

جداسازی شی ماهی در تصاویر رنگی زیر آب با استفاده از فضای رنگی CIE L*a*b

محمدامین شایگان^۱ و نساء سریریچی عبودزاده^۲

چکیده

با توجه به اهمیت تشخیص شیء ماهی و دیگر جانداران آبی و با توجه به خصوصیات محیط زیر آب همچون کیفیت پایین و روشنایی کم تصاویر، شکست نور، نویز زیاد، همپوشانی شیء ماهی با گیاهان و شنهای کف دریا، امروزه محققین به دنبال روشهای مناسبی برای جداسازی و قطعه‌بندی ماهی‌ها در این گروه از تصاویر هستند. تاکنون الگوریتم‌های مختلفی جهت جداسازی شیء ماهی از تصاویر زیر آب معرفی شده است، لیکن این الگوریتم‌ها غالباً با چالشهای متفاوتی نظیر نویز موجود در تصاویر و محدودیت بانظارت بودن الگوریتم‌های قطعه‌بندی تصاویر رنگی زیر آب در مشخص نمودن پس‌زمینه و پیش‌زمینه، روبرو بوده که باعث میشود اجباراً از پیش‌فرضهایی همچون مشخص بودن تقریبی ناحیه پیش‌زمینه از پس‌زمینه استفاده کنند. در این تحقیق، روشی جدید جهت جداسازی شیء ماهی از تصاویر زیر آب معرفی شده است. بدین منظور با ترکیب مولفه‌های دو فضای رنگی RGB و CIE L*a*b، یک فضای رنگی جدید جهت جداسازی دقیقتر پیکسلها و تشخیص ناحیه شیء برجسته ماهی بوجود آمده است. روش پیشنهادی، محدودیت روش قطعه‌بندی معروف "کشف شیء برجسته"، که الزاماً یک ناحیه تقریبی برای پیش‌زمینه و پس‌زمینه در نظر می‌گیرد را نیز برطرف کرده است. کارایی روش پیشنهادی با توجه به معیارهای رایج ارزیابی بررسی و در نتیجه شاخصهای ارزیابی دقت به میزان ۵٪، بازخوانی به میزان ۳٪، صحت به میزان ۴٪ و F-measure به میزان ۱٪ افزایش یافته است.

کلیدواژه‌ها

قطعه‌بندی تصاویر، تصاویر زیر آب، بافت نگار، شیء ماهی، فضای رنگی CIE L*a*b

۱ مقدمه

همین دلیل قطعه‌بندی تصاویر، از سوی محققان این حوزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. منظور از قطعه‌بندی تصاویر، تقسیم تصویر به نواحی غیر یکسان بوده، به صورتی که این نواحی با یکدیگر اشتراکی نداشته باشند [۱].

پردازش تصاویر زیر آب، نقش مهمی در دانش پردازش تصویر دارد. از کاربردهای این حوزه می‌توان به نظارت بر زندگی موجودات دریایی، جمع‌آوری آمار موجودات زیست محیطی و ارزیابی‌های بیولوژیکی اشاره کرد [۲]. تصویربرداری از محیط زیر آب همواره چالش‌برانگیز بوده است، زیرا عمدتاً عواملی همچون نور کم، ذرات پراکنده در آب و تغییر رنگ تصاویر، آنرا تحت تاثیر قرار داده است [۳]. با توجه به اهمیت محیط زیست دریایی و موجودات آن، مدتهاست که محققین این حوزه شروع به بررسی وضعیت اقیانوسها کرده‌اند. این پروژه‌ها برای نظارت بر گونه‌های مختلف دریایی، عموماً از ویدئوهایی تهیه شده از محیط

قطعه‌بندی و شناسایی اشیاء در یک تصویر، یکی از مسائل اصلی و بنیادی در حوزه بینایی ماشین بوده و یکی از مهمترین پیش‌پردازشها برای آنالیز و تحلیل تصویر به شمار می‌رود و به

این مقاله در تیرماه ۹۸ دریافت، در تیرماه ۹۹ بازنگری و در مردادماه همان پذیرفته شد.

^۱ دانش‌آموخته مهندسی کامپیوتر، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

رایانامه: shayegan@iaushiraz.ac.ir

^۲ گروه مهندسی کامپیوتر، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

رایانامه: ne.sarirchi@gmail.com

نویسنده مسئول: محمدامین شایگان

الگوریتم داده شود تا الگوریتم قادر به جداسازی شی مورد نظر از تصویر باشد [۹].

یک الگوریتم آشکارسازی شی برجسته، باید دو ویژگی مهم داشته باشد. اول آنکه نواحی برجسته تخمینی با استفاده از الگوریتم پیشنهادی، با قضاوت بینایی انسان بسیار هم‌راستا و مشابه باشد. دوم آنکه الگوریتم پیشنهادی از لحاظ سرعت اجرا بهینه باشد. در حوزه‌هایی که بر روی جداسازی قسمتی از تصاویر کار می‌کنند (حوزه‌های پزشکی، امنیتی و غیره) نیاز است که شی مورد نظر با دقت زیادی استخراج شود، ولی همچنان چالش‌هایی از قبیل وجود نویز در تصویر، کنتراست پایین و یا کم کیفیت بودن تصویر در این حوزه‌ها وجود دارد. با توجه به چالش‌های موجود در حوزه پردازش تصویر و بینایی ماشین، روش‌های موجود در حوزه کشف اشیاء برجسته^۲ (SOD) را می‌توان به چهار گروه مختلف تقسیم‌بندی کرد: روش‌های مبتنی بر مقادیر ابرپیکسلها؛ روش‌های مبتنی بر استخراج ویژگی؛ روش‌های مبتنی بر طبقه‌بندی؛ روش‌های ترکیبی [۱۰].

در روش‌های مبتنی بر مقادیر ابرپیکسلها، با استفاده از دسته‌بندی بر اساس ارتباط رنگی و ویژگی‌های مشترک بین پیکسلها و همچنین دسته‌بندی آنها به دو گروه پیش‌زمینه و پس‌زمینه، نقشه شیء برجسته‌ی تصویر استخراج می‌شود [۱۱-۱۲]. در روش‌های مبتنی بر استخراج ویژگی شیء، در ابتدا ناحیه‌های مختلف تصویر جداسازی و دسته‌بندی می‌شوند. سپس از هر قسمت تصویر با توجه به نوع استخراجگر ویژگی (بافت پیکسلها، رنگ پیکسلها)، عملیات استخراج ویژگی از تصویر انجام می‌شود. سپس ویژگی‌های استخراج شده از تصویر با ویژگی‌های شیء مورد نظر، جهت قطعه‌بندی شیء از تصویر، مورد مقایسه و ارزیابی قرار می‌گیرند [۱۳-۱۴]. در روش‌های مبتنی بر طبقه‌بندی، در ابتدا تصویر به ناحیه‌های مختلف ابرپیکسلها دسته‌بندی شده و سپس هر ناحیه، جداگانه به الگوریتم طبقه‌بندی ارسال و با توجه به خروجی الگوریتم طبقه‌بند، نواحی تصویر دسته‌بندی شده و نقشه شیء مورد نظر استخراج می‌گردد [۱۵-۱۶]. روش‌های ترکیبی، از محاسن روش‌های مبتنی بر استخراج ویژگی و روش‌های مبتنی بر طبقه‌بندی استفاده کرده که این امر منجر به افزایش دقت سیستم استخراج شیء برجسته می‌شود [۱۷-۱۹].

بخش‌های جدید این مقاله شامل: ۱- ایجاد یک فضای رنگی ترکیبی جهت جداسازی دقیقتر پیکسلها و تشخیص ناحیه برجسته در تصاویر رنگی زیرآب، ۲- برطرف نمودن محدودیت بانظارت بودن الگوریتم‌های قطعه‌بندی در مشخص نمودن پس‌زمینه و پیش‌زمینه تصاویر رنگی زیرآب هستند.

زیرآب استفاده می‌کنند. لیکن این تصاویر، با توجه به عواملی مانند شکست نور و ذرات معلق در آب، دارای کیفیت پایینی هستند. علاوه بر این، بسیاری از روش‌های فعلی برای پردازش این نوع داده‌ها، بسیار زمانبر هستند [۴]. برخلاف معمول، طبقه‌بندی تصاویر زیرآب، به دلیل کیفیت پایین تصاویر، اشیاء متحرک کنترل نشده و محیط متغیر زیرآب، به چالش کشیده می‌شود و همچنین دستیابی به نمونه‌های خاص در زیرآب، فرآیندی مشکل است. علاوه بر آن بسیاری از تکنیک‌های استخراج ویژگی، به دلیل مسائل ذکر شده کارایی خود را از دست می‌دهند. با توجه به آنکه پردازش دستی این حجم از داده‌ها غیرممکن است، لذا نیاز به سیستم‌های خودکار جهت پردازش این داده‌ها و تشخیص و شناسایی موجودات و جانوران دریایی در تصاویر زیرآب کاملاً احساس می‌شود [۵-۶]. با این وجود، روش‌های فعلی معرفی شده در این حوزه، زمانبر و بعضاً ناکارآمد هستند [۷].

با توجه به اهمیت تشخیص شی ماهی و دیگر جانداران آبی در تصاویر زیرآب و جداسازی دقیق آنها از محیط، که یکی از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های سازمان‌های مربوطه همانند شایلات است، لذا این تحقیق به دنبال روشی مناسب برای جداسازی ماهی‌ها از تصاویر زیرآب بوده است. به طور کلی، اجزای مهم یک تصویر، اغلب در بخش‌های کلیدی تصویر متمرکز بوده که به آنها شیء برجسته و به الگوی حاوی این اشیاء برجسته، نقشه برجستگی^۱ (SM) تصویر گفته می‌شود. یک نقشه برجستگی، مفهومی کیفی است که اشیاء یا پیکسل‌های نامرتبط یک تصویر را از همسایگان خود جدا می‌کند. هر یک از پیکسل‌های تصویر SM، متناسب با برخی از ویژگی‌های خاص تصویر مثل رنگ، شدت روشنایی یا بافت آن تصویر است. تصویر SM، مجموعه‌ای از خطوط و طرح‌های استخراج شده از تصویر اصلی، همانند لبه‌ها است. اگر مناطق برجسته یک تصویر با دقت استخراج شوند، پردازش تصویر سریعتر انجام شده و زمان محاسبات به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. با این وجود روش‌های شناسایی نقشه برجستگی، دارای تفکیک پذیری پایینی در مشخص کردن لبه‌ها بوده و همچنین هزینه محاسباتی آنها زیاد است [۸]. علاوه بر این، روش‌های تولید تصویر SM جهت جداسازی ناحیه برجسته، یک پیش‌فرض را در نظر می‌گیرند. این پیش‌فرض، الگویی از ناحیه پیش‌زمینه (یا پس‌زمینه) را به الگوریتم معرفی کرده تا عملیات تقطیع انجام شود. این پیش‌فرض، الگوریتم را از حالت خودکار خارج کرده و محدودیتی را جهت قطعه‌بندی ایجاد می‌کند، زیرا برای در نظر گرفتن ماسک ناحیه پس‌زمینه و یا پیش‌زمینه، باید ناحیه تقریبی به

² Salient Object Detection (SOD)

¹ Saliency Map (SM)

فیلم برداری پرنویز، که در سناریوهای زیر آب معمول هستند، را با اصلاح روش آستانه‌گیری آتسو با عنوان آستانه‌گیری محلی دوگانه و رویکرد بافت‌نگار بازگشتی، برطرف کرده است. روش بافت‌نگار بازگشتی، جهت اطمینان از قطعه‌بندی دقیق بر روی مرزهای شکل ماهی استفاده می‌شود. نتایج تجربی نشان می‌دهد که سیستم پیشنهادی در مورد ردیابی ماهی‌ها در تصاویر با تباین پایین، پیشرفت قابل توجهی داشته و به دقت ۸۸٪ رسیده است.

۲-۲ تحلیل ویژگی‌های ساختاری

به دلیل تفاوت بافت^۲ و الگوی^۳ ناحیه یک شیء برجسته از نواحی مجاور آن و یا پس‌زمینه موجود، برخی از روشها به تحلیل ویژگی‌های ساختاری همانند بافت مناطق مختلف تصویر پرداخته‌اند. به عنوان مثال تسای و چن با هدف تشخیص ناحیه کاشت قهوه در تصاویر ماهواره‌ای مناطق زراعی، به منظور بهبود عرضه و تقاضای این محصول در بازار، الگوریتمی را پیشنهاد دادند [۱]. در روش پیشنهادی آنها، نواحی کاشته شده قهوه، از بخشهای درختان جنگل و همچنین سایر مناطق نامرتب در تصویر، بطور خودکار تشخیص داده می‌شود. گیاه قهوه و درختان جنگلی رنگ یکسانی در تصاویر ماهواره‌ای دارند، به همین دلیل ویژگی رنگ برای تبعیض آنها از یکدیگر مناسب نیست. در عوض الگوی کاشت درختان قهوه، ساختاری متفاوت را در تصاویر ماهواره ای نشان می‌دهد. لذا الگوریتم پیشنهادی از تبدیل فوریه برای استخراج ویژگی‌های ساختاری برای تقسیم‌بندی تصویر استفاده می‌کند. گیاهان قهوه با فرکانس بالا و در یک جهت رشد می‌کنند، در حالیکه سایر گیاهان در حال رشد به طور طبیعی فرکانس هم جهتی در دامنه طیفی تصویر دارند. فرکانس اصلی در واقع ویژگی تعداد خطوط موازی در یک قطعه کوچک زمین را نشان می‌دهد. ویژگی تراکم ردیف قهوه کاشته شده، معادل تعداد ردیفها در یک منطقه مربع واحد است، در حالیکه برای گیاهان در حال رشد به طور تصادفی است. این مقاله تصاویر ماهواره‌ای از مناطق کشت قهوه در زمانها و مکانهای مختلف با روشنایی‌های متفاوت را تجزیه و تحلیل کرده و با استفاده از ویژگی‌های ساختاری و چگالی بر اساس فوریه، قطعه‌بندی مناسبی را برای تشخیص میدان کاشته شده قهوه از سایر مناطق با پوشش گیاهی متفاوت فراهم کرده است.

