



BİRLESİK GÖRSEL ROBOT SİSTEMİ İLE NESNE TASNIFI

Erol UYAR
Aytaç GÖREN
Levent ÇETİN

ÖZET

Bu araştırma çerçevesinde çeşitli nesnelerin sınıflandırılması ve tasnifi amacı ile geliştirilmiş olan bilgisayar kontrollü bir kamera sisteminin dizayni, üretimi ve uygulamaları tanıtılmaktadır. RF vericili renkli bir kamera, grabber kart takili bir bilgisayar ve pnömatik tahrikli robot manipülatörden oluşan sistem, gerçek zamanlı ve on-line uygulamalarda çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. İşlemin ilk safhasında, kamera tarafından yakalanan görüntü (RGB Skalasında) bir frame grabber kartı ve C++ programlama dilinde yazılmış olan özel bir yazılım yardımıyla, ileriki ayırtma işlemleri esnasında nesnenin tanınabilmesi için dijital bir görüntü bilgisine çevrilerek bilgisayarın hafızasında depolanır. İkinci aşamada ise kamera vasıtasıyla ebatları ya da çeşitli özellikleri sayesinde tanımlanan nesnelere, dört serbestlik dereceli ve PIC kontrollü bir elektro-pnömatik robot manipülatör tarafından, daha önceden tanımlanmış olan yörüngeyi takip ederek belirlenmiş mevkilerde tasnif edilir. C++ kodlama sistemi ile yazılmış olan özel kontrol algoritması aynı zamanda servo stepper motorun ve manipülatörün elektro-pnömatik valflerinin kontrolünde de kullanılmaktadır. Hem objelerin ebat ve özelliklerine göre tasnifinde hem de robot kolunun çalışmasıyla görüntü işleme arasındaki senkronizasyonda başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

GİRİŞ

Son zamanlardaki üretim teknolojilerinde robot manipülatörlerin kullanımı her zaman kaçınılmaz olmuştur ve çeşitli işlevler için çeşitli türde manipülatörler giderek artan bir hızla geliştirilmektedir. Bu endüstriler, siki rekabet dolayısıyla, daha etkin ve daha verimli üretim sistemlerine ihtiyaç duymaktadır.

Gelisen teknoloji çeşitli sensörleri kullanmak suretiyle robot manipülatörleri daha kullanışlı ve etkin hale getirmiştir. Makine vizyonu birçok endüstriyel işlemde potansiyel uygulama sahasına sahip olması sebebiyle robotik alanda önemli bir algılama teknolojisi olmaktadır. Makine vizyonunun su anki uygulamalarının çoğu henüz araştırma aşamalarında karsımıza çıkmaktadır ancak vizyon teknolojisinin robotik alanının geleceğinde giderek artan önemde bir rolü olacağı öngörülmektedir. Nesne tanımlama sistemi bunun için iyi bir örnektir. Bu sistem nesnelere ebatlarına ve özelliklerine göre birbirinden ayırmak, nesnelerin tam olarak hangi koordinatlarda olduğunu belirlemek veya çalışma için en uygun alanları tespit etmek gibi birçok uygulama alanına sahiptir.

Bir robot manipülatör sistemi yalnızca mekanik bir bağlantı serisinden ibaret olarak görülmemelidir. Bir kol, bir disk güç kaynağı, bir kol ucu aparatı, iç ve dış sensörler, aktüatörler, bir bilgisayar ara yüzü ile kontrol bilgisayarından oluşan mekanik kol tüm sistemin sadece bir parçasıdır. Esasında kullanılan yazılım bile tüm sistemin bir parçası olarak düşünülmelidir. Çünkü robotun programlanma ve kontrol edilme tarzı sistemin performansında ve müteakip uygulamaların sekillenmesinde son derece önemli bir role sahiptir.

