نشریه علمی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال یازدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۲
Vol.11, No.3, Autumn 2023
۱۰۳ -۱۱۹
مقاله پژوهشی

ارزیابی مقایسه‌ای روش‌های بهبود روشنایی در تصاویر هوایی

حسین زاور[۱]، رضا شاه حسینی[۲*]

۱- دانشجوی دکتری گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشکدگان فنی دانشگاه تهران
۲- استادیار گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشکدگان فنی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۹/۰۴

چکیده

امروزه تصویربرداری هوایی یکی از روش‌های رایج به‌منظور تهیه محصولات مرتبط با علوم مکانی مانند تصاویر اورتو و مدل دیجیتالی سطح زمین می‌باشد؛ اما وجود شرایط نوری غیر ایده آل در تصویربرداری هوایی به یک پیشامد معمول تبدیل شده است. تکنیک‌های مختلفی به‌منظور بهبود کیفیت تصاویر ازنظر شرایط نوری در یک دهه اخیر ارائه‌شده اند، اما تاکنون بررسی میزان تأثیر آن‌ها در بهبود روشنایی تصاویر هوایی و محصولات تولید شده از آن‌ها مورد ارزیابی قرار نگرفته است. این تحقیق در نظر دارد تا تاثیر تعدادی از روش‌های بهبود روشنایی بر روی تصاویر هوایی را مورد ارزیابی قرار دهد چرا که به دلیل شرایط نامناسب در زمان اخذ این نوع تصاویر میزان روشنایی در آن‌ها از کیفیت مطلوبی برخوردار نبوده و باعث از دست دادن یک سری از اطلاعات طیفی می‌شود. بدین منظور ۱۱ روش بهبود روشنایی برای تصاویر با شرایط نوری متفاوت، موردبررسی قرار می‌گیرند. در ادامه میزان تأثیر این روش‌ها در تصاویر بهبودیافته با استفاده از ۱۱ شاخص روشنایی ارزیابی می‌شوند. بر اساس ارزیابی شاخص‌های روشنایی، روش بهبود جزییات چند مقیاسی برای منطقه مورد مطالعه اول و روش ترکیب تصاویر با روشنایی متفاوت بر اساس وزن‌های تطبیقی برای منطقه موردمطالعه دوم انتخاب شدند. با انتخاب بهترین روش برای هرکدام از تصاویر مربوط به مناطق مختلف، میزان تأثیر بهبود محصولات فتوگرامتری از پردازش تصاویر بهبودیافته نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. بهبود عوارض پنهان‌شده در مناطق سایه و همچنین عوارضی که به دلیل میزان نور بیش‌ازاندازه به دلیل انعکاس بالا با چشم به‌راحتی قابل‌تشخیص نمی‌باشند، از نتایج بهبود روشنایی تصاویر هوایی است. هم‌چنین در بخش تولید ابر نقطه و مدل دیجیتالی سطح زمین نیز اطلاعاتی از سطح زمین که قبل از بهبود تصاویر ازدست‌رفته بودند، به مقدار قابل‌توجهی بازیابی شدند. نتیجه به‌دست‌آمده بر اساس شاخص شباهت ساختاری برای تصاویر بهبود یافته منطقه موردمطالعه اول و منطقه موردمطالعه دوم به ترتیب برابر ۰/۹۵ و ۰/۹۹ بدست آمدند که نشان‌دهنده حفظ جزییات موجود در تصویر اولیه در کنار بهبود روشنایی آن می‌باشد.

کلیدواژه‌ها : فتوگرامتری، ادغام، بهبود روشنایی، اورتوفتو، ابر نقطه.

* نویسنده مکاتبه کننده: گروه فتوگرامتری و سنجش‌ازدور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
تلفن: ۰۲۱۶۱۱۱۴۵۲۷

Email: rshahosseini@ut.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]

۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین اهداف تصویربرداری هوایی تولید محصولات مرتبط در حوزه علوم مکانی همچون تولید نقشه، تصویر اورتو و مدل دیجیتالی سطح زمین می‌باشد. تولید این محصولات نیازمند تهیه تصاویر هوایی بوده که به‌خوبی شرایط موجود را ثبت کنند اما گاها به دلیل شرایط نامناسب جوی، خطای انسانی در تنظیم دوربین و محدود بودن میزان تنظیمات سنسور، تصاویر اخذشده دارای کیفیت بصری مناسبی نیستند. تکنیک ادغام تصویر چند نوردهی (*MEF*) [۱]می‌تواند به حل این مشکل با ادغام اطلاعات از تصاویر با روشنایی مختلف در یک تصویر کمک کند. به‌طور خاص، *MEF* فرآیند ادغام چندین تصویر برای تولید یک تصویر ترکیبی از تصاویر با نوردهی مختلف بوده که به دنبال آن افزایش کیفیت بصری را به همراه دارد*[۱]*.

با توسعه تکنیک‌های عکاسی، کیفیت تصویر هم در وضوح و هم در تفکیک بیشتر رنگ‌ها (محدوده دینامیکی دوربین) [۲]بسیار بهبودیافته است. بااین‌حال، تصاویر گرفته‌شده توسط دستگاه‌های تصویربرداری اغلب به دلیل وجود شرایط غیر ایده آل همچون، دید کم در محیط‌های دارای نور غیریکنواخت دارای ابهام و کاهش اطلاعات در قسمت‌هایی از تصاویر هستند. این تصاویر ممکن است اطلاعات خود را در مناطق کم‌نور از دست بدهند و محتوای تصویر را برای چشم انسان نامرئی کنند. ازآنجایی‌که محدوده دینامیکی دوربین محدود است، اگر نوردهی دوربین افزایش یابد تا اطلاعات مناطق کم نوردهی نشان داده شوند، مناطق با نوردهی خوب به مناطقی با نوردهی بیش‌ازحد و یا حتی اشباع شده تبدیل می‌شوند*[۲]*. عملیات تصویربرداری هوایی یکی از روش‌های تصویربرداری بوده که اغلب شرایط محیطی مناسب برای تصویر برداری نبوده و درنتیجه آن ممکن است یکسری از عوارض موجود در منطقه عکس‌برداری به‌خوبی تصویربرداری نشده باشند. عکس‌های موجود می‌توانند از دو منظر اشباع نور و یا عدم نور کافی در زمان اخذ تصویر موردبررسی قرار گیرند. *MEF* به دلیل اثربخشی در تولید تصاویر باکیفیت بالا توجه زیادی را به خود جلب کرده است و الگوریتم‌های *MEF* مختلفی ارائه‌شده است. به‌طورکلی، الگوریتم‌های *MEF* متداول را می‌توان به حوزه‌های مبتنی بر مکان و الگوریتم‌های مبتنی بر انتقال تقسیم کرد*[۳ و ۴]*. روش‌های مبتنی بر دامنه مکانی مستقیماً در حوزه مکانی عمل می‌کنند و روش‌های مبتنی بر انتقال، ابتدا تصاویر را به فضای دیگری انتقال داده و سپس ادغام در آن فضای تبدیل‌شده انجام می‌شود. سپس تصویر ادغام‌شده از طریق تبدیل معکوس به دست می‌آیند. تاکنون ارزیابی جامع از بررسی روش‌های مختلف انجام‌شده به کمک تکنیک *MEF* ارائه نشده است. اخیراً ژانگ (۲۰۲۰) تعدادی از تکنیک‌های *MEF* موجود را مورد بررسی قرارداده است اما ارزیابی تکنیک‌های موجود *MEF* برای تصاویر هوایی صورت نگرفته است*[۱]*. به همین دلیل در این تحقیق سعی می‌شود تا تعدادی از روش‌های موجود برای بهبود روشنایی تصاویر هوایی، مورد ارزیابی و مقایسه قرار گیرند. ازآنجایی‌که در تصاویر هوایی اشباع نور و یا نبود نور کافی در محیط مانند سایه وجود دارد، بهبود روشنایی این‌گونه از تصاویر به‌منظور استفاده در تولید محصولات متنوع نقشه‌برداری یک امر ضروری است. به دلیل نبود یک بررسی جامع از روش‌های موجود در بهبود روشنایی تصاویر در حوزه تصویربرداری هوایی، سعی شده تا در این تحقیق میزان تأثیر تکنیک‌های رایج بر روی بهبود روشنایی در تصاویر هوایی با استفاده از چندین شاخص کیفیت روشنایی، مورد ارزیابی قرار بگیرد تا با مقایسه آن تکنیک‌ها، کارایی هر روش در این‌گونه تصاویر ارزیابی شود. علاوه بر آن با انتخاب بهترین روش

[۱] *Multi-exposure image fusion*

[۲] *Bit Depth*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]

