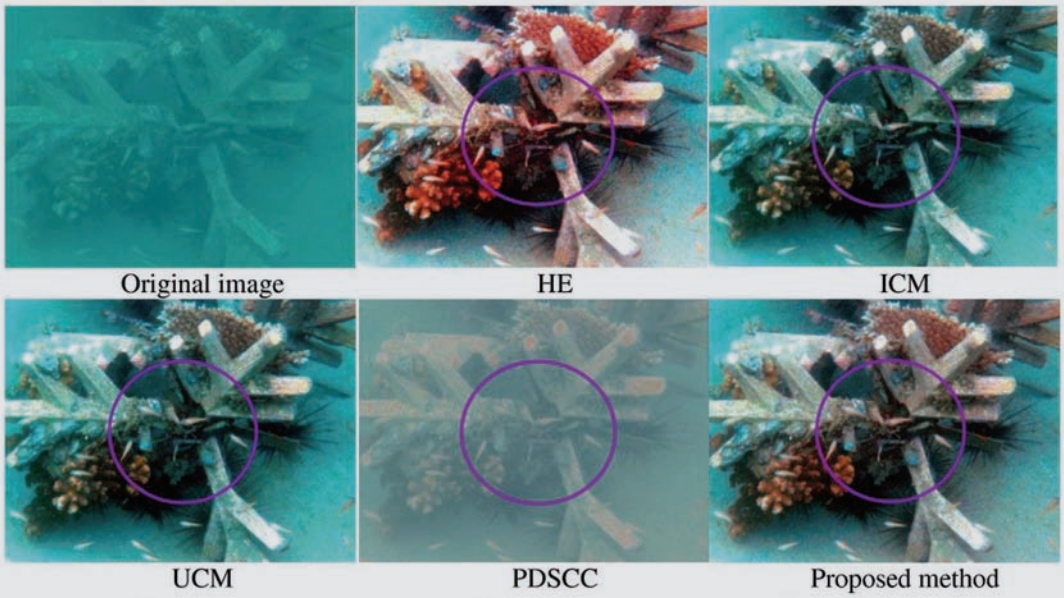


بررسی و مقایسه روش‌های افزایش وضوح تصاویر زیر آب

علی حسینی/ باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران/ a.hosseini@iaushiraz.ac.ir
محمدامین شایگان/ گروه مهندسی کامپیوتر، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران/ shayegan@iaushiraz.ac.ir
سعید صدیقی/ باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران/ s.sedighi@iaushiraz.ac.ir

چکیده

تصویربرداری در زیر آب، برای اکتشافات دریایی همچون ارزیابی محیط زیست، کشف مواد معدنی و تجزیه و تحلیل موجودات زنده زیر آب، یکی از زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه پژوهشگران می‌باشد. برای این تحقیقات، دریافت تصاویر واضح و با کیفیت از اشیا زیرآب ضروری است. ولی تصاویر زیر آب به‌دلیل نبود نور یکنواخت وکنتراست کم، همواره دچار ضعف بصری، مات شدگی و یا درخشندگی بیش از اندازه بوده که این موارد به نوبه خود منجر به از بین رفتن جزئیات در تصاویر زیر آب می‌شوند. از طرفی هر چه عمق آب بیشتر شود، شدت نور کاهش بیشتری پیدا خواهد کرد که این موضوع باعث جذب یک سری رنگ‌ها توسط آب خواهد شد. در این مقاله به بررسی، دسته‌بندی و مقایسه روش‌های بهبود تصاویر زیر آب پرداخته شده است. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهند که روش‌های مبتنی بر اصلاح رنگ، بهترین عملکرد را در میان روش‌های بهبود تصاویر زیر آب از خود نشان می‌دهند.

کلمات کلیدی: بهبود تصاویر، تصاویر زیر آب، مدل شکل‌گیری تصویر، مقایسه روش‌های بهبود زیر آب

Comparative analysis of underwater images quality enhancement methods

Ali Hosseini/ Young Researchers Club, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran/ A.hosseini@iaushiraz.ac.ir
Mohammad Amin Shayegan/ Departement of Computer, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran/ Shayegan@iaushiraz.ac.ir
Saeed Sedighi/ Young Researchers Club, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran/ s.sedighi@iaushiraz.ac.ir

Abstract:

Underwater imagery is one of the research areas of interest for marine exploration, such as environmental assessment, mineral detection and underwater living organisms analysis. For this research, clear, high-quality images of underwater objects are necessary. Underwater images, however, have always had visual, opaque, or excessive glare due to the lack of uniform and low light, which in turn results in the loss of detail in underwater images. On the other hand, the greater the depth of water, the more intense the light will diminish, which will result in the absorption of a series of wavelength by the water. This paper reviews, categorizes and compares the methods for enhancing underwater images. The results of this research show that color correction methods show better performance among other methods.

