تأثیر تغییرات اقلیمی بر روند تغییرات سری زمانی برخی از پارامترهای اقلیمی در ایران

حمید رضا گل کار حمزیی یزد*
استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فردوس

چکیده

پیشرفت و صنعتی شدن جوامع بشری در قرن گذشته باعث تشدید غلظت گازهای گلخانه ای و مشاهده تغییراتی در اقلیم و آب و هوای نقاط مختلف کره زمین شده است. نماد این تغییرات اقلیمی، در تغییر مقادیر طولانی مدت پارامترهای هواشناسی می‌باشد. از این رو در این تحقیق هدف اندازه گیری میزان روند تغییرات زمانی و تعیین پراکندگی پارامترهای درجه حرارت، سرعت باد، ساعت آفتابی و تبخیر- تعرق در کل کشور می‌باشد. پس از جمع آوری آمار و اطلاعات ۳۶ ایستگاه سینوپتیک با طول دوره آماری ٤٥ ساله، روند تغییرات زمانی پارامترهای مذکور در مقیاس فصلی و سالیانه برای هر ایستگاه به روش آزمون معنی‌دار بودن شیب خط روند زمانی محاسبه گردید. خلاصه نتایج بیانگر آن است که درجه حرارت حداقل در فصل تابستان و پاییز، در بیشتر از ۷۵ درصد ایستگاه‌ها و در فصل بهار و زمستان در بیشتر از ٦٥ درصد ایستگاه‌ها دارای روند صعودی می‌باشد، روند درجه حرارت حداکثر نیز در فصل پاییز در ۷۵ درصدی ایستگاه‌ها، صعودی و در فصل زمستان در ٦٠ درصد ایستگاه‌ها، نزولی می‌باشد و پارامتر درجه حرارت نقطه شبنم نیز در فصل بهار، پاییز و زمستان در ۸۰ درصد و در فصل تابستان در ٦٠ درصدی ایستگاه‌ها دارای روند نزولی است. روند پارامتر سرعت باد در فصل تابستان، پاییز و زمستان در بیشتر از ٦٠ درصد ایستگاه‌ها مثبت می‌باشد، پارامتر ساعت آفتابی نیز تقریباً در تمام سطح کشور دارای روند صعودی است و همچنین تبخیر- تعرق گیاه مرجع در مقیاس فصلی و سالیانه در بیشتر از ٦٥ درصدِ ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی می باشد.

واژگان کلیدی: **تبخیر- تعرق، درجه حرارت، سرعت باد، ساعت آفتابی، روند سری زمانی و ایران.**

مقدمه

یکی از چالش‌های قرن ۲۱ میلادی موضوع نوسانات و تغییرات اقلیمی است (Hulme et al., 1999). به تغییرات معنی‌دار میانگین پارامترهای هواشناسی در طول یک دوره آماری بلند مدت تغییر اقلیم گفته می‌شود. دلایل اصلی تغییرات اقلیمی افزایش انرژی ورودی از خورشید و گرمایش جهانی ناشی از تشدید اثرات گلخانه‌ای می‌باشند (IPCC, 2001a).

مدل‌های گردش عمومی و مطالعات انجام شده، بیانگر افزایش درجه حرارت به میزان ۱ الی ۲ درجه سانتی گراد و افزایش بارندگی، به میزان ۳ الی ۱۵ درصد می‌باشند. اما به دلیل الگوی غیر یکنواخت توزیع، در مناطق خشک و نیمه خشک، کاهش بارندگی و در مناطق مرتفع و مرطوب افزایش بارندگی مشاهده

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۳۲۲٦۳٤۱
E-mail: golkar.hr@ferdowsiau.ac.ir

می‌شود(IPCC, 1996). بررسی و مطالعات تغییر اقلیم نشان می‌دهد، که تغییرات اقلیمی باعث نوساناتی در میزان برف و باران و به خصوص کاهش نسبت برف به باران و همچنین تغییراتی در میزان رطوبت خاک، شدت و فراوانی طوفان‌ها، رواناب، سیلاب ها، طول خشکی و خشکسالی‌ها شده است. (Ragab, 2000; Gleick, 1998; Tubiello et al., 1999)

پیشرفت و صنعتی شدن جوامع بشری، در قرن گذشته باعث شده تا تغییراتی در اقلیم و آب و هوای نقاط مختلف کره زمین مشاهده شود. نمود این تغییرات اقلیمی، در تغییر مقادیر دراز مدت پارامترهای هواشناسی می‌باشد. از این رو در این تحقیق هدف اندازه‌گیری میزان روند تغییرات زمانی و تعیین پراکندگی برخی از پارامترهای هواشناسی در کل کشور می‌باشد.

مطالعات انجام شده در سودان نیز نشان داد در تمام مناطق به جز منطقه شمالی، متوسط درجه حرارت سالانه روند افزایشی معنی داری داشته است. به نحوی که از دهه ۱۹٤۰ تا ۲۰۰۰ متوسط درجه حرارت سالانه، افزایشی بین ۰/۰۸ تا ۰/۲ درجه سانتی گراد را در هر دهه دارا بوده است (Elagib and Mansell, 2000).

کوچکی و همکاران (۱۳۸٤)، با اجرای مدل‌های گردش عمومی برای سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی به این نتیجه رسیدند، که در ایران در تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی افزایشی در میانگین درجه حرارت اتفاق می‌افتد و بر این اساس در طی ۲۵ و ۵۰ سال آینده شاهد گرمایش عمومی کشور خواهیم بود، نتایج نشان می‌دهد که میزان افزایش دما در ماه‌های بهار و تابستان بیشتر از پائیز و زمستان است و میزان افزایش دما از شمال به جنوب و از غرب به شرق کشور روند بیشتری را نشان می‌دهد.

بررسی کمالی (۱۳۷۵) در حوزه آبریز مرکزی و همدان در طول دوره آماری ۱۹٦۱ تا ۱۹۹۰ نشان داد که در ٦۰ درصد ایستگاه‌های مورد بررسی متوسط بارندگی سالانه دارای روند کاهشی می‌باشد.

بررسی‌های پاو و همکاران (۲۰۰۰)، نشان داد که در شرایط اقلیمی آینده در مناطق خشک به علت افزایش تبخیر- تعرق در اثر افزایش درجه حرارت از یک سو و کاهش بارندگی از جهت دیگر، شاخص کمبود آب افزایش یافته که اثرات قابل توجهی بر عمل کرد محصولات خواهد داشت.

