

SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME VE FARKLI ALANLARDAKİ UYGULAMALARI

Gürcan Samtaş¹, Mahmut Gülesin²

Özet

Sayısal görüntü işleme, bilgisayarla bütünleşik olarak birçok endüstriyel uygulamalarda kullanılabilen bilgisayar çalışmasıdır. Görüntü işleme teknikleri ile sayısal görüntü verileri kullanılarak iyileştirilmiş veya daha farklı görüntüler elde edilebilmekte ve nesne tanıma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Görüntü işleme bir dizi işlemlerden oluşmaktadır. Bu işlemler görüntünün yakalanması ile başlar, amaca yönelik farklı tekniklerin kullanılması ile devam eder. İçerisinde matematik ve bilgisayar bilimini barındıran bu işlemler; tasarım, imalat, güvenlik, tıp, elektronik, makine, mimari, jeodezi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada; görüntü işleme ve görüntü işleme yöntemlerinin uygulandığı farklı alanlarda yapılan bazı çalışmalar incelenerek bir değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sayısal görüntü, görüntü işleme, görüntü işleme uygulamaları.

DIGITAL IMAGE PROCESSING AND ITS APPLICATION IN DIFFERENT AREAS

Abstract

Digital image processing is a computer work, which can be used with computer integrated in many industrial applications. With image processing techniques the improved or different images can be obtained and object recognition processes can be done using digital image data. Image processing consists of a series processes. These processes begin with capturing of the image and continue by using different specific techniques. These processes which include mathematics and computer science are used in the areas of design, manufacturing, security, medical science, electronics, mechanical, architecture, geodesy, etc. In this study, image processing and some research works in different areas in which image processing methods have been applied have been investigated and evaluated.

Keywords: Digital image, image processing, applications of image processing.

Sayısal Görüntü İşleme

Görüntü işleme, verilerin yakalanıp ölçme ve değerlendirme işleminden sonra, başka bir aygıtta okunabilir bir biçimde dönüştürülmesi ya da bir elektronik ortamdan başka bir elektronik ortama aktarılmasına yönelik bir çalışma olan "sinyal işlemeden" farklı bir işlemdir (Gonzalez ve Woods, 2005). Görüntüler belli bir hedefe yönelmiş görüntü kaynağından alınan farklı içeriklerden oluşur. Bu tip görüntüler ultrason, elektro mikroskop ve bilgisayar içerikli görüntülerdir. Görüntü işleme için görüntülere uygulanan ön hazırlık evresi üzerlerindeki gürültüyü (görüntü bulanıklığı, netlik, kötü görüntü) azaltmaktır. Bunun için görüntülere düşük, orta ve yüksek seviye içeren işlemler uygulanmaktadır. Düşük seviyedeki işlemler de giriş ve çıkış görüntülerin gerçekliği filtreleme ile sağlanır. Orta düzey seviyedeki işlemlerde ise görüntülerdeki nesnelerin tanınması ve sınıflandırılmasında bölme ve tanıma işlemleri gerçekleştirilir. Yüksek seviye işlemler görüntülerdeki nesnelere tanımda görüntülerin analiz edilmesini içerir. Görüntülerin bilgisayar ortamında analiz edilmesiyle de, görüntülerdeki nesnelerin görüntü içeriği detaylandırılır. Bu detaylandırma aşaması ile görüntü işleme gerçekleştirilmiş olur (Jähne, 2005).

¹ Yrd. Doç. Dr., Düzce Üniversitesi, Cumayeri MYO, gurcansamtas@duzce.edu.tr

² Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, gulesin@gazi.edu.tr

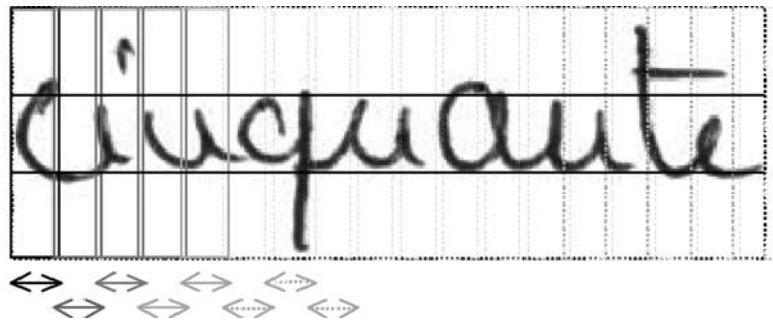
Bu çalışmada; görüntü işleme ile ilgili farklı çalışmalara yer verilerek, görüntü işlemenin kullanımı açısından yapılacak çalışmalara yardımcı olması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmalarda görüntü işlemede kullanım alanına ilişkin farklı tekniklerin ortaya çıktığı görülmüştür. Dolayısıyla görüntü işleme tekniklerinin temelinde yatan işlemler, farklı alanlarda kullanılacak işleme tekniklerine de kılavuz niteliği taşımaktadır.

Sayısal Görüntü İşleme Alanındaki Örnek Uygulamalar

Görüntü işlemenin sağladığı faydalar, kullanım tekniklerine göre değişiklik göstermektedir. Görüntünün işlenmesinde kullanılan bu tekniklerin her biri görüntüye farklı açıdan yaklaşmaktadır. Görüntü işleme üzerine yapılan çalışmaların özünde görüntüyü çözümü ve dolayısıyla sayısallaştırma yatmaktadır ve günümüzde görüntü işleme; tasarım, imalat, güvenlik, tıp, elektronik, makine, mimari, jeodezi v.b. gibi birbirinden farklı birçok alanda kullanılan genel bir çalışma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Kullanılan alanların çeşitliliği göz önünde bulundurulduğunda, bu alanda yapılan çalışmaların sayısını da gün geçtikçe arttırmaktadır. Bu nedenle görüntü işleme alanında yapılan çalışmaların genel bir değerlendirilmesinin yapılması mümkün değildir. Dolayısıyla bu çalışmada yapılan çalışmaların değerlendirilmesinde, genel olarak düşünülen birkaç alan kullanılmıştır.

Tasarım ve İmalat Uygulamaları

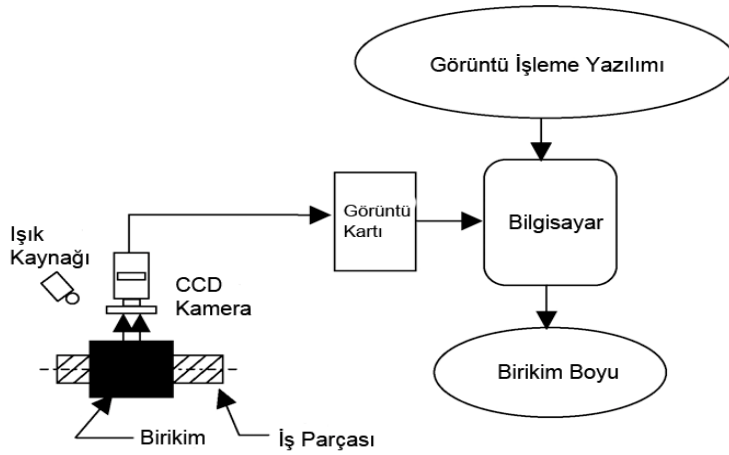
İmalattan tasarım sürecine kadar birçok uygulamada ve kontrol sistemlerinde görüntü işleme kullanılmaktadır. Görüntü işleme, uygulandığı alana göre kalite, zamandan tasarruf, pratiklik, yeni iş birimlerinin doğmasına da yardımcı olabilmektedir. İmalatta ve imalat öncesi kullanılan görüntü işleme aynı zamanda yeni ürün tasarımlarına da yardımcı olarak üretim maliyetlerini de azaltabilmektedir. Zhou, bilgisayar destekli tasarım ve çizgisel fotometri ölçüm sistemlerinde model eşleme yorum oranını kullanan ilkel tanıma metodu kullanmıştır. Çalışma yorum açısı, grafik açısı ve model eşlemeden oluşmuştur. Oluşturulan ve birbiriyle ilişkili olan grafikler nesnenin ilkel grafik özelliklerini ve hiyerarşi yapısını içermektedir. Bu şekilde sınıflandırılan nesnelerin ortalamaları, model grafik açıları ve görüntü grafik açıları eşlenerek bilgisayar destekli tasarım unsurları oluşturulmuştur (Zhou, 1997). Serbest el yazılarının tanımlanarak sayısal ortama aktarılma çabaları, el yazısı ile yazılmış kitapların elektronik olarak saklanabilmesini ve imzaların bilgisayar ortamında doğrulanmasını sağlayacaktır. Gaudin vd. el yazısı tanıma sistemi geliştirmişlerdir [16]. Kullandıkları ilk yaklaşım, sözcüğün soldan sağa doğru taranması yoluyla sözcüklerin özellik vektör dizilerinin tanımlanması ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 1). Sözcüklere biçim veren vuruş düzenini belirlemek için takım yolları geliştirilmiştir. Geliştirilen her bir yol tanımlanan grafik model ile yapılmıştır



Şekil 1: Soldan sağa doğru kayan pencere bölümlenmesi (Viard-Gaudin v.d. , 2005).

