

۱. معمای داوینچی

قرن ها پس از مرگ لئوناردو داوینچی، در یکی از زیرزمین های تاریک کلیسایی در فلورانس، صندوقچه ای آهنین یافت می شود. درون آن، تکه تکه هایی از تصویری قدیمی با جوهری نامرئی نهفته است: چهار قطعه ای پاره شده از یک نسخه ی مرموز از مونا لیزا. در کنار آن، یادداشتی با خطی رمزآلود به زبان آینه ای قرار دارد:

"تنها با پاک سازی حقیقت از غبار، صدای پنهان این راز را خواهی شنید. هر تکه، آغشته به رنجی ست که باید از آن رها شود."

پروفسور الن روسی، استاد برجسته پردازش تصویر در دانشگاه بولونیا، مأمور رمزگشایی این معمای پیچیده است و از شما دعوت کرده تا او را همراهی کنید. هر قطعه از تصویر، به نوعی آسیب دیده است و نیازمند پردازشی خاص است. او تصاویر را در پوشه ی Q1 برای شما ارسال کرده. آنچه الن تا به حال بدان رسیده این است که: قطعات اول و دوم در دو حوزه ی متفاوت نویزی اند. قطعه سوم، خود تشکیل شده از ۵ قطعه کوچکتر است و نیازمند بازسازی و در نهایت قطعه چهارم به دلیل قرارگیری در معرض مواد شیمیایی، تغییر رنگ داده است. وقتی هر چهار قطعه پاک سازی و پردازش شدند، شما و الن باید آن ها را با دقت کنار هم قرار داده و بهم بدوزید تا یک تصویر واحد تشکیل شود.

الن گمان میکند در پس زمینه ی این تصویر، رمزی پنهان با جوهر فروسرخ نوشته شده. شاید مسیر رسیدن به آخرین دفترچه ی دست نویس داوینچی، جایی در زیر تپه های شهر وینچی...

۲. دو مجموعه داده در دیتاست Q2 در اختیار شما قرار گرفته است که شامل تصاویر خام و بدون نویز از دو حوزه کشاورزی (مانند تصاویر برگ های گیاهان) و هوایی (مانند تصاویر ماهواره ای از مزارع) هستند. هدف این پروژه طراحی سیستمی برای پردازش این تصاویر است تا با شبیه سازی نویزهای واقعی یا مصنوعی، آثار نویز را حذف کرده و کیفیت تصاویر را به حالت اولیه یا حتی بهتر از آن بازگردانید. شما در این مسیر از ترکیب روش های کلاسیک پردازش تصویر و تکنیک های پیشرفته یادگیری عمیق استفاده خواهید کرد و در نهایت، عملکرد این روش ها را تحلیل و مقایسه می کنید. این پروژه فرصتی است برای توسعه مهارت های شما در حل مسائل واقعی، تفکر سیستمی، و ارائه تحلیل های مهندسی مبتنی بر داده.

نخستین گام شما، بررسی مجموعه داده هاست. تصاویر را بررسی کنید، ابعاد، دامنه شدت پیکسل ها، و ویژگی های بصری آن ها را تحلیل کنید. این کاوش اولیه به شما کمک می کند تا چالش های پیش رو، مانند تفاوت های بافتی بین تصاویر گیاهان (با جزئیات ظریف برگ ها) و تصاویر هوایی (با ساختارهای گسترده تر مانند خطوط زمین یا پوشش گیاهی)، را شناسایی کنید. تصمیم بگیرید چه پیش پردازش هایی برای آماده سازی تصاویر لازم است تا برای مراحل

بعدی مناسب باشند. این مرحله دیدگاه شما را نسبت به داده‌ها شکل می‌دهد و پایه‌ای برای تصمیم‌گیری‌های آتی فراهم می‌کند.

در گام بعدی، نویزهایی را که در دنیای واقعی برای این نوع تصاویر متداول‌اند، شبیه‌سازی کنید. نویزهای گوناگونی را در نظر بگیرید، مانند نویز گاوسی که در حسگرهای دیجیتال شایع است، نویز نمک‌و‌فلفلی که در شرایط نوری نامناسب دیده می‌شود، یا نویز پواسون که در تصویربرداری با نور کم رایج است. با تغییر شدت و پارامترهای نویز، تأثیر آن‌ها را بر کیفیت تصویر، تشخیص لبه‌ها، و حفظ جزئیات بررسی کنید. این فرآیند به شما درک عمیقی از اثرات مخرب نویز و اهمیت حذف آن برای کاربردهایی مانند تشخیص بیماری‌های گیاهی یا تحلیل الگوهای زمین می‌دهد.

