

Görüntü İşleme Tekniklerinin Sürdürülebilir Tarımdaki Yeri ve Önemi: Literatür Çalışması

Onur AĞIN¹, M. Zahid MALASLI²

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Erzurum
onur.agin@atauni.edu.tr

²Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bingöl

Geliş Tarihi (Received): 01.07.2016

Kabul Tarihi (Accepted): 01.09.2016

Özet: Bu çalışmada, görüntü işleme tekniklerinin sürdürülebilir tarım stratejileri arasındaki yeri ve önemini değerlendirilmesi yapılmıştır. Sürdürülebilir tarıma yönelik 2011-2016 yılları arasında görüntü işleme teknikleri ile ilgili çalışmalara ait yayınlar üzerinde sentez yapılarak bu konuda ileriye yönelik araştırma gereksinimi olan alanların ortaya çıkarılması hedeflenmiştir.

Görüntü işleme tekniklerinin, özellikle sulama, gübreleme, ilaçlama başta olmak üzere tarımsal girdilerde etkinliğin artırılmasına olanak sağlaması ve diğer alanlardaki başarılı uygulamalarıyla sürdürülebilir tarıma önemli ölçüde katkı sağladığı görülmüştür. Yöntemin, anlık olarak vejetasyon tayini, toprak nem içeriğinin belirlenmesi, hastalık ve yabancı ot lokasyonlarının saptanması, tarımsal materyallerin sınıflandırılması gibi uygulamalarda sayısallaştırmaya elverişli olması ve otomasyona aktarılabilme yeteneği bu katkının sağlanmasında önemli yer tutmaktadır. Ancak yapılan çalışmaların pratiğe aktarılması hususunda eksiklikler gözlenmekte ve bu konuda organizasyonun sağlanması ve desteklerin artırılması gerekmektedir. Böylece görüntü işleme tekniklerinin sürdürülebilir tarıma katkısının da giderek artacağı tahmin edilmektedir.

Anahtar kelimeler: Görüntü işleme, sürdürülebilir tarım.

The Place and Importance of Image Processing Techniques in Sustainable Agriculture

Abstract: This work details the contribution of image processing technics on sustainable agricultural strategies. Existing studies including 2011-2016 years are investigated and after conclusions future needs are proved on this topic.

It's observed that image processing technics are already obtained lots of agricultural doings. Also, image processing technics contributes on sustainable agricultural strategies by accomplished applications about increasing performances of irrigation, fertilizing, spraying and any other improved subjects. Computer vision convenient and automation adapting capability of image processing on instant vegetation defining, soil moisture determining, disease and weed detecting, agricultural material sorting are major features on these contributions. But it's necessary to provide organization and support future studies thus, obtaining regularity and increasing the contribution of image processing technics on sustainable agriculture.

Key words: Image processing, sustainable agriculture.

GİRİŞ

Sürdürülebilir tarım, hızla artan dünya nüfusunun tarımsal ihtiyaçlarının karşılanmasıyla birlikte, çevre ve doğal kaynakların korunmasını gerçekleştirecek uygulamaları da kapsamaktadır. Tarımın

sürdürülebilirliği göz önüne alındığında, etkin kaynak kullanımı, atıkların değerlendirilmesi, tarımsal faaliyetlerde çeşitliliğin artırılması, nitelikli işgücünün

sağlanması, biyoçeşitliliğin korunması gibi temel stratejiler oldukça önemlidir.

Görüntü işleme, dijital görsellerin belirli bir amaç gözetilerek bilgisayar ve yazılım desteği ile değiştirilmesi uygulamasıdır (Anonim, 2016). Günümüzde askeri alanlarda, güvenlik ve kriminal analizlerde, robotik, trafik, gazete, haritalama uygulamalarında etkin olarak kullanılmaktadır (Şekil 1). Uygulamanın, düşük maliyeti ile hızlı ve başarılı sonuçlar ortaya koyması ve otomasyona da elverişli olması görüntü işleme tekniklerinin dikkat çekici özelliklerindedir.



(a)



(b)

Şekil 1. Görüntü işleme tekniklerinde kriminal (a) ve trafik (b) uygulamaları

Figure 1. Image processing technics concerning criminal (a) and traffic (b) applications (Harrison et al., 2004; Ellahyani et al., 2016).

Görüntü işleme uygulamaları tarımsal faaliyetlerde de sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir. Ayrıca, sürdürülebilir tarımın temel stratejilerinin hemen her aşamasında yer almaktadır. Öyle ki görüntü işleme uygulamalarının yer aldığı bazı çalışmalar, birden fazla yönüyle sürdürülebilir tarıma hizmet etmektedir. Etkili su kullanımı amaçlayan bir çalışma aynı zamanda gübre kullanımının azaltılmasına da katkı sağlayabilmektedir.

