نشریه علمی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال دوازدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۳

Vol.12, No.3, Autumn 2024

۲۵ -٤٤

مقاله پژوهشی

ارایه الگوریتمی جدید به منظور بهبود رادیومتریکی تصاویرفتوگرامتری پهپاد مبنا از نقطه نظر رنگ ، نور وکنتراست

نرگس معتضدیان[1*]، حمید عبادی[2]، فرید اسماعیلی[3]

۱- دانشجو کارشناسی ارشد فتوگرامتری ، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

۲- استاد گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

۳- استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۵/۱۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۶/۱۷

چکیده

کیفیت رادیومتریک تصاویر یک عامل حیاتی است که به طور قابل توجهی بر تطبیق و ایجاد مدل‌های سه بعدی تأثیر می‌گذارد. عواملی مانند نوع دوربین مورد استفاده، پارامترهای تنظیم دوربین، زمان عکسبرداری و شرایط جوی تأثیر قابل توجهی بر کیفیت رادیومتریک تصاویر دارند. علاوه بر این، گرفتن تصاویر در آخرین ساعات روز می‌تواند منجر به کاهش نور و روشنایی تصویر شود، در نتیجه بر رنگ و کنتراست تاثیر می‌گذارد. هدف از این مطالعه شناسایی تصاویر نامناسب به منظور افزایش کیفیت رادیومتریک یک مجموعه داده پهپاد از نظر رنگ، کنتراست و روشنایی است. در این راستا از یک روش پیش پردازش با استفاده از معیارهای بدون رفرنس برای شناسایی کیفیت استفاده شده است. تقسیم‌بندی تصاویر به دسته‌های با کیفیت مناسب یا نامناسب با استفاده از یک حدآستانه بر اساس یک سیستم فازی به دست می‌آید. بهبود تصاویر با استفاده از شبکه عصبی پیچشی انجام شده است. تجزیه و تحلیل تصاویر نمونه نشان می‌دهد که کیفیت تصاویر ٪۸۶ از نظر رنگ، ٪۵۶ در روشنایی و ٪۵۳ در مقایسه با حالت اصلی افزایش یافته است. ارزیابی انجام شده پس از فرآیند بهبود تصویر نشان می‌دهد که کیفیت ارتوفوتوی تولید شده نسبت به حالت پردازش داده خام افزایش یافته است، خطاهای مربوط به مدلسازی سه بعدی کاهش یافته و تراکم ابرنقاط افزایش یافته است.

کلیدواژه‌ها : پیش پردازش رادیومتریکی، مثلث بندی هوایی، تعیین کیفیت تصویر، بهبود تصویر با شبکه عصبی پیچشی.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی.

تلفن: ۰۲۱۸۸۸۷۷۰۷۱

Email: N.motazedian94@gmail.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

۱- مقدمه

امروزه پهپادها به علت دسترسی بیشتر، قابلیت حمل آسان و کنترل‌پذیری بالا در علوم مختلف کاربردهای بسیاری پیدا کرده‌اند. با ظهور پهپادها در حوزه فتوگرامتری، چالش‌ها و مشکلات مربوط به فتوگرامتری هوایی تا حدودی مرتفع شده است؛ با این وجود برخی چالش‌های مثلث بندی هوایی که دقت را تحت الشعاع قرار می‌دهند، در فتوگرامتری پهپادمبنا نیز یافت می‌شوند. منبع نور، شرایط اتمسفری، لنز دوربین و توپوگرافی منطقه در میزان نور ورودی به سنسور و تشکیل یک تصویر اثر می‌گذارند. علی رغم اینکه تاثیر اتمسفر به علت ارتفاع پایین فتوگرامتری پهپاد کمتر از فتوگرامتری هوایی و سنجش از دور است، به علت زاویه میدان دید کوچک‌تر، زمان پروازها در پروژه‌های عظیم افزایش می‌یابد. افزایش زمان تصویربرداری تغییرات آب و هوایی را به همراه دارد. این تغییرات تصاویر را دچار اعوجاج رادیومتریکی می‌کنند.[۱] از طرفی در مطالعات سری زمانی شرایط متغیر جوی منجر به تغییر کیفیت رادیومتریکی تصاویر می‌شود.[۲] همین‌طور برخی از مطالعات بر حسب کاربرد، تهیه محصولات فتوگرامتری را در شب [۳] و یا شرایط نامساعد جوی [۱] ضروری می‌کند؛ از این رو حذف اثر اعوجاجات رادیومتریکی مورد اهمیت واقع می‌شود.

تصحیحات رادیومتریکی به طور کلی به دو دست مبتنی بر پردازش تصویر [۴] و مبتنی بر کالیبراسیون[۵ و ۶] انجام می‌شوند. کالیبراسیون رادیومتریکی نیازمند تجهیزات و تمهیدات لازم برای محاسبه المان‌های بازتاب می‌باشد.[۶] تصحیحات مبتنی بر پردازش تصویر تصحیحات پیش پردازشی هستند که در آن می‌بایست به عوامل متعدد تاثیرگذار در کیفیت رادیومتریکی تصاویر توجه شود. از جمله این عوامل می‌توان به تاثیر محیط‌های کم‌نور [۳ و ۷]، تاثیر اتمسفر [۱] و انحرافات رنگی [۸]ناشی از لنز دوربین اشاره کرد. پردازش تصویر علی رغم اینکه مزیت زمین مبنا نبودن را نسبت به روش‌های کالیبراسیون دارد، دارای معایبی است که از آن جمله می‌توان به این موارد اشاره کرد: تصاویر تحت تاثیر شرایط اتمسفری متغیر و نامناسب [۱] _ شرایط مه‌آلود و گرد و غبار_، وزش باد، عدم ثبات منبع نور در شرایط ابری و نیمه ابری [۹] و یا به علت ضعف لنزهای دوربین‌های غیرمتریک [۸]دارای اعوجاجات رادیومتریکی می‌شوند.

۲- پیشینه تحقیق :

قدم اول به منظور بهبود کیفیت رادیومتریکی مجموعه تصاویر پهپاد شناسایی و تعیین کیفیت هر تصویر است. در این راستا متریک‌های متعددی وجود دارند. متریک-های تعیین کیفیت تصویر به دو دسته با رفرنس [۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳] و بدون رفرنس [۱۴ و ۱۵]دسته‌بندی می‌شوند. متریک‌های بدون رفرنس تصویر را بدون نیاز به تصویر دیگر و بر اساس المان‌های خود تصویر ارزیابی می‌کند [۱۵]؛ در حالی که در متریک‌های فول رفرنس با مقایسه تصویر نسبت به یک تصویر مرجع، کیفیت‌سنجی انجام می‌گیرد[۱۱]. معیار تشابه ساختار[1] (*SSIM*) [۱۶]، انحراف شباهت کنتراست چند مقیاس[2] (*MCSD*)[۱۷] و شاخص تشابه میانگین انحراف[3] (*MDSI*)[۱۰] از جمله متریک‌های با رفرنس هستند که *SSIM* سطح کنتراست، روشنایی و بافت و وضوح تصویر، *MCSD* کنتراست و *MDSI* رنگ تصویر را ارزیابی می‌کنند. متریک‌های معیار جهانی کنتراست[4] (*GCF*) [۱۸]، انحراف معیار اختلاف لبه‌ها در باند اشباع تصویر[5](*SIEDS*)[۱۹] بدون رفرنس هستند که به ترتیب میزان کنتراست و مات‌شدگی را در تصویر مشخص می‌کنند.

---

[1] *SSIM : Structural similarity Index Measerment*

[2] *MCSD : multiscale contrast similarity deviation*

[3] *MDSI : Mean Deviation Similarity Index*

[4] *GSF : Global contrast Factor*

[5] *SIEDS : saturation image edge difference standard-deviation*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

کدزیرسکی و همکارانش بر اساس یک متریک رادیومتریکی بدون رفرنس مجموعه تصاویر پهپاد را به سه دسته روشنایی خوب، متوسط و ضعیف تقسیم‌بندی کردند. در ادامه بر اساس اعمال فیلتر در فضای فوریه توانستند تصاویر با کیفیت رادیومتریکی نامناسب را بهبود بخشند[۹]. تصحیحات گاما [۲۰]، فیلترهای مرتبط با برابرسازی هیستوگرام[1][۲۱، ۲۲، ۲۳ و ۲۴]، تصحیحات در فضای موجک [۲۵] و روش‌های مبتنی بر شبکه عصبی[۲۶، ۲۷، ۲۸ و ۲۹] از جمله روش‌های بهبود رادیومتریکی تصاویر هستند. یکی از رایج‌ترین تکنیک‌های بهبود رادیومتریکی تصویر که در تصویربرداری پهپاد استفاده می‌شود، برابرسازی هیستوگرام است. این تکنیک شامل تنظیم سطح روشنایی و کنتراست یک تصویر برای بهبود ظاهر بصری آن است. یکسان‌سازی هیستوگرام با توزیع مجدد مقادیر پیکسل در یک تصویر به طوریکه آنها به طور مساوی در کل محدوده مقادیر ممکن توزیع شوند کار می‌کند. این منجر به تصویری با کنتراست و سطح روشنایی بهتر می‌شود[۲۲]. یکی دیگر از تکنیک‌های بهبود تصویر که معمولا در تصویربرداری پهپاد استفاده می‌شود، کشش کنتراست[2]است. این تکنیک شامل تنظیم سطوح روشنایی یک تصویر است به طوری که مناطق تاریک تیره‌تر و مناطق روشن، روشن‌تر می‌شوند. کشش کنتراست می‌تواند هنگام برخورد با تصاویری که سطح کنتراست پایینی دارند یا زمانی که هدف برجسته‌سازی ویژگی‌های خاص در تصویر باشد، مفید باشد، اما برای تصاویر با تغییرات کنتراست شدید یا شرایط نوری غیریکنواخت به خوبی کار نمی‌کند[۳۰].

