DÜMF Mühendislik Dergisi
web: http://dergipark.gov.tr/dumf

Takım Oyunu Stratejisi için Görüntü İşleme Kullanan Kontrol Algoritmasının Geliştirilmesi

Mehmet KARAKÖSE
Fırat Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Elazığ
mkarakose@firat.edu.tr ORCID: 0000-0002-3276-3788

Orhan YAMAN*
Fırat Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Elazığ
orhanyaman@firat.edu.tr ORCID: 0000-0001-9623-2284, Tel: (424) 237 00 00 (3173)

Muhammed ÇELİK
Fırat Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Elazığ
mcelik.0452@gmail.com

Geliş: 30.07.2018, Revizyon: 29.11.2018, Kabul Tarihi: 11.01.2019

Öz

Bu çalışmada futbol robotlarının kontrolü için görüntü işleme tabanlı gerçek zamanlı bir yöntem önerilmiştir. Robotlar için hazırlanmış futbol sahası üzerine kameralar yerleştirilerek görüntüler alınmaktadır. Alınan görüntüler üzerinde arka plan çıkarımı yöntemi ile robotlar ve top tespiti yapılmaktadır. Görüntü işleme yöntemleri ile tespit edilen topun hızı ve hareketi hesaplanmaktadır. Topa en yakın robotun hızı ve hareket yönü hesaplanarak robot kontrol edilmektedir. Önerilen yöntem literatürdeki mevcut çalışmalar ile karşılaştırıldığında, avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Bu çalışmada robotların birbirleri ile haberleşmesine gerek kalmadan tamamen görüntü işleme sonucuna göre kontrol edilebilmeleri literatürden farklı en önemli özelliğidir. Ayrıca her robot üzerinde kamera bulunması yerine sadece sahanın üzerindeki kamera ile işlemlerin yapılması yöntemin maliyetini düşürmektedir. Bu çalışmada futbol robotları yerine uzaktan kumanda edilebilen araçlar kullanılmıştır. Bu araçların hareket kabiliyeti futbol robotlarına göre sınırlıdır. Fakat önerilen yöntemin maliyeti literatürdeki çalışmalara göre oldukça düşüktür. Önerilen çalışmayı doğrulamak için deneysel ortam üzerinden yöntem uygulanmıştır. Elde edilen deneysel sonuçlar önerilen görüntü işleme yöntemi ile tüm robotların kontrol edilebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Takım oyunu; Görüntü işleme; Robot kontrol; Optimizasyon.*

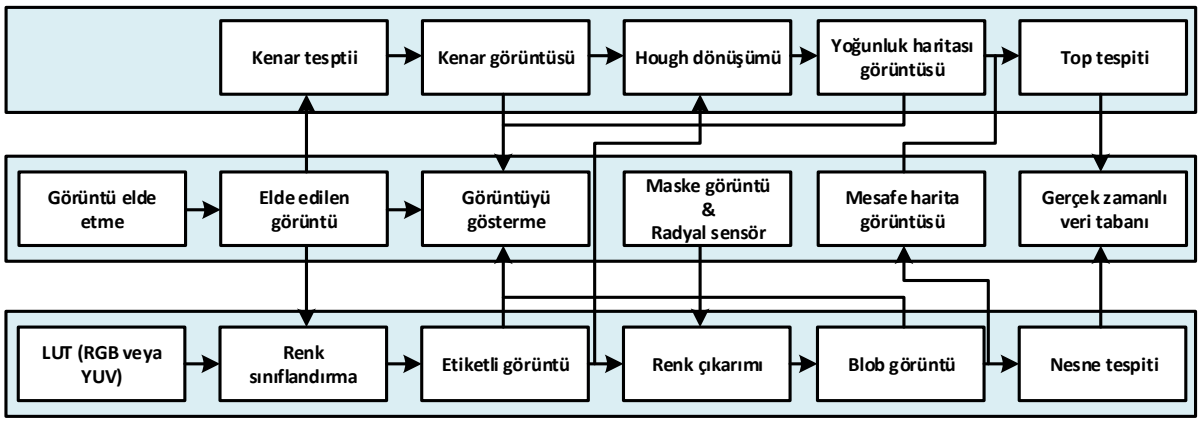
* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI: 10.24012/dumf.449244

Giriş

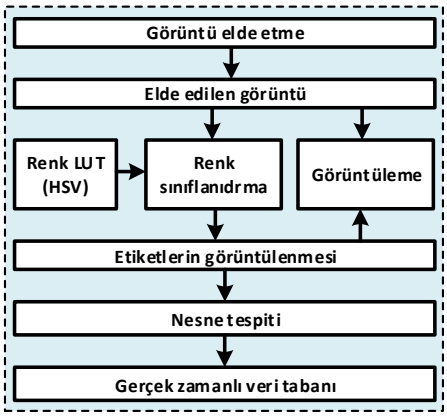
Günümüzde robotik futbol, çoklu robot sistemleri alanında popüler bir araştırma alanıdır. Düşük maliyetli özerk robotlar, toplu olarak çok geniş alanlar ve zaman ölçeğindeki görevleri yerine getirmek için kullanılabilir. Sürü uygulamaları için yeni robotlar şu anda algılama, çalıştırma, işleme, güç ve üretim alanlarındaki son gelişmelerin sonucu olarak geliştirilmektedir. Robot açısından bakıldığında, bir oyun sırasında takım arkadaşları, rakipler, topun konumu ve hızı sürekli değişmektedir. Tahmin edilemez biçimde hareket eden bu nesneler için sürekli hesaplamalar yapılmaktadır. Robotlar bu sahneleri kameralarıyla yakalamalı ve ilgili nesnelerin nerede olduğunu öğrenmelidir. Karmaşık algoritmalar çalıştırmak hesaplama yükünü arttıracağı için zaman almaktadır. Gerçek zamanlı çalışabilmek için bütün işlemlerin bir saniyenin küçük bir kesri içerisinde hesaplanması ve kararlaştırılması gerekmektedir. Aksi halde önerilen yöntem yavaş ise başarılı bir sonuç alınamadığından kullanılamaz hale gelmektedir. Literatürde futbol robotları için birçok farklı yöntemler kullanan çalışmalar mevcuttur (Xiong vd., 2016; bin Romlan vd., 2017; Wang vd., 2010; Genter vd., 2015; Agrawal vd., 2016; Gerndt vd., 2015).