Derlemede, görüntü işleme ve tarım unsurlarını birlikte içeren araştırmalar incelenmiş olup, bunların sürdürülebilir tarım stratejilerindeki yeri ve önemi uygun başlık altında değerlendirilmiştir. Ayrıca incelenen çalışmalar üzerinden sentez yapılarak ileriye yönelik araştırma gereksinimi olan alanlar da ortaya çıkarılmıştır.

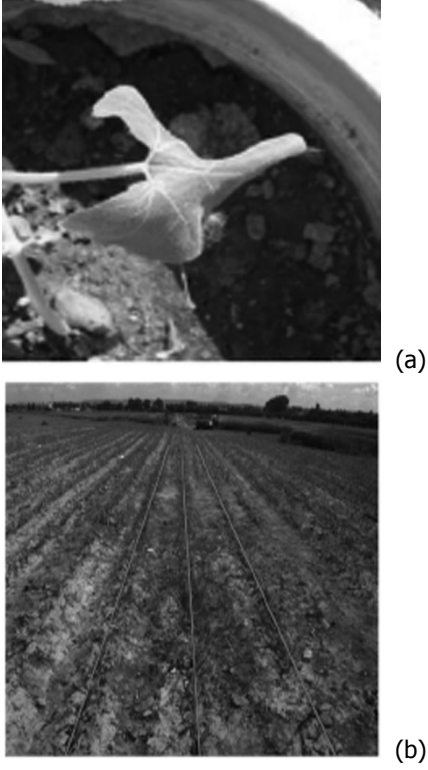
Görüntü işleme teknikleri ve sürdürülebilir tarım

Sürekli artan dünya nüfusunun beslenme ihtiyacının karşılanması oldukça önem arz etmektedir. Bu amaçla birim alandan elde edilen ürün miktarının artırılmasının yanı sıra var olan kaynakların da etkin olarak kullanılması gerekmektedir. Bunlar, günümüz tarım politikalarının temel unsurları arasında yer almaktadır. Tarımsal faaliyetler ele alındığında görüntü işleme teknikleri, bu faaliyetlerin hemen her aşamada kullanılan yöntemler arasındadır. Sürdürülebilir tarımın gereklerinden olan; etkin kaynak kullanımı, atıkların değerlendirilmesi, tarımsal faaliyet çeşitliliğinin artırılması ve ürün işlemede etkinlik konularında da görüntü işleme tekniklerinin kullanıldığı araştırmalara sıklıkla rastlanmaktadır. Görüntü işleme teknikleri sürdürülebilir tarımın sağlığına, özellikle de su, gübre, pestisit ve arazi kullanımı gibi tarımsal girdilerde etkinliğin artırılması doğrultusunda katkılar sağlamaktadır. Ayrıca, yetiştiricilik aşamasında olduğu gibi uygun toprak hazırlığı, kaliteli tohumluğun kullanılması, ürün işleme, depolama, vb. yetiştirme öncesi ve sonrası uygulamalarda da sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir. Bu sebeple görüntü işleme tekniklerinin sürdürülebilir tarımdaki yeri ve önemi oldukça dikkat çekici düzeydedir.

Sulama ve gübreleme uygulamalarında görüntü işleme teknikleri

Su, canlıların yaşaması için hayati önem taşımaktadır. Kullanılabilir suyun azalması, buna karşın dünya nüfusunun artması suyun önemini gün geçtikçe arttırmaktadır. Ülkemizde tatlı su kaynaklarının %74'ü tarımsal faaliyetlerde kullanılmaktadır (FAO, 2003). Bu sebeple özellikle tarım alanında, suyun etkin kullanımı ve mevcut suyun korunması gerekmektedir. Böylece sürdürülebilir tarıma da önemli ölçüde katkı sağlanabilir. Literatürde suyun etkin kullanımını doğrudan amaç edinen görüntü işleme uygulamalarının kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır (Şekil 2a). Ayrıca yine bu amaca ikincil çıktılıyla

hizmet eden araştırma konuları da mevcuttur (Şekil 2b). Bu araştırmalar kültür bitkisinin tespiti, olgunluk durumunun belirlenmesi, sulama zamanının tayini vb. uygulamalarda yoğunlaşmaktadır.



Şekil 2. Görüntü işleme teknikleri ve sulama uygulamaları
Figure 2. Image processing technics and irrigation (Cai et al., 2013; Montalvo et al., 2012).

Görüntü işleme teknikleri, istenilen zamanda, yeterli miktarda, arzulanan hedefe sulama yapmak gibi su tasarrufunun sağlanmasını konu edinen çalışmalarda yöntem olarak tercih edilmektedir. Benzer çalışmaların birçoğu, yine gübreleme faaliyetlerinde de kullanılabilir. Bundan dolayı görüntü işleme teknikleri, suyun yanı sıra gübre kullanımında da etkinliği arttırmaktadır. Böylece, sürdürülebilir tarıma sulama ve gübreleme alanlarında önemli katkılar sağlamaktadır. Aşağıda bu alanda yapılan çalışmalardan bazıları verilmiştir.

