1,5	K57	16	16	0	K82	13,8	7	0
K4	20,3	16	0	K32	22,5	6	2	K58	15,1	1	0	K83	19,8	18	2
K5	15,4	7	4	K33	9,3	1	1	K59	23,5	16	1	K85	15,3	7	2
K7	26,3	18	2	K34	21,7	16	2	K60	20,9	17	1	K86	17,8	4	0
K8	13,4	13	2	K35	15,8	13	2	K61	25,8	15	0	K87	22,8	16	0
K9	13,5	18	2	K36	27,8	18	0	K62	29,5	18	2	K88	24,4	17	0
K10	30,8	8	0	K37	16,6	13	0	K63	21	1	1	K89	18,5	16	0
K11	14,7	13	1	K38	38,1	16	2	K64	18,2	11	2,5	K90	20,3	2	6
K12	17,7	18	2	K39	24,9	6	2	K65	20,1	1	1	K91	17,1	2	2
K14	9,89	1	2	K40	18,2	2	2	K66	26	18	2	K92	10,6	13	0
K15	28,9	18	2	K41	24,2	16	0	K67	13,2	14	1	K93	13,1	19	1
K16	16,1	13	1	K42	15,4	16	0	K68	19,2	2	2	K94	17,1	2	2
K17	20	16	0	K43	30,4	12	0	K69	16,7	18	2	K95	14,3	13	1
K18	14,9	1	2	K45	17,8	13	0	K70	13,1	1	0	K96	15,7	4	0
K19	23	9	0	K46	22,3	18	2	K71	18,7	3	1	K97	16,6	16	3
K20	16,2	18	2	K47	12,1	21	2,5	K72	15,7	9	1	K99	17,3	13	0
K22	11,2	5	0	K48	19	17	1	K73	13,8	24	0	K101	18,3	19	1
K23	23	18	2	K49	22,3	18	2	K74	12,5	5	0	K102	29,5	20	0
K24	20,9	18	2	K50	10,9	13	2	K75	17,2	13	1	K103	10,3	5	2
K25	17,8	2	0	K51	14,8	10	0	K76	17,4	13	4	K104	8,57	7	1
K26	15,8	19	1	K52	13,2	7	4	K77	14,7	2	0	K105	19,6	1	1
K27	16,7	23	2	K53	25,3	1	0	K78	20	16	2	K107	24,2	1	2
K28	15,6	18	2	K54	15,8	16	0	K79	19,1	11	2	K108	15,3	17	0

Kümeleme analizi için ilgili değişkenlerin seçilme sebebi, konu hakkındaki uzmanlarla yapılan görüşmelere dayanmaktadır. Denim kumaş hatalarının büyük çoğunluğu elastan kullanım oranıyla ilgili olduğu görüşlerine dayanılarak, kumaşlara ait materyallerden sadece elastan oranı “EA” dikkate alınmıştır. Çalışmanın ana konusu kontrol kartı üst limit değerleriyle ilgili olduğu için doğal olarak ele alınan diğer bir değişken ise “ÜL”dir. Farklı tedarikçilerden

gelen kumaş kalitelerindeki farklıları göz ardı etmemek için çalışmada dikkate alınan diğer bir değişken ise “TN”dir.

Daha sonra Minitab istatistik paket programında farklı kümeleme teknikleri uygulanmıştır. Mesafe ölçüm yöntemi olarak “Euclidean” yöntemi sabit olarak kullanılmıştır. Her kümeleme yöntemi için farklı küme sayısı ele alınmıştır. Bunun nedeni benzerlik düzeyinin her teknikte ayrı sonuç vermesidir. Örneğin eldeki veri seti için “Complete” bağlantı metodu ilk olarak küme sayısı “1” olarak şekilde mevcut 3 değişken için girilmiştir (Şekil 4.4). Yapılan tüm hesaplamalarda veriler farklı büyüklükte değerler içerdiği için standardize edilmiştir.



