



MAKÜ FEBED  
ISSN Online: 1309-2243  
<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/makufebed>

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1: 51-57 (2016)  
The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University Special Issue 1: 51-57 (2016)

## Tekstil Endüstrisinde Yapay Görme ile Hata Tespit Uygulamaları<sup>β</sup>

İbrahim KARATAŞ<sup>1</sup>, Devrim D. SOYASLAN<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Burdur

<sup>2</sup>Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Burdur

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author)\*: [dsoyaslan@mehmetakif.edu.tr](mailto:dsoyaslan@mehmetakif.edu.tr)

### ÖZ

Hata tespit çalışmaları teknolojinin gelişmesi ile birlikte ivme kazanmış ve her geçen yıl farklı yaklaşım ve yöntemler ile yeni uygulama alanlarında kullanılmıştır. Literatür araştırması sonucunda,, hata tespit sistemleri ve yapay görme konuları ile ilgili her yıl farklı çalışmaların yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmada yapay görme sistemi ve tekstil endüstrisinde kullanılan gelişmiş yapay görme uygulama alanları açıklanmıştır. Makina odaklı sistemlerin insan odaklı sistemlere göre daha fazla tercih edilmesinin nedenleri uygulama alanları ile belirtilmiştir. Yapay görme sistemlerinin bileşenleri açıklanarak otomasyon sistemleri üzerinde çalışma prensipleri ele alınmıştır. Yapay görme sistemlerinin tekstil alanında hangi aşamalarda gereksinim duyulduğu ve kullanıldığı açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay görme, hata tespit, tekstil, kumaş

## Defect Detection Applications with Machine Vision in Textile Industry

### ABSTRACT

Defect detection studies the development of technology with gained momentum each passing year, different approaches and methods and new practice areas. Made about the defect detection systems and machine vision issues in literature each year have been seen in different studies. In this study, used in the textile industry, machine vision system and advanced machine vision applications explained. The machine-oriented system based on people-oriented system is indicated by the application areas of more reasons to be preferred. Machine vision system components as described in the working principles of the automation systems is discussed. Machine vision systems in the field of textile which are described using and required.

**Keywords:** Machine vision, defect detection, textile, fabric

### GİRİŞ

Hata tespit çalışmaları 1980'li yıllardan başlayarak günümüze kadar gelmiş ve hemen hemen her yıl üzerinde çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Hata tespit sistemleri, başta insan odaklı çalışan sistemler olarak sanayide yerini alsa da gelişen teknoloji ile birlikte yerini makinalara bırakmıştır. Hata tespit sistemlerinde insan odaklı uygulamalardan makina odaklı uygulamalara geçilmesinde yapay görme çalışmalarının katkısı çok büyüktür. Yapay görme teknolojilerinin gelişmesi ile hata tespit çalışmaları, çok daha hızlı ve güvenilir bir hal almıştır. Hata tespit sistemlerinde makina odaklı yani bilgisayar odaklı sistemlerin daha fazla kullanılıyor olmasının nedenleri ise; bilgisayarların ve de yapay görme sistemlerinin hata toleransının insanlara göre çok daha düşük olması,

<sup>β</sup> 10 -12 Mayıs 2016 tarihleri arasında Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından düzenlenen "2016 Akademik Gelişim Günleri" kapsamında sunulmuştur.

uzun süreler boyunca hiç durmadan çalışabilmesi ve hata tespiti için personele ihtiyaç duyulmadan tüm işlemleri eksiksiz ve hatasız gerçekleştirebilmesidir.