Her bir kelime için çevrimiçi ve çevrim dışı olmak üzere her iki sinyal özelliklerinden faydalanarak IRONOFF (Çift yönlü veri tabanı sistemi) veri tabanından yaklaşık 30.000 kelime kullanmışlardır. Sözcüklerin özellikleri ise tasarlanan sistemde çevrim dışı tanıma sistemi içerisinde karşılaştırmalar için tutulmuştur. Çevrimdışı tanıma sistemleri sözcükleri anlık olarak değil, veri tabanından alarak incelemektedir. Yapılan çalışmada çevrimiçi sistemin, çevrim dışı sisteme göre tanıma oranının yüksek olduğu görülmüştür. Fakat çalışmada yapılan deneysel sonuçlarda her iki sistemin birbirini bütünleyici olarak daha verimli çalıştıkları görülmüştür. Geliştirilen bu el yazısı sistemi imza doğrulamada kullanılabileceği gibi diğer birçok el yazısı

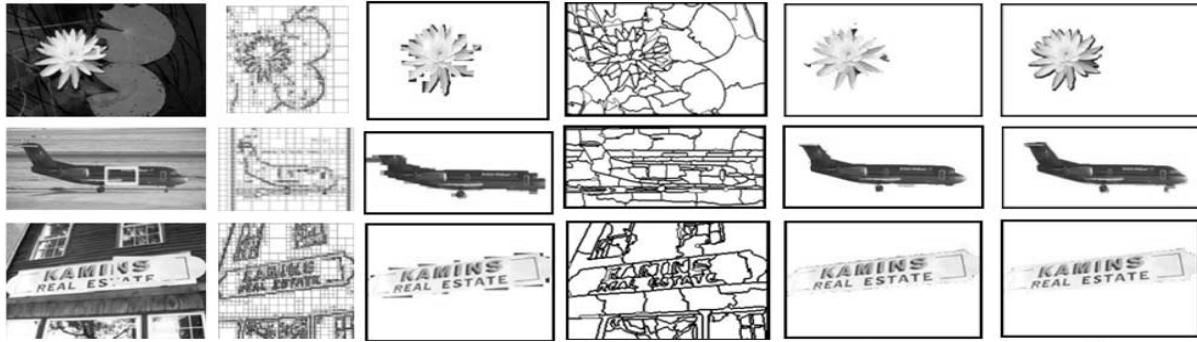
tanımlarında kullanılabilir (Viard-Gaudin v.d., 2005). Ying-dong vd. görüntü işleme tekniklerini kullanarak malzemeye biçim vermek için kullanılan püskürtme birikim boyutunun işlem esnasında anlık ölçümünü gerçekleştirmişlerdir. Sprey ile biçimlendirme işlemleri, sıvı metal içerisinde bulunan ölçülü taneciklerin yüksek hızdaki gaz ile püskürtülmesidir (Grant, 1995; Xu and Lavernia, 2000). Genel olarak doğru bir şekilde birikinti ebatlarının ölçülmesinde görüntü işleme algoritması kullanılmaktadır (Lawrynowicz and Lavernia, 1995). Diğer bir teknikte ise kenar tespiti; nesne tanıma, hareket analizi v.b. gibi birçok görüntü işleme uygulamalarında zorunlu olarak kullanılmaktadır. Sinirsel ağ tekniği ve bulanık muhakeme tekniği de yeni kenar tespitinde kullanılmaktadır (Yang and Li, 2002; Ghosal and Mehrotra, 1993). Bu çalışmada, sprej biçimlemesinde hatta bağlı olarak birikim boyut ölçümü için yeni bir yaklaşım sunan görüntü işleme tekniği geliştirilmiştir. İlk olarak uyarlanan düzlem operatörü ve görüntü kaynağının analizi ile görüntü alınır. İkinci olarak kenar algılama tekniği olan Sobel-Zernike momentler operatörü ile birikim görüntüsünün kenarları ortaya çıkarılır. Son olarak, boru şeklinde birikintinin dış çapı gibi niteliksel bilgiyle birikinti boyu hesaplanır (Şekil 2).



Şekil 2: Geliştirilen sistemin şematik görünümü [22]

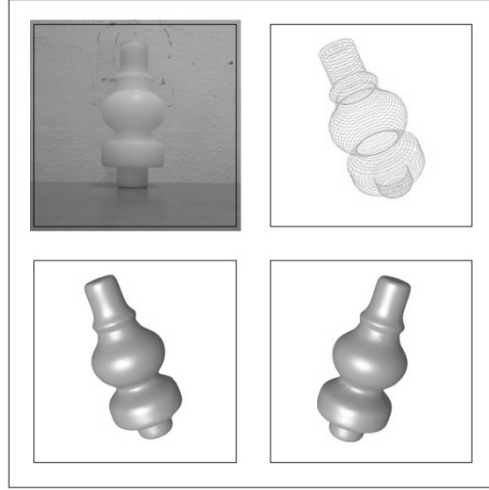
Tasarlanan sistemde, görüntü işleme algoritması ile geliştirilen kenar algılama tekniği sayesinde tortu boyut ölçümleri rahatlıkla yapılabilmektedir. Birikim ebatlarının ölçülmesinde normal CCD kamera kullanılmıştır. Sistem kamera ile elde edilen görüntüdeki gürültülerin temizlenmesi, kenar tespiti ve birikim boyunun hesaplanması olarak üç aşamalı tasarlanmıştır (Ying-dong v.d., 2006). Görüntünün işlenmesinde bulunan yeni teknikler ise uygulanabilirlik alanını arttırmaktadır. Bellaire vd. görüntülerdeki renk değerlerinden yararlanarak yeniden inşa için nesne tanıması kullanmışlardır. Bu çalışma, renkli görüntülerden elde edilen bilgiler ile iki ve üç boyutlu nesne tanıma sistemi sunmaktadır. Renkli görüntülerde yer alan kenarlar ve renk yayılım bilgisinin elde edilmesinde görüntü merkezli ve tanımlanan görüntü noktasına ilişki kuran bir model kullanılmıştır. Görüntünün yorumlanması ile elde edilen gerçek görüntü verileri ile sonuç değerlerini eşleyen ve bunları birbirine uyarlayan farklı çalışmalarda; görüntü özellikleri etiket kullanımı ile belirlenmekte ve görüntüdeki kenarlar bu etiket vasıtasıyla tespit edilmektedir (Bellaire, 1995; Bellaire and Lübbe, 1995; Bowyer and Dyer, 1990; Costa and Shapiro, 1995). Bu çalışmada ise, görüntünün karakteristik olarak incelenmesinde etiket yerine farklı konum belirleyiciler geliştirilmiştir. Nesne köşeleri ve kenarların tip olarak birbirinden ayrılması konum kestiriminin doğru ve uygun yerlerde kullanılması ile yapılmaktadır. Görüntülerin 3B'lu olarak yorumlanmasında görüntünün gri renk değerleri kullanılmaktadır (Bellaire v.d., 1998). Su altı görüntülerinin incelenmesi için görüntülerin elde edilmesi özel bir kamera vasıtasıyla sağlanır. Su altından alınan görüntülerinin işlenmesi ile üç boyutlu yeniden yapılandırma Negahdaripour v.d. gerçekleştirmiştir. Su altı görüntüleri, akustik kamera ile elde edilmektedir. Görüntüsü alınan nesnelerin yön ve mesafe ölçümünde su altı sonar sistemi ile beraber düzlemsel bir ızgara kullanılmıştır. Düzlemsel ızgara, aynı zamanda su altı kamerasının kalibrasyonunda da kullanılmaktadır. Çalışmada görüntü mesafelerinden maksimum komşuluk ilişkisi ile su altı üç boyutlu sahnenin

