





دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده برق و رباتیک
گروه الکترونیک

بازیابی تصاویر هواپیماهای جنگنده بر اساس محتوا

مریم محمدی

استاد راهنما:

دکتر امیدرضا معروضی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۱

شماره : ۱۲۵۲ / آ.ت.ب

تاریخ : ۹۳/۱۱/۲۹

ویرایش : -----

بسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای :

مریم محمدی رشته : برق - الکترونیک گرایش : سیستم

تحت عنوان : بازیابی تصاویر هواپیماهای جنگنده بر اساس محتوا

که در تاریخ ۹۳/۱۱/۲۹ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است :

☐ مردود	☐ دفاع مجدد	☒ قبول (با درجه : بسیار ممتاز امتیاز ۸۲.۵)
--------------------------------	------------------------------------	--

۱- عالی (۲۰ - ۱۹) ۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹) ۴- قابل قبول (۱۴ - ۱۵/۹۹)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	ایرینه مرزعی	استادیار	
۲- استاد مشاور	---	---	---
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	عمار ابراهیمی	استادیار	
۴- استاد ممتحن	هادی گرابندو	استادیار	
۵- استاد ممتحن	علی مناج	استادیار	

رئیس دانشکده :

تقدیم به:

مادر عزیزم، که زندگیم را مایه مهر و عطف و از خود گذشتگی های اومی دانم...
پدر صبور و بردبارم که رسیدن به این مرحله، نتیجه تشویق و حمایت های بی دریغ اوست...
برادران و خواهرانم، همراهان همیشگی و پشتوانه های زندگیم...
به خصوص برادرم عبدالله، همراه همیشگی پدر و اسوه ی گذشت در زندگیم...

تشکر و قدردانی

ابتدا خدای بزرگ را شاکرم که، همچون تمام صفحات زندگی، در انجام این پروژه یاریم فرمود.
در اینجا لازم می‌دانم از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر امیر رضا معروضی که، همواره با صبر
و حوصله، با دانش فراوان خود قدم به قدم مراد انجام این رساله یاری کردند کمال تشکر را
نمایم.

مریم محمدی

۱۳۹۳

تعهد نامه

اینجانب **مریم محمدی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته برق، الکترونیک (سیستم) دانشکده برق و رباتیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بازیابی تصاویر هواپیماهای جنگنده بر اساس محتوا تحت راهنمایی آقای دکتر امید رضا معروضی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از توجوه زنده (یا یافتههای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ ۱۳۹۳، ۱۲، ۲۹

امضای دانشجو

مریم محمدی

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

❖ متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد.

چکیده

در این پایان‌نامه، مسأله بازیابی تصاویر هواپیماهای جنگنده از یک پایگاه‌داده شامل ۱۰ مدل مختلف بر اساس یک تصویر پرس‌وجو^۱، مورد بررسی قرار گرفته است. هواپیماهای هم‌مدل با تصویر پرس‌وجو در درون پایگاه‌داده شناسایی شده و به کاربر ارائه می‌شوند. چالش اصلی در بازیابی تصاویر هواپیماهای جنگنده، هم زاویه نبودن منظر دید دوربین در تصاویر موجود در پایگاه‌داده و تصویر پرس‌وجو است، که برای حل آن استفاده از مدل سه‌بعدی هواپیماهای جنگنده و تهیه تصاویر مرجع از زوایای دید مختلف توسط نگاشت‌های هندسی سه‌بعدی (دوربین‌های مجازی) پیشنهاد شده است.

سه روش مختلف برای استخراج ویژگی از تصاویر و اندازه‌گیری شباهت تصاویر پیشنهاد داده‌ایم که دو روش آن حساس به دوران و روش دیگر مقاوم به دوران می‌باشد. در روش‌های حساس به دوران، روش اول بر مبنای اندازه‌گیری مساحت ناحیه ناهمپوشان و دیگری بر مبنای هیستوگرام زاویه گرادیان کار می‌کند. در روش مقاوم به دوران از گشتاورهای زرنیک برای استخراج ویژگی استفاده شده است.

نتایج شبیه‌سازی برتری روش گشتاورهای زرنیک به لحاظ دقت بازیابی را با دقتی حدود ۸۰/۸٪ نشان می‌دهد که علیرغم استفاده از چند کلاس مشابه در پایگاه‌داده، این دقت بازیابی امیدبخش می‌باشد

کلمات کلیدی: بازیابی تصویر، مدل سه‌بعدی، هیستوگرام زاویه گرادیان، مساحت ناحیه ناهمپوشان، گشتاورهای زرنیک، دوربین مجازی، هواپیماهای جنگنده.

¹ query

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه	۱
۱-۱ مقدمه	۳
۲-۱ برخی از کاربردهای سیستم‌های CBIR	۴
۱-۲-۱ جستجوی صفحات وب	۴
۲-۲-۱ اجرای قانون	۴
۳-۲-۱ حرفه پزشکی	۵
۴-۲-۱ معماری و طراحی مهندسی	۵
۵-۲-۱ مد و نشر	۵
۶-۲-۱ تحقیقات تاریخی	۵
۷-۲-۱ سنجش از راه دور	۵
۸-۲-۱ برخی از کاربردهای دیگر	۶
۳-۱ اهداف تحقیق	۶
۴-۱ سوالات تحقیق	۶
۵-۱ نتایج تحقیق	۷
۶-۱ ساختار پایان‌نامه	۸
فصل ۲: مفاهیم پایه	۹
۱-۲ مقدمه	۱۱
۲-۲ اهداف سیستم‌های CBIR	۱۲
۳-۲ تکنیک‌های مختلف در روش جستجوی هدف	۱۳
۱-۳-۲ جستجوی هدف به وسیله نمونه دیدنی	۱۳
۲-۳-۲ جستجوی هدف بر اساس نقاشی	۱۳
۳-۳-۲ جستجوی هدف بر اساس پیش‌طرح	۱۴
۴-۲ ساختار	۱۴
فصل ۳: کارهای گذشته	۱۷
۱-۳ بازایی مدل‌های سه‌بعدی	۱۹
۲-۳ بازایی تصاویر بر اساس محتوا	۲۰
۱-۲-۳ رنگ	۲۰
۱-۱-۲-۳ هیستوگرام رنگ	۲۱
۲-۱-۲-۳ ممان رنگ	۲۱
۳-۱-۲-۳ هیستوگرام رنگ حلقوی	۲۲
۲-۲-۳ بافت	۲۳
۱-۲-۲-۳ روش‌های مختلف آماری برای تعیین مشخصه بافت	۲۴
۲-۲-۲-۳ روش‌های ساختاری برای تعیین مشخصه بافت	۲۴
۳-۲-۳ شکل	۲۵
۱-۳-۲-۳ تعیین مشخصه شکل با استفاده از روش‌های مبتنی بر لبه	۲۵
۲-۳-۲-۳ تعیین مشخصه شکل با استفاده از روش‌های مبتنی بر لبه کانتور یا مرز	۲۶
۳-۳ معیارهای مشابهت	۲۶

۲۷	۱-۳-۳ معیارهای مشابهت احتمالی
۲۷	۱-۱-۳-۳ گوسین های چند متغیره (MVG)
۲۸	۲-۱-۳-۳ توزیع های تطبیقی مستقل (FIT)
۲۸	۳-۱-۳-۳ ترکیبی از گوسین ها (GMIX)
۲۹	۴-۱-۳-۳ استفاده از رگرسیون منطقی
۲۹	۲-۳-۳ معیارهای مشابهت هندسی
۲۹	۳-۳-۳ معیارهای مشابهت هیستوگرام
۲۹	۱-۳-۳-۳ فاصله هیستوگرام اکتشافی
۳۰	۲-۳-۳-۳ آزمایش های آماری غیر پارامتری
۳۰	۳-۳-۳-۳ واگرایی اطلاعات علمی
۳۱	۴-۳-۳ ایجاد معیار مشابهت جدید بر اساس ترکیب چندین معیار
۳۳	فصل ۴: روش های پیشنهادی
۳۵	۱-۴ مراحل سیستم بازیابی تصویر پیشنهادی
۳۶	۲-۴ پیش پردازش
۳۷	۳-۴ همترازی مدل های سه بعدی
۳۸	۴-۴ نگاشت های دوبعدی از مدل سه بعدی
۴۰	۵-۴ کاهش تعداد نماها
۴۱	۱-۵-۴ کاهش نماها در روش های حساس به دوران
۴۲	۲-۵-۴ کاهش نماها در روش های مقاوم به دوران
۴۳	۳-۵-۴ تعداد نهایی نماهای کاهش یافته و مقایسه ی آنها
۴۳	۶-۴ استخراج سایه نما از تصاویر پایگاه داده و تصویر پرس و جو
۴۴	۷-۴ همترازی تصاویر سایه نما
۴۵	۸-۴ استخراج ویژگی ها
۴۵	۱-۸-۴ استخراج ویژگی با روش مساحت ناحیه ناهمپوشان
۴۸	۲-۸-۴ استخراج ویژگی با روش هیستوگرام زاویه گرادیان
۵۰	۳-۸-۴ استخراج ویژگی با روش گشتاورهای زرنیک
۵۴	۹-۴ اندازه گیری شباهت بر اساس فاصله اقلیدسی
۵۴	۱۰-۴ بازیابی تصاویر بر اساس میزان شباهت
۵۷	فصل ۵: نتایج شبیه سازی
۵۹	۱-۵ پایگاه داده
۶۲	۲-۵ نتایج شبیه سازی
۶۳	۳-۵ نتایج آزمایش
۸۴	۴-۵ نمونه ای از نتایج
۸۸	۵-۵ نتیجه گیری و کارهای آینده
۹۰	مراجع

فهرست اشکال

شکل ۴-۱	نمودار بلوکی روش بازیابی پیشنهادی	۳۶
شکل ۴-۲	نحوه تغییر زوایای آلفا و بتا در سطح کره	۳۸
شکل ۴-۳	موقعیت قرار گرفتن چند نمونه از دوربین‌های مجازی در سطح کره	۴۰
شکل ۴-۴	نماهای دوران یافته از منظر دید روبه رو و دو پهلو برای تعداد ۳۳۸ دوربین	۴۲
شکل ۴-۵	چند نمونه از سایه نماهای همتراز شده از نظر موقعیت و مقیاس	۴۴
شکل ۴-۶	سه نمونه از استخراج ویژگی به روش مساحت ناهمپوشان	۴۶
شکل ۴-۷	چند نمونه از تشخیص اشتباه کلاس نماها در روش مساحت ناحیه ناهمپوشان	۴۷
شکل ۴-۸	نمونه ای از نماهای غیر هم زاویه با تشخیص درست در روش مساحت ناحیه ناهمپوشان	۴۷
شکل ۴-۹	نمایش سلول ها و همپوشانی بلوک ها در یک تصویر	۴۹
شکل ۴-۱۰	گشتاورهای زرنیک با تعداد ویژگی های متفاوت برای ۳۰ نما از ۵۰ دوربین	۵۲
شکل ۴-۱۱	گشتاورهای زرنیک با تعداد ویژگی های متفاوت برای ۲۳ نما از ۹۸ دوربین	۵۲
شکل ۴-۱۲	گشتاورهای زرنیک با تعداد ویژگی های متفاوت برای ۳۹ نما از ۲۰۰ دوربین	۵۳
شکل ۴-۱۳	گشتاورهای زرنیک با تعداد ویژگی های متفاوت برای ۵۸ نما از ۳۳۸ دوربین	۵۳
شکل ۵-۱	تصاویر کلاس های پایگاه داده	۶۱
شکل ۵-۲	مقایسه مشابهت بین تصویر کلاس ۶ و کلاس ۱۰	۶۲
شکل ۵-۳	مقایسه میانگین دقت سه روش استخراج ویژگی در هر بار تغییر تعداد دوربین ها	۶۳
شکل ۵-۴	زمان کلاسه بندی تصاویر پایگاه داده برای هر سه روش در هر بار تغییر تعداد دوربین ها	۶۴
شکل ۵-۵	زمان بازیابی تصویر پرس و جو در هر بار تغییر تعداد دوربین ها	۶۵
شکل ۵-۶	دقت متوسط کلاسه بندی تصاویر پایگاه داده در هر سه روش برای تعداد ۵۰ دوربین	۶۶
شکل ۵-۷	دقت متوسط کلاسه بندی تصاویر پایگاه داده در هر سه روش برای تعداد ۹۸ دوربین	۶۶
شکل ۵-۸	دقت متوسط کلاسه بندی تصاویر پایگاه داده برای تعداد ۲۰۰ دوربین	۶۷
شکل ۵-۹	دقت متوسط کلاسه بندی تصاویر پایگاه داده برای تعداد ۳۳۸ دوربین	۶۷
شکل ۵-۱۰	دقت روش مساحت ناحیه ناهمپوشان با تعداد دوربین های مختلف	۷۰
شکل ۵-۱۱	دقت روش هیستوگرام زاویه گرادیان با تعداد دوربین های مختلف	۷۰
شکل ۵-۱۲	دقت روش گشتاورهای زرنیک با تعداد دوربین های مختلف	۷۱
شکل ۵-۱۳	نمودار ماتریس کارایی روش مساحت ناحیه ناهمپوشان با تعداد ۵۰ دوربین	۷۲
شکل ۵-۱۴	نمودار ماتریس کارایی روش هیستوگرام زاویه گرادیان با تعداد ۵۰ دوربین	۷۲
شکل ۵-۱۵	نمودار ماتریس کارایی روش گشتاورهای زرنیک با تعداد ۵۰ دوربین	۷۳
شکل ۵-۱۶	نمودار ماتریس کارایی روش مساحت ناحیه ناهمپوشان با تعداد ۹۸ دوربین	۷۳
شکل ۵-۱۷	نمودار ماتریس کارایی روش هیستوگرام زاویه گرادیان با تعداد ۹۸ دوربین	۷۴
شکل ۵-۱۸	نمودار ماتریس کارایی روش گشتاورهای زرنیک با تعداد ۹۸ دوربین	۷۴
شکل ۵-۱۹	نمودار ماتریس کارایی روش مساحت ناحیه ناهمپوشان با تعداد ۲۰۰ دوربین	۷۵
شکل ۵-۲۰	نمودار ماتریس کارایی روش هیستوگرام زاویه گرادیان با تعداد ۲۰۰ دوربین	۷۵
شکل ۵-۲۱	نمودار ماتریس کارایی روش گشتاورهای زرنیک با تعداد ۲۰۰ دوربین	۷۶
شکل ۵-۲۲	نمودار ماتریس کارایی روش مساحت ناحیه ناهمپوشان با تعداد ۳۳۸ دوربین	۷۶
شکل ۵-۲۳	نمودار ماتریس کارایی روش هیستوگرام زاویه گرادیان با تعداد ۳۳۸ دوربین	۷۷
شکل ۵-۲۴	نمودار ماتریس کارایی روش گشتاورهای زرنیک با تعداد ۳۳۸ دوربین	۷۷

فهرست جداول

جدول ۱-۴	تعداد و موقعیت قرار گرفتن دوربین‌های مجازی در سطح کره	۳۹
جدول ۲-۴	تعداد نماهای نهایی در آرایش‌های مختلف دوربین مجازی	۴۳
جدول ۱-۵	نتایج حاصل از مقایسه شکل‌های ۵-۶ تا ۵-۹ برای کمترین و بیشترین دقت آزمایش‌ها	۶۹
جدول ۲-۵	مقایسه درصد تشخیص اشتباه هر کلاس در روش مساحت ناحیه ناهمپوشان	۸۱
جدول ۳-۵	مقایسه درصد تشخیص اشتباه هر کلاس در روش هیستوگرام زاویه گرادیان	۸۲
جدول ۴-۵	مقایسه درصد تشخیص هر کلاس در روش گشتاورهای زرنیک	۸۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

سیستم‌های بازیابی تصاویر بر اساس محتوا (CBIR)^۱، شامل مجموعه‌ای از روش‌ها می‌باشند که عمل بازیابی را برای تعیین تصاویر مورد نظر کاربر بر اساس مشخصه‌های دیدنی سطح پایین مانند رنگ، بافت، شکل و یا مشخصه‌های معنایی سطح بالا از پایگاه داده تصویر انجام می‌دهند. در این سیستم‌ها بازیابی تا حد بسیار بالایی به مشخصه‌های دیدنی سطح پایین مربوط است. با توجه به این امر که کاربرد این سیستم‌ها امروزه به میزان گسترده‌ای در حال افزایش است، بنابراین نیاز به تکنیک‌هایی که بتوانند عمل بازیابی را به صورت هر چه دقیق‌تر انجام دهند ضروری به نظر می‌رسد.

از آنجا که دو مرحله اصلی در تمامی سیستم‌های CBIR، استخراج مشخصه‌های دیدنی و اندازه‌گیری مشابهت می‌باشد، محققان برای بالا بردن دقت عمل بازیابی، امروزه روش‌های مختلفی در حوزه CBIR، در جهت تعیین مشخصه‌های کارآمد برای نمایش محتوای تصاویر و تکنیک‌های تطبیقی برای تعیین هر چه کارآمدتر میزان مشابهت بین تصاویر، ارائه نمودند.

انسان جهان واقعی را به صورت معنایی درک می‌کند اما سیستم‌های CBIR، تصاویر را بر اساس مشخصه‌های سطح پایین مانند رنگ، بافت و شکل درک می‌نمایند. بنابراین بین درک سیستمی و درک انسان، فاصله‌ای وجود دارد که به آن "فاصله معنایی" گویند.

بنابراین یکی از مشکلات اساسی در سیستم‌های بازیابی تصویر بر اساس محتوا، فاصله معنایی بین درک سیستم و درک انسان می‌باشد، به طوری که هر چه روش‌های ارائه شده در سیستم‌های بازیابی بتوانند در تعیین بردار مشخصه‌ای و مشابهت بین تصاویر، این پارامتر را بیشتر کاهش دهند، روش‌های مناسب‌تری می‌باشند.

¹ Content Based Images Retrieval

هر چند محققان امروزه تکنیک‌های مختلفی را بر مبنای مشخصه‌های سطح پایین برای تعیین بردار ویژگی معنایی که بسیار نزدیک به ادراک انسانی است ارائه نموده‌اند، اما باز هم بردار حاصله در بسیاری از موارد فاصله معنایی زیادی با ادراک انسانی دارد [۱].

۱-۲ برخی از کاربردهای سیستم‌های CBIR

کاربردهای سیستم‌های بازیابی تصویر، روزبه‌روز در حال افزایش است و کاربردهای بسیار زیادی در این زمینه وجود دارد. در این قسمت به برخی از کاربردهای مهم آن اشاره می‌گردد.

۱-۲-۱ جستجوی صفحات وب

اغلب کاربردهای CBIR جهت جستجوی صفحات وب است. تعدادی از موتورهای جستجو مانند: Yahoo , Qbic , Netra , Simplicity و جستجوی تصاویر Google وجود دارند که جستجوی تصاویر را از صفحات وب ساده نموده‌اند.

۱-۲-۲ اجرای قانون

CBIR کاربردهای گوناگونی در اجرای قانون و جلوگیری از وقوع جرایم دارد، مثل تشخیص اثر انگشت، تشخیص چهره، شناسایی ردپا و نظام‌های نظارتی. بسیاری از افراد از اینترنت برای فروش و به نمایش گذاشتن کالاهای غیرقانونی خود مثل مواد مخدر، قاچاق اسلحه و... استفاده می‌کنند. استفاده از CBIR می‌تواند کمک شایانی به شناسایی آن‌ها نمایند.

۳-۲-۱ حرفه پزشکی

در حرفه و شغل پزشکی پایگاه داده تصویر اشعه ایکس و تصاویر اسکن شده برای تشخیص و نظارت و مقاصد پژوهشی استفاده می شود.

۴-۲-۱ معماری و طراحی مهندسی

در طراحی های معماری و مهندسی، پایگاه داده تصویر برای پروژه های طراحی، پروژه های به پایان رسیده، و قطعات و ماشین آلات وجود دارد.

۵-۲-۱ مد و نشر

در چاپ و نشر و تبلیغات، روزنامه نگاران پایگاه داده تصویر را برای رویدادها و فعالیت های مختلف مانند ورزش، ساختمان ها، شخصیت، رویدادهای ملی و بین المللی و تبلیغات محصول دارند.

۶-۲-۱ تحقیقات تاریخی

در تحقیقات تاریخی، پایگاه داده تصویر در زمینه هایی مانند هنر، جامعه شناسی، و دارو وجود دارد.

۷-۲-۱ سنجش از راه دور

کاربردهای سنجش از راه دور می توان به تحلیل تصاویر هوایی و ماهواره ای (برداشته شده از مناطق جغرافیایی) که در نقشه برداری، کشاورزی و هواشناسی مفید هستند می توان اشاره کرد.

۱-۲-۸ برخی از کاربردهای دیگر

از کاربردهای مهم دیگر بازیابی تصاویر، می‌توان به کاربردهایی از قبیل کتابخانه‌های دیجیتالی، یا امور نظامی همانند تشخیص هواپیمای مهاجم، آرشیو موزه‌ها، مدیریت منابع طبیعی، پیش‌بینی هوا و ... اشاره کرد.

۱-۳ اهداف تحقیق

بازیابی تصاویر هواپیماهای جنگنده، یکی از شاخه‌های مهم CBIR می‌باشد که می‌تواند در کاربردهای نظامی مانند تشخیص هواپیمای مهاجم، بدست آوردن تصاویر مربوط به انواع مدل هواپیماهای جنگنده در زوایای گوناگون و ... مفید باشد. تا آنجا که ما اطلاع داریم در این زمینه تحقیقی انجام نگرفته است (اگر هم تحقیقی صورت پذیرفته باشد، به دلیل محرمانه بودن، منتشر نشده است). بنابراین با توجه به کاربردی بودن این زمینه از بازیابی تصاویر در سامانه‌های دفاعی انجام این تحقیق ضروری به نظر می‌رسد. سیستم بازیابی پیشنهادی با استفاده از مدل سه‌بعدی هواپیماهای جنگنده و نگاشت‌های فضایی، قابلیت تشخیص تصاویر هواپیماهای مشابه در زوایای مختلف را فراهم ساخته است.

البته روش‌های به کار گرفته شده در این پژوهش را علاوه بر استفاده در کاربردهای نظامی، می‌توان برای کاربردهای مشابه دیگر مانند تشخیص مدل و نوع خودرو، تانک و زره‌پوش نیز به کار برد.

۴-۱ سوالات تحقیق

- (۱) آیا با وجود شباهت بسیاری از مدل هواپیماهای جنگنده امکان بازیابی تصاویر مشابه آنها با دقتی مورد قبول وجود دارد؟
- (۲) اگر چند نمونه از مدل هواپیماهای جنگنده را عمداً بسیار مشابه هم انتخاب کنیم به طوری که تشخیص آنها با چشم سخت باشد، آیا همچنان سیستم بازیابی ارائه شده کارا می باشد؟
- (۳) آیا روش ارائه شده استفاده از مدل سه بعدی برای پیدا کردن زوایای مختلف هواپیماهای جنگنده مناسب است؟
- (۴) آیا روشهای استخراج ویژگی ارائه شده، از نظر دقت و سرعت بازیابی روشهای مناسبی هستند؟ مناسبترین روش کدام است؟
- (۵) کدام مدل از هواپیماهای جنگنده موجود در پایگاه داده دقت بازیابی را بیشتر تحت تأثیر قرار می دهند؟

۵-۱ نتایج تحقیق

در این تحقیق، روشهایی کارآمد برای تعیین مشابهت بین تصاویر انواع مدل های مختلف هواپیماهای جنگنده بر اساس محتوا با استفاده از مدل سه بعدی ارائه شده است. موارد زیر از نکات قابل توجه در انجام این تحقیق محسوب می شوند:

- (۱) تا آنجاکه ما اطلاع داریم این تحقیق برای اولین بار انجام شده است.
- (۲) استفاده از مدل سه بعدی در سیستم های بازیابی که هم پایگاه داده و هم پرس و جو تصویری دوبعدی باشد برای اولین بار ارائه شده است.

۳) اکثر ایده‌های این تحقیق مانند استفاده از مدل سه‌بعدی، نحوه همتراز کردن نماها، روش‌های کاهش نماهای مرجع و ... جدید می‌باشد.

۴) روش استفاده از مساحت ناحیه ناهمپوشان ایده‌ای ابتکاری برای استخراج ویژگی و تطبیق نماها می‌باشد.

۵) تا آنجا که ما جستجو کردیم پایگاه‌داده‌ای که شامل انواع تصاویر هواپیماهای جنگنده باشد وجود نداشت، بنابراین ایجاد پایگاه‌داده مناسب در این زمینه یکی دیگر از موارد قابل توجه این تحقیق محسوب می‌شود.

۶) ارائه سه روش استخراج ویژگی و بدست آوردن دقت‌های قابل قبول با توجه به قرار داشتن تصویر بسیار مشابه در پایگاه‌داده نتیجه‌ای امیدبخش می‌باشد.

۱-۶ ساختار پایان‌نامه

ساختار پایان‌نامه به شرح زیر است:

در فصل دوم مختصری از تاریخچه سیستم‌های بازیابی تصاویر و نیز وظایف سیستم‌های بازیابی تصاویر هواپیماهای جنگنده آورده شده است. در فصل سوم به بررسی برخی کارها که در زمینه بازیابی مدل‌های سه بعدی و بازیابی تصاویر انجام شده است پرداخته شده است. فصل چهارم به معرفی راهکارهای پیشنهادی این پایان‌نامه برای سیستم بازیابی تصاویر هواپیماهای جنگنده پرداخته است. و آخرین فصل نتایج الگوریتم‌های مورد نظر را با هم مقایسه کرده و برخی از کارهای پیشنهادی برای آیندگان را ارائه داده است.

فصل دوم

مفاهیم پایه

۲-۱ مقدمه

از آنجایی که تعداد تصاویر در یک نرخ افزایشی در حال رشد است، بنابراین سیستم‌های پایگاه‌داده تصویر نیازمند به تکنیک‌هایی هستند تا بتوانند تجزیه و تحلیل، ذخیره‌سازی و بازیابی این تصاویر را ممکن نمایند، به‌طوری‌که بدون این تکنیک‌ها نمی‌توان به صورت مؤثر و کارآمد از پایگاه‌داده استفاده نمود.

از سال ۱۹۷۰، تکنیک‌های بازیابی تصویر به عنوان یک ناحیه تحقیقاتی مهم از دو جنبه مدیریت پایگاه‌داده و بینایی ماشین مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این دو جنبه، روش‌های بازیابی تصویر را از دو زاویه مورد بحث و بررسی قرار داده‌اند:

(۱) بازیابی تصویر مبتنی بر متن^۱

(۲) بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا

در روش بازیابی تصویر مبتنی بر متن، ابتدا تصاویر حاشیه‌نویسی شده و سپس به کمک سیستم‌های مدیریت پایگاه‌داده عمل بازیابی صورت می‌گیرد. از جمله ایرادات این روش می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

(۱) با توجه به افزایش سرعت سریع رایانه و کاهش ارزش حافظه، پایگاه‌های داده تصویر شامل هزاران و حتی میلیون‌ها تصویر که در حوزه‌های کاری مختلفی مانند پزشکی، تصاویر ماهواره‌ای و... مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌باشند. بنابراین انجام فرآیند حاشیه‌نویسی به صورت دستی هم از لحاظ زمانی، هم از لحاظ هزینه‌ای غیر عملی می‌باشد.