۲-۳ افزایش تباین تصویر

افزایش تباین تصویر، یکی دیگر از روشهای یافتن شیء برجسته در یک تصویر است. شبیه کردن بافت‌نگار اولیه

بخشهای آتی این مقاله به شرح زیر سازماندهی شده‌اند. بخش دوم، به بیان سوابق تحقیق در این حوزه پرداخته و تعدادی از روشهای بکار گرفته شده برای یافتن شیء برجسته در تصاویر را معرفی می‌نماید. در بخش سوم، روش پیشنهادی، مواد و مراحل اجرای آن معرفی شده است. در بخش چهارم، آزمایش‌ها و نتایج حاصل معرفی و نهایتاً بخش پنجم نتایج بدست آمده را با سایر روشهای تشخیص شیء برجسته مقایسه می‌کند.

۲ مروری بر کارهای گذشته

تاکنون تعداد قابل توجهی الگوریتم‌های آشکارساز شیء برجسته پیشنهاد شده که در دو دسته رویکردهای باناظر و بدون ناظر قرار می‌گیرند. مدل‌های باناظر برجستگی را در مناطقی که در مرحله آموزش سیستم مشخص شده است، جدا می‌کنند. به طور کلی، این گروه عموماً عملکرد مطلوبی دارند، لیکن دارای پیچیدگی محاسباتی زیادی هستند [۲۰-۲۱]. در روشهای بدون ناظر معمولاً از مدل‌های آشکارسازی شیء برجسته اکتشافی همانند کنتراست پیکسل‌های منتخب قبل، پیش‌زمینه تصاویر قبل و مرکز دسته‌بندی پیکسل‌های منتخب قبلی برای شناسایی اشیاء استفاده می‌شود [۲۲]. در ادامه برخی از روشهای پیشنهادی در این حوزه معرفی می‌گردند.

۲-۱ تکنیک آستانه گذاری

برخی از محققین به منظور تمایز پیکسل‌های یک شیء برجسته از پیکسل‌های پس‌زمینه، از تکنیکهای آستانه‌گذاری استفاده کرده‌اند. ژانگ و همکارانش یک الگوریتم آستانه‌ای جدید بر اساس ترکیبی از الگوریتم افتراقی فیشر^۱ و الگوریتم فیشر دوپنجره‌ای مطرح کردند [۲۳]. در این الگوریتم برای هر پیکسل تصویر، یک مقدار آستانه محلی مربوط به دو همسایگی با دو اندازه مختلف انتخاب می‌شود. در نتیجه دو پنجره با اندازه‌های مختلف ایجاد شده که اندازه‌های این پنجره‌ها، دو عدد صحیح هستند (به طور کلی برای کم کردن اثر پیکسل‌های نویزی، مقادیر صحیح کوچک برای پنجره‌ها انتخاب می‌شود). این الگوریتم در مقایسه با روش آستانه‌گذاری اتسو، لبه‌ها را حفظ و نویزها را به خوبی حذف می‌کند و در مقایسه با روش متداول فیشر، در عمل تقسیم‌بندی نتیجه بهتری دارد.

چوانگ و همکاران جهت ردیابی همزمان چند ماهی، الگوریتمی را معرفی کرده‌اند که قادر است اندازه و تعداد ماهی‌ها را به صورت خودکار تخمین بزند [۲۴]. الگوریتم پیشنهادی، چالشهای ناشی از تباین کم تصویر، نور نامناسب و

² Texture
³ Pattern

¹ Fisher discriminant

های تصویربرداری است [۲۸]. یکی از مسائل مربوط به روشنایی در محیط زیرآب، شکست نور است. همچنین گل آلود بودن آب دریا، تصاویر زیرآب را تغییر داده که در نتیجه تصحیح رنگ تصاویر یا فیلم‌های زیرآب، امری کاملاً ضروری خواهد بود. این مسئله مهم در تمام برنامه‌های کاربردی مبتنی بر تصویربرداری‌های سه بعدی و ناوبری حائز اهمیت است. از نظر بیانکو و همکارانش برای تشخیص صحنه‌های زیر آب، باید کانال L (میزان روشنایی) از اجزاء رنگی جدا شود که این نظریه، کاملاً درست و منطقی می‌باشد. افزایش تباین از دست رفته تصاویر زیرآب، توسط اصلاح کانال قرمز و بازایی طول موجهای کوتاه این رنگ از مهمترین روشهای بکار رفته در این گروه می‌باشد [۳]. در روش پیشنهادی، از کانال قرمز تصویر به عنوان یک متغیر برای تکنیک کانال تاریک در بهبود تصاویر دارای مه استفاده شده است. نتایج حاصل نشان داد که روش پیشنهادی می‌تواند باعث از بین رفتن نور مصنوعی، رسیدن به تصحیح رنگ طبیعی و بهبود جزئیات تصویر گردد.

۲-۵ ترکیب فضاهای رنگی

ترکیب مولفه‌های متفاوت از فضاهای رنگی مختلف و ایجاد یک فضای رنگی ترکیبی جدید، جهت بازایی رنگ واقعی تصاویر و در نتیجه بهبود تباین تصاویر، از دیگر روشهای بکار رفته در این حوزه می‌باشد. به عنوان مثال، بیانکو و همکاران تصویر ورودی را از فضای رنگی RGB به Lab منتقل و سپس با استفاده از دو کانال a و b، رنگ از دست رفته تصویر را بازایی کرده‌اند [۲۸]. در مرحله بعد، به منظور افزایش تباین، بر روی کانال L عملیات کشش و برش بافت‌نگار انجام می‌گیرد. در مرحله آخر برای به دست آوردن تصویر خروجی، تصویر دوباره به فضای RGB منتقل می‌شود. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد تباین تصاویر بهبود داشته است. همچنین این روش توانسته است تا حدودی رنگهای غالب سبز و آبی را در تصاویر ورودی کاهش دهد.

۲-۶ استفاده از ویژگی‌های رنگ

استفاده از ویژگی‌های رنگ و شدت روشنایی جهت تعیین بهتر مرزهای موجود در یک تصویر، از دیگر تکنیک‌های تشخیص شیء برجسته محسوب می‌گردد. لی و همکاران از فیلتر DoG^3 برای عبور فرکانسها در یک محدوده خاص به منظور تشخیص لبه‌های تصویر استفاده کردند [۲۹]. این روش سه مزیت اصلی نسبت به سایر روشها ارائه می‌دهد: نواحی شاخص و نمایان تصویر را به طور

یک تصویر به بافت‌نگار ایده آل یکی از روشهای این گروه است [۲۵]. در این روش، برش بافت‌نگار به کمک یک نقاب سهمی‌گون درجه دو انجام می‌گیرد که در آن مختصات x ماکزیمم سهمی، برابر با میانگین شدت روشنایی و مختصات y ماکزیمم سهمی، برابر با میانگین فراوانی نقاط تصویر می‌باشد. نتایج حاصل از روش پیشنهادی نشان‌دهنده افزایش تباین تصویر است. لیکن این روش، با توجه به برش بیش از اندازه در نواحی تیره و روشن بافت‌نگار، در تصاویری که فراوانی شدت روشنایی‌ها در قسمتهای تیره و روشن بافت‌نگار زیاد باشند، متعادل‌سازی خوبی انجام نمی‌دهد. همچنین در این روش، بافت‌نگار فقط به دو قسمت تقسیم شده و لذا نقاطی از تصویر که شدت روشنایی‌های نزدیک به هم دارند، بیش از اندازه متعادل شده که این امر منجر به حذف برخی از جزئیات تصویر می‌شود.

عملیات کشش، شکستن و برش جهت متعادل‌سازی بافت‌نگار یکی دیگر از تکنیکهای بکار رفته در این گروه است [۲۶]. پیشنهاد دهندگان این روش، آنرا بر روی چندین تصویر مرجع آزمایش و نتایج حاصل از آن را با روشهای متداول مورد مقایسه قرار داده‌اند. تجزیه و تحلیل نتایج روش پیشنهادی در مقایسه با سایر روشها، بهترین نتایج را نشان می‌دهد.

روش تباین مبتنی بر بافت‌نگار^۱ (HC) جهت تشخیص نواحی شاخص تصاویر زیرآب توسط چنگ و همکاران معرفی شده است [۲۷]. روش پیشنهادی از آمارهای پیکسلهای رنگی تصویر اصلی برای تعریف مقادیر پیکسلهای قسمتهای شاخص تصویر استفاده می‌کند. این روش، قسمتهای شاخص تصویر را با کیفیت زیاد و به عنوان نقشه برجستگی معرفی می‌کند. در این الگوریتم، یک تقسیم‌بندی جدید بدون ناظر معرفی شده است که می‌تواند به طور خودکار، بخش عمده‌ای از یک تصویر را قطعه‌بندی کند. روش HC سریع بوده و نتایج را با جزئیات دقیق تولید می‌کند. نتایج تجربی نشان می‌دهد که این روش در پارامترهای ارزیابی دقت و فراخوانی، عملکرد بسیار خوبی داشته است.

۲-۴ اصلاح کانال تاریک

استفاده از مفهوم کانال تاریک^۲ و بازایی طول موجهای کوتاه یک کانال تاریک و اصلاح آن، از دیگر روشهای بهبود تباین تصویر و در نتیجه تشخیص شیء برجسته‌های موجود در تصاویر است. بیانکو و همکاران به این نتیجه دست یافتند که بازایی درست رنگها از صحنه‌های زیر آب، یک مسئله بسیار مهم برای به چالش کشیدن تکنیک

¹ Histogram-based Contrast (HC)

² Dark Channel

³ Difference of Gaussian (DoG)

تابع چگالی احتمالی مدل می‌شود. یک روش عمومی برای مدل کردن نویز، استفاده از یک مدل نویز گوسی جمع شونده-ی ایستا است. در این حال عموماً میانگین نویز صفر در نظر گرفته شده و تنها پارامتر مدل نویز، انحراف معیار آن خواهد بود. در این روش، برای اصلاح مشکل روشنایی صحنه و بازگرداندن رنگها، از الگوریتم تصحیح رنگ استفاده شده است. روش فوق تحت شرایط مختلف زیرآب مورد آزمایش قرار گرفته و برتری خود را نسبت به روشهای متعارف نشان داده است.

۲-۸ تقسیم بندی و ادغام بلوکها

تقسیم بندی پیکسل‌های مختلف یک تصویر و ادغام خودکار مناطق مختلف با هم، از دیگر روشهای بکار رفته در این حوزه است. وانگ و همکاران یک الگوریتم آشکارسازی برجستگی پیشنهاد نمودند که در آن، هم پس‌زمینه و هم پیش-زمینه مورد توجه قرار می‌گیرند. در این روش، ابتدا ناحیه‌های پس‌زمینه از طریق ابرپیکسل‌های مرزی تصویر، جمع‌آوری و یک نقشه برجستگی مبتنی بر پس‌زمینه تولید می‌شود. سپس ناحیه‌های پیش‌زمینه از طریق ناحیه‌بندی نقشه برجستگی مرحله اول و از طریق یک حد آستانه، انتخاب و نقشه برجستگی مبتنی بر پیش‌زمینه تولید می‌شود. در ادامه هر دو نقشه برجستگی بدست آمده با استفاده از تکنیک یکپارچه سازی نقشه برجستگی^۴ با یکدیگر ادغام می‌شوند. این مرحله، سبب می‌شود که نواحی کوچکتر در نواحی بزرگتر جذب گردند اما از ادغام نواحی مجاور با اندازه تقریباً یکسان جلوگیری می‌نماید. مزیت این روش، مقاوم بودن آن در برابر نویز است، چرا که هم از اطلاعات پس‌زمینه، هم از اطلاعات پیش‌زمینه و هم از ویژگیهای محلی استفاده شده است. لیکن این روش برای تصاویری که دارای مات شدگی هستند و همینطور تصاویری که شیء شبیه به پس‌زمینه هست، کارایی خوبی ندارد [۱۳].