Şekil 4.4. Minitab Complete bağlantı metodu veri girişi

Elde edilen Minitab sonucunun son 10 verisi incelendiğinde (Çizelge 4.6). 7. Kümeden sonra kırılmanın olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. Küme sayısının belirlenmesi örneği

Adım	Küme Sayısı	Benzerlik düzeyi	Mesafe seviyesi	Birleşen Kümeler	Yeni Küme	Kümedeki eleman sayısı
90	10	58,957	2,42172	1 7	1	22
91	9	58,870	2,42685	6 9	6	14
92	8	57,719	2,49475	3 20	3	27
93	7	57,519	2,50653	16 26	16	15
94	6	49,043	3,00669	1 3	1	49
95	5	42,400	3,39863	6 35	6	15
96	4	34,477	3,86612	1 12	1	64
97	3	22,920	4,54805	1 16	1	79
98	2	3,846	5,67345	2 6	2	21
99	1	0,000	5,90039	1 2	1	100

Şekil 4.4’de yer alan Minitab ‘Complete’ bağlantı metodu veri girişinde bu defa küme sayısı 7 olacak şekilde tekrar çalıştırılarak, hangi kumaşın hangi kümeye ait olduğu Minitab’ın C6 sütununa “Complete 7” adıyla yazdırılmıştır (Şekil 4.5).

+	C1-T	C2	C3	C4	C5
	Kumaş No	Filtreli Üst Limit	Tedarikçi	EA	Complete 7
1	K1	18,22	16	2,0	1
2	K2	18,53	5	5,0	2
3	K3	18,63	16	0,0	1
4	K4	20,26	16	0,0	1
5	K5	15,42	7	4,0	2
6	K7	26,31	18	2,0	3
7	K8	13,41	13	2,0	1
8	K9	13,53	18	2,0	1
9	K10	30,83	8	0,0	3
10	K11	14,70	13	1,0	1
11	K12	17,67	18	2,0	1
12	K14	9,89	1	2,0	4
13	K15	28,88	18	2,0	3
14	K16	16,11	13	1,0	1
15	K17	19,99	16	0,0	1
16	K18	14,01	1	2,0	5

Şekil 4.5. Minitab’de kumaşların kümelere atanması

Daha sonra ilgili kumaşlar ait küme değerleri Ms Excel programında EĞERORTALAMA() fonksiyonu kullanılarak her küme için dikkate alınması gereken kumaş hataları üst limit puan ortalaması hesaplanmıştır (Çizelge 4.7). İşletmenin uygulama kolaylığı için aynı küme içerisindeki kumaşlar için ortak bir kontrol limiti kullanılması bu şekilde sağlanabilir.

Çizelge 4.7. Complete bağlantı metodu sonuçları

Küme	Küme Büyüklüğü	Kumaş No	Ortalama Üst Kontrol Limiti
1	49	K1, K3, K4, K8, K9, K11, K12, K16, K17, K20, K23, K24, K26, K27, K28, K31, K34, K35, K37, K42, K45, K46, K47, K48, K49, K50, K54, K55, K57, K59, K60, K64, K67, K69, K72, K75, K78, K79, K81, K83, K85, K89, K92, K93, K95, K97, K99, K101, K108	17,219
2	6	K2, K5, K30, K52, K76, K90	17,86
3	13	K7, K10, K15, K36, K41, K43, K56, K61, K62, K66, K87, K88, K102	27,095
4	14	K14, K22, K25, K33, K51, K58, K70, K74, K77, K82, K86, K96, K103, K104	13,179
5	16	K18, K19, K29, K32, K39, K40, K53, K63, K65, K68, K71, K80, K91, K94, K105, K107	20,916
6	1	K38	38,070
7	1	K73	13,84

Bu yöntem tüm bağlantı metotları için tekrar edilmiştir. Single metodu küme sayısı “2” olduğu için hesaplama dışında bırakılmıştır. Mevcut yöntemlere ait küme sayıları, ortalama üst

kontrol limitleri, kontrol limitlerinin değişkenlik ölçüsü olarak standart sapma değeri Çizelge 4.8’de verilmektedir.