Cai et al. (2013), bitkilerde su stresinin önemli bir belirtisi olan solgunluk durumunu incelemişlerdir. Bu belirtinin tespitine yönelik olarak lazer ile mesafe ölçüm teknolojisi kullanmışlardır. Böylece yaprağın iki boyutlu fizyolojisini ortaya çıkarmışlar ve solgunluk durumunu irdelemişlerdir. Araştırmacılar uygulama ile

su stresinin erken teşhisinde kabul edilebilir bir başarı elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Montalvo et al. (2012), mısırdaki yüksek yabancı ot baskısında sıra üzeri çizgisinin belirlenmesine yönelik olarak yürüttükleri çalışmalarında farklı çözünürlüklerde uygulamalar yapmışlardır. Bu çözünürlüklerin sıra üzeri çizgisinin belirlenmesindeki başarısını ve gerekli ölçüm zamanını değerlendirmişlerdir. Renkli (RGB) arazi görüntülerini gri seviyesine indirgeyerek yeşil alan tayinini gerçekleştiren araştırmacılar, siyah beyaz ikili görüntüye dönüştürdükleri görsellerde yabancı otları maskeleyişlerdir ve mısır sıra üzeri çizgisini belirlemeye çalışmışlardır. Bilinen görseller üzerinde test edilen araştırma sonucunda, çözünürlük arttıkça zamanın uzadığını, sıra üzeri çizgisinin belirlenmesindeki başarının ise arttığını vurgulamışlardır.

Pacheco et al. (2014), marul bitkisinin 97 günlük vejetasyon evresinde yüzey kaplama alanının tespitine yönelik bir çalışma yürütmüşlerdir. Marul bitkisi ve arazi yüzeyinin ayrımını siyah ve beyaz olmak üzere ikili renk düzeyine indirgeyerek gerçekleştirmişlerdir. Böylece araştırmacılar, bitkinin yüzey kaplama alanını tespit etmişler ve kaplama alanından yola çıkarak bitki su tüketim ihtiyacını belirlemeye çalışmışlardır. Bu konuda başarılı sonuçlar elde eden araştırmacılar kullanılan yöntem ile suyun yanı sıra gübre vb. girdilerde de bitkinin ihtiyacına göre etkin kullanımın sağlanabileceğini belirtmişlerdir.

Jiang et al. (2015), mısırdaki sıra üzeri çizgisinin belirlenmesinde görüntü işleme tekniklerinden faydalanmışlardır. Yeşil alanların yakalandığı siyah beyaz görseller üzerinde çalışan araştırmacılar, bu bölgelerden geçen sıra üzeri çizgisinin anlık tespit edilmesi ve tespit başarısının ortaya koyulmasını amaçlamışlardır. Çalışmada farklı görüntü çözünürlüklerinin de uygulama başarısını değerlendirmişler ve sıra üzeri çizgisinin belirlenmesinde yüksek çözünürlükte daha başarılı sonuçlar elde edildiğini, düşük çözünürlükte ise tespit süresinin azaldığını ifade etmişlerdir.

Mateos et al. (2015), marul bitkisinde sulama etkinliği ile ilgili olarak marul bitkisinin yüzey kaplama durumunu incelemişlerdir. Vejetasyon evresi boyunca kaplama durumunun incelenmesinde bitki toprak ayrımından faydalanmışlar ve kullandıkları bilgisayar

yazılımı ile bu ayırma yüksek başarı elde ettiklerini vurgulamışlardır (%99,5). Yaprak alanının belirlenmesi ve bitki toprak ayrımının sağlanmasında farklı renksel parametreleri de değerlendiren araştırmacılar "I* a* b*" uygulaması ile bu konuda daha başarılı sonuçlar elde ettiklerini belirtmişlerdir. Araştırmacılar çalışma çıktıları ile sulama ihtiyacının belirlenmesi ve su tüketiminin azaltılmasına yönelik uygulamalara katkıda bulunulabileceğini vurgulamışlardır.

