

ALGILAYICI (SENSOR) TABANLI ROBOT KONTROL SİSTEMLERİ

Fumio Harashima, Hiçteki Hashimoto, ve Takashi Kubota(*)

Çeviri : Selim ESKİİZMİRLİLER(**)

Özet :

Algılayıcısı bulunmayan bir robotun son-
etkileyicisi (end-effector), çalışma uzayı (co-
ork space) içindeki bir yol boyunca eklem -
şaft kodlayıcısından gelen veriden başka
hiçbir geri beslemeye bakmadan ilerlemek
zorundadır. Bu durum robotun yüklenebile-
ceği görevleri sınırladığı gibi, hedef cisimlerin
hassas bir şekilde yerleştirilmesi için gerekli
malijeti de yüksektir. Bu nedenle robotik
sistemlerde algılayıcı kullanımı üzerine yoğun
bir ilgi mevcuttur.

Algılayıcılarının yardımıyla robot bir "adaptif
davranış" özelliği kazanır. Böylece robot or-
tam değişiklikleriyle esnek bir tarzda ilgile-
nebilirler ve yorumlama-karar verme gibi sü-
reçleri içeren daha karmaşık görevlerin üstesinden gelebilir.

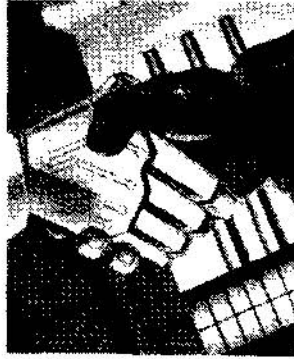
Algılayıcı tabanlı kontrol sistemleri, dış algısal geri besleme ol-
maksızın kullanılan günümüz robotlarının uygulama alanlarını sı-
nırlayan "bilinmeyen ortam" ve "belirsiz model" gibi zorluklardan
bir çoğunun üstesinden gelebilirler.

Beş temel insan duyusunu görme, işitme, dokunma, tatma koku
alma olarak sıralarsak, robotlar için bunlardan sadece ilk üçü
anlamlıdır.

Bu üç duyu arasından göme duyusu ise robotik sistemler için en
fazla öneme sahip olanıdır. Dolayısıyla yazımızda görsel algıla-
yıcılar ve bu tip algılayıcılara dayanan kontrol sistemleri ağırlıkta
olacak

Son zamanlarda araştırmacıların ilgisi, çok sayıda algılayıcının
kullanılmasıyla robot zekasının iyileştirilmesi konusu üzerinde
yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle yazımız, özellikle algılayıcı tüm-
lemesi (integration) veya füzyonu (fusion) konularında olmak
üzere, çok sayıda algılayıcı/ı sistemler için, görsel ve mesafe al-
gılayıcıların (range sensor) birlikte çalışmasına dayanan bir seyir
(navigation) metodu açıklanmıştır.

(*) Endüstriyel Bilim Enstitüsü, Tokyo Üniversitesi
(**) Orta Doğu Teknik Üniversitesi Elektronik Mühendisliği
Bölümü, Y.Lisans Öğrencisi

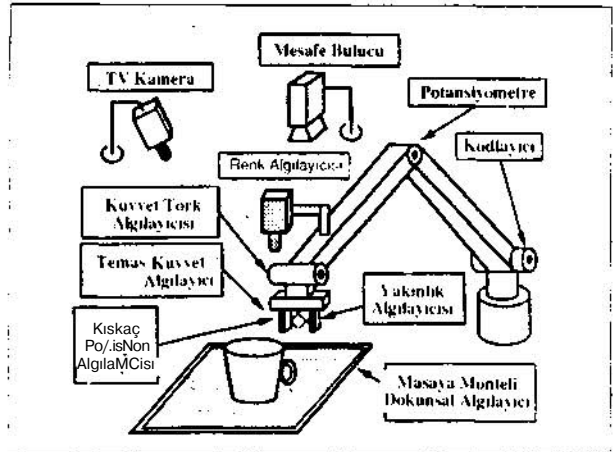


I. ALGILAMA SİSTEMİ

Zeki robot sistemlerinin şekil-1'de gö-
rüldüğü gibi görsel, dokunsal (tactile),
kuvvét tork ve diğer tip algılayıcılardan
gelen geri beslemeye dayanan hareket
kontrolüne ihtiyacı vardır. Son zaman-
larda çok sayıda algılayıcı sistemler
dikkatleri üzerlerine toplamaktadırlar.
Çünkü ileri teknolojiye dayanan robot-
ların kesin, doğru ve zengin bilgiye ihti-
yacı vardır. Bu bölümde algılama siste-
mi, algılayıcı kontrol sistemleri ve çok
sayıda algılayıcı işleme (proces-
sing) sistemleri açısından tartışıldı.

