Robotik ve Robot Görüsü

Yapay Zekâ ve Veri Dersleri Rehberi · Kısım III: Sinyal, Görüntü ve Ses

Kinematik | Denetim | Konum kestirimi | Robot görüsü | Yol planlama | Komşu dersler

Sercan KÜLCÜ · Giresun Üniversitesi · Bilgisayar Mühendisliği

© Sercan Külcü. Tüm hakları saklıdır. · Sunumun etkileşimli HTML sürümü: https://sercankulcu.github.io/files/ai_courses/sunumlar/Bolum_23_Robotik.html

GİRİŞ

Ders Hangi Soruyu Sorar?

> **Bir makine fiziksel dünyayı nasıl algılar, konumunu nasıl bilir ve nasıl hareket eder?**

Robotik, fiziksel dünyayı algılayıp onda **hareket eden makineleri** tasarlamayı ve denetlemeyi inceler. Ders algılama, konum kestirimi, planlama ve denetimi gürültülü ölçümler ve gerçek zaman kısıtı altında birleştirir; robot görüsü bu döngünün gözüdür.

Bir bakışta

YAKLAŞIM algıla, planla, eyle döngüsü	**GİRDİ** algılayıcı ölçümleri	**ÇIKTI** motor komutları, yol
BAŞARI ÖLÇÜTÜ görev başarısı, güvenlik	**MATEMATİK YÜKÜ** yüksek: dönüşümler, denetim	**VERİ İHTİYACI** fiziksel deney ve benzetim

GİRİŞ

Kısa Tarihçe

1961
İlk endüstriyel robot Unimate, General Motors fabrikasında çalışmaya başlar.

1966
SRI'da Shakey projesi başlar: algılayıp plan kuran ilk gezgin robot; A* bu proje için geliştirilir.

1986
Brooks katmanlı (subsumption) mimariyi önerir: plan yerine doğrudan algı-eylem davranışları.

1997
Sojourner gezgini Mars Pathfinder göreviyle Mars yüzeyinde dolaşır.

2002
Roomba robot süpürge satışa çıkar; gezgin robotlar evlere girer.

2005
Stanford'un Stanley aracı DARPA Grand Challenge çöl yarışını sürücüsüz tamamlayıp kazanır.

DERS

Temel Kavramlar

Serbestlik derecesi
Robotun bağımsız hareket edebildiği eksen sayısı.

Koordinat çerçevesi
Dünya, robot, kamera; aralarında dönüşüm matrisleri.

İleri kinematik
Eklem açılarından uç noktanın konumunu bulmak.

Ters kinematik
İstenen uç konumu için gereken eklem açılarını bulmak.

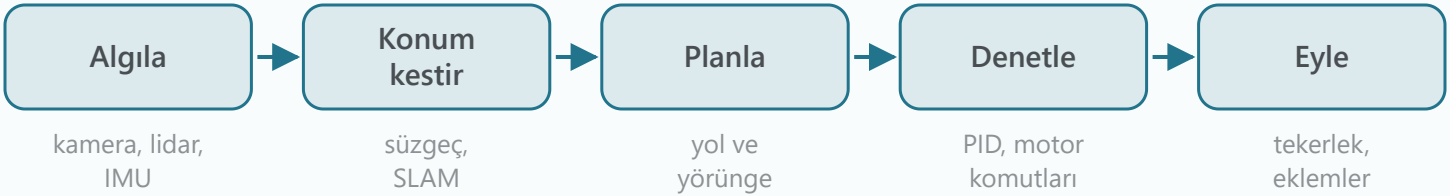
PID denetim
Hatayı orantı, integral ve türevle düzelten geri besleme.

Konum kestirimi
Kalman ve parçacık süzgeciyle gürültülü ölçümden konum.

SLAM
Haritayı çıkarırken aynı anda haritadaki konumu bulmak.

Yol planlama
A*, RRT: engellere çarpmadan hedefe giden yol.

Tipik İş Akışı



Örnek: Bir depo robotu lidar ve kamerayla çevresini tarar, haritadaki konumunu parçacık süzgeciyle kestirir, A* ile raflar arasında yol planlar ve tekerlek hızlarını PID ile ayarlar. Döngü saniyede onlarca kez döner; her turda ölçüm planı düzeltir.