ارزیابی‌شده، میزان تأثیر بهبود کیفیت روشنایی تصاویر هوایی بر روی محصولات نقشه‌برداری با تولید آن‌ها قبل و بعد از بهبود روشنایی موردسنجش قرار می‌گیرند. سابقه مطالعات *MEF* به بیش از ۳ دهه می‌رسد. برت و همکاران (۱۹۹۳) یکی از اولین مطالعات را روی *MEF* انجام داده‌اند که یک روش مبتنی بر هرم برای انجام چندین کار ادغام تصویر، ازجمله ادغام تصویر مرئی-مادون قرمز، ادغام تصویر چند فاصله کانونی[۱] و ادغام تصویر چند نوردهی بوده است *[۵]*. ابتدا تصاویر منبع از طریق تبدیل هرمی تجزیه می‌شوند. سپس ضرایبی به‌منظور تشکیل یک هرم برای تصویر کوچک‌شده انتخاب‌شده و درنهایت، تصویر کوچک شده از طریق تبدیل هرم معکوس بازیابی می‌شود *[۱]*. تعدادی از روش‌های مرسوم به‌منظور بهبود روشنایی به کمک استفاده از هیستوگرام توسعه داده‌شده‌اند. روش‌های بهبود سراسری[۲] بدون توجه به توزیع مکانی آن‌ها، پردازش یکسانی را روی همه پیکسل‌های تصویر انجام می‌دهند. بااین‌حال، مناطق روشن ممکن است پس از بهبود خطی اشباع شوند و باعث از بین رفتن جزئیات در نتایج بهبودیافته شوند. یکی از روش‌های جلوگیری از اشباع، یکسان‌سازی هیستوگرام *(HE)* [۳] است که می‌تواند تضاد[۴] را به‌طور مؤثر بهبود بخشد و در حال حاضر به یک تکنیک پرکاربرد تبدیل‌شده است *[۲ و ۶]*. بسیاری از مشتقات *HE* برای در نظر گرفتن برخی محدودیت‌ها مانند حفظ روشنایی و محدودیت کنتراست پیشنهادشده‌اند *[۷، ۸ و ۹]*. این روش‌ها ممکن است باعث از دست دادن جزئیات در برخی مناطق محلی شود، زیرا پردازش به‌صورت کلی نمی‌تواند تضمین کند که همه مناطق محلی به‌خوبی بهبودیافته‌اند. با استفاده تکنیک‌های محلی می‌توان به نتایج بهتری دست‌یافت. ابراهیم و همکاران (۲۰۰۷) استراتژی پنجره کشویی را برای انجام *HE* به‌صورت محلی استفاده می‌کنند *[۱۰]*. تصویر ادغام‌شده، جمع وزنی از تصاویر منبع در سطح پیکسل است. روش‌های مختلف مبتنی بر پیکسل، استراتژی‌های متفاوتی برای محاسبه و اعمال وزن دارند. حیات وعمران (۲۰۱۹) یک روش *MEF* مبتنی بر تبدیل ویژگی ثابت مقیاس (*SIFT*) پیشنهاد می‌کنند *[۱۱]*. در این روش، توصیفگر *SIFT* ابتدا برای استخراج جزئیات محلی از تصاویر منبع استفاده می‌شود و سپس برای حذف مصنوعات متحرک درصحنه پویا استفاده می‌شود. همچنین لی و همکاران (۲۰۱۸) روش *MEFAW* را بر اساس وزن‌های تطبیقی پیشنهاد می‌کنند. به‌طور خاص، آن‌ها دو تابع وزن را تعریف کرده که کیفیت پیکسل را به ترتیب در مورد روشنایی در کل تصویر و گرادیان‌های سراسری[۵] وزن دهی می‌کنند *[۱۲]*. وزن نهایی ترکیبی از این دو وزن است. تصاویر ورودی برای هر صحنه شامل یک سری از تصاویر با درجات روشنایی کم به زیاد می‌باشند. روش‌های دیگری که در بهبود روشنایی تصاویر به‌کاربرده شده‌اند روش‌های بهینه‌سازی می‌باشند. ییننگ و همکاران (۲۰۱۷) یک روش ادغام با نوردهی دوگانه را پیشنهاد می‌کنند *[۲]*. در این مقاله ابتدا از تکنیک‌های برآورد روشنایی برای ساخت ماتریس وزن برای ترکیب تصویر استفاده می‌شود، سپس یک مدل برای پاسخ دوربین به میزان نور دریافتی بر اساس مشاهده استخراج می‌شود. در مرحله بعد، نوردهی بهینه را بر اساس روش‌های بهینه‌سازی برای مدل دوربین یافته تا تصویر مصنوعی تولید شود که این کار باعث شده تا در مناطقی که تصویر اصلی کم‌نور است به‌خوبی نوردهی شوند. درنهایت، از ترکیب تصویر ورودی با تصویر مصنوعی به کمک ماتریس وزن، نتایج بهبودیافته حاصل می‌شود. برخلاف روش‌های مبتنی بر پیکسل، روش‌های مبتنی بر بلوک[۶] تصاویر

[۱] *focus*
[۲] *Global Enhancement*
[۳] *Histogram Equalization*
[۴] *contrast*
[۵] *Global gradient*
[۶] *Patch*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]

منبع را در سطح بلوک ترکیب می‌کنند. به‌طور خاص، تصاویر مبدأ ابتدا به بلوک‌هایی تقسیم می‌شوند، سپس بلوک‌ها که حاوی حداکثر اطلاعات هستند برای ترکیب تصویر ترکیبی انتخاب می‌شوند. ما و همکاران (۲۰۱۵) یک رویکرد *MEF* مبتنی بر بلوک را بررسی می‌کنند[۳]. ابتدا بلوک‌ها را از تصاویر منبع استخراج و سپس این بلوک‌ها را به سه جزء مستقل ازلحاظ مفهومی شامل قدرت سیگنال، ساختار سیگنال و شدت میانگین تجزیه می‌کنند. سپس این اجزا بر اساس قدرت بلوک و معیارهای نوردهی برای تولید بلوک تصویر رنگی پردازش می‌شوند و این وصله‌ها دوباره در تصویر ادغام‌شده قرار می‌گیرند. روش‌های چند نوردهی مبتنی بر فضای تبدیل معمولاً شامل سه مرحله است[۱]. ابتدا تصاویر منبع به فضای دیگری تبدیل و با ضرایبی در آن حوزه نشان داده می‌شوند. دوم، ضرایب با استفاده از برخی قوانین مورد ادغام قرار می‌گیرند و درنهایت، ضرایب ادغام‌شده از طریق تبدیل معکوس به تصاویر تبدیل می‌شوند. وانگ و همکاران (۲۰۲۰) روش چند نوردهی و چند مقیاسی را در فضای رنگی *YUV* به‌جای فضای *RGB* به کار می‌برند[۱۳]. با توجه به وزن دهی جدید در فضای *YUV*، این روش می‌تواند ضمن کاهش هزینه‌های محاسباتی، جزئیات را در روشن‌ترین و تاریک‌ترین مناطق تصاویر منبع حفظ کند. پائوا و همکاران (۲۰۱۵) روش *MEF* مبتنی بر دامنه گرادیان را پیشنهاد می‌کنند[۱۴]. ایده اصلی روش‌های مبتنی بر دامنه گرادیان این است که ابتدا گرادیان تصاویر منبع را ترکیب کرده و سپس تصاویر ادغام‌شده را بر اساس گرادیان‌های ترکیب شده بازسازی می‌کند. در این روش ابتدا تصاویر منبع به فضای رنگی *YCbCr* تبدیل‌شده و سپس ادغام کانال‌های درخشندگی (*Y*) در حوزه گرادیان و ادغام کانال‌های کرومینانس (*Cb* و *Cr*) با استفاده از جمع وزنی کانال‌های کرومینانس منبع انجام می‌شوند. در نهایت درخشندگی تصویر ادغام شده با استفاده از تکنیک بازسازی تصویر مبتنی بر موجک‌ها به دست می‌آید.

