



Dokuma Tezgahında Üretilen Denim Kumaşlarının Online Analizleri İçin Önerilen Yeni Bir Üretim Kayıt Modülü

A New Production Recording Module Recommended for Online Analysis of Denim Fabrics Produced with Weaving Looms

Muhammed Fatih Talu¹ , Mahdi Hatami Varjovi¹ 

Başyuru/Received: 12/08/2023

Kabul / Accepted: 21/06/2023

Çevrimiçi Basım / Published Online: 13/07/2023

Son Versiyon/Final Version: 14/07/2023

Öz

Tekstil ve Hazır Giyim sektöründe dokuma tezgahlarında üretilen kumaşların bilgisayarla incelenmesi, otomatik hata tespiti ve kumaş analiz yazılımlarının geliştirilmesi için üretim anında online kayıt yapabilen sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Online kayıt sistemleri hareketsiz ve hareketli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Hareketsiz sistemlerin yüksek çözünürlükte görüntü kaydı yapabilmelerine karşılık yüksek maliyetlere sahip olduğu görülmektedir. Gelişmekte olan hareketli sistemler düşük maliyet sunmakta, ancak kumaş türüne bağlı kayıt yapabilmektedir. Bu çalışmada kumaş türü sınırlaması olmaksızın yüksek çözünürlükte kayıt yapabilen ekonomik bir kayıt modülü önerilmektedir. Bu modül, doğrusal raylı bir mekanizma üzerinde kamerayı hareketlendirmekte ve kumaş üretim hızına göre kamera hareket hızını ayarlayabilmektedir.

Anahtar Kelimeler

“Gerçek zamanlı inceleme, doku sınıflandırma, görüntü işleme”

Abstract

In the Textile and Clothing sector, while producing fabrics there is need for computer-based examination systems on weaving loom machines in order to do the fabric analysis and online defect detection process. Online recording systems are divided into two categories: moving and stationary. It has high costs due to the ability of stationary systems to record high resolution images. The developing of moving equipment offers low cost, but it can record depending on the type of fabric. An economic recording module is proposed compared to fabric limitation of this kind, high resolution recording. This module drives the camera on a linear rail mechanism and can adjust its movement according to the fabric production speed.

Key Words

“Fabric defect detection, real time inspection, texture classification, computer vision”

1. Giriş

Tekstil ve Hazır Giyim (THG) sektöründeki giyim ve diğer (çadır, branda vb.) ürünlerde kullanılan kumaşlar dokuma/örme makineleri kullanılarak üretilmektedir. Üretim esnasında kumaş hataları ortaya çıkmakta ve literatürde tanımlanmış 70'den fazla kumaş hatasının olduğu bilinmektedir. Bu hataların tespiti işlemi genellikle fabrikada vardiyalı çalışan işçilerle yapılmaktadır. Bu nedenle, emek yoğun bir sektör olan THG'de işçilik maliyetleri ve işçi hataları, işletmeler için önemli gider kalemlerinden birini oluşturmaktadır (Association & Council, 2001). THG sektöründe ilk yıllardan beri geleneksel olarak insan kontrolüne dayanan bir kalite kontrol sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemde üretilen her bir kumaş topu kalite kontrol biriminde açılarak ışıklı bir makine üzerinde operatör tarafından izlenmektedir (bak Şekil 1). Operatör tarafından tespit edilen hatanın türü, boyutu ve sayısı not alınır ve incelenen her bir kumaş topu için hata istatistikleri tutulur. Bu istatistikler değerlendirilerek kumaş topunun kalitesi (birinci sınıf, ikinci sınıf şeklinde) belirlenir [2]. Ancak kalite kontrol biriminde yapılan bu kumaş analiz işlemi, üreticisi açısından iki önemli eksiklik içermektedir: 1) kumaş analizinin üretim esnasında değil, üretimden sonra gerçekleştirilmesi; 2) analiz işleminin insan kontrolüyle gerçekleştirilmesi. (Rasheed, et al., 2020) Kumaş hatalarının üretim esnasında tespit edilebilmesi hatanın ortaya çıktığı anda üretimin durdurulabilmesine imkân sağladığı için hataya neden olan problemin giderilmesini mümkün hale getirir. Böylece ortaya çıkan hatanın tekrarlanması engellenmiş olur. Örneğin dokuma tezgahındaki bir iğnenin kırılmasıyla meydana gelecek "iğne kırığı" hatası ilk ortaya çıktığı anda fark edilmez ve üretim durdurulmazsa, hata sonraki tüm kumaş topuna yansiyacak ve ikinci sınıf kumaş üretilecektir (Niles, Fernando, & Lanerolle, 2015). Kumaş kalitesindeki bu düşüş üreticiye üretim zararı olarak yansiyacaktır.



Şekil 1. İnsan kontrollü kumaş inceleme sistemleri

Kalite kontrol biriminde insan aracılığıyla yapılan analiz işlemi birtakım problemler içermektedir. İnsanın uzun süre benzer arka fona sahip bir kumaşa bakması göz yanılması ve dikkat dağınıklığının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ayrıca kumaşa uzun süreli bakışlarda sağlık açısından problemlerin olduğu, baş ağrısı gibi rahatsızlıkların ortaya çıktığı bilinmektedir. Tüm bu olumsuzluklar yapılan kontrol işleminin başarısını düşürmektedir. İnsan odaklı yapılan kumaş kontrol işlemlerinde hata tespit başarısı %70 seviyesindedir (Stojanovic, et al., 2001). Başarı oranının yükseltilmesi, ortaya çıkan hataların indirgenmesi için otomatik kumaş kontrol sistemlerine ihtiyaç duyulduğu açıktır.