Çizelge 4.8. Kümeleme analizi bulguları

Bağlantı Yöntemi	Küme Sayısı	Küme Büyüklüğü	Ortalama	Standart Sapma
Complete	1	49	17,219	3,035
	2	6	17,86	3,28
	3	13	27,095	2,57
	4	14	13,179	3,016
	5	16	20,916	3,552
	6	1	38,07	*
	7	1	13,84	*
Average	1	50	17,152	3,042
	2	6	17,86	3,28
	3	13	27,095	2,57
	4	30	17,305	5,1
	5	1	38,07	*
Centroid	1	86	17,718	4,233
	2	3	20,38	1,9
	3	4	27,657	1,787
	4	2	30,62	0,297
	5	1	28,25	*
	6	1	38,07	*
	7	1	12,06	*
	8	1	25,31	*
	9	1	13,84	*
McQuitty	1	25	21,12	3,817
	2	7	17,69	3,03
	3	27	14,905	3,283
	4	15	14,421	1,796
	5	10	26,397	3,023
	6	15	20,108	3,663
	7	1	38,07	*
Median	1	62	16,16	3,366
	2	7	17,69	3,03
	3	29	23,982	4,066
	4	1	14,91	*
	5	1	38,07	*
Ward	1	15	16,374	2,439
	2	7	17,69	3,03
	3	12	17,277	1,766
	4	5	29,74	4,91
	5	13	15,677	2,53
	6	12	26,117	2,858
	7	4	9,505	0,738
	8	14	20,454	3,538
	9	11	14,282	2,364
	10	7	21,443	1,229

Çizelge 4.8’de yer alan Centroid bağlantı yöntemi için, kırılma noktası olan 9 küme sayısına ait kumaş sayıları “küme büyüklüğü” sütununda verilmiştir. Centroid bağlantı yöntemi

108 kumaşın 86 adedini 1 numaralı kümeye dahil etmiştir ve bu 86 kumaşın ortalama üst limit değeri 17,718 puan olarak hesaplanmıştır. 86 kumaşın veri dağılımını göstermek amacıyla hesaplanan standart sapma değeri ise 3,042'dir.

Çizelge 4.8'de görüldüğü üzere farklı bağlantı metotları farklı sonuçlar vermektedir. Bir uygulama örneği olarak gerçekleştirilen söz konusu çalışmada hangi metodun dikkate alınacağı uygulayıcının sezgileri ve uygunluk görüşüne göre değerlendirilebilir. Bu noktada uygulayıcıların hata puanı üst limitine odaklanacağı düşünülerek, her bir bağlantı yöntemine ait değerlerin ortalaması ve standart sapması değerleri paylaşılmıştır. Bazı kümeler tek bir veriden oluştuğu için standart sapması hesaplanmamıştır.

Tek veriden oluşan kümelerin temel nedeni kontrol limiti üst puanının yüksek olmasıdır. Söz konusu kumaşa ait 100'den fazla kumaş topundan elde edilen 4 puan verileri ışığında ilgili kumaşın aykırı değer olarak değil, üzerinde hassasiyet gösterilmesi gereken bir mamul olduğu düşünülmelidir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kumaş hataları ve bitmiş ürün hatalarının analizi, kalite ve maliyet açısından çok önem arz eden konulardan biridir. Denim konfeksiyon işletmesinde kumaş hatalarının incelendiği bu çalışmada amaç, kumaş hatalarının ve bitmiş ürüne etkisinin analizini istatistiksel yöntemlerden kontrol kartlarını kullanarak incelemektir. Literatürdeki çalışmaların çoğunlukla bitmiş ürüne odaklı olduğu ancak ham kumaşlar için ilgili kapsamda çalışma olmadığını ve bu eksikliğini kapatabileceği öngörülmüştür. Bitmiş ürünlerin kontrol kartıyla analizi için genellikle \bar{X} -R ve \bar{X} -S kontrol kartlarının kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise kumaşa ait toplar, tek tek ve farklı zamanlarda kontrol edildiği için kumaş ile ilgili süreci analiz etmek amacıyla I-MR kontrol kartları kullanılmıştır.

Çalışmada 3 yıllık toplanan veriler içerisinde 108 adet kumaş baz alınıp düzenlenmiştir. 108 adet kumaşın analiz edilmesinin sebebi ise I-MR kontrol kartlarını kullanarak daha sağlıklı sonuçlar elde etmektir. Bu sebeple veri tabanında en az 100 adet top sayısına sahip kumaşlar kullanılmıştır. Özellikle bu hususa dikkat edilmelidir. Bu uygulama ile çalışmanın hedefine ulaştığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada 3 farklı uygulama gerçekleştirilmiştir:

