

ارزیابی خشکسالی استان گیلان در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با استفاده از خروجی مدل‌های گردش

عمومی جو

لادن کاظمی راد^{۱*}، حسین محمدی^۲، طوبی عابدی^۳

*^۱ و ^۳ - عضو هیات علمی پژوهشکده محیط زیست جهاددانشگاهی

^۲ - استاد دانشگاه تهران، گروه جغرافیا

* ایمیل نویسنده مسئول: lkazemi1980@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۱۱

چکیده

افزایش تقاضای آب و پیدایش تغییرات آب و هوایی باعث گردیده که در سال‌های اخیر به سناریوهای خشکسالی جهانی توجه بیشتری شود. به این منظور ضروری است که ضمن بررسی اثرات خشکسالی، به درک تاریخی از آن در منطقه پرداخته شود. در این پژوهش، در ابتدا پارامترهای اقلیمی تاثیرگذار بر روی خشکسالی توسط یک مدل مولد داده‌های آب و هوا شناخته شده به نام LARS-WG برای استان گیلان ریزمقیاس شدند. پس از انتخاب مدل گردش عمومی جو و سناریوی منطبق‌تر با شرایط اقلیمی منطقه، خروجی‌های مدل منتخب جهت بررسی وضعیت خشکسالی منطقه در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ مورد استفاده قرار گرفتند. ارزیابی خشکسالی برای دو دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۲) و دوره پیش‌بینی (۲۰۳۰-۲۰۱۱) توسط روش TOPSIS صورت گرفت. پس از اعتبارسنجی روش پیشنهادی، عمل پهنه‌بندی خشکسالی برای دو دوره مذکور با استفاده از روش درون‌یابی در محیط GIS انجام گرفت. نتایج نشان داد که در قسمت‌های مرکزی شهرستان رشت و در بخش‌های غربی شهرستان‌های آستارا و تالش در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ نسبت به دوره پایه بر وسعت مناطقی که از شاخص خشکسالی پایین‌تری برخوردار هستند افزوده خواهد گردید و انتظار می‌رود که در آینده شاهد خشکسالی‌های بیشتری در مناطق مذکور باشیم.

کلمات کلیدی

"خشکسالی"، "مدل گردش عمومی جو"، "LARS-WG"، "روش TOPSIS"، "استان گیلان"

Drought assessment during 2011-2030 by using output of general circulation climate models (GCMs) in Gilan province

Ladan Kazemi Rad^{1,*}, Hossein Mohammadi², Tooba Abedi³

1,3. Academic Centre for Education, Culture & Research

2. Department of Geography, Tehran University

*Email Address: lkazemi_1980@yahoo.com

Abstract

Owing to the rise in water demand and looming climate change, recent years have witnessed much focus on global drought scenarios. So understanding the history of drought in the area is essential like investigating the effects of drought. In this study, at first Climate parameters affecting the drought have downscaled by LARS-WG stochastic weather generator over Gilan province in Iran. After choosing a suitable model, outputs of it used for assessing the drought situation in the period of 2011-2030. Assessing the drought was done by TOPSIS method during 2 periods (present and future). After validation of the method, zoning the drought was performed by IDW method in GIS. Results shown that expanse of situations with lower drought index will increase. Also we will expect more droughts in these regions for the future.

Keywords

"Drought", "GCM model", "LARS-WG", "TOPSIS method", "Gilan province"