پس از ایجاد تصاویر نویزی، نوبت به توسعه روش‌های حذف نویز می‌رسد. ابتدا با روش‌های کلاسیک پردازش تصویر آغاز کنید. تکنیک‌های شناخته‌شده در این حوزه را آزمایش کنید و عملکرد آن‌ها را با معیارهای استاندارد ارزیابی کنید. بررسی کنید که هر روش تا چه حد توانسته جزئیات اصلی تصویر، مانند بافت برگ‌ها در تصاویر گیاهان یا مرزهای زمین در تصاویر هوایی، را حفظ کند و در چه شرایطی ممکن است اطلاعات کلیدی را از دست بدهد. این مرحله به شما امکان می‌دهد قابلیت‌ها و محدودیت‌های روش‌های سنتی را درک کنید.

سپس، به سراغ رویکردهای مبتنی بر یادگیری عمیق بروید. یک شبکه عصبی کانولوشنی طراحی کنید که بتواند نویز را از تصاویر حذف کند. شما آزادی معماری شبکه را خودتان انتخاب کنید، اما باید تصمیم بگیرید که چه ساختاری برای این مسئله مناسب‌تر است، با توجه به تفاوت‌های ساختاری بین تصاویر کشاورزی و هوایی. فرآیند آموزش شبکه، شامل انتخاب داده‌های آموزشی، تنظیم پارامترها، و نحوه ارزیابی عملکرد، را طراحی کنید. این مرحله فرصتی است برای به‌کارگیری خلاقیت شما در بهینه‌سازی مدل و آزمایش ایده‌های نوآورانه، مانند استفاده از ساختارهای پیشرفته یا افزودن مکانیزم‌های خاص برای تمرکز بر جزئیات کلیدی.

برای ارزیابی و مقایسه عملکرد روش‌های حذف نویز، از دو معیار استاندارد استفاده کنید: نسبت اوج سیگنال به نویز (PSNR) و شاخص شباهت ساختاری (SSIM).

PSNR، که بر حسب دسی‌بل گزارش می‌شود، میزان خطای پیکسلی بین تصویر بازسازی‌شده و تصویر اصلی را می‌سنجد؛ مقادیر بالاتر نشان‌دهنده دقت بیشتر در حذف نویز است، اما این معیار به جزئیات ساختاری حساس نیست. SSIM، که در مقیاسی بین -۱ تا ۱ گزارش می‌شود، با تمرکز بر روشنایی، کنتراست، و ساختار تصویر، کیفیت را از منظر ادراک بصری انسان ارزیابی می‌کند و برای بررسی حفظ جزئیات، مانند بافت برگ‌ها یا الگوهای زمین، بسیار مناسب است.

برای انجام این مقایسه، PSNR و SSIM را برای هر روش (کلاسیک و یادگیری عمیق) و هر مجموعه داده (گیاهان و هوایی) محاسبه کنید. نتایج را در کنار تحلیل بصری تصاویر قرار دهید تا ببینید کدام روش در حفظ جزئیات کلیدی موفق‌تر بوده است. به تفاوت‌های بافتی و ساختاری بین تصاویر گیاهان (مانند رگ‌برگ‌ها) و تصاویر هوایی (مانند خطوط زمین یا پوشش گیاهی) توجه کنید و تحلیل کنید که چرا یک روش ممکن است برای یک نوع تصویر یا نویز بهتر عمل کرده باشد. برای مثال، آیا روش‌های کلاسیک در نویزهای ساده‌تر موفق‌ترند؟ یا شبکه‌های عصبی در حفظ ساختارهای پیچیده بهتر عمل می‌کنند؟ این تحلیل‌ها را با پرس‌وجوهای عمیق پشتیبانی کنید: چه ویژگی‌هایی از