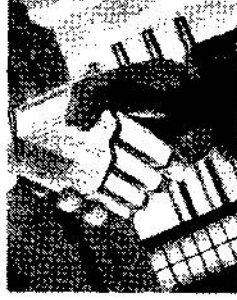
1.1. Algılayıcı tabanlı kontrol sistemleri:

Robotik algılamanın amaçlarından bir tanesi de algılayıcı
tabanlı kontroldür. Bu tip bir kontrol sistemi, robot bir ci-
simle uğraşırken önemli bir rol oynar. Genelde algılayıcı



Şekil 1: ÇOK SAYIDA algılayıcı sistem

- Hedef cisimlerin tanınması
- Ortam analizi ve yörünge saptanması (Hareketli robotlar için)
- Optik akıştan hareket çıkarımı
- Bileşenin görsel muayenesi
- Görsel mesafe veya derinlik ölçümleri
- Hedef cisimlerin pozisyon ve oryantasyonlarının saptanması
- Son-etkileyicinin görsel servo kontrolü olabilir.



“Robot sistemler bir tanımlama seviyesinden daha fazlasını ilişkilendirmek veya bu seviyelerden birini kullanmak üzere şekillendirilebilirler.”

Yukarıdaki listenin tüm ayrıntıları kapsadığı tabii ki söylemez. Uygulama sahası genişlemeye devam ettikçe görsel sistemler robotik uygulamalarda yeni görevler üstlenecek, denetim kavramına yeni boyutlar kazandıracaktır. Bu bölümde ağırlık yukarıdaki listenin son başlığına verilecektir. Görsel servisleme, insanoğlundaki el-göz koordinasyonuna tam olarak benzeyen bir şekilde, bir robotun son-etkileyicisine görsel veri aracılığıyla rehberlik etme işlemidir. Eğer gerçekten akıllı robotların seri üretimi yapılacak olursa, görsel rehberlik robot kapasitelerinin bir parçası olmalıdır.

2.1. Sen/isleme (Servoing) için neden görme?

Robotun hareketini kontrol eden geri besleme çevrimlerinde, eklem pozisyon bilgisini sağlamanın bir çok yolu vardır.

Şaft kodlayıcılar, takometreler, yeniden çözücüler vb. içeren algılayıcılar oldukça güvenilir ve yeterlidir. Bununla birlikte, talep edilen performans özelliklerini karşılamak üzere çok daha karmaşık nianüplatörler geliştirilmiştir. Eklem algılayıcıları, bu tür durumlarda son-etkileyici hareketini tümüyle tanımlamada yetersiz kalır. Kodlayıcı ve çözücüler, basit olarak aşırı yükten kaynaklanan yük deformasyonuna veya eklemlerdeki elverişsiz sertliklere (ki bunlar birlikte son - etkileyicide dinamik sapmalara neden olurlar) cevap veremezler.

Ancak eklem kodlayıcıları ve çözücülerini, yapılacak işteki veya işin yapıldığı ortama ait değişikliklere ilişkin bilgi veremezler. (Örneğin, hedef cisimlerin yerleşim ve oryantasyon değişiklikleri.) Yukarıda tanımlanan problemlerin çözümü açısından bakıldığında, görsel algılama, robotların hem yapılaşmamış hem de kesinlik ve mutlak doğruluk gerektiren görevlere uyarlanmasında temel olanaklar sağlar.

Hızlı görme sistemlerinin verdiği umutlar ve özel amaçlı, yüksek hızlı optik algılayıcılar dinamik görsel servo kontrol sisteminin sentezini mümkün kılacaktır.