در تصحیحات رادیومتریکی در فضای فوریه ممکن است بخشی از اطلاعات تصویر هنگام تبدیل به فضای مکانی از بین برود [۹]. از طرفی اعمال فیلترهای هیستوگرام مبنا در فضای مکانی می‌تواند موجب افزایش نویز پس‌زمینه تصویر شود و نسبت سیگنال به نویز را کاهش دهد[۲۲]. تبدیل موجک برای تجزیه کانال‌های فرکانس بالا تصویر اصلی استفاده می‌کند. سپس هر کانال به ترتیب پردازش شده و برای به‌دست‌آوردن نتیجه بهبود نهایی بر اساس عملگر معکوس موجک ترکیب می‌شود. با این حال، آنها قادر به گرفتن ویژگی‌های عمیق و انتزاعی برای بازیابی تصویر نیستند و در نتیجه مقداری اعوجاج رنگ ایجاد می‌شود [۲۵]. روش یادگیری عمیق راه حل جدیدی برای بهبود تصویر ارائه می‌دهد. یک شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند ویژگی‌هایی را از داده ورودی تشخیص دهد و از آن‌ها برای شناسایی، طبقه‌بندی و پیش‌بینی داده‌های جدید استفاده کند [۲۸].

به منظور بهبود تصویر، یادگیری عمیق به طور مداوم پیچیدگی را برای تقویت توانایی یادگیری افزایش می‌دهد و پارامترهای شبکه عصبی تولید شده را از طریق تابع هدف محدود می‌کند. از این رو امروزه استفاده از روش‌های شبکه ی عصبی به صورت فراگیر مورد توجه پژوهشگران قرارگرفته‌است[۲۶, ۲۷ و ۲۹]. در تحقیقی یک شبکه مبتنی بر شبکه عصبی پیچشی برای بهبود تصویر با نور ضعیف طراحی و پیاده‌سازی شده است. شبکه روشنایی یک مدل چهار مرحله‌ای است؛ ابتدا نقشه روشنایی و بازتاب را با استفاده از یک شبکه با چهار لایه پیچشی تخمین می‌زند. سپس مولفه بازتاب با یک زیرشبکه حذف نویز پردازش می‌شود و مولفه روشنایی از طریق یک زیرشبکه اتصال پرش چند مقیاسی مبتنی بر رمزگذار-رمزگشا بهبود می یابد. در نهایت، برای ادغام مولفه‌های پردازش‌شده تئوری رتینکس اعمال می‌شود[۳۱]. یکی دیگر از شبکه‌های بهبود رادیومتریکی تصویر شبکه رتینکس است. مدل رتینکس فرض می‌کند که تصاویر را می‌توان به بازتاب و روشنایی تجزیه کرد. در این روش، بر روی یک مجموعه داده با نور کم حاوی جفت تصاویر با نور کم طبیعی شبکه آموزش می‌بیند. یک رتینکس آموخته

[1] *Histogram equalization: HE*
[2] *Histogram Streching*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

شده در این مجموعه داده، شامل دو زیر شبکه از جمله یک شبکه تجزیه و یک شبکه بهبود روشنایی است[۳۲]. علت ارجحیت روش‌های مبتنی بر شبکه ی عصبی[1]نسبت به سایر روش‌ها را به طور کلی می‌توان در چهار عنوان زیر مطرح کرد.

۱.قابلیت‌های یادگیری عمیق: *NN* ها مدل‌های یادگیری عمیق هستند که می‌توانند به طور خودکار ویژگی‌ها را از تصاویر استخراج کنند. آنها می‌توانند الگوها و روابط پیچیده در داده‌ها را بیاموزند که به آنها امکان می‌دهد کیفیت تصویر را به طور موثرتری افزایش دهند.

۲. یادگیری انتها به انتها : *NN* ها را می‌توان به روش انتها به انتها آموزش داد؛ به این معنی که آنها یاد می‌گیرند که مستقیماً تصاویر با کیفیت پایین را به تصاویر با کیفیت بالا بدون تکیه بر استخراج ویژگی‌های صریح یا مداخله دستی نگاشت کنند. این باعث می‌شود فرآیند بهبود کارآمدتر و دقیق‌تر شود.

۳. داده‌های آموزشی در مقیاس بزرگ: *NN* ها برای یادگیری موثر به حجم زیادی از داده‌های آموزشی نیاز دارند. روش‌های مبتنی بر شبکه عصبی می‌توانند از مجموعه داده‌های بزرگ با محتوای متنوع تصویر استفاده کنند، پس طیف وسیعی از تغییرات رادیومتریکی ثبت و عملکرد بهبود تصویر بیشتر می‌شود.

۴. نگاشت غیرخطی: *NN* ها قادر به یادگیری نگاشت غیرخطی بین تصاویر با کیفیت پایین و با کیفیت هستند. این به شبکه اجازه می‌دهد تا روابط پیچیده بین ویژگی‌های مختلف رادیومتریکی را ثبت کنند و در نتیجه نتایج بهبود دقیق‌تری به دست آورند.

شبکه‌های عصبی پیچشی[2]اغلب در کارهای بهبود رادیومتریک تصویر بر شبکه‌های عصبی (*NN*) ترجیح داده می‌شوند.

CNN ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که به طور موثر وابستگی‌های محلی در تصاویر را از طریق استفاده از لایه‌های پیچشی دریافت کنند. این به *CNN* ها اجازه می‌دهد تا ویژگی‌هایی را بیاموزند که به طور خاص با ساختارها و الگوهای محلی موجود در تصاویر تنظیم شده‌اند و آنها را برای کارهای مرتبط با تصویر مانند بهبود رادیومتریک مناسب می‌کند.

CNN ها از اشتراک‌گذاری پارامترها استفاده می‌کنند که در آن مجموعه‌ای از وزن‌ها در مکان‌های مختلف یک تصویر استفاده می‌شود. این امر تعداد پارامترهای مورد نیاز برای یادگیری را تا حد زیادی کاهش می‌دهد و *CNN* ها را برای کارهای پردازش تصویر در مقایسه با *NN* ها کارآمدتر و مقیاس‌پذیرتر می‌کند.*CNN* ها معمولاً از چندین لایه تشکیل شده‌اند که به تدریج ویژگی‌های سطح بالاتر را از ویژگی‌های سطح پایین استخراج می‌کنند. این استخراج ویژگی سلسله مراتبی *CNN* ها را قادر می‌سازد تا ساختارها و الگوهای تصویر پیچیده را بیاموزند و نمایش دهند،که برای کارهای بهبود رادیومتریکی که در آن اطلاعات تصویر محلی باید گرفته شود، بسیار مهم است. در حالی که *CNN* ها مزایای مشخصی را نسبت به *NN* ها برای بهبود رادیومتریک تصویر ارائه می‌دهند، انتخاب مناسب‌ترین معماری به کاربرد مجموعه داده‌های موجود و منابع محاسباتی موجود بستگی دارد.

