Tıbbi Görüntü İşleme

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

Görüntüleme türleri | DICOM ve 3B hacim | Bölütleme | Çakıştırma | Tanı desteği | 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_20_Tibbi_Goruntu_Isleme.html

GİRİŞ

Ders Hangi Soruyu Sorar?

> **Röntgen, BT ve MR görüntüleri tanıya ve tedaviye nasıl yardım eder?**

Tıbbi görüntü işleme, röntgen, BT, MR ve ultrason görüntülerini **tanı ve tedaviye** yardım edecek biçimde iyileştirir, bölütler, ölçer ve karşılaştırır. Görüntü işleme ve bilgisayarlı görü yöntemlerini, az veri, pahalı etiket ve hasta güvenliği kısıtları altında uygular.

Bir bakışta

YAKLAŞIM	GİRDİ	ÇIKTI
görüntü işleme ve klinik bilgi	BT, MR, röntgen, ultrason	bölütleme, ölçüm, tanı önerisi

BAŞARI ÖLÇÜTÜ	MATEMATİK YÜKÜ	VERİ İHTİYACI
duyarlılık, özgüllük, Dice	orta-yüksek	az; etiket pahalı

GİRİŞ

Kısa Tarihçe

1895
Röntgen X ışınlarını keşfeder; ilk tıbbi görüntü, eşinin elinin röntgenidir.

1972
Hounsfield'in bilgisayarlı tomografi (BT) tarayıcısı tanıtılır: kesit görüntü hesapla elde edilir.

1973
Lauterbur manyetik rezonansla ilk görüntüleme makalesini yayımlar; MR'nin temeli atılır.

1993
DICOM 3.0 standardı yayımlanır; farklı üreticilerin cihazları aynı dosya biçimini konuşur.

2015
U-Net yayımlanır: az etiketli tıbbi görüntüde bölütleme için kodlayıcı-çözücü ağ.

2018
ABD'de FDA, diyabetik retinopatiyi hekimsiz tarayan IDx-DR sistemine izin verir.

DERS

Temel Kavramlar

Görüntüleme türleri
Röntgen, BT, MR, ultrason, PET: her biri farklı fizik.

DICOM
Görüntü ve hasta bilgisini birlikte taşıyan standart.

Voksel ve hacim
BT ve MR üç boyutludur; piksel yerine voksel.

Gürültü giderme
Düşük dozlu BT'de ve MR'de kaliteyi korumak.

Bölütleme
Organ, tümör ya da damarın sınırını çizmek.

Çakıştırma
İki görüntüyü (önce/sonra, BT/MR) üst üste getirmek.

Destekli tanı (CAD)
Bilgisayarın şüpheli bölgeyi hekime işaretlemesi.

Klinik değerlendirme
Duyarlılık, özgüllük, Dice; hekimle kıyas.

DERS

Tipik İş Akışı



Örnek: Akciğer BT taramasındaki yüzlerce kesit DICOM olarak okunur, akciğer bölgesi bölütlenir ve bir ağ şüpheli nodülleri işaretler. Önceki taramayla çakıştırılınca nodülün hacmindeki büyüme ölçülür. Son kararı radyolog verir; sistem yalnız dikkat çeker.

DERS

Derste Neler İşlenir?

1. Görüntüleme fiziği: röntgen, BT, MR, ultrason
2. DICOM, NIfTI ve tıbbi görüntü verisi
3. Görüntü oluşturma: süzgeçli geri izdüşüm
4. Gürültü giderme ve görüntü iyileştirme
5. Klasik bölütleme: eşik, bölge büyütme, seviye kümesi
6. Derin bölütleme: U-Net ve nnU-Net
7. Katı ve esnek çakıştırma
8. Atlas tabanlı çözümleme ve hacim ölçümü
9. Sınıflandırma ve bilgisayar destekli tanı
10. Az veriyle öğrenme: veri artırma, aktarım öğrenmesi
11. Klinik doğrulama: Dice, ROC, okuyucu çalışmaları
12. Mevzuat, gizlilik ve kliniğe geçiş

