



معرفی آشکارسازهای معیوب در باندهای مختلف سنجنده مادیس و اصلاح عملکرد آشکارسازهای معیوب در باند ۳۰

الهه خصالی^{۱*}، محمدرضا مباحثی^۲

۱- دانشجوی دکتری، گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی،
۲- دانشیار، گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی،

چکیده :

سازمان ناسا سنجنده مادیس را در سال ۱۹۹۹ بر روی ماهواره ترا^۱ و در سال ۲۰۰۲ بر روی آکوا^۱ قرار داده است. این سنجنده هر یک یا دو روز یک بار از تمام سطح زمین در ۳۶ باند طیفی تصویربرداری می‌کند. سنجنده مادیس در مجموع شامل ۴۹۰ آشکارساز^۱ می‌باشد. در هر نوار اسکن باندهای ۱ و ۲ با حد تفکیک مکانی ۲۵۰ متر، توسط ۴۰ آشکارساز، باندهای ۳ تا ۷ با حد تفکیک ۵۰۰ متر توسط ۲۰ آشکارساز و باندهای ۸ تا ۳۶ با حد تفکیک ۱۰۰۰ متر توسط ۱۰ آشکارساز برداشت می‌شوند. با گذشت زمان برخی از آشکارسازهای این سنجنده، دچار اختلال شده و برخی دیگر نیز از کار افتاده‌اند. در نتیجه تصاویر این سنجنده در برخی از باندها دارای نویز بوده که برخی از این نویزها به صورت نوارشدگی در تصاویر ظاهر می‌شوند. با توجه به کاربردهای وسیع داده‌های این سنجنده، شناسایی رفتار آشکارسازهای معیوب و اصلاح این نویزها حائز اهمیت می‌باشد. در سال‌های اخیر مادیس با انجام کالیبراسیون رادیومتریک نسبت به اصلاح این نوارشدگی‌ها در برخی از باندها از جمله باندهای مرئی و مادون قرمز اقدام نموده است، اما هنوز در برخی از باندهای حرارتی این نوارشدگی‌ها مشاهده می‌شوند. در این مقاله چگونگی اصلاح آشکارسازهای نویزی توسط مجموعه مادیس مورد کنکاش قرار گرفته و در میزان عدم قطعیت این اصلاحات بحث می‌شود. همچنین نوارشدگی‌ها و رفتار آشکارسازها در باندهای حرارتی مورد تحلیل قرار گرفته است. با توجه به اهمیت لایه ازن و از آنجایی که باند ۳۰ مادیس مربوط به شناسایی ازن می‌باشد روشی برای کاهش نوارشدگی‌ها در این باند ارائه شده است. در این باند سنجنده تنها لایه ازن را مشاهده می‌کند؛ بنابراین مقادیر پیکسل‌های مجاور تغییرات چندانی نداشته و در مناطق همگن می‌توان نسبت به اصلاح آشکارسازهای معیوب نسبت به آشکارسازهای سالم مجاور اقدام نمود. با ترسیم مقادیر پیکسل‌های آشکارسازهای معیوب نسبت به آشکارسازهای سالم، ضرائب رگرسیون خطی برای هر آشکارساز بطور جداگانه محاسبه شده و با اعمال این ضرائب در کل تصویر، اثرات نویز کاهش یافته است. ترسیم پروفایل‌های X تصویر اصلاح شده و مقایسه آن با تصویر نویزی و همچنین مقایسه مقادیر میانگین و انحراف معیار قبل و پس از تصحیح، نشان دهنده کاهش قابل توجه نوارشدگی‌ها در تصاویر می‌باشد. نتایج حاصل از این روش نسبی بوده و به معنای کالیبراسیون رادیومتریک نمی‌باشد و در الگوریتم‌های طبقه بندی و کلاسه بندی می‌تواند باعث بهبود دقت نتایج شود.

واژه‌های کلیدی : آشکارساز، نوارشدگی، مادیس، نویز، سنجش از دور.