(۲) حاشیه‌نویسی یک فرآیند ذهنی است و لزوماً برای تمام کاربران که به‌خصوص از زبان‌های مختلفی استفاده می‌نمایند یکسان نیست.

¹ Text-based Image Retrieval

۳) استفاده از کلمات کلیدی خیلی پیچیده نیست اما برای نمایش محتویات تصاویر به خصوص هنگامی که اندازه پایگاه تصویر رشد می‌نماید کافی نیست.

۴) نمایش محتویات تصویر با استفاده از کلمات کلیدی خود یک موضوع سخت و چالش‌انگیز است، به‌طوری‌که حتی گاهی اوقات توصیف محتوای تصاویر مشخصه‌ی بافتی آن‌سوی کلمات است. مثلاً توصیف تصاویر اثر انگشت امکان‌پذیر نیست.

برای غلبه بر این مشکلات در اوایل سال ۱۹۹۰، روش بازیابی تصویر بر اساس محتوا ارائه شد و به کاربران اجازه می‌داد تا بتوانند با استفاده از مشخصه‌های دیدنی مانند رنگ، بافت و شکل و اطلاعات مکانی که با تکنیک‌های پردازش تصویر و بینایی ماشین از تصاویر حاصل شده بود عمل بازیابی را به‌صورت هرچه مؤثرتر انجام دهند.

۲-۲ اهداف سیستم‌های CBIR

اهداف مختلف سیستم‌های CBIR را می‌توان در یکی از ۳ روش عملیاتی زیر دسته‌بندی نمود:

۱) جستجوی بی‌انتها

۲) جستجوی گروهی

۳) جستجوی هدف

در روش جستجوی بی‌انتها، که نوعی بازیابی نیمه خودکار با مشارکت کاربر است یک کاربر پایگاه‌داده را بررسی می‌کند و تنها ابهام چیزی است که مورد نظر کاربر می‌باشد. معمولاً تکنیک بازخورد مرتبط بکار می‌رود تا به کاربر اجازه دهد تا فرآیند جستجویش را مشخص کند به‌طوری‌که از بازخورد مثبت یا منفی به وسیله سیستم CBIR استفاده می‌شود تا تصاویر پایگاه‌داده برای نمایش به کاربر گروه‌بندی شوند.

در روش جستجوی گروهی، کاربر یک نوع مشخصی مانند شهر یا منظره طبیعی یا خانه یا غروب آفتاب را جستجو می‌کند.

در روش جستجوی پرس‌وجو یا هدف، کاربر یک تصویر ویژه یا مخصوص را در پایگاه داده پیدا می‌کند، در این روش، یک نوع جدید از عملیات CBIR به نام جستجوی مشابهت تعریف می‌شود. یک جستجوی مشابهت، به عنوان جستجوی فعال برای تعیین تصاویر مشابه با پرس‌وجو تعریف می‌شود.

۲-۳ تکنیک‌های مختلف در روش جستجوی هدف

در این بخش به بررسی تکنیک‌های مختلف جستجوی هدف که در بخش قبل تشریح شد می‌پردازیم.

۲-۳-۱ جستجوی هدف به وسیله نمونه دیدنی

در این روش کاربر، تصویر نمونه‌ای را مطابق با سیستم CBIR تعیین می‌نماید و سیستم، تصاویر دیگر را که مشابه با این تصویر است پیدا می‌کند. استفاده از این روش جهت بازیابی جذاب است اما استخراج اطلاعات که مد نظر کاربر می‌باشند از تصویر نمونه مشکل است.

۲-۳-۲ جستجوی هدف بر اساس نقاشی

روش‌های جستجوی هدف بر اساس نقاشی، معمولاً برای ساده‌سازی جستجو براساس رنگ مورد استفاده قرار می‌گیرند به طوری که کاربران نواحی مختلفی از تصویر را مطابق با رنگ‌های مطلوب رنگ می‌نمایند. به عنوان مثال رنگ آبی در بالای تصویر و رنگ سفید در زیر تصویر می‌تواند بیانگر تصاویر

اسکی بازی باشد. در این روش ها نیاز است تا کاربر اطلاعات مهمی از محتوای رنگی تصاویر را داشته باشد.

۲-۳-۳ جستجوی هدف بر اساس پیش طرح

در این روش ها، تصاویر پایگاه داده بر اساس پیش طرح ارائه شده توسط کاربر بازیابی می شوند. این روش ها برای پیدا کردن تصاویری با شکل هایی که کاربر در پیش طرح مشخص می کند بسیار مناسب می باشند. توانایی خوب یک هنرمند برای نمایش اطلاعات خوب از شکل توصیف شده در تصویر، می تواند این جستجوها را آسان کند [۱].

۲-۴ ساختار

در این قسمت به بیان وظایف قسمت های مختلف روش پیشنهادی جستجو و بازیابی تصاویر هواپیماهای جنگنده می پردازیم:

(۱) پایگاه داده تصاویر که شامل مجموعه تصاویر هواپیماهای جنگنده که قرار است مورد بازیابی قرار گیرند می باشد.

(۲) تصویر پرس و جو هر تصویری از مدل کلاس هواپیماهای جنگنده موجود در پایگاه داده می باشد که توسط کاربر وارد سیستم می شود.

(۳) مجموعه مدل های سه بعدی شامل مدل سه بعدی هر کلاس موجود در پایگاه داده تصاویر می باشد.

(۴) واحد همترازی مدل های سه بعدی وظیفه همتراز کردن مدل ها از نظر انتقال و دوران را بر عهده دارد.

۵) **واحد استخراج نماهای مرجع** از هر مدل سه‌بعدی نگاشت‌هایی دوبعدی به‌صورت سایه‌نما ایجاد و ذخیره می‌کند.

۶) **واحد استخراج نما**، سایه‌نمای مربوط به هر تصاویر دوبعدی را ایجاد می‌کند.

۷) **واحد همترازی نماها** کار همتراز کردن نماها را با یکدیگر دیگر بر عهده دارد.

۸) **واحد استخراج ویژگی** وظیفه استخراج ویژگی از هر نما را با استفاده از روشی که به سیستم ارائه می‌شود بر عهده دارد. این واحد پس از استخراج ویژگی‌ها، بردارهای ویژگی ایجاد شده را در خود ذخیره می‌کند.

۹) **واحد اندازه‌گیری شباهت** نزدیک‌ترین بردار ویژگی از دو واحد مختلف استخراج ویژگی را پس از مقایسه نشان می‌دهد.

۱۰) **واحد کلاسه‌بندی تصاویر پایگاه‌داده** با استفاده از میزان شباهت بدست آمده بین نماهای خود و نماهای مرجع، تصاویر درست تشخیص داده شده را کلاسه‌بندی و ذخیره می‌کند.

۱۱) **واحد تشخیص کلاس تصویر پرس و جو** با استفاده از مقایسه مشابهت نمای خود با نماهای مرجع، کلاس تصویر پرس و جو را ارائه می‌دهد.

۱۲) **واحد جستجو و بازیابی** با توجه به کلاس تصویر پرس‌وجو، تمامی تصاویر مربوط به مدل هواپیماهای جنگنده این کلاس را که از واحد کلاسه‌بندی تصاویر پایگاه‌داده بازیابی کرده و به کاربر ارائه می‌دهد.

فصل سوم

کارهای گذشته

از آنجاکه در این تحقیق، از مدل‌های سه‌بعدی برای بازیابی تصاویر هواپیماهای جنگنده استفاده کرده‌ایم در ابتدا به بررسی برخی از روش‌های بازیابی مدل‌های سه‌بعدی می‌پردازیم، سپس در ادامه روش‌های بازیابی تصاویر دوبعدی را مورد بررسی قرار می‌دهیم و در نهایت روش‌های اندازه‌گیری مشابهت بازیابی تصاویر را بیان می‌کنیم.

۳-۱ بازیابی مدل‌های سه‌بعدی

در سال‌های اخیر با توجه به گسترش استفاده از مدل‌های سه‌بعدی در زمینه‌های صنعتی، پزشکی، باستان‌شناسی، معماری و...، بازیابی مدل‌های سه‌بعدی به یک زمینه تحقیقاتی بزرگ در سراسر دنیا تبدیل شده است. تاکنون توصیفگرهای زیادی برای بازیابی مدل‌های سه‌بعدی ارائه شده است. هر کدام از این توصیفگرها مدل‌ها را با یک ویژگی و مشخصه خاصی توصیف می‌کنند. این توصیفگرها به سه دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند:

(۱) توصیفگرهای مبتنی بر فرکانس

(۲) توصیفگرهای مبتنی بر توپولوژی

(۳) توصیفگرهای مبتنی بر هندسه مدل سه‌بعدی [۲].

روش‌های مبتنی بر فرکانس از ویژگی‌های فرکانسی مانند ضرایب تبدیل فوریه [۳] و تبدیل موجک [۴] استفاده می‌کنند. در روش‌هایی که بر اساس توپولوژی مدل انجام می‌گیرند، اسکت و اجزاء مدل‌ها بررسی می‌گردد [۵] و در روش‌های مبتنی بر هندسه، از اطلاعات هندسی مدل مانند مساحت، حجم، گشتاور و... استفاده می‌شود [۶]. یکی از روش‌های هندسی، استفاده از نگاشت استوانه‌ای برای تبدیل یک مدل سه‌بعدی به یک رویه‌ی دوبعدی است [۲].

از دیگر روش‌های هندسی، استخراج نماهای دوبعدی از مدل سه‌بعدی است. در این روش دو مدل سه‌بعدی هنگامی مشابه تشخیص داده می‌شوند که نماهای دوبعدی متناظر آنها مشابه باشد [۷]. روش‌های مبتنی بر هندسه، علاوه بر دقت تبیین جزئی بهتر، نسبت به نویز و اعوجاج نیز پایداری بهتری نشان می‌دهند زیرا در بیشتر مواقع رویه مدل دچار نویز و اعوجاج می‌گردد، درحالی‌که ویژگی‌های هندسی مربوط به بخش‌های درونی مدل می‌باشند [۸].

اکثر کارهایی که در زمینه‌ی بازیابی مدل‌های سه‌بعدی انجام شده است پایگاه‌داده و پرس‌وجو و هر دو مدل سه‌بعدی می‌باشند، اما از آنجا که دسترسی به مدل سه‌بعدی به عنوان پرس‌وجو به نسبت دسترسی به تصویر برای کاربر سخت می‌باشد، در سال‌های اخیر تحقیقاتی هر چند اندک در این زمینه انجام شده است و در اکثر آن‌ها از روش هندسی استخراج نماهای دوبعدی استفاده شده است [۹] [۱۰] [۱۱] [۱۲] [۱۳].

۳-۲ بازیابی تصاویر بر اساس محتوا

در چندین دهه گذشته، روش‌های مختلفی برای استخراج مشخصه‌ها از تصاویر ارائه شده‌اند. این تحقیقات بر اساس تجزیه و تحلیل مشخصه‌های سطح پایین تصاویر است که در ادامه به بررسی این مشخصه‌ها می‌پردازیم.

۳-۲-۱ رنگ

رنگ، یکی از ویژگی‌هایی است که کاربرد زیادی در حوزه‌ی بازیابی تصویر دارد. این مشخصه می‌تواند خودش به تنهایی و یا به صورت ترکیبی با مشخصه‌های بافتی، شکلی و اطلاعات مکانی مورد استفاده قرار گیرد. برای تعیین رنگ پیکسل‌ها می‌توان از فضا‌های رنگی مختلف مانند فضای رنگی

RGB که از کانال‌های رنگی قرمز (red) ، سبز (Green) ، آبی (blue) ، و فضاهای رنگی HSV که از طول موج رنگ (Hue) ، درجه سیری رنگ (saturation) و مقدار (Value) و فضای رنگی l^*a^*b که مولفه های l^* و a^* و b^* به ترتیب درجهٔ روشنایی و قرمز - سبز، زرد - آبی را نمایش می‌دهند و نیز فضای رنگی L^*U^*V که از مولفه L^* ، روشنایی و دو مؤلفه رنگی V^* و U^* تشکیل شده است استفاده نمود. فضاهای رنگی پیشنهادی کارایی بهینه را برای تعیین نیازهای تجسمی مختلف فراهم می‌آورند و به راحتی نیز می‌توانند به یکدیگر تبدیل گردند. در بین فضاهای رنگی پیشنهادی، HSV و l^*a^*b به درک انسان نزدیک‌تر می‌باشند [۱]. روش‌های مختلفی برای استفاده از محتویات رنگی تصاویر به عنوان یک پارامتر مشابهت استفاده شده‌اند که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌نمائیم.

۳-۲-۱ هیستوگرام رنگ

هیستوگرام رنگ یکی از روش‌های استخراج ویژگی بر اساس رنگ می‌باشد. یک هیستوگرام رنگ در ابتدا به وسیلهٔ تعیین رنگ‌های هر پیکسل تعیین و سپس این مقادیر به یکی از شماره ستون‌های از پیش تعریف شده تبدیل می‌گردند. این روش به سرعت محاسبه می‌شود اما نسبت به انتقال و تغییر مقیاس اشیاء غیر مقاوم می‌باشد.

۳-۲-۲ ممان رنگ

برخلاف هیستوگرام رنگ، نمایش ممان‌های رنگ^۱ تنها نیاز به یک فضای مشخصهٔ خیلی کوچک دارند. ممان‌های رنگ تنها به وسیلهٔ تعیین^۳ مقدار میانگین^۲ (ممان درجه اول) ، واریانس^۳ (ممان

¹ Color Moments

² Mean

³ Variance

درجه دوم) و چولگی^۱ (ممان درجه سوم) می‌توان از آن‌ها به عنوان شاخص به‌جای تمام هیستوگرام استفاده نمود. ممان‌های اول تا سوم بر اساس روابط زیر بدست می‌آیند:

$$\mu_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f_{ij} \quad ۱-۳$$

$$\delta_i = \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (f_{ij} - \mu_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad ۲-۳$$

$$s_i = \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (f_{ij} - \mu_i)^3 \right)^{\frac{1}{3}} \quad ۳-۳$$

که f_{ij} مقدار i امین پیکسل و n تعداد پیکسل‌های تصویر است. استفاده از ممان سوم رنگ در کنار دو ممان اول، بازده کلی بازیابی را افزایش می‌دهد. تعداد مؤلفه‌ای بدست آمده از این ممان‌ها ۹ عدد است (سه ممان برای سه مؤلفه رنگی) و بدین ترتیب مؤلفه‌ی فشرده‌ای برای تصویر خواهد بود. این روش، یک روش شاخص‌گذاری خوب است اما نیاز به محاسبات بالا دارد [۱۴].

۳-۱-۲-۳ هیستوگرام رنگ حلقوی

در [۱۵] خواص آماری و مکانی رنگ در تصویر باعث ایجاد هیستوگرام مکانی رنگ شده است. برای این کار پس از کوانتیزه کردن فضای رنگ، هر یک از M رنگ موجود یک زیر تصویر دودویی ایجاد می‌کند و مرکز ثقل آنها محاسبه می‌شود. در هر کدام از این زیر تصاویر فاصله دورترین نقطه تا مرکز ثقل به N قسمت مساوی تقسیم می‌شود و سپس از مرکز ثقل N دایره رسم می‌شود. تعداد پیکسل‌های بین هر دو دایره شمرده شده و یک بردار N بعدی برای هر رنگ ایجاد می‌شود. بدین

¹ Skewness

ترتیب برای هر تصویر یک ماتریس ویژگی به ابعاد $N \times M$ ایجاد می‌شود که نام این ماتریس هیستوگرام رنگ حلقوی می‌باشد.

۲-۲-۳ بافت

اگر ما مشخصه‌های رنگی را به عنوان اطلاعات پیکسل در نظر بگیریم بنابراین مشخصه‌های بافتی اطلاعات ناحیه‌ای را نمایش می‌دهند. از آنجایی که بافت، پیوستگی مکانی را در مقیاس‌های محلی و عمومی در بردارد بنابراین یک تعریف عمومی از آن وجود ندارد. عموماً بافت به یک الگوی دیدنی با مشخصه‌های همگن اشاره دارد و نتیجه‌ی اثر، حضور تنها یک رنگ منفرد یا شدت نمی‌باشد [۱].

بر طبق لغت نامه‌ی انگلیسی oxford بافت به معنی زیر است:

"وضع طبیعی، ساختار یا مفهوم هر چیزی با توجه به اجزاء تشکیل دهنده‌اش"

مشخصه بافت، اطلاعات مهمی را درباره‌ی سطوح ساختاری منظم و ارتباط آنها با محیط مجاور دربرمی‌گیرد. ۳ جنبه‌ی مهم در تمییز دادن بافت‌های طبیعی وجود دارد که شامل جهت، دانه دانه بودن و پیچیدگی است. انواع مختلفی از روش‌های نمایش بافت به صورت گسترده در کشف الگو و بینایی ماشین مورد استفاده قرار می‌گیرند.

عموماً کلیه روش‌های مختلف برای نمایش بافت می‌توانند به داخل ۲ گروه عمده ساختاری و آماری^۱ تقسیم شدند. در ادامه به بررسی روش‌های مختلف ساختاری و آماری جهت ارائه مشخصه بافت می‌پردازیم.

¹ Statistic

۳-۲-۱ روش‌های مختلف آماری برای تعیین مشخصه بافت

روش‌های آماری، روش‌هایی می‌باشند که بافت را به وسیله توزیع آماری شدت پیکسل‌های تصویر تعیین می‌نمایند. از جمله این روش‌ها می‌توان به طیف‌های فوریه فرکتال و تکنیک‌های فیلترینگ چند رزولومشنی مانند گابور (Gabor) و تبدیلات موجک اشاره نمود [۱۶] [۱۷].

در روش تامورا (Tamura)، بافت به وسیله ویژگی‌هایی مانند درشتی، کنتراست، جهت، شکل خط‌ها، نظم و ناهمواری که تمامی این ویژگی‌ها به مطالعات روانشناختی درک انسان از بافت مربوط می‌شود، معین می‌گردد [۱۸]. ویژگی درشتی، مقیاس بافت را معین می‌کند و با یک گروهی از پنجره‌های متحرک با اندازه‌های مختلف تعیین می‌شود. کنتراست، اطلاعاتی درباره ایجاد بافت را در بر می‌گیرد و با استفاده از واریانس هیستوگرام سطح خاکستری محاسبه می‌شود. ویژگی جهت، نیز جهت‌های برجسته از بافت را تعیین می‌نماید و به وسیله توزیع جهت‌های گرادیان در تصویر محاسبه می‌شود.

۳-۲-۲ روش‌های ساختاری برای تعیین مشخصه بافت

روش‌های ساختاری شامل عملگر مورفولوژی و گراف مجاورت می‌باشند به طوری که بافت را به وسیله تعیین ساختار اولیه‌اش و قوانین تعیین عمل آنها مشخص می‌نمایند.

در [۱۹] از واریانس ماتریس‌های هم‌رخداد برای بازیابی تصویر استفاده شد. واریانس ماتریس‌های هم‌رخداد یک معیار کنتراست در تصویر است و گاهی اوقات به آن همان اینرسی نیز گفته می‌شود. برخی از نویسندگان، در مقالات از آمارهایی نسبت به زاویه خط برای تعیین بافت استفاده می‌نمایند. این آمارهای به وسیله استخراج خطوط در تصویر گردآوری می‌شوند. سپس قطعات خطوط متقاطع یا

تقریباً متقاطع تعیین می‌شوند. مشخصه‌ها برای هر جفت خط، از طریق زاویه بین قطعات و نسبت مقادیر سطح خاکستری داخل به خارج زاویه معین می‌گردند.

۳-۲-۳ شکل

شکل به عنوان یک مشخصه هندسی، یکی از ویژگی‌های خیلی مهم برای تعیین اشیاء در داخل تصویر است و از این مشخصه به صورت گسترده در تشخیص شیء بر اساس ناحیه، ثبت تصویر، دسته‌بندی و بازیابی مورد استفاده می‌شود. ایده اصلی در این شیوه، ساخت بردار ویژگی تصویر از روی اطلاعات مکانی و شکلی تصویر می‌باشد. به عبارت دیگر بردار ویژگی تصویر در این حالت اطلاعات مربوط به شکل اشیاء موجود در تصویر را در بردارد. در این قسمت به برخی از روش‌ها در این زمینه اشاره می‌شود.

۳-۲-۳-۱ تعیین مشخصه شکل با استفاده از روش‌های مبتنی بر لبه

از روش‌های مبتنی بر شکل می‌توان از روش‌های مبتنی بر لبه یاد کرد. مطلوبیت استفاده از لبه‌ها به دو علت است: اولاً حجم لبه‌های تصویر نسبت به حجم پیکسل‌های تصویر بسیار کم است، بنابراین به علت کاهش اطلاعات تحت پردازش می‌توان سیستمی کارا با استفاده از لبه‌ها ساخت. ثانیاً لبه‌ها به علت استفاده از همبستگی میان پیکسل‌ها حجم زیادی از اطلاعات تصویر را در بردارد و همچنین از آنجایی که از دیدگاه درک انسانی نیز، اشکال به وسیله لبه‌هایشان از یکدیگر تمایز داده می‌شوند، پس می‌توان سیستمی دقیق با استفاده از لبه‌ها ساخت.

در [۲۰] هیستوگرام جهت لبه EDH^1 ابداع شد که در آن با دسته‌بندی لبه‌های تصویر روی جهت لبه با یک کمیت‌دهی پنج درجه، هیستوگرامی از فراوانی لبه‌ها ایجاد می‌شود و از آن به عنوان بردار ویژگی تصویر استفاده می‌گردد. این روش دقت نسبتاً مطلوبی دارد و نسبت به انتقال، تغییر اندازه و چرخش تصویر مستقل عمل می‌کند. چون در ساخت EDH با لبه‌ها به صورت منفرد برخورد شده و از همبستگی میان لبه‌های مجاور استفاده‌ای نشده است این روش از حداکثر دقت قابل حصول برخوردار نیست. به طور مثال ممکن است دو تصویر متفاوت EDH تقریباً یکسانی داشته باشند.

۲-۳-۲-۳ تعیین مشخصه شکل با استفاده از روش‌های مبتنی بر لبه کانتور یا مرز

یکی از روش‌های متداول برای تجزیه و تحلیل به وسیله مرز، استفاده از تبدیل فوریه می‌باشد. یک توصیفگر فوریه به وسیله استفاده از تبدیل فوریه روی شکل حاصل می‌شود. با استفاده از تکنیک‌های نرمالیزه می‌توان توصیفگرهای فوریه را نسبت به تغییرات اندازه و چرخش و انتقال مقاوم نمایند. این نوع توصیفگرهای فوریه از نظر محاسباتی برای استخراج مشخصه کارآمد هستند، اما به سختی تفسیر می‌باشند [۲۱]. برخی دیگر از اثرهای شکل که اخیراً مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل فاصله مرکز ثقل، طول قوس یا وتر، تابع تراکم زاویه‌ای و تابع خمیدگی و تابع ناحیه‌ای می‌باشند [۲۲].

تجزیه منحنی هموار و تجزیه نحوی نمونه‌ای از روش‌های استخراج مشخصه مرز می‌باشند. تجزیه منحنی هموار، از تقاطع صفر و مشتق اول انحنا استفاده می‌نماید تا انحنا یا خمیدگی را به داخل قطعه‌های لبه‌ای کوچک که نشانه نامیده می‌شوند تجزیه نماید. هر نشانه، یک خمیدگی را نمایش می‌دهد. تطبیق خمیدگی‌ها بر اساس نشانه به نشانه می‌باشد. این روش توصیف شکل، به راحتی قابل فهم است اما دارای محاسبات بالایی است [۲۳].

¹ Edge Direction Histogram

۳-۳ معیارهای مشابهت

روش‌های مختلف برای تعیین مشابهت بین تصاویر ارائه شده‌اند. در ادامه به بررسی برخی از این روش‌ها می‌پردازیم.

۱-۳-۳ معیارهای مشابهت احتمالی

برای یک کلاس مناسب از تصاویر، A و کلاس غیر مناسب از تصاویر، B و بردار مشخصه‌ای تصویر پرس‌وجو، x و بردار مشخصه‌ای هر تصویری از پایگاه داده، y اگر فرض کنیم که $p(A) = p(B)$ باشد در این صورت تابع تمایز، نسبت احتمال کلی (Likelihood ratio) است که به صورت زیر معین می‌گردد:

$$\Delta(d) = \frac{p(d|A)}{p(d|B)} \quad ۴-۳$$

روش‌های احتمالی مختلفی برای تخمین این توزیع شرطی-کلاس $p(d|B), p(d|A)$ وجود دارند. چهار نمونه از این روش‌های احتمالی را بیان می‌نماییم:

۱-۱-۳-۳ گوسین‌های چند متغیره^۱ (MVG)

در این روش، برای تخمین توزیع‌های شرطی-کلاس‌های A, B ، از مقدار میانگین $\mu_{A,B}$ و ماتریس کواریانس $\Sigma_{A,B}$ استفاده می‌شود [۲۴].

¹ Multi Variate Gaussian

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad 5-3$$

$$\sum = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - \hat{\mu})(d_i - \hat{\mu})' \quad 6-3$$

با استفاده از این دو پارامتر، هر یک از احتمالات به صورت زیر فرموله می گردند:

$$p(d|A) = p(d|\mu_A, \sum_A) = \frac{1}{(2\pi)^{q/2} |\sum_A|^{1/2}} e^{-(d-\mu_A) \sum_A^{-1} (d-\mu_A)/2} \quad 7-3$$

$p(d|B)$ ، نیز به صورت مشابه با $p(d|A)$ تعیین می گردد.

۳-۱-۳-۳ توزیع های تطبیقی مستقل (FIT)

یک فرضیه عمومی برای داده با ابعاد بالا، این است که با اجزای مشخصه ای به صورت مستقل کار شود. با استفاده از این فرضیه، توزیع های حاشیه ای نیز می توانند برای نمایش مشخصه ای دیدی مناسب باشند و ضربشان اتصالی بین مقادیر احتمال کلی را برقرار می کند. در این صورت از توزیع گوسی و توزیع لاپلاسین و توزیع منطقی استفاده نمود و با به دست آوردن حاصلضرب آنها نسبت احتمال کلی حاصل می گردد [۲۴].

۳-۱-۳-۳ ترکیبی از گوسین ها (GMIX)

روش های تخمین چگالی پارامتری، یک شکل خاصی را برای تابع چگالی مانند گوسین چند متغیری در نظر می گیرند. به هر حال ممکن است شکل فرض شده متفاوت از چگالی صحیح آن باشد.

