فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال سی و دوم، شماره اول، بهار ۱۳۹٦، شماره پیاپی ۱۲٤

دکتر هوشمند عطایی*، دانشیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران
راضیه فنایی، کارشناس ارشد آب و هوا شناسی، دانشگاه پیام نور، اصفهان

Dr. H. Ataei
R. Fanaei
Hoo-Ataei@yahoo.com

تحلیل الگوهای روند متوسطرطوبت‌نسبی استان اصفهان

دریافت مقاله:۹۵/۱۲/۱ پذیرش نهایی: ۹۶/۲/۱۵

چکیده

افزایش گازها در جو نه تنها باعث گرمایش‌جهانی می‌شود بلکه باعث تغییراتی در رفتار پارامترهای هواشناسی از جمله رطوبت موجود در هوا خواهد بود. هدف از این پژوهش شناسایی الگوهای روند متوسطرطوبت‌نسبی استان اصفهان طی نیم قرن اخیر می‌باشد. در این راستا از آمار ماهانه متوسطرطوبت‌نسبی ۲۱ ایستگاه در داخل و خارج استان طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ استفاده شد. ابتدا سنجش همگنی و بهنجاری داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. سپس داده‌های ایستگاهی در ماتریسی با ابعاد ۶۰۰×۲۱ و با حالت T چیدمان و به وسیله برنامه‌نویسی و میان‌یابی به روش کریگینگ به داده‌های پیکسلی با ابعاد ۵×۵ کیلومترمربع تبدیل شدند. سپس داده‌های خارج از مرز استان حذف و در نهایت ۴۲۶۰ پیکسل در محدوده داخل استان باقی ماندند. در ادامه با استفاده از آزمون من-کندال روند هر یک از پیکسل‌های مورد مطالعه به‌دست آمد و در نهایت روندهای حاصل شده مورد پهنه‌بندی قرار گرفت. نتایج حاصل بیانگر آن است که طی ماه‌های فوریه تا نوامبر روندهای کاهشی درصد بیشتری از مساحت استان را به خود اختصاص داده‌اند و در مقابل در ماه‌های ژانویه و دسامبر پهنه بدون‌روند در سطح استان خودنمایی می‌کند. مطالعات صورت گرفته بر روی آهنگ تغییرات متوسط رطوبت‌نسبی، بیشترین کاهش رطوبت‌نسبی طی ماه‌های فوریه، آگوست، مارس و آوریل را تأیید می‌کند. در مجموع طی دوره آماری مورد مطالعه متوسط رطوبت‌نسبی استان اصفهان به میزان ۱۰/۰۲ درصد کاهش داشته است.

واژگان کلیدی: آزمون من-کندال، روند، رطوبت‌نسبی، استان اصفهان

مقدمه

وقوع تغییرات آب‌وهوایی حتی به صورت جزئی بر تمام ارکان زندگی بشر و حیات طبیعی اثرات فاحش و قابل توجهی دارد (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۷). تغییرات دما باعث تغییر ظرفیت رطوبتی و نقطه‌اشباع و در نهایت موجب تغییرات در الگوهای چرخش اتمسفری و رژیم بارشی و رطوبتی مناطق می‌شود و منجر به تحت‌تأثیر قرارگرفتن دیگر عناصر اقلیمی می‌شود. آلوی[1] (۱۹۹۴: ۳۹۳)، تغییرات دما، بارش، رطوبت‌نسبی و تبخیر را طی یک دوره ۵۰ ساله در جمهوری سودان مورد بررسی قرار داد. وی بیان کرد که طی دوره آماری مورد مطالعه دما دارای روند افزایشی و بارش از روند کاهشی برخوردار بوده است. نتایج بررسی نوسانات رطوبت‌نسبی و تبخیر نیز تأییدکننده روندهای موجود در منطقه هستند. گانگ زین[2] و همکاران (۲۰۰۷: ۵۸۵)، تغییرات زمانی- مکانی رطوبت‌نسبی