2.2. Algılayıcı tabanlı kontrolün hiyerarşik yapıları:

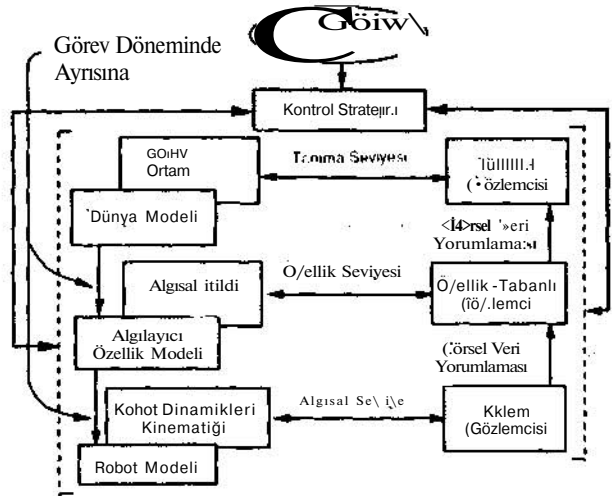
Robot kontrol görevleri, tipik olarak görev ortamının dünya koordinat eksen takımı (world coordinate frame) içinde tanımlanır. Ortam, robotu, hedef cisimleri ve eğer varsa engelleri kapsayabilir. Kontrol stratejileri, dünya koordinat eksen takımı içinde tanımlı görevleri diğer koordinat eksen takımları içinde tanımlı alt kontrol süreçlerine eşlemek için formüle edilir. Hiyerarşik yapılar, modüler organizasyonu ve görevlerin etkili bölünmelerini kolaylaştıran böyle sistemler için önerilmiştir. Şekil 3: Koordinat eksen takımları, modeller, ve karşılık düşen gözlemciler arasında hiyerarşik

ilişkiye sahip böylesine bir yapıyı göstermektedir. Görsel verinin tanımlanmasına ve kullanımına ilişkin 3 seviye vardır.

Algılayıcı seviyesi: Algılayıcı-eylem referans sinyalleri tabanlı alçak seviye kontrolüne karşılık gelir.

Özellik seviyesi: Özellik-tabanlı ilkel veriler algılayıcı sinyallerinden türetilir ve orta seviye kontrollerde kullanılırlar. Bu veriler arasındaki atanmış ilişkileri tanımlamak üzere, özellik-tabanlı gözlemciler kullanılır.

Tanım seviyesi: Özellik - tabanlı ilkel verilerin görev-seviye modelleri halinde yorumlanması ve karar verme yapısına dayanan yüksek - seviye kontrolünün tanımlanması.



Sakıl 3: Hiyerarşik Yapı

Robot sistemler bir tanımlama seviyesinden daha fazlasını ilişkilendirmek veya bu seviyelerden birini kullanmak üzere şekillendirilebilirler. Algılayıcı seviyesinde, görev tanımlamasını algılayıcı ve eylem seviyelerine eşlemek için görev bölümüşümünde daha fazla iş yapmak gerekir.

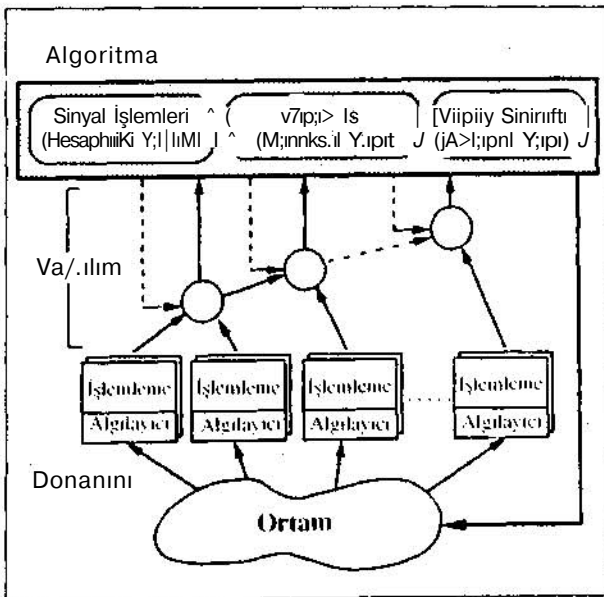
Diğer taraftan, tanım seviyesinde algısal sinyal bilgileriyle soyutlamanın üst seviyeleri arasında bir eşleme sağlamak üzere, görsel veriyi yorumlamak için daha fazla çaba sarfedilecektir. Bu nedenle, sistem dizayn edilirken görev dağılımında ki karmaşıklıkla görüntü yorumlaması için gereken zaman arasında optimum bir uzlaşma sağlanmalıdır.

