مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۶، تابستان ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۰۳

صفحات: ۱۴۴ - ۱۲۷

واکاوی تغییرات زمانی و مکانی پوشش ابر در ایران با بهره‌گیری از داده‌های سنجش از دور

خداکرم حاتمی بهمن‌بیگلو[۱]، سعید موحدی[۲]*

چکیده

هدف از این مطالعه، واکاوی تغییرات مکانی و زمانی پوشش ابر بر فراز ایران است. برای دستیابی به این هدف، از پارامتر درصدِابرپوش فرآورده ابر سطح ۲، نسخه‌ی ۶ مودیس تررا (MOD06) در دوره‌ی آماری ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲ شمسی استفاده شده است. با توجه به اینکه، فرآورده ابر سطح ۲ مودیس فاقد شبکه‌ی مختصات جغرافیایی منظم روزانه است. ابتدا پایگاه داده‌ی جدیدی همسان با تفکیک مکانی پارامتر درصدِابرپوش تهیه گردید تا واکاوی اقلیمی بر روی داده‌ها امکان‌پذیر گردد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که در مقیاس سالانه تغییرات روند پوشش ابر در کشور با آهنگ ۰/۰۲+ درصد در سال (۲ درصد در هر قرن) رو به افزایش است. در مقیاس فصلی، در فصل پاییز با روند کاهشی و در سایر فصول با روند افزایشی روبرو است و در مقیاس ماهانه در ماه‌های تیر، مهر، آذر و دی روند کاهشی و در سایر ماه‌ها روند افزایشی وجود دارد. پراکنش مکانی روند سالانه‌ی پوشش ابر در درازمدت نشان داد که پوشش ابر در شمال‌شرق، شمال غرب و بطور پراکنده در قسمت‌های داخلی کشور روند کاهشی دارد و در جنوب، جنوب‌شرقی و شرق کشور روند افزایشی دارد. پراکنش مکانی روند فصلی نشان داد که بیش‌تر مناطق کشور در فصل پاییز با روند منفی و در فصل زمستان با روند مثبت روبرو است.

واژگان کلیدی: تغییرات زمانی و مکانی، پوشش ابر، درصدِ ابرپوش، مودیس تررا، ایران.

[۱]- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان khhatami@yahoo.com

[۲]- دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان(نویسنده مسئول) S.movahedi@geo.ui.ac.ir

مقدمه

ابرناکی یکی از مهم‌ترین پارامترهای موثر بر بیلان تابشی زمین است اما شناخت ما از نقش آن در سامانه‌ی اقلیمی محدود است (ناریس، ۱۹۹۹)، ابرها اثر شدیدی بر اقلیم و هوا دارند و جزء مرحله‌ی اساسی از چرخه‌ی آب در هواسپهر هستند که بخار آب را متراکم می‌کنند و بارش را بوجود می‌آورند و بر توازن انرژی سیاره زمین غلبه دارند و جو زمین را با بازتابش خورشیدی به فضا سرد کنند و همزمان با جذب و تابش حرارتی ساطع شده بوسیله‌ی سطح زمین، جو پایین را گرم می‌کنند و باعث تغییرپذیری اقلیمی شده و چرخه‌ی آب‌شناختی را تغییر می‌دهند (استفانز و همکاران، ۲۰۰۲) علاوه بر این، ابرها بخش مهمی از مکانیزم‌های زوجی هواسپهر - خشکی و اقیانوس‌ها هستند که گردش‌های هواسپهری را تنظیم می‌کنند (جانسون و همکاران،۲۰۱۵) و همسو با بخار آب تعدیل کننده‌های مهم اقلیمی هستند و در بازخوردهای اقلیمی به شدت گردش‌های جهانی و توازن انرژی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (ژیانگ و همکاران، ۲۰۱۲) همچنین، توازن انرژی تابشی زمین و چرخه‌ی آب شناختی با توزیع و خواص ابرها ارتباط دارند از این رو توانایی تفسیر خواص ابر و تغییرپذیری آنها در زمان و مکان برای تهیه‌ی اقلیم‌شناسی ابر به عنوان یک منبع برای ارزیابی مدل‌های اقلیمی محسوب می‌شود (بیوم و پلاتنیک، ۲۰۰۶).

علاوه بر این، خواص فیزیک کلان ابر از قبیل درصدِابرپوش، ارتفاع ابر و پارامترهای فیزیک خرد ابر از قبیل مسیر آب مایع ابر، شعاع قطرک‌های موثر و فاز ابر از جمله‌ی عوامل کلیدی هستند که بیلان تابشی و چرخه‌ی آب‌شناختی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (مینیس و همکاران، ۲۰۰۸) و برای ارزیابی درست از منابع خورشیدی موجود در مکانیابی و عملکرد صفحات خورشیدی نیروگاه‌های حرارتی بسیار مهم است تا معیارهای اصلی موثر بر تابش رسیده به سطح زمین مشخص شود در میان همه‌ی این پارامترها نقش ابرها بسیار اهمیت دارد زیرا که به عنوان عامل مهم میرایی تابش محسوب می‌شود (مارتینز چیکو و همکاران، ۲۰۱۱) بنابراین، افزایش در مقدار ابرناکی، بازتابش سیاره‌ای زمین را افزایش می‌دهد و مقدار تابش در دسترس که باعث گرم شدن زمین می‌شود را کاهش می‌دهد و منجر به کاهش میانگین دمای سطحی می‌شود در مجموع، با کاهش میانگین دمای سطحی میانگین مقادیر ابرناکی افزایش می‌یابد (اوهرینگ و مارینو، ۱۹۶۴) در این زمینه، در طی قرن بیستم افزایش ۲ درصدی پوشش ابر در عرض‌های میانی تا بالا رخ داده است که در بیش‌تر مناطق با روند کاهشی دمای روزانه مرتبط بوده است (IPCC، ۲۰۰۱).

تغییرات زمانی و مکانی پوشش ابر در مقیاس جهانی و منطقه‌ای نشان می‌دهد که پوشش ابر در شرق آسیا (وو و لیو، ۲۰۱۳)، چین دارای روند کاهشی است (ژیا، ۲۰۱۲)، در غرب ایالات متحده دارای روند کاهشی و در شرق آن روند افزایشی است (تانگ و لنگ، ۲۰۱۳)، در آمریکای جنوبی با کاهش زیاد، در اوراسیا و آفریقا کاهش اندک و در آمریکای شمالی بدون روند است (وارن و همکاران، ۲۰۰۷)، در مناطق حاره(۲۰-۲۰ درجه عرض‌جغرافیایی شمالی تا جنوبی) با پایگاه داده ISCCP با روند کاهشی و HIRS بدون روند بوده است و بر روی آب‌ها و مناطق جنب حاره‌ای (۶۰-۲۰ درجه) در هر دو نیمکره از روند افزایشی کمی برخوردار است (وایل و همکاران، ۲۰۰۵).

در مطالعات داخلی با توجه به اهمیت تاثیر پدیده‌ی ابر بر عناصر اقلیمی نظیر دما، رطوبت، تبخیر، تابش و بارش کمتر مطالعه شده است و در اندک مطالعات انجام شده می‌توان به محققان ذیل اشاره نمود، رسولی و

همکاران(۱۳۹۲) به بررسی تغییرات زمانی و مکانی مقدار پوشش ابر در ایران پرداخته‌اند و یافته‌های آنان نشان می‌دهد که پوشش ابرناکی در نیمه‌ی شمالی کشور دارای روند کاهشی است، بنایان و همکاران(۱۳۸۹) در بررسی نوسان پذیری اقلیمی در شمال شرق کشور نشان دادند که تعداد روزهای دارای آسمان صاف دارای روند افزایشی است و تعداد روزهای ابری در کلیه ایستگاه‌ها به جز ایستگاه مشهد روند کاهشی دارد. صحراییان و همکاران (۱۳۸۳)، تغییرات میانگین سالیانه دمای حداکثر و مقدار سالیانه پوشش ابر را در برخی از ایستگاه‌های کشور بررسی نمودند و نتایج پژوهش آنان نشان داد که در ایستگاه‌های ساحلی بندر انزلی و آبادان روند کاهش میانگین سالانه دمای حداکثر با روند افزایشی میانگین سالانه پوشش ابر همراه بوده است. برخی از پژوهشگران در کشور نیز مانند مباشری و رضائی (۱۳۸۵) و حاجی میر رحیمی (۱۳۸۷) به بررسی برخی از خواص پدیده‌ی ابر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در برخی از ایستگاه‌های کشور پرداخته‌اند.