شدت بیشتر و در دوره های دیگر از شدت کمتری برخوردار است (Olapida, 1985). این پدیده با چندین عنصر اقلیمی و هیدرولوژیک توصیف می شود و ارزیابی آن اهمیت ویژه ای جهت برنامه ریزی و مدیریت منابع آب دارد. به این منظور ضروری است که ضمن بررسی اثرات خشکسالی، به درک تاریخی از آن در منطقه پرداخته شود. از اینرو پیش بینی بلندمدت متغیرهای اقلیمی برای اطلاع از میزان تغییرات و در نتیجه در نظر گرفتن تمهیدات لازم برای تخفیف اثرات سوء ناشی از تغییر اقلیم مورد توجه متخصصان مختلف قرار گرفته است (Khalili Aghdam et al, 2012). با توجه به اینکه کشور ما همواره در معرض خطر احتمالی خشکسالی بوده است و همچنین با توجه به تاثیر محسوس تغییرات اقلیمی بر منابع آب، بررسی تاثیر پدیده تغییر اقلیم بر وضعیت خشکسالی های آبی کشور از اهمیت زیادی برخوردار است. بنا به سوابق تحقیقی، به منظور شناسائی شدت و گسترش خشکسالی، عموماً شاخص هائی توسعه داده شده است که هر کدام ورودی ها و شرایط استفاده خاص خود را دارا می باشند (Mishra and Singh, 2010) اما جهت ارزیابی خشکسالی صرفاً از یک یا دو متغیر استفاده می کنند. با توجه به این امر که بررسی وضعیت خشکسالی جهت تدوین طرح های مقابله با خشکسالی و مدیریت خطر آن از اهمیت زیادی برخوردار است، این روش قادر است با استفاده از عناصر اقلیمی مختلف و نگرش چند متغیره و چند بعدی به خشکسالی، عمل رتبه بندی سال های آماری یک ایستگاه را از نظر خشکسالی انجام دهد (Chen and Liu, 2011). الگوریتم TOPSIS^۲ از جمله رویکردهای جبرانی در دسته بندی مدل های چند معیاره می باشد که از عناصر جوی بیشتری استفاده کرده و در نتیجه این امکان وجود دارد که ضعف در یک شاخص با قوت در شاخص دیگر قابل جبران باشد. همچنین این روش قادر است بعد از تعیین خشکسالی (ترسالی)، با استفاده از عناصر اقلیمی مختلف و نگرش چند متغیره به خشکسالی، عمل رتبه بندی سال های آماری یک ایستگاه را از نظر خشکسالی انجام دهد. این روش در سال های اخیر با موفقیت در حوزه های مختلف استفاده شده است اما در زمینه بررسی خشکسالی کارهای محدودی با این روش انجام گرفته است. از جمله خوش اخلاق و همکاران (Khoshakhlagh et al, 2006) با این روش و با استفاده از چهار عنصر جوی بارش، دما، نم نسبی و تعداد روزهای بارش، خشکسالی های رخ داده در استان خوزستان را تعیین نمودند و با تاکید به میانگین شش ساله هر ایستگاه، عمل پهنه بندی خشکسالی، برای هر دوره را به صورت مجزا انجام دادند. کاظمی راد و همکاران (Kazemi Rad and Mohammadi, 2013) نیز از روش فوق جهت پهنه بندی خشکسالی در استان گیلان استفاده نمودند. آنها از ۹ عنصر جوی جهت بررسی وضعیت خشکسالی استفاده کردند. نتایج کار آنها نشان داد که طی ۳ دوره، از وسعت شرایط نرمال از لحاظ خشکسالی کاسته شده و به شدت و وسعت خشکسالی در محدوده مورد مطالعه افزوده گردیده است. در این تحقیق در نظر است که در ابتدا با استفاده از مدل LARS-WG، خروجی مدل های گردش عمومی جو ریزمقیاس شوند تا بتوان از نتایج آنها در سطح منطقه استفاده نمود. پس از انتخاب مدل منتخب، پارامترهای تاثیرگذار بر خشکسالی در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ پیش بینی و در نهایت با استفاده از مدل TOPSIS به تعیین و رتبه بندی خشکسالی برای دوره پایه و دوره پیش بینی شده پرداخته و نتایج بدست آمده از دو دوره با هم مقایسه شوند.