yeniden yapılandırılmasında kullanılacak sistem için yeni bir metot geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem ile su altından belirli yön ve mesafeleri bilinen nesnelere alınan görüntüler bilgisayar vasıtasıyla işlenerek üç boyutlu yeniden yapılandırma gerçekleştirilmiştir [28]. Görüntülerin etiketlenmesi, işlenen görüntü içerisinde yer alan nesnelere seçilmesini ve ayrıştırılmasını sağlamaktadır. Etiketleme ile görüntü üzerinde istenmeyen alanlar elimine edilebilmekte, bu sayede işlemler daha hızlı yapılabilmektedir. Wu ve Yang görüntülerdeki nesnelere etiketlenmesi için grafik tabanlı yarı-denetlenen algoritma temeli üzerinde yarı-otomatik bir yöntem sunmuşlardır. Bilinen akıllı-etiket (SmartLabel) yöntemini kullanarak akıllı-etiket-2 (SmartLabel-2) geliştirmişlerdir. Bu yöntem ile, Gaussian alanları üzerine ikinci dereceden bir enerji fonksiyonuna indirgenmiş tekrarlamalı hesaplama çözümleri ile kullanıcı tarafından girilen değerler ile görüntülerin etiketlenmesi sağlanmaktadır (Şekil 3).



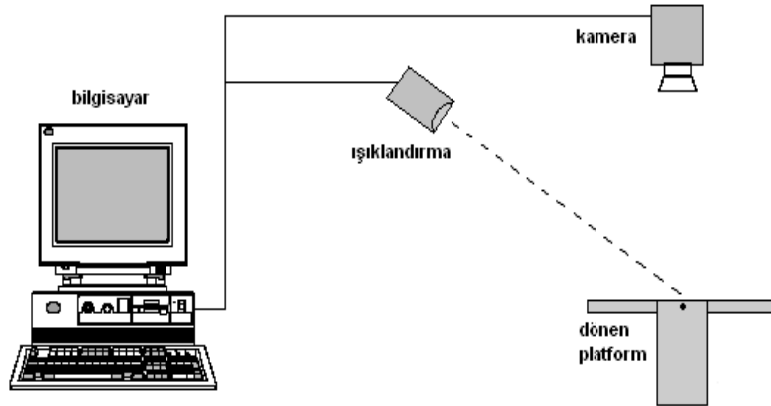
Şekil 3: Akıllı-etiket-2 ile elde edilen sonuçlar (Wu and Yang, 2009).

Etiketleme ile görüntülerdeki nesnelere detaylı olarak piksellere bölünerek görüntü üzerindeki nesne sınırlarının düzgün bir çevre ile düzenlenmesi sağlanmaktadır [29]. Diğer bir çalışmada, Kirişçi v.d. görüntü işleme kullanarak değişik toprak-alet ilişkilerinde bozulma mesafesi oranını belirlemeye çalışmışlardır. Toprak ve dar toprak işleme aleti arasındaki ilişki ve bu bağlamda bozulma mesafesi oranının, görüntü işleme ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneylerde kumlu ve tınlı olmak üzere iki farklı toprak tipi, düşük ve yüksek olmak üzere iki farklı toprak nem içeriği ve 30°-150° arasında 9 değişik temas açısında üçer tekrarlı olarak yapılmıştır. Görüntüler bilgisayar ortamına alınarak bilgisayar programı vasıtasıyla aletin bozulma bölgeleri boyama ile belirginleştirilmiştir. Belirginleştirilen görüntüler farklı bir programa alınarak uzantısı değiştirilmiş ve görüntü işleme yönelik hazırlanmış paket program ile incelenmiştir. Bu işlemler neticesinde, görüntü işleme ile alet üzerindeki yatay düzlemde maksimum bozulma genişliği belirlenmeye çalışılmıştır (Kirişçi and Korucu, 2000). Uras vd. pulluk uç demirlerindeki aşınmaların görüntü işleme tekniğinden yararlanılarak belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Pulluk uç demirlerinde meydana gelen ve çeşitli olumsuzluklara sebep olan aşınma faktörünün belirlenebilmesi amacıyla başta hassas tartı ve planimetre ölçüm yöntemleri olmak üzere, bilgisayarlı görüntü işleme tekniğinden yararlanılmıştır. Pulluk uç demirlerindeki aşınmaların, diğer yöntemler yanında görüntü işleme tekniği kullanılarak da belirlenebileceğini ortaya koyabilmek amacıyla *Global Lab Image 2* yazılımı kullanılmıştır (Uras and Okursoy, 2007). Tasarım ve imalat sürecine yönelik hazırlanan diğer bir çalışmada, renk analizi ile piksel tespiti kullanılarak görüntüler üç boyutlu yorumlanmıştır. Samtaş, görüntüler üzerinde kullanıcı tarafından işaretlenen referans noktaları ile beraber renkli görüntüyü analiz ederek işleyen, işlenen görüntülerdeki hedef objelerin nokta bulutlarını görüntü işleme tekniklerini etkin bir şekilde kullanarak elde eden bir sistem geliştirmiştir. Geliştirilen sistem ile basit ve karmaşık yapıdaki birçok parçanın doğal ortamda çekilmiş renkli görüntülerinden üç boyutlu nokta bulutları elde edilebilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4: Nokta bulutu ve katı modeli elde edilen silindirik nesne (Samtaş, 2009).

Elde edilen nokta bulutlarından bir tasarım imalat programı kullanılarak rahatlıkla katı modeli oluşturulabilmektedir. Oluşturulan bu katı modellerden de imalat operasyonlarına yönelik CNC kodları türetilerek tezgahta işlemeye hazır hale getirilebilmektedir. Bu çalışmada, görüntü işleme ile basitten karmaşık yapıdaki birçok nesne geliştirilen sistem ile yorumlanmış, elde edilen nokta bulutlarından katı modeller elde edilmiş ve katı modellerden de CNC kodları türetilmiştir (Samtaş, 2009). Tekstil sektöründe giysi üretiminde dikiş alanında en sık rastlanan ve en çok sorun yaratan dikiş büzülmesidir. Dikiş büzülmesi, düz bir kumaş üzerinde dikiş hattı boyunca oluşmuş dalgalı görünümdür. Süvari ve Meriç yaptıkları çalışmada dikiş büzülmesinin nesnel ölçümü ve elde edilen verileri değerlendirmişlerdir. Ölçüm için kamera, ışıklandırma sistemi, dönen platformdan oluşan bir düzenek geliştirilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5: Geliştirilen ölçüm sistemi (Süvari and Meriç, 2008).