در طی دهه‌های اخیر، تغییر اقلیم جهانی یکی از موضوع‌های مهم تحقیقاتی در مطالعات محققین بوده است (ناظری تهرودی،۱۳۹۵) و تقریباً همه‌ی فرایندها در زیست‌کره به طریقی تحت تاثیر پدیده‌ی تغییر اقلیم قرار می‌گیرند و بیش‌ترین نگرانی در ارتباط با اثرات تغییر اقلیم بر محیط و منابع آب است (عبدالعزیز و برن، ۲۰۰۶) با توجه به اینکه ایران در منطقه‌ی خاورمیانه قرار دارد و خاورمیانه در معرض بیش‌ترین کمبود آب در جهان محسوب می‌شود یکی از آسیب‌پذیرترین مناطق جهان در برابر اثرات تغییر اقلیم است (اِلاشا، ۲۰۱۰)، با توجه به اهمیت ابر و نقش موثر آن بر سایر عناصر و کمی مطالعات داخلی در این زمینه ضروت دارد تا تغییرات زمانی و مکانی آن در کشور شناخته شود بنابراین، برای شناخت دقیق‌تر و جامع این پدیده، بهره‌گیری از روش‌های نوین جمع‌آوری داده و پردازش آنها ضرورت دارد. بنابراین این پژوهش، به ارزیابی تغییرات پوشش ابر در ایران با بهره‌گیری از داده‌های دورسنجی در بلندمدت پرداخته است.

داده‌ها و روش‌ها

این پژوهش به واکاوی تغییرات زمانی و مکانی پوشش ابر در کشور ایران می‌پردازد، کشور ایران در موقعیت جغرافیایی ۶۴-۴۴ طول جغرافیایی و ۴۰-۲۵ عرض جغرافیایی در نیمکره‌ی شمالی واقع است. برای دستیابی به هدف پژوهش، از داده‌های پارامتر درصدِ ابرپوش فرآورده‌ی ابر سطح ۲ با نام لاتینMOD06_L2.A از داده‌های سنجنده‌ی مودیس سوار بر ماهواره‌ی تررا در نسخه‌ی ۶ استفاده شده است. دوره‌ی آماری ۱۴ ساله (اول فروردین ۱۳۷۹ تا پایان اسفند ۱۳۹۲ شمسی) به صورت روزانه از تارنمای مودیس با آدرس اینترنتی در پانوشت[1] استفاده شده است. سنجش‌گر مودیس سوار بر ماهواره‌ی تررا پوشش جهانی روزانه از پارامترهای رویه‌ی زمین و هواسپهر تهیه می‌کند (هایر و همکاران، ۲۰۱۱) و یکی از ۵ سنجنده‌ای است که بر روی ماهواره‌ی تررا سوار است، این ماهواره در دسامبر ۱۹۹۹ به فضا پرتاب شد و از اواخر فوریه ۲۰۰۰ برداشت داده‌ها را آغاز نموده است دامنه‌ی طیفی این

1- ftp://ladsftp.nascom.nasa.gov/allData/6/MOD06_L2/

سنجنده ۱۴/۲۴-۰/۴۲ میکرومتر است و تفکیک مکانی آن از ۲۵۰ متر تا ۱ کیلومتر متغیر است (پلاتنیک و همکاران، ۲۰۰۳). با استفاده از الگوریتم‌های مختلف و اعمال آن بر روی تصاویر مودیس در مقیاس روزانه، ابرپوشه‌ی[1] مودیس با تفکیک ۱×۱ کیلومتر مربع تهیه می‌شود، ابرپوشه‌ی مودیس یکی از فراورده‌های کاربردی است که اطلاعات ابر و سطح زمین را گردآوری می‌کند و بصورت یک مرجع استاندارد برای مقایسه‌ی با نتایج سنجنده‌های دیگر استفاده می‌شود (لی و همکاران، ۲۰۰۷)، در الگوریتم ابر پوشه‌ی مودیس از تابندگی ۱۴ باند طیفی (۱،۲، ۵، ۶، ۲۱-۱۸، ۲۶-۲۷، ۲۹، ۳۱، ۳۲، ۳۵) استفاده می‌شود تا برآورد نماید که آیا یک یاخته‌ی مشخص از رویه‌ی زمین ابر یا هواویز ستبر است و یا بوسیله‌ی سایه‌ی ابر تحت تاثیر قرار گرفته است، بنابراین استفاده از آزمون‌های مختلف با آستانه‌های متعدد با کمک طیف‌های متنوع، احتمال تشخیص یک ابر را افزایش می‌دهد (اکرمن و همکاران، ۱۹۹۸). فرآورده‌ی سطح ۲ مودیس(تررا و آکوا) خواص ابر را بر اساس الگوریتم‌های ویژه‌ی هر پارامتر در یاخته‌هایی با تفکیک مکانی ۱×۱ و ۵×۵ کیلومتری تهیه می‌کند و داده‌ها را با فرمت داده‌های سلسله مراتبی[2] ذخیره می‌کند (بیوم و همکاران، ۲۰۰۶).

پارامتر درصدِ ابرپوش یکی از خواص ابر است که از ابرپوشه مودیس تهیه می‌شود (هوبنکس و همکاران، ۲۰۱۵). مقدار درصدِ ابرپوش به صورت درصد بیان می‌شود کمینه و بیشینه‌ی آن به ترتیب ۰ تا ۱۰۰ است (اکرمن و پلاتنیک، ۲۰۱۱) و هر ۱۲/۵ درصد آن معادل یک اکتا فرض می‌شود (کتاربو، ۲۰۰۹).

مودیس تررا در شبانه‌روز در دو بازه‌ی زمانی یکی در ساعات ۶ تا ۹ و دیگری ۱۷ تا ۲۰ به وقت گرینویچ (شرایط خورشیدی[3]) به ترتیب در هنگام صبح و عصر بر فراز ایران می‌گذرد. بنابراین، در این پژوهش، ابتدا تصاویر هر دو بازه بطور روزانه بر فراز ایران از هم تفکیک شدند، این شیوه توسط کتاربا (۲۰۰۹) بر روی فرآورده‌ی ابر مودیس انجام شده است. با توجه به اینکه، تصاویر موجود در این فرآورده از شبکه‌ی مختصات جغرافیایی منظم روزانه برخوردار نیست ضروری است تا تصاویر روزانه موجود بر فراز کشور به شبکه‌ی منظم انتقال یابد تا واکاوی بلند مدت آماری اعمال گردد، این فرایند به این علت انجام می‌گیرد که هنگام محاسبه‌ی روند همان یاخته یا چارچوب در زمان مشابه وجود داشته باشد در غیر اینصورت تغییرپذیری درون سالانه نادرستی ایجاد می‌شود (هان و وارن،۱۹۹۹). در ضمن با استفاده از این فرآورده، پایگاه داده جدید[4] سطح ۳ با تفکیک مکانی ۱×۱ درجه‌ی طول و عرض جغرافیایی در مقیاس جهانی تهیه شده است (کینگ و همکاران،۲۰۰۳؛ پلاتنیک و همکاران،۲۰۰۳) که در مقیاس‌های کوچک کارآیی ندارد.

با توجه به اینکه تصاویر روزانه در هر گذر دارای پوشش مشترک می‌باشند پوشش مشترک گرانول‌ها به صورت مجزا حذف گردید تا در مقادیر درصد ابرپوش اختلال کم‌تری وارد نمایند. سپس، یک شبکه‌ی مختصات جغرافیایی با تفکیک مکانی (یاخته‌ای) ۵ × ۵ کیلومتر، بر اساس چارچوب ایران (عرض جغرافیایی ۴۰-۲۵ درجه‌ی شمالی و طول

1- Cloud Mask
2- HDF
3- Solar Conditions
4- MOD08 and MYD08

جغرافیایی ۶۴-۴۴ درجه‌ی شرقی) به عنوان شبکه‌ی منظم یا مرجع با ابعاد ۶۱۸×۳۵۳ (۶۱۸ ستون و ۳۵۳ ردیف) تهیه گردید. با استفاده از مختصات جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی) هر یاخته در شبکه‌ی منظم، چارچوبی با ابعاد ۱/۵ برابر فاصله‌ی هر یاخته تعریف شد و بر روی مختصات جغرافیایی گرانول‌ها گسترده شد و داده‌های درصدِابرپوش درون چارچوب از گرانول‌ها برداشته شد و بر حسب نزدیکترین فاصله به طول و عرض جغرافیایی یاخته‌ی شبکه‌ی منظم، به یاخته‌ی مورد نظر منتقل گردید این فرایند برای تک تک یاخته‌های شبکه‌ی منظم اجرا گردید تا داده‌های پارامتر درصدِابرپوش در هر گذر به صورت روزانه به شبکه‌ی منظم منتقل گردند.

پس از فرآیند شبکه‌بندی مجدد داده‌ها در هر روز انجام عملیات محاسبه‌ی آماری در مقیاس زمانی مختلف امکان-پذیر گردید. بنابراین داده‌های شبکه‌بندی شده به عنوان پایگاه داده‌ی جدید در مراحل مختلف پژوهش استفاده شده است. در ادامه، با ترکیب داده‌های دو بازه‌ی زمانی سنجنده‌ی مودیس ترا در شبانه‌روز به واکاوی تغییرات روند پوشش ابر در کشور پرداخته شد و از آزمون ناپارامتریک من- کندال و واکاوی رگرسیونی در تشخیص روند تغییرات پوشش ابر استفاده گردید.