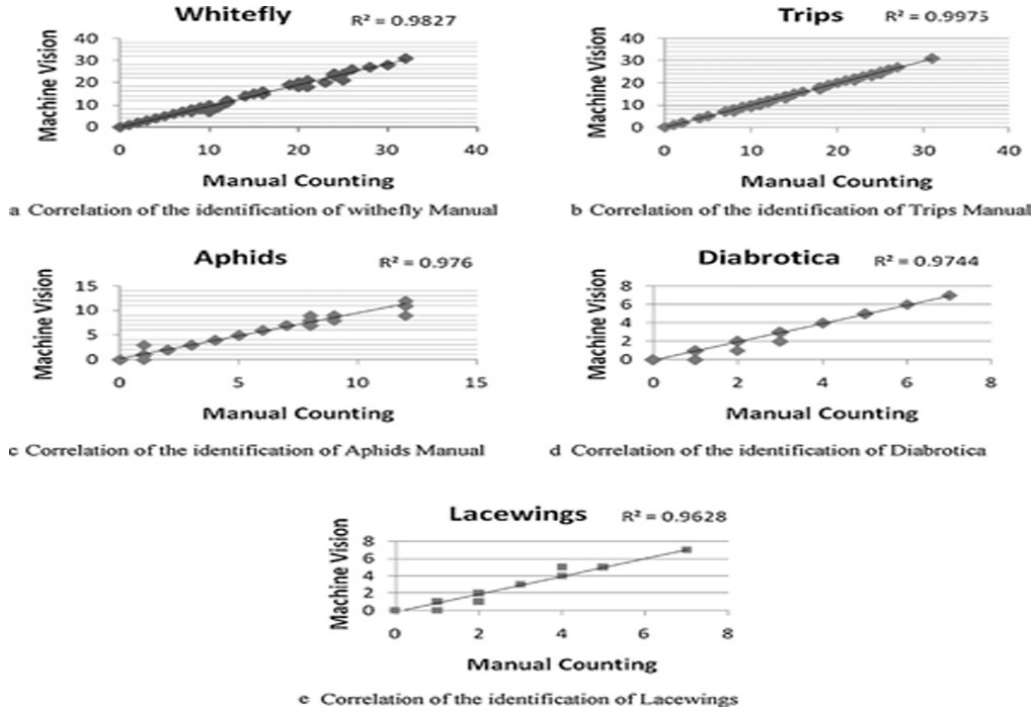
Mora et al. (2016), meyve ağaçlarında yaprak alan indeksinin belirlenmesinde görüntü işleme tekniklerinden faydalanmışlardır. Araştırmacılar çalışma çıktılarıyla, büyüme, fotosentetik aktiviteler, evapotranspirasyon, sulama ve gübreleme ile ilgili çalışmalara katkıda bulunmayı hedeflemişlerdir. Eldeki renkli (RGB) görselleri mavi süzgeçten geçirerek normalize eden araştırmacılar, yaprak bölgelerini tayin edecek şekilde siyah beyaz (ikili) görüntüler oluşturmuşlardır. Tayinin gerçekleştirilmesinde ayırım parametresinin tespitinde ele alınan algoritma (LAI,

"Fuentes et al., 2008") üzerinde atama değerinin kullanıcı tarafından belirlendiği araştırma sonuçlarına göre, yaprak alan indeksinin belirlenmesinde % 8'den daha az hata ile kabul edilebilir bir sonuç elde etmişlerdir.

Pestisit uygulamalarında görüntü işleme teknikleri

Tarımsal üretimde hastalık, zararlı ve yabancı otların tespit ve kontrolü konusu oldukça önemlidir. Bu alandaki artan üretim giderleri ve özellikle kullanılan ilaçların insan sağlığı, çevre ve doğal dengeyi olumsuz yönde etkilemeleri, uygulamaların dikkat çekici özelliklerindedir. Bu olumsuz özellikler sürdürülebilir tarımın sağlığını da tehdit etmektedir.

Görüntü işleme teknikleri, hastalık, zararlı ve yabancı otların tespit edilmesi ve bunların sayısallaştırılmasına olanak sağlaması ile bu alanda sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir (Şekil 3).



Şekil 3. Görüntü işleme tekniklerinde tespit ve sayısallaştırma uygulaması

Figure 3. Image processing technics concerning dedection and counting (Sanchez et al., 2012)

Yapılan araştırmalar özellikle hastalık ve hastalıklı bölge tespiti, zararlı teşhisi ve zararlı sayısının belirlenmesi, yabancı ot ve lokasyonlarının tayini, vb. selektif özelliğe sahip azaltılmış ilaçlama çalışmalarında

yoğunlaşmıştır. Konuyla ilgili mevcut çalışmalardan bazıları aşağıda sunulmuştur.

Tellaeché et al. (2011), araştırmalarında herbisit kullanımının azaltılmasına yönelik olarak görüntü işleme tekniklerini kullanmışlardır. Araştırmacılar,

kültür bitkisi ve yabancı ot vejetasyonlarının ayırımı başarılı bir şekilde gerçekleştirmişler ve ilaçlama bölgelerini tayin etmişlerdir. Renkli görselleri (RGB images) siyah beyaz görsellere (binary images) dönüştüren araştırmacılar böylelikle yeşil vejetasyon bölgelerini tespit etmişlerdir. Daha sonra sıra üzeri çizgisinden yola çıkarak görselleri birimlere ayırmışlar ve yabancı ot kültür bitkisinin ayırımı kabul edilebilir bir düzeyde gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak yabancı ot bölgelerinin tayin edilebilmesi ile herbisit kullanımının azaltılabileceğini belirtmişlerdir.

