

Görüntü İşleme Tabanlı Elma Ağacında Rekolte Tahmini

Mahmut Ömer Baştürk, Kübra Turgut, Ali Köksal Hocaoğlu
Gebze Teknik Üniversitesi
Elektronik Mühendisliği Bölümü
Kocaeli

mahmut.basturk2016@gtu.edu.tr, kkul@gtu.edu.tr, khocaoglu@gtu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, ağaç üzerindeki elma meyvelerinin yer tespiti için temel görüntü işleme yöntemlerinin kullanıldığı hesaplama yükü az olan bir algoritma önerilmiştir. Önerilen algoritma ile meyve yeri tespiti için meyvenin iki ana özelliği olan renk ve şekil bilgilerinden yararlanılmıştır. Ön plan nesnelere oluşturulması için giriş görüntülerinin kırmızı, yeşil ve mavi renk kanalları üzerinden hesaplaması basit fakat etkili bir yöntem önerilmektedir. Elde edilen ön plan nesnelere elmaların ayrıştırılarak yerlerinin belirlenmesi için dairesel Hough transformu yönteminden yararlanılmıştır. Önerilen algoritma ile kırmızı renge sahip olan elma meyvesinin yanı sıra portakal ve limon ağacı gibi turuncu ve sarı renkli yuvarlak meyvelerin de yer tespiti yapılabilmektedir.

Abstract: In this study, an algorithm is proposed for location detection of apple fruits on tree with a low computation cost by using fundamental image processing techniques. The two major characteristics of fruit, color, and shape is used to detect of the fruit location. A simple and effective method is proposed to create the foreground objects using the red, green, and blue color channels of the input images. Circular Hough Transform method is used to extract and detect the apples from the foreground objects. Thanks to the proposed algorithm, it is possible to locate red apple fruits, as well as orange and yellow fruits such as orange and lemon trees.

1. Giriş

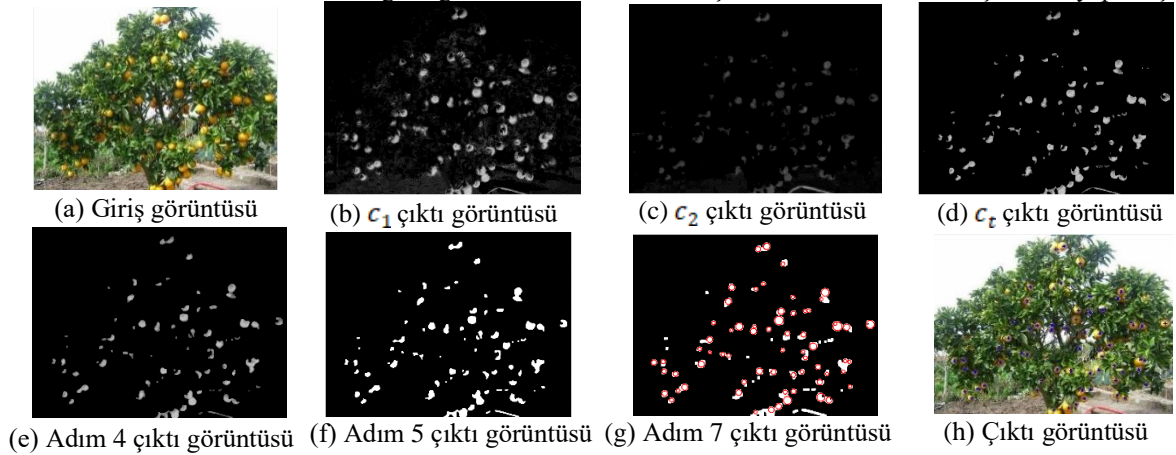
Görüntü işleme teknikleri tarım, savunma, robotik, trafik kontrolü, bankacılık gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Günümüzde tarım alanında verimli üretim yapabilmek için verim tahmini, gübreleme, hasat işlemi gibi birçok alanda teknolojiye dayanılmaktadır. Bu amaçla bu çalışmada tarım alanında hasat öncesi kameralar aracılığıyla elde edilen görüntüler üzerinden verim tahmininin yapılmasını amaçlayan bir yöntem önerilmektedir. Bu problem için literatürde farklı yöntemler kullanılmaktadır [1], [2] ve kullanılan yöntemler bölgesel ve şekil tabanlı analiz olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır[3],[4]. Bölgesel analiz yöntemi bulunmak istenen nesnenin renk ve piksel yoğunluk bilgilerine odaklanırken, şekil tabanlı analizde nesnenin şekline odaklanılarak şeklin daireye veya elipse uydurulması amaçlanmaktadır [3]. Şekil analizi daha güçlü bir yöntem iken, bölgesel analiz daha hızlıdır [4]. Fakat daha doğru tespit için sadece bölgesel tabanlı yöntem veya sadece şekil tabanlı yöntem kullanmak yerine bölgesel ve şekil tabanlı yöntemlerin beraber kullanılması daha doğru sonuç üretecektir. Bu amaçla bu çalışmada bölgesel (renk bilgisi) ve şekil tabanlı (yuvarlak şekil bilgisi) yöntemlerin beraber kullanıldığı bir algoritma önerilmiştir.