تحلیل روند یک سری زمانی شامل بزرگی روند و معنی‌داری آن است بدیهی است پژوهشگران مختلف از روش‌های متفاوتی برای آشکارسازی روند استفاده کرده‌اند، عموماً بزرگی روند در سری زمانی با استفاده از تحلیل رگرسیونی (آزمون پارامتریک) یا از روش تخمین‌گر سن (ناپارامتریک) برآورد می‌شود (سن، ۱۹۶۸). هر دو روش به عنوان روند خطی در سری زمانی فرض می‌شود در تحلیل رگرسیون زمان به عنوان متغیر مستقل و پارامترهای نظیر بارش / دما به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود تحلیل رگرسیون بطور مستقیم می‌تواند بر روی سری زمانی یا بر روی ناهنجاری‌ها (انحراف از متوسط) به کار رود. در یک معادله‌ی خطی، ($y = mt + c$)، m به عنوان شیب یا آهنگ روند تعریف می‌شود (جین و کومار، ۲۰۱۲). در این پژوهش در برآورد مقدار شیب روند، از آزمون رگرسیون خطی ساده (معادله‌ی فوق) استفاده شده است و برای تعیین میزان اعتبار آن در هر یاخته در دوره‌ی سالانه از ضریب تعیین استفاده شده است و برای تشخیص معنی‌داری روند پوشش ابر از آزمون ناپارامتریک من- کندال که توسط من (۱۹۴۵) و کندال (۱۹۷۵) ارائه شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شده است. این آزمون را می‌توان بر روی یک سری زمانی که نرمال نیست و از هیچ توزیع خاصی پیروی نمی‌کند برازش داد. از این روش برای آزمون فرض تصادفی بودن توالی داده‌ها در مقابل وجود روند استفاده می‌گردد، کاربرد این روش توسط سازمان جهانی هواشناسی توصیه شده است (دارند، ۱۳۹۳) و توابع آن در پژوهش‌های حجام و همکاران(۱۳۸۷)، دارند(۱۳۹۳)، مسعودیان و یونسی (۱۳۹۴)، جین و کومار(۱۹۶۸) آورده شده است. از آزمون من-کندال رسولی و همکاران(۱۳۹۲) و از رگرسیون خطی محققانی چون وو و لیو (۲۰۱۳) و تانگ و همکاران(۲۰۱۳)، در شناخت تغییرات پوشش ابر بهره گرفته‌اند.

در این پژوهش از نرم‌افزار متلب[1] در محاسبات آماری از قبیل انتقال داده‌ها به شبکه‌ی منظم، تجمیع داده‌ها به صورت فصلی، ماهانه و سالانه و محاسبه‌ی روند استفاده شده است و در ترسیم نقشه‌ها از نرم‌افزار جی آی اس[2] بهره گرفته شده است.

یافته‌های تحقیق

میانگین بلندمدت

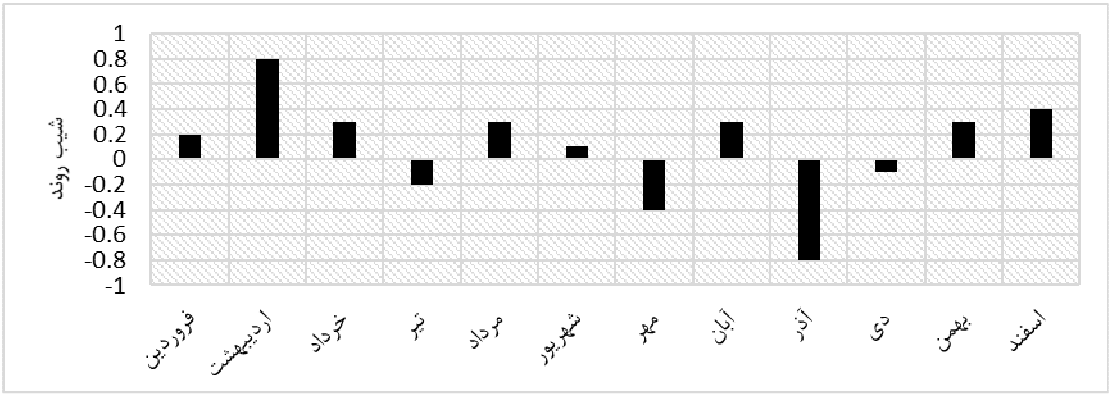
در این قسمت، میانگین بلندمدت تغییرات روند سالانه، فصلی و ماهانه‌ی پوشش ابر در گستره‌ی کشور برآورد گردید. نتایج نشان می‌دهد که روند پوشش ابر در گستره‌ی کشور با آهنگ ۰/۰۲ درصد در سال (۲ درصد در یک قرن) رو به افزایش است. در مقیاس فصلی، پوشش ابر در فصل پاییز دارای روند منفی است که با آهنگ ۰/۲- درصد در سال (۲ درصد در هر دهه) کاهش می‌یابد و در فصول بهار، تابستان و زمستان با روند افزایشی روبرو است و بیش‌ترین تغییرات پوشش ابر مربوط به فصل بهار است که با آهنگ ۰/۳ درصد در سال افزایش می‌یابد (شکل ۱).



شکل ۱: نمودار میانگین کل شیب روند سالانه‌ی پوشش ابر در گستره‌ی کشور بر حسب درصد در سال

واکاوی میانگین بلندمدت ماهانه‌ی روند پوشش ابر بر حسب درصد پوشش ابر در شکل ۲ نشان می‌دهد که پوشش ابر در ماه‌های تیر، مهر، آذر و دی دارای روند منفی و در سایر ماه‌ها روند مثبت است، بیش‌ترین مقدار روند منفی در ماه آذر با آهنگ ۰/۸- درصد در سال و کم‌ترین آن در دی با آهنگ ۰/۱- درصد در سال (۱ درصد در هر دهه) رخ می‌دهد. بیش‌ترین مقدار روند مثبت پوشش ابر در اردیبهشت ماه با آهنگ ۰/۸+ درصد در سال و کم‌ترین آن در شهریور با آهنگ ۰/۱+ درصد در سال رخ می‌دهد.

1- MATLAB software
2- GIS software



شکل۲: نمودار میانگین کل شیب روند ماهانه پوشش ابر در کشور بر حسب درصد در ماه

مساحت انواع روند

مساحت انواع روند (روند منفی، بدون روند و روند مثبت) پوشش ابر بر حسب درصد از مساحت کشور برآورد گردید، نتایج نشان می‌دهد که در بلند مدت سالانه، تقریباً ۶۳ درصد از مساحت کشور بدون روند است و روند منفی و مثبت پوشش ابر به ترتیب تقریباً ۱۳/۶ درصد و ۲۳/۵ درصد از مساحت کشور را در بر می‌گیرد. علی‌رغم گستره‌ی بیشتر بدون روند در کشور، میانگین سالانه روند به علت بالا بودن مقادیر شیب مثبت به سمت روند مثبت یا افزایشی گرایش پیدا نموده است. در مقیاس فصلی، مساحت تحت پوشش انواع روند نشان می‌دهد که در فصل زمستان، تقریباً ۴۵/۶ درصد از گستره‌ی کشور بدون روند است، در فصل بهار بیش از ۷۴/۲ درصد از مساحت کشور با روند مثبت و ۲/۱ درصد با روند منفی روبرو است. در فصل تابستان تقریباً ۵۴ درصد از مساحت کشور بدون روند، ۱۴/۸ درصد با روند منفی و بیش از ۳۱/۱ درصد از مساحت کشور با روند مثبت روبرو است. در فصل پاییز، تقریباً در ۵۴/۴ درصد از مساحت کشور روند منفی و ۴۳/۷ درصد از مساحت کشور بدون روند است (جدول ۱).

جدول ۱: مساحت روند مکانی سالانه و فصلی پوشش ابر بر فراز کشور ایران (بر حسب درصد)

زمان	روند منفی (کاهشی)	بدون روند	روند مثبت(افزایشی)	
	=< -۰/۱	-۰/۱>روند>۰/۱	۰/۱>روند>=۰/۱	>۱
سالانه	۱۳/۶	۶۳	۲۳/۵	۰
بهار	۲/۱	۲۳/۱	۷۴/۲	۰/۶
تابستان	۱۴/۸	۵۴	۳۱/۱	۰/۱
پاییز	۵۴/۴	۴۳/۷	۱/۸	۰
زمستان	۸/۴	۴۵/۶	۴۵/۵	۰/۴

گستره‌ی انواع روند پوشش ابر در مقیاس ماهانه در کشور نشان می‌دهد که پوشش ابر در بیش‌ترین گستره‌ی کشور در ماه‌های تیر، مهر و آذر به ترتیب با مساحتی تقریباً ۵۹/۴٪، ۵۹/۸٪ و ۸۳/۶٪ با روند منفی و در ماه‌های دی و آبان

به ترتیب با مساحتی تقریباً ۵۸/۸٪ و ۹۲/۲٪ بدون روند می‌باشد، در مجموع، بیش‌ترین مساحت کشور در ماه‌های اردیبهشت (۹۱/۶٪)، خرداد (۶۴/۷٪)، مرداد (۵۹/۱٪)، اسفند (۵۶/۸٪) مربوط به روند مثبت با آهنگ بیش از ۰/۱+ درصد در سال است. علاوه بر این، در ماه‌های فروردین ۳۹/۲ درصد، بهمن ۴۷ درصد و در شهریور ۴۴/۹ درصد از مساحت کشور با روند مثبت مواجه است (جدول ۲).