۱- مقدمه

سنجنده مادیس برای جمع آوری اطلاعات از زمین طراحی شده است. این سنجنده در ۱۸ دسامبر سال ۱۹۹۹ توسط سازمان ناسا برای اولین بار بر روی ماهواره ترا و در سال ۲۰۰۲ بر روی ماهواره آکوا قرار داده شد. طراحی قابل توجه آن در جدول ۱ نمایش داده شده است. داده های بسیار مفیدی در طیف وسیعی از طول موج ها توسط این سنجنده برداشت می گردد. از جمله کاربردهای این سنجنده میتوان به مطالعات زمین شناسی، اقیانوس شناسی و جو اشاره نمود. یکی از اجزای اصلی این سنجنده آینه اسکن کننده دوران کننده می باشد که داده ها را در ۳۶ باند طیفی در طول موج های مرئی، مادون قرمز نزدیک، کوتاه، متوسط و بلند برداشت می کند. تصاویر این سنجنده دارای سه قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متری، ۵۰۰ متری و ۱ کیلومتری می باشند. در جهت پرواز این سنجنده دارای ۴۰ آشکارساز در باندهای ۱ و ۲، ۲۰ آشکارساز در باندهای ۳ تا ۷ و ۱۰ آشکارساز در باندهای ۸ تا ۳۶ می باشد. مشخصات و الگوریتم های پیش از پرتاب ماهواره ترا در [۱] و [۲] شرح داده است. عملکرد مداری ماهواره ترا نیز در [۳] تا [۷] ارائه شده است. از زمان پرتاب این سنجنده، تحقیقات بسیاری جهت افزایش کیفیت داده های آن انجام شده است. وجود محصولات متعددی که مادیس از اقیانوس، زمین و جو ارائه می دهد منجر به پیشرفت های بسیاری در علوم زمین و افزایش تحقیقات در زمینه بهبود کیفیت داده های مادیس گشته است. نوار شدگی از جمله نویزهایی هستند که در این تصاویر ایجاد می شوند و همچنان در برخی از باندهای تصویر باقی مانده اند. بدون تصحیح این نوارشدگی ها کیفیت تصاویر کاهش یافته و مقدار قابل توجهی نویز وارد پردازش ها می شود. سه نوع نوارشدگی به نام های آشکارساز به آشکارساز، نوارشدگی آینه اسکن کننده و نوار شدگی نویزی در این تصاویر وجود دارند. نوار شدگی آشکار ساز به آشکار ساز به صورت یک الگوی مشخص و تکراری در تمام تصویر ایجاد می شود. دلیل ایجاد آن تغییر در شیب و عرض از مبدا نسبی آشکارسازهای یک باند می باشد. نوارشدگی آینه اسکن کننده ناشی از تغییر ناگهانی در عرض از مبدا همه آشکارسازها در اثر تغییر جهت نوردهی در برداشت رفت و برگشت آینه می باشد. از دیگر دلایل ایجاد این نوارشدگی می توان به اشباع آشکارسازها در مناطقی با بازتاب بسیار بالا اشاره نمود. نوار شدگی نویزی به دلیل ایجاد خطا در کالیبراسیون داخلی سیستم، تغییر در تابع پاسخ آشکارسازها و نویزهای تصادفی دیگر ایجاد می شود. با گذشت زمان وضعیت این نوارشدگی بدتر می شود. در این مقاله به دنبال تصحیح این نوار شدگی ها در باند ۳۰ هستیم.

۲- برخی از روش های ارائه شده برای اصلاح نوار شدگی تصاویر مادیس

دسته اول از روش های حذف نوارشدگی، روش های فیلتر کردن هستند که با استفاده از فیلترهای پایین گذر^۱ اقدام به حذف نوارها می کنند. این روش ها بر مبنای منظم بودن نوارشدگی ها در تصویر ارائه شده اند و میتوانند در طیف توان تعریف شوند [۸]. اگر چه این روش ها سریع و آسان و مستقل از سنسور هستند اما باعث از دست رفتن اطلاعاتی که مشابه نویز هستند می شوند و کیفیت رادیومتریکی داده را پایین می آورند [۹].

روش های آماری دسته دوم از روش های حذف نوارشدگی می باشند. روش تطبیق ممان^۲ که در [۱۰] ارائه شده است بر پایه این فرضیه استوار است که میانگین و انحراف معیار داده های ثبت شده توسط هر آشکارساز یکسان است. برای مقابله با محدودیت های روش های آماری مرتبه اول [۱۱] و [۱۲] روشی بر پایه تطبیق هیستوگرام^۳ ارائه کردند.

[۱۳] مطابق با روش [۱۲] برای اصلاح نوارشدگی تصاویر سنجنده GOES ارائه دادند، تصاویر L1B مادیس را اصلاح کردند. روش کار بدین صورت است که تابع EDF^۴ برای هر آشکارساز محاسبه می شود (به عنوان مثال، هیستوگرام تجمعی فرکانس نسبی)، سپس EDF برای هر آشکارساز با EDF یک آشکارساز مرجع (یک آشکار ساز بدون نویز به

1 -Low pass

2 -Moment matching

3 -histogram matching

4-Empirical Distribution Function



عنوان مرجع انتخاب می‌شود) تعدیل می‌شود. الگوریتم روی تصویر LIB با اعداد حقیقی در بازه ۰ تا ۳۲۷۶۷ اجرا شد. [۹] مروری کامل بر روش‌هایی که تا به حال برای حذف نوارشدگی ارائه شده اند داشته است [۱۴].

۳- روش مادیس برای اصلاح تصاویر

الگوریتمی که مادیس برای اصلاح نوارشدگی استفاده می‌کند بر اساس روش (Weinreb et al (1989) می‌باشد. این الگوریتم هر دو نوع نوارشدگی آشکارساز به آشکارساز و نوارشدگی اسکن کننده را در نظر می‌گیرد.

مادیس در باندهای حرارتی دارای ۲۰ آشکارساز می‌باشد (۱۰ آشکارساز در هر جهت آینه اسکن کننده). ابتدا تابع توزیع تجمعی (EDF) برای هر آشکارساز محاسبه می‌شود (هیستوگرام تجمعی هر فرکانس نسبی)، سپس EDF هر آشکارساز با EDF یک آشکارساز مرجع انطباق داده می‌شود. این الگوریتم روی مقادیر LIB (۳۲۷۶۷-۰) اعمال می‌شود. باندهای ۲۲-۲۰، ۲۵، ۳۰-۲۷ و ۳۶-۳۳ با این روش اصلاح می‌شوند. این اثر روی باندهای ۳۱ و ۳۲ equivocal می‌باشد.

مادیس در محصول LevelIB مقادیر رادیانس را با تبدیل خطی از بازه $[L_{min}, L_{max}]$ به بازه $[۳۲۷۶۷, ۰]$ تبدیل می‌کند که معادل با ۱۵ بیت می‌باشد. بدین ترتیب از مقادیر خاص بزرگتر از ۳۲۷۶۷ برای نشانه‌گذاری^۵ پیکسل‌هایی که قادر به کالیبره کردن آن‌ها نمی‌باشد استفاده می‌کند. نحوه نشانه‌گذاری پیکسل‌های کالیبره نشده و شرح علت آن در [۱۴] ارائه شده است.

