

Endüstriyel Sistemlerde Arkaplan Çıkarımı Tabanlı Hareketli Nesne Tespiti ve Sayılması için Yeni Bir Yaklaşım

Mehmet KARAKÖSE¹, Mehmet BAYGIN¹, İlhan AYDIN¹, Alişan SARIMADEN¹, Erhan AKIN

¹ Bilgisayar Mühendisliği, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

✉: mkarakose@firat.edu.tr

Geliş (Received): 10.09.2016

Kabul (Accepted): 29.12.2016

ÖZET: Bilgisayarlı görme ve görüntü işleme yaklaşımları günümüzde endüstriyel kontrol sistemlerinde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle kalite kontrol sistemlerinde kullanılan bilgisayarlı görme teknolojisi bir üretim hattında üretilen ürünlerin hızlı, sorunsuz ve doğru bir şekilde kontrol edilmesi açısından oldukça büyük öneme sahiptir. Klasik metotlarla yapılan kontrollerin getireceği problemler göz önüne alındığında bilgisayarlı görme kavramının ehemmiyeti daha net bir şekilde anlaşılacaktır. Bu çalışmada bilgisayarlı görme tabanlı kalite kontrolü için yeni bir metot önerilmiştir. Önerilen metot bir üretim hattından geçen ürünlerin görüntülerini kaydeder. Üretim bandından geçen bu ürünler saniyede 60 görüntü karesi (fps) hızına sahip bir kamera aracılığıyla kaydedilmiştir. Önerilen yaklaşımda alınan görüntüler öncelikle bazı morfolojik işlemlerden geçirilerek ürünlerin detaylarının net bir şekilde ortaya çıkarılması sağlanmıştır. Daha sonra Gaussian karışım modeli ile arkaplanı çıkarılarak hareket eden nesnelere tespit edilmiştir. Daha sonra belirlenen bölgeden nesnelere geçip geçmediği kontrol edilerek saydırma işlemi yapılmıştır. Birbirine yakın veya üst üste binmiş olan nesnelere doğru şekilde saydırılması için Convex hull yöntemi ile nesnelere kontur çizdirilmiş ve nesnelere göre alandan çoklu nesne geçip geçmediği tespit edilmiştir. Önerilen bu yaklaşım ile yüksek hızda sahip üretim bantlarından geçen ürünlerin eksiksiz ve sorunsuz bir şekilde sayımı gerçekleştirilmiş olup, elde edilen deneysel sonuçlar ile algoritmanın etkili ve doğru sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayarlı Görme, Nesne Sayma, Yüksek Hızlı Görüntü İşleme, Endüstriyel Uygulamalar.

A New Approach for Background Subtraction Based Moving Object Detection and Counting in Industrial Systems

ABSTRACT: In recent years, computer vision and image processing approaches hold a very important place in industrial control systems. Especially, the computer vision technique used in the quality control of products in a production line has a great importance in terms of controlling of products fast, smoothly and correctly. When it is considered problems brought up by the inspections carried out by conventional methods, the importance of computer vision concept will be understood more clearly. In this study, a new method was proposed for computer vision based quality control. The proposed method records images of products passed on a production line as a video. These products were counted by using high speed image processing techniques. Products passed on a production line were recorded by using a camera with 60 frame per second (fps). In the proposed method, the images taken in the proposed approach are firstly subjected to some morphological operations to reveal the details of the products clearly. Then, moving objects were detected by removing the background with Gaussian mixture model. Then, it is checked whether or not the objects in the determined area have passed, and the process of counting is performed. The contours of the objects are drawn with Convex hull method and it is determined whether multiple objects pass over the area according to the area of the objects. The counting of the products in high speed production line was performed successfully and completely and the experimental results show that the algorithm is effective and accurate results.

Keywords: Computer Vision, Object Counting, High Speed Image Processing, Industrial Applications.

GİRİŞ

Bilgisayar görmesi, seri üretim hatlarında ürün sayma, hatalı ürün kontrolü gibi çeşitli temel işlemlerde sıklıkla kullanılan bir yapıdır [1]. Genellikle bant üzerinde geçen ürünlerde herhangi bir eksiklik olup olmadığını tespit etmek amacıyla kullanılan bu sistemler, yüksek

performansta çalışmakta ve bir uzman tarafından yapılan kontrole göre oldukça önemli avantajlar sunmaktadır. Bir uzman tarafından sağlanan bu kontroller genellikle hatalara sebebiyet verdiğinden günümüzdeki endüstriyel sistemlerde bilgisayar görmesi tabanlı kalite kontrol sistemleri daha çok tercih edilmektedir [2- 3].

Bilgisayar görmesi tabanlı kalite kontrol sistemleri otomobil, ambalaj, montaj hattı, tekstil gibi birçok farklı endüstriyel alanda en temel donanım olarak görev yapmaktadır [1-3, 7-16]. Her bir alanda farklı farklı işlevlere sahip olan kalite kontrol sistemleri en temel görevleri açısından ürünlerdeki eksiklikleri tespit etme, ürünleri sayma, ürünlerin boyutlarını belirleme olarak sınıflandırılabilir. Bu konu üzerine literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde sistemlerin genel olarak üretim bandından bir ürün geçtiğinde görüntü aldığı ve bu görüntü üzerinde çeşitli algoritmaları yürüttüğü görülmektedir. Ayrıca gerçekleştirilen bu işlemler yüksek performanslı kameralar kullanılarak yapılmakta ve genellikle endüstriyel tabanlı bir bilgisayar üzerinden yürütülmektedir [4]. Bu sistem çerçevesinde yürütülen algoritmalar ise genellikle görüntü tanıma ve sınıflandırma tabanlıdır [5-6]. Bu sayede aynı özelliklere sahip ürünler hatalı olanlardan ayrıştırılabilmekte, ürünler saydırılabilmekte ve özelliklerine göre sınıflandırılabilir.

