

به نام خدا

فاطمه شاه حسینی – 403206519

بخش نظری تمرین اول – پردازش تصاویر پزشکی

---

### بخش نظری (۵۰ نمره)

---

**سوال اول (۵ نمره)** به سوالات زیر پاسخ دهید:

(آ) برای حذف نویزهای زیر از تصویر، فیلتر مناسب پیشنهاد داده و دلیل انتخاب خود را بیان کنید:

- نویز نمک-فلفلی

- نویز متناوب

(ب) مهم‌ترین مزیت فضای رنگی HSV به RGB چیست و چه کاربردهایی می‌تواند داشته باشد؟

(پ) در مورد فیلتر Homomorphic تحقیق کرده و پس از آشنایی با آن، بگویید استفاده از آن در چه مواردی می‌تواند کارا باشد؟

(ت) اثر False Countoring چیست و چه موقع رخ می‌دهد؟

(آ)

نویز فلفل نمکی (Salt-and-Pepper Noise) نوعی نویز است که در تصاویر دیجیتالی ایجاد می‌شود و به صورت نقاط روشن و تیره تصادفی (مانند نقاط سفید و سیاه) روی تصویر ظاهر می‌شود. این نویز معمولاً به دلیل خطاهای انتقال داده، نقص در سنسورها یا مشکلات ذخیره‌سازی رخ می‌دهد. نویز فلفل نمکی باعث می‌شود که برخی از پیکسل‌ها به طور تصادفی مقدار حداکثر (سفید) یا مقدار حداقل (سیاه) را بگیرند، در حالی که سایر پیکسل‌ها تحت تأثیر قرار نمی‌گیرند. به دلیل شکل خاص این نویز، حذف آن از تصویر به تکنیک‌های خاصی مثل فیلتر میانه نیاز دارد. فیلتر میانه (Median Filter) بر خلاف فیلترهای خطی که از میانگین مقادیر پیکسل‌ها استفاده می‌کنند، فیلتر میانه مقدار پیکسل‌های موجود در یک پنجره محلی (معمولاً مربعی) را انتخاب می‌کند.

نویز متناوب (Periodic Noise) نوعی نویز است که به صورت تکرارشونده و منظم در تصاویر یا سیگنال‌های دیجیتال ظاهر می‌شود. این نویز معمولاً به دلیل اختلالات الکتریکی یا تداخل‌های فرکانسی در تجهیزات تصویربرداری یا ضبط سیگنال به وجود می‌آید. در تصاویر، نویز متناوب به شکل الگوهای منظم مثل خطوط یا موج‌ها ظاهر می‌شود و معمولاً دارای یک فرکانس مشخص است. این نوع نویز در مواردی که سیگنال اصلی دارای جزئیات ظریف باشد می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کیفیت تصویر بگذارد. حذف نویز متناوب معمولاً نیازمند تکنیک‌های پردازش سیگنال مانند تبدیل فوریه (FFT) است که می‌تواند فرکانس‌های نویز را شناسایی کرده و آن‌ها را حذف کند.

(ب)

فضای رنگ HSV به دلیل نحوه توصیف رنگ‌ها، مزایای خاصی نسبت به فضای رنگ RGB دارد. در فضای HSV، اجزای رنگ به صورت مؤلفه‌های جداگانه (رنگ، اشباع و روشنایی) نمایش داده می‌شوند که برای انسان‌ها قابل فهم‌تر است. مثلاً، می‌توان به راحتی یک رنگ خاص را با تغییر میزان اشباع و روشنایی آن تغییر داد بدون اینکه نیاز به ترکیب مجدد رنگ‌های پایه داشته باشیم. تغییر در رنگ (Hue) در فضای HSV راحت‌تر است. به عنوان مثال، اگر بخواهیم از رنگ قرمز به رنگ آبی تغییر کنیم، کافی است مقدار Hue را تغییر دهیم بدون اینکه اشباع یا روشنایی را تحت تأثیر قرار دهیم. در HSV، مقدار روشنایی (Value) به‌طور مستقل از رنگ و اشباع قابل تنظیم است. این ویژگی به ما این امکان را می‌دهد که روشنایی را بدون تغییر رنگ یا اشباع کنترل کنیم.