Düzenek vasıtasıyla elde ettikleri görüntülere görüntü işleme uygulayarak, büzülmüş kumaşın rengi ve yapısından bağımsız dikiş büzülmesini ölçerek yüzey biçimini elde etmişlerdir. Çalışma, bu alanda hızlı ve maliyeti düşük bir ölçüm sistemi önermektedir [33]. Hızlı ve kaliteli üretim sanayileşme sürecinde otomasyon sistemlerinin kullanımı ile daha kaliteli ve seri hale gelmiştir. Üretim sistemlerinde robot teknolojisini kullanan endüstriyel sanayi, ekonomik yönden gelişerek dünya sektöründe de adından söz ettirebilmektedir. Özellikle robot kolların imalatta kullanılabilir hale gelmesi ile insan gücü ile yapılamayacak seri ve hassas işler robot kollar tarafından rahatlıkla yapılabilir hale gelmiştir. Nesne tanıma ve karar vermede kullanılan görüntü işleme sayesinde robot sistemlerinin imalatta kullanım alanlarını da arttırmaktadır. Etkili bir robot sistem tasarımının gereksinimi, görüntü sensörleri ve görüntü işleme işlevselliğinin robot sistemine ve sisteme dahil diğer unsurlarına kolay bir şekilde entegre edilebiliyor olmasına bağlıdır (Sziebig v.d., 2008). Yılmaz vd. yaptıkları çalışmada mühendislik eğitimi ve bilimsel çalışmalarda kullanılmak üzere internet tabanlı bir modül robot platformu geliştirmişlerdir.

Robot internet üzerinden izlenebilmekte, kontrol edilebilmekte, kablosuz iletişim kurulabilmekte ve yeniden programlanabilmektedir. Robot kontrol merkezinin farklı görevleri hızlıca yürütebilmesi için; internet kullanıcılarının uygulama geliştirirken gerçek zamanlı kullanılacak kontrol, görüntü işleme ve yapay sinir ağı (YSA) kütüphaneleri oluşturulmuştur. Robotun, görüntü işleme, kontrol ve internet işlem süreleri farklı nesne örnekleriyle test edilmiştir (Yılmaz v.d., 2006).

Savunma ve Güvenlik Uygulamaları

Görüntü işleme savunma ve güvenlik alanlarında genel olarak nesne tanıma ve çözümleme üzerine kullanılmaktadır. Uzaktan elde edilen görüntülerin anlık olarak incelenmesi, yorumlanması ve değerlendirilmesi aşamalarında kullanılan görüntü işleme bu alanda da birçok konuya yardımcı olabilecek bir çalışma alanıdır. Özkaya vd. görüntü işleme kullanarak otomatik bir parmak izi tanıma sistemi geliştirmişlerdir. İlk aşamada parmak izi okuyucu yardımıyla ya da dosya yoluyla alınan parmak izi görüntülerine görüntü işleme uygulanarak, küçük parçalara bölünmüş ve üzerinde işlem yapılacak alan arka plandan ayrılmıştır. Daha sonra ayrılan görüntüler, gri seviye olarak incelenmiş ve görüntülerden referans noktaları elde edilmiştir. Sistem hızını ve performansını arttırmak için parmak izi resimleri üzerindeki istenmeyen unsurlar temizlenmiştir. Temizlenip iyileştirilen resimlere bölgesel ikili dönüşüm uygulanarak siyah beyaz seviyeye çevrilmiştir. Çevrilen görüntülere inceltme uygulanarak, özellik noktaları olarak adlandırılan uç, çatal noktalar ve bunlarla ilgili parametreler bulunmuş ve yalancı özellik noktaları elenmiştir. Son olarak da elde edilen son veriler karşılaştırma algoritmaları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada, sunulan adımların tamamını gerçekleştiren bir yazılım geliştirilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6 : Geliştirilen sistem doğrulama modu (Özkaya and Sağıroğlu, 2006)

Hem tanıma, hem de onaylama/doğrulama modunda çalışan sistem, 100 parmak izinin bulunduğu bir veri tabanında başarıyla test edilmiştir (Özkaya and Sağıroğlu, 2006). Parmak izinde, nokta, yaka sonu, ada, çatal, kısa yaka, kesişim, yaka ve destek noktaları olmak üzere birçok özellik noktaları bulunmaktadır. Fakat en çok kullanılan uç ve çatal noktalarıdır. Otomatik parmak izi teşhis sistemlerinin performanslarının artırılması, kullanılacak parmak izi görüntülerinin kalitesinin artırılmasına bağlıdır. Diğer bir parmak izi çalışmasında ise Sonavane ve Sawant, sorunlu parmak izi görüntüleri üzerinde açma tekniği kullanarak, görüntünün analizi için yapısal benzerlik yaklaşımı sunmuşlardır. Kullanılan açma tekniği, mekansal ve frekans etki alanı metodu olmak üzere iki aşamada uygulanmıştır (Sonavane and Savant, 2007). Görüntülerin güvenlik amaçlı yorumlanmasında görüntüdeki hedef nesnelerin belirgin olması gerekmektedir. Belirgin olmayan görüntülere netlik kazandırmak için filtreleme işlemleri uygulanır. Yaman vd. güvenlik amaçlı kullanılan kameralar vasıtasıyla algılanan gri tonlu görüntüleri görüntü bölümlenme işlemleri sayesinde nesnelere arka plandan ayırarak, görüntü güçlendirme metodları ile nesnelere belirginleştirmeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Netleştirilmiş hızlı tren istasyonu yolcu görüntülerinin gri seviye histogramlarından nesnelere ait alansal bilgiler çıkartılmıştır. Bu sayede yolcu yoğunluk oranı değerleri ile gözle sayılan yolcu sayıları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Ankara Hızlı Raylı Ulaşım sistemi Kızılay durağında yapılan uygulamada yolcu gelişleri görüntü işleme kullanılarak dakika bazında sayısal olarak hesaplanmış, bu sayede diğer dönemler için yolcu gelişleri tahmin edilmiştir (Yaman and Sarucan, 2001).

Gelişen teknolojiyle birlikte sayısal ortamdaki verilerin korunması önemli bir konu haline gelmiştir. Veri koruma alanlarından steganografi görüntü işlemenin kullanıldığı önemli bir alandır. Steganografi, Steganos (örtülü veya sır) ve graphy (yazı veya resim) köklerinden elde edilmiş bilgiyi gizleme bilimine verilen addır. Şahin vd. BMP formatındaki 24-bit renkli resim dosyaları üzerinde en önemsiz bite ekleme yöntemi kullanılarak geliştirilen bir steganografi uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Görüntü işleme uygulayarak görüntüler piksel-piksel değerlendirilmiş, geliştirdikleri program ile değişik boyutlarda görüntüler kullanarak değişik büyüklükteki verileri görüntü içine gizlemişlerdir. Çalışmada, görüntü boyutları arttırıldığında gizlenen verilerin büyüklüğünün de doğrusal olarak arttığı ve orijinal görüntü ile içine veri gizlenmiş görüntü arasında gözle görülür bir değişim olmadığı da gözlenmiştir (Şahin and Buluş, 2006). Diğer bir çalışmada Çelik ve Oral motorlu araçlar için Türk plaka standartlarına uyan ve sivil plakaya sahip araçlar için bir plaka tanıma sistemi geliştirmişlerdir. Sistem video kameradan alınan anlık görüntüler üzerinde çalışmaktadır. Görüntülerden koparılan plaka bölgesi içerisinde görüntü işleme teknikleri kullanılarak plaka karakterleri yer tespiti ve karakter tanınması yapılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7 : Plaka karakterlerinin ayrıştırılması

