

Dokuma tezgahlarında hatalı kumaş dokusunun tespiti için başarılı bir yöntem

Mehmet Emin TAĞLUK*

İnönü Üniversitesi, Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, Malatya, Türkiye

Makale Geliş Tarihi: 15.01.2017 Makale Kabul Tarihi: 20.02.2017

Öz

Tekstil tezgahlarında dokunan kumaşın hatasını gerçek zamanlı otomatik olarak tespit etme zaman ve mali açılarından oldukça önemlidir. Kumaş hataları kaynağına bağlı olarak çeşitlilik gösterdiği için genel bir otomatik hata tespit sistemin yapılması oldukça zordur. Bu probleme yönelik birçok yöntem geliştirilmeye çalışılmış ve halan çalışılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları uzaysal görüntü, bazıları frekans ve bazıları da dokuya ait özellikler bazında işlem yapmaktadır. Ayrıca, kumaşın renk, doku ve morfolojik özelliklerini dikkate alan çalışmalarda mevcuttur. Ancak henüz istenilen düzeyde genel bir başarıml elde edilememiştir. Bu çalışmada tekstil fabrikasında gerçek zamanlı elde edilmiş kumaş imgelerin uzaysal iki boyutlu spektrumları alınmış ve bu problem için tasarlanan özel bir kernel ile filtrelenmiştir. Filtreleme sonucunda elde edilen spektral güç değerleri kullanılarak hatalı ve sağlam kumaş imgeleri yaklaşık olarak %99.19 oranında birbirinden ayırılmıştır. Bu başarıml oranı geliştirilen yöntemin başarılı olduğunu göstermektedir. Ayrıca bu sistemin gerçek zamanlı uygulamalar için yeterince hızlı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler Tekstil kalite kontrol; kumaş dokuma hataları; kumaş hata tespiti; iki boyutlu spektrum; kernel bazlı filtreleme.

Giriş

Tekstil sektöründe dokunan kumaşın hatasını otomatik olarak tespit etme ve buna göre dokuma tezgahını kontrol etme hem zaman hem de mali açıdan oldukça önemlidir. Bu sektörde hizmet veren fabrikaların kumaş hatalarından dolayı binlerce dolar/para zarar ettiklerini ifade etmektedirler. Tekstil kumaş hatasını dokuma sırasında dokuma hızında çıplak gözle kontrol etmek neredeyse mümkün değildir, ancak dokuma bittikten sonra çıplak gözle kontrol edilebilmektedir ve hali zaman almaktadır.

Dokuma tezgahlarında dokunan kumaşların dokuma sırasında hatalı olan dokumayı gerçek zamanlı otomatik olarak algılayıp dokuma makinesini kontrol etme için bir çok firma çeşitli yatırımlar yaparak çeşitli yöntemlerin geliştirilmesi için Ar-Ge girişiminde bulunmaktadırlar. Bu yöntemlere referans (Jagdish vd., 2013; Mak vd., 2013) de yapılan çalışmalar örnek olarak gösterilebilir. Kumaş hataları çeşitli nedenden kaynaklanabileceği için hatalar farklı form ve yapıda olabilmektedir. Bu hataların bir çoğunu gruplanmış bir formatta referans (Loonkar vd., 2015) te verilen Tablo I de görmek mümkündür. Bu yöntemlerin genelinde görüntü yada imge işleme yoluyla hatalı olan kumaş bölümü tespit edilmektedir. Bazı çalışmalar uzaysal imge bazında (Navarro vd, 2016; Coggins vd., 1985; Selver vd., 2014) işlem yaparken bazıları da frekans domininde (Chan vd., 200; Serikawa ve Hossain, 2013) işlem yapmaktadır. Bazı çalışmalarda ise imge dokusundan bir takım istatistiksel özellikler çıkarılarak yapay sinir ağları (YSA) gibi makine öğrenmesi yöntemleri ile değerlendirilerek işlem yapmaktadır (Huang vd., 2004; Won vd., 2009; Latif-Ahmet vd., 2000; Habib vd., 2011; Kuo vd., 2003). Ayrıca Bilgisayar görüşü (Kumar,2008) yöntemlerin yanı sıra renk ve doku analizi, yapısal yada morfolojik yapı bazlı yöntemler de literatürde mevcuttur (Ngan Y. vd., 2009; Yiu vd., 2009). Makine öğrenmesi tekniklerinden genellikle YSA ve karar destek makineleri (KDM) gibi sistemler kullanılmaktadır (Ngan Y vd., 2005; Ghosh vd., 2011). Kazım ve arkadaşları yapılan

çalışmaların büyük bölümünü inceleyerek her bir metodun artıları ve eksilerinin neler olduğunu ortaya koyan literatür tekrarı şeklinde bir çalışma yapmışlardır (Kazım vd., 2016). Bu referansta olduğu gibi detaylı literatür çalışmalarını bir arada sunan referanslardan (Serikawa ve Hossain, 2013; Kumar, 2008; Patil vd., 2009) yararlanarak şimdiye kadar yapılan yaklaşımlar incelenerek geliştirilen metotların performansları analiz edildi. Bu çalışmalardan da anlaşılacağı üzere şimdiye kadar yapılan çalışmalar sonucunda istenilen düzeyde bir başarımın elde edilmediği görülmektedir (Habib ve Rokonuzzaman, 2011). Elde edilen performans değerleri ortalama bazında %96 nin altında kalmıştır. Ayrıca hızlı dokuma makinelerinde gerçek zamanlı çalışan çok iyi bir metot bulunmamaktadır, var olan metotlar da yeterince başarılı değildirler. Dolayısıyla gerçek zaman kullanılabilecek ve doğruluk derecesi yüksek olan bir kumaş doku hatası tespit yöntemine ihtiyaç olduğu açıktır. Geliştirilecek kaliteli bir yöntemin kumaş dokusunun genliğinden ve görüntünün açısal rotasyonundan bağımsız olması gereği unutulmamalıdır. Bu bağlamda bu çalışma ele alınmıştır.