Otomatik kumaş kontrolü yapabilen sistemler üretim kalitesini arttırmak ve gider maliyetlerini azaltmak için daha uygun bir çözüm olarak görülmektedir. Bu sistemlerdeki temel amaç insan kontrolüne dayalı yapılan kontrol işleminin kameralı sistemlerle 7/24 kesintisiz gerçekleştirilmesidir. Kamera görüntülerinin analizi sonucunda kumaş topunda hatalı bölgelerin konumları tespit edilebilmekte ve hatalar sınıflandırılabilir. Bu sistemler yukarıda bahsedilen insan kaynaklı olumsuzluklardan etkilenmemektedirler.

Kalite kontrol birimlerinde kullanılan otomatik kumaş analiz sistemleri, aydınlatma aparatı, kamera, lens ve bilgisayar yazılımı olmak üzere dört farklı bileşen içermektedir. Bu sistemlerdeki hata tespit başarımı %90'nın üzerine çıkabilmektedir (Wen & Wong, 2018). Tespit edilebilen bu hatalar istatistiksel olarak analiz edilerek bir rapor şeklinde kalite kontrol birimine iletilir. Sınırlı sayıda olsa da THS sektöründe kullanılan bu sistemlerin en büyük dezavantajı üretim esnasında değil, üretim tamamlandıktan ve kumaş topu kalite kontrol birimine iletildikten sonra çalşılabilmektedir.

Kumaş hatalarını üretim esnasında online tespit etme yeteneğinden yoksun olan bu sistemler, kumaş üreticisinin üretim maliyetlerini düşürememekte ve hata başladığı anda üretimi durduramadığı için ikinci kalite ürünlerin ortaya çıkmasını engelleyememektedir (Hanbay, Yuvarlak örgü makineleri için görüntü işleme tabanlı kumaş hatası tespit sistemi., 2016). THG sektöründe kumaş üretimi için

dokuma ve örme makineleri kullanılmaktadır. Bu makinelerin fiziksel yapıları, kumaş örme teknikleri, kumaş üretim hızları birbirinden oldukça farklıdır. Bu çalışmada örme makinelerine değil, dokuma makinelerindeki üretime odaklanılmıştır.

Dokuma makinelerinde online hata yakalayabilen sistemlerin olduğu bilinmektedir. Ancak yüksek maliyetlere sahip bu sistemler sınırlı sayıda hatanın yakalanmasını sağlamakla birlikte, sınırlı kumaş türünde çalışmaktadır. Bahsedilen sınırlandırmaların minimize edilmesi ve ekonomik yerli sistemlerin üretilmesi bu çalışmanın temel motivasyonu oluşturmaktadır.

Kumaş hatalarının tespiti alanında ulusal çapta akademik çalışmaların bulunduğu (Şeker, Peker, Yüksek, & Delibaş, 2016; Wen & Wong, 2018) (Berkay & Hüseyin, 2019) (Hanbay, et al., 2015) ancak ürüne dönüşmüş yerli bir kumaş analiz sisteminin olmadığı bilinmektedir.

Kumaş analiz sistemleri iki temel modül içermektedir: 1) üretim kayıt modülü; 2) hata tespit modülü. Bu çalışmada sadece birinci modül hakkında yapılan çalışmalar yer almaktadır (Kumar, 2008). Kumaş hatasının tespiti ile ilgili çalışmalar bu çalışmanın kapsamı dışındadır.

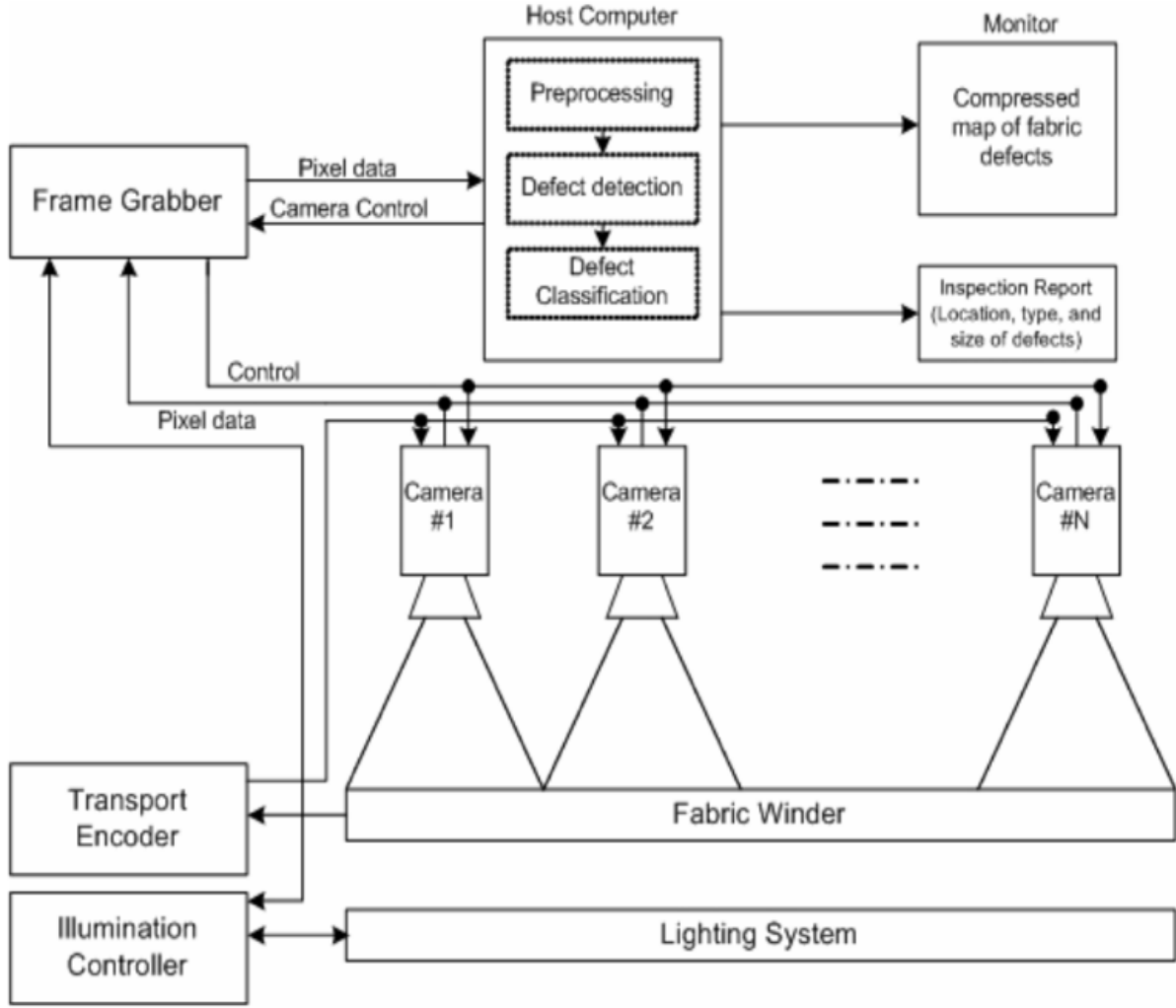
Makalenin bundan sonraki organizasyonu şu şekildedir: Bölüm 2’de iki adet modern otomatik kumaş analiz sisteminin (BMSVision, Cyclops) üretim kayıt modülleri ifade edilmektedir. Bölüm 3’te önerilen kayıt modülünün donanımsal ve yazılımsal alt bileşenleri verilmektedir. Bu bölümün devamında mevcut ve önerilen kayıt modüllerinin üstünlük ve eksiklikleri birlikte irdelenmektedir. Bölüm 4’te elde edilen sonuçlar özetlenmektedir.