Bozuk görüntülere netleştirmek için histogram eşitleme uygulanmıştır. Histogram eşitleme renk değerleri düzgün dağılımlı olmayan resimler için ideal bir iyileştirme yöntemidir. karakter tespiti ve doğrulanması için plakalarda kullanılan 22 harf ve 10 rakamını tanımaya eğitilmiş yapay sinir ağları (YSA) kullanılmıştır. Görüntü işleme teknikleri ve yapay sinir ağları kullanarak geliştirilmiş plaka tanıma sisteminde ortalama %89 oranında tanıma başarısı elde etmişlerdir (Çelik and Oral, 2003). Görüntüleme radarlarıyla yeryüzünde meydana gelen değişiklikler izlenebilmektedir. Uzaktan algılama sistemlerinde kullanılan en karmaşık radar tekniklerinden bir tanesi yapay açıklıklı radarlardır. Yapay açıklıklı radarlar kendi enerjisi ile görüntülenmek istenen yüzeyi aydınlatır ve yansıyan enerjiyi toplayarak iki boyutlu görüntü oluşturur. Kaynak ve Özçoban yapay açıklıklı radar görüntülerinden görüntü işleme ile nesne tanıma gerçekleştirmişlerdir. Hedef olabilecek bölgelerin tespiti için kenar tespiti algoritmaları kullanılmıştır. Nesne sınırları tespitinden sonra nesnelerin hangi sınıfa ait olduğunun belirlenmesi için, nesneyi özetleyen ve o nesneye ait belirgin özellikleri ihtiva eden öznitelik vektörü hesaplanmıştır. Öznitelik vektörünün hangi sınıfa ait olduğunu bulabilmek için denetimli sınıflandırma kullanılmıştır. Sınıflandırmada yapay sinir ağları kullanılarak örnek arazi görüntülerinde yer alan nesnelerin hangi araca ait olduğu tespit edilmiştir (Kaynak and Özçoban, 2004). Diğer bir çalışmada, Yağimli ve Varol kameradan gelen görüntülerin işlenmesiyle hareketli hedefleri tanıyabilen bir yazılım geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri hedef tanıma sistemi, kameradan gelen hedef görüntüleriyle bilgisayarda önceden kayıt edilmiş hedef görüntüleri arasında piksel karşılaştırması yapmaktadır. Sistemde alınan görüntü niteleme ile piksel değerlendirmesi yapılarak belirli bir renk seviyesindeki pikseller tespit edilerek bir diziye aktarılmaktadır. Filtreleme işlemleriyle belirlenen renk paleti sonrası bölümlene yapılarak görüntüler incelenerek görüntüdeki hedef nesne tespit edilmiştir (Yağimli and Varol, 209).

Tıp Alanında Görüntülerin İncelenmesi

Görüntü işleme, tıp alanında kanserli hücrelerin tespiti, doku analizi ve patolojik araştırma gibi medikal bazı önemli alanlarda sıkça kullanılmaktadır. En yaygın kullanımı, tıbbi görüntülerin incelenmesi ve görüntülerdeki nesnelere ayrıştırılmasıdır. Stasiek vd. sıvı kristalinden oluşan çizgilerle ve gerçek renklere göre sayısal görüntü işleyerek tıp alanında hastalıklı bölge üzerinde inceleme gerçekleştirmişlerdir. Isıl sıvı kristali ve gerçek renge göre sayısal görüntü çözümüleme; bilimsel, endüstriyel ve biyotıp çalışmalarında ve uygulamalarında başarılı bir biçimde kullanılmaktadır. Çalışmada, örnek yüzeylere ince sıvı kristali kaplanarak detaylı sıcaklık dağılımları elde edilmiştir (Stasiek v.d., 2006). Tzeng ve Nguyen, sıvı lensli kameralarda görüntü işleme kullanarak yeni çalışma alanı sunmuşlardır. Cerrahi uygulamalar için tasarlanan bu yeni sistemin geleneksel cam lens sistemlerine nazaran birkaç avantaja sahiptir. Bu avantajlar, hareketli ve değişik desendeki görüntüleri kapsamamaktadır. Bu uygulama ile iki görüntü arasında yüksek kenar bağıntıları incelenmiş, bu bağıntıları yüksek sıklık renk bantları ile adapte edilerek ön filtreleme işlemleri ile sıvı lens sistemlerinde renk paletlerinin geliştirilmesi sağlanmıştır (Tzeng and Nguyen, 2009). Tıbbi görüntülerin elde edilmesinde ve elde edilen görüntülerin sayısallaştırılmasında elde edilen görüntülere siyah beyaz noktacıklar şeklinde darbe gürültüsü bulaşabilmektedir. Toprak ve Güler, Mr görüntülerindeki gürültüleri bastırarak görüntüdeki kenar detaylarını koruyan bir sistem geliştirmişlerdir. Çalışmalarında 128x128 çözünürlüğe sahip MR görüntüsünün piksel değerleri bulanık mantık kuralları ile tespit edilerek gürültü pikselini görüntüden silecek ve yerine görüntü pikseline en yakın değeri atayacak kural tabanlı bulanık adaptif ortalama filtresi (KTBAOF) geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri filtre ortalama filtresi, bulanık mantık filtresi ve gürültünün olup olmadığına karar veren birim olmak üzere üç bölümden oluşmuştur (Toprak and Güler, 2009). Histogram eşitleme, resmin tümüne uygulanabileceği gibi sadece belli bir bölgesine de uygulanabilir. Yaşar ve Akgünlü histogram eşitleme işleminin sayısal radyograflardaki nicel ölçümler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Orijinal görüntü ve histogram eşitleme uygulanmış olan radyograflarda yapılan ölçümler arasında fark olup olmadığını testlerle belirlemişlerdir. Çalışmada, histogram eşitleme işleminin uygulandığı radyograflarda trabeküler kemiğin yapısal özelliklerinin görünürlüğünün nasıl değiştiği, sayısal verilerle gösterilmiştir (Yaşar and Akgünlü, 2007). Dermatoloji, cilt hastalıkları ve tedavisiyle ilgilenen tıp dalıdır. Borlu ve Yüksel yaptıkları çalışmada, dermoskopik görüntülerin analizi geliştirerek melanom tipi deri kanserlerinin teşhisinde hekime karar desteği sağlayacak bir tıbbi otomatik görüntü işleme sistemini tasarlamışlardır. Görüntü işleme teknikleri kullanarak görsel nitelikler sayısal verilere dönüştürülerek teşhise yönelik sınıflandırma yapılmaktadır. Geliştirilmekte olan görüntü işleme ile bu alanda hekim karar verme sürecini hızlandırmıştır (Borlu and Yüksel, 2008). Yang vd. ölçümler yapılmamış iki anjiyografi görüntülerinden koroner damarların üç boyutlu yeniden yapılandırılmasına yönelik yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. İki farklı yönden görünüşü alınan anjiyografik görüntüyü modellemek için tek yönlü görünüş ve matematiksel modellemeden yararlanılmıştır. Sistemde hareketli bir masa ve kliniksel örnek kullanılarak yapılandırma gerçekleştirilmiştir. Delikli kamera modeli ve optimizasyon yöntemleri ile üç boyutlu yeniden yapılandırma için bir algoritma geliştirmişlerdir (Yang v.d., 2009).

Mimari Uygulamalar

Yapımı tamamlanmış günümüz yapılarını ve eski dönemlerden kalan tarihi arkeolojik yapıların onarılması ve modellerinin sayısal olarak saklanması günümüz teknolojisinde mümkün olmaktadır. Özellikle eski mimarilerin onarılmasında sayısal ortama aktarılma süreci, yapıların detaylı incelenmesinde gerekli bir aşama olarak kullanılmaktadır. Hua ve Weiyu üç boyutlu kütüphane içeren resim tabanlı gerçekçi mimari modellemede yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. Sunulan model ile 1024x768, 24 bitlik BMP uzantılı mimari görüntü dosyaları kullanılmıştır. Kütüphane içersinde tutulan üç boyutlu parametrik modeller, iki boyutlu resim ile karşılaştırılarak kullanılmaktadır. İki boyutlu mimari görüntü program tarafından analiz edilerek tanımlanan geometrilere uygun üç boyutlu modeller kütüphane içerisinden resme yerleştirilmektedir. Geliştirilen sistem içine fotoğrafın alınması, izdüşüm grafiklerinin düzenlenmesi ve üç boyutlu geometrik sahnenin oluşturulması ile diğer görüntü düzenleme ve tanıma işlemlerini gerçekleştirerek sonuca gitmektedir. Sistemde geliştirilen kamera araç çubuğu ile görüntüde yer alan kolon ve pencere gibi detaylar işaretlenip sisteme tanıtılmaktadır (Şekil 8). Bu işaretleme ile detayların geometrisi ayrı belirlenmektedir (Hua and Weiyu, 2004).