Burada yapılan çalışma frekans domeini bazlı bir çalışmadır. Kumaş parçasının uzaysal iki boyutlu Fourier dönüşümü alınarak imgenin iki boyutlu spektrumu elde edilmiş ve bu iki boyutlu spektruma özel olarak tasarladığımız bir kernel (iki boyutlu uzaysal bir bant geçiren filtre) uygulanarak filtrelenmiş yerel (lokal) spektrumun sahip olduğu gücü sinyal uzayında aynı yöntem ile elde edilmiş sağlam olan kumaşın spektral gücü (referans) arasındaki uzaklık hatalı kumaşı belirlemeye yeterli olduğu görülmüştür. Bu yöntemle yapılan hatalı kumaş tespiti ortalama bazında %99.19 ün üzerinde bir başarım elde edilmiştir. Geliştirilen algoritma aynı zamanda gerçek zamanlı çalışmaktadır. Algoritmanın bu özelliği tüm tekstil üreticileri tarafından istenilen önemli bir özelliktir. Gerçek zamanlı uygulanabilirliği ve başarım oranı açısından bu algoritmanın literatüre ciddi bir katkı yapacağı düşünülmektedir

Materyal ve Yöntem

Malatya Organize sanayisinde (Madoksan, Malatya) tekstil fabrikasında dokunulan süprem kumaşından yaklaşık 1493 (521 sağlam ve 973 hatalı) kumaş parçası görüntüsü 1x1024 çözünürlüğe ve 25000 çizgi/saniye (lps) sahip bir çizgi kamera (BASLER) ile gerçek zamanlı elde edilmiş ve kayıtlanmıştır. Dokuma tezgahının çok hızlı dokuma işlemi yaptığından bu hızda net bir görüntü elde edilmesi için çizgi kamera kullanılmıştır. Normal kameraların saniyedeki resim sayısı (fps) hızı, kumaş akış hızından çok daha yüksek olmayışından bu kameralarla gerçek zamanlı çekilen fotoğraflarda hareketten dolayı *blurring* yada *motion effect* oluşmaktadır ve bundan dolayı da kare çeken kamera kullanılmamıştır. Bilahere çizgi kameranın ara yüzü kullanılarak 250x256 piksele sahip görüntüler elde edilmiş ve başarılı bir şekilde yapılan çalışmada kullanılmıştır.

Unutulmamalıdır ki bu tür çalışmalarda işleme tabi tutulacak imgelerin hem x hem de y yönünde dokusal harmonik yapısı (adım/mm) görüntüyü alan kameranın piksel/mm den oldukça düşük olması gerekir (Nyquist kriteri mutlaka sağlanmalıdır). Diğer bir değişle, görüntü alan kameranın çözünürlüğü kumaşın dokusuna göre yüksek olmalıdır. Bu önkoşul bu probleme yönelik yapılan her çalışma için temel bir kriterdir.

Tekstil kumaş dokusu hatası, analiz edilen kumaş parçası üzerinde sayısız biçim ve uzaysal konumda olma olasılığına sahip olabilmektedir. Bu yüzden hatanın tespiti için konum ve şekilsel yapısından bağımsız bir tekniğin kullanılması veya geliştirilmesi daha sonuç odaklı ve genelleme özelliğine sahip olacağı düşünüldü. Bu bağlamda öncelikle iki boyutlu uzaysal spektrumun bilimsel özelliklerine dayalı bir hipotez oluşturuldu, şöyle ki:

i- Kumaş dokusunun oluşturulduğu temel uzaysal harmoniklerin (bileşenlerin) gücü tekrar sayısının dominant olmasından dolayı diğer yapay olgular (artifacts), gürültü ve hatalı yapıların gücünden daha büyük olacaktır.

ii- Hata olarak tanımlanan şekilsel yapının temel uzaysal harmoniklere oranla analiz bölgesindeki tekrarlama olasılığı yada oranı daha düşük olacaktır. Yani, hatalı dokunun spektrumu DC değer ile uzaysal ana harmonik/harmonikler bölgesinin arasında kalacaktır veya kalma olasılığı oldukça yüksektir.

iii- Bu bölgede kalan imge spektrumun x ve y eksenlerine göre dağılımı imgenin x ve y yönündeki örüntüsüne yada örüntü oranına göre şekillenecektir; bu şekillenme çoğu kez asimetrik olabilmektedir. Bu kuramsal öngörü ışığında imgenin güç spektrumunda yapılacak bölgesel analiz literatürde var olan spektral bazı yöntemlere nazaran daha iyi netice vereceği düşünüldü. Yani, bu spektral bölgede sağlam bir kumaş dokusunun formatı için hesaplanacak spektrumun birikimli ortalama gücü referans kumaş spektrumun gücüne olan uzaklığı, hatalı olan kumaşın spektrumun birikimli ortalama gücün uzaklığından farklı olacağı düşünüldü. Diğer bir husus, kumaş görüntüleri renkli olarak değerlendirilmeye tabi tutulabilir ki bu da algoritmanın kumaş üzerinde oluşan herhangi bir lekeyi de hata olarak algılanmasını sağlamaya yönelik olacaktır. Eğer kumaşın kendisi renkli desenli ise bu özelliğin çalışmayacağı unutulmamalıdır; bunun için ayrıca bir çalışma yapmak gerekir.