Keywords: image enhancement, underwater images, image formation model, Comparative analysis

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-12-26]

۱- مقدمه

به‌دلیل خواص فیزیکی آب و محیط آن، پردازش تصاویر گرفته شده در زیر آب، در دهه اخیر، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. فعالیت‌های زیر آب در زمینه کشف و شناسایی اشیاء، چالش‌های جدیدی را در پی داشته و در نتیجه این فعالیت‌ها، مسایل زیادی به‌دلیل تاثیرات جذب و انتشار نور بوجود آمده است[۱].

زمانی که نور خورشید به سطح آب می‌تابد، مقداری از آن منعکس می‌شود. علاوه بر این، مقداری از انرژی نور وارد شده به آب نیز جذب آب شده و این امر باعث می‌شود اشیاء زیر آب در فاصله بیش از ۱۰ متر، تقریبا غیرقابل تشخیص شوند[۲]. تصاویر زیر آب همواره از دید ضعیف، مات‌شدگی، درخشندگی بیش از اندازه، روشنایی مصنوعی و تغییر رنگ رنج می‌برند[۳]. این اثرات بر روی تصاویر زیر آب، تنها به‌دلیل طبیعت آب نیست، بلکه به‌دلیل وجود موجودات زنده و مواد موجود در آب نیز می‌باشد[۴].

با حرکت نور در آب، بسته به طول موج طیف رنگی، شدت نور به‌صورت نمایی کاهش می‌یابد. در آب‌های روشن و پاک، نور مرئی ابتدا در بلندترین طول موج جذب می‌گردد. رنگ قرمز در این زمینه بیشتر تحت تاثیر قرار گرفته که در ۵ متری جذب می‌شود و بعد از آن نارنجی در ۱۰ متری، زرد در ۲۰متری، سبز در ۳۰ متری و در نهایت آبی در ۶۰ متری جذب خواهد گردید. بنابراین در عمق بیش از ۳۰ متری رنگ غالب، آبی است. پدیده جذب رنگ باعث می‌شود که تصاویر تهیه شده در زیر آب، کیفیت پایینی از لحاظ کانتراست و رنگ داشته باشند. ضمن اینکه اطلاعات مهمی از تصویر نیز حذف می‌گردند[۵].

۱-۱-تصاویر زیر آب

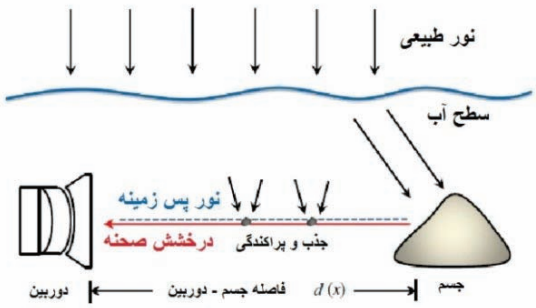
زمین سیاره‌ای است که ۷۰٪ از سطح آن را آب اشغال کرده است. امروزه، تصویربرداری در زیر آب، برای اکتشافات دریایی، یکی از زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه پژوهشگران است. برای این تحقیقات، دریافت تصاویر واضح و با کیفیت از اشیا زیر آب ضروری می‌باشد[۶]. اکتشافات زیر آب به دلایل مختلف علمی مانند ارزیابی محیط زیست، کشف مواد معدنی و تجزیه و تحلیل موجودات زنده زیر آب انجام می‌شود. این اکتشافات از سال ۱۸۵۶ آغاز و نخستین تصاویر معروف ثبت شده از زیر آب در سال ۱۸۹۳ توسط لویز بوتان گرفته شده است[۷].

۱-۲-مدل شکل‌گیری تصاویر زیر آب

تصویری که در هوای صاف توسط یک دوربین گرفته می‌شود، شامل درخشش بخشی از نور منعکس شده از سطح جسم به دوربین می‌باشد. با این حال، شرایط تصویربرداری در زیر آب نسبت به هوای آزاد پیچیده‌تر است. جذب و پراکندگی نور، محتوای طیفی تصاویر زیر آب را تغییر می‌دهد. بنابراین، برای تفسیر رنگ تصاویر باید اثر تغییرات طیفی نور در نظر گرفته شود[۸]. بخشی از نور محیط به سمت دوربین عکاسی، توسط ذرات معلق و مولکول‌های آب پخش می‌شود که این امر نور پس زمینه را ایجاد می‌کند. همچنین این نور پخش شده منجر به ایجاد یک لایه از مه در تصاویر زیر آب می‌شود. در مدل McGlamery [۹] مولفه‌های تابش، که روی سطح دوربین ظاهر می‌شوند، شامل سه بخش هستند: ۱- نور محیط ۲- تضعیف مستقیم ۳- پراکندگی رو به جلو (پیش‌سو)که ناشی از درخشش نور پراکنده شده از جسم می‌باشد. معادله (۱)درخشندگی تصویر را تعریف می‌کند.