DERS

Derste Neler İşlenir?

1. Konum ve yönelim: döndürme matrisleri, çerçeveler
2. İleri kinematik ve Denavit-Hartenberg gösterimi
3. Ters kinematik ve Jakobyen
4. Robot dinamiği: kuvvet, tork, hareket denklemleri
5. Geri besleme denetimi: PID ve kararlılık
6. Yörünge üretimi ve kol denetimi
7. Gezgin robot kinematiği ve odometri
8. Algılayıcılar: kamera, lidar, IMU, enkoder
9. Olasılıksal konum kestirimi: Kalman süzgeci
10. Parçacık süzgeci ve Monte Carlo konumlama
11. Haritalama ve SLAM
12. Hareket planlama: A*, olasılıksal yol haritası, RRT

Kazandırdığı beceriler

ROS 2 ile düğüm ve konu yazmak

Gazebo'da robot benzetimi

MoveIt ile kol hareketi planlamak

PID kazançlarını ayarlamak

Kalman süzgeciyle algılayıcı birleştirmek

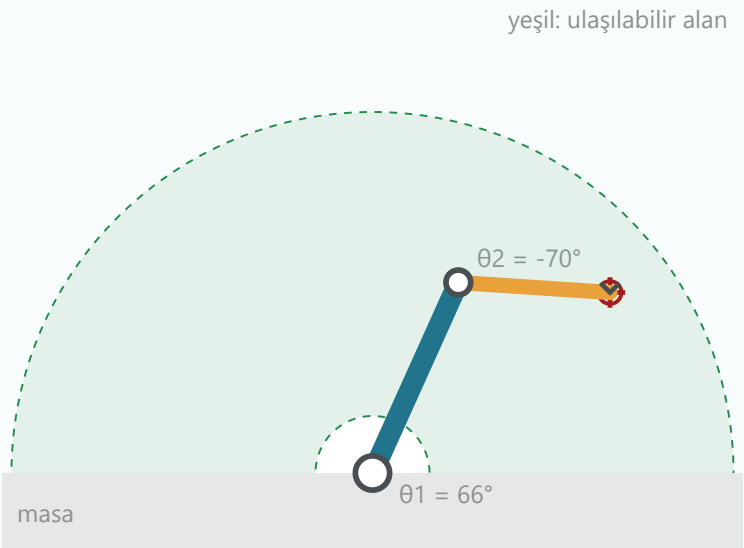
OpenCV ile robot görüsü

Tipik bir dönemin akışıdır; sıra ve kapsam üniversiteden üniversiteye değişir.

DENE

Robot Kol Parçayı Alıyor

Montaj hattındaki iki eklemli kolun ucu, masadaki parçaya gitmeli; motorlara ise uç noktası değil eklem açıları verilir. Hedefe tıklayın: ters kinematik açıları hesaplar, kol oraya döner.



Üst kol L1 = **110** mm

Ön kol L2 = **80** mm

Dirsek yukarı | Dirsek aşağı

Hedef (125; 95) mm, tabana uzaklık 157 mm
θ1 = **65,8°**, θ2 = **-69,5°**
İleri kinematikle kontrol: uç hedeften 0,0 mm uzakta.

Aynı uç noktasına iki açı çifti götürür: dirsek yukarı ve aşağı. Planlayıcı engele çarpmayanı seçer.

Robotik, “nereye?” sorusunu “hangi açılar?” sorusuna çevirir: **ters kinematik**, çalışma alanı sınırları ve birden çok çözüm arasından çarpışmasız olanı seçmek. Gerçek kolda 6 eklem ve engeller vardır.

KONUM

Ön Koşullar

Bu dersten önce bilinmesi yararlı olan dersler ve neden gerektikleri.

Ders	Neden gerekir
Doğrusal Cebir	koordinat dönüşümleri, kinematik
Fizik (mekanik)	kuvvet, tork, hız ve ivme: robot dinamiğinin dili
Mikroişlemciler	algılayıcı okuma, motor sürme ve gerçek zamanlı yazılım
C ile Programlama	gömülü denetim yazılımı çoğunlukla C/C++ ile yazılır

KONUM

Bu Ders Sana Göre mi?