مطالعات در راستای بهبود رادیومتریکی تصاویر مبتنی بر پردازش تصویر نشان می‌دهد، اغلب روش‌های ارائه شده تنها بر یک بخش از عوامل تاثیرگذار در کیفیت رادیومتریکی تصویر تمرکز داشته‌اند. در این مقاله ابتدا عوامل موثر بر کیفیت رادیومتریکی تصویر شناسایی شده و برای هر عامل متریکی به منظور تعیین کیفیت تصویر تعیین می‌شود. در مرحله بعد با کمک یک سیستم فازی استنتاجی مقدار حدآستانه مشخص و تصویر از نظر متریک مربوطه به دو کلاس مناسب و نامناسب طبقه بندی می‌گردد. پس از آن در یک شبکه عصبی پیچشی، تصاویر از نظر عوامل موثر بر کیفیت

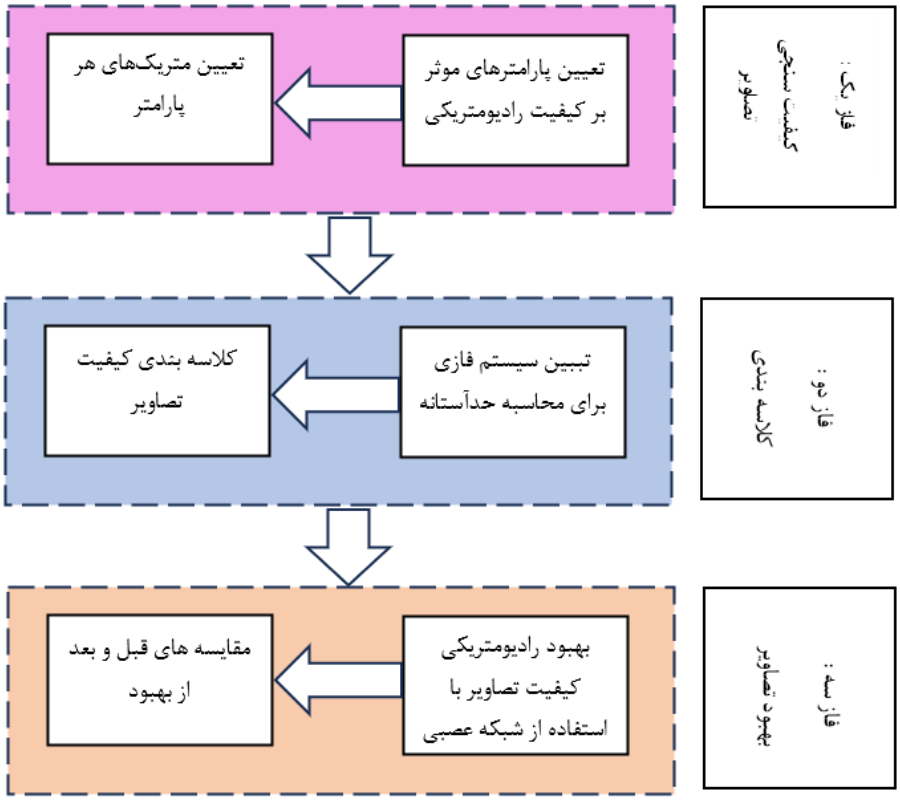
[1] *NN*
[2] *CNN*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

رادیومتریکی تصویر بهبود یافته و ارزیابی‌ها بر اساس مدل سه بعدی تشکیل شده انجام می‌شود. در نهایت سه تصویر به ۴ روش بهبود با روش پیشنهادی، بهبود به روش شبکه رتینکس، بهبود به روش تصحیحات گاما و برابرسازی هیستوگرام بهبود یافته و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۳-روش تحقیق :

این تحقیق در سه مرحله کلی کیفیت سنجی تصویر، کلاسه‌بندی تصاویر و بهبود تصاویر نامناسب از نظر عوامل تاثیرگذار بر کیفیت رادیومتریکی انجام می‌گیرد. کیفیت‌سنجی با استفاده از متریک‌های بدون رفرنس و کلاسه‌بندی کیفیت تصاویر بر اساس طراحی یک شبکه فازی انجام می‌شود. بهبود تصاویر بر مبنای یک شبکه عصبی پیچشی ارائه می‌شود. فلوچارت کلی تحقیق در شکل نشان داده شده‌است.



شکل۱: فلوچارت کلی

۳-۱- تعیین پارامترهای موثر بر کیفیت رادیومتریکی :

تصویربرداری به منظور تولید مدل سه‌بعدی با استفاده از پهپاد همواره دارای چالش‌هایی می‌باشد. متخصصان به منظور تهیه تصاویر مناسب از منطقه مورد نظر عوامل متعددی را مانند شرایط جوی، نور مناسب، زمان تصویربرداری مورد بررسی قرار می‌دهند. همچنین اخذ تصویر در ساعات پایانی روز و یا در روزهای ابری یا نیمه ابری منجر به افت کیفیت رادیومتریکی تصاویر از نقطه نظر روشنایی و رنگ و کنتراست می‌شود. بنابراین عوامل موثر بر کیفیت تصویر، روشنایی، رنگ، کنتراست می‌باشد. در ادامه متریک‌های هر عامل به صورت مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

۳-۲- تعیین متریک های هر پارامتر :

همانطور که پیش‌تر توضیح داده شد، متریک‌های تعیین کیفیت تصویر به طورکلی به دو دسته فول رفرنس یا بدون رفرنس دسته‌بندی می‌شوند. از آنجا که در متریک‌های بدون رفرنس نیازی به تصویر مرجع نیست، در این تحقیق به منظور تعیین کیفیت تصاویر از این متریکها استفاده شده است. متریک‌های بدون رفرنس، متریک‌های *GCF*، *SIEDS* است که در رابطه(۱) تا رابطه(۳) آورده می‌شود.

رابطه(۱)

$$\text{co}lor = \sigma(R,G) + 0/3 \times M(R,G,B)$$

رابطه(۲)

$$Contrast = GCF$$

رابطه(۳)

$$Illu\min ation = M(L)$$

در رابطه(۱)، $\sigma(R,G)$ انحراف معیار باند قرمز و سبز تصویر و $M(R,G,B)$ میانگین سه باند رنگی تصویر است که بر اساس یک رابطه تجربی توسعه داده شده‌است. رابطه(۲) رابطه‌ی مربوط به متریک کنتراست تحت عنوان معیار جهانی کنتراست است، که تصویر را صرفا بر اساس میزان کنتراست ارزیابی می‌کند. رابطه(۳) میانگین باند اول در فضای رنگی $l * a * b$ به عنوان متریکی برای مشخص‌کردن میزان روشنایی تصویر تعریف شده است.

۳-۳-تبیین سیستم فازی برای محاسبه حد آستانه :

پس از محاسبه متریک‌های فوق الذکر، سیستم فازی برای تعیین حدآستانه با ورودی‌های میانگین، میانه و انحراف‌معیار متریک مذکور در یک مجموعه داده و با قوانین منطقی طراحی می‌شود. در سیستم فازی ۴ المان زیر طراحی می‌شود.

۱. توابع عضویت: توابع عضویت درجه عضویت را برای هر عنصر در یک مجموعه فازی تعریف می‌کنند. این توابع مقادیر ورودی را در محدوده ای بین ۰ و ۱ ترسیم می‌کنند که درجه عضویت را نشان می‌دهد. در سیستم طراحی‌شده، توابع عضویت گوسین انتخاب شده‌است. محدوده توابع عضویت برای هر متغییر زبانی در ستون سوم جدول(۱) آورده شده‌است.

۲. متغیرهای زبانی: منطق فازی از متغیرهای زبانی برای نشان دادن اصطلاحات کیفی مانند "بالا"، "کم"، "گرم" استفاده می‌کند که ذهنی و مبهم هستند. این متغیرها با مجموعه‌های فازی و توابع عضویت در ارتباط هستند. متغیرهای زبانی در ستون دوم جدول(۱) آورده شده است.

۳. قوانین فازی: قوانین فازی اساس استدلال در سیستم‌های منطق فازی را تشکیل می‌دهند. آنها از یک مقدم (اگر جز) و یک نتیجه (سپس جزء) تشکیل شده‌اند. مقدمه شرایط را با استفاده از متغیرهای زبانی و توابع عضویت مرتبط با آنها مشخص می‌کند. در حالی که نتیجه، خروجی یا عمل را با استفاده از متغیرهای زبانی تعریف می‌کند. قوانین مربوط به سیستم فازی طراحی شده در جدول(۲) آورده شده‌است.

۴.فاززدایی[1]: فرآیندی است که در سیستم‌های منطق فازی برای تبدیل مجموعه‌های فازی یا متغیرهای فازی به مقادیر واضح یا خروجی‌های گسسته استفاده می‌شود. فازی‌سازی آخرین مرحله در سیستم منطق فازی است که در آن خروجی فازی به دست آمده از فرآیند استنتاج به یک مقدار عددی واحد تبدیل می‌شود. این مقدار نشان‌دهنده پاسخ یا تصمیم سیستم بر اساس متغیرهای ورودی و قوانین تعریف شده‌است. اساس این سیستم استنتاج فازی ممدانی، با *defuzzification* مرکزی است که میانگین وزنی تمام مقادیر تابع عضویت در مجموعه را محاسبه می‌کند.

