



تحلیل هوشمند تصاویر زیست پزشکی

نیم سال اول ۰۴-۰۳

مدرس: محمدحسین رهبان

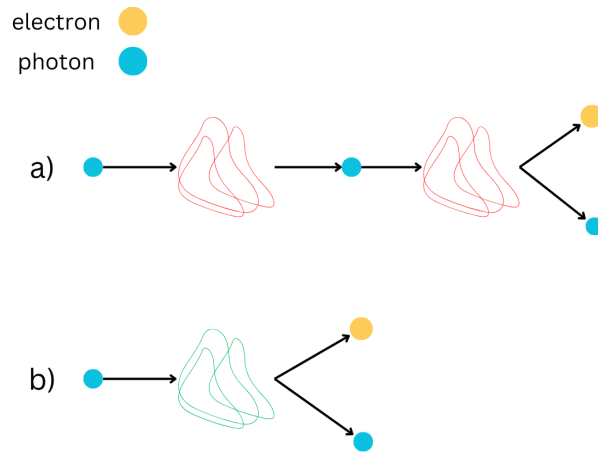
تمرین دوم

- مهلت ارسال پاسخ تا ساعت ۲۳:۵۹ روز مشخص شده است.
- در طول ترم امکان ارسال با تاخیر تمرین‌ها بدون کسر نمره تا سقف ۱۲ روز وجود دارد. محل بارگزاری جواب تمرین‌ها بعد از ۴ روز بسته خواهد شد و پس از گذشت این مدت، پاسخ‌های ارسال شده پذیرفته نخواهند شد.
- توجه داشته باشید که نوت‌بوک‌های شما باید قابلیت بازاجرای ۱۰۰ درصد داشته باشند و در صورت نیاز به نصب یک کتابخانه یا دسترسی به یک فایل، مراحل نصب و دانلود (از یک محل عمومی) در نوت‌بوک وجود داشته باشد.
- هم‌فکری در انجام تمرین مانعی ندارد، فقط توجه داشته باشید که پاسخ تمرین حتماً باید توسط خود شخص نوشته شده باشد. همچنین در صورت هم‌فکری در هر تمرین، در ابتدای جواب تمرین نام افرادی که با آن‌ها هم‌فکری کرده اید را حتماً ذکر کنید.
- برای پاسخ به سوالات نظری در صورتی که از برگه خود عکس تهیه می‌کنید، حتماً توجه داشته باشید که تصویر کاملاً واضح و خوانا باشد. در صورتی که خوانایی کافی را نداشته باشد، تصحیح نخواهد شد.
- محل بارگذاری سوالات نظری و عملی در هر تمرین مجزا خواهد بود. به منظور بارگذاری بایستی تمرین‌های نظری در یک فایل زیپ با نام `IABI_Theo_hw2_[First-Name]_[Last-Name]_[Student-Id].zip` و تمرین عملی نیز در یک فایل مجزای زیپ با نام `IABI_Prac_hw2_[First-Name]_[Last-Name]_[Student-Id].zip` بارگذاری شوند.
- در صورت وجود هرگونه ابهام یا مشکل، در کوثرای درس آن مشکل را بیان کنید و از پیغام دادن مستقیم به دستیاران آموزشی خودداری کنید.

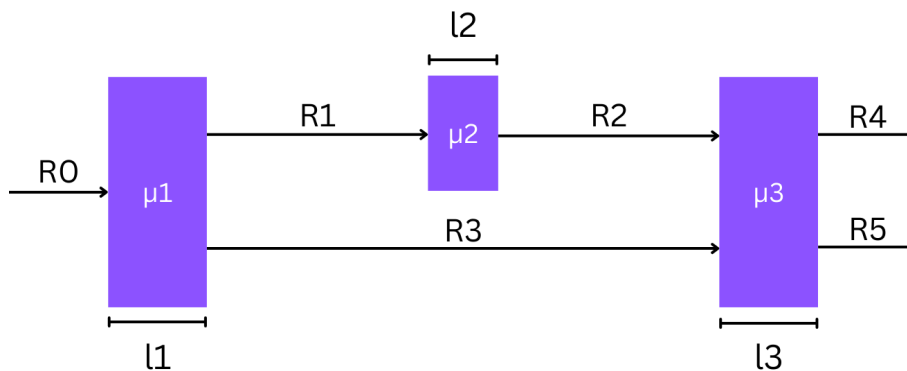
بخش نظری (۶۰)

سوال اول (۱۲ نمره)

۱. چرا تابش اشعه ایکس به بافت زنده خطرناک است؟ با استفاده از DNA lesion و DNA mutation توضیح دهید.
۲. با توجه به شکل و اینکه فوتون تابیده شده به جفت بافت‌ها انرژی یکسانی دارد، به سوالات زیر پاسخ دهید.
(آ) درباره میزان جذب انرژی بافت‌های قرمز و سبز چه نتیجه‌گیری می‌توان کرد؟ چرا؟
(ب) به طور کامل توضیح دهید که در شکل a چه اتفاقی افتاده است.