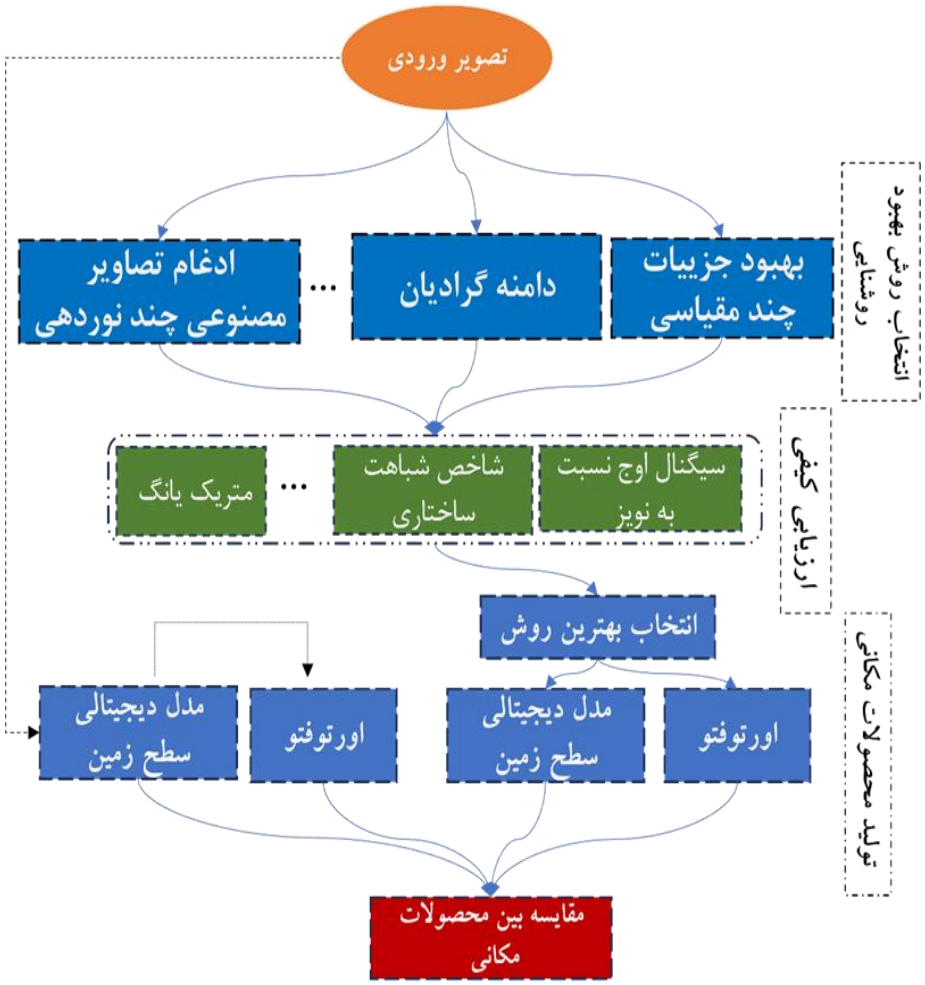
در سال‌های اخیر یادگیری عمیق در زمینه *MEF* به کار گرفته‌شده است. الگوریتم ارائه‌شده توسط پرابهاکار و همکارانش (۲۰۱۷) اولین الگوریتم *MEF* مبتنی بر یادگیری عمیق است که پس از آن‌ها، بسیاری از روش‌های *MEF* مبتنی بر یادگیری عمیق پیشنهاد شده‌اند[۱ و ۱۵].

۲- روش انجام کار

در سال‌های اخیر تکنیک‌های مختلفی برای بهبود روشنایی تصاویر مورداستفاده قرارگرفته‌اند، اما تمرکز اصلی روش‌های انجام‌شده بر روی تصاویر زمینی بوده و در حوزه تصاویر هوایی میزان اثرگذاری آن‌ها مورد ارزیابی قرار نگرفته اند. در این تحقیق سعی شده است تا با مقایسه روش‌های موجود، بهترین تکنیک را از میان آن‌ها به‌منظور بهبود روشنایی تصاویر هوایی انتخاب کرده و تأثیر آن را در بهبود محصولات نقشه‌برداری موردبررسی قرار گیرد. نمودار روش پیشنهادی در شکل(۱) آورده شده است. اکثر روش‌های ارائه‌شده به‌منظور بهبود روشنایی تصاویر بر روی تصاویر زمینی بررسی‌شده و تاکنون این ارزیابی بر روی تصاویر هوایی انجام‌نشده است. بدین منظور هدف اصلی موردنظر برطرف کردن این خلا موجود و تأثیر آن در بهبود محصولات نقشه‌برداری می‌باشد. نکته مهمی که در تکنیک‌های *MEF* وجود دارد آن است که تعدادی از آن‌ها برای تصاویری مناسب بوده که ازنظر میزان روشنایی با کمبود نور مواجه هستند . همچنین تعدادی دیگری از این روش‌ها برای تصاویری با اشباع نور و یا با میزان نور بیش‌ازاندازه مناسب هستند[۲]. در این میان روش‌هایی نیز ارائه‌شده‌اند که در هر دو شرایط قابلیت اجرا دارند[۱۱]. به همین دلیل بر اساس میزان روشنایی موجود در تصاویر برای منطقه موردمطالعه اول از ۹ روش بهبود روشنایی و برای منطقه موردمطالعه دوم از ۸ روش بهبود روشنایی استفاده‌شده که در ۶ روش با یکدیگر مشترک می‌باشند.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]



شکل۱: نمودار کلی روش کار

در مجموع از ۱۱ روش مختلف استفاده شده است که در جدول(۱) مشاهده می‌شود.

در راستای بررسی شرایط نوری متفاوت، از داده‌های تهیه‌شده دو منطقه جدا از هم که یکی دارای شرایط نوری کم و دیگری با شرایط نوری زیاد استفاده شده و میزان بهبود هرکدام به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرند. به‌منظور تولید تصاویر با میزان روشنایی مختلف برای هر تصویر اصلی، تعدادی تصویر با درجه روشنایی کم به زیاد با استفاده از رابطه(۱) تولید می‌شوند. این کار برای آماده‌سازی تصاویر به‌عنوان ورودی برای روش‌های ادغام ضروری می‌باشد.

رابطه (۱) $$I(x) = \alpha . I(x)^{\gamma}$$

در رابطه (۱)، α یک ضریب ثابت و γ توان بوده که مقادیر بزرگ‌تر از ۱، مقدار تصویر را برای قسمت‌های تاریک‌تر روشن (افزایش) و مقادیر کوچک‌تر از ۱، مقادیر با درجه خاکستری بالاتر را بیشتر از سایر قسمت‌ها در تصویر، تاریک‌تر (کاهش) می‌دهد. در شکل(۲) نمونه تولید تصاویر با روشنایی مختلف از یک تصویر نشان داده شده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]

جدول۱: روش‌های بهبود روشنایی

روش	نام کامل	دسته
DEM[۱۳]	بهبود جزییات چند مقیاسی[۱]	مبتنی بر چند مقیاسی
DSIFT[۱۶]	سیفت متراکم برای ادغام چند نوردهی[۲]	دامنه مکانی (مبتنی بر پیکسل)
FMMEF[۴]	ساختار تجزیه قطعه‌ای چند مقیاسی سریع برای ادغام تصویر چند نوردهی[۳]	مبتنی بر چند مقیاسی
GD[۱۴]	دامنه گرادیان[۴]	مبتنی بر دامنه گرادیان
MEFAW[۱۷]	ادغام تصویر چند نوردهی بر اساس وزن‌های تطبیقی[۵]	دامنه مکانی (مبتنی بر پیکسل)
MEFDSIFT[۱۱]	ادغام تصویر چند نوردهی با استفاده از سیفت متراکم[۶]	دامنه مکانی (مبتنی بر پیکسل)
MTI[۱۸]	ادغام چند مقیاسی از دو[۷]	مبتنی بر چند مقیاسی
MGFF[۱۹]	ادغام تصویر و فیلم چند مقیاسی هدایت‌شده سریع[۸]	مبتنی بر چند مقیاسی
PMEF[۲۰]	ارزیابی کیفیت ادراکی برای ادغام تصویر چند نوردهی[۹]	دامنه مکانی (مبتنی بر پیکسل)
MEFOPT[۲]	یک چارچوب ادغام چند نوردهی برگرفته از طبیعت برای بهبود تصویر در نور کم[۱۰]	مبتنی بر بهینه‌سازی
AMEF[۲۱]	ادغام تصاویر مصنوعی چند نوردهی[۱۱]	

[۱] *Detail-enhanced Multi-scale*

[۲] *Dense sift for ghost-free multi-exposure fusion*

[۳] *Fast Multi-Scale Structural Patch Decomposition for Multi-Exposure Image Fusion*

[۴] *Gradient Domain*

[۵] *Multi-Exposure Image Fusion Based on the Adaptive Weights*

[۶] *multi exposure image fusion technique using dense SIFT*

[۷] *Multi-Scale Fusion of Two*

[۸] *Multi-scale Guided Image and Video Fusion: A Fast*

[۹] *Perceptual Quality Assessment for Multi-Exposure Image Fusion*

[۱۰] *A Bio-Inspired Multi-Exposure Fusion Framework for Low-light Image Enhancement*

[۱۱] *Artificial multiple-exposure image fusion*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]

$\gamma = ۰,۳$ $\gamma = ۸$ $\gamma = ۱$

شکل۲: تغییر میزان روشنایی تصویر اصلی با مقادیر γ متفاوت

۳- داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از داده‌های دو منطقه مختلف بـر اسـاس شرایط نوری، استفاده شد. تصاویر منطقـه موردمطالعـه اول از روستای آق بـاقر واقـع در اسـتان اردبیـل تهیـه شدند. تصاویر هوایی موجود از این منطقه با اسـتفاده از پهپاد شـرکت *DJI* بـا مـدل *Phantom4 pro* بـوده کـه دارای دوربین ۲۰ مگا پیکسلی است. ارتفاع تصاویر اخذ شده در محدوده ۷۰ متری از سطح زمـین بـوده و حـد تفکیک مکانی به‌دست‌آمده تقریبـا برابـر ۲ سـانتی‌متـر اسـت. تصـاویر اخـذ شـده بـه‌صـورت نـادیر بـوده و در مناطقی که زیر سایه قرار دارند به دلیـل ۸ بیـت بـودن تصاویر تهیـه‌شـده و پـایین بـودن محـدوده دینـامیکی دوربین، عوارض مختلف به‌خوبی قابل‌شناسایی نبـوده و نیاز به تصحیح شرایط نوری با حفظ میزان روشنایی در سایر مناطق را دارند؛ به‌گونه‌ای که تصحیح مناطق سایه کمترین تأثیر را در سایر قسمت‌ها داشته باشند. تصاویر منطقه موردمطالعه دوم واقع در استان قزوین و مربـوط به یک کارخانه تولید آهک می‌باشد. بـه دلیـل انعکـاس شدید نور توسط آهک، تصاویر هوایی گرفته‌شده از ایـن منطقه دارای مقدار روشنایی بیش‌ازحد بـوده و نیـاز بـه تصحیح روشـنایی دارنـد. تصـاویر هـوایی ایـن منطقـه به‌صورت نادیر و مایل با زاویه ۴۵ درجه هستند.