Neves ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada futbol robotları için çok yönlü görme sistemi önermiştir. Robotların üzerine monte edilen kamera ve ayna sayesinde 360 derece görüntü almaktadır. Kameradan alınan görüntüler üzerinde renk ve nesne tabanlı yöntem kullanılarak engeller ve top tespit edilmektedir (Neves vd., 2007). Lu ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada futbol robotları için çok yönlü görmeye dayalı bir yöntem önermiştir. Kamera ile birlikte kullanılan panaromik ayna ile futbol sahasının tamamı görüntülenmektedir. Çok yönlü görme ve mesafe haritası için görüntüde kalibrasyon yapılmıştır. Topun elips göründüğü kameraya uzak bölgelerde kolayca tespit edilebilmesi için görüntü işleme tabanlı bir yöntem kullanmıştır (Lu vd., 2008). Mayer ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada futbol robotlarında topun kolayca tespit edilebilmesi için bir yöntem önermiştir. Farklı renklerdeki topların tespiti için HSV renk uzayı kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir (Mayer vd., 2002). Neves ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada CAMBADA Üniversitesi Aveiro Üniversitesi robot futbol takımı için geliştirilmiş, gerçek zamanlı nesne algılama için etkili birçok yönlü görme sistemi önermiştir. Görme sistemi, kendini lokalizasyonu için kullanılan ve engellerin varlığını bulmak için kullanılan topu ve beyaz çizgileri bulmak için kullanılır. Bu cisimleri algılama algoritmaları ve ayrıca görme sisteminin parametrelerinin çoğu kalibrasyonunda kullanılan algoritmalar geliştirilmiştir (Neves vd., 2011). Literatürde önerilen çok yönlü görme sisteminin yazılım mimarisi Şekil 1'de verilmiştir.



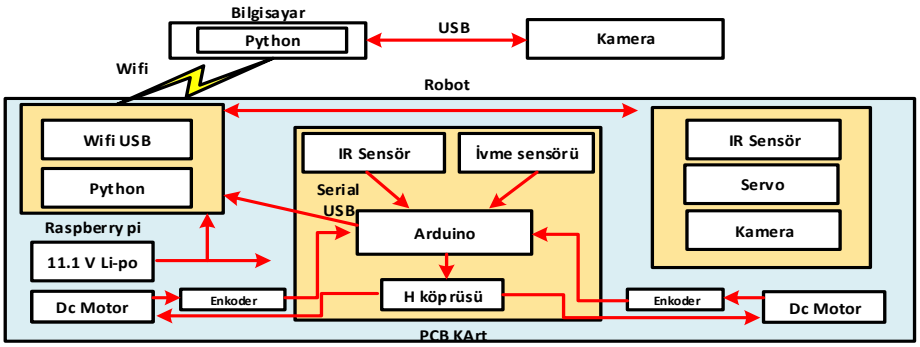
Şekil 1. Literatürde önerilen çok yönlü görme sistemi

Neves ve arkadaşları tarafından yapılan bir başka çalışmasında radyal arama hatlarını kullanan futbol robotları için hibrid bir görüntü sistemi geliştirmiştir. 640x480 boyutunda ve 30 fps hızında kameralar kullanarak gerçek zamanlı nesne tespiti yapılmıştır (Neves vd., 2008). Bu çalışmada hem çok yönlü hem de perspektif alt sistemine uygulanmış görme sisteminin mimarisi Şekil 2'de verilmiştir (Neves vd., 2008).



Şekil 2. Literatürde kullanılan görme sisteminin mimarisi

Mitri ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada top tespiti için yeni bir hesaplamalı dikkat sistemiyle görsel nesne algılama yöntemi önermiştir (Mitri vd., 2005). Renkli görüntü üzerinde sobel kenar çıkarım yöntemi kullanılarak özellik çıkarımı yapılmıştır. Geliştirilen yöntemde ilk olarak, insan dikkatleri renk veya yönelimler gibi nesneye özgü özelliklere sahip bölgeler tarafından yakalanır. İkincisi, bu bölgelerle tanıma işlemi gerçekleştirilerek top tespiti yapılmaktadır. Martins ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada futbol robotlarında topun tespit edilmesi için görüntü işleme tabanlı bir yöntem kullanmıştır (Martins vd., 2008). Robot üzerine yerleştirilen kamera ve ayna ile 360 derece görüntü almaktadır. Alınan görüntüler üzerinde özellik çıkarımı için Sobel, Laplace ve Canny kenar çıkarım yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen kenar görüntüsü üzerinde Hough dönüşümü kullanarak topun tespiti yapılmıştır. Khandelwal arkadaşları Microsoft Kinect RGB-D Sensörü kullanılarak oluşturulan düşük maliyetli, taşınabilir ve gerçek zamanlı bir çözüm sunmuştur (Khandelwal vd., 2011). Geliştirilen bu sistem RoboCup yarışmasında Standart Platform Ligi ortamında robotların ve turuncu topun yerini bulmak için kullanılmıştır. Geliştirilen sistemin kalibre edilmesi oldukça kolaydır ve robotlar üzerinde herhangi bir özel tanımlayıcı gerektirmemektedir. Zhang ve arkadaşları futbol robotlarında engel tanıma için görüntü işleme tabanlı bir yöntem geliştirmiştir (Zhang vd., 2008). Sürü robotları, futbol oynamaları dışında birçok alanda da kullanılmaktadır. Sürü robotlarında alınan görüntülerin işlenmesi, sürü robotların kontrol edilmeleri ve birbirleri ile haberleşmeleri önemli bir bölümdür. Sürü robotları için her geçen gün yazılım ve donanımlar geliştirilmektedir. Wilson ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada uygun fiyatlı, çok yönlü ve çok robotlu araştırma, eğitim ve sosyal faaliyetler için uygun yeni bir mobil robot platformu sunulmaktadır (Wilson vd., 2016). Robotlarda küresel konum tahmini için yerleşik oda metodundan ölçümleri birleştirip gerçek zamanlı olarak nesne tanımlama için kamerasını kullanabilme kabiliyetini göstermiştir. Aynı zamanda, iki ve üç robot grupların, merkezi kumandadan gelen komutlara hareket edebildiğini ve bir yükü istenen yönde istikrarlı bir şekilde taşımaktadır. Literatürde önerilen bu yöntemde 30 fps hızında, 640x480 piksel çözünürlüğünde CCD kamera kullanılarak görüntüler alınmıştır. Alınan görüntüler OpenCV platformu kullanılarak görüntü işleme yapılmıştır. Görüntü işleme sonucunda nesneler tespit edilmektedir. Bir robot için geliştirilen haberleşme alt yapısı Şekil 3'te verilmiştir.