*نویسنده مسئول

[1]Alvi
[2]Guangxing et al

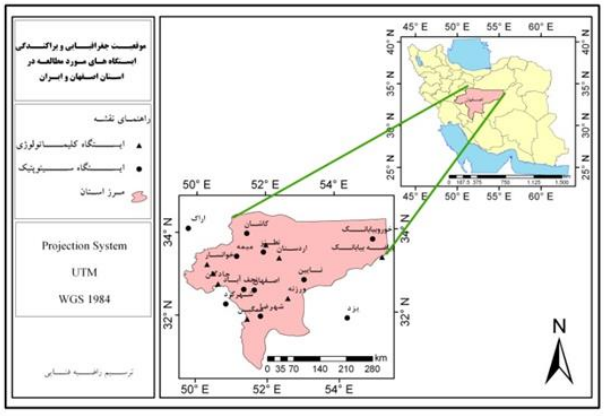
در سطح چین را بررسی کردند. سای[1] و همکاران (۲۰۱۰: ۲۴۱)، به بررسی نوسانات دما، بارش و رطوبت فلات تبت طی یک دوره ۳۵ ساله پرداختند. نتایج تحقیق آنها بیانگر آن است که هر سه پارامتر دارای روند افزایشی بوده است. شاتیلینا[2] و همکاران (۲۰۱۰: ۷۴۰)، روند دما در نواحی شمالی خاور دور را طی دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۷۶ با استفاده از روش رگرسیون‌خطی بررسی و نتیجه گرفتند که در نواحی جنوبی افزایش معنی‌داری مشاهده شده و تنها ماه‌های ژانویه و فوریه با کاهش دما روبرو بوده‌اند. شن[3] و همکاران (۲۰۱۱)، به بررسی نوسانات دمای‌حداقل و حداکثر ایالات متحده طی دوره ۲۰۰۰-۱۹۰۱ پرداختند و نتیجه گرفتند که هر دو پارامتر بین سال‌های ۱۹۶۰-۱۹۳۰ روند کاهشی و بین سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۷۰ روند افزایشی داشته‌اند. هنری[4] و همکاران (۲۰۱۱: ۲۱)، روند متوسط‌دما و رطوبت را در یک پروفیل قائم در جزایرهاوایی بررسی و نتیجه گرفتند روند گرمای معناداری به خصوص در ارتفاعات بالا مشاهده شده است. وو[5] و همکاران (۲۰۱۱)، در بررسی دمای چین با استفاده از آزمون من- کندال نتیجه گرفتند که به میزان ۰/۲۵ درجه سلسیوس در هر دهه افزایش داشته است. ریتر[6] و همکاران (۲۰۱۱)، تغییرات دما و بارش ۸۸ ایستگاه در حوضه دانوب را طی دوره آماری ۲۰۰۶-۱۹۶۰ و با استفاده از آزمون‌های من کندال و رگرسیون‌خطی بررسی کردند. نتایج نشان داد که دماهای فصول تابستان و پاییز افزایش قابل‌توجهی داشته اما در فصول زمستان و بهار میزان افزایش آن چشم‌گیر نبوده است. تائو[7] و همکاران (۲۰۱۱: ۱)، اثرات تغییراقلیم بر دما و بارش حوضه یانگتز[8] را بررسی و به این نتیجه دست یافتند که دمای حوضه در هر دهه ۰/۱۵ تا ۰/۴۸ درجه سلسیوس افزایش داشته است. آلن[9] (۲۰۱۲: ۱۹)، اثرات تغییر اقلیم و رطوبت را بر مرگ و میر در ایالات‌متحده بررسی کردند. آندرس[10] و همکاران (۲۰۱۲: ۱۷)، ارتباط رطوبت جو را با اکوسیستم کوهستان آند بررسی و پهنه‌بندی کردند. نتایج تحقیق ژوران[11] و همکاران (۲۰۱۲: ۵۶۹)، روند افزایشی در بارش را نشان داد در حالی که هیچ روند افزایشی در شدت حوادث بارش شدید مشاهده نشده است. نتایج آزمون من کندال نشان داد که هر سه سری زمانی دچار یک تغییر ناگهانی در اواخر قرن ۲۰ شده‌اند و پس از آن بارش‌های شدید به طور مکرر بزرگتر می‌شوند. ژن[12] (۲۰۱۵: ۳۵)، روند دماهای‌حدی در چین شمالی را بررسی و دریافت که روندهای افزایشی در روزهای تابستان و شب‌های حاره‌ای دماهای‌حداقل و حداکثر وجود داشته است. مقیمی (۱۳۷۸: ۴۳)، رطوبت‌نسبی و بارندگی تهران را طی یک دوره سی‌ساله بررسی و نشان داد که متوسط سالانه رطوبت‌نسبی حداقل با متوسط بارش مطابقت ندارد ولی رطوبت‌نسبی ماهانه و فصلی با متوسط فصلی و ماهانه بارش مطابقت دارد. کوثری و همکاران (۱۳۸۷: ۱۹۶)، تغییرات رطوبت‌نسبی در ۲۶ ایستگاه سینوپتیک کشور را بررسی کردند. طبق نتایج به دست آمده بیشتر ایستگاه‌های واقع در ایران مرکزی و شرق کشور دارای روند نزولی رطوبت‌نسبی بوده‌اند در حالی که این حالت در زاگرس و شمال کشور کمتر مشاهده شده است. امیدوار و خسروی (۱۳۸۹: ۳۴)، روند عناصراقلیمی در سواحل شمالی خلیج‌فارس را با استفاده از آزمون من – کندال بررسی و نشان دادند تغییرات متوسط دما در هر سه ایستگاه مشابه با روند تغییرات دمای حداقل آنهاست. همچنین رطوبت‌نسبی در هر سه ایستگاه مورد مطالعه یا دارای روند منفی معنی‌دار و یا فاقد روند است که این روند در ماه‌های گرم سال آشکارتر است. کریمی و فرج زاده (۱۳۹۰: ۱۰۹)، در پژوهشی منابع تأمین رطوبت بارش‌های ایران را بررسی و به این نتیجه دست یافتند که دریاهای عرب و مدیترانه به علت انتقال حجم زیاد رطوبت بر

[1] Xie
[2] Shatilina
[3] Shen
[4] Henry
[5] Wu
[6] Reiter
[7] Tao
[8] Yangtze
[9] Alan
[10] Andreas
[11] Zhuoran
[12] Zhen

روی ایران مهم‌ترین منبع رطوبتی بارش‌های ایران بوده‌اند. عطایی و فنایی (۱۳۹۳)، در بررسی تغییرات حداکثر رطوبت نسبی استان اصفهان دریافتند طی دوره آماری مورد مطالعه روندهای کاهشی رطوبت‌نسبی بر روندهای افزایشی غلبه داشته به طوری که در هر ماه بیش از ۶۶/۸ درصد از مساحت استان را به خود اختصاص داده است. اقلیم در شهرهای کرمان و بم دریافتند در ایستگاه کرمان متوسط دمای خشک از روندکاهشی، متوسط‌حداکثر مطلق دما بدون روند و سایر عناصر دمایی از روند افزایشی برخوردار بوده‌اند. در مقابل در ایستگاه بم وجود روند افزایشی در عناصر دمایی و روند کاهشی در عناصر رطوبتی طی دوره آماری مورد مطالعه تأیید شد. باهک (۱۳۹۴)، به ارزیابی روند بلندمدت الگوهای زمانی دمای زاهدان پرداخت. نتایج تحقیق وی نشان داد که تمام پارامترهای دما به ویژه در ماه‌های گرم مارس، ژوئن و آگوست بیش از ۱/۳ و دسامبر و ژانویه به طور متوسط حدود ۰/۹ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. عینی و همکاران (۱۳۹۵)، دمای کمینه شرق کرمانشاه را مدلسازی و دریافتند دمای کمینه کرمانشاه و کنگاور از یک مدل نهایی (۱، ۰، ۱) (۰، ۰، ۱) آریما و یک روند متشابه برخوردار می‌باشد که با روند ملایمی درحال افزایش می‌باشد. عطایی و فنایی (۱۳۹۵)، در بررسی روند دمای‌حداکثر استان اصفهان به این نتیجه رسیدند که نتایج هر سه آزمون من- کندال، دنلیس و تاوکندال شبیه می‌باشد و طبق نقشه‌های پهنه‌بندی ترسیم شده روندهای مشاهده شده در ماه‌های آوریل تا نوامبر مساحت بیشتری از استان را فراگرفته است. با توجه به اهمیت بارش و رطوبت در برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه منابع آب در کشور، لذا پرداختن به مطالعات بیشتر در این زمینه ضرورت پیدا می‌کند. در این راستا پژوهش حاضر با هدف بررسی الگوهای روند متوسط رطوبت‌نسبی استان اصفهان در مقیاس زمانی و مکانی صورت گرفته است.