۲. مواد و روش ها

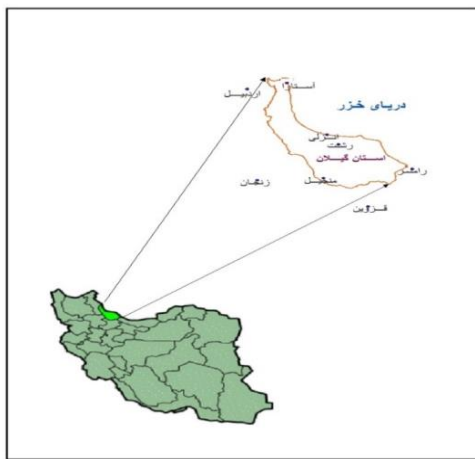
• محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه استان گیلان با مساحت حدود ۱۴۶۰۰ کیلومتر مربع در شمال کشور می باشد. جهت انجام تحقیق، از بین ایستگاههای داخل و اطراف

بررسی روند داده های آب و هوایی ثبت شده در دهه های گذشته و همچنین نتایج خروجی از تمامی مدل های اقلیمی پیش بینی کننده اقلیم آینده، حاکی از بروز تغییرات غیر قابل اغماض در اقلیم جهانی است (Esmaili et al, 2011). معتبر ترین ابزار جهت بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سیستم های مختلف، استفاده از متغیرهای اقلیمی شبیه سازی شده توسط مدل های جفت شده جوی - اقیانوسی می باشد. این مدلها قادرند پارامتر های جوی و اقیانوسی را برای یک دوره طولانی مدت با استفاده از سناریوهای تایید شده IPCC مدل سازی نمایند و جهت ارزیابی تغییر اقلیم و پدیده های حدی مرتبط با آن در دهه های آتی مورد استفاده قرار گیرند (Haltiner and Williams, 1980). استفاده از روش مناسب و معتبر در کوچک مقیاس سازی خروجی مدل های گردش عمومی جو، این مدلها را به ابزار مناسبی برای پیش بینی وقایع حدی تبدیل می نماید. یکی از روش های آماری ریز مقیاس کردن، مدل LARS-WG^۱ است که یکی از مولدهای داده های تصادفی هواشناسی می باشد (Semenov and Brooks, 1999) که دقت بالای آن در تولید داده های آب و هوایی مربوط به ۱۸ ایستگاه در کانادا (Williams, 1991) و ۲۰ ایستگاه واقع در اقلیم های متفاوت انگلیس (Semenov, 2008) گزارش شده است. ماوروماتیس و هانسن (Mavromatis and Hansen, 2001) نیز با مقایسه مدل های WM2، WM و LARS-WG نشان دادند که مدل LARS-WG در سطح اطمینان قابل قبول تری (۹۵ درصد) اقدام به تولید داده نموده است. نتایج بابائیان و نجفی (Babaiean and Najafi Nick, 2006) نیز بیانگر قابلیت بالای این مدل در شبیه سازی پارامترهای هواشناسی در دوره آماری و همچنین استفاده از آن برای ارزیابی تغییر اقلیم در دهه های آتی است. خلیلی اقدم و همکاران (Khalili Aghdam et al, 2012) توانایی مدل LARS-WG را در شبیه سازی داده های مشاهده شده در ایستگاه سنجند مورد ارزیابی قرار دادند که نتایج حاکی از دقت بالای مدل در شبیه سازی دمای حداکثر، دمای حداقل و تابش بود، اما پارامتر بارش نسبت به سایر پارامترها خطای بیشتری را نشان داد. گزارش های دیگری از کاربرد مدل برای اطلاع از نحوه تغییرات اقلیمی در دهه های آتی و اثرات آن بر منابع مختلف محیطی توسط سمونوف و بارو (Semenov and Barrow, 1997)، سمونوف و بروکس (Semenov and Brooks, 1999)، دونینگ و همکاران (Downing et al, 2000)، سیروتکنو (Sirtekno, 2001)، لیوکانوان و همکاران (Luo et al, 2003)، ریچتر و سمونوف (Qanyan et al, 2003)، بابائیان و کوان (Semenov, 2004)، سجادخان و همکاران (Sajjad Khan et al, 2006)، اودن و همکاران (owden et al, 2008)، خزانه داری و همکاران (Babaeian et al, 2009)، زابل عباسی و همکاران (Zabul Abbasi et al, 2010)، اسماعیلی و همکاران (Esmaeili et al, 2010)، بابائیان و کوهی (Babaiean and Kuhl, 2012)، خلیلی اقدم و همکاران (Khalili et al, 2012) وجود دارد که به نتایج متفاوتی از نظر نحوه تغییرات مقادیر بارندگی و دما در مناطق مختلف رسیده اند. افزایش تقاضای آب و پیدایش تغییرات آب و هوایی باعث گردیده که در سال های اخیر به سناریوهای خشکسالی جهانی توجه بیشتری شود. خشکسالی به عنوان یک فاجعه زیست محیطی به رسمیت شناخته شده است و درجه تاثیر گذاری آن در دوره های زمانی مختلف برای یک منطقه یکسان نمی باشد. به طوری که در بعضی از دوره ها از