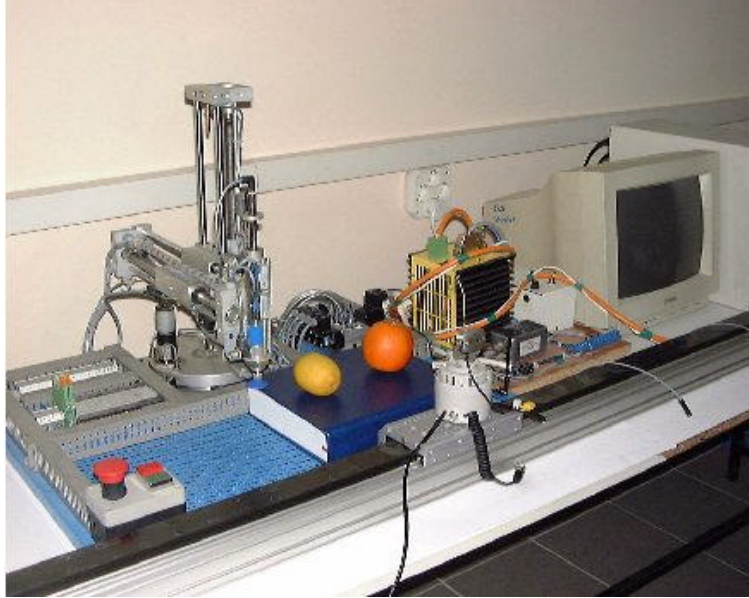
Robot manipülatörleri ile birlikte farklı algılama sistemlerinin kullanılması sayesinde eşzamanlı işlemler farklı koşullar altında hatasız gerçekleştirilebilir. Bu da üretim kalitesini olumlu yönde etkiler.

Bu çalışma kapsamında hız kontrollü bir hareketli bant, bir CCD kamera ve robot manipülatörden oluşan sınıflandırma sistemi tanımlanmaktadır. Kamera tarafından görüntünün yakalanmasının ve ayırma işleminin tamamlanmasının ardından tanımlanan nesne robot manipülatör vasıtasıyla daha önceden belirlenmiş olan yere aktarılır. Buradaki sistem özellikle portakal ve mandalina gibi birbirine çok benzeyen meyveler üzerinde kullanılmış ve test edilmiştir.

Tüm sistemin görüntüleme kabiliyetinin ve pozisyon tutarlılığının endüstriyel uygulamalar açısından ne derece elverişli olduğunun anlaşılması amacıyla yapılan uygulamalarda son derece memnuniyet verici, olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

DENEYSEL DÜZENEK

Sistem iki ana bölümde ele alınabilir: ilki görüntü işleme, ikincisi ise manipülatörün hareketi ve kontrolüdür.