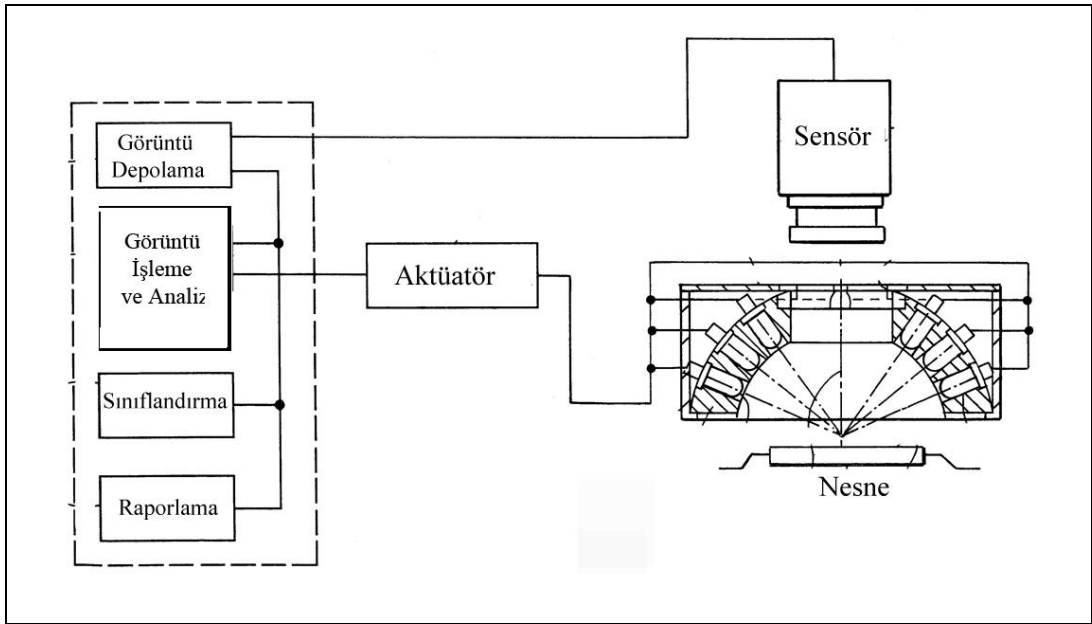
Hata tespit uygulamaları ve yapay görme sistemleri ile ilgili çalışmalar çeşitli sektörlerle yönelik olarak yapılmaktadır. Bu çalışma ile yapay görme sistemlerinin günümüzde tekstil alanında kullanıldığı uygulamalar araştırılmıştır.

## YAPAY GÖRME NEDİR?

Yapay görme, biyolojik insan göz yapısından yola çıkılarak geliştirilmiş bir bilgisayar sistemidir. İnsanlardaki göz yapısı oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Bir saniyenin onda biri kadar bir zamanda birey; büyük boyutlarda veriyi algılayabilmekte, değerlendirebilmekte ve cisimleri farklı yönlerden ve hatta çok az görüş alanına sahip olduğu alanlarda bile tanımlayabilmektedir. İnsan retinasının, saniyede yaklaşık olarak on milyar işlem gerçekleştirdiği ve beyindeki korteks yapısının ise bu hızdan daha yüksek bir hıza sahip olduğu bilinmektedir.

Yapay görme sistemlerinin kullanıldığı ilk zamanlarda, sistemlerin karmaşıklığı ve mevcut bilgi işleme gücünün sınırlılıkları bulunmaktaydı. Günümüz teknolojileri sayesinde artık makina görmesi; tıp alanında mikro cerrahi işlemlerinden, robotik alanındaki üç boyutlu modellemelere ve hatta uzay araştırmalarına kadar uzanan çok geniş bir alanda kullanılan başarılı uygulamalara sahip bir teknoloji olma konumuna gelmiştir.

Bilgisayar görmesi olarak geçen yapay görme terimi, çeşitli kamera ya da sensörler aracılığı ile alınan verilerin, anlamlı hale getirilerek bilgisayarlar tarafından yorumlanması işlemidir. Yapay görme sistemi; ışıklandırma, görüntü alma ve görüntü işleme bileşenlerinden oluşmaktadır. Şekil 1'de yapay görme sisteminin işleyişi blok diyagram ile gösterilmiştir. Yapay görme sistemleri; belirli kamera ya da sensörler aracılığı ile alınan verilerin depolama, analiz, sınıflandırma ve raporlama işlemlerinden oluşmaktadır.