¹ Independently Fitted Distribution

² Mixtures Of Gaussian

از طرف دیگر روش‌های غیر پارامتری، معمولاً به محاسبات خیلی زیادی نیاز دارد به‌خصوص هنگامی که اندازه داده‌ها افزایش می‌یابد.

بنابراین ما می‌توانیم با استفاده از مدل‌های ترکیبی که به آن‌ها مدل‌های نیمه‌پارامتری می‌گویند از مزایای هر دو روش پارامتری و غیر پارامتری استفاده نماییم. بنابراین می‌توان از ترکیب ماکزیمم امید^۱ (EM) و مینیمم طول توصیف^۲ (MDL) برای تخمین گوسین‌های ترکیبی استفاده نمود.

۳-۱-۴ استفاده از رگرسیون منطقی

در [۲۵] از تابع رگرسیون منطقی برای تعیین احتمال اینکه تصویری متعلق به مجموعه تصاویر مورد نظر کاربر باشد استفاده شده، به‌طوری‌که از مشخصه‌های سطح پایین به عنوان ورودی استفاده نموده و با استفاده از احتمالات منطقی، خروجی این مدل خطی ایجاد می‌شود.

۳-۲ معیارهای مشابهت هندسی

در معیارهای مشابهت هندسی، مانند قانون نزدیکترین همسایه، هیچ فرضیاتی راجع به توزیع احتمال مشخصه وجود ندارد و مشابهت تنها بر اساس فاصله بین بردارهای مشخصه‌ای در فضای مشخصه‌ای می‌باشد. از جمله معیارهای دیگر، فاصله لندموور (Landmover) و فاصله اقلیدسی تجمعی، فاصله اقلیدسی، فاصله مینکوسکی (Minkowsky)، فاصله Cauchy، فاصله مالهونوبیس (Mahalanobis) اشاره نمود. [۱].

¹ Expectation - Maximization

² Minimum Description length

۳-۳-۳ معیارهای مشابهت هیستوگرام

معیارهای مشابهتی که برای هیستوگرام‌ها استفاده می‌شوند به داخل سه گروه دسته‌بندی می‌شوند: فاصله هیستوگرام اکتشافی، تست‌های آماری غیرپارامتری، واگرایی اطلاعات علمی [۱].

۳-۳-۳-۱ فاصله هیستوگرام اکتشافی

فاصله مینکوسکی، معیار فاصله‌ای است که زیاد استفاده می‌شود. نرم L_1 (فاصله منهتن (Manhattan)) و نرم L_2 (فاصله اقلیدسی) می‌توانند برای تعیین مشابهت بین هیستوگرام‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

$$Minkowski: L_p(x, y) = \left(\sum_{i=0}^{n-1} (x(i) - y(i))^p \right)^{1/p} \quad ۸-۳$$

$$Manhattan: D_{l_1}(H, H') = \sum_{i=0}^{n-1} |H(i) - H'(i)| \quad ۹-۳$$

$$Euclidan: D_{l_2}(H, H') = \sqrt{\sum_{i=0}^{n-1} (H(i) - H'(i))^2} \quad ۱۰-۳$$

H, H' ، هیستوگرام‌ها و i نماینده هر ستون و n تعداد کل ستون‌ها در هر هیستوگرام است. فصل مشترک هیستوگرام، یکی دیگر از معیارهای فاصله اکتشافی است. این معیار، تنها بخش‌های مشترک بین دو هیستوگرام را در نظر گرفته و از بخش‌های دیگر صرف‌نظر می‌کند.

$$D_{HI}(H, H') = \sum_{i=0}^{n-1} \min(H_i, H'_i) \quad ۱۱-۳$$

۳-۳-۲ آزمایش‌های آماری غیر پارامتری

آزمایش Chi-square یک روش غیرپارامتری است که عدم مشابهت بین دو توزیع را به صورت زیر

تعیین می‌کند:

$$D_{\chi^2}(H, H') = \sum_{i=0}^{N-1} \frac{(H_i - H'_i)^2}{H_i + H'_i} \quad ۱۲-۳$$

۳-۳-۳ واگرایی اطلاعات علمی

واگرایی Jeffrey, Kullback-leibler دو معیار اطلاعات علمی هستند.

$$Kullback - leibler: D_{KL}(H, H') = \sum_{i=0}^{N-1} H_i \log \frac{H_i}{H'_i} \quad ۱۳-۳$$

$$Jeffrey: D_{JD}(H, H') = \sum_{i=0}^{N-1} (H_i \log \frac{2H_i}{H_i + H'_i} + H'_i \log \frac{2H'_i}{H_i + H'_i}) \quad ۱۴-۳$$

۳-۳-۴ ایجاد معیار مشابهت جدید بر اساس ترکیب چندین معیار

در [۲۶] معیار مشابهی را بر اساس ترکیب خطی از فواصل Jeffries-Matusita(JM) بین

توزیع‌های محلی مشخصه‌ها که بر روی یک مجموعه نواحی تصویر به صورت اتوماتیک تعریف شده‌اند

ارائه شد. به طوریکه نتایج آزمایش‌ها حاکی از دقت بالای عمل بازیابی داشت.

در [۲۷] معیار مشابهتی ارائه شد که در آن با استفاده از معیارهای مشابهت آماری در هیستوگرام،

ارتباط اطلاعات ستون‌های همسایه در نظر گرفته و باعث بهبود قابل توجهی در نتایج بازیابی شد.

فصل چهارم

روش‌های پیشنهادی

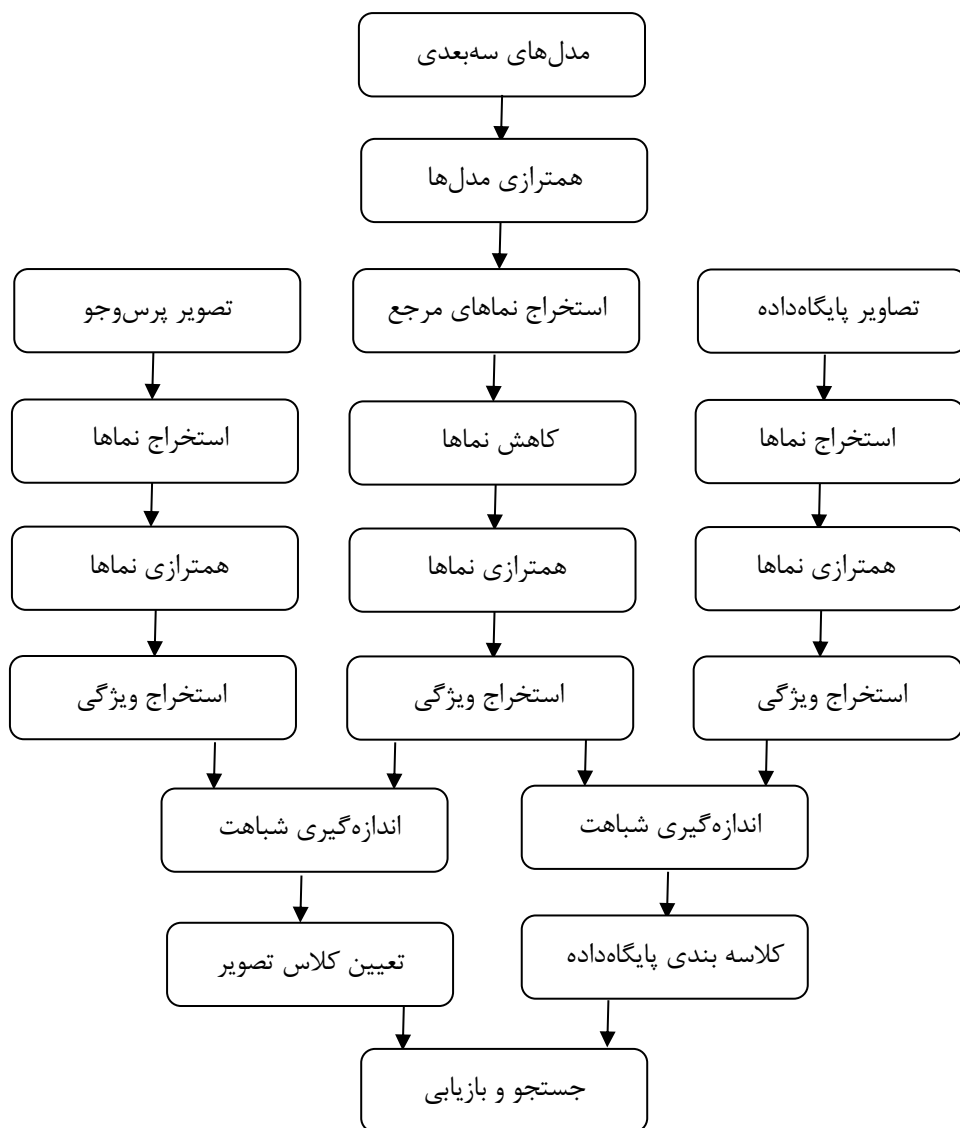
۴-۱ مراحل سیستم بازیابی تصویر پیشنهادی

پس از مطالعه و بررسی روش‌های بازیابی تصاویر و نیز روش‌های بازیابی مدل‌های سه‌بعدی، در این فصل روش‌های پیشنهادی خود را برای بازیابی تصاویر هواپیماهای جنگنده ارائه داده‌ایم.

نمودار بلوکی سیستم جستجو و بازیابی در شکل ۴-۱ نشان داده شده است. سیستم بازیابی پیشنهاد شده در این مقاله شامل این مراحل می‌باشد:

- (۱) پیش‌پردازشی بر روی تمامی تصاویر و مدل‌های سه‌بعدی صورت می‌گیرد.
- (۲) تمام مدل‌های سه‌بعدی هر کلاس، از نظر انتقال و دوران همتراز می‌شوند.
- (۳) نماهای دوبعدی مرجع در زوایای گوناگون از مدل سه‌بعدی بدست می‌آیند.
- (۴) جهت کاهش پیچیدگی محاسباتی، تعداد نماهای مرجع کاهش می‌یابد.
- (۵) نماهای مرجع نهایی از نظرانتقال و مقیاس همتراز و ذخیره می‌گردند.
- (۶) هر تصویر پایگاه‌داده، تبدیل به یک نما می‌شود، این نما نیز از نظر انتقال و مقیاس همانند نماهای مرجع همتراز می‌گردد.
- (۷) با استفاده از ۳ روش استخراج ویژگی مساحت ناحیه ناهمپوشان و روش هیستوگرام زاویه گرادیان و گشتاورهای زرنیک در هر بار آزمایش، از تمامی نماهای مرجع و نمای تصویر پایگاه‌داده ویژگی‌ها استخراج می‌شود.
- (۸) با استفاده از فاصله اقلیدسی، شباهت بین نماها اندازه‌گیری می‌شود و کلاس هر تصویر پایگاه‌داده بر اساس میزان شباهت تشخیص داده می‌شود.
- (۹) تکرار مراحل ۶ تا ۸ برای تصویر پرس‌وجو انجام می‌شود.
- (۱۰) بازیابی تصاویر مشابه تصویر پرس‌وجو با توجه به کلاس آن از بین کلاس‌های مرتب شده برای تصاویر پایگاه داده انجام می‌شود.

در ادامه توضیحات بیشتری در مورد مراحل فوق الذکر داده می‌شود.



شکل ۴-۱ نمودار بلوکی روش بازیابی پیشنهادی

۴-۲ پیش‌پردازش

از آنجا که در کاربردهای نظامی، هدف بررسی هواپیماهای اوج گرفته در آسمان است، از تصاویر هواپیماهای جنگنده‌ای که در حال پرواز در آسمان هستند استفاده شده و پیش‌پردازش‌هایی از قبیل

حذف چرخ های برخی هواپیماها که چرخ آنها باز بوده است از تصاویر و مدل های سه بعدی انجام گرفته است. همچنین به منظور کاهش پیچیدگی محاسباتی و بالا بردن دقت بازیابی، پس زمینه تصاویر پایگاه داده و تصویر پرس و جوی ورودی حذف و با پس زمینه سفید جایگزین شده است. این پیش پردازش ها با استفاده از نرم افزارهای گرافیکی انجام شده است.

۳-۴ همترازی مدل های سه بعدی

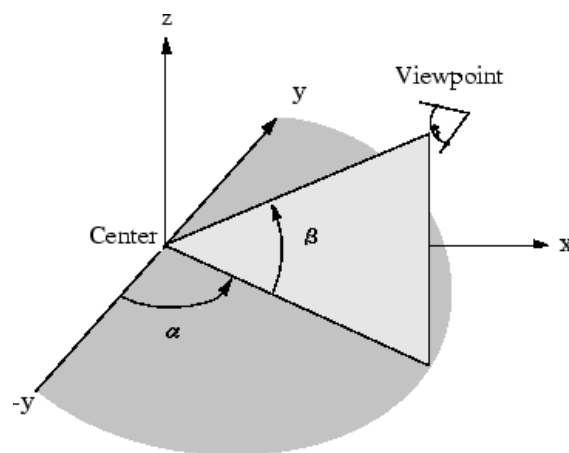
به ازای هر کلاس هواپیمای جنگنده، نیاز به مدلی سه بعدی داریم تا امکان شناسایی تصویر هواپیمای جنگنده مورد پرس و جو در هر زاویه ای فراهم شده و تصاویر مربوط به آن کلاس در همه زوایای موجود در پایگاه داده بازیابی گردند.

از آنجا که بسیاری از مدل های سه بعدی در فضا به صورتی دلخواه از نظر موقعیت و دوران قرار گرفته اند، بنابراین ابتدا این مدل ها باید همتراز گردند. بدین ترتیب با انجام همترازی، همه مدل ها در یک جهت و موقعیت از فضا قرار گرفته و سپس نماهای دوبعدی مرجع از آن ها استخراج می شوند. این کار باعث می شود تمامی نماهای متناظر مدل های سه بعدی، از نظر موقعیت یکسان و هم جهت شوند. برای ایجاد این همترازی، از نرم افزارهای گرافیکی سه بعدی استفاده شد. با استفاده از ابزارهایی که در این نرم افزارها موجود است، مرکز هر مدل سه بعدی - نقطه وسط مدل در راستای سه محور - بدست آمد و به مرکز مختصات در فضا انتقال داده شد. پس از قرار گرفتن مدل های سه بعدی در مرکز مختصات، همه این مدل ها طوری در فضا چرخانده شد که همه آن ها در جهت مورد نظر قرار داده شدند.

۴-۴ نگاشت‌های دوبعدی از مدل سه‌بعدی

پس از همترازی مدل‌های سه‌بعدی، کره‌ای محاط بر مدل سه‌بعدی قرار داده می‌شود، به‌طوری‌که مرکز این کره بر روی مرکز محور مختصات در فضا قرار می‌گیرد. بر روی سطح کره، دوربین‌هایی مجازی [۲۸] در موقعیت‌های مختلف پخش می‌شود. با توجه به زاویه دید^۱ هر دوربین، نگاشتی دوبعدی به صورت سایه‌نما^۲ از مدل سه‌بعدی ایجاد و ذخیره می‌شود. طبیعی است که افزایش هر چه بیشتر تعداد دوربین‌های مجازی امکان تطبیق بهتر در طیف وسیع‌تری از تصاویر دو بعدی را فراهم می‌کند اما از طرفی حجم محاسبات را نیز افزایش می‌دهد.

با استفاده از تغییر دو زاویه α و β که به ترتیب بیانگر تغییر زاویه در راستای طول جغرافیایی و تغییر زاویه در راستای عرض جغرافیایی می‌باشد، موقعیت‌های قرارگیری دوربین‌های مجازی در سطح کره مشخص می‌شوند. شکل ۴-۲ نحوه تغییر زوایای α و β را در سطح کره و زاویه دید یک نمونه دوربین مجازی را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲ نحوه تغییر زوایای α و β در سطح کره

¹ viewpoint

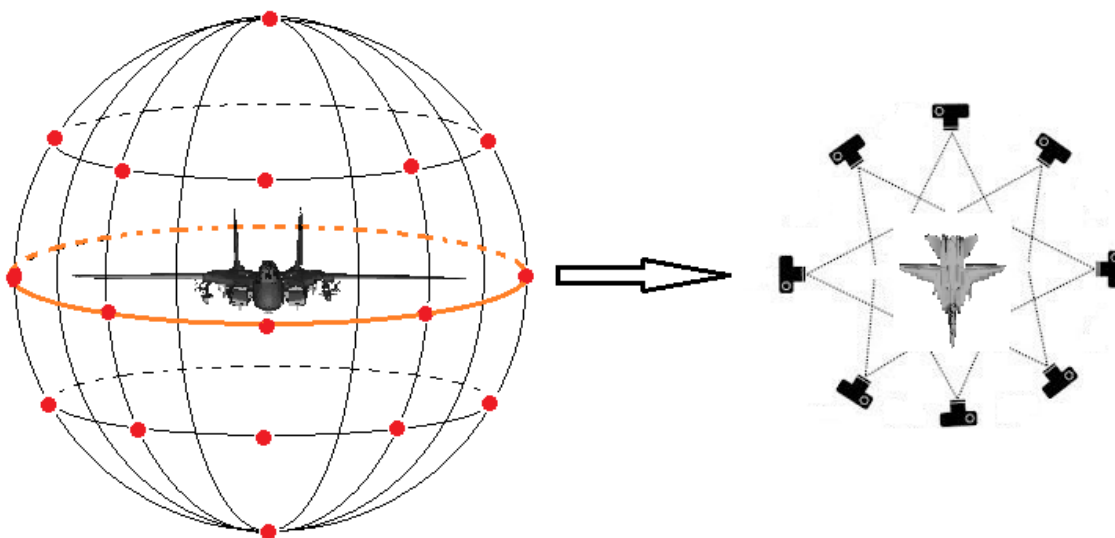
² silhouette

جدول ۱-۴ تعداد دوربین‌های مجازی مورد آزمایش در شبیه‌سازی‌های ما و زوایای قرار گرفتن آن‌ها روی سطح کره را نشان می‌دهد. در این جدول، در سطر اول تعداد دوربین‌های مجازی در هر بار آزمایش، در سطر دوم ستون اول هر قسمت، مقدار زاویه α و ستون دوم هر قسمت مقدار زاویه β را در سطح کره برای تعیین موقعیت قرار گرفتن هر دوربین مجازی نشان می‌دهد. سطر سوم این جدول اختلاف بین زوایای هر ستون را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۴ تعداد و موقعیت قرار گرفتن دوربین‌های مجازی در سطح کره

۵۰ دوربین		۹۸ دوربین		۲۰۰ دوربین		۳۳۸ دوربین	
α	β	α	β	α	β	α	B
۳۶	۳۶	۲۶	۲۶	۱۸	۱۸	۱۴	۱۴
± 36	-۸۹	۰	-۸۹	۰	-۸۹	۰	-۸۹
± 144	-۵۳	± 25	-۶۳	± 18	-۷۱	± 14	-۷۵
± 108	-۱۷	± 51	-۳۷	± 36	-۵۳	± 27	-۶۱
± 72	۱۹	± 77	-۱۱	± 54	-۳۵	± 41	-۴۷
-۱۸۰	۵۵	± 102	۱۳	± 72	-۱۷	± 55	-۳۳
		± 128	۳۹	± 90	۱	± 69	-۱۹
		± 154	۶۵	± 108	۱۹	± 83	-۵
		-۱۸۰		± 126	۳۷	± 96	۷
				± 144	۵۵	± 110	۲۱
				± 162	۷۳	± 124	۳۵
				-۱۸۰		± 138	۴۹
						± 152	۶۳
						± 166	۷۷
						-۱۸۰	

شکل ۳-۴ محل قرارگیری مدل سه‌بعدی هواپیمای جنگنده در مرکز کره و نحوه توزیع دوربین‌های مجازی در سطح کره را با رنگ قرمز نشان می‌دهد. همچنین در این شکل نحوه توزیع دوربین‌های مجازی در سطحی از کره که با رنگ نارنجی نشان داده شده است و دارای زاویه β ثابت و زاویه α متغیر می‌باشد، نشان داده شده است.



شکل ۳-۴ موقعیت قرار گرفتن چند نمونه از دوربین‌های مجازی در سطح کره

۴-۵ کاهش تعداد نماها

از آنجا که زاویه دید دوربین‌های مجازی در برخی از موقعیت‌ها بر روی سطح کره، در تقارن با هم بوده و نیز شکل هواپیماهای جنگنده از وسط آن متقارن می‌باشد، در نتیجه برخی از نماهای مرجع که دارای اندازه‌ای یکسانی می‌باشند در یک و یا چندین جهت مختلف ایجاد می‌شود، برای کاهش حجم محاسبات، این نماها با توجه به روش استخراج ویژگی استفاده شده در سیستم بازیابی تصویر حذف می‌شوند.

به‌طور کلی روش‌های استخراج ویژگی ما در این تحقیق یا دارای حساسیت به دوران و یا عدم حساسیت به دوران می‌باشند که بر اساس این دو روش، نحوه کاهش دوربین‌های مجازی متفاوت می‌باشد.

۴-۵-۱ کاهش نماها در روش‌های حساس به دوران

برای روش‌های استخراج ویژگی که در سیستم بازیابی تصاویر استفاده می‌شوند و به دوران حساس هستند، باید نماهای مرجع که دارای اندازه و جهتی یکسان هستند حذف شوند. برای این کار، از روش مساحت ناحیه ناهمپوشان که به دوران حساس می‌باشد استفاده کردیم.

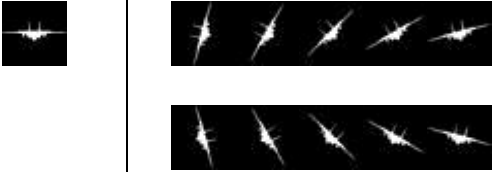
در این روش نماهای مرجع مربوط به یک مدل دو به دو XOR می‌شوند. با استفاده از ناحیه ناهمپوشان کمینه، نماهایی که از نظر جهت و شکل یکسان هستند پیدا شده و یکی از آن‌ها ذخیره و مابقی حذف می‌شوند. از آنجا که روش مساحت ناحیه ناهمپوشان یکی از روش‌های استخراج ویژگی سیستم بازیابی ما می‌باشد، توضیحات بیشتر درباره این روش به بخش ۴-۸-۱ موکول می‌شود.

از آنجا که فقط یک دوربین مجازی در نقطه‌ی وسط مدل از روبه روی هواپیما قرار می‌گیرد، و فقط یک نما از آن گرفته می‌شود، در حالی که تصاویری از هواپیمای جنگنده از همین زاویه با موقعیت دورانی گوناگون در پایگاه داده وجود دارند، این نما را از بین نماهای کاهش یافته به روش مساحت ناحیه ناهمپوشان پیدا کرده و با اختلاف زاویه ۱۵ درجه از ۰ تا ۱۸۰ دوران می‌دهیم.

همین قضیه در مورد دو نما از پهلوی هواپیما که دوربین روبه روی نقطه وسط آن باشد، تکرار می‌شود. با این تفاوت که با اختلاف ۱۵ درجه، از ۰ تا ۹۰ برای یک پهلوی هواپیمای جنگنده، ۵ نما و برای پهلوی دیگر هواپیمای جنگنده، با اختلاف ۱۵- درجه، از ۰ تا ۹۰-، ۵ نمای دیگر بدست می‌آید. ۲۰ نمای بدست آمده از دوران را به سایر نماهای مرجع کاهش یافته اضافه می‌کنیم. موقعیت کابین خلبان در همه نماهای دوران یافته رو به بالا در نظر گرفته شده است. افزایش این ۲۰ نما، برای تعداد ۲۰۰ و ۳۳۸ دوربین که نتایج بهتری داشت انجام شده است.

نماهای دوران یافته اضافه شده برای تعداد ۳۳۸ دوربین در شکل ۴-۴ نشان داده شده اند. این

کار برای تمامی مدل‌ها و نیز برای هر مرحله تغییر تعداد دوربین‌های مجازی انجام می‌شود.

نماهای دوران یافته	نما اصلی
	
	
	

شکل ۴-۴ نماهای دوران یافته از منظر دید روبه رو و دو پهلو برای تعداد ۳۳۸ دوربین

۴-۵-۲ کاهش نماها در روش‌های مقاوم به دوران

برای روش‌های استخراج ویژگی که در سیستم بازیابی استفاده می‌شوند و نسبت به دوران مقاوم می‌باشند، نماهای مرجع با اندازه‌ی یکسان درجهت‌های مختلف پیدا شده، یکی از آن‌ها ذخیره و مابقی حذف می‌شوند.

برای حذف این نماها، از روش گشتاورهای زرنیک^۱، که یکی از روش‌هایی استخراج ویژگی مقاوم به دوران است استفاده کردیم. بردار ویژگی برای هر نما، شامل ۲۳۱ ویژگی می‌باشد که از ویژگی‌های مرتبه ۰ تا ۲۰ گشتاورهای زرنیک استفاده شده است.

از آنجا که این روش نیز یکی از روش‌های استخراج ویژگی در سیستم بازیابی ما می‌باشد، توضیح کامل آن به بخش ۴-۸-۳ مکول می‌شود. این کار برای تمامی مدل‌ها و نیز برای هر مرحله تغییر تعداد دوربین‌های مجازی انجام می‌شود.

¹ Zernike Moment

۴-۵-۳ تعداد نهایی نماهای کاهش یافته و مقایسه‌ی آنها

بدیهی است در روش مقاوم به دوران، نیازی به اضافه کردن نماهای دوران یافته از روبه رو و دو پهلوی هواپیماهای جنگنده نمی‌باشد. در جدول ۴-۲ مقایسه تعداد کاهش نماهای مرجع برای دو روش بالا نشان داده شده است. در این جدول سطر اول تعداد نماهای اولیه، سطر دوم و سوم به ترتیب تعداد نماهای کاهش یافته‌ی مرجع را برای روش حساس به دوران و روش مقاوم به دوران نشان می‌دهد.

همان طور که انتظار می‌رود در روش مقاوم به دوران به علت عدم حساسیت به دوران تعداد بیشتری از نمای مرجع نسبت به روش حساس به دوران حذف می‌شود و همان‌گونه که اعداد جدول نشان می‌دهد این کاهش نما در حدود ۲ الی ۳ برابر می‌باشد.