داده‌ها یا نويز بر نتايج تأثير گذاشت؟ چگونه می‌توانيد روش‌های خود را بهبود دهيد؟ اين فرآيند به شما کمک می‌کند نه‌تنها عملکرد روش‌ها را مقایسه کنید، بلکه درک عمیقی از رفتار سیستم خود در شرایط مختلف به دست آورید. در طول پروژه، تمرکز شما نباید صرفاً بر تولید یک نتیجه قابل اجرا باشد. هر تصميم شما باید با پرس‌وجو و تحليل باشد. چرا یک نوع نويز خاص را انتخاب کردید؟ چه عواملی باعث شد یک روش را بر دیگری ترجیح دهيد؟ نتايج چه درس‌هایی برای کاربردهای واقعی، مانند بهبود تحليل سلامت گیاهان یا دقت نقشه‌برداری ماهواره‌ای، ارائه می‌دهند؟

۳. در بخش رادیولوژی یک بیمارستان، پزشکان با چالش بزرگی روبه‌رو هستند. گاهی اوقات تومورهای مغزی در تصاویر *MRI* به وضوح دیده می‌شوند اما موقعیت دقیق آنها نسبت به استخوان‌های جمجمه مشخص نیست. برعکس در تصاویر *CT* اسکن، استخوان‌ها واضح هستند اما بافت‌های نرم به خوبی قابل تشخیص نیست. شما باید با کمک روش‌های پردازش تصویر، برنامه‌هوشمندی بنویسید که این دو تصویر را باهم ترکیب کند تا پزشکان بتوانند همزمان هم موقعیت دقیق تومور را ببینند و هم رابطه آن را با ساختار استخوانی جمجمه تشخیص دهند. برنامه شما باید تصاویر *CT* و *MRI* را دریافت کند، آنها را باهم ترکیب کرده و یک تصویر یکپارچه که تمام جزئیات مهم هر دو تصویر را حفظ کرده باشد. در نهایت با استفاده از دیتاست *medical_MRI_CT* که در اختیار شما قرار دارد، باید با ارزیابی کیفی نشان دهید که تصویر نهایی شما واقعاً بهتر از تصاویر جداگانه عمل میکند و به پزشکان کمک بزرگی می‌کند.

۴. به شما تصویری داده میشود که یک صحنه شلوغ از کتاب‌های «والدو» است که در آن شخصیت والدو پنهان شده است و شما باید با استفاده از پردازش تصویر، محل دقیق والدو را پیدا کنید. این دو تصویر در پوشه *waldo* قرار دارند.

الف) ابتدا یک روش مبنا برای پیدا کردن والدو پیاده‌سازی کنید. ابتدا تصویر والدو (الگو) و تصویر اصلی را بارگذاری می‌شوند. سپس با اعمال عملیات *cross – correlation* میزان شباهت بین الگو و نواحی مختلف تصویر اصلی محاسبه می‌شود. محل ماکزیمم مقدار کورولیشن به عنوان موقعیت احتمالی والدو در نظر گرفته می‌شود و با رسم یک مستطیل حول این ناحیه، نتیجه بر روی تصویر اصلی نمایش داده می‌شود. در نهایت، زمان پردازش این عملیات از ابتدای بارگذاری تصاویر تا مشخص شدن موقعیت نهایی، اندازه‌گیری و ثبت می‌گردد تا کارایی روش ارزیابی شود.

توجه: در تصویر اصلی، چند والدو قرار دارد. برخی از آنها با زاویه‌هایی برابر با ضرایبی از ۴۵ درجه چرخیده‌اند، و یکی از آنها با مقیاسی متفاوت نمایش داده شده است. وظیفه‌ی شما یافتن تمامی این والدوهاست.

ب) برای کاهش زمان پردازش، یک روش پیشنهاد دهید. روش پیشنهادی را پیاده‌سازی و زمان پردازش جدید را با روش قبلی مقایسه کنید. آیا دقت تشخیص تغییر کرده است؟ تفسیر کنید.

ج) هدف از این قسمت، بررسی تاثیر استفاده از روش های مبتنی بر یادگیری عمیق بر روی زمان پردازش و دقت تشخیص است. روشی مبتنی بر یادگیری عمیق پیشنهاد دهید تا زمان پردازش کاهش یابد. برای مثال می تواند از شبکه های از پیش آموزش دیده (Pretrained) استفاده کنید یا با استفاده از [این لینک](#) دیتاستی برای خود بسازید و مدل را (Fine-Tune) کنید. روش پیشنهادی را پیاده سازی و زمان پردازش جدید را با روش قبلی مقایسه کنید و دقت تشخیص را به وسیله ی معیار MSE نیز محاسبه کنید.