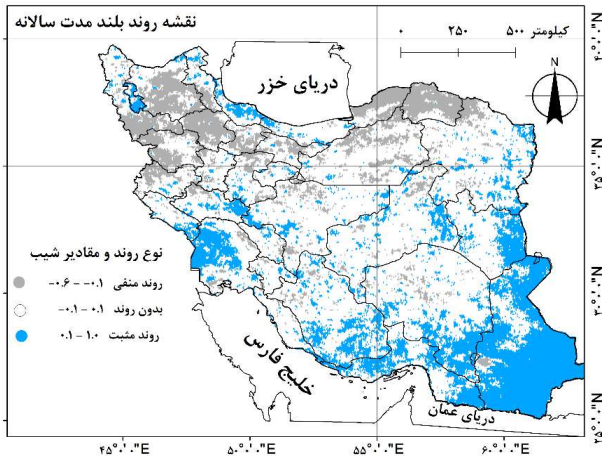
جدول ۲: مساحت انواع روند ماهانه‌ی پوشش ابر در کشور (بر حسب درصد)

نوع روند	روند منفی (کاهشی)	بدون روند	روند مثبت(افزایشی)	
شیب روند / زمان	کم‌تر از ۰/۱-	بین ۰/۱- تا ۰/۱	بین ۰/۱ تا ۱	بیشتر از ۱
فروردین	۲۹/۴	۳۱/۴	۲۰/۹	۱۸/۳
اردیبهشت	۰/۴	۸	۶۴/۲	۲۷/۴
خرداد	۲/۸	۳۲/۶	۶۳/۱	۱/۶
تیر	۵۹/۴	۳۲/۶	۷/۷	۰/۳
مرداد	۴/۶	۳۶/۳	۴۹/۷	۹/۴
شهریور	۱۸/۱	۳۷/۰	۴۴/۶	۰/۳
مهر	۵۹/۸	۲۵/۴	۱۴/۹	۰
آبان	۱/۷	۹۲/۲	۰	۶/۱
آذر	۸۳/۶	۱۵/۷	۰/۶	۰/۱
دی	۳۰	۵۸/۸	۱۰/۷	۰/۵
بهمن	۹	۴۳/۹	۴۲/۱	۴/۹
اسفند	۲۴	۱۹/۳	۳۰/۳	۲۶/۵

پراکنش مکانی

در این قسمت پراکنش مکانی سالانه، فصلی و ماهانه‌ی روند در کشور مورد بررسی قرار می‌گیرد. بر این اساس، پراکنش مکانی (توزیع جغرافیایی) روند سالانه‌ی پوشش ابر (شکل ۳) نشان می‌دهد که روند منفی در شمال شرق (استان‌های گلستان و خراسان شمالی)، شمال غرب (استان‌های زنجان، قزوین، اردبیل، مناطق مرکزی و جنوبی استان‌های آذربایجان غربی و شرقی) و بطور پراکنده در قسمت‌های داخلی کشور دیده می‌شود که حداکثر با آهنگ ۰/۶ درصد در سال کاهش می‌یابد. روند مثبت پوشش ابر در جنوب و جنوب شرق (استان‌های سیستان و بلوچستان و قسمتی از هرمزگان، کرمان و جنوب فارس)، شرق (استان‌های خراسان جنوبی و خراسان رضوی) و بطور پراکنده در قسمت‌های مختلف کشور (استان‌های خوزستان و گیلان) دیده می‌شود که با آهنگ حداکثر ۱ درصد در سال افزایش می‌یابد. پوشش ابر در برخی از مناطق کشور از قبیل استان‌های یزد، اصفهان، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال بختیاری، خراسان رضوی، شرق مازندران و شمال استان‌های کرمان، بوشهر و فارس بدون روند است. در مجموع،

بیش‌ترین مساحت کشور در مقیاس سالانه مربوط به گستره‌ی بدون روند و کم‌ترین آن مربوط به روند کاهشی یا منفی است.

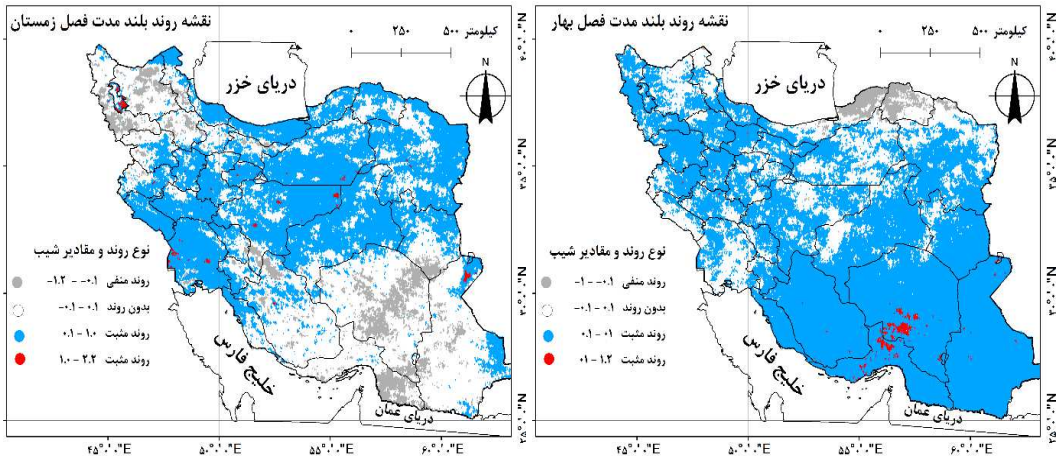


شکل ۳: نقشه‌ی روند مکانی درصد ابرپوش سالانه بر حسب درصد در سال

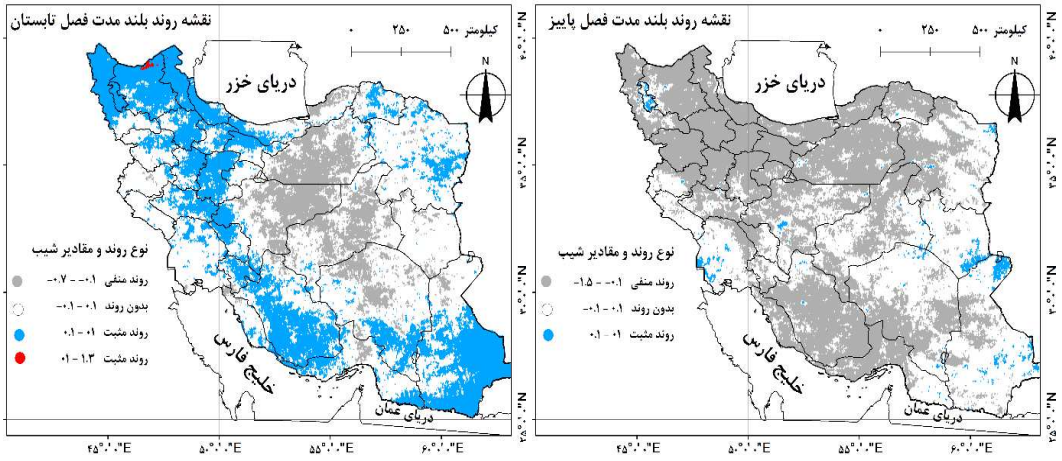
پراکنش مکانی روند پوشش ابر در فصول زمستان و بهار در شکل ۴ نشان می‌دهد که در فصل زمستان پوشش ابر بطور پراکنده در شمال غرب (استان‌های آذربایجان غربی و شرقی و زنجان) و جنوب شرق کشور(استان های کرمان، هرمزگان و سیستان و بلوچستان، نیمه‌ی جنوبی خراسان جنوبی) حداکثر با آهنگ ۱/۲ درصد در هر سال کاهش می‌یابد. در سواحل جنوبی دریای خزر، مناطق مرکزی، شمال شرقی و غربی کشور روند مثبت دیده می‌شود که حداکثر با آهنگ ۱ درصد در هر سال افزایش می‌یابد و بطور پراکنده در مناطق جنوبی استان فارس، سیستان و بلوچستان و غرب هرمزگان روند پوشش ابر بدون روند است. در فصل بهار، پوشش ابر در شمال شرق کشور (استان-های گلستان و خراسان شمالی) دارای روند منفی است و حداکثر با آهنگ ۱- درصد در سال کاهش می‌یابد و در مناطق جنوبی کشور (استان‌های فارس، کرمان، هرمزگان، سیستان و بلوچستان) حداکثر با آهنگ ۱ درصد در سال افزایش می‌یابد. در این فصل، در شمال تنگه‌ی هرمز روند پوشش ابر حداکثر با آهنگ ۱/۲ درصد در سال افزایش می‌یابد که در سایر فصول دیده نمی‌شود.