سیلاگی (۲۰۰۱)، در تحقیقاتی در کشور ایالات متحده آمریکا به کمک اطلاعات هواشناسی ۲۱۰ ایستگاه به این نتیجه رسید که تبخیر– تعرق واقعی در طول دوره آماری ۱۹٦۱ تا ۱۹۹۰ افزایش معنی‌داری داشته است. میانگین تبخیر– تعرق واقعی برای کلیه ایستگاه‌ها افزایشی در حدود ۳ درصد در طول دوره آماری را نشان می‌دهد. بیشترین میزان افزایش در ناحیه شرقی و پس از آن در بخش مرکزی اتفاق افتاده لیکن در بخش غربی میزان تبخیر– تعرق واقعی ثابت بوده است.

بررسی‌های انجام شده در کشور آمریکا بر روی تبخیر- تعرق واقعی در دوره آماری ۱۹۸۹- ۱۹٦۲ بیانگر آن است که در مناطق مرکزی و جنوبی، میزان تبخیر- تعرق روند افزایشی و در مناطق شمالی روند کاهشی داشته است(Hobbins et al., 2001).

مطالعات انجام شده در کشور استرالیا نشان داد که در طی ۵۰ سال گذشته در بعضی مناطق، مساحت اراضی مستعد برای کشت دیم کاهش یافته است. در پیش بینی مدل‌های جهانی بدون تردید مناطق مستعد از نظر دیم کاری در دهه‌های آتی استعداد خود را از دست می‌دهند. در این تحقیقات از پارامتر شاخص کمبود بارندگی استفاده گردیده و هر دو پارامتر تبخیر- تعرق و بارندگی، سهم یکسانی را در نوسانات شاخص کمبود بارندگی دارند(Howden and Jones, 2001).

تجزیه و تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده تبخیر از طشتک کلاس (A) در دوره آماری ۱۹۹۸- ۱۹٦٤ در بت‌دگان فلسطین اشغالی نشان داد که در روزهای خشک و به خصوص در فصل گرم میزان تبخیر از سطح طشتک نوعی افزایش معنی‌دار داشته، لیکن تبخیر– تعرق گیاه مرجع با روش پنمن معنی‌دار نبوده است(Cohen et al., 2002).

مطالعات انجام شده به روی اطلاعات ٦۰ ایستگاه هواشناسی در کشور چین به کمک معادله ترکیبی پنمن در یک دوره آماری از ۱۹٥٤ تا ۱۹۹۳ نشان داد که میزان تبخیر به میزان ۰/۲۱ درصد کاهش یافته است که این میزان کاهش به تغییرات پرتوهای موج کوتاه منتسب شده است (Thomas, 2000).

بررسی‌های انجام شده در این زمینه نمایانگر آن است که تغییرات مقادیر تبخیر- تعرق روند نامنظمی داشته است. به نحوی که این روند در بخش‌هایی از کشور آمریکا صعودی و در بخش‌هایی دیگری از آن کشور نزولی، در کشور استرالیا، چین و مناطق واقع در عرض‌های جغرافیایی میانی صعودی و در بخش‌هایی از قاره آفریقا نزولی می‌باشد.

با توجه به وسعت کشور و روند نامشخص تغییرات زمانی پارامترهای مختلف و تحقیقات اندک در این زمینه، تحقیق در مورد تغییرات زمانی این پارامترها، ضروری بوده و از جمله اهداف اصلی این طرح می‌باشد.

مواد و روش‌ها

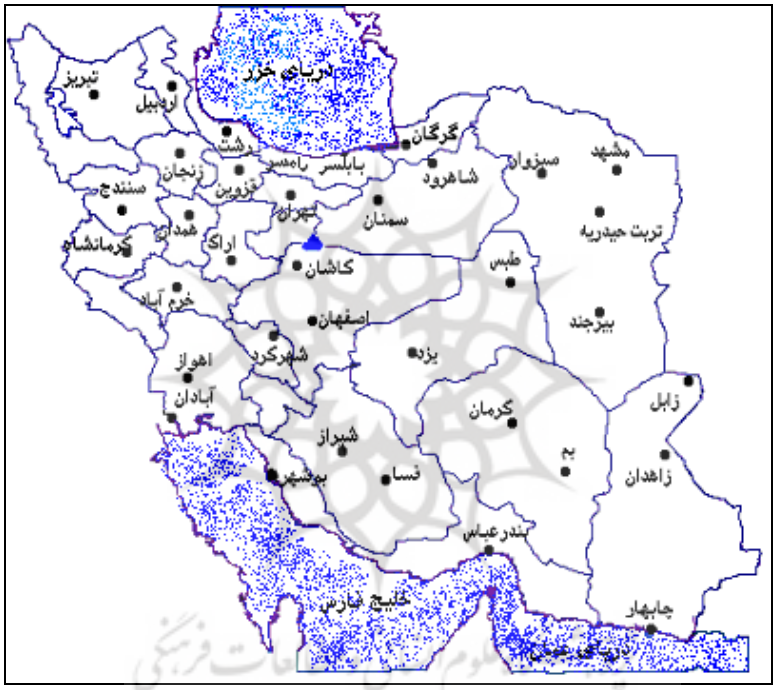
برای انتخاب ایستگاه‌های مورد نیاز تحقیق، کلیه ایستگاه‌های سینوپتیک کشور بررسی گردید و از بین آن‌ها ایستگاه‌های با طول دوره آماری بیشتر از ٤۰ سال (۲۰۰٦-۱۹٦۰) انتخاب گردیدند. با توجه به این که در بخش کشاورزی برای محاسبه تبخیر- تعرق گیاه مرجع به آمار پارامترهای حرارتی و سرعت باد نیاز می‌باشد، از این رو از میان ایستگاه‌های منتخب، ایستگاه‌هایی که در آن‌ها اطلاعات پارامترهای مذکور کامل بود، انتخاب گردیدند. موقعیت ایستگاه‌های مورد بررسی در شکل (۱) ارائه شده است، ایستگاه‌های منتخب پوشش کاملی از نقاط مختلف اقلیمی کشور را شامل شده و معرف وضعیت عمومی کشور می‌باشند.