2. Technique for order performance by similarity to ideal solution

1. Long Ashton Research Station Weather Generator



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و ایستگاههای منتخب

جدول ۱- مشخصات ایستگاههای مورد مطالعه

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)	نوع ایستگاه	موقعیت	دوره آماری
انزلی	۳۷ ۲۹	۴۹ ۲۷	۲۳/۶-	سینوپتیک	داخل محدوده	۱۹۹۲-۲۰۱۰
اردبیل	۳۸ ۱۵	۴۸ ۱۷	۱۳۳۲	سینوپتیک	خارج محدوده	۱۹۹۲-۲۰۱۰
آستارا	۳۸ ۲۲	۴۸ ۵۱	۲۱/۱-	سینوپتیک	داخل محدوده	۱۹۹۲-۲۰۱۰
قزوین	۳۶ ۱۵	۵۰ ۳	۱۲۷۹/۲	سینوپتیک	خارج محدوده	۱۹۹۲-۲۰۱۰
منجیل	۳۶ ۴۴	۴۹ ۲۵	۳۳۸/۳	سینوپتیک	داخل محدوده	۱۹۹۲-۲۰۱۰
رامسر	۳۶ ۵۴	۵۰ ۴	۲۰-	سینوپتیک	خارج محدوده	۱۹۹۲-۲۰۱۰
رشت	۳۷ ۱۹	۴۹ ۳۷	۸/۶-	سینوپتیک	داخل محدوده	۱۹۹۲-۲۰۱۰
زنجان	۳۶ ۴۱	۴۸ ۲۹	۱۶۶۳	سینوپتیک	خارج محدوده	۱۹۹۲-۲۰۱۰

• روش کار

از داده های روزانه ایستگاه های فوق شامل بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش به عنوان دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۲) و از داده های خروجی ۲ مدل گردش عمومی جو MPEH5 و HADCM3 تحت ۲ سناریوی A2 و B1، جهت برآورد و تولید داده های دوره آینده (۲۰۱۱-۲۰۳۰) استفاده گردید. جهت ارزیابی تغییرات اقلیمی در استان گیلان، خروجی مدل های گردش عمومی جو MPEH5 و HADCM3 با سناریوهای A2 و B1 در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با استفاده از مدل LARS-WG ریز مقیاس شدند. پس از تهیه خروجی های مدل که شامل داده های روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش مدل شده برای دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۲ بود، ارزیابی مدل LARS-WG از طریق مقایسه داده های دوره آماری و داده های تولید شده با استفاده از آزمون های آماری و نمودارهای مقایسه ای انجام شد. پس از تایید توانمندی مدل LARS-WG در شبیه سازی پارامترهای اقلیمی، مدل بر اساس ۲ سناریوی A2 و B1 برای ۲ مدل گردش عمومی جو EMPEH5 و HADCM3 اجرا گردیدند. سپس مدلی که کمترین اختلاف را نسبت به میانگین نتایج کلی تمام حالتها دارا بود به عنوان مدل مناسب انتخاب و تحلیل های لازم بر روی نتایج آن صورت پذیرفت. در ادامه از روش TOPSIS تحت نرم افزار Matlab با استفاده از ۷ عنصر جوی موثر بر خشکسالی شامل: بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر، تعداد روزهای داغ، تعداد روزهای یخبندان، تعداد روزهای تر و تعداد روزهای خشک، شاخص Ti برای دو دوره پایه و پیش بینی شده محاسبه گردید. جهت اعتبار سنجی شاخص فوق، نتایج آن از طریق آزمون t با شاخص معیار بارش سالانه (SIAP) که یک شاخص معتبر خشکسالی است، مورد مقایسه قرار گرفت. در نهایت با استفاده از روش درون یابی (IDW) در نرم افزار ArcGIS 9.3 پهنه بندی خشکسالی برای دوره پایه و دوره پیش بینی شده توسط مدل صورت پذیرفت.