Bu kuramsal düşünce ile, öncelikle çizgi kamera aracılığı ile elde edilen kumaş görüntülerinden sağlam (521 örnek imge) ve hatalı (973 örnek imge) kumaş görüntüsü Denklem 1. deki gibi ortalama göre normalize edilerek DC enerjileri elimine edilmiştir. Bu işlemimin yapılmasının nedeni tüm sağlam ve

hatalı görüntülerin düzlemsel temelini sıfır'a yerleştirmektedir. Bu görüntüler bir kez daha Denklem 2 deki gibi normalize edilerek genlikleri sıfır ile bir arasına yerleştirilmiştir. Bu işlemin amacı da görüntüleri genlikten bağımsız hale getirmektir. Burada kumaş görüntüsü $s(x, y)$ olsun. Bu görüntü

$$\overline{s(x, y)} = \frac{s(x, y)}{\frac{1}{NM} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M s(x, y)} \quad (1)$$

$$\overline{s(x, y)} = \frac{\overline{s(x, y)}}{s(x, y)_{max}} \quad (2)$$

Şeklinde normalizasyon süreçlerinden geçirilerek, sıfır temele oturtulmuş genliği normalize edilmiş görüntü $\overline{s(x, y)}$ elde edildi. Bu görüntünün iki boyutlu ayrık Fourier Dönüşümü görüntü boyutları boyunca Denklem 3' te ki gibi alındı ve sonrada tasarlanan özel $W(f_x, f_y)$ kernel (çekirdek yada merkez konumlu iki boyutlu filtre) ile filtre edildi.

$$S(f_x, f_y) = \frac{1}{NM} \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M \overline{s(x, y)} e^{-j2\pi(xf_x + yf_y)} \quad (3)$$

$$S(\widehat{f_x, f_y}) = S(f_x, f_y)W(f_x, f_y) \quad (4)$$

Burada $S(\widehat{f_x, f_y})$ işlem gören görüntünün filtrelenmiş spektrumudur. N ve M görüntünün piksel bazlı boyutlarını ve f_x, f_y parametreleri, tamsayılar olup x ve y yönünde uzaysal frekansı ifade eder. Denklem 4 te filtre amaçlı bu özel $W(f_x, f_y)$ kernel

$$W(f_x, f_y) = (\mathbf{A}^T * \mathbf{B}) \times (1 - (\mathbf{C}^T * \mathbf{D})) \quad (5)$$

öyle ki,

$$\mathbf{A} = \left[\exp\left(-\frac{|f_x - f_0|^2}{\sigma_x}\right) \right]$$

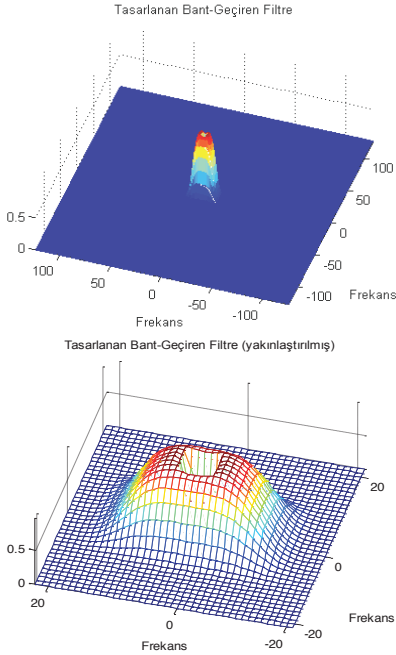
$$\mathbf{B} = \left[\exp\left(-\frac{|f_y - f_0|^2}{\sigma_y}\right) \right]$$

$$\mathbf{C} = \left[\exp\left(-\frac{|f_x - f_0|^2}{\sigma}\right) \right]$$

$$\mathbf{D} = \left[\exp\left(-\frac{|f_y - f_0|^2}{\sigma}\right) \right]$$

şeklinde tasarlandı (bakınız Şekil 1). Burada x matrislerin eleman bazlı skalar çarpımı ve $*$ ise matrisel çarpımı ifade etmektedir.

Denklem 5 te görüldüğü gibi, bu özel kernel bir Alçak-Geçiren($\mathbf{A}^T * \mathbf{B}$) ve bir de Yüksek-Geçiren filtrenin $(1 - (\mathbf{C}^T * \mathbf{D}))$ skalar çarpımından (seri bağlanımından) oluşmuştur. Burada \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{C} ve \mathbf{D} vektörel büyüklüklerdir, T ise transpozunu ifade eder. Her bir uzaysal filtre x ve y yönünde tanımlı iki vektörün matrisel çarpımından elde edilmiştir. Ancak bu alçak-geçiren filtrenin geçiş bölgeleri mevcut analiz için asimetrik biçimde oluşturulmuştur. Şöyle ki, x ve y yönündeki geçiş oranları farklı bant genişlikleri (σ_x ve σ_y) ile gerçekleştirilerek bu asimetriye sağlanmıştır. Bu durum ilgilenilen kumaşın x ve y yönündeki doku sıklığı ve formatına göre değişiklik gösterecektir. Yani, Şekil 2 (B, C) de gösterilen ana harmoniklerin yer aldığı konumlara göre ayarlanabilecektir. Burada σ_x ve σ_y sırasıyla alçak geçiren filtrenin x ve y yönündeki bant genişliklerini, σ yüksek geçiren filtrenin x ve y yönündeki bant-stop bölümünün genişliği ve f_0 ise sıfır frekansı (DC değer; spektrumun merkezi) ifade eder. Bu çalışmada ilgilenilen kumaşın dokusu dikkate alınarak band-pass için $\sigma_x = 25$ ve $\sigma_y = 7.5$ ve band stop için $\sigma = 2.25$ olarak alınmıştır.



Şekil 1. İki boyutlu kumaş imge spektrumlarını filtrelemek için tasarlanan özel kernel ve yakınlaştırılmış hali.