در مطالعات اولیه مشخص شد، که از سال ۱۹۷۰ جهت روند اکثر پارامترها تغییر کرده است، لذا برای مطالعه دقیق‌تر دوره آماری (۲۰۰٦-۱۹۷۰) مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه روند خطی پارامترهای درجه حرارت حداقل، درجه حرارت حداکثر، درجه حرارت نقطه شبنم، سرعت باد، ساعت آفتابی و تبخیر- تعرق گیاه مرجع محاسبه شده به روش فائو پنمن- مانتیس در مقیاس فصلی و سالیانه محاسبه شد.

بررسی روند سری زمانی

در یک سری زمانی اگر تابع میانگین نسبت به زمان ثابت نباشد، آن سری دارای روند می‌باشد. به عبارت دیگر روند به معنای تغییرات دراز مدت در مقدار میانگین است. در یک سری زمانی بدون روند، داده‌ها در اطراف میانگین نوسان می‌کنند، لیکن تابع میانگین ثابت می‌باشد.

روش‌های متعددی برای بررسی وجود یا عدم وجود روند و تحلیل‌های آماری آن در منابع مختلف ارائه شده است، در مطالعه اولیه از دو روش معنی‌داری شیب خط روند زمانی و آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده شد، از آن‌جا که نتایج این دو روش بسیار نزدیک به هم بود در این مقاله، برای محاسبه نوع و جهت روند فقط به نتایج آزمون پارامتری معنی‌داری شیب خط روند زمانی اشاره می شود.



شکل ۱ : موقعیت ایستگاه‌های مورد بررسی

بررسی تغییرات دراز مدت میانگین یک سری زمانی، نیاز به اندازه‌گیری روند تغییرات سری زمانی دارد. یکی از روش‌های ساده بررسی داده‌های دارای روند، برازش یک خط راست بر داده‌های سری زمانی می‌باشد. خط راست برازش داده شده نوعی اندازه‌گیری از روند است و تفاوت بین ارقام مشاهدات و مقادیر متناظر خط برازش شده، برآوردی از نوسانات موضعی را نشان می‌دهد.

معنی‌دار بودن شیب خط

رابطه همبستگی خطی بین یک متغیر مستقل X (زمان) و متغیر وابسته Y (تبخیر- تعرق گیاه مرجع) را می‌توان به صورت زیر ارائه کرد.

$$Y_i = a + bX_i \quad (۱)$$

بهترین خط برازش شده بر داده‌ها با روش حداقل مربعات، خطی است که "مجموع مربعات انحراف" کلیه نقاط از خط مورد نظر حداقل باشد. برای توصیف میزان همبستگی بین دو متغیر، از ضریب همبستگی استفاده می‌شود. مقدار ضریب همبستگی از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد و مقدار آن بین ۱+ تا ۱- می‌باشد، هر چه مقدار این ضریب به ۱± نزدیکتر باشد، میزان همبستگی بین دو متغیر بیشتر است، علامت‌های مثبت و منفی ضریب همبستگی نیز، به ترتیب بیانگر رابطه مستقیم و معکوس بین متغیرهای مورد بررسی می‌باشد.

$$r = \frac{\sum x_i y_i}{(\sum x_i^2 \sum y_i^2)^{0.5}} \quad (۲)$$

برای بیان این موضوع، که آیا شیب خط برازش شده با صفر تفاوت معنی داری دارد یا خیر؟ باید فرضیه مساوی بودن شیب خط روند با صفر را آزمون نمود. در این مورد، آماره آزمون برابر است با:

(۳)

که در آن: b شیب خط و

$$t = \frac{b}{Sb} \qquad Sb = \sqrt{\frac{S^2}{\sum Xi^2}} \quad (٤)$$

و

$$S^2 = \frac{\sum (Yi - \overline{Yi})^2}{(n-2)} \quad (۵)$$

و n تعداد کل داده‌ها است.

برای انجام این آزمون، از جدول آزمون t در سطح احتمال (1-α) با درجه آزادی (n-2) استفاده می‌شود، در صورتی که $|t| > t_{(\alpha/2\ ,\ n-2)}$ باشد، فرضیه غیر قابل قبول (مردود) می‌شود، یعنی شیب خط روند با صفر اختلاف معنی‌داری دارد.

بر اساس اطلاعات جمع آوری شده و محاسبه شده برای هر ایستگاه در مقیاس فصلی و سالیانه، شیب خطوط روند دوره آماری ۳۰ ساله پارامترهای مورد بررسی محاسبه و آزمون معنی داری شیب خط روند زمانی انجام شد.

بحث و نتیجه گیری

پس از محاسبه مقادیر تبخیر- تعرق گیاه مرجع شیب خط و جهت روند زمانی کلیه پارامترهای مورد بررسی محاسبه شد، با استفاده از نرم افزار Arc View و داده‌های به دست آمده و موقعیت ایستگاه‌ها روند صعودی یا نزولی مناطق مختلف کشور مشخص شد، که نتایج آن در شکل‌های (۲) تا (٦) آمده است. تحلیل آماری نوع و جهت شیب خطوط روند بر اساس روش معنی‌دار بودن شیب خط روند انجام شد، نتایج این تحلیل در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱ نوع و جهت روند پارامترهای مورد بررسی در طول دوره آماری ۲۵ ساله