Artizzu et al. (2011), çalışmalarında mısır üretiminde yabancı ot ve kültür bitkisi varlığını anlık görüntü işleme teknikleriyle ortaya koymuşlardır. Çalışmayı hareketli traktör üzerinde yerleştirilen kamera ile elde edilen ve değişken dış koşulların etkisindeki görüntüler üzerinde yürütmüşlerdir. Görsellerde öncelikle siyah beyaz dönüşüm parametreleri ile vejetasyonu tayin etmişler, daha sonra vejetasyon içerisinde kültür bitkisi ve yabancı ot ayırımı gerçekleştirmişlerdir. Araştırma sonucunda anlık olarak kültür bitkisi ve yabancı ot tespitinde sırasıyla % 80 ve % 95 başarı elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Guijarro et al. (2011), mevcut vejetasyonun sınıflandırılmasına yönelik olarak yapmış oldukları çalışmada görüntü işleme tekniklerini kullanmışlardır. Öncelikle mevcut renk skalasında normalizasyon uygulayan araştırmacılar, yeşil kısımların diğer alanlardan ayırımında bu kısımlara karşılık gelen gri seviyesindeki farklılıklarından yararlanmışlardır. Böylece mısır, arpa ve çok yıllık bitkilerin ayırımı başarılı bir şekilde gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca, aynı koşullarda toprak nem tayini üzerinde de bir ayırım ortaya koymak isteyen araştırmacılar, nem durumu bakımından iki farklı toprak yapısını sınıflandırmada da etkili sonuçlar elde etmişlerdir.

Sanchez et al. (2011), araştırmalarında sera koşullarında mevcut pestisit yönetimi ile ilgili olarak anlık böcek sayısının tespiti ve bu böceklerin tanımlanmasında görüntü işleme tekniklerinden faydalanmışlardır. Tuzak üzerinde bulunan böceklerden elde ettikleri görselleri gri düzeye dönüştürüp böcek morfolojisini ortaya çıkaracak şekilde "LOSS V2" algoritmasını kullanarak tekrar düzenlemişlerdir (Solis et al., 2009). Araştırmacılar, beyazsinekler ve afidler de içine alan çalışmada el ile yapılan sayım ile çalışma sonuçlarını kıyaslamışlar ve zararlı sayımında % 99'un üzerinde başarı elde

etmişlerdir. Ayrıca bu zararlıların sınıflandırılmasında da kullanılan yöntemin başarısının % 96-99 arasında değiştiğini vurgulamışlardır.

Sanchis et al. (2012), narenciye meyvelerinde mantar hastalıklarının tespitine yönelik olarak görüntüleme düzeneği oluşturmuşlardır. Elde ettikleri görüntülerin analizlerini grafik yöntemi ve ayrıca oluşturdukları yapay sinir ağları ile değerlendirmişlerdir. Kıyaslama sonucunda yapay sinir ağlarının klasik yöntemle göre daha başarılı sonuçlar ortaya koyduğunu belirtmişlerdir.

Barbedo (2014), araştırmasında beyazsineklerin farklı yaşam evrelerinde soya bitkisi yaprakları üzerinde tespit edilmesi ve sayılması konularını değerlendirmiştir. Çalışmasında, görüntü işleme tekniklerinden olan gri görüntü dönüşüm parametrelerinin yanı sıra akabinde ikili görüntülerde sineklerin yaprak üzerinde ayırımı gerçekleştiren "thresholding" uygulamasından da faydalanmıştır. Son olarak sadece istenilen bölge içerisinde sayımın yapılması amacıyla diğer alanları maskeleyen uygulaması ile karartarak sayım dışı bırakmıştır. Araştırmacı, popülasyonun tespiti aşamasında beyazsineklerin yetişkin olduğu dönemde yapılan sayımda daha başarılı sonuçlar elde edildiğini (% 95) vurgulamıştır. Ayrıca uygulamada oluşturulan farklı modeller arasında yapay sinir ağları modelinin daha etkili sonuçlar ortaya koyduğunu belirtmiştir.

Pujari et al. (2014), tarla ve bahçe bitkilerinde fungal hastalık belirtilerinin tespitine yönelik araştırmalarında görüntü işleme tekniklerinden faydalanmışlardır. Bu aşamada kullanılmak üzere materyalleri hastalık ve hastalık şiddetine göre önceden sınıflandırmışlardır. Gri görüntü üzerinde "co-occurrence matris" ve "run length matris" tekstür analiz uygulamalarıyla ayırım yapan araştırmacılar, zararın boyutunu da "euclidean distance" yöntemini esas alarak, zarar alanlarının birbirlerine en yakın mesafesinin ölçülmesiyle ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, elde ettikleri teşhis ve zarar boyutunun belirlenmesindeki başarı ve çalışma çıktıları ile akıllı tarım teknolojilerine katkıda bulunulabileceğini vurgulamışlardır.