Şekil 8 : Geliştirilen mimari modelleme sistemi ile nesne tanıma [49].

Bu sistemde, oluşturulan 3B'lu katı model kütüphanesi sayesinde sistem içine alınan mimari görüntü program tarafından incelenmektedir. Resmin izdüşüm durumuna göre şekiller sistem tarafından tanınmaktadır. Tanımlanan şekillere göre eklenen üç boyutlu modeller sonucunda mimari görüntünün kabaca dış görüntüsü oluşturulmaktadır. Görüntüye uygulanan doku analizi ile diğer detaylar çıkartılarak gerçekçi bir modelleme oluşturulabilmektedir [49]. Kelong vd. uzaktan algılama ile elde edilen arkeolojik site kalıntılarına ait görüntüleri incelemişlerdir. Belirlenen alanda gündüz ve gece ısı kızıltı ötesi, sıcaklık ve toprak nemine göre havadan tarama yapılmıştır. Tarama sonucunda görüntünün kalibre edilmesi ile elde edilen yeni görüntülere görüntü işleme uygulanarak yorumlanmıştır. İncelenen görüntülere gri ve renkli resim işlemleri uygulanmış, gece alınan görüntüler sözde (Pseudo) renklendirme örnekleri ile renklendirilerek arkeolojik kalıntılardan geçmişten kalan kültürel izler araştırılmıştır (Kolong v.d., 2008).

Zischinsky vd. mimari görüntülerin elde edilmesinde çatı görüntülerinin sağlıklı alınmaması gibi olumsuzlukların giderilmesi için bir görüntü yakalama sistemi geliştirmişlerdir. Görüntülerin elde edilmesi için, üzerine özel bir kamera monte edilmiş radyo dalgalarıyla hareket eden helikopter tasarlamışlardır (Şekil 9). Helikopter üzerine taktıkları video kamera da radyo dalgalarıyla kontrol edilebilmektedir. Geliştirilen sistemin kontrolü içinde video görüntü iletilici, kaydedici ve yer ekranı kullanmışlardır. Sistem uygulanabilirliğinin kontrolü için eski bir değirmen mimarisi kullanılmıştır. Uygulamada helikopterden alınan 38 görüntü ile sayısal fotoğraf makinesinden alınan 82 karasal görüntü birleştirilmiş, fotometri ölçümleri ile beraber görüntü işleme uygulanmıştır. Uygulamada yeni bir yazılım olan ORPHEUS fotometrik grafik programı kullanılmıştır. Program görüntüleri işleyerek piksel değerlendirmesi ile görüntülerden kontrol noktaları ve buna bağlı olarak model koordinatları oluşturmaktadır. Elde edilen model koordinatları ile görüntülerden yüksek kalitede üç boyutlu foto modeller çıkartılmıştır (Zischinsky, v.d., 2000).

Harita ve Jeodezi Uygulamaları

Bugünkü bilgisayar teknolojisi olanakları, arazi ile bağlantılı her tür bilginin saklanabildiği coğrafi bilgi sistemi sunmaktadır. Yerin şekil, büyüklük alanlarını zamana bağlı olarak değişimlerini inceleyen ve bunları üç boyutlu bir koordinat sisteminde tanımlamaya yönelik bilimsel çalışmalar yürüten bilim dalına Jeodezi denmektedir. Uzaktan algılamada kullanılan görüntü işleme uygulamaları sayısal görüntü işleme uygulamalarının değişik adımlarını içermektedir. Uzaktan algılama görüntülerine uygulanan işlemler genel olarak ön işlemler, görüntü iyileştirme, görüntü zenginleştirme ve son olarak da görüntü sınıflandırma olarak ele alınabilir. Altuntaş ve Çorumluoğlu, görüntü işlemede kullanılan bazı tekniklerden yola çıkarak bu tekniklerin uygulama sonuçlarını ve bu sonuçların birbiriyle olan etkileri tek bantlı uydu görüntüleri üzerinde irdelemeye çalışmışlardır. Sayısal görüntü işleme ve sınıflandırma işlemleri Delphi programlama dilinde yazılan bir program aracılığıyla gerçekleştirilmiştir (Altuntaş and Çorumluoğlu, 2002). Ana bileşenler dönüşümü temelde bir istatistiksel analiz yöntemi olmasına karşın, sayısal görüntü işlemede, görüntünün gri ya da renk üzerinde yapılan bir dönüşüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Esas görüntüde görülemeyen bazı ayrıntılar, ana bileşenlerde ortaya çıkabilmektedir. Akça ve Doğan 3-Bantlı sayısal görüntülerde ana bileşenler dönüşümünü anlatarak yöntemin temel ilkeleri açıklamışlar ve 24 bpp'lik bir test görüntüsü üzerinde yapılan uygulamayı sunmuşlardır (Akça and Doğan, 2002). Hava fotoğrafı ve uydu görüntüleri; binalar, yollar ve köprüler gibi insan yapısı nesnelere, bitki örtüsünün karakteristiği ve konum gibi yeryüzünün şekli hakkında birçok bilgi sunmaktadır. Eker yaptığı çalışmada, çizgisel detayların toplanmasına ışık tutan yol detaylarının, sayısal görüntülerden otomatik

olarak çıkartılmasını sağlayan ve görüntü işleme kullanan otomatik yol çıkartma algoritmaları hakkında bilgi vermiştir (Eker, 2004).

Gıda Uygulamaları

Görüntü işleme, birçok alanda olduğu gibi gıda teknolojisinde de kullanım alanı bulmaktadır. Etkin ve kolay uygulanabilirliği nedeniyle gıda sektöründe de araştırmacıları ilgisini çekmektedir. Kılıç vd. görüntü işleme tekniği kullanarak laboratuvar ortamında seçilen gıda örneğinin boyutsal özelliklerinin belirlenmesi, örneklerin kalite renksel sınıfa göre sınıflandırılması, jel görüntülerin analiz edilmesi ve proteinlerin mikroskop görüntülerinin incelenmesi işlemlerini gerçekleştirmişlerdir (Kılıç v.d., 2006).

Sofu vd. gıda mühendisliğinde yapılan değerlendirme şekillerine ve Matlab programının kullanım alanlarına değinmişlerdir. Gıdalarda ısı işlemlerinin değerlendirilmesinde, görünür gözeneklik, sıcaklık ve nem içeriğine göre ısı geçirgenliği tahmininde, meyve, sebze ve kuruyemişlerin morfolojik özelliklerine göre sınıflandırılmasında kullanılan görüntü işleme uygulamalarında Matlab programının işlevselliğinden bahsetmişlerdir (Sofu v.d., 2006). Işık ve Güler yaptıkları çalışmada, görüntü işleme tekniği kullanarak Golden Delicious elma çeşidinde yüzey alanının belirlenmesine çalışmışlardır. Elmadan alınan üç farklı görüntü ile (önden, arkadan ve yandan) yapılan görüntü işleme sonunda elde edilen görüntü alanları toplanarak genel alan bulunmuştur. Bulunan bu genel alan elmanın soyulmuş kabukları ile karşılaştırılmıştır (Işık and Güler, 2003). Sun v.d. görüntü işleme kullanarak gıda porsiyon boyutlarını hesaplamışlardır (Şekil 9).



Şekil 9 : Yemeğin parçalara ayrılması [58].

Geliştirdikleri görüntü işleme algoritmaları ile yemek görüntülerinin porsiyon hacimlerini değerlendirerek besin ve kalori değerlerini hesaplamaya çalışmışlardır. Çalışmada, sayısal fotoğraf makinesi ya da kameralı cep telefonu ile alınan görüntüler analiz edilebilmektedir. Yapılan deneysel çalışmalarda %5 ila % 8 oranında hata payı ile verileri elde edilmiştir (Sun v.d., 2008).