Bilgisayar görmesi tabanlı kalite kontrol sistemleri alanında yapılan birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların birinde, kâğıt paraların kontrolüne yönelik bir uygulama geliştirilmiştir. Kâğıt paralar üzerindeki eksikliklerin tespitine yönelik yapılan bu çalışma ile yeni bir görüntü bölütleme algoritması önerilmiştir. Çalışmada kâğıt paraya gömülü olarak bulunan örüntüler ultraviyole ışık altında incelenmekte ve herhangi bir sıkıntı olup olmadığı tespit edilmektedir [1]. Bu alanda gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise şişe kapaklarının yüzeylerindeki eksiklikleri tespit edebilmek amacıyla hızlı bir tespit algoritması geliştirilmiştir. Çalışmada öncelikli olarak bir kamera aracılığıyla alınan görüntülerden kapağı içeren belirli bir bölge alınmaktadır. Daha sonra alınan bu görüntüde özellik eşleştirmesi yapabilmek amacıyla histogram çıkarımı yapılmaktadır. Son olarak önerilen yaklaşım ile eksikliklerin boyutu ve pozisyonu tespit edilmektedir. Endüstriyel ortamda yapılan deneysel çalışmalar ile önerilen yaklaşımın çıktıları ve doğruluğu kanıtlanmıştır [7]. Konu üzerine gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise resimli çiniler üzerinde meydana gelen kusurların tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada sekiz farklı kusur çeşidinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Yine bu amacı gerçekleştirebilmek için yapay sinir ağı yapısı kurulmuş ve eksikliklerin sınıflandırılmasında bu metod kullanılmıştır. Çalışmada %90 oranında başarı sağlanarak eksikliklerin tespit edilmesi sağlanmıştır [8]. Makine görmesi tabanlı gerçekleştirilen uygulamada bir üretim bandından geçen şişelerin kapakları ve bu şişelerdeki sıvıların seviyeleri birlikte kontrol edilmiştir [9]. Önerilen bu yaklaşım şişe kapakları için üç farklı durum, sıvı seviye kontrolü için de üç farklı durum kontrolü yapmaktadır. Sistem temel olarak sıvı seviyesi ve kapak durumunun doğru olduğu durumlarda kabul değeri üretirken, aksi durumlarda bant üzerinden geçen ürün için ret değeri vermektedir.

Literatürde yapılan çalışmalar farklı alanlarda uygulama alanı bulmuştur. Yapılan çalışmalardaki temel problem hız, doğruluk ve farklı sistemlere kolayca uyarlamadır.

Arka plan çıkarımı tabanlı yöntemler nesne saymak için genellikle her çerçevede belirlenen bir çizgiden nesnenin geçip geçmediğini kontrol etmektedir. Bu yöntem hızlı ve birbirine yakın geçen nesnelerin sayılmasında yanlış çalışmaktadır.

Bu çalışmada nesne tespiti, sayma ve boyut tespitini birlikte yapmak için Gaussian karışım tabanlı yeni bir yöntem önerilmiştir. Gaussian karışım modeli ile nesne arka planı çıkarıldıktan sonra genişleme, açma ve kapama gibi morfolojik özellikler ile gürültüler giderilerek nesnelere delikler kapatılmaktadır. Nesne sayma işlemi için ise çizgi kullanmak yerine yeni bir yöntem olarak bir bölgeden nesnenin geçip geçmediği kontrol edilmektedir. Eğer belirlenen bölgede önceki çerçevede nesne var ve mevcut çerçevede yok ise sayma işlemi yapılmaktadır. Bu özellik daha doğru sayma işlemi yapılmasını sağlamaktadır. Ayrıca nesnelerin görüntü momentleri hesaplanarak convex hull yöntemi ile boyutları da belirlenmektedir. Böylece birbirine yakın nesnelerin sayılması esansında oluşabilecek hatalar da azaltılmıştır. Çalışmada kullanılan video görüntüsü yaklaşık 60 fps hıza sahip olup, önerilen yaklaşım C++ programlama dili ve Open CV kütüphanesi kullanılarak ortaya konmuştur. Yapılan testlerde önerilen yaklaşımın doğruluğu sağlanmış ve ürünlerin doğru bir şekilde tespit edildiği görülmüştür. Bu kapsamda makalenin ikinci bölümünde kalite kontrol sistemlerinin temel yapısı incelenmiş olup, üçüncü bölümde önerilen yaklaşımın detayları sunulmuştur. Dördüncü bölümde deneysel sonuçlara yer verilmiş ve son bölümde sonuçlar ile gelecek çalışmalara ilişkin bilgiler sunulmuştur.

Kalite Kontrol Sistemleri

Makine görmesi tabanlı kalite kontrol sistemleri uzun yıllardan beri kullanılan ve sürekli gelişme eğiliminde olan yapılardır. Özellikle hassas kontrol ve tespit gerektiren alanlarda kullanılan bu sistemler kullanıcılarına önemli derecede avantaj ve hız sağlamaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle de beraber yüksek hızlı çözümler sağlayan kalite kontrol sistemleri ile birçok endüstriyel alanda otomatikleştirilmiş denetleme sistemleri oluşturulabilmektedir. Tablo 1'de kalite kontrol sistemleriyle ilgili yapılmış çalışmalar ve bu çalışmaların ilgili olduğu endüstriyel alanlar detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 1'den de görülebileceği üzere kalite kontrol sistemleri günlük yaşantıda sıklıkla kullanılan birçok endüstriyel ürünü kontrol etmek amacıyla kullanılabilmektedir. Bu durumun en önemli sebebi, kalite kontrol sistemlerinin bir uzman tarafından yapılan kontrollere göre çok daha hızlı, daha az maliyetli ve daha hassas ölçüm yapabilmesidir. Gelişen teknolojiye paralel olarak kullanımı artan bu sistemler kullanıcılarına her geçen gün daha çok özelliğe sahip çözümler sunmaktadır. Ayrıca kullanıcıların kendi ihtiyaçlarına göre bu sistemleri değiştirebilmesi yine kalite kontrol sistemlerinin bir diğer avantajıdır.