2. Online Kumaş Analiz Sistemleri

Dokuma tezgahında üretilen kumaşların üretim esnasında online analizini yapabilen sistemleri ikiye ayırmak mümkündür: 1) hareketsiz kamera kullanan sistemler; 2) hareketli kamera kullanan sistemler. Bu bölümde her iki sistemin çalışma prensibinden, üstünlük ve eksikliklerinden detaylı bir şekilde bahsedilmektedir.

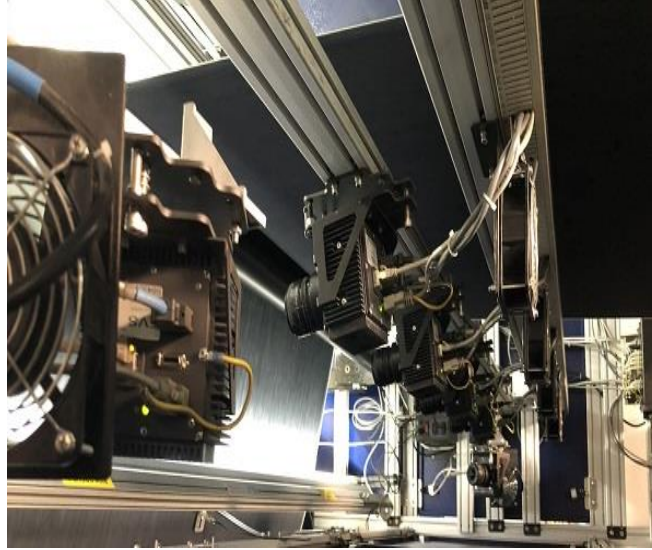
2.1. Hareketsiz kamera kullanan sistemler: Uster Vision

Hareketsiz kamera kullanan sistemlerin genel çalışma prensibi Şekil 2’de gösterilmektedir. Buna göre metrelerce uzunlukta kumaş üretebilen dokuma tezgahlarındaki kumaşların üretim anında incelenebilmesi için birden fazla hareketsiz kameranın yan yana birlikte çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Mak, Peng, & Lau, 2005). Üretilen kumaşa yaklaşık yarım metre uzaklığa yerleştirilen her bir kamerayla yine yarım metreye yakın bir kumaş alanının kayıt altına alınması mümkün olmaktadır (Castilho, Gonçalves, & Serafim, 2007). Bahsedilen bu mesafeler kumaş üzerinde incelenecek minimum hata boyutuna ve kumaşın üretim hızına bağlı olarak değişim göstermektedir (Sari-Sarraf & Goddard, 1999). Hareketsiz kamera sistemlerinde genellikle çizgi kamera ve çizgi ışık bileşenleri kullanılmaktadır. Bu sayede yüksek hızlarda üretilen kumaşların online analizi yapılabilmektedir (Schneider & Aach, 2012). Sistemde yer alan çerçeve tutucu kartı, birden fazla kamera görüntüsünün eş zamanlı elde edilmesi ve birleştirilerek tek bir kumaş görselinin üretilmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 2. Hareketsiz sistemin çalışma şekli

Dokuma tezgahlarında farklı genişlikte (1m-5m aralığında) kumaş üretimleri gerçekleştirilmektedir. Örneğin 2m'lik bir kumaş üretiminde görüntü kaydının gerçekleştirilebilmesi için yan yana dört kameraya ihtiyaç duyulmaktadır. Her bir kameranın yaklaşık \$3.000 maliyete sahip olduğu göz önüne alındığında, sadece kamera maliyetinin \$12.000 olduğu görülmektedir. Bütün bir sistem olarak düşünüldüğünde (lens, ışık aparatı, çerçeve elde etme kartı, sunucu bilgisayar ve hata tespit yazılımı) tek bir dokuma tezgahında otomatik hata tespit maliyeti yaklaşık \$50.000 seviyelerine yükselmektedir. Hiç şüphesiz hareketsiz kamera sistemlerinin yüksek maliyetlere sahip olması sahada tercih edilmesini engellemekte ve yaygın kullanımını önlemektedir. Şekil 3'te Uster Technologies Vision firmasının altı kameralı hareketsiz kumaş analiz sistemi gösterilmektedir.