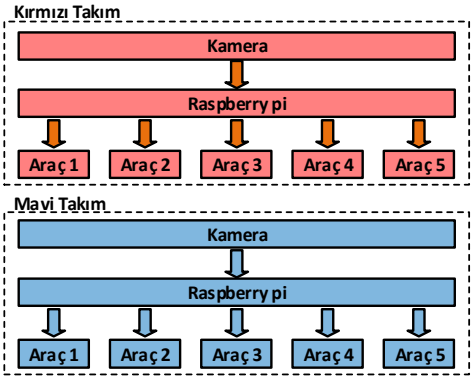


Şekil 3. Literatürdeki çalışmada bir robotun haberleşme altyapısı

Literatürdeki mevcut çalışmalarda genellikle her bir robot için bir kamera kullanılmaktadır. Robotların üzerine kameralar yerleştirilerek alınan görüntülerde görüntü kalibrasyon işlemi daha zordur. Ayrıca her bir robot için sahadaki konumunun tespit edilmesi ve diğer robotlarla olan iletişiminin sağlanması oldukça zor bir işlemdir. Bu tür çalışmalar hem maliyeti hem de iş yükü fazladır. Bu çalışmada futbol robotları için görüntü işleme tabanlı bir yöntem önerilmektedir. Önerilen yöntem görüntü işleme tabanlı olduğu için karar verme ve robotların kontrol edilmesi gibi birçok işlem yazılımsal olarak yapılmaktadır. Her bir robot için kamera kullanılması veya takım halindeki robotların birbiri ile haberleşmesine gerek yoktur. Önerilen yöntemde futbol robotları olarak uzaktan kumanda edilebilen araçlar kullanılmış ve gerekli testler bu araçlar üzerinden yapılmıştır. Bu araçlar görüntü işleme yapan Raspberry pi kartı üzerinde kontrol edilmektedir. Böylece her bir robotun birbiri ile haberleşmesi gibi durumlara ihtiyaç yoktur. Başlangıçta her robotun açısı ve konumları sabitlenmektedir. Her görüntü işleme sonucunda topun konumuna göre en yakın aracın hareket hızı ve açısı hesaplanarak robot kontrol edilmektedir. Önerilen yöntem deneysel bir çalışma ile test edilmiş başarılı sonuçlar alınmıştır.

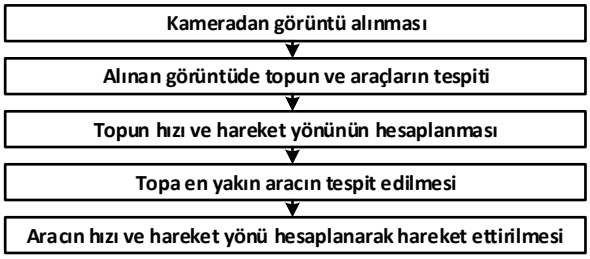
Önerilen Yöntem

Bu çalışmada, futbol oynayan uzaktan kumandalı araçlar için görüntü işleme tabanlı bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemde, birbirinden bağımsız iki farklı takım bulunmaktadır. Futbol robotları yerine uzaktan kumanda edilebilen araçlar kullanılmıştır. Uzaktan kumandalı araçların kumandaları Raspberry pi kartının GPIO portlarına bağlanarak araçlar kontrol edilmektedir. Her bir takımda beş adet araç bulunmaktadır. Futbol sahasının üzerine yerleştirilen kamera ile görüntü alınmaktadır. Alınan görüntüde araçların konum bilgileri ve açıları kontrol edilerek topa en yakın aracı hareket ettirmektedir. Önerilen yöntemin genel mimarisi Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Önerilen yöntemin genel mimarisi

Şekil 4'te görüldüğü üzere her takım beş araç, bir Raspberry pi programlama kartı ve bir kameradan oluşmaktadır. Her bir takımın genel akış şeması Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Her bir takım için önerilen genel akış şeması