$$I_\lambda = B_\lambda + D_\lambda + F_\lambda \qquad (۱)$$

I، B، D و F به ترتیب، کل درخشندگی دریافت شده توسط دوربین، نور پس زمینه، مولفه تضعیف مستقیم و مولفه پراکندگی رو به جلو هستند. اندیس λ نشان دهنده طول موج نور یا کانال‌های رنگی RGB است. ژافه، روی شکل‌گیری تصاویر زیر آب با نور مصنوعی بر اساس تئوری McGlamery مطالعه کرده است[۱۰]. با این وجود، مطالعه و بررسی وضعیت تصویربرداری زیرآب با نور طبیعی نیز ضروری است. شکل (۱) نحوه شکل‌گیری تصاویر زیر آب تحت نور طبیعی را مدل کرده و رابطه بین نور پس زمینه و خواص ذاتی نور را نشان می‌دهد.



شکل ۱: تصویربرداری از یک شی در زیر آب. نور منعکس شده از سطح جسم، از پراکندگی و جذب ناشی از مولکول های آب و ذرات معلق رنج می برد. درخشش دریافت شده توسط دوربین شامل مجموع تابش تضعیف شده و درخشش پراکنده صحنه و نور پس زمینه است.

۱-۲-۱-نور پس زمینه

بر خلاف تضعیف مستقیم و مولفه‌های پراکندگی نور رو به جلو، نور پس زمینه از جسم سرچشمه نمی‌گیرد. در عوض، با یک توزیع زاویه‌ای گسترده از پراکندگی نور محیط توسط ذرات معلق در آب ایجاد می‌شود[۱۱].

در مدل McGlamery و ژافه، یک مخروط سه بعدی در امتداد خط دید دوربین، به سطوح ضخیم بی‌نهایت کوچک قطعه قطعه می‌شود. سهم و مشارکت هر سطح در فاصله L و جهت φ برای نور پس زمینه، می‌تواند با استفاده از معادله (۲) محاسبه شود:

$$dB_\lambda(l,\varphi) = \beta_\lambda(\varphi)E_\lambda(l,\varphi)\,exp(-c_\lambda l) \times \frac{\pi}{4F_n^2}\,T_l\left[1-\frac{F_l}{l}\right]^2 dl \qquad (۲)$$

$\beta_\lambda(\varphi)$ تابع پراکندگی ذرات می‌باشد و φ نشان‌دهنده زاویه نسبی بین جهت نور تابشی و خط دید دوربین $E_\lambda(l,\varphi)$، نشان‌دهنده نور محیط و c_λ ضریب تضعیف می‌باشند. تضعیف و پراکندگی رو به جلو در مدل McGlamery و ژافه، برای نور پراکنده شده حاصل هر کدام از ذرات، در نظر گرفته شده است. با این حال، در بسیاری از مطالعات، تضعیف نور به تنهایی برای ساده‌سازی در نظر گرفته می‌شود[۱۲ و ۱۳]. در شرایط نور طبیعی(بدون نیاز به منابع نور مصنوعی)، مناسب‌تر است که فرض شود نور محیط زیر آب به‌طور تقریبی یکنواخت می‌باشد، زیرا شدت نور، در چند متری سطح آب تغییرات کمی دارد[۱۴]. بنابراین برای ساده‌سازی، شدت روشنایی نور محیط یک ثابت Ea تعریف می‌شود و سیستم تصویربرداری توسط سه پارامتر Fn (Fتعداد دوربین ها)، Tl (مقدار عبور نور از لنز) و Fl (فاصله کانونی) توصیف می‌شود.

Fl در مقایسه با فاصله جسم تا دوربین، l بسیار کوچک است $(F_l \ll l)$ این امر منجر به $1-(F_l/l) \approx 1$ می‌شود[۱۲]. بنابراین می‌توان معادله (۲) را به‌صورت معادله (۳) ساده‌سازی کرد.

$$dB_\lambda(l,\varphi) = \beta_\lambda(\varphi)E_a\,exp(-c_\lambda\,l)\,k_l dl \qquad (۳)$$

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-12-26]

K_l یـک مقدار ثابت بـوده و نشان دهنده خـواص سیستمی دوربین l ام اسـت. کل نور پس زمینه، در طـول مسیر d از جسم تا دوربین، را می‌تـوان با انتگرال‌گیـری از جمله سمت راست معادله (۴) از l=۰ تا l=d به دست آورد.

$$B_\lambda(d) = \int_0^d \int_\theta \beta_\lambda(\varphi) E_a exp(-c_\lambda l) K_l dl d\varphi = B_{\lambda,\infty}(1 - exp(-c_\lambda d)) \quad (۴)$$

θ نشـان دهنده همه زوایای ممکن برای تـوده معینی از پراکندگی می‌باشد و نور کلی پس‌زمینه با استفاده از معادله(۵) بدست می‌آید[۹].

$$B_{\lambda,\infty} = \frac{K_l E_a}{C_\lambda} \int_\theta \beta_\lambda(\varphi) d\varphi \quad (۵)$$

بخش‌های بعدی این مقاله به‌صورت زیر می‌باشند. بخش دوم کارهای انجام شده در این حوزه را به‌طور مختصر مرور می‌کند. در بخش سوم، بـه دسته‌بندی و مقایسـه روش‌های بهبود تصاویر زیـر آب پرداخته شده اسـت. در پایان بخش چهارم به مرور، جمع‌بندی و نتیجه‌گیری می‌پردازد.