- Ham kumaşların kontrol kartı ile analizi
- Ham kumaş ve bitmiş ürün hatalarının analizi
- Ham kumaşların kümelenmesi

Ham kumaşların kontrol kartı ile analizi sonrası, her kumaşın kendine ait bir hata puanına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Üst kontrol limitleri I-MR kontrol kartı kullanılarak belirlenmiştir. Üst kontrol limitleri bireysel (günlük), haftalık ve aylık olarak incelenmiştir. Üst kontrol limitleri belirlenmeden önce veri setine uygunluk sağlamayan kumaşlar var mı sorusuna cevap bulmak için “Outlier” testi yapılmıştır. Ayrıca bu test ile kalite kontrolcülerin yaptığı hatalı girişlerin önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Yapılan test sonrası veri setine uygun olmayan kumaşlar çıkartılmıştır. Bu doğrultuda I-MR kontrol kartları kullanılıp, üst kontrol limitleri elde edilmiştir. Haftalık ve aylık bazda incelenmesinin sebebi ise daha az periyotlarda bu kontrol istenirse, işletmelerin isteğine göre haftalık ve aylık olarak kontrol yapılabilmesi hedeflenmiştir.

Belirlenen üst kontrol limitleri doğrultusunda her kumaşın kendine özgü bir üst kontrol limit değeri olduğu belirlenmiştir. İlgili kumaşın tekrar sipariş edilmesi durumunda kalite

kontrolcünün uyarılması gerekmektedir. Bu uyarı doğrultusunda kalite kontrol yapan çalışanın üst kontrol limitleri yüksek olan kumaşlarda, daha yavaş sarım uygulayarak çalışması sağlanmalıdır.

Ayrıca her kumaşa ait elde edilen üst kontrol limitleri firma açısından ekonomik anlamda da değerlendirilebilir. Tedarikçilere reklamasyon yansıtılabilmek açısından sürekli bir şekilde kontrolü sağlanabilir. Örneğin üst kontrol limitini %10 aşan kumaş mevcut ise tedarikçiye belirli bir miktar reklamasyon yansıtılabilir.

Ham kumaş ve bitmiş ürün hatalarının analizi sonrası ise, kumaşta karşılaşılan hatalar, bitmiş üründe ortaya çıkmamıştır. Oluşturulan pivot tabloda mamul hata oranı 1% ve üzeri olan değerler baz alınmıştır (Çizelge 5.2). %1'den büyük hata oranına sahip bitmiş ürünlere ait kumaş hatası oranları ile ham kumaş hata oranları arasındaki ilişkinin $r=0,005$, $p(0,92)>0,05$ önemli olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.4).

Bu sonuçlardan anlaşılacağı üzere, işletmede kesimhane sonrasında gerçekleştirilen tasnif işlemleri ve kalite kontrol çalışmaları etkili bir sonuç vermekte, ham kumaş hataları herhangi bir şekilde bitmiş ürün kumaş hatalarına benzer şekilde yansımamaktadır. Ancak şu husus dikkate alınmalıdır ki, kumaş hataları sebebi ile fireye ayrılan kumaşlar firma açısından bir maliyet oluşturacaktır. Gelecekte bu konu ele alındığında maliyet ile ilgili bilgilerinde söz konusu çalışmaya dahil edilmesi tavsiye edilmektedir.

Bunlarında dışında çalışmada, işletmeye uygulama kolaylığı sağlamak amacıyla ham kumaşların kümeleme analizi için örnek bir uygulama sunulmuştur. Kümeleme analizi daha geniş bir uygulamanın temelini oluşturacak bir metodolojidir. Burada ele alınan bulgular sadece mevcut çalışma için bir öneri niteliği taşımaktadır.

Kümeleme analizi farklı mesafe yöntemleri ile farklı sonuçlar verecektir. Kümeleme analizi daha fazla detaylandırılıp, işletmeye uygun kümeleme mesafesi ve bağlantı metodu değişkenleri kullanılabilir. Bu çalışma için kullanılan yöntemde sabit bir mesafe yöntemi ve farklı bağlantı metotları analiz edilmiştir. Küme sayısının küme büyüklüğüne dağılımı incelendiğinde kumaşların, diğer yöntemlere göre “McQuity” bağlantı metodunun daha homojen bulgular sunduğu saptanmıştır.

