

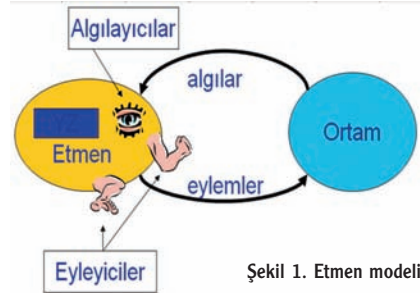
YAPAY ZEKÂ VE ROBOTLAR

Yapay Zekâda Yaklaşımlar

Yapay Zekâ (YZ) konusunda daha önce de çalışmalar olmasına karşın alanın adı 1956'da yapılan bir konferansta kondu. Aradan geçen yaklaşık elli yıl içinde çalışmalar araştırmacıların zekâdan ne anladıklarına göre değişik yönlerde ilerledi. Gerçekten de zekânın çeşitli bilimsel yayınlarda yüzden fazla tanımı bulunuyor. Bir fili dokunarak tanımlamaya uğraşan görme özürlülerin fili dokundukları yerine göre "sütun", "halat" gibi kavramlarla ifade etmeye çalışmaları gibi her bir tanım zekânın başka bir yönünü öne çıkarıyor ama bütünü için yetersiz kalıyor. YZ konusundaki çalışmaları dört kategoride sınıflandırabiliriz [1]:

- **İnsan gibi düşünen sistemler:** Bu çalışmalar, insanın bellek, zihin vb. düşünsel mekanizmalarını modelleyerek YZ sistemleri geliştirmek amacıyla.

- **İnsan gibi davranan sistemler:** Sıradan bir gözlemciye davranışları insandan farksız gelecek sistemlerin oluşturulması, bu çalışmaların başlıca hedefi.



- **Rasyonel düşünen sistemler:** Burada rasyonellik, verilen bir durum için en doğru şey olarak tanımlanabilir. Bu çalışmalar, insanların rasyonel olmadığı kararlarının duyguları tarafından olumsuz şekilde etkilendiği varsayımından yola çıkarak "doğru düşünce nedir?" sorusuna yanıt ararlar.

- **Rasyonel davranan sistemler:** Herhangi bir durum karşısında enerji, bellek ve hesaplama kapasitelerine göre en doğru şeyi yapan sistemlerin oluşturulması bu araştırmaların ana amacıdır.

Son yıllarda rasyonel davranan sistemler konusundaki araştırmalar daha çok önem kazandı ve özellikle robotlardaki yapay zekâ uygulamalarında temel yaklaşım oldu. Şekil 1'de verilen etmen modeli, kavramları açıklamak

için geliştirildi. Bir etmen, içinde bulunduğu ortamı algılayıcıları ile algılar, YZ sistemi ile ne yapacağına karar verir ve eyleyicileri ile eylemlerini yapar.

YZ'nin kendini ispat edebilmesi için, satranç oynayan bir yazılımın dünya satranç şampiyonunu yenmesi bir hedef olarak konmuştu. 1997 yılında Deep Blue, Gary Kasparov'u yendi. Burada Deep Blue'yu etmen olarak modellersek aslında oldukça basit bir ortam içinde olduğu ortaya çıkar. Sonuçta satrançta hamle sayısı sınırlı. Sadece iki etmen etkileşim içinde; etmenler hamlelerini sırayla yapıyorlar. Satranç tahtası her zaman tam olarak gözlemlenebilir, kararlar tek bir etmen tarafından merkezi olarak verilir. Şimdi futbolu düşünelim, bir oyuncu sahanın ancak küçük bir kısmını görebilir; sonuca gitmek için kararlar her etmen tarafından dağıtık olarak verilir. Oyun sürekli olarak değişir, hiçbir etmen diğerinin oynamasını beklemez. Buradan futbol oynayacak bir etmen yapmanın ne kadar zor olduğu rahatlıkla görülebilir.

YZ araştırmacılarının başlangıçtaki temel varsayımı, genel zeki davranışın beyinden bağımsız olarak sembolleri