سورینو و گنزاگا تکنیکی را معرفی کردند که از طریق روش مبتنی بر ادغام منطقه، به طور خودکار اشیاء زیر آب را تقسیم‌بندی کرده و تشخیص می‌دهد [۳۳]. این تکنیک از سه مرحله اصلی تشخیص شیء برجسته، تعیین تقریبی محل پس‌زمینه و تقسیم‌بندی بر اساس ادغام منطقه تصویر، با اضافه کردن جسم بهبود یافته به محل پس‌زمینه، تشکیل شده است. لیکن این روش بسیار کند و زمانبر است.

جیان و همکاران بیان کردند که مدلهای تحلیلی پایین به بالا^۵ برای تشخیص مناطق برجسته یک تصویر از ویژگیهای همچون شدت نور تصویر، رنگ، میزان تباین

یکنواخت و با مرزهای برجسته تعیین می‌کند؛ از وضوح^۱ بالایی برخوردار است؛ و همچنین بازدهی محاسباتی مناسبی دارد. روش پیشنهادی در مقایسه با دیگر روشها از نظر معیارهای دقت^۲ و بازخوانی^۳ عملکرد مطلوب‌تری داشته و محتوای فرکانس مکانی تصویر را به خوبی حفظ کرده است. شین از الگوریتم تقسیم‌بندی رنگها به منظور موقعیت-یابی ماهی‌ها استفاده کرده است [۳۰]. در این روش، تصویر به فضای رنگی YCbCr منتقل و سپس اجزای شدت روشنایی به صورت غیرخطی و براساس پارامتر گاما اصلاح و مؤلفه‌های رنگی تصویر استخراج می‌شوند. در ادامه با استفاده از فرآیند آستانه‌گذاری، یک مقایسه منطقی برای تعیین شکل ماهی انجام می‌گردد. سپس مختصات اشیاء رنگی فیلتر شده محاسبه و به قسمت جداکننده مختصات ماهی‌ها، جهت تجزیه و تحلیل حرکت مسیر آنها، ارسال می‌شود. نتایج آزمایشها برتری روش مطرح شده را نسبت به دیگر روشهای رقیب نشان می‌دهد.

۲-۷ روشهای آماری

برخی از محققین از تئوری‌های آماری برای تعیین دقیق نویزها و بازیابی تصاویر اصلی استفاده کرده‌اند. به عنوان مثال بودهان و انسیری جهت پیش پردازش و مکان-یابی ماهی‌ها در تصاویر زیرآب، روشی را بر اساس نظریه پواسون-گوسین، پیشنهاد دادند [۳۱]. در مرحله پیش-پردازش، از نظریه پواسون-گوسین برای شناسایی دقیق نویزهای مختلف موجود در تصاویر زیرآب استفاده شده و عملیات حذف نویز و بازیابی تصاویر خام انجام می‌شود. در این روش، با استفاده از تغییر میانگین، تصویر به مناطق مختلفی تقسیم می‌شود. اگر پیش‌زمینه تصویر غیریکنواخت باشد، اغلب مقدار آستانه‌ی روشنایی برابر با مقدار میانگین سطح روشنایی است. این کار را می‌توان با بخش‌بندی تصویر به بلوک‌های کوچکتر و تعیین بهترین سطح آستانه برای هر بلوک تعیین نمود. این روش با تصاویر مختلف زیرآب مورد آزمایش قرار گرفته و نتایج نشان می‌دهد که رویکرد پیشنهادی، عملکرد مطلوبی داشته است.

در تحقیقی دیگر، بودهان و همکاران روشی برای پیش-پردازش تصاویر در محیط زیردریایی پر نویز ارائه کردند [۳۲]. روش آنها شامل دو فرآیند توزیع پواسون (جهت عملیات حذف نویز) و ترکیب گاوسی (جهت بازیابی تصاویر خام) می‌باشد. برای ارزیابی پارامترهای نویز، یک الگوریتم تکرار شونده بر اساس حداکثر احتمال برآورد پارامترها، در مدلهای آماری استفاده شده است. نویز عموماً به کمک یک

⁴ Unified saliency map

⁵ Bottom-up saliency detection models

¹ Resolution

² Accuracy

³ Recall

تصاویری که مات‌شدگی و نویز دارند را به خوبی تشخیص دهد.

امروزه استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق کانولوشنی (CNNs)^۳ در شاخه‌های مختلف هوش مصنوعی و برای کاربردهای بسیار متنوعی، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. به عنوان مثال، تان و همکاران جهت تشخیص شی ماهی در تصاویر، از CNNs استفاده کردند [۸]. در این روش به منظور محاسبه تعداد نقشه‌های برجسته یک تصویر یکپارچه، کنتراست مناطق مختلف تصویر محاسبه می‌شود. شناسایی ناحیه برجسته، یک مفهوم کیفی است که اشیاء، اشخاص یا پیکسل‌های نامرتبط را از همسایگان خود جدا می‌کند. در این پژوهش شی ماهی نیز به عنوان یک نقش برجسته در نظر گرفته شده است. این محققین بیان کرده‌اند که روش‌های شناسایی برجستگی، دارای تفکیک پذیری پایینی در تعریف حاشیه‌ای (لبه) بوده و همچنین هزینه‌های محاسباتی زیادی دارند.

کوری و همکاران به منظور افزایش توانایی وسایل نقلیه خودکار در زیرآب جهت یافتن اشیاء زیردريا به ویژه شیء ماهی، روش موثری را معرفی کرده‌اند [۳۷]. در روش پیشنهادی آنها، پس از اخذ اطلاعات اطراف وسیله نقلیه زیرآب توسط حسگرهای موجود، این اطلاعات به شبکه‌های عمیق داده شده تا فرآیند تصمیم‌گیری انسانی را شبیه‌سازی کنند. آنها سه تکنیک را بر روی شبکه عمیق مورد استفاده اعمال کردند: داده افزایی^۴ به منظور تولید حجم کافی داده برای آموزش شبکه، ساده سازی شبکه به منظور امکان اجرای الگوریتم بر روی سخت افزارهای معمولی تر و نهایتاً افزایش سرعت الگوریتم شناسایی شیء ماهی. نتایج معرفی شده توسط آنها بیانگر بهبود الگوریتم‌های رایج در زمینه تشخیص شیء ماهی می باشد.

علیرغم آنکه شبکه‌های عصبی عمیق، موفقیت قابل توجهی در استخراج خودکار ویژگی‌های یک تصویر، به منظور تشخیص شیء برجسته‌های موجود داشته‌اند، لیکن وجود برخی ویژگی‌های ذاتی در یک تصویر که با سایر ویژگی‌های موجود در تعارض بوده و لذا آنها را تحت الشعاع خود قرار می دهند، باعث شده است که این شبکه‌ها در تشخیص شیء برجسته گاهی به اشتباه افتاده و جوابهای نادرستی تولید کنند [۳۸]. به همین منظور، ما و همکاران از فرآیند آموزش مجدد^۵ شبکه عمیق برای یافتن شیء برجسته‌های کوچک و درون‌تر یک تصویر و سپس ترکیب آنها با یکدیگر به منظور

پیکسل‌ها و بافت اشیاء استفاده کرده و برخلاف مدل‌های بالا به پایین^۱ نیازی به حجم زیادی از داده برای آموزش مدل و همچنین دانش اولیه در خصوص پیش‌زمینه و پس‌زمینه تصویر ندارند [۳۴]. در نتیجه آنه از تبدیل موجک گسسته برای یافتن تکه‌های برجسته در یک تصویر استفاده کردند. آنها با بررسی مولفه‌های فرکانس بالای تصاویر (متناظر با لبه‌های موجود در تصویر) در سه راستای افقی، عمودی و قطری، نقاط مرکزی نواحی کاندیدای شیء برجسته را مشخص کرده‌اند. در نهایت با ادغام نقشه‌های ویژگی حاصل از بررسی سه جهت افقی، عمودی و قطری با یکدیگر، نقشه نهایی شیء برجسته تصویر حاصل شده است.

۲-۹ الگوریتم‌های ترکیبی

یاؤ و همکاران برای جداسازی تصویر ماهی از پس-زمینه، یک الگوریتم ترکیبی خوشه‌بندی k-means و ریخت-شناسی^۲ ریاضی معرفی کردند [۳۵]. در این روش، تعداد خوشه‌ها با تعداد قله‌های بافت‌نگار تصویر تعیین و مراکز خوشه‌ها با مقایسه میانگین و آستانه تعیین شده توسط آتسو، مشخص می‌شود. در نهایت عملیات ریخت‌شناسی برای بدست آوردن شکل بدن ماهی استفاده می‌گردد. نتایج تجربی نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی به خوبی تصویر ماهی و پس‌زمینه را در شرایط پیچیده جدا کرده و در مقایسه با الگوریتم آتسو و دیگر الگوریتم‌های تقسیم‌بندی، دقیق‌تر و پایدارتر عمل می‌کند. شایان ذکر است که استفاده از خوشه‌بندی k-means به منظور تقطیع بخش‌های مختلف تصاویر زیرآب، مورد توجه سایر محققین نیز بوده است [۳۶].

۲-۱۰ سایر روش‌ها

روش یادگیری چندنمونه‌ای از تکنیک‌های دیگر در تشخیص شیء برجسته به شمار می‌رود. هوانگ و همکاران آشکارسازی شیء برجسته از این طریق را معرفی کرده‌اند [۱۱]. پیشنهاد شیء، شامل یکسری خوشه بندی انتخابی بوده که این خوشه‌ها در مرحله پیش‌پردازش در نظر گرفته می‌شوند. این روش جهت یادگیری، خوشه‌ها را به عنوان بسته‌های حاوی ابرپیکسل‌های موجود (پیکسل‌هایی که بر اساس ارتباط رنگی دارای ویژگی‌های مشترک هستند) در نظر گرفته و مسئله تشخیص شیء برجسته را به عنوان یک هدف یادگیری چند نمونه‌ای، مدل می‌کند. از مزایای این روش، تمرکز آن بر روی نواحی مختلف موجود در تصویر و انعطاف آن در مقابله با نواحی مختلف و از معایب آن عدم شناسایی تصاویر اشیاء شبیه به پس‌زمینه است. همچنین این روش نمی‌تواند

³ Convolutional Neural Networks (CNNs)

⁴ Data augmentation

⁵ Re-learning

¹ Top-down saliency detection models

² Morphology

تفکیک رنگ پس‌زمینه تصاویر و جداسازی ماهی‌ها در تصاویر زیرآب، بسیار سودمند است [۴۰].

در استاندارد CIE، رنگ بر مبنای ترکیب رنگها، نور، شی و یک عامل بینایی شکل می‌گیرد. در سال ۱۹۳۱ کمیسیون بین‌المللی نور، سیستمی را ارائه داد که می‌توانست رنگ را، که تحت یک منبع نور استاندارد و از سوی یک عامل بینایی استاندارد دیده شده است، به شکل اعداد ریاضی بیان نماید. به این سیستم رنگ‌شناسی، نمودار رده‌بندی نور بر حسب رنگ و شدت آن گفته می‌شود. این سیستم در واقع نزدیک به فضای رنگ بصری است [۳۹].

فضای رنگ Lab نامی مخفف برای دو فضای رنگ متفاوت است. شناخته‌ترین آنها مدل CIE LAB (CIE $L^*a^*b^*$ Hunter Lab) و دیگری مدل Hunter Lab (Hunter $L^*a^*b^*$) است. این دو مدل بر مبنای نظریه تضاد رنگها (L, a, b) است. در این نظریه، گیرنده‌های چشم انسان، رنگها را به صورت زوج‌های مخالف روشن-تیره، قرمز-سبز، زرد-آبی مشاهده می‌کنند. Lab نامی مختصر شده است و نباید آن را به صورت پیش‌فرض به یکی از دو مدل فوق نسبت داد [۴۱]. این دو فضای رنگ دارای هدف مشترکی هستند، اما از طرفی ساختاری متفاوت دارند. هدف هر دو مدل رنگ، ایجاد یک فضای رنگی است که نسبت به مدل‌های دیگر، بطور ادراکی خطی‌تر باشد. خطی بودن به طور ادراکی، به این معنا است که تفاوت بین هر دو رنگ به میزان یکسانی با رنگهای دیگر بوده و این تفاوت، خواه با رنگ بنفش، قرمز، نارنجی و یا آبی به یک میزان باشد.

مدل CIE $L^*a^*b^*$ مدل رنگ کاملی است که برای توصیف همه رنگهای قابل مشاهده توسط چشم انسان به کار برده می‌شود [۴۱]. این مدل براساس پیشنهاد کمیته ی بین‌المللی استاندارد در سال ۱۹۳۱ تعریف و در سال ۱۹۷۶ مورد بازبینی قرار گرفت که به مدل CIE $L^*a^*b^*$ معروف شد [۴۲]. این فضای رنگ برای توصیف رنگهای مشاهده شده توسط چشم انسان مناسب است [۴۳]. در این مدل قابلیت درک رنگهای متفاوت برای چشم انسان به صورت خطی حاصل شده است. لازم به ذکر است که ارتباطات غیر خطی برای L^* ، a^* و b^* به دلیل تقلید از عملکرد لگاریتمی چشم انسان، مورد توجه قرار گرفته است [۴۱]. بر خلاف مدل رنگ RGB، مدل رنگ CIE $L^*a^*b^*$ برای تقریب زدن فرآیند سیستم بینایی انسان طراحی شده است. از لحاظ یکنواختی ادراکی، این مدل دارای برتری نسبت به فضاهای رنگی دیگر است چرا که مولفه L مطابقت نزدیکی با درک انسان از روشنایی دارد. بنابراین، می‌توان آن را برای ایجاد اصلاحات دقیق در تعادل رنگ با تغییرات منحنی خروجی در مولفه‌های a و b، یا برای تنظیم کنتراست با استفاده از مولفه L مورد استفاده قرار داد.