[1] *defuzzification*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

جدول ۱: ویژگی های توابع عضویت

		متغییر زبانی			محدوده تابع عضویت		
ورودی سیستم	میانه متریک	زیاد	متوسط	کم	۱_۰/۱۷۶۹	۰/۵_۰/۱۷۶۹	۰_۰/۱۷۶۹
	میانگین متریک						
	انحراف معیار متریک						
خروجی سیستم	حدآستانه متریک	زیاد	متوسط	کم	۱_۰/۱۳۷۴	۰/۵ _۰/۳	۰_۰/۱۳۷۴

جدول ۲: قوانین سیستم فازی

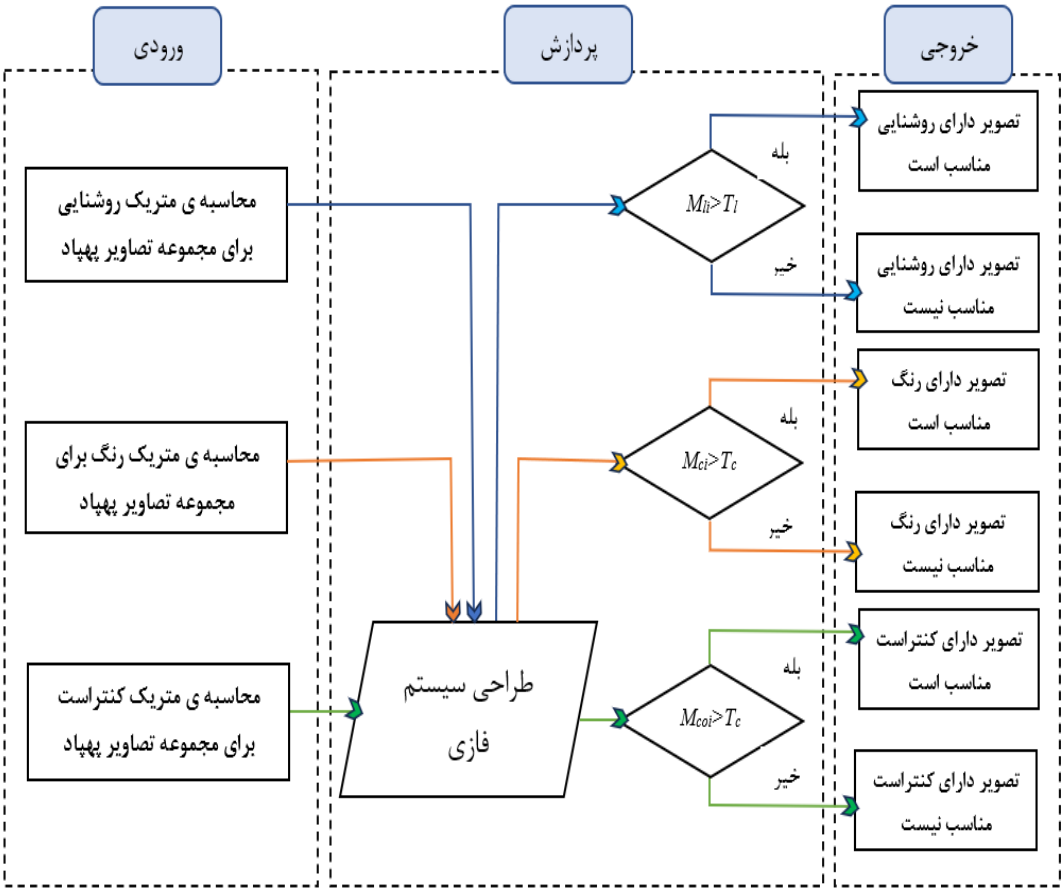
شماره	قانون
۱	➢ اگر میانگین کم و میانه کم و انحراف معیار زیاد باشد،حدآستانه زیاد است.
۲	➢ اگر میانگین کم و میانه زیاد و انحراف معیار کم باشد، حدآستانه متوسط است.
۳	➢ اگر میانگین کم و میانه کم و انحراف معیار کم باشد؛ حدآستانه کم است.
۴	➢ اگر میانگین کم و میانه زیاد انحراف و معیار زیاد باشد، حد آستانه کم است.
۵	➢ اگر میانگین کم و میانه متوسط و انحراف معیار متوسط باشد،حدآستانه متوسط است.
۶	➢ اگر میانگین کم و میانه متوسط و انحراف معیار کم باشد، حدآستانه کم است.
۷	➢ اگر میانگین کم و میانه متوسط و انحراف معیار زیاد باشد، حدآستانه زیاد است.
۸	➢ اگر میانگین کم و میانه زیاد و انحراف معیار متوسط باشد، حدآستانه متوسط است.
۹	➢ اگر میانگین کم میانه کم انحراف معیار متوسط باشد، حد آستانه زیاد است.
۱۰	➢ اگر میانگین زیاد و میانه زیاد و انحراف معیار زیاد باشد، حدآستانه متوسط است.
۱۱	➢ اگر میانگین زیاد و میانه کم و انحراف معیار کم باشد، حدآستانه کم است.
۱۲	➢ گر میانگین زیاد و میانه زیاد و انحراف معیار کم باشد، حدآستانه کم است.
۱۳	➢ اگر میانگین زیاد و میانه کم و انحراف معیار زیاد باشد، حدآستانه متوسط است.
۱۴	➢ اگر میانگین زیاد و میانه متوسط و انحراف معیار متوسط باشد، حداستانه کم است.
۱۵	➢ اگر میانگین زیاد و میانه متوسط و انحراف معیار کم باشد، حدآستانه کم است.
۱۶	➢ اگر میانگین زیاد و میانه متوسط و انحراف معیار زیاد باشد، حدآستانه متوسط است.
۱۷	➢ اگر میانگین زیاد و میانه زیاد و انحراف معیار متوسط باشد، حدآستانه کم است.
۱۸	➢ اگر میانگین زیاد و میانه کم و انحراف معیار متوسط باشد، حد آستانه متوسط است.
۱۹	➢ اگر میانگین متوسط و میانه زیاد و انحراف معیار زیاد باشد، حدآستانه زیاد است.
۲۰	➢ اگر میانگین متوسط و میانه کم و انحراف معیار کم باشد، حدآستانه کم است.
۲۱	➢ اگر میانگین متوسط و میانه زیاد و انحراف معیار کم باشد، حدآستانه کم است.
۲۲	➢ اگر میانگین متوسط و میانه کم و انحراف معیار زیاد باشد، حدآستانه زیاد است.
۲۳	➢ اگر میانگین متوسط و میانه متوسط و انحراف معیار متوسط باشد، حدآستانه متوسط است.
۲۴	➢ اگر میانگین متوسط و میانه متوسط و انحراف معیار کم باشد، حدآستانه متوسط است
۲۵	➢ اگر میانگین متوسط و میانه متوسط و انحراف معیار زیاد باشد حدآستانه زیاد است.
۲۶	➢ اگر میانگین متوسط و میانه زیاد و انحراف معیار متوسط باشد،حدآستانه زیاد است.
۲۷	➢ اگر میانگین متوسط و میانه کم و انحراف معیار متوسط باشد، حد آستانه زیاد است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

۳-۴- کلاسه‌بندی کیفیت تصاویر :

در این بخش هر تصویر از نقطه نظر رنگ، کنتراست، روشنایی با استفاده از متریک‌های بدون رفرنس مربوط به تعیین کیفیت تصویر و حدآستانه مبتنی بر سیستم فازی به دو دسته تصویر مناسب یا نامناسب دسته‌بندی می‌شوند. فلوچارت کلی کلاسه‌بندی تصویر در شکل ۱ آورده شده‌است. در این فلوچارت M_{ij} متریک i ام تصویر j ام و T_i حدآستانه متریک i ام می‌باشد.

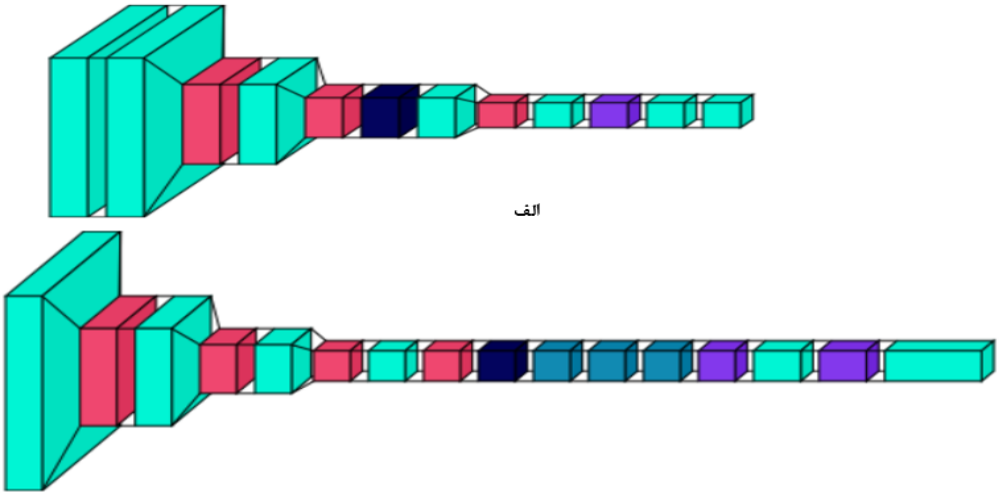


شکل ۱: روندنمای کلاسه بندی کیفیت تصاویر

۳-۵- بهبود تصاویر با استفاده از شبکه عصبی :