Robotların Kısa Tarihi

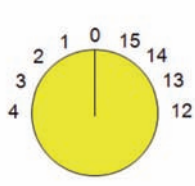
İnsanoğlu doğaya hükmetmek kendi varlığını olumlamak için tarih içinde çeşitli dini törenlerde robotlara benzeyen, genellikle rahiplerin çalıştırdığı nesnelere kullandı. Daha sonra, daha çok mekanik otomat adı verilen kimi zaman da insana benzeyen düzenekler görüyoruz. İlk sibernetikçi kabul edilen Ebul-iz İsmail bin ar-Razzaz el-Cezeri, 1205-1206 yıllarında yazdığı "Kitab-ül'-Camü Beyne'l-İlm-i ve'l-amelen-Nafi' Fi Sinaati'l-Hiyel" adlı kitabında 300'e yakın otomatik makine ve sistemleri ile ilgili bilgi verdikten sonra çalışma özelliklerini şemalarla gösterdi. Sadece suyun kaldirma ve basınç gücünü kullanarak tamamen

yeni bir teknik ve sistem kurdu, çok yönlü otomatik hareketler elde edebildi. Tasarlamış olduğu otomatların kuş, davul, zurna sesi çıkarmasını da sağlayabildi. Leonardo da Vinci de 15.yüzyılda bir robot tasarladı, ancak bu robotun yapımına hiç başlayamadı. Robot kelimesi ilk olarak 1920'lerin başında Çekoslovak yazar Karel Capek tarafından yazılmış R.U.R. adlı bir tiyatro oyununda kullanıldı. Bu oyunda mekanik ve özerk, ama arzularından yoksun yaratılar olarak görünen robotlar, daha sonra bir çok bilimkurgu romanına da konu oldu.

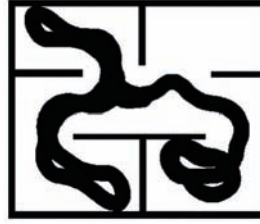
Robotlar 20. yüzyılda ilk önce sanayide sürekli tekrarlanan boyama, kaynak vb gibi işleri yapabilen çok eklemli kol biçiminde örneklerle ortaya çıktı. 1970'lerin başında Shakey adlı YZ tekniklerinin uygulandığı ilk robot geliştirildi. Bu robot temel olarak algıla-planla-

eyle olarak özetleyebileceğimiz bir mimariye sahipti. Robotun sürekli güncellenmesi gereken bir içsel çevre modeli vardı. Algılamadaki gecikme ve yetersizlikler bu modelin o anki durumu doğru olarak yansıtmasını engelliyordu. Bunun yanında, sonraki adımların neler olacağını belirlemede kullanılan planlama yordamları çok zaman aldığı için robotun verdiği kararlar anlamını yitiriyordu.

1980'lerin başında MIT'den bir araştırmacı Rodney Brooks "Dünyanın en iyi modeli kendisidir" diyerek planlama yapmadan sadece çevresindeki etkilere tepki veren bir robotun daha başarılı olacağını savundu. 1984 yılında bir psikolog olan Valentino Braitenberg'in yazdığı Vehicles (Araçlar) adlı bir kitap yayınlandı. Bu kitapta çok basit algılayıcı ve motorlardan oluşan ve giderek daha karmaşık



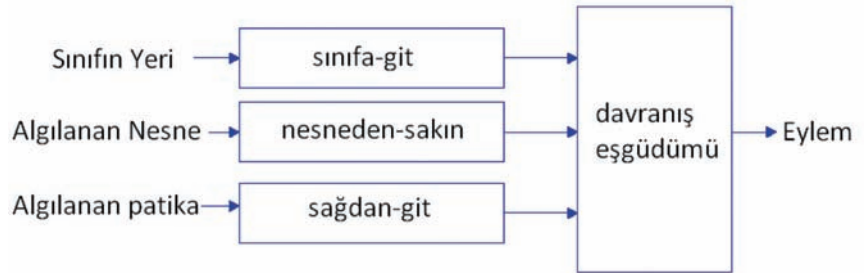
Durum 1: Eğer 12, 13 ya da 14. algılayıcılardan birisi engele en yakınsa sola 20 derece/s hızla dön.
Durum 2: Eğer 15, 0 ya da 1. algılayıcılardan birisi engele en yakınsa sola 40 derece/s hızla dön.
Durum 3: Eğer 2, 3 ya da 4. algılayıcılardan birisi engele en yakınsa sağa 20 derece/s hızla dön.