2. Önerilen Yöntem

Bu bölümde, bu çalışmada önerilen algoritma hakkında bilgi verilmektedir. Önerilen yöntem, temel olarak meyvenin iki ana özelliği olan renk ve şekil bilgisinden yararlanmaktadır. Bu amaçla öncelikle giriş görüntüsünün kırmızı (r), yeşil (g) ve mavi (b) kanallarındaki görüntüleri elde edilmekte ve bu görüntüler üzerinden aşağıda sıralanan adımlar uygulanarak elma yerlerinin işaretlendiği çıkış görüntüsü elde edilmektedir.

- 1- Renkli görüntünün kırmızı, yeşil ve mavi kanalı ile $c_1 = \frac{3r}{2} - \frac{g}{2} - b$ ve $c_2 = r - g$ görüntülerinin elde edilmesi
- 2- T_1 ve T_2 sırasıyla c_1 ve c_2 görüntülerinin Otsu eşikleme yöntemi ile elde edilen eşik değeri
- 3- $M \times N$ boyutundaki görüntüde i satır, j sütun olmak üzere, $c_t(i, j) = \begin{cases} c_1(i, j), & c_1(i, j) > T_1 \text{ ve } c_2(i, j) > T_2 \text{ ise} \\ 0, & \text{diğer} \end{cases}$
- 4- c_t görüntüsüne görüntüleri azaltmak için ortanca filtre, ardından nesnelere arası bağın kopması ve istenmeyen küçük bileşenlerin filtrelenmesi için 3 yarıçaplı disk ile morfolojik açma (opening) işlemi uygulanması
- 5- Adım 4'teki gri seviyeli görüntü (e) ikiliye dönüştürülerek, ikili görüntüye geçişte nesne kenarlarındaki kayıp ve nesne boşluklarının dolması için 3 yarıçaplı disk ile morfolojik genişletme (dilation) işlemi uygulanması
- 6- Elde edilen (f) ikili görüntüdeki nesnelere daire çap bilgileri bağlı bileşen analizi (connected component analysis) uygulanarak her bağlı bileşenin minör (R_{min}) ve majör (R_{max}) eksen uzunlukları hesaplanır.
- 7- 4. adım sonunda elde edilen (e) gri seviyeli görüntü üzerinden R_{min} ve R_{max} yarıçap aralığına sahip nesnelere dairesel Hough transformu (ing. circular Hough transform) [5] kullanılarak bulunur.

Önerilen algoritmanın daha iyi anlaşılabilmesi için Şekil 1’de algoritmanın her adımında elde edilen görüntüler örnek bir giriş görüntüsü üzerinden gösterilmiştir. Şekil 1 (a)’da gösterilen giriş görüntüsü için algoritmanın 1. adımında verilen eşitlik kullanılarak Şekil 1 (b) ve (c)’de gösterilen c_1 ve c_2 çıktıları elde edilmektedir. Elde edilen görüntülerden açıkça görüldüğü üzere c_1 görüntüsünde elmaların yanı sıra yapraklar, ağaç gövdesinin bazı kısımları ve görüntüdeki istenmeyen nesnelere yer almaktadır. c_2 görüntüsünde ise tespit edilmek istenen elma bölgeleri, her ne kadar yapraklar ve istenmeyen bölgelerden daha belirgin olsa da piksel yoğunluğu bakımından yeterince büyük değildir. Dahası bazı elma bölgelerinin piksel yoğunluk değeri çok küçük olduğu için doğrudan eşikleme yöntemi kullanılması bulunmak istenen bu elma bölgelerinin kaybedilmesine neden olacaktır. Fakat c_2 görüntüsünde kaybedilmek istenmeyen bu bölgelerin piksel değerlerinin, c_1 görüntüsünde daha büyük bir değere sahip olması nedeniyle istenen bölgeleri içeren c_t görüntüsü 3. adımda yer alan eşitlik kullanılarak oluşturulmaktadır. Adım 4 ve 5 aracılığıyla (g) çıktı görüntüsü elde edilir. Elmaların sık ve bitişik olması elmaların ayırt edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle [5]’te ele alınan dairesel Hough transformu kullanılmıştır. Ardından daire merkez konumları kullanılarak girdi görüntüsü üzerinde elma işaretlemeleri mavi nokta şeklinde yapılmıştır.