Şekil 3. Uster Technologies

2.2. Hareketli kameralı sistemler: Cyclops

BMSvision firmasına ait Cyclops (BMSvision, 2019) adlı ürün Şekil 4’te hareketli kamera kullanan sistemlere örnek olarak verilebilir. Alman menşeli bu ürün, dokuma tezgâhi üzerinde doğrusal hareket sağlayan raylı bir mekanizma kullanmaktadır. Bu mekanizma üzerinde sağa ve sola hareket eden kamerayla üretilen kumaş izlenmekte, elde edilen kumaş görüntüleri ağ üzerinden sunucuya aktarılmakta ve sunucuda çalışan bir yazılımla otomatik hata tespiti yapılmaktadır. Cyclops uygun kumaş görüntüsünü elde edebilmek için mavi renkli ve flaşlı bir aydınlatma bileşeni kullanmaktadır (Goyal, 2018). Önceden tanımlanmış on adet kumaş hatasını tespit edebilen Cyclops’un en önemli dezavantajı, sınırlı kumaş türünde çalışabilmesidir (Vilumsone-Nemes, 2018). Örneğin Çalık Denim tarafından üretilen sıg dokumaya sahip denim kumaşlarında Cyclops çalışmamaktadır.

Sadece seyrek dokunan kumaş sistemlerde çalışan bu ürünün diğer dezavantajı gömülü görüntü analiz yeteneğinin olmaması, harici bir sunucuya ihtiyaç duymasıdır. Ayrıca Cyclops yüksek maliyetlere sahiptir. Bu eksiklikler ürünün piyasa pazarını oldukça daraltmakta, yaygınlaşmasını engellemektedir. Bu nedenle ülkemizdeki dokuma işletmelerinde bu ürünlerin kullanılmadığı, hala insan denetimiyle hataların tespit edildiği bilinmektedir.



Şekil 4. Cyclops

3. Önerilen Üretim Kayıt Modülü

Önerilen üretim kayıt modülünün görseli Şekil 5’te yer almaktadır. Hareketli kamera sistemleri içerisinde yer alan bu ürün, kamera ve doğrusal hareket sistemi bileşenleriyle Cyclops’a oldukça benzemektedir. Cyclops’dan farkı, kumaş türü sınırı olmaksızın her türlü kumaşta net görüntüyü elde edebilmesidir. Bunun anlamı dokunan kumaş türünün sıg veya seyrek olması fark etmeksizin üretim kayıt altına alınabilmektedir. Bu özelliğiyle oldukça geniş bir kullanım alanına sahip olacağı düşünülmektedir.

Önerilen kayıt modülü, özel tasarlanmış aydınlatma bileşenleri ve yazılımları sayesinde Cyclops'un görüntüleme noktasındaki dezavantajını ortadan kaldırmış, böylece net kumaş görüntüsünün elde edilebilmesini sağlamıştır. Bundan sonraki bölümde sırayla önerilen kayıt sisteminin sahip olduğu donanımsal bileşenlerden, daha sonra geliştirilen optimal hız yazılımlarından bahsedilmektedir.

3.1. Donanımsal bileşenler

Önerilen üretim kayıt modülü, kamera, lens, doğrusal sistem ve aydınlatma bileşeninden oluşmaktadır. Kamera olarak FLIR firmasının düşük maliyetli endüstriyel bir kamerası seçilmiştir. Kamera ve kumaşın hareketli olması görüntülerde bulanıklık seviyesini yükseltmektedir. Bulanıklık seviyesini düşürmek için kamera sensör boyutunun yüksek olması (5.86nm) ve görüntünün 'global shutter' tekniğiyle oluşturulmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca net görüntünün elde edilmesi için kamera sensörüyle ortama yayılan ışığın birbiriyle uyumlu seçilmesi gerekmektedir. Seçilen kameranın datasheet'i detaylı incelendiğinde en yüksek Quantum etkinlik (Quantum Efficiency) değerini (%81-82) yaklaşık 525nm dalga boyunda elde ettiği görülmüştür. Bunun anlamı kullanılacak ışığın 525nm dalga boyunda ışık yayması durumunda kameranın ışık değerini elektrige dönüştürme etkinliği %80'ler seviyesinde olacak ve en net görüntüyü elde edebilecektir.

Kameranın kumaşa uzaklığı 10cm olarak belirlenmiştir. Bu mesafeden yaklaşık 12cm kumaş alanının görülebilmesi için 12mm odak uzaklığına sahip Sony markalı bir lens kullanılmıştır. Raylı mekanizma, hava basıncıyla kamera tablasını hareketlendirebilen 2.5m uzunluğunda doğrusal bir hareketli sistemidir.

Klasik LED aydınlatma modüllerinin kullanılması sonucunda elde edilen görüntülerde yüksek seviyeli bulanıklaşmanın olduğu görülmüştür. Bulanıklaşmanın tam olarak ortadan kaldırılması ve net görüntünün elde edilebilmesi için özel olarak tasarlanmış ve üretimi gerçekleştirilmiş aydınlatma bileşenleri kullanılmıştır. Bunun için ortama beyaz ışık yayan özel bir LED (CREE firmasının SMD LED serisi) seçilmiş olup, bu LED'in dalga boyu spektrumunun kamerayla uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Seçilen LED 3500K veya 4000K beyaz ışıkla kullanılması durumunda ortama yüksek performansta ışık yayabilmektedir. Bu LED 150 mA akımda yaklaşık 70lümen ışık üretmektedir ve 150 lümen/watt ışıksal etkinlik değerine sahip olup, piyasanın en yüksek performanslı LED'lerinden biridir.