Şekil 2. Tepkisel bir robot örneği. (a) Robot ve uzaklık algılayıcılarının konumları, (b) Hareket kuralları, (c) robotun bir dolambaçtaki davranışı.

kullanabilen herhangi bir sistem üzerinde ortaya çıkarılabileceğiydi. İlk önce bir “genel problem çözücü” yapmaya çalıştılar: Probleminizi tanımlayın sizin için en uygun şekilde çözsün! Ancak, kısa sürede çeşitli nedenlerle bunun pek de kolay olmayacağını gördüler. Problemlerin bağlam bazında önemli farkları vardı, doğal dilde verilmiş problemleri problem çözücünün kullanacağı şekilde ifade etmek çok zordu ve kullanılan aramaya dayalı yaklaşımların problem çözme zamanı, durum sayısına göre üstel olarak artıyordu. Zaman içinde, belirli bir alandaki her türlü bilgiyi kullanarak problem çözen uzman sistemlerin yapılmasının, başarının anahtarı olduğu görüldü. Bu çalışmalara paralel olarak insan beyninden esinlenen yapay sinir ağları konusundaki çalışmalar zaman zaman gündeme gelse de, yoğun olarak kullanılmaları 1980’lerin ortalarından itibaren başladı. Bulanık mantık, evrimsel yordamlar gibi doğadan esinlenen çeşitli yaklaşımlar da bu arada geliştirildi. Ancak bunlar sembolik yaklaşımlarla uğraşan YZ araştırmacıları tarafından uzun süre dışlandı. Hatta bunlara YZ yerine hesaplama zekâ adı veril-

di. 1990’ların sonundan beri de YZ artık bütün bu teknikleri kabullendi. YZ araştırmaları başlangıçta bütünsel bir yapay zekâli sistem geliştirmeyi amaçlarken zaman içinde sık sık karşılaşılan derin hayal kırıklıkları nedeniyle çoğu araştırmacı bütünsel bir sistem yerine çeşitli sorunların çözümü için YZ teknikleri geliştirmekle yetindi. Aslında sorunun bir başka boyutu YZ’nin bir beyin/yapay beyin modellemesine indirgenmesiydi. Bir çok araştırmacı insanlarda evrim sonucunda zekânın ortaya çıkmasında insan beyni kadar insanın vücudunun yani algılayıcıları ve eyleyicilerinin de önemli rol oynadığını savunuyor. Zekânın karmaşıklığı, biraz da insanın içinde bulunduğu kısmen gözlemlenebilir, değişken ortamdan da kaynaklanıyor.



Şekil 3. Davranış temelli bir robot örneği.

şekilde motor ve algılayıcıları birbirine bağlanarak elde edilen toplam 14 adet değişik araçta çok karmaşık davranışların gözlemlenebileceğine dair düşünsel deneyler yapıyor. Bu kitap ve Brooks’un çalışmaları robotçuları karmaşık yapıların düşünsel zincirinden kurtardı ve bazıları böceklerden esinlenen ucuz ve çok başarılı robot örnekleri hızla ortaya çıkmaya başladı. Bu yaklaşıma tepkisel mimari adı verildi. Robotlar önceden belirlenmiş bir kural listesini kullanarak algılarına göre ortama tepki vereceklerdi. Şekil 2’de tepkisel mimariye sahip bir robot örneği görülüyor. Robot duvarlara çarpmadan dolambaçta rahatlıkla dolaşabiliyor. Ancak bu dolambaç içinde herhangi belirli iki A ve B noktası belirleseydik robotun A’dan başlayarak B’ye ulaşması ancak rastlantı sonucunda olabilirdi. Buradan da anlaşılacağı gibi tepkisel mimarili robotlar,

ancak basit uygulamalarda kullanılabilirler; daha karmaşık, çok aşamalı görevlere uygun değiller.

Hem tepkisel sistemlerin esnekliklerinden yararlanmak hem de planlamayı dağıtık bir şekilde uygulayarak planlama süresini önemli ölçüde azaltmak için kısa bir süre içinde davranış temelli robotbilim yaklaşımı geliştirildi. Burada görevin çeşitli bileşenleri paralel olarak çalışan davranışlara ayrılıyor ve bunlar arasında değişik düzeneklerle eşgüdüm sağlanarak robotun karmaşık görevleri zaman kısıtlarına bağlı kalarak yapması sağlanıyordu. Şekil 3’de görülen robotu daha önce örneği verilen tepkisel robot ile karşılaştırsak basit kurallar yerine çok daha karmaşık davranışlardan oluştuğunu ve davranışların karar üretmekte kullandıkları algılarının da uzaklık yerine daha üst düzey algılar olan konum, nesne

Robotlar

Robotlarda YZ uygulamaları son yıllarda elektronik ve bilgisayar teknolojisindeki büyük gelişmelerle hız kazandı. Bazı çalışmalarda çeşitli bilimsel kuramları denemek için robotlar kullanılırken, giderek artan oranda da gündelik yaşamda kullanılan robotlar üretilmeye başlandı. Bu robotların mümkün olduğu kadar insan gözetimi gerektirmeden özerk olarak çalışmalarını istediği için, programlanmalarında YZ teknikleri giderek daha yoğun olarak kullanılmaya başlandı.