Şekil 1. Örnek yapay görme çalışma algoritması (Jusoh ve ark., 2001)

Yapay görme sistemleri, insanın doğasından esinlenerek geliştirilmiş sistemlerdir. Tıpkı gözümüzde bulunan sinirler ve bağlantıları gibi yapay görme sistemlerinde de görüntüyü yakalayan mercekler, alınan verilerin iletilmesini sağlayan bağlantılar ve verilerin işlenmesini sağlayan bilgisayarlar mevcuttur. Bir kamera, mercek ile bir görüntü algılayıcı üzerine optik görüntüyü oluşturur ve bir video sinyali gerekli bilgileri almak için görüntü bilgilerini analiz eden bir bilgisayara bir kablo ya da kablosuz bağlantı aracılığıyla iletir. Bu bilgiler daha sonra bazı mekanizmaları çalıştıran bir düzenleyiciye gönderilirler. Bu şekilde yapay görme benzetimi gerçekleştirilmiş olunur (Çakır, 2002).

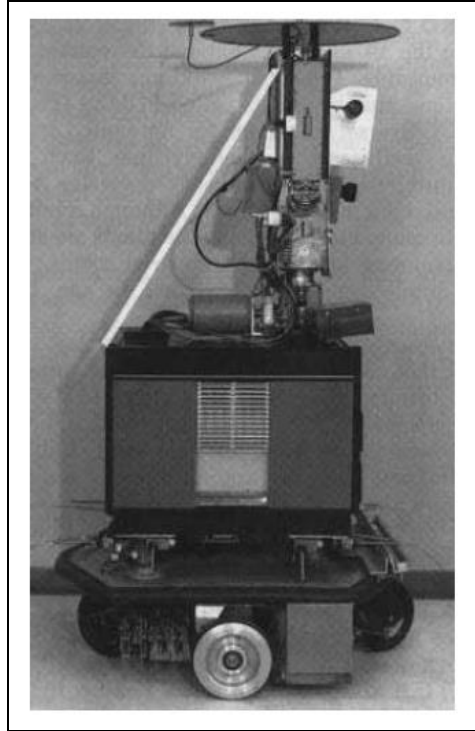
Endüstri alanında hata tespit sistemleri genel olarak; sensör ya da kameralar aracılığı ile renkli cisimleri ayırma, kumaş ve benzeri malzemelerdeki hata tespit işlemlerini gerçekleştirme, farklı boyuttaki nesnelere ayırma ya da barkoda sahip kutuların bilgilerini okuma gibi işlemlerde kullanılmaktadır.

Kameradan ya da sensörlerden alınan veriler, görüntü işlem ve analiz merkezine getirilir. Burada elde edilen görüntülerin kayıtları tutulur ve sınıflandırılması yapılır. Sınıflandırılma işlemi sonucunda, nesne üzerinde bir rapor oluşturulur ve kullanıcı için gerekli bilgilendirme işlemleri yapılır.

### YAPAY GÖRMENİN TARİHÇESİ

Yapay görme, bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile ortaya çıkan bir teknolojidir. Bilgisayar teknolojisinden de önce robotik alanda yapılan çalışmalar, bu alanın daha da hızlı gelişmesine yol açmıştır. Bilinen ilk robotik çalışmalar, 1890'lı yıllarda Nikola Tesla'nın geliştirmiş olduğu uzaktan kumandalı araçlar olmuştur. Böylece robotik teknolojinin temelleri atılmış ve her geçen yılda üzerine yeni bilgiler eklenerek çok daha gelişmiş araçlar üretilmiştir.

