



بررسی تغییرات زمانی - فضایی آلبیدوی سطح بر روی دشت سیستان در شرق ایران با استفاده از تولیدات سنجش از دور سنجنده MODIS ماهواره Terra

فاطمه فیروزی^۱، تقی طاوسی^۲، پیمان محمودی^{۳*}، مهدی امیرجهانشاهی^۴

۱. دانشجوی دکتری مخاطرات آب و هوایی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان
۲. استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان
۳. استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه سیستان و بلوچستان
۴. استادیار گروه آمار، دانشکده ریاضی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۲۷

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۲۰

چکیده

بیان انرژی تابشی دریافتی و برگشتی از کره زمین، بیانگر انرژی قابل دسترس در هر بخش از سامانه زمین-جو است. همچنین تابش خالص خورشیدی، بنیادی‌ترین نیروی محرکه، برای تبخیر و تعرق و تمامی کنش و واکنش‌های میان رویه زمین و اتمسفر است. این برهم‌کنش‌ها، به‌گونه‌ای معنی‌دار، بر اقلیم و دگرگونی آن سایه می‌افکنند. از این‌رو، برآورد ریزبینانه انرژی خالص در مقیاس گسترده از نظر مدل‌های اقلیمی جهانی و منطقه‌ای حائز اهمیت است. در این پژوهش، به‌منظور مطالعه روند تغییرات بلندمدت میانگین ماهانه آلبیدوی سطحی دشت سیستان، از تولیدات آلبیدوی سنجنده تابش‌سنج تصویربردار طیفی با وضوح متوسط ماهواره ترا با نام (MCD43B3) استفاده شد. تصاویر اخذشده، برای یک دوره آماری ۱۵ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۴) برای سه ماه آوریل، می و ژوئن با قدرت تفکیک فضایی یک در یک کیلومتر بوده است. بعد از اخذ تصاویر از مرکز آرشیو فعال توزیع فرایندهای سطح زمین ناسا، تمامی ۴۵ تصویر دانلود شده برای منطقه مورد مطالعه دشت سیستان به فرمت ASCII تبدیل شد، که هر ASCII، ۳۰۰۸۰ پیکسل را شامل می‌شود. در نهایت، با استفاده از دو روش آماری برآورد کننده شیب سن (Sen) و رگرسیون خطی کلاسیک، روند تغییرات بلندمدت میانگین ماهانه آلبیدو در سطح معناداری پنج درصد، در یک مقیاس پیکسل-مبنا مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج حاصل از این دو مدل نشان دادند که این دو مدل در برآورد روند تغییرات میانگین آلبیدو، دقیقاً مانند همدیگر عمل کرده‌اند و تفاوتی با یکدیگر نداشته‌اند. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کانون بیشترین روند کاهشی شیب تغییرات آلبیدو در شمال شرق است که در این قسمت از دشت به دلیل جاری بودن رودخانه هیرمند، کشاورزی به‌صورت گسترده‌ای در آن رواج دارد. مقادیر افزایشی شیب روند تغییرات نیز به‌صورت بسیار محدود و لکه‌هایی کوچک و گهگاه بزرگ در شمال، جنوب شرق و مرکز دشت قابل مشاهده است. این روند افزایشی در مقادیر شاخص آلبیدو نیز در شمال دشت دقیقاً منطبق بر خشک شدن دریاچه‌های سه‌گانه هامون بوده است. بقیه مساحت دشت نیز که دارای چشم‌اندازی بیابانی و فاقد هرگونه پوشش گیاهی و همچنین جمعیت انسانی است، روند خاصی را از خود نشان نداده است. در این مطالعه، همچنین به‌روشنی مشخص شد که استفاده از روش غیرپارامتریک، برآورد کننده شیب سن و روش پارامتریک رگرسیون خطی کلاسیک، در مطالعات روند تغییرات آلبیدو مناطق خشک منتج از تولیدات ماهواره‌ای سنجنده مودیس، می‌تواند بسیار کارآمد باشد.

کلید واژه‌ها: آلبیدو، دشت سیستان، روند، مودیس

*نویسنده عهده دار مکاتبات: زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، گروه جغرافیای طبیعی، شماره تماس: ۰۹۱۸۳۸۰۳۴۶۲
Email: p_mahmoudi@gep.usb.ac.ir

۱- مقدمه

آلبیدوی پهن باند سطح، کسری از انرژی تابشی فرودی موج کوتاه خورشید است که توسط سطح زمین در تمامی جهات بازتاب می‌شود. آلبیدو، پارامتر فیزیکی بسیار مهمی در مطالعات اقلیمی و هواشناسی، هیدرولوژیکی (Henderson-Seller & Wilson, 1983; etc, 2004) و مطالعه در زمینه انتقال تابش و محاسبه ذخیره تابشی زمین محسوب می‌شود (Maurer, 2002). آلبیدوی سطح زمین، به ویژگی‌ها و نوع پوشش زمین، شرایط جوی، میزان رطوبت خاک و وضعیت پوشش گیاهی (Bonan, 1996; Henderson-Seller, 1990) منطقه وابسته است. از این رو می‌توان از آن در تعیین پارامترهای جوی (ابر، هواویز، بخار آب و ...) و همچنین در مطالعه تغییرات محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی و طبیعی مانند فعالیت‌های کشاورزی، شهرسازی، تغییر کاربری زمین، جنگل‌زدایی، کویرزایی و تغییر پوشش زمین استفاده کرد (Li & Garand, 1994). برای تعیین آلبیدوی اجسام روی سطح زمین، در مقیاس وسیع و با در نظر گرفتن توپوگرافی‌های سطح زمین، امکان اندازه‌گیری زمینی مقادیر آلبیدوی اجسام وجود نداشته است، لذا به‌ناچار از روش‌های سنجش از دور برای این مورد استفاده می‌شود. در همین راستا، در دهه‌های اخیر، تولیدات آلبیدو با استفاده از سنجش از دور، رشد زیادی کرده که شامل ماهواره AVHRR (Csiszar & polder^۳, Strugnell & Lucht, 2001; Gutman, 1999) (Schaaf & etc, 2002; Leroy & etc, 1997)، سنجنده (Pinty & Nicholson & Frouin, 2001) Meteorat (etc, 2000)، ماهواره Spot (Roujean & Geiger,)

سنجنده MISR^۴ (Taberner & etc, 2010) و سنجنده MODIS (Liang, 2000) است. البته محصولات این سنجنده‌ها اغلب دارای تفاوت‌هایی هستند که ناشی از تفاوت در قدرت تفکیک مکانی، طیفی و زمانی این سنجنده‌ها و همچنین الگوریتم‌های مورد استفاده هر کدام است. با توجه به اهمیت میزان دقت در گسیل مندی^۵، اعتبارسنجی محصولات گسیل‌مندی این سنجنده‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۳).

مطالعات در زمینه آلبیدو در مکان‌های مختلف به‌صورت بسیار گسترده‌ای انجام شده است، از جمله بررسی آلبیدو در مناطق خشک و بیابانی (Hulley & etc, 2009)؛ مرطوب (Elena & etc, 2009)؛ بررسی آلبیدو در رابطه با سطوح مرطوب (Duke & Guerif, 1998)؛ Muller & Decamps, 2001)؛ مطالعه آلبیدوی سطوح برفی (Robinson & Thomas & Rowntree, 1992)؛ Kukla, 1985)؛ Liang & etc, 2005)؛ مقایسه برآورد آلبیدوی سطحی (خیرخواه زرکش و همکاران، ۱۳۹۳) و همچنین مطالعه آلبیدوی سطحی و تبخیر و تعرق (Opoku Duah & etc, 2008) و همکاران، ۱۳۹۰) را می‌توان نام برد.

با توجه به اینکه داده‌های سنجنده مودیس، یکی از مهمترین داده‌های ماهواره‌ای در راستای مطالعه مؤلفه‌های محیطی به شمار می‌رود، در این مطالعه از داده‌های محصول آلبیدو MCD43B سنجنده مودیس استفاده شد. با توجه به جداسازی مکانی نسبتاً مناسبی که سنجنده مودیس برای اهداف هواشناسی و محیط

4 Multi-angle Imaging SpectroRadiometer

5 Emissivity

1 Surface broadband albedo

2 Advanced Very High Resolution Radiometer

3 Polarization and Directionality of the Earth's Reflectances

جلیوند و همکاران (۱۳۹۶)، به بررسی تغییرات آلبیدوی سطح و نواحی ساحلی دریاچه ارومیه پرداختند. برای انجام این کار، تصاویر آلبیدوی ۱۶ روزه سنجنده مودیس با قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰ متری، دریافت و حداکثر مقدار آلبیدو سالانه در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳ در محدوده مکانی دریاچه و نواحی خشک‌شده در هر سال استخراج شده است. نتایج نشان داد در محدوده طول موج کوتاه با کاهش تراز آب دریاچه، میانگین آلبیدوی سطح آن و مناطق خشک‌شده، به ترتیب تقریباً ۴ و ۱/۵ برابر شده است.