Şekil 5'te kameradan görüntü alınması aşamasında, Raspberry pi programlama kartına takılan kameradan görüntü alınmaktadır. Alınan görüntülerde saha çizgileri, topun ve araçların tespiti için görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır. Kullanılan görüntü işleme teknikleri renk tabanlı algılama yöntemleridir. Bu çalışmada, sahanın rengi beyaz, saha çizgileri siyah, araçların renkleri kırmızı ve mavi, topun rengi ise yeşildir. Raspberry pi kartına bağlı kameradan renkli 'RGB' görüntüler alınmaktadır. 'RGB' renk uzayında 'R' kırmızı, 'G' yeşil ve 'B' ise mavi renk uzaylarını ifade etmektedir. Öncelikle alınan 'RGB' görüntü 'HSV' renk uzayına dönüştürülmektedir. 'HSV' renk uzayının kullanılmasının en büyük nedenlerinden biri çevre şartlarından dolayı görüntüde oluşan ışık yansıması ve parlaklık gibi etkileri yok etmektedir. 'HSV' renk uzayında 'H' değeri renk özü tonunu ifade edip değeri 0 ile 360 arasındadır. 'S' değeri doygunluk ve 'V' değeri parlaklığı ifade edip değerleri 0 ile 1 aralığındadır (Ford vd., 1998), (Başlar vd., 2012). 'HSV' dönüşümü yapılırken 'R', 'G' ve 'B' renk uzayları 0 ile 1 aralığında normalize edilmektedir. 'HSV' değerlerinin hesaplanmasında 'R', 'G' ve 'B' değerlerinin MAX ve MIN değerleri kullanılmaktadır. Bu değerler 'R', 'G' ve 'B' renk uzayının en büyük ve en küçük değerlerini temsil etmektedir. 'H' değerini hesaplamak için 'R′', 'G′' ve 'B′' değerleri denklem 1'de ki gibi hesaplanmaktadır.

$$R' = \frac{MAX - R}{MAX - MIN}$$

$$G' = \frac{MAX - G}{MAX - MIN} \qquad (1)$$

$$B' = \frac{MAX - B}{MAX - MIN}$$

Denklem 1'de 'R′', 'G′' ve 'B′' değerleri hesaplandıktan sonra denklem 2'de ki gibi 'H' değeri hesaplanmaktadır.

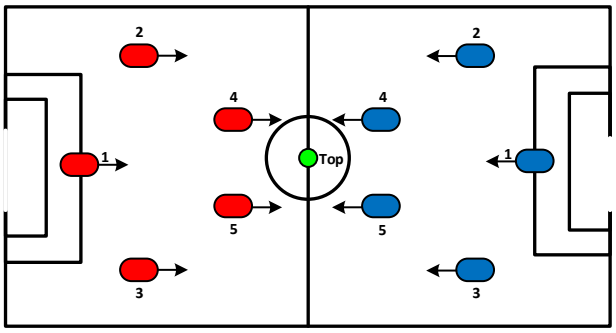
$$\begin{aligned} &S = 0 \text{ ise } H \text{ tanımsızdır} \\ &\text{Değilse ve eğer } R = MAX \text{ ve } G = MIN \text{ ise } H = 5 + B' \\ &\text{Değilse ve eğer } R = MAX \text{ ve } G \neq MIN \text{ ise } H = 1 - G' \\ &\text{Değilse ve eğer } G = MAX \text{ ve } B = MIN \text{ ise } H = R' + 1 \\ &\text{Değilse ve eğer } G = MAX \text{ ve } B \neq MIN \text{ ise } H = 3 - B' \\ &\text{Değilse ve eğer } R = MAX \text{ ise } H = 3 + G' \\ &\text{Diğer durumlarda } H = 5 - R' \end{aligned} \qquad (2)$$

Denklem 2'de ki gibi 'H' değeri bulunarak 60 ile çarpılmaktadır. Böylece 'H' değeri 0 ile 360 arasındaki derece cinsinden ifade edilmektedir. 'S' değeri denklem 3'te ki gibi bulunmaktadır. 'V' değeri ise denklem 4'te ki gibi elde edilmektedir.

$$\begin{aligned} &MAX = 0 \text{ ise } S = 0 \\ &\text{Diğer durumlarda } S = 1 - \frac{MIN}{MAX} \end{aligned} \qquad (3)$$

$$V = MAX \qquad (4)$$

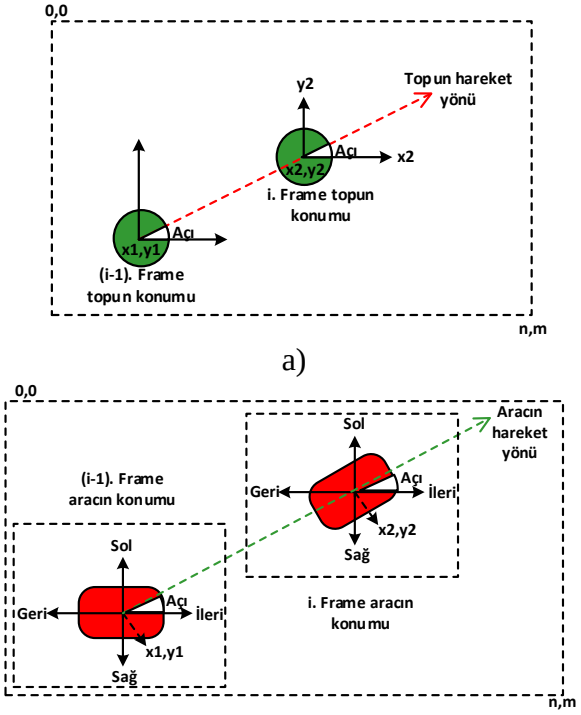
'HSV' renk uzayında renkler sırasıyla renk özü, doygunluk ve parlaklık olarak tanımlanmaktadır. Nesnelerin renk tabanlı tespit edilmesi işleminde genellikle 'HSV' renk uzayı modeli kullanılmaktadır. 'RGB' renk uzayında parlaklığa bütün bileşenlerin etkisi bulunmakla beraber 'HSV' uzayında ise 'RGB' uzayından farklı olarak parlaklığa sadece 'V' değerinin etkisi vardır. Önerilen yöntemde topun ve araçların başlangıçta konumlandırılması Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Araçlar ve topun başlangıçta konumlanması

Şekil 6'da ki gibi başlangıçta top ve araçlar sabittir. Uygulamanın başlamasıyla birlikte kameradan alınan görüntüde, topun konumu tespit edilerek hızı ve hareket yönü hesaplanmaktadır. Elde edilen bu sonuçlara göre topa en yakın aracın topu karşılaması için uygun

hız ve açı hesaplanarak araç hareket ettirilmektedir. Topun ve aracın hızını ve hareket yönünü hesaplarken Şekil 7'de ki gibi bir önceki frame ile karşılaştırılarak hesaplanmaktadır.