Çalışmada yaşanan bazı problemler ve varsayımlar şu şekildedir:

Öncelikle verilerin düzgün toplanması ve çalışmanın yürütülmesi için gerekli verilerin işletmenin kullandığı farklı veri tabanlarından alınması gerekmiştir. Kumaşa ait bilgiler, kontrol değeri sonuçları, bitmiş üründe hangi kumaşın kullanıldığı gibi bilgiler farklı veri tabanlarından alınıp birleştirilmiştir. Bu süreçte bazı verilerin düzgün girilmediği için çalışmadan çıkarılması gerekmiştir.

Her ne kadar işletmeden alınan veri kayıtları bir yazılım kullanılarak düzenli tutulmuş olsa da farklı kontrolcülerin aynı titizlikle işlerini yaptıkları ve kumaşları benzer kalitede değerlendirdikleri varsayılmaktadır.

Her kalite kontrolcü farklı şekilde ölçümler yaptığı için kumaşlara ait bazı topların kontrolünün olmadığına ya da yanlış hata puanlarına rastlanılmıştır. Örneğin bir topa ait hata puanı 100 puan ve üstü olarak verilere işlenmiştir. Bu hatalı değerler çalışma kitabından çıkartılmıştır. Aynı şekilde siparişin yetiştirilmesi için bazı toplara kalite kontrol yapılmadığı saptanmıştır.

Gelecekte bu konuda çalışmak isteyen araştırmacılara şu öneriler verilmektedir:

Benzer konu üzerine çalışmak isteyen işletmeler, işi en temelinden almadırlar. Çünkü verilerin erişilebilir ve düzgün toplanması çok önemlidir. Kalite kontrolcünün verileri işlediği form düzeltilbilir. Düzeltilen bu form üzerinden veri giriş yapılmalıdır.

Mevcut işletmede uygulamaya başlandığında her yeni veri geldikçe hata puanlarının güncellenmesi gereklidir. Çünkü her yeni gelen top kontrol kartı verilerinde değişiklik gösterecektir. Ayrıca 4 puan sistemi dışında da başka puan sistemleri kullanmak isteyen işletmeler var ise üst kontrol limitlerini bu şekilde belirleme ihtimalleri söz konusudur.

Yapılan bu işlemlerin kolaylığı açısından mevcut tez çalışmasından gerçekleştirilen uygulamanın bir yazılım aracılığı ile yapılması önerilmektedir.

Kişiler arasındaki kumaş kontrol varyasyonunu azaltmak için bireysel bir kalibrasyon sistemi geliştirilebilir. Örneğin hatası bilinen kumaşlara farklı kişiler tarafından ölçüm yapıldığında, tüm çalışanların hata değerleri karşılaştırılabilir.

Kümeleme analizi yapılacak ise daha farklı kümeleme metotlarının ve farklı tip kumaşların karşılaştırılmasını ele alan çalışmalar gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Acar, A. (2005). *Denim kumaş hatalarının optimizasyonuna yönelik çözüm önerileri* (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ala, D. M. (2008). *Dokuma kumaş hatalarının görüntü analiz yöntemiyle sayısallaştırılması* (Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Ala, D. M., and İkiz, Y. (2015). A statistical investigation for determining fabric defects that occur during weaving production. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 21(7), 282-287.
- Ala, D. M., ve İkiz, Y. (2015). Bornozluk kadife kumaşların hata kontrolü ve hata puan sistemlerine göre sınıflandırılması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(7), 288-295.
- Antony, J., Balbontin, A. and Taner, T. (2000). Key ingredients for the effective implementation of statistical process control. *Work Study*, 49(6), 242-247.
- Asaka, T., and Ozeki, K. (1996). *Handbook of quality tools* (1st ed.). Portland, ABD: Productivity Press.
- Aslangiray, A., ve Akyüz, G. (2014). Bulanık kontrol grafikleri: Tekstil firmasında bir uygulama. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 43(1), 70-89.
- ASTM Standard. (2004). *Standard test methods for visually inspecting and grading fabrics (ASTM d 5430-04 ASTM International)*. Pennsylvania, USA. Erişim adresi: <https://www.astm.org/d5430-04.html>
- Aydın, Z. B., ve Kargı Arıkan, S. (2018). İstatistiksel kalite kontrol teknikleri ile otomotiv sektöründe bir uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 16(1), 41-63.
- Bai, D. S., and Lee, K. T. (1998). An economic design of variable sampling interval \bar{x} control charts. *Int. J. Production Economics*, 54(1), 57-64.
- Barış, B. (2018). *Dokuma kumaş hatalarının belirlenmesi ve nedenlerinin giderilmesi için bir uzman sistem uygulanması* (Doktora Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Başkan, Ş. (1994). *İstatistiksel kalite kontrolü*. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları.
- Bek, G. A., ve Sabır Ceyhun, E. (2008). *Bir konfeksiyon fabrikasında proses ve kalite kontrol* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Bircan, H., ve Gedik, H. (2003). Tekstil sektöründe istatistiksel proses kontrol teknikleri uygulaması üzerine bir deneme. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 4(2), 69-79.
- British Standards Institution. (1983). *Numerical Designation of Fabric Faults by Visual Inspection (BS 6395)*. London, United Kingdom.
- Carot, V., Jabaloyes, J. M. and Carot, T. (2022). Combined double sampling and variable sampling interval X chart. *International Journal of Production Research*, 40(9), 2175-2186.

