به نام خدا

تمرین ۲ بینایی ماشین

استادیار درس: آقای مهندس مصباح

سعیده خطیبی راد ۴۰۴۱۴۱۹۰۰۲

بررسی پایداری الگوریتم SIFT در برابر چرخش تصویر

چکیده

در این آزمایش، پایداری الگوریتم SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) نسبت به چرخش تصویر مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور، از یک تصویر مرجع استفاده شده و سه نسخه چرخیده آن با زوایای ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه تولید گردید. نقاط کلیدی و توصیف‌گرهای SIFT از تصویر اصلی و تصاویر چرخیده استخراج شد و سپس با استفاده از الگوریتم BFMatcher و معیار Ratio Test تطبیق داده شدند. نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم SIFT علی‌رغم چرخش تصویر، قادر به استخراج و تطبیق مؤثر ویژگی‌های مشابه بوده و تعداد بالایی از تطبیق‌های صحیح را حفظ می‌کند.

۱. مقدمه

تشخیص و تطبیق ویژگی‌های محلی یکی از مسائل اساسی در بینایی ماشین است که کاربردهای گسترده‌ای در حوزه‌هایی نظیر تشخیص اشیاء، بازسازی سه‌بعدی و ردیابی دارد. یکی از چالش‌های مهم در این حوزه، تغییرات هندسی تصویر از جمله چرخش است. الگوریتم SIFT به‌عنوان یکی از روش‌های کلاسیک و قدرتمند، با هدف ایجاد تغییرناپذیری نسبت به مقیاس و چرخش طراحی شده است. در این آزمایش، عملکرد این الگوریتم در شرایط چرخش‌های دقیق ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۲. روش انجام آزمایش

- **تولید داده‌های آزمایشی:** از یک تصویر مرجع استفاده شده و سه نسخه چرخیده آن با زوایای ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه با استفاده از تابع cv2. rotate تولید گردید (شکل۱).
- **استخراج ویژگی‌ها:** برای تصویر اصلی و هر یک از تصاویر چرخیده، نقاط کلیدی و توصیف‌گرها با استفاده از الگوریتم SIFT استخراج شدند (شکل۲).
- **تطبیق ویژگی‌ها:** تطبیق توصیف‌گرها با استفاده از BFMatcher و معیار فاصله اقلیدسی (L2) انجام شد. برای هر نقطه، دو نزدیک‌ترین همسایه با متد knnMatch (k=2) محاسبه شدند.
- **فیلتر Ratio Test** : به‌منظور حذف تطبیق‌های نادرست، شرط

$$m.distance < 0.75 \times n.distance$$

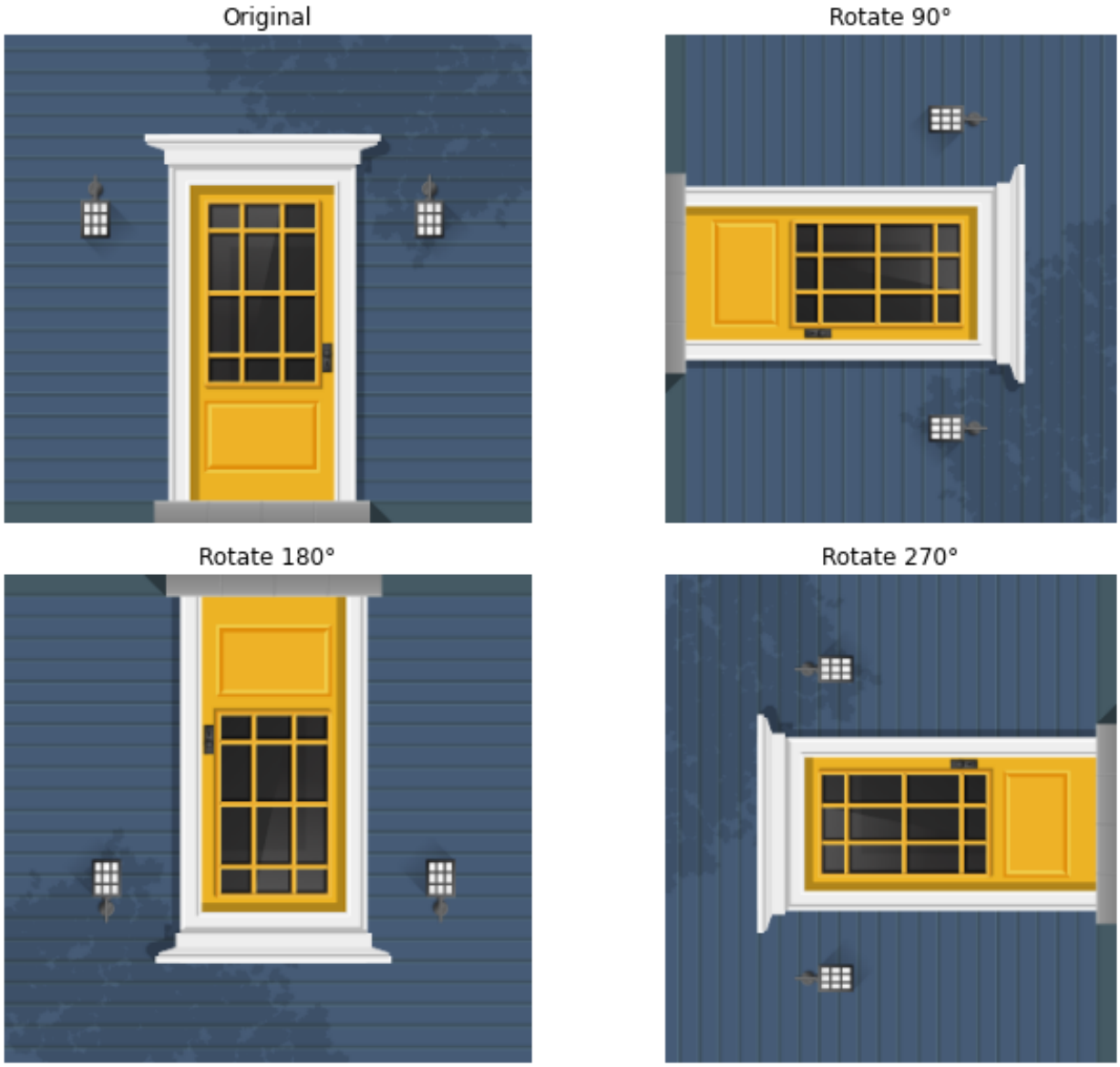
اعمال شد و تنها تطبیق‌های معتبر به‌عنوان تطبیق‌های نهایی در نظر گرفته شدند.