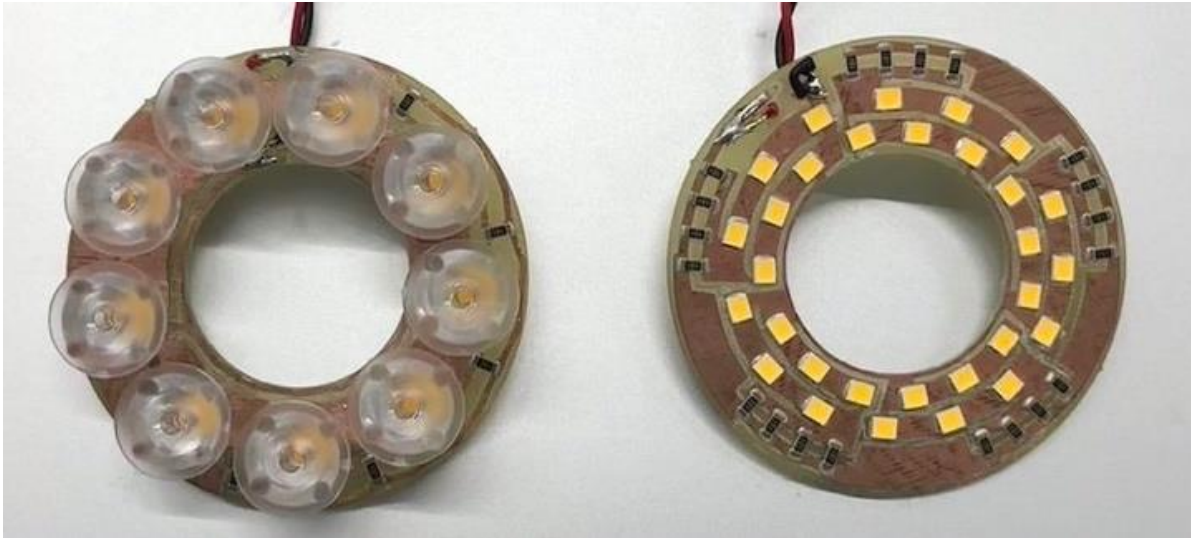
Şekil 6'da belirlenen LED'ler kullanılarak tasarlanan iki adet LED PCB gösterilmektedir. İlk modelde (sağ) 30 adet LED bulunmaktadır. Diğer modelde (sol) ise 9 adet LED ve 50 derece açığa sahip lensler bulunmaktadır. Kullanılan bu ledler ışığın geniş açıyla ortama yayılmasını engellemekte ve 50 derecelik bir alana odaklamaktadır. Her iki kart 12V DC ile çalışmaktadır. Ortamdaki ışık seviyesinin ayarlanabilmesi için çıkış gerilimini 8V-12V arasında değiştirilebilen bir regülatör devresi kullanılmıştır. Görüntü alma esnasında kamera hareketli bir mekanizma üzerinde olacağından PCB'lere enerji aktarımı için esnek kablolar ve özel bir soket bağlantısı kullanılmıştır. LED'lerin ısınma durumunu gözlemek için termal kamera kullanılarak ölçümler yapılmış ve LED jonksiyon sıcaklıklarının güvenli çalışma bölgesi içinde kaldığı görülmüştür.

3.2. Üretim hızı tespit algoritması

Bu bölümde Çalık Denim'de kabarcık (twill) dokuma yöntemiyle dokunan kumaşların üretim hızını otomatik tespit edebilen bir algoritma anlatılmaktadır. Bu dokuma yönteminde atkı ve çözgü desenleri birbirine paralel uzanan hatlar şeklinde bir görünümüne sahiptir. Kabarcık dokumayla dokunan kumaşın üretim hızını bulabilmek için atkı ve çözgü desen kalınlıklarının hangi hızlarda üretildiğinin belirlenmesi gerekir. Çözgü desen kalınlıkları hesaplama algoritması algoritma 1'de verilmektedir.



Şekil 5. Önerilen üretim kayıt modülü



Şekil 6. Aydınlatma Bileşenleri

Result: Ortalama Kumaş Üretim Hızı

Kumaş üretilirken 10 saniye görüntü kaydet (fps=15, toplam 150 görüntü);

Kalınlık = 1;

while Herbir görüntü çerçevesini kullan **do**

 Morfolojik operasyonlarla atkı/çözümlü belirginleştir (bak Şekil 7.b);

if Görüntünün orta satırındaki piksel değerlerinde değişim varsa **then**

 yedekle(Kalınlık);

 Kalınlık=1;

else

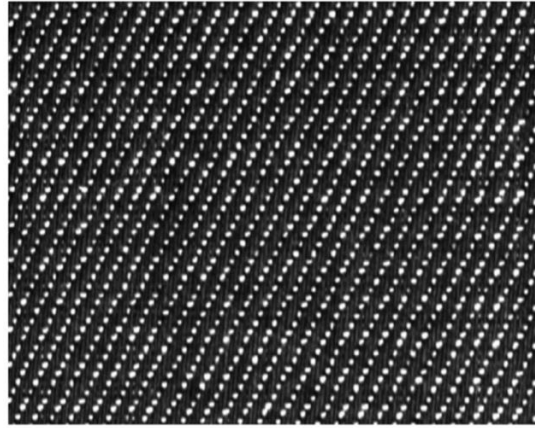
 Kalınlık++;

end

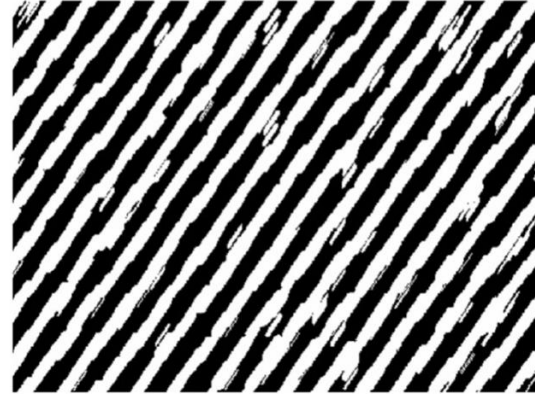
end

Tüm pikseller için hesaplanan değerlerin ortalamasını bul;

