### بسم الله الرحمن الرحيم

# پردازش هوشمند تصاویر زیست پزشکی نیمسال اول ۲۰۰۰۰

مدرس: محمدحسین رهبان



دانشگاه صنعتی شریف دانشکدهی مهندسی کامییوتر

تمرین پنجم

- مهلت ارسال پاسخ تا ساعت ۲۳:۵۹ روز مشخص شده است.
- در طول ترم امکان ارسال با تاخیر تمرین ها بدون کسر نمره تا سقف ۱۲ روز وجود دارد. محل بارگزاری جواب تمرین ها بعد از ۴ روز بسته خواهد شد.
- توجه داشتهباشید 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.
- هم فکری در انجام تمرین مانعی ندارد، فقط توجه داشته باشید که پاسخ تمرین حتما باید توسط خود شخص نوشته شده باشد. همچنین در صورت هم فکری در هر تمرین، در ابتدای جواب تمرین نام افرادی که با آنها هم فکری کرده اید را حتما ذکر کنید.
- برای پاسخ به سوالات نظری در صورتی که از برگه خود عکس تهیه میکنید، حتما توجه داشته باشید که تصویر کاملا واضح و خوانا باشد. درصورتی 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 تمارین تئوری در یک فایل زیپ با نام SPB\_Theo\_hw[HW-Number]\_[First-Name]\_[Last-Name] و تمارین عملی نیز در یک فایل مجزای زیپ با نام SPB\_Prac\_hw[HW-Number]\_[First-Name]\_[Last-Name] [Student-Id].zip بارگذاری شوند.
- در صورت وجود هرگونه ابهام یا مشکل، در کوئرای درس آن مشکل را بیان کنید و از پیغام دادن مستقیم به دستیاران آموزشی خودداری کنید.

## بخش تئوري (۴۰ نمره)

## ١. سوال اول (١٠ نمره)

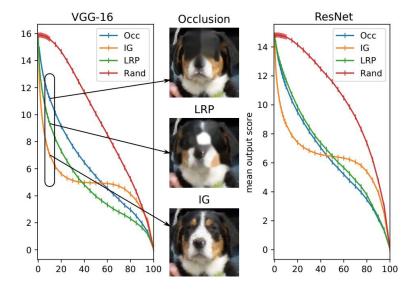
در مورد Object Detection به سوالات زیر پاسخ دهید.

- (i) نحوهی عملکرد آشکارساز های تک مرحله ای و دو مرحله ای را بیان کنید؟ تفاوت آن ها در چیست؟ موارد استفاده ی هر کدام در حوزه ی مدیکال چه مواردی است؟
- fast را شرح دهید. این آشکارساز چندمرحله ای عمل می کند؟ تفاوت آن با نسخه های R-CNN را شرح دهید. این آشکارساز چندمرحله R-CNN و R-CNN

## ۲. سوال دوم (۱۰ نمره)

در مورد تفسیرپذیری به سوالات زیر پاسخ دهید

- (i) در attribution methods خروجی آن یعنی saliency map ها دارای نویز هستند. برای وجود این نویز سه فرضیه مطرح هست. هر کدام را توضیح دهید و اگر برای آن راه حلی وجود دارد بیان کنید.
- (ii) در ارزیابی روش های attribution نحوه ی ارزیابی selectivity را توضیح دهید. برای توضیح این قسمت می توانید از الگوریتم ۳ این survey که در رابطه با pixel flipping است کمک بگیرید. همچنین به طور خاص توضیح دهید محورهای افقی و عمودی شکل زیر که در سروی آمده است نشان دهنده ی چه چیزی است؟



## ٣. سوال سوم (٢٠ نمره)

در مورد Federated Learning به سوالات زير پاسخ دهيد.

- (i) تفاوت کلیدی Federated Learning با یادگیری decentralized چیست؟
- Personalized Federated Learning with Theoretical Guarantees: A Model-Agnostic مقاله ی (ii) Meta-Learning Approach

را مطالعه کنید. توضیح دهید در این مقاله چگونه از یک shared model به مدلهای personalized برای هر کلاینت میرسد. علت ظهور مشتق مرتبه دوم (Hessian) را در الگوریتم این مقاله توضیح دهید.