- Conci, A., and Proença, C. B. (2000). A computer vision approach for textile inspection. *Textile Research Journal*, 70(4), 347-350.
- Cook, G. E., Maxwell, J. E., Barnett, R. J., and Strauss, A. M. (1997). Statistical process control application to weld process. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 33(2), 454-563.
- Çalışkan, E. (2019). *Denim yıkamada ekolojik ve geleneksel üretim yöntemlerinin karşılaştırılması* (Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Çelik, H. İ., Dülger, L. C., ve Topalbekiroğlu, M. (2012). Görüntü işleme teknikleri kullanarak kumaş hatalarının belirlenmesi. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1), 22-39.
- Doğan İpekgil, Ö., ve Tutuncu, Ö. (2003). *Hizmet işletmelerinde toplam kalite yönetimi kapsamında ISO 9001:2000 ve bilgisayar destekli bir uygulama*. İzmir, Türkiye: Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Dorrity, J. L., Vachtsevanos, G., and Jasper, W. (1995). Real-Time fabric defect detection & control in weaving processes. *National Textile Center, G94(2)*, 143-152.
- Duran, C., ve Çetindere, A. (2012). Konfeksiyon sanayiinde faaliyet gösteren bir işletmede istatistiksel proses kontrol teknikleri ile ürün hatalarının analiz edilmesi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 233-254.
- Dülgeroğlu Kısaoğlu, Ö. (2010). A statistical quality control system in a medium-scale weaving mill: I. control of fabric defects. *Journal of Engineering Sciences*, 16(3), 291-301.
- Dülgeroğlu Kısaoğlu, Ö. (2010). A statistical quality control system in a medium-scale weaving mill: II. control of loom stoppages. *Journal of Engineering Sciences*, 16(3), 303-313.
- Ertuğrul, İ., ve Karakaşoğlu, N. (2006). Kalite kontrolde örneklem büyüklüğünün değişken olması durumunda p kontrol şemalarının oluşturulması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(1), 65-80.
- Gitlow, H. S., Oppenheim, A. and Oppenheim, R. (1994). *Quality management: tools and methods for improvement* (2nd ed.). USA: McGraw-Hill.
- Grant, E. L., and Leavenworth, R. S. (1988). *Statistical quality control* (6th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Gürarda, A. (2015). Konfeksiyon işlemleri ile kumaş özellikleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 32(2), 41-50.
- Hair, J. F., Black, W. C. Babin, B. J. and Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). United Kingdom: Hampshire: Cengage Learning EMEA.
- Hamby, D. S., and Grover, E. B. (1960). *Handbook of textile testing and quality control* (1st ed.). New York: Textile Book Publishers.
- Harpreet, S. O., Mamta, P., Harpreet, K., and Rahul, M. (2016). SPC (Statistical Process Control): A quality control technique for confirmation to ability of process. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 3(6), 666-672.