جدول ۴-۲ تعداد نماهای نهایی در آرایش‌های مختلف دوربین مجازی

تعداد اولیه‌ی نماها	۵۰	۹۸	۲۰۰	۳۳۸
تعداد نهایی نماها در روش حساس به دوران	۳۰	۴۵	۱۱۷	۱۸۶
تعداد نهایی نماها در روش مقاوم به دوران	۱۲	۲۲	۳۹	۵۸

۴-۶ استخراج سایه‌نما از تصاویر پایگاه‌داده و تصویر پرس‌وجو

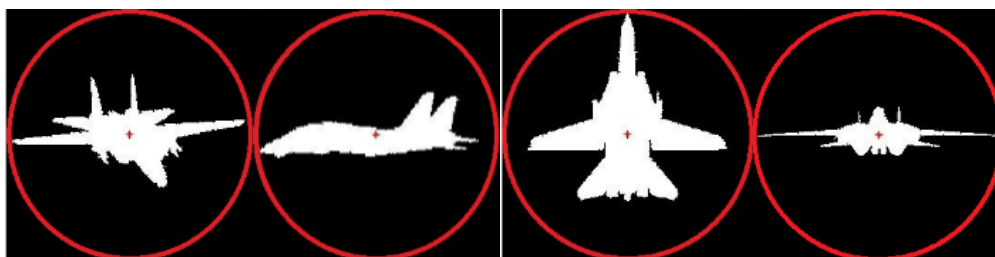
از تمام تصاویر پایگاه‌داده تصاویر سایه‌نما استخراج شده و ذخیره می‌شود. تصویر پرس و جو نیز با ورود به سیستم بازیابی تبدیل به تصویر سایه‌نما می‌شود.

۷-۴ همترازی تصاویر سایه نما

روش‌های استخراج ویژگی در این تحقیق نسبت به موقعیت قرار گرفتن هواپیمای جنگنده در تصویر و اندازه آن در تصویر حساس هستند. برای رفع این مشکل باید تمامی نماهای پایگاه داده و تصویر پرس‌وجو و مرجع از نظر موقعیت و مقیاس شکل هواپیمای جنگنده با یکدیگر همتراز گردند.

برای انجام این همترازی، ابتدا مرکز جرم شکل هواپیمای جنگنده در داخل هر نما بدست آمده و به مرکز تصویری به اندازه 256×256 انتقال داده می‌شود، با این کار هواپیماهای جنگنده از نظر موقعیت همتراز می‌شوند. برای همترازی نسبت به مقیاس، دورترین نقطه‌ی هواپیمای جنگنده از مرکز جرم بدست آمده و بر محیط دایره‌ای به قطر ۲۵۶ که مرکزش بر مرکز تصویر جدید منطبق می‌باشد، انتقال داده می‌شود و موقعیت بقیه نقاط هواپیمای جنگنده به همان نسبت تغییر کرده و به تصویر جدید منتقل می‌شود.

نماهای مرجع استخراج شده از مدل‌های سه‌بعدی و نماهای استخراج شده از پایگاه داده، پس از همترازی جایگزین نماهای ذخیره شده‌ی قبلی می‌شود. نمای تصویر پرس‌وجو نیز در داخل سیستم بازیابی به همین روش از نظر موقعیت و مقیاس، همتراز می‌گردد. شکل ۴-۵ چند نمونه از سایه‌نماهای استاندارد شده از نظر موقعیت و مقیاس را نشان می‌دهد. در این شکل‌ها مرکز جرم شکل و نیز دایره‌ی مماس بر بیشترین فاصله شکل تا مرکز جرم با رنگ قرمز نشان داده شده است.



شکل ۴-۵ چند نمونه از سایه‌نماهای همتراز شده از نظر موقعیت و مقیاس

۴-۸ استخراج ویژگی‌ها

روش‌های استخراج ویژگی استفاده شده در این تحقیق، سه روش می‌باشد که دو روش آن حساس به دوران و یک روش مقاوم به دوران می‌باشد. در این بخش به بیان این روش‌های استخراج ویژگی می‌پردازیم. استخراج ویژگی با روش مساحت ناحیه ناهمپوشان و نیز روش هیستوگرام زاویه گرادیان دو روش استخراج ویژگی حساس به دوران می‌باشند که در ابتدا توضیحات مربوط به این روش‌ها بیان می‌شود، سپس در ادامه، روش استخراج ویژگی با استفاده از گشتاورهای زرنیک که نسبت به دوران مقاوم می‌باشد شرح داده می‌شود.

۴-۸-۱ استخراج ویژگی با روش مساحت ناحیه ناهمپوشان

یکی از روش‌های استخراج ویژگی حساس به دوران، روش مساحت ناحیه ناهمپوشان می‌باشد. هر نمای همتراز شده از تصویر پایگاه داده، با تمامی نماهای همتراز شده مدل سه بعدی XOR می‌گردد. در هر بار، مقدار مساحت ناحیه ناهمپوشان بین دو نمای XOR شده که بیانگر میزان تفاوت مساحت دو نما است بدست می‌آید.

بدین ترتیب می‌توان برداری از اندازه مساحت‌های ناحیه ناهمپوشان به ابعاد تعداد نماهای نهایی مندرج در جدول ۴-۲ برای هر یک از آرایش‌های مورد بررسی به ازای هر تصویر موجود در پایگاه داده بدست آورد. برای تصویر پرس و جو نیز به همین ترتیب یک بردار ویژگی استخراج می‌گردد.

شکل ۴-۶ سه نمونه از XOR دو نمای مرجع و پایگاه داده با یکدیگر و نحوه استخراج مساحت ناحیه ناهمپوشان بین آن‌ها را نشان می‌دهد که یکی از موارد مشابه و دو مورد غیرمشابه شناخته شده‌اند. در این شکل سطر اول XOR دو نما از یک مدل هواپیمای جنگنده در زاویه دید مشابه، سطر دوم XOR یک مدل دیگر هواپیمای جنگنده در زاویه دید مشابه که مدل این هواپیمای جنگنده

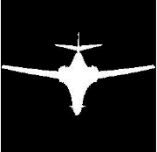
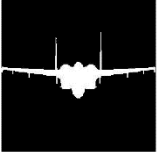
بسیار مشابه مدل مورد بررسی می‌باشد و سطر سوم XOR با همان مدل در زاویه‌ای دیگر می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود نمای اول از مدل سه‌بعدی که کمترین مساحت مشترک را با نمای پایگاه داده دارد به عنوان مشابه‌ترین نما انتخاب می‌شود.

نتیجه نهایی	نتیجه XOR	مدل سه‌بعدی	پایگاه داده
✓			
×			
×			

شکل ۴-۶ سه نمونه از استخراج ویژگی به روش مساحت ناهمپوشان

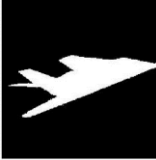
از معایب این روش می‌توان به این اشاره کرد که چون مدل‌های گوناگون امکان دارد کمترین مساحت ناحیه ناهمپوشان را داشته باشند، در حالی که نمای مشابه یافته شده برای نمای مورد بررسی توسط سیستم امکان دارد متعلق به آن مدل نباشد و نتایج بازیابی را تحت تاثیر قرار دهد.

شکل ۴-۷، ۶ نمونه از نماهای اشتباه تشخیص داده شده بین نماهای مرجع و نمای پایگاه داده را نشان می‌دهد. این نماها متعلق به یک مدل هواپیمای جنگنده نیستند اما به علت طرز قرارگیری زاویه آن‌ها و نبودن نمای متناظر آن‌ها از کلاس خود در نماهای مرجع، نسبت به بقیه نماهای مرجع دارای مساحت ناحیه ناهمپوشان کمینه شده و حاصل آن بدست آمدن نتیجه‌ای اشتباه در تشخیص کلاس تصویر پایگاه داده شده است.

نمای مدل سه بعدی	نمای تصویر پایگاه داده	نمای مدل سه بعدی	نمای تصویر پایگاه داده
			
			
			

شکل ۴-۷ چند نمونه از تشخیص اشتباه کلاس نماها در روش مساحت ناحیه ناهمپوشان

از آنجا که احتمال دارد تصور شود حتما باید نماها دقیقا هم زاویه باشند تا کلاس نمای مورد بررسی درست تشخیص داده شود، نمونه‌هایی از نماها که خلاف این مطلب را نشان می‌دهد در شکل ۴-۸ قرار داده شده است. در این شکل در سمت چپ نماهای تصویر پایگاه داده و در سمت راست مشابه‌ترین نمای مرجع تشخیص داده شده با این روش نشان داده شده است که با یکدیگر هم‌مدل می‌باشند. با وجود اندکی زاویه‌ی متفاوت تشخیص کلاس پایگاه داده درست انجام شده است.

نمای مدل سه بعدی - نمای تصویر پایگاه داده	نمای مدل سه بعدی - نمای تصویر پایگاه داده
	
	

شکل ۴-۸ نمونه ای از نماهای غیر هم زاویه با تشخیص درست در روش مساحت ناحیه ناهمپوشان

۴-۸-۲ استخراج ویژگی با روش هیستوگرام زاویه گرادیان^۱

از روش‌های دیگر استخراج ویژگی که حساس به دوران می‌باشد روش هیستوگرام زاویه گرادیان می‌باشد. در این روش شبکه‌هایی در تصویر به نام سلول ایجاد می‌شود که شامل مجموعه‌ای از پیکسل‌ها می‌باشد. تعدادی معین از این سلول‌ها یک بلوک ایجاد می‌کنند که این بلوک‌ها واحدهایی برای نرمالیزه کردن تصویر می‌باشند. با استفاده از این روش، ویژگی‌هایی محلی از تصویر استخراج می‌شود. برای استخراج این ویژگی‌ها، تصویر هر سایه‌نما در نظر گرفته شده، و گام‌های زیر بر روی آن اعمال می‌شود.

با استفاده از روابط زیر ابتدا اندازه و جهت گرادیان تصویر را محاسبه می‌کنیم:

$$m(x, y) = \sqrt{f_x(x, y)^2 + f_y(x, y)^2} \quad ۱-۴$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{f_y(x, y)}{f_x(x, y)} \quad ۲-۴$$

که در این روابط داریم:

$$\begin{cases} f_x(x, y) = L(x+1, y) - L(x-1, y) \\ f_y(x, y) = L(x, y+1) - L(x, y-1) \end{cases} \quad ۳-۴$$

و $L(x, y)$ مقدار تصویر در نقطه (x, y) است [۹]. سپس هیستوگرامی با توجه به زاویه گرادیان بدست می‌آید و در نهایت ویژگی‌های هر بلوک نرمالیزه می‌شوند.

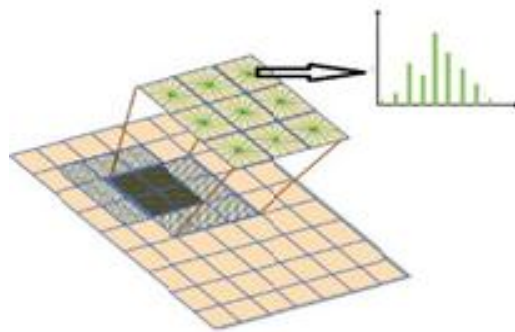
با سعی و خطا، برای هر سلول یک ناحیه مربعی شامل 8×8 پیکسل در نظر گرفتیم سپس برای هر سلول زاویه‌ی گرادیان را به ۹ قسمت از $0-180$ تقسیم‌بندی کرده‌ایم (با اختلاف ۲۰ درجه برای

¹ Histogram of Oriented Gradient

هر قسمت). در واقع، Π تعداد گروه‌های کوانتیزه کردن جهت‌های گرادیان یا همان تعداد دسته‌های هیستوگرام را نشان می‌دهد.

برای محاسبه هیستوگرام، هر پیکسل در داخل سلول بر مبنای زاویه گرادیانش به یکی از دسته‌های هیستوگرام رأی می‌دهد. این رأی‌ها بر اساس اندازه گرادیان در آن پیکسل وزن‌دار می‌شوند. پس از محاسبه هیستوگرام گرادیان در هر سلول، این هیستوگرام به پیکسل مرکزی سلول اختصاص داده می‌شود. بنابراین برای هر موقعیت پیکسل مرکزی در هر سلول، یک بردار Π بعدی که نشان‌دهنده هیستوگرام گرادیان همسایگی اطراف آن است، بدست می‌آوریم.

در قدم بعدی، ویژگی‌ها را بهنجار می‌کنیم. به جای هنجارسازی یک سلول، یک بلوک را بهنجار می‌کنیم که شامل $q \times q$ سلول می‌باشد. با سعی و خطا بهترین نتایج برای $q = 3$ بدست آمد. یعنی یک بلوک شامل 3×3 سلول می‌باشد. با همپوشانی بلوک‌ها عمل نرمالایز را بهبود می‌بخشیم. شکل ۹-۴ هیستوگرام برای هر سلول و ترکیب ۹ سلول و همپوشانی بلوک‌ها را نشان داده است.



شکل ۹-۴ نمایش سلول‌ها و همپوشانی بلوک‌ها در یک تصویر [۹]

چنانچه بردار بلوک هنجار نشده v و بردار بلوک هنجار شده w باشند، رابطه ۴-۴ بین آنها برقرار است:

$$w = \frac{v}{\sqrt{\sum_{k=1}^{q \times q \times n} v^2(k) + \epsilon^2}} \quad 4-4$$

که ϵ یک عدد ثابت کوچک برای جلوگیری از صفر شدن مخرج می‌باشد. ما جهت سرعت بخشیدن به محاسبات تصویر را به اندازه 64×64 تغییر دادیم.

با توجه به اینکه تعداد پیکسل‌های هر سلول 8×8 و در هر بلوک 3×3 سلول قرار دادیم، بدین ترتیب بردار ویژگی کل برای هر تصویر نما با استفاده از این روش استخراج ویژگی شامل ۲۹۱۶ ویژگی می‌باشد [۲۹].

۳-۸-۴ استخراج ویژگی با روش گشتاورهای زرنیک

با استفاده از گشتاورهای زرنیک هم می‌توان ویژگی‌های مستقل از چرخش و هم ویژگی‌های وابسته به چرخش استخراج کرد. در این تحقیق ما از اندازه‌ی گشتاورهای زرنیک که نسبت به دوران مقاوم می‌باشد استفاده کرده‌ایم.

در روش استخراج ویژگی با استفاده از گشتاورهای زرنیک از یک مجموعه چند جمله‌ای متعامد $V_{n,m}(x,y)$ استفاده شده است. این گشتاورها، نگاشتی از تصویر ورودی به فضایی هستند که توسط توابع متعامد V حاصل می‌شود.

$$V_{n,m}(x,y) = r_{n,m}(p)e^{jm\theta} \quad 5-4$$

که در $n - m$ زوج و $n \geq 0, n \geq |m|$ می‌باشد و:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right) \quad 6-4$$

$$p = \sqrt{x^2 + y^2} \quad 7-4$$

$$r_{n,m}(p) = \sum_{s=0}^{(n-|m|)/2} \frac{(-1)^s (n-s)! p^{n-2s}}{s! \left(\frac{(n+|m|)}{2}\right) - \left(\frac{(n-|m|)}{2} - s\right)!} \quad ۸-۴$$

برای یک تصویر دیجیتال، گشتاور زرنیک از مرتبه n و تکرار m به صورت زیر است:

$$A_{n,m} = \frac{n+1}{\pi} \sum_{(x,y) \in E} f(x,y) V_{n,m}^*(\rho, \theta) \quad ۹-۴$$

$$E = \{(x,y) | x^2 + y^2 \leq 1\} \quad ۱۰-۴$$

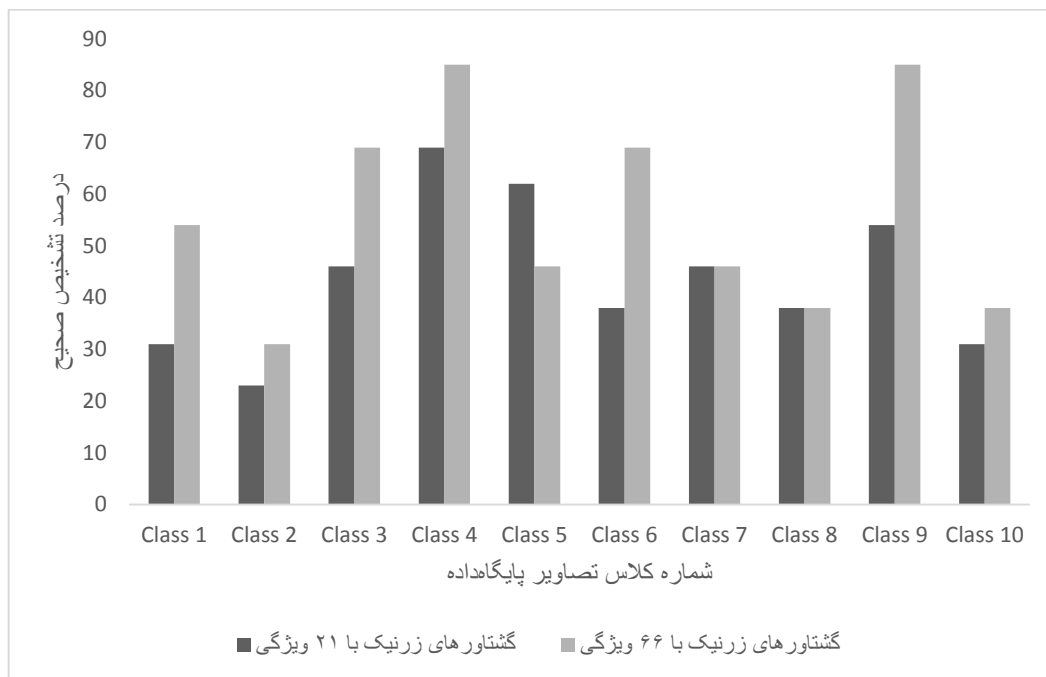
باید توجه داشت که مختصات تصویر باید به داخل دایره y واحد نگاشت شود. مقدار اندازه‌ی

$A_{n,m}$ مستقل از چرخش می‌باشد [۹] [۳۰] [۳۱] [۳۲].

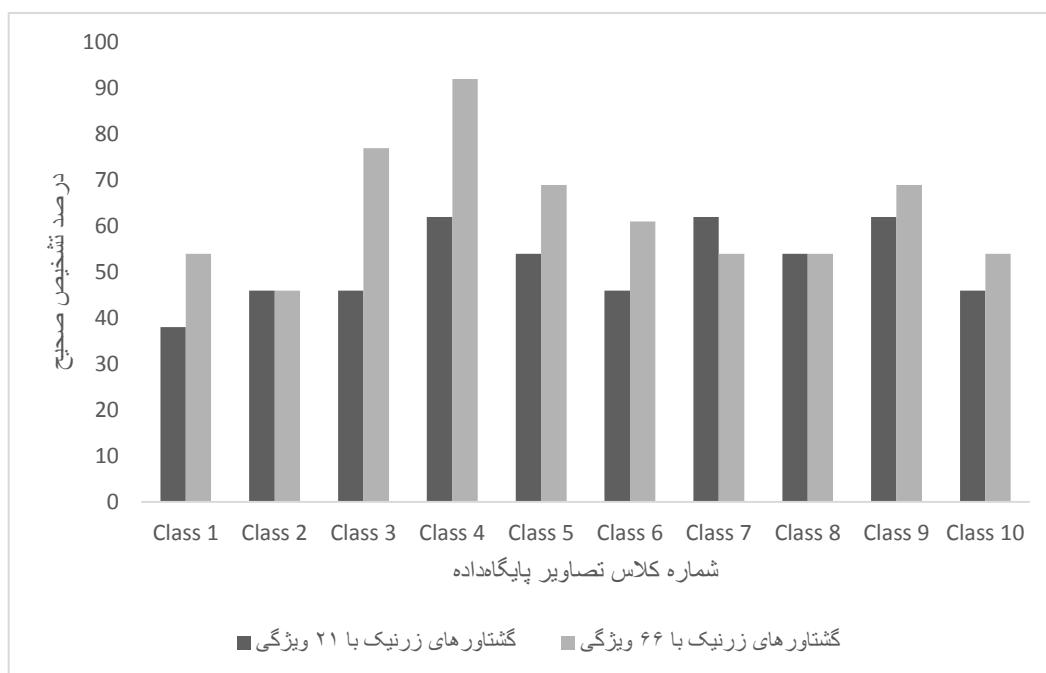
به ازای هر مرتبه n تعداد $n+1$ ویژگی حاصل می‌شود. بردار ویژگی یک بار شامل ۲۱ ویژگی می‌باشد که برای بدست آوردن این ویژگی‌ها، از گشتاورهای مرتبه ۰ تا ۵ استفاده شده است و یک بار هم شامل ۶۶ ویژگی می‌باشد که برای بدست آوردن آن‌ها از گشتاورهای مرتبه ۰ تا ۱۰ استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد افزایش تعداد بیشتر از ۶۶ ویژگی، تغییر چندانی در درصد بازیابی نهایی ایجاد نکرده و تقریباً این درصد ثابت می‌ماند.

شکل‌های ۴-۱۰ و ۴-۱۱ و ۴-۱۲ و ۴-۱۳ به ترتیب مقایسه‌ی تغییر تعداد ویژگی‌ها یک‌بار شامل ۲۱ ویژگی و بار دیگر ۶۶ ویژگی را به ترتیب برای تعداد ۵۰ و ۹۸ و ۲۰۰ و ۳۳۸ دوربین نشان می‌دهد. در همه این نمودارها محور افقی بیانگر کلاس پایگاه داده در حال بررسی و محور عمودی دقت این کلاس را در کلاسه‌بندی نشان می‌دهد.

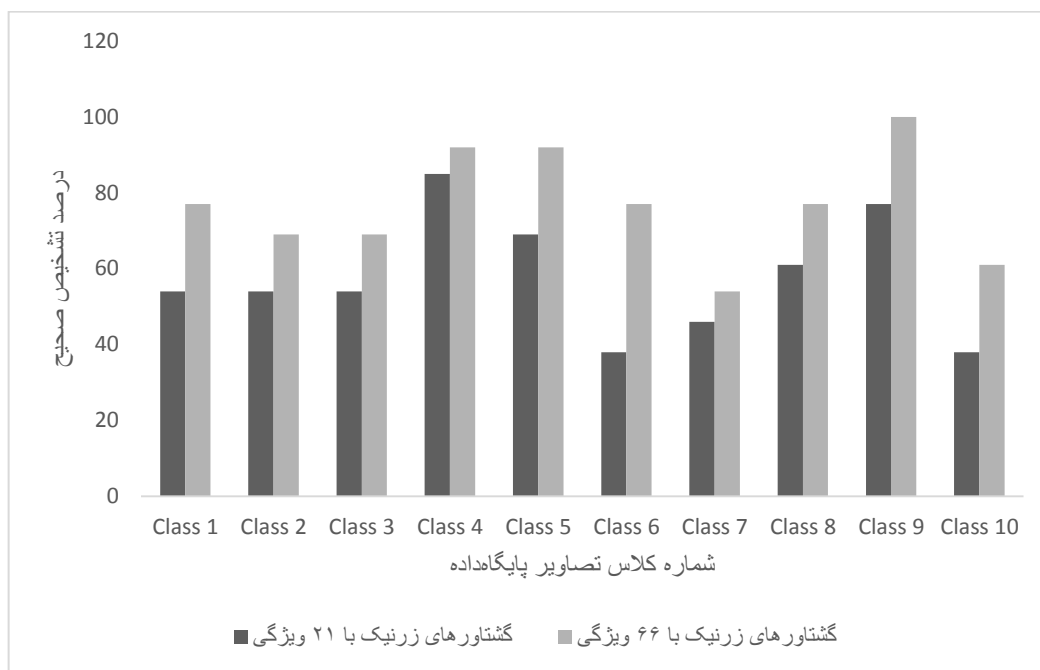
همان‌طور که در هر ۴ شکل ملاحظه می‌شود، با افزایش تعداد ویژگی‌ها دقت کلاسه‌بندی پایگاه داده افزایش پیدا کرده است، بنابراین ما بین تعداد ۲۱ و ۶۶ ویژگی، نتایج حاصل از تعداد ۶۶ ویژگی را در قسمت مقایسه‌ی نتایج از این روش در نظر گرفته و با روش‌های دیگر مقایسه می‌کنیم.



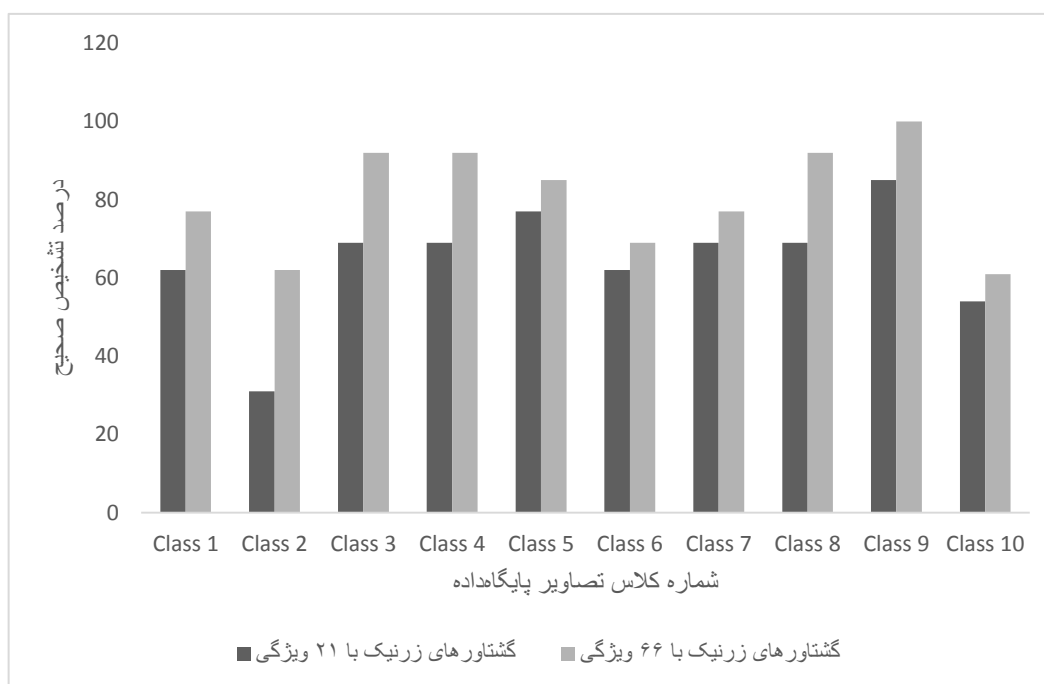
شکل ۴-۱۰ گشتاورهای زرنیک با تعداد ویژگی های متفاوت برای ۳۰ نمای استخراج شده از ۵۰ دوربین



شکل ۴-۱۱ گشتاورهای زرنیک با تعداد ویژگی های متفاوت برای ۲۳ نمای استخراج شده از ۹۸ دوربین



شکل ۴-۱۲ گشتاورهای زرنیک با تعداد ویژگی های متفاوت برای ۳۹ نمای استخراج شده از ۲۰۰ دوربین



شکل ۴-۱۳ گشتاورهای زرنیک با تعداد ویژگی های متفاوت برای ۵۸ نمای استخراج شده از ۳۳۸ دوربین

۴-۹ اندازه گیری شباهت بر اساس فاصله اقلیدسی

جهت ارزیابی شباهت بین نماها، فاصله بین بردارهای ویژگی نماها را محاسبه می‌کنیم. برای این کار پس از استخراج بردار ویژگی در هر سه روش بیان شده در قسمت قبل، فاصله‌ی بین بردار ویژگی نماهای هر تصویر پایگاه داده با بردار ویژگی نماهای مدل سه بعدی یک به یک با استفاده از معیار فاصله اقلیدسی - اندازه بردار تفاضلی - محاسبه می‌شود.