#### Algorithm 1: The proposed Personalized FedAvg (Per-FedAvg) Algorithm

```
Input:Initial iterate w_0, fraction of active users r.

for k:0 to K-1 do

Server chooses a subset of users \mathcal{A}_k uniformly at random and with size rn;

Server sends w_k to all users in \mathcal{A}_k;

for all i \in \mathcal{A}_k do

Set w_{k+1,0}^i = w_k;

for t:1 to \tau do

Compute the stochastic gradient \tilde{\nabla} f_i(w_{k+1,t-1}^i,\mathcal{D}_t^i) using dataset \mathcal{D}_t^i;

Set \tilde{w}_{k+1,t}^i = w_{k+1,t-1}^i - \alpha \tilde{\nabla} f_i(w_{k+1,t-1}^i,\mathcal{D}_t^i);

Set w_{k+1,t}^i = w_{k+1,t-1}^i - \beta (I - \alpha \tilde{\nabla}^2 f_i(w_{k+1,t-1}^i,\mathcal{D}_t'^i)) \tilde{\nabla} f_i(\tilde{w}_{k+1,t}^i,\mathcal{D}_t'^i);

end for

Agent i sends w_{k+1,\tau}^i back to server;

end for

Server updates its model by averaging over received models: w_{k+1} = \frac{1}{rn} \sum_{i \in \mathcal{A}_k} w_{k+1,\tau}^i;

end for
```

### بخش عملی (۶۰ نمره)

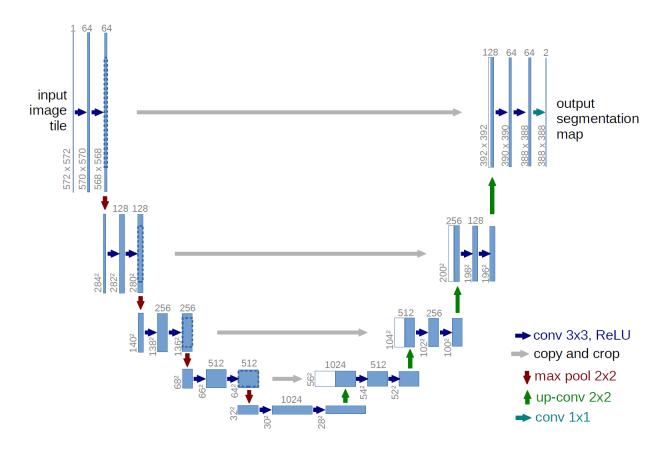
## ١. سوال اول (٢٠ نمره)

در این تمرین میخواهیم یک مدل ناحیهبندی (segmentation) آموزش دهیم و به کمک آن ارگان کبد در بدن را در تصاویر CT ناحیهبندی کنیم. در این سوال به شما یک دیتاست داده شده است که شامل T تصویر سهبعدی T است. همانطور که می دانید هر تصویر سهبعدی از تعدادی تصویر دوبعدی تشکیل می شود که در محور T روی هم قرار گرفته اند و تصویر حجمی را می سازند. به هر کدام از این تصاویر دوبعدی یک اسلایس گفته می شود. شکل زیر یک اسلایس از یک تصویر حجمی را نشان می دهد.



در این تمرین میخواهیم مدلی را آموزش دهیم که بتواند ارگان کبد (liver) را در یک تصویر حجمی ناحیه بندی کند. به طور دقیق تر ورودی شبکه یک تنسور با ابعاد  $H \times W = num$  است و خروجی باید یک ماسک باینری با همین ابعاد باشد. در این تمرین دو روش برای انجام این کار پیاده می کنیم و نتایج دو حالت رو مقایسه می کنیم. برای ارزیابی از معیار دایس استفاده می کنیم. (در زمان ارزیابی، دایس را فقط روی اسلایس هایی محاسبه کنید که ارگان کند در آنها موجود است.)