Sekil 1. Deneysel düzenek

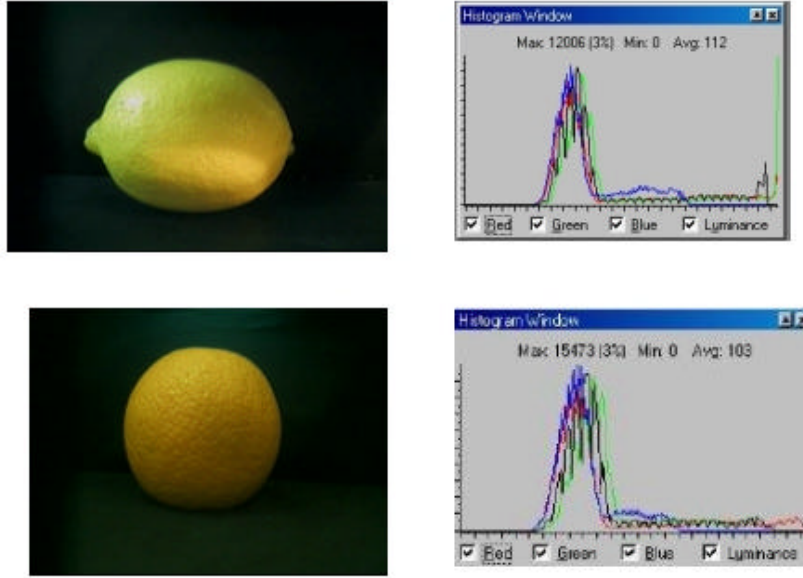
Görüntü Sistemi ve Ayırma Algoritması

Çalışmanın bu kısmında görüntünün yakalanması amacıyla bir analog RGB kamera ve bir grabber kartı kullanılmaktadır. Nesne tanımlama ve ayırma amaçlı kullanılan özel yazılımın akım şeması Figür 3'te verilmektedir.

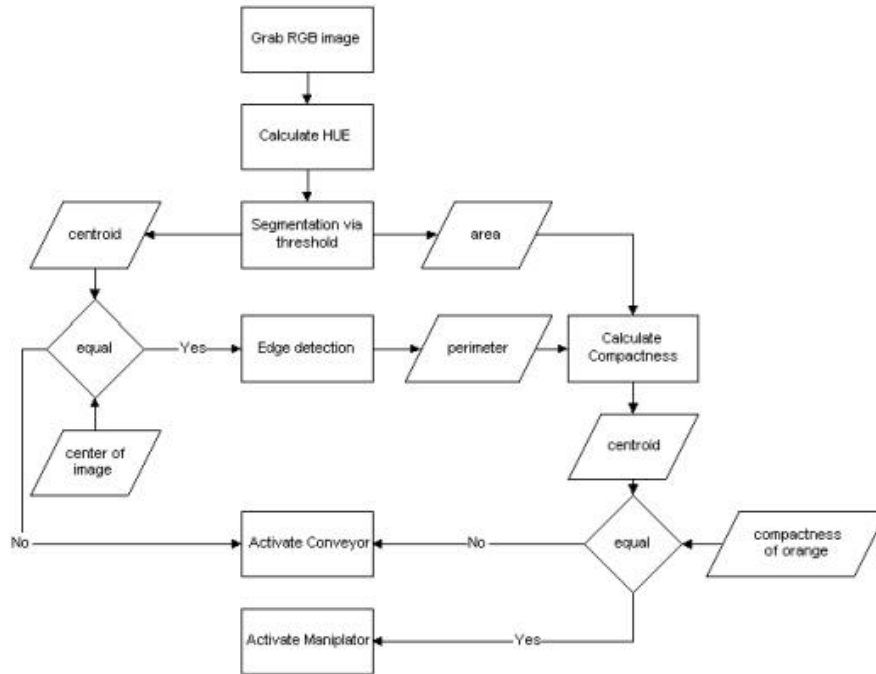
Sistem görüş alanına giren nesneyi tespit eder, fotoğrafını çeker ve daha sonra uygun renk eşik değerinin seçilmesi temeline dayanan özel algoritması sayesinde arka plandan ayırır. Bu uygulamada Photoshop ve Paintshop Pro gibi dijital resim işlemi yazılımlarının kullandığı üç ana renk özelliği olan Hue, Doyum ve Işık yoğunluğu (HSI) özellikleri kullanılmaktadır.

Alınan gerçek dijital görüntünün bu üç kanala ayrılmasıyla görüntüler üç ayrı karakteristikte değerlendirilebilir hale gelir. Burada amaç farklı parlama ve ışıklandırmanın yapacağı etkileri elemek ve ayırma işlemi için en uygun karakteristik eşik değerlerini elde etmektir. Hue görüntü kullanılmasıyla orijinal renk değerleri korunurken bir tür gri skala dönüşümü de elde edilmiş olur.

Ayrıştırma işleminin ardından, bazılarında aynı zamanda future vektörleri adı da verilen statik moment, ağırlık merkezi koordinatları, temel eksenler ve temel eksenlerle nesnenin verilen rotası arasındaki açı bilgisayar tarafından hesaplanabilir ve belirlenebilir. Böylece rotasyon, translasyon, ve ölçekten bağımsız tanımlama işlemleri saptanabilir. Bu vektörler daha sonra nesnenin ileriki sınıflandırma işlemlerinde kullanılacaktır.