ساخت شیء برجسته اصلی استفاده کرده که منجر به افزایش قابل توجه راندمان شبکه‌های عمیق شده است [۳۸]. با مرور ادبیات تحقیق، مشخص می‌گردد که برخی از عواملی که باعث پیچیدگی قطعه‌بندی تصاویر زیرآب می‌شوند عبارتند از: نویز محلی، تغییر حجم جزئی اشیاء درون آب و غیر یکنواختی شدت روشنایی محیط. روشهای پیشنهاد شده توسط تحقیقات گذشته، غالباً اقدام به اصلاح پیکسل‌های تصویر می‌کنند که این فرآیند، خود به تغییر رنگ تصویر منجر می‌شود. همچنین در روشهای متداول قطعه‌بندی جهت جداسازی نواحی برجسته، می‌بایست یک ناحیه تقریبی برای پیش‌زمینه یا پس‌زمینه در نظر گرفته شود که این مسئله، یک نوع محدودیت تلقی می‌گردد.

در این مقاله، روش جدیدی جهت قطعه‌بندی شی ماهی در تصاویر رنگی زیرآب پیشنهاد شده که با ترکیب فضاهای رنگی RGB و CIE $L^*a^*b^*$ ، یک فضای رنگی جدید جهت جداسازی بهتر و دقیق‌تر پیکسل‌ها و تشخیص ناحیه شی برجسته ماهی را معرفی می‌کند. روش پیشنهادی، محدودیت تکنیک‌های قطعه‌بندی آشکارسازی اشیاء برجسته تصاویر [۱۹، ۲۰] (که می‌بایست جهت جداسازی نواحی برجسته، یک ناحیه تقریبی برای پیش‌زمینه یا پس‌زمینه در نظر گرفته شود)، را برطرف کرده و به نتایجی قابل قبولی در مقایسه با روشهای دیگر موجود در این حوزه رسیده است.

۳ روش پیشنهادی جداسازی شی ماهی در تصاویر رنگی زیرآب

در این مقاله، از دو روش مرسوم پردازش تصویر، تبدیل بسط کنتراست^۱ و روش قطعه‌بندی SOD به منظور از بین بردن نویز و جداسازی شی ماهی در تصاویر رنگی زیر آب استفاده شده است.

یک فضای رنگی، فضایی چند بعدی است که هر بعد آن، معرف یکی از اجزا تشکیل دهنده رنگ است [۳۹]. RGB یکی از متداولترین فضاهای رنگ در بحث پردازش تصویر است. لیکن به دلیل اینکه مؤلفه روشنایی در فضای رنگی RGB، از دیگر مؤلفه‌های رنگی جدا نیست و با تغییر میزان روشنایی هر یک از رنگها در این فضا، مؤلفه‌های رنگی دیگر نیز دچار تغییر می‌شوند و از آنجا که میزان روشنایی در مسئله قطعه‌بندی اهمیت زیادی دارد، لذا در این تحقیق از فضای رنگی CIE $L^*a^*b^*$ ، که مولفه رنگی آن از دیگر مولفه‌ها جدا است، استفاده شده است. این ویژگی برای

¹ Contrast Stretching Transformation

در این فضای رنگی، متغیر L مولفه شدت روشنایی؛ مقادیر منفی متغیر a توصیف کننده رنگ سبز و مقادیر مثبت آن توصیف کننده رنگ قرمز، و مقادیر منفی متغیر b توصیف کننده رنگ آبی و مقادیر مثبت آن بیانگر رنگ زرد هستند. در این فضای رنگی، رنگ مشکی وقتی پدید می آید که مقدار درخشندگی (L) برابر با صفر بوده و رنگ سفید وقتی پدید می آید که میزان درخشندگی (L) برابر با صد باشد [۴۳].

روش پیشنهادی شامل گامهای ورود تصویر، پیش پردازش (تغییر اندازه تصویر و حذف نویز)، تغییر فضای رنگی و تفکیک مؤلفه‌های آن جهت ایجاد فضای رنگی ترکیبی جدید، لبه‌یابی تصویر، مشخص نمودن نواحی برجسته تصویر، تقطیع تصویر براساس تضاد ناحیه، ادغام تصویر، تشخیص نقشه برجستگی تصویر، تشکیل ماسک دودویی، فیلترینگ تصویر و نهایتاً نمایش تصویر حاصل بوده که در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.

۳-۱ مشخص کردن تصویر ورودی

در گام اول، تصاویر RGB به سیستم وارد می‌شوند. به منظور اعمال روش پیشنهادی بر روی تصاویر زیرآب، با کیفیت و بی کیفیت، از دو پایگاه داده که عموماً برای شناخت انواع ماهی‌ها و جانداران زیرآب بکار گرفته شده و حاوی تصاویر و فیلم‌های واقعی از اعماق دریاها و اقیانوس‌ها و با کیفیت‌های مختلف و با دوربین‌های مختلف است، استفاده گردید.

پایگاه داده اول با نام fishdb، در حال حاضر شامل ۸۹۹۵ تصویر از ۱۶۲۶ گونه مختلف ماهی و سایر موجودات زنده، همانند مرجانها، است که از دریای سرخ، اقیانوس آرام و اقیانوس هند تهیه شده‌اند [۴۴]. فرمت تصاویر موجود در این پایگاه داده JPG و اندازه و رزولوشن آنها بسیار متنوع و متغیر است. دلیل این امر هم ناشی از آن است که تمامی کاربران و محققین این حوزه، امکان اضافه کردن تصاویر زیرآب جدید به آن را دارند.

پایگاه داده دوم، به نام RECOG، حاوی ۲۷۳۷۰ تصویر ماهی، شامل ۲۳ گروه تصاویر رنگی و ۲۳ گروه ماسک‌های دودویی تصاویر همان گروه، می باشد که از فایل‌های ویدئویی تصاویر زیرآب اخذ شده و بطور جداگانه ذخیره شده‌اند [۴۵]. تعداد تصاویر در ۲۳ گروه این پایگاه داده، بسیار متغیر و از تعداد ۲۱ نمونه در یک گروه تا ۱۲۱۱۲ در گروه دیگر متغیر است. تصاویر بطور دستی و توسط متخصصین، برجسب گذاری و متمایز شده‌اند. لازم به ذکر است که این تصاویر وضوح بسیار کمی داشته و لذا مناسب برای ارزیابی روشهای این حوزه می‌باشند.

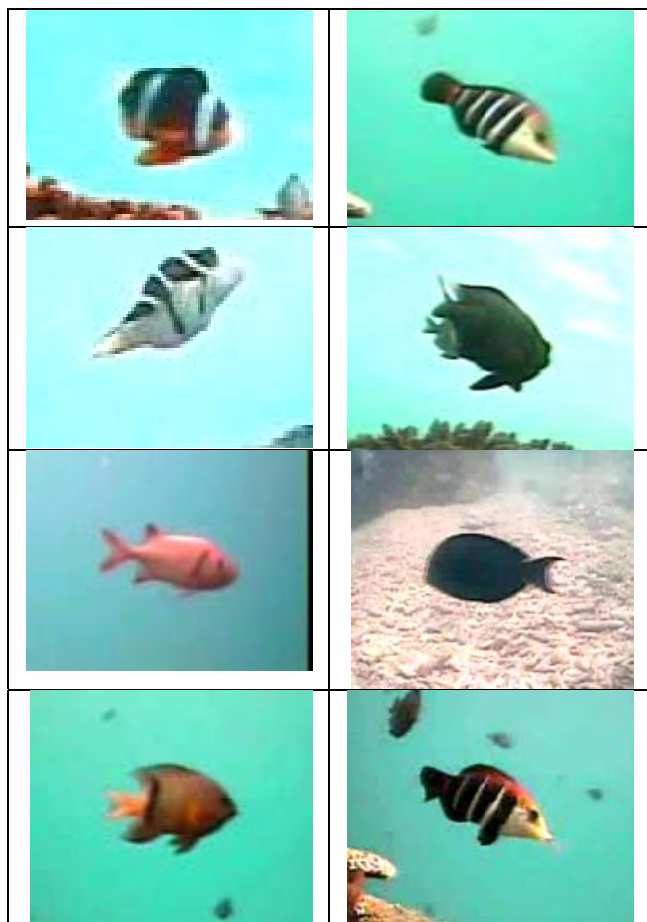


شکل ۱ - روند کلی روش پیشنهادی



شکل ۲- تصاویر مورد استفاده در این تحقیق از پایگاه داده fishdb [۴۴]

تصاویر منتخب از این دو پایگاه داده، دارای چالشهای مختلفی از جمله پیچیدگی پس زمینه، مات بودن تصاویر و استتار ماهی ها با شنهای رنگی کف دریا می باشند. شکلهای ۲ و ۳ مجموعه تصاویر مرجع مورد استفاده در این مقاله، متناظر با روشهای مورد مقایسه در این تحقیق، را نشان می دهد. تصاویر شکل ۲ از پایگاه داده fishdb و تصاویر ۱۳ شکل ۳ از پایگاه داده RECOG انتخاب شده اند.

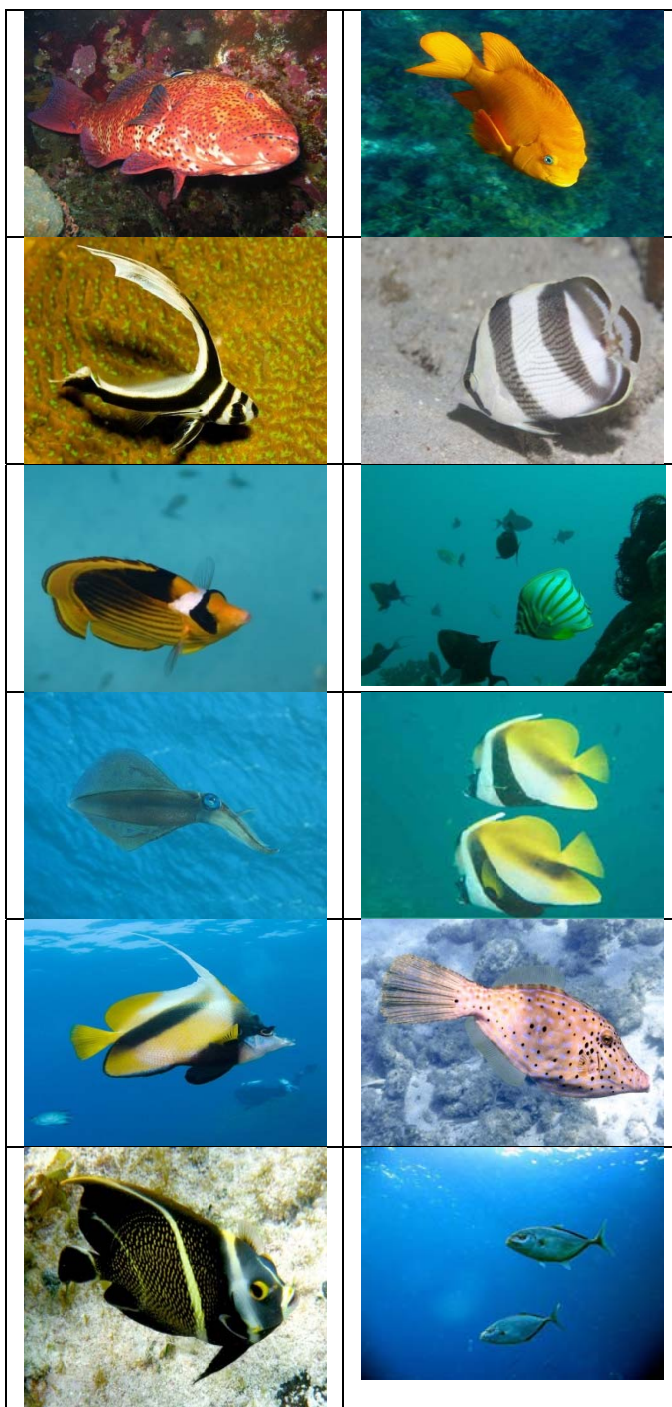


شکل ۳- تصاویر مورد استفاده در این تحقیق از پایگاه داده RECOG [۴۵]

تذکر : به دلیل رعایت مسایل صفحه آرایی، برای بخشهای آتی مقاله، منحصرا یک تصویر به عنوان نمونه دیده می شود. لیکن در انتهای مقاله تعداد بیشتری از تصاویر بطور یکجا در شکل شماره ۱۶ نمایش داده شده اند.