در این بخش تصاویری که به عنوان تصویر نامناسب شناسایی شده‌اند، بر مبنای یک شبکه عصبی بهبود می‌یابند. این شبکه عصبی پیچشی شامل یک نت اصلی (شبکه تجزیه) و سه زیرشبکه منسوب به شبکه رنگ، شبکه کنتراست و شبکه روشنایی می‌باشد. هر تصویر نامناسب ابتدا وارد شبکه تجزیه شده و به دو مولفه‌ی I و R تجزیه می‌شود. پس از آن مولفه I برای بهبود تصویر از نظر رنگ، روشنایی و کنتراست وارد شبکه‌های مرتبط می‌شوند. برای تشکیل تصویر نهایی از تئوری رتینکس استفاده می‌شود. شکل(۳) معماری شبکه مادر و زیرشبکه‌ها را نشان می‌دهد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]



شکل۳: معماری (الف) شبکه تجزیه، (ب) شبکه رنگ، روشنایی و کنتراست

۳-۵-۱- شبکه :

شبکه عصبی پیچشی یک نوع الگوریتم یادگیری عمیق است که به طور گسترده در بینایی ماشین برای طبقه‌بندی تصاویر، تشخیص اشیا، قطعه‌بندی و بهبود تصاویر استفاده می‌شود. *CNN*ها از لایه‌های متعددی تشکیل شده‌اند که یاد می‌گیرند ویژگی‌ها را از تصاویر استخراج کنند.

۳-۵-۱-۱- شبکه تجزیه:

اساس شبکه تجزیه، تئوری رتینکس است. بر این مبنا تصویر از دو مولفه بازتاب و روشنایی تشکیل شده است. شبکه تجزیه نوعی الگوریتم یادگیری بدون نظارت است که برای تابع ضرر خود به داده زمینی نیاز ندارد. این به این دلیل است که هدف شبکه تجزیه یادگیری یک نمایش کم‌بعدی از داده‌های ورودی، بدون دانش قبلی از ساختار یا برچسب‌ها است. تابع هزینه در شبکه تجزیه مبتنی بر خطای بازسازی است که اندازه‌گیری می‌کند چگونه شبکه می‌تواند ورودی اصلی را از نمایش کم بعدی خود بازسازی کند. شبکه یاد می‌گیرد که این خطا را با تنظیم وزن‌ها و بایاس‌های خود در طول آموزش به حداقل برساند. از آنجایی که هیچ هدفی وجود ندارد که شبکه بتواند خروجی خود را با آن مقایسه کند، برای هدایت فرآیند یادگیری خود صرفاً به خطای بازسازی متکی است. این باعث می‌شود شبکه تجزیه برای کارهایی که داده‌های برچسب‌گذاری شده کمیاب یا در دسترس نیستند، مانند یادگیری ویژگی‌های بدون نظارت یا تشخیص ناهنجاری، مفید باشد. در شبکه تجزیه تصویر ورودی به دو تصویر I و R تجزیه می‌شود. زیر تصویر I به عنوان تصویر اثرگذار بر روی موارد رادیومتریکی وارد شبکه‌های رنگ، روشنایی و یا کنتراست می‌شود سپس مولفه R تصویر در مولفه I بهبود یافته ضرب و تصویر بهبودیافته تشکیل می‌شود. اساس انتخاب زیر شبکه مشکل افت کیفیت در مورد تصویر مورد نظر است. تابع هزینه این بخش از رابطه(۴) بدست می‌آید.

۳-۵-۱-۲- شبکه رنگ:

این شبکه نوعی *CNN* است که برای پردازش تصاویر رنگی طراحی شده است. از چندین کانال برای نمایش اجزای رنگی مختلف (قرمز، سبز و آبی) یک تصویر استفاده می‌کند. شبکه رنگی یاد می‌گیرد که ویژگی‌ها را از هر کانال به طور جداگانه استخراج کند و سپس

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

آنها را برای پیش‌بینی ترکیب می‌کند. تابع هزینه این زیر شبکه از رابطه(۵) بدست می‌آید. اساس این رابطه کورورلیشن شاخص رنگ بین تصویر ورودی و خروجی در داده‌های آموزشی و هدف به حداقل رساندن تابع هزینه است.

۳-۵-۱-۳- شبکه کنتراست :

شبکه کنتراست یک *CNN* است که برای افزایش کنتراست تصویر طراحی شده‌است. یک تصویر ورودی را به عنوان ورودی می‌گیرد و یک تصویر خروجی با کنتراست بهبود یافته تولید می‌کند. شبکه کنتراست یاد می‌گیرد که روشنایی و کنتراست نواحی مختلف در تصویر ورودی را با استفاده از لایه‌های پیچشی تنظیم کند. این زیر شبکه با تابع هزینه رابطه(۶) طراحی شده است.

۳-۵-۱-۴- شبکه روشنایی :

نوع دیگری از *CNN* است که برای نورپردازی مجدد تصویر استفاده می‌شود. یک تصویر ورودی و یک شرایط روشنایی را به عنوان ورودی می‌گیرد و یک تصویر خروجی با شرایط نوری دلخواه تولید می‌کند. شبکه روشنایی مدل‌سازی رابطه بین تصویر ورودی و شرایط نور را با استفاده از لایه‌های پیچشی می‌آموزد. تابع هزینه این زیر شبکه بر اساس رابطه(۷) بدست می‌آید. تعداد و ویژگی‌های هر لایه در شبکه‌های یاد شده در جدول(۳) آورده می‌شود.

رابطه(۴)

$$f_decomposition = |R_good \times I_good - S_good| + |R_good \times I_bad - S_bad| + |R_bad \times I_good - S_bad| + |R_bad \times I_bad - S_bad|$$

رابطه(۵)

$$f_color = 1 - \frac{2 \times (H_x \times H_y + M_x \times M_y) + d1}{d2 + H_x^2 + H_y^2 + M_x^2 + M_y^2}$$

رابطه(۶)

$$f_contrast = 1 - \frac{2 \times \mu_x \times \mu_y + c1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + c2}$$

رابطه(۷)

$$f_ligth = 1 - \frac{2 \times l_x \times l_y + t1}{l_x^2 + l_y^2 + t2}$$

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

جدول۳: ویژگی‌های لایه‌های مختلف هر شبکه

لایه‌ها		زیرشبکه‌ها	لایه‌ها		شبکه تجزیه
پیچشی اول	ابعاد فیلتر	۵*۵	پیچشی اول	ابعاد فیلتر	۵*۵
	تعداد فیلتر	۶۴		تعداد فیلتر	۳۲
	تابع فعالساز	relu		تابع فعالساز	relu
پیچشی دوم تا چهارم	ابعاد فیلتر	۳*۳	پیچشی دوم تا ششم	ابعاد فیلتر	۳*۳
	تعداد فیلتر	۱۲۸		تعداد فیلتر	۳۲
	تابع فعالساز	relu		تابع فعالساز	relu
پیچشی پنجم	ابعاد فیلتر	۳*۳	پیچشی هفتم	ابعاد فیلتر	۳*۳
	تعداد فیلتر	۲۵۶		تعداد فیلتر	۶۴
	تابع فعالساز	relu		تابع فعالساز	relu
پیچشی ششم	ابعاد فیلتر	۳*۳			
	تعداد فیلتر	۵۲۶			
	تابع فعالساز	relu			
deconvoloution	ابعاد فیلتر	۳*۳			
	تعداد فیلتر	۱۲۸			
	تابع فعالساز	relu			
dropout	تعداد لایه	۱	dropout	تعداد لایه	۱
	درصد حذف	۰/۲۵		درصد حذف	۰/۲۵
maxpoling	تعداد لایه	۴	maxpoling	تعداد لایه	۳
	ابعاد فیلتر	۲*۲		ابعاد فیلتر	۲*۲
upsampling	تعداد لایه	۲	upsampling	تعداد لایه	۱
	درونیابی	نزدیکترین همسایه		درونیابی	نزدیکترین همسایه

۳-۵-۲- داده‌های آموزشی و تست :

یک مجموعه داده شامل ۱۰۰ جفت عکس با شرایط رادیومتریکی مناسب و نامناسب که توسط پهپاد و گوشی تلفن همراه، در محیط بیرونی و داخلی اخذ شده است، به عنوان داده آموزشی و تست مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مجموعه تصویر، ۱۶ تصویر با پهپاد با رزولوشن ۳۰۰۰*۴۰۰۰ و۸۴ تصویر با گوشی تلفن همراه با رزولوشن ۳۰۹۶*۴۱۲۸ گرفته شده‌است. داده ورودی شبکه شامل ۷۰ داده آموزشی و ۳۰ داده تست است.