۲-کارهای گذشته

بیوانـو و همکاران با هـدف بازگرداندن رنگ واقعـی تصاویر زیر آب، الگوریتم خود را ارایه کردند[۵ , ۱۵]. در روش پیشنهادی آنها، تصویر ورودی از فضای رنگی RGB به lab منتقل می‌شود. سپس با استفاده از دو پارامتر a و b ، رنگ از دست رفته تصویر بازگردانی می‌شود. در مرحله بعد به‌منظور افزایش تباین، بر روی هیستوگرام کانال l ، روش کشش و برش هیستوگرام انجام می‌گیرد. در مرحله آخر تصویر دوباره بـه فضای RGB برای بدسـت آوردن تصویر خروجی منتقل می‌شود. نتایـج بدست آمـده نشان می‌دهد تباین تصاویـر بهبود داشته است. همچنیـن این روش توانسته است تا حـدودی رنگ‌های غالب سبز و آبی را در تصاویر ورودی کاهش دهد.

قانـی و همکاران، با هدف بهبود تاریکـی و روشنایی کانال‌های سبز-آبـی در پس‌زمینه تصاویـر زیر آب، متد جدیدی ارایـه کردند[۱۶]. متـد پیشنهـادی برای بهبـود تصاویر زیر آب از اصـلاح هیستوگرام تطبیـق بازگشتی استفـاده می‌کند. متد پیشنهـادی به چهار مرحله تقسیم می‌شـود. در ابتدا کانال‌های RGB جداسـازی شده و تصویر بـه ناحیه‌هـای کوچک‌تـر تقسیم می‌شـود. در مرحلـه دوم بر روی هیستوگرام تصویر عملیـات کشش و برش انجام می‌گردد. در مرحله سوم نگاشت سطح خاکستری به‌وسیله تابع تبدیل و درون‌یابی خطی انجـام می‌شود و سپس در مرحله آخر تصویر از فضای رنگی RGB به HSV منتقـل و تقسیم و کشش در اواسط نقاط S و V انجام گردیده اسـت. نتایج بدست آمده نشان دهنده بالاتر بودن میانگین آنتروپی و معیـار ارزیابی measure of enhancement(EME) نسبت به متدهای حال حاضر می‌باشد.

چینـگ و چن با توجه به این مساله که تصاویر زیر آب به‌طور عموم از کنتراسـت کم و از بین رفتن جزئیات تصویر رنج می‌برند یک روش جدید و موثر بر پایه الگوریتم Dehazing با هدف بهبود تصاویر زیرآب ارایـه نمودنـد[۵ , ۱۷]. ایـن الگوریتم در جهت رفـع تضعیف نور و بدسـت آوردن منبع نور مصنوعی مورد استفـاده قرار می‌گیرد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که این الگوریتم بهبود قابل توجهی از نظر کنتراست بر روی تصاویر زیر آب ایجاد کرده و همچنین باعث از بین رفتن نور مصنوعی در تصاویر زیر آب می‌شود.

بـلاک و همکاران، با هدف تشخیص رنگ اصلی آب در مجموعه‌ای از تصاویر، مدل اتوماتیک بهبود تصاویر زیر آب با استفاده از بهبود کانال تاریـک را ارایه کردند[۱۸]. متد پیشنهـادی، رنگ اصلی را به‌صورت سطـح خاکستری متوسط نمایش می‌دهد و از آن به‌عنوان یک محور جدیـد در فضای رنگی CIELab استفاده می‌کند، سپس یک واریانس رنگی گسـترده و هیستوگرام برابری به‌طور هم زمان به تصویر اعمال می‌شـود. نتایج این متد در نرم‌افـزار JEnhancer پیاده‌سازی و تست شده است که به‌صورت رایگان قابل دسترس قرار گرفته است.

ساتیـا و همکاران برای حذف قسمت‌هـای مه آلود تصاویر زیر آب، از Dark Channel Prior استفـاده کردند[۵ و ۱۹]. در روش پیشنهادی، بـا استفاده از مدل تصویرسـازی تصاویر مه‌آلود رنگـی، ضخامت مه تخمین زده شده و بـا استفاده از الگوریتم حذف مه، بالانس رنگ در تصویـر بازگردانی می‌شود و مه در فرآینـد متعادل‌سازی هیستوگرام حذف می‌شـود. در نتیجه تصویری بدون مه بـا کیفیت بالا بازسازی می‌گـردد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که تصاویر بدست آمده از این روش در مقایسه با روش برابری هیستوگرام، کیفیت بهتری دارند.