۲-۳ پیش پردازش

در گام دوم، به منظور افزایش سرعت پردازش، ابعاد تصاویر به مقدار ۴۰۰×۲۰۰ پیکسل تغییر می یابند. همچنین با استفاده از روش تبدیل بسط کنتراست، نویز تصویر حذف می گردد.



%% im is original image in RGB color space

labim = rgb2lab (im) ;

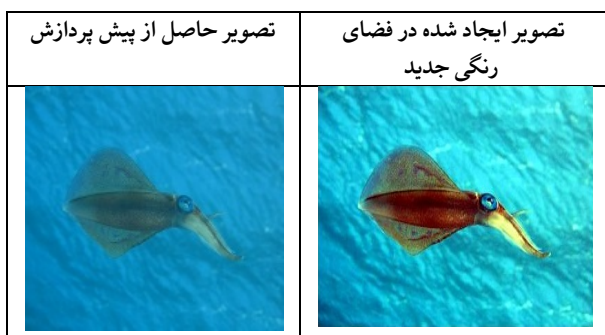
newim (:, :, 1) = labim (:, :, 1);

newim (:, :, 2) = im (:, :, 3);

newim (:, :, 3) = labim (:, :, 3);

شکل ۴: نحوه ایجاد فضای رنگی جدید پیشنهادی

شکل ۵، یک نمونه تصویر مورد آزمایش ایجاد شده توسط مرحله پیش پردازش و نتیجه انتقال آن به فضای رنگی جدید پیشنهادی را نشان می دهد. تصویر بکار رفته در شکل های ۵ الی ۱۰، یکی از تصاویر نمونه ای از پایگاه داده fishdb است.



شکل ۵: تصویر در فضای رنگی اولیه و فضای رنگی جدید

۳-۴ لبه یابی تصویر

در این مرحله، با استفاده از بردار گرادیان، حداکثر نرخ تغییرات روشنایی به منظور لبه یابی شی محاسبه می گردد. شکل ۶، نمونه ای از عملکرد بردار گرادیان را بر روی یک نمونه تصویر پایگاه داده، نمایش می دهد.



شکل ۶: خروجی لبه یابی با استفاده از گرادیان در روش پیشنهادی

۳-۵ مشخص نمودن نواحی برجسته و خاص تصویر

در این بخش، از روش قطعه بندی SOD [۱۹] جهت جداسازی شی ماهی در تصاویر زیر آب استفاده می شود. در

این کار اثرات مه، غبار یا نویزهایی را که در اثر شکست نور در آب ایجاد شده، از تصاویر حذف کرده و لذا رنگها با دقت بیشتری در تصویر به نمایش در می آیند.

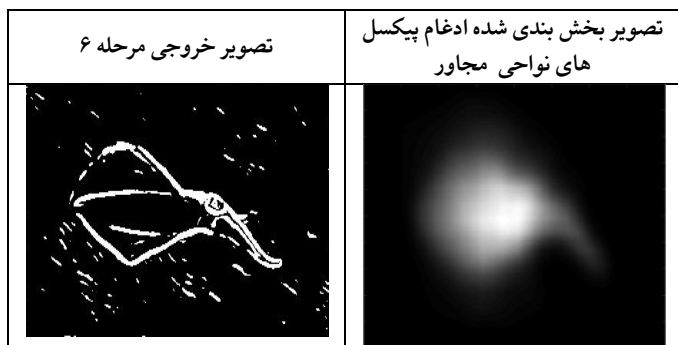
۳-۳ ایجاد فضای رنگی ترکیبی

به دلیل آنکه در فضای رنگی RGB، مؤلفه روشنایی از مؤلفه های رنگی قرمز، سبز و آبی جدا نیست، لذا در این مرحله، تصاویر از فضای RGB به فضای CIE L*a*b انتقال می یابد (اینکار با استفاده از توابع پیش فرض موجود در محیط برنامه نویسی متلب انجام میشود).

تصاویر در هر دو فضای RGB و CIE L*a*b، دارای ۳ مؤلفه هستند. با توجه به ماهیت آبی رنگ تصاویر زیرآب بویژه در اعماق و همچنین مفهوم کانال تاریک، در عمل فقط مؤلفه B از فضای رنگی RGB دارای اطلاعات مناسب برای هدف این تحقیق بوده و دو مؤلفه R و G که حاوی رنگهای قرمز و سبز هستند کاربرد خاصی نداشته و در عمل با حذف آنها، حجم پردازش لازم کمتر و در نتیجه سرعت کلی عملیات بیشتر خواهد شد.

در فضای رنگی CIE L*a*b، مؤلفه روشنایی L از دیگر مؤلفه های رنگی جدا بوده که حاوی روشنایی تصویر از مقدار ۰ تا ۱۰۰ است. همچنین با توجه به آنکه در این فضای رنگی، تقسیم بندی رنگهای قرمز تا سبز در مؤلفه a و تقسیم بندی رنگهای زرد تا آبی در مؤلفه b انجام شده است، لذا فقط مؤلفه b از بین این دو مؤلفه مناسب برای هدف مورد نظر بوده و مؤلفه a کاربردی ندارد. ضمناً در این فضای رنگی تفکیک و پردازش رنگها بسیار مؤثرتر انجام می گیرد.

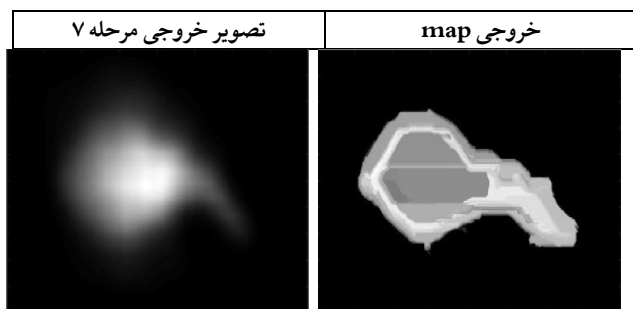
با در نظر گرفتن موارد فوق، ۳ مؤلفه تصویر در فضای رنگی RGB و همچنین ۳ مؤلفه تصویر در فضای رنگی CIE L*a*b از یکدیگر تفکیک شده و نهایتاً با استفاده از مؤلفه های L و b از فضای رنگی CIE L*a*b و مؤلفه B از فضای رنگی RGB، یک فضای رنگی ترکیبی جهت قطعه بندی تصاویر زیرآب ایجاد می گردد. منظور از فضای ترکیبی ایجاد شده، استفاده از مقادیر کمی هر کدام از ۳ پارامتر انتخاب شده، جهت نمایش یک تصویر جدید، مجدداً با ۳ مؤلفه است. شکل ۴، کد استفاده شده در زبان متلب در این تحقیق، برای ایجاد فضای رنگی ترکیبی جدید را از تصاویر دو فضای قبلی نمایش می دهد. همانطور که در این کد دیده می شود ایجاد تصویر در فضای ترکیبی جدید، منحصر با جایگذاری مؤلفه اول و سوم تصویر از فضای CIE L*a*b به ترتیب به عنوان مؤلفه های اول و سوم تصویر در فضای رنگی جدید و همچنین جایگذاری مؤلفه سوم تصویر از فضای RGB به عنوان مؤلفه دوم تصویر در فضای رنگی جدید، انجام می گیرد.



شکل ۸: خروجی ادغام نواحی در روش پیشنهادی

۳-۸ تشکیل نقشه برجستگی تصویر

در این گام، با استفاده از خوشه بندی پیکسل ها و با توجه به الگوی پس زمینه و شی استخراج شده، یک تصویر سطح خاکستری (نقشه یا map) تولید می شود (شکل ۹).



شکل ۹: خروجی map بدست آمده در روش پیشنهادی

۳-۹ تشکیل ماسک دودویی

پیکسل های بدست آمده از مرحله تشکیل نقشه برجستگی، در یک حلقه تکرار بررسی شده و با استفاده از یک حد آستانه، نقشه بدست آمده جهت استخراج شی مورد نظر، آستانه گذاری می شود. در واقع با اعمال این حد آستانه، یک ماسک دودویی ایجاد می شود. در نقشه حاصل، پیکسل هایی که به عنوان شی ماهی برگزیده شده اند به مقدار "یک" (رنگ سفید) و پیکسل هایی که به عنوان پس زمینه در نظر گرفته شده اند به مقدار "صفر" (رنگ مشکی) تبدیل می شوند. شکل ۱۰ نتیجه حاصل از فرآیند ایجاد ماسک دودویی را بر روی برخی از تصاویر نمونه ای نمایش می دهد.

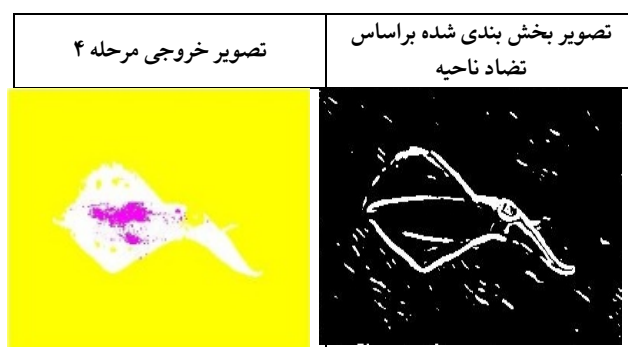
۳-۱۰ فیلترینگ تصویر

در این مرحله، ماسک دودویی بدست آمده از گام قبل، در تصویر ورودی ضرب و در واقع عمل فیلترینگ تصویر انجام می شود. این کار باعث خواهد شد که فقط ناحیه شی مورد نظر (شی ماهی) از تصویر استخراج شود.

روش قطعه بندی SOD معمول، می بایست در ابتدا یک ناحیه تقریبی برای پیش زمینه و پس زمینه در نظر گرفته شود که این مسئله، به نوعی محدودیت این روش تلقی می گردد. اما در روش پیشنهادی چنین محدودیتی وجود ندارد، زیرا در این روش با استفاده از فضای رنگی CIE L*a*b، پردازش روی طیف های رنگی تصویر انجام گرفته و میتوان بدون در نظر گرفتن هرگونه پیش فرضی، شی مورد نظر را از تصویر جداسازی کرد.

۳-۶ تقطیع تصویر بر اساس تضاد ناحیه

در این قسمت، بخش بندی تصویر بر اساس تضاد ناحیه و تشخیص رنگ پس زمینه صورت می پذیرد. در این روش، پیکسل های مجاور با دامنه یکسان با یکدیگر گروه بندی شده تا شی ماهی را از پس زمینه جدا کنند. بدین ترتیب که الگوریتم به صورت تصادفی با انتخاب یک مجموعه از نقاط به نام "بذر" آغاز میشود. الگوریتم سپس نقاط مجاور هر نقطه بذر، که دارای مشخصات مشابهی (نظیر محدوده مشخصی از سطح تیرگی یا رنگی) با آن نقطه بذر باشند، را در یک دسته (خوشه) قرار می دهد و به این ترتیب قطعه بندی تصویر براساس تضاد ناحیه و رنگ انجام می شود (شکل ۷).



شکل ۷: خروجی بخش بندی تصاویر بر اساس تضاد ناحیه در روش پیشنهادی

۳-۷ ادغام تصویر

در این مرحله با استفاده از تکنیک یکپارچه سازی نقشه برجستگی، پیکسل هایی که بر اساس تضاد ناحیه بخش بندی شده اند، با یکدیگر ادغام می شوند. این تکنیک، شامل تقسیم یک تصویر به یک مجموعه دلخواه از نواحی مجزا و سپس ادغام و یا جداسازی بعضی از این نواحی می باشد. روش پیشنهادی از ادغام نواحی مجاور با اندازه تقریباً یکسان جلوگیری می کند، اما سبب می شود که نواحی کوچکتر جذب نواحی بزرگتر شوند (شکل ۸).

معرفی شده‌اند [۲۰]. در رابطه ۴، مقدار پارامتر β^2 و بر اساس ادبیات تحقیق، غالباً به عدد ۰/۳ تنظیم می‌شود. لیکن در موارد متعدد دیگر، عدد ۱ برای این پارامتر لحاظ می‌گردد.

$$\text{Accuracy} = (TP+TN) / (TP+TN+FP+FN) \quad (۱)$$

$$\text{Precision} = TP / (TP + FP) \quad (۲)$$

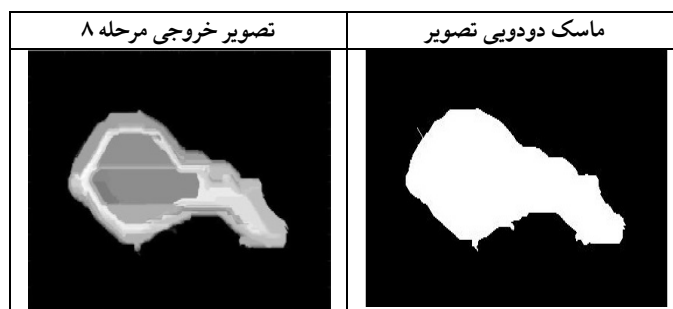
$$\text{Recall} = TP / (TP + FN) \quad (۳)$$

$$F \text{ measure} = ((1+\beta^2) * \text{Precision} * \text{Recall}) / (\beta^2 * \text{Precision} + \text{Recall}) \quad (۴)$$

جدول ۱ مقادیر معیارهای ارزیابی دقت، صحت، بازخوانی و $F_measure$ را برای تعدادی از تصاویر پایگاه داده های مورد استفاده، که دارای چالشهای مختلفی بوده و شناسایی آنها مشکل‌تر از بقیه تصاویر است، نشان می‌دهد. همانطور که از نتایج جدول ۱ مشخص است، بخش‌بندی و استخراج ماهی-ها از تصاویر با وجود چالش‌های مختلف، از جمله پیچیدگی پس‌زمینه و مات بودن تصاویر و استتار ماهی‌ها با شنای رنگی کف دریا، با دقت مطلوبی انجام شده است. تصاویر ردیفهای اول تا ششم جدول ۱ متعلق به پایگاه داده fishdb و تصویر ردیف هفتم متعلق به پایگاه داده RECOG می-باشند.