- مراحل محاسبه شاخص Ti

۱- تشکیل ماتریس داده ها

ابتدا ماتریس داده ها که شامل ۷ شاخص (عناصر جوی) و ۲۰ گزینه (تعداد سال های آماری) می باشد، تهیه گردید.

$$X = (X_{ij})_{n \times m} \quad (1)$$

۲- تعیین وزن مناسب هر یک از عناصر اقلیمی

از آنجائیکه سهم هر یک از عناصر جوی در میزان خشکسالی متفاوت می باشد، وزن هر عنصر اقلیمی به صورت مجموع یک بردار بدست آورده شد. مجموع اوزان عناصر اقلیمی در نظر گرفته شده برابر یک می باشد.

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1, \quad j = 1, 2, \dots, m. \quad (2)$$

m، تعداد عناصر اقلیمی موثر

در خشکسالی و Wj، وزن شاخص jام می باشد.

برای تعیین اوزان هر یک از عناصر مراحل زیر انجام شد:

الف- یافتن توزیع هر عنصر اقلیمی

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r} : \forall i, j \quad (3)$$

ب- محاسبه آنتروپی برای بیان مقدار عدم اطمینان این توزیع

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m [p_{ij} \cdot \ln(p_{ij})] : \forall j \quad k = \frac{1}{\ln m} \quad (4)$$

ج- محاسبه عدم اطمینان یا درجه انحراف از اطلاعات ایجاد شده به ازای هر عنصر اقلیمی

$$S_i^- = \left\{ \sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^-)^2 \right\}^{0.5}; \quad i = 1, \dots, n \quad (11)$$

در این رابطه: S_i^+ ، فاصله سال آم از ایده آل مثبت، S_i^- ، فاصله سال آم از ایده آل منفی، j ، متغیر اقلیمی و v ، ارزش عنصر اقلیمی آم برای سال آم می باشد.

۷- تعیین ضریبی که برابر است با فاصله گزینیه حداقل (S_i^-) تقسیم بر مجموع فاصله حداقل (S_i^-) و فاصله گزینیه ایده ال (S_i^+)

$$T_i = \frac{S_i^-}{(S_i^+ + S_i^-)}; \quad i = 1, \dots, n. \quad (12)$$

T_i برابر با یک، نشان دهنده بالاترین رتبه و T_i برابر با صفر، نشان دهنده کمترین رتبه است. هر چه ضریب T_i بیشتر باشد گویای حالت مرطوب تر و هر چه مقدار آن کمتر باشد گویای وضعیت خشک تر است.

۳. نتایج و بحث

• ارزیابی صحت مدل LARS-WG

به منظور تایید صحت مدل، مقادیر دیدبانی و مدل شده برای پارامترهای بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش در ۸ ایستگاه سینوپتیک مورد مطالعه برای دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۲ مقایسه شدند. ارزیابی مدل از طریق مقایسه داده های آماری و داده های تولید شده توسط مدل با استفاده از آزمونهای آماری و نمودارهای مقایسه ای انجام گردید. به منظور مقایسه این دو سری داده از آزمون مقایسه زوجی (آزمون t) و همبستگی پیرسون استفاده گردید. تحلیل نتایج بدست آمده از آزمون آماری t-Student نشان داده است که در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی داری بین داده های دیدبانی شده و داده های تولید شده توسط مدل وجود نداشته است. همچنین مقادیر همبستگی پیرسون بین این دو سری داده در سطح ۹۹ درصد قابل قبول بوده است. به طور کلی نتایج نشان دادند که مدل LARS-WG، توانمندی مدلسازی اقلیم ایستگاههای تحت مطالعه را بر اساس یک سناریوی حالت پایه دارد.