Yönlenmemiş bir cismin bir paletten görsel geri beslemeli kontrol kullanılarak alınması görsel algılayıcı tabanlı kontrol görevleri için bir örnektir. Görev, seviyesinde bir komut cisim üzerinde yapılacak işlemi tanımlar. Robot henüz cismin yeri ve yönelimi konusunda ki bilgiyle programlanmamıştır. Bu anlamda görev ortamı yapılaşmamış durumdadır. Robotta bir TV kamerası yerleştirilerek görsel algılama yeteneği sağlanır. Kamera vasıtasıyla alınan görüntü, bir bilgisayar görme sistemi tarafından, cisimleri sınıflama ve son-etkileyiciyle cismin uzaysal pozisyonu arasındaki ilişkileri ifade etmek için işlenir. Ortamın cisimlerin ve son-etkileyicinin pozisyon ve oryantasyonları arasında üç boyutlu ilişkileri yorumlamak için bilgisayarla görmenin kullanımı genelde gerçek kontrolde uygun olmayabilecek düzeyde geniş hesaplamalar gerektiren karmaşık bir görevdir. Görüntü yorumlaması için yapısal aydınlatma, daha basit algılayıcılar ve başka kullanılan teknikler görsel servo kontrol uygulamaları için avantajlar sunabilir. Görme teknolojisinin bugün ki durumu açısından algılayıcı seviyesi ve özellik seviyesi mümkün seviyelerdir. Fakat tanıma seviyesi henüz hızlı gerçek zaman kontrol teknikleri için mümkün değildir.

3. GÖRSEL KONTROLDE YAPAY SİNİR AĞLARININ KULLANIMI

3. ALGILAYICI FÜZYON SİSTEMİ

Son zamanlarda robot zekasının görsel ve görsel olmayan algılayıcılar gibi çok sayıda algılayıcı kullanarak geliştirilmesi üzerine artan bir ilgi mevcuttur. Robot gerçek dünyada çalışabilmek için gerekli bilgiyi yüksek bir güvenceyle elde etmelidir. Bunun için çok çeşitli algılayıcılardan gelen bilginin füzyonu veya tümlenmesi gerekmektedir. Bu amaç için çeşitli metodlar önerilmiştir. Örneğin planlamanın üst seviyesinde "kara tahta" (blackboard) kullanılması, çok algılayıcı çekirdek sistemi, içsel fiziki modelleri bunlardan bazıları olarak sıralanabilir. Bu bölümde üç seviye açısından algılayıcı füzyon sistemlerinin oluşturulmasına yaklaşımlar tartışılacaktır. Donanım seviyesi, yazılım seviyesi, algoritma seviyesi.



Şekil 4: FÜZYON Sisteminin Yapısı

3.1. Algılayıcı füzyon sistemleri: Şekil 4 genel olarak çok sayıda algılayıcı içeren bir sistemin yapısını göstermektedir.

Donanım Seviyesi: Değişik algılayıcılar, değişik bilgi türleri sağlarlar. Bu nedenle tek bir işleme birimi için bu tip bilgilerle ilgilenmek yeterince etkili değildir. Akıllı - algılayıcı (smart sensor) kavramı burada dikkati çekmektedir. Söz konusu algılayıcı sadece bir hissetme cihazı değil fakat aynı zamanda bir bilgi işleme birimidir. VLSI teknolojisindeki gelişmeler yonga üstündeki devrelerinde düşük seviye sinyallerinin birçoğunu işleme ve füzyon algoritmalarını içeren akıllı-algılayıcıların üretilmesini sağlamıştır.

Yazılım Seviyesi : Yazılım seviyesinde fonksiyonu zenginleştirmek daha önemlidir. Yazılım seviyesinde elde edilen fonksiyonlar aşağıdaki gibidir.

- Esnek ve güçlü bir ağ'ın (network) tanımlanması
- Yerel geri besleme döngüsünün tanımlanması
- Etkili dağıtılmış işleme
- Gerçek zamanda işleme

Algoritma Seviyesi: Algoritma seviyeleri temel olarak işaret işleme, yapay us ve yapay sinir ağları (Neural Network) olmak üzere 3 kısımda sınıflandırılabilirler, işaret işleme araştırmalarının başlıkları filtreleme, parametre tahmini, spektrum analizi, model tahmini ve kompanzasyondur. Tüm bu işaret işleme metodlarının algılayıcı füzyon sistemlerini iskeleti içinde yeniden düşünülmesi gerekmektedir.