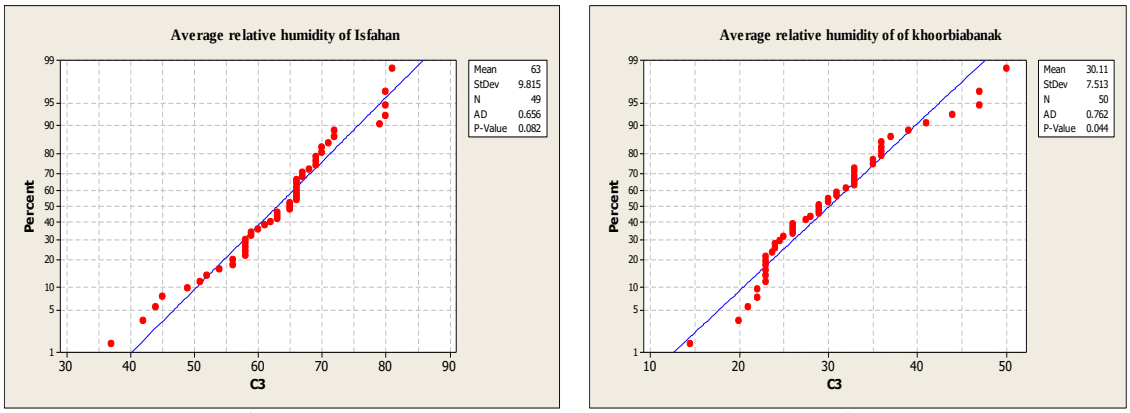
داده‌ها و روش‌ها

استان اصفهان با مساحت ۱۰۷۰۴۴/۲۹۱ کیلومتر مربع حدود ۶/۲۵ از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده و بین ۳۰ درجه و ۴ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. در این پژوهش جهت بررسی روند تغییرات ماهانه متوسط‌رطوبت‌نسبی استان اصفهان طی نیم قرن اخیر از آمار ۱۶ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی با پراکندگی مناسب در داخل استان و ۵ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی جهت پوشش مناسب در خارج استان استفاده گردید (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان اصفهان و ایستگاه‌های مورد مطالعه

به دلیل نیاز به دوره آماری طولانی در مطالعات تغییراقلیم و اطمینان از نتایج به‌دست آمه، دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ در این پژوهش انتخاب شد. ابتدا سنجش همگنی و بهنجاری داده‌های مورد مطالعه توسط آزمون‌های توالی[1] و اندرسون‌دارلینگ بررسی شد (شکل ۲). سپس با توجه به غیرنرمال بودن داده‌های مورد استفاده آزمون ناپارامتری من – کندال جهت محاسبه روند برگزیده شد. با توجه به این که هدف پژوهش حاضر روند تغییرات رطوبت به صورت پیکسلی می‌باشد، بر این مبنا در شروع کار داده‌های ایستگاهی در ماتریسی با حالت T [2] و با ابعاد ۶۰۰ × ۲۱ تهیه گردید. بدین‌صورت که مکان‌ها بر روی سطرها و زمان‌ها بر روی ستون‌ها قرار گرفتند. سپس به وسیله برنامه‌نویسی در نرم‌افزار سرفر و با میان‌یابی به روش کریگینگ داده‌های ایستگاهی به داده‌های پیکسلی با ابعاد ۵ × ۵ کیلومترمربع تبدیل شدند.



ب) ماه مارس ایستگاه اصفهان　　الف) ماه ژوئن ایستگاه خوروبیابانک

شکل ۲- نمونه‌ای از سنجش بهنجاری داده‌های مورد مطالعه توسط آزمون‌های اندرسون-دارلینگ

با توجه به اندازه پیکسل‌ها جهت سنجش کیفیت نقشه‌های رقومی تست گرافیکی انجام گرفت و پیکسل‌ها در ابعاد ۵ × ۵ کیلومترمربع به عنوان مناسب‌ترین ابعاد شناخته شد. در ادامه پیکسل‌های خارج از منطقه مورد مطالعه حذف و تعداد ۴۲۶۰ پیکسل در محدوده داخل منطقه مورد مطالعه باقی ماندند. جهت محاسبه روند، پیکسل‌ها در ماتریسی با ابعاد ۶۰۰ × ۴۲۶۰ قرار گرفتند و به نرم‌افزار مت‌لب[3] منتقل شدند. سپس به وسیله برنامه‌نویسی در نرم‌افزار مت‌لب، روند هر یک از پیکسل‌ها توسط آزمون من – کندال در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد محاسبه گردید. سپس جهت شناسایی میزان تغییرات دما طی ۵۰ سال گذشته معادله‌خط بر روی متوسط‌های پهنه‌ای هر ماه برازش شد و مقدار تغییرات دما در هر ماه و همچنین طی ۵۰ سال گذشته برآورد گردید. در نهایت با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات‌جغرافیایی[4] روندهای پیکسلی سری‌ها در قالب استان به صورت نقشه پهنه‌بندی شد.

آزمون من-کندال: این آزمون برای تعیین تصادفی بودن و روند در سری‌ها استفاده می‌شود. در صورت وجود روند، داده‌ها غیرتصادفی بوده و برای تعیین تصادفی بودن داده‌ها از رابطه ۱ استفاده می‌شود (فرج‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

$$T = \frac{4P}{N(N-1)} - 1$$ رابطه (۱)

T آماره من‌کندال و P مجموع تعداد رتبه‌های بزرگتر از ردیف ni که بعد از آن قرار می‌گیرند.

آزمون معنی‌داری آن از رابطه۲ قابل محاسبه می‌باشد:

1 Runs Test
2T Mode
3Matlab
4 Arc GIS

رابطه (۲)
$$(T)_t = \pm \mathrm{tg}\sqrt{\frac{4NP+10}{9N(N-1)}}$$

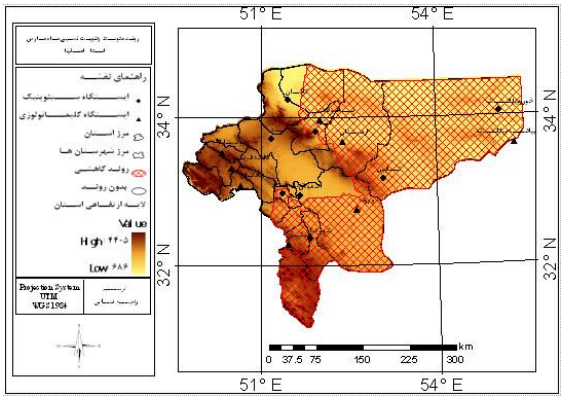
در رابطه مذکور tg برابر با مقدار بحرانی توزیع‌نرمال‌استاندارد (z) بر اساس احتمال ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ می‌باشد. در صورت اعمال این مقدار، (T)t در این تحقیق برابر ۰/۱۹± می‌شود.