ما و همکاران با هدف بهبود کنتراست و بازسازی رنگ تصاویر زیر آب با حفظ جزئیات تصویر، الگوریتم ترکیبی برای فضاهای رنگی مختلف بـر اسـاس Contrast Limited Adaptive Histogram (CLAHE) Equalization ارایـه کردنـد[۲۰]. روش پیشنهادی در گام نخست از فضـای رنگی RGB به دو فضای رنگـی YIQ و HSI منتقل می‌گردد و بعـد از اعمال متـدCLAHE دوباره به فضای رنگـی RGB منتقل می‌شـود. در مرحله بعد با استفاده از فیلتر لبه‌یاب سابل تصویر نهایی ایجـاد می‌شود. نتایج بدسـت آمده نشان دهنـده افزایش جزئیات و بازسازی رنگ نسبـت به متدهای حال حاضر می‌باشد. همچنین متد پیشنهـادی به‌طور قابل توجهی باعث کاهـش نویز و افزایش کیفیت تصاویر زیر آب می‌شود.

پنـگ و همکـاران، با هـدف بهبود کنتراسـت تصاویر، متـد تعمیم یافتـه کانال تاریک را برای ترمیـم تصویر تکی ارایه کردند[۲۱]. متد پیشنهادی ابتدا نور محیط را با استفاده از تغییر رنگ وابسته به عمق محاسبه و سپس به وسیله شدت روشنایی مشاهده شده و نور محیط (دیفرانسیل نـور محیط)، نقشه انتقال محاسبه می‌شود. نتایج بدست آمـده نشان دهنده بهبود عملکرد متد پیشنهادی نسبت به روش‌های مورد مقایسه نویسنده می‌باشد.

ونوگپال و همکاران یک الگوریتم ترکیبی بهبود تصویر و تشخیص لبه بـرای تصاویر زیر آب ارایه کردنـد[۵ , ۷]. در روش پیشنهادی، قبل از تشخیـص لبه، بهبود تصویر طی دو مرحله انجام می‌شود. ابتدا یک فیلتر Homomorphic برای به حداقل رساندن روشنایی غیریکنواخت در تصویـر استفاده شده و در مرحله بعد یک فیلتر حذف نویز درخت دوگانـه موجک، به‌منظـور بهبود تصاویر به کار مـی‌رود و بعد از آن، لبه‌هـای تصویر تشخیص داده می‌شـود. الگوریتم پیشنهادی کیفیت تصویر را افزایش و از ایجاد نویز در تصاویر زیر آب جلوگیری می‌کند.

غنی و ایسا در تحقیـق خود، روشی را برای بالا بردن کیفیت تصاویر زیـر آب پیشنهاد کردند که شامل دو مرحله است[۵ و ۲۲].در مرحله نخسـت، اصلاح تبایـن تصویر و در مرحلـه دوم تصحیح رنگ تصویر انجـام می‌شود که در آن تصویـر از فضای رنگیRGB به فضای رنگی HSV برده می‌شود. با استفاده از این فضای رنگ، اطلاعات بیشتری از تصاویـر مورد نظر بدست می‌آید. تجزیه و تحلیل کمی و کیفی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی بهتر از روش‌های مورد مقایسه محقق، از نظر تباین، جزئیات و کاهش نویز بوده است.

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-12-26]

لی و همکاران، با هدف جلوگیری از تجزیه تصاویر زیر آب به‌دلیل نور کم و ضریب سیگنال، یک متد با ترکیب کشش هیستوگرام و بازیابی تصاویر پلاریمتری ارایه کردند[۲۳]. در متد پیشنهادی هیستوگرام تصاویر پلاریمتری متعامد کشش داده شده، در حالی‌که نسبت قطبی شدن بین آنها حفظ شده است، سپس با استفاده از تصاویر پلاریمتری متعامد پردازش شده تصویر بهبود یافته با کیفیت بالاتر توسط متدهای سنتی بازیابی تصاویر پلاریمتری ایجاد می‌شود. نتایج بدست آمده نشان دهنده کارایی موثر و بهتر متد پیشنهادی نسبت به متدهای بازیابی پلاریمتری سنتی است، همچنین متد پیشنهادی در شرایط محیطی کدر به شدت موثر عمل می‌کند.

گالدرن و همکاران در روش پیشنهادی خود، یک متد جدید برای اصلاح کانال قرمز در تصاویر زیر آب ارایه نمودند که رنگ‌های مربوط به طول موج‌های کوتاه را بازیابی می‌نمود [۵ و ۲۴]. هدف از این کار، بازیابی کنتراست از دست رفته تصاویر زیر آب می‌باشد. در روش پیشنهادی، از متد کانال قرمز به‌عنوان یک متغیر برای متد Channel Dark در بهبود تصاویر دارای مه استفاده می‌شود. نتایج تجربی نشان‌دهنده از بین رفتن نور مصنوعی، رسیدن به تصحیح رنگ طبیعی و بهبود جزئیات تصویر می‌باشد.