پراکنش مکانی روند پوشش ابر در فصول تابستان و پاییز در شکل ۵ نشان می‌دهد که در فصل تابستان پوشش ابر در سواحل جنوب غربی دریای خزر، شمال غرب و جنوب شرق کشور (استان‌های فارس، سیستان و بلوچستان، جنوب کرمان، آذربایجان شرقی و غربی، اردبیل، گیلان، چهارمحال بختیاری و خراسان) حداکثر با آهنگ ۱ درصد در سال افزایش می‌یابد. پوشش ابر در مناطق مرکزی، غربی و شرقی کشور بطور پراکنده بدون روند است اما در استان‌های اصفهان، سمنان، گلستان و شرق مازندران (سواحل جنوب شرقی دریای خزر) و قسمتی از کرمان، یزد، کرمان و هرمزگان روند منفی دیده می‌شود که حداکثر با آهنگ۰/۷ درصد کاهش می‌یابد. در فصل پاییز، پوشش ابر در

استان‌های خوزستان، لرستان، سیستان و بلوچستان، خراسان‌جنوبی، شمال کرمان و در مناطق مرکزی کشور بدون روند است و در سایر مناطق کشور از قبیل استان‌های قزوین، زنجان، تهران، گیلان، مازندران، همدان، سمنان، اراک، قم، کردستان، اردبیل، آذربایجان غربی و شرقی، یزد، فارس و بوشهر با روند منفی روبرو است که حداکثر با آهنگ ۱/۵ درصد در سال کاهش می‌یابد.



شکل ۴: نقشه‌های روند مکانی و مقادیر شیب درصدِ ابرپوش در فصل زمستان (راست) و فصل بهار (چپ) بر حسب درصد در سال



شکل ۵: نقشه‌های روند مکانی و مقادیر شیب درصدِ ابرپوش در فصل تابستان(راست) و فصل پاییز (چپ) بر حسب درصد در سال

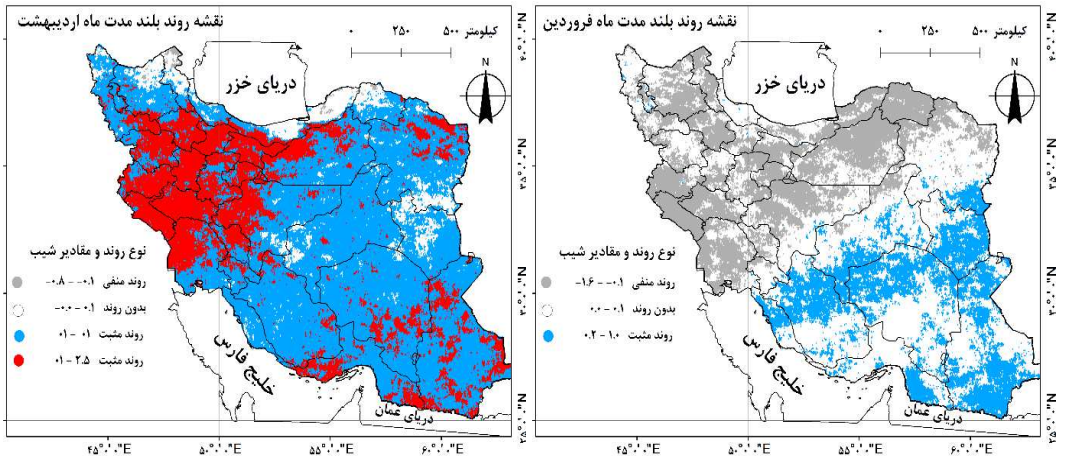
پراکنش مکانی روند پوشش ابر در کشور با استفاده از مقادیر درصد ابرپوش (پوشش ابر) در مقیاس زمانی ماهانه ارزیابی شد که در این قسمت به تشریح آن پرداخته می‌شود:

پراکنش مکانی روند پوشش ابر در ماه فروردین و اردیبهشت در شکل ۶ نشان می‌دهد که در ماه فروردین پوشش ابر در نیمه‌ی شمالی و غربی کشور در استان‌های خوزستان، ایلام، کرمانشاه، لرستان، قم، مرکزی، تهران، قزوین، زنجان، آذربایجان شرقی، اردبیل، سمنان، گلستان، خراسان شمالی، مازندران، چهارمحال بختیاری و شمال استان اصفهان با

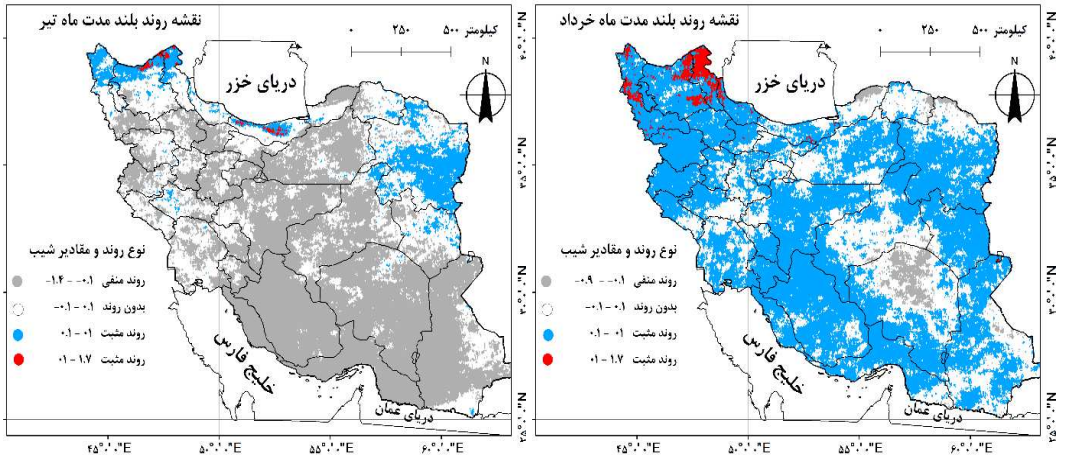
روند منفی روبرو است و حداکثر با آهنگ (شیب) ۱/۶ درصد در سال رو به کاهش است. علاوه بر این، پوشش ابر در نیمه‌ی جنوبی کشور در شمال فارس و کرمان، خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان و شرق هرمزگان با روند افزایشی روبرو است و پوشش ابر در قسمت‌هایی از استان‌های کشور مانند خراسان رضوی، شمال غربی خراسان جنوبی، جنوب استان فارس، کرمان و اصفهان بدون روند است. در ماه اردیبهشت، پوشش ابر در استان‌های گلستان، شرق مازندران و بصورت پراکنده در جنوب استان خراسان رضوی، خراسان جنوبی و غرب استان یزد بدون روند است، در شمال استان اردبیل و شمال غرب استان خراسان شمالی با آهنگ حداکثر ۰/۸ - درصد کاهش می‌یابد. در این ماه، پوشش ابر حداکثر با آهنگ ۲/۵ درصد در سال در غرب کشور (ایلام، لرستان، قزوین، همدان، زنجان، تهران، کردستان، کرمانشاه، چهار محال بختیاری و شمال خوزستان) و بطور پراکنده در جنوب شرق و شمال شرق کشور افزایش می‌یابد. در ماه خرداد روند مثبت یا افزایشی پوشش ابر در شمال غرب، جنوب، مرکز و شرق کشور (بیشتر استان‌های کشور) دیده می‌شود که در شمال غرب کشور حداکثر با آهنگ ۱/۷+ درصد در سال افزایش می‌یابد اما در سایر مناطق کشور حداکثر با آهنگ ۱ درصد در سال افزایش می‌یابد. در این ماه، روند منفی در شمال استان کرمان، شمال استان‌های گلستان، خراسان شمالی و رضوی دیده می‌شود که حداکثر با آهنگ ۰/۹ – درصد در سال کاهش می‌یابد.

پراکنش مکانی روند پوشش ابر در ماه خرداد و تیر در شکل ۷ نشان می‌دهد که در ماه خرداد پوشش ابر در مناطقی از استان‌های یزد، کرمان، گلستان، خراسان شمالی، سمنان و بطور پراکنده در غرب و جنوب شرق کشور بدون روند است. در مناطقی از استان‌های کرمان، خراسان شمالی و رضوی و شمال استان گلستان روند منفی دیده می‌شود که حداکثر با آهنگ ۰/۹- درصد در سال کاهش می‌یابد. پوشش ابر در سایر مناطق کشور روند مثبت دارد. در ماه تیر بیشترین گستره‌ی کشور از شمال به جنوب با روند منفی روبرو است که حداکثر با آهنگ ۱/۴- درسال کاهش می‌یابد و پوشش ابر در شمال استان‌های اردبیل، آذربایجان شرقی و غربی، مازندران و استان خراسان رضوی روند مثبت دیده می‌شود که با آهنگ بیش از ۱ درصد در سال افزایش می‌یابد.