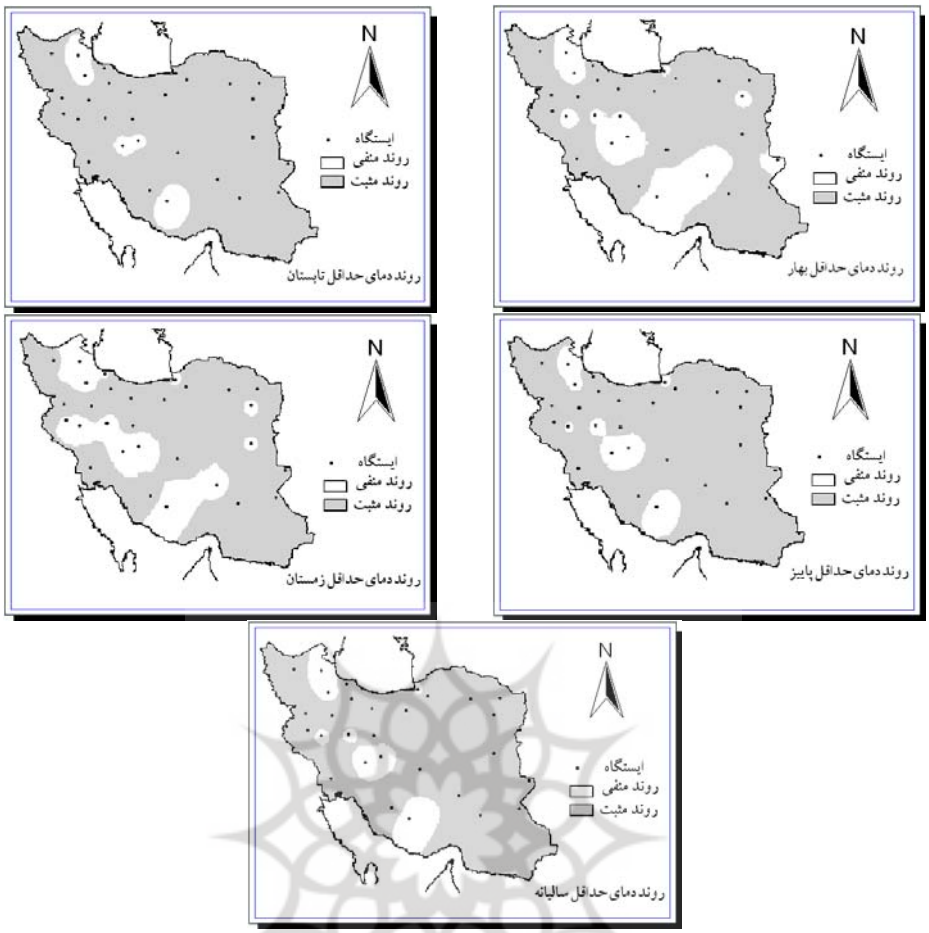
	تبخیر-تعرق					ساعات آفتابی					سرعت باد					درجه حرارت نقطه شبنم					درجه حرارت حداکثر					درجه حرارت حداقل				
	سالانه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان
آبادان	+S	-	+	+	+S	+S	+	+S	+S	+S	-S	-	+	-	-S	-	-	-	+	-S	+S	+	-	+	+S	+S	+	+	S+	+
اهواز	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-	-	-	-	+S	-	+	+	+	+S	+	-	S	+S
اراک	+S	-S	-S	-	-S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-	-	-S	-	+S	+S	+S	+S	+S	-S	-	-	+	-	-S	-	+	-	-
اردبیل	-S	-S	-S	-	-S	+S	+S	+S	+S	+S	+	S+	+	S+	S+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-S	+	-	S-	-
بابلسر	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	S+	S+	S+	S+	+	+	S+	+	S+	+	+	+	+	+	+S	+	+	S+	S+
بم	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	S+	+	+	+	-S	-S	-S	-	-S	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
بندرعباس	-S	-S	-S	-S	-S	+S	+S	+S	+S	+S	-S	-S	-S	-S	-S	-	-	-	S-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	S+
بیرجند	-S	-S	-S	-S	-S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-S	-S	-S	-S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
بوشهر	-S	-S	-S	-S	-S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-S	-	-	-	+S	+S	+S	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+
چابهار	-S	-S	-S	-S	-S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	S+	+
اصفهان	-S	-S	-S	-S	-S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-S	-S	-S	-S	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
نسا	-S	-S	-S	-S	-S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-S	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	S-	S-
خرم‌دره	-S	-S	-S	-S	-S	+S	+S	+S	+S	+S	-S	-S	-S	-S	-S	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	S+	+
گرگان	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	S+	-
همدان	-S	-S	-S	-S	-S	+S	+S	+S	+S	+S	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	S+	+
کاشان	-S	-S	-S	-S	-S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-S	-	-S	-S	-	-	-	-S	-S	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
کرمان	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	S-	-
کرمانشاه	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-

علامت مثبت و منفی معرف جهت روند و S نیز معرف معنی‌داری است

ادامه جدول (۱)

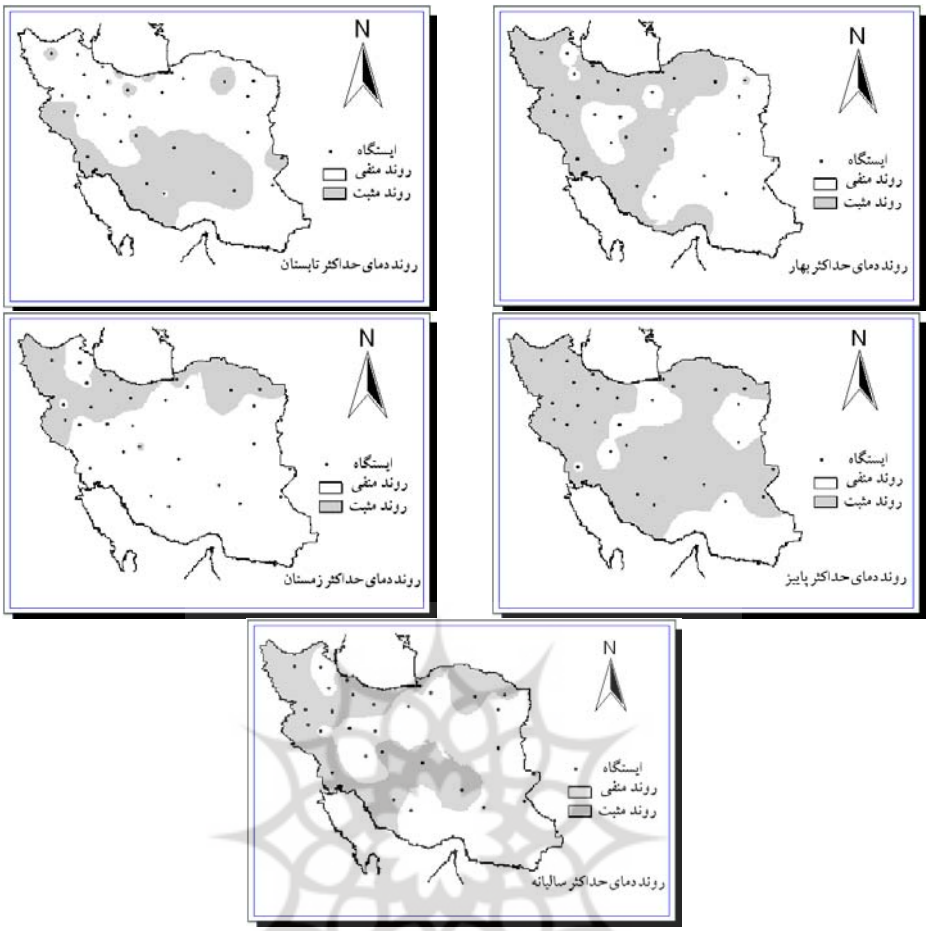
	تبخیر-تعرق					ساعات آفتابی					سرعت باد					درجه سرمای نقطه شبنم					درجه سرمای حداکثر					درجه سرمای حداقل				
	سالانه	پاییز	تابستان	بهار	زمستان	سالانه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان
خرم آباد	+S	+S	+S	+S	+	+S	+	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-
مشهد	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
رامسر	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	+	+S	+	+S	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
رشت	+	+	-	+	+	+S	+	+S	+S	+S	-S	-S	-S	-	-S	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
سبزوار	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
سنندج	+	+	+	+	+	+S	+	+S	+S	+S	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
سمنان	+	+	+	-	+	+S	+	+S	+S	+S	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
شهرکرد	-	-	+	-	-	+S	+	+S	+S	+S	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
شاهرود	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+S
شیراز	-	-	-	-	-	+S	+	+S	+S	+S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
طبس	+	+	+	+	+	+S	+	+S	+S	+S	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
تبریز	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
تهران	+S	-S	-S	-S	-S	+S	+	+S	+S	+S	-	-S	-S	-S	-S	+	+	+	+S	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ارومیه	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	-	+S	+S	-	+S	+S	+S	-	+S	+S	-	+S	-
یزد	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-	-	-	-	+S	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+
زابل	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-	+	-	+	+S	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+
زاهدان	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	+S	+S	+S	-S	-S	-	-S	-S	-	-	-	-S	-S	+S	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
زنجان	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	+S	-	-	-	-S	-S	+S	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-