بنابراین یکی از جنبه‌های مهمی که همواره از سوی محققان دو حوزه سنجنش‌ازدور و محیط‌زیست کمتر به آن توجه شده است، مطالعه روند تغییرات بلند مدت آلبیدو در طول زمان با استفاده از سری‌های زمانی تصاویر ماهواره‌ای بوده است. لذا در این مطالعه، قصد بر این است که با استفاده از سری‌های زمانی تصاویر سنجنده مودیس ماهواره ترا و با معرفی یک چهارچوب علمی جدید، مبتنی بر دو دانش سنجنش‌ازدور و آمار، در یک مقیاس پیکسل- مبنا تغییرات روند آلبیدو در یکی از دشت‌های خشک و فراخشک جهان به نام دشت سیستان در شرق ایران به عنوان یک مطالعه موردی با استفاده از روش‌های آماری پارامتریک و غیرپارامتریک مورد بررسی قرار گیرد. انتخاب این دشت، به عنوان یک مطالعه موردی به دلیل شرایط خاص محیط زیستی این دشت بوده است. متأسفانه در چند سال اخیر، به دلیل مسائل هیدروپلیتیک بین ایران و افغانستان در خصوص رودخانه هیرمند، خشک شدن تالاب‌های سه گانه هامون، خشکسالی‌های طولانی مدت، مدیریت ناصحیح منابع آب و مهاجرت، دچار تغییرات وسیعی در پوشش زمین و کاربری اراضی شده است. لذا

زیست دارد (۱۰۰۰ متر، ۵۰۰ متر و ۲۵۰ متر) و همچنین جداسازی باندهای خوب این سنجنده (در ۳۶ باند از ۰/۴ تا ۱۴/۴ میکرومتر)، امکان اندازه‌گیری ریزبینانه عناصر هواشناسی مانند دمای سطح زمین، دمای هوا، تابش خورشیدی، آلبیدو، نم هوا و ... را به صورت مستقیم و غیرمستقیم فراهم می‌آورد (لطفی، ۱۳۹۰). بسیاری از مدل‌های جهانی آب و هوا، به آلبیدوهای پهن‌بند^۱ مادون قرمز نزدیک^۲ (۰/۷-۱/۳ میکرومتر) و مرئی (۰/۷-۰/۴ میکرومتر) نیاز دارند، در حالی که مطالعات تعادل انرژی سطح، نیازمند آلبیدوی پهن باند امواج کوتاه^۳ (۵-۰/۲ میکرومتر) هستند (اکبرزاده، ۱۳۹۰؛ Liang & Wielicki & etc, 2005). (Li & etc, 2002; etc, 1998).

وانگ و همکاران (۲۰۱۰)، آلبیدوی مرئی و طول موج کوتاه واقعی بدست‌آمده از سنجنده مودیس، نسخه ۴ و ۵ را در ۱۸ سایت در سراسر دنیا در حدفاصل سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که نسخه ۴ محصول آلبیدوی سنجنده مودیس، نسبت به داده‌های زمینی، دارای ناریب منفی ۰/۰۰۸، انحراف معیار ۰/۰۲۳ و ضریب همبستگی ۰/۸۲ است. مقادیر ضرایب برای نسخه ۵ به ترتیب عبارتند از: اریب منفی ۰/۰۰۹، انحراف معیار ۰/۰۲۳ و ضریب همبستگی ۰/۸۰. در اکثر مطالعات تایید اعتبار آلبیدو با داده‌های زمینی، یک اریب منفی به اندازه چند صدم برای تصحیح نتایج داده‌های ماهواره‌ای با مقادیر اندازه‌گیری شده آلبیدو پیشنهاد شده است، که به این معنی است که آلبیدوی استخراج‌شده از تصاویر ماهواره‌ای، کمی کمتر از مقادیر واقعی است (جلیوند و همکاران، ۱۳۹۶).

3 Shortwave broadband albedo

1 Surface broadband albedo

2 Near infrared

بررسی تغییرات زمانی - فضایی آلودگی سطح بر روی دشت سیستان...

موجود باشد، دریاچه‌های سه‌گانه هامون را تشکیل می‌دهند (هامون پوزک، صابوری، هیرمند). همچنین چهار دریاچه مصنوعی (چاه نیمه) برای تأمین مصارف عمومی آب در این دشت ایجاد شده است. رودخانه‌هایی که از افغانستان سرچشمه گرفته و به دشت سیستان ایران سرازیر می‌شوند، علاوه بر اینکه آب مورد نیاز کشاورزی منطقه را تأمین می‌کند، منبعی برای تأمین آب دریاچه‌های سه‌گانه هامون نیز به شمار می‌روند (Van Beek & Meijer, 2006).

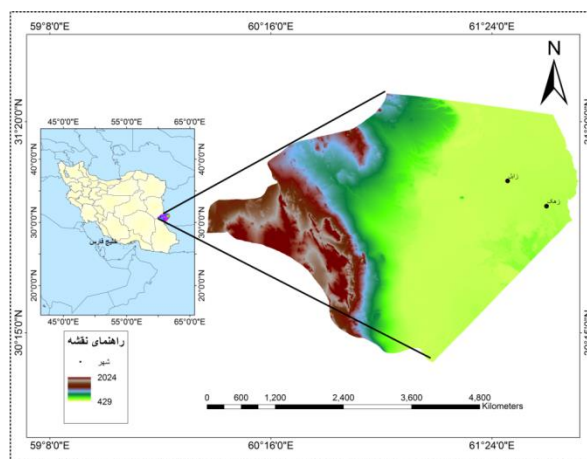
متوسط بارندگی سالانه این دشت، بسیار ناچیز و بین ۵۰ تا ۵۵ میلی‌متر است که حدود ۷ درصد متوسط بارندگی سالانه در جهان است. میزان تبخیر سالانه آن بسیار بالا و در حدود ۴۸۰۰ میلی‌متر گزارش شده است. متوسط حداکثر درجه حرارت آن ۳۴/۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداقل درجه حرارت، ۸/۵ درجه سانتی‌گراد است. مهم‌ترین مشخصه آب و هوایی دشت سیستان، بادهای ۱۲۰ روزه آن است که از اواسط خردادماه شروع به وزیدن می‌کند و تا اوایل مهرماه ادامه دارد و جهت آن از شمال شرقی به جنوب شرقی است و سرعت آن، گاه تا بالای ۱۰۰ کیلومتر در ساعت نیز می‌رسد (افروز، ۱۳۹۰).

در ادامه، بعد از معرفی منطقه مورد مطالعه، روش کار به‌طور کامل ارائه و در نهایت، نتایج در قالب دو بخش بحث و نتیجه‌گیری ارائه خواهند شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

از دیدگاه سیاسی، دشت سیستان گرچه در بخش آسیای مرکزی از فلات ایران واقع شده است، اما تمامیت این حوضه بین سه کشور افغانستان، پاکستان و ایران تقسیم می‌شود. بیشترین بخش آن، به نام نیمروز در افغانستان، بخش کوچکی از آن در پاکستان و تقریباً یک سوم دیگر در کشور ایران قرار دارد. مساحت این سرزمین ۸۱۱۷ کیلومتر مربع و جمعیتی بالغ بر ۴۰۰۰۰۰ نفر در آن سکنی گزیده‌اند. با این اوصاف، سیستان از مناطقی است که دارای متراکم‌ترین جمعیت در سراسر سرزمین‌های مرزی شرق ایران است. سیستان، سرزمینی تقریباً صاف و هموار است که همه آب‌های حاصل از نزولات جوی و جریان‌های سطحی منطقه را به سوی خود جذب می‌کند. وسعت تالاب‌های پیرامونی در این منطقه (حدود ۵۰۰۰ کیلومتر مربع) کمتر از ۵ درصد مساحت کل حوضه را به خود اختصاص داده است. زمانی که آب به اندازه کافی