Yapay us ve sinir ağları alanındaki araştırmalar hem teorik hem de pratik çözümler sunmaktadır. Al temelli araştırma algılayıcı seçimi, otomatik hata Saptama - düzeltme ve yüksek seviyeli tanımlamaların geliştirilmesi gibi alanlar için kullanışlıdır. Yapay sinir ağları, hesaplama yönteminin veya algılamanın mantıksal yapısının belirsiz ya da bilinmeyen olduğu durumlarda uygundur.

4. GÖRSEL VE MESAFE ALGILAYICILARININ BİRLİKTE ÇALIŞMASI

Bu bölümde bir hareketli robotun, algılayıcıların birlikte çalışmasına dayalı kontrol stratejisi açıklanacaktır. Çeşitli duyarğaçlar arasında, görsel duyarğaçların akıllı, hareketli bir robotun kontrolünde önemli bir rol oynaması beklenir. Nitekim, bu stratejide görsel bilgi genel bilgi gibi kullanılır ve engellere ilişkin kaba bilgiler elde edilir. Daha detaylı derin bilgiler gerekli olduğunda mesafe duyarğaçları kullanılır.

4.1. Tahmini Ortam:

Burada hareketli robotun bir ev içinde hareket ettiği kabul edilmektedir. Bu nedenle robotun içinde çalıştığı dünya dik duvarlarla çevrilidir ve yerin düz olduğu varsayılmaktadır. Çalışılan ortamın tümüyle bilinmesi gerekli değildir. Bununla birlikte önceden "parça parça" bilinmelidir. "Parça parça"dan kastedilen, en az kaba genel bir haritanın verilmiş olmasıdır. Hiyerarşik bir yol planlama metodu böyle bir ortam için etkilidir.

4.2. Hiyerarşik yol planlaması:

Planlama sistemi bir global bir de yerel planlayıcılardan oluşur. Global planlayıcı, genel haritaya bağlı olarak atanmış bir hedefe erişmek için görsel alt-hedeflerden oluşan bir dizi yapar; yerel planlayıcı ise algılayıcı bilgisine bağlı olarak alt hedefler arasında fiziki bir yol belirler. Bu nedenle, bu iki planlayıcının hiyerarşik olarak kullanılması önemlidir. Global planlayıcı tarafından yapılan alt hedef haritası robot ortamını görsel alt hedefler seti halinde belirler. Görme yoluyla saptanan herhangi bir cismin alt-hedef karakteristiği olarak kullanılabilir. Örneğin: Kapılar, pencereler, direkler vb.

Genel harita kaba olduğundan dolayı robot alt-hedefler arasındaki çevreye ilişkin herhangi bir bilgiye sahip değildir. Bundan dolayı robot algılayıcılar kullanılarak elde edilen bilgilere gereksinir. Yerel planlayıcılar temelde görsel bilgiden olmak üzere gerçek zamanda bir plan yapar. Eğer görsel algılayıcı direkt olarak bir sonraki alt hedefi saptayabilirse, robot bu alt hedefe gidecek şekilde kontrol edilir.

Eğer bilinmeyen engellerden dolayı bir sonraki alt hedef belirlenemezse yerel planlayıcı ulaşabilecek yeni bir alt hedef üretmelidir.

Yerel planlayıcı engel etrafındaki ortam hakkında bilgiyi kullanarak serbest uzayı saptar ve yeni bir alt hedefle bir kaçınma yoluna karar verir. (Obstacle Avoidance)

4.3 Algılayıcı bilgisinin füzyonu yöntemleri

Robotun, içinde hareket ettiği ortama ilişkin global bilgiyi görsel duyarğaç vasıtasıyla elde edebildiğini bir önceki bölümde görmüştük. Global bilgi, engellerin saptanması, yeni alt hedeflerin üretilmesi yol planlaması vb. kullanılır. Diğer taraftan hareketli robot, kendi etrafında yakın saha bilgisini mesafe algılayıcılarından elde edebilir. Mesafe algılayıcı bilgisi robot etrafındaki çevrenin gözlenmesinde, engel saptanmasında, çarpışma tehlikesinin belirlenmesinde, robot pozisyonunun tanımlanmasında vb. için kullanılır. Hareketli robot, tümlenmiş bilgiyi görsel ve mesafe algılayıcılarının birlikte çalıştırılmasıyla elde edilebilir. Algılayıcı bilgisinin füzyonu aşağıda açıklanan değişik seviyelerde yer alır.