Kazandırdığı beceriler

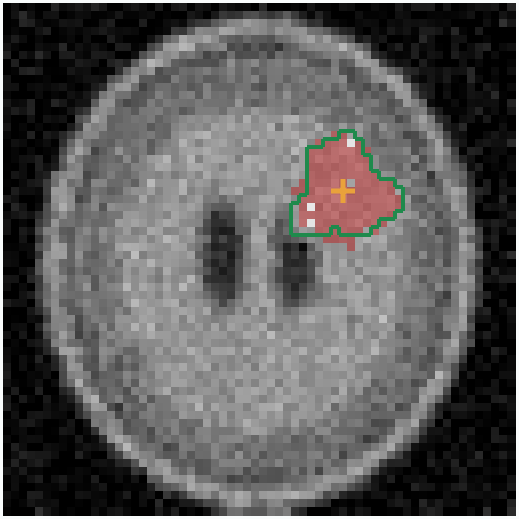
pydicom ile DICOM okumak | 3D Slicer ile görüntü etiketlemek | MONAI ile bölütleme modeli eğitmek | SimpleITK ile çakıştırma | Dice ve ROC ile başarım raporlamak

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

DENE

MR Kesitinde Tümörü Ayır

Kontrastlı beyin MR kesitinde tümör parlak görünüyor; radyolog hacmini ölçmek istiyor. Tümörün içine tıklayıp tohum koyun, toleransı değiştirin: bölge büyüyerek tümörü sarar mı, sağlıklı dokuya taşar mı?



Tolerans = ±**30** gri düzey

Önce yumuşat | **Uzman maskesi**

Bölge: 123 piksel = **1.107 mm²**
Uzman: 122 piksel = 1.098 mm²
Dice puanı: **0,89**

■ bulunan bölge ▭ uzmanın çizdiği sınır. Piksel 3×3 mm. **Dice** 1'e ne kadar yakınsa bölütleme o kadar iyi.

Tıbbi görüntüde bölütleme bir sayıya dönüşür: hacim, büyüme, tedaviye yanıt. Ders, yöntemi **uzman işaretine** göre Dice ile ölçmeyi ve gürültüye karşı önişlemeyi öğretir.

KONUM

Ön Koşullar

Bu dersten önce bilinmesi yararlı olan dersler ve neden gerektikleri.

Ders	Neden gerekir
Görüntü İşleme	gürültü giderme, bölütleme, çakıştırma
Bilgisayarlı Görü	lezyon bulma, sınıflandırma
Programlama	Python ile çok boyutlu dizilerle çalışma
Fizik	X ışını soğurması ve manyetik rezonansın temelleri
Anatomi ve fizyolojiye giriş	organları ve görüntüdeki karşılıklarını tanımak

KONUM

Bu Ders Sana Göre mi?

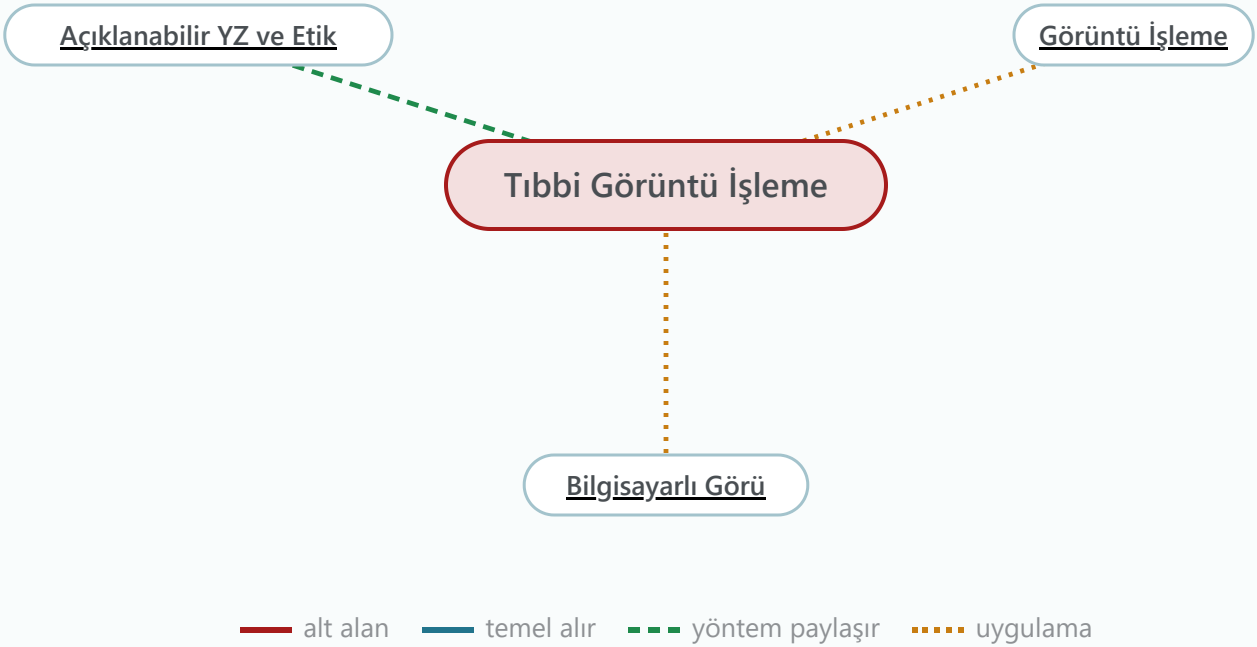
Kendine sor; "hayır" dediklerin için sağdaki sütun nereden başlayacağını gösterir.