Wang et al. (2014), araştırmalarında yeşil narenciye kabuklarında thrips etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla çeşitli dalga boylarındaki ışıklardan yararlanmışlar ve hiperspektral görseller kullanmışlardır. Zarar bölgelerinin diğer kısımlardan ayırımında "thresholding" uygulamasıyla elde edilen

siyah beyaz görsellerden faydalanmışlardır. Sonuç olarak, thrips zararının tespitinde % 96,5 başarı elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Yao et al. (2014), çeltik arazilerinde zararlı tespiti amacıyla görüntü işleme tekniklerini esas alarak araştırmalarını yürütmüşlerdir. Görüntüleri mobil telefon ile yönlendirilebilir bir kamera yardımıyla elde eden araştırmacılar, "thresholding" uygulaması ile zararlıların ortamdaki ayrımını gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar, zararlı düzeyi bakımından dört farklı popülasyon aralığı oluşturmuşlar ve zararın boyutunu da bu gruplar içerisinde ortaya koymaya çalışmışlardır. Sonuçta uygulama ile %90,7 tespit başarısı elde ettiklerini ve %4,9'luk yanlış tanı ile kabul edilebilir bir ayırım düzeyi ortaya koyduklarını vurgulamışlardır.

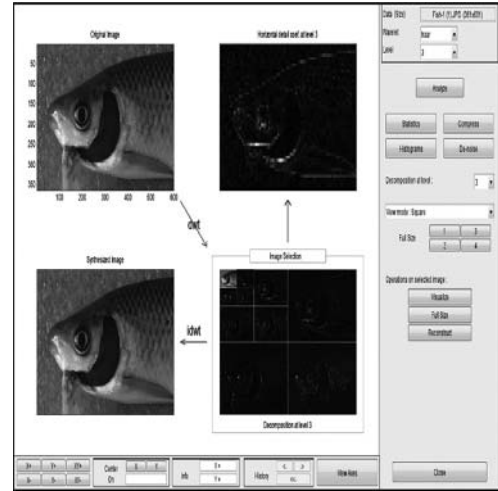
Rahman et al. (2015), yabancı ot tespitinde kullanılabilecek bir mobil telefon uygulaması geliştirmişlerdir. Bu bağlamda ekonomik girdilerin azaltılmasının yanında, ulaşılabilir olması, kolay kullanımı, yerinde ve zamanında tespit ve erken müdahale uygulamalarına olanak sağlanmasını amaçlamışlar, böylece üretimde artışa ve giderlerin düşürülmesinde katkıda bulunulabileceğini vurgulamışlardır. Görsellerin tutulmasında açık kaynak kodlu görüntü işleme kütüphanesi olan "lucene indexed-based image processing library" kısaca LIRE'den faydalanmışlardır ve veri tabanını bu kütüphaneden yararlanarak oluşturmuşlardır. Görüntülerin veri tabanına aktarılmasında içerisindeki kırmızı, yeşil, mavi yoğunluklarını da dikkate almışlardır. Tahmin edilmesi istenen görüntü değerleri kütüphaneye yerleştirildiğinde "Amazon Turk Mechanical" adlı soru cevap uygulaması ile elde edilen yabancı ot tahminlerini mobil uygulama sahibi istemciye ulaştırmışlardır. Araştırmacılar, ellerindeki bilinen test görsellerinin geliştirdikleri mobil uygulamada test edilmesi sonucunda yabancı ot tespitinde kullanılan uygulama başarısının % 80 olduğunu belirtmişlerdir.

Tang et al. (2016), mısırdaki yabancı ot yoğunluğunun belirlenmesinde "thresholding" uygulaması ile vejetasyon tayini ve sıra üzeri çizgisinin tespiti ile yabancı ot alanlarının belirlenmesine yönelik olarak görüntü işleme tekniklerinden faydalanmışlardır. Anlık tespit edilen yabancı ot yoğunluğu ile aynı görseller üzerindeki bilirkışı kararlarını esas alarak model oluşturmuşlardır.

Oluşturulan modelde ilaç püskürtme ve püskürtmeme durumlarını 100 farklı örnekte test etmişlerdir ve modelin doğru kararın verilmesinde etkili sonuçlar ortaya koyduğunu belirtmişlerdir.

Yetiştirme öncesi ve sonrası uygulamalarda görüntü işleme teknikleri

Tarımsal faaliyetlerde, yetiştiricilik aşamasında olduğu gibi uygun toprak hazırlığı, uygun çeşit tercihi, kaliteli tohumluğun kullanılması, ürün işleme, depolama, vb. yetiştirme öncesi ve sonrası uygulamalarda da görüntü işleme teknikleri sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir (Şekil 4). Görüntü işleme teknikleri bu alandaki ihtiyaçlara yüksek hassasiyette ve hızlı cevaplar vermektedir. Ayrıca verimliliğin artırılması, kalitenin yükseltilmesi, maliyetin düşürülmesi gibi çıktıları da söz konusudur. Bu özellikleriyle uygulamanın, yetiştirme öncesi ve sonrası faaliyetlerde de sürdürülebilir tarıma önemli katkıları olduğu gözlenmektedir. Konuyla ilgili mevcut çalışmalardan bazıları aşağıda sunulmuştur.



