گزارش کار پروژه درس بینایی ماشین و پردازش تصویر

عنوان پروژه

طراحی و پیاده‌سازی سامانه جامع پردازش تصویر و بینایی ماشین با استفاده از Python و OpenCV

اعضای گروه

- پارسا حاج‌علیزاده
- نیما بنی‌اسدی افشار

---

۱ .مقدمه

پردازش تصویر و بینایی ماشین از مهم‌ترین شاخه‌های علوم کامپیوتر و هوش مصنوعی هستند که امروزه در حوزه‌های مختلفی نظیر پزشکی، امنیت، خودروهای هوشمند، رباتیک و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای کاربرد دارند. هدف این پروژه طراحی و پیاده‌سازی یک نرم‌افزار جامع پردازش تصویر با رابط کاربری گرافیکی است که امکان اجرای و بررسی طیف وسیعی از الگوریتم‌های پردازش تصویر را برای کاربران فراهم می‌کند.

این سامانه به گونه‌ای طراحی شده است که کاربر بتواند تصویر مورد نظر خود را بارگذاری کرده، الگوریتم دلخواه را انتخاب نموده و نتیجه را به صورت لحظه‌ای مشاهده کند. همچنین امکان تنظیم پارامترهای هر الگوریتم از طریق رابط کاربری فراهم شده است تا تأثیر هر پارامتر بر خروجی تصویر به صورت عملی قابل بررسی باشد.

---

۲ .اهداف پروژه

اهداف اصلی پروژه عبارت‌اند از:

- آشنایی عملی با مفاهیم پردازش تصویر و بینایی ماشین.
- پیاده‌سازی الگوریتم‌های متداول پردازش تصویر با استفاده از کتابخانه.OpenCV
- طراحی رابط کاربری گرافیکی فارسی و کاربرپسند.
- امکان مشاهده و مقایسه نتایج الگوریتم‌ها روی تصاویر مختلف.

- تحلیل ویژگی‌های تصویر از طریق نمایش هیستوگرام.
- فراهم نمودن محیطی آموزشی برای دانشجویان درس بینایی ماشین.

---

۳ .ابزارها و فناوری‌های مورد استفاده

زبان برنامه‌نویسی

Python 3.x

کتابخانه‌های استفاده شده

3-1. Tkinter

برای طراحی رابط کاربری گرافیکی نرم‌افزار استفاده شده است. این کتابخانه امکان ایجاد پنجره‌ها، دکمه‌ها، منوها و اسلایدرهای تنظیم پارامترها را فراهم می‌کند.

3-2. OpenCV (cv2)

مهم‌ترین کتابخانه پروژه که تمامی عملیات پردازش تصویر و بینایی ماشین توسط آن انجام می‌شود.

3-3. NumPy

برای ذخیره و پردازش تصاویر به صورت آرایه‌های چندبعدی و انجام محاسبات عددی سریع استفاده شده است.

3-4. Pillow (PIL)

برای تبدیل تصاویر و نمایش آن‌ها در محیط Tkinter مورد استفاده قرار گرفته است.

3-5. Matplotlib

برای رسم نمودار هیستوگرام تصاویر ورودی و خروجی استفاده شده است.

---

۴ .معماری نرم‌افزار

نرم‌افزار در قالب یک کلاس اصلی به نام AdvancedVisionApp طراحی شده است.

این کلاس مسئول مدیریت بخش‌های زیر می‌باشد:

- مدیریت رابط کاربری
- بارگذاری و ذخیره تصاویر
- اعمال الگوریتم‌های پردازش تصویر
- نمایش نتایج
- مدیریت تاریخچه عملیات(Undo)
- نمایش اطلاعات تصویر
- رسم هیستوگرام

ساختار شیءگرا باعث افزایش خوانایی، قابلیت توسعه و نگهداری نرم‌افزار شده است.