Şekil 7. Topun ve aracın hareketi

Şekil 7.a'da görüldüğü gibi topun hızının ve hareket yönünün hesaplanması için $i.$ frame ile $(i-1).$ frame karşılaştırılmaktadır. Öncelikle iki frame arasında topun konumları hesaplanarak konum farkına göre hızı ve hareket yönü hesaplanmaktadır. Topun hızı denklem 5'te, hareket yönü denklem 6'da ki gibi hesaplanmaktadır.

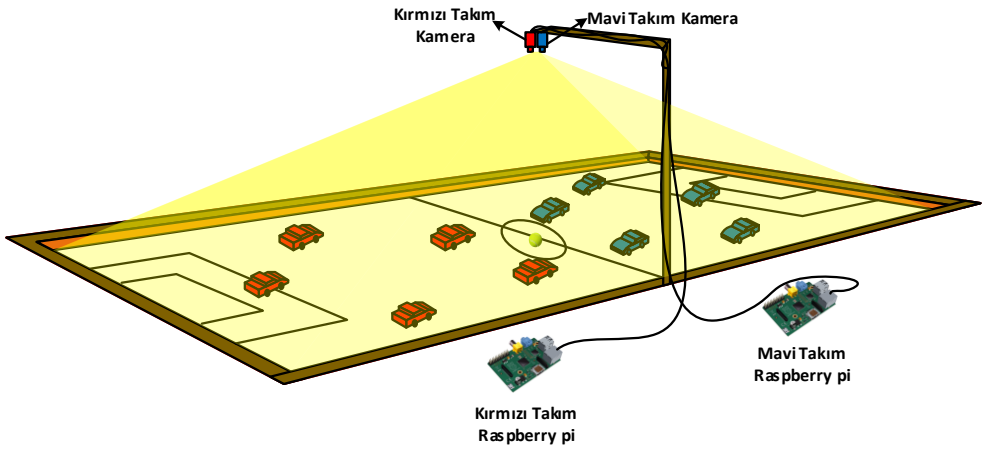
$$V = \sqrt{(x2-x1)^2 + (y2-y1)^2} \quad (5)$$

$$tg\alpha = \frac{y2-y1}{x2-x1} \quad (6)$$

Denklem 5 ve 6'da kullanılan $x1, x2, y1, y2$ değerleri Şekil 7.a ve Şekil 7.b' de verilmiştir. Denklem 5'te verilen V parametresi iki frame arasında topun veya aracın piksel cinsinden değişim miktarıdır. Denklem 6'da verilen α parametresi iki frame arasında topun ve aracın açısıdır. Böylece topun hızı ve hareket yönü hesaplanmaktadır. Bu hesaplamanın ardından topa en yakın araç tespit edilerek bu aracın topu karşılaması için aracın gereken hızı ve yön bilgisi hesaplanmaktadır. Hesaplama sonucunda araç hareket ettirilerek topun hareketine karşılık vermektedir. Bu işlem iki takım içinde yapılmaktadır.

Deneysel Sonuçlar

Bu çalışmada önerilen yöntemin uygulanması için bir deneysel platform oluşturulmuştur. Bu platform üzerine iki takıma ait kameralar sabitlenerek tüm sahayı görebilecek şekilde ayarlanmıştır. Önerilen yöntem Raspberry pi programlama kartı üzerinde Python programlama dilinde geliştirilmiştir. Önerilen yöntemin uygulanması için geliştirilen deneysel platform Şekil 8'de verilmiştir.

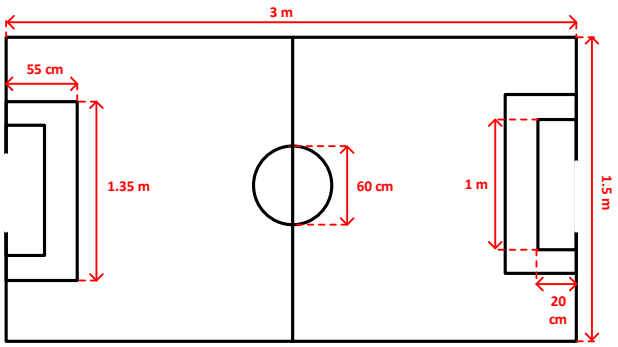


Şekil 8. Geliştirilen deneysel platform

Bu çalışmada kullanıla Raspberry pi programlama kartı ve kameranın özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Şekil 8'de verilen deneysel platformun ölçüleri Şekil 9'da görülmektedir.

Tablo 1. Raspberry pi ve kameranın özellikleri

Rapberry pi	İşlemci Yonga Seti	Broadcom BCM2836 ARMv7 Quad Core 900 MHz
	RAM	1GB SDRAM @ 450 MHz
	Hafıza	MicroSD
	USB 2.0	4x USB Port
	Güç	1.8A @ 5V
	IO Port	40 pin
	Eternet Port	10/100 Ethernet RJ45 jack
Raspberry pi Kamera Modülü	Boyut	25x20x9mm
	Çözünürlük	5 MP (2592x1944 piksel)
	Video Çekimi	1080p, 720p ve 640x480p