Bu çalışmada sağlam görüntülerden 10 adet (bu sayı 10 olmak zorunda değildir) filtrelenmiş spektrumların birikimli ortalama gücü hesaplandı ki bu güç bizim için daha önce değinildiği gibi sinyal uzayında referans güç değeri oluşturacaktır. Elde edilen her spektrumun birikimli gücün ortalaması yada beklenti (Expected) değeri

$$P(S(\widehat{f_x, f_y})) = \frac{1}{N \times M} \sum_{x=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} \sum_{y=-\frac{M}{2}}^{\frac{M}{2}} S(\widehat{f_x, f_y})^2$$

$$= E \left\{ S(\widehat{f_x, f_y})^2 \right\} \quad (6)$$

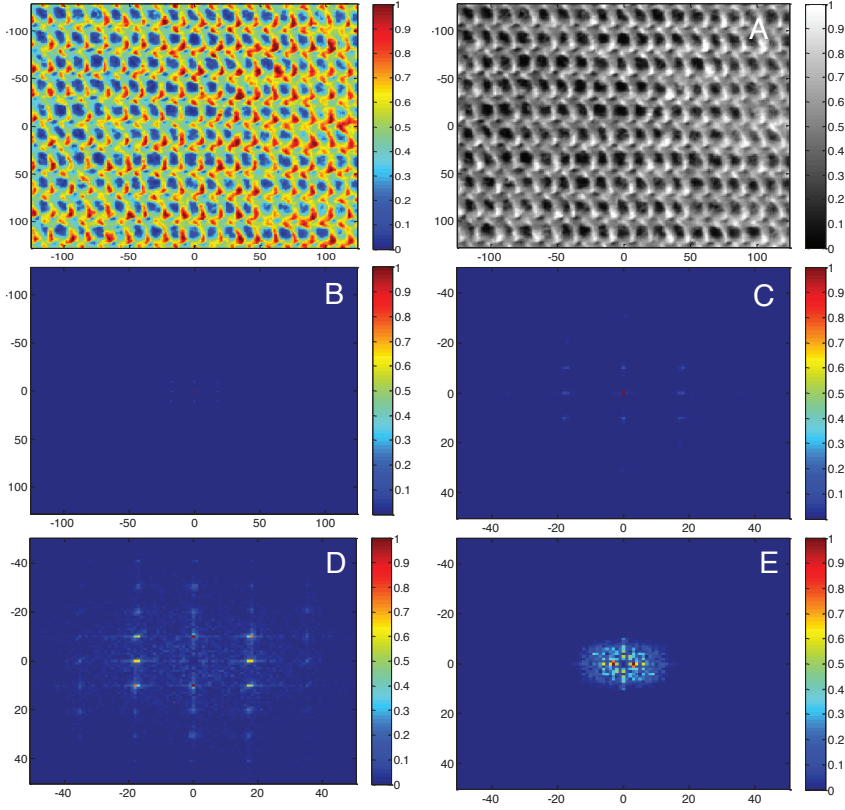
şeklinde hesaplandıktan sonra bu gücün referans ortalama güçten olan uzaklığı

$$d = \left\| P(S(\widehat{f_x, f_y}))_i - P(S(\widehat{f_x, f_y}))_{ref} \right\| \quad (7)$$

şeklinde hesaplandı. Burada i endeksi i . imgeye ait filtrelenmiş normalize gücü göstermektedir. Elde edilen bu değerler sinyal yada deneme tabanlı seri formatında Şekil 5 (üst panel) te verilmiştir. Ayrıca bu sonuç biraz manipüle edilerek şekil 5 (alt panel) de sinyal uzayı formatında gösterilmiştir. Bu şekilde elde edilen d uzaklığı kumaş dokusu için belirlenen belli bir eşik değerin üzerinde ise kumaş hatalı, altında ise kumaş sağlam demektir. Eşik değeri şöyle belirlenir: bir uzman tarafından hatası tolere edilebilir bir kumaş imgesinin yukarıda belirtilen işlemlerden geçirilerek sağlam kumaştan olan d uzaklığı eşik değeri olarak kabul edilir. Burada incelenen kumaş imgeleri için eşik değeri=1.3 olmuştur. Şekil 5 te görüldüğü gibi sağlam kumaş görüntüleri ile hatalı kumaş görüntüleri hemen hemen tamamen bir birinden ayrıştırılmış durumdadır.

Uygulama

Yukarıda değinilen sistematik prosedürün kumaş imgelerine uygulanmasını daha da anlaşılır hale getirmek için Şekil 2 hazırlandı. Şekil 2 de çizgi kamera ile elde edilen örnek bir sağlam kumaş imgesi, bu imgenin renksiz yapısı, uzaysal spektrumu ve yakınlaştırılmış hali ve son olarak ta spektrumun tasarlanan kernel ile filtrelenmiş hali gösterilmiştir. İşte bu şekilde filtrelenmiş 10 adet spektrumun birikimli ortalama gücü referans olarak alınmıştır. Bu şekilde filtrelenen sağlam ve/veya hatalı imge spektrumlarının ortalama güçlerinin bu referans güce olan uzaklıkları (d) hesaplanmıştır. Hatalı imge ve spektrumlarına örnek olarak Şekil 3 ve 4 hazırlandı. Bu çalışmada toplam 1493 adet kumaş imgesi analiz edilmiştir ve elde edilen d uzaklık değerleri Şekil 5 üst panelde sinyal yada



Şekil 2. Tasarlanan sistemin prosedürünü izah için, kamera ile elde edilen görüntü Gri seviyeye dönüştürülmüş (A), İki boyutlu spektrumu elde edilmiş (B), Spektrumun yakınlaştırılmış hali (C), Spektrumun Yüksek geçiren filtrelenmiş hali (D) ve spektrumun tasarlanan özel kernel ile filtrelenmiş hali.

deneme tabanlı seri formatında ve alt panelde sinyal uzayı formatında gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi sağlam kumaş görüntüleri ile hatalı kumaş görüntüleri yüksek bir doğruluk oranı ile ayrıştırılmıştır. Bu 1493 adet imgeden sadece 12 tanesi hatalı bir şekilde tespiti yapılmıştır ki bu hata oransal olarak oldukça düşüktür. Diğer bir değişle, bu şekilde tasarlanan sistemin doğruluk performansı %99.19 un üzerinde olmuştur. Bu görüntüler çıplak gözle bakıldığında bu tür hatanın zor