در شکل۳، خطوط اتصال بین نقاط کلیدی تصویر اصلی و تصاویر چرخیده شده، نمایش داده شده است.

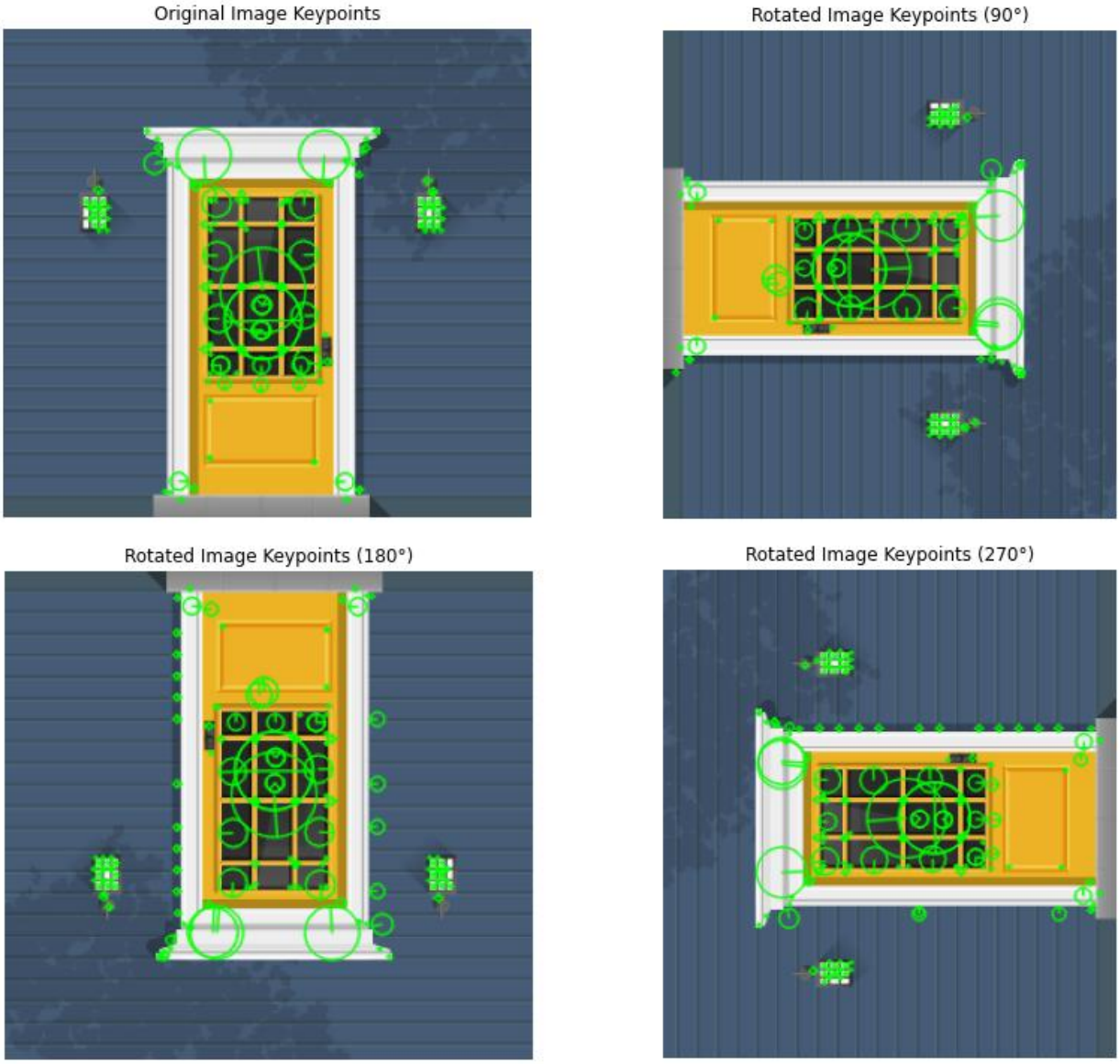
۳. نتایج آزمایش

جدول زیر نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش را نشان می‌دهد:

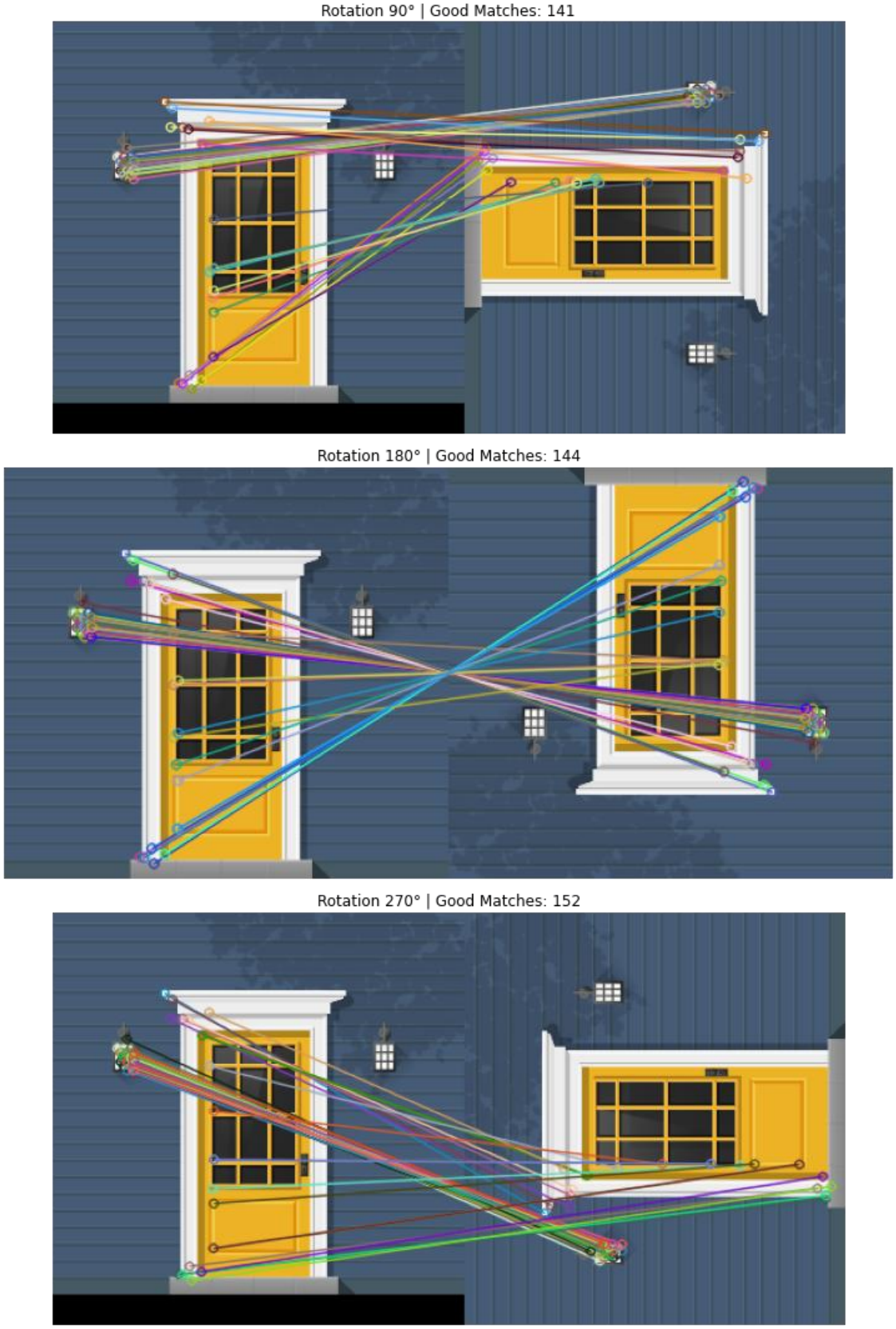
زاویه چرخش	نقاط کلیدی تصویر اصلی	نقاط کلیدی تصویر چرخیده	تعداد کل تطبیق‌ها	تطبیق‌های موفق پس از Ratio Test	خطوط اتصال اشتباه
۹۰°	۱۶۸	۱۶۲	۱۶۸	۱۴۱	۰
۱۸۰°	۱۶۸	۱۷۰	۱۶۸	۱۴۴	۲
۲۷۰°	۱۶۸	۱۷۹	۱۶۸	۱۵۲	۰