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی دشت سیستان ایران

۲-۲- روش و داده‌های مورد استفاده

در مطالعه حاضر، از محصولات آلبیدوی MODIS (MCD43B3) با قدرت تفکیک ۱۰۰۰ متر استفاده شده است که از مشاهدات سنجنده مودیس بر روی هر دو ماهواره Terra و Aqua تولید می‌شود. در مرحله تصحیح جوی، از اطلاعات هواویزی و بخار آب، برای استخراج بازتابندگی‌های سطحی از رادبانس بالای جو استفاده می‌شود. سپس بازتابندگی‌های سطحی عاری از ابر و تصحیح جوی شده، برای استخراج پارامترهای مدل BRDF به کار می‌روند. این دو اندازه‌گیری به نام‌های آلبیدوی طیفی نیمکره‌ای یا آلبیدو Black Sky (BSA) و آلبیدو طیفی نیمکره‌ای یا آلبیدو White Sky (WSA) معروفند. آلبیدوهای BSA و WSA در هفت باند زمینی مودیس (باند یک تا هفت) و سه پهن باند مرئی، مادون قرمز نزدیک و موج کوتاه تولید می‌شوند (Wang & etc, 2010). در این تحقیق از محصول MCD43B3 که شامل موج کوتاه، مرئی و مادون قرمز است، استفاده شده است. بسیاری از مدل‌های جهانی آب و هوا، به آلبیدوهای پهن باند مادون قرمز نزدیک (۰.۷-۱/۳)، میکرومتر) و مرئی (۰.۴-۰.۷، میکرومتر) نیاز دارند، در حالی که مطالعات تعادل انرژی سطح، نیازمند آلبیدوی پهن باند امواج کوتاه (۰.۲-۰.۵ میکرومتر) هستند (اکبرزاده، ۱۳۹۰). در این پژوهش، به منظور تحلیل روند آلبیدو دشت سیستان برای یک دوره آماری ۱۵ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۴) از ۴۵ سری تولیدات طول موج کوتاه سنجنده MODIS ماهواره ترا با نام (MCD43B3) استفاده شد (جدول شماره ۱) که الگوریتم محاسبه آلبیدو از داده‌های مودیس در رابطه (۱) ارائه شده است (ادب و همکاران، ۱۳۹۳).

$$\alpha^{modis} = 0.160\alpha_1 + 0.291\alpha_2 + 0.243\alpha_3 + 0.116\alpha_4 + 0.112\alpha_5 + 0.081\alpha_7 - 0.0015$$

رابطه (۱)

که در آن α_1 مقادیر انعکاسی اصلاح شده در هر باند است. بعد از اخذ و آماده سازی تصاویر و تشکیل بانک اطلاعاتی آن‌ها، نحوه استخراج و تنظیم داده‌ها مرحله بعدی کار را تشکیل می‌داد. در این مرحله، ابتدا تمامی ۴۵ تصویر دانلودشده تک به تک به فرمت ASCII تبدیل و ذخیره شدند. با توجه به قدرت تفکیک فضایی ۱ در ۱ کیلومتر هر تصویر، تعداد مجموع پیکسل‌های هر تصویر که در داخل مرزهای منطقه مورد مطالعه قرار می‌گرفتند، بالغ بر ۳۰۰۸۰ پیکسل می‌شدند. در ادامه با استفاده از نرم‌افزار R، سری زمانی آلبیدو تمامی ۳۰۰۸۰ پیکسل برای هر سه ماه آوریل، می و ژوئن به تفکیک و برای کل دوره آماری مورد مطالعه آماده شدند. در نهایت با استفاده از روش آماری غیرپارامتریک برآوردکننده شیب سنس و روش پارامتریک رگرسیون خطی کلاسیک تغییرات آلبیدو هر پیکسل در این دشت مورد بررسی قرار گرفت.

تحلیل روند با استفاده از تخمینگر شیب سن

استفاده از روش غیر پارامتریک سن، به منظور برآورد شیب واقعی یک روند در یک سری زمانی، می‌تواند یکی از روش‌های مناسب در این زمینه باشد. این روش نیز، همانند بسیاری دیگر از روش‌های غیر پارامتریک همچون من - کندال بر تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی استوار است. این روش، زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که روند موجود در سری زمانی، یک روند خطی باشد. این بدان معناست که $f(t)$ در معادله شماره (۲) برابر است با:

$$f(t) = Qt + B$$

رابطه (۲)

که Q ، شیب خط روند و B ، مقدار ثابت است. جهت محاسبه شیب خط روند یعنی Q ، ابتدا بایستی شیب بین هر جفت داده مشاهده‌ای، با استفاده از معادله شماره (۳) محاسبه شود:

برابر با $Z = 1.96$ است و $VAR(S)$ ، نیز واریانس پارامتر S است. جهت بدست آوردن مقدار پارامتر S و همچنین $VAR(S)$ مراحل زیر بایستی پیموده شود: الف) محاسبه اختلاف بین تک تک جملات سری با

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad \text{رابطه (۷)}$$

که n تعداد مشاهدات سری، x_j و x_k نیز به ترتیب داده های j ام و k ام سری هستند.

ب) محاسبه تابع علامت^۱ (sgn) که به شرح ذیل قابل محاسبه است:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه (۸)}$$

ج) محاسبه واریانس S توسط یکی از روابط زیر. اگر تعداد داده های سری زمانی بزرگتر از ۱۰ مورد باشند، از معادله شماره ۸ و اگر کوچکتر از ۹ مورد باشند از رابطه شماره (۹) بهره گرفته می شود.

$$VAR(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$VAR(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

که n ، تعداد داده های مشاهده ای، m تعداد سری هائی است که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t نیز بیانگر فراوانی داده های با ارزش یکسان است. و در نهایت حدود اعتماد بالا و پائین به کمک روابط زیر محاسبه می شود:

$$\begin{cases} M_1 = \frac{n' + C_a}{2} \\ M_2 = \frac{n' - C_a}{2} \end{cases} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که $j > k$ است. در این معادله x_k و x_j به ترتیب داده های مشاهده ای در زمان های j و k است. با اعمال این رابطه، برای هر جفت داده مشاهده ای، یک شیب بدست می آید. با قراردادن این شیب ها در کنار یکدیگر یک سری زمانی از شیب های محاسبه شده حاصل می آید، یعنی اگر n تعداد x_j در سری زمانی وجود داشته باشد ما به اندازه $N = n(n-1)/2$ برآورد شیب Q_i خواهیم داشت.

در مرحله بعد، میانه سری زمانی مورد مطالعه بایستی بدست آید. برای این کار، N تعداد از Q_i ها از کوچک به بزرگ مرتب می شوند و سپس با استفاده از یکی از معادلات زیر، اقدام به تعیین میانه سری زمانی می شود. اگر تعداد مشاهدات سری زمانی مورد مطالعه، فرد باشد از معادله شماره (۴) و اگر زوج باشد از معادله شماره (۵) استفاده می شود:

$$Q = Q_{[(N+1)/2]} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$Q = \frac{1}{2} [Q_{[N/2]} + Q_{[(N+2)/2]}] \quad \text{رابطه (۵)}$$

نتیجه حاصل از این معادلات، بدست آمدن شیب خط روند (Q_{med}) است. اگر شیب خط روند، مثبت باشد حاکی از صعودی بودن روند و اگر منفی باشد دال بر نزولی بودن روند است.