Sonuçlar ve Değerlendirme

Görüntü işlemede temel hedefin, görüntünün tanımlanarak sahne hakkında yararlı bilgiyi elde etmek ve görüntüyü iyi bir şekilde gözlemek olduğu görülmektedir. Burada gözlemci insan veya makinedir. Ham görüntünün yeterince açık olmaması durumunda istenen amaca yönelik bir dizi işlemden geçirilmesi gerekir. Bu işlemler için bilgisayarlar devreye girer. İşlemler elektronik ortamda ve çoğunlukla insan tarafından yapılırken görüntünün elde edilmesinde ve kamera ayarlarında bilgisayarların yanında optik ve elektronik aletlere de ihtiyaç duyulur. Görüntü işleme kullanılacak amaca göre uygulandığında; hız, düşük maliyet ve istenilen sonuca ulaşma gibi birçok avantaja sahiptir. Görüntüler günümüz teknolojisinde (Sinema sektöründe kullanılan 3 boyutlu kameralar dışında) 2B'lu olarak alınmaktadır. Elde edilen 2B'lu görüntüler sahip oldukları renk, sahne, nesne, yansıma ve ışık durumları göz önünde bulundurularak uygulama alanlarına göre işlenebilirler. Görüntülerin kullanım amacına göre işlenebilmesi için de bir dizi algoritmalar kullanılmaktadır. Sayısal görüntülerin kullanım alanlarına göre işlenmesi, beraberinde de yeni tekniklerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Geliştirilen yeni teknikler sayesinde günümüzde görüntü işleme, birçok alanda kolaylaştırıcı bir rol oynamaktadır. Görüntünün elde edilmesinde insan faktörü, optik ve elektronik aletler önemli iken, görüntünün analiz edilmesinde de bilgisayar önemli bir faktördür. Bilgisayarlarla beraber görüntü işlemede yardımcı yazılımların da geliştirilmesi gerekmektedir. Bu alanda yapılan çalışmaların bir bölümü, elde edilen görüntünün en iyi şekilde yorumlanmasına yönelik yeni algoritmaların ve yeni yazılımların geliştirilmesi yönündedir.

Geliştirilen yeni yazılımların yanında piyasada, etkili görüntü işleme algoritmalarını bünyesinde barındıran Global Lab Image/2 ve Matlab ile beraber gelen görüntü işleme araç kutusu gibi bazı paket programlar da mevcuttur. Çalışmalarda bu tür programlar da kullanılarak kullanılan alanın farklı alt dallarında görüntü işlemeden faydalanılmıştır. Diğer yandan bu tür paket programlar, görüntü işleminin deneysel çalışmalara uyarlanması da kullanılmaktadır. Görüntüler işlenirken kullanılan işlemler, görüntüden elde edilecek verilerin çeşitliliğine göre farklılık göstermektedir. Görüntü işleme için görüntülere uygulanan ön hazırlık evresi üzerlerindeki görüntüyü (görüntü bulanıklığı, netlik, kötü görüntü) azaltmaktır. İleriki işlemlerde; görüntü inceleme, nesne tanıma ve yorumlama gelmektedir. Bunun için görüntülere düşük, orta ve yüksek seviye içeren işlemler uygulanmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1: Görüntü işleme işlem seviyeleri ve kullanım alanları

Kullanım Alanları	Kullanım Amacı	İşlem Seviyesi	Görüntü Renk Biçimi
Tasarım ve İmalat Uygulamaları	Üretim süreci ürün tespiti Üç boyutlu yorumlama Nesne tanıma Ürün ayrıştırma Ürün hasar tespiti Robotik-Otomasyon	Düşük Seviye Orta Seviye Yüksek Seviye	Gri ve Siyah-Beyaz Renkli Renkli ve Siyah-Beyaz
Savunma Sanayi Güvenlik Uygulamaları	Hedef izleme Nesne tanıma Yüz tanıma Görüntü iyileştirme Parmak izi tanıma	Orta Seviye Yüksek Seviye	Renkli ve Gri Gri ve Siyah Beyaz
Tıp Alanında Görüntülerin İncelenmesi	Görüntü iyileştirme (Mikroskopik) Görüntü iyileştirme (Kardiografi) Görüntü iyileştirme (Sintigrafi) Ultrason ve röntgen görüntüleri Ortopedi	Düşük Seviye Orta Seviye Yüksek Seviye	Siyah-Beyaz Renkli ve Gri Gri ve Negatif Gri ve Siyah-Beyaz
Mimari Uygulamalar	Tarihsel kalıntılara doku giydirmeye Mimari yapıların yeniden modellenmesi	Düşük Seviye Orta Seviye Yüksek Seviye	Renkli
Harita ve Jeodezi Uygulamaları	Uzaktan algılama	Orta Seviye Yüksek Seviye	Renkli ve Gri
Gıda Uygulamaları	Gıda sınıflandırma Besin alan Tespiti	Orta Seviye Yüksek Seviye	Renkli ve Gri

Düşük seviye işlemlerde görüntünün iyileştirilmesi amacıyla görüntüye filtreler uygulanır. Orta seviyedeki işlemlerde bilgisayar işlemleri için görüntülerdeki nesnelerin tanınması ve sınıflandırılmasında bölümlenme ve tanımlama işlemleri kullanılmaktadır. Yüksek seviye işlemler, görüntülerdeki nesnelere tanıma sonrası görüntülerin analiz edilmesi ve yorumlanması işlemlerini kullanmaktadır. Yüksek seviye işlemler, görüntünün iyileştirilmesi gerektiğinde düşük ve orta seviye işlemler ile beraber uygulanabilmektedir. Görüntü yüksek çözünürlüklü ve kaliteli cihazlar ile elde edilmişse, o görüntüye sadece orta ve yüksek seviye işlemler

uygulanır. Günümüzde tersine mühendisliğin de önemli uygulama alanlarından bir tanesi olarak kullanılan görüntü işleme, uygulamada tüm operasyonları barındırır. Gelişen teknolojiye paralel olarak görüntü işlemede yüksek hızlı bilgisayarların kullanımı görüntü işleminin de mevcut kullanılan alanların dışında birçok alanda kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Görüntünün en iyi şekilde yorumlanması ve bu yorumların sayesinde kişisel kullanım alanlarına kolaylaştırıcı rol oynayacak yeni çalışmaların da yapılması sağlanacaktır.