اگر p و q دو بردار ویژگی به طول n باشند، فاصله ی اقلیدسی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$d(p, q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad ۴-۱۱$$

که در آن $p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ و $q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ می‌باشد.

شباهت بین نمای پایگاه داده q و نمای مدل سه بعدی p به صورت رابطه ۴-۱۲ تعریف می‌شود.

$$Similarity_{p,q} = \frac{1}{d(p, q)} \quad ۴-۱۲$$

هر چه فاصله اقلیدسی بین دو نمای مورد مقایسه، کمتر باشد دو نما شباهت بیشتری خواهند داشت. برای پیدا کردن مشابه ترین نمای مدل های سه بعدی به نمای تصویر پرس وجو نیز به همین ترتیب عمل می‌شود.

۴-۱۰ بازیابی تصاویر بر اساس میزان شباهت

پس از اندازه گیری شباهت نماها با استفاده از فاصله ی اقلیدسی، نمایی از نماهای مرجع حاصل از نگاشت های هندسی بدست آمده از دوربین های مجازی که بیشترین شباهت (کمترین فاصله) با تصویر

مورد مقایسه دارد یافته و کلاس تصویر مرجع به عنوان کلاس تصویر مورد مقایسه انتخاب می‌شود. پس از اتمام مرحله کلاسه‌بندی همه‌ی تصاویر پایگاه‌داده، کلاس تصویر پرس‌وجو نیز به همین شیوه تشخیص داده می‌شود، و در نهایت تمامی تصاویر مربوط به کلاسی که تصویر پرس‌وجو متعلق به آن است از میان تصاویر کلاس‌های مرتب شده پایگاه داده بازیابی و به کاربر ارائه می‌شود.

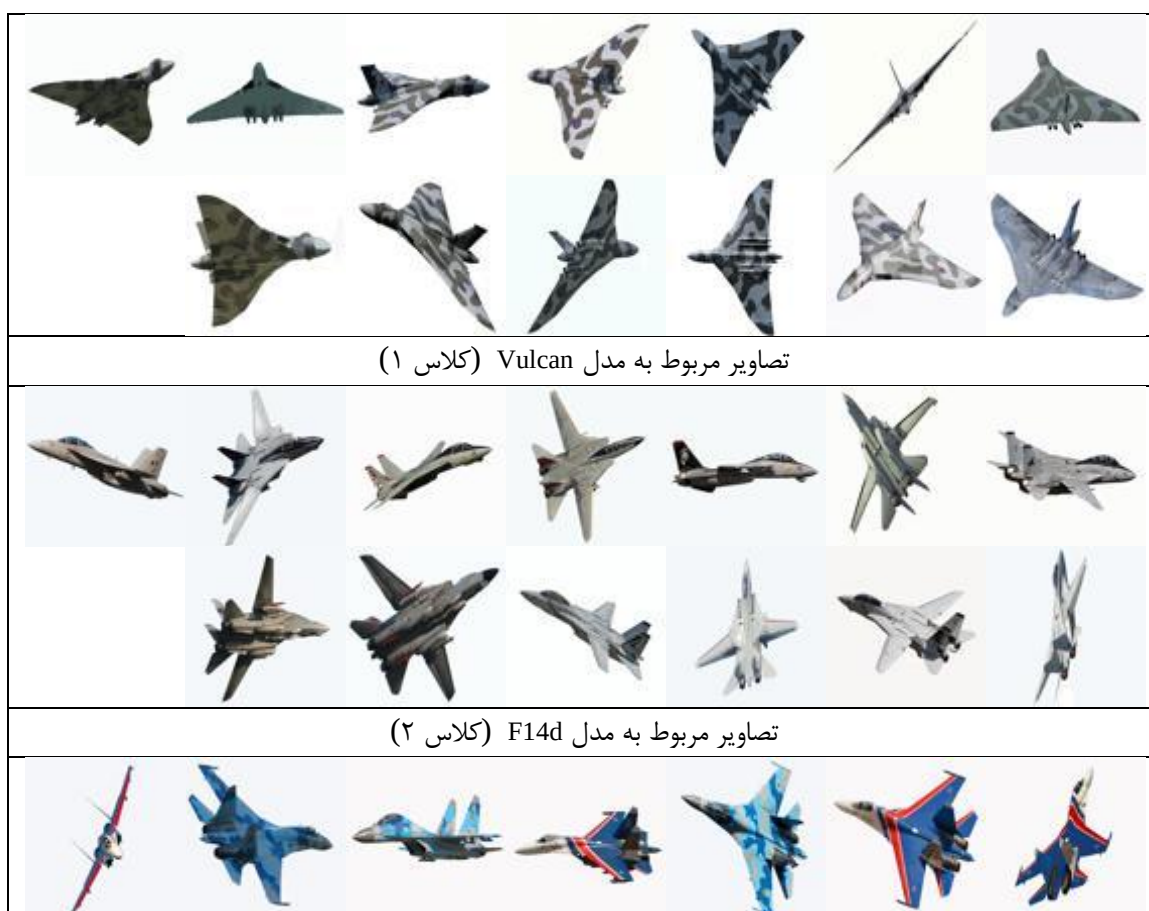
فصل پنجم

نتایج شبیه سازی

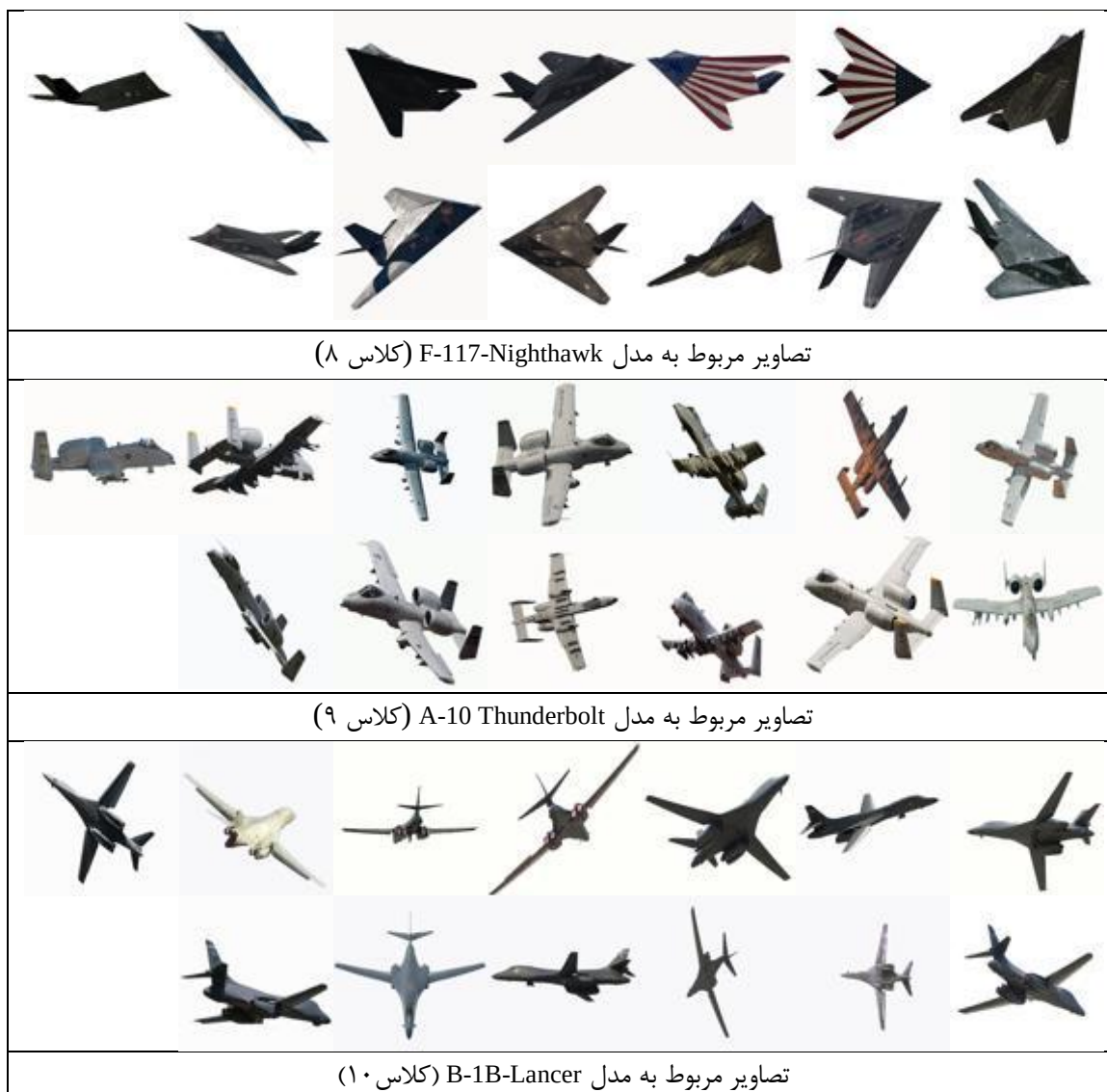
۵-۱ پایگاه داده

نتایج تحقیقات ما برای دستیابی به پایگاه داده حاکی از آن بود که تاکنون پایگاه داده‌ای شامل انواع تصاویر هواپیماهای جنگنده ارائه نشده است، بنابراین برای ارزیابی روش پیشنهادی خود، با استفاده از دو سایت Airliners.net و Airfighters.com که از بزرگترین سایت‌های مربوط به انواع تصاویر هواپیماهای جنگنده ی دنیا می‌باشند به جمع آوری و تهیه تصاویر پایگاه داده پرداختیم.

پایگاه داده ایجاد شده شامل ۱۰ کلاس داده با تعداد ۱۳ نمونه برای هر کلاس می‌باشد. شکل ۵-۱ نام مدل هواپیمای جنگنده و تمام تصاویر مربوط به هر مدل را نشان می‌دهد. در این شکل نام مدل و شماره کلاس آن در زیر تصاویر مربوط به آن کلاس نوشته شده است.



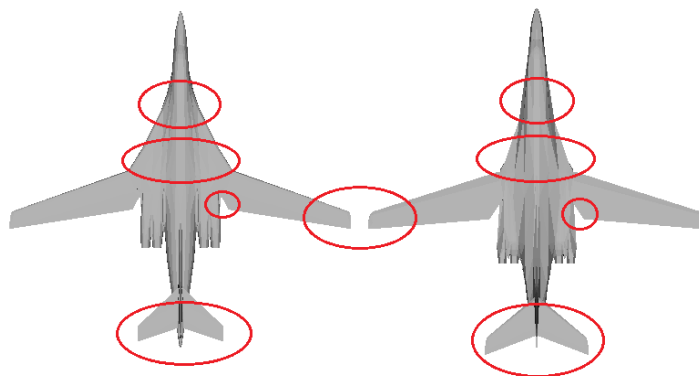
	
تصاویر مربوط به مدل Su-27-Flanker (کلاس ۳)	
	
تصاویر مربوط به مدل F16c (کلاس ۴)	
	
تصاویر مربوط به مدل Sukhoi T50 (کلاس ۵)	
	
تصاویر مربوط به مدل Tu-160-Blackjack (کلاس ۶)	
	
تصاویر مربوط به مدل C-17-Globemaster (کلاس ۷)	



شکل ۵-۱ تصاویر کلاس‌های پایگاه داده

برای ارزیابی بهتر دقت روش بازیابی، انتخاب مدل هواپیماهای جنگنده در پایگاه داده عمداً بصورتی بوده که مدلهایی با شباهت ظاهری زیاد نیز در بین انواع تصاویر موجود در پایگاه داده لحاظ شده باشند. همانطور که در شکل ۵-۱ می‌بینیم، کلاس‌های شماره ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و نیز کلاس‌های ۶ و ۱۰ شباهت زیادی با هم دارند. دو کلاس ۶ و ۱۰ مشابه‌ترین کلاس ما هستند و این شباهت به حدی زیاد است که با چشم تشخیص تصاویر آن‌ها مشکل می‌باشد.

در شکل ۲-۵ دو مدل هم‌جهت از دو کلاس ۶ و ۱۰ برای مقایسه‌ی شباهت زیاد و سخت بودن تشخیص آن‌ها از یکدیگر نشان داده شده است. در این شکل، هواپیمای سمت راست نمونه‌ای از کلاس ۱۰ و هواپیمای جنگنده سمت چپ نمونه‌ای از کلاس ۶ می‌باشد. برای توجه بیشتر به تفاوت‌ها، برخی از قسمت‌هایی که با یکدیگر در دو تصویر متفاوت هستند در شکل با رنگ قرمز مشخص شده است.



شکل ۲-۵ مقایسه شباهت بین تصویر کلاس ۶ و کلاس ۱۰

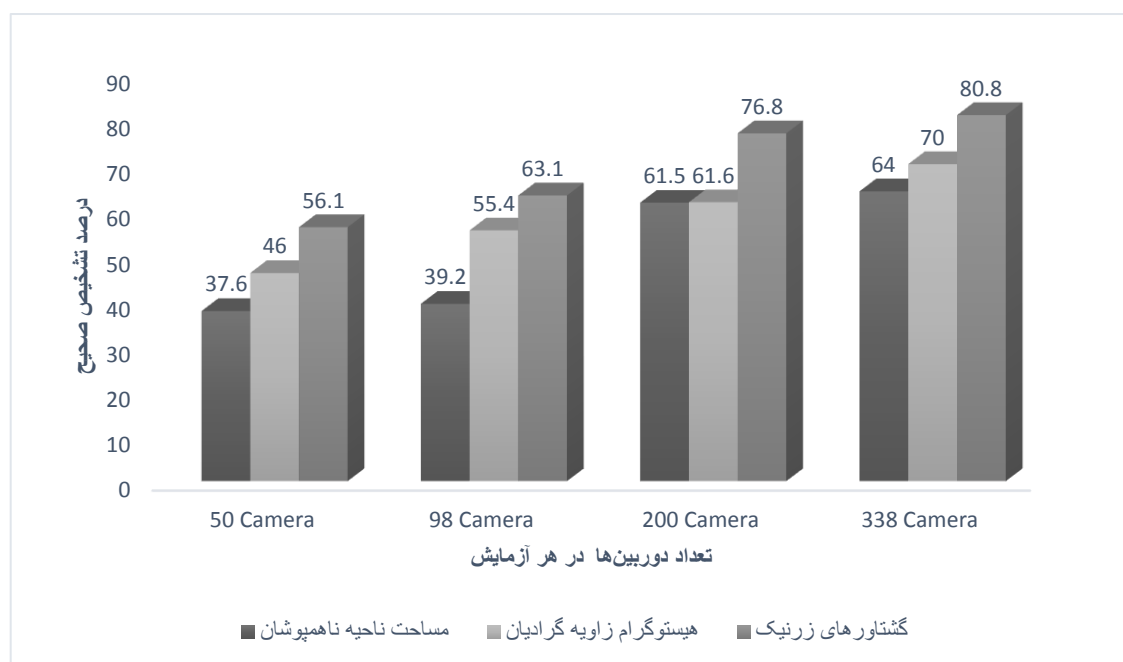
۲-۵ نتایج شبیه سازی

شبیه‌سازی روش پیشنهادی در این پایان نامه، با استفاده از نرم افزار matlab 2012 انجام و تمامی نتایج با استفاده از یک رایانه مجهز به پردازشگر مرکزی (intel (celeron ، corei5 با سرعت ۱/۷ گیگا هرتز و سیستم عامل ۶۴ بیتی و میزان حافظه داخلی برابر ۳ مگا بایت حاصل شده است.

۳-۵ نتایج آزمایش

(۱) نمودارهای شکل ۳-۵ نتایج حاصل از افزایش تعداد دوربین‌های مجازی در هر بار آزمایش را نشان می‌دهد. در این شکل محور افقی تغییر تعداد دوربین‌ها و محور عمودی دقت متوسط

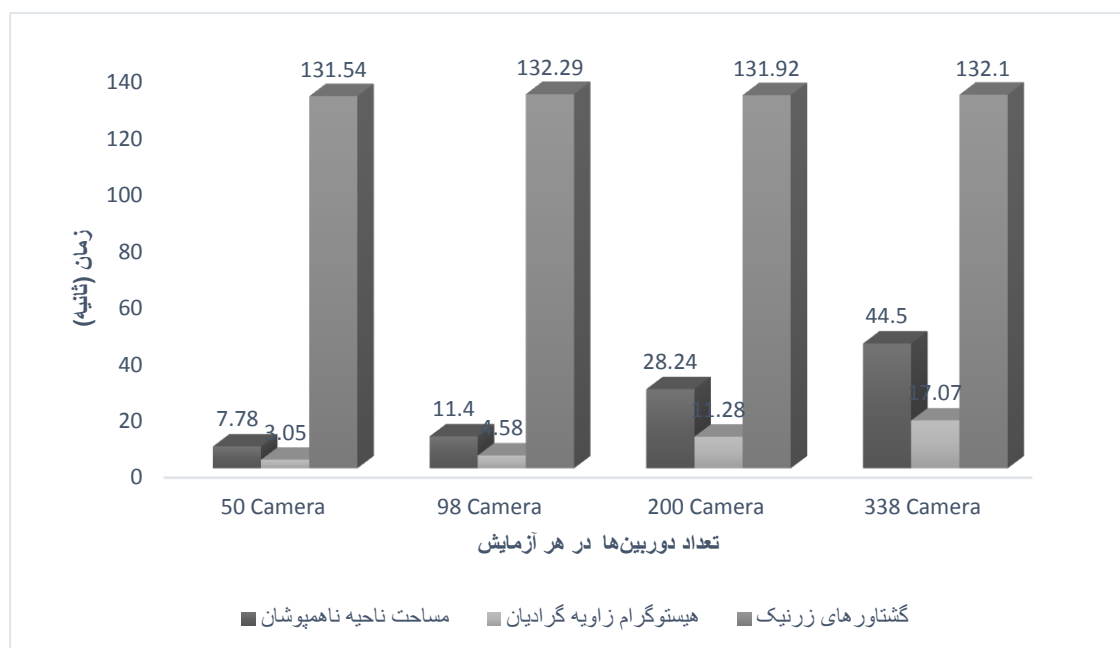
در هر بار آزمایش را نشان می‌دهد. همان گونه که از این جدول استنباط می‌شود با افزایش تعداد دوربین‌های مجازی، دقت متوسط برای هر سه روش استخراج ویژگی افزایش پیدا می‌کند. بالاترین دقت متوسط بین دو روش حساس به دوران مربوط به روش هیستوگرام زاویه گرادیان با دقت ۷۰٪ و بین کل روش‌های حساس به دوران و مقاوم به دوران، مربوط به روش گشتاورهای زرنیک با دقت ۸۰/۸٪ که روشی مقاوم به دوران است می‌باشد.



شکل ۳-۵ مقایسه میانگین دقت سه روش استخراج ویژگی در هر بار تغییر تعداد دوربین‌ها

۲) نمودار شکل ۴-۵ زمان کلاسه‌بندی تصاویر پایگاه داده را در هر بار تغییر تعداد دوربین‌ها نشان می‌دهد. در این شکل محور افقی تغییر تعداد دوربین‌ها در هر بار آزمایش و محور عمودی زمان مربوط به کلاسه‌بندی تصاویر پایگاه داده را (بر حسب ثانیه) نشان می‌دهد. زمان‌ها از ۵ بار متوسط‌گیری بدست آمده‌اند. ملاحظه می‌شود که روش هیستوگرام زاویه گرادیان کمترین

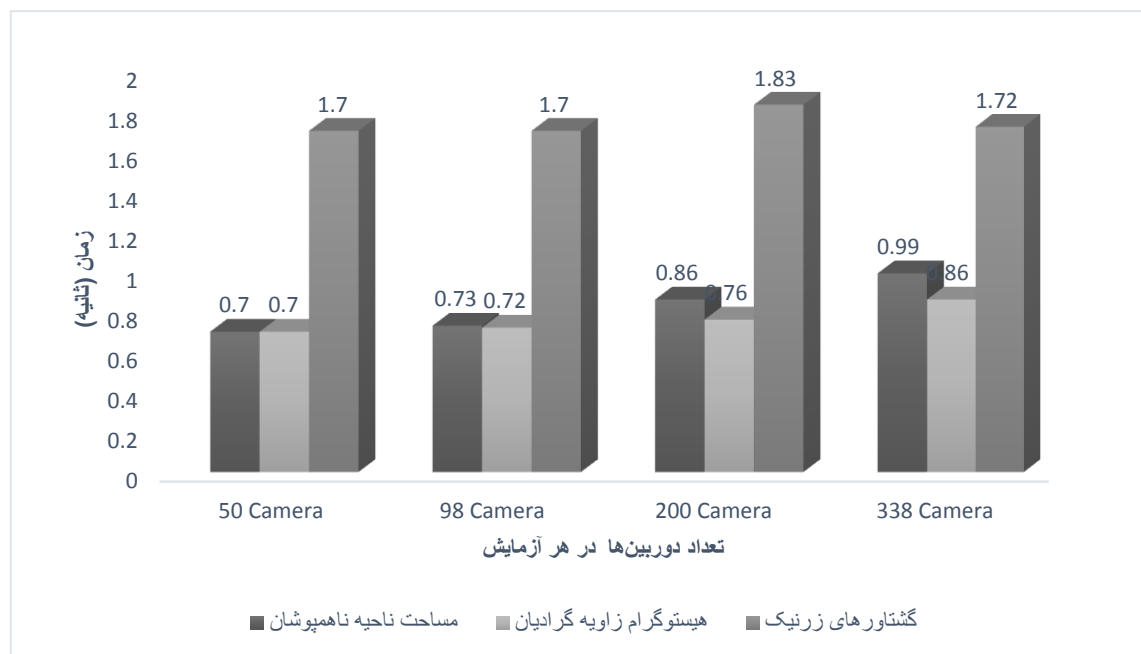
زمان را به خود اختصاص داده است که یکی از دلایل آن کوچک شدن اندازه نماها نسبت به دو روش دیگر می‌باشد. سپس روش مساحت ناحیه ناهمپوشان کمترین زمان را به خود اختصاص داده است. بیشترین زمان کلاسه‌بندی مربوط به روش گشتاورهای زرنیک می‌باشد که به علت پیچیدگی محاسباتی و حجم محاسبات بالاتر این روش نسبت به دو روش دیگر می‌باشد.



شکل ۴-۵ زمان کلاسه‌بندی تصاویر پایگاه داده برای هر سه روش در هر بار تغییر تعداد دوربین‌ها

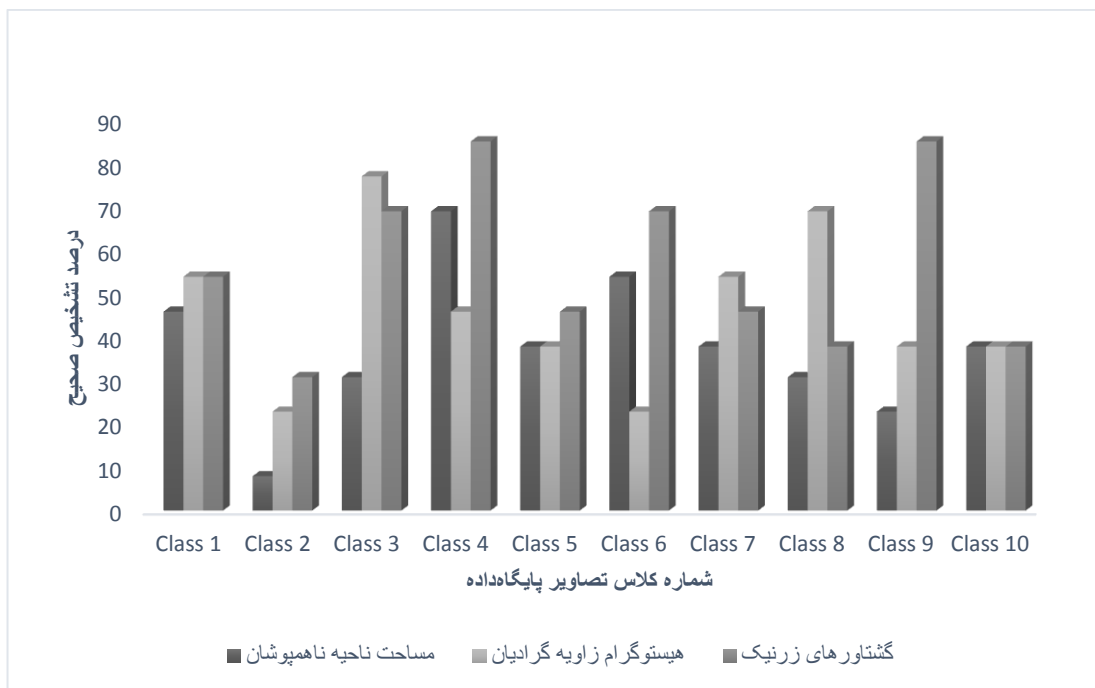
۳) نمودارهای شکل ۵-۵ زمان بازیابی تصویر پرس‌وجو را (بر حسب ثانیه) در هر بار تغییر تعداد دوربین‌ها نشان می‌دهد. در این شکل محور افقی تعداد دوربین‌ها در هر بار آزمایش و محور عمودی، زمان بازیابی را بر حسب ثانیه نشان می‌دهد. زمان‌ها از ۵ بار متوسط‌گیری هر آزمایش بدست آمده‌اند. همان‌طور که از نمودارهای شکل ملاحظه می‌شود هر بار آزمایش

زمان بازیابی روش هیستوگرام زاویه گرادیان از بقیه روش‌ها کمتر می‌باشد که این زمان بازیابی نزدیک به زمان بازیابی مساحت ناحیه ناهمپوشان می‌باشد. روش گشتاورهای زرنیک که بیشترین دقت متوسط بازیابی را به خود اختصاص داده است، تقریباً دو برابر زمان دو روش دیگر می‌باشد.