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte 1960'lı yılların sonlarına doğru araştırmacılar "Shakey" adında bilgisayar tarafından kontrol edilebilen bir robot geliştirmişlerdir. Bu robot, etraftaki eşyalara ya da nesnelere çarpmadan odalar arasında gezebilme yeteneğine ve sesli komutlar aracılığı ile tahta kutuları üst üste dizilme yeteneğine sahipti. Sadece bu özelliği ile değil aynı zamanda kutuların düzgün durup durmadıklarını da kontrol edebilmekteydi. Aynı zamanda Shakey, araştırmacılar tarafından geliştirilen bir yapay zekaya da sahipti. Bu sayede problem çözme yeteneğine kısmen de olsa sahipti ve deneysel çalışmaların geliştirilmesinde birçok konuda yardımcı oldu (Barutçuoğlu, 2001).

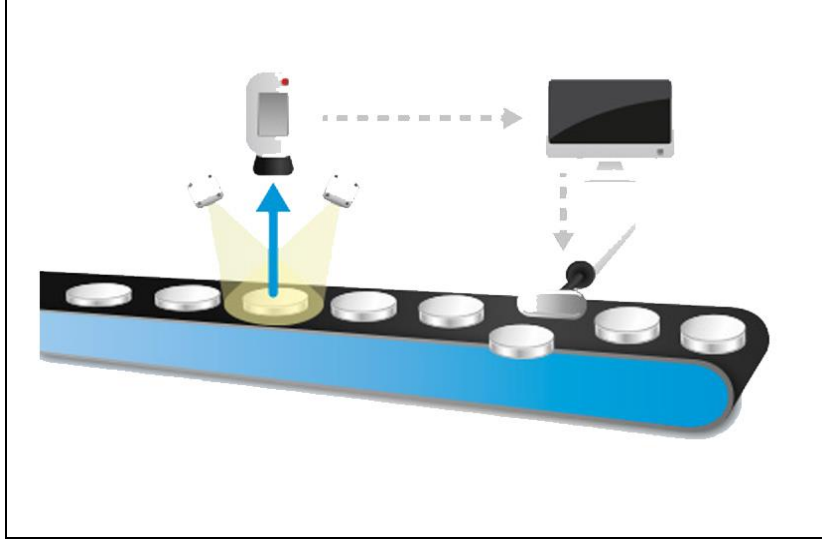


Şekil 2. Shakey (Barutçuoğlu, 2001)

Robot endüstrisindeki en büyük gelişmeler 1980'li yıllarda görülmüş ve o tarihten bugüne, yapılan çalışmalar ile sürekli gelişim göstermiştir. Günümüz robotik çalışmalarında önemli bir rol oynayan yapay görme ya da makina görmesi, pek çok alanda insanların iş ve zaman yükünden kurtulmasına olanak tanımıştır.

Hata denetim sistemleri alanında yapılan çalışmalar ilk zamanlarda yetersiz kaldığı için insan odaklı sistemler kullanılırken günümüzde gelişen teknoloji sayesinde insanların yapmış olduğu hata kontrolünü yapay görme sistemleri gerçekleştirmektedir (Turgut, 2013). Görüntü algılama cihazlarının CCD (Modern Charge Coupled

Device) geliştirilmesi ve modern bilgisayarların düşen maliyetleri ve yükselen güçleri sıradan otomasyonlarda göz ile kontrol yerine bilgisayarlar tarafından kontrol edilmesini mümkün hale getirmiştir.



Şekil 3. Yapay görme otomasyon sistemi

### YAPAY GÖRME SİSTEMLERİNİN UYGULAMA ALANLARI

Yapay görme teknikleri ve görüntü işleme yöntemleri teknolojinin gelişmesiyle birlikte yıllar içerisinde farklılıklar göstermiş ve farklı endüstrilerde kullanım alanı bulmuştur. Yapay görme ile hata tespit sistemleri günümüzde; otomatik PCB (baskılı devre tasarımlarının) denetimi, mobilya endüstrisinde ahşap kalite kontrolü, ambalaj sanayiinde paketleme denetimi, ürün boyut ve etiket kontrolü, plastik film, nonwoven kumaş, film, pet, kağıt ve metal ürünlerin yüzey kontrolü, güneş panellerindeki hücrelerin denetimi, tıbbi şişe denetimi, temassız ısı ölçümü, dolun seviyesi kontrolü, üç boyutlu yüzey ölçümü denetimi ve modellenmesi gibi pek çok işlemden kullanılmaktadır.