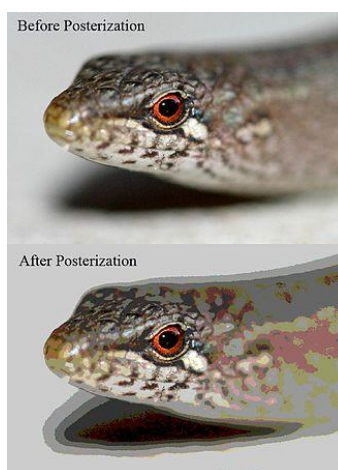
HSV به‌طور گسترده‌ای در پردازش تصویر و بینایی کامپیوتری برای شناسایی و تجزیه و تحلیل اشیاء بر اساس رنگ‌ها استفاده می‌شود. این امکان را فراهم می‌کند که تصاویر را بر اساس رنگ‌های خاص تجزیه و تحلیل و فیلتر کنیم.

(پ)

ایده اصلی فیلتر همومورفیک بر پایه این است که روشنایی تصویر و جزئیات آن را به صورت دو مؤلفه جدا از هم در نظر بگیریم: **روشنایی (Illumination)**: که تغییرات آهسته‌تری دارد و در بخش فرکانس پایین تصویر قرار می‌گیرد. **بازتاب‌ها یا جزئیات (Reflectance)**: که شامل اطلاعات جزئی و دقیق تصویر است و در بخش فرکانس بالا قرار دارد. در تصاویر واقعی، روشنایی ممکن است در برخی مناطق بسیار زیاد یا کم باشد که این موضوع باعث کاهش دید جزئیات می‌شود. فیلتر همومورفیک با استفاده از تبدیل لگاریتمی (برای تبدیل ضربی روشنایی و بازتاب به یک جمع جبری)، تفکیک این دو مؤلفه و اعمال یک فیلتر گذر بالا (High-Pass Filter) روی روشنایی به منظور کاهش اثرات روشنایی و حفظ جزئیات تصویر را ممکن می‌سازد. سپس از تبدیل معکوس لگاریتم برای بازگشت به فضای اصلی استفاده می‌شود. فیلتر همومورفیک در زمینه‌های مختلف پردازش تصویر و سیگنال کاربرد دارد: برای تصاویری که روشنایی به‌صورت غیر یکنواخت توزیع شده است، مانند تصاویری که دارای مناطق بسیار روشن یا تاریک هستند (مانند تصاویر پزشکی، ماهواره‌ای و صنعتی). در تصاویری که تحت تأثیر شرایط نوری مختلف (مانند سایه‌ها یا تابش‌های شدید خورشید) هستند، فیلتر همومورفیک به تقویت جزئیات و کاهش روشنایی‌های غیرطبیعی کمک می‌کند. در پردازش سیگنال گفتار نیز می‌توان از این فیلتر برای تفکیک اجزای کم‌فرکانس (مانند نویز پس‌زمینه) و اجزای پرفرکانس (مانند سیگنال‌های صوتی اصلی) استفاده کرد.

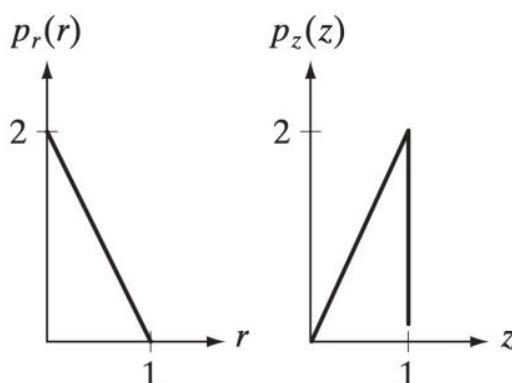
(ت)