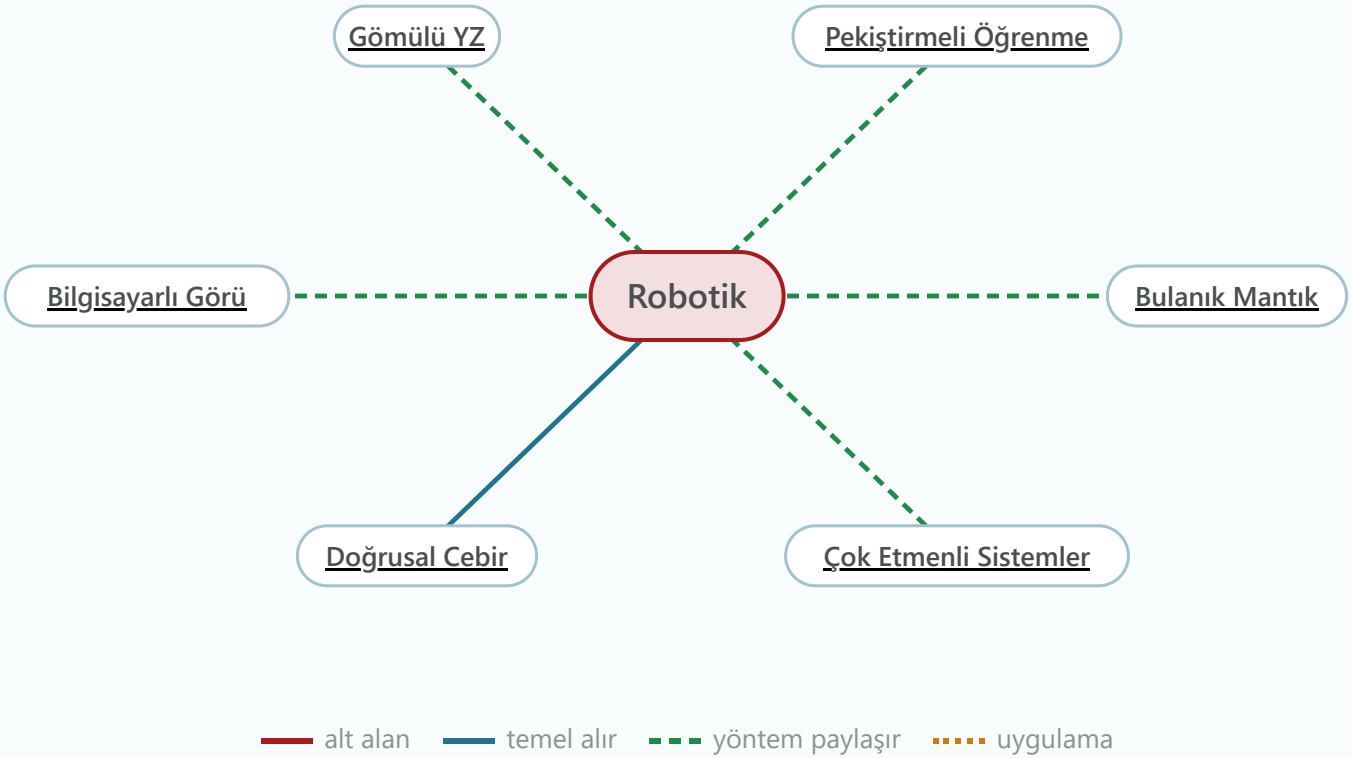
Kendine sor; "hayır" dediklerin için sağdaki sütun nereden başlayacağını gösterir.

Kendine sor	Hayırsa önce
Bir 2B noktayı döndürme matrisiyle başka bir çerçeveye taşıyabiliyor musun?	Doğrusal Cebir
Hız, ivme ve torku bir örnekle açıklayabiliyor musun?	Fizikteki mekanik: Newton yasaları ve dönme hareketi
Gauss dağılımında ortalama ve varyansın anlamını açıklayabiliyor musun?	Olasılık ve İstatistik
C++ ya da Python'da sınıf yazıp bir döngüde algılayıcı verisi işleyebiliyor musun?	C ile Programlama, ardından Python'da sınıflara kısa bir giriş

Çoğuna "evet" diyebiliyorsan derse hazırsın; bir ya da iki "hayır" dönem içinde kapanabilir.