۴- نتایج تجربی

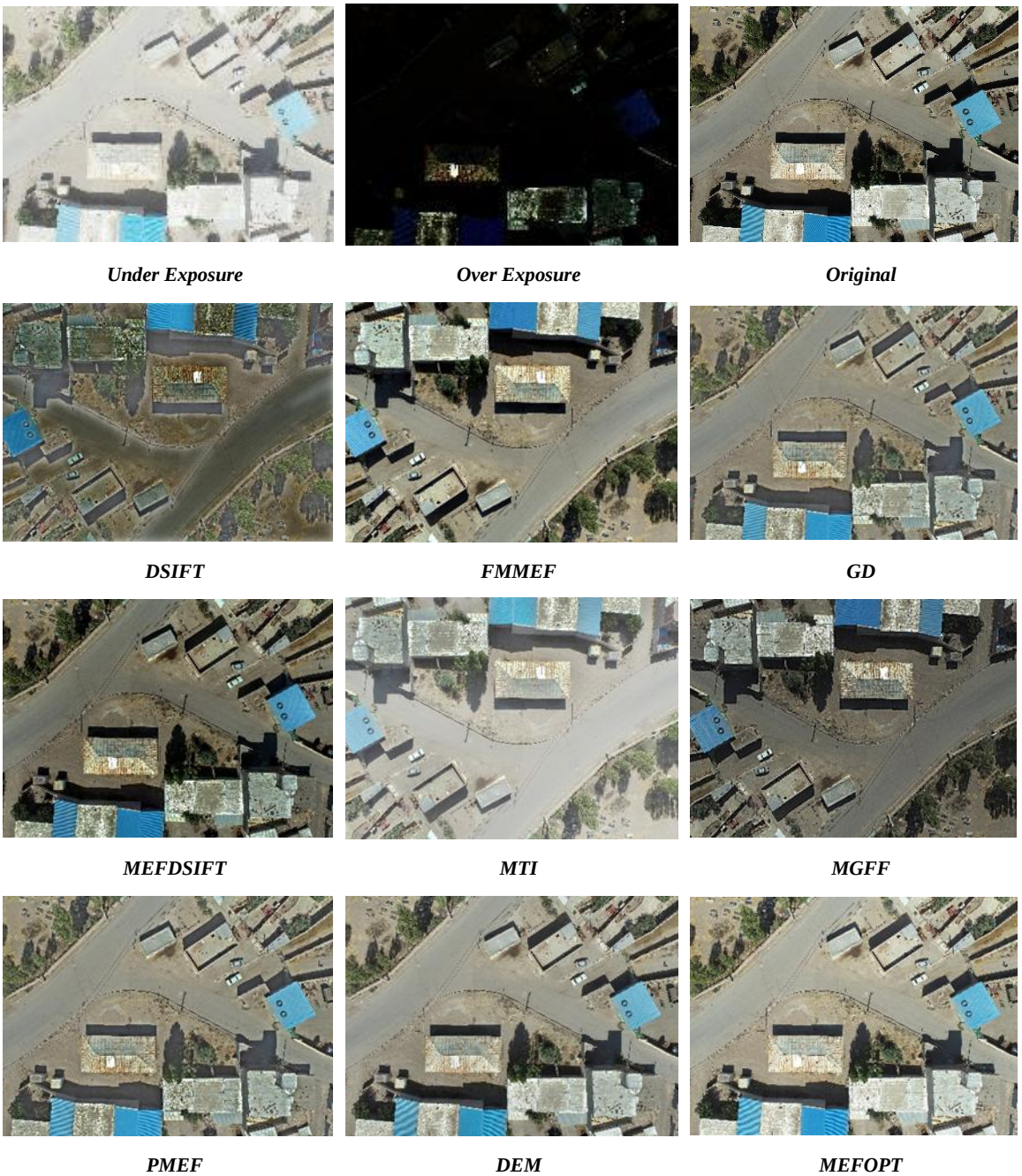
برای منطقه موردمطالعه اول که شامل تصاویر با شرایط نوری کم است، درمجموع ۹ روش از روش‌های ذکرشده در جدول(۱) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تصاویر بهبودیافته تولیدشده بـه روش‌هـای مختلـف در شکل(۳) نشان داده شده‌اند. همچنین برای منطقه مورد مطالعه دوم که شامل تصاویر با میزان نور بیش از اندازه می‌باشد، درمجموع ۸ روش مختلـف موردبررسـی قـرار می‌گیرند. قابل ذکر اسـت کـه تصـاویر بهبودیافتـه ایـن روش‌ها نیز در شکل(۴) آورده شده‌اند.

برای بررسی کیفیت تصـاویر ادغـام‌شـده بـا اسـتفاده از روش‌های انجام‌شده در مقاله، شـاخص‌هـای ارزیـابی در چهـار دسـته معیارهـای مبتنـی بـر تئـوری اطلاعـات یکپارچـه شـامل آنتروپـی *(EN)* *[۲۲]* و سـیگنال اوج نسـبت بـه نـویز *(PSNR)* *[۲۳]*، معیارهـای یکپارچـه مبتنی بر ویژگی تصویر شـامل گرادیـان متوسـط *(AG)* *[۲۴]*، تطـابق فـاز *(Q_P)* *[۲۵]* و فرکـانس مکـانی *(SF)* *[۲۶]* ، معیارهـای مبتنـی بـر شـباهت شـامل متریـک Q_c*[۲۷]*، متریـک یانـگ *(Q_y)* *[۲۸]* و انـدازه‌گیـری شـاخص شـباهت سـاختاری *(MEF-SSIM)* *[۲۰]* و معیارهـای الهـام گرفتـه ادراک بصـری انسـان شـامل Q_{CB}*[۲۹]*، Q_{CV} *[۳۰]* و*VIF* *[۳۱]* استفاده می‌شوند.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]

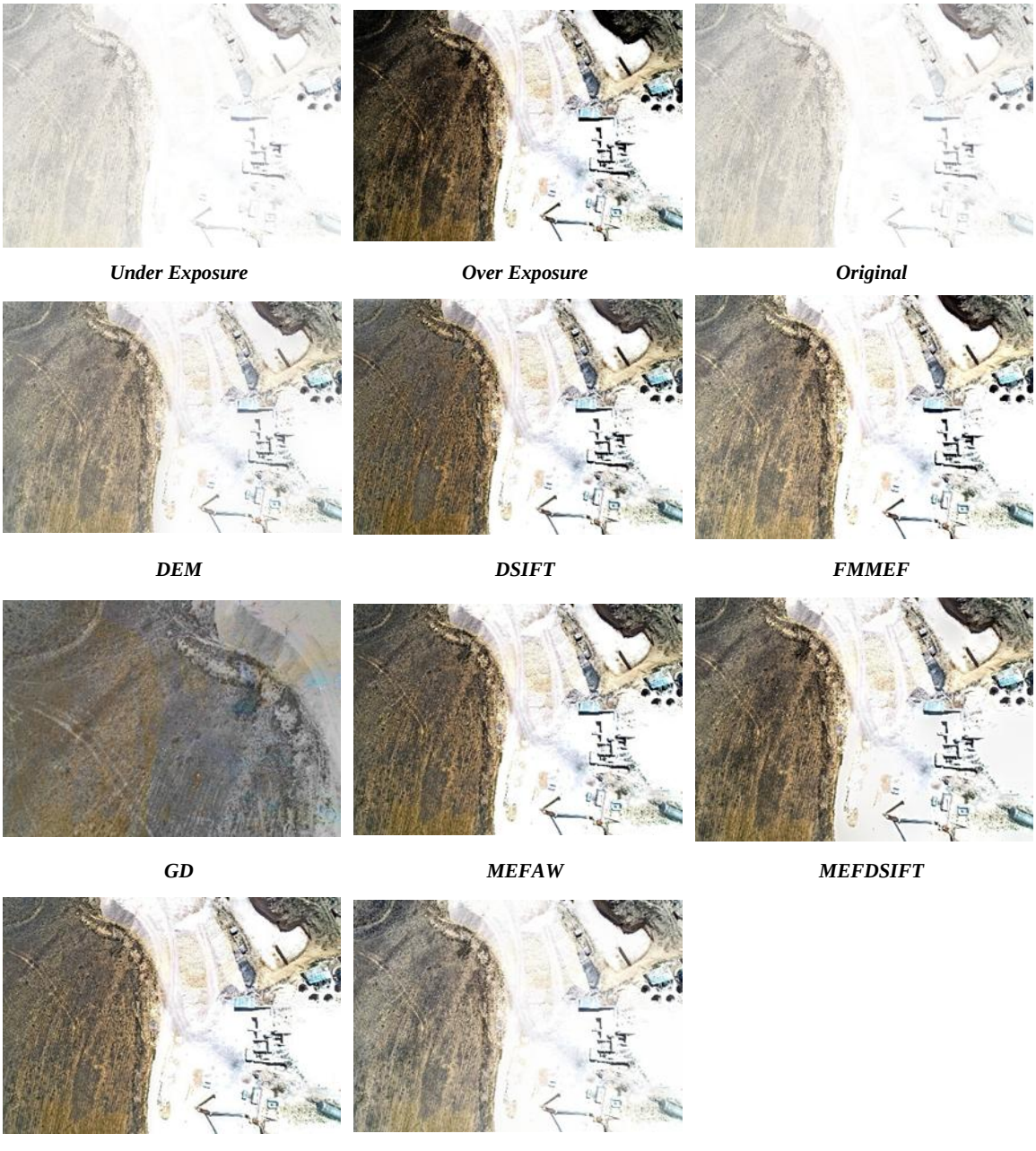
[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]