حال با توجه به مقدار بحرانی به‌دست آمده اگر (T)t >T>-(T)t یعنی ۰/۱۹ -<T<۰/۱۹+ باشد هیچ‌گونه روند مهمی در سری‌ها مشاهده نمی‌شود و سری‌ها تصادفی هستند.

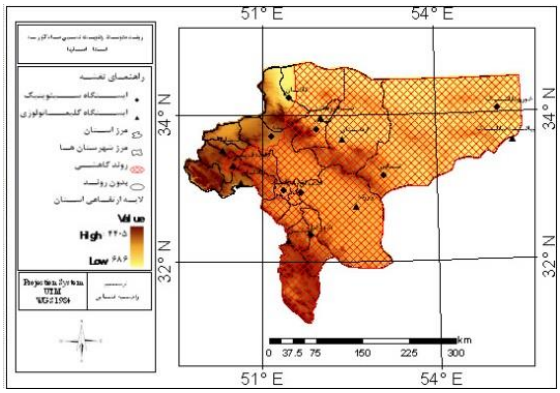
اگر T< -(T)t یعنی T< -۰/۱۹ شد روند منفی در سری‌ها و اگر T> (T)t یعنی T> +۰/۱۹ باشد روند مثبت در سری‌ها غالب خواهد بود.

بحث

مطالعه رطوبت موجود در هوا نقش مهمی در بررسی تغییرات‌اقلیمی دارد، زیرا افزایش بخار آب و سایر گازهای گلخانه‌ای در جو باعث گرمایش‌جهانی می‌شود، لذا در این پژوهش به بررسی روند تغییرات متوسط‌رطوبت‌نسبی استان اصفهان پرداخته شده است. در رابطه با تغییرات مکانی اتفاق افتاده در متوسط‌رطوبت‌نسبی استان اصفهان چنین می‌توان بیان نمود که در ایستگاه‌های نایین، اردستان و نطنز بیش از سایر ایستگاه‌ها روندهای کاهشی رخ داده به طوری که در اکثر ماه‌های سال دارای روند کاهشی می‌باشند. در مقابل در ایستگاه چادگان در هیچ یک از ماه‌های سال روندی مشاهده نشده است. در مجموع چنین دریافت می‌شود که ایستگاه‌های واقع در شرق و مرکز استان از روندهای کاهشی برخوردار و در مقابل ایستگاه‌های غرب استان فاقدروند می‌باشند. تغییرات زمانی رخ داده نیز حاکی از آن است که طی ماه ژانویه شمال و بخش‌هایی از مرکز استان به سمت جنوب را روندهای کاهشی با مساحت ۳۸/۲ درصد (۱۶۲۷ یاخته) از کل مساحت استان پوشش می‌دهد. همچنین در غرب استان واقع در ایستگاه دامنه‌فریدن نیز روندکاهشی رطوبت مشاهده شده است. روندهای کاهشی به وقوع پیوسته شامل ایستگاه‌های بادرود نطنز، نطنز، اصفهان، نجف‌آباد، شهرضا و دامنه‌فریدن می‌باشد. در سایر نقاط استان روند خاصی رخ نداده است (شکل ۳). طی ماه فوریه درصد مساحت روندهای کاهشی ۴۸/۲ درصد نسبت به ماه ژانویه افزایش پیدا کرده است. بیشترین گسترش پهنه‌ها در این ماه از آن پهنه روند کاهشی با ۸۶/۴ درصد (۳۶۸۲ یاخته) از مساحت استان می‌باشد (جدول ۱). در این ماه تمام مناطق شمال، جنوب، شرق و مرکز استان در پهنه روند کاهشی جای گرفته و تنها در غرب استان و ایستگاه‌های چادگان، خوانسار، میمه وکاشان روندی مشاهده نمی‌شود و فاقدروند می‌باشند (شکل۴). با توجه به آهنگ زمانی محاسبه شده در جدول ۳ طی نیم قرن اخیر میزان رطوبت‌نسبی استان ۱۲/۴۵ درصد یعنی در هر سال ۰/۲۴۹ درصد کاهش داشته است.



شکل۳- پهنه‌بندی روند متوسط‌رطوبت‌نسبی ماه ژانویه

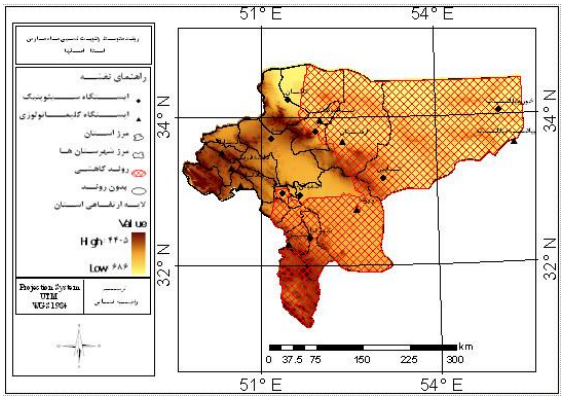


شکل٤- پهنه‌بندی روند متوسط‌رطوبت‌نسبی ماه فوریه

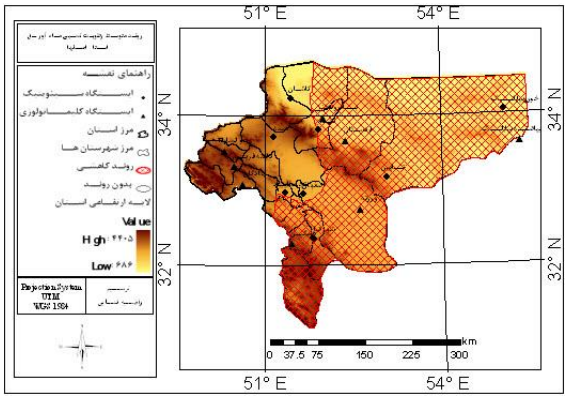
جدول ۱ - درصد مساحت و تعداد یاخته‌های متوسط‌رطوبت‌نسبی در ماه‌های مختلف سال استان اصفهان