Algoritma 1. Kumaş üretim hızı tespit algoritması



a)



b)

Şekil 7. Online üretim görüntüleri. kumaş (a), atkı ve çözgü belirginleştirme (b)

Tablo 1. Görüntülerden elde edilen bilgiler (Düşük Hız)

#	Çerçeve1(px/s)	Çerçeve2(px/s)	Fark(px/s)	Toplam piksel(px/s)
1	14	19	5	44
2	19	23	4	44
3	23	27	4	40
4	27	31	4	44

#	Çerçeve1(px/s)	Çerçeve2(px/s)	Fark(px/s)	Toplam piksel(px/s)
5	31	34	3	45
6	34	41	7	43
.
150	41	45	4	45

Bu algoritma kumaş üretimi devam ederken ve dokuma hızının 300Devir/Dakika ve 650Devir/Dakika durumlarında çalıştırılmıştır. Kamera FPS değeri 15 olarak ayarlanmış ve 10 saniye kayıt yapılmıştır. Kaydedilen örnek bir kumaş görüntüsü Şekil 7 (a)'da gösterilmektedir. Bu görüntü üzerinde morfolojik operasyonlar gerçekleştirilerek atkı ve çözgü desenlerinin belirginleşmesi sağlanmıştır (bak Şekil 7 (b)). Kaydedilen toplam 150 görüntü çerçevesinde atkı ve çözgü desen kalınlıkları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmektedir. 150 görüntü ortalaması üzerinden yapılan hesaplama göre kumaş üretim hızı 150piksel/s veya 8mm/s olarak hesaplanmıştır.

3.3. Optimal kamera hızının tespiti algoritması

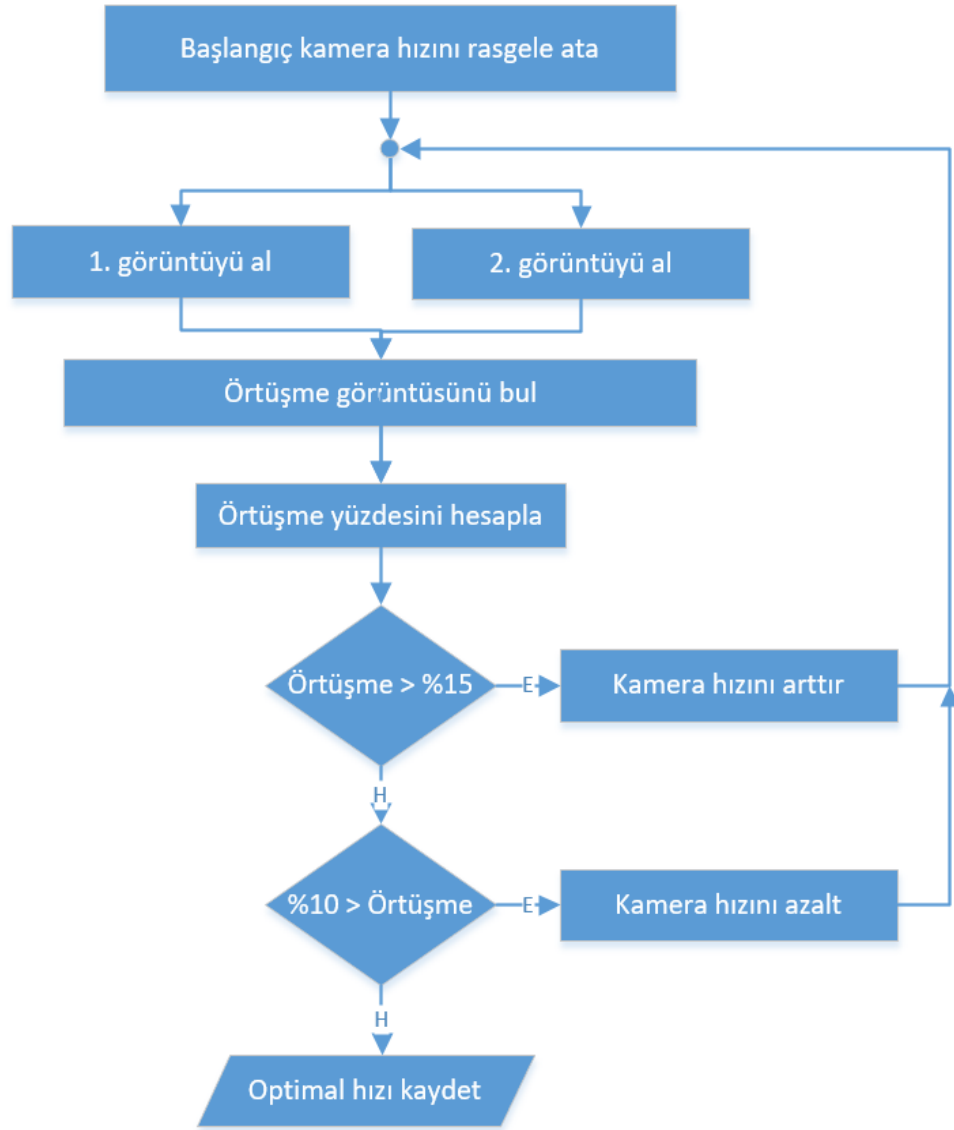
Bu bölümde, doğrusal sistemle dokuma tezgâhı üzerinde gezdirilen kameranın optimal hız değerinin tespiti hakkında yapılan çalışmalardan bahsedilmektedir. Kameranın yüksek hızda hareketi, kumaşın bazı bölümlerinin kaydedilememesi, düşük hızda hareketi, aynı kumaş bölümünün birçok kez kaydedilmesine neden olmaktadır. Optimal hızda hem kumaş rulo sarmalı eksiksiz kaydedilmekte hem de yüksek örtüşmenin olduğu gereksiz görüntü kaydı önlenmektedir.