۴-۱ ارزیابی کمی نتایج

برای درک بهتر نتایج جداسازی شیء برجسته ماهی از تصاویر، از ماتریس درهم‌آمیختگی نیز استفاده شد. پیکسل-های تصاویر نتیجه، در دو کلاس صفر و یک قرار می‌گیرند. کلاس صفر بیانگر پس‌زمینه و کلاس یک، بیانگر ماهی‌ها در تصاویر هستند. در ماتریس‌های درهم‌آمیختگی نشان داده شده در شکل‌های ۱۱ الی ۱۳، اعداد قرار گرفته روی قطر اصلی (خانه‌های سبز رنگ)، بیانگر پیکسل‌هایی هستند که به درستی دسته‌بندی شده‌اند و خانه آبی رنگ، دقت نهایی را نشان می‌دهد. این ۳ شکل به ترتیب مربوط به تصویری که رنگ ماهی با پس‌زمینه آن یکسان است، رنگ ماهی با پس-زمینه مشابه نیست و شکل ماهی کاملاً با شکل مرسوم ماهی-های دیگر متفاوت است، می‌باشند.



شکل ۱۰: خروجی آستانه‌گذاری در روش پیشنهادی

۳-۱۱ استخراج شی ماهی از تصویر

گام آخر، خروجی روش پیشنهادی، یعنی استخراج شی ماهی از تصاویر زیر آب می‌باشد.

۴ نتایج حاصل از روش پیشنهادی

به منظور ارزیابی کارایی روش پیشنهادی، پس از بخش‌بندی و استخراج ماهی‌ها از تصاویر ورودی، پارامترهای "منفی واقعی" (TN)^۱، "مثبت واقعی" (TP)^۲، "مثبت کاذب" (FP)^۳ و "منفی کاذب" (FN)^۴ محاسبه و سپس پارامترهای ارزیابی دقت^۵، صحت^۶، بازخوانی^۷ و $F_measure$ محاسبه و همچنین ماتریس درهم‌آمیختگی^۸ برای هر یک از پارامترهای فوق تشکیل گردید.

مصادیق پارامترهای TP، TN، FP و FN در این تحقیق به صورت زیر تعریف می‌شوند. TP، بیانگر پیکسل‌هایی است که دسته‌ی واقعی آنها پیش‌زمینه بوده و در عمل، دسته‌ی آنها به درستی پیش‌زمینه تشخیص داده شده است. TN، بیانگر پیکسل‌هایی است که دسته‌ی واقعی آنها پس‌زمینه بوده و در عمل، دسته‌ی آنها به درستی پس‌زمینه تشخیص داده شده است. FP، بیانگر پیکسل‌هایی است که دسته‌ی واقعی آنها پیش‌زمینه بوده، لیکن دسته‌ی آنها به غلط پس‌زمینه تشخیص داده شده است. FN، بیانگر پیکسل‌هایی است که دسته‌ی واقعی آنها پس‌زمینه بوده، ولی دسته‌ی آنها به غلط پیش‌زمینه تشخیص داده شده است.

روابط مربوط به پارامترهای ارزیابی دقت، صحت، بازخوانی و $F_measure$ به ترتیب در فرمول‌های ۱ الی ۴

^۱ True Negative (TN)

^۲ True Positive (TP)

^۳ False Positive (FP)

^۴ False Negative (FN)

^۵ Accuracy

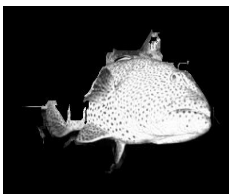
^۶ Precision

^۷ Recall

^۸ Confusion Matrix

جدول ۱: ارزیابی فرایند بخش بندی برای تصاویر نمونه از هر دو پایگاه داده مورد استفاده

	Accuracy	Recall	Precision	F ₁ measure
	۰/۹۵۵۸	۰/۷۱۹۸	۰/۹۲۲۱	۰/۸۰۸۵
	۰/۹۷۰۱	۰/۹۷۴۲	۰/۸۹۱۸	۰/۹۳۱۲
	۰/۹۲۰۹	۰/۹۶۵۶	۰/۸۲۰۸	۰/۸۸۷۳
	۰/۹۴۳۵	۰/۹۹۰۳	۰/۵۱۰۷	۰/۶۷۳۹
	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۰/۹۶۹۴	۰/۹۷۷۲	۰/۸۸۶۷	۰/۹۲۹۸
	۰/۹۴۷	۰/۹۹۹	۰/۶۶۴	۰/۷۹۸

شی ماهی جداسازی شده	ماتریس درهم آمیختگی																			
	Confusion Matrix																			
	<table><tr><td>0</td><td><table><tr><td>27036 67.6%</td><td>3424 8.6%</td><td>88.8% 11.2%</td></tr></table></td></tr><tr><td>1</td><td><table><tr><td>743 1.9%</td><td>8797 22.0%</td><td>92.2% 7.8%</td></tr></table></td></tr><tr><td></td><td><table><tr><td>97.3% 2.7%</td><td>72.0% 28.0%</td><td>89.6% 10.4%</td></tr></table></td></tr><tr><td></td><td><table><tr><td>0</td><td>1</td></tr></table></td></tr></table>	0	<table><tr><td>27036 67.6%</td><td>3424 8.6%</td><td>88.8% 11.2%</td></tr></table>	27036 67.6%	3424 8.6%	88.8% 11.2%	1	<table><tr><td>743 1.9%</td><td>8797 22.0%</td><td>92.2% 7.8%</td></tr></table>	743 1.9%	8797 22.0%	92.2% 7.8%		<table><tr><td>97.3% 2.7%</td><td>72.0% 28.0%</td><td>89.6% 10.4%</td></tr></table>	97.3% 2.7%	72.0% 28.0%	89.6% 10.4%		<table><tr><td>0</td><td>1</td></tr></table>	0	1
	0	<table><tr><td>27036 67.6%</td><td>3424 8.6%</td><td>88.8% 11.2%</td></tr></table>	27036 67.6%	3424 8.6%	88.8% 11.2%															
	27036 67.6%	3424 8.6%	88.8% 11.2%																	
	1	<table><tr><td>743 1.9%</td><td>8797 22.0%</td><td>92.2% 7.8%</td></tr></table>	743 1.9%	8797 22.0%	92.2% 7.8%															
743 1.9%	8797 22.0%	92.2% 7.8%																		
	<table><tr><td>97.3% 2.7%</td><td>72.0% 28.0%</td><td>89.6% 10.4%</td></tr></table>	97.3% 2.7%	72.0% 28.0%	89.6% 10.4%																
97.3% 2.7%	72.0% 28.0%	89.6% 10.4%																		
	<table><tr><td>0</td><td>1</td></tr></table>	0	1																	
0	1																			
	Target Class																			

شکل ۱۱: ماتریس درهم آمیختگی مربوط به جداسازی شی ماهی از یک تصویر زیرآبی که رنگ ماهی با رنگ پس زمینه یکسان و به رنگ قرمز بوده است

شی ماهی جداسازی شده		ماتریس درهم آمیختگی	
	Confusion Matrix		
	Output Class	0	30729 76.8% 214 0.5% 99.3% 0.7%
		1	980 2.5% 8077 20.2% 89.5% 10.8%
			96.9% 3.1% 97.4% 2.6% 97.0% 3.0%
		0	1
	Target Class		

شکل ۱۲: ماتریس درهم آمیختگی مربوط به جداسازی شی ماهی از یک تصویر زیرآبی که رنگ ماهی با رنگ پس زمینه یکسان است

شی ماهی جداسازی شده	ماتریس درهم آمیختگی																
	Confusion Matrix																
	<table><tr><td>0</td><td>27093 67.7%</td><td>0 0.0%</td><td>100% 0.0%</td></tr><tr><td>1</td><td>0 0.0%</td><td>12907 32.3%</td><td>100% 0.0%</td></tr><tr><td></td><td>100% 0.0%</td><td>100% 0.0%</td><td>100% 0.0%</td></tr><tr><td>0</td><td></td><td>1</td><td></td></tr></table>	0	27093 67.7%	0 0.0%	100% 0.0%	1	0 0.0%	12907 32.3%	100% 0.0%		100% 0.0%	100% 0.0%	100% 0.0%	0		1	
	0	27093 67.7%	0 0.0%	100% 0.0%													
	1	0 0.0%	12907 32.3%	100% 0.0%													
		100% 0.0%	100% 0.0%	100% 0.0%													
0		1															
Output Class																	
Target Class																	

شکل ۱۳: ماتریس درهم آمیختگی مربوط به جداسازی شی ماهی از یک تصویر زیرآب که شکل کلی آن با بقیه ماهی ها متفاوت بوده است

شکلهای ۱۴ و ۱۵ به ترتیب نمونه هایی از نتایج حاصل از روش پیشنهادی را بر روی تعدادی از تصاویر پایگاه داده-های fishdb و RECOG نشان می دهند. به منظور مقایسه دقیق و عادلانه نتیجه روش پیشنهادی در این مقاله با روش مقاله مورد مقایسه (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷)، روش آن محققین بطور کامل پیاده سازی و با تصاویر بکار رفته در این مقاله، ارزیابی شده است. نتایج حاصل از این روش در ستون سوم و دو شکل ۱۴ و ۱۵ دیده می شوند.

همچنین شکل ۱۶ نتایج مرحله به مرحله اعمال روش پیشنهادی را بر روی چند تصویر نمونه از هر دو پایگاه داده بکار رفته نمایش می دهد. تصاویر ۱ الی ۳ متعلق به پایگاه داده fishdb و تصویر ۴ متعلق به پایگاه داده RECOG می باشند.

۴-۲ ارزیابی کیفی نتایج

به منظور نشان دادن کارایی روش پیشنهادی در جداسازی تصویر شی ماهی در تصاویر زیر آب، این روش بر روی تصاویر مختلف باکیفیت و بی کیفیت از دو پایگاه داده

محدودیت بانظارت بودن الگوریتم‌های قطعه‌بندی تصاویر رنگی زیرآب در مشخص نمودن پس‌زمینه و پیش‌زمینه. لذا در این تحقیق و بر اساس مشکلات مهم موجود در قطعه‌بندی تصاویر رنگی زیرآب، روش جدیدی برای جداسازی شی ماهی پیشنهاد گردید.

ابتدا از فضای رنگی RGB، مؤلفه B و از فضای رنگی CIE L*a*b، مؤلفه‌های L و b انتخاب و با ترکیب آنها با یکدیگر، یک فضای رنگی جدید ایجاد گردید تا محدودیت الگوریتم قطعه‌بندی SOD معمول مرتفع گردد. حذف نویز از یک تصویر باید با حفظ ویژگی‌های اصلی آن (لبه، بافت، رنگ، کنتراست و غیره) انجام گیرد. لذا به منظور تقطیع بهتر شی ماهی، با استفاده از روش تبدیل بسط کنتراست، نویز تصاویر از بین می‌رود. این کار، اثر مه، غبار یا نویزهایی را که در اثر روشنایی‌هایی که توسط شکست نور در آب ایجاد شده، از تصاویر حذف کرده و رنگها با دقت بیشتری در تصویر به نمایش در می‌آیند.

تقطیع تصویر براساس تضاد ناحیه انجام می‌شود. به منظور ادغام نواحی کوچک در نواحی بزرگتر موجود (که براساس تکنیک ناحیه‌بندی انتخاب شده‌اند)، از روش نقشه برجستگی Svm استفاده شده است. این روش از ادغام نواحی مجاور با اندازه تقریباً یکسان نیز جلوگیری می‌کند. در ادامه با استفاده از خوشه‌بندی پیکسل‌های بدست آمده از مرحله قبل، یک تصویر سطح خاکستری (map) تولید و سپس جهت تشکیل ماسک دودویی، پیکسل‌هایی که به عنوان شیء ماهی برگزیده شده‌اند برابر با عدد یک و پیکسل‌هایی که به عنوان پس‌زمینه در نظر گرفته شده‌اند برابر با عدد صفر قرار می‌گیرند. در نهایت، به منظور استخراج شیء ماهی از تصویر، ماسک دودویی بدست آمده در تصویر ورودی ضرب و عمل فیلترینگ تصویر انجام می‌گیرد. به عبارت دیگر با جداسازی پس‌زمینه و شی ماهی بر اساس ویژگی‌های فضای رنگ، شی ماهی از تصاویر رنگی زیرآب استخراج می‌شود.