ماه	مساحت به درصد	تعداد یاخته‌ها	مساحت به درصد	تعداد یاخته‌ها	مساحت به درصد	تعداد یاخته‌ها
ژانویه	۰	۰	۶۱/۸	۲۶۳۳	۳۸/۲	۱۶۲۷
فوریه	۰	۰	۱۳/۶	۵۷۸	۸۶/۴	۳۶۸۲
مارس	۰	۰	۲۹/۷	۱۲۶۶	۷۰/۳	۲۹۹۴
آوریل	۰	۰	۲۷/۶	۱۱۷۵	۷۲/۴	۳۰۸۵
مه	۰	۰	۳۰/۳	۱۲۹۲	۶۹/۷	۲۹۶۸
ژوئن	۰/۳	۱۴	۳۵/۱	۱۴۹۶	۶۴/۶	۲۷۵۰
ژولای	۱/۷	۷۱	۳۲	۱۳۶۳	۶۶/۳	۲۸۲۶
آگوست	۰	۰	۱۵/۸	۶۷۲	۸۴/۲	۳۵۸۸
سپتامبر	۰	۰	۱۰/۳	۴۳۷	۸۹/۷	۳۸۲۳
اکتبر	۰	۰	۲۳/۵	۱۰۰۰	۷۶/۵	۳۲۶۰
نوامبر	۰	۰	۴۷/۲	۲۰۱۰	۵۲/۸	۲۲۵۰
دسامبر	۰	۰	۸۴/۱	۳۵۸۱	۱۵/۹	۶۷۹

همان‌گونه که در شکل ۵ مشهود است طی ماه مارس از پهنه روند کاهشی به میزان ۱۶/۱ درصد کاسته شده و بر پهنه بدون‌روند افزوده می‌گردد. در این ماه مناطق شمال، شرق، جنوب و جنوب‌شرق استان شامل ایستگاه‌های بادرودنطنز، نطنز، اردستان، خوروبیابانک، بیاضه‌بیابانک، نایین، ورزنه، شهرضا، همگین و نجف‌آباد از روند کاهشی برخوردار و در کل ۷۰/۳ درصد (۲۹۹۴ یاخته) از مساحت استان را پوشش می‌دهند (جدول۲). طی این ماه مرکز استان که در ماه فوریه از روند کاهشی برخوردار می‌بود، از این پهنه خارج و به پهنه بدون‌روند می‌پیوندد. طبق شکل۶ در ماه آوریل ۲/۱ درصد بر پهنه روند کاهشی، افزوده شده و علاوه بر مناطق شمال، شرق، جنوب و جنوب‌شرق استان قسمت‌هایی از مرکز استان را نیز در بر می‌گیرد. در این ماه روندهای کاهشی ۷۲/۴ درصد از مساحت استان را شامل شده و ایستگاه‌های خوروبیابانک، بادرودنطنز، نطنز، اردستان، نایین، ورزنه، شهرضا و همگین در این پهنه جای گرفته‌اند.



شکل ۵- پهنه‌بندی روند متوسط‌رطوبت‌نسبی ماه مارس

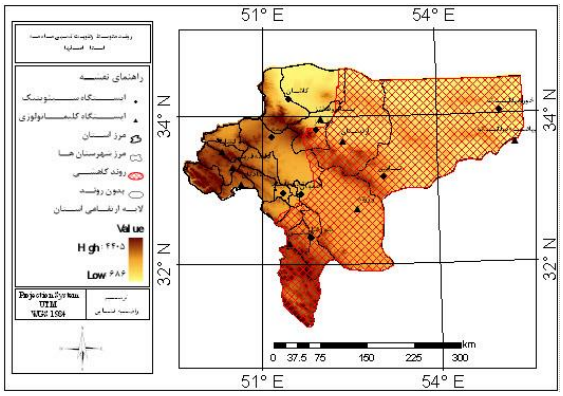


شکل ٦- پهنه‌بندی روند متوسط‌رطوبت‌نسبی ماه آوریل

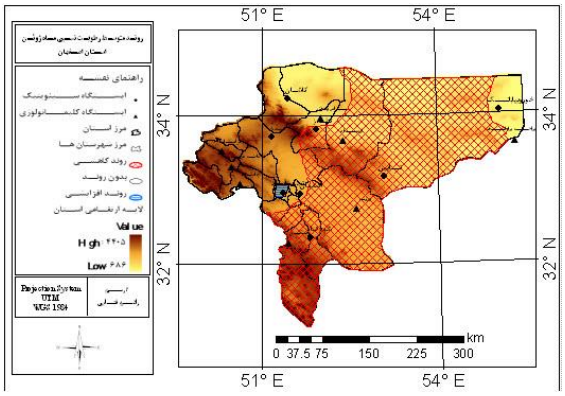
شکل ۷ نشان می‌دهد در این ماه نسبت به ماه آوریل ۲/۷ ٪ از مساحت روند کاهشی، کاسته و بر مساحت پهنه بدون‌روند افزوده شده است. در این ماه نیمه شمال‌شرق تا جنوب‌غرب استان شامل پهنه روند کاهشی می‌باشند و در مجموع ۶۹/۷٪ از مساحت استان را پوشش می‌دهد. طبق آهنگ زمانی به‌دست آمده در جدول۲ طی ۵۰ سال گذشته ۹/۹۵٪ از میزان رطوبت‌نسبی کاسته شده است. طی ماه ژوئن ایستگاه خور و بیابانک و بیاضه بیابانک واقع در شرق استان از پهنه روند کاهشی خارج گردیده و به پهنه بدون‌روند می‌پیوندد (شکل ۸). در این ماه مناطق شمال، جنوب و جنوب‌شرق استان شامل پهنه روند کاهشی بوده و ۶۴/۶٪ (۲۷۵۰ یاخته) مساحت استان را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۱). غرب استان نیز همچنان فاقد روند می‌باشد. از نکات بارز در این شکل پدیدار شدن روند افزایشی در استان می‌باشد که به مقدار ۰/۳٪ از مساحت استان را پوشش داده و تنها در ایستگاه نجف‌آباد قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۲- آهنگ تغییرات متوسط‌رطوبت‌نسبی طی دوره آماری مورد مطالعه در استان اصفهان

ماه	در هر سال	طی ۵۰ سال	ماه	در هر سال	طی ۵۰ سال
ژانویه	-۰/۱۳	-۶/۷۵	ژولای	-۰/۱۹	-۹/۶۵
فوریه	-۰/۲۴	-۱۲/۴۵	آگوست	-۰/۲۴	-۱۲/۱
مارس	-۰/۲۳	-۱۱/۷۵	سپتامبر	-۰/۲۳	-۱۱/۹
آوریل	-۰/۲۲	-۱۱/۳۵	اکتبر	-۰/۱۹	-۹/۷۵
مه	-۰/۱۹	-۹/۹۵	نوامبر	-۰/۱۸	-۹/۳۵
ژوئن	-۰/۲۱	-۱۰/۶۵	دسامبر	-۰/۰۹	-۴/۶