Kendine sor	Hayırsa önce
Bir görüntüye süzgeç, eşikleme ve kenar bulma uygulayabiliyor musun?	Görüntü İşleme
Evrişimli bir sinir ağının nasıl eğitildiğini açıklayabiliyor musun?	Derin Öğrenme
Duyarlılık ve özgüllüğü hesaplayıp yorumlayabiliyor musun?	Olasılık ve İstatistik
Python ile üç boyutlu bir NumPy dizisini dilimleyebiliyor musun?	Programlamaya giriş, ardından NumPy'a 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
uygulama	Bu ders Görüntü İşleme yöntemlerini uygular	gürültü giderme, bölütleme, çakıştırma
uygulama	Bu ders Bilgisayarlı Görü yöntemlerini uygular	lezyon bulma, sınıflandırma
yöntem paylaşır	Açıklanabilir Yapay Zekâ ve Yapay Zekâ Etiği ile yöntem paylaşır	tanıda açıklanabilirlik ve sorumluluk

Ayrıştığı Noktalar (1/2)

Ölçüt	Tıbbi Görüntü İşleme	Görüntü İşleme	Bilgisayarlı Görü
Temel soru	Röntgen, BT ve MR görüntüleri tanıya ve tedaviye nasıl yardım eder?	Bir görüntü nasıl iyileştirilir, dönüştürülür ve parçalara ayrılır?	Bilgisayar bir görüntüde ya da videoda ne olduğunu nasıl anlar?
Yaklaşım	görüntü işleme ve klinik bilgi	piksel düzeyinde dönüşüm	görüntüden anlam çıkarma
Girdi	BT, MR, röntgen, ultrason	görüntü	görüntü ya da video
Çıktı	bölütleme, ölçüm, tanı önerisi	işlenmiş görüntü ya da bölgeler	etiket, kutu, derinlik, 3B yapı
Başarı ölçütü	duyarlılık, özgüllük, Dice	görsel kalite, PSNR	doğruluk, mAP, IoU
Matematik yükü	orta-yüksek	orta: evrişim, Fourier	yüksek: geometri, doğrusal cebir
Veri ihtiyacı	az; etiket pahalı	az; öğrenme şart değil	çok etiketli görüntü

- **Görüntü İşleme:** Görüntü işleme genel yöntemleri verir; bu ders onları 3B tıbbi hacimlere, cihaz fiziği ve klinik kısıtlarla uygular.
- **Bilgisayarlı Görü:** Görü milyonlarca etiketli fotoğrafla çalışır; tıbbi görüntüde etiket azdır, uzman ister ve hatanın bedeli yüksektir.

Ayrıştığı Noktalar (2/2)

Ölçüt	Tıbbi Görüntü İşleme	Açıklanabilir YZ ve Etik	Biyoenformatik
Temel soru	Röntgen, BT ve MR görüntüleri tanıya ve tedaviye nasıl yardım eder?	Bir yapay zekâ sisteminin kararına nasıl güvenilir ve sonucundan kim sorumludur?	Biyolojik diziler ve moleküler veriler hesaplamayla nasıl çözümlenir?
Yaklaşım	görüntü işleme ve klinik bilgi	insan merkezli değerlendirme	biyoloji, algoritma ve istatistik
Girdi	BT, MR, röntgen, ultrason	model, verisi ve kullanım bağlamı	DNA, protein dizileri, ifade verisi
Çıktı	bölütleme, ölçüm, tanı önerisi	açıklama, denetim raporu, ilke	hizalama, yapı, işlev tahmini
Başarı ölçütü	duyarlılık, özgüllük, Dice	anlaşılırlık, adalet, hesap verebilirlik	biyolojik geçerlilik
Matematik yükü	orta-yüksek	düşük-orta	orta-yüksek
Veri ihtiyacı	az; etiket pahalı	modelin kendi verisi	çok büyük dizi verisi

- **Açıklanabilir YZ ve Etik:** Etik dersi açıklanabilirliği genel olarak ele alır; bu ders onu hekimin karara güvenmesi ve sorumluluk için kullanır.
- **Biyoenformatik:** Biyoenformatik dizi ve molekül verisine, tıbbi görüntü işleme organ ve doku görüntüsüne bakar.