مادیس برای اصلاح سنجنده ترا برخی از آشکارسازهای نویزی در برخی باندها را با همسایه هایشان جایگزین می‌کند. باند ۲۷ (آشکارسازهای ۰ و ۶)، باند ۲۸ (آشکارسازهای ۰ و ۱)، باند ۳۳ (آشکارساز ۱)، باند ۳۴ (آشکارساز ۶ و ۷)، باندهایی هستند که بدین روش اصلاح می‌شوند. همچنین در سنجنده آکوا یک آشکارساز در باند ۲۷ با همسایه هایش جایگزین شده است.

قابل توجه است که در محصولات LIB مادیس پیکسل‌های مربوط به آشکارسازهای سوخته توسط پیکسل‌های همسایه و به روش نزدیکترین همسایگی^۶ پر شده اند که این اقدام تنها از نظر بصری تصویر را بهبود می‌بخشد و در مناطق همگن که پیکسل‌های مجاور مقادیر مشابه دارند مشکلی ایجاد نمی‌کند اما در صورتی که پوشش پیکسل‌های اطراف متفاوت باشد مقادیر پیکسل‌ها دچار خطا شده و در الگوریتم‌ها مشکل ایجاد می‌شود. بنابراین کاربر باید با توجه به مقادیر نشانه‌گذاری شده در جدول پیکسل‌های مربوط به آشکارسازهای سوخته را شناسایی و در مورد نحوه به کارگیری آن‌ها تصمیم‌گیری کند.

۴- بررسی وضعیت آشکارسازهای نویزی در باند ۳۰:

مادیس در هر مجموعه^۷ سعی در بهبود آشکارسازهای ناسالم داشته است و جدولی را ارائه می‌دهد که شماره آشکارسازهای سوخته و ناسالم در هر باند به تفکیک مشخص شده است. جدول (۱) آخرین وضعیت آشکارسازهای مادیس در تاریخ ۲۰۱۳/۵/۳۱ و در مجموعه ۶ را نشان می‌دهد.

5 -flag

6 -Nearest neighbor

7 -Collection



جدول ۱: آخرین وضعیت آشکارسازها مادیس به تفکیک باند در مجموعه ۶

			Terra QA Collection 6 LUT Update			
QA LUT Version #	Update Date	Time Stamp	Non-Functional Detectors (QA bit 1) (Product Order) Band/Detector #	Noisy Detectors (QA bit 0) (Product Order) Band/Detector # (sf = subframe)	Out-of-family Detectors (QA bit 2) (Product Order) Band/Detector #	
V6.1.14.12	05/31/2013	201312 5.1740	5/4 29/6	2/29,30/sf1 27/1,2,3,6,8 28/1,8,9,10 30/1,3,5,7,8 33/1 34/6,7,8 36/ All	5/4 21/1 22/7,8 23/10 28/2,3,8,10 30/8 33/1	

باند ۳۰ مادیس در محدوده طول موج ۹۵۸۰-۹۸۸۰ نانومتر بوده و برای شناسایی ازن به کار برده می شود. با توجه به این که سنجنده در این باند تنها لایه ازن را مشاهده می کند و با در نظر گرفتن اهمیت لایه ازن، در این مقاله روشی برای اصلاح نوارشدگی در این باند ارائه گردیده است. لایه ازن دارای توزیع یکنواخت بوده و در پیکسل های مجاور تغییر چندانی ندارد، بنابراین در مناطق همگن می توان اقدام به اصلاح آشکارسازهای معیوب نسبت به آشکار سازهای سالم نمود. مطابق با آنچه در گزارش مادیس ارائه شده است، در باند ۳۰ آشکارسازهای ۱،۳،۵،۷،۸، نویزی می باشد. ابتدا در یک منطقه همگن به بررسی آشکارسازهای این باند می پردازیم تا صحت گزارش ارائه شده توسط مادیس برای داده ها را بیازماییم. بدین منظور، تصویر مادیس در یک منطقه همگن واقع در صحرای عربستان از سنجنده ترا و در سطح LIB دانلود گردید. تصویر مورد استفاده در شکل (۱) نشان داده شده است.