KONUM

Dersin Komşuları



ÖRTÜŞME

Örtüştüğü Dersler

İlişki	Ders	Ortak konu
temel alır	Bu ders Doğrusal Cebir dersini temel alır	koordinat dönüşümleri, kinematik
yöntem paylaşır	Pekiştirmeli Öğrenme ile yöntem paylaşır	denetim, hareket öğrenme
yöntem paylaşır	Bulanık Mantık ve Bulanık Sistemler ile yöntem paylaşır	bulanık denetleyiciler
yöntem paylaşır	Çok Etmenli Sistemler ile yöntem paylaşır	sürü robotlar, eşgüdüm
yöntem paylaşır	Bilgisayarlı Görü ile yöntem paylaşır	robot görüsü, SLAM
yöntem paylaşır	Gömülü Yapay Zekâ ile yöntem paylaşır	cihaz üzerinde gerçek zamanlı çıkarım

Ayrıştığı Noktalar (1/2)

Ölçüt	Robotik	Bilgisayarlı Görü	Yapay Zekâ
Temel soru	Bir makine fiziksel dünyayı nasıl algılar, konumunu nasıl bilir ve nasıl hareket eder?	Bilgisayar bir görüntüde ya da videoda ne olduğunu nasıl anlar?	Bir makine arayarak, çıkarım yaparak ve plan kurarak nasıl akıllıca davranır?
Yaklaşım	algıla, planla, eyle döngüsü	görüntüden anlam çıkarma	arama, mantık, olasılık ve öğrenme bir arada
Girdi	algılayıcı ölçümleri	görüntü ya da video	problem tanımı: durumlar, eylemler, hedef
Çıktı	motor komutları, yol	etiket, kutu, derinlik, 3B yapı	eylem dizisi, plan ya da karar
Başarı ölçütü	görev başarısı, güvenlik	doğruluk, mAP, IoU	hedefe ulaşma, maliyet, rasyonellik
Matematik yükü	yüksek: dönüşümler, denetim	yüksek: geometri, doğrusal cebir	orta: mantık, olasılık, çizge
Veri ihtiyacı	fiziksel deney ve benzetim	çok etiketli görüntü	az; çoğu zaman model ve bilgi yeter

- **Bilgisayarlı Görü:** Bilgisayarlı görü sahnede ne olduğunu anlar; robot görüsü görüntüyü konum ve hareket kararına dönüştürür.
- **Yapay Zekâ:** YZ planlamayı soyut durumlarda yapar; robotik aynı planı sürekli, gürültülü ve fiziksel bir dünyada uygular.

AYRIŞMA

Ayrıştığı Noktalar (2/2)

Ölçüt	Robotik	Pekiştirmeli Öğrenme	Gömülü YZ
Temel soru	Bir makine fiziksel dünyayı nasıl algılar, konumunu nasıl bilir ve nasıl hareket eder?	Yalnız ödül sinyaliyle, deneme yanılma yoluyla iyi kararlar nasıl öğrenilir?	Yapay zekâ modelleri küçük, düşük güçlü cihazlarda nasıl çalışır?
Yaklaşım	algıla, planla, eyle döngüsü	ödülle deneme yanılma	kaynağı kısıtlı çıkarım
Girdi	algılayıcı ölçümleri	ortamla etkileşim: durum ve ödül	eğitilmiş model, cihaz kısıtları
Çıktı	motor komutları, yol	politika: durumdan eyleme kural	küçük ve hızlı model
Başarı ölçütü	görev başarısı, güvenlik	toplam beklenen ödül	gecikme, enerji, bellek
Matematik yükü	yüksek: dönüşümler, denetim	yüksek: olasılık, dinamik programlama	orta
Veri ihtiyacı	fiziksel deney ve benzetim	etkileşimle üretilir	eğitim verisi zaten var

- **Pekiştirmeli Öğrenme:** Pekiştirmeli öğrenme denetimi deneme yanılmayla öğrenir; robotik çoğunlukla model ve denetim kuramıyla tasarlar.
- **Gömülü YZ:** Gömülü YZ modeli küçük cihaza sığdırır; robotik o cihazı algılayıcı ve motorlarla bir döngüye bağlar.