شکل۱- تصویر اصلی و تصاویر حاصل از چرخش



شکل۲- نقاط کلیدی در تصویر اصلی و تصاویر چرخیده شده



شکل۳- خطوط اتصال بین نقاط کلیدی تصویر اصلی و تصاویر چرخیده شده

۴. تحلیل نتایج

بررسی نتایج نشان می‌دهد که تعداد نقاط کلیدی استخراج‌شده از تصویر چرخیده در هر سه حالت تقریباً برابر با تصویر اصلی است که بیانگر پایداری SIFT در فرآیند استخراج ویژگی است. همچنین، تعداد بالای تطبیق‌های موفق پس از اعمال Ratio Test نشان می‌دهد که الگوریتم توانسته است نقاط متناظر صحیح را حتی پس از چرخش تصویر شناسایی کند.

نکته قابل توجه این است که بیشترین تعداد تطبیق‌های موفق مربوط به چرخش ۲۷۰ درجه و کمترین آن مربوط به چرخش ۹۰ درجه است. این اختلاف می‌تواند ناشی از تغییر جهت گرادیان‌ها و نحوه توزیع ویژگی‌های محلی در تصویر پس از چرخش باشد، با این حال اختلاف‌ها اندک بوده و عملکرد کلی الگوریتم پایدار ارزیابی می‌شود.

همچنین، با بررسی دقیق تصائیر شکل ۳، در تصویر چرخش ۱۸۰ درجه، چند تطبیق اشتباه مشاهده شد. این موضوع ناشی از شباهت نسبی برخی نقاط کلیدی و محدودیت Ratio Test در حذف تمام تطبیق‌های غیرمتناظر است. در واقع الگوریتم SIFT بر اساس ویژگی‌های محلی (Local Descriptors) عمل می‌کند، نه ساختار کلی تصویر. اگر در تصویر، بخش‌هایی با الگوهای شبیه به هم (مثل گوشه‌ها یا بافت‌های تکرارشونده) وجود داشته باشد، الگوریتم ممکن است دو نقطه غیرمتناظر را اشتباهاً تطبیق کند. چرخش ۱۸۰ درجه باعث می‌شود که برخی جهت‌ها دقیقاً معکوس شوند و بعضی توصیف‌گرها در نقاط مشابه اما غیرمتناظر نزدیک شوند. برای بهبود دقت، می‌توان از روش‌هایی مانند RANSAC جهت فیلتر کردن تطبیق‌های نادرست استفاده کرد که دقت تطبیق را افزایش می‌دهد.

۵. نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که الگوریتم SIFT از تغییرناپذیری مناسبی نسبت به چرخش تصویر برخوردار است. علی‌رغم اعمال چرخش‌های شدید ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه، تعداد قابل توجهی از تطبیق‌های صحیح حفظ شده و تطبیق نقاط ساختاری مشابه در تصاویر امکان‌پذیر بوده است. این ویژگی، SIFT را به گزینه‌ای مناسب برای کاربردهایی تبدیل می‌کند که در آن‌ها تغییرات چرخشی اجتناب‌ناپذیر است.

۶. پیشنهاد برای کارهای آینده

- بررسی تصاویر متنوع از نظر تعداد و ساختار تصویر
- بررسی تأثیر چرخش‌های غیرمضرب ۹۰ درجه
- مقایسه عملکرد SIFT با الگوریتم‌های ORB و SURF
- تحلیل تأثیر نویز و تغییر روشنایی بر تطبیق ویژگی‌ها