Doğrusal raylı mekanizma üzerinde hava basıncıyla hareket ettirilen kameranın hızı potansiyometre aracılığıyla ayarlanmaktadır. İlk olarak hızdaki değişimin gözlemlenebilmesi için hava basınç değeri dijital bir ekrana yansıtılmıştır. Daha sonra Şekil 8'de gösterilen optimal kamera hızı tespit algoritması çalıştırılmıştır.

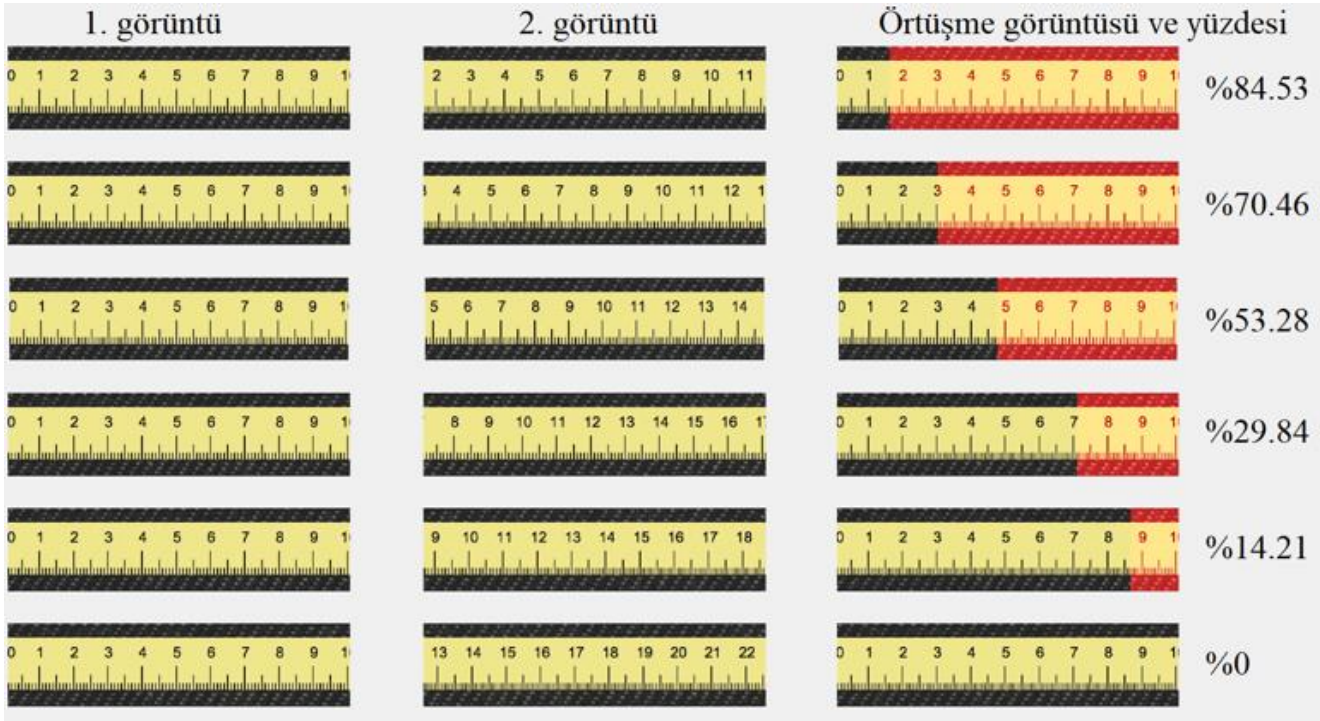
Bu algoritma, kumaş üretimi esnasında kamerayla elde edilen görüntüleri işleyerek kamera hızının artıp azalmasına karar vermekte, sonuçta optimal kamera hızını tespit edebilmektedir. İlk aşamada ardışık iki görüntü arasındaki örtüşen bölgenin tespiti yapılır. Bunun için iki boyutlu normalize edilmiş korelasyon metriği kullanılmıştır ve görüntü çiftleri arasındaki korelasyon sinyali elde edilmektedir. Bu sinyalin maksimum değeri yeterli bir örtüşmenin olup olmadığı hakkında bilgi vermektedir. 1 tam örtüşmeyi, 0 örtüşmenin olmadığı gösterir. Yeterli bir örtüşmenin olması durumunda örtüşme yüzdesinin hesaplanmasına geçilir. Bu değer örtüşme bölge genişliğinin tüm genişliğe oranıyla hesaplanır. Kameranın optimal hızlarda hareket etmesi, örtüşme yüzdesinin %10-%15 aralığında olmasıyla anlaşılmaktadır. Hesaplanan örtüşme yüzdesi belirtilen aralığın üzerindeyse kamera hızlandırılır, altındaysa yavaşlatılır ve algoritma tekrar başa döner. Optimal hız değeri bulunduktan sonra hız sabitleştirilir ve kumaş üretim süreci kayıt altına alınır.

Görüntüler arasında hesaplanan örtüşme oranının doğrulaması için üretilen kumaş sarmalı üzerine bir metre koyulmuş ve ardışık görüntüler kaydedilerek örtüşen bölgenin tespiti yapılmıştır. Önerilen optimal kamera hızı belirleme aşamasında farklı kumaş boyutlarında ve farklı kumaş dokuma hızlarında algoritma yürütülmüştür.

Şekil 9'da farklı görüntü çiftleri arasındaki örtüşme bölgelerinin tespitine ait doğrulama sonuçları gösterilmektedir. Algoritma, birinci ve ikinci sütunda gösterilen görüntüler arasındaki örtüşme yüzdesini hesaplamaktadır. Üçüncü sütunda algoritmanın tespit ettiği örtüşme görüntüsü ve yüzdesi gösterilmektedir. Sonuçlar dikkatlice incelendiğinde, ilk dört satırda örtüşme yüzdesi %15'in üzerinde hesaplandığı görülmektedir. Bu durumda kamera hızlandırılmaktadır. Son satırda örtüşme yüzdesinin %10'un altına düşmesi nedeni ile kamera yavaşlatılır. 5. satırda hesaplanan örtüşme yüzdesi değeri belirlenen aralığın içerisinde olduğu için kamera hızı optimal kabul edilir ve hız sabitleyerek görüntü kayıt işlemi başlatılır.