شکل۳: تصاویر بهبود یافته از روش های بهبود روشنایی برای تصویر نمونه از داده ست اول

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]



شکل۴: تصاویر بهبود یافته از روش های بهبود روشنایی برای تصویر نمونه از داده ست اول

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]

۴-۱- تهیه اورتو

با استفاده از نرم‌افزارهای موجود در فتوگرامتری و پردازش‌های موردنیاز (شامل مثلث‌بندی، تولید ابر نقطه و تولید مش) محصولات متنوعی ازجمله تصویر اورتو را می‌توان تولید نمود. در این تحقیق از نرم‌افزار متاشیپ ورژن ۱,۸ به‌منظور انجام پردازش‌های موردنیاز استفاده شد. برای مقایسه میزان تأثیر بهبود روشنایی انجام‌شده در دو حالت قبل و بعد از اصلاح تصاویر، اورتو فتو برای هر دو منطقه مورد مطالعه تولید شد که قسمتی از آن را در شکل(۵) برای منطقه مورد مطالعه اول و در شکل(۶) برای منطقه مورد مطالعه دوم می‌توان مشاهد نمود.

شکل۵: ستون اول از سمت راست: قسمتی از اورتو موزاییک تولیدشده با داده اصلی _ ستون دوم از سمت چپ: قسمتی از اورتو موزاییک تولیدشده با داده بهبودیافته

شکل۶: تصویر راست: قسمتی از اورتو موزاییک تولیدشده با داده اصلی _ تصویر چپ: قسمتی از اورتو موزاییک تولیدشده با داده بهبودیافته

لازم به ذکر است که برای داده‌های پردازش‌شده منطقه اول، میزان نقاط گره‌ای کلیدی که تأثیر بسزایی در افزایش دقت محصولات تولیدی خواهند داشت. در حالت قبل از بهبود روشنایی تصاویر ۲۷۴ هزار نقطه و در حالت بعد از بهبود روشنایی تصاویر ۲۸۵ هزار نقطه کلیدی شناسایی می‌شوند. برای داده‌های پردازش‌شده

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]

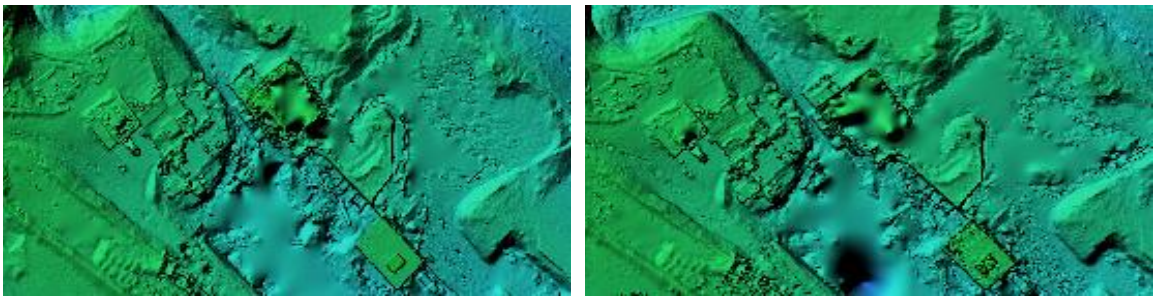
[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]

از منطقه دوم در حالت قبل از بهبود روشـنایی تصـاویر ۹۰ هزارنقطه و در حالت بعـد قبـل از بهبـود روشـنایی تصاویر تعداد ۱۷۰ هزار نقطـه کلیـدی شناسـایی مـی-شوند. نتایج به‌دست‌آمده از ابر نقطه متـراکم تولیدشـده حاصل از تصاویر اصلی و تصاویر بهبودیافته در شکل(۷) نشـان داده‌شـده‌انـد کـه مـی‌تـوان بازیـابی اطلاعـات ازدست‌رفته تعدادی از عوارض موجود را مشاهده نمـود.

شکل۷: تصویر راست: قسمتی از ابر نقطه متراکم تولیدشده با داده اصلی _ تصویر چپ: قسمتی از ابر نقطه متراکم تولیدشده با داده بهبودیافته

۴-۲- ساخت *DEM*

برای ساخت *DEM* نیز برای هر دو حالت قبل و بعـد از بهبود روشنایی تصاویر برای هر دو منطقه موردمطالعـه، از ابر نقطه متراکم تولیدشده در نـرم‌افـزار متاشـیپ بـا تنظیمـات یکسـان اسـتفاده شـد. نتـایج محصـولات تولیدشده در شکل(۸) نشان داده شده‌اند.



شکل۸: تصویر راست: قسمتی از *DEM* تولیدشده با داده اصلی _ تصویر چپ: قسمتی از *DEM* تولیدشده با داده بهبودیافته

۵- ارزیابی نتایج

به‌منظور بررسی کیفیت تصاویر بهبودیافته با روش‌هـای استفاده‌شده در این مقاله از شاخص‌های بهبود روشنایی برای داده‌های منطقه موردمطالعـه اول در جـدول(۲) و برای داده‌هـای منطقـه موردمطالعـه دوم در جـدول(۳) نشان داده‌شده‌اند. در تمام روش‌ها به‌جـز شـاخص Q_{cv} مقادیر بالاتر نشان‌دهنده کیفیت بهتر می باشند. مقادیر مشـخص‌شـده بارنـگ قرمـز بهتـرین نتیجـه و مقـادیر مشخص‌شده بارنگ آبی دومین نتیجه مناسـب هسـتند. لازم به ذکر است که تمامی مقادیر به‌دسـت‌آمـده بـرای هر شاخص بدون واحد می‌باشـند. بـا توجـه بـه مقـادیر شاخص‌ها برای مناطق با شرایط نـوری کـم، روش‌هـای *MTI* ، *DEM* و *MEFOPT* بهتـرین نتـایج کیفـی را شامل می‌شوند. همچنین بـا توجـه بـه کیفیـت بصـری

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]

تصاویر بهبودیافته، روش *DEM* و *MEFOPT* بهترین کیفیت بصری را به همراه داشتند. درمجموع برای داده-های منطقه مورد مطالعاتی اول، روش *DEM* به‌عنوان بهترین روش انتخاب شد.

جدول۲: مقادیر شاخص های کیفی برای روش های بهبود روشنایی در منطقه مورد مطالعه اول(مقادیر بدون واحد هستند)