Şekil 4. Görüntü işleme teknikleri ve balıkta tazelik uygulaması

Figure 4. Image processing technics and fish freshness application (Dutta et al., 2016)

Pourreza et al. (2012), İran bölgesinde ekimi yapılan 9 farklı buğday çeşidini ele alarak bu çeşitlerin ayrımının yapılması için dane görselleri üzerinde "thresholding" uygulamasını içeren görüntü işleme tekniklerini kullanmışlardır. Her çeşitten 120 görsel ile yaptıkları denemelerde ortalama % 98,2'lik bir ayırım başarısı elde etmişlerdir.

Reis et al. (2012), araştırmalarında bağ ortamında hasat döneminde üzüm salkımının tespitini incelemişlerdir. Bu aşamada renksel parametrelerdeki

farklılıklardan faydalanmışlardır. Araştırma sonucunda beyaz ve kırmızı üzümde sırasıyla % 91 ve % 97 oranında salkım tespit başarıları elde ettiklerini vurgulamışlardır.

Linker et al. (2012), meyve bahçelerinde yeşil elma sayısının belirlenmesine yönelik yürüttükleri çalışmada bölgesel ayrımın tayininde farklı "threshold" eşik değerlerini ve yay aralıklarını değerlendirmişler ve bu parametrelerin elma sayısının tespitindeki etkinliklerini ortaya koymuşlardır. Yay uzunluğunun 36 değerinde ve "threshold" eşik değerinin 0,25 olduğu değerlerde elma sayısının belirlenmesinde daha yüksek başarı elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Dutta et al. (2016), balıkta kalite ve tazeliğin değerlendirilmesine yönelik olarak görsellerden faydalanmışlardır. Solungaçların gün aşırı görüntülenmesiyle tazelik durumunun belirlenmesinde süreç içerisindeki renksel değişimi esas almışlardır. Araştırmacılar çalışmaları sonucunda % 96'lık tazelik tahmin başarıları elde etmişlerdir.

Keresztes et al. (2016), elma çürüklüğünde erken tanının önemini vurguladıkları araştırmalarında götürücü bant üzerinde oluşturdukları düzen ile alınan görselleri kullanmışlardır. Araştırmacılar, çürüklüğün belirlenmesinde hiperspektral kızılötesi dalga boyları yöntemi ile görüntüleme uygulamasını içeren ve pürüzsüzlüğün sağlandığı piksel yöntemi kombinasyonunu değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucundan elde edilen çıktılar ile ürün kaybının

azaltılmasına katkıda bulunulabileceğini vurgulamışlardır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu derlemede, görüntü işleme teknikleri ve tarım unsurlarını birlikte içeren 2011-2016 yılları arasında yapılan yurt dışı kaynaklı çalışmalar irdelenmiştir. Bu çalışmalar içerisinde, sürdürülebilir tarıma doğrudan veya dolaylı çıktılarıyla katkı sağladığı düşünülen araştırmalar uygun başlıklar altında değerlendirilmiştir.

Çalışmaların tarla ve bahçe tarımı alanlarında; homojen sıra üzerine sahip bitkilerde, hastalık, zararlı ve yabancı ot tespitinde ve ürün işleme basamaklarında yoğunlaştığı görülmektedir. Benzer araştırmaların hayvancılıkta da artış göstereceği ve teknoloji alanındaki gelişmeler ile tarımın her aşamasında giderek yaygınlaşacağı tahmin edilmektedir.

Günümüzde, etkili sonuçlara sahip olan görüntü işleme uygulamalarının mekanizasyona aktarılması konusunda eksiklikler gözlenmektedir. Özellikle etkin kaynak kullanımı ile ilgili araştırmaların bir an önce mekanizasyona aktarılması ve yaygınlaştırılmalarının gerekli olduğu düşünülmektedir. Çalışmaların mekanizasyona aktarılması hususunda ülkemizdeki mevcut bilimsel ve teknolojik altyapının yeterli olduğu gözlenmektedir. Makinalaşmada disiplinler arası işbirliğinin artırılması ve bu alandaki araştırmaların projelerle desteklenmesi gerekmektedir. Böylece görüntü işleme tekniklerinin sürdürülebilir tarıma var olan katkısının büyük ölçüde artacağı öngörülmektedir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim (2016). <http://tr.wikipedia.org> (Accessed to web:20.05.2016).
- Artizzu X P B, Ribeiro A, Guijarro M, Pajares G (2011). Real-time image processing for crop/weed discrimination in maize fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 75: 337–346.
- Barbedo J G A (2014). Using digital image processing for counting whiteflies on soybean leaves. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17: 685–694.
- Cai X, Sun Y, Zhao Y, Damerow L, Lammers P S, Sun W, Lin J, Zheng L ve Tang Y (2013). Smart detection of leaf wilting by 3D image processing and 2D Fourier transform. *Computers and Electronics in Agriculture*, 90: 68-75.
- Dutta M K, Issac A, Minhas N, Sarkar B (2016). Image processing based method to assess fish quality and freshness. *Journal of Food Engineering*, 177: 50-58.
- Ellahyani A, El Ansari M, El Jaffari I (2016). Traffic sign detection and recognition based on random forests. *Applied Soft Computing*, In Press:Corrected proof.