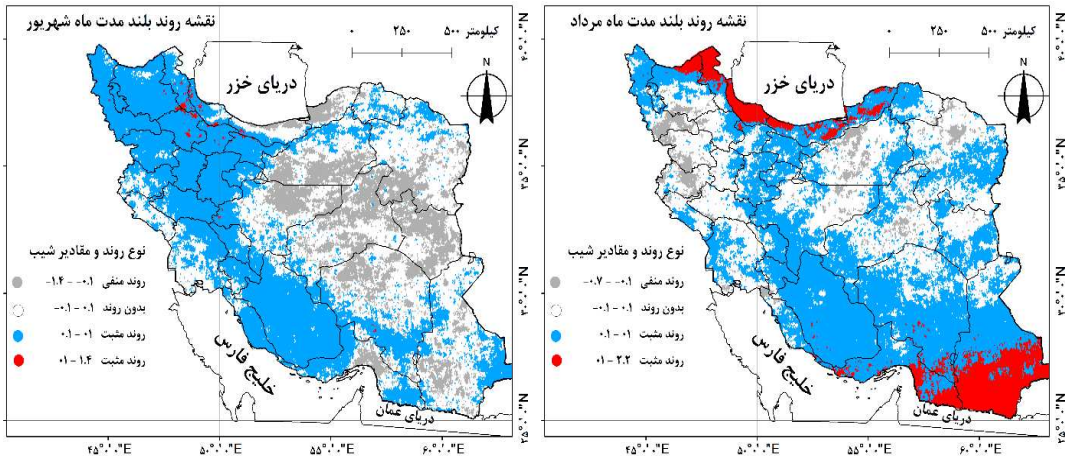
پراکنش مکانی روند پوشش ابر در ماه‌های مرداد و شهریور در شکل ۸ نشان می‌دهد که در ماه مرداد روند مثبت پوشش ابر در استان‌های اردبیل، گیلان و جنوب استان سیستان و بلوچستان و بطور پراکنده در استان های مازندران و گلستان و هرمزگان دیده می‌شود که با آهنگ بیش از ۱ درصد افزایش می‌یابد و در استان‌های تهران، مرکزی، قم، چهارمحال بختیاری، غرب اصفهان، فارس، کرمان، شمال سیستان و بلوچستان و بطور پراکنده در استان‌های خراسان رضوی پوشش ابر با آهنگ کم‌تر از ۱+ درصد افزایش می‌یابد و در مناطق غربی، مرکزی (استان‌های سمنان، اصفهان و یزد) و شمال شرق کشور پوشش ابر بدون روند است. در ماه شهریور، روند افزایشی با آهنگ حداکثر ۱ درصد در سال بر روی ارتفاعات زاگرس، البرز و جنوب شرق کشور دیده می‌شود و روند منفی در سواحل شرقی دریای خزر، مرکز و جنوب شرق کشور با آهنگ ۱/۴ درصد در سال دیده می‌شود.



شکل ۶: نقشه‌های روند مکانی و مقادیر شیب درصدِ ابرپوش در ماه‌های فروردین (راست) و اردیبهشت (چپ) بر حسب درصد



شکل ۷: نقشه‌های روند مکانی و مقادیر شیب درصدِ ابرپوش در ماه‌های خرداد (راست) و تیر (چپ) بر حسب درصد در سال

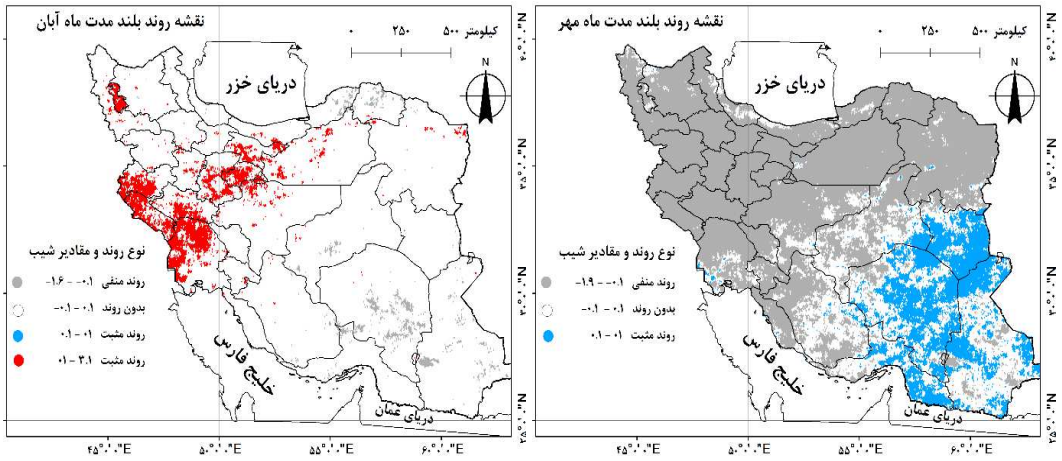


شکل ۸: نقشه‌های روند مکانی و مقادیر شیب درصدِ ابرپوش در ماه‌های مرداد (راست) و شهریور (چپ) بر حسب درصد در سال

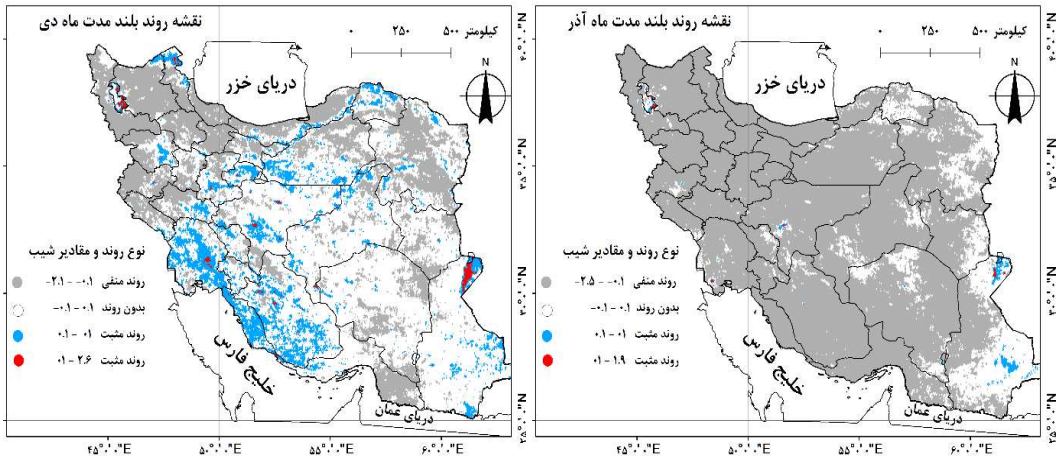
واکاوی توزیع مکانی روند پوشش ابر در ماه‌های مهر و آبان در شکل ۹ نشان می‌دهد که در ماه مهر روند پوشش ابر در نیمه‌ی شمالی کشور منفی است که حداکثر با آهنگ ۱/۹ درصد در سال کاهش می‌یابد و در شرق و جنوب شرقی کشور روند مثبت دیده می‌شود که حداکثر با آهنگ ۱ درصد در سال افزایش می‌یابد. در ماه آبان، پوشش ابر در برخی از استان‌های غربی و مرکزی کشور دارای روند مثبت است که با آهنگ بیش از ۱ درصد افزایش می‌یابد و در شمال شرق و جنوب شرق کشور روند منفی دیده می‌شود که حداکثر با آهنگ ۱/۶ درصد کاهش می‌یابد. در این ماه پوشش ابر در اکثر استان‌های شمالی، شمال غربی، مرکزی، شرقی و جنوبی کشور بدون روند است.

واکاوی توزیع مکانی روند پوشش ابر در ماه‌های آذر و دی درشکل ۱۰ نشان می‌دهد که در ماه آذر، پوشش ابر در استان‌های سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی، خراسان رضوی، خراسان شمالی، کرمان، فارس و یزد بدون روند است و در سایر استان‌های کشور پوشش ابر حداکثر با آهنگ ۲/۵- درصد در سال با روند کاهشی روبرو است. در ماه دی، پوشش ابر به طور پراکنده در استان‌های بوشهر، فارس، سمنان، سیستان و بلوچستان، قم و خراسان شمالی با آهنگ کم‌تر از ۱ درصد در سال با روند افزایشی روبرو است و در استان‌های شمال غربی، سواحل دریای خزر و بطور پراکنده در استان‌های شرقی و جنوبی روند منفی دیده می‌شود که با آهنگ حداکثر ۱/۲ درصد در سال کاهش می-یابد.