۳. با توجه به شکل که در آن سه بافت به ترتیب با میرایی‌های μ_1 ، μ_2 و μ_3 . همچنین با عرض‌های l_1 ، l_2 و l_3 قرار دارند. شدت R_4 و R_5 را محاسبه کنید.

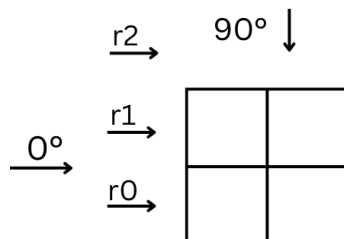


$$\mu_1(x) = x^2, \mu_2(x) = e^x, \mu_3(x) = x + 1$$

سوال دوم (۷ نمره)

۱. درباره Thin Slice و Thick Slice در تصویر برداری CT تحقیق کنید و از نظر زمان، دوز، رزولوشن، نویز و کاربرد مقایسه کنید.

۲. طبق جدول زیر، ماتریس اصلی را بازسازی کنید.



	r0	r1	r2
0°	8	9	-
45°	1	11	5
90°	5	12	-
135°	4	6	7

۳. حال بگویید کدام مقادیر در ماتریس بدست آمده می‌تواند مربوط به استخوان و هوا باشد.

سوال سوم (۸ نمره)

۱. در تصویر برداری MRI کاربرد هر یک از Magnetic Field و Gradient Coil و RF Coil را بگویید.
۲. پدیده تشدید (Resonance) چه زمانی در بافت رخ می‌دهد؟
۳. با توجه به Echo Time و Repetition Time به سوالات زیر پاسخ دهید.
- (آ) هر یک را توضیح دهید و بگویید در هر نوع تصویر برداری (T_1 و T_2) باید چه مقداری باشند؟
- (ب) برای بدست آوردن Equilibrium Magnetization (M_0) در هر بافت، مقادیر TE و TR باید حدوداً چه اندازه باشند؟
۴. در دستگاه MRI با میدان مغناطیسی خارجی $B = 2 + 4z$ می‌خواهیم بافتی از بدن که در $z = 2.5$ قرار دارد را تصویر برداری کنیم. اگر زاویه چرخش (flip angle) برابر با 30° باشد، بیشینه سیگنال دریافتی از بافت را حساب کنید. (تعداد اتم هیدروژن در بافت مورد نظر برابر با 10^7 می‌باشد. همچنین $\gamma = 43 \text{ MHz/T}$ است)

سوال چهارم (۱۲ + ۱۰ نمره)

۱. متابولیسم در تصویر برداری PET چه نقشی دارد؟
۲. چرا در تصویر برداری PET از تصویر برداری CT استفاده می‌کنند؟
۳. تفاوت تصاویر در تصویر برداری PET با تصاویر در تصویر برداری CT و MRI معمولی در چیست؟
۴. یکی از چالش‌های بازسازی تصاویر PET از روی سینوگرام این است که برخی خوانش‌ها نویزی هستند. در این حالت با توجه به تابع هدف $\arg \min_v \| p - Wv \|_R$ تصویر بازسازی شده نیز نویزی خواهند شد. برای رفع این موضوع راه حل‌های متفاوتی وجود دارد که می‌توان به Smoothing پس از بازسازی یا استفاده از عبارت regularization در تابع هدف اشاره کرد. حال فرض کنید که می‌خواهیم بجای استفاده از این نوع الگوریتم‌ها از شبکه عصبی عمیق برای بازسازی تصویر استفاده کنیم. با توجه به فرض گفته شده به سوالات زیر پاسخ دهید.
- (آ) برای انجام این کار نیاز به چه داده‌هایی داریم؟ ورودی و خروجی شبکه را مشخص کنید.
- (ب) معماری و تابع خطا مد نظر خود را مشخص و سپس استفاده از آن‌ها را توجیه کنید.
- (ج) پارامترهای مدل پیشنهادی شما چه چیزی را یاد می‌گیرند؟
- (د) تفاوت عمده و مزیت این روش با الگوریتم‌هایی مانند SIRT در چیست؟ (با مقایسه هدف در شبکه عصبی و هدف در الگوریتمی مانند SIRT توضیح دهید).
- (ه) (امتیازی) یکی از ایرادهای صرفاً استفاده کردن از شبکه عصبی در این مساله این است که از کلیه دانش فیزیک و آمار خود صرف نظر می‌کنیم. همچنین برای تعلیم شبکه خود نیاز به داده‌های بسیار زیادی داریم. برای رفع این مشکل چه راه حلی پیشنهاد می‌کنید؟ برای کسب نمره امتیازی، راه حل ارائه شده باید مشکل‌های بیان شده را رفع کند و همچنین قابلیت پیاده سازی داشته باشد.