کارایی این روش با توجه به معیارهای رایج ارزیابی در مقایسه با کارهای مشابه، بررسی گردید که در نتیجه شاخصهای ارزیابی دقت، یادآوری، صحت و F_measure به ترتیب به میزان ۵٪، ۳٪، ۴٪ و ۱٪ افزایش یافته‌اند.

fishdb و RECOG، که عموماً برای شناخت انواع ماهی-ها و جانداران زیر آب استفاده می‌شود، اعمال گردید. همچنین جهت مقایسه و ارزیابی کارایی روش پیشنهادی، الگوریتم پیشنهادی ژانگ و همکاران [۳۵] پیاده‌سازی و بر روی تصاویر پایگاه داده‌های ذکر شده، اعمال گردید. نتایج حاصل نشان می‌دهد که روش قطعه‌بندی پیشنهادی این مقاله به میزان قابل توجهی بهتر عمل کرده، بگونه‌ایکه شاخصهای ارزیابی دقت به میزان ۵٪، یادآوری به میزان ۳٪، صحت به میزان ۴٪ و معیار ارزیابی F_measure به میزان ۱٪ افزایش یافته‌اند. جدول ۲، نتایج حاصل از روش پیشنهادی در مقایسه با روش ژانگ و همکاران را نشان می‌دهد. همانطور که در این جدول دیده می‌شود روش پیشنهادی توانسته است با دقت خوبی عملیات جداسازی شی ماهی را انجام دهد.

جدول ۲: میانگین دقت به دست آمده توسط روش پیشنهادی و روش ژانگ و همکاران [۳۵]

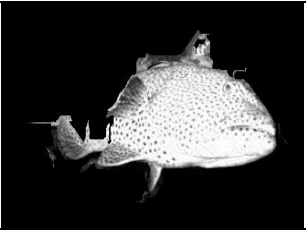
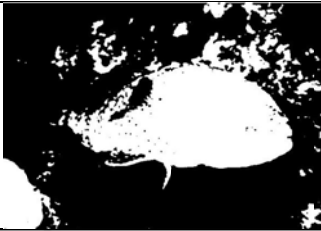
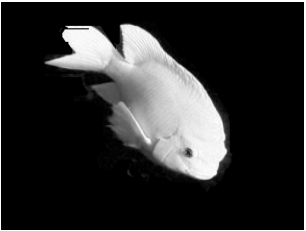
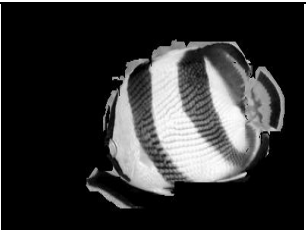
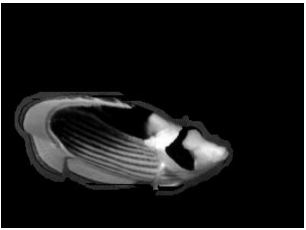
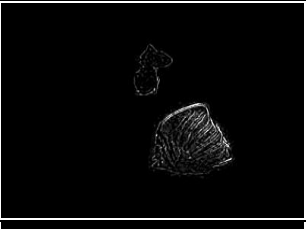
	Accuracy	Recall	Precision	F_measure
روش پیشنهادی	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۸۲	۰/۸۶
ژانگ و همکاران [۲۳]	۰/۸۹	۰/۹۰	۰/۷۸	۰/۸۵

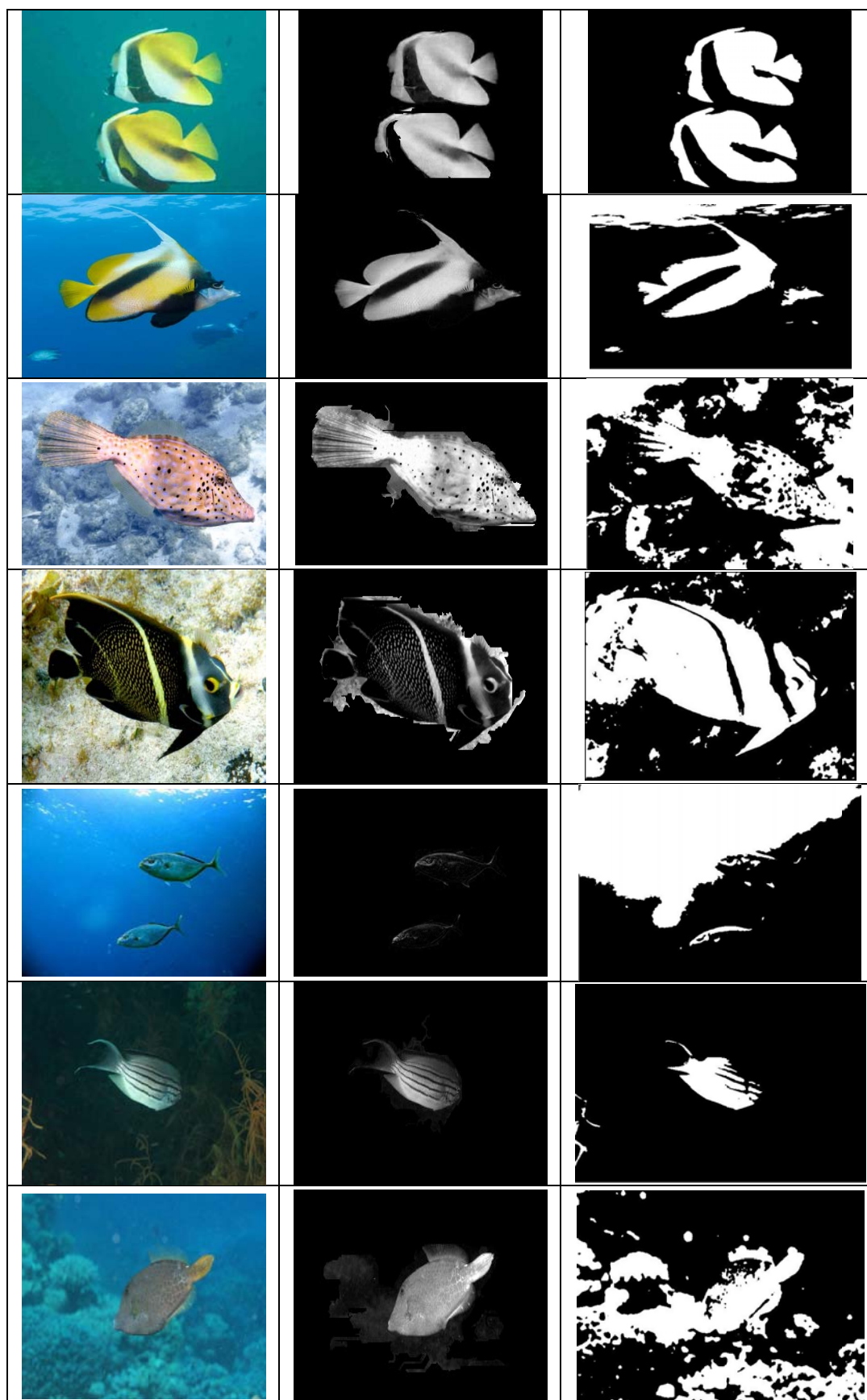
۵ بحث و نتیجه‌گیری

مبحث تشخیص اشیاء در محیط زیست دریایی، با توجه به ویژگیهای خاص محیط زیرآب و محدودیت دسترسی انسان به این محیط، موضوع مهمی است. با توجه به اهمیت تشخیص ماهی‌ها و دیگر جانداران آبی در تصاویر زیرآب، امروزه محققین به دنبال یافتن روشهای مناسبی برای جداسازی و قطعه‌بندی ماهی‌ها در تصاویر زیرآب هستند. تا کنون الگوریتم‌های مختلفی جهت جداسازی شیء ماهی از تصاویر زیرآب معرفی شده است، لیکن این الگوریتم‌ها غالباً با چالش‌های بزرگی همچون کیفیت پایین و روشنایی کم تصاویر زیرآب روبرو بوده که به علت وجود اشیاء متحرک کنترل نشده در محیط زیرآب، شکست نور، نویز زیاد و همچنین همپوشانی شی ماهی با گیاهان و شنهای کف دریا بوجود می‌آید.

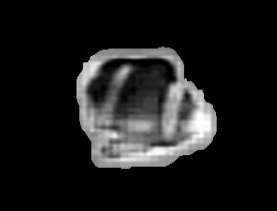
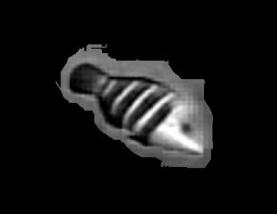
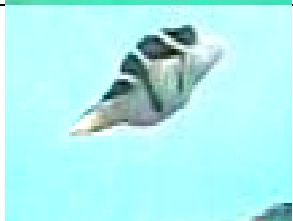
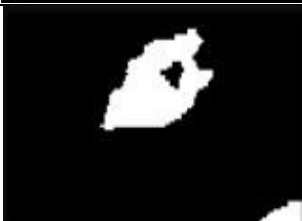
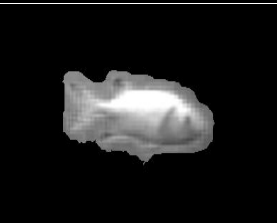
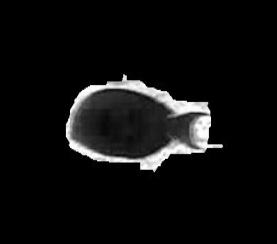
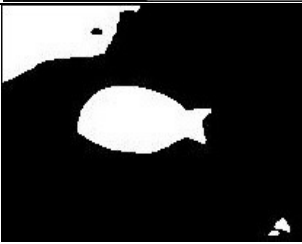
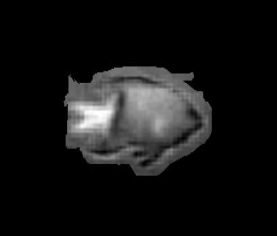
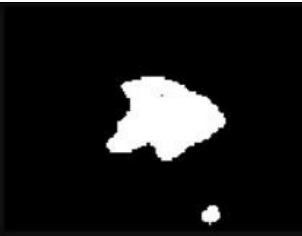
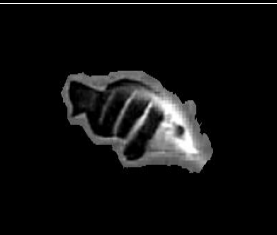
غالباً دو چالش مهم در قطعه‌بندی تصاویر زیر آب وجود دارد: ۱- نویز موجود در تصاویر رنگی زیر آب؛ ۲-

شکل ۱۴ : نمونه‌هایی از تصاویر قطعه‌بندی شده از پایگاه داده fishdb با روش پیشنهادی

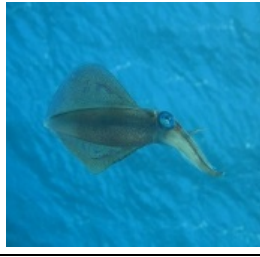
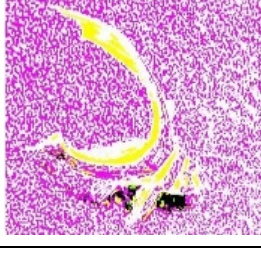
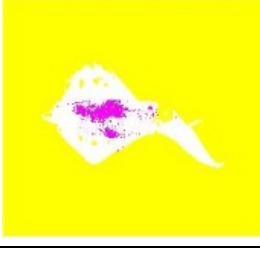
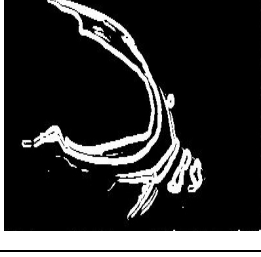
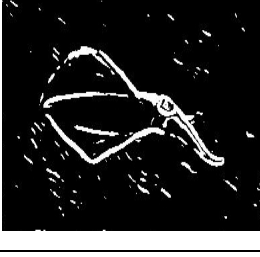
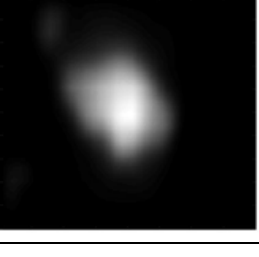
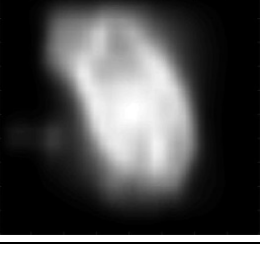
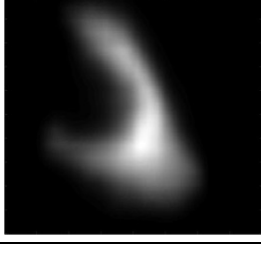
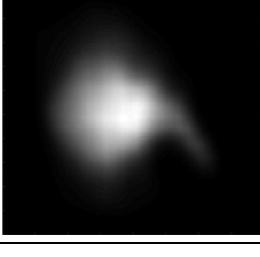
تصویر اصلی	نتیجه قطعه بندی توسط روش پیشنهادی این مقاله	نتیجه قطعه بندی توسط روش ژانگ و همکاران [۲۳]
		