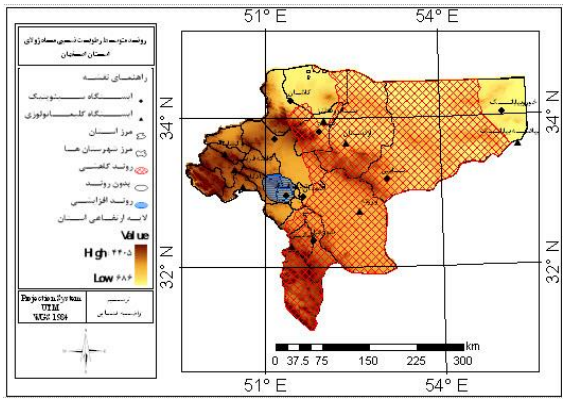


شکل ۷- پهنه‌بندی روند متوسط‌رطوبت‌نسبی ماه مه

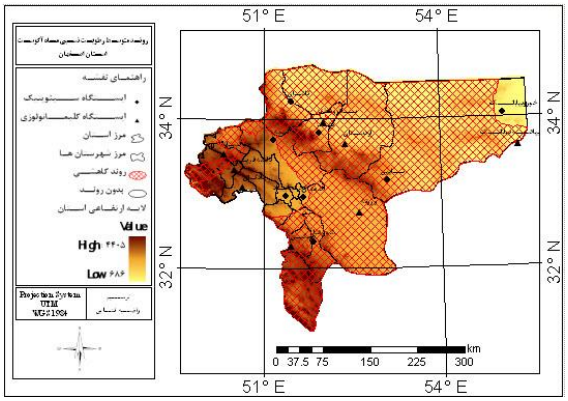


شکل ۸- پهنه‌بندی روند متوسط‌رطوبت‌نسبی ماه ژوئن

با توجه به شکل ۹ در ماه ژولای بر پهنه روند کاهشی ۱/۷ ٪ و بر روند افزایشی ۱/۴ ٪ افزوده شده است. روندهای کاهشی در شمال، جنوب، مرکز و جنوب‌شرق استان با ۶۶/۳ ٪ از مساحت استان قابل مشاهده است و ایستگاه‌های نطنز، اردستان، نایین، ورزنه، شهرضا و همگین را دربرمی‌گیرد. در مقابل روندهای افزایشی در ایستگاه نجف‌آباد و ۱/۷ ٪ از مساحت استان را شامل می‌شود. در این ماه روندهای کاهشی، افزایشی چشم‌گیری داشته و ۸۴/۲ ٪ (۳۵۸۸ یاخته) از مساحت استان را پوشش داده و نسبت به ماه ژولای ۱۷/۹٪ رشد داشته است. نکته بارز اینکه حرکت روندهای افزایشی به طرف غرب استان و قرارگرفتن کناره‌های غربی استان در این پهنه می‌باشد. طی این ماه ایستگاه‌های بیاضه‌بیابانک، کاشان، نطنز، اردستان، نایین، ورزنه، شهرضا، همگین، خوانسار و میمه دارای روند کاهشی و ایستگاه‌های خور و بیابانک، دامنه‌فریدن، چادگان، اصفهان و نجف‌آباد در پهنه بدون‌روند جای می‌گیرند (شکل ۱۰).

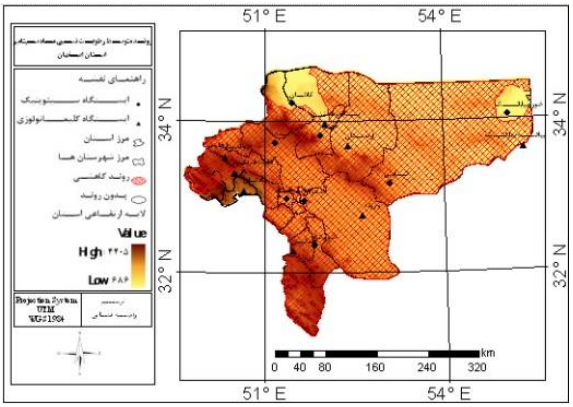


شکل ۹- پهنه‌بندی روند متوسط‌رطوبت‌نسبی ماه‌ژولای

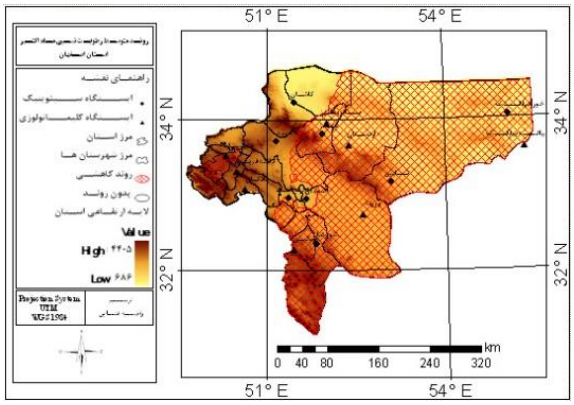


شکل ۱۰- پهنه‌بندی روند متوسط‌رطوبت‌نسبی ماه آگوست

در این ماه روندهای کاهشی با ۸۹/۷ ٪ پوشش سطح استان بیشترین درصد مساحت پهنه‌ها را در دوره آماری مورد مطالعه به خود اختصاص داده است. در این ماه تمام مناطق شمال، قسمتی از شرق، مرکز، جنوب و غرب استان از روندهای کاهشی و ایستگاه‌های کاشان، خوروبیابانک، اصفهان، چادگان و دامنه‌فریدن فاقدروند می‌باشند (شکل ۱۱). همان‌گونه که در شکل ۱۲ ملاحظه می‌شود، در ماه اکتبر از پهنه روندهای کاهشی به مقدار ۱۳/۲ ٪ کاسته شده و بر پهنه بدون‌روند افزوده گردیده است. طی این ماه در مناطق شمال، شرق، مرکز، جنوب و قسمتی از غرب استان روندهای کاهشی قابل مشاهده می‌باشد. در این ماه ایستگاه‌های خور و بیابانک، بیاضه-بیابانک، بادرود نطنز، نطنز، اردستان، نایین، ورزنه، شهرضا، همگین و خوانسار از روند کاهشی برخوردار و ۷۶/۵ ٪ از مساحت استان را پوشش می‌دهند.