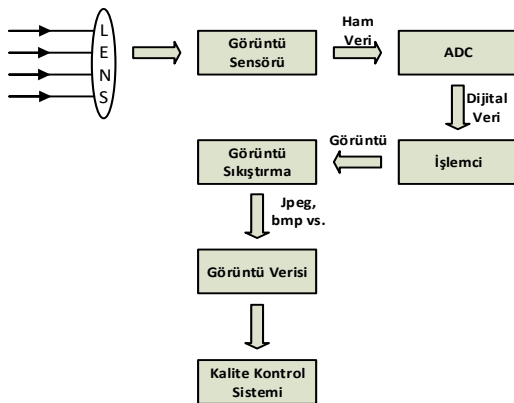
Tablo 1. Kalite kontrol sistemleri üzerine çeşitli endüstriyel gerçekleştirilen çalışmalar

No	Çalışma alanı	Çalışmanın Kapsamı	Referans
1	Baskı endüstrisi	Kâğıt paralar üzerindeki eksikliklerin kontrolü	[1]
2	İnşaat endüstrisi	Köprüler üzerindeki eksikliklerin otomatik teftişi	[2]
3	Gıda endüstrisi	Et, peynir gibi gıdaların sınıflandırılması	[3, 10, 11]
4	Paketleme endüstrisi	Şişe kapaklarının yüzeylerindeki eksikliklerin ve sıvı seviyelerinin tespit edilmesi	[7, 9]
5	Televizyon Endüstrisi	Kamera hareket parametrelerinin tahmin edilmesi	[12]
6	Tekstil endüstrisi	Fabrikalarda üretilen kumaşlardaki eksikliklerin tespit edilmesi	[13, 14, 15]
7	Çelik endüstrisi	Üretilen çeliklerin yüzeylerinde meydana gelen aşınmaların tespit edilmesi	[16]
8	Sanat	Doku özelliği analizine dayalı basılı çinilerin eksikliklerinin tespit edilmesi	[8]

Kalite kontrol sistemlerinin bu kadar gelişimine katkı sağlayan en temel eleman yüksek performanslı kameraların üretimidir [17].

Günümüzde kameralar şahıs kullanımının yanı sıra endüstriyel alanlarda da kullanılmaktadır. Özellikle yüksek çözünürlüklü ve yüksek hızlı görüntü duyargaların gelişmesi bu durumun en önemli sebeplerindedir [18-23].

Ayrıca görüntü duyargalarının üretim maliyetlerinin düşmesi ve kullanıcılar tarafından kolay erişilebilir bir hale gelmesi bu durumu tetikleyen bir diğer faktördür. Şekil 1’de kalite kontrol sistemleri için kullanılan bir kameranın temel arabirimleri sunulmuştur [17-19].



Şekil 1. Kamera sisteminin temel iç yapısı

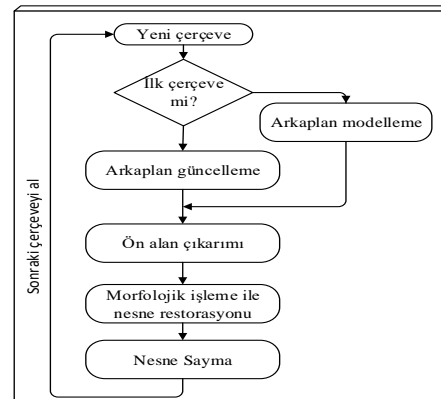
Şekil 1’den de görülebileceği üzere temel bir kamera sistemi 3 ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerden ilki olan lens, bir objeden yansıyan ışığı görüntü sensörü üzerine düşüren ve o nesnenin görüntüsünün oluşmasına yardımcı olan bir elemandır. İkinci bölümde ise görüntü sensörleri bulunmaktadır. Genel olarak görüntü sensörleri CMOS ve CCD olmak üzere iki tiptedir. CCD temel olarak kaliteli görüntüler sunarken, CMOS sensörler kaliteli görüntüler sunmalarının yanında ucuz maliyetli çözümler açısından tercih sebebi olabilmektedir. Bir kamera sisteminin üçüncü bölümü ise işlemci kısmıdır.

Endüstriyel kamera sistemlerinde genellikle FPGA kullanılmasına rağmen gelişen teknolojiyle beraber daha farklı yapıda ve hızda işlemciler de kullanılabilmektedir.

Arka Plan Çıkarımı Tabanlı Nesne Tespiti

Bir görüntüdeki hareket eden nesnelerin sayılması ve tespiti için üç yöntemden faydalanılmaktadır. Bunlar optik akış, ardışık çerçevelerin farkı ve arka plan çıkarımıdır. Optik akış piksel seviye yoğunluğunu tahmin ederek hareketli nesnelere tespit eder. Nesne tespiti için herhangi bir ön bilgiye ihtiyaç duymaz. Bu yöntem kamera hareket halindeyken iyi sonuçlar vermesine rağmen, çok fazla hesaplama gerektirdiğinden gerçek zamanlı sistemler için uygun değildir. Çerçeve farkı ise ardışık iki çerçeve arasındaki piksellerin yoğunluk değişimine göre hareket tahmini yapmaktadır. Bu yöntem dinamik ortamlarda iyi sonuç vermesine rağmen, arka plan ve ön alan rengi birbirine yakın olduğunda bu yöntem yanlış sonuçlar vermekte ve tespit edilen nesnede oluşan boşluklar kapanmamaktadır.

Arka plan çıkarımı hareket eden veya durağan bir nesnenin tespiti için etkin bir yöntemdir. Nesne tespiti arka plan ile ön alan farkı değerlendirilerek yapılır. Arka plan çıkarımının başarımı arka plan modelleme ve güncelleme yöntemine bağlıdır. .



Şekil 2. Önerilen yöntemin sistem diyagramı

Bu çalışmada endüstride hareket eden ürünlerin sayılması ve nesne tespiti için gaussian karışım modeli tabanlı bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntem ile ilk olarak arkaplan modeli oluşturulmakta ve Gaussian karışım modeli ile güncellenmektedir. Daha sonra arkaplan çıkarımı yapılarak aktif nesnelere tespit edilmektedir. Önerilen yöntemin blok şeması Şekil 2’de verilmiştir

Önerilen yöntemde, arka plan çıkarımı metodu ile hareket eden nesnelere tespiti yapılmaktadır. Arka plan çıkarımında ön alan ve arka plan görüntüsü arasındaki fark ile elde edilmektedir.