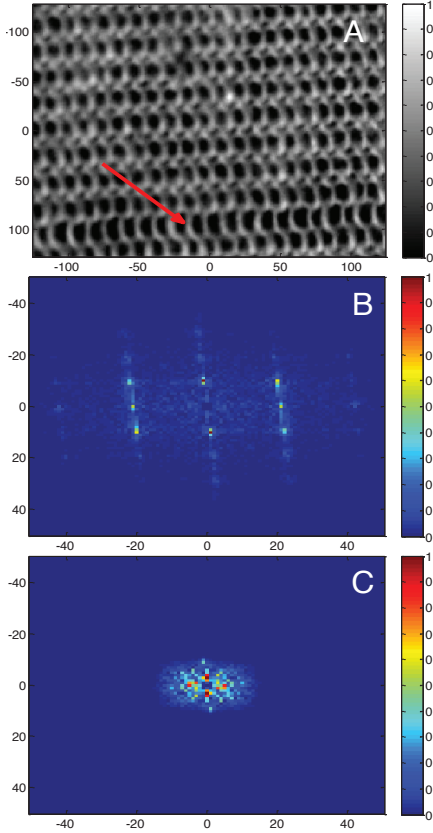
tespit edildiği gözlemlenmiştir. Bu metodun en büyük avantajı görüntülerle ilgili istatistiksel ya da diğer özellikler çıkarıp bu özellikler bağlamında işlem yapmak yerine doğrudan spektrum özel bir bant-geçiren kernel ile filtrelenerek daha basit bir şekilde ve kısa sürede sonuca varılmış olmasıdır.

Tartışma ve sonuç

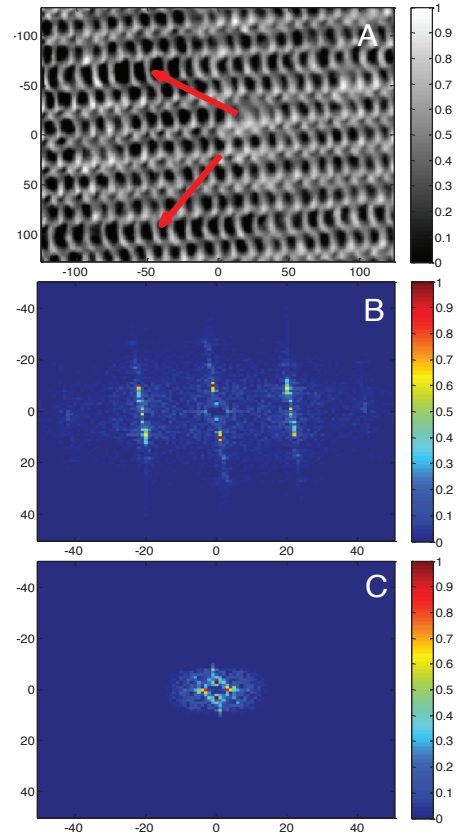
Dokuma kumaşların hatalı doku tespitini gerçek zamanlı otomatik olarak tespit etme sadece zamansal değil mali açıdan da önem arz

etmektedir. Kumaş hataları kaynağına bağlı olarak farklılık gösterdiğinden genel bir otomatik hata tespiti yapan sistem mevcut değildir. Bu probleme yönelik bu çalışmada önerilen spektral bazlı yöntemin kumaş hatası tespitinde oldukça başarılı (%99.12) olduğu gösterilmiştir. 1493 adet imgeden sadece 12

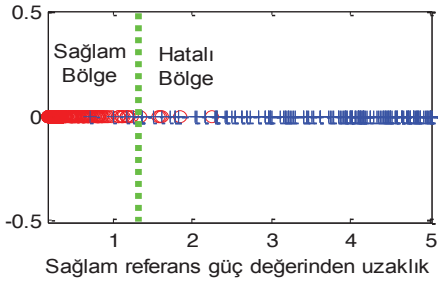
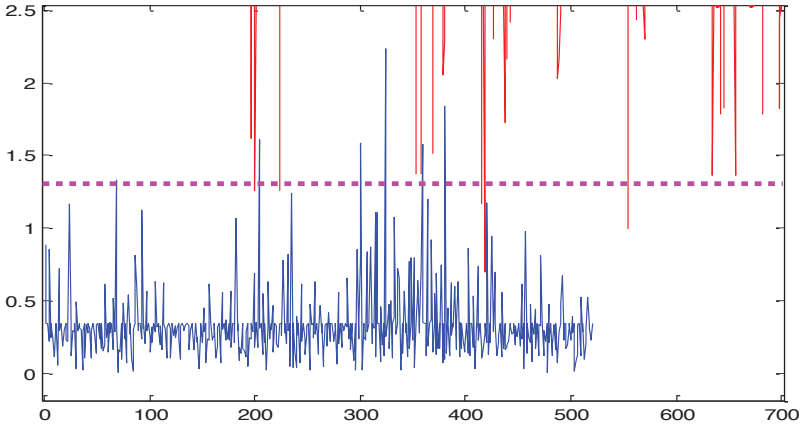
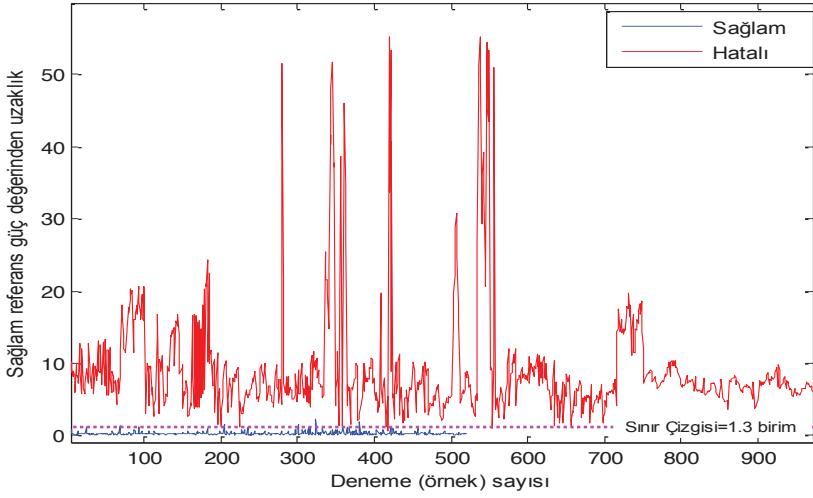
tanesi hatalı bir şekilde tespiti yapılmıştır ki bu görüntülerin hatası çıplak gözle dahi zor tespit edilmektedirler. Bu hususta yapılan çalışmalara bakıldığında temelde uzaysal imge, uzaysal spektrum ve özellik değerlendirme bazlı çalışmalar şeklinde üç ana kategoride değerlendirmek mümkündür. Uzaysal imge üzerinde yapılan en başarılı çalışmalara