---

۵ .امکانات نرم‌افزار

سامانه دارای امکانات زیر است:

- بارگذاری تصویر
- ذخیره تصویر پردازش‌شده
- بازگشت به عملیات قبلی(Undo)
- بازگردانی تصویر اصلی
- نمایش اطلاعات تصویر
- نمایش هیستوگرام
- اعمال بیش از ۳۰ الگوریتم مختلف پردازش تصویر
- تنظیم پارامترها به صورت پویا

---

۶ .الگوریتم‌های پیاده‌سازی شده

۶-۱ .تبدیل شدت و پردازش نقطه‌ای(Point Processing)

الف) تبدیل به خاکستری(Grayscale)

در این روش تصویر رنگی RGB به تصویر تک‌کاناله خاکستری تبدیل می‌شود.

رابطه تبدیل:

$$I = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

ب) نگاتیو(Negative)

شدت روشنایی تمام پیکسل‌ها معکوس می‌شود.

رابطه:

$$s = 255 - r$$

این روش برای آشکارسازی جزئیات تصاویر تاریک کاربرد دارد.

ج) تبدیل لگاریتمی(Log Transformation)

این تبدیل باعث افزایش جزئیات نواحی تاریک تصویر می‌شود.

رابطه:

$$s = c \times \log(1 + r)$$

د) تصحیح گاما(Gamma Correction)

برای کنترل روشنایی تصویر استفاده می‌شود.

رابطه:

$$s = r^{\gamma}$$

اگر γ کمتر از ۱ باشد تصویر روشن‌تر می‌شود و اگر بیشتر از ۱ باشد تصویر تیره‌تر خواهد شد.

هـ) برابرسازی هیستوگرام(Histogram Equalization)

این الگوریتم باعث افزایش کنتراست تصویر و توزیع بهتر سطوح روشنایی می‌شود.

۲-۶ .فیلترهای مکانی

الفGaussian Blur)

برای حذف نویز و هموارسازی تصویر استفاده می‌شود.

ویژگی:

- کاهش نویز
- کاهش جزئیات ریز

بMedian Blur

در این روش مقدار هر پیکسل با میانه همسایگی آن جایگزین می‌شود.

مزیت:

- حذف بسیار مؤثر نویز نمک و فلفل

جBilateral Filter

این فیلتر علاوه بر حذف نویز، لبه‌های تصویر را حفظ می‌کند.

مزایا:

- حفظ مرز اشیاء
- جلوگیری از محوشدگی لبه‌ها

۶-۳ .تشخیص لبه

الف) Canny Edge Detector

یکی از دقیق‌ترین روش‌های تشخیص لبه است.

مراحل:

- هموارسازی تصویر
- محاسبه گرادیان
- حذف پاسخ‌های غیرضروری
- آستانه‌گذاری هیسترزیس

ب) Sobel Operator

برای محاسبه گرادیان شدت تصویر استفاده می‌شود.

در پروژه جهت افقی و عمودی پیاده‌سازی شده است.

ج) Laplacian Operator

مشتق مرتبه دوم تصویر را محاسبه می‌کند و نواحی دارای تغییرات شدید شدت روشنایی را مشخص می‌نماید.

۶-۴ .پردازش در حوزه فرکانس

FFT Spectrum

در این بخش تبدیل فوریه سریع روی تصویر اعمال می‌شود.

مزایا:

- مشاهده توزیع فرکانس‌های تصویر
- تحلیل محتوای فرکانسی تصویر

Ideal Low Pass Filter

این فیلتر فرکانس‌های بالا را حذف می‌کند.

نتیجه:

- حذف جزئیات ریز
- نرم شدن تصویر

۶-۵ .افزودن نویز

Salt and Pepper Noise

در این بخش نویز نمک و فلفل به صورت تصادفی به تصویر اضافه می‌شود.

ویژگی:

- شبیه‌سازی خطاهای حسگرها
- ارزیابی عملکرد فیلترهای حذف نویز

۶-۶ .عملیات مورفولوژیکی

این عملیات بر پایه عناصر ساختاری انجام می‌شوند.

Erosion

کوچک کردن نواحی روشن تصویر.

Dilation

گسترش نواحی روشن تصویر.

Opening

حذف نویزهای کوچک با ترکیب فرسایش و اتساع.