		
		
		
		
		
		

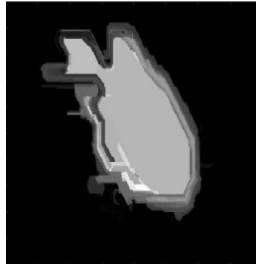
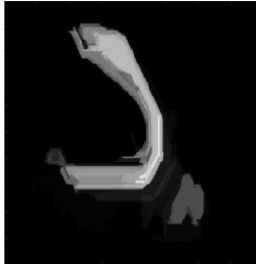
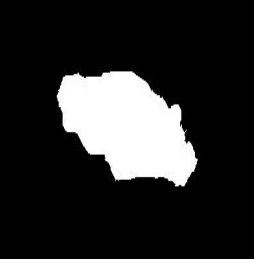
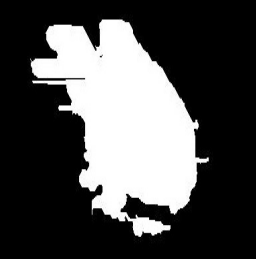
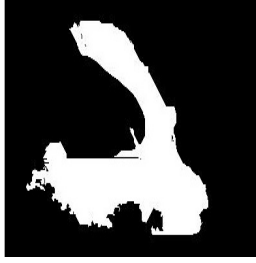
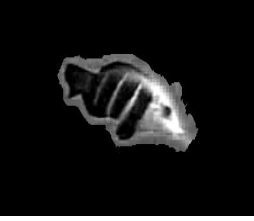
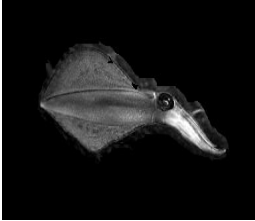


شکل ۱۵ : نمونه‌هایی از تصاویر قطعه‌بندی شده از پاسگاه داده RECOG با روش پیشنهادی

تصاویر اصلی	نتیجه قطعه‌بندی توسط روش پیشنهادی این مقاله	نتیجه قطعه‌بندی توسط روش ژانگ و همکاران [۲۳]
		
		
		
		
		
		
		
		

شکل ۱۶ : خروجی مرحله به مرحله الگوریتم پیشنهادی بر روی چند نمونه تصویر از پایگاه داده‌ها

تصویر شماره ۴	تصویر شماره ۳	تصویر شماره ۲	تصویر شماره ۱	
				تصویر اصلی
				تصاویر حاصل از پیش پردازش
				تصاویر ایجاد شده در فضای رنگی جدید
				خروجی لبه یابی با استفاده از گرادیان
				تصاویر بخش بندی شده براساس تضاد ناحیه
				تصاویر بخش بندی شده ادغام پیکسل های نواحی مجاور

				خروجی map
				ماسک دودویی تصاویر
				تصویر قطعه بندی شده نهایی

- [14] Wang, H., Dai, L., Cai, Y., Sun, X., & Chen, L. (2018). Salient object detection based on multi-scale contrast. *Neural Networks*, 101, 47–56.
- [15] Qi, J., Dong, S., Huang, F., & Lu, H. (2017). Saliency detection via joint modeling global shape and local consistency. *Neurocomputing*, 222, 81–90.
- [16] Han, B. J., & Sim, J. Y. (2017). Saliency detection for panoramic landscape images of outdoor scenes. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 49, 27–37.
- [17] Li, H., Han, T., Wang, J., Lu, Z., Cao, X., Chen, Y., ... & Chai, X. (2017). A real-time image optimization strategy based on global saliency detection for artificial retinal prostheses. *Information Sciences*, 415, 1–18.
- [18] Tong, N., Lu, H., Zhang, Y., & Ruan, X. (2015). Salient object detection via global and local cues. *Pattern Recognition*, 48(10), 3258–3267.
- [19] Zhang, D., Meng, D., & Han, J. (2017). Co-saliency detection via a self-paced multiple-instance learning framework. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 39(5), 865–878.
- [20] Borji, A., Cheng, M. M., Hou, Q., Jiang, H., & Li, J. (2019). Salient object detection: A survey. *Computational Visual Media*, 5(2), 117–150.
- [21] Wang, T., Zhang, L., Lu, H., Sun, C., & Qi, J. (2016, October). Kernelized subspace ranking for saliency detection. In *European Conference on Computer Vision* (pp. 450–466). Springer, Cham.
- [22] Borji, A., Cheng, M. M., Jiang, H., & Li, J. (2015). Salient object detection: A benchmark. *IEEE transactions on image processing*, 24(12), 5706–5722.
- [23] Zhang, G., Li, M., Zhan, Y., & Shi, X. (2017, July). Ore image thresholding segmentation using double windows with fisher discrimination. In *2017 13th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (ICNC-FSKD)* (pp. 2715–2719). IEEE.
- [24] Chuang, M. C., Hwang, J. N., Williams, K., & Towler, R. (2015). Tracking live fish from low-contrast and low-frame-rate stereo videos. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 25(1), 167–179.
- [۲۵] صدیقی س. شایگان م. ا. حسینی ع. ۱۳۹۵ ارائه یک روش جدید کلیپ کردن هیستوگرام برای بهبود تصاویر زیر آب در فضای رنگی YIQ. دومین کنفرانس ملی رویکردهای نو در مهندسی برق و کامپیوتر، اسفند ۱۳۹۵.
- [۲۶] حسینی ع. شایگان م. ا. صدیقی س. ۱۳۹۷ معرفی یک روش جدید بهبود کیفیت تصاویر زیر آب در فضای رنگی YIQ. مجله تخصصی انجمن ماشین بینایی و پردازش تصویر ایران، شهریور ۱۳۹۷.
- [27] Cheng, M. M., Mitra, N. J., Huang, X., Torr, P. H., & Hu, S. M. (2015). Global contrast based salient region detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 37(3), 569–582.
- [28] Bianco, G., Muzzupappa, M., Bruno, F., Garcia, R., & Neumann, L. (2015). A new color correction method for underwater imaging. *The International Archives of*
- [1] Tsai, D. M., & Chen, W. L. (2017). Coffee plantation area recognition in satellite images using Fourier transform. *Computers and electronics in agriculture*, 135, 115–127.
- [2] Chiang, J. Y., & Chen, Y. C. (2012). Underwater image enhancement by wavelength compensation and dehazing. *IEEE transactions on image processing*, 21(4), 1756–1769.
- [3] Galdran, A., Pardo, D., Picón, A., & Alvarez-Gila, A. (2014). Automatic red-channel underwater image restoration. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 26, 132–145.
- [4] Lambert, T. (2005). *Digital enhancement techniques for underwater video image sequences* (dissertation, Honours thesis, University of Tasmania).
- [5] Lim, M. C., & Lau, P. Y. (2016, December). Shallow water image enhancement using predominant colour scheme. In *2016 IEEE International Conference on Underwater System Technology: Theory and Applications (USYS)* (pp. 155–158). IEEE.
- [6] Kelsall, A. (2005). *Flexible Shape Models for Marine Animal Detection in Underwater Images* (dissertation, Honours thesis, University of Tasmania).
- [7] Shortis, M. R., Ravanbakhsh, M., Shaifat, F., Harvey, E. S., Mian, A., Seager, J. W., ... & Edgington, D. R. (2013, May). A review of techniques for the identification and measurement of fish in underwater stereo-video image sequences. In *Videometrics, Range Imaging, and Applications XII; and Automated Visual Inspection* (Vol. 8791, p. 87910G). International Society for Optics and Photonics.
- [8] Tan, T., Zeng, Q., & Xuan, K. (2018, August). Integrating Multiscale Contrast Regions for Saliency Detection. In *Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence* (pp. 47–55). Springer, Cham.
- [9] Zhang, L., Li, J., & Lu, H. (2016). Saliency detection via extreme learning machine. *Neurocomputing*, 218, 103–112.
- [10] Ramadan, H., & Tairi, H. (2018). Pattern mining-based video saliency detection: application to moving object segmentation. *Computers & Electrical Engineering*, 70, 567–579.
- [11] Huang, F., Qi, J., Lu, H., Zhang, L., & Ruan, X. (2017). Salient object detection via multiple instance learning. *IEEE Transactions on Image Processing*, 26(4), 1911–1922.
- [12] Liu, Y., Han, J., Zhang, Q., & Wang, L. (2018). Salient object detection via two-stage graphs. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 29(4), 1023–1037.
- [13] Wang, J., Lu, H., Li, X., Tong, N., & Liu, W. (2015). Saliency detection via background and foreground seed selection. *Neurocomputing*, 152, 359–368.

- [42] Chen, Y., & Pock, T. (2017). Trainable nonlinear reaction diffusion: A flexible framework for fast and effective image restoration. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 39(6), 1256–1272.
- [43] Koumbi-Mounanga, T., Tudor, D., Leblon, B., Groves, K., Cooper, P. A., & Ung, T. (2018). Modelling of pH effects and CIE L* a* b* colour spaces of beech wood-inhabiting fungi by NIRS. *Wood Material Science & Engineering*, 13(4), 204–221.
- [44] <http://www.fishdb.co.uk/>
- [45] <http://groups.inf.ed.ac.uk/f4k/GROUNDTRUTH/RECOG>



محمدامین شایگان استادیار گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، در سال ۱۳۹۴ دکترای مهندسی کامپیوتر خود را از دانشگاه UM کشور مالزی دریافت نموده است. وی از سال ۱۳۷۴ تا به حال به عنوان عضو هیئت علمی گروه مهندسی کامپیوتر، مشغول به فعالیت های آموزشی و پژوهشی بوده و در حال حاضر ریاست دانشکده فنی و مهندسی این واحد دانشگاهی را بر عهده دارد. زمینه های تحقیقاتی مورد علاقه وی، هوش مصنوعی، بازشناسی الگو، پردازش تصویر و بینایی ماشین است.



نساء سریریچی عبودزاده در سال ۱۳۹۷ مدرک کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی کامپیوتر از دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز اخذ نمود. نامبرده در حال حاضر به عنوان عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی به فعالیت پژوهشی خود ادامه می دهد. زمینه های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان، پردازش تصویر و بینایی ماشین است و تا به حال موفق به چاپ سه مقاله در کنفرانس های ملی و بین المللی شده است.

- Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(5), 25–32.
- [29] Li, X., Li, Y., Shen, C., Dick, A., & Van Den Hengel, A. (2013, December). Contextual hypergraph modeling for salient object detection. In *Computer Vision (ICCV), 2013 IEEE International Conference on* (pp. 3328–3335).
- [30] Shin, K. J. (2016, December). Detecting the position of the fish robot using the color segment algorithm. In *Future Technologies Conference (FTC)* (pp. 896–900). IEEE.
- [31] Boudhane, M., & Nsiri, B. (2016). Underwater image processing method for fish localization and detection in submarine environment. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 39, 226–238.
- [32] Boudhane, M., Badri-Hoeher, S., & Nsiri, B. (2014, September). Optical fish estimation and detection in noisy environment. In *Oceans–St. John's, 2014* (pp. 1–6). IEEE.
- [33] Severino, O., & Gonzaga, A. (2013). A new approach for color image segmentation based on color mixture. *Machine vision and applications*, 1–12.
- [34] Jian, M., Wang, R., Yu, H., Dong, J., Wang, Y., Yin, Y., & Lam, K. M. (2019, November). Saliency detection via robust seed selection of foreground and background priors. In *2019 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)* (pp. 797–801). IEEE.
- [35] Yao, H., Duan, Q., Li, D., & Wang, J. (2013). An improved K-means clustering algorithm for fish image segmentation. *Mathematical and Computer Modelling*, 58(3–4), 790–798.
- [36] Raza, K., & Hong, S. (2020). Fast and Accurate Fish Detection Design with Improved YOLO-v3 Model and Transfer Learning. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*.
- [37] Cui, S., Zhou, Y., Wang, Y., & Zhai, L. (2020). Fish Detection Using Deep Learning. *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*, 2020. Doi:10.1155/2020/3738108.
- [38] Ma, G., Chen, C., Li, S., Peng, C., Hao, A., & Qin, H. (2019). Salient object detection via multiple instance joint re-learning. *IEEE Transactions on Multimedia*, 22(2), 324–336.
- [39] Boher, P., Leroux, T., & Blanc, P. (2018, February). Color volumes in lab and ICtCp color spaces for viewing angle color characterization of QLED and OLED HDR/WCG displays. In *Advances in Display Technologies VIII* (Vol. 10556, p. 105560C). International Society for Optics and Photonics.
- [40] Felin, T., Koenderink, J., & Krueger, J. I. (2017). Rationality, perception, and the all-seeing eye. *Psychonomic bulletin & review*, 24(4), 1040–1059.
- [41] Cernadas, E., Fernández-Delgado, M., González-Rufino, E., & Carrión, P. (2017). Influence of normalization and color space to color texture classification. *Pattern Recognition*, 61, 120–138.