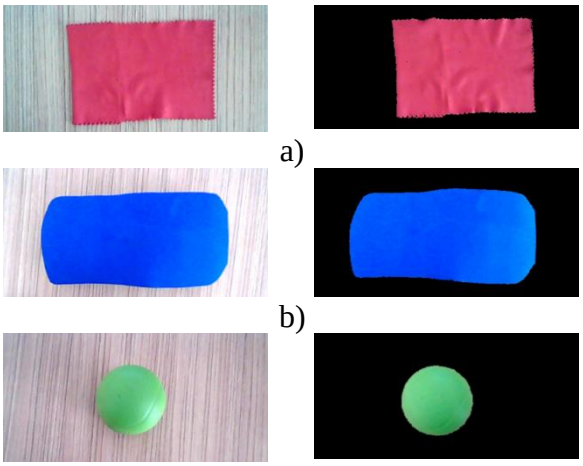
Şekil 9. Deneysel platformun ölçüleri



a) b)

Şekil 10. Işık yansımasını önlemek için araç yüzeyinin kaplanması a) Kırmızı araç b) Mavi araç

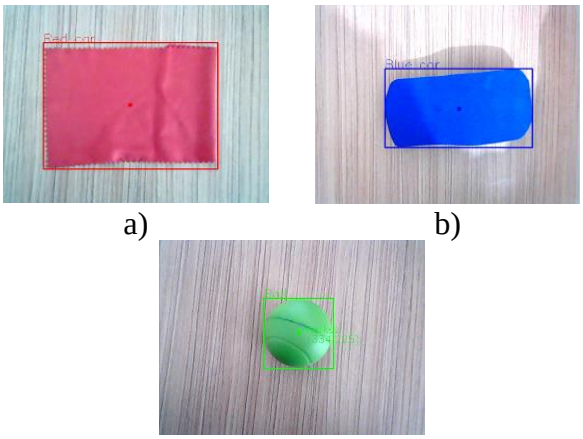
Şekil 10'da verilen araçların uzunlukları yaklaşık 21 cm'dir. Şekil 11'de verilen topun çapı ise yaklaşık 6.3 cm'dir. Araçlar ve topun tespit edilebilmesi için kullanılan 'HSV' renk uzayı ile arka plan çıkarım sonuçları Şekil 11'de verilmiştir.



a)
b)
c)

Şekil 11. HSV Renk tabanlı arka plan çıkarımı a) Kırmızı araç b) Mavi araç c) Top

Şekil 11'de ki gibi araçlar ve topun arka plan çıkarımı yapıldıktan sonra araçların ve topun renklerine göre tespiti yapılmaktadır. Arka plan çıkarımının ardından tespit edilen araçlar ve topun ağırlık merkezleri hesaplanarak Şekil 12'de ki gibi gösterilmektedir.

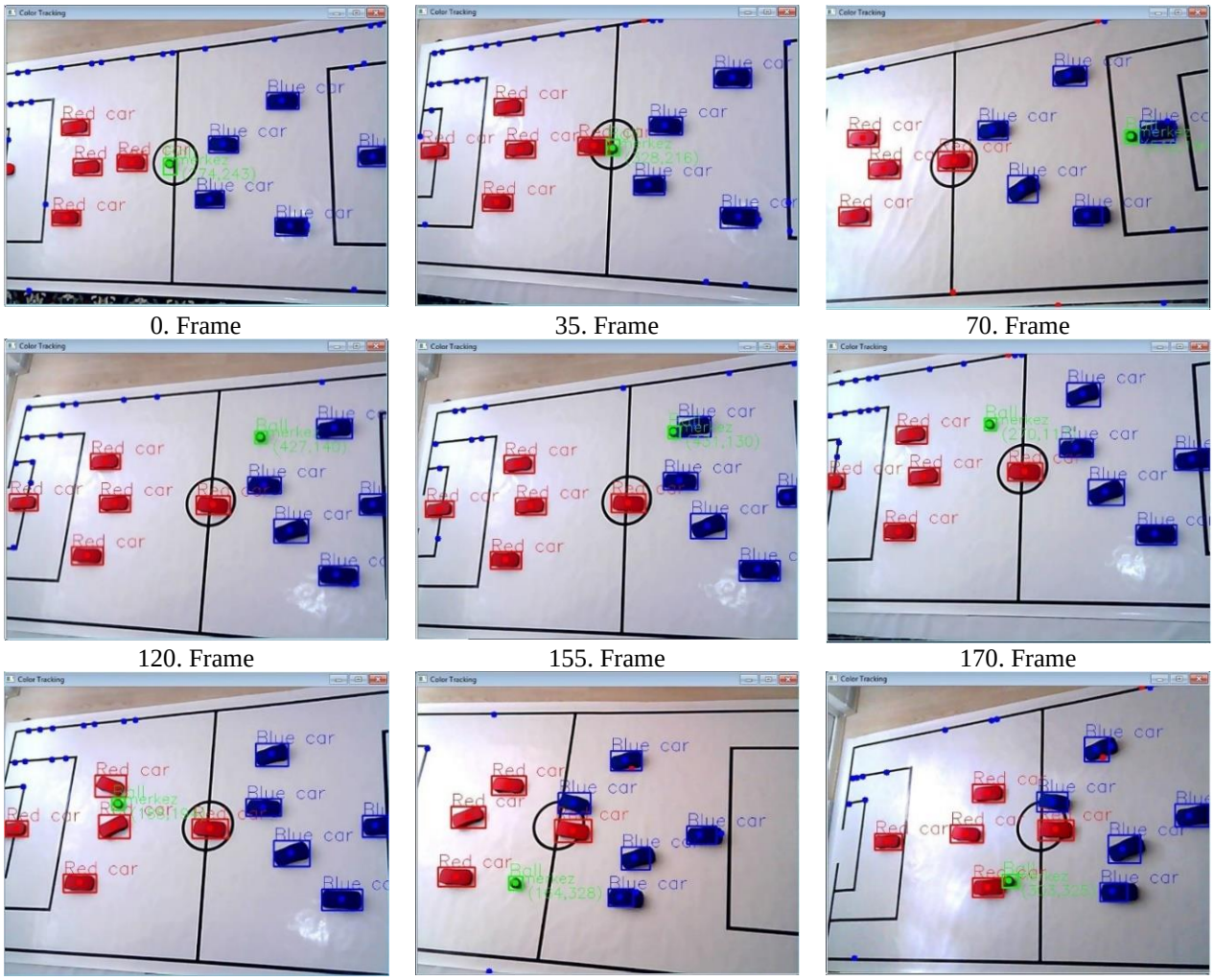


a) b)
c)