Bir robot gerçek bir ortamda ancak uygun olarak belirlenmiş fiziksel bir yapıya sahiptir. Algılayıcıları ve eyleyicileriyle ortamla sürekli etkileşimde bulunur. Tipik bir özerk robotun bileşenleri şunlardır:

- **Algılayıcılar:** Uzaklık, sıcaklık, kuvvet gibi dış ortam ile ilgili özellikler yanında robotun güç durumu, kollarının açısı gibi iç durumunu da algılamada kullanılırlar. Genellikle ölçtükleri büyüklükleri bir sinyale dönüştürürler.
- **Eyleyiciler:** Robotların amacına uygun olarak eylem yapabilmesi için

v.b. olduğunu görürüz. Davranışlar kural tabanlı olabileceği gibi yapay sinir ağları gibi yapılardan da oluşabilir.

Davranış temelli robot sistemlerinin yanında genellikle üç katmanlı olarak yapılan melez robot mimarileri de geliştirildi. 1990’lardan beri de algılayıcı ve eyleyicilerdeki belirsizliklere karşın, gene de başarılı robot sistemleri geliştirebilmek için olasılık teorisine dayanan olasılıksal robotbilim yaygın olarak kullanılmaya başlandı.

Günümüzde robotlar gündelik yaşamımızı daha da çok girmeye başladı. Sony Aibo gibi eğlence robotları yanında elektrik süpürgesi olarak kullanılan hizmet robotlarının şu anda dünyada yaklaşık 3 milyon evde kullanılması ve bu tür robotları tercih edenlerin bilgisayar/robot meraklıları değil 40 yaş üzerindeki ev kadınları olması artık şaşırtıcı değil.



Şekil 4. Robocup 2007'den dört ayaklı robotlar kategorisinden bir görüntü.



Şekil 5. Robocup 2007'den küçük boy robotlar kategorisinden bir görüntü.



Şekil 6. Robocup 2007'den orta boy robotlar kategorisinden bir görüntü.

Robot Yarışmaları

Dünyada YZ konusundaki araştırmalara hız kazandırmak ve bu çalışmalara kamuoyunun ilgisini çekmek amacıyla çeşitli robot yarışmaları düzenlenmektedir. Bu yarışmalar arasında en büyüğü 1997'den beri yapılan RoboCup [2]. RoboCup başlangıçta robot futbolunu standart bir problem olarak alıp hedefini "17 Temmuz 2050 günü tam özerk, insansı robotlardan oluşan bir takımın FIFA kurallarına göre oynanacak bir maçta o gün itibarı ile Dünya Kupasını kazanmış son takımı yenmesi" şeklinde koymuştu. Daha sonra futbol yanında arama kurtarma, ev, uzay ve nanoteknoloji kategorilerinde de yarışmalar yapılmaya başlandı. Bu kadar çok kategorinin olmasının nedenleri arasında değişik bütçelere sahip takımların yarışabilmesinin istenmesi, çözülmesi beklenen teknik sorunlar arasındaki farklar ve farklı potansiyel uygulamalar yer alıyor. Bazı kategorilerde yarışmacılar hem robotları yapıp hem de yazılımlarını geliştirirken bazı kategorilerde sadece benzetim ortamında yarışacak yazılımlar geliştirilmekte, bazı kategorilerde ise Aibo gibi standart platformlar kullanılarak sadece bu standart platformların yazılımları yarışdırılmakta. Yarışmalara takımlar ön elemelerle seçilip

katılırlar. Bu ön elemelerde takımlar kullandıkları YZ tekniklerini ayrıntılı olarak açıkladıkları bir teknik belge ve robotların nasıl çalıştığını gösteren video hazırlayarak teknik komitelere sunarlar.

Bir robot sistemi geliştirmek aynı anda çok sayıda problemin çözülmesini gerektirdiği için, genellikle en az üniversite düzeyinde öğrencilerden oluşan kalabalık takımlar yarışmalara katılıyor. Çözülmesi gereken problemler arasında robotun o anda bulunduğu yerin hassas bir şekilde sadece algılayıcılar kullanılarak belirlenmesi, engellere çarpmadan ilerlemesi, yarışmanın amacına göre örneğin futbol için, top sürmesi, paslaşması, şut çekmesi, takım olarak katılınan yarışmalarda diğer robotlarla takımın amacına göre eşgüdüm sağlanarak davranışların belirlenmesi yer alıyor. Bunların çözümü için geliştirilen yazılımların tutarlı, hatasız, güncellenebilir ve verimli olabilmesi için de çeşitli yazılım mühendisliği tekniklerinin uygulanması zorunlu hale gelmekte. Takımı oluşturan bireylerin eşgüdümü, motivasyonlarının yüksek tutulması başarıyı etkileyen önemli etkenler arasında.