Şekil 3. Otomatik tespiti çok zor olan hatalı bir kumaş imgesi (A), Bu imgeye ait Yüksek geçiren filtrelenmiş ve yakınlaştırılmış spektrumu (B) ve kernel ile filtrelenmiş ve yakınlaştırılmış spektrum (C).



Şekil 4. Otomatik tespiti zor olan hatalı bir kumaş imgesi (A), Bu imgeye ait Yüksek geçiren filtrelenmiş ve yakınlaştırılmış spektrumu (B) ve kernel ile filtrelenmiş ve yakınlaştırılmış spektrum (C).



Şekil 5. Önerilen yöntem ile elde edilen performans gösterimi: Filtrelenmiş spektrum güçlerinin referans sağlam spektrum gücüne olan uzaklıkların sinyal formatında gösterimi (üst panel); Üstteki sinyalin 700 örneğinin büy¼lt¼lm¼ş hali (Orta panel); ve performansın sinyal uzayında gösterimi (yanda verilen panel)

bakıldığında gri seviye eş oluşum matrisi (GLCM), Gabor wavelet ağı (GWN) ve yerel binary izge (LBP) yöntemleri ve bunlara dayalı dokosal analiz histogram ve diğer yerel bazı özellikler kullanılmış (Jagdish vd., 2003; Mak, vd.,2013) ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, Selver ve arkadaşları (Selver vd., 2014) yaptıkları çalışmada eş oluşum matrisi ile beraber histogram farkların (SHD) toplamı kullanarak birkaç objektif özellik çıkarıp 28 çeşit dokuma kumaş görüntüsüne uygulamışlardır. Bunlardan 27 sini doğru tespit etmişlerdir ki ancak %93.1 gibi bir başarı elde edilmişlerdir. Unutulmamalıdır ki, histogram, doku analizi, GLCM gibi uzaysal imge bazı tekniklerin tamamı hatanın imgedeki konum yapısına bağımlı olduklarından hem yoğun işlem hem de zaman harcama yönünden dezavantajlıdır ve bundan dolayı da gerçek zamanlı kullanımda problematik metodlardır.

Spektrum bazı çalışmalar incelendiğinde iyi bir başarı elde edilmediği görülmektedir. Uzaysal spektrumun dokuma kumaşın hata tespiti için yararlı olduğu ifade edilmiş ancak bunun çok zor olduğu da ifade edilerek (Chan vd., 2000) istenilen düzeyde başarılı sonuçlar elde edilememiştir. Bu çalışmada spektrumun merkezine yakın harmoniklerden sentetik olarak oluşturulan dokunun spektruma ilişkisi incelenmiştir. Bunun için sentetik ve gerçek kumaş görüntülerinin spektrumları incelenerek merkeze yakın spektrumun çift iplik, iplik yada göz kaçması, dokuma veya kırık kumaş ve iplik için 7 farklı karakteristik parametre elde edilmiştir. Bu parametreler kumaş hatası sınıflandırması için rahatlıkla kullanılabilceği ifade edilmiştir. İmge dokusu harmoniklerin çıkarımına yönelik Huang ve arkadaşları (Huang vd., 2004) tarafından yapılan ilginç bir çalışmada yüksek dereceli istatistik geliştirilerek, dördüncü dereceden kümülantın köşegen dilimi ilgili aynı frekansa sahip gürültüsüz sinosoidal sinyalin özilinti fonksiyonu ile ilintili olduğu tespit edilmiş. Böylece doku deterministik ve deterministik olmayan bileşenlerine ayrıştırılarak geleneksel harmonik ayrıştırma metodlarına nispeten daha iyi sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir. Ancak

elde edilen başarının istenilen düzeyde olmayışı ve işlem süresinin uzun olması bu metodun başlıca dezavantajı olduğu söylenebilir. Yapılan diğer bir çalışmada (Latif-Ahmet ve Ertuzun, 2000) dalgacık teorisi ve eş oluşum matrisi kombine edilerek gri seviyeli görüntüler alt bantlara ayrıştırılmış ve her alt banttan çıkarılan özellikler Mahalanobis uzaklık sınıflandırıcısı kullanılarak sınıflandırılmıştır. Bu hibrit metotta sadece imge dokunun frekans içeriğine sahip spektral banda konsantre olunmuş ve az ayırt edici güce sahip olan bantlar göz ardı edilerek sistemin performansının artırıldığı ifade edilmiştir. Ancak hatanın imge dokusunun frekansına konsantre olmayacağı ve bu frekansın altında kalan spektrum bölgesine konsantre olacağı açıktır. Dolayısıyla bu metottan da yeterince başarı gösterememesinin nedeni bu olduğu düşünülmektedir.