Sekil 2. Yakalanan Görüntü Örnekleri ve Özellikleri



Sekil 3. Nesne tanıma ve seçme algoritmasının akım seması

Her ne kadar görüntü RGB formatında alınsa da renkler birbirinden Hue Doymu ve Isık yoğunluğu (HSI) özellikleri ile ayrılmaktadır. Hue bir isık dalga karışımının içindeki en baskın dalga boyutu ile ilişkili bir nitelik, gözlemci tarafından fark edilebilen baskın rengi temsil eder.



Ayrıştırma ve esik değeri belirleme işlemi sonuçlarının geliştirilmesi amacıyla görüntünün Hue değerleri aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{[(R-G)+(R-B)]/2}{\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}} \right\} \quad (1)$$

burada:

R : RGB görüntüsündeki pikselin kırmızı bileşeni

G : RGB görüntüsündeki pikselin yeşil bileşeni

B : RGB görüntüsündeki pikselin mavi bileşeni

T : Hue değerine bağlı açısal değer

H : Pikselin hue bileşeni

$$H = \begin{cases} \theta & B \leq G \\ 360 - \theta & B > G \end{cases} \quad (2)$$

Olusan H matrisi [0~255] değerleri arasında ölçeklendirilir.

Kullandığımız algoritmada her modifiye edilmiş girdi pikseli esik değeri ile karşılaştırılır ve çıkışı değerine dayandırılır. Çıktı değeri 0 yada 255 değerine ayarlanır. Esik değerine göre yapılan ayrıştırma işlemi en basit ayrıştırma işlemidir. Aynı zamanda hızlı hesaplanabilir ve hafıza kullanımından açısından uygundur. Ancak doğru esik değeri seçimi son derece önemlidir. Bölgesel esik değeri ayarlamaları ancak gri seviye değişimleri düzenli olduğu sürece mümkündür. Bu kabulün geçerli olması için ekstra aydınlatma sağlanmaktadır.

Görüntünün arka planı siyah olarak kabul edildiğinden ve görüntü basit bir plandan oluşturulduğundan esik değerinin belirlenmesi kolaylaşmıştır. Ön plan bilgisi içeren binary bir görüntü elde etmek için esik değeri tecrübi olarak seçilir.

Algoritmanın ikinci aşaması nesneyi doğru şekilde görüntünün merkezine yerleştirmektir. Böylece pnömatik manipülatörün parçayı seçme ve yerleştirme işlemleri açık döngüyle gerçekleşmesi sağlanır. Bu amaç döngüsel bir çevrimle gerçekleştirilebilir. Başlangıçta nesnenin merkezi hesaplanır ve bu değer tüm görüntünün merkezi ile karşılaştırılır. Eğer ortada ayırık bir konumlandırma söz konusu ise bu konveyör banda iletilir. Bu işlem yeni referanslar birbirleri ile çakısına kadar devam eder.

Nesne görüntünün merkezine yerleştirildiği zaman algoritmanın tanımlama aşaması başlar. Önce nesneye Sobel değerine bağlı olarak kenar belirleme işlemi uygulanır. Ortaya çıkan görüntü bize nesnenin dış hatlarını verir ve çevre beyaz piksellerin sayılması ile bulunur.