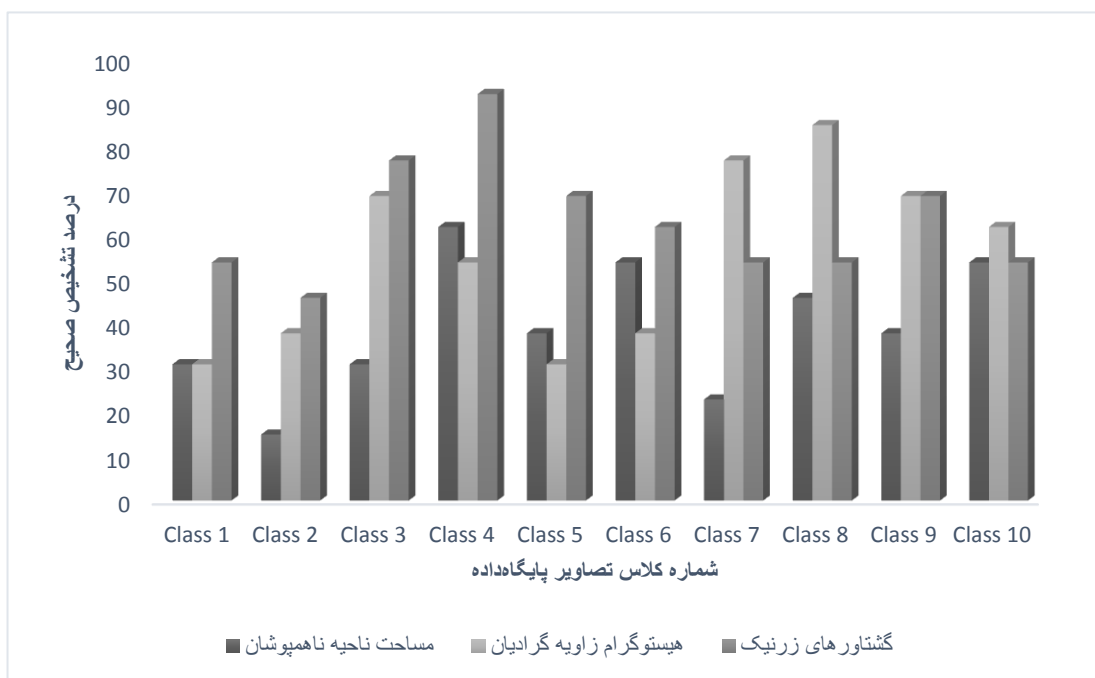


شکل ۵-۵ زمان بازیابی تصویر پرس و جو در هر بار تغییر تعداد دوربین‌ها

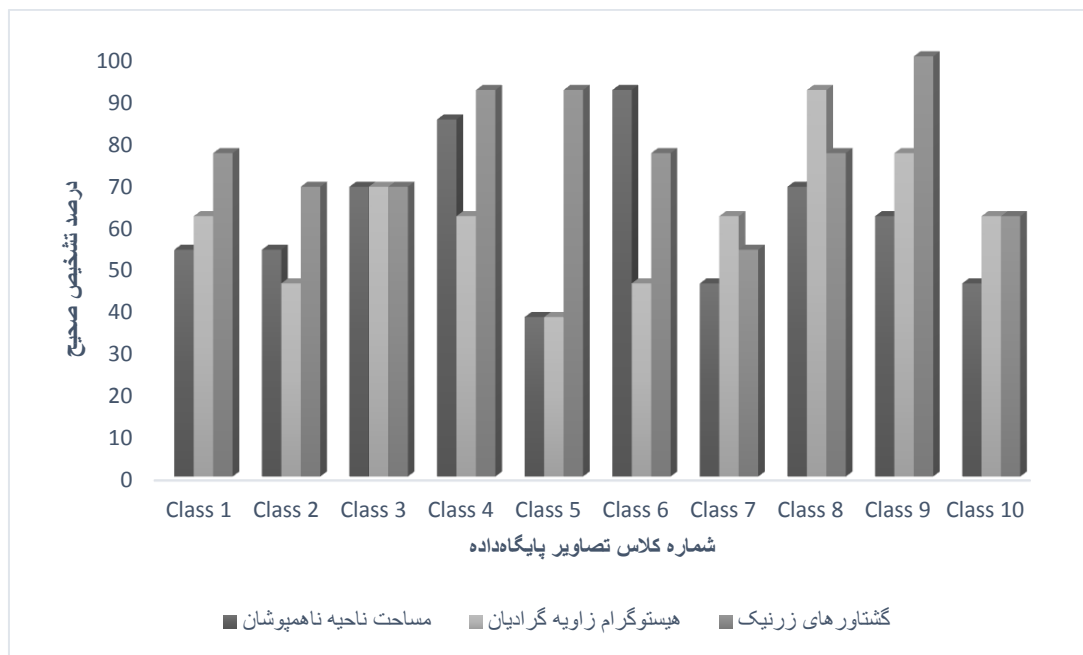
۴) نمودارهای شکل‌های ۵-۶ و ۵-۷ و ۵-۸ و ۵-۹ به ترتیب مقایسه دقت متوسط کلاسه‌بندی تصاویر پایگاه داده را با سه روش استخراج ویژگی، با تغییر تعداد دوربین‌ها در هر بار آزمایش نشان می‌دهد. در این نمودارها محور افقی بیانگر کلاس تصاویر پایگاه داده و محور عمودی بیانگر دقت متوسط هر کلاس می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی این شکل‌ها در جدول ۵-۱ بررسی شده است.



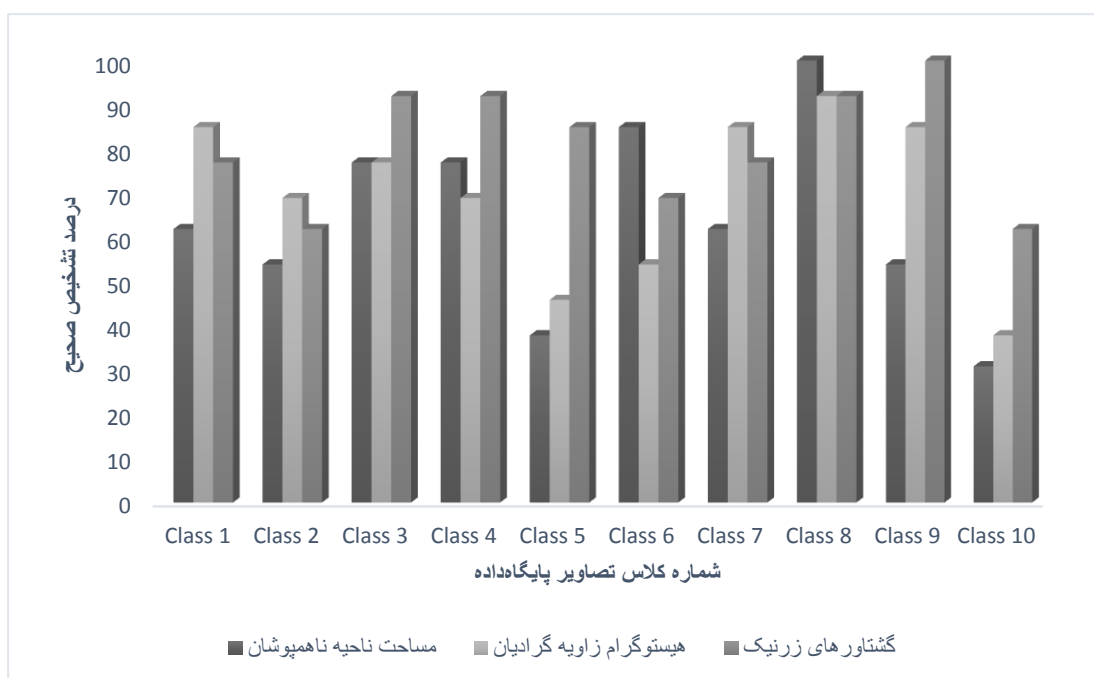
شکل ۵-۶ دقت متوسط کلاسه‌بندی تصاویر پایگاه داده در هر سه روش برای تعداد ۵۰ دوربین



شکل ۵-۷ دقت متوسط کلاسه‌بندی تصاویر پایگاه داده در هر سه روش برای تعداد ۹۸ دوربین



شکل ۵-۸ دقت متوسط کلاسه‌بندی تصاویر پایگاه داده برای تعداد ۲۰۰ دوربین



شکل ۵-۹ دقت متوسط کلاسه‌بندی تصاویر پایگاه داده برای تعداد ۳۳۸ دوربین

جدول ۵-۱ نتیجه‌ی بررسی شکل های ۵-۶ و ۵-۷ و ۵-۸ و ۵-۹ می باشد که در هر آزمایش با تعداد دوربین‌های متفاوت کمترین و بیشترین دقت تشخیص صحیح را نمایش می‌دهد. در این جدول همه‌ی آزمایش‌ها و نتایج با یکدیگر قابل مقایسه با هم می‌باشد.

همان طور که در این جدول مشخص است برای روش مساحت ناحیه ناهمپوشان، کمترین دقت مربوط به کلاس ۲ برای ۵۰ دوربین با دقت ۸٪ و بیشترین دقت مربوط به کلاس ۸ برای ۳۳۸ دوربین با دقت ۱۰۰٪ می‌باشد.

برای روش هیستوگرام زاویه گرادیان، کمترین دقت مربوط به کلاس ۲ برای ۵۰ دوربین با دقت ۲۳٪ و بیشترین دقت مربوط به کلاس ۸ برای ۲۰۰ و ۳۳۸ دوربین با دقت ۹۲٪ می‌باشد. برای روش گشتاورهای زرنیک، کمترین دقت مربوط به کلاس ۲ برای ۵۰ دوربین با دقت ۳۱٪ و بیشترین دقت مربوط به کلاس ۹ برای ۲۰۰ و ۳۳۸ دوربین با دقت ۱۰۰٪ می‌باشد.

ملاحظه می‌شود که کلاس ۱۰ برای تعداد ۳۳۸ دوربین در هر سه روش کمترین دقت را به خود اختصاص داده است. و برای تعداد کمتر از ۳۳۸ دوربین کلاس ۲ و ۵ کمترین دقت را دارند.

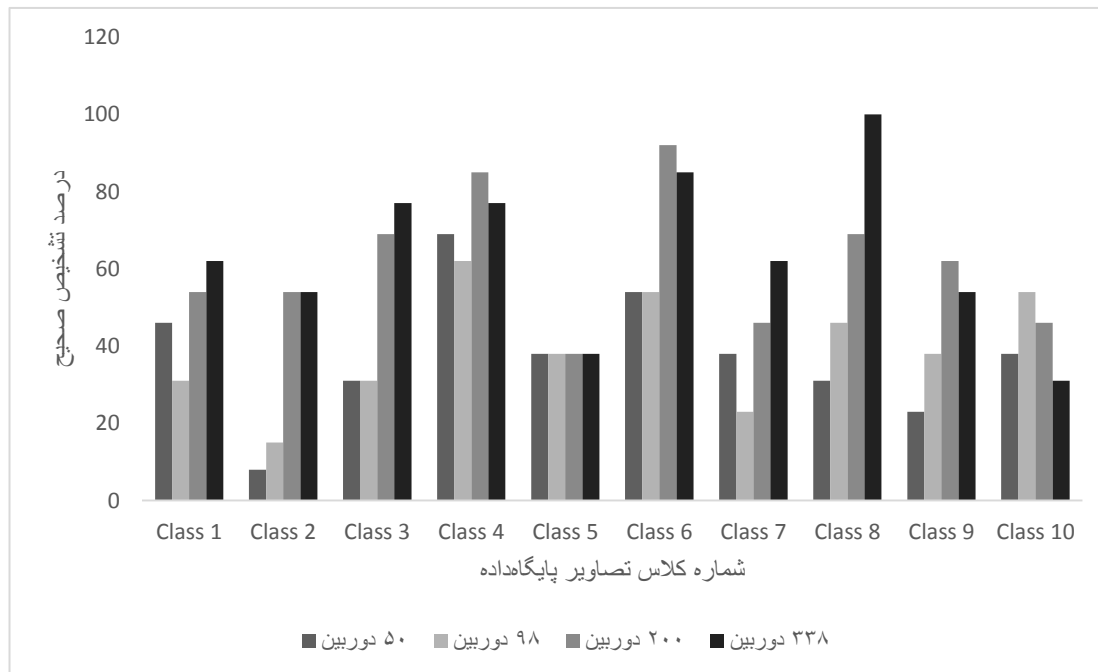
در روش مساحت ناحیه ناهمپوشان در نهایت کلاس ۸ بیشترین و در روش هیستوگرام زاویه گرادیان در اکثر تغییر تعداد دوربین‌ها کلاس ۸ و در روش گشتاورهای زرنیک در اکثر تغییر تعداد دوربین‌ها کلاس ۹ بیشترین دقت را دارا می‌باشند. و این نشان می‌دهد که کلاس ۱۰ بیشتر به علت مشابهت با کلاس ۶ دقت را کاهش می‌دهد و کلاس‌های ۸ و ۹ که متفاوت‌ترین کلاس‌ها با بقیه‌ی کلاس‌ها می‌باشند بیشترین دقت را دارا هستند.

جدول ۵-۱ نتایج حاصل از مقایسه‌ی شکل‌های ۵-۶ تا ۵-۹ برای کمترین و بیشترین دقت همه‌ی آزمایش‌ها

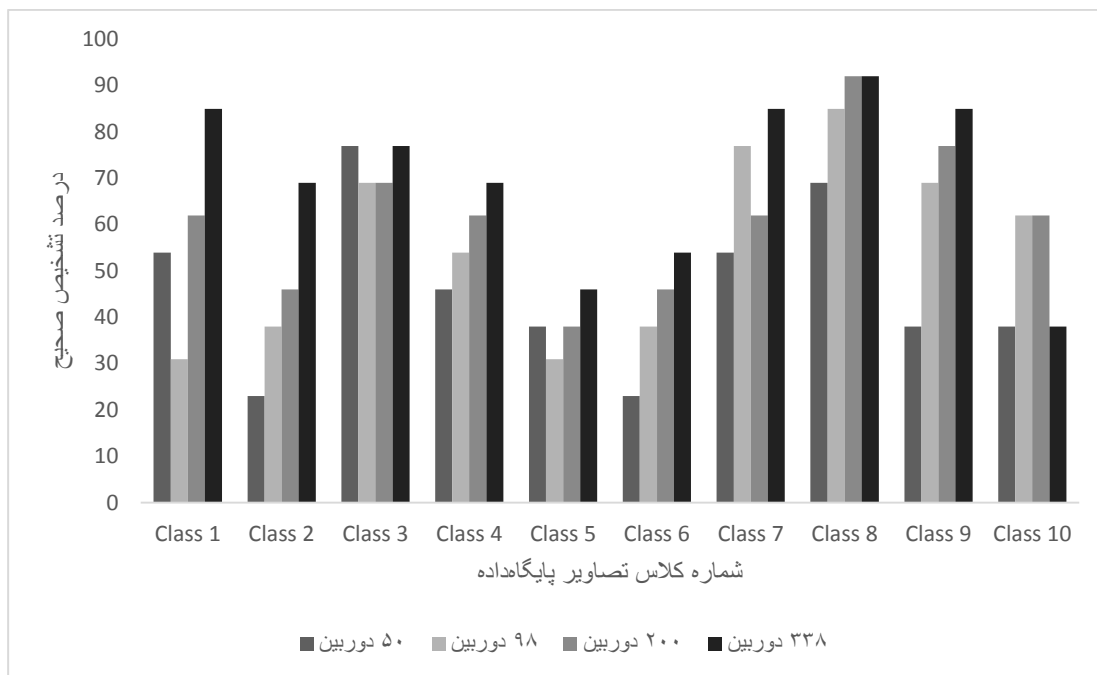
تعداد دوربین‌ها	مساحت ناحیه ناهمپوشان		هیستوگرام زاویه گرادیان		گشتاورهای زرنیک	
	کمترین دقت	بیشترین دقت	کمترین دقت	بیشترین دقت	کمترین دقت	بیشترین دقت
۵۰ دوربین	کلاس ۲ با دقت ۸٪	کلاس ۴ با دقت ۶۹٪	کلاس ۲ و ۶ با دقت ۲۳٪	کلاس ۳ با دقت ۷۷٪	کلاس ۴ با دقت ۳۱٪	کلاس ۹ با دقت ۸۵٪
۹۸ دوربین	کلاس ۲ با دقت ۱۵٪	کلاس ۴ با دقت ۶۱٪	کلاس ۵ با دقت ۳۱٪	کلاس ۸ با دقت ۸۵٪	کلاس ۲ با دقت ۴۶٪	کلاس ۴ با دقت ۸۵٪
۲۰۰ دوربین	کلاس ۵ با دقت ۳۸٪	کلاس ۶ با دقت ۹۲٪	کلاس ۵ با دقت ۳۸٪	کلاس ۸ با دقت ۹۲٪	کلاس ۷ با دقت ۶۴٪	کلاس ۹ با دقت ۱۰۰٪
۳۳۸ دوربین	کلاس ۱۰ با دقت ۳۱٪	کلاس ۸ با دقت ۱۰۰٪	کلاس ۱۰ با دقت ۳۸٪	کلاس ۸ با دقت ۹۲٪	کلاس ۲ و ۱۰ با دقت ۶۲٪	کلاس ۹ با دقت ۱۰۰٪

(۱) شکل‌های ۵-۱۰ و ۵-۱۱ و ۵-۱۲ به ترتیب دقت متوسط روش‌های مساحت ناحیه ناهمپوشان و هیستوگرام زاویه گرادیان و گشتاورهای زرنیک را برای تعداد دوربین‌های مختلف در هر بار آزمایش نشان می‌دهد. در این شکل‌ها محور افقی بیانگر کلاس‌های هواپیماهای جنگنده و محور عمودی شامل دقت هر کلاس می‌باشد.

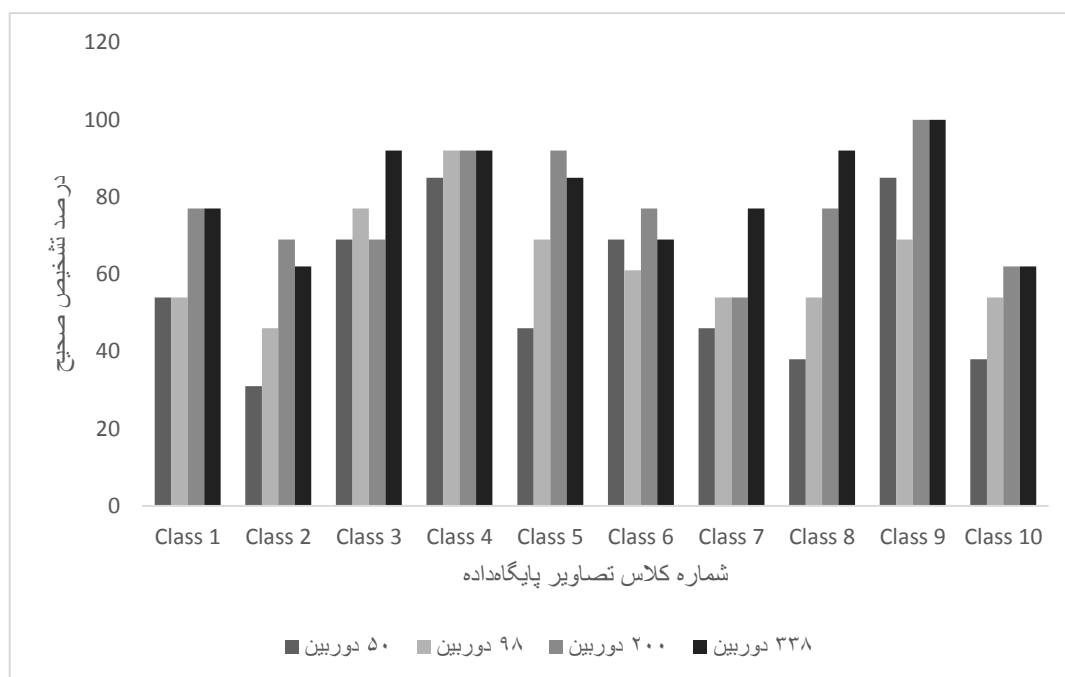
همان‌طور که انتظار می‌رود با توجه به شکل‌ها، با افزایش تعداد دوربین‌های مجازی، دقت کلاسه‌بندی به طور متوسط بیشتر می‌شود.



شکل ۵-۱۰ دقت روش مساحت ناحیه ناهمپوشان با تعداد دوربین های مختلف

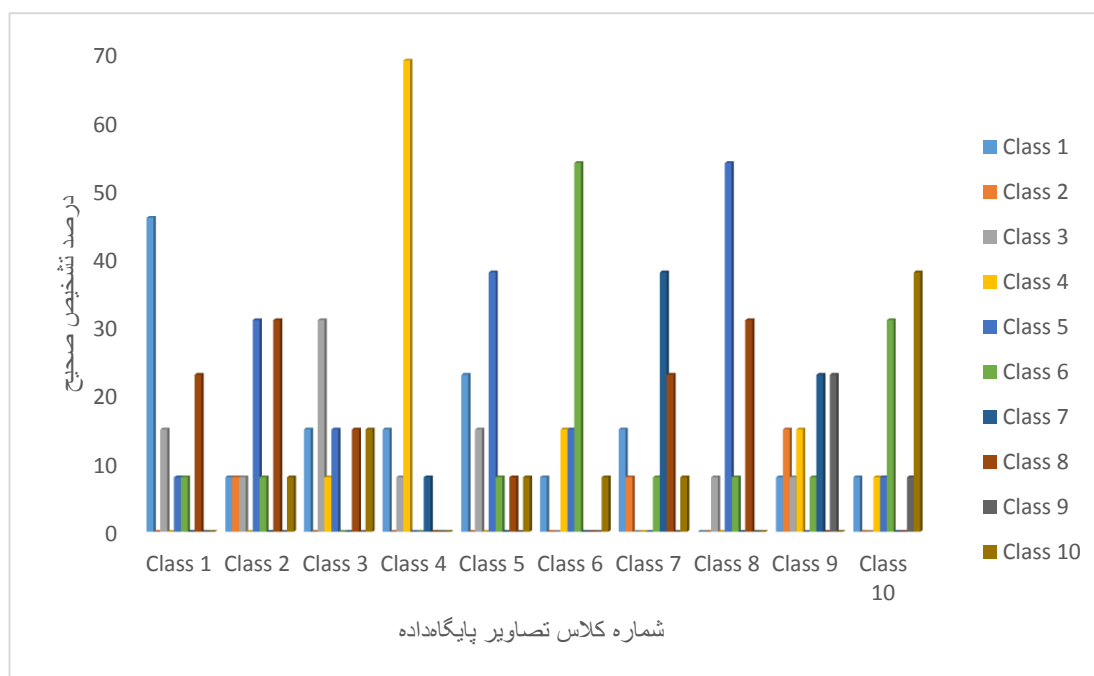


شکل ۵-۱۱ دقت روش هیستوگرام زاویه گرادیان با تعداد دوربین های مختلف

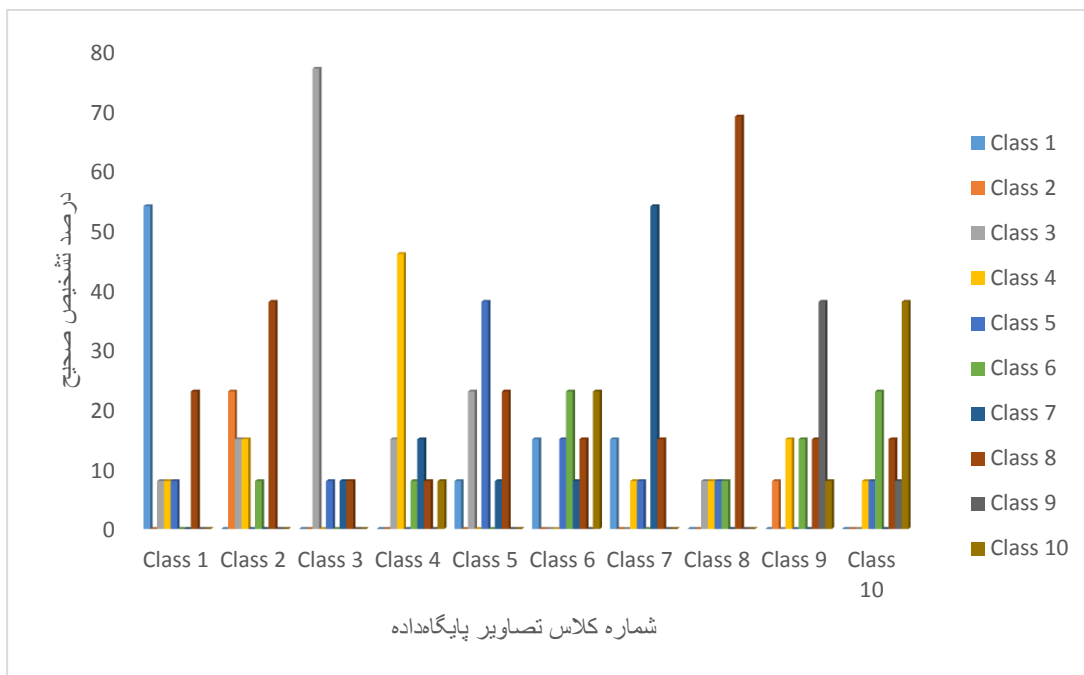


شکل ۵-۱۲ دقت روش گشتاورهای زرنیک با تعداد دوربین های مختلف

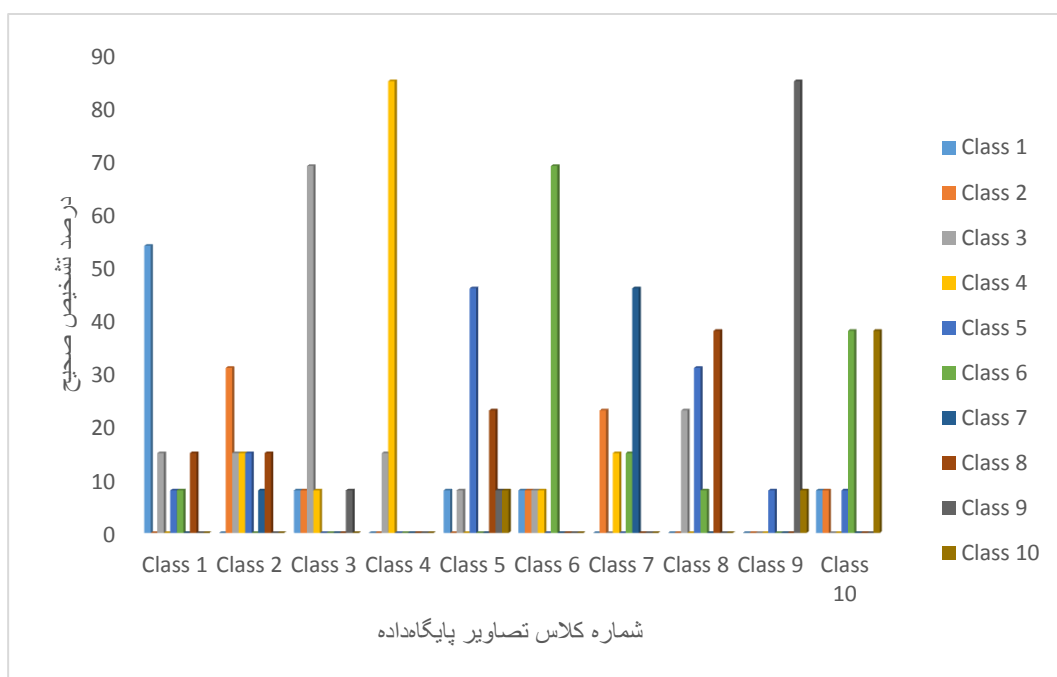
۲) شکل‌های ۵-۱۳ الی ۵-۲۴ نمودار ماتریس کارایی برای هر بار آزمایش با تعداد دوربین‌های مختلف در هر روش را نشان می‌دهد. در این نمودارها محور افقی بیانگر کلاس هواپیماهای جنگنده می‌باشد که با رنگ‌های مختلف نشان داده شده است و محور عمودی بیانگر دقت هر کلاس می‌باشد. با استفاده از این نمودارها علاوه بر تشخیص در صد کلاس درست تشخیص داده شده، می‌توان پی برد این کلاس با کدام کلاس‌های دیگر و با چه درصدی بیشتر اشتباه تشخیص داده می‌شوند.