**اثر False Contouring** یا پله‌ای شدن کنتراست (خطوط کاذب در کنتراست تصویر) پدیده‌ای است که وقتی تعداد سطوح روشنایی یا شدت رنگ در یک تصویر دیجیتال کم باشد، رخ می‌دهد. این اثر به صورت ایجاد نوارهای کاذب یا خطوط ناپیوسته در مناطق هموار و گرادیان‌های نرم تصویر (مانند آسمان، پوست، یا سایه‌های تدریجی) دیده می‌شود. این پدیده معمولاً به دلیل **تعداد ناکافی بیت‌های رنگ یا شدت روشنایی** برای نمایش یک تصویر رخ می‌دهد. در حالت طبیعی، تغییرات روشنایی یا رنگ باید به صورت پیوسته و نرم بین پیکسل‌ها توزیع شود. اما وقتی تعداد سطوح شدت محدود باشد (مثلاً به دلیل کاهش عمق رنگ یا کوانتیزه کردن)، این تغییرات پیوسته به صورت ناپیوسته و پله‌ای نمایش داده می‌شوند و به جای گرادیان نرم، نوارهای تیز و مشخصی در تصویر دیده می‌شود.



### سوال دوم (۶ نمره) به سوالات زیر پاسخ دهید:

(آ) از جمله پردازش‌های ساده و پرکاربرد برای بهبود کیفیت تصویر یکسان‌سازی هیستوگرام<sup>۱</sup> است؛ آن را شرح دهید.  
(ب) یک تصویر با شدت روشنایی در محدوده  $[0, 1]$  دارای تابع چگالی احتمال  $p_r(r)$  است که در شکل ۱ نمایش داده شده است. با فرض کمیت‌های پیوسته، تبدیلی از شدت روشنایی را بیابید که  $p_r(r)$  را به  $p_z(z)$  تبدیل کند.  
**توضیح:** برای بدست آوردن دامنه شدت روشنایی‌ها در هیستوگرام تصویر به نحوی نرمالیزه شده تا سطح زیر نمودار آن برابر یک باشد.



(آ)

یکسان‌سازی هیستوگرام (Histogram Equalization) یک تکنیک در پردازش تصویر است که به منظور بهبود کنتراست تصویر استفاده می‌شود. این روش با پخش یکنواخت‌تر مقادیر شدت روشنایی یا رنگ در تصویر، باعث می‌شود که تمام طیف روشنایی به‌خوبی در تصویر به‌کار گرفته شود و جزئیات در مناطق تیره یا روشن بهتر دیده شوند. ابتدا توزیع مقادیر روشنایی یا رنگ در تصویر محاسبه می‌شود. سپس یک تابع تجمعی (CDF) از هیستوگرام ساخته می‌شود. این تابع نشان‌دهنده توزیع تجمعی روشنایی‌های تصویر است. مقادیر روشنایی تصویر اصلی بر اساس این تابع تجمعی به مقادیر جدیدی نگاشت داده می‌شوند تا پراکندگی آن‌ها یکنواخت‌تر شود. با اعمال مقادیر جدید روشنایی، تصویر جدیدی با کنتراست بهبود یافته تولید می‌شود.

(ب)

با توجه به اینکه تابع  $-2x + 2$  شده است، مقدار cdf تابع را برای بازه 0 تا  $r$  حساب می‌کنیم.

$$CDF_r(r) = \int_0^r (-2x + 2) dx = [-x^2 + 2x]_0^r = -r^2 + 2r$$

با انتخاب تابع تبدیل  $z = -r^2 + 2r$  می‌توانیم  $r$  را به  $z$  تبدیل کنیم.

**سوال سوم (۱۲ نمره)** در نظر بگیرید که  $y(t) = (x * h)(t)$  عبارات زیر را نشان دهید.

(a)  $y(t - 1) = x(t - 2) * h(t + 1)$

(a)  $y(-t) = x(-t) * h(-t)$

(c)  $\frac{d}{dt}y(t) = (x * h')(t)$

(d)  $y(t) = (x_I * h')(t)$ , where  $x_I = \int_{-\infty}^t h(\tau) d\tau$

۸)

$$y(t-1) = x(t-2) * h(t+1)$$

$$y(t) = (x * h)(t) = \int x(\tau) h(t-\tau) d\tau$$

$$x(t-2) * h(t+1) = \int x(\tau-2) h(t+1-\tau) d\tau$$

$$\stackrel{\tau-2=\lambda}{=} \int x(\lambda) h(t-1-\lambda) d\lambda = (x * h)(t-1) = y(t-1) \quad \checkmark$$