Günümüzde mikrofotogrametri, elektronik sanayisinden sağlık hizmetlerine ve özellikle uzay sanayisine kadar pek çok bilimle ortak olarak çalışmaktadır. Bu çalışmalara destek sağlayan ve çalışmalarda kullanılan uzman sistemler laboratuvar çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Dijital olarak 0.5 cm ve daha küçük nesnelerin modellenmesi, ölçülmesi ve kalite kontrolünün hesaplanması amacıyla dijital sensörler geliştirilmekte ve kullanılmaktadır (Ergün ve Altan, 2003).

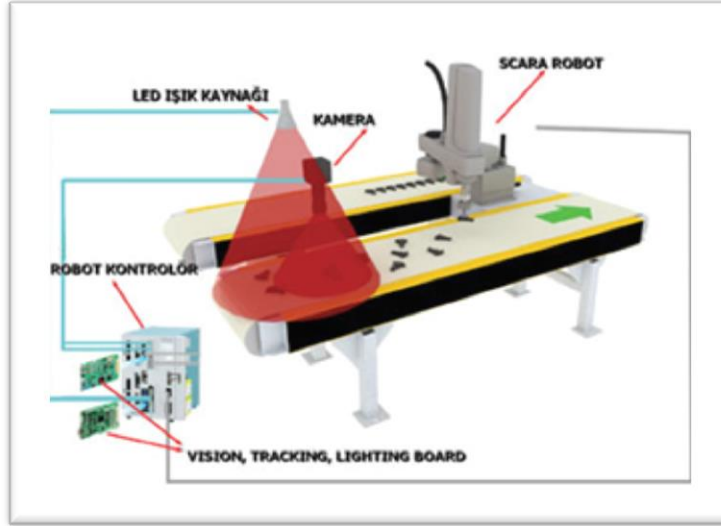
Lastik sektöründe yapay görmenin kullanımı ile hız, ivme, sıcaklık ve nem gibi verilerin sensörler aracılığı ile alınıp bilgisayar ortamında hızlı bir şekilde değerlendirilmesi sayesinde lastik üreticileri üretim süreçlerini daha iyi düzenleyebilmişlerdir (Blackwell ve Company, 1989).

Endüstri alanında kullanılan matkap uçlarında meydana gelen aşınmaların tespitinde de çeşitli sensörler, sinyal vericiler ya da kameralar kullanılmaktadır. Kesici takımında meydana gelen çatlakların, kesici takımı kırılmadan değiştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Çünkü kesici takımın kırılması hem tezgaha zarar verebilmekte hem de iş parçasına zarar vererek maliyeti artırmaktadır. Bu nedenle meydana gelen değişikliklerin kontrolünde yapay görme uygulamaları kullanılmaktadır (Ertunç, 2001).

Laboratuvarlardaki deneysel çalışmaların takibinde de yapay görme teknikleri kullanılmakta ve hataların tespiti ve değerlerin ölçümü aşamalarında kullanıcılara kolaylık sağlamaktadır (Slaughter ve ark., 2008).

Yapay görme sistemi tarafından elde edilen görüntüler, görüntü işleme algoritmaları ile işlenerek değerlendirilmektedir. Bu işlem ile gerekli malzemelerin sınıflandırılması yapılmaktadır (Li ve ark., 2010).