Kaynakça

- Akça, M.D., Doğan, S. (2002). Sayısal Görüntülerde Ana Bileşen Dönüşümü, *Harita Dergisi*, 129, 1-15.
- Altuntaş, C., Çorumluoğlu, Ö. (2002). Uzaktan Algılama Görüntülerinde Dijital Görüntü İşleme ve RSImage Yazılımı, *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotoğrammetri Mühendisliği Öğretiminde 30. yıl Sempozyumu* (pp. 434-442). S.Ü. : Konya.
- Bellaire, G. (1995). Hashing with a Topological Invariant Feature, *Proceedings Asian Conference Computer Vision* (pp. 3, 598-602). Singapur.
- Bellaire, G., Lübbe, M. (1995). Adaptive Hierarchical Indexing and Constrained Localization: Matching Characteristic Views, *Proceedings International Conference ICSC-95* (pp. 241-249). Hong Kong
- Bellaire, G., Talmi, K., Oezguer, E., Koschan, A. (1998). Object Recognition: Obtaining 2-D Reconstructions from Color Edges, *Proceedings IEEE Symposium on Image Analysis and Interpretation* (pp. 192-197). Tuscon : A.B.D.
- Borlu, M., Yüksel, M.E. (2008). Melanom Otomatik Teşhisi İçin Dermoskopik Görüntülerden Bir Görüntü İşleme Sistemi Geliştirilmesi: Ön çalışma, *Türk Dermatoloji Dergisi*, 2, 111-115.
- Bowyer, K.W., Dyer, C.R. (1990). Aspect Graphs: An Introduction and Survey of Recent Results, *Journal of Imaging Systems and Technology*, 2, 315-328.
- Costa, M.S., Shapiro, L.S. (1995). Analysis of Scenes Containing Multiple Non-Polyhedral 3-D Objects, *Proceedings International Conference Image Analysis and Processing*, (pp. 273-280), San Remo : İtalya.
- Çelik, U., Oral, M. (2003). Motorlu Araçlar İçin Plaka Tanıma Sistemi, *Elektrik-Elektronik Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi*, (pp. 499-502), İTÜ : İstanbul.
- Eker, O. (2004). Otomatik Yol Çıkarma Yöntemlerine Genel Bir Bakış, *Harita Genel Komutanlığı, Harita Dergisi*, 132, 38-47, 2004.
- Ghosal, S., Mehrotra, R. (1993). Orthogonal Moment Operators for Subpixel Edge Detection, *Pattern Recognition*, 26, 295-306.
- Gonzalez R. C., Woods R. E. (2007). *Digital Image Processing*, 3th Ed., (pp. 1-7), A.B.D., New Jersey : Prentice Hall.
- Grant, P. S. (1995). Spray Forming, *Progress in Material Science*, 39, 497-545, 1995.
- Hua, L., Weiyyu, W. (2004). A New Approach to Image-Based Realistic Architecture Modeling With Featured Solid Library, *Automation in Construction*, 13, 555-564.
- Işık, E., Güler, T. (2003). Elma Yüzey Alanlarının Görüntü İşleme Tekniği Yöntemiyle Saptanması, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), 59-64.
- Jähne, B. (2005). *Digital Image Processing*, Springer, 6th Ed., (pp. 7-19), Berlin, 2005.
- Kaynak, O., Özçoban, L. (2004). Yapay Açıklıklı Radar Görüntülerinde Yapay Sinir Ağları ile Hedef Tanımlama, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 55-60.
- Kelong, T., Yuqing, W., Lin, Y., Riping, Z., Wei, C., Yahobao, M. (2008). A New Archaeological Remote Sensing Technology, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(B7), 221-224.
- Kılıç, K., Köksel H., Boyacı İ. H. (2006). Görüntü İşleme Tekniği ve Gıda Teknolojisi Alanında Kullanımı: Deneysel Uygulamalar, *Türkiye 9. Gıda Kongresi, İzzet Baysal Kültür Merkezi* (pp. 39-40), Bolu.
- Kirişçi, V., Korucu, T., Görücü, S. (2000). Görüntü İşleme Tekniği ile Değişik Toprak-Alet İlişkilerinde Bozulma Mesafesi Oranının Belirlenmesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2), 41-46.
- Lawrynowicz, D.E., Lavernia, E.J. (1995). Sensors and Techniques Used to Monitor Processing Parameters During Spray Atomization and Deposition, *Journal of Material Science*, 30, 1125-1138.
- Negahdaripour, S., Sekkati, H., Pirsavash, H. (2009). Opti-Acoustic Stereo Imaging: On System Calibration and 3-D Target Reconstruction, *IEEE Transactions on image processing*, 18, 6, 1203-1214, 2009.

- Özkaya, N., Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E. (2005). Genel Amaçlı Otomatik Parmakizi Tanıma Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi, *Politeknik Dergisi*, 8(3), 239-247.
- Samtaş, G. (2009), Dijital Görüntülerden Üç Boyutlu CAD Modellerin Elde Edilmesi, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sziebig, G. Solvang, B., Korondi, P. (2008). Image Processing for Next-Generation Robots, *Computer Vision*, 429-440.
- Süvari, F., Meriç, B. (2008). Görüntü Analizi Yaklaşımı ile Dikiş Büzülmesi Ölçümü, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 13(2), 35-44.
- Stasiek, J., Stasiek, A., Jewartowski, M., Collins, M. W. (2006). Liquid Crystal Thermography and True-Colour Digital Image Processing, *Optics&Laser Technology*, 38, 243-256.
- Sun, M., Lin, Q., Schmidt, K., Yang, J., Yao, N. (2008). Fernstrom, J.D., Fernstrom, M. H., DeLany, J. P., Sclabassi. R. J., *Determination of Food Portion Size by Image Processing*, 30th Annual International IEEE EMBS Conference (pp. 871-874), Vancouver: Kanada.
- Sofu, A., Ekinci, Y., Demir, N. (2006). Gıda Mühendisliğinde Modelleme Sistemlerinin Matlab Programı Kullanılarak Uygulamaları, *Türkiye 9. Gıda Kongresi, İzzet Baysal Kültür Merkezi* (pp. 33-34), Bolu.
- Sonavane, R., Sawant S. B. (2007). Noisy Fingerprint Image Enhancement Technique for Image Analysis: A Structure Similarity Measure Approach, *International Journal of Computer Science and Network Security*, 7(9), 225-230.
- Şahin, A., Buluş, E., Sakallı, M. T. (2006). 24-Bit Renkli Resimler Üzerinde En Önemsiz Bite Ekleme Yöntemini Kullanarak Bilgi Gizleme, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (1), 17-22.
- Toprak, A., Güler, İ. (2009). Bulanık Uyarlamalı Ortalama Filtresi Kullanarak MR Görüntülerindeki Darbe Gürültüsünün Bastırılması, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)* (pp. 363-367). Karabük,
- Tzeng, J., Nguyen, T.Q. (2009). Image Enhancement for Fluid Camera Based on Color Correlation, *IEEE Transactions on image processing*, 18(4), 729-739.
- Uras A., Okursoy R. (2007). Pulluk Uç Demirlerindeki Aşınmaların Görüntü İşleme Tekniğinden Yararlanılarak Belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(3), 253-260.
- Viard-Gaudin, C., Lallican, P.M., Knerr, S. (2005). Recognition-Directed Recovering of Temporal Information From Handwriting Images, *Pattern Recognition Letters*, 26, 2537-2548.
- Wu, W., Yang, J. (2009). Semi-Automatically Labeling Object in Images, *IEEE Transactions on image processing*, 18(6), 1340-1349.
- Xu, Q., Lavernia, E.J., Fundamentals of The Spray Forming Process, In Proceedings of International Conference on Spray Deposition and Melt Atomization, Bremen, Almanya, 17, 2000.
- Yağımlı, M., Varol, S. (2009). Renk Bileşenleri Yardımıyla Hareketli Hedeflerin Gerçek Zamanlı Tespiti, *Journal of Naval Science and Engineering*, 5 (2), 89-97.
- Yaman, K., Sarucan, A., Atak, M. (2001). Dinamik Çizelgeleme İçin Görüntü İşleme ve Arıma Modelleri Yardımıyla veri Hazırlama, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(1), 19-40.
- Yang, J., Wang Y., Liu Y., Tang S., Chen W., Novel Approach for 3-D Reconstruction of Coronary Arteries from Two Uncalibrated Angiographic Images, *IEEE Transactions on Image Processing*, 18, 7, 1563-1572, 2009.
- Yang, X.Q., Li, M. (2002). Using Hopfield Neural Network and 2D Evolutionary Operators to Detect Image Edge, *Proceedings SPIE: International Society for optical Engineering*, 4221, 292-295.
- Yaşar, F., Akgünlü F. (2007). Histogram Eşitleme İşleminin Dijital Radyograflardaki Nicel Ölçümler Üzerindeki Etkisi, *Sakarya Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 16, 22-27.
- Ying-dong, Q., Cheng-song, C., Shan-ben, C., Qing-chum, L. (2006). On-Line Measurement of Deposit Dimension in Spray Forming Using Image Processing Technology, *Journal of Materials Processing Technology*, 172, 195-201.
- Yılmaz, N., Sağıroğlu, Ş., Bayrak, M. (2006). Genel Amaçlı Web Tabanlı Mobil Robot: SUNAR, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(4), 745-752.
- Zhou, G. (1997). Primitive Recognition Using Aspect-Interpretation Model Matching in Both CAD and LP Based Measurement Systems, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 52, 74-84.
- Zischinsky, T., Dorffner, L., Rottensteiner, F. (2000). Application of A New Model Helicopter System in Architect Photogrammetry, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing (IAPRS)* (pp. 33, 959-965). Amsterdam: Hollanda