روش‌ها / شاخص‌ها	*DEM*	*DSIFT*	*FMMEF*	*MEFAW*	*MEF DSIFT*	*MGFF*	*PMEF*	*MEF _OPT*	*MIT*
psnr	۶۷,۰۴۱۹	۶۴,۵۸۶۳۶	۶۶,۰۲۲۷۵	۶۶,۴۹۶۲۱	۶۴,۷۹۹۳۶	۶۴,۶۸۵۵۹	۶۶,۶۰۹۶۸	۶۷,۸۳۹۴۴	۷۰,۱۱۹۷۴
entrophy	۷,۳۴۰۴۸	۷,۰۲۲۵۶۶	۷,۵۲۱۲۵۷	۷,۱۹۷۴۶۷	۷,۳۲۰۸۴	۷,۳۱۳۷۵۷	۷,۲۰۳۷۷۴	۷,۴۳۷۲۲۶	۶,۹۶۰۳۸
SSIM	۰,۹۳۷۵۷	۰,۸۷۴۹۰۳	۰,۸۷۹۹۳۳	۰,۹۰۵۱۲۶	۰,۸۷۵۰۵۸	۰,۸۱۲۸۷	۰,۹۰۵۸۷۱	۰,۹۰۶۸۱۴	۰,۹۵۳۱۶۸
QC	۰,۷۵۱۱۰	۰,۶۰۹۱۸۶	۰,۵۸۰۱۶	۰,۷۰۹۶۵۴	۰,۵۰۲۱۱۱	۰,۴۵۰۹۱۳	۰,۷۱۲۳۶۲	۰,۷۱۲۲۳۲	۰,۸۹۶۲۲۸
Qcb	۰,۲۶۲۵۵	۰,۲۴۶۳۳۹	۰,۲۰۴۴۶۶	۰,۲۵۳۷۷۹	۰,۱۸۰۷۵۱	۰,۱۵۷۸۸۶	۰,۲۵۲۸۶۳	۰,۲۳۴۹۶۶	۰,۵۷۵۳۶۴
Qcv	۵۴,۳۰۱۴	۴۲۶,۵۵۶۷	۱۴۶,۷۳۶۹	۷۳,۹۷۵۸۴	۸۵,۹۴۳۰۱	۹۴,۷۵۲۴۷	۶۵,۳۹۹۲۸	۶۸,۰۲۶۰۲	۴۲,۸۸۳۶۸
Qy	۰,۷۵۱۱۱	۰,۶۰۹۱۸۷	۰,۵۷۹۹۰۸	۰,۷۰۹۶۵۶	۰,۵۰۱۳۹۷	۰,۴۵۰۸۹۴	۰,۷۱۲۳۶۴	۰,۷۱۲۲۳۴	۰,۸۹۶۲۳
S_F	۱۵,۱۰۳۵	۱۷,۹۴۹۷	۱۷,۳۶۳۶۱	۱۶,۲۶۱۶	۱۷,۴۳۲۰۷	۲۲,۱۵۴۲۷	۱۶,۴۹۶۲	۱۷,۳۳۳۰۳	۱۴,۵۳۳۸۹
AG	۵,۴۸۳۸۰	۶,۳۲۲۳۴۴	۶,۳۸۰۳۵۶	۵,۹۸۰۳۶۶	۶,۳۳۳۹۲۴	۷,۸۷۳۸۹۴	۵,۹۹۹۳۳۰	۶,۳۰۵۲۶۳	۴,۷۴۱۵۹۶
Qp	۰,۸۱۱۰۳	۰,۶۶۲۴۷۶	۰,۶۸۰۳۲۷	۰,۷۶۶۵۷۵	۰,۶۲۴۹۳۶	۰,۵۹۶۲۵۵	۰,۷۶۳۸۳۲	۰,۷۶۳۳۹	۰,۷۷۷۵۲۹
Vif	۱,۴۳۹۹۷	۱,۴۵۵۷۹۹	۱,۷۴۲۵۳۵	۱,۵۸۱۶۳۲	۱,۶۲۶۹۱۳	۱,۹۴۸۹۵۴	۱,۵۹۳۹۸	۱,۶۹۳۶۴۵	۱,۱۸۷۲۰۲

جدول۳: مقادیر شاخص های کیفی برای روش های بهبود روشنایی در منطقه مورد مطالعه دوم(مقادیر بدون واحد هستند)

روش‌ها / شاخص‌ها	*DEM*	*DSIFT*	*FMMEF*	*MEFAW*	*MEFDSIFT*	*GD*	*PMEF*	*AMEF*
psnr	۶۶,۹۶۷۱۳	۶۶,۷۷۲۳	۶۶,۸۰۷۲۲	۶۶,۹۴۹۲۴	۶۶,۹۰۶۴۸	۶۶,۹۵۲۹۶	۶۶,۹۱۹۷۴	۶۶,۹۵۵۴۹
entrophy	۶,۸۸۲۴۹	۶,۵۶۲۱۹۸	۶,۲۵۸۳۵۵	۶,۵۲۱۲۰۶	۷,۲۱۸۲۵۹	۶,۸۱۸۰۰۴	۶,۸۱۷۱۴۹	۶,۸۴۱۱۸۵
SSIM	۰,۹۶۱۹۵۲	۰,۹۹۰۴۸۵	۰,۹۷۰۸۰۵	۰,۹۹۰۹۵۲	۰,۹۸۵۰۶۳	۰,۹۸۱۶۰۵	۰,۹۸۹۵۵۶	۰,۹۳۲۸۲۲
QC	۰,۷۱۷۱۹	۰,۸۰۸۵۶	۰,۷۰۰۰۱	۰,۸۱۱۴۱۲	۰,۷۰۸۳۴۷	۰,۷۳۱۹۸۳	۰,۷۳۹۲۸۹	۰,۶۶۰۴۰۶
Qcb	۰,۳۴۰۶۹	۰,۶۶۱۴۶	۰,۴۵۴۵۰۵	۰,۶۶۴۴	۰,۵۴۳۷۴۶	۰,۴۴۸۳۴۹	۰,۵۷۹۰۶۶	۰,۳۴۸۳۵
Qcv	۳۷۸,۶۵۸۶	۲۳۰,۰۸۹۳	۱۸۰,۳۲۵۵	۲۲۸,۰۰۹۵	۲۰۶,۰۲۰۷	۲۱۱,۲۵۷۷	۲۱۹,۵۷۴۹	۲۵۳,۳۱۹۵
Qy	۰,۷۹۳۵۷۷	۰,۸۹۴	۰,۷۷۴۷۵۲	۰,۸۹۱۸۵۵	۰,۷۸۳۳۱	۰,۷۹۶۴۸۲	۰,۸۱۲۳۹۷	۰,۷۰۶۲۱۳
S_F	۱۰,۲۱۰۳۶	۱۳,۱۴۳۹۸	۱۳,۱۵۰۳۳	۱۲,۹۲۷۶۸	۱۳,۲۲۴۷۷	۱۲,۲۶۱۹۹	۱۲,۸۲۸۷۳	۱۱,۰۳۷۲۷
AG	۳,۸۱۷۷۰۱۱	۴,۸۷۶۰۳	۴,۷۷۸۹۱۰۰	۴,۸۷۸۷۶۹	۴,۹۲۳۵۰۳۴	۴,۵۹۲۶۸۶۵	۴,۸۳۶۳۷۴۴	۴,۲۵۱۹۷۲۶
Qp	۰,۸۸۱۱۴۹	۰,۸۸۹۳۰۲	۰,۸۱۵۶۶۲	۰,۹۰۵۷۹	۰,۸۶۳۸۵۸	۰,۸۷۱۲۸۳	۰,۸۸۷۱۸۷	۰,۸۰۳۰۴۶
Vif	۰,۶۹۵۳۴۹	۱,۰۱۰۹۶	۱,۰۲۹۶۱۴	۱,۰۱۴۵۰۱	۱,۰۳۷۰۸۴	۰,۹۲۶۹۶۲	۰,۹۸۶۸۸۹	۰,۸۵۵۰۲۸

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]

برای بررسی میـزان تـأثیر بهبـود روشـنایی تصـاویر در کیفیـت محصـولات حاصـل از تصـاویر هـوایی، از روش *DEM* استفاده شد. شکل(۹) نشان‌دهنده کیفیت تصویر بهبودیافتـه از روش انتخـابی اسـت. بـرای منطقـه موردمطالعه دوم که مربوط به تصاویر بـا شـرایط نـوری بیش‌ازاندازه می‌باشد، با توجه به مقادیر بدسـت‌آمـده از شـاخص‌هـای ارزیـابی روشـنایی، روش‌هـای *DEM* و *MEFAW* بهترین نتایج را داشتند. بـا بررسـی کیفیـت بصری، روش *MEFAW* به‌عنوان بهتـرین روش در نظـر گرفته شد. شکل(۱۰) نتیجه تصویر بهبودیافته و بازیابی اطلاعـاتی موجـود در تصـویر در منـاطق بـا روشـنایی اشباع‌شده می‌باشد.

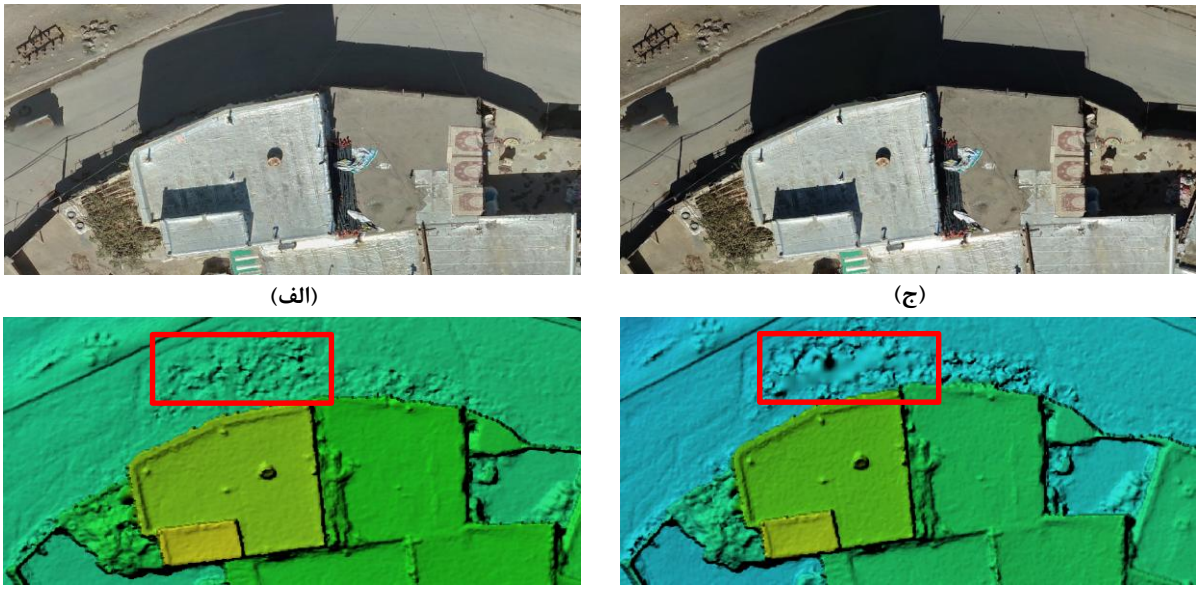
شکل۹: تصویر راست: تصویر اصلی _ تصویر چپ: تصویر بهبودیافته با استفاده از روش *DEM*