مرحله بعد، آزمون نمودن شیب بدست آمده در فاصله اطمینان ۹۵ درصد است. جهت انجام این آزمون از رابطه زیر استفاده می شود:

$$C_a = Z_{1-\alpha/2} \sqrt{VAR(S)} \quad \text{رابطه (۶)}$$

که Z عبارت است از آماره توزیع نرمال استاندارد در یک آزمون دوطرفه که برای سطح اطمینان ۹۵ درصد،

1 -Sign Function

۳- بحث و نتایج

روش‌های آماری غیرپارامتریک تخمینگر شیب سن و روش آماری پارامتریک رگرسیون خطی کلاسیک برای تحلیل جامع روند سری‌های زمانی داده‌های آلبدو ماهواره مودیس مورد استفاده قرار گرفت و با استفاده از نرم‌افزار آماری R، متغیر روند برای هر ۳۰۰۸۰ ستون محاسبه شد. در شکل شماره ۲، برای نمونه نقشه‌های آلبدو ماه آوریل، برای کل دوره ۱۵ ساله مورد مطالعه، آورده شده است. همان‌گونه که از تصاویر ماه آوریل برداشت می‌شود در شمال شرق، شمال و شرق دشت سیستان که سطح اکثر منطقه، زمین کشاورزی، باغات و از طرف دیگر دریاچه هامون و چاه نیمه‌ها است، نسبت به سایر مناطق دارای میزان آلبدو به مراتب پایین‌تری در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ بوده است، که علت این امر را می‌توان در زراعت فعال دشت سیستان که در فصل بهار است جستجو کرد. وجود پوشش گیاهی متراکم نسبت به سایر کاربری‌ها، موجب جذب بیشتر طیف الکترومغناطیس شده است و از طرف دیگر، وجود تالاب هامون و چاه نیمه‌ها است که دلیل آن را می‌توان این‌گونه بیان کرد که آب، قسمت اعظم انرژی را که بدان می‌رسد جذب می‌کند. میزان انعکاس، با افزایش طول موج کاهش می‌یابد تا اینکه در محدوده مادون قرمز نزدیک (حدود یک میکرومتر) به صفر می‌رسد. در نقشه‌های آلبدو نیمه غربی دشت سیستان، میزان موج کوتاه کمتر از نیمه شرقی است که دلیل آن وجود ارتفاعات و همچنین نوع خاک منطقه است که از نوع اریدی سل هستند. این خاک‌ها در مناطق خشک به رنگ قهوه‌ای و قرمز هستند، که مانع از انعکاس نور خورشید می‌شوند و از طرف دیگر وجود سنگفرش‌های بیابانی نیز از بازتاب سطح خاک جلوگیری کرده و به نحوی خاک را در زیر خود پنهان می‌کنند. (۳)

که n' تعداد شیب‌هائی است که از طریق معادله ۹ بدست آمده است.

حال M_1 امین و M_{2+1} امین شیب‌ها را از بین شیب‌های محاسبه شده استخراج می‌کنیم. در صورتیکه عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج شده فوق قرار گیرد، فرض صفر پذیرفته شده و عدم وجود روند در سری داده‌ها تأیید می‌شود. در غیر این صورت، فرض صفر رد شده و وجود روند در سطح اطمینان مورد آزمون پذیرفته می‌شود. در نهایت، جهت بدست آوردن مقدار B در معادله شماره ۱، n تعداد تفاضل $x_i - Qt_i$ محاسبه می‌شود. سپس میانه این مقادیر، برآورد B را در اختیار می‌گذارد (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۰).

روش رگرسیون خطی

شکل کلی معادله رگرسیون خطی کلاسیک به صورت رابطه (۵) است که در آن y متغیر خروجی، x_1, x_2, \dots, x_n متغیرهای ورودی و a_0, a_1, \dots, a_n ضرایب معادله به حساب می‌آیند (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۰).

$$y = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_nx_n + \varepsilon \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

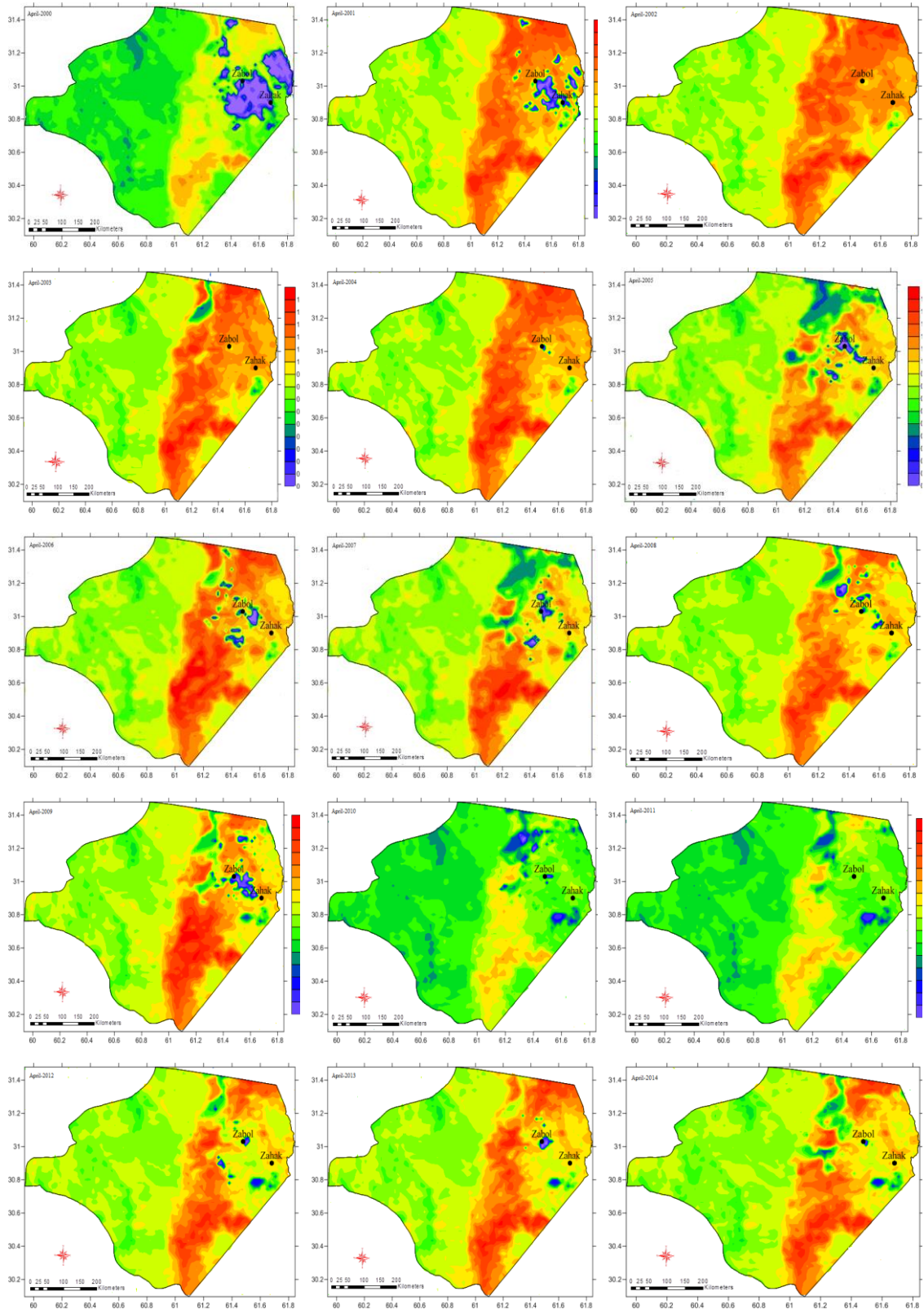
رابطه (۱۱) حالت تک متغیره رگرسیون خطی کلاسیک است که در این تحقیق از این حالت استفاده شده است.

$$y = a_0 + a_1x + \varepsilon \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

مقیاس داده	میزان رنج داده های	نام داده آلبدو با	مورد نظر
۰/۰۰۱۰	۳۲۷۶۶-۰	۳۲۷۶۷	مفقوده
		آلبدو	لایه
		فرمت HDF	

جدول ۱. مشخصات داده آلبدو ماهانه ماهواره ترا (MCD43B3)

بررسی تغییرات زمانی - فضایی آلودگی سطح بر روی دشت سیستان...



شکل ۲. نقشه تغییرات فضایی مقادیر آلودگی ماه آوریل طی سال های ۲۰۰۰-۲۰۱۴



شکل ۳. تصویر پوشش سنگ‌فرش در دشت سیستان

چشم اندازی بیابانی است و فاقد هرگونه پوشش گیاهی و همچنین جمعیت انسانی است، روند خاصی را از خود نشان نداده است.