Özellik değerlendirme bazı çalışmalarda ise dokuma kumaş imgelerinde birtakım özellikler çıkarılarak KDM (Ghosh vd., 2011), ANN (Kuo vd., 2003; Habib vd, 2011, Won vd., 2009, Loonkar vd., 2015) gibi yapay öğrenme ve sınıflandırma teknikleriyle hata tespiti yapmaya çalışmışlardır. Bu tekniklerle yapılan çalışmaların kumaş türü bazında başarılı olduğu ancak genelleme hususunda başarılı olmadıkları görülmektedir. Bu konuda yapılan başarılı çalışmalardan birinde (Ngan vd., 2009) önerilen yeni bir düzenlilik tanımlamasıyla dokumanın düzenlilik analizi yapılarak düzenli bantlar tespit edilmiştir. Detayları bu referansta verilen metod ile sonuçta %93.51 başarı elde edildiği ifade edilmiştir. Bu başarı iyi bir başarı olsa da burada yapılan çalışmada elde edilen sonucun (%99.12) gerisinde kaldığı açıktır. Yapılan diğer bir çalışmada (Pedro vd., 2016) istatistiksel ve yapısal dokuya sahip kumaşın dokuma hatasını tespit için dalgacık bazlı doku yenileme tekniğine yönelik Shanon entropisi kullanıp dalgacık seviye tespiti yapılarak 9 ayrı seviye için denenerek optimum seviye belirlenmiş ve istatistiksel dokular için %95 ve yapısal dokular için ise %92.22 gibi bir performans elde edilmiştir. Bu metodun detayları (Pedro vd., 2016) de verilmiştir. Bu

doku yenileme vasıtasıyla elde edilen nihai başarımın da bu çalışmada elde edilen başarımın gerisinde olduğu gör÷lmektedir. Bunun nedeni önerilmiş olan doku yenileme prosedüründe hatalı bölgenin de yapılan işlem den etkilenmiş olabileceği düşün÷lmektedir. Bir diğer iddialı çalışma da Ngan ve arkadaşları tarafından yapılmış (Ngan vd., 2005) olan çalışmadır. Bu çalışmada Dalgacık detay alt görüntüler kullanarak direkt eşikleme ile geliştirdikleri bir metot ile “golden image subtraction (GIS)” olarak adlandırdıkları bir metot önermişlerdir ve bu metot ile ortalama bazında % 96.7 başarı elde edilmiştir (30 sağlam 30 sağlam olmayan imge kullanılmış). Gör÷ldüğü gibi bu başarım gayet iyi bir sonuçtur, ancak burada elde edilen başarımın gerisinde kaldığı da açıktır.

Sonuç olarak, spektral bazlı kumaş hatası tespiti eğer teori bazlı doğru bir hipotez ışığında uzaysal spektrum bandı doğru bir filtreleme tekniği ile yapılırsa, bu çalışmada olduğu gibi, başarım olasılığı oldukça yüksek olacağı bu çalışma ile gösterilmiştir. Ancak eğer spektrumun tamamı yada gelişi güzel denemeyanılma metotları ile bir bant yada bölge ele alınırsa, spektral hata oranının imge spektrumundaki enerji payı küçük olacağından hata tespiti başarımı düşük olacaktır. Hakeza, filtreleme için seçilen kernel yada filtrenin yapısal özellikleri oldukça önemlidir. Filtrelenen spektrumun imgenin yapısal özelliğini ve korunan spektrumun hatanın yapısal özelliklerini kapsmalıdır ki iyi bir netice alınsın. Örneğin, yukarıda değinilen bir iki çalışmada bu hususa dikkat edilmemiş ve bundan dolayı da istenilen başarı elde edilememiştir. Ayrıca bu konuda yapılan her çalışmada işleme tabi tutulacak imgelerin hem x hem de y yönünde dokusal harmonik yapısı (adım/mm) görüntüyü alan kameranın piksel/mm den oldukça düşük olması gerektiği, diğer bir değişle görüntü alan kameranın çözünürlüğü kumaşın dokusuna göre oldukça yüksek olması gereği göz ardı edilmemelidir. Burada önerilen sistematik metodun gelişmeye açık, imgedeki hatanın yapısı ve konumundan bağımsız olması ve gerçek zamanlı uygulamalar için yeterince hızlı sonuç vermesi de önemli bir

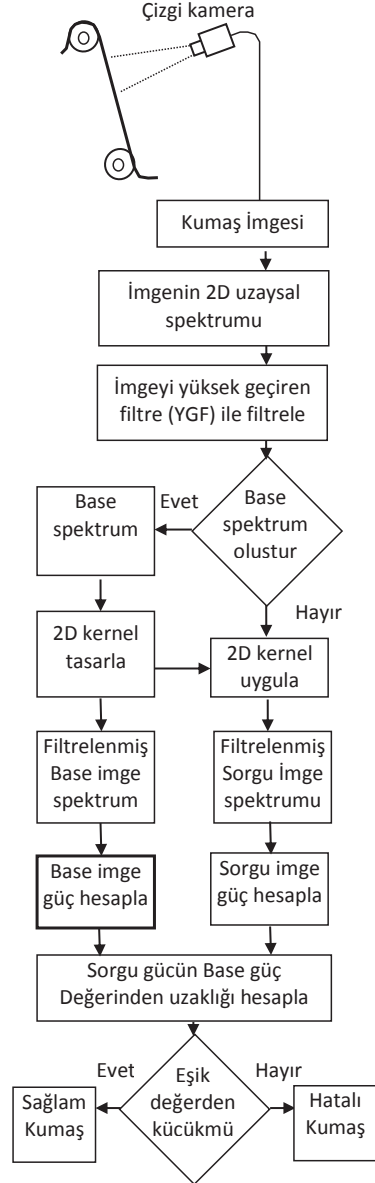
özellik olduğu ve dolayısıyla bu metodun diğer metotlara kıyasla gerçek piyasada daha iyi yer bulacağı düşün÷lmektedir.