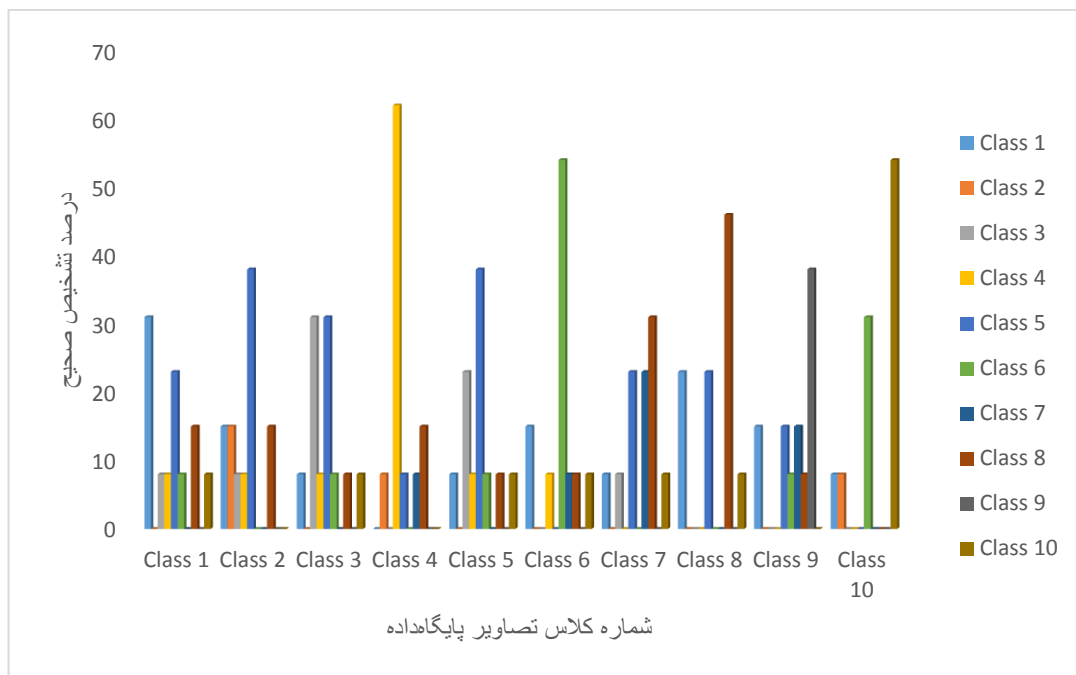
شکل ۵-۱۳ نمودار ماتریس کارایی روش مساحت ناحیه ناهمپوشان با تعداد ۵۰ دوربین



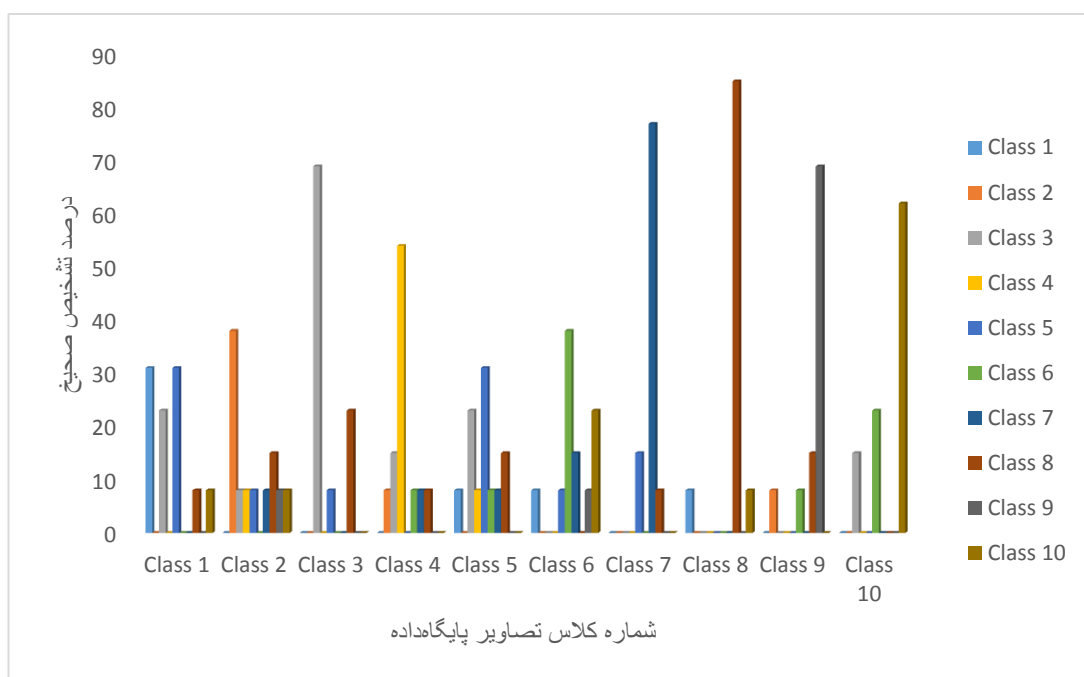
شکل ۵-۱۴ نمودار ماتریس کارایی روش هیستوگرام زاویه گرادیان با تعداد ۵۰ دوربین



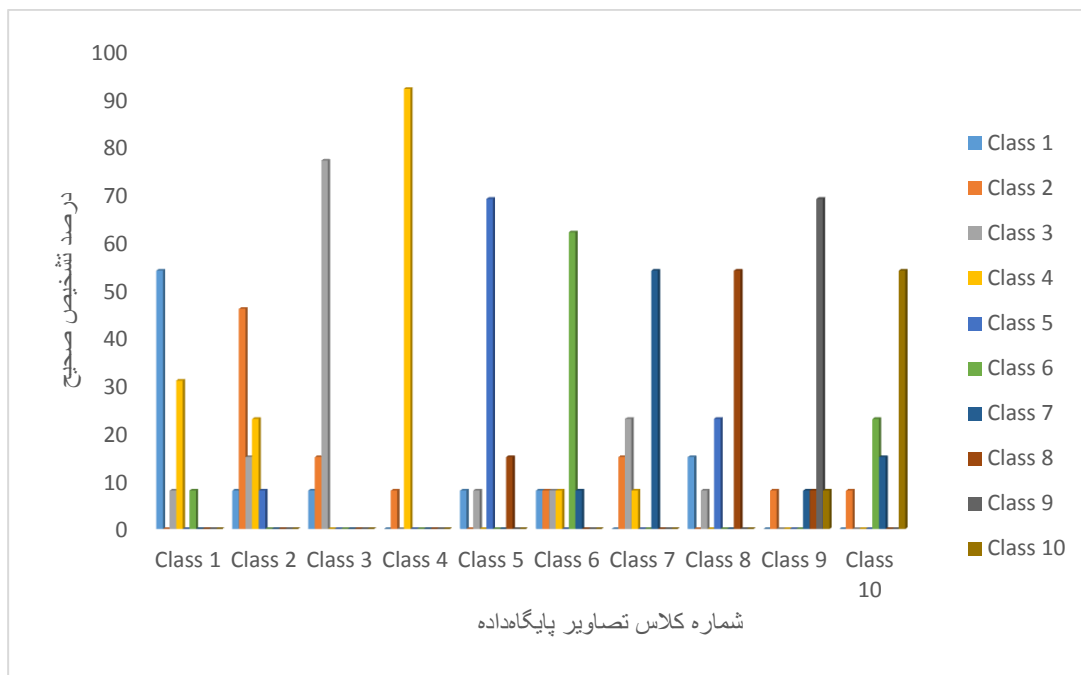
شکل ۵-۱۵ نمودار ماتریس کارایی روش گشتاورهای زرنیک با تعداد ۵۰ دوربین



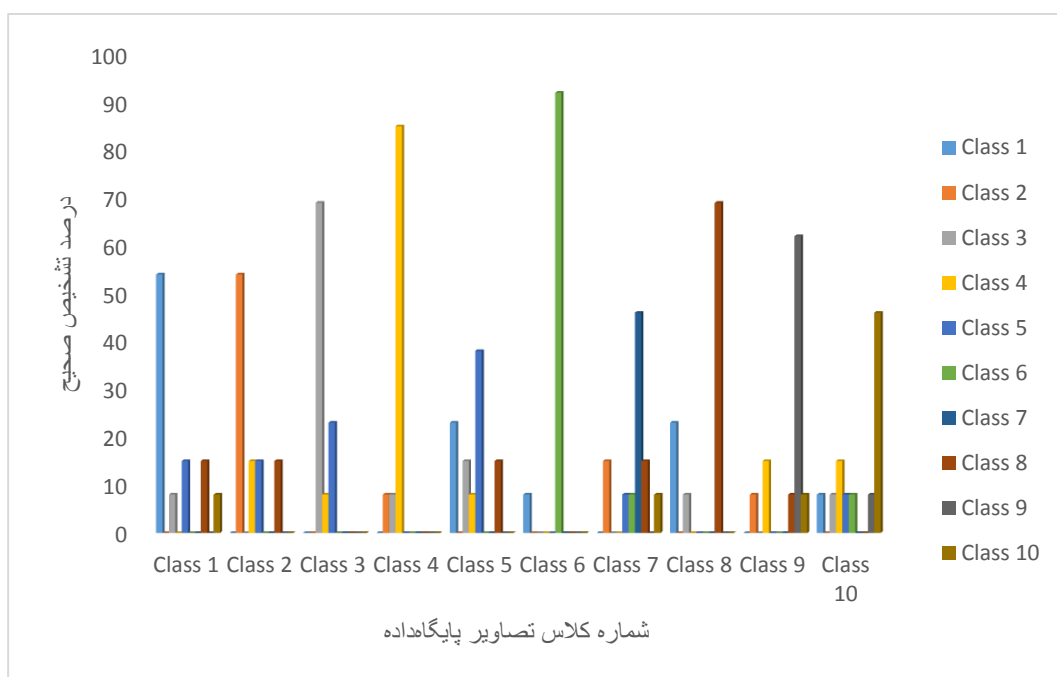
شکل ۵-۱۶ نمودار ماتریس کارایی روش مساحت ناحیه ناهمپوشان با تعداد ۹۸ دوربین



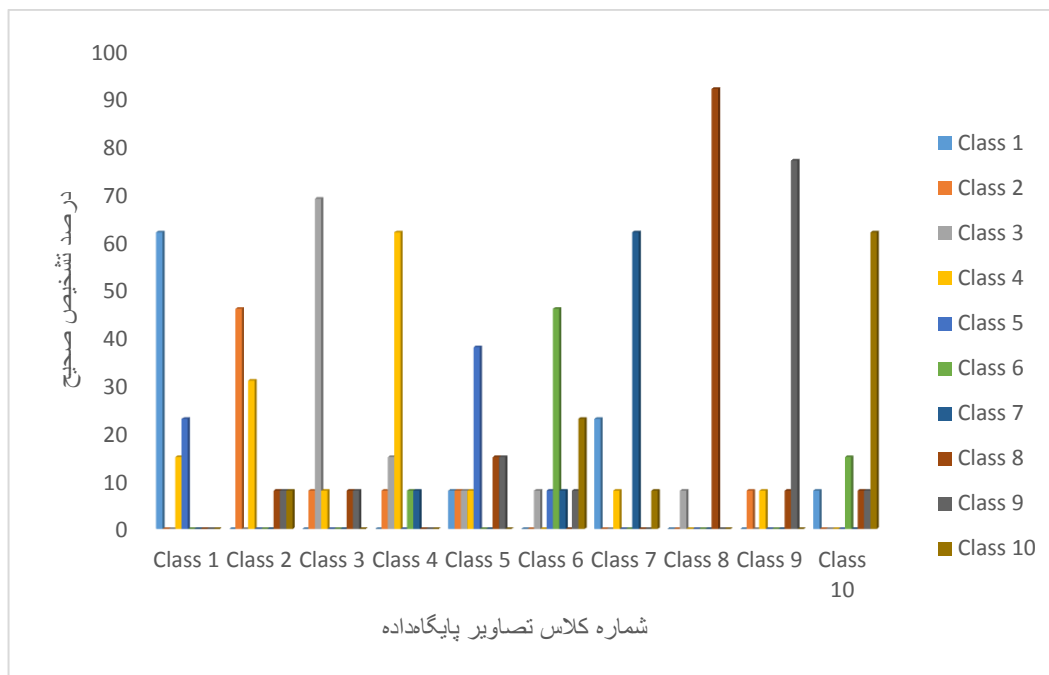
شکل ۵-۱۷ نمودار ماتریس کارایی روش هیستوگرام زاویه گرادیان با تعداد ۹۸ دوربین



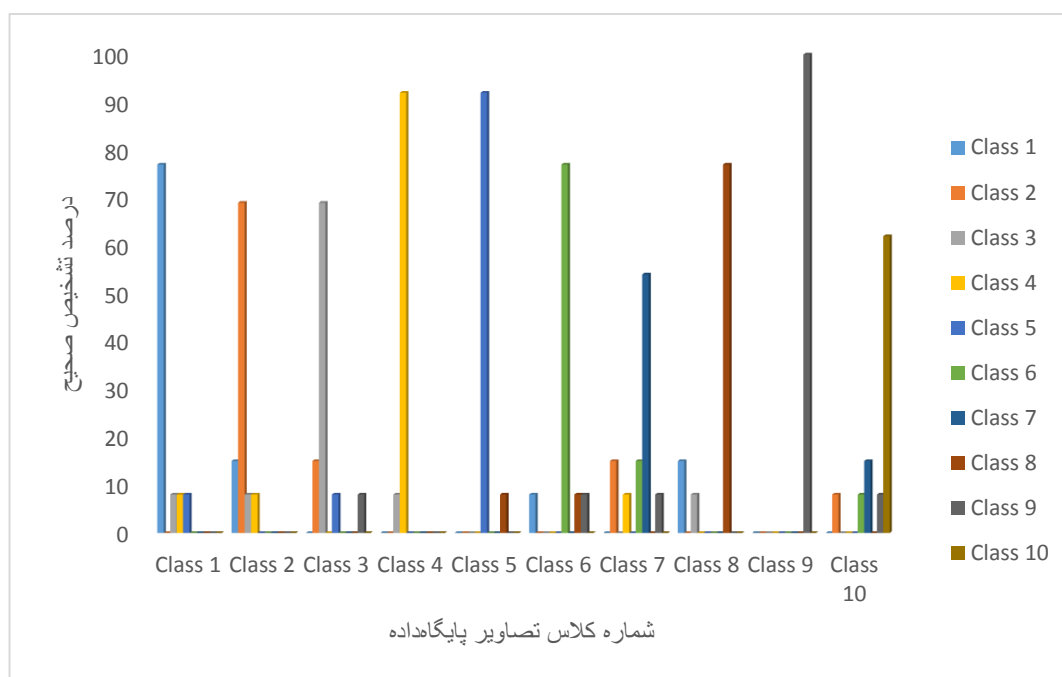
شکل ۵-۱۸ نمودار ماتریس کارایی روش گشتاورهای زرنیک با تعداد ۹۸ دوربین



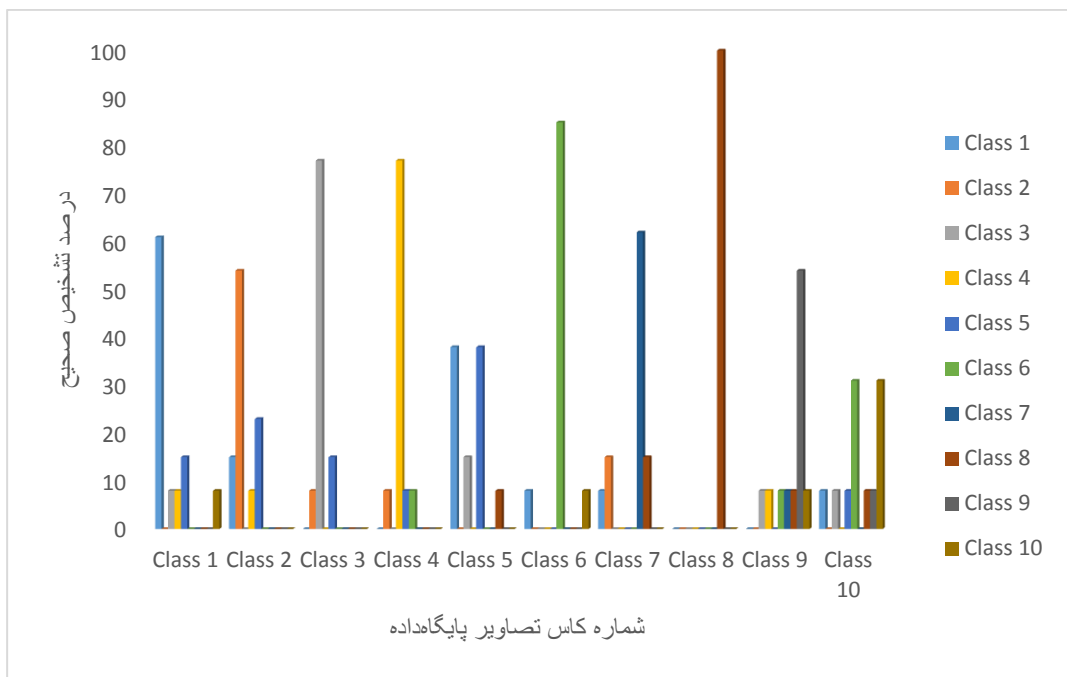
شکل ۵-۱۹ نمودار ماتریس کارایی روش مساحت ناحیه ناهمپوشان با تعداد ۲۰۰ دوربین



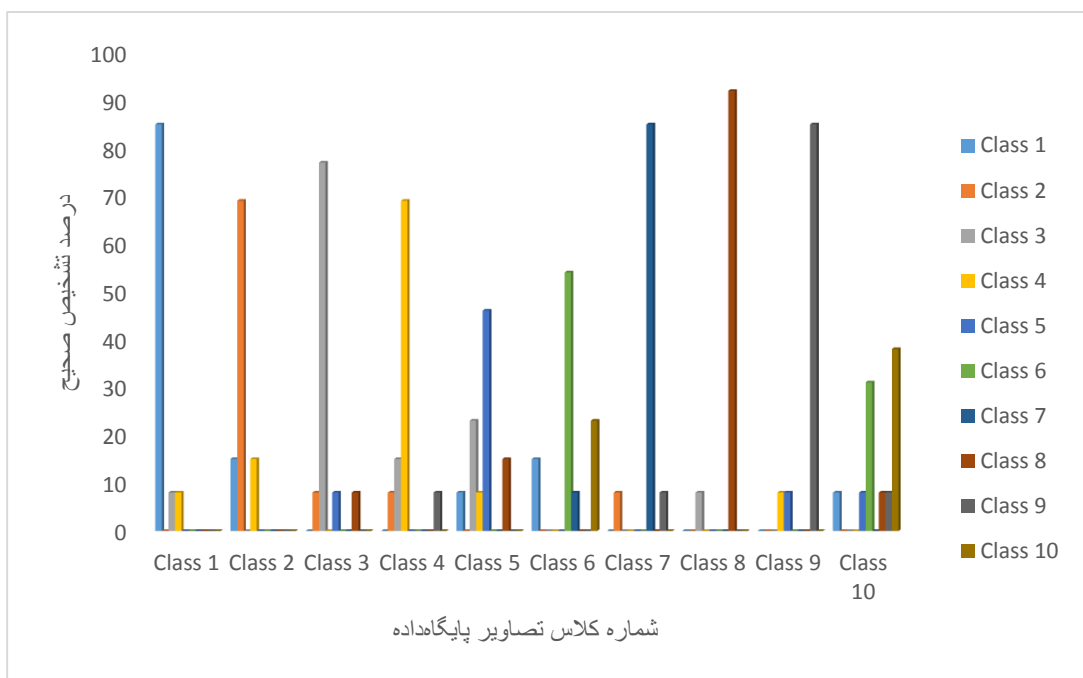
شکل ۵-۲۰ نمودار ماتریس کارایی روش هیستوگرام زاویه گرادیان با تعداد ۲۰۰ دوربین



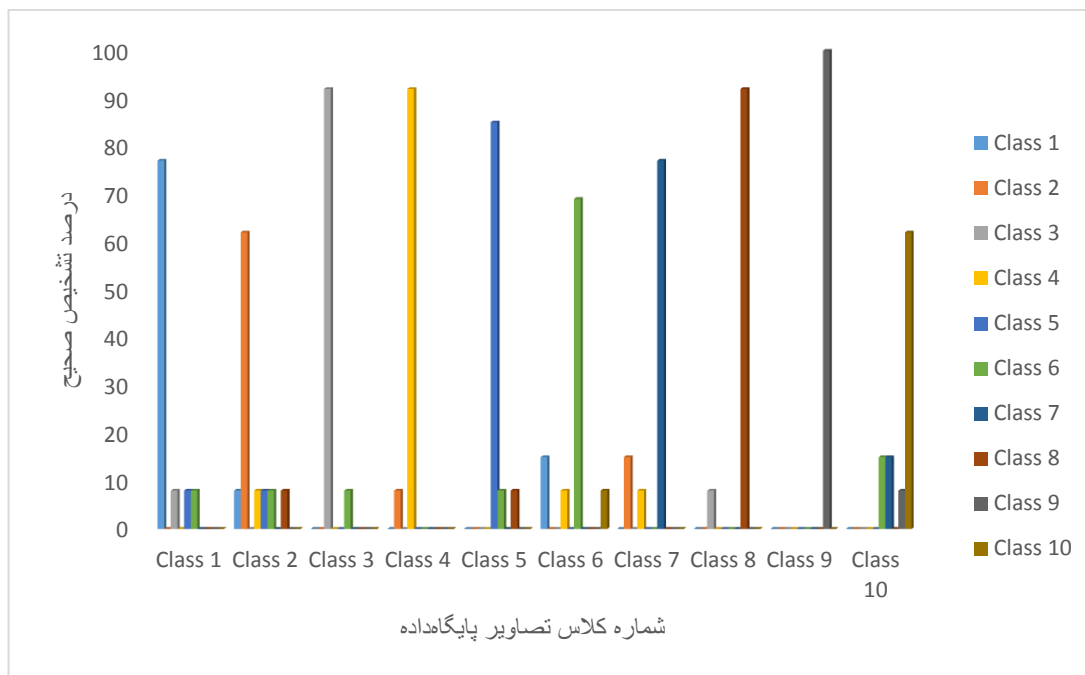
شکل ۵-۲۱ نمودار ماتریس کارایی روش گشتاورهای زرنیک با تعداد ۲۰۰ دوربین



شکل ۵-۲۲ نمودار ماتریس کارایی روش مساحت ناحیه ناهمپوشان با تعداد ۳۳۸ دوربین



شکل ۵-۲۳ نمودار ماتریس کارایی روش هیستوگرام زاویه گرادیان با تعداد ۳۳۸ دوربین



شکل ۵-۲۴ نمودار ماتریس کارایی روش گشتاورهای زرنیک با تعداد ۳۳۸ دوربین

جدول ۵-۲ نتایج حاصل از بررسی شکل‌های ۵-۱۳ تا ۵-۱۶ که مربوط به روش مساحت ناحیه ناهمپوشان با تغییر تعداد دوربین‌ها در هر بار می‌باشد و جدول ۵-۳ نتایج حاصل از بررسی شکل‌های ۵-۱۷ تا ۵-۲۰ که مربوط به روش هیستوگرام زاویه گرادیان با تغییر تعداد دوربین‌ها در هر بار می‌باشد و جدول ۵-۴ نتایج حاصل از بررسی شکل‌های ۵-۲۱ تا ۵-۲۴ که مربوط به روش گشتاورهای زرنیک با تغییر تعداد دوربین‌ها در هر بار می‌باشد را نشان می‌دهد.

در این سه جدول کلاسی که بیشترین تشخیص اشتباه را به خود اختصاص داده با درصد آن در ستون‌های مربوط به آن بیان شده و در ستون آخر جدول‌ها با در نظر گرفتن نتایج تمام دوربین‌ها برای هر روش، کلاس نهایی که بیشتر باعث تشخیص اشتباه شده در ستون آخر به عنوان نتیجه نهایی نشان داده شده است.

با توجه به جدول‌های ۵-۲ و ۵-۳ و ۵-۴ و شکل‌های ۵-۱۳ تا ۵-۲۴ به‌طور کلی می‌توان نتایج زیر را استخراج کرد::

۱) کلاس ۱ با کلاس ۵ خیلی اشتباه تشخیص داده می‌شود، به‌خصوص در دو روش مساحت ناحیه ناهمپوشان و هیستوگرام زاویه گرادیان، و این به علت پهن بودن دو مدل نسبت به مدل‌های دیگر می‌باشد. در روش مساحت ناحیه ناهمپوشان چون این دو شکل پهن‌ترند مساحت ناحیه ناهمپوشان کمتری را با یکدیگر ایجاد می‌کنند.

۲) در روش مساحت ناحیه ناهمپوشان اکثر کلاس‌ها با کلاس ۱ اشتباه گرفته شده‌اند که علت آن پهن بودن مدل و بریدگی‌های کمتر لبه‌های اطراف مدل نسبت به مدل‌های دیگر می‌تواند باشد، که باعث ایجاد مساحت ناهمپوشان کمتری با مدل‌های دیگر می‌شود.

۳) در روش مساحت ناحیه ناهمپوشان علاوه بر اشتباه گرفته شدن مدل‌های مشابه، مدل‌های غیرمشابه نیز با یکدیگر اشتباه گرفته می‌شوند، زیرا امکان همپوشانی دو شکل در زوایای مختلف زیاد است.

۴) کلاس ۱۰ در هر سه روش با درصد بالایی با کلاس ۶ اشتباه گرفته شده است.

۵) در روش هیستوگرام زاویه گرادیان در همه تغییرات تعداد دوربین‌ها کلاس ۶ با کلاس ۱۰ و کلاس ۱۰ با کلاس ۶ اشتباه گرفته شده است که به علت مشابهت زیاد لبه‌های آن‌ها می‌باشد.