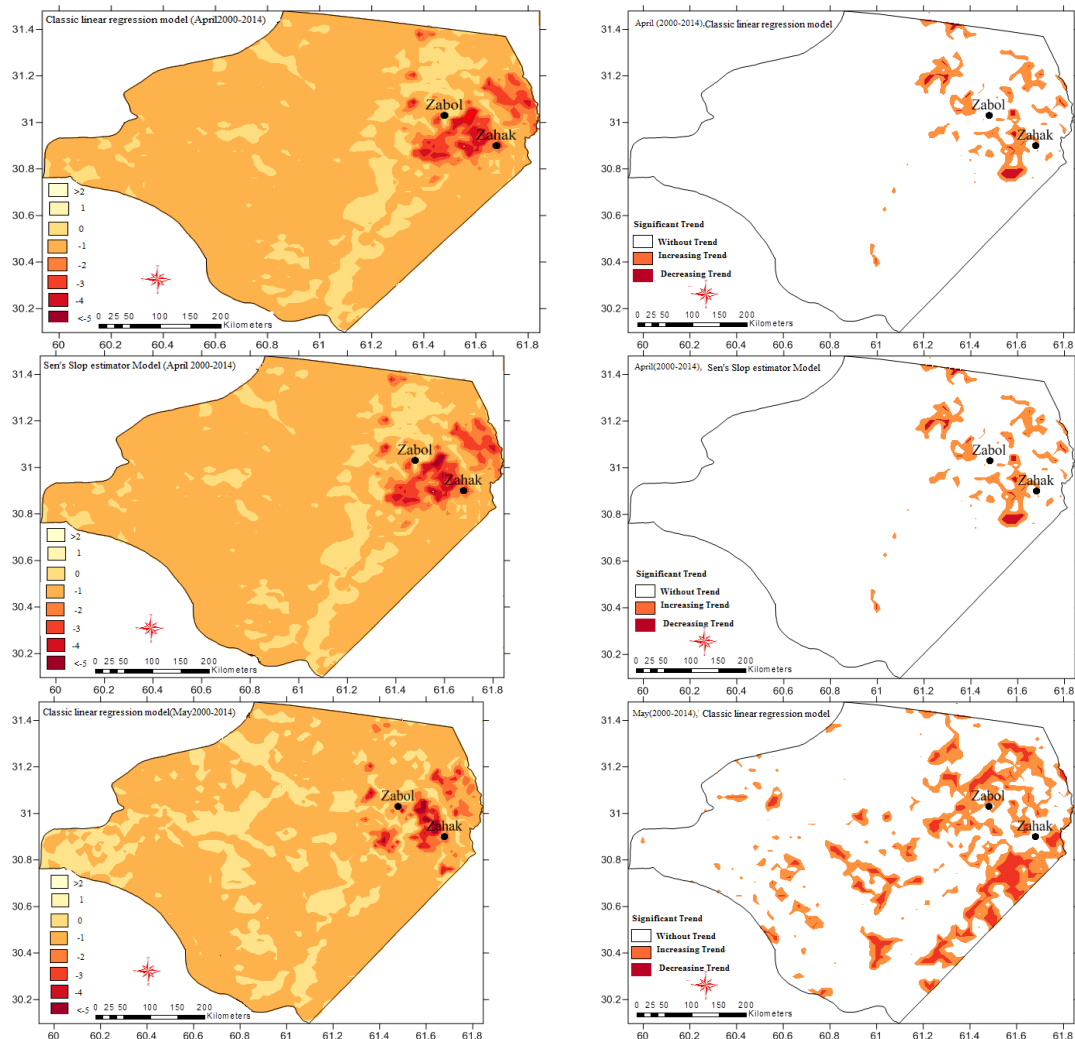
معنادار بودن روندهای به‌دست‌آمده در سطح احتمالاتی $\alpha = 0.05$ ، نکته بسیار مهمی است که در بسیاری از مطالعات مربوط به روند تغییرات، بدان توجه می‌شود. در این مطالعه نیز، تمامی روندهای به‌دست‌آمده در سطح احتمالاتی $\alpha = 0.05$ با استفاده از دوروش شیب سنس و رگرسیون خطی کلاسیک مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج معنادار بودن روندها در قالب سه نقشه مجزا برای سه ماه آوریل، می و ژوئن در شکل ۴ آورده شده‌اند. کانون تغییر روند برای هر پیکسل به سه دسته بدون روند، افزایشی و کاهش‌ی تقسیم‌بندی شده است. تصاویر گویای آن است که از سال ۲۰۱۴-۲۰۰۰ در قسمت شمال شرق دشت سیستان، پیکسل‌هایی که به‌طور دائم دارای پوشش گیاهی باغات انگور، خرما و جنگل گز یا کشاورزی بوده‌اند، روند آلبیدو کاهش‌ی بوده است. به این دلیل که، مهم‌ترین خاصیت گیاهان حفظ رطوبت و جذب بیشتر طیف الکترومغناطیس است. بیشتر انرژی دریافتی، صرف تبخیر رطوبت خاک می‌شود، چون آب، هادی خوبی برای حرارت است، بقیه انرژی تابشی خورشید صرف گرم کردن لایه‌های عمیق‌تر خاک می‌شود.

در همین راستا، مقدار شیب روند تغییرات شاخص آلبیدو، به تفکیک سه ماه آوریل، می و ژوئن با استفاده از روش غیرپارامتریک برآورد کننده شیب سنس و پارامتریک رگرسیون خطی کلاسیک پیکسل به پیکسل، برای تمامی ۳۰۰۸۰ پیکسل واقع‌شده در محدوده دشت سیستان محاسبه شدند. در ادامه، مقادیر شیب روندهای به‌دست‌آمده در قالب نقشه‌های هم‌روند به‌منظور تحلیل‌های فضایی تهیه شدند (شکل ۴). با مقایسه نقشه‌های هم‌روند ماه‌های آوریل، می و ژوئن شاهد الگوهای فضایی تقریباً یکسانی برای هر سه ماه موردنظر بودیم. با توجه به این نقشه‌ها به‌روشنی مشخص می‌شود که بیشترین روند کاهش‌ی شیب تغییرات در شمال شرق مشاهده شده است. در این قسمت از دشت که به دلیل جاری بودن رودخانه هیرمند، کشاورزی نیز به‌صورت گسترده‌ای در آن رواج دارد، شیب روند تغییرات، به‌طور کامل، کاهش‌ی بوده است. مقادیر افزایش‌ی شیب روند تغییرات نیز، به‌صورت بسیار محدود و به صورت لکه‌هایی کوچک و گاه‌آ‌بزرگ در شمال، جنوب شرق و مرکز دشت قابل مشاهده است. این روند افزایش‌ی در مقادیر شاخص آلبیدو نیز در شمال دشت، دقیقاً منطبق بر خشک شدن دریاچه‌های سه‌گانه هامون بوده است. بقیه مساحت دشت نیز که دارای

بررسی تغییرات زمانی - فضایی آلودگی سطح بر روی دشت سیستان...