Kaynaklar

- Chan C. H., ve Pang, G. K., (2000). Fabric defect detection by Fourier analysis. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 36, 1267-1276.
- Coggins J.veJain A, (1985). A spatial filtering approach totexture analysis. *Pattern Recognition Letters*, 3,195–203.
- Ghosh A., Guha T., Bhar R.B., Das S., (2011). Pattern classification of fabric defects using support vector machines, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 23, 2/3, 142 – 151.
- Habib M. Ve Rokonuzzaman M., (2011). Distinguishing feature selection for fabric defect classification using neural network, *Journal of multimedia*, 6, 5, 416-424.
- Hossain S. Ve Serikawa S., (2013). Texture databases – a comprehensive survey, *Pattern Recognition Letters*, 34, 15, 2007-2022.
- Huang Y. Ve Chan K., (2004). Texture decomposition by harmonics extraction from higher order statistics, *IEEE Transactions on Image Processing*, 13, 1, 1–14.
- Jagdish L. R, Bandla A., ve Ankit C., (2013). Real time fabric defect detection system on an embedded dsp platform. *Optik*, 124, 21, 5280-5284.
- Kazım H., Talu M. F., ve Özgüven Ö. F., (2016). Fabric defect detection systems and methods—A systematic literature review, *Optik* 127, 24, 11960–11973
- Kumar A., (2008), Computer-Vision-based fabric defect detection: A Survey, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55, 1 348-363.
- Kuo C. ve Lee C., (2003). A back-propagation neural network for recognizing fabric defects, *Textile Research Journal*, 73, 147-151.
- Latif-Ahmet A. ve Ertuzun A., (2000). An efficient method for texture defect detection: sub-band domain co-occurrence matrices, *Imagean dvision Computing*, 18, 543-553.

- Loonkar S. ve Mishra D., (2015). A survey-defect detection and classification for fabric texture defects in textile industry, *IJCSIS International Journal of Computer science and Information Security*, 13, 5, 1947-5500.
- Mak K. L, Yiu K.F.C, Peng P., (2009). Fabric defect detection using morphological filters, *Image and Vision Computing*, 27, 1585-1592.
- Mak K. L. Ve Peng P., (2013). An automated inspection system for textile fabrics based on Gabor K filters, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24, 359-369.
- Navarro Pedro J., Fernández-Isla C., Alcover P. M. ve Suardiaz J., (2016). Defect detection in textures through the use of entropy as a means for automatically selecting the wavelet decomposition level. *Sensors (Basel)*, 16, 8, 1178-1199
- Ngan H. Y. T. Ve Pang G. K. H., (2009). Regularity analysis for patterned texture inspection, *IEEE Transection on Automation Science and Engineering*, 6, 131-144.
- Ngan H. Y. T., ve Pang G. K. H., Yung S. P., Ng M. K., (2005). Wavelet based methods on patterned fabric defect detection, *Pattern Recognition*, 38, 559-576.
- Patil P.M. Mahajan P.M, Kolhe S.R., (2009). A review of automatic fabric defect detection techniques, *Advances in Computational Research*, 1, 2, 18-29.
- Selver M. A., Avşar V. ve Özdemir H.,(2014). Textural fabric defect detection using statistical texture transformations and gradient search, *The Journal of The Textile Institute*, 105, 9, 998-1007
- Won W.K. ve Yuen C. W., (2009). Stitching defect detection and classification using wavelet transform and bp neural network. *ExpertSystems Applications*, 36,2, 3845-3856.

Önerilen Sistem



Şekil 6. Tasarlanan sistemin temel algoritmik akış şeması

A successful method for estimation of defects of fabric texture on the textile loom

Extended Abstract

Automatic detection of the texture defects of woven fabric on textile loom is important from both time and financial points of view. Since the types of defects do vary, depending on the source of fault, designing a general automatic defect detection system is very difficult. Various methods toward this problem have been developed and are being developed. Some of these methods are spatial, some are spectral and some others are feature based methods. In addition, some of methods take into account the color, texture and morphologic features of the fabric. Most of studies conducted in this concept utilize decomposition tools, filters, image features, co-occurrence matrices, and a decision system such as SVM or Artificial NNs. Despite of a massive work has been carried out in this direction, a satisfactory rate of success in this matter has not been reached yet.

A successful method need to be generalized over variety types of fabrics as well as types of defect. Also for real-time applications the process (soft/hard) ware should be fast enough to eliminate motion effects. To avoid artifact or noise caused by vibration of the loom, fabric images should be captured at highest rate (fps or lps), and the resolution of camera (pixels/mm) need to be good enough high to capture the details of fabric.

In this study, the fabric images were real time captured on the textile loom. The camera was a line camera with 25000 lines/sec. (lps) and 1024 pixels/line (BASLER camera). Totally 1493 (521 non-defected and 973 defected) images were processed through the designed system shown in Figure 5 (Şekil 6). First, two dimensional spectrums were obtained normalized and high pass filtered to remove the DC effect. With the assumption that the defect spectrum should be concentrate between DC and the dominant peak or component of the image, the images were filtered with a spatial pass-band kernel having non symmetric transition regions and hence cut-off spatial frequencies in x and y directions. Here, the kernel's bandwidths σ_x and σ_y are chosen to be unequal ($\sigma_x = 25$ and $\sigma_y = 7.5$ for pass bands in x and y directions and $\sigma = 2.25$ for

stop band in both directions). By definition, this asymmetric property is coming from the texture of fabric. If the fabric texture would be symmetric then the cut-off spatial frequencies would be equal. The average power values calculated over these localized spatial spectra were found to be a significant feature for discrimination. The Euclidian distance of these power values from the one that calculated from the reference image (power of average of 10 non defective images) was then used as the classifying criterion.

Among 1493 woven fabric images taken under process only 12 images were false alarmed by the designed system which is served a success rate about 99.12%. In addition, the developed system was successful and is fast enough to operate at real time basis.

In studies conducted in this particular field the utilized spatial image features for evaluation were mainly obtained in terms of histograms and gray level co-occurrence matrices (GLCM), Gabor wavelet net (GWN), local binary pattern (LBP). In average the success rate from the processes motivated in this ways has not exceeded 96%. Also the process employing such methods are quite time consuming, which may not be appropriate for real-time applications. Therefore, as the designed system compared to the ones found in the literature, the superiority of the designed system is obvious, particularly in being a real time process, which is a highly desirable feature in textile industry.

Keywords: Textile quality control, fabric texture defects, fabric defect estimation, two dimensional spectrum, kernel based filtering.