علامت مثبت و منفی معرف جهت روند و S نیز معرف معنی‌داری است



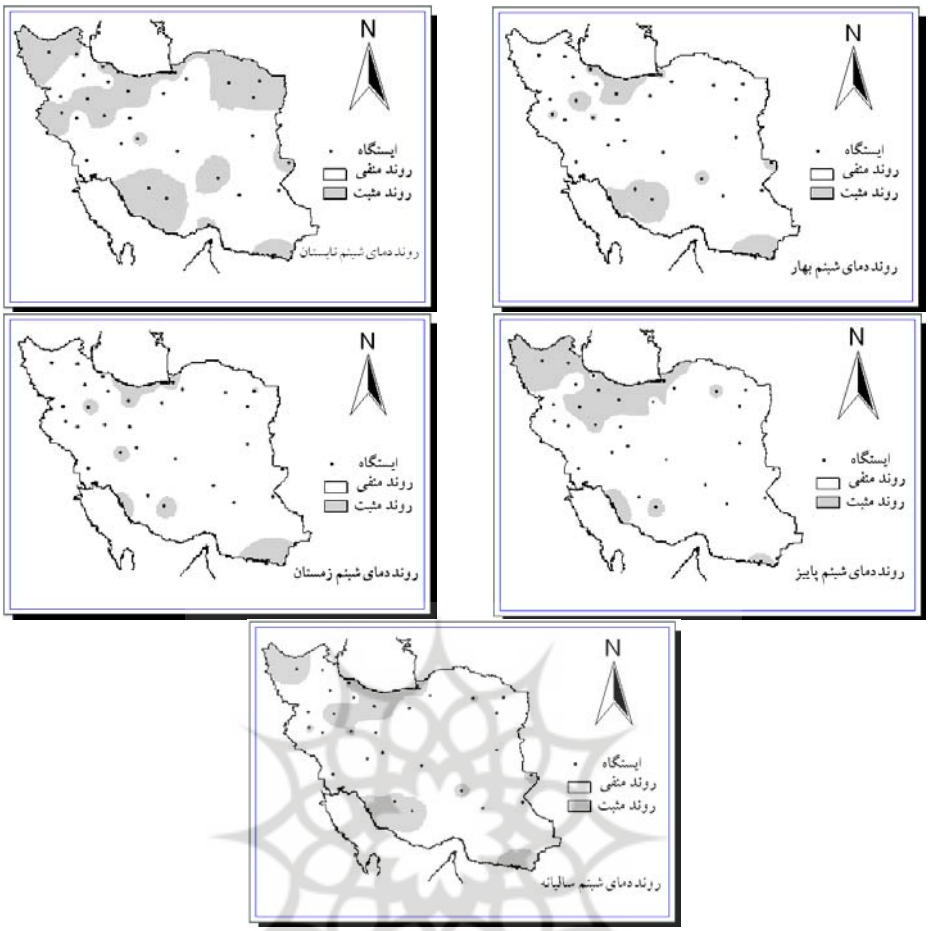
شکل ۲ : توزیع و پراکندگی روند مثبت و منفی دمای حداقل در کشور در مقیاس فصلی و سالانه در طول دوره آماری ۳۵ ساله

بررسی نتایج جداول شیب و جهت روند بیانگر آن است که، در بیشتر از ۷۵ درصدِ ایستگاه‌ها درجه حرارت حداقل در فصول تابستان و پاییز و همچنین در مقیاس سالیانه دارای روند صعودی بوده به نحوی که در تابستان ٦٥ درصد و در مقیاس سالیانه ۵۰ درصد از ایستگاه‌ها روند مثبت معنی‌داری دارند. روند این پارامتر در فصل زمستان و بهار نیز در بیشتر از ٦٥ درصد از ایستگاه‌ها صعودی می‌باشد. شکل (۲) همچنین نشان می‌دهد که درجه حرارت حداقل در مقیاس فصلی و سالیانه فقط در بخش‌های کمی از جنوب، غرب و شمال غربی کشور روند نزولی داشته و در بقیه مناطق، روند این پارامتر صعودی می‌باشد.