Şekil 1. Örnek bir görüntü üzerinde algoritma çıktıları

3. Testler ve Analiz






















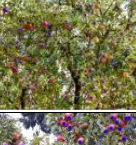






Bu çalışma kapsamında önerilen algoritmanın testi için, karmaşık arka planda sayıca fazla meyveye sahip meyve ağaçlarının uzaktan çekilmiş görüntüleri kullanılmıştır. İlgili görüntüler internetteki farklı web sitelerden temin edilmiştir. Tablo 1’de 20 adet test görüntüsü için giriş ve elmaların mavi nokta ile işaretlendiği algoritma çıktı görüntüleri verilmektedir. Performans değerlendirmesi kullanılan denklem Eş.(1)’de verilmektedir.

$$Perf. = TP / (TP + FN) \quad (1)$$

Eşitlikte ve Tablo 1’de yer alan TP terimi doğru tespit edilen meyve sayısını, FN terimi tespit edilemeyen meyve sayısını ve FP terimi ise meyve olmadığı halde meyve varmış gibi işaretlenen meyve sayısını temsil etmektedir. Tablo 1’de açıkça görüldüğü üzere kullanılan test görüntülerinin uzak-yakın, farklı ışıklandırma ortamı, farklı arka plan vb. çeşitliliğe sahip olmasına karşın algoritma performans değerleri hem yüksektir hem de değişik zorluk düzeylerine rağmen görüntüden görüntüye performans değişimi kabul edilir sınırlar içindedir. Bu özellikleri itibarıyla, literatürdeki algoritmalara göre önemli bir fark yaratmaktadır.

Tablo 1. Test görüntüleri, algoritma çıktı görüntüleri ve performans değerleri

| No | Girdi | Çıktı | TP | FN | FP | Perf. |
|----|-------|-------|-----|----|----|-------|
| 1 | | | 106 | 12 | 9 | 0.90 |
| 2 | | | 33 | 3 | 2 | 0.92 |
| 3 | | | 29 | 3 | 2 | 0.91 |
| 20 | | | 58 | 11 | 1 | 0.89 |
| 19 | | | 28 | 3 | 0 | 0.90 |
| 14 | | | 40 | 5 | 1 | 0.89 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|----|----|---|------|----|---|---|-----|----|---|------|
| 4 |  |  | 38 | 7 | 4 | 0.87 | 12 |  |  | 62 | 5 | 0 | 0.93 |
| 5 |  |  | 45 | 6 | 2 | 0.88 | 13 |  |  | 52 | 5 | 3 | 0.91 |
| 6 |  |  | 37 | 2 | 5 | 0.95 | 11 |  |  | 49 | 5 | 2 | 0.91 |
| 7 |  |  | 69 | 17 | 2 | 0.80 | 15 |  |  | 133 | 30 | 4 | 0.82 |
| 8 |  |  | 61 | 3 | 1 | 0.95 | 16 |  |  | 21 | 3 | 0 | 0.88 |
| 9 |  |  | 60 | 9 | 2 | 0.87 | 17 |  |  | 130 | 10 | 5 | 0.93 |
| 10 |  |  | 58 | 4 | 3 | 0.94 | 18 |  |  | 87 | 21 | 5 | 0.81 |

4. Sonuç

Bu çalışmada elma meyvesinin iki ana özelliği olan renk ve şekil bilgilerinden yararlanılarak temel görüntü işleme yöntemlerinin kullanıldığı performans bakımından etkili bir algoritma önerilmektedir. Algoritma testi için meyvelerin gözle sayımının zor olduğu, farklı ışık, gölge ve karmaşık arka plana sahip uzaktan çekilmiş görüntüler kullanılmıştır. Görüntülerdeki meyvelerin iç içe geçmiş olması, bazı meyvelerin çok karanlıkta kalmış olması veya yapraklar tarafından meyvenin bazı kısımlarının kapatılmasının yuvarlak meyve şeklini değiştirmesi gibi etkenler performansı etkileyen nedenler olarak sıralanabilir. Buna rağmen çok çeşitliliğe sahip toplamda 1360 adet meyve içeren 20 görüntü üzerinde yapılan testlerde başarının yüksek olduğu verilen performans tablosundan açıkça görülmektedir. Dahası önerilen algoritmanın hesaplaması basit ve hızlı olmasının yanı sıra sadece elma meyvesi değil, sarı ve turuncu renkli limon veya portakal meyvelerinin de tespiti yapılabilmektedir.

Kaynaklar

- [1]. Y. Tian, G. Yang, Z. Wang, H. Wang, E. Li, ve Z. Liang, "Apple detection during different growth stages in orchards using the improved YOLO-V3 model," *Comput. Electron. Agric.*, cilt.157, s.417-426, Şubat 2019.
- [2]. J. Lv ve diğ., "A method to obtain the near-large fruit from apple image in orchard for single-arm apple harvesting robot," *Sci. Hortic.*, cilt.257, s.108758, Kasım 2019, doi: 10.1016/j.scienta.2019.108758.
- [3]. C. Akin, M. Kirci, E. O. Gunes, ve Y. Cakir, "Detection of the pomegranate fruits on tree using image processing," *2012 First International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics)*, s.1-4, 2012.
- [4]. W. Mao, B. Ji, J. Zhan, X. Zhang, ve X. Hu, "Apple Location Method for the Apple Harvesting Robot," *2009 2nd International Congress on Image and Signal Processing*, s.1-5, Ekim 2009.
- [5]. X. Changyi, L. Zheng, L. Minzan, C. Yuan, ve M. Chunyan, "Apple detection from apple tree image based on BP neural network and Hough transform," *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, cilt.8, s.46-53, Aralık 2015.