- Hossain, A., Choudhury, Z. A., and Suyut, S. M. (1996). Statistical process control of an industrial process in real time. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 32(2), 243-249.
- İTHİB - Araştırma Raporları. (2022). Erişim adresi: <https://www.ithib.org.tr/tr/bilgi-bankasi-raporlar-arastirma-raporlari.html>
- İzbudak, H., and Alkan, A. (2010). *Denim fabrics defect detection by using correlation method*. 2010 National Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering.
- Kadolph, S. J. (2007). *Quality assurance for textiles and apparel* (2nd ed.). USA: Fairchild Publications.
- Kara, Ö. (2019). *Parametre tahminin üstel ağırlıklandırılmış hareketli ortalama kontrol grafiği performansına etkisinin değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kaya, S., ve Erdoğan, M. Ç. (2007). Konfeksiyon işletmelerinde operatör özelliklerinin dikim bölümündeki kalite hatalarına etkisi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3(1), 207-214.
- Kayaalp Dengizler, İ., ve Erdoğan, M. Ç. (2009). Konfeksiyon işletmesinde dikiş hatalarının istatistiksel proses kontrol yöntemlerini kullanarak azaltılması. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 19(2), 169-174.
- Kısaoğlu, Ö. (2006). Kumaş kalite kontrol sistemleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2), 233-241.
- Kumar, A. (2003). Inspection of surface defects using optimal fir filters. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 2(1), 241-244.
- Kuo, C.-F. J., Lee, C.-J., and Tsai, C.-C. (2003). Using a neural network to identify fabric defects in dynamic cloth inspection. *Textile Research Journal*, 73(3), 238-244.
- Lin, Y.-C., and Chou, C.-Y. (2005). On the design of variable sample size and sampling intervals X charts under non-normality. *International Journal of Production Economics*, 96(2), 249-261.
- Luo, H., and Wu, Z. (2002). Optimal np control charts with variable sample sizes or variable sampling intervals. *Economic Quality Control*, 17(1), 39-61.
- Mayang, N., Koeswandi, T. A., and Yulianti, S. (2016). The analysis of quality control in garment company using statistic in controlling product. In *2016 Global Conferance on Business, Management and Entrepreneurship*. 15, s. 254-258. Atlantis Press. Erişim adresi: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/gcbme-16/25865920>
- Mehta, P. V. (1992). *An introduction to quality for the apperel industry* (2nd ed.). USA: CRC Press.
- Minitab 20 Support. (2022). Erişim adresi: <https://support.minitab.com/en-us/minitab/20/?SID=0>
- Montgomery, D. C., (2001). *Introduction to statistical quality control* (5th ed.). New York: John Wiley&Sons, Fourth Edition.

- Montgomery, D. C., (2013). *Introduction to statistical quality control* (7th ed.). New York: John Wiley&Sons, Fourth Edition.
- Özilgen, M. (1998). Construction of quality control charts with sub-optimal size samples. *Food Control*, 9(1), 57-60.
- Patır, S. (2009). İstatistiksel proses kontrol teknikleri ve kontrol grafiklerinin Malatya'daki bir tekstil (iplik dokuma) işletmesindeki bobin sarım kontrolüne uygulanması. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9(18), 231-250.
- Pavol, G. (2015). Continuous quality improvement by statistical process control. *Procedia Economics and Finance*, 34, 565-572.
- Phuong, H. T., Kim, P. T., and Athanasios, R. (2019). A synthetic median control chart for monitoring the process mean with measurement errors. *Quality and Reliability Engineering International*, 1-17.
- Pradip, M. V., and Bhardwaj, S. K. (1998). *Managing quality in the apparel industry* (1st ed.). New Delhi: New Age International Ltd.
- Pyzdek, T. (2003). *The six sigma handbook. Revised and expanded* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Reynolds, M. R., and Arnold, J. C. (2001). Ewma control charts with variable sample sizes and variable sampling intervals. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 33(6), 511-530.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2005). *Dokunmuş kumaşlar hata tarifleri terimler (TS 471 ISO 8498)*. Ankara, Türkiye. Erişim adresi: <https://intweb.tse.org.tr/>
- Ünal, C., ve Ağırğan, A. Ö. (2018). Yuvarlak örme kumaş hatalarının kontrol kartlarıyla istatistiksel analizi. *Journal of Textiles and Engineer*, 25(111), 246-253.
- Ünal, C., Kaya, A., and Şentürk, K. (2021). Development of a new fabric grading system with a demerit control chart in the apparel industry. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 29(2), 25-29.