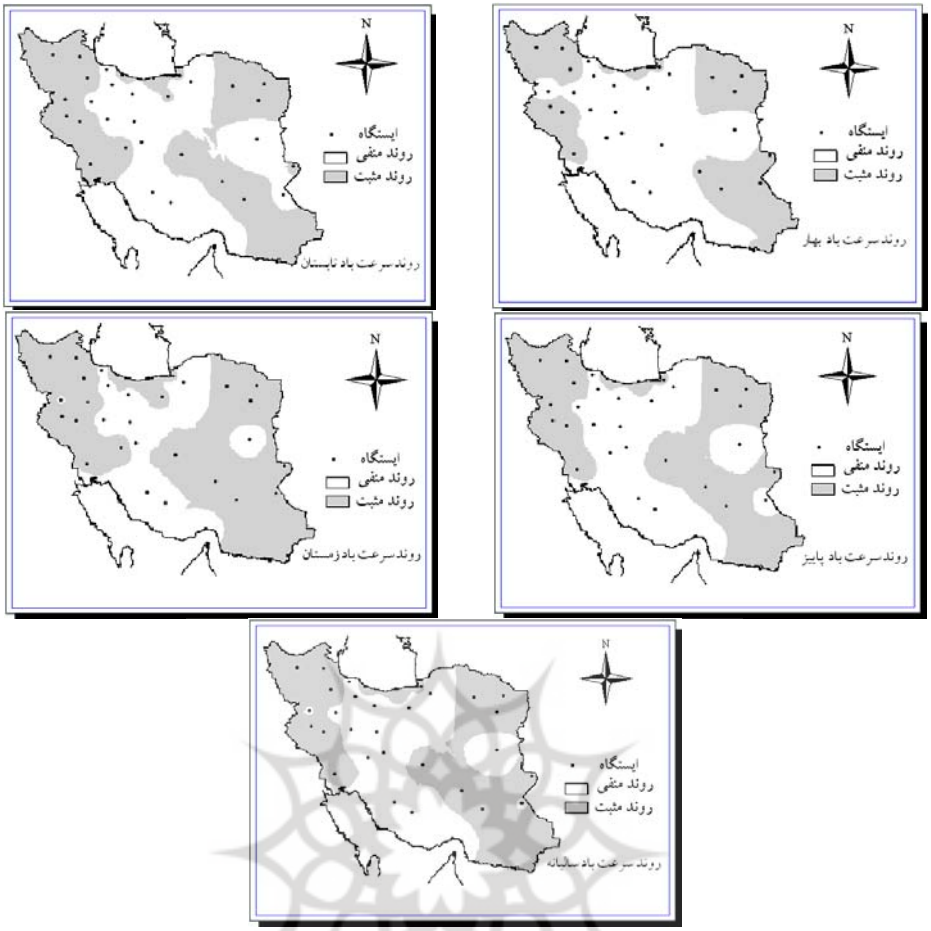
شکل ۳ : توزیع و پراکندگی روند مثبت و منفی دمای حداکثر در کشور در مقیاس فصلی و سالانه در طول دوره آماری ۳۵ ساله

مطالعه روند درجه حرارت حداکثر نیز نشان داد که روند تغییرات این پارامتر از روند تغییرات درجه حرارت حداقل کمتر می‌باشد، اما توزیعِ نوع و جهت روند در فصول مختلف سال بسیار متفاوت است. بررسی نمودار (۳) نشان می‌دهد که درجه حرارت حداکثر در فصل بهار در مناطق شمال، شمال غربی و جنوب غربی و در فصل تابستان در مناطق مرکزی و جنوب غربی دارای روند صعودی می‌باشد، همچنین در فصل زمستان مناطق شمال شرقی و شمال غربی و در فصل پاییز تمام مناطق به جز جنوب شرقی و بخشی از شرق دارای روند مثبت می‌باشند. به طور کلی درجه حرارت حداکثر در فصل پاییز در ۷۰ درصدِ ایستگاه‌ها روند صعودی و در فصل زمستان در ٦۰ درصد از ایستگاه‌ها روند نزولی داشته است.



شکل ۴ : توزیع و پراکندگی روند مثبت و منفی دمای شبنم در کشور در مقیاس فصلی و سالانه در طول دوره آماری ۳۵ ساله

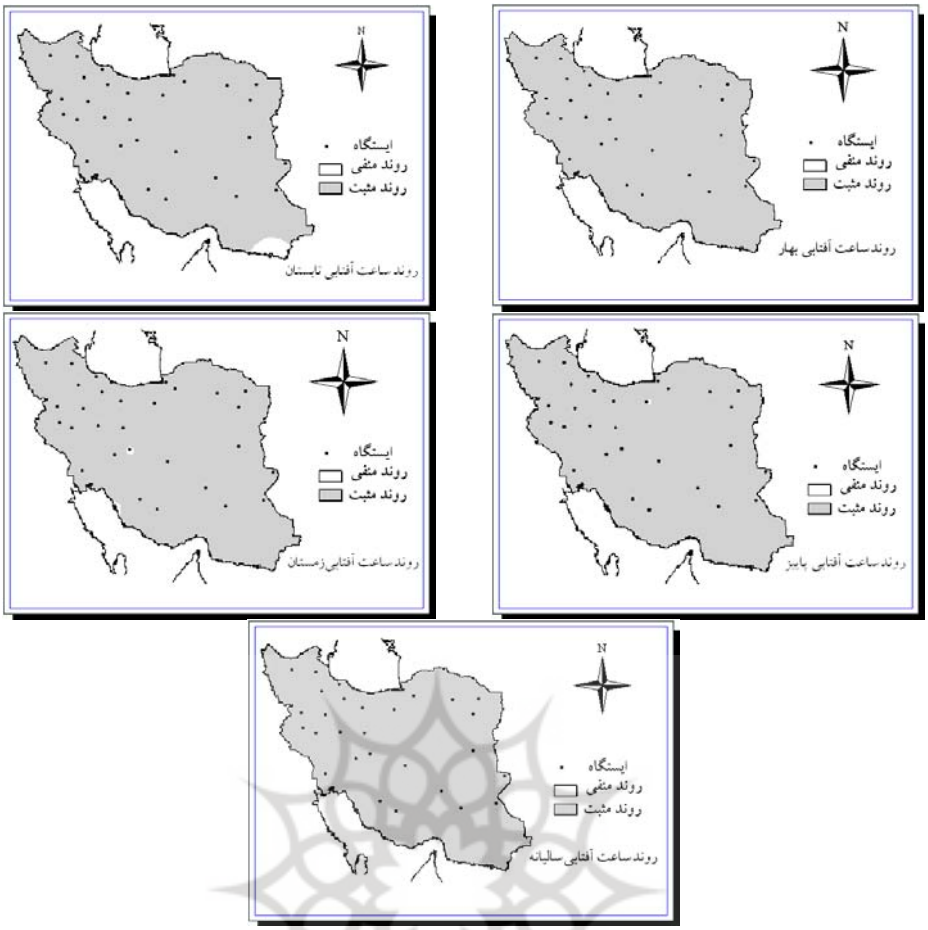
بررسی نتایج جداول شیب و جهت روند بیانگر آن است که، در بیشتر از ۸۰ درصدِ ایستگاه‌ها درجه حرارت نقطه شبنم در فصول بهار، پاییز و زمستان و همچنین در مقیاس سالیانه دارای روند نزولی می‌باشد، روند این پارامتر در فصل تابستان نیز در ٦٠ درصد از ایستگاه‌ها نزولی می‌باشد. شکل(٤) همچنین نشان می‌دهد، که درجه حرارت نقطه شبنم در مقیاس فصلی و سالیانه فقط در بخش‌های کمی از کشور روند صعودی داشته و در بقیه مناطق، روند این پارامتر نزولی می‌باشد. قابل ذکر است که روند نزولی این پارامتر با توجه به فرمول فائو پنمن- مانتیس باعث افزایش تبخیر- تعرق گیاه مرجع می‌شود.