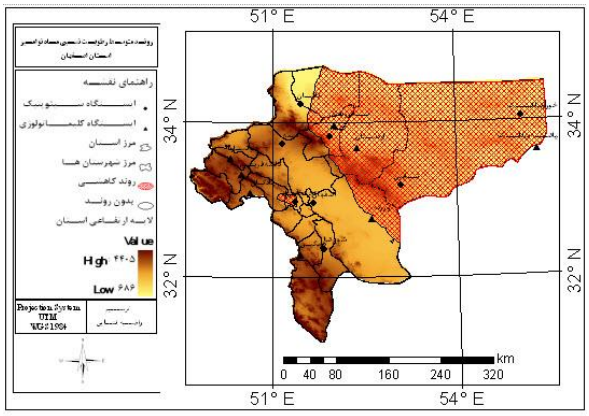


شکل۱۱- پهنه‌بندی روند متوسط‌رطوبت‌نسبی ماه سپتامبر

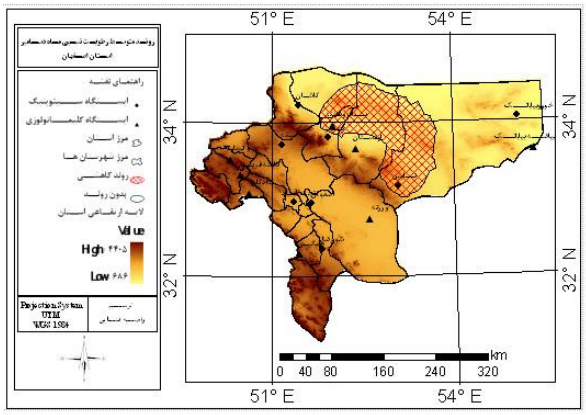


شکل۱۲- پهنه‌بندی روند متوسط‌رطوبت‌نسبی ماه اکتبر

با نگاهی به شکل۱۳ مشاهده می‌شود که در ماه نوامبر مجدداً پهنه روند کاهشی رو به افول رفته است. به‌طورکلی در این ماه مناطق شمال، شرق و جنوب‌شرق و قسمت اندکی از جنوب‌غرب شمال ایستگاه نجف‌آباد از روندهای کاهشی و سایر نقاط استان بدون‌روند می‌باشند. طی این ماه روندهای کاهشی به کمترین گسترش خود در سطح استان رسیده و تنها ۱۵/۹ ٪ (۶۷۹ یاخته) از مساحت استان را پوشش داده و سایر مناطق استان در پهنه بدون‌روند جای می‌گیرند. در این ماه تنها ایستگاه‌های بادرودنطنز و نایین دارای روند کاهشی بوده‌اند و سایر مناطق استان بدون‌روند می‌باشند (شکل ۱۴). در مجموع می‌توان بیان نمود که با سرد شدن هوا از روندهای افزایشی نیز کاسته گردیده است.



شکل۱۳- پهنه‌بندی روند متوسط‌رطوبت‌نسبی ماه نوامبر



شکل۱٤- پهنه‌بندی روند متوسط‌رطوبت‌نسبی ماه دسامبر

نتیجه‌گیری

امروزه موضوع تغییر اقلیم و تأثیرات ناشی از آن، مانند گرمایش‌جهانی، یکی از مسایل مهم و مطرح جهانی است. در این خصوص بسیاری از پژوهشگران در سراسر جهان تحقیقات ارزنده‌ای برای شناخت اقلیم، تغییرپذیری آن و پیش‌بینی این تغییرات انجام داده‌اند. در مطالعات اقلیمی تنها نباید به بررسی تغییرات پارامترهای اصلی هم‌چون دما اکتفا شود بلکه باید به پارامترهای دیگری نظیر رطوبت‌نسبی نیز توجه گردد. لذا در این پژوهش به بررسی روند تغییرات متوسط‌رطوبت‌نسبی در استان اصفهان پرداخته شده است. بر پایه نتایج حاصل از این پژوهش طی ماه‌های فوریه تا نوامبر پهنه روند کاهشی بر سایر پهنه‌ها چیره گشته و به طور معمول در هر ماه بیش از ۵۲/۸ ٪ از مساحت استان را به خود اختصاص داده است. روندهای مذکور طی ماه‌های سپتامبر، فوریه و آگوست رشد چشم‌گیری داشته و از نمود بیشتری در سطح استان برخوردار می‌باشند. در دو ماه ژانویه و دسامبر پهنه بدون‌روند بر سطح استان مسلط گشته و روندهای کاهشی درصد کمتری از مساحت استان را به خود اختصاص داده‌اند. در این میان سهم روندهای افزایشی بسیار ناچیز می‌باشد زیرا تنها در دو ماه ژوئن و ژولای آشکار شده و به ترتیب ۱/۳ و ۱/۷ ٪ از مساحت استان را دربرگرفته‌اند. نتایج بررسی‌های حاصل از آهنگ تغییرات متوسط‌رطوبت‌نسبی نیز حاکی از آن است که طی ماه‌های فوریه، آگوست، مارس و آوریل بیشترین کاهش رطوبت‌نسبی طی ۵۰ سال گذشته در سطح استان اصفهان رخ داده است. به‌طوری‌که طی این ماه‌ها، رطوبت‌نسبی به ترتیب به میزان ۱۲/۴، ۱۲/۱، ۱۱/۷۵ و ۱۱/۳۵ درصد کاهش یافته است. طی ماه‌های دسامبر و ژانویه نیز با ۴/۶ و ۶/۷۵ درصد کاهش، کمترین کاهش رطوبت‌نسبی در بین ماه‌های سال مشاهده شده است. در مجموع با توجه به مطالب مذکور می‌توان بیان کرد که نمود عامل توپوگرافی در ماه‌های فاقدروند آشکار می‌باشد. بدین‌ترتیب که غرب استان اصفهان که عمدتاً از ارتفاع بیشتری نسبت به سایر مناطق برخوردار

است (ایستگاه‌های چادگان، خوانسار و دامنه‌فریدن) در اکثر ماه‌های سال بدون‌روند هستند. اما در مناطق کم‌ارتفاع ایستگاه‌های اردستان، نطنز و نایین به عنوان ایستگاه‌های شاهد نشان می‌دهند که روند رطوبت‌نسبی عمدتاً کاهشی بوده است. لذا چنین می‌توان نتیجه گرفت که نمود توپوگرافی در روند رطوبت‌نسبی استان اصفهان بارز می‌باشد. در نهایت بررسی زمانی روند رطوبت‌نسبی، چهار الگو را در استان اصفهان از یکدیگر متمایز می‌سازد. الگوی اول، الگوی روند رطوبتی کاهشی سرد (فوریه، مارس، آوریل و مه)، الگوی دوم، الگوی گذار روند رطوبتی سرد به گرم (ژوئن و ژولای)، الگوی سوم، الگوی روند رطوبتی کاهشی گرم (آگوست، سپتامبر و اکتبر) و سرانجام الگوی چهارم، الگوی گذار روند رطوبتی گرم به سرد (نوامبر، دسامبر و اکتبر) می‌باشد. نتایج حاصله از این پژوهش با یافته‌های پژوهشگران قبلی از جمله (رحیم‌زاده، خوشکام،۱۳۸۲: ۵۳) و (قره‌خانی، قهرمان، ۱۳۸۹: ۶۳۶) هم‌خوانی دارد. به منظور آشکارسازی تغییراقلیم، فعالیت‌های زیادی جهت شناسایی روند تعدادی از پارامترهای اقلیمی در دهه‌های اخیر صورت گرفته است؛ لیکن اکثر آنها حاکی از افزایش دما و کاهش رطوبت‌نسبی و بارش می‌باشد. تغییرات مذکور اثرات نامطلوبی را به دنبال خواهد داشت و این امر به صورت غیرمستقیم منجر به آسیب‌های اقتصادی به کشورها خواهد گردید.