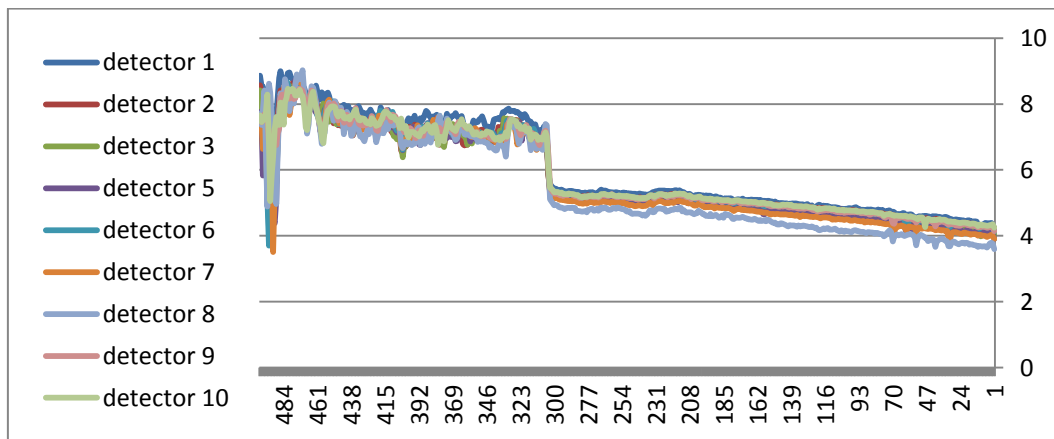


شکل ۱ تصویر سنجنده مادیس از صحرای عربستان در باند ۳۰

همانطور که در شکل مشخص است، اگر به طور بصری به بررسی تصویر پردازیم نوارشدگی ها کاملا مشهود می باشند. اگر اولین ردیف پیکسل ها را مربوط به آشکارساز ۱ فرض کنیم ملاحظه می گردد که نوارشدگی ها به صورت منظم و با الگوی ۱۰ خط یک بار تکرار میگردد. این امر نشان دهنده وجود یک خطای سیستماتیک در رفتار آشکارسازهای معیوب می باشد. یکی از تغییراتی که در رفتار آشکارسازهای این باند ایجاد شده، از کار افتادن آشکارساز شماره ۴ می باشد به طوری که مقادیر این آشکارساز با عدد ۱- جایگذاری شده و روی تصویر به صورت نوارهای سیاه رنگ ظاهر می گردد.

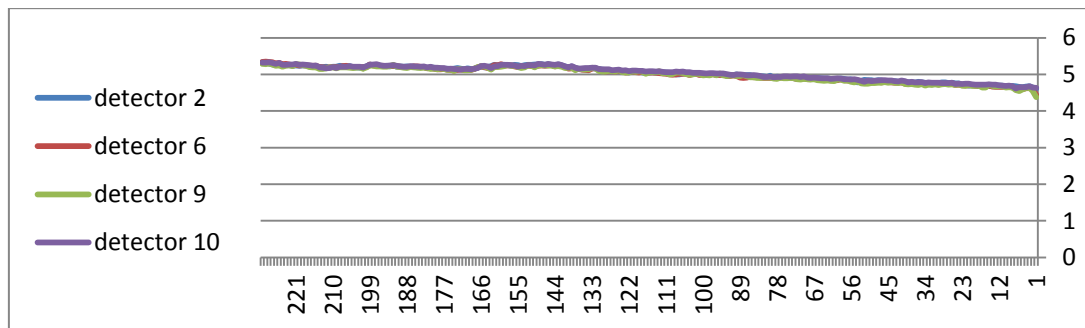


برای بررسی رفتار آشکارسازها، مقادیر ۱۰ آشکارساز مجاور به عنوان نمونه مورد استفاده قرار گرفت. پس از جمع آوری پیکسل های نمونه، پروفایل X مربوط به ۱۰ آشکارساز مجاور به صورت خطی ترسیم گردید. شکل (۲) این نمودار را نشان می دهد. انتظار می رود همه آشکارسازها دارای رفتار مشابه باشند و پروفایل ترسیمی آن ها بر هم منطبق باشد. همانطور که ملاحظه می گردد پروفایل مربوط به آشکارسازهای ۱،۳،۵،۷،۸ بر هم منطبق نبوده و با دیگر آشکارسازها دارای اختلاف می باشند.



شکل ۲ پروفایل X آشکارسازهای باند ۳۰ مادیس

این بار پروفایل آشکارسازها ۱۰، ۹، ۶، ۲ که آشکارسازهای سالم در این باند می باشند و انتظار می رود رفتار مشابه داشته باشند ترسیم گردید، همانطور که در شکل (۳) مشاهده می شود پروفایل این آشکارسازها بر هم انطباق مناسبی دارد.



شکل ۳ پروفایل X آشکارسازهای سالم در باند ۳۰

در مرحله بعد مقدار میانگین هر آشکارساز محاسبه گردید، همانطور که در جدول (۲) مشخص است، مقدار میانگین آشکارسازهای سالم نزدیک به هم می باشد و میانگین آشکارسازهای معیوب با مقدار میانگین آشکارسازهای سالم دارای اختلاف می باشد. سپس انحراف معیار آشکارسازهای معیوب نسبت به آشکارسازهای سالم محاسبه گردید که همانطور که از مقادیر جدول مشخص می باشد، مقدار انحراف معیار آشکارسازهای معیوب بیشتر از آشکارسازهای سالم می باشد.