شکل ۵ : توزیع و پراکندگی روند مثبت و منفی سرعت باد در کشور در مقیاس فصلی و سالانه در طول دوره آماری ۳۵ ساله

مطالعه روند سرعت باد نشان داد که، روند تغییرات این پارامتر در فصل تابستان، پاییز و زمستان در بیشتر از ٦٠ درصدِ ایستگاه‌ها صعودی می‌باشد. بررسی نمودار (۵) نیز نشان می‌دهد که سرعت باد در مناطق شمال غربی، شمال شرقی، جنوب شرقی و غرب کشور در مقیاس فصلی و سالیانه دارای روند صعودی و در مناطق شمال، مرکزی و جنوب کشور نیز دارای روند نزولی می‌باشد.

بررسی نتایج جداول شیب و جهت روند بیانگر این است که، پارامتر ساعت آفتابی در مقیاس سالانه و فصلی در تمام ایستگاه‌ها به جز ایستگاه چابهار در فصل تابستان، ایستگاه سمنان در فصل پاییز و ایستگاه‌های اصفهان و بوشهر در زمستان دارای روند صعودی می‌باشد، شکل (٦) نیز نشان می‌دهد، تقریباً در تمام مناطق کشور روند پارامتر ساعت آفتابی صعودی می‌باشد.

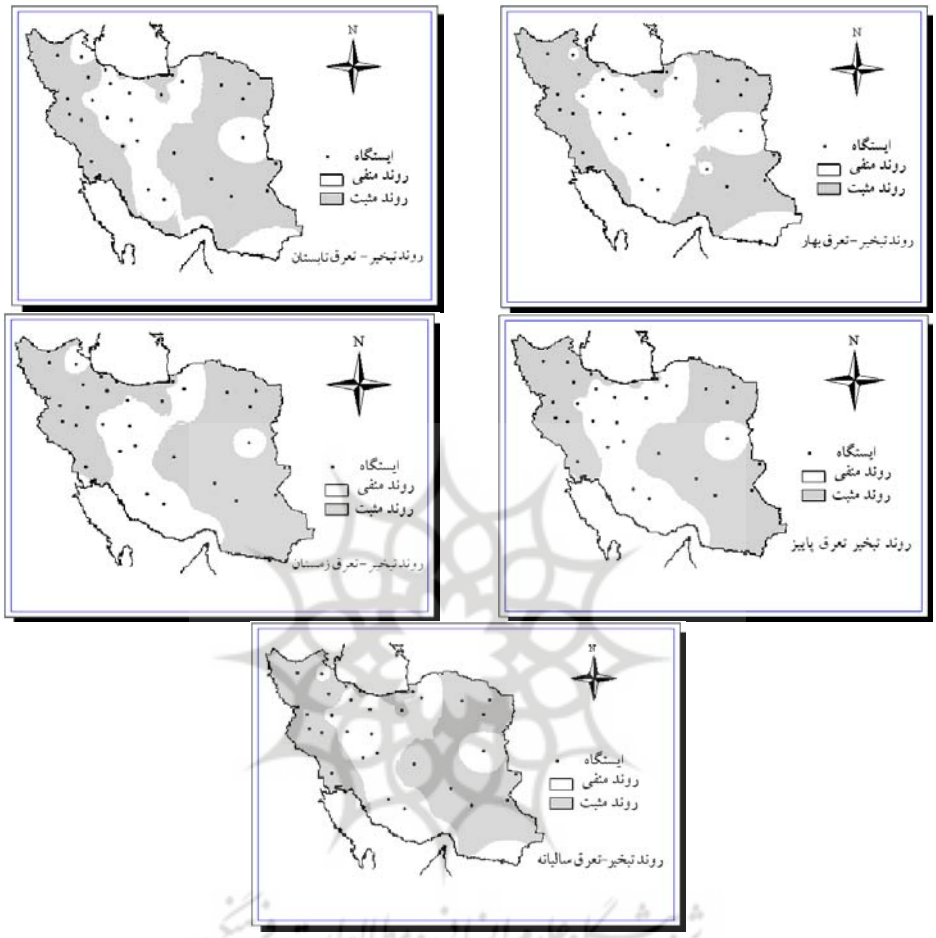


شکل ۶ : توزیع و پراکندگی روند مثبت و منفی ساعت آفتابی در کشور در مقیاس فصلی و سالانه در طول دوره آماری ۳۵ ساله

مطالعه تبخیر- تعرق گیاه مرجع نشان داد که روند تغییرات این پارامتر در تمام فصول و در مقیاس سالانه در بیشتر از ٦٥ درصدِ ایستگاه‌ها صعودی می‌باشد. بررسی نمودار (۷) نیز نشان می‌دهد که تبخیر- تعرق گیاه مرجع در مناطق شمال شرقی، شمال غربی، غرب و جنوب شرقی دارای روند صعودی و در مناطق شمال، مرکز و جنوب دارای روند نزولی می‌باشد. کریم‌زاده مقدم و قهرمان نیز در ایستگاه مشهد به این نتیجه رسیدند که تبخیر- تعرق گیاه مرجع در دوره ۲۰ ساله ۲۰۰۰-۱۹۸۰ در تمام ماه‌های سال دارای روند صعودی بوده است.