$$b) y(-t) = x(-t) * h(-t)$$

$$x(-t) * h(-t) = \int x(\tau) h(-t+\tau) d\tau$$

$\tau = \lambda$   
 تغيير المتغير

$$\int x(\lambda) h(-t-\lambda) d\lambda = (x * h)(-t) = y(-t) \quad \checkmark \checkmark$$

$$c) \frac{dy}{dt}(t) = (x * h')(t)$$

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt}(t) &= \frac{d}{dt} \int x(\tau) h(t-\tau) d\tau = \int x(\tau) \frac{d}{dt} h(t-\tau) d\tau \\ &= \int x(\tau) h'(t-\tau) d\tau \\ &= (x * h')(t) \quad \checkmark \end{aligned}$$

$$d) y(t) = (x_I * h')(t) \quad \text{where} \quad x_I = \int_{-\infty}^t x(\tau) d\tau$$

$$\frac{d}{dt} \int_{-\infty}^{+\infty} x(\tau) h(t-\tau) d\tau$$

$$\frac{dy(t)}{dt} = (x * h')(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(\tau) h'(t-\tau) d\tau$$

$\checkmark$   
 اشتغال  
 على  $\tau$

$$y(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \left( \int_{-\infty}^{\tau} x(\lambda) d\lambda \right) h'(t-\tau) d\tau$$

$$= \left( \int_{-\infty}^t x(\lambda) d\lambda * h' \right)(t) = (x_I * h')(t)$$

سوال چهارم (۸ نمره) سیستم  $S$  LTI به گونه ای است که:

$$x[n] = \left(\frac{1}{2}\right)^n u[n] + 2^n u[-n-1] \xrightarrow{S} y[n] = 6\left(\frac{1}{2}\right)^n u[n] - 6\left(\frac{3}{4}\right)^n u[n]$$

(a) تابع تبدیل سیستم  $S$ ،  $H(z)$  را بیابید. نمودار صفر و قطب  $S$  را بیابید و  $ROC$  را مشخص کنید.

(b) پاسخ ضربه سیستم،  $h[n]$  را بیابید.

(c) معادله تفاضلی بنویسید که سیستم  $S$  را نمایندگی کند.

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$$

$$X(z) = \sum_{-\infty}^{\infty} x[n] z^{-n} = \sum_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^n u[n] z^{-n} + \sum_{-\infty}^{\infty} 2^n u[-n-1] z^{-n}$$

$$= \sum_{0}^{\infty} \frac{1}{2^n} z^{-n} + \sum_{-1}^{\infty} 2^n z^{-n}$$

$$= \frac{1}{1 - \frac{1}{2}z^{-1}} + \frac{z}{z-2} = \frac{z}{z-1} + \frac{z}{z-2}$$

$$Y(z) = z \frac{1}{1 - \frac{1}{2}z^{-1}} - \frac{z}{1 - \frac{2}{z}} = z \left( \frac{z}{z-1} - \frac{z}{z-2} \right)$$

$$H(z) = \frac{-\frac{1}{2}}{z - \frac{3}{2}} \frac{z-2}{z-\frac{1}{2}}$$

صفرها:  $z=2$

قطبها:  $z = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}$

$$\frac{1}{2} < z < \frac{3}{2}$$

$ROC$ :  $\frac{1}{2} < |z| < \frac{3}{2}$

ب) تابع ضرب به سیم  $(h[n])$  را بیابید.

$$H(z) = \frac{1}{\frac{a}{2} - z} - \frac{1}{\frac{r}{2} - z}$$

$$a^n u[n] \xrightarrow{z} \frac{1}{z-a}$$

$$\hookrightarrow h[n] = -\left(\frac{a}{2}\right)^n u[n] + \left(\frac{r}{2}\right)^n u[n]$$

ج) معادله تفاضلی به سیم  $S$  را بیابید.

$$H(z) = \frac{-3(z-2)}{2(z-\frac{5}{2})(z-\frac{1}{2})} = \frac{-6(z-2)}{(2z-5)(2z-1)}$$

$$= \frac{-4z+12}{4z^2-4z+1}$$

معادله تفاضلی به سیم

$$\hookrightarrow 4y[n+2] - 4y[n+1] + 1y[n] = -4x[n+1] + 12x[n]$$

سوال پنجم (۷ نمره)  $DFT$  هریک از دنباله‌ها با طول محدود زیر را محاسبه کنید. ( $N$  فرد است).