جدول ۲: انحراف معیار و میانگین آشکارسازهای باند ۳۰

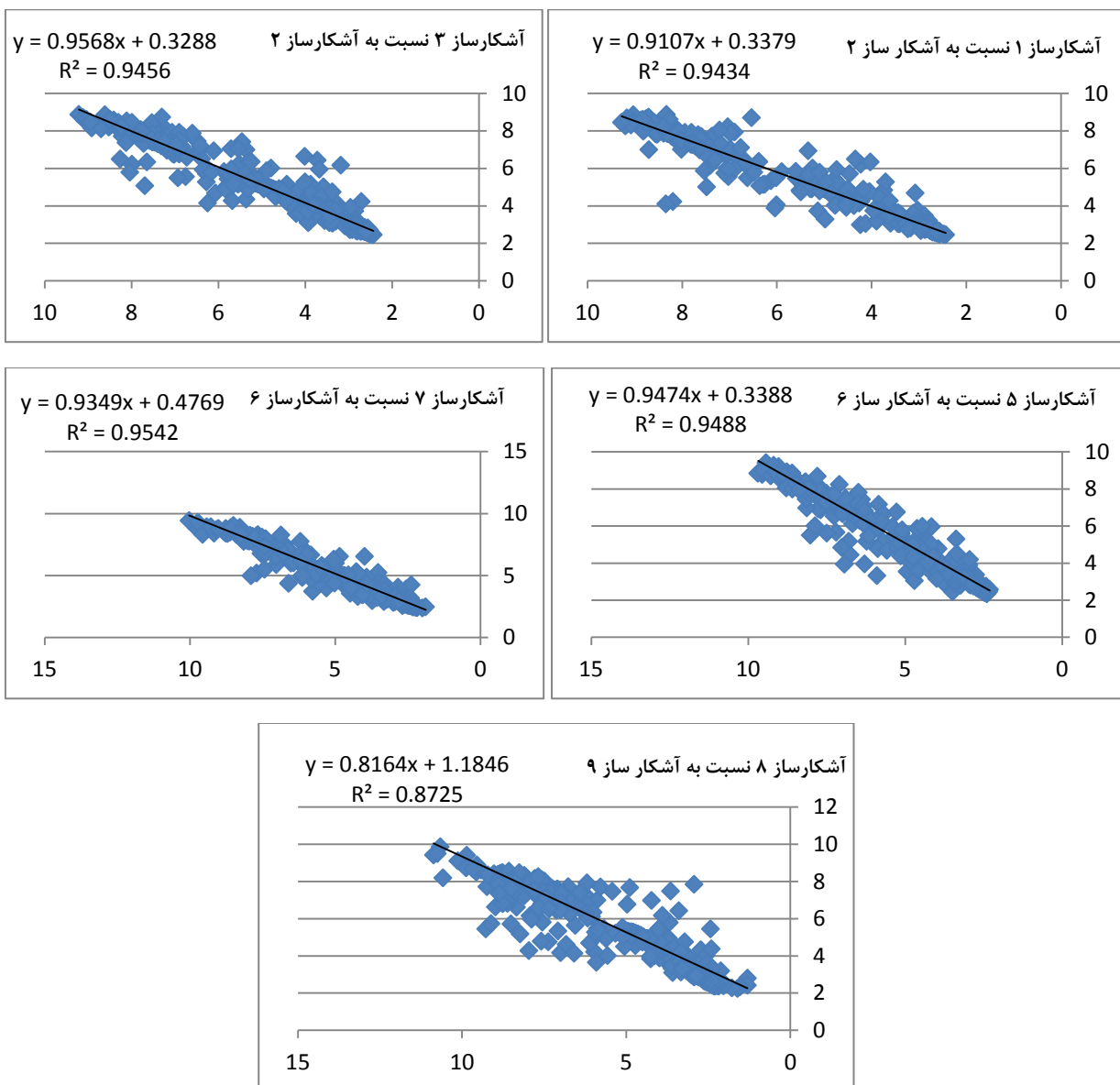
آشکارساز	آشکارساز ۱	آشکارساز ۲	آشکارساز ۳	آشکارساز ۵	آشکارساز ۶	آشکارساز ۷	آشکارساز ۸	آشکارساز ۹	آشکارساز ۱۰
میانگین	۴.۹۷۹۸	۴.۸۹۰۶	۴.۷۶۹۲	۴.۷۲۷۳	۴.۸۶۹۹	۴.۶۳۵۹	۴.۳۶۵۳	۴.۸۵۹۳	۴.۹۰۴۳
انحراف معیار	۰.۳۲۸۵	۰.۳۰۹۲	۰.۳۴۴۷	۰.۳۷۱۷	۰.۳۱۹۷	۰.۴۱۷۸	۰.۶۲۱۰	۰.۳۱۸۵	۰.۳۰۴۳