بررسی‌های پاو و همکاران (۲۰۰۰) نیز نشان داد که در شرایط اقلیمی آینده، در مناطق خشک به علت افزایش تبخیر-تعرق در اثر افزایش درجه‌حرارت از یک سو و کاهش بارندگی از جهت دیگر، شاخص کمبود آب افزایش یافته که اثرات قابل توجهی بر عمل کرد محصولات خواهد داشت اما نتایج پیش‌بینی‌های کوچکی و همکاران (١٣٨٤)، بیانگر افزایش درجه حرارت، افزایش تبخیر- تعرق و کاهش بارندگی در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه می‌باشد. بررسی هس (۱۹۹۸)، در کشور نیجریه بیانگر آن است که در طی دوره آماری ۱۹٦۱ تا ۱۹۹۱ میانگین‌های ماهیانه درجه حرارت حداکثر و حداقل در طول دوره آماری به میزان ۱/۵

درجه سانتیگراد افزایش داشته است. در برخی از ایستگاه‌های مورد بررسی نیز به علت افزایش میانگین درجه حرارت و سرعت باد، میزان تبخیر- تعرّق گیاه مرجع افزایش معنی‌داری داشته است.



شکل ۷ : توزیع و پراکندگی روند مثبت و منفی تبخیر تعرق گیاه مرجع در کشور در مقیاس فصلی و سالانه (در طول دوره آماری ۳۵ ساله)

از جمله عوامل مؤثر در میزان تغییرات تبخیر- تعرق گیاه مرجع، تغییرات پارامترهای درجه حرارت حداقل، حداکثر، سرعت باد، ساعت آفتابی و رطوبت نسبی هوا می‌باشد که ارتباط بین تغییرات هر یک از این پارامترها و تغییرات ETo در مقیاس ماهیانه نیاز به بررسی بیشتری دارد.

منابع

۱ – تهرانیان، محمد صادق و بزرگ نیا، ابولقاسم (۱۳۷٤): آمار کاربردی. انتشارات جهاد دانشگاهی، ۵۵۰ صفحه.

۲ – علیزاده، امین (۱۳۸۰): رابطه آب خاک و گیاه، دانشگاه امام رضا. ۳۵۳ صفحه.

۳- کریم‌زاده مقدم، محمد رضا و قهرمان، بیژن (۱۳۸۰): نگرشی آماری بر افزایش تبخیر– تعرق گیاه مرجع در مشهد و پیامدهای احتمالی آن. مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راه کارهای مقابله با بحران آب، ۱۸- ۱۹ اسفند، دانشگاه زابل، جلد دوّم، ۹۵-۱۰۸.

٤- کمالی، غلامعلی (۱۳۷۵): تغییرات شدید بارندگی در نقاط مختلف کشور در ده سال اخیر. خلاصه مقالات اولین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، مرکز ملی اقلیم شناسی، سازمان هواشناسی کشور، تهران، ۱-۳ خرداد، ٤۳-٤٤.

۵- کوچکی، علیرضا و نصیری، مهدی و کمالی، غلامعلی و جمالی، جواد و جوانمرد (۱۳۸٤): مطالعه شاخص‌های هواشناسی ایران در شرایط تغییر اقلیم، مجله دانش کشاورزی، انتشارات دانشگاه تبریز.

6 - Cohen, S., A. Iantez and G. Stanhill, (2002): Evaporative Climate Changes at Bet Dagan 1964-1998. Agric. Forest Motorola, 111:83-91.

7 - Elagib, N.A. and M.G. Mansell, (2000): Recent Trends and Anomalies in Mean Seasonal and Temperature Over Sudan. J. Arid Environ, 45:263-288.

8 - Gleick, P.H., (1998): The Word's Water. The Biennial Report on Fresh Water Resource, 1998-1999. Island Press. Washington D. C. pp 301.

9 - Hess, T.M., (1998): Trends in Reference Vapor-Transpiration in North East Arid Zone of Nigeria 1961-1991. J. Arid. Environ. 38:99-115.

10 - Hobbins, M.T., J.A. Ramirez and T.C. Brown, (2001): Trends in Regional Evapotranspirat on Across The United State Under The Complementary Relationship Hypothesis. Hydro. Days, 21:106-121.

11 - Howden, M. and R. Jones, (2001): Costs and Benefits of CO2 Increase and Climate Change on The Australian Wheat Industry. Australian Greenhouse Office, October 2001.

12 - Hulme, M., E.M. Barrow, N.W. Arnell, P.A. Harisson, T.C. Joens and T.E. Downing, (1999): Relative Impact of Human–Induced Climate Change and Natural Climatic Variability. Nature 397:688-691.

13 - IPCC, (1996). Climate Change (1995): The Science of Climate Change. Summary for Policy - Markers. Contribution of Working Group I to The Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

14 - IPCC, (2001): a. Climate Change (2001): Contribution of Working Group I to The Third Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

15 - Karl, T.R., N. Nicholls and J. Gregory, (1997): The Coming Climate. Sci. Am., May, Pp 78-83.

16 - Pauw, E.D., W. Gbela and H. Adamb, (2000): Agro Meteorological Aspect of Agriculture and Forestry in The Arid Zones. Agric. Forest Meteorology, 103:43-58.

17 - Peterson, T.C., (2002): Analysis of Trends in US and The Former U.S.S.R Pan Evaporation. National Climate Data Center, NOAA, 15 Pp.

18 - Ragab, R., (2000): Climate Change and Water Resources Management in The Arid Region. Institute of Hydrology, NERC, Wallingford, OXON, OX10, 8BB, UK.

19 - Saunders, M.A., (1998): Global Warming: The View in 1998. Beneld Greig Hazard Research Center Report, University College London.

20 - Saunders, M.A., (1999): Earth's Future Climate. Philosophical Transactions of The Royal Society London, 357:3459-3480.

21 - Szilagyi, J., (2001): Modeled Areal Evaporation Trend Over The Conterminous United States. J. Irrig. Drain. Engrng, ASCE, 127(4), 196-200.

22 - Thomas, A., (2000): Climatic Change in Yield Index and Soil Water Deficit Trends in China. Agric. Forest. Meteorol. 102:71-81.

23 - Tubillo, F.N., C. Rosenzweig, B.A. Kimball and P.J. Wall, (1999): Testing CERES With FACE Data: CO2 and Water Interactions. Agron. J., 91: 1856 – 1865.