(a)  $x[n] = \delta[n - n_0]$

(b)  $x[n] = \begin{cases} 1, & 0 \leq n \leq N/2 - 1 \\ 0, & N/2 \leq n \leq N - 1. \end{cases}$

(c)  $x[n] = \begin{cases} 1, & n \text{ odd} \\ 0, & n \text{ even.} \end{cases}$

a)  $x[n] = \delta[n - n_0]$

$$X[\omega] = \sum \delta[n - n_0] e^{-j\omega n} = e^{-j\omega n_0}$$

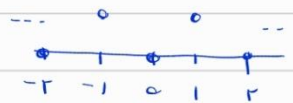
b)  $x[n] = \begin{cases} 1 & 0 \leq n \leq N_F - 1 \\ 0 & N_F \leq n \leq N - 1 \end{cases}$



$$X[\omega] = \sum_{n=0}^{N_F-1} e^{-j\omega n} = \frac{1 - e^{-j\omega(N_F-1)}}{1 - e^{-j\omega}}$$

c)

$x[n] = \begin{cases} 1 & n \text{ odd} \\ 0 & n \text{ even} \end{cases}$



$$X(\omega) = \sum_{\substack{n=0 \\ n \text{ odd}}}^{N-1} e^{-j\omega n}$$



## سوال ششم (۱۲ نمره) به سوالات زیر پاسخ دهید:

- (آ) ۳ مورد از مزایای کلیدی که استاندارد ذخیره سازی DICOM دارد، به طور مختصر توضیح دهید.
- (ب) یک فایل DICOM حاوی تصویر اخذ شده توسط اسکنر و فراداده<sup>۲</sup> است. داده‌های مذکور به صورت tag-based ذخیره شده‌اند. از برجسب‌های مربوط به هر یک از اطلاعات مریض و تصویر، ۳ مورد را نام ببرید.
- (پ) تصویر موجود در فایل sample.DCM را با استفاده از کتابخانه pydicom نمایش دهید.
- (ت) Anonymize کردن فایل‌های DICOM به چه منظور انجام می‌شود؟ فایل sample.DCM را Anonymize کنید. موارد (پ) و (ت) را در ژوپیتر نوک بوک DICOM.ipynb انجام دهید.

(آ)

### قابلیت همکاری بین دستگاه‌ها و سیستم‌های مختلف (Interoperability)

استاندارد DICOM به دلیل سازگاری و هماهنگی بالایی که بین سیستم‌ها و تجهیزات مختلف تصویربرداری پزشکی دارد، امکان تبادل داده‌های تصویری میان دستگاه‌های تولیدکنندگان مختلف مانند MRI ، CT، سونوگرافی و سایر دستگاه‌های تصویربرداری و سیستم‌های اطلاعات پزشکی، را فراهم می‌کند. این قابلیت همکاری باعث می‌شود که پزشکان و متخصصان بتوانند به راحتی تصاویر پزشکی را بدون نگرانی از عدم سازگاری بین تجهیزات و نرم‌افزارهای مختلف دریافت و تحلیل کنند.

### ذخیره‌سازی جامع داده‌ها (Rich Metadata Storage)

استاندارد DICOM علاوه بر ذخیره تصاویر پزشکی، قادر به ذخیره اطلاعات مهم و متادیتاهای مربوط به هر تصویر، مانند اطلاعات بیمار، نوع مطالعه، تاریخ و زمان تصویربرداری، پارامترهای تصویربرداری و غیره است. این اطلاعات همراه با تصویر ذخیره می‌شوند و به پزشکان کمک می‌کنند که داده‌های مربوط به هر بیمار را به‌طور کامل و دقیق همراه با تصاویر مرتبط مشاهده کنند. این جامعیت داده‌ها، فرآیند تشخیص و پیگیری بیمار را دقیق‌تر و کارآمدتر می‌سازد.