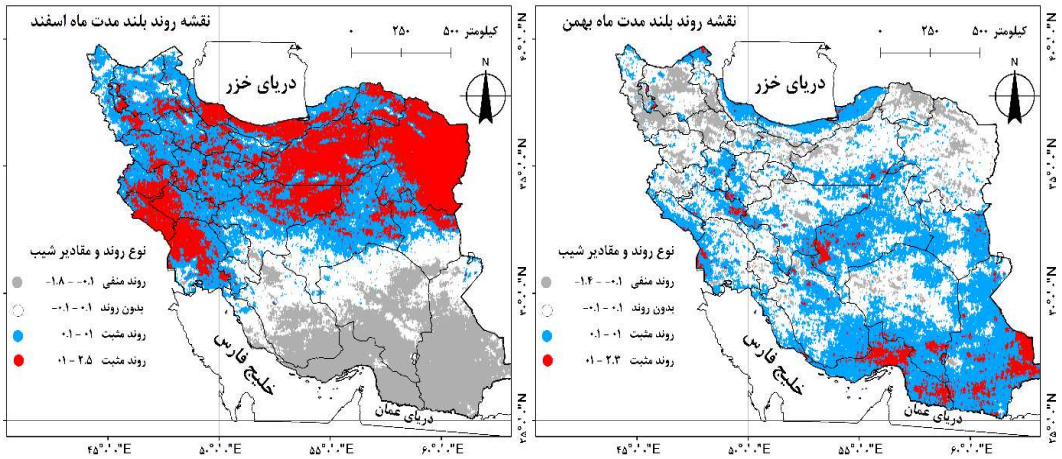
واکاوی توزیع مکانی روند پوشش ابر در ماه‌های بهمن و اسفند در شکل ۱۱ نشان می‌دهد که در ماه بهمن پوشش ابر در استان‌های گیلان، مازندران، گلستان، یزد، کرمان، خراسان جنوبی، هرمزگان، فارس، سیستان و بلوچستان و بطور پراکنده در استان‌های غربی روند مثبت دیده می‌شود و در استان‌های شمال‌غربی، شمال‌شرقی و مرکز کشور روند منفی دیده می‌شود که حداکثر با آهنگ ۱/۴- درصد کاهش می‌یابد. در ماه اسفند روند منفی در نیمه‌ی جنوبی کشور (کم‌تر از مدار ۳۲ درجه شمالی) در استان‌های هرمزگان، سیستان و بلوچستان و جنوب استان کرمان و فارس دیده می‌شود که حداکثر با آهنگ ۱/۸ - درصد در سال کاهش می‌یابد. پوشش ابر در شمال استان‌های فارس و کرمان، جنوب یزد و خراسان جنوبی بدون روند است. پوشش ابر در نیمه‌ی شمالی کشور در استان‌های خراسان رضوی، سمنان، شرق اصفهان، گیلان و مازندران، شمال خوزستان و ایلام حداکثر با آهنگ ۲/۵ درصد در سال افزایش می‌یابد و در سایر استان‌ها حداکثر آهنگ افزایشی کم‌تر از ۱ درصد در سال است.



شکل ۹: نقشه‌های روند مکانی و مقادیر شیب درصدِ ابرپوش در ماه‌های مهر (راست) و آبان (چپ) بر حسب درصد در سال



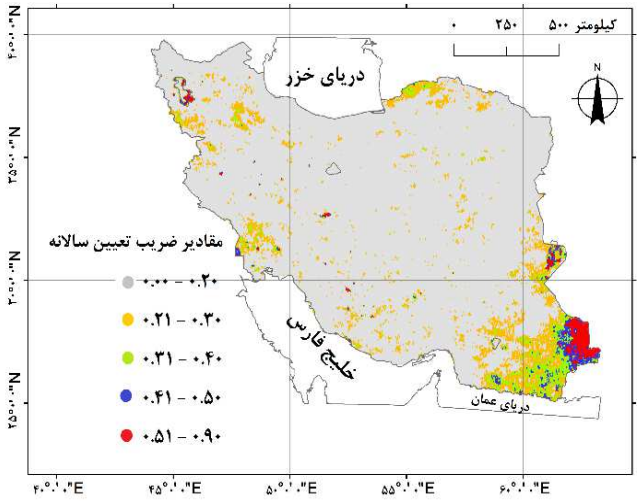
شکل ۱۰: نقشه‌های روند مکانی و مقادیر شیب درصدِ ابرپوش در ماه‌های آذر (راست) و دی (چپ) بر حسب درصد در سال



شکل ۱۱: نقشه‌های روند مکانی و مقادیر شیب درصدِ ابرپوش در ماه‌های بهمن (راست) و اسفند (چپ) بر حسب درصد در سال

اعتبارسنجی شیب روند

اعتبارسنجی شیب روند در مقیاس سالانه با برآورد ضریب تعیین انجام گرفت. بر این اساس، مقادیر ضریب تعیین در مقیاس سالانه در شکل ۱۲ نشان می‌دهد که بیشترین میزان ضریب تعیین در جنوب شرقی، غرب و شمال غربی کشور دیده می‌شود که بیش از ۰/۵۱ (۵۱ درصد) تغییرات را تبیین می‌کند. مقادیر ضریب تعیین ۰/۵۰-۰/۲۱ (۵۰ درصد -۲۱ درصد) بطور پراکنده در جنوب غربی، شمال شرقی و شمال غربی کشور دیده می‌شود با توجه به نقشه‌ی روند (شکل۳) و نقشه‌ی ضریب تعیین می‌توان نتیجه گرفت که در هر منطقه از کشور که شیب روند زیاد است ضریب تعیین قابلیت تبیین بیشتری دارد و در مناطقی که بدون روند است شیب روند قابلیت تبیین کمتری دارد.



شکل ۱۲: اعتبارسنجی شیب روند در مقیاس سالانه بر اساس ضریب تعیین

نتیجه‌گیری

این پژوهش با بهره‌گیری از مقادیر پارامتر درصدِابرپوش سنجنده‌ی مودیس تررا به برآورد تغییرات زمانی و مکانی پوشش ابر در ایران پرداخته است. با توجه به اینکه، تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر منجر به تغییرپذیری عناصر اقلیمی در کشور شده است پوشش ابر نیز همسو با تغییرات سایر عناصر اقلیمی تغییر نموده است. بنابراین، یافته‌های این پژوهش نشان داد که در مقیاس سالانه، میانگین روند پوشش ابر در کشور با آهنگ۰/۰۲+ درصد در سال رو به افزایش است که با یافته‌های وایل و همکاران (۲۰۰۵) در ارتباط با افزایش کم پوشش ابر در بین ۶۰-۲۰ درجه‌ی عرض شمالی منطبق است. میانگین روند پوشش ابر در مقیاس فصلی نشان داد که پوشش ابر در فصل پاییز با روند کاهشی و در فصول زمستان، بهار و تابستان با روند افزایشی روبرو بوده است که روند افزایشی پوشش ابر در فصل زمستان با یافته‌های مسعودیان و کاویانی(۱۳۸۷: ۹۷) مطابقت دارد. میانگین روند ماهانه در کشور نشان می‌دهد که در ماه‌های تیر، مهر، آذر و دی با روند کاهشی و در سایر ماه‌ها با روند افزایشی روبرو است. پراکنش مکانی پوشش ابر در مقیاس سالانه نشان داد که در شمال شرق، شمال غرب و بطور پراکنده در قسمت‌های داخلی کشور روند کاهشی

وجود دارد که این وضعیت با یافته‌های ناظری تهرودی و همکاران(۱۳۹۵) در ارتباط با روند کاهشی بارش در شمال غرب کشور و با یافته‌های رسولی و همکاران(۱۳۹۲) در ارتباط با روند کاهشی پوشش ابر مطابقت دارد. علاوه بر این، پوشش ابر در جنوب و جنوب شرق و شرق کشور روند افزایشی دارد.

پراکنش مکانی فصلی روند پوشش ابر نشان داد که در فصل زمستان پوشش ابر بطور پراکنده در شمال غرب و جنوب شرق کشور کاهش می‌یابد و در سواحل جنوبی دریای خزر، مناطق مرکزی، شمال شرقی و غربی کشور روند افزایشی دارد. در فصل بهار پوشش ابر در شمال شرق کشور دارای روند کاهشی است و در مناطق جنوبی کشور روند افزایشی دارد. در فصل تابستان پوشش ابر در سواحل جنوب غربی دریای خزر، شمال غرب و جنوب شرق کشور دارای روند افزایشی است و در فصل پاییز پوشش ابر در بیشتر مناطق کشور با روند کاهشی روبرو است.

منابع

بنایان محمد؛ محمدیان آزاده؛ علیزاده امین (۱۳۸۹). بررسی نوسان پذیری اقلیمی در شمال شرق ایران، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۴، شماره ۱، صص ۱۳۱-۱۱۸.

حاجی میررحیمی سیدمحمود؛ بای ناصر (۱۳۸۷). طبقه بندی انواع ابر با استفاده از تصاویرAVHRR ، همایش ژئوماتیک ۸۷، تهران، سازمان نقشه برداری کشور.

حجام سهراب؛ خشخو یونس؛ شمس الدین وندی رضا (۱۳۸۷). تحلیل روند تغییرات بارندگی های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوضه مرکزی ایران با استفاده از روش های ناپارامتری، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص۱۶۸-۱۵۷.

دارند محمد (۱۳۹۳). واکاوی تغییرات مقادیر حدی بارش و دما در ارومیه به عنوان نشانه هایی از تغییر اقلیم، نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک جلد بیست و یکم، شماره دوم، صص ۳۰-۱.

رسولی علی اکبر؛ جهانبخش سعید؛ قاسمی احمدرضا (۱۳۹۲). بررسی تغییرات زمانی و مکانی مقدار پوشش ابر در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳(۲۸)، صص ۱۰۲-۸۵.