Şekil 12. Top ve araçların ağırlık merkezinin hesaplanması a) Kırmızı araç b) Mavi araç c) Top

Şekil 12'de araçların ve topun ağırlık merkezleri hesaplanırken tespit edilen nesnenin piksel konumlarının ortalaması hesaplanmaktadır. Bu işlemin sonucunda elde edilen konum mevcut nesnenin ağırlık merkezi olarak adlandırılmaktadır. Bir önceki frame de elde

edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak topun hareketine göre araçlar hareket ettirilmektedir. Mavi takım için top hedef ve kırmızı takım araçları engel iken kırmızı takım için de top hedef ve mavi takım araçları engel olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada kameradan alınan 640x960 boyutundaki görüntüler 320x480 boyutuna dönüştürülerek test yapılmıştır. Görüntü boyutunun dönüştürülmesindeki amaç yöntemin daha hızlı çalışmasıdır. 640x960 ve 320x480 boyutlarındaki görüntülerde elde edilen sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Geliştirilen yöntem 600 frame çalıştırılarak farklı zaman aralıklarında alınan örnek görüntüler Şekil 13'te verilmiştir. Şekil 13'te görüldüğü üzere 0. Frame oyunun başlangıç anıdır. 33. Frame de topa en yakın kırmızı araç müdahale ederek topu hareket ettirmiştir. Hareketi sırasında her frame de topun hızı ve hareket yönü hesaplanarak topa en yakın araç tespit edilmektedir. Böylece topa en yakın araç müdahale ederek topu hareket ettirmektedir. Önerilen yöntem farklı boyutlardaki görüntüler için çalışma süresi Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 13. Uygulama çalıştığı sırada farklı zamanlarda alınan örnek görüntüler

Tablo 2. Önerilen yöntemin çalışma zamanı

	640x960 piksel RGB görüntü		320x480 piksel RGB görüntü	
	Ortalama zaman (ms)	**Standart sapma (ms)**	**Ortalama zaman (ms)**	**Standart sapma (ms)**
Topun ve araçların tespiti	37,5	3,4	12,5	1,3
Topun hızının ve hareket yönünün hesaplanması	2,7	0,8	2,7	0,8
Topa en yakın aracın tespit edilmesi	7,1	1,6	7,1	1,6
Aracın hızını ve hareket yönünün hesaplanması	2,7	0,8	2,7	0,8
Aracın hareket ettirilmesi	50	0	50	0
Toplam	100	2,6	75	0,7

Tablo 2'de iki farklı görüntü boyutu için yöntemin çalışma zamanı verilmiştir. Önerilen yöntemde futbol robotları yerine uzaktan kumandalı araçlar kullanıldığı için literatürdeki çalışmalar ile başarı sonuçları karşılaştırmamıştır. Geliştirilen yöntemde mevcut araçların ve topun tespitindeki başarı oranı yaklaşık %92 olarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada futbol robotlarının gerçek zamanlı kontrolü için görüntü işleme tabanlı bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemin test edilmesi için 2 adet Raspberry pi programlama kartı, 2 adet kamera, 10 adet uzaktan kumanda edilebilen araçlar ve 1 adet toptan oluşan bir deneysel platform kurulmuştur. Her bir takım 1 adet Raspberry pi programlama kartı, 1 adet kamera ve 5 adet uzaktan kumanda edilebilen araçtan oluşmaktadır. Kameradan alınan görüntüler Raspberry pi programlama kartı üzerinde gerçek zamanlı işlenerek araçların ve topun konumları tespit edilmektedir. Nesne tespit işlemi için 'HSV' renk uzayı kullanılarak yapılmaktadır. Tespit edilen topun hızı ve konumuna göre en yakın aracın hızı ve yönü hesaplanarak kontrol edilmektedir. 640x960 piksel ve 320x480 piksel boyutlarındaki görüntüler için yapılan testlerde, yaklaşık 10-13 fps ile gerçek zamanlı çalışabileceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışma literatürdeki çalışmalarla karşılaştırıldığında, en önemli özgün yönü her bir robot üzerine kamera bulunmaksızın tek bir kameradan tüm hesaplamaların yapılmasıdır. Ayrıca Raspberry pi programlama kartı üzerinde Python programlama dilinde geliştirilen bu yöntem sayesinde araçların birbirleri ile haberleşmesine gerek kalmadan tekbir merkezden kontrol edilebilmektedir. Ancak bu çalışmada futbol robotları yerine uzaktan kumanda edilebilen araçların kullanılması maliyeti düşürse de hareket kabiliyetini kısıtlamaktadır.

Kaynaklar

Agrawal, G., & Karlapalem, K., (2016), "Wheeled robots playing chain catch: strategies and evaluation", In Proceedings of the 2016 International Conference on Autonomous Agents & Multiagent Systems ss. 1283-1284.

Bin Romlan, M. F. A., Parasuraman, S., Khan, M. A., & Elamvazuthi, I. (2017), "Motion synchronization of humanoid robot for playing soccer and ball detection methods", IEEE 3rd International Symposium in Robotics and Manufacturing Automation (ROMA), ss. 1-4

Başlar, İ., (2012), "Tüm Gökyüzü Kamerasından Alınan Görüntüler Kullanılarak Bulutluluk Ölçümü Yapılması", Türkiye Bilimsel Ve Teknolojik Araştırma Kurumu.

Ford, A., & Roberts, A., (1998), "Colour space conversions", Westminster University, London, ss. 1-31.