شکل۱۰: تصویر راست: تصویر اصلی _ تصویر چپ: تصویر بهبودیافته با استفاده از روش *MEFAW*

با توجه به شکل‌های (۱۱) و (۱۲) می‌توان مشـاهده کـرد که مدل رقومی زمین برای تصاویر بهبودیافته در منـاطقی که بهدذذ دلیل میزان روشنایی کـم و یـا زیـاد (محـدوده داخل حاشیه قرمز) دچار از بین رفتن اطلاعات شده بودند بازیابی شده‌اند اما این تغییر در شکل(۱۲) به دلیل بازیابی اطلاعات بیشتر، در تصویر نمود بیشتری داشـته و ارتفـاع مناطق بیشتری قابـل‌شناسـایی شـده‌انـد. در شـکل(۱۱) مناطق داخل سایه ازنظر کیفیت روشنایی بهتـر شـده‌انـد ولی در مدل ارتفاعی تولیدشده بـه دلیـل آنکـه اطلاعـات زیادی بازیابی نشده، بهبود محسوسی مشاهده نمی‌شـود و تنها با بهبود روشنایی، عوارض داخل این محدوده‌ها ازنظر بصری بهتر قابل‌تشخیص هستند، اما بـرای منطقـه مـورد مطالعـاتی دوم (شـکل(۱۲)) بـه دلیـل بازیـابی اطلاعـات ازدست‌رفته، علاوه بر بهبود روشنایی، مـدل ارتفـاعی نیـز بهبودیافته و اطلاعات بیشتری را ارائه می‌دهـد. همچنـین از شکل(۷) می‌توان ملاحظه کرد که ابر نقطه تولیـدی بـه میـزان قابـل‌تـوجهی بهبودیافتـه و عـوارض از سـاختار منظم‌تری پیروی می‌کنند. اورتو فتو تولیدی در مناطق بـا نور بیش‌ازحد ازنظر کنتراست و شناسـایی بهتـر عـوارض بهبودیافته‌اند(شـکل(۱۰)). در منـاطق بـا پوشـش سـایه، می‌توان کاهش اثر سایه که یکـی از چـالش‌هـای مهـم در تولید اورتوفتو می‌باشد را مشـاهده کرد(شـکل(۹)). دقـت مثلث‌بندی در حالت قبل و بعد از بهبود تصاویر بر اسـاس نقاط کنترل، کمتر از یک سانتی‌متر بوده که نشان‌دهنـده عدم تغییر دقت در حالت قبل و بعد از بهبود تصاویر است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]

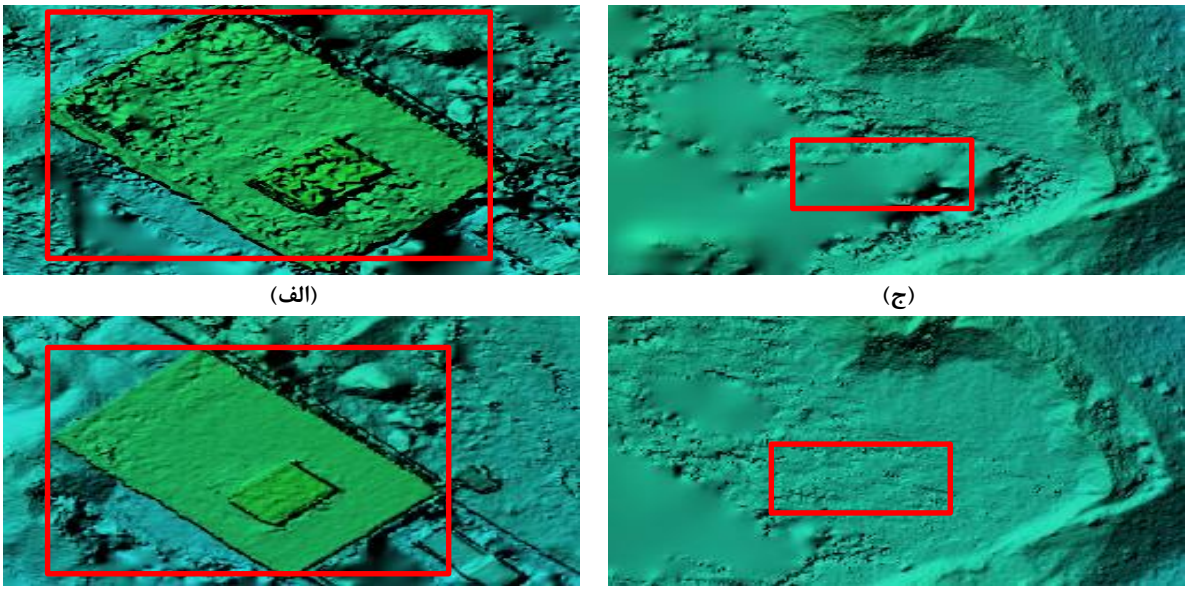
[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]



(الف) (ج)

(ب) (د)

شکل۱۱: (الف): قسمتی از اورتو تولیدشده با داده بهبودیافته منطقه موردمطالعه اول (ب): قسمتی از *DEM* تولیدشده با داده بهبودیافته منطقه موردمطالعه اول (ج): قسمتی از اورتو تولیدشده با داده منطقه موردمطالعه اول (د): قسمتی از *DEM* تولیدشده با داده منطقه موردمطالعه اول



(الف) (ج)

(ب) (د)

شکل۱۲: (الف): قسمتی از یک ساختمان در *DEM* تولیدشده با داده منطقه موردمطالعه دوم (ب): قسمتی از یک ساختمان در *DEM* تولیدشده با داده بهبودیافته منطقه موردمطالعه دوم (ج): قسمتی از سطح زمین در *DEM* تولیدشده با داده منطقه موردمطالعه دوم (د): قسمتی از سطح زمین در *DEM* تولیدشده با داده بهبودیافته منطقه موردمطالعه دوم

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]

۶- نتیجه‌گیری

در این تحقیق سعی شد تا بـا انتخـاب بهتـرین روش از میان جدیدترین روش‌های بهبود روشنایی برای هرکدام از تصاویر اخذشده در شـرایط نـوری کـم‌وزیـاد، میـزان تأثیر آن‌ها در محصولات فتوگرامتری مورد ارزیابی قـرار گیرند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان اظهار کرد که الزاما بهترین روش برای تصاویری کـه دارای شـدت روشنایی کمی هستند بـرای منـاطق بـا روشـنایی بـالا مناسب نبوده و بالعکس. ازنظر بهینه بودن زمـان انجـام پردازش برای بهبود تصاویر و تولید تصاویر بهبودیافتـه، تمام روش‌هـا تقریبـا نیـاز بـه زمـان یکسـانی داشـته و اختلاف بین زمان پـردازش تصـاویر کمتـر از ۱ دقیقـه است. از طرفی باید توجه کرد که بسته به حجم تصاویر این زمان برای روش‌های مختلف متفـاوت خواهـد بـود.

همچنـین مـی‌تـوان مشـاهده کـرد کـه محصـولات فتوگرامتری به‌دست‌آمده از تصاویر بهبودیافته از کیفیت بالاتری برخوردار بوده و علاوه بر آن‌یک سری اطلاعـات پنهان‌شده نیـز بازیـابی شـده‌انـد. بـا توجـه بـه مزایـای ایجادشده به کمک بهبـود روشـنایی تصـاویر مـی‌تـوان نتیجـه‌گیـری کـرد کـه اسـتفاده از روش‌هـای بهبـود روشنایی می‌تواند اثر شرایط نامناسب نـوری را تـا حـد قابل قبولی رفع کرده و نیاز به پـرواز مجـدد بـه‌منظـور تهیه داده را با توجه به میزان بازیابی اطاعات موجود در منطقه، کاهش دهد. علاوه بر روش‌های بررسی‌شـده در این مقاله روش‌های جدیدتری مبتنی بر یادگیری عمیق نیز در بهبود روشنایی تصاویر مورداستفاده قرارگرفته‌اند که می‌توان در کارهای آینده ایـن نـوع روش‌هـا را نیـز مورد ارزیابی قرارداد.

مراجع

[1] X. Zhang, "Benchmarking and comparing multi-exposure image fusion algorithms," Inf. Fusion, vol. 74, no. July 2020, pp. 111–131, 2021, doi: 10.1016/j.inffus.2021.02.005.

[2] Z. Ying, G. Li, and W. Gao, "A Bio-Inspired Multi-Exposure Fusion Framework for Low-light Image Enhancement," vol. 14, no. 8, pp. 1–10, 2017, [Online]. Available: http://arxiv.org/abs/1711.00591

[3] K. Ma and Z. Wang, "Multi-exposure image fusion: A patch-wise approach," Proc. - Int. Conf. Image Process. ICIP, vol. 2015-Decem, pp. 1717–1721, 2015, doi: 10.1109/ICIP.2015.7351094.