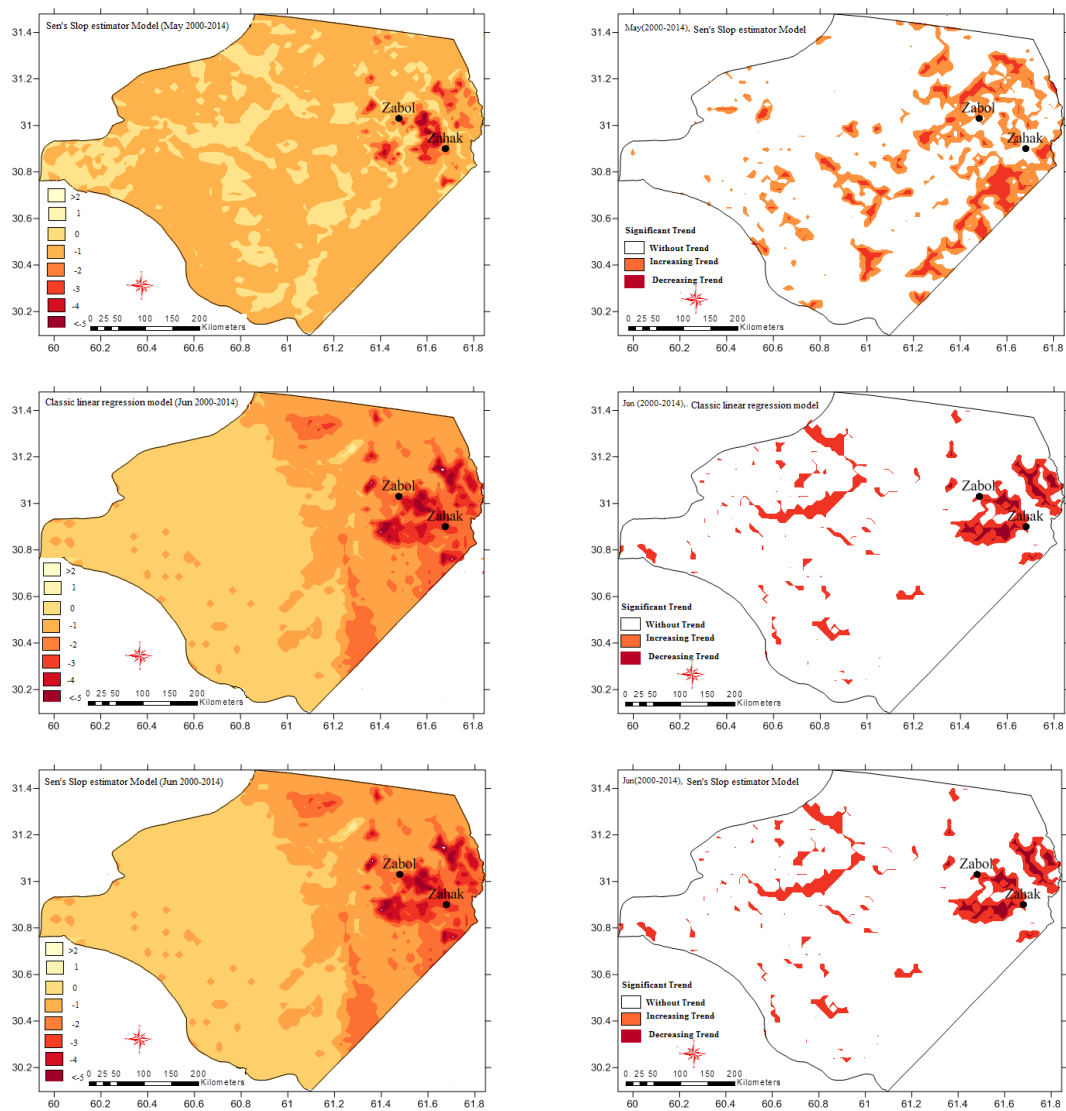
(احداث کانال) رودخانه هیرمند بوده و قطعاً آبرگیری اخیر مخازن چاه نیمه، سد زهک، سیستان، کجکی و ... در افغانستان تأثیر زیادی در کاهش آبرگیری دریاچه داشته است، به ویژه در سال‌های اخیر، بروز خشکسالی از یک طرف و احداث سد‌های جدید از طرف دیگر منجر به خشکی هامون هیرمند و همچنین کاهش آب چاه نیمه شده است که این خود باعث افزایش زمین بایر و در نتیجه افزایش انعکاس طیف الکترومغناطیس بازتابیده عوارض مختلف موجود در سطح زمین در این قسمت از دشت سیستان شده است.

روندهای افزایشی در مقادیر شاخص آلودگی در شمال، جنوب شرق و مرکز دشت که پیکسل‌هایی به صورت پراکنده دارای بالاترین مقادیر شیب تغییرات نیز بوده است اکثراً در سطح $\alpha = 0.05$ معنادار بوده است. هامون بسته به میزان آب ورودی، فصول پربارش، خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها تفاوت داشته و تابعی از آب جریان یافته در رودخانه هیرمند، خروجی پشت سدها و رودخانه‌های فصلی دیگر است. از آنجا که حیات این دریاچه به رودخانه هیرمند و انشعابات فرعی آن وابسته است، آبرگیری آن منوط به نوسانات طبیعی یا مصنوعی

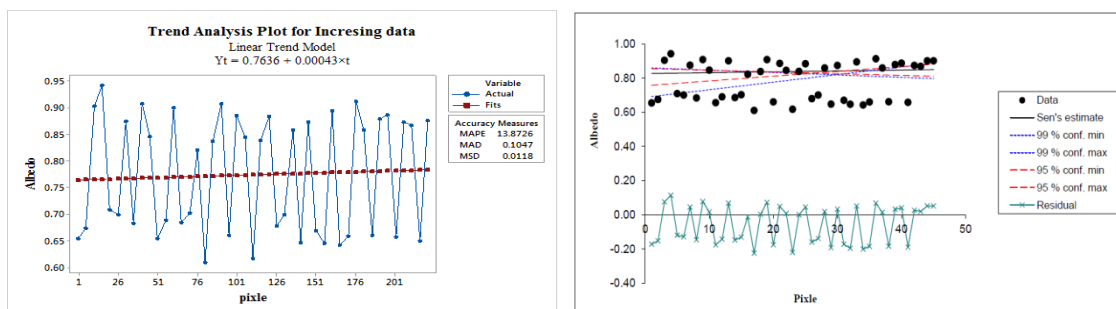


شکل ۴. نقشه شیب خط (سمت چپ) و روند (سمت راست) طی سال ۲۰۰۰-۲۰۱۴

فاطمه فیروزی و همکاران

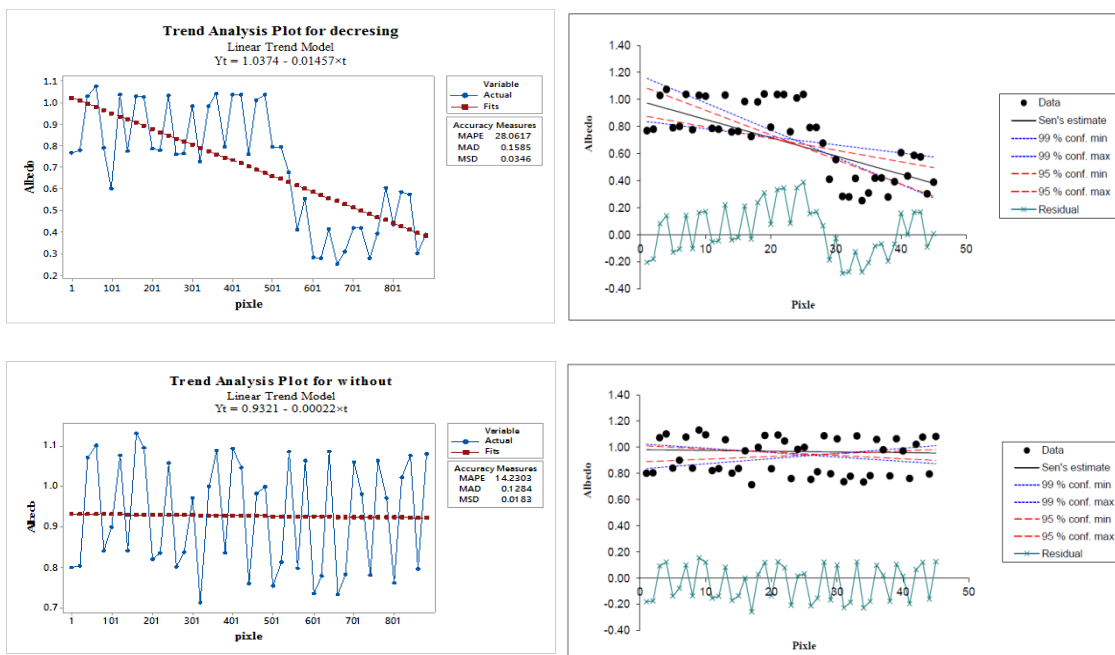


ادامه شکل ۴. نقشه شیب خط (سمت چپ) و روند (سمت راست) طی سال ۲۰۰۰-۲۰۱۴

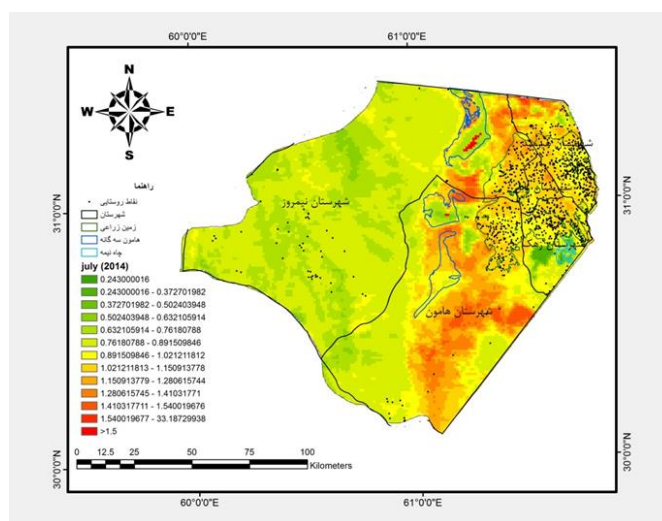


شکل ۵. نمودار روند افزایشی، کاهشی و خنثی رگرسیون خطی (سمت چپ) و شیب سن (سمت راست) آلبیدو

بررسی تغییرات زمانی - فضایی آلبیدوی سطح بر روی دشت سیستان...