۳-۵-۳- هایپرپارامترهای شبکه :

هایپرپارامترها به منظور بهینه‌سازی آموزش شبکه تنظیم می‌شوند. این هایپرپارامترها شامل *Batch size*، *patch size*، اپک، تابع بهینه‌ساز، نرخ آموزش می‌باشند. *Batch size* تعداد قسمت‌های به کار رفته در هر تکرار

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

را تعیین می‌کند که در این شبکه مقدار آن ۸ در نظر گرفته شده است. تعداد اپک ها در این شبکه ۱۰۰، نرخ آموزش۰٫۰۰۱ و بهینه‌ساز، *Adam* در نظر گرفته شده است.

۴- نتایج تحقیق :

در این بخش نتایج تحقیق با پیاده‌سازی بر روی دو مجموعه داده آورده خواهد شد.

۴-۱- داده‌های مورد استفاده :

در این پژوهش از ۲ مجموعه داده پهپاد استفاده شده‌است. مجموعه داده اول شامل ۷۴ تصویر در شرایط نامناسب جوی(شرایط نوری نامناسب) و در حالت خودکار دوربین تصویربرداری شده‌است. مجموعه داده دوم که شامل ۳۷۷ تصویر می‌باشد، در شرایطی برداشت شده‌است که نیمی از رن‌های تصویربرداری در شرایط ابری و نیم دیگر در شرایط غیر ابری گرفته شده‌اند. بنابراین اختلاف نور و روشنایی در رن‌های مختلف پرواز در این مجموعه داده مشهود است.

۴-۲- کیفیت‌سنجی :

سنجش کیفیت تصویر و قرار دادن تصویر در دو کلاس مناسب یا نامناسب از سه نقطه نظر یاد شده یعنی رنگ، روشنایی، کنتراست، برای ۲ مجموعه داده پهپاد انجام شده‌است. نرم‌افزار متاشیپ امکانی برای کاربران خود فراهم می‌کند تا کیفیت کلی هر تصویر را مورد ارزیابی قراردهد. افزونه تخمین کیفیت تصویر، برای هر تصویر یک عدد بین ۰ و ۱ خروجی می‌دهد. حدآستانه مطلوب در نرم‌افزار متاشیپ ۰٫۵ در نظر گرفته می‌شود. بنابراین تصاویری که متریک کیفیتشان بیش از نیم باشد تصویر مناسب از نظر رادیومتریکی و تصاویر با متریک کمتر از نیم در دسته تصاویر نامناسب دسته‌بندی می‌شوند. در هر مجموعه داده کیفیت کلی تصویر مطابق با الگوریتم نرم افزار متاشیپ نیز محاسبه شده است و به عنوان یک متریک تعیین کیفیت رادیومتریکی، با روش پیشنهادی مقایسه شده است. حدآستانه محاسبه شده از طریق سیستم فازی در جدول(۴) نمایش داده می‌شود.

همچنین نتایج فاز دوم تحقیق، یعنی تعداد تصاویر در هر کلاس مناسب یا نامناسب از نظر رنگ، نور، کنتراست در جدول(۴) آورده شده است.

جدول ۳: عدد حدآستانه

مجموعه داده	حد آستانه			
	روش پیشنهادی			روش متاشیپ
	رنگ	نور	کنتراست	
مجموعه داده اول	۰٫۴۵۷	۰٫۵۰۹	۰٫۵۷۶	۰٫۵
مجموعه داده دوم	۰٫۴۲۹	۰٫۵۳۷	۰٫۴۹۴	۰٫۵

جدول ۴: تعداد تصاویر در هر کلاس

مجموعه داده	روش پیشنهادی						روش متاشیپ	
	تعداد تصاویر در کلاس مناسب			تعدادتصاویر در کلاس نامناسب			تعداد تصاویر در کلاس مناسب	تعداد تصاویر در کلاس نامناسب
	رنگ	نور	کنتراست	رنگ	نور	کنتراست	رادیومتریکی	رادیومتریکی
مجموعه داده اول	۱۰	۴۰	۲۹	۶۴	۳۴	۴۵	۷۴	۰
مجموعه داده دوم	۲۲۳	۹۲	۷۸	۱۴۸	۲۷۹	۲۹۳	۳۷۱	۰

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

همانطور که از جدول(۵) مشخص است، در روش تعیین کیفیت و کلاسه‌بندی تصاویر به روش متاشیپ کلیه تصاویر در دسته مناسب قرار گرفته‌اند. از این رو تعداد تصاویر در کلاس نامناسب به روش متاشیپ، صفر است. این در حالیست که در هر دو مجموعه‌داده تعدادی از تصاویر، به دلیل تصویربرداری در شرایط نامناسب جوی، دارای افت کیفیت رادیومتریکی هستند. حدآستانه‌گذاری نامناسب و عدم بررسی کیفیت تصویر به صورت جزئی از نظر عوامل موثر در کیفیت رادیومتریکی تصویر از جمله دلایل ارجحیت روش پیشنهادی ما نسبت به روش مورد استفاده در نرم‌افزار می‌باشد.

۴-۳- بهبود تصاویر :

بهبود تصویر از روش پیشنهادی یعنی شبکه عصبی و روش برابرسازی هیستوگرام انجام شده است. در شبکه عصبی متناسب با متریک افت کیفیت تصویر یک یا هر سه پارامتر موثر بر کیفیت تصویر بهبود داده می‌شوند. در روش برابرسازی هیستوگرام تنها با یکسان‌سازی هیستوگرام تصویر منجر به بهبود کلی کیفیت تصویر می‌شود. در ادامه دو تصویر به هر دو روش بهبود داده می‌شود. تصویر اول از نظر رنگ، کنتراست، مات شدگی و نویز نامناسب است و تصویر دوم از نظر رنگ، کنتراست و روشنایی نامناسب می‌باشد. نتایج مربوط به بهبود این دو تصویر که در شکل(۴) و شکل(۵) آورده شده است نشان می‌دهد که روش برابرسازی هیستوگرام با وجود بهبود تصویر از نظر رنگ، کنتراست و روشنایی ولی در بعضی تصاویر منجر به مات شدگی و نویزی شدن تصویر می‌شود. روش پیشنهادی در هر سه مورد تصویر را بهبود می‌دهد. تصاویر بهبود یافته و جدول مقدار متریک‌های یادشده قبل از بهبود و پس از بهبود به روش‌های گفته شده در جدول(۶) آورده شده است.



(الف) (ب) (پ)

شکل ۴: تصویر (الف)تصویر خام، (ب)تصویر بهبودیافته به روش پیشنهادی، (پ)تصویر بهبود یافته با الگوریتم *HE*



(الف) (ب) (پ)

شکل ۵: تصویر ۲_تصویر خام ب_ تصویر بهبودیافته به روش پیشنهادی پ_تصویر بهبود یافته با الگوریتم *HE*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

جدول ۵: کیفیت تصویر

تصویر	تصویر۱			تصویر۲		
شاخص	اصلی	روش پیشنهادی	روش *HE*	اصلی	روش پیشنهادی	روش *HE*
رنگ	۲٫۹۱	۲۱٫۶۴	۶٫۳۲	۱۵٫۹۶۶	۲۹٫۹۷۹	۲۰٫۵۶۵
کنتراست	۵٫۶۷	۹٫۵۳	۷٫۱۶	۴٫۹۰۶	۱۰٫۸۷۵	۸٫۹۷۶
نور	۳۹٫۱۴	۱۸٫۵۰	۲۵٫۴۱	۲۶٫۲۷۹	۵۳٫۳۸۷	۳۵٫۷۳۴

نتایج نشان می‌دهد الگوریتم پیشنهادی میزان رنگ در تصویر اول را ۸۶ درصد و در تصویر دوم ۴۷ درصد بهبود بخشیده‌است، این در حالیست که شاخص رنگ به روش برابرسازی هیستوگرام در تصاویر اول و دوم به ترتیب ٪۵۴ و ٪۲۲ بهبود یافته‌است. کنتراست در روش پیشنهادی در تصویر اول و دوم ٪۴۰ و ٪۵۴ و نور در دو تصویر مورد ارزیابی، ٪۵۳ و ۵۱ درصد بهبود یافته‌است. در روش برابرسازی هیستوگرام، کنتراست ٪۲۱ در تصویر اول و ٪۴۴ در تصویر دوم بهتر شده است. نور دو تصویر اول و دوم به روش *HE* به ترتیب ٪۳۵ و ٪ ۲۶ بهبود داشته‌است. نتایج نشان می‌دهد روش برابرسازی هیستوگرام نسبت به روش پیشنهادی تصویر را کمتر بهبود می‌دهد.