لی و همکاران در تحقیق خود، روشی را برای بالا بردن کیفیت تصاویر زیر آب پیشنهاد کردند که شامل دو مرحله می‌باشد[۲۵]. در مرحله نخست، یک روش موثر مه‌زدایی تصاویر زیر آب برای بازیابی رنگ، وضوح و ظاهر طبیعی تصویر اعمال می‌شود. در مرحله دوم، روشی ساده و موثر بر اساس فرضیه توضیع هیستوگرام برای بهبود کانتراست و روشنایی تصویر اعمال می‌شود. روش پیشنهادی دارای دو خروجی می‌باشد، یکی دارای رنگ و ظاهر طبیعی برای نشان دادن در صفحه نمایش و دیگری دارای روشنایی و کانتراست بالا مناسب استخراج اطلاعات. تجزیه و تحلیل کمی و کیفی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی کیفیت بصری تصاویر زیر آب را بالا برده و اطلاعات با ارزش‌تر و رنگ دقیق‌تری را نسبت به سایر روش‌ها بازیابی می‌کند.

یو و شانگ، با هدف حذف مه از تصاویر زیر آب، متد اصلاح شده برای تصاویر بر اساس کانال تیره DCP را ارایه کردند[۲۶]. متد پیشنهادی ابتدا نور محیط را با توجه به تفاوت کانال قرمز و آبی محاسبه و سپس ضعف‌های سه کانال به‌طور جداگانه بدست آورده می‌شود و در نهایت از یک مجموعه رنگ برای جبران اختلال رنگ‌های باقی مانده استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشان دهنده بهبود عملکرد موثر روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.

فان و همکاران با هدف افزایش کیفیت تصاویر زیر آب روش خود را ارایه کردند[۲۷]. در روش پیشنهادی به‌منظور بهبود هیستوگرام تصویر ورودی، عملیات متعادل‌سازی هیستوگرام به ترتیب بر روی کانال‌های فضای رنگی RGB اعمال می‌گردد. آزمایش انجام شده نشان دهنده اثربخشی روش بالا می‌باشد، ولی با توجه به عملیات متعادل‌سازی هیستوگرام بر روی کانال‌های RGB تفاوت بسیاری از نظر رنگ بین تصویر ورودی و خروجی مشاهده می‌شود.

۳- بررسی روش‌های بهبود تصاویر زیر آب

با مرور کارهای انجام شده در این حوزه، می‌توان روش‌های بهبود تصاویر زیر آب را در سه دسته، روش‌های مبتنی بر هیستوگرام (کشش و متعادل سازی هیستوگرام)، روش‌های حذف مه (Dark Channel) و روش‌های مبتنی بر اصلاح رنگ (اصلاح کانال قرمز) طبقه‌بندی نمود.

۳-۱-کشش و متعادل‌سازی هیستوگرام

کشش هیستوگرام، یک روش ساده برای بهبود تصویر می‌باشد که برای افزایش کنتراست تصویر، از فرآیند کشش مجموعه مقادیر شدت روشنایی استفاده می‌کند[۴و۱]. همچنین متعادل‌سازی هیستوگرام یک روش برای تغییر و اصلاح شدت روشنایی تصویر با استفاده از هیستوگرام تصویر ورودی است. متعادل‌سازی هیستوگرام در تصاویری که زمینه و نواحی آن، روشن و یا کم نور باشند، مفید خواهد بود[۲۸].

۳-۲ -حذف مه با روش Dark Channel

روش Dark Channel ، یک روش آماری برای حذف مه از تصاویر دارای مه می‌باشد. Dark Channel یک روش ساده، اما موثر در تخمین ضخامت و حذف مه است[۱۹، ۲۹].

در تصاویر رنگی دارای مه، به‌طور معمول شدت نور در پیکسل‌ها بر اثر وجود مه، خیلی کمتر از حد طبیعی است (هر پیکسل دارای ۳ رنگ می‌باشد که یک رنگ بر اثر مه، شدتی کمتر از حد طبیعی دارد). در روش Dark Channel ضخامت مه با استفاده از معادله (۶) تخمین زده می‌شود[۲۹].

$$J^{dark}(x) = \min_{y\in\pi(x)}\left(\min_{c\in\{r,g,b\}} J^{c}(y)\right) \qquad (۶)$$

که در این رابطه، J^c کانال رنگ پیکسل x و $\pi(x)$ یک محدوده n×n از پیکسل‌ها با مرکز x می‌باشد.

۳-۳- اصلاح رنگ (اصلاح کانال قرمز)

در این روش، رنگ‌هایی که وابسته به طول موج‌های کوتاه هستند بازیابی شده و همان‌طورکه انتظار می‌رود این روش برای تصاویر زیرآب منجر به بهبود کنتراست از دست رفته می‌شود[۲۴]. در این روش، ابتدا رنگ غالب آب، تخمین زده می‌شود و در مرحله بعد، نقشه انتقال اولیه تخمین زده شده و با استفاده از آن، تصحیح رنگ انجام می‌گیرد.