Tablo 1. Sobel kenar tespit matrisleri

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

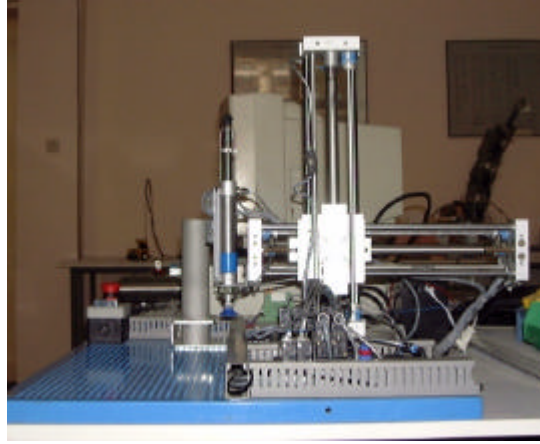
$$\text{Sobel Genliği} = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (3)$$

Takiben dairesellik değeri şu şekilde hesaplanır ;

$$\text{Dairesellik} = (\text{Çevre})^2 / \text{Alan} \quad (4)$$

Farklı cisimlerin hesaplanmış değerlerinin karşılaştırılmasından; örneğin portakal ile, nesnenin portakal olup olmadığı anlaşılır. Eğer cisim portakal ise PIC teki, portakal için hazırlanmış olan, seç ve yerleştir programı portakalı önceden belirlenmiş yörüngeyi takip ederek ilgili alana yerleştirmesi için manipülatörü aktif hale getirir.

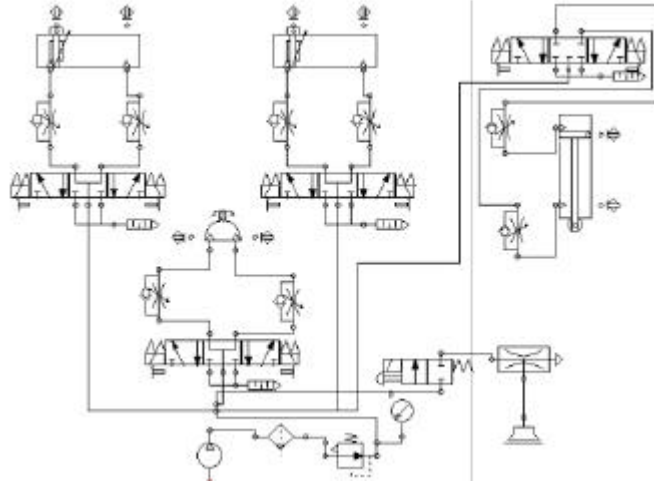
Pnömatik Manipülator ve Kamera Sürücü Sistemi



Sekil 4. Tut ve Yerleştir İşlemleri İçin Pnömatik Manipülator

Bu çalışmada, istenilen tut ve yerleştir görevlerini gerçekleştirmek üzere dört serbestlik dereceli bir pnömatik manipulator yapılmıştır. RGB kamera ile tanımlanan cisimler daha sonra manipülator tarafından alınır ve ilgili yere taşınır. Manipülatorün kontrolü ana bilgisayarın emirleri dahilinde çalışarak düşük seviyeli işlemler yerine getirebilen bir mikro kontrol cihazı (PIC) vasıtasıyla sağlanır.

RF CCD kamera bir servo stepper motor ve kendi sürücü ünitesi tarafından hareket ettirilen bir çubuksuz silindirin üzerine yerleştirilmiştir. Görüntü işleme ve stepper motorun sürücü ünitesinin kontrolü ana bilgisayar tarafından sağlanır. Seçme işlevi ise emme valfleri ve donanımları tarafından gerçekleştirilir. Pnömatik kontrolün devre şeması Sekil 5'te verilmiştir.



Sekil 5. Manipülatorün Pnömatik Kontrol Şeması

SONUÇ

Görüntü sisteminin ayırtma kabiliyeti farklı geometrik şekillere ve farklı renk kompozisyonlarına sahip olan çeşitli meyveler üzerinde test edilmiştir. Cismin karakterizasyonu için renk analizi özelliklerine dayanan algoritmalar ve geometrik tanımlamalar geliştirilmiş ve C++ kodu ile yazılım haline getirilmiştir. Bu yazılım ileriki tanımlama ve karşılaştırma işlemlerinde de kullanılacaktır. Sıkışıklık faktörünün hesaplanması ile birbirlerine çok benzeyen nesnelerin tanımlanmasında dahi çok



basarılı sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle Sobel Algoritmasının kullanılması ile kenar tespitinde artı bir yeterlik kazanılmıştır.