Aşağıda Şekil 4'te şematize edilmiş bir otomasyon sistemi görülmektedir. Burada kamera ve sensörlerin algılamış olduğu hatalar veri merkezine yani bilgisayarın işlem birimine gelmektedir. Elde edilen veriler burada değerlendirilerek kayıtları tutulmakta ve daha sonra raporlandırılarak kullanıcılara bilgi vermektedir.



Şekil 4. Endüstride kullanılan yapay görme otomasyonu

## TEKSTİLDE KULLANILAN YAPAY GÖRME UYGULAMALARI

Tekstil sanayisinde de kumaşlardaki hataların tespitinden, pamuk ve liflerin sınıflandırılmasına, kumaş yüzeylerinden kumaşlarda bulunan lekeler kadar birçok farklı alanda yapay görme sistemleri kullanılmaktadır [(Çelik ve Dülger, 2012), (Schmitt ve ark., 2015), (Ngan ve ark., 2011), (Li ve ark., 2010), (Yang ve ark., 2002), (Yang ve ark., 2011)]. Yapay görme teknolojilerinin gelişmesi ile tek boyutlu yapılardan çok boyutlu yapılara ve sonrasında karmaşık sistemlerin geliştirilmesine de gidilmiş ve çok farklı alanlarda kullanılmaya devam edilmiştir.

Tekstil alanında tek boyutlu yapay görme uygulamaları uzunluk, konum, genişlik, kalınlık, merkezilik gibi doğrusal tek boyutlu ölçümler için kullanılmıştır (Crowley, 1990). Yüksek çözünürlüklü kameralardan elde edilen görüntüler ile çok küçük hatalar dahi yapay görme uygulamaları ile kontrol edilerek hata denetimi gerçekleştirilmektedir (Tao ve ark., 1997).



Şekil 5. Makina odaklı hata tespit sistemi (Dockery, 2001)

Ham ya da bitmiş kumaşların hata kontrolü, ışıklı kontrol masalarında el ile ya da otomatik gerçekleştirilmektedir (Şekil 5). Kumaşların hatalarının görüntü analiz yöntemleri ile de kontrol edilmesi mümkündür. Günümüzde hata

tespit işlemlerinde yapay sinir ağlarından, dalgacık gönüşümü temelli yaklaşımdan, bulanık mantık temeline dayanan otomatik kumaş kalite kontrol sistemlerinden faydalanılmaktadır (Kısaoğlu, 2006).

Medikal tekstil ürünlerinde lekelerin otomatik olarak algılanmasında da yapay görme sistemleri kullanılmaktadır (Chen ve ark., 2009).

Kumaş katlanmasında yapay görme destekli bulanık mantık kontrol sistemleri de tekstil alanında etkin olarak kullanılmaktadır (Zoumpouros ve Aspragathos, 2007).

Kumaş hata kontrolünde çizgi tarama kameralarının geliştirilmesiyle otomatik kontrol sistemler geliştirilerek insan odaklı sistemler yerine makina odaklı sistemlere geçilmiştir [(Bradshaw, 1994), (Carfagni ve ark., 2005)].

Carfagni ve çalışma arkadaşları 2005 yılında tekstil malzemelerinin kabartma işlemi sürecinde gerçek zamanlı yapay görme sistemi geliştirmiş ve bu geliştirmiş oldukları sistemi deney ortamında çeşitli testlere tabi tutmuşlardır. Elde ettikleri verilere göre, bu sistemlerin daha da geliştirilerek tekstil sanayiinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Carfagni ve ark., 2005).

Havacılık ve tıbbi mühendislik gibi yüksek değerli sektörlerde kullanılan kumaşların hata denetiminin diğer kumaş malzemelere göre daha fazla olması yapılan işin önemi derecesinde daha etkilidir (Schmitt ve ark., 2015). Özellikle havacılık alanda kumaşlarda meydana gelebilecek en küçük bir hata havada iken büyük felakete yol açabileceği için detaylı bir denetim gerekmektedir. Yapay görme sistemleri yapısal kusurların tespitinde de kullanılmaktadır (D'Angelo ve Rampone, 2016).