۴- مقایسه روش‌های بهبود تصاویر زیر آب

به‌منظور مقایسه سه دسته بالا، از سه روش بیوانو و همکاران [۱۵] (از روش‌های مبتنی بر هیستوگرام)، روش ساتیا و همکاران[۱۹] (از گروه روش‌های حذف مه با متد (Dark channel) و گالدرن و همکاران [۲۴] (از گروه روش‌های اصلاح رنگ) استفاده شده است.

به‌منظور ارزیابی روش‌های مورد مقایسه، از چهار تصویر استاندارد مرجع تصاویر زیرآب [۲۴] استفاده شده است (ستون اول از شکل ۲). سه الگوریتم افزایش وضوح تصاویر زیر آب بیوانو و همکاران، ساتیا و همکاران و گالدرن و همکاران بر روی چهار تصویر اعمال و نتایج حاصل در شکل (۲) نشان داده شده است.

به‌منظور ارزیابی کنتراست تصاویر حاصل از روش‌های بالا، از دو معیار ارزیابی EME (measure of enhancement)[۳۰] و معیار ارزیابی خرابی کنتراست بر اساس داده‌های آماری تصاویر طبیعی[۳۱] استفاده شده است.

EME متریک مورد استفاده برای مقایسه کیفیت تصاویر بوده که به‌صورت محلی، کنتراست تصویر را اندازه‌گیری می‌کند. در معیار ارزیابی EME، هر چه عدد حاصل، بیشتر باشد نشان‌دهنده افزیش کنتراست بالاتر است. نتایج حاصل از روش‌های مورد مقایسه توسط این معیار ارزیابی، در جدول (۱) نشان داده شده است.

با توجه به جدول (۱)، روش گالدرن و همکاران بهترین عملکرد را در بین روش‌های مورد مقایسه نشان می‌دهد.

در معیار ارزیابی خرابی کنتراست بر اساس داده‌های آماری تصاویر طبیعی، تمرکز عمده فقط بر روی کنتراست تحریف شده می‌باشد. این معیار، امتیازی بین ۱ تا ۵ به تصویر می‌دهد و هر چقدر این

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-12-26]

جدول ۱: ارزیابی روش‌های بهبود کنتراست تصاویر زیر آب با استفاده از معیار EME

نام تصویر	روش بیوانو و همکاران	روش ساتیا و همکاران	روش گالدرن و همکاران
تصویر۱	۰.۵۵۷۱	۰.۱۴۲۸	۰.۶۹۵۲
تصویر۲	۰.۵۰۹۴	۰.۳۷۱۲	۰.۳۷۰۳
تصویر۳	۰.۵۶۳۶	۰.۲۹۵۸	۰.۷۱۰۸
تصویر۴	۰.۵۸۱۳	۰.۲۲۴۵	۰.۹۲۶۹

امتیـاز بیشتر باشد، نشان‌دهنده کنتراست بهتر تصویر می‌باشد. نتایج حاصـل از روش‌های مورد مقایسه توسط این معیار ارزیابی، در جدول (۲) نشان داده شده است.

بـا توجه بـه جدول ۲، باز هم روش گالـدرن و همکاران نسبت به دو روش دیگر، بهتر عمل کرده است.

۴- نتیجه‌گیری

وضـوح و کیفیـت تصاویـر زیر آب، به‌دلیـل خـواص فیزیکی آب و محدودیت‌های سنسورهای تصویربرداری، همواره کم است. همچنین کنتراسـت در این تصاویر، به‌شـدت پایین و نویـز در آن بسیار زیاد می‌باشـد که این موضوع باعث از بیـن رفتن جزئیات تصویر می‌شود. بنابراین افزایش کنتراست برای تجسم و تفسیر مناسب‌تر این تصاویر، بسیار ضروری است.

در ایـن مقالـه، تکنیک‌هـای مختلف بهبـود تصاویر زیـر آب مورد بررسـی و مطالعه قرار گرفته است. روش‌هـای بررسی شده تا حد به نسبـت زیادی تصاویر زیـرآب را بهبود می‌دهند. بـا بررسی کارهای انجام شـده، روش‌های بهبود تصویر به سـه دسته، روش‌های مبتنی بر متعادل‌سـازی هیستوگرام، روش‌های حذف مه و روش‌های اصلاح

جدول ۲: ارزیابی روش‌های بهبود کنتراست تصاویر زیر آب بر اساس داده های آماری تصاویر طبیعی

نام تصویر	روش بیوانو و همکاران	روش ساتیا و همکاران	روش گالدرن و همکاران
تصویر۱	۳.۰۴۰۶	۳.۴۸۵۵	۲.۸۲۵۲
تصویر۲	۳.۰۰۷۱	۲.۲۰۷۰	۲.۶۱۲۸
تصویر۳	۳.۱۰۸۳	۲.۴۴۰۵	۳.۴۴۰۳
تصویر۴	۲.۵۶۸۹	۳.۱۹۹۹	۳.۴۳۳۶

کانـال رنگی تقسیـم و از هر کدام از سه دسـته، یک روش به‌منظور مقایسـه انتخاب گردیـد. با توجه به نتایج بدست آمـده از معیارهای ارزیابـی، می‌توان نتیجه گرفت که روش‌هـای مبتنی بر اصلاح کانال رنگی، نسبت به دو دسته دیگر، به نسبت، بهتر عمل کرده و منجر به افزایش دید و وضوح در تصاویر زیر آب شده است.