Diğer taraftan nesne hareketi, kamera tanımlaması, ayırma ve seçme işlemleri arasındaki senkronizasyon mükemmel bir zamanlama ile elde edilmiştir. Bu sistem benzer endüstriyel uygulamalarda hiçbir zorlukla karşılanılmadan kullanılabilir.

Görüntü işleme performansının geliştirilmesi amacıyla Neural Network analizlerine dayanan eşik değerlerinin belirlenmesine yarayacak olan bir çeşit adaptif seçme algoritmasının kullanılması düşünülmektedir. Nesnenin renk özelliklerinin değerlendirilmesinde benzer bir metod ek tanımlama parametresi oluşturacak şekilde kullanılacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] RAMESH, J., RANGACHAR, K., BRIAN, S., "Machine Vision", Mc Graw Hill, 1995.
- [2] UYAR, E., GÖREN, A., AYBERK, A., "A combined vision-Robot Arm System for Material Assortment", MED2002, Lizbon-Portekiz, 2002.
- [3] ERÜNVER, M., Ö., "Gerçek zamanlı görsel nesne tanıma", Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, 2001.
- [4] UYAR, E., ERÜNVER, M., Ö., "Assortment of materials due to visual characteristics by a robot arm", 6.th International IFAC Symposium on Robot Control, Syroco 2000, Vienna-Austria, 2000.

ÖZGEÇMİŞLER

Erol UYAR

1945 yılı İzmir doğumludur. 1970 yılında Stuttgart Üniversitesi Makina Mühendisliği'nden mezun olmuştur. 1976 yılında Ege Üniversitesi Makina Mühendislik Bilimleri Fakültesi'nden doktor mühendis unvanını almıştır. 1981 yılında Ege Üniversitesi Makina Fakültesi'nden doçentlik, 1989 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi – Müh. Mim. Fakültesi'nden profesörlük unvanını almıştır. Halen Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği – Makina Teorisi ve Dinamigi Ana Bilim Dalında Otomatik Kontrol , Sistem Dinamigi, Elektriksel Otomasyon ve Mekatronik derslerini vermektedir.

Aytaç GÖREN

1994 yılında Tekirdağ Anadolu Lisesi'nde lise öğrenimini tamamladı. Dokuz Eylül Üni. Makina Mühendisliği'nde Konstrüksiyon ve İmalat opsiyonunu 1999 yılında tamamladı. Yüksek Lisans çalışmasını 2001 yılında Dokuz Eylül Ün. Makina Müh. - Makina Teorisi ve Dinamigi ABD' de tamamladı. 2001 yılından itibaren Dokuz Eylül Ün. Makina Müh - Makina Teorisi ve Dinamigi ABD'de yapay sinir ağlarıyla non-holonamik araçların kontrolü üzerine doktora çalışmasına devam etmektedir. NH araçların dinamiği ve kontrolü, robot teknolojileri, klasik kontrol teknikleri, mekatronik, yapay sinir ağları, görüntü işleme, hidrolik-pnömatik sistemler ve endüstriyel otomasyon üzerinde çalışmaları devam etmektedir.

Levent ÇETİN

Lise öğrenimini Çınarlı Anadolu Meslek Lisesi Elektronik bölümünün de tamamladı(1990-1994). Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği'nde Konstrüksiyon İmalat opsiyonunu 1998 yılında derece ile bitirdi.1998 yılından itibaren Prof. Dr. Erol Uyar'ın danışmanlığında Motor kontrollü, robot teknolojileri, görüntü işleme ve bilgisayarlı görüş,bulanık mantık,klasik kontrol teorisi ve optimizasyon alanlarında çalışmalar yapmaktadır.Suan doktora devam etmekte olup çalışma konusu görsel servo sistemlerdir.