[4] H. Li, K. Ma, H. Yong, and L. Zhang, "Fast Multi-Scale Structural Patch Decomposition for Multi-Exposure Image Fusion," IEEE Trans. Image Process., vol. 29, pp. 5805–5816, 2020, doi: 10.1109/TIP.2020.2987133.

[5] P. J. Burt and R. J. Kolczynski, "Enhanced image capture through fusion," in 1993 (4th) International Conference on Computer Vision, 1993, pp. 173–182. doi: 10.1109/ICCV.1993.378222.

[6] A. Vyas, S. Yu, and J. Paik, "Fundamentals of digital image processing," Signals Commun. Technol., no. November, pp. 3–11, 2018, doi: 10.1007/978-981-10-7272-7_1.

[7] T. Huynh-The and T. Le-Tien, "Brightness preserving weighted dynamic range histogram equalization for image contrast enhancement," Int. Conf. Adv. Technol. Commun., vol. 53, no. 4, pp. 386–391, 2013, doi: 10.1109/ATC.2013.6698142.

[8] C. Wang and Z. Ye, "Brightness preserving histogram equalization with maximum entropy: A variational perspective," IEEE Trans. Consum. Electron., vol. 51, no. 4, pp. 1326–1334, 2005, doi: 10.1109/TCE.2005.1561863.

[9] A. M. Reza, "Realization of the contrast limited adaptive histogram equalization (CLAHE) for real-time image enhancement," J. VLSI Signal Process. Syst. Signal Image. Video Technol., vol. 38, no. 1, pp. 35–44, 2004, doi: 10.1023/B:VLSI.0000028532.53893.82.

[10] H. Ibrahim and N. S. P. Kong, "Brightness

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]

preserving dynamic histogram equalization for image contrast enhancement," IEEE Trans. Consum. Electron., vol. 53, no. 4, pp. 1752–1758, 2007, doi: 10.1109/TCE.2007.4429280.

[11] N. Hayat and M. Imran, "Ghost-free multi exposure image fusion technique using dense SIFT descriptor and guided filter," J. Vis. Commun. Image Represent., vol. 62, pp. 295–308, 2019, doi: 10.1016/j.jvcir.2019.06.002.

[12] S. H. Lee, J. S. Park, and N. I. Cho, "A Multi-Exposure Image Fusion Based on the Adaptive Weights Reflecting the Relative Pixel Intensity and Global Gradient," Proc. - Int. Conf. Image Process. ICIP, pp. 1737–1741, 2018, doi: 10.1109/ICIP.2018.8451153.

[13] Q. Wang, W. Chen, X. Wu, and Z. Li, "Detail-enhanced Multi-scale Exposure Fusion in YUV Color Space," vol. 2, no. i, pp. 1–12.

[14] S. Paul, I. S. Sevcenco, and P. Agathoklis, "Multi-Exposure and Multi-Focus Image Fusion in Gradient Domain ¤," vol. 25, no. 10, pp. 1–18, 2016, doi: 10.1142/S0218126616501231.

[15] K. R. Prabhakar, V. S. Srikar, and R. V. Babu, "DeepFuse : A Deep Unsupervised Approach for Exposure Fusion with Extreme Exposure Image Pairs," no. Ev 0, pp. 4714–4722.

[16] J. K. Park and D. W. Park, "Application of the Ortho Image for the Cadastral Survey," Aug. 2015, pp. 113–117. doi: 10.14257/astl.2015.100.24.

[17] S. H. Lee, J. S. Park, and N. I. Cho, "A Multi-Exposure Image Fusion Based on the Adaptive Weights Reflecting the Relative Pixel Intensity and Global Gradient," Proc. - Int. Conf. Image Process. ICIP, vol. 53, no. 4, pp. 1737–1741, 2018, doi: 10.1109/ICIP.2018.8451153.

[18] L. Images, Y. Yang, W. Cao, S. Wu, and Z. Li, "Multi-Scale Fusion of Two," vol. 25, no. 12, pp. 1885–1889, 2018.

[19] D. Prasad, B. Gang, X. Junhao, and Z. Ravindra, "Multi-scale Guided Image and Video Fusion : A Fast," Circuits, Syst. Signal Process., vol. 38, no. 12, pp. 5576–5605, 2019, doi: 10.1007/s00034-019-01131-z.

[20] K. Ma, S. Member, K. Zeng, and Z. Wang, "Perceptual Quality Assessment for Multi-Exposure Image Fusion," vol. 24, no. 11, pp. 3345–3356, 2015.

[21] A. Galdran, "Image dehazing by artificial multiple-exposure image fusion," Signal Processing, vol. 149, pp. 135–147, 2018, doi: 10.1016/j.sigpro.2018.03.008.

[22] J. W. Roberts, J. Van Aardt, and F. Ahmed, "Assessment of image fusion procedures using entropy , image quality , and multispectral classification," vol. 2, no. May, pp. 1–28, 2008, doi: 10.1117/1.2945910.

[23] P. Jagalingam and A. Vittal, "A Review of Quality Metrics for Fused Image," Aquat. Procedia, vol. 4, no. Icwrcoe, pp. 133–142, 2015, doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.019.

[24] G. Cui, H. Feng, Z. Xu, Q. Li, and Y. Chen, "Detail preserved fusion of visible and infrared images using regional saliency extraction and multi-scale image decomposition," vol. 341, pp. 199–209, 2015, doi: 10.1016/j.optcom.2014.12.032.

[25] I. Journal, I. Computing, C. Volume, I. International, I. Technology, and K. E. Ave, "IMAGE FUSION BASED ON AN ABSOLUTE FEATURE," vol. 3, no. 6, pp. 1433–1447, 2007.

[26] A. M. Eskicioglu and P. S. Fisher, "Image Quality Measures and Their Performance," vol. 43, no. 12, pp. 2959–2965, 1995.

[27] S. Pistonesi, J. Martinez, S. Mar, and R. Vallejos, "Structural Similarity Metrics for Quality Image Fusion Assessment : Structural Similarity Metrics for Quality Image Fusion Assessment : Algorithms Introduction Image fusion is the process of combining information available from two or more images of a sce," no. October,

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]

2018, doi: 10.5201/ipol.2018.196.

[28] S. Li, R. Hong, and X. Wu, "A Novel Similarity Based Quality Metric for Image Fusion," pp. 167–172, 2008.

[29] Y. Chen and R. S. Blum, "A new automated quality assessment algorithm for image fusion q," Image Vis. Comput., vol. 27, no. 10, pp. 1421–1432, 2009, doi: 10.1016/j.imavis.2007.12.002.

[30] H. Chen and P. K. Varshney, "A human perception inspired quality metric for image fusion based on regional information," vol. 8, pp. 193–207, 2007, doi: 10.1016/j.inffus.2005.10.001.

[31] Y. Han, Y. Cai, Y. Cao, and X. Xu, "A new image fusion performance metric based on visual information fidelity," Inf. Fusion, vol. 14, no. 2, pp. 127–135, 2013, doi: 10.1016/j.inffus.2011.08.002.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]

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

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.11, No.3, Autumn 2023

Research Paper

Comparative Evaluation of Lighting Improvement Methods in Aerial Images

Hossein Zavar [1], Reza Shah-Hosseini [2]*

1- PhD Student., School of Surveying & Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran
2- Assistant Professor., School of Surveying & Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran

Abstract

Aerial imaging has become a common method for producing geospatial products such as orthoimages and digital surface models. However, the presence of non-ideal lighting conditions in aerial imaging has become a prevalent issue. Various techniques have been proposed in the last decade to improve the quality of images in terms of lighting conditions. Yet, the evaluation of their impact on enhancing the brightness of the aerial images and the products derived from them has not been adequately assessed. The aim of this research is to examine the impact of several brightness enhancement techniques and select the most effective ones for improving the brightness in the aerial images. Due to the inadequate lighting conditions, these images lack the desired quality and lose certain spectral information. Therefore, a total of 11 different techniques were examined for enhancing the brightness of the images in two study areas, which exhibit different lighting conditions. Subsequently, the impact of these techniques on the enhanced images was evaluated using 11 brightness indices. Ultimately, based on the evaluation of these brightness indices, the multi-scale detail enhancement method was selected for the first study area, and the image fusion with adaptive weights based on different brightness was chosen for the second study area. By selecting the best method for each of the images related to different areas, the impact of improving the photogrammetric products was also evaluated. The improvement of the hidden artifacts in shadow areas and the ones that are imperceptible to the naked eye due to the excessive light reflection constitutes the results of the aerial image brightness enhancement. Furthermore, in the generation of the point clouds and the digital surface models, significant improvements were made in retrieving the information which had been lost from the surface before image enhancement. The results obtained based on the structural similarity index for the improved images of the first and second study areas were 0.95 and 0.99, respectively, indicating the preservation of details in the initial image along with the improvement of its brightness.

Key words : *Photogrammetry, Integration, Lighting Improvement, Orthophoto, Point Cloud.*

Correspondence Address*: Photogrammetry & Remote Sensing Group, School of Surveying & Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.*
Tel*: : +98 21 61114527*
Email : *rshahosseini@ut.ac.ir*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jgit.11.3.103]