مراجع

[1] Baharudin, B. B., Kushairi, M., & Rajuddin, M. (2012, June). Significance level of image enhancement techniques for underwater images. In Computer & Information Science (ICCIS), 2012 International Conference on (Vol. 1, pp. 490-494). IEEE.

[2] Lu, H., Li, Y., Xu, X., Li, J., Liu, Z., Li, X., ... & Serikawa, S. (2016). Underwater image enhancement method using weighted guided trigonometric filtering and artificial light correction. Journal of Visual Communication and Image Representation, 38, 504-516.

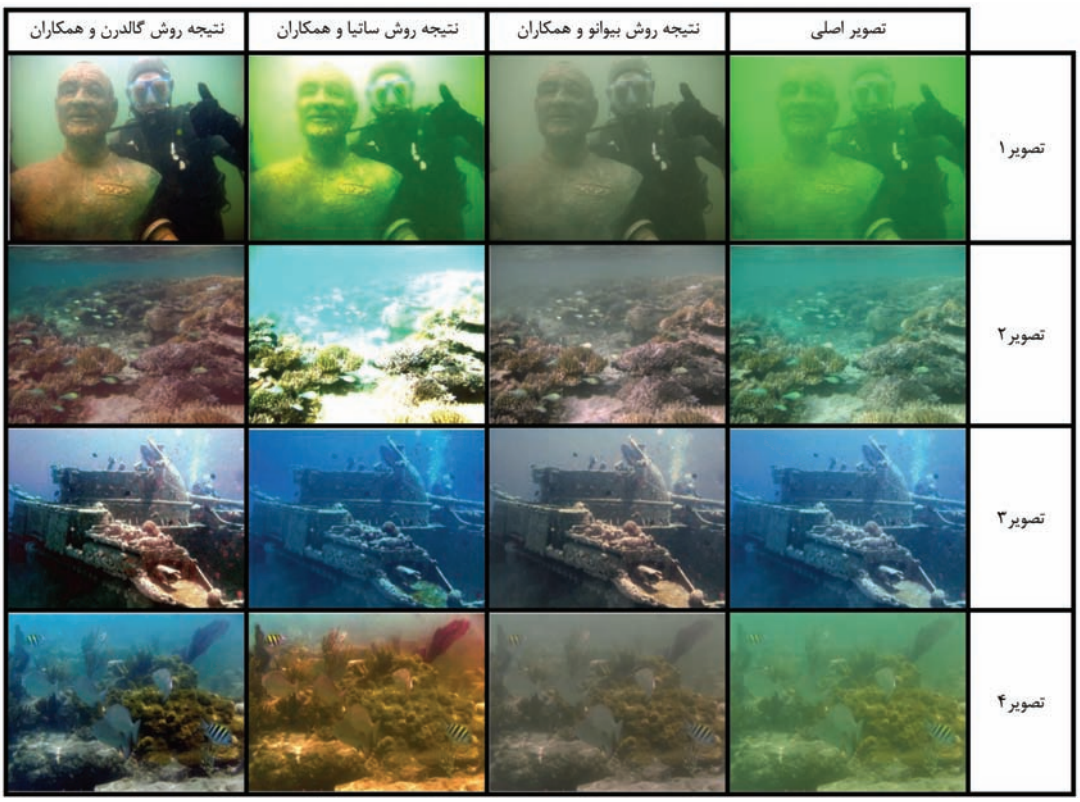
[3] Pr abhakar, C. J., & Kumar, P. U. "An image based technique for enhancement of underwater images". arXiv preprint arXiv:1212.0291,2012

[4] Bharal, S., & Amritsar, G. N. D. U. (2015). A Survey On Various Underwater Image Enhancement Techniques. International Journal of Computer Application (2250-1797), 5(4).

[۵] حسینـی، علی، شایگان، محمدامین، صدیقی، سعیـد. (۱۳۹۷). معرفی یک روش جدید برای بهبود کیفیت تصاویر زیر آب در فضای رنگی YIQ. مجله ماشین بینایی و پردازش تصویر..

[6] Singadkar, G. S.(2016). Underwater Image Enhancement Using Discrete Wavelet Transform & Singular Value Decomposition.

[7] Venugopal, N., Jothilingam, A., Sudhakar, M. S., Ramesh, R., &



شکل ۲ : خروجی روش‌های مورد مقایسه

ادامه در صفحه۲۲

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-12-26]