سوال پنجم (۹ نمره)

با توجه به تصویر برداری Ultrasound به سوالات زیر پاسخ دهید. (ویدئوهای ۲، ۵ و ۱۲ از این دوره اطلاعات کافی را دارند).

۱. چه مواردی بر سرعت صوت در بافت تاثیر می‌گذارند؟ با توجه به موارد گفته چرا سرعت صوت در استخوان بیشتر از هوا می‌باشد؟

۲. تاثیر آمپدانس صوتی در تصویر برداری Ultrasound چیست؟ برای دو بافت که آمپدانس صوتی تقریباً یکسانی دارند چه اتفاقی می‌افتد؟

۳. نحوه عملکرد هریک از مودهای A, B و M را بطور خلاصه توضیح دهید.

سوال ششم (۱۲ نمره)

بر خلاف پیشرفت بسیار چشمگیر در پردازش تصاویر پزشکی توسط شبکه‌های عصبی عمیق، همچنان مشکل تعمیم پذیری وجود دارد. از مواردی که باعث این مشکل می‌شوند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- کمبود مجموعه داده بزرگ برچسب گذاری شده به علت پرهزینه بودن

- جزئیات ریز و تفاوت کم در بین بیماری‌های مختلف

یکی از راهکارها برای رفع این مشکل می‌تواند استفاده از Transfer Learning باشد. اما استفاده از پارامترهای شبکه‌ای که بر روی داده‌هایی مانند ImageNet تعلیم دیده با Random Initialization تفاوت چندانی در ایجاد خروجی بهتر ندارد.

در این مقاله برای رفع این موضوع تلاش شده تا از توضیحات موجود برای هر تصویر مدلی Multimodal تعلیم داده شود. سپس، از Encoder این شبکه برای تسک‌های مرتبط با تصاویر پزشکی استفاده شود. توضیحات موجود برای هر تصویر در مراکز درمانی گاه‌ا اطلاعات کمی دارند ولی هزینه این داده‌ها برخلاف برچسب گذاری توسط یک متخصص بسیار کم است. روش ارائه شده در مقاله تلاش می‌کند تا با استفاده از این داده‌ها به بازنمایی بهتری برای تصاویر برسد. حال با توجه به مقاله به سوالات زیر پاسخ دهید.

۱. برای بدست آوردن هریک از f_u و f_v از چه مدلی استفاده شده؟ نام ببرید.

۲. Projection یا همان g چیست و چه کاربردی دارد؟

۳. مجموعه Transformation (τ) به کار گرفته شده را نام ببرید.

۴. u و v چیست؟

۵. درباره تابع زیان Contrastive تحقیق کرده و به سوالات زیر پاسخ دهید.

(آ) این تابع زیان چه کاربردی دارد؟

(ب) Batch Size مناسب برای یادگیری توسط این تابع زیان چیست؟ چرا؟

۶. با توجه به تابع زیان موجود در مقاله

$$l_i^{(v \rightarrow u)} = -\log \frac{\exp(\langle v_i, u_i \rangle / \tau)}{\sum_{k=1}^N \exp(\langle v_i, u_k \rangle / \tau)}$$

توضیح دهید با کمینه شدن این تابع زیان به چه هدفی برآورده می‌شود.

۷. تابع زیان نهایی در یادگیری مدل به چه صورت است؟

✓ طبقه‌بندی تومورهای مغزی در تصاویر MRI (۳۰ نمره)

در تمرین عملی، ما قصد داریم یک شبکه عصبی را توسعه دهیم که بتواند به‌طور دقیق تومورهای مغزی را از اسکن‌های MRI شناسایی و طبقه‌بندی کند. این شبکه عصبی با استفاده از یک مجموعه داده بزرگ از تصاویر تومور مغزی دارای برچسب آموزش داده خواهد شد تا الگوها و ویژگی‌های مرتبط به انواع مختلف تومورها را یاد بگیرد. برای این منظور، به نوتبوک قرار داده شده در فایل zip مراجعه کنید.

✓ بازسازی از روی سینوگرام (۱۰ نمره)

در این نوت بوک، با استفاده از اعمال فیلترها و تبدیل فوری، می‌خواهیم از تصویر CT-Scan استفاده کرده و sinogram مربوط به آن را تشکیل دهیم و سپس با استفاده از تبدیل و back projection، تصویر CT-Scan اولیه را با استفاده از sinogram تشکیل شده بازسازی کنیم. برای این منظور، به نوتبوک قرار داده شده در فایل zip مراجعه کنید.