Türkiye'den sadece Boğaziçi Üniversitesi takımları 2001 yılından beri aralıksız olarak Robocup'a katılıyor [3]. Cerberus adlı takımımız 2005 yılında dört ayaklı robotlar ligin-



Şekil 7. Robocup 2007'den arama kurtarma robotları kategorisinden bir görüntü.

de teknik yarışma kategorisinde dünya birincisi oldu. 2007 yılında bu lig Standart Platform Ligi adını aldı ve Nao adında iki ayaklı, insansı bir robot standart platform olarak belirlendi. Takımımız Cerberus bu lige de kabul edilen 16 takım arasında yer aldı. RoboAkut adlı takımımız da arama-kurtarma benzetimi yarışmalarına katılmakta. Yarışmalara değişik ülkelerden 3000 kadar yarışmacı katılıyor. Ülkelere göre dağılım genellikle bilimsel ve teknolojik gelişmişlikleri ile paralellik gösterse de Türkiye gibi bazı ülkelerin çok az takımla katılması, bunun yanında İran'ın ise 70 civarında takımla katılması dikkat çekici. Yarışmalarla birlikte en son bilimsel gelişmelerin sunulduğu bir Robocup Sempozyumu da her yıl yapılmaktadır.

kol, bacak, tekerlek gibi doğrudan ortamla etkileşimde bulunabilecek düzenerler yanında hoparlör gibi düzenerler de bulunabilir.

- **Bilgisayar Sistemi:** Algılayıcılardan gelen verilerin işlenerek algılara dönüştürülmesi, karar verilmesi ve eyleyicileri gidecek belirli komutların üretilmesi amacıyla kullanılırlar. İşletim sistemlerinin veri toplama, motorlara komut gönderme vb gibi işlemlerin sürekli yapılması gerektiği için eş zamanda paralel çalışan yazılımlara olanak tanınması gerekir.

- **Güç kaynağı:** Robotun özerk olabilmesi için herhangi bir yere bağlı olmaması gerekir. Genellikle bataryalar doğrusal akım motorlarını besleyen güç kaynağı olarak kullanılmakla birlikte, son zamanlarda bazı güç/ağırlık oranının yüksek olması istenen bazı dış ortam uygulamalarında artık içten yanmalı motorlar da kullanılıyor.

- **Gövde:** Bütün bu bileşenleri bir-

leştirmek ve içinde bulunan ortamın etkilerinden korumak amacıyla özel olarak şekillendirilir.

Robotlarda hareket düzeneği olarak genellikle tekerlek kullanılıyor; ancak tekerleklerin yanısıra palet ve özellikle çok engebeli ortamlarda çalışan robotlar için bacak kullanan robotlar da var. Bacak kullanılmasıyla birlikte, durağan ve hareketli halde robotun kararlılığı da bir sorun olarak ortaya çıkmakta.

Robotların Temel Problemleri

Özerk bir robotun amacından bağımsız olarak çözmesi gereken, konunun sürekli olarak hassas bir şekilde belirlenmesi, amacına uygun olarak bir sonraki eylem(ler)in saptanması, bulunduğu konumdan başka bir konuma engellerden sakınarak en az enerji harcayacak şekilde gitmesi gibi temel

problemleri var. Bir robot, hemen hemen her zaman kısmen gözlemlenebilen bir ortamda yer alır. Bazen bu ortamın bir haritasına sahiptir, bazen de haritayı da aynı anda çıkarması gerekir. Algılayıcıları her zaman doğru çalışmayabilir, ortamdaki sıcaklık değişimleri ya da robotun diğer bileşenlerinin ürettikleri elektromanyetik alanlar dolayısıyla gürültü oluşabilir. Bu da hatalı ölçümlere neden olabilir. Eyleyiciler de yağlama eksikliği, aşınma, sürtünme v.b. gibi nedenlerle istendiği şekilde çalışmayabilir. Robotun karar verme yordamı bütün bu belirsizlikleri de hesaba katabilecek şekilde karar üretebilmelidir.

Prof. Dr. H. Levent Akın
Boğaziçi Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği
Bölümü öğretim Üyesi

Kaynaklar

1. S. Russel ve P. Norvig, "Artificial Intelligence : A modern Approach", İkinci Basım, Prentice Hall, 2002.
2. <http://www.robocup.org>
3. <http://robot.cmpe.bounu.edu.tr>