Kameradan alınan görüntüler renkli görüntüler olup çok boyutlu bir uzaya gerek vardır. Alınan her bir çerçeve RGB formatında olup çok değişkenli Gauss dağılımı ile ifade edilmelidir. Bu dağılım denklem (1) ile verilmiştir.

$$G(x | \mu_k, \sigma^2) = \frac{1}{(2\pi)^{d/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(x-\mu)^T \Sigma^{-1}(x-\mu)} \quad (1)$$

Denklem (1)’de d parametresi boyutu, μ ortalamayı ve Σ ise dx dx boyutlu kovaryans matrisini göstermektedir. Renkli görüntüler ile çalışıldığından d parametresi 3 alınmıştır. Gaussian karışım modeli çok modlu bir dağılım için tanımlayıcı olarak kullanılabilir. Gaussian karışım modeli K bileşenden oluşmakta olup modelin olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$P(x) = \sum_{j=1}^K w_j G(x | \mu_j, \sigma^2) \quad (2)$$

Denklemden w_j tek bir Gaussian dağılımın ağırlığını göstermektedir. Her aşamada model güncellenerek yoğunluk tekrar hesaplanmaktadır. Denklemden μ_k ve σ^2 sırasıyla tahmin edilen ortalama değer ve varyansı göstermektedir. Gaussian dağılım kümeleri eğitilerek w_j için fark değerleri arka plan görüntüsündeki her bir piksel için uygulanır. Bir piksel var olan k dağılım ile karşılaştırılır. Eğer pikselin değeri j. dağılımın $2.5\sigma^2$ içinde ise piksel bu dağılıma aittir. Arka plan dağılımının modeli B dağılımdan aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\sum_{j=1}^B w_j > T \quad (3)$$

Denklem (3)’te T eşik değeri arka plan modeli için dağılım sayısını gösterir. İlk adımda parametreler küçük değerler ile başlatılır. Daha sonra dağılımın ağırlıkları güncellenir. Ağırlık değeri aşağıdaki gibi güncellenir.

$$w_{j,t} = (1-\alpha)w_{j,t-1} + \alpha M_{j,t} \quad (4)$$

Denklem (4)’te α öğrenme oranını kontrol eder. $M_{j,t}$ değeri ise eşleşen dağılım için 1 ve kalan dağılımlar için 0 değerini alır. Eşleşen dağılım için ortalama ve varyans değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\mu_{j,t} = (1-\rho)\mu_{j,t-1} + \rho x_t \quad (5)$$

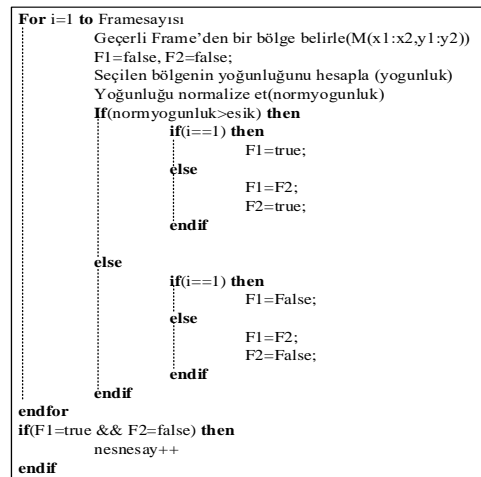
$$\sigma_{j,t}^2 = (1-\alpha)\sigma_{j,t-1}^2 + \rho(x_t - \mu_{j,t})^T(x_t - \mu_{j,t}) \quad (6)$$

$$\rho = \alpha G(x_t | \mu_{j,t-1}, \sigma_{j,t-1}) \quad (7)$$

Gaussian karışım modeli üretildikten ve parametreler ayarlandıktan sonra görüntünün bütün pikselleri modele verilmektedir. Her piksel için arka plan veya ön plana ait olma olasılıkları hesaplanır. Büyük olan değere göre pikselin ait olduğu model belirlenir.

Arka plan çıkarıldıktan sonra tespit edilen nesnelere bir kısmı gürültü ve ışıktan dolayı arka plana ait olabilir. Aynı şekilde arka planın bazı kısımları nesne olarak görülebilir. Bunları ortadan kaldırmak için morfolojik işlemler olarak genişleme ve erozyon operatörleri uygulanmıştır. İlk olarak görüntü üzerinde erozyon işlemi ile gürültüler giderilmekte daha sonra ise genişleme işlemi ile delikler kapatılmaktadır.

Bant üzerinden geçen nesnelere sayılması ve tespiti için belirli bir bölgede nesne olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bu amaçla Şekil 3’teki algoritma kullanılmıştır.



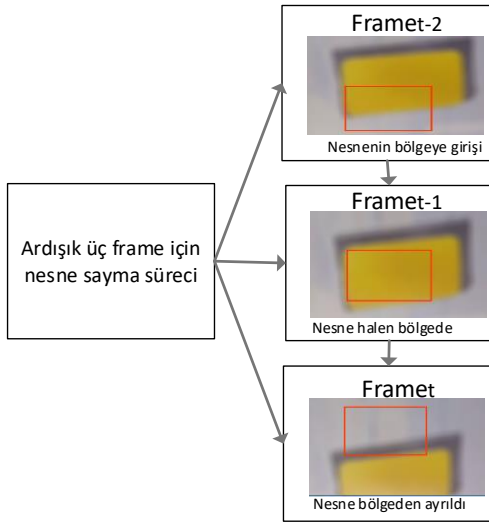
Şekil 3: Nesne tespiti ve sayma

Şekil 3’te verilen algoritmada ardışık iki çerçeve üzerinde nesne tespiti yapılmaktadır. Eğer önceki çerçevede nesne var ve mevcut çerçevede yok ise nesne sayılmaktadır. Tablo 2’de ardışık iki çerçeve için nesne tespitinin bütün durumları verilmiştir.

Tablo 2: Ardışık iki frame için nesne tespit işleminin olası durumları

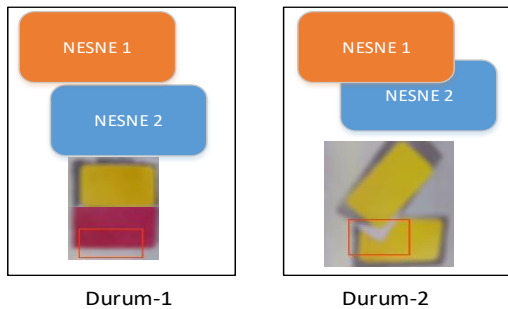
Frame-1 (F1)	Frame-2 (F2)	Nesne tespiti
False	False	Nesne yok
False	True	Nesnenin bölgeye girişi
True	False	Nesnenin bölgeden ayrılması
True	True	Nesne halen bölgede

Tablo 2’de eğer F1 ve F2 değerleri false ise son iki frame’de nesne gelmediğinden sayma işlemi yapılmayacaktır. Eğer önceki frame’de bir nesne yok ve mevcut frame’de nesne var ise yeni bir nesne alana giriş yapmıştır. Önceki frame’de nesne var ve mevcut frame’de yok ise nesne bölgeden ayrıldığından sayma işlemi yapılacaktır. İki ardışık frame’de de bölgede nesne var ise sayma yapılmayacaktır. Şekil 4’te önerilen yöntemin bir örnek üzerinde gösterimi verilmiştir.



Şekil 4: Ardışık üç çerçeve için nesne sayma işlemi

Şekil 4’te üç ardışık frame için nesnelerin belirlenen bölgeye girişi, bölgede kalması ve çıkışı gösterilmiştir. Sayma işlemi ardışık iki frame’e göre yapılmaktadır. Şekil 4’ten de görüldüğü gibi eğer nesne önceki frame’de bölgenin içinde ve mevcut frame’de ise bölgeden ayrılmış ise sayma işlemi yapılacaktır. Eğer nesneler birbirine çok yakın ise veya bir nesnenin bir kısmı diğer nesne üzerinde olması durumunda örtüşme olacağından yanlış sayma işlemi oluşabilir. Bu iki durum Şekil 5’te gösterilmiştir.



Şekil 5. İki nesnenin örtüşmesi durumu

Şekil 5’teki iki durumdan biri oluştuğu anda nesneleri farklı olarak tespit etmek için her bir nesnenin kontur grafiği elde edilmektedir. Daha sonra convex hull metodu ile iki nesne birleştirilmektedir. Nesne sayma işlemi yapıldığında aynı zamanda nesnelerin merkez noktalarının bulunarak konturu çizilecektir. Bu amaçla görüntü momentlerinin bulunması gerekmektedir.

Arkaplan çıkarımı yapılan ikili görüntü için uzaysal moment aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$m_{ji} = \sum_{x,y} I(x,y).x^i.y^j \quad (8)$$

Denklem (8)’de I(x,y) belirlenen pozisyondaki görüntü pikselini ifade eder. Merkez momentler aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$mu_{ji} = \sum_{x,y} I(x,y).(x-\bar{x})^j.(y-\bar{y})^i \quad (9)$$

Denklem (9)’da \bar{x} ve \bar{y} kütle merkezini göstermekte olup aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (10)$$

Görüntü momentleri bulunduğundan sonra ikili görüntünün merkezi tespit edilmekte ve ikili görüntünün kontur grafiği elde edilmektedir. Convex hull ile nesnelerin etrafını çizmek için ikili görüntüde en soldaki nokta bulunmaktadır. Daha sonra bu noktadan diğer noktalara gidilerek nesnenin etrafı çizilmektedir. Şekil 6’da bu işlemin adımları verilmiştir.

Convex-hull(B)
B ← ikili görüntü
S ← Boş yığıt
1. İki boyutlu (x,y) uzayında en soldaki x değerini ve karşılık gelen y değerini temsil eden B[0]’ı bul.
2. Kalan n-1 noktayı B[0] etrafında kutup açılımlarına göre sırala.
3. Eğer iki veya daha fazla nokta aynı açıya sahip ise B[0]’a en uzak dışındaki noktaları sil
4. m boyutlu dizi oluştur.
5. S ← Ekle(B[0]), S ← Ekle(B[1]), S ← ekle(B[2])
6. Her bir B[i] için
6.1. Eğer S yığıtının üstündeki üç noktanın yönü saatin tersi yönünde değilse bu noktaları tut
6.2. S ← Ekle(B[i])

Şekil 6. Convex-hull köşe noktalarının tespiti

Her bir nesnenin oranı ile birleştirilmiş nesnelerin alanları arasındaki oran bir eşik değer ile karşılaştırılarak çift nesne olup olmadığı tespit edilmektedir.

DeneySEL Sonuçlar

Önerilen bu yaklaşım ile gerçek zamanlı çalışan bir üretim bandındaki ürünlerin saydırılması işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla ortaya konan bilgisayar görmesi tabanlı kalite kontrol uygulaması ile bu işlem hızlı ve sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Önerilen yaklaşımın doğrulaması gerçek zamanlı endüstriyel bir sistemden alınan videolar üzerinde yapılmıştır. Diğer bölümlerde de belirtildiği üzere çalışmalar açık kaynaklı bir görüntü işleme kütüphanesi olan OpenCV ve C++ programlama dili kullanılarak

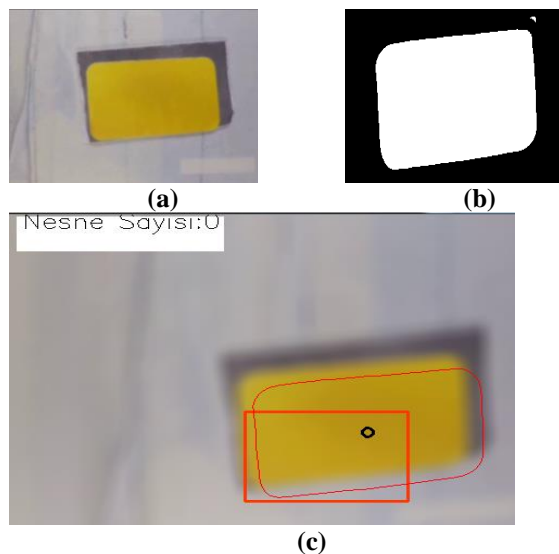
gerçekleştirilmiştir. Endüstriyel sistemden alınan bu videolar bir kalite kontrol kamerası aracılığıyla elde edilmiştir. Kalite kontrol sisteminde kullanılan bu kameranın temel özellikleri Tablo 3'te verildiği gibidir.

Tablo 3. Kalite kontrol sisteminde kullanılan kameranın temel özellikleri

Kamera Özellikleri

Özellik	Değer
Çözünürlük	1280x720 px
Frame Oranı	59 fps
Shutter Türü	Global
Sensör Türü	CCD
Mono/Color	Color
Arayüz	GigE
Piksel Bit Derinliği	12 bit

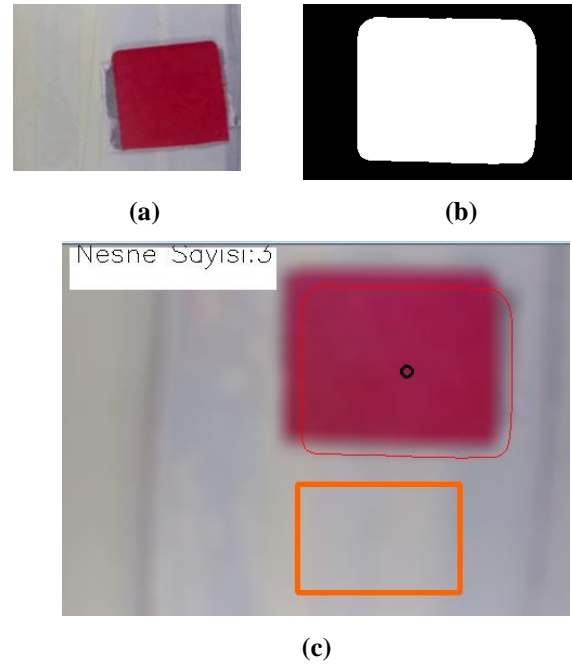
Gerçekleştirilen bu çalışmada yapılan testlerde farklı durumlar ile karşılaşılmıştır. Bunlardan ilki bant üzerinden geçen ürünlerin renklerinin farklı olmasıdır. Endüstriyel bir sistemden elde edilen görüntülerde temel olarak 2 farklı renk durumu vardır ve bunlar sarı ile kırmızıdır. Ayrıca sistemde kameranın izlediği alanda arka plan tamamen beyaz ile kaplanmıştır. Bu şekilde kontrast değerlerinin oldukça farklı olduğu yapılarda kontrol işlemleri kolaylaşmakta ve daha doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Çalışma süresince karşılaşılan bir diğer durum ise aynı görüntü karesinde iki tane ürünün görünmesidir. Bu durumda ise ya ürünler birbirine çok yakındır ya da üst üste binmiş durumdadır. Yine böylesi durumlarda da sayma işleminin sorunsuz bir şekilde yapılması oldukça önemlidir. Tüm bu durumları örnekleyen deneysel sonuçlar farklı renk durumları için Şekil 7 ve 8'de verilmiştir.



Şekil 7. Deneysel çalışmalardan elde edilen örnek bir sonuç (a) Orijinal görüntü (b) Arkaplanı çıkarılmış görüntü (c)

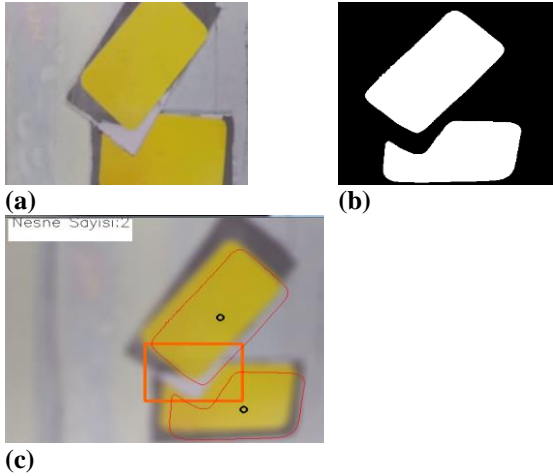
Konturları çizilmiş, merkezi işaretlenmiş ve sayma işlemine tabi tutulmuş görüntü karesi

Şekil 7'den de görülebileceği üzere uygulama temel olarak 3 adımdan oluşmaktadır. Bunlardan ilki görüntü karesinin hafızaya yüklenmesidir. Daha sonra arka Plan çıkarımı yapılmaktadır. Daha sonra erozyon ve genişleme gibi morfolojik işlemler uygulanmaktadır. Daha sonra nesnenin konturu çizilmektedir. Bu işlem ile ürünün sınırları tespit edilmekte ve merkez noktası hesaplanabilmektedir. Dikdörtgensel bir alan içinden bir nesnenin geçiş kontrolü yapılmaktadır. Bu belirlenen bölgede bir önceki görüntü çerçevesinde nesne var ve bir sonrakinde yoksa sayma işlemi yapılmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde genellikle sanal bir çizgi çizilmesiyle yapılan saydırma işlemi, gerçekleştirilen bu çalışmada literatürden farklı olarak siyah-beyaz geçişleri kontrol edilerek yapılmıştır.



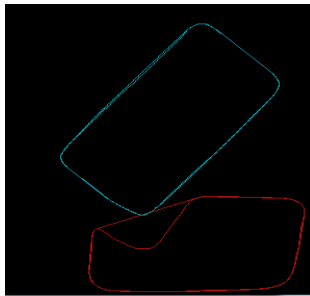
Şekil 8. Deneysel çalışmalardan elde edilen örnek bir sonuç (a) Orijinal görüntü (b) Arkaplanı çıkarılmış görüntü (c) Konturları çizilmiş, merkezi işaretlenmiş ve sayma işlemine tabi tutulmuş görüntü karesi

Şekil 8'den de görülebileceği üzere çalışma süresince yapılan testlerde iki farklı renk durumu ile karşılaşılmıştır. Bunlar sırasıyla sarı ve kırmızıdır. Yine bu sonuçta da bir öncekinde olduğu gibi aynı işlemler görüntü karesine uygulanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 8 (b) incelenecek olursa, renkli görüntünün arka planı gürültüsüz bir şekilde elde edilmiştir. Çalışma süresince karşılaşılan bir diğer durum olan ürünlerin aynı görüntü karesinde geçmesi durumu ise Şekil 9'da verildiği gibidir.



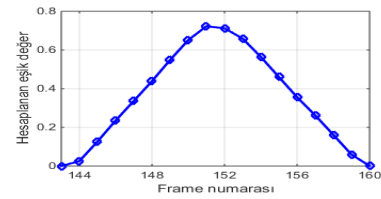
Şekil 9. Deneysel çalışmalardan elde edilen örnek bir sonuç (a) Orijinal görüntü (b) Arkaplanı çıkarılmış görüntü karesi (c) Konturları çizilmiş, merkezi işaretlenmiş ve sayma işlemine tabi tutulmuş görüntü karesi

Şekil 9'dan da görülebileceği üzere aynı anda iki ürün tek bir görüntü karesinde yer almış durumdadır. Gerçekleştirilen bu çalışmada birbirine yakın gelen ürünlerin sayılması için convex hull yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre birbirine yakın olan nesnelere tek bir bölümlenmiş nesneye dönüştürülmekte ve onların alanına göre ve nesnenin belirlenen bölgede ne kadar süre kaldığına göre çoklu nesnelere tespit edilmektedir. Şekil 10'da convexhull ile iki nesnenin birleştirilmiş şekli verilmiştir.

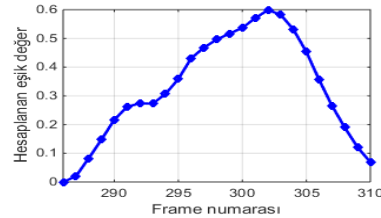


Şekil 10. Yakın şekillerin birleştirilmesi

Nesnelerin doğru bir şekilde sayılabilmesi için daha önce bahsedilen bir eşik değeri kullanılmıştır. Bu çalışmada eşik değeri 0.3 olarak seçilmiştir. Seçilen bölgedeki normalize edilmiş yoğunluk 0.3 değerinden yüksek ise ilgili bölgede bir nesne olduğu varsayılmaktadır. Bir nesne belirlenen bölgeye girdiğinde eşik değeri artmakta ve bölgenin bütün piksellerinde nesne var ise yoğunluk değeri 1 olmaktadır. Fakat her zaman nesne tam bölgenin içinden geçemeyebilir veya arka plan çıkarımında elde edilen nesnelere gürültüler olabilir. Şekil 11'de iki farklı nesnenin belirlenen bölgeden geçmesi durumunda hesaplanan yoğunluk değeri verilmiştir.



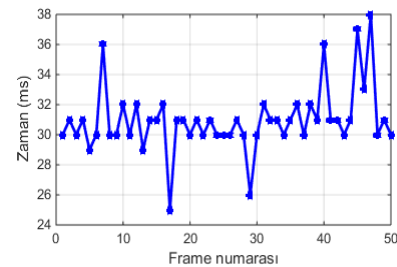
(a) Gürültüsüz nesne için yoğunluk



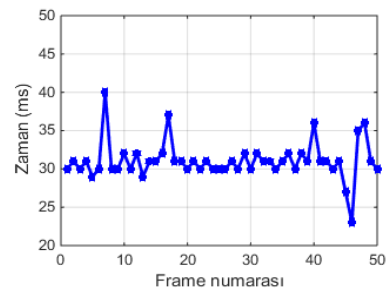
(b) Gürültülü nesne için yoğunluk

Şekil 11. İki farklı durum için belirlenen bölgedeki yoğunluk değişimi

Şekil 11 (a)'da belirli sayıda frame için belirlenen bölgeye nesnenin girişi ile çıkışı arasında ilgili bölgenin normalize edilmiş yoğunluk değişimi düzgün bir dağılım göstermektedir. Eşik değeri 0.3 alındığından 11 frame boyunca nesnenin bu alanın içinde olduğu görülmektedir. Şekil 10 (b)'de ise gürültüye sahip olan bir nesnenin belirlenen bölgeden geçmesi ile oluşan yoğunluk değişimi grafiği verilmiştir. Elde edilen grafikte belirli noktalarda düzensiz artışlar olduğu gözlemlenmiştir. Burada temel iki sebep olabilir. Birincisi seçilen nesnenin sadece bir kısmının seçilen dikdörtgenden geçmesi ikincisi ise arkaplan çıkarımı sonucu nesne üzerinde oluşan gürültülerdir. Şekil 12'de iki farklı video için 50 frame boyunca her bir frame'in işleme zamanları verilmiştir.



(a) Video-1 için her bir frame'in işleme zamanı



(b) Video-2 için her bir videonun işleme zamanı

Şekil 12. İki video için önerilen yaklaşımın çalışma zamanı

Gerçekleştirilen bu yaklaşım ile renk ayrımı yapmaksızın hızlı bir üretim bandı üzerinden geçen ürünlerin saydırılması işlemi gerçekleştirilmiştir. Önerilen bu yöntem ile endüstriyel üretim hattında kullanılan bir kalite kontrol kamerasına yazılım geliştirilmiş olup, bant üzerindeki ürünlerin sorunsuzca sayılması sağlanmıştır. Gelecekte yapılacak diğer çalışmalar ile bant üzerinden geçen ürünlerdeki eksikliklerin tespit edilmesi ve kusurlarına göre sınıflandırılması işlemleri gerçekleştirilecektir.

SONUÇ

Günümüzde endüstriyel üretim bantları gelişen teknolojiyle beraber oldukça hızlı bir gelişim göstermekte ve sürekli olarak kendini yenilemektedir. Teknolojideki gelişmelere paralel olarak büyüyen endüstriyel tesisler, her geçen gün daha fazla üretim kapasitesine ulaşmakta ve ürün portföyünü genişletmektedir. Şüphesiz ki bu durumun en önemli sebeplerinden birisi de kalite kontrol sistemleridir. Özellikle bir uzman aracılığıyla yapılan manuel kontrollere göre çok daha doğru ve hızlı çözümler sunan kalite kontrol sistemleri ile hatasız, eksiksiz ve problemsiz ürünler elde edilebilmektedir. Bu durumu sağlayan bir diğer faktör ise kalite kontrol sistemlerinde kullanılan kamera modüllerinin maliyetinin giderek düşmesi ve yüksek performanslı kamera sistemlerinin yine yüksek verim ve doğrulukla çalışabilmesidir. Gerçekleştirilen bu çalışma ile kalite kontrol sistemlerinde sıklıkla karşılaşılan bir durum olan ürün saydırma işlemi yüksek hız ve doğrulukla ortaya konmuştur. Yapılan çalışmada gerçek zamanlı çalışan bir endüstriyel sistemden alınan örnek videolar ile bir bant üzerinde geçen ürünler incelenmiştir. Bu amaçlar doğrultusunda OpenCV ve C++ kullanılarak gerçekleştirilen görüntü işleme uygulaması ile ürünlerin belirlenmesi ve saydırılması işlemi gerçekleştirilmiştir. Önerilen yaklaşım ile yüksek hızlı bir video üzerinde herhangi bir zaman sapması olmadan tüm görüntü karelerinin işlenmesi sağlanmıştır. Ayrıca gerçekleştirilen çalışmanın tamamen açık kaynaklı bir kütüphane olan OpenCV kullanılarak gerçekleştirilmesi ve gerçek zamanlı endüstriyel sistemde kullanılacak olması önerilen yaklaşımın bir diğer avantajıdır. Gelecekte yapılacak çalışmalar ile ürünlerdeki eksikliklerin tespit edilmesi, bu eksikliklere göre ürünlerin sınıflandırılması, ürüne ait ölçülerin çıkarılması gibi çeşitli gereksinimlerin sağlanabilmesi hedeflenmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (SANTEZ programı) tarafından desteklenmiştir. Proje No: 0743.STZ.2014 (TUBITAK Grant No:112D021).

KAYNAKÇA

- [1] Lee K. H., Park T. H. Image segmentation of UV pattern for automatic paper-money inspection, 11th International Conference on Control Automation Robotics and Vision (ICARCV), 1175-1180, 2010.
- [2] Lee J. H., Lee J. M., Kim H. J., Moon Y. S. Machine vision system for automatic inspection of bridges, Congress on Image and Signal Processing (CISP), 3, 363-366, 2008.
- [3] Chen Y. R., Chao K., Kim M. S. Machine vision technology for agricultural applications, Computers and Electronics in Agriculture, 36, 173-191, 2002.
- [4] Yoshino K., Miwa M., Kanamaru A., Kanai N. An automatic through-hole inspection system by analyzing laser diffraction pattern, Proceedings of Annual Conference (SICE), 2155-2160, 2010.
- [5] Duan G., Chen Y. W., Sakekawa T. Automatic optical inspection of micro drill bit in printed circuit board manufacturing based on pattern classification, Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings (IMTC), 279-283, 2008.
- [6] Khan U. S., Iqbal J., Khan M. A. Automatic inspection system using machine vision, 34th Applied Imagery and Pattern Recognition Workshop (AIPR), 212-217, 2005.
- [7] Zhou W., Fei M., Zhou H., Li K. A sparse representation based fast detection method for surface defect detection of bottle caps, Neurocomputing, 123, 406-414, 2014.
- [8] Yang S. W., Lin C. S., Lin S. K., Tseng Y. C. Automatic inspection system for defects of printed art tile based on texture feature analysis, Instrumentation Science and Technology, 42, 59-71, 2013.
- [9] Yazdi L., Prabuwo A. S., Golkar E. Feature extraction algorithm for fill level and cap inspection in bottling machine, International Conference on Pattern Analysis and Intelligent Robotics (ICPAIR), 1, 47-52, 2011.
- [10] Brosnan T., Sun D. W. Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems-a review, Computers and Electronics in Agriculture, 36, 193-213, 2002.
- [11] Torregrosa A., Albert F., Alexios N., Ortiz C., Blasco J. Analysis of the detachment of citrus fruits by vibration using artificial vision, Biosystems Engineering, 119, 1-12, 2014.
- [12] Halfawy M. R., Hengmeechai J. Optical flow techniques for estimation of camera motion parameters in sewer closed circuit television inspection videos, Automation in Construction, 38, 39-45, 2014.
- [13] Stojanovic R., Mitropoulos P., Koulamas C., Karaviannis Y., Koubias S., Papadopoulos G. Real-time vision based system for textile fabric inspection, Real-Time Imaging, 7, 507-518, 2001.
- [14] Cho C. S., Chung B. M., Park M. J. Development of real-time vision-based fabric inspection system, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 52, 1073-1079, 2005.
- [15] Kumar A. Computer vision based fabric defect detection: a survey, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 55, 348-363, 2008.
- [16] Jia H., Murphey Y. L., Shi J., Chang T. S. An intelligent real-time vision system for surface defect detection, Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), 3, 239-242, 2004.
- [17] Ge X. The design of a global shutter CMOS image sensor in 110 nm technology, Master of Science Thesis, Delft University of Technology, 2012.
- [18] Lim S. H. Video-processing applications of high speed cmos image sensors, The Degree of Doctor of Philosophy, Stanford University, 2003.

- [19] Palakodetv A. CMOS active pixel sensors for digital cameras: current state of the art. The Degree of Master of Science, University of North Texas, 2007.
- [20] Santur, Y., Karaköse, M., Akın, E. Learning Based Experimental Approach for Condition Monitoring Using Laser Cameras in Railway Tracks. International Journal of Applied Mathematics, Electronics and Computers (IJAMEC), 4, 1-5, 2016.
- [21] Yetis H., Baygin M., Karaköse M. A New Micro Genetic Algorithm Based Image Stitching Approach for Camera Arrays at Production Lines, The 5th International Conference on Manufacturing Engineering and Process (ICMEP 2016), 25-27 May, 2016.
- [22] Karaköse M., Yaman O., Aydın I., Karaköse E., Real-Time Condition Monitoring Approach of Pantograph-Catenary System Using FPGA. 14th IEEE International Conference on Industrial Informatics (IEEE INDIN 2016), Futuroscope-Poitiers, France, 18-21 July 2016.
- [23] Aydın I., Karaköse E., Karaköse M., Gençoğlu M.T., Akın E., A New Computer Vision Approach for Active Pantograph Control, IEEE International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications (IEEE INISTA 2013), Albena, Bulgaria, 2013.