1- Hareketli robot ön cephe engelini mesafe algılayıcısından saptar. Bundan sonra görsel algılayıcıyı kullanarak engeli doğrular ve karakteristikleri çıkarır. Görüntü işleme zamanının azaltılması mümkündür. Çünkü tarama alanı mesafe algılayıcısından gelen uzaklık bilgisi kullanılarak azaltılabilir.

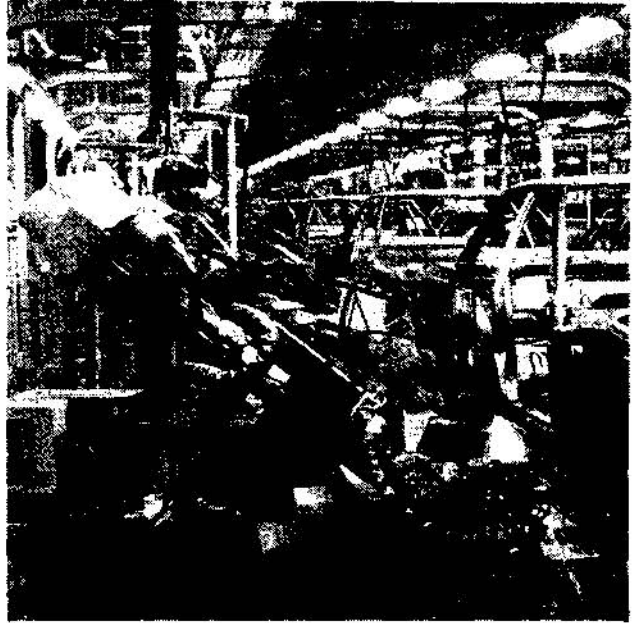
2- Görsel algılayıcıdan elde edilen görüntü verisi robotun hareket etmekte olduğu alana ilişkin olduğundan, sezgisel bilgi özelliğine sahiptir. Bundan dolayı hareketli robot alt hedef etrafındaki ortama ilişkin bilgiyi görsel algılayıcıdan elde edebilir, bilgi-mesafe algılayıcısı tarafından doğrulanır. Dolayısıyla, robotun alt hedefe ulaşp ulaşmadığı görsel ve mesafe algılayıcılarının ortak çalışmasıyla saptanır.

3- Görsel ve mesafe algılayıcılarının her ikisi de seyir esnasında kullanılır. Alt hedefin yerleşim bilgisi olarak görsel



" Hareketli robot, kendi etrafında yakın saha bilgisini mesafe algılayıcılarından elde edebilir. Mesafe algılayıcı bilgisi robot etrafındaki çevrenin gözlenmesinde, engel saptanmasında, çarpışma tehlikesinin belirlenmesinde, robot pozisyonunun tanımlanmasında vb. için kullanılır."

veriden görsel algılayıcı vektörü türetilir. Engellerin yerleşim bilgisi olarak da mesafe verisinden mesafe algılayıcı vektörü türetilir. Bu vektörler bir çeşit potansiyel alan oluştururlar. Robotun yörüngesi bu iki vektörün düzenlenmesiyle belirlenir.



SONUÇ:

Açıkçası, daha akıllı robot sistemler çok daha fazla sayıda ve değişik tipde algılayıcı kullanacaklardır. Dolayısıyla çok sayıda algılayıcıdan gelen bilginin işleme, tümlenme ve birleşme mekanizmaları bu alanın anahtar konularıdır. Son zamanlardaki araştırmalar, çok sayıda algılayıcı sistemlerin bilinmeyen ve dinamik ortamlarda çalışmasını sağlayan tümlenme ve füzyon tekniklerinin geliştirilmesini amaçlamaktadır. VCSI teknolojisinin günümüzdeki gelişmesi devam ettikçe akıllı algılayıcılar diye adlandırılan algılayıcı tipleri robot sistemlerde daha fazla yer almaya başlayacaklardır. Ayrıca yapay-us veya yapay sinir ağları üzerinde araştırmalar, bu konuları algılayıcı seçiminde, yüksek seviyeli tanımlamaların ve kendi kendine organize olup koşulların değişmesine adapte olabilen sağlıklı çok algılayıcı sistemlerin gelişmesinde ne kadar kullanışlı olduklarını ispatlayacaktır.