• انتخاب مدل مناسب گردش عمومی جو

به منظور انتخاب مدل مناسب، مقادیر ۲ سناریوی A2 و B1 برای ۲ مدل گردش عمومی جو MPEH5 و HADCM3 با میانگین کل مدلها مقایسه گردید و مدلی که حداقل اختلاف را نسبت به میانگین نتایج کلی تمام حالت ها دارا بود به عنوان مدل مناسب انتخاب و تحلیل های لازم بر روی نتایج آن صورت پذیرفت. در بین پارامترهای اقلیمی مورد مطالعه، حداقل و حداکثر دمای پیش بینی شده با استفاده از دو مدل و دو سناریوی مورد مطالعه، تطابق خوبی با داده های مشاهده شده داشتند و در واقع اختلاف معنی داری بین داده های دمای کمینه و بیشینه در ۴ حالت فوق وجود نداشت ولی بارش پیش بینی شده توسط سناریوی A2 مدل MPEH5 نسبت به سایر حالتها از دقت بالاتری برخوردار بود.

• رتبه بندی خشکسالی با روش TOPSIS

در ابتدا با استفاده از روش آنتروپی وزن هر یک از عناصر اقلیمی در دو دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۲) و دوره پیش بینی (۲۰۳۰-۲۰۱۱) تعیین گردید که نتایج آن به ترتیب در جدول (۲) و (۳) آورده شده است. در ادامه، پس از یکسان سازی عناصر اقلیمی، ضرب ماتریس R (ماتریس داده ها که شامل ۷ عنصر اقلیمی و ۲۰ سال آماری است) در بردار W (وزن هر یک از عناصر اقلیمی)، جهت محاسبه اوزان هر یک از عناصر اقلیمی انجام گرفت. پس از مشخص کردن سال های ایده آل

$$d = 1 - E_j : \forall j \quad (5)$$

د- محاسبه وزن عناصر اقلیمی

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d} : \forall j \quad (6)$$

۳- یکسان سازی عناصر اقلیمی

عناصر جوی در رخداد خشکسالی به صورت متفاوت عمل می کنند. از بین عناصر اقلیمی در نظر گرفته شده ۵ عنصر حداکثر دما، حداقل دما، تعداد روزهای خشک، تعداد روزهای داغ و تعداد روزهای یخبندان باعث بروز اثرات خشکسالی می شوند و افزایش مقادیر عددی ۲ عامل دیگر یعنی بارش و تعداد روزهای تر باعث کاهش اثرات خشکسالی می شوند. از این رو باید این روند وارون در بین عناصر موثر همسو شود. لذا در این مرحله، روند عناصر جوی یکسان سازی شد. عناصری که کاهش آنها در وقوع خشکسالی موثر هستند به عنوان شاخص مثبت و عناصری که افزایش آنها باعث بروز خشکسالی می شوند به عنوان شاخص منفی در نظر گرفته شد. در شاخص های مثبت، بیشینه مقدار در دوره آماری مورد نظر، انتخاب و داده های سال های دیگر را بر آن تقسیم و در شاخص های منفی، کمینه مقدار در دوره آماری مورد نظر بر داده های سال های دیگر تقسیم گردید.

۴- محاسبه وزن هر یک از عناصر اقلیمی

جهت بررسی اهمیت اوزان هر یک از عناصر اقلیمی در ماتریس داده های اقلیمی تمام سالها، ماتریس داده های اقلیمی تمام سالها در بردار عناصر اقلیمی ضرب گردید. از آنجائیکه ضرب مذکور قابل تعریف نمی باشد، بردار W به صورت یک ماتریس 7×7 در نظر گرفته شد.

$$V_{ij} = w_j r_{ij}; \quad j = 1, 2, \dots, m; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

۵- تعیین راه حل ایده آل مثبت (A^+) و منفی (A^-)

در این مرحله به تعیین سال های ایده آل (حداکثر و حداقل) پرداخته شد. در انتخاب سال ایده آل، این نکته قابل توجه است که این انتخاب، نسبی بوده زیرا سالی که از نظر تمام عناصر از بهترین الویت برخوردار باشد، وجود ندارد. واضح است که در عمل، گزینیه ایده آل وجود ندارد و لذا برای رتبه بندی سال ها از نظر خشکسالی، از حالت تقریبی نزدیک به واقعیت استفاده گردید.