صحراییان فاطمه؛ رحیم زاده فاطمه؛ پدرام مژده(۱۳۸۳). روند میانگین سالانه پوشش ابری آسمان و کاهش میانگین سالانه دمای حداکثر در تعدادی از ایستگاه‌های کشور، نیوار، شماره ۴۵، صص ۱۹-۷.

مباشری محمدرضا؛ رضائی یوسف (۱۳۸۵). تشخیص پوشش مه و ابرهای کوتاه st با استفاده از تصاویر ماهواره1-MSG ، نشریه دانشکده فنی، شماره ۸(۴۰)، صص ۱۱۱۹-۱۱۰۷.

مسعودیان سید ابوالفضل؛ کاویانی مجمدرضا (۱۳۸۷). اقلیم‌شناسی ایران، انتشارات دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

مسعودیان سید ابوالفض یونسی مرضیه (۱۳۹۴). تحلیل روند زمانی و مکانی دمای هوا در جمهوری آذربایجان، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۶، پیاپی۵۸، شماره ۲، تابستان، صص ۱۶-۱.

ناظری تهرودی؛ محمد خلیلی کیوان؛ احمدی فرشاد (۱۳۹۵). تحلیل روند تغییرات ایستگاهی و منطقه‌ای بارش نیم قرن اخیر کشور ایران، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۳۰، شماره ۲، صص ۶۵۴-۶۴۳.

Abdul Aziz Omar I., Burn Donald H., (2006). Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River Basin, Journal of Hydrology 319, pp. 282–294.

Ackerman, S. A., Strabala, K. I., Menzel, W. P., Frey, R. A., Moeller, C. C., Gumley, L. E., (1998). Discriminating clear sky from clouds with MODIS. Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984–2012), 103(D24), pp. 32141-32157.

Ackerman, S.A. and Platnick, S., (2011). Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer (MODIS) Cloud Fraction Technical Document (ATBD), pp.1-12.

Baum, Bryan, and Platnick Steven., (2006). Introduction to MODIS cloud products. In Earth science satellite remote sensing, Springer Berlin Heidelberg, pp. 74-91.

Elasha, B.O., (2010). Mapping of climate change threats and human development impacts in the Arab region. UNDP Arab Development Report–Research Paper Series, UNDP Regiona Bureau for the Arab States.
Hahn, C.J., and Warren, S.G., (1999). Extended Edited Synoptic Cloud Reports from Ships and Land Stations Over the Globe, 1952-2009 (NDP-026C).
Hubanks, P.A.U.L., Platnick, S.T.E.V.E.N., King, M.I.C.H.A.E.L. and Ridgway, B.I.L.L., (2015). MODIS Atmosphere L3 Gridded Product Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) & Users Guide. ATBD reference number ATBDMOD-30, NASA.
Hyer EJ, Reid JS, Zhang J., (2011). An over-land aerosol optical depth data set for data assimilation by filtering, correction, and aggregation of MODIS Collection 5 optical depth retrievals, Atmospheric Measurement Techniques, No. 4(3), pp. 379-408.
IPCC, (2001). Climate Change 2001. The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Houghton, J.T.,Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 881.
Jain, S.K. and Kumar, V., (2012). Trend analysis of rainfall and temperature data for India. Current Science(Bangalore), 102(1), pp.37-49.
Jiang, J.H., Su, H., Zhai, C., Perun, V.S., Del Genio, A., Nazarenko, L.S., Donner, L.J., Horowitz, L., Seman, C., Cole, J. and Gettelman, A., (2012). Evaluation of cloud and water vapor simulations in CMIP5 climate models using NASA “A-Train” satellite observations. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 117(D14).
Johansson, E., Devasthale, A., L'Ecuyer, T., Ekman, A.M. and Tjernström, M., (2015). The vertical structure of cloud radiative heating over the Indian subcontinent during summer monsoon. Atmospheric Chemistry and Physics,15 (20), pp.11557-11570.
Kendall M.G., (1975). Rank Correlation Methods. Griffin, London, UK.
King, M. D., Menzel, W. P., Kaufman, Y. J., Tanre, D., Gao, B. C., Platnick, S., Ackerman, S., Remer, A. L. A., Pincus, R., and -Hubanks, P. A., (2003). Cloud and aerosol properties, perceptible water, and profiles of temperature and humidity, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., No. 41, pp. 442-458.
Kotarba, A.Z., (2009). A comparison of MODIS-derived cloud amount with visual surface observations. Atmospheric Research, 92(4), pp.522-530.
Li, Zhenglong, Jun Li, W. Paul Menzel, Timothy J. Schmit, and Steven A. Ackerman. (2007). Comparison between current and future environmental satellite imagers on cloud classification using MODIS, Remote Sensing of Environment 108, no. 3 (2007), pp. 311-326.
Mann H.B., (1945). Nonparametric tests against trend, Econometrica. 13:245-259.
Martinez-Chico, M., Batlles, F.J. and Bosch, J.L., (2011). Cloud classification in a mediterranean location using radiation data and sky images. Energy, 36(7), pp.4055-4062.
Minnis, P., Smith Jr, W.L. and Young, D.F., (2001). Cloud macro-and microphysical properties derived from GOES over the ARM SGP domain. Eleventh ARM Science Team Meeting Proceedings, Atlanta, Georgia, March 19-23, 2001.
Norris, J.R., (2000). What can cloud observations tell us about climate variability?. Space Science Reviews, 94(1-2), pp.375-380.
Ohring George, Marino joseph (1964). Changes in the Amount of cloudiness and the average surface temperature of the earth, Journal of the Atmospheric scinces, V: 21, pp. 448-450.
Platnick, S., King, M. D., Ackerman, S., Paul, A., Menzel, W., Baum, B. A., and Frey, R. A., (2003). The MODIS cloud products: Algorithms and examples from Terra, IEEE Trans. Geosci, Remote Sens, No. 41, pp. 459-473.
Sen, P.K., (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of the American Statistical Association, 63(324), pp.1379-1389.
Stephens, G.L., Vane, D.G., Boain, R.J., Mace, G.G., Sassen, K., Wang, Z., Illingworth, A.J., O'Connor, E.J., Rossow, W.B., Durden, S.L. and Miller, S.D., (2002). The CloudSat mission and the A-Train: A new dimension of space-based observations of clouds and precipitation. Bulletin of the American Meteorological Society, 83(12), pp.1771-1790.
Tang, Q. and Leng, G., (2013). Changes in cloud cover, precipitation, and summer temperature in North America from 1982 to 2009. Journal of Climate, 26(5), pp.1733-1744.
Warren, S.G., Eastman, R.M. and Hahn, C.J., (2007). A survey of changes in cloud cover and cloud types over land from surface observations, 1971-96.Journal of Climate, 20(4), pp.717-738.
WU, J. and LIU, J., (2013). Variations of cloud fraction over East Asia under global warming conditions in the past 20 years. J Trop Meteorol, 19(2), pp.171-180.
Wylie, Donald, Darren L. Jackson, W. Paul Menzel, and John J. Bates., (2005). Trends in global cloud cover in two decades of HIRS observations, Journal of climate18, No. 15, pp. 3021-3031.
Xia, X., (2012). Significant decreasing cloud cover during 1954–2005 due to more clear-sky days and less overcast days in China and its relation to aerosol. In Annales Geophysicae,Vol. 30, No. 3, pp. 573-582.

Analysis of temporal and spatial variations of Cloud cover in Iran using remote sensing data

Khodakaram Hatami Bahmanbeiglou[1], Saeed Movahedi[2]*

Received: 30-12-2016 Accepted: 23-04-2017

Abstract

The aim of this research is an analysis of tempo-spatial variations of Cloud cover at Iran. To achieve the goal, Cloud Fraction parameter has been used from cloud product of MODIS sensor on Terra satellite at level 2 and version 6 (MOD06) in the period of 2000 to 2013. Given that, the Available parameters in level 2 MODIS cloud products have not geographical coordinate's regular network, At first, the Cloud Fraction parameter data were transferred to a regular network, due to this process, Climate analysis on the data is possible, Base on new database the results showed that In annual scale, the trend variations in cloud cover increase at a rate of 0.02+% per annual (2% per century) in the country. Cloud cover in the seasonal scale showed that the decreasing trend occurs in autumn and increasing trend in other seasons. Cloud cover in the monthly scale, in July, October, December, and January decreased and there is an increasing trend in other months. The spatial distribution of cloud cover in the long-term annual trend showed that there is decreasing trend in the North East, North West and sporadically in the central regions and an increasing trend in the South, Southeast, and East of the country. Spatial distribution of seasonal trend showed that most parts of the country have been with the positive trend in autumn and the negative trend in winter.

Keywords: Temporal and spatial variations, Cloud cover, Cloud Fraction, Terra MODIS, Iran.

[1]- PhD Student of Climatology, Isfahan University, Isfahan, Iran
[2]*- Associate Professor of Climatology, Isfahan University, Isfahan, Iran Email: S.movahedi@geo.ui.ac.ir