۵. در این بخش، شما باید سه روش استخراج ویژگی (SIFT)، (ORB)، (Harris Corner Detector) و روش تطبیق ویژگی Brute Force Matching را پیاده سازی کنید و در چند فریم از یک دنباله تصویری (از دیتاست KITTI) از آن ها استفاده کنید تا نقاط کلیدی پایدار را شناسایی کرده و عملکرد آن ها را مقایسه کنید.

هدف شما این است که کارایی و اثربخشی این روش ها را با معیارهای زیر مقایسه و تحلیل کنید:

- زمان اجرا (runtime)
- میانگین تعداد نقاط کاندید (candidate points) شناسایی شده برای تمامی فریم ها
- تعداد نقاط کلیدی تطبیق داده شده (matched landmarks) در چندین فریم

نقطه ی کاندید (Candidate Point) هر نقطه ی ویژگی ای است که در یک فریم شناسایی می شود. نقطه ی کلیدی پایدار (Landmark) نقطه ای است که در حداقل پنج فریم متوالی ظاهر می شود. یعنی یک ویژگی پایدار که در طول دنباله ای از تصاویر تکرار شده باشد.

مراحل انجام پروژه:

مرحله ۱: پیاده سازی روش های استخراج ویژگی سه تابع جداگانه برای SIFT، ORB و Harris Corner بنویسید.

مرحله ۲: پیاده سازی تطبیق ویژگی تطبیق بین ویژگی های دو فریم را با استفاده از Brute Force انجام دهید.

مرحله ۳: ردیابی نقاط کلیدی پایدار در طول فریم ها
دو دسته را نگه داری کنید:

- کاندیدها (ویژگی های شناسایی شده در یک فریم)
- لندمارک ها (ویژگی هایی که در حداقل پنج فریم متوالی دیده شده اند)

مرحله ۴: بصری سازی و مقایسه ی عملکرد

عملکرد روش ها را در یک جدول مقایسه کنید (حتماً پارامترهای دقیق هر الگوریتم را ذکر کنید).

برای هر الگوریتم‌های استخراج ویژگی خروجی تصویری بگیرید. همچنین تاثیر پارامترهای استفاده‌شده در هر الگوریتم (مانند تعداد ویژگی، Threshold، تعداد فریم و...) نیز باید در گزارش بررسی شود.

نکته: برای ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های استخراج و تطبیق ویژگی‌ها، باید از زیرمجموعه‌ای از دیتاست **KITTI** **Benchmark Vision** استفاده کنید که در فولدر **data** قرار دارد.



شکل ۱ ویژگی‌های تطبیق داده‌شده دو فریم اول دیتاست KITTI

نکات کلیدی:

- در طول پروژه، تمرکز شما نباید صرفاً بر تولید یک نتیجه قابل اجرا باشد. انتظار ما این است که شما بتوانید از انتخاب‌های خود دفاع کنید و منطق فنی و تجربی پشت آن‌ها را روشن کنید. گزارش نهایی شما باید روایتی منسجم از فرآیند کارتان باشد؛ از چالش‌هایی که با آن‌ها مواجه شدید تا راه‌حل‌هایی که یافتید.
- نتایج، توضیحات و عکس‌های خود را داخل یک فایل **document** قرار داده و به همراه کد ارسال کنید. (در **document** کدهای خود را ننویسید).
- ارسال فایل تنها از طریق سامانه **VU** مورد قبول بوده و فایل‌های ارسال شده در تلگرام و... تصحیح نخواهد شد.
- فایل‌ها باید در قالب **studentName-studentNumber.zip** در ویو ارسال شوند
- همچنین کد خود را در یک فایل پایتون (در صورت استفاده از فایل **ipynb**) قرار داده و در داخل کوئرا آپلود کنید. (تقلب بیشتر از **۴۰ درصد** به منزله ی نمره ی **۵۰-** خواهد بود و در صورت آپلود نکردن، نمره ای به کد شما تعلق نخواهد گرفت).
- شما مجاز به استفاده از توابع آماده برای انجام این پروژه هستید.
- مهلت ارسال پروژه **۱۷ تیر ماه** و ارائه حضوری در تاریخ **۲۱ تیر ماه** خواهد بود.

موفق باشید