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) = \left(\max_j \{v_{ij}\} | j \in B \right), \left(\min_j \{v_{ij}\} | j \in C \right) \quad (8)$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) = \left(\min_j \{v_{ij}\} | j \in B \right), \left(\max_j \{v_{ij}\} | j \in C \right) \quad (9)$$

در این رابطه: A^+ ، حداکثرترین میزان شاخص های مثبت و A^- ، حداقل ترین میزان شاخص های منفی می باشد.

۶- تعیین معیار فاصله ای برای گزینیه ایده ال (S_i^+) و حداقل (S_i^-)

در این مرحله، فاصله هر یک از سال ها تا ایده آل مثبت و منفی بدست آمد.

$$S_i^+ = \left\{ \sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^+)^2 \right\}^{0.5}; \quad i = 1, \dots, n \quad (10)$$

در جدول (۴) و (۵) آورده شده است. پس از محاسبه شاخص Ti، با استفاده از روش درون یابی (IDW) در نرم افزار ArcGIS 9.3، پهنه بندی خشکسالی برای منطقه مورد مطالعه در دو دوره مذکور صورت گرفت که نتایج آن در نقشه های (۲) و (۳) آورده شده است.

برای تمامی ایستگاه ها از طریق فرمول (۸) و (۹)، با استفاده از فرمول (۱۰) و (۱۱)، فاصله هر یک از سال های ایستگاه های منتخب تا ایده آل مثبت و منفی بدست آمد. در نهایت، ضریب Ti با توجه به عبارت (۱۲) برای دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۲) و دوره پیش بینی (۲۰۳۰-۲۰۱۱) محاسبه گردید که نتایج آن به ترتیب

جدول ۲- اوزان عناصر اقلیمی در ایستگاه های منتخب استان گیلان برای دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۲)

روزهای یخبندان	روزهای داغ	روزهای خشک	روزهای تر	دمای حداکثر	دمای حداقل	بارش	
۰/۶۱۵۸	۰/۳۶۱۵	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۵	۰/۰۱۴۰	انزلی
۰/۴۲۶۲	۰/۵۷۷۶	۰/۰۰۱۷	۰/۰۱۵۹	۰/۰۱۲۵	۰/۳۷۸۹	۰/۰۷۰	اردبیل
۰/۵۳۸۲	۰/۳۷۳۷	۰/۰۰۵۷	۰/۰۱۹۷	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۵۵	۰/۰۵۳۵	آستارا
۰/۱۸۲۷	۰/۱۰۱۸	۰/۰۱۰۵	۰/۱۹۰۱	۰/۰۱۳۶	۰/۰۵۷۹	۰/۴۴۲۹	قزوین
۰/۶۱۵۷	۰/۱۲۶۵	۰/۰۰۶۲	۰/۰۹۷۱	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۳۴	۰/۱۴۶۱	منجیل
۰/۶۴۰۵	۰/۳۰۵۸	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۲۱	۰/۰۴۴۹	رامسر
۰/۷۱۳۰	۰/۱۵۸۱	۰/۰۰۷۸	۰/۰۲۷۲	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۴۶	۰/۰۸۶۴	رشت
۰/۱۰۵۲	۰/۱۵۹۶	۰/۰۰۸۵	۰/۱۱۲۵	۰/۰۲۴۲	۰/۲۸۰۵	۰/۳۰۹۲	زنجان

جدول ۳- اوزان عناصر اقلیمی در ایستگاه های منتخب استان گیلان برای دوره پیش بینی (۲۰۳۰-۲۰۱۱)