منابع و مآخذ

- امیدوار، کمال، خسروی، یونس (۱۳۸۹)، بررسی تغییر برخی عناصر اقلیمی در سواحل شمالی خلیج‌فارس با استفاده از آزمون من‌کندال، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره پیاپی ۳۸، شماره ۲، تابستان، صص ۴۶-۳۳.
- باهک، بتول (۱۳۹۴)، پیش‌بینی و ارزیابی روند بلندمدت الگوهای زمانی دمای زاهدان و تأثیر آن بر تبخیروتعرق پتانسیل، فصلنامه جغرافیا، شماره ۴۴، بهار، صص ۲۵۷-۲۳۹.
- رحیم زاده، فاطمه، خوشکام، محبوبه، تغییرات سریهای رطوبت در ایستگاههای سینوپتیک کشور، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییراقلیم، (اصفهان، ۲۹ مهر الی ۱ آبان ۱۳۸۲).
- فرج زاده، منوچهر، فیضی، وحید، ملاشاهی، مریم، مطالعه تغییراقلیم در شمال‌غرب ایران به روش من‌کندال، همایش کاربرد جغرافیای‌طبیعی در برنامه‌ریزی محیطی، (دانشگاه آزاد اسلامی خرم‌آباد، ۵ و ۶ خرداد ۱۳۸۹)
- قره خانی، ابوذر، قهرمان، نوذر (۱۳۸۹)، بررسی روند تغییرات فصلی و سالانه رطوبت‌نسبی و نقطه شبنم در چند نمونه اقلیمی در ایران، نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۴، پاییز، صص۶۴۶-۶۳۶.
- عزیزی، قاسم، روشنی، محمود (۱۳۸۷)، مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی خزر به روش من-کندال، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، تابستان، صص۲۸-۱۳.
- عینی، سعیده، طاوسی، تقی، امیرجهانشاهی، مهدی (۱۳۹۵)، مدلسازی کمینه دمایی شرق استان کرمانشاه، فصلنامه فضای‌جغرافیایی، سال ۱۶، شماره ۵۴، تابستان، صص ۶۷-۴۷.
- کریمی، مصطفی، فرج‌زاده، منوچهر (۱۳۹۰)، شار رطوبت و الگوهای فضایی – زمانی منابع تأمین رطوبت بارشهای ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم‌جغرافیایی، جلد ۱۹، شماره ۲۲، پاییز، صص ۱۲۷-۱۰۹.
- کوثری، محمد رضا، اختصاصی، محمد رضا، تازه، مهدی، صارمی، محمد علی (۱۳۸۷)، بررسی روند تغییرات بارش، دما و رطوبت‌نسبی در ۲۶ ایستگاه سینوپتیک کشور، پژوهش‌وسازندگی، شماره ویژه نامه منابع طبیعی، دوره ۲۱، زمستان، صص ۲۰۷-۱۹۶.
- مقیمی، ابراهیم (۱۳۷۸)، تحلیل آماری رطوبت‌نسبی و بارندگی تهران در یک دوره ۳۰ ساله، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۴ و ۵۵، پاییز و زمستان، صص ۶۱-۴۳.

- عطایی، هوشمند، فنایی، راضیه (۱۳۹۳)، کاربرد آزمون ناپارامتری من‌کندال در شناسایی تغییرات حداکثررطوبت‌نسبی استان اصفهان، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال چهاردهم، شماره ۳۴، پاییز، صص ۱۳۲-۱۱۱.
- عطایی، هوشمند، فنایی، راضیه (۱۳۹۵)، شناخت الگوهای رفتار متوسط‌دمای‌حداکثر با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری (مطالعه موردی: استان اصفهان)، مجله اندیشه‌جغرافیایی، سال هشتم، شماره پانزدهم، زمستان، صص ۱۰۲-۸۶.
- Barreca, AI. (2012), Climate change, humidity, and mortality in the United States, Journal of Environmental Economics and Management, 63,pp. 19–34.
- Alvi, Sh. (1994), Climate change, desertification and the Republic of Sudan, Geojournal, vol 33, No 4, pp. 393-399.
- Andreas Fries, R., Rütger, T. Nau, P. ,Thorsten, Bendix, J. (2012), Near surface air humidity in a megadiverse Andean mountain ecosystem of southern Ecuador and its regionalization, Agricultural and Forest Meteorology, 152, pp. 17– 30.
- Guangxing Lin, Xi Chen, Z. (2007), Temporal–spatial diversities of long-range correlation for relative humidity over China, Physica A, 383, pp. 585–594.
- Henry F. Diaz, Giambelluca,TW., Eischeid, Jon K. (2011), Changes in the vertical profiles of mean temperature and humidity in the Hawaiian Island, Global and Planetary Change, 77, pp. 21–25.
- Shatilina, T. A. (2010), Peculiarities of surface air temperature variations over the FAR East regions in 1976-2005. Russian Meteorology and Hydrology, vol 35, num 11 , PP. 740-743.
- Shen, S. S (2011), The twentieth century contiguous us temperature changes indicated by daily and higher statistical moments. climatic change, online first .
- Tao, h. G. (2011), Assessment of CMIP3 climate models and projected changes of precipitation and temperature in Yangtze River basin china. Climate change, online firest.
- Shuhong, Wu., Aigang, L. Longqing, Li. (2011), Spatial and temporal characteristics of minimum temperature in winter in china during 1961-2010 from NCEP/NCAR reanalysis, Theoretical and Applied climatology, online first.
- Xie, h. y. (2010), Warming and drying trends on the Tibetan Plateau 1971-2005. Theoretical and Applied climatology, vol 101, num 3-4 , pp. 241-253.
- Yue, S. H. (2003), Temperature tiends in Japan 1900-1996. Theor, Appl, Climatol, 75 , PP.15-27.
- Zhen Yu, L.(2015), Recent trends in daily temperature extremes over northeastern China (1960–2011), Quaternary International, Vol. 380–381, pp. 35–48.