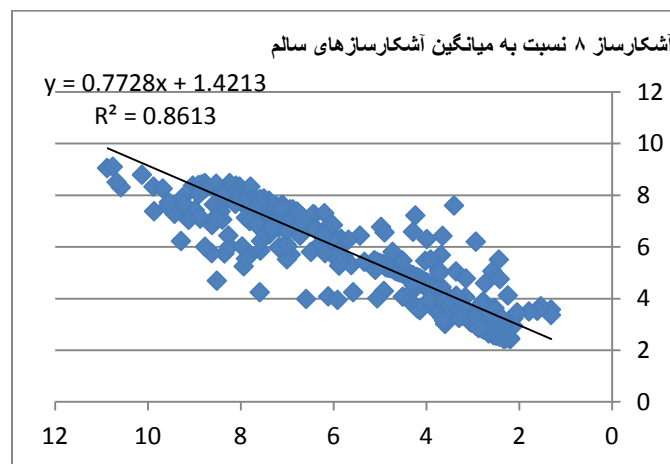
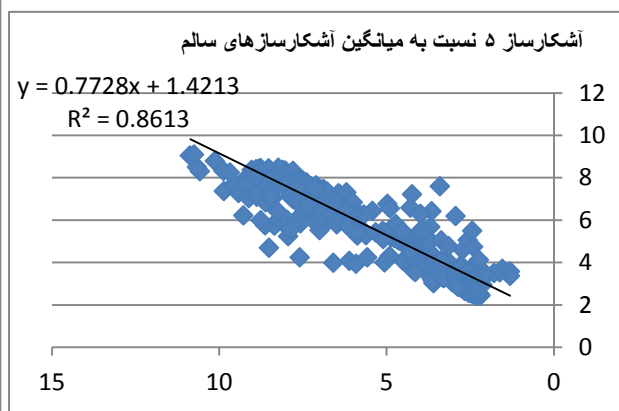
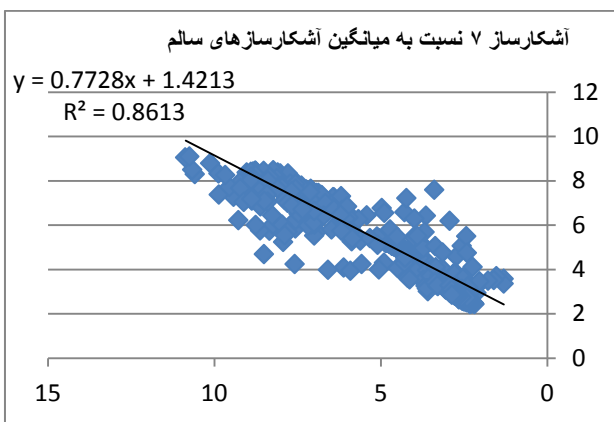
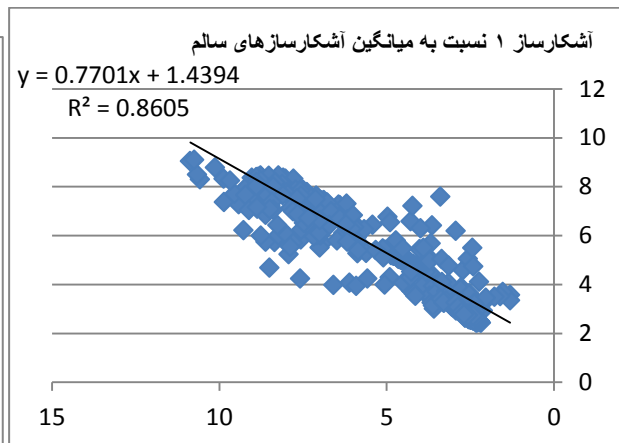
۵- الگوریتم ارائه شده برای اصلاح نوارشدگی

برای اصلاح اثر نوارشدگی در آشکارسازهای معیوب ابتدا، مقادیر پیکسل های آشکارساز معیوب نسبت به نزدیکترین آشکارساز سالم مجاور ترسیم گردید و با برازش خطی ضرائب رگرسیون خطی برای هر آشکارساز به طور جداگانه محاسبه گردید. بار دیگر مقادیر پیکسل های معیوب نسبت به میانگین همه آشکارسازهای سالم مجاور ترسیم گردید و ضرائب رگرسیون محاسبه شد. نمودار های ترسیم شده در شکل (۴) و (۵) نشان داده شده است.

همانطور که مشاهده می شود مقادیر R^2 در خطوطی که به نمودار آشکارسازهای معیوب نسبت به میانگین آشکارسازهای سالم برازش داده شده اند کاهش پیدا کرده است. بنابراین بهتر است از ضرائب دسته اول، یعنی خطوطی که به نمودار آشکارسازهای معیوب نسبت به نزدیکترین آشکارساز سالم برازش داده شده است، برای اصلاح نوارشدگی ها استفاده نمود.



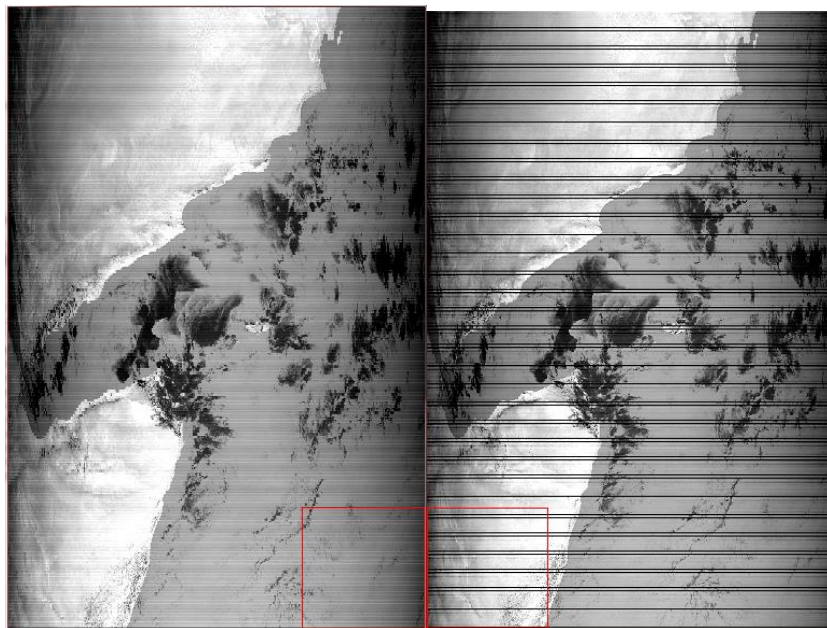
شکل ۴: ضرائب رگرسیون خطی برای آشکارسازهای معیوب نسبت به نزدیکترین آشکارساز سالم