ادامه شکل ۵. نمودار روند افزایشی، کاهش و خنثی رگرسیون خطی (سمت چپ) و شیب سن (سمت راست) آلبیدو



شکل ۶. نقشه کاربری اراضی و آلبیدو ماه جولای دشت سیستان

دشت سیستان است که در عین حال موقعیت زمین‌های کشاورزی، نقاط شهری و روستایی، تالاب هامون و چاه نیمه‌ها را هم نشان می‌دهد. از آنجا که در این ماه، محصولات کشاورزی برداشت شده‌اند، روند افزایشی آلبیدو نیز در نیمه شرقی قابل مشاهده است.

به صورت تصادفی پیکسل‌هایی از منطقه مورد مطالعه انتخاب و سپس نمودارهایی از نمونه روند افزایشی، کاهش و خنثی در شکل شماره (۵) تهیه شده است. شکل (۶)، نقشه کاربری اراضی و آلبیدو ماه جولای

۴- نتیجه گیری

در این مطالعه، روند تغییرات آلبیدو با استفاده از روش غیرپارامتریک برآورد کننده شیب سنس و روش پارامتریک رگرسیون خطی کلاسیک در یکی از خشک‌ترین دشت‌های جهان در شرق ایران مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که کانون بیشترین تغییرات کاهشی آلبیدو، در شمال شرق دشت بوده است. این روند کاهشی در شاخص آلبیدو، ناشی از محصولات کشاورزی و محصولات باغی همچون انگور، خرما و یا جنگل گز است. مساحت مناطق دارای روند افزایشی آلبیدو به صورت پراکنده در غرب، مرکز و جنوب شرق بوده است. این روند افزایشی در شاخص آلبیدو ناشی از دو عامل متفاوت بوده است. از یک طرف رها کردن زمین‌های کشاورزی به‌ویژه در مرکز دشت، به دلیل دور بودن از منابع آبی موجود (دور بودن از مسیر رودخانه هیرمند) و از طرف دیگر خشک شدن تالاب‌های سه‌گانه هامون، که دلیل آن وجود رسوبات ریزدانه و احیاناً درشت‌دانه‌ای که در اثر حمل توسط جریان آب منتقل شده‌اند، دارای سطح صیقلی بوده و همچنین افزایش زمین بایر که موجب مقدار بیشتر انعکاس این طیف شده است. از طرف دیگر، فعالیت‌های انسانی در دشت سیستان از جمله اراضی شهرها، تأسیسات و سطوح فلزی نیز افزایش آلبیدو را در پی داشته است. لذا به روشنی مشخص می‌شود که در دشت سیستان، روند آلبیدو نیز وابسته به تغییر پوشش سطح زمین به دلایل انسانی و طبیعی مانند سدسازی، خشکسالی، شهرسازی، مسائل هیدروپلیتیک موجود بین ایران و افغانستان و ... است که بیانگر نتیجه یکسان با محققانی چون (ثنایی نژاد و همکاران، ۱۳۹۰؛ مباحثی و همکاران، ۱۳۸۷) است که بیان کردند نواحی با پوشش گیاهی متراکم و دمای پایین دارای مقادیر

آلبیدوی سطحی پایین و مقادیر بالای تبخیر و تعرق بوده و مناطق دارای دمای بالا و پوشش گیاهی پراکنده از مقادیر آلبیدوی سطحی پایین و مقدار تبخیر و تعرق کمی برخوردارند. این مقاله برای آگاهی تحلیل‌گران، در مورد جنبه‌های مهم تشخیص تغییرات و ارائه یک سیستم تصمیم‌گیری که آن‌ها را از طریق یک سری مراحل در انتخاب روش پردازش راهنمایی کند مفید است. شاخص بازتاب‌های طیفی مانند Albedo که در اثر تغییر در سایر عوامل، این شاخص نیز تغییراتی می‌کند و آگاهی و شناخت نسبت به این تغییرات کمک زیادی به مطالعه بیابانزایی توسط سنجش از دور می‌نماید. زیرا افزایش تفاوت در تصاویر ماهواره‌ای را می‌توان به عنوان شاخصی از بیابانزایی محسوب کرد. اما نباید از این نکات غافل شد که مشکلاتی از قبیل اختلالات جوی مانند گرد و غبار که در مناطقی مانند دشت سیستان وجود دارد، سنگ‌های که برخی نقاط را پوشش می‌دهد، همچنین قدرت تفکیک فضایی سنجنده مودیس شاخص‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد اما استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با دوره زمانی بلند مدت قابل اعتماد است و گام دیگر در این مطالعه به روشنی نشان داد که استفاده از روش ناپارامتریک برآوردکننده شیب سن و رگرسیون خطی کلاسیک در مطالعات روند تغییرات مؤلفه‌های محیطی مناطق خشک منتج از تولیدات ماهواره‌ای سنجنده مادیس بسیار کارآمد بوده است. اما روش ناپارامتریک برآوردکننده شیب سن چون اساس کار بر تفاوت بین داده‌های مشاهداتی استوار است، مستقل از توزیع‌های آماری بوده و برای سری‌هایی با چولگی یا کشیدگی زیاد مناسب‌تر از دیگر روش‌های پارامتریک چون رگرسیون خطی کلاسیک است.

- ۵-منابع
- ادب، ح.، امیراحمدی، ا. و عبتاتی، آ.، ۱۳۹۳، ارتباط پوشش گیاهی با دما و آلبدوی سطحی در دوره گرم سال با استفاده از داده های مودیس در شمال ایران، پژوهش های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۶، شماره ۴، صص ۴۳۴-۴۱۹.
- افروزه، ف.، موسوی، س.ن.ا. و ترکمانی، ج.، ۱۳۹۰، بررسی نوسانات آب و بهینه کردن مصرف آن در بخش کشاورزی منطقه سیستان: کاربرد رهیافت فازی، تحقیقات اقتصاد کشاورزی، جلد ۳، شماره ۳، صص ۵۹-۳۷.
- اکبرزاده، م.، مباشری، م.ر. و فاطمی، س.ب.، ۱۳۹۲، ارزیابی محصولات آلبیدوی ۱۶ روزه MODIS با استفاده از آلبیدوی ASTER در مناطق نیمه خشک با پوشش همگن، نشریه پژوهش های اقلیم شناسی، سال ۴، شماره ۱۳، صص ۹۶-۸۵.
- بهرامی، م.، مباشری، م.ر. و رحیم زادگان، م.، ۱۳۹۳، ارزیابی دقت محصولات گسیل مندی سنجنده ASTER و MODIS با استفاده از اندازه گیری های میدانی، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۷، صص ۴۰-۲۹.
- جلیلود، ا.، سیما، س.، سروانی، س.، تجریشی، م.، ۱۳۹۶، بررسی تغییرات آلبیدوی سطح و نواحی ساحلی دریاچه ارومیه، دهمین کنگره ملی مهندسی عمران، صص ۱۲-۱.
- خیرخواه زرکش، م.، محبوبیان، ع. و حسادی، ه.، ۱۳۹۳، مقایسه مقایر برآوردی آلبیدوی سطحی به دست آمده از تصاویر لندست و مودیس، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال پنجم، شماره دوم، صص ۴۸-۳۹.
- علیجانی، ب.، محمودی، پ. و چوگان، ع.، ۱۳۹۰، بررسی روند تغییرات بارش های سالانه و فصلی ایران با استفاده از روش ناپارامتریک، پژوهش های اقلیم شناسی، سال سوم، شماره ۹، صص ۱۳-۱.
- Bonan, G.B., 1996, **A Land Surface Model (LSM Version 1.0) for Ecological, Hydrological, and Atmospheric Studies: Technical Description and User's Guide**, NCAR Tech Note, 1:150-417
- Cess, R.D., 1978, **Biosphere-albedo feedback and climate modeling**, Atmos Sci, 35(9): 1765-1768.
- Csiszar, I. & Gutman, G., 1999, **Mapping global land surface albedo from NOAA AVHRR**, Geophysical Research, 104: 6215-6228.
- Duke, C. & Guerif, M., 1998, **Crop reflectance estimate errors from the SAIL model due to spatial and temporal variability of canopy and soil characteristics**, Remote Sens Environ, 66: 286-297.
- Elena, A., Tsvetsinskaya, C.B., Schaaf, F., Gao, A.H., Strahler, R. & Dickinson, E., 2002, **Relating MODIS-derived surface albedo to soils and rock types over Northern Africa and the Arabian peninsula**, geophysical research letters, 29: 817-840.
- Henderson-Sellers, A., 1990, **Predicting Generalized Ecosystem Groups with the NCAR CCM: First Steps Towards an Interactive Biosphere**, Climate, 3: 917-940.
- Henderson-Sellers, A. & Wilson, M.F., 1983, **Surface albedo for climate modeling**, Reviews