Closing

پر کردن حفره‌های کوچک در اشیاء.

Morphological Gradient

استخراج مرز اشیاء موجود در تصویر.

۶-۷ .قطعه‌بندی تصویر

Global Thresholding

تبدیل تصویر به دودویی با استفاده از یک آستانه ثابت.

Otsu Thresholding

انتخاب خودکار بهترین مقدار آستانه براساس هیستوگرام تصویر.

۶-۸ .تبدیل فضای رنگ

در پروژه تبدیل‌های زیر پیاده‌سازی شده‌اند:

- RGB → HSV
- RGB → LAB
- RGB → YCrCb

این تبدیل‌ها در بسیاری از کاربردهای تشخیص اشیاء و پردازش رنگ مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۶-۹ .تشخیص اشکال

Find Contours

این الگوریتم مرز اشیاء موجود در تصویر را استخراج می‌کند.

کاربردها:

- تشخیص اشیاء
- شمارش اجسام
- تحلیل شکل

---

۷ .رابط کاربری نرم‌افزار

رابط کاربری پروژه کاملاً به زبان فارسی طراحی شده است و شامل بخش‌های زیر می‌باشد:

- دکمه بارگذاری تصویر
- دکمه ذخیره تصویر
- دکمه بازگشت
- دکمه بازنشانی
- نمایش هیستوگرام
- انتخاب دسته الگوریتم‌ها
- انتخاب الگوریتم
- اسلایدر تنظیم پارامترها
- نمایش اطلاعات تصویر

- نمایش خروجی تصویر

این طراحی باعث سهولت استفاده کاربران و افزایش تعامل با نرم‌افزار شده است.

---

۸ .نتایج و ارزیابی

پس از اجرای نرم‌افزار، تمامی الگوریتم‌ها با موفقیت روی تصاویر مختلف آزمایش شدند.

نتایج نشان داد:

- فیلتر Median بهترین عملکرد را در حذف نویز نمک و فلفل دارد.
- الگوریتم Canny لبه‌ها را با دقت بالایی استخراج می‌کند.
- Histogram Equalizationموجب افزایش محسوس کنتراست تصاویر کم‌نور می‌شود.
- فیلتر Bilateral نویز را کاهش داده و در عین حال لبه‌ها را حفظ می‌کند.
- عملیات مورفولوژیکی در حذف نویز و استخراج ساختار اشیاء بسیار مؤثر هستند.

---

۹ .چالش‌های پروژه

در طول توسعه نرم‌افزار چالش‌های زیر وجود داشت:

- هماهنگی بین OpenCV و Tkinter برای نمایش تصاویر
- مدیریت حافظه تصاویر در هنگامUndo
- تنظیم پویا پارامترهای الگوریتم‌ها
- پیاده‌سازی فیلترهای حوزه فرکانس
- جلوگیری از افت سرعت هنگام پردازش تصاویر بزرگ

---

۱۰ .نتیجه‌گیری

در این پروژه یک سامانه جامع پردازش تصویر و بینایی ماشین با استفاده از زبان Python و کتابخانه OpenCV طراحی و پیاده‌سازی شد. نرم‌افزار قابلیت اجرای طیف گسترده‌ای از

الگوریتم‌های پردازش تصویر شامل تبدیل شدت، فیلترگذاری، تشخیص لبه، حوزه فرکانس، پردازش مورفولوژیکی، قطعه‌بندی و تشخیص اشکال را دارا می‌باشد.

نتایج به دست آمده نشان داد که نرم‌افزار طراحی‌شده می‌تواند به عنوان یک ابزار آموزشی و تحقیقاتی مناسب برای درس بینایی ماشین مورد استفاده قرار گیرد و زمینه لازم برای توسعه قابلیت‌های پیشرفته‌تر در آینده را فراهم نماید.

منابع

1. Gonzalez, R. C., & Woods, R. E., Digital Image Processing.
2. OpenCV Official Documentation.
3. Python Documentation.
4. NumPy Documentation.
5. Pillow Documentation.
6. Matplotlib Documentation.