۴-۴-ارزیابی مدل :

افزایش تعداد تناظرهای صحیح در تصاویر به بهبود کیفیت مدل‌سازی سه بعدی با استفاده از پهپاد کمک می‌کند. بهبود رادیومتریکی تصاویر یک مجموعه داده می‌تواند علاوه بر افزایش تعداد نقاط متناظر در تصاویر، باعث بهبود کیفیت هندسی مدل با کم شدن خطاها شود. همچنین در جدول(۷) تعداد نقاط متراکم، خطای ریپروجکشن و باقیمانده خطای نقاط چک و کنترل برای دو مجموعه داده در سه حالت ارزیابی شده‌اند. حالت اول، تصاویر بدون هیچ گونه فرآیند پیش پردازشی و به صورت خام وارد پردازش شده‌اند. حالت دوم تصاویر به روش گفته شده در این مقاله بهبود پیدا کرده‌اند و پس از آن جهت تولید مدل سه بعدی وارد نرم‌افزار شده‌اند. حالت سوم سطح کنتراست و روشنایی تمام تصاویر در نرم‌افزار متاشیپ به صورت خودکار و بر اساس الگوریتم‌های داخلی نرم‌افزار به‌روز شده است و همچنین رنگ تمام تصاویر به صورت خودکار بهبود یافته است. نتایج مقایسه این سه حالت نشان می‌دهد، تعداد نقاط متراکم روش پیشنهادی در مجموعه داده اول ۴۴٫۸ درصد بیشتر از حالت اصلی و ۳۰٫۵ درصد بیشتر از بهبود با الگوریتم‌های متاشیپ است. خطای ریپروجکشن در این حالت ۳۴٫۹ درصد نسبت به حالت اصلی و ۳۴٫۱ درصد نسبت به حالت سوم کمتر شده است. در مجموعه داده دوم تعداد نقاط متراکم در حالت دوم ۱۴٫۹ درصد نسبت به حالت اول و ۵٫۵ درصد نسبت به حالت سوم افزایش داشته است. خطای ریپروجکشن در حالت دوم کمتر از دو حالت دیگر است. در هر دو مجموعه داده خطای نقاط کنترل و چک در حالت دوم کمتر از دو حالت دیگر است که نشان می‌دهد بهبود کیفیت تصاویر می‌تواند بر روی کیفیت هندسی مدل نیز تاثیر بسزایی داشته باشد.

بررسی ارتوفتوهای مجموعه داده‌های مذکور در شکل(۶) و شکل(۷) نشان می‌دهد، در روش پیشنهادی اختلاف نور و روشنایی بین دو رن پروازی در مجموعه داده دوم به طور کامل از بین رفته است. در مجموعه داده اول مشکلات نور و رنگ مرتفع شده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

جدول۷: ارزیابی مدل سه بعدی

مجموعه داده		تعداد ابر نقاط متراکم	خطای پروجکشن (پیکسل)	خطای نقاط کنترل(سانتی متر)	خطای نقاط چک (سانتی متر)
مجموعه داده اول	اصلی	۱۵،۴۰۰،۷۹۳	۲٫۴۶	۱۰٫۸۲	۸۶٫۹۹
	روش پیشنهادی	۲۲،۳۱۴،۵۳۶	۱٫۶	۲٫۶۴	۱۵٫۱۱
	متاشیپ	۱۷،۰۸۸،۷۱۶	۲٫۴۳	۸٫۰۸	۳۲٫۷۶
مجموعه داده دوم	اصلی	۷،۳۱۵،۶۵۶	۶٫۱۹	۸٫۰۵	۳۶٫۵۰
	روش پیشنهادی	۸،۴۰۷،۶۲۹	۱٫۶۹	۰٫۷۹	۱۴٫۱۸
	متاشیپ	۷،۹۷۱،۲۴۱	۳٫۵۷	۲٫۱۹	۲۷٫۷۲



(الف) (ب) (پ)

شکل ۶: ارتوفتوی مجموعه داده اول، (الف) بهبود یافته با متاشیپ، (ب) بهبود یافته به روش پیشنهادی، (پ) دیتای خام



(الف) (ب) (پ)

شکل ۷: ارتوفتوی مجموعه داده دوم، (الف) بهبود یافته با متاشیپ، (ب) بهبود یافته به روش پیشنهادی، (پ) دیتای خام

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

۵- نتیجه‌گیری :

با توسعه سریع فناوری پردازش تصویر و ماشین‌های هوشمند، بهبود کیفیت رادیومتریکی تصویر پیشرفت چشم‌گیری داشته است. در این مقاله مهم‌ترین پارامترهای موثر بر کیفیت رادیومتریکی تصویر که با دوربین‌های غیرمتریک در شرایط نامناسب جوی و یا در ساعات پایانی روز به دلیل عدم وجود منبع نور مناسب منجر به افت کیفیت تصویر می‌شوند، بررسی شد. شبکه *CNN* پیشنهادی نتایج امیدوارکننده‌ای در بهبود نور و جزییات تصویر با تنظیم کنتراست، روشنایی و رنگ تصویر نشان داده است. این الگوریتم را می‌توان در کاربردهای مختلفی مانند بهبود کیفیت تصاویر گرفته‌شده در شرایط کم نور، بهبود تصاویر پزشکی و بهبود دقت سیستم‌های تشخیص اشیا استفاده کرد.

توسعه این الگوریتم برای بهبود هر پارامتر به صورت مجزا باعث بهبود کیفیت ارتوفتو در یک مثلث‌بندی هوایی، افزایش تعداد نقاط متراکم و استحکام هندسی مدل شد؛ بنابراین افزایش ساعات پرواز و یا تصویربرداری در شرایط نامناسب جوی با الگوریتم ارائه شده ممکن می‌شود. با این حال هنوز مشکلاتی وجود دارد که می‌تواند در پژوهش‌های آتی بیشتر مورد تجزیه و تحلیل قرارگیرد که از آن جمله می‌توان به بررسی حذف اثر سایه‌های کوچک مانند سایه‌های تک درخت که تنها بخش کوچکی از تصویر را تحت تاثیر قرار می‌دهند، اشاره کرد. همچنین حذف اثر تشدید نور در بخشی از تصویر که به علت وجود شرایطی خاص مانند وجود دریاچه، برف، آبشار و غیره در تصویر بازتاب بالایی دارند، حائز اهمیت است.

۶- پیوست : ارزیابی بیشتر

بهبود رادیومتریکی تصویر، در حوزه‌های مختلف مانند سنجش‌ازدور و فتوگرامتری، پردازش تصاویر پزشکی، عکس‌برداری کاربرد دارد. روش‌های مختلفی برای بهبود رادیومتریکی تصاویر ارائه شده‌اند. در این بخش ارزیابی بر روی تصاویر برد کوتاه، با هدف مقایسه الگوریتم‌های موجود با الگوریتم پیشنهادی انجام می‌گیرد. تصاویر مورد ارزیابی، برگرفته از تصاویر استفاده‌شده در الگوریتم رتینکس می‌باشد. سه تصویر با شدت نور کم و نامناسب به عنوان تصویر خام با الگوریتم‌های *HE*، *Gamma Correction*، الگوریتم پیشنهادی و رتینکس بهبود داده شده‌اند. نتایج در شکل(۸) تا شکل(۱۰) آورده شده‌است. این نتایج نشان می‌دهد، تصویر بهبودیافته به روش رتینکس رنگ‌های غیر واقعی به تصویر می دهد. با وجود اینکه تصویر بهبود یافته به روش *HE* ، برای بهبود تصاویر در شرایط نوری کم مناسب است، با کاهش وضوح تصویر جزئیات را به خوبی نمایش نمی‌دهد. الگوریتم تصحیح گاما، برای بهبود در شرایط نوری مختلف مناسب است اما تنظیم گاما برای هر تصویر چالش برانگیز می‌باشد. در روش پیشنهادی با بهبود هر سه پارامتر رنگ، کنتراست، روشنایی، تصویر بهبود یافته به تصویر واقعی نزدیک‌تر است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]



(الف) (ب) (پ)

(ت) (ث)

شکل۸: تصویر اول، (الف) تصویر خام، (ب) تصویر بهبود یافته به روش HE، (پ) تصویر بهبود یافته به روش رتینکس، (ت)تصویر بهبود یافته به روش گاما، (ث) تصویر بهبود یافته به روش پیشنهادی



(الف) (ب) (پ)

(ت) (ث)

شکل۹: تصویر دوم، (الف) تصویر خام، (ب) تصویر بهبود یافته به روش HE، (پ) تصویر بهبود یافته به روش رتینکس، (ت)تصویر بهبود یافته به روش گاما، (ث) تصویر بهبود یافته به روش پیشنهادی

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]



(الف) (ب) (پ)

(ت) (ث)