حالت اول: در این حالت برای ناحیهبندی تصاویر سهبعدی یک مدل دوبعدی آموزش می دهیم. یعنی برای آموزش این مدل یک دیتاست از اسلایس هایی که شامل ارگان کبد هستند می سازیم و با استفاده از این دیتاست یک مدل UNet دوبعدی را آموزش می دهیم. این مدل قادر خواهد بود که یک تصویر دوبعدی را بگیرد و در خروجی ماسک باینری ناحیهبندی را به ما بدهد. با استفاده از این مدل می توانیم تک تک اسلایس های یک تصویر حجمی را مستقلا ناحیهبندی کنیم و به این ترتیب یک ماسک سهبعدی برای تصویر بدست آوریم. نوتبوک را کامل کنید و نتایج ارزیابی را گزارش دهید. (دقت کنید در پیاده سازی شبکه UNet از انکودر به دیکودر skip connection باید وجود داشته باشد.) شکل زیر یک نمونه معماری UNet را نشان می دهد.



حالت دوم: در این حالت شما باید یک مدل UNet سه بعدی را پیاده سازی کنید و آموزش دهید. در مدل سه بعدی از لایه های Conv3D استفاده می شود و چنین مدلی یک تصویر سه بعدی را یکجا به عنوان ورودی می گیرد و در خروجی ماسک ناحیه بندی آن تصویر را به ما می دهد. برای آموزش این مدل شما یک دیتاست از تصاویر سه بعدی به همراه برچسب را می سازید و با استفاده از آن شبکه را آموزش می دهید. نوتبوک را کامل کنید و نتایج ارزیابی این مدل با مدل قبلی را مقایسه کنید. به نظر شما کدام مدل باید عملکرد بهتری داشته باشد و به نظر شما دلیل این موضوع چیست؟

## ۲. دسته بندی دو کلاسه با استفاده از BreastMNIST (۲۰ نمره)

در این تمرین، به موضوع مهم دستهبندی دو کلاسه در دادههای پزشکی با استفاده از مجموعه دادههای BreastMNIST می پردازیم. یکی از چالشهای اصلی در این حوزه، مقابله با دادههای نامتوازن است که می تواند بر دقت مدلهای آموزش دیده تأثیر بگذارد.

لطفاً فایل HW5\_BreastMNIST\_Classification.ipynb را تکمیل کنید. در این نوتبوک، شما با استفاده از تکنیکهایی برای مقابله با دادههای نامتوازن و استفاده از معیارهای دقیق تر مانند AOC و AUC برای ارزیابی عملکرد مدل، به دسته بندی تصاویر BreastMNIST خواهید پرداخت. دستورالعملها را دنبال کرده و با تکمیل کد، به نتایج قابل اتکا دست یابید.

# ۳. Covid Image Classification Using ResNet and GradCAM (۲۰)

در این تمرین میخواهیم روی دیتاستی شامل تصاویر covid دسته بندی دو کلاسه انجام دهیم. در این تمرین برای تشخیص بیماری covid میخواهیم از شبکهی ResNet استفاده کنیم. در نهایت با استفاده از روش ResNet عملکرد مدل را بررسی و تفسیر کنیم.

روش GradCAM یکی از روشها در بینایی کامپیوتر برای تفسیر خروجی مدل است. این روش مشخص میکند مدل به کدام بخش های تصویر در تصمیم گیری خود برای یک کلاس خاص توجه کرده است. در واقع میدانیم مدل برای تصمیم گیری کلاس نهایی به قسمتهایی از تصویر توجه کرده و یا قسمت خاصی را در تصویر مشاهده کرده. در زبان

ریاضی این معادل با گرادیان غالبترین logit در آخرین activation map است. درواقع فیچرهای encode شده در آخرین لایه کانولوشنی مدل را قانع میکنند که آن کلاس را به عنوان کلاس نهایی انتخاب کند. برای توضیح بیشتر در مورد عملکرد این روش میتوانید پیپر GradCAM را مطالعه کنید.