Desenli tekstil dokuma sanayisinde kumaşların kontrolü için kullanılan yapay görme uygulaması 1997 yılında İngiltere Mühendislik ve Fizik Bilimleri Araştırma konseyi tarafından desteklenerek bu alanda yapılan çalışmaların gelişmesinde katkı sağlamıştır (Tao ve ark., 1997).

Hanbay ve Talu, yaptıkları literatür çalışması sonucunda kumaş hata tespit yaklaşımları ile ilgili bir sınıflandırma yapmışlar ve bunları yedi sınıfa ayırarak; yapısal, spektral, istatistiksel, öğrenme, model tabanlı, melez ve karşılaştırma yaklaşımı olarak belirlemişlerdir (Hanbay ve Talu, 2014).

## SONUÇ

Yapılan literatür araştırması sonucunda bilgisayar ve robot teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte yapay görme alanındaki çalışmaların da hızla arttığı görülmüştür. Yapay görme teknolojilerinin, farklı endüstri alanlarında farklı uygulamalar ile sürekli kendini geliştiren bir alan olduğu belirlenmiştir.

Yapay görme alanında yapılan çalışmalar; başta savunma sanayii olmak üzere tekstil sanayii, mobilya sanayii, uzay ve havacılık sanayii, makina sanayii, elektrik elektronik cihaz teknolojileri, bilişim teknolojileri, , tıp sektörü vb gibi diğer sektörlerde de faaliyet göstermektedir. Yapay görme sistemlerinin üzerinde her yıl çalışma yapılıyor olması bu alanı güncel tutmakta ve sürekli yapay görme sistemlerini kendi içinde yenilemektedir.

Kumaş hatalarının tespitinde kullanılan yaklaşımlar incelendiğinde tüm hataları tespit edebilen bir yaklaşımın henüz bulunmadığı görülmüştür. Yapısal yaklaşımların geçerliliği ve güvenilirliğine yönelik yapılan çalışmaların yetersiz kaldığı, istatistiksel yaklaşımların test aşamalarında başarı oranlarının istenilen düzeyde olmadığı, spektral yaklaşımlardan filtre temelli yaklaşımların ise farklı yöntem ve teknikler kullanılarak gerçekleştirildiğini fakat yüksek maliyet gerektirdiği için herkes tarafından kullanılmadığı görülmüştür. Tekstil endüstrisinde kullanılmak üzere gelişmiş yüksek çözünürlüklü çizgi kameralar ile hata tespit işlemleri, makina odaklı sistemler tarafından gerçekleştirilmektedir. Kumaş hatalarının bilgileri, istatistiksel olarak sistemler aracılığı ile tespit edilerek kumaş hakkında kalite bilgisi elde edilebilmektedir.