۶) کلاس ۶ در روش هیستوگرام زاویه گرادیان، با کلاس ۱۰ که بسیار مشابه آن است، اشتباه گرفته شده است. در روش مساحت ناحیه ناهمپوشان چون کلاس ۶ کمی پهن‌تر از کلاس ۱۰ است با کلاس ۱ بیشتر اشتباه گرفته شده است، هر چند با کلاس ۱۰ نیز اشتباه گرفته شده است منتها با درصد کمتری نسبت به کلاس ۱. در روش گشتاورهای زرنیک نیز با کلاس ۱ بیشتر اشتباه گرفته شده است هر چند با کلاس ۱۰ نیز اشتباه گرفته شده است.

(۷) کلاس های ۲ و ۳ و ۴ و ۵ کلاس‌هایی مشابه می‌باشند که با یکدیگر در همهٔ روش‌ها بسیار اشتباه گرفته شده‌اند. کلاس ۸ نیز در روش هیستوگرام زاویه‌گردان با کلاس‌های ۲ و ۳ اشتباه گرفته شده است.

(۸) روش گشتاورهای زرنیک بهترین دقت بازیابی و کمترین اشتباه را دارد. کمتر شدن تعداد ستون‌های رنگی با افزایش تعداد دوربین‌ها بیان‌گر همین موضوع است.

(۹) کلاس‌های ۶ و ۱۰ و ۵ سه کلاس از کلاس‌هایی هستند تشخیص درست کلاس‌های مورد بررسی را به اشتباه انداخته‌اند. به دلیل مشابهت کلاس‌های ۶ و ۱۰ این دو کلاس دقت پایینی را به خود اختصاص داده‌اند. کلاس های ۲ و ۳ و ۴ و ۵ نیز کلاس‌های مشابهی هستند. در روش گشتاورهای زرنیک با بیشترین تعداد دوربین که منجر به بهترین نتیجه شده است کلاس ۳ و ۴ و ۵ دقت بسیار خوبی را بدست آورده‌اند، ولی کلاس ۲ و ۶ و ۱۰ دقت پایینی را دارند.

(۱۰) کلاس ۸ و ۹ به علت تفاوت با کلاس‌های دیگر، در اکثر آزمایش‌ها دقت خوبی را بدست آورده‌اند.

جدول ۵-۲ مقایسه درصد تشخیص اشتباه هر کلاس در روش مساحت ناحیه ناهمپوشان

شماره کلاس بیشترین اشتباه	شماره کلاس بیشتر اشتباه تشخیص داده شده و درصد تشخیص در هر بار				شماره کلاس مورد بررسی
	۳۳۸ دوربین	۲۰۰ دوربین	۹۸ دوربین	۵۰ دوربین	
۵	کلاس ۵ با دقت ٪۱۵	کلاس ۵ و ۸ با دقت ٪۱۵	کلاس ۵ با دقت ٪۲۳	کلاس ۸ با دقت ٪۲۳	کلاس ۱
۵	کلاس ۱ با دقت ٪۱۵	کلاس ۴ و ۵ و ۸ با دقت ٪۱۵	کلاس ۵ با دقت ٪۳۸	کلاس ۵ و ۸ با دقت ٪۳۱	کلاس ۲
۵	کلاس ۵ با دقت ٪۱۵	کلاس ۵ با دقت ٪۲۳	کلاس ۵ با دقت ٪۳۱	کلاس ۱ و ۵ و ۸ با دقت ٪۱۵	کلاس ۳
۲	کلاس ۲ و ۵ و ۶ با دقت ٪۸	کلاس ۲ و ۳ با دقت ٪۸	کلاس ۸ با دقت ٪۱۵	کلاس ۱ با دقت ٪۱۵	کلاس ۴
۱	کلاس ۱ با دقت ٪۳۸	کلاس ۱ با دقت ٪۲۳	کلاس ۳ با دقت ٪۲۳	کلاس ۱ با دقت ٪۲۳	کلاس ۵
۱	کلاس ۱ و ۱۰ با دقت ٪۸	کلاس ۱ با دقت ٪۸	کلاس ۱ با دقت ٪۱۵	کلاس ۴ و ۵ با دقت ٪۱۵	کلاس ۶

کلاس ۷	کلاس ۸ با دقت ٪۲۳	کلاس ۸ با دقت ٪۳۱	کلاس ۲ و ۸ با دقت ٪۱۵	کلاس ۲ و ۸ با دقت ٪۱۵	۸
کلاس ۸	کلاس ۵ با دقت ٪۵۴	کلاس ۱ و ۵ با دقت ٪۲۳	کلاس ۱ با دقت ٪۲۳		۵
کلاس ۹	کلاس ۷ با دقت ٪۲۳	کلاس ۱ و ۵ و ۷ با دقت ٪۱۵	کلاس ۴ با دقت ٪۱۵	کلاس ۳ و ۴ و ۶ با دقت ٪۸	۷
کلاس ۱۰	کلاس ۶ با دقت ٪۳۱	کلاس ۶ با دقت ٪۳۱	کلاس ۴ با دقت ٪۱۵	کلاس ۶ با دقت ٪۳۱	۶

جدول ۵-۳ مقایسه درصد تشخیص اشتباه هر کلاس در روش هیستوگرام زاویه گرادیان

شماره کلاس مورد بررسی	شماره کلاس بیشتر اشتباه تشخیص داده شده و درصد تشخیص در هر بار				شماره کلاس بیشترین اشتباه
	۵۰ دوربین	۹۸ دوربین	۲۰۰ دوربین	۳۳۸ دوربین	
کلاس ۱	کلاس ۸ با دقت ٪۲۳	کلاس ۵ با دقت ٪۳۱	کلاس ۵ با دقت ٪۲۳	کلاس ۳ و ۴ با دقت ٪۸	۵
کلاس ۲	کلاس ۸ با دقت ٪۳۸	کلاس ۸ با دقت ٪۱۵	کلاس ۴ با دقت ٪۳۱	کلاس ۱ و ۴ با دقت ٪۱۵	۸
کلاس ۳	کلاس ۵ و ۷ و ۸ با دقت ٪۸	کلاس ۸ با دقت ٪۲۳	کلاس ۲ و ۴ و ۸ با دقت ٪۸	کلاس ۲ و ۵ و ۸ با دقت ٪۸	۸
کلاس ۴	کلاس ۳ و ۷ با دقت ٪۱۵	کلاس ۳ با دقت ٪۱۵	کلاس ۳ با دقت ٪۱۵	کلاس ۳ با دقت ٪۱۵	۳
کلاس ۵	کلاس ۳ و ۸ با دقت ٪۲۳	کلاس ۳ با دقت ٪۲۳	کلاس ۸ و ۹ با دقت ٪۱۵	کلاس ۳ با دقت ٪۲۳	۳
کلاس ۶	کلاس ۱۰ با دقت ٪۲۳	کلاس ۱۰ با دقت ٪۲۳	کلاس ۱۰ با دقت ٪۲۳	کلاس ۱۰ با دقت ٪۲۳	۱۰

کلاس ۷	کلاس ۱ و ۸ با دقت ٪۱۵	کلاس ۵ با دقت ٪۱۵	کلاس ۱ با دقت ٪۲۳	کلاس ۲ و ۹ با دقت ٪۸	۱
کلاس ۸	کلاس ۳ و ۴ و ۵ با دقت ٪۸	کلاس ۱ و ۱۰ با دقت ٪۸	کلاس ۳ با دقت ٪۸	کلاس ۳ با دقت ٪۸	۳
کلاس ۹	کلاس ۴ و ۶ و ۸ با دقت ٪۱۵	کلاس ۸ با دقت ٪۱۵	کلاس ۲ و ۴ و ۸ با دقت ٪۸	کلاس ۴ و ۵ با دقت ٪۸	۸
کلاس ۱۰	کلاس ۶ با دقت ٪۲۳	کلاس ۶ با دقت ٪۲۳	کلاس ۶ با دقت ٪۱۵	کلاس ۶ با دقت ٪۳۱	۶

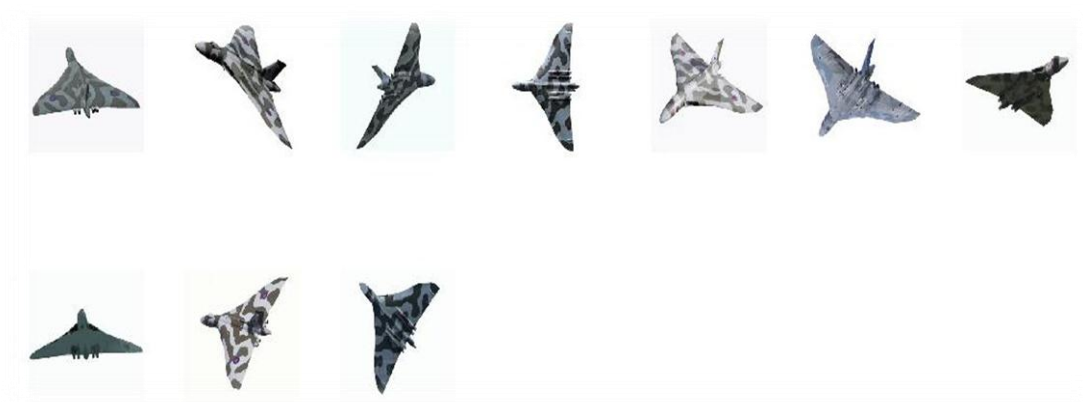
جدول ۴-۵ مقایسه درصد تشخیص هر کلاس در روش گشتاورهای زرنیک

شماره کلاس مورد بررسی	شماره کلاس بیشتر اشتباه تشخیص داده شده و درصد تشخیص در هر بار				شماره کلاس بیشترین اشتباه
	۵۰ دوربین	۹۸ دوربین	۲۰۰ دوربین	۳۳۸ دوربین	
کلاس ۱	کلاس ۳ و ۸ با دقت ٪۱۵	کلاس ۴ با دقت ٪۳۱	کلاس ۳ و ۴ و ۵ با دقت ٪۸	کلاس ۳ و ۵ و ۶ با دقت ٪۸	۴
کلاس ۲	کلاس ۳ و ۴ و ۵ با دقت ٪۱۵	کلاس ۴ با دقت ٪۲۳	کلاس ۱ با دقت ٪۱۵	کلاس ۴ و ۵ و ۶ با دقت ٪۸	۴
کلاس ۳	کلاس ۱ و ۲ و ۴ با دقت ٪۸	کلاس ۲ با دقت ٪۱۵	کلاس ۲ با دقت ٪۱۵	کلاس ۶ با دقت ٪۸	۲
کلاس ۴	کلاس ۳ با دقت ٪۱۵	کلاس ۲ با دقت ٪۸	کلاس ۳ با دقت ٪۸	کلاس ۲ با دقت ٪۸	۳
کلاس ۵	کلاس ۸ با دقت ٪۲۳	کلاس ۸ با دقت ٪۱۵	کلاس ۸ با دقت ٪۸	کلاس ۶ و ۸ با دقت ٪۸	۸
کلاس ۶	کلاس ۱ و ۲ و ۳ با دقت ٪۸	کلاس ۱ و ۲ و ۳ با دقت ٪۸	کلاس ۸ با دقت ٪۸	کلاس ۱ با دقت ٪۱۵	۱

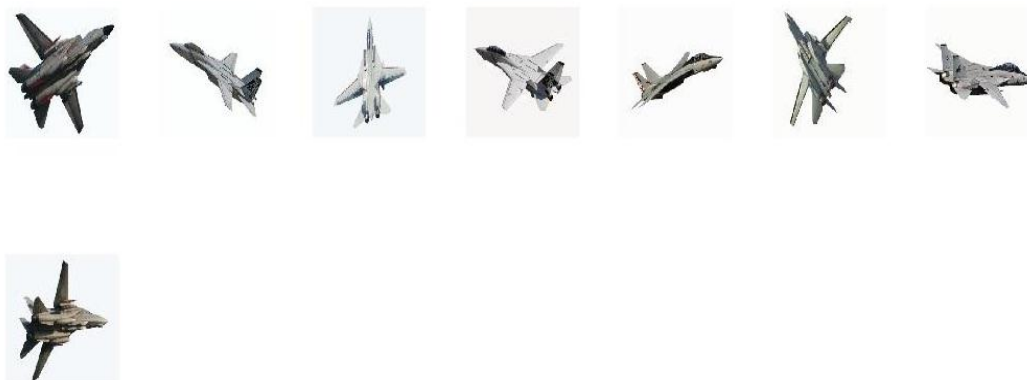
۲	کلاس ۲ با دقت ٪۱۵	کلاس ۶ با دقت ٪۱۵	کلاس ۳ با دقت ٪۲۳	کلاس ۲ با دقت ٪۲۳	کلاس ۷
۵	کلاس ۳ با دقت ٪۸	کلاس ۱ با دقت ٪۱۵	کلاس ۵ با دقت ٪۲۳	کلاس ۵ با دقت ٪۳۱	کلاس ۸
۱۰			کلاس ۲ و ۷ و ۸ با دقت ٪۸	کلاس ۵ و ۱۰ با دقت ٪۸	کلاس ۹
۶	کلاس ۷ و ۶ با دقت ٪۱۵	کلاس ۷ با دقت ٪۱۵	کلاس ۶ با دقت ٪۲۳	کلاس ۶ با دقت ٪۳۸	کلاس ۱۰

۴-۵ نمونه ای از نتایج

از آنجا که ارزیابی عملکرد سیستم‌های بازیابی تصاویر نیاز به مشاهدات بصری دارد، در این قسمت نتایج بهترین بازیابی که مربوط به روش گشتاورهای زرنیک با ۶۶ ویژگی با ۵۸ نمای استخراج شده از ۳۳۸ دوربین از مدل های سه بعدی می باشد نشان داده شده است.



نمونه از کلاس ۱ - دقت ۱۰ از ۱۳



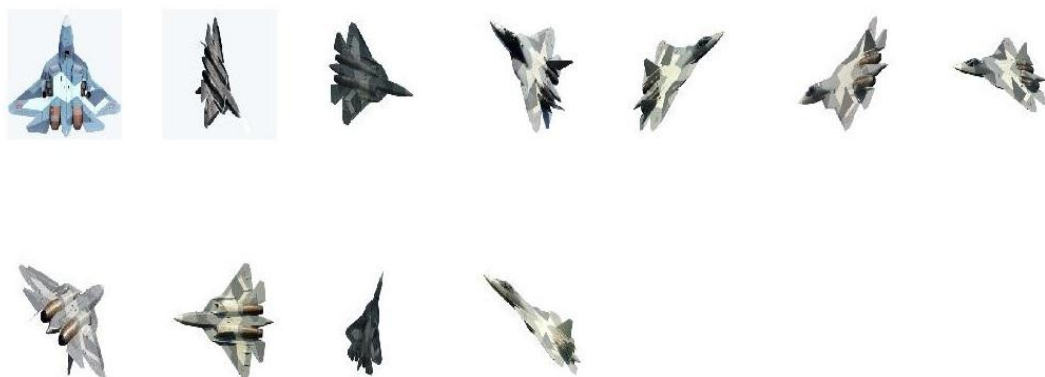
نمونه از کلاس ۲ - دقت ۸ از ۱۳



نمونه از کلاس ۳ - دقت ۱۲ از ۱۳



نمونه از کلاس ۴ - دقت ۱۲ از ۱۳



نمونه از کلاس ۵ - دقت ۱۱ از ۱۳



نمونه از کلاس ۶ - دقت ۹ از ۱۳



نمونه از کلاس ۷ - دقت ۱۰ از ۱۳



نمونه از کلاس ۸ - ۱۲ از ۱۳



نمونه از کلاس ۹ - دقت ۱۳ از ۱۳



نمونه از کلاس ۱۰ - دقت ۸ از ۱۳

۵-۵ نتیجه گیری و کارهای آینده

تا آنجا که ما اطلاع داریم تاکنون کاری در زمینه ی بازیابی تصاویر هواپیماهای جنگنده انجام نگرفته است و در این تحقیق برای اولین بار بازیابی انواع مدل های هواپیماهای جنگنده مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از مدل سه بعدی برای این کار نیز ایده ی جدیدی بود که مطرح گشت.

با استفاده از مدل سه بعدی، امکان شناسایی تصاویر هر کلاس درزوایای مختلف مهیا می شود. با سه روش مساحت ناحیه ناهمپوشان و هیستوگرام زاویه گرادیان و گشتاورهای زرنیک ویژگی هایی از نماهای تصاویر و مدل ها استخراج شده و در نهایت بر اساس بردارهای ویژگی استخراج شده میزان مشابهت تصاویر پایگاه داده و تصویر پرس وجو برآورد شده و بازیابی تصاویر انجام گرفت.

در شبیه سازی های ما بهترین نتیجه بدست آمده برای دقت بازیابی صحیح $80/8\%$ بود که با بکارگیری ۳۳۸ دوربین مجازی و ۵۸ نمای مرجع و روش استخراج ویژگی گشتاورهای زرنیک بدست آمده است. البته باید به این نکته نیز توجه نمود که در پایگاه داده مورد بررسی چند کلاس دارای شباهت ظاهری زیاد نیز وجود داشته است.

در تعداد ۳۳۸ دوربین می باشد کمترین زمان بدست آمده مربوط به هیستوگرام زاویه گرادیان با دقت 70% می باشد با سرعت $17/07$ ثانیه برای کلاسه بندی پایگاه داده و $0/86$ ثانیه برای بازیابی تصاویر می باشد. روش گشتاورهای زرنیک دقت $80/8$ را در زمان $132/1$ ثانیه برای کلاسه بندی پایگاه داده و $1/72$ ثانیه برای بازیابی تصاویر بدست آورده است. از آنجا که زمان بدست آمده برای گشتاورهای

زرنیک با توجه به دقت بازیابی آن و مقایسه با کمترین زمان روش هیسوگرام زاویه گرادبان، قابل نادیده گرفتن در برابر دقت است، این روش بهترین روش برای بازیابی تصاویر هواپیماهای جنگنده در این تحقیق می‌باشد.

پیشنهاد ما برای بهبود بیشتر دقت بازیابی عبارتند از:

الف) افزایش تعداد دوربین‌ها

ب) یافتن محل‌های مناسب قرار دادن دوربین‌های مجازی روی سطح کره برای کاهش تعداد نماهای مرجع و یا افزایش دقت بازیابی.

ج) استفاده از سطوح مرجع دیگر مانند بیضیگون یا استوانه یا مکعب برای قرارگیری دوربین‌های مجازی

د) استفاده از روش‌های استخراج ویژگی که نسبت به دوران و یا تغییر مقیاس حساسیت کمتری داشته باشند.

ه) استفاده از نماهایی دوبعدی به غیر از سایه‌نما که دارای اطلاعات جزئیات ممیزه داخل سطح هواپیما مانند شکل کابین و یا خطوط برجستگی موتور هستند که در سایه‌نما حذف شده‌اند.

در مجموع می‌توان ادعا کرد که روش‌های پیشنهادی در تحقیق با وجود شباهت بسیار زیاد برخی کلاس‌ها، درصد بازیابی قابل قبولی ارائه داده‌اند.

مراجع

- [۱] پورجنیدی م، (۱۳۸۸)، پایان نامه ارشد، "ارائه متدی جدید مبتنی بر مشخصه های رنگ و لبه فازی در بازیابی تصویر"، دانشکده برق، رایانه و فن آوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین.
- [2] M. Mehrdad, and H. Ebrahimnezhad, "3D model retrieval using linear prediction coding descriptor ", *Iranian Conference on Electrical Engineering, (ICEE)*, pp. 721-725, 2012.
- [3] D. Frejlichowski, "A three-dimensional shape description algorithm based on polar-fourier transform for 3D model retrieval", *Image Analysis, Springer*, pp. 457-466, 2011.
- [4] A. Khatun, W. Chai, and M. Islam, "An Ellipsoidal 3D Shape Representation and Wavelet Transform Feature Descriptor For 3D Shape Retrieval", *Asian Journal of Information Tecnology*, Vol. 9, pp. 101-106, 2010.
- [5] W. Mohamed, and A. Hamza, "Reeb graph path dissimilarity for 3D object matching and retrieval", *The Visual Computer*, Vol. 28, pp. 305-318, 2012.
- [6] K. Zou, W. Ip, C. Wu, Z. Chen, K. Yung, and C. Chan, "A novel 3D model retrieval approach using combined shape distribution", *Multimedia Tools and Applications*, pp. 1-20, 2012.
- [7] L. Li, H. Wang, T. Chin, D. Suter, and S. Zhang, "Retrieving 3D CAD models using 2D images with optimized weights", *In Image and Signal Processing(CISP), 3rd International Congress on IEEE*. Vol. 4, pp.1586-1589, 2010.
- [8] C. Tangelder, and R. Veltkamp, "A survey of content based 3D shape retrieval methods", *Multimedia Tools and Application*, Vol.39, pp. 441-471, 2008.
- [9] A. Masaki, and H. Iwabuchi. "3D Shape Retrieval from a 2D Image as Query ", *Signal & Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)*, pp. 1-10, 2012.
- [10] T. Napol'eon, and I. Sahbi, "From 2D Silhouettes to 3D Object Retrieval: Contributions and Benchmarking", *EURASIP Journal of Image and Video Processing*, Vol. p. 17, 2010.
- [11] T.F. Ansary, J. Vanderborre, and M. Daoudi, "3D-Model Search Engine from Photos", *ACM International Conference on Image and Video Retrieval(CIVR)*, pp. 89-92, 2007.
- [12] B. Bustos, D. Keim, D. Saupe, and T. Schreck, "Content-Based 3D Object Retrieval", *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 27, pp. 22-27, 2007.

- [13] T. F. Ansary, M. Daoudi, and A. Vandeborre, "A Bayesian 3D Search Engine using Adaptive Views Clustering", *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol. 9, No. 1, pp. 78-88, 2007.
- [14] J. Muwei, D. Junyu, and T. Ruichun, "Image Combining Color, Texture and Region whit Objects of users Interest for Content-Based Image Retrieval", *Eighth ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing, IEEE Computer Society*, Vol. 1, pp. 764-769, 2007.
- [15] Z. Huang, P.K. Chen, W.Y. NG, and S. Yeung, "Content-Based Image Retrieval Using Color Moment and Gobor Texture Feature", *Proceeding of the Ninth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Qingdao*, Vol. 2, pp. 719-724, 2010.
- [16] P.K. Manesh Kokare, and B.N. Biswas, "Texture - Image Retrival Using New Rotated Complex Wavele - Filters", *IEEE Tranactions on Systems*, Vol. 35, No. 6, pp. 1168-1178, 2005.
- [17] L. Chen, G. lu, and D. Zhang, "Efficts of Different Gobor Filters Parameters on Image Retreval by Texture", *In Multimedia Modeling Conference*, pp. 273_278, 2004.
- [18] F. Long, H. zhang, and D. Feng, "Fundamentals of Content-Based Image Retrieval", in *Multimedia Information Retrival and Management - Technological - Fundamentals and Applications*, Springer - Verlag, pp. 1-26, 2003.
- [19] R. Alaoui , S.O.E. Alaoui, and M. Meknassi, "An Efficient Similarity Measure(PMM) for Color-based Image Retrieval", *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, VOL. 8, No. 7, 2008.

[۲۰] ذوالفقاری ا، (۱۳۹۲)، پایان نامه ارشد، "ارائه روشی سریع جهت بازیابی تصاویر مبتنی بر محتوا"، دانشکده برق و

ریاتیک، دانشگاه شاهرود.

- [21] D. Zhang, and Lu, G. "Study and Evaluation of Different Fourier Methods for Image retrieval", *Image and Vision Computing*, pp. 33-49, 2005.
- [22] R.C. Veltkamp, and M. Hagedoorn, "State of the Art in Shape Matching", *In Principles of Visual Information retrieval, M.Lew (ed), Springer, ISBN*, pp. 87-119, 2001.
- [23] D. Zhang, and G. Lu, "Review of Shape Representation and Description Techniques", *Pattern Recognition*, pp. 1-19, 2004.
- [24] S. Aksoy, and R.m. Haralick, "feature Normalization and Likelihood based Similarity Measures and Image Retrival", *ELSEVIER*, Vol. 22 pp. 563-582, 2001.
- [25] T. Leon, p. Zuccarello, G. Ayala, E. deves, and J. Domingo, "Applying Logistic Regression to Relevance Feedback in Image Retrival Systems", *ELSEVIER*, Vol. 40, pp. 2621-2632, 2007.
- [26] M.E. Hansen, and J.M. Carstensen, "Density-Based Retrival From High-Similarity Image Database Pattern Recognition", vol. 37, pp. 2155-2164, 2004.

- [27] J.K. Kamarainen, V. Kyrki, J. Ilonen, and H. Kalviainen, "Improving Similarity Measure of Histogram Using Smoothing Projection", *Pattern Recognition*, Vol 24, pp. 2009-2019, 2003.
- [28] M. Ramezani, and H. Ebrahimnezhad, "3D Models' retrieval system design based on Poisson's histogram of 2D selective views", *Iranian Conference on Electrical Engineering, (ICEE)*, pp. 1-6, 2013.
- [29] N. Dalal, and B. Triggs, "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection" *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), IEEE Computer Society Conference on*, Vol. 1, pp. 886 – 893, 2005.
- [30] A. Tahmasbi, F. Saki, and S.B. Shokouhi, "Classification of Benign and Malignant Masses Based on Zernike Moments", *J. Computers in Biology and Medicine*, Vol. 41, No. 8, pp. 726-735, 2011.
- [31] A. Tahmasbi, F. Saki, H. Aghapanah, and S.B. Shokouhi, "A Novel Breast Mass Diagnosis System based on Zernike Moments as Shape and Density Descriptors", *IEEE, 18th Iranian Conf. on Biomedical Engineering (ICBME)*, Tehran, Iran, pp. 100-104, 2011.

[۳۲] خسروی ح، (۱۳۸۴)، پایان نامه ارشد، "بازشناسی ارقام و حروف دستنویس فارسی در فرمهای ثبت نام آزمون

سراسری، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

Abstract

Today, In this thesis, the problem of image retrieval for fighter aircrafts from a dataset consists of 10 different fighter classes is studied. In this project, a CBIR system is developed which found similar aircrafts to a query aircraft picture from database. The difference of viewpoint in query picture and search domain pictures is the main challenging problem in image retrieval systems. We tackle this problem using 3D models of different fighter aircrafts classes. We use the concept of virtual cameras around a surrounding spherical surface, in order to prepare a lot of reference pictures of the aircrafts from different viewpoints.

We propose three different methods for feature extraction and similarity evaluation: 1) cross correlation of aircrafts silhouette, 2) histogram of oriented gradients, and 3) Zernike moments, which the latter is robust to rotation.

Simulation results show that the best retrieval accuracy (about 80.8%) is achieved by using Zernike moments method. Regarding that, there are some similar appearance classes of fighter aircraft in database the performance of the developed CBIR system seems sufficiently good.

Keywords: image retrieval, 3D modeling, histogram of gradients, silhouette cross correlation, Zernike moments, virtual camera, fighter aircrafts.



Shahrood University of Technology
Faculty of Electrical and Robotic Engineering

Content Based Fighter Aircrafts Image Retrieval

Maryam mohammadi

Supervisor:

Dr. Omidreza Maruzi

FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

2015