UYGULAMA

Uygulama Alanları

Radyoloji
Akciğer nodülü ve kırık bulma.

Onkoloji
Tümör bölütleme, radyoterapi planı.

Göz hastalıkları
Retina görüntüsünde retinopati taraması.

Nöroloji
Beyin MR'ında lezyon ve hacim ölçümü.

Patoloji
Doku kesitlerinde hücre sayımı.

Cerrahi
Ameliyat öncesi 3B model ve gezinim.

UYGULAMA

Riskler ve Etik

Kestirme öğrenme

Model hastalık yerine cihaz etiketini ya da hastane işaretini öğrenebilir; göğüs röntgeni modellerinde bu gösterildi.

Başka hastanede çöküş

Farklı tarayıcı, protokol ve hasta kitlesinde başarım düşer; tek merkezde doğrulama yetmez.

Yeniden tanımlama

DICOM başlığı kimlik taşır, kafa MR'ından yüz yeniden oluşturulabilir; anonimleştirme yalnız ad silmek değildir.

Otomasyon yanlılığı

Hekim modelin işaretlemediği lezyonu gözden kaçırabilir; destek aracı insan denetimini gevşetebilir.

Ayrıntılı tartışma: Açıklanabilir Yapay Zekâ ve Yapay Zekâ Etiği.

UYGULAMA

Araçlar ve Örnek Veriler

Araçlar ve kütüphaneler

3D Slicer | ITK / SimpleITK | MONAI | nnU-Net | pydicom | NiBabel | ITK-SNAP

Tanınmış veri setleri

BraTS (beyin tümörü) | LIDC-IDRI (akciğer BT) | ChestX-ray14 | CheXpert | Medical Segmentation Decathlon

Tıbbi veri setleri **kişisel sağlık verisidir**: anonimleştirme, etik kurul izni ve kullanım sözleşmesi olmadan paylaşılamaz.

UYGULAMA

Sık Karıştırılanlar

Yaygın düşünce	Doğrusu
YZ yakında radyoloğun yerini alacak.	Sistemler dar görevlerde destek verir; tanı, bağlam ve sorumluluk hekimde kalır.
Yüksek doğruluk klinikte başarı demektir.	Az görülen hastalıkta duyarlılık ve özgüllük önemlidir; başka hastanede başarım düşebilir.
Tıbbi görüntü sıradan bir fotoğraftır.	BT ve MR çoğu zaman 3B'dir, piksel değerleri fiziksel anlam taşır (Hounsfield birimi).
Çok veri toplamak kolaydır.	Etiket uzman zamanı ister ve veri gizlilik yasalarıyla korunur.

SONRASI

Bu Dersten Sonra

Bu dersi temel alan ya da genişleten dersler

Bu ders çoğunlukla uç noktadır; öteki dersleri temel alır.

İlgili meslekler

Tıbbi görüntüleme mühendisi

Biyomedikal yazılım geliştiricisi

Klinik YZ araştırmacısı

Medikal cihaz düzenleme uzmanı

Tıbbi görüntü işleme, görüntü işleme ve bilgisayarlı görünün en sıkı denetlenen uygulama alanıdır. Buradan derin öğrenmeyle bölütlemeye, açıklanabilir yapay zekâyla klinik güvene, biyoenformatikle moleküler düzeye geçilebilir.

Kaynaklar

- Suetens, *Fundamentals of Medical Imaging*, 3. baskı, Cambridge University Press, 2017.
- Bankman (ed.), *Handbook of Medical Image Processing and Analysis*, 2. baskı, Academic Press, 2008.
- Ronneberger, Fischer ve Brox, "U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation", *MICCAI*, 2015.
- Litjens ve diğerleri, "A Survey on Deep Learning in Medical Image Analysis", *Medical Image Analysis* 42, 2017.

Son

Bölüm 20: Tıbbi Görüntü İşleme

← Önceki bölüm · Alanın haritası · Sonraki bölüm →