Şekil 8. Optimal hız kaydet



Şekil 9. Örtüşme görüntüsünü ve yüzdesini bulma

4. Sonuçlar

Bu çalışmada farklı boyutlardaki dokuma tezgahlarında kullanılacak bir üretim kayıt modülü tanıtılmaktadır. Bu modülün piyasada bulunan benzerlerinden en önemli üstünlüğü kumaş üretim hızını ve kameranın optimal hareket hızını otomatik tespit eden yazılımlara sahip olmasıdır. Hareketli bir sistem üzerinde gezdirilen kamerayla net görüntü alabilmek için iki farklı ışık çalışması yapılmış ve kamerayla uyumlu aydınlatma bileşenleri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yazılımlar ve donanımsal bileşenler sayesinde düşük maliyetli donanımsal bileşenlerle net kumaş görüntülerinin kaydedilebildiği gösterilmiştir. Önerilen sistemin daha net görüntü alabilmesi için kumaş eninin 180cm den küçük olması gerekmektedir. Üretilen kumaşın eni 180cm den büyük olma durumunda kumaşın tamamını izleyebilmek adına raylı mekanizmanın hızı yükseltilmiştir, bu işlemin sonucunda net görüntü elde edilememiştir. 180cm den büyük kumaşlarda üretim hızının minimum seviyede olması gerekmektedir. Fabrika ortamında kumaş üretimini maksimuma yükseltmek adına dokuma makinaları 500-550 devir/dakika hızında çalışmaktadır. Bu çalışmada denim kumaş veri tabanı inşa edilmiştir. Bir sonraki çalışmada bu modül kullanılarak kaydedilen kumaş görüntülerinde otomatik hata tespit yazılımı geliştirilecek ve en sık karşılaşılan hataların tespiti yapılacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir (Teydep Proje No: 5180054).

Çalık Denim, Dünya'nın önde gelen premium denim üreticileri arasında yer almaktadır ve bu çalışmada elde edilen görüntüler ve ilk prototip denemeleri bu fabrikada yapılmıştır.

Referanslar

Association, H. K., & Council, H. K. (2001). Textile Handbook. Hong Kong: Hong Kong Cotton Spinners Association.
Berkay, B., & Hüseyin, Z. Ö. (2019). Dokuma kumaş hatalarının sistematik sınıflandırılması üzerine bir çalışma. Tekstil ve Mühendis, 26-114, 156-167.

BMSvision. (2019). Cyclops. <https://www.bmsvision.com/products/camera-inspection>.

Castilho, H. P., Gonçalves, P. J., & Serafim, A. L. (2007). Intelligent Real-Time Fabric Defect Detection. Image Analysis and Recognition, (s. 1297-1307). Berlin, Heidelberg.

- Goyal, A. (2018). Automation in fabric inspection. The Textile Institute Book Series (s. 75-107). içinde Bhiwani, India: Woodhead Publishing.
- Hanbay, K. (2016). Yuvarlak örgü makineleri için görüntü işleme tabanlı kumaş hatası tespit sistemi. Phd thesis.
- Hanbay, K., Alpaslan, N., Talu, M. F., Hanbay, D., Karci, A., & Kocamaz, A. F. (2015). Continuous rotation invariant features for gradient-based texture classificatio. *Comput. Vis. Image Underst.*, 132, 87-101.
- Kumar, A. (2008). Computer-Vision-Based Fabric Defect Detection: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55(1), 348-363.
- Mak, K., Peng, P., & Lau, H. (2005). A real-time computer vision system for detecting defects in textile fabrics. *IEEE International Conference on Industrial Technology*. Hong Kong, China.
- Ngan, H. Y., Grantham, K. P., & Yung, N. H. (2011). Automated fabric defect detection—A review. *Image and Vision Computing*, 29(7), 442-458.
- Niles, S. N., Fernando, S., & Lanerolle, W. D. (2015). A System for Analysis, Categorisation and Grading of Fabric Defects using Computer Vision. *Research Journal of Textile and Apparel*, 19(1).
- Rasheed, A., Zafar, B., Rasheed, A., Ali, N., Sajid, M., Dar, . . . Tariq, M. (2020). Fabric Defect Detection Using Computer Vision Techniques: A Comprehensive Review. *Mathematical Problems in Engineering (Hindawi)*, 2020(8189403), 24.
- Sari-Sarraf, H., & Goddard, J. (1999). Vision system for on-loom fabric inspection. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 35(6), 1252 - 1259.
- Schneider, D., & Aach, T. (2012). Vision-based in-line fabric defect detection using yarn-specific shape features. *Image Processing: Machine Vision Applications V*. Burlingame, California, United States.
- Şeker, A., Peker, K. A., Yüksek, A. G., & Delibaş, E. (2016). Derin Öğrenme ile Kumaş Hatası Tespiti. 24th Signal Processing and Communication Application Conference.
- Stojanovic, R., Mitropulos, P., Koulamas, C., Karayiannis, Y., Koubias, S., & Papadopoulos, G. (2001). Real-Time Vision-Based System for Textile Fabric Inspection. *Real-Time Imaging*, 7(6), 507-518.
- Vilumsone-Nemes, I. (2018). Automation in spreading and cutting. *Automation in Garment Manufacturing* (s. 139-164). Novi Sad, Serbia: Woodhead Publishing.
- Wen, J., & Wong, W. (2018). Fundamentals of common computer vision techniques for fashion textile modeling, recognition, and retrieval. The Textile Institute Book Series (s. 17-44). The Textile Institute Book Series.