- FAO (2013). Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Statistics Division, <http://www.faostat.org> (Erişim tarihi: Mayıs 2015).
- Fuentes S, Palmer A R, Taylor D, Zeppel M, Whitley R, Eamus D (2008). An automated procedure for estimating the leaf area index (LAI) of woodland ecosystems using digital imagery, MATLAB programming and its application to an examination of the relationship between remotely sensed and field measurements of LAI. *Funct. Plant Biol.* 35: 1070–1079.
- Guijarro M, Pajares G, Riomoros I, Herrera P J, Artizzu X P B, Ribeiro A (2011). Automatic segmentation of relevant textures in agricultural images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 75: 75–83.
- Harrison S, Carrol B, Beasley J, Baraniuk R (2004). Optimization of image recognition: Fingerprint Matching. <http://cnx.org> (Accessed to web: 15.05.2016).

- Jiang G, Wang Z, Liu H (2015). Automatic detection of crop rows based on multi-ROIs. *Expert Systems with Applications*, 42: 2429-2441.
- Keresztes J C, Goodarzi M, Saeys W (2016). Real-time pixel based early apple bruise detection using short wave infrared hyperspectral imaging in combination with calibration and glare correction techniques. *Food Control*, 66: 215-226.
- Linker R, Cohen O, Naor A (2012). Determination of the number of green apples in RGB images recorded in orchards. *Computers and Electronics in Agriculture*, 81: 45-57.
- Mateos G G, Hernández J L H, Henarejos D E, Terrones S J, Martínez J M M (2015). Study and comparison of color models for automatic image analysis in irrigation management applications. *Agricultural Water Management*, 151: 158-166.
- Montalvo M, Pajares G, Guerrero J M, Romeo J, Guijarro M, Ribeiro A, Ruz J J, Cruz J M (2012). Automatic detection of crop rows in maize fields with high weeds pressure. *Expert Systems with Applications*, 39: 11889-11897.
- Mora M, Avila F, Benavides M C, Maldonado G, Cáceres J O, Fuentes S (2016). Automated computation of leaf area index from fruit trees using improved image processing algorithms applied to canopy cover digital photographs. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123:195-202.
- Pacheco D G F, Henarejos D E, Canales A R, Conesa J, Martínez J M M (2014). A digital image-processing-based method for determining the crop coefficient of lettuce crops in the southeast of Spain. *Biosystems Engineering*, 117: 23-34.
- Pourreza A, Pourreza H, Fard M H A, Sadrnia H (2012). Identification of nine Iranian wheat seed varieties by textural analysis with image processing. *Computers and Electronics in Agriculture*, 83: 102-108.
- Pujari J D, Yakkundimath R, Byadgi A (2015). Image processing based detection of fungal diseases in plants. *Procedia Computer Science*, 46:1802-1808.
- Rahman M, Blackwell B, Banerjee N, Saraswat D (2015). Smartphone-based hierarchical crowdsourcing for weed identification. *Computers and Electronics in Agriculture*, 113: 14-23.
- Reis M J C S, Morais R, Peres E, Pereira C, Contente O, Soares S, Valente A, Baptista J, Ferreira P J S G, Cruz J B (2012). Automatic detection of bunches of grapes in natural environment from color images. *Journal of Applied Logic*, 10: 285-290.
- Sanchez L O S, Miranda R C, Escalante J J G, Pacheco I T, González R G G, Miranda C L C,
- Lumbreras P D A (2011). Scale invariant feature approach for insect monitoring. *Computers and Electronics in Agriculture*, 75: 92-99.
- Sanchis J G, Guerrero J D M, Olivas E S, Sober M M, Benedito R M, Blasco J (2012). Detecting rottenness caused by *Penicillium* genus fungi in citrus fruits using machine learning techniques. *Expert Systems with Applications*, 39: 780-785.
- Solis-Sánchez L O, García-Escalante J J, Castañeda-Miranda R, Torres-Pacheco I, Guevara González R G, (2009). Machine vision algorithm for whiteflies (*Bemisia tabaci* Genn.) scouting under greenhouse environment. *Journal of Applied Entomology*, 133 (7):546-552.
- Tang J, Chen X, Miao R, Wang D (2016). Weed detection using image processing under different illumination for site-specific areas spraying. *Computers and Electronics in Agriculture*, 122: 103-111.
- Tellaeché A, Pajares G, Artizzu X P B, Ribeiro A (2011). A computer vision approach for weeds identification through Support Vector Machines. *Applied Soft Computing*, 11: 908-915.
- Wang D C, Yang Y, Qiang Z J, Kai Z H, Fei L (2014). Detection of thrips defect on Green-Peel Citrus using hyperspectral imaging technology combining PCA and B -spline lighting correction method. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(10): 2229-2235.
- Yao Q, Xian D, Liu Q1, Yang B, Diao G, Tang J (2014). Automated counting of rice planthoppers in paddy fields based on image processing. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(8): 1736-1745.