شکل ۵: ضرائب رگرسیون خطی برا ی آشکارسازهای معیوب نسبت به میانگین آشکارساز سالم

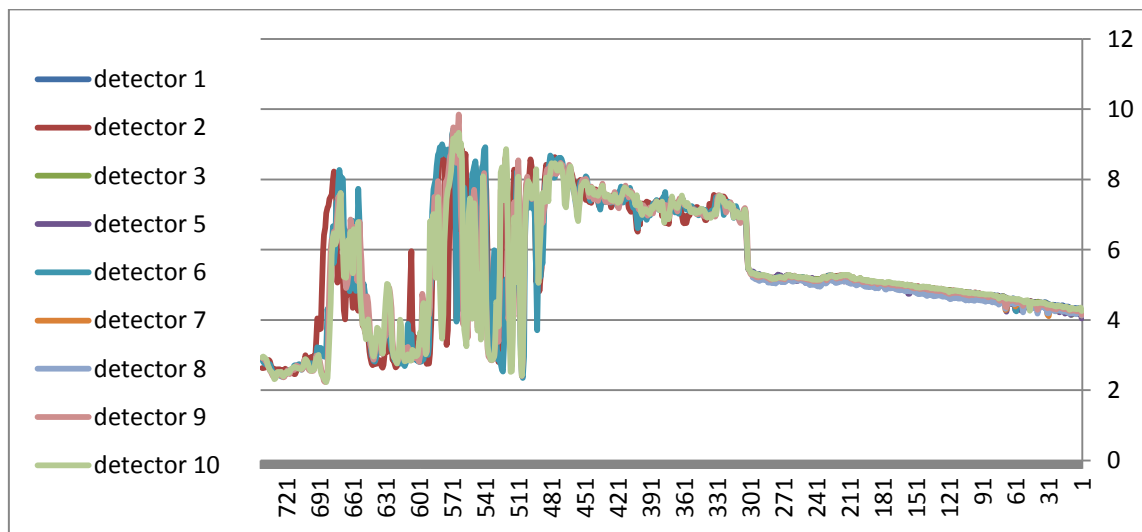
۶- پیاده سازی و نتایج

نتایج حاصل از اصلاح تصویر در باند ۳۰ و با استفاده ضرائب دسته اول، در شکل (۶) ارائه گردیده است. در این تصویر با توجه به این که آشکارساز ۴ سوخته است، مقدار آن با نزدیکترین همسایه سالم آن جایگذاری گردیده است. همانطور که مشاهده می شود استفاده از این ضرائب باعث بهبود کیفیت تصویر و کاهش نوارشدگی ها شده است.



شکل ۶: باند ۳۰ قبل و بعد از اصلاح نوارشدگی

پرو فایل X آشکارسازهای تصویر بعد از اصلاح در شکل (۵) ارائه شده است. بررسی این نمودار نشان می دهد که پرو فایل آشکارسازهای معیوب پس از اصلاح انطباق مناسبی با آشکارسازهای سالم دارند.



شکل ۷: پرو فایل X آشکارسازها پس از اصلاح تصویر

مقادیر وریانس و میانگین آشکارسازها بعد از اصلاح در جدول (۳) ارائه شده است. این مقادیر نیز نشان از بهبود مقادیر انحراف معیار آشکارسازهای معیوب پس از اصلاح تصویر دارد.

جدول ۳: مقادیر میانگین و انحراف معیار آشکارسازها پس از اصلاح

	آشکارساز ۱	آشکارساز ۲	آشکارساز ۳	آشکارساز ۵	آشکارساز ۶	آشکارساز ۷	آشکارساز ۸	آشکارساز ۹	آشکارساز ۱۰
میانگین	۴.۸۷۳۰	۴.۸۹۰۶	۴.۸۹۲۰	۴.۸۱۷۵	۴.۸۶۹۹	۴.۸۱۱۰	۴.۷۴۸۴	۴.۸۵۹۳	۴.۹۰۴۳
انحراف معیار	۰.۲۸۷۹	۰.۳۰۹۲	۰.۳۰۸۷	۰.۳۲۵۱	۰.۳۱۹۷	۰.۳۲۳۳	۰.۳۰۶۳	۰.۳۱۸۵	۰.۳۰۴۳



۷- نتیجه گیری و پیشنهادها

در این مقاله نحوه برداشت و آشکارسازهای سنجنده مادیس مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به کاربردهای وسیعی که داده‌های این سنجنده دارند توجه به آشکارسازهای ناسالم و سوخته این سنجنده و نحوه برخورد با آن‌ها در الگوریتم‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است. نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داد، همانطور که در آخرین گزارش ارائه شده توسط مادیس ملاحظه می‌گردد، نوارشدگی‌هایی در باندهای حرارتی این تصاویر باقی مانده است. با توجه به اهمیت لایه ازن و از آنجایی که باند ۳۰ مادیس مربوط به شناسایی ازن می‌باشد روشی برای کاهش نوارشدگی‌ها در این باند با استفاده از ضرائب رگرسیون آشکارسازهای معیوب نسبت به نزدیکترین آشکارساز سالم ارائه گردید. نتایج حاصل از اعمال ضرائب رگرسیون نشان دهنده بهبود کیفیت تصویر و کاهش اثر نوارشدگی‌ها در این باند می‌باشد. ترسیم پروفایل X تصویر اصلاح شده و مقایسه آن با تصویر نویزی و همچنین مقایسه مقادیر انحراف معیار قبل و پس از تصحیح، نشان دهنده کاهش قابل توجه نوارشدگی‌ها در تصاویر می‌باشد. نتایج حاصل از این روش نسبی بوده و به معنای کالیبراسیون رادیومتریک نمی‌باشد و در الگوریتم‌های طبقه بندی و کلاسه بندی می‌تواند باعث بهبود دقت نتایج شود. ارائه روش‌هایی برای اصلاح آشکارسازهای نویزی در سایر باندها در آینده می‌تواند مورد بررسی بیشتر قرار گیرد.