- observations: A simulation study**, In *Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings*, IEEE International, 3: 1286-1288.
- Liang, X., Xu, M., Gao, W., Kunkel, K., Slusser, J., Dai, Y., Min, Q., Houser, P.R., Rodell, M., Schaaf, C.B. & Gao, F., 2005, **Development of land surface albedo parameterization based on Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) data**, *Geophysical Research*, 110: 1-20
- Maurer, J., 2002, **Retrieval of surface albedo from space**, Part of a graduate course ("Remote Sensing Field Methods"), NASA/GSFC/LaRC/JPL, 1: 1-10.
- Muller, E. & Decamps, H., 2001, **Modeling soil moisture-reflectance**, *Remote Sens Environ*, 76: 173– 180.
- Nicholson, S.E. & Frouin, R., 2001, **Satellite-derived surface radiation budget over the African continent—Part II: Climatologies of the various components**, *Climate*, 14: 60–76.
- Opoku Duah, S., Donoghue, D. & Burt, T., 2008, **Intercomparison of evapotranspiration over the Savannah Volta Basin in West Africa using remote sensing data**, *Sensors*, 8: 2736-2761.
- Pinty, B., Roveda, F., Verstraete, M.M., Gobron, N., Govaerts, Y. & Martonchik, J.V., 2000, **Surface albedo retrieval from Meteosat**, *Geophysical Research*, 18: 99-112.
- Robinson, D.A. & Kukla, G., 1985, **Maximum surface albedo of seasonally snow-covered of Geophysics**, 21: 1743–1778.
- Hu, Y.Q., Yang, X.L. & Zhang, Q., 1992, **The characters of energy budget on the gobi and desert surface in Hexi Region**, *Acta Meteorologica Sinica*, 26: 82–91.
- Hulley, G.C., Hook, S.J. & Baldridge, A.M., 2009, **Validation of the North American ASTER Land Surface Emissivity Database (NAALSED) version 2.0 using pseudo-invariant sand dune sites**, *Remote Sensing of Environment*, 7: 1-13.
- Leroy, M., Deuzé, J.L., Bréon, F.M., Hauteceur, O., Herman, M. & Buriez, J.C., 1997, **Retrieval of atmospheric properties and surface bidirectional reflectances over the land from POLDER/ADEOS**, *Geophysical Research*, 102: 17023–17 037.
- Li, Z., Cribb, M.C., Trishchenko, A.P., 2002, **Impact of surface inhomogeneity on solar radiative transfer under overcast conditions**, *Geophys*, 107: 429-440.
- Li, Z. & Garand, L., 1994, **Estimation of surface albedo from space: A parameterization for global application**, *Geophysical Research*, 99: 8335- 8350.
- Liang, S., 2000, **Narrowband to broadband conversions of land surface albedo Algorithms**, *Remote Sens Environ*, 76(2): 213-238.
- Liang, S., Strahler, A., Walthall, C., 1998, **Retrieval of land surface albedo from satellite**

469-497.

Twine, T.E., Kucharik, C.J. & Foley, J.A., 2004, **Effects of land cover change on the energy and water balance of the Mississippi River Basin**, *Hydrometeorology*, 5:640-655.

Van Beek, E. & Meijer, K., 2006, **Integrated water resources management for the Sistan closed inland delta, Iran, Delft**, Netherlands, Delft hydraulics, www.wldelft.nl/cons/area/rbm/wrpl/pdf/main_report_sistan_irwm.pdf.

Wang, K., Liang, S., Schaaf, C.L. & Strahler, A.H., 2010, **Evaluation of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer land surface visible and shortwave albedo products at FLUXNET sites**, *J. Geophys. Res.*, 115, D17107, doi:10.1029/2009JD013101.

Wanner, W., Strahler, A.H., Hu, B. & Lewis, P., 1997, **Global retrieval of bidirectional reflectance and albedo over land from MODIS and MISR data: Theory and algorithm**, *Journal of Geophysical Research*, 102: 143-161.

Wielicki, B.A., Wong, T., Loeb, N., Minnis, P., Priestley, K. & Kandel, R., 2005, **Changes in Earth's albedo measured by satellite**, *Sci*, 308: 825-825.

lands in the Northern Hemisphere, *Clim Appl Meteorol*, 24: 402-411.

Roujean, J.L. & Geiger, B., 2007, **Use of a Kalman filter for the retrieval of surface BRDF coefficients with a time-evolving model based on the ECOCLIMAP land cover classification**, *Remote Sensing of Environment*, 3: 1-15.

Schaaf, C. B., Gao, F., Strahler, A. H., Lucht, W., Li, X. & Tsang, T., 2002, **First operational BRDF albedo and nadir reflectance products from MODIS**, *Remote Sensing of Environment*, 83: 135-148.

Schaaf, C.B., Gao, F., Strahler, A.H., Lucht, W., Li, X., Tsang, T., Strugnell, N.C., Zhang, X., Jin, Y. & Muller, J.P., 2002, **First operational BRDF albedo nadir reflectance products from MODIS**, *Remote Sensing of Environment*, 83:135-148.

Strugnell, N.C. & Lucht, W., 2001, **An algorithm to infer continental-scale albedo from AVHRR data**, land cover class and field observations of typical BRDFs, *Climate*, 4: 1360-1376.

Taberner, M., Pinty, B., Govaerts, Y., Liang, S., Verstraete, M. M. & Gobron, N., 2010, **Comparison of MISR and MODIS land surface albedos: Methodology**, *Geophysical Research*, 115: 29-40.

Thomas, G. & Rowntree, P. R., 1992, **The boreal forests and climate**, *Meteorol Soc*, 118:



Analyzing Temporal and Spatial Variations of Surface Albedo over Sistan Plain in Eastern Iran using Satellite Remote Sensing Product of MODIS Sensor of Terra Satellite

Firozi F.¹, Tavosi T.², Mahmoudi P.^{3*}, Amir Jahanshahi M.⁴

1. PHD Student Department of Physical Geography, Faculty of Geography and Environmental planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
2. Professor Department of Physical Geography, Faculty of Geography and Environmental planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
3. Assistant Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Geography and Environmental planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
4. Assistant Professor Department of Statistics, Faculty of Mathematics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

Abstract

The radiative energy balance received and returned from Earth planet reflects the energy available in each part of the Earth-Atmosphere system. Also, net solar radiation is the most fundamental driving force for evaporation, and all actions and reactions between the Earth's surface and the atmosphere. These reactions significantly affect the climate and its transformations. Hence, the wide-scale cross-sectional estimation of pure net energy is important in terms of global and regional climate models. In this research, in order to study the trend of long-term monthly average changes of surface-Albedo, the Albedo products from the sensors of MODIS Satellite Terra named MCD43B3 were used. The spatial resolution of the images taken was 1×1 km for a 15-year statistical period (2000-2014) for April, May, and June. After capturing images by NASA's land processes distributed active archive center, all 45 downloaded images. The next step was to convert the image format to ASCII format; each ASCII includes 30080 pixels. Finally, by using both statistical methods of Sen's slope estimator, and Classic Linear Regression the trends of long-term monthly average Albedo changes were analyzed on a pixel-based scale. The results of these two models showed that these two models did not differ in their estimation of the trends of Albedo's average changes, and acted precisely the same. Also, the results of this research showed that the center of the most slowly declining slope of Albedo changes is located in the northeast, where, due to the flow of the Hirmand River, in this part of the plain the agriculture is widespread. The incremental magnitude of the slope of the change process is also very limited, and there are small and large spots in the north, northeast, and center of the plain. This increasing trend in the values of Albedo's index in the north of the plain was exactly the same as the drying of the Hamoon triple lakes. The rest of the plain area, which has desert landscape and does not have any vegetation, as well as any human population, has not shown any particular trend. In this study, it was also clearly found that, the use of nonparametric method of Sen's slope estimator and parametric method of classic linear regression can be very effective in studying the trend of Albedo changes in the arid regions resulted from satellite products of MADIS sensors.

Key words: Albedo, Sistan Plain, Trend, MODIS

* Correspondence Address: Department of Physical Geography, Faculty of Geography and Environmental planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran, Email: p_mahmoudi@gep.usb.ac.ir, Tell: 09183803462