شکل۱۰: تصویرسوم، (الف) تصویر خام، (ب) تصویر بهبود یافته به روش HE، (پ) تصویر بهبود یافته به روش رتینکس، (ت)تصویر بهبود یافته به روش گاما، (ث) تصویر بهبود یافته به روش پیشنهادی

مراجع

[1] *Radoglou-Grammatikis, P., Sarigiannidis, P., Lagkas, T., Moscholios, I.:" A compilation of UAV applications for precision agricultura" Computer Networks."172, 107148 (2020).*

[2] *Senthilnath, J., Kandukuri, M., Dokania, A., Ramesh, K.N.: "Application of UAV imaging platform for vegetation analysis based on spectral-spatial methods". Comput Electron Agric. 140, 8–24 (2017).*

[3] *Koutalakis, P., Tzoraki, O., Zaimes, G.: "Uavs for hydrologic scopes: Application of a low-cost UAV to estimate surface water velocity by using three different image-based methods" Drones."3, 1–15 (2019).*

[4] *Santise, M., Thoeni, K., Roncella, R., Diotri, F., Giacomini, A.: "Analysis of low-light and night-time stereo-pair images for photogrammetric reconstruction. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences" - ISPRS Archives. 42, 1015–1022 (2018).*

[5] *Dash, J.P., Watt, M.S., Pearse, G.D., Heaphy, M., Dungey, H.S.: "Assessing very high resolution UAV imagery for monitoring forest health during a simulated disease outbreak." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 131, 1–14 (2017).*

[6] *Cao, S., Danielson, B., Clare, S., Koenig, S., Campos-Vargas, C., Sanchez-Azofeifa, A.: "Radiometric calibration assessments for UAS-borne multispectral cameras: Laboratory and field protocols." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 149, 132–145 (2019).*

[7] *Burdziakowski, P., Bobkowska, K.: "Uav photogrammetry under poor lighting conditions—accuracy considerations." Sensors. 21, (2021).*

[8] *Korneliussen, J.T., Hirakawa, K.: " Uav photogrammetry under poor lighting conditions—accuracy considerations." IEEE Transactions on Image Processing.*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

23, 4539–4552 (2014).

[9] Kedzierski, M., Wierzbicki, D., Sekrecka, A., Fryskowska, A., Walczykowski, P., Siewert, J.: "Influence of lower atmosphere on the radiometric quality of unmanned aerial vehicle imagery." Remote Sens (Basel). 11, (2019).

[10] Nafchi, H.Z., Shahkolaei, A., Hedjam, R., Cheriet, M.:" Mean Deviation Similarity Index: Efficient and Reliable Full-Reference Image Quality Evaluator." IEEE Access. 4, 5579–5590 (2016).

[11] Sun, W., Liao, Q., Xue, J.H., Zhou, F.: SPSIM:" A Superpixel-Based Similarity Index for Full-Reference Image Quality Assessment." IEEE Transactions on Image Processing. 27, 4232–4244 (2018).

[12] Bae, T.W.: "Image-quality metric system for color filter array evaluation." PLoS One. 15, (2020).

[13] Frackiewicz, M., Szolc, G., Palus, H.: "An improved SPSIM index for image quality assessment." Symmetry (Basel). 13, (2021).

[14] "no-reference-image-quality-assessment-using-blur-and-noise".

[15] Zhou, L.Y., Zhang, Z.B.: "No-reference image quality assessment based on noise, blurring and blocking effect." Optik (Stuttg). 125, 5677–5680 (2014).

[16] Wang, Z., Bovik, A.C., Sheikh, H.R., Simoncelli, E.P.: "Image quality assessment: From error visibility to structural similarity." IEEE Transactions on Image Processing. 13, 600–612 (2004).

[17] Wang, T., Zhang, L., Jia, H., Li, B., Shu, H., Multiscale, S.: "Multiscale contrast similarity deviation: An effective and efficient index for perceptual image quality assessment." Signal Process Image Commun. 45, 1–9 (2016).

[18] Neumann, L., Sbert, M., Gooch, B.: "Global Contrast Factor-a New Approach to Image Contrast." W. Purgathofer (2005)

[19] Sieberth, T., Wackrow, R., Chandler, J.H.:"Automatic detection of blurred images in UAV image sets " ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 122, 1–16 (2016).

[20] Rahman, S., Rahman, M.M., Abdullah-Al-Wadud, M., Al-Quaderi, G.D., Shoyaib, M.: "An adaptive gamma correction for image enhancement." EURASIP J Image Video Process. 2016, (2016).

[21] Singh, K., Vishwakarma, D.K., Walia, G.S., Kapoor, R.:" Contrast enhancement via texture region based histogram equalization." J Mod Opt. 63, 1444–1450 (2016).

[22] Łabędź, P., Skabek, K., Ozimek, P., Nytko, M.: "Histogram adjustment of images for improving photogrammetric reconstruction. Sensors." 21, (2021).

[23] Wong, C.Y., Liu, S., Liu, S.C., Rahman, M.A., Lin, S.C.F., Jiang, G., Kwok, N., Shi, H.:" Image contrast enhancement using histogram equalization with maximum intensity coverage. "J Mod Opt. 63, 1618–1629 (2016).

[24] Mayathevar, K., Veluchamy, M., Subramani, B.:" Fuzzy color histogram equalization with weighted distribution for image enhancement." Optik (Stuttg). 216, 164927 (2020).

[25] Mohsin Abdulazeez, A., Zeebaree, D.Q., Zebari, D.A., Zebari, G.M., Mohammed, I., Adeen, N.: Journal of Soft Computing and Data Mining The Applications of Discrete Wavelet Transform in Image Processing: A Review. JOURNAL OF SOFT COMPUTING AND DATA MINING. 1, 31–43 (2020).

[26] Shen, L., Yue, Z., Feng, F., Chen, Q., Liu, S., Ma, J.: "MSR-net:Low-light Image Enhancement Using Deep Convolutional Network." (2017)

[27] Zhao, J., Chen, H., Zeng, S., Ma, C.: "RISSNet: Retain low-light image details and improve the structural similarity net. IET Image Process." 16, 1793–1806 (2022).

[28] Lu, C.T., Wang, L.L., Shen, J.H., Lin,

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

J.A.:" Image enhancement using deep-learning fully connected neural network mean filter." Journal of Supercomputing. 77, 3144–3164 (2021).

[29] Hai, J., Xuan, Z., Han, S., Yang, R., Hao, Y., Zou, F., Lin, F.:" R2RNet: Low-light Image Enhancement via Real-low to Real-normal Network." (2021).

[30] Li, X., Hu, H., Zhao, L., Wang, H., Yu, Y., Wu, L., Liu, T.: "Polarimetric image recovery method combining histogram stretching for underwater imaging." Sci Rep.

[31] Hu, L., Qin, M., Zhang, F., Du, Z., Liu, R.:" RSCNN: A cnn-based method to enhance low-light remote-sensing images," (2021).

[32] Wei, C., Wang, W., Yang, W., Liu, J.:" Deep Retinex Decomposition for Low-Light Enhancement." (2018).

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.12, No.3, Autumn 2024

Research Paper

Presenting a new algorithm in order to improve the radiometric of UAV photogrammetry images from color, light and contrast point of view

Narges Motazedian [1]*, Hamid Ebadi [2], Farid Esmaeili [3]

1- Ms.c student of photogrammetry in Department of Geomatics, College of Engineering, K. N. Toosi University of Technology
2- Professor in Department of Geomatics, College of Engineering, K. N. Toosi University of Technology
3- Assisstant professor, Department of Surveying Engineering, Faculty of Technical and Engineering, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran

Abstract

The radiometric quality of the images is a critical factor that significantly affects the fitting and creation of 3D models. Factors such as the type of camera used, the camera setting parameters, the shooting time and the weather conditions have a significant effect on the radiometric quality of the images. In addition, taking pictures in the last hours of the day can lead to reduced light and image brightness, thus affecting color and contrast. The aim of this study is to identify the inappropriate images in order to increase the radiometric quality of a UAV data set in terms of color, contrast and brightness. In this regard, a pre-processing method using the non-reference method has been used to identify the quality. The division of the images into good or bad quality categories is achieved using a threshold based on a fuzzy system. Image enhancement has been done using the convolutional neural network. The analysis of the sample images shows that the quality of the images has increased by 86% in terms of color, 56% in brightness and 53% compared to the original mode. The evaluation performed after the image improvement process shows that compared to the raw data processing mode, the quality of the generated orthophoto has increased, the errors related to 3D modeling have decreased, and the density of pointclould has increased.

Key words: *radiometric preprocessing, aerial triangulation, image quality assessment, image enhancement with convolutional neural network.*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.61186/jgit.12.3.25]

Correspondence Address: *No. 1346, Valiasr Street, Mirdamad cross, Geomatic Engineering Faculity,K.N Toosi University of Technology, Tehran, Iran.*
Tel : *+982188877071*
Email : *N.motazedian94@gmail.com*