UYGULAMA

Uygulama Alanları

Endüstriyel kollar
Kaynak, boyama, montaj hatları.

Depo robotları
Raf taşıma ve sipariş toplama.

Otonom araçlar
Algılama, konum kestirimi ve planlama.

Cerrahi robotlar
Cerrahın hareketini hassaslaştırmak.

Gezegen keşfi
Mars gezginleri, uzaktan özerk sürüş.

Ev robotları
Robot süpürgeler, çim biçme robotları.

UYGULAMA

Riskler ve Etik

İnsanla aynı alanda çarpışma

Kol robotları büyük kuvvet uygular; işbirlikçi robotlarda hız ve kuvvet sınırı, acil durdurma ve güvenlik alanı tasarımın parçasıdır.

Algılayıcı arızası ve aldatma

Kirlenen lidar, kör noktadaki kamera ya da taklit GPS sinyali robotu kendinden emin biçimde yanlış konuma götürür.

Otonom kazada sorumluluk

Uber'in deneme aracının 2018'de Arizona'da bir yayayı öldürmesi gibi kazalarda sorumluluk üretici, işletmeci ve sürücü arasında bölünür.

Gözetim ve silahlanma

Kameralı gezgin robotlar ve dronlar özel alanı izlemeye açar; otonom silahlar ayrı bir uluslararası tartışma konusudur.

Ayrıntılı tartışma: Açıklanabilir Yapay Zekâ ve Yapay Zekâ Etiği.

UYGULAMA

Araçlar ve Örnek Veriler

Araçlar ve kütüphaneler

ROS 2 · Gazebo · MoveIt · OpenCV · Point Cloud Library · Webots

Tanınmış veri setleri

KITTI · TUM RGB-D · EuRoC MAV · nuScenes · YCB nesne seti

Robotikte çoğu deneme önce **benzetimde** yapılır; gerçek robota geçişte sürtünme, gürültü ve gecikme yeni sorunlar doğurur.

UYGULAMA

Sık Karıştırılanlar

Yaygın düşünce	Doğrusu
Robotik yalnızca mekanik ve elektroniktir.	Bugünkü robotların zorluğu çoğunlukla yazılımdadır: algılama, konum kestirimi ve planlama.
İyi bir plan robotu hedefe götürür.	Tekerlek kayar, ölçüm gürültülüdür; plan ancak sürekli geri beslemeyle tutar.
Benzetimde çalışan gerçekte de çalışır.	Benzetim ile gerçek arasındaki fark (sim-to-real) robotikte ayrı bir araştırma konusudur.
Robot görüsü bilgisayarlı görüyle aynıdır.	Robot görüsü derinlik, poz ve gerçek zamanı öne çıkarır; sonucu bir harekettir.

SONRASI

Bu Dersten Sonra

Bu dersi temel alan ya da genişleten dersler

Bu ders çoğunlukla uç noktadır; öteki dersleri temel alır.

İlgili meslekler

Robotik yazılım mühendisi

Denetim mühendisi

Algılama mühendisi

Otonom sürüş mühendisi

Mekatronik mühendisi

Robotik, görüyü, öğrenmeyi ve denetimi tek bir fiziksel sistemde buluşturur. Buradan pekiştirmeli öğrenmeyle hareket öğrenmeye, sürü robotlarla çok etmenli sistemlere ya da gömülü YZ ile cihaz üzerinde çıkarıma geçilebilir.

SONRASI

Kaynaklar

- Siegwart, Nourbakhsh ve Scaramuzza, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, 2. baskı, MIT Press, 2011.
- Thrun, Burgard ve Fox, *Probabilistic Robotics*, MIT Press, 2005.
- Lynch ve Park, *Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control*, Cambridge University Press, 2017.
- Corke, *Robotics, Vision and Control*, 2. baskı, Springer, 2017.

Son

Bölüm 23: Robotik ve Robot Görüsü

← Önceki bölüm · Alanın haritası · Sonraki bölüm →