### امنیت و حریم خصوصی داده‌ها (Security and Privacy)

استاندارد DICOM شامل ویژگی‌های امنیتی برای حفاظت از حریم خصوصی بیماران است. این استاندارد از رمزنگاری و روش‌های احراز هویت برای ایمن‌سازی داده‌ها هنگام انتقال و ذخیره‌سازی استفاده می‌کند. همچنین، امکان کنترل دسترسی به داده‌ها توسط کاربران مجاز را فراهم می‌کند، که به حفظ محرمانگی و یکپارچگی اطلاعات بیماران کمک می‌کند. این ویژگی به‌ویژه در محیط‌های بیمارستانی که امنیت اطلاعات حیاتی است، بسیار ارزشمند است.

(ب)

### اطلاعات تصویر:

**Slice Thickness** ضخامت مقطع: Tag: (0018,0050) - این برچسب ضخامت هر لایه یا مقطع در تصویربرداری مقطعی (مانند CT یا MRI) را نشان می‌دهد. این اطلاعات برای تحلیل جزئیات تصاویر مقطعی بسیار مهم است.

**Modality** نوع دستگاه تصویربرداری: Tag: (0008,0060) - این برچسب نوع دستگاه یا مدالیته‌ای که برای تصویربرداری استفاده شده (مانند CT، MRI، X-ray و غیره) را ذخیره می‌کند.

**Study Date** تاریخ مطالعه/تصویربرداری: Tag: (0008,0020) - این برچسب تاریخ انجام مطالعه یا تصویربرداری پزشکی (مانند MRI یا CT) را مشخص می‌کند.

### اطلاعات بیمار:

**Patient's ID** شناسه‌ی بیمار: Tag: (0010,0020) - این برچسب شناسه‌ی یکتای بیمار را ذخیره می‌کند، که می‌تواند شامل شماره پرونده پزشکی یا کد شناسایی مخصوص بیمار در بیمارستان باشد.

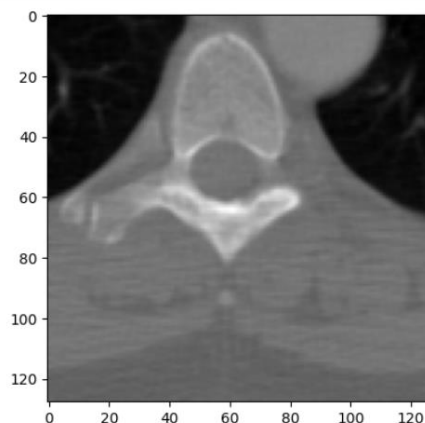
**Patient's Name** نام بیمار: Tag: (0010,0010) - این برچسب نام کامل بیمار را ذخیره می‌کند و معمولاً شامل نام و نام خانوادگی بیمار است.

**Patient's Sex** جنسیت بیمار: Tag: (0010,0040) - این برچسب جنسیت بیمار را ذخیره می‌کند که معمولاً به صورت حروف اختصاری مانند "M" (مرد) یا "F" (زن) است.

(پ)

```
import matplotlib.pyplot as plt

image_data = ds.pixel_array
plt.imshow(image_data, cmap=plt.cm.gray)
plt.show()
```



(ت)

**Anonymize** کردن فایل‌های DICOM به معنای حذف یا تغییر اطلاعات شناسایی و حساس بیماران است تا هویت آن‌ها در داده‌ها محفوظ بماند. این فرایند برای حفظ حریم خصوصی و رعایت قوانین حفاظت از داده‌ها در استفاده و اشتراک‌گذاری تصاویر پزشکی ضروری است. به‌ویژه در موارد تحقیقاتی یا زمانی که داده‌های پزشکی به خارج از سازمان یا بیمارستان فرستاده می‌شود، anonymize کردن الزامی است.

```
ds.PatientName = 'Anonymous'
ds.PatientID = '000000'
ds.PatientBirthDate = ''
ds.PatientSex = ''

ds.InstitutionName = ''
ds.StationName = ''

ds.save_as('anonymized_dicom_file.dcm')

dicom_file = pydicom.dcmread('anonymized_dicom_file.dcm')
image_data = dicom_file.pixel_array
plt.imshow(image_data, cmap=plt.cm.gray)
plt.show()
```