مراجع

- [1] W. L. Barnes, T. S. Pagano, and V. V. Salomonson, "Prelaunch characteristics of the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on EOS-AM1," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 36, no. 4, pp. 1088–1100, Jul. 1998.
- [2] B. Guenther, G. D. Godden, X. Xiong, E. J. Knight, S. Y. Qiu, H. Montgomery, M. M. Hopkins, M. G. Khayat, and Z. Hao, "Prelaunch algorithm and data format for the level 1 calibration products for the EOSAM1 Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 36, no. 4, pp. 1142–1151, Jul. 1998.
- [3] B. Guenther, X. Xiong, V. V. Salomonson, W. L. Barnes, and J. Young, "On-orbit performance of the Earth observing system Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer; first year of data," *Remote Sens. Environ.*, vol. 83, no. 1/2, pp. 16–30, Nov. 2002.
- [4] Z. Wan, "Estimate of noise and systematic error in early thermal infrared data of the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)," *Remote Sens. Environ.*, vol. 80, no. 1, pp. 47–54, Apr. 2002.
- [5] W. L. Barnes, X. Xiong, and V. V. Salomonson, "Status of Terra MODIS and Aqua MODIS," *Adv. Space Res.*, vol. 32, no. 11, pp. 2099–2106, 2003.
- [6] X. Xiong, W. L. Barnes, B. Guenther, and R. E. Murphy, "Lessons learned from MODIS," *Adv. Space Res.*, vol. 32, no. 11, pp. 2107–2112, Dec. 2003.
- [7] X. Xiong, N. Z. Che, and W. L. Barnes, "Terra MODIS on-orbit spatial characterization and performance," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 43, no. 2, pp. 355–365, Feb. 2005.
- [8] J. S. Chen, Y. Shao, H. D. Guo, W. Wang, and B. Zhu, "Destriping CMODIS data by power filtering," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 41, no. 9, pt. 2, pp. 2119–2124, Sep. 2003.
- [9] B. Marouan, and L. Saïd, "Toward Optimal Destriping of MODIS Data Using a Unidirectional Variational Model". *IEEE*, 2011. 49.
- [10] F. L. Gadallah and F. Csillag, "Destriping multidetector imagery with moment matching," *Int. J. Remote Sens.*, vol. 21, no. 12, pp. 2505–2511, 2000.



[11] B. K. P. Horn , and R.J. Woodham, "Destriping Landsat MSS images by histogram modification" . Comput. Graph. Image Process., 1979. 10(1): p. 69-83.

[12] Weinreb , M.P, R. Xie, J. H. Lienesch, and D. S Crosby, "Destriping GOES images by matching empirical distribution functions". Remote Sens. Environ, 1989. 29(2): p. 185-195.

[13] Gumley, L., R. Frey, and M. Chris, "Destriping of MODIS L1B 1KM Data for Collection 5 Atmosphere Algorithms". Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies, University of Wisconsin-Madison, 2013

[14] E.Khesali, and M.R. Mobasheri, "Evaluation of uncertainty in MODIS sensor detectors", National Congress of Geomatics, 2015 (persian).



Identification of noisy detectors in MODIS sensor and a method for stripe removal in MODIS band 30

Khesali, E. *¹, Mobasheri, M.R. ²

1-PhD student in Department of Remote Sensing, College of Geomatics, K. N. Toosi University of Technology

2- Assisstant professor in Department of Remote Sensing , College of Geomatics, K. N. Toosi University of Technology

Abstract

The MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on board of the Earth Observing System (EOS) Terra and Aqua platforms has been designed to provide data for studies of the Earth's land, ocean, and atmosphere. Terra MODIS and Aqua MODIS are viewing the entire Earth's surface every 1 to 2 days, acquiring data in 36 spectral bands. MODIS has a total of 490 detectors and It has three different nadir ground spatial resolutions: 0.25 km (band 1–2), 0.5 km (band 3–7), and 1 km (band 8–36). In the along-track direction, there are 40 detectors per band for band 1–2, 20 detectors per band for band 3–7, and 10 detectors per band for band 8–36. Since the launch, a great deal of work has been performed to assess MODIS data quality. Even though MCST MODIS L1B calibration algorithm can effectively handle operational artifacts, stripe noise still remains in the thermal bands. Without stripe noise correction, this noise will degrade the image quality and introduce a considerable level of uncertainties to the information extracted from data. In this paper we describe MODIS calibration algorithms and discuss its uncertainties. We also analyze the performance and stripe noises in thermal bands. Due to the importance of monitoring the ozone layer, and since the band 30 is related to ozone, we presented a method for striping noise reduction in this band. Since the sensor only sees ozone layer in this band, so neighboring pixel values must be similar in the homogeneous areas and so noisy detectors can be corrected by adjacent pixels. In this work a linear regression method was deployed for relating noisy detectors to healthy ones. For each noisy detector the gain and offset were calculated and used to correct whole image. Comparing X profiles and mean and Standard Deviation values before and after correction shows considerable improvement in the image. Finally, it is worth to mention that this method tries to reduce the striped noises through relative calibration and filtering and it is not expected to provide a radiometric correction. For this reason, it may create problems when applied to band data that will be used in numerical analysis. However, it may provide advantages for some processing. For instance, it may increase uniformity within spectral classes leading to improve the result in image classification.

Keywords: Detector, Stripe, Noise, MODIS, Remote Sensing.

Correspondence Address: Department of Remote Sensing, College of Geomatics, University K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran. **Tel: +98 21 88770218.**

Email: elahe.khesali@gmail.com