Tekstil alanında kullanılan yapay görme sistemleri, bu alanda faaliyet gösteren üreticiler açısından büyük bir hız sağlamaktadır. Ürünlerin denetimi; daha kolay, hızlı ve güvenilir gerçekleşmekte ve bu sayede üretim sırasında hatalardan kaynaklı maliyet giderleri azaltılmaktadır. İnsan odaklı sistemlerin dezavantajı olarak görülen yorgunluk, dikkatsizlik ya da dalgınlık gibi durumlar yapay görme sistemi uygulamaları ile ortadan kalkmakta, düşük hata toleransı ile tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Barutçuoğlu, I.E., (2001). Robotların Tarihçesi
- Blackwell, F.G., Company, B.A., (1989). Machine Vision in The Tire Industry, IEE, 9: 67-79
- Carfagni, M., Furferi, R., Governi, L., (2005). A Real-Time Machine Vision System For Monitoring The Textile Raising Process, Computers In Industry, 56: 831-842
- Chen, S., Huang, W., Qing, L., Da-zing, Z., Jin-lei, Z., (2009) Research on Textile Stain Detection Technique Based on Machine Vision, School of Mechanical Engineering
- Crowley, W.B., (1990). Application of One-Dimensional Machine Vision in The Textile Industry, IEE Transactions on Industry Applications, 26:324-329
- Çakır, U. (2002). Machine Vision Uygulamalarında Otomatik Tanıma ve Ölçme İşlemleri İçin Çapraz Korelasyonu Kullanarak Bir Bilgisayar Programı Geliştirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Çelik, H.İ., Dülger, C. L., (2012). Topalbekiroğlu M., Görüntü İşleme Teknikleri Kullanarak Kumaş Hatalarının Belirlenmesi, Elektronik Journal of Textile Technologies, 6:22-39
- Dockery, A., (2001). Automated Fabric Inspection: Assessing The Current State of the Art
- D'Angelo, G., Rampone, S., (2016). Feature Extraction and Soft Computing Methods for Aerospace Structure Defect Classification, University of Sannio, Dept. Of Science and Technology
- Ertunç, M.H., Sevim, İ., (2001). Kesici Takımların Aşınmasını Gözlemlene Üzerine Yapılan Çalışmalar, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7:55-62
- Ergün, B., Altan, O.M., (2003). Yakın Resim Fotogrametrisinde Endüstriyel Uzman Sistem Uygulaması, İtÜ. İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği, İtÜ Mühendislik Dergisi, 2: 19-24
- Hanbay, K., Talu, F.M., (2014). Kumaş Hatalarının Online/Offline Tesoit Sistemleri ve Yöntemleri, SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, 18:46-69
- Jusoh, B. A. N., Hoon, S. T., Rao, S., (2001). United States Patent, US:6,207,946
- Kısaoglu, Ö., (2006). Kumaş Kalite Kontrol Sistemleri, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12:233-241
- Li, D., Yang, W., Wnag, S., (2010). Classification of Foreign Fibers in Cotton Lint Using Machine Vision and Multi-Class Support Vector Machine, Computer And Electronics in Agriculture
- Ngan, Y.T.H., Pang, K.H.G., Yung, H.C.N., (2011). Automated Fabric Defect Detection, Image and Vision Computing, 29:442-458
- Slaughter, D.C., Oberland, D.M., Thompson, F.J., Arpaia, M.L., Margosan, D.A., (2008). Non-Destructive Freeze Damage Detection in Oranges Using Machine Vision And Ultraviolet Fluorescence, Postharvest Biology and Technology, 48:341-346
- Schmitt, R., Fürjes, T., Abbas, B., Abel, P., Kimmelman, W., Kosse, P., Buratti, A., (2015). Real-Time Machine Vision System For an Automated Quality Monitoring in Mass Production of Multiaxial Non-Crimp Fabrics, IFAC-PapersOnline, 48-3:2393-2398
- Turgut, Y., (2013). Yapay Görmeye Dayalı Otomatik Hata Denetim Sistemi, Marmara Üniversitesi, Mekatronik Anabilim Dalı
- Tao, L., Witty, P., King, T., (1997). Machine Vision in The Inspection of Patterned Textile Webs, School of Manufacturing and Mechanical Engineering The University of Birmingham, The Institution of Electrical Engineers
- Yang, X., Pang, G., Yung, N., (2002). Fabric Defect Classification Using Wavelet Frames and Minimum Classification Error Training, The University of Hong Kong IEEE, 2:290-296
- Yang, W., Lu, S., Wang, S., Li, D., (2011) Fast Recognition of Foreign Fibers in Cotton Lint Using Machine Vision, Mathematical and Computer Modelling, 54:877-882
- Zoumonos, T.G., Aspragathos, A.N., (2007). Vision Aided Neuro-Fuzzy Control For The Folding Of Fabric Sheets, International Conference On Control, Automation and Systems