Genter, K., Laue, T., & Stone, P., (2015), "The robocup 2014 spl drop-in player competition: Encouraging teamwork without pre-coordination", In Proceedings of the 2015 International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems ss. 1745-1746.

Gerndt, R., Seifert, D., Baltes, J. H., Sadeghnejad, S., & Behnke, S., (2015), "Humanoid robots in soccer: Robots versus humans in RoboCup 2050",

IEEE Robotics & Automation Magazine, 22(3), ss. 147-154.

Khandelwal, P., & Stone, P., (2011), "A low cost ground truth detection system for RoboCup using the Kinect," In Robot Soccer World Cup ss. 515-527.

Lu, H., Zhang, H., Xiao, J., Liu, F., & Zheng, Z., (2008), "Arbitrary ball recognition based on omni-directional vision for soccer robots", In Robot Soccer World Cup ss. 133-144.

Martins, D. A., Neves, A. J., & Pinho, A. J., (2008), "Real-time generic ball recognition in RoboCup domain", In Proc. of the 3rd International Workshop on Intelligent Robotics, IROBOT ss. 37-48.

Mayer, G., Utz, H., & Kraetzschmar, G., (2002), "Towards autonomous vision self-calibration for soccer robots", International Conference on Intelligent Robots and Systems, IEEE/RSJ Cilt. 1, ss. 214-219.

Mitri, S., Frintrop, S., Pervolz, K., Surmann, H., & Nuchter, A., (2005), "Robust object detection at regions of interest with an application in ball recognition", In Robotics and Automation, 2005. IEEE International Conference on ICRA 2005. Proceedings of the 2005 ss. 125-130.

Neves, A. J., Corrente, G. A., & Pinho, A. J., (2007), "An omnidirectional vision system for soccer robots", In Portuguese Conference on Artificial Intelligence ss. 499-507.

Neves, A. J., Martins, D. A., & Pinho, A. J., (2008), "A hybrid vision system for soccer robots using radial search lines", In Proc. of the 8th Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions, Portuguese Robotics Open-ROBOTICA ss. 51-55.

Neves, A. J., Pinho, A. J., Martins, D. A., & Cunha, B., (2011), "An efficient omnidirectional vision system for soccer robots: From calibration to object detection", Mechatronics, Cilt. 21, No. 2, ss. 399-410.

Wang, X., Zhang, H., Lu, H., & Zheng, Z., (2010), "A new triple-based multi-robot system architecture and application in soccer robots", In International Conference on Intelligent Robotics and Applications ss. 105-115.

Wilson, S., Gameros, R., Sheely, M., Lin, M., Dover, K., Gevorkyan, R., ... & Berman, S., (2016), "Pheeno, a versatile swarm robotic research and education platform", IEEE Robotics and Automation Letters, Cilt. 1 No. 2, ss. 884-891.

Xiong, D., Xiao, J., Lu, H., Zeng, Z., Yu, Q., Huang, K., ... & Zheng, Z. ,(2016), "The design of an intelligent soccer-playing robot", Industrial Robot: An International Journal, 43(1), ss. 91-102.

Zhang, H., Lu, H., Wang, X., Sun, F., Ji, X., Hai, D., ... & Zheng, Z., (2008), "Nubot team description paper", RoboCup 2008 Suzhou.

Development of Control Algorithm for Team Game Strategy Using Image Processing

Extended abstract

Today, robotics football is a popular field of research in the field of multi-robot systems. Low-cost autonomous robots can be used to accomplish tasks in a very large area and time scale, collectively. Robots used in herd applications are now being used as a result of recent developments in detection, operation, processing, power and production. From the point of view of the robot, the playground, teammates, competitors and the ball are constantly changing very quickly in a game. Robots must discover where the camera should capture these scenes and interesting objects. Running complex algorithms takes quite some time. In order to be able to work in real time, all transactions have to be calculated and agreed in a short time. Otherwise, if the proposed method is slow, a successful result cannot be obtained.

Current studies in the literature usually use a camera for each robot. Cameras are placed on the robots and images are taken. It is necessary to calibrate the image on the received images. Furthermore, it is very difficult to determine the position of the field on each robot and to communicate with other robots. Such studies are both costly and difficultly.

In this study, a real-time image processing based method is proposed for controlling soccer robots. Cameras are placed on football ground prepared for robots and images are taken. Robots and cannons are detected by background subtraction method. The determined ball speed and movement is calculated. By detecting the robot nearest to the top, the speed and direction of the robot are determined and the robot is controlled. The proposed method has advantages and disadvantages when compared with current studies in the literature. In this study, it is the most important difference from the literature that robots can be controlled completely according to the result of image processing without having to communicate with each other. Moreover, instead of having a camera on each robot, it only reduces the cost of performing the operation with the camera on the field. In this study, instead of football robots, remotely controlled vehicles were used. The mobility of these tools is limited compared to soccer robots. In order to verify the proposed study, a method was applied on the experimental medium.

In order to test the proposed method, an experimental platform consisting of 2 Raspberry pi programming cards, 2 cameras, 10 remotely controlled vehicles and one wholesale was established. Each team consists of 1 Raspberry pi programming card, 1 camera and 5 remote controllable vehicles. The images taken from the camera are processed in real time on the Raspberry pi programming card and the positions of the vehicles and the ball are determined. For object detection, HSV color conversion is done according to color values. The vehicle is controlled by calculating the speed and direction of the nearest vehicle according to the determined ball speed and position. Tests for images with dimensions of 640x960 pixels and 320x480 pixels have resulted in real-time operation at about 10-13 fps. When this study is compared with the studies in the literature, the most important advantage is that all the calculations are done from a single camera without a camera on each robot. In addition, this method developed on the Raspberry pi programming card in the Python programming language allows the tools to be controlled centrally without having to communicate with each other. However, the use of remotely controlled vehicles instead of soccer robots in this study reduces the cost but restricts the ability to move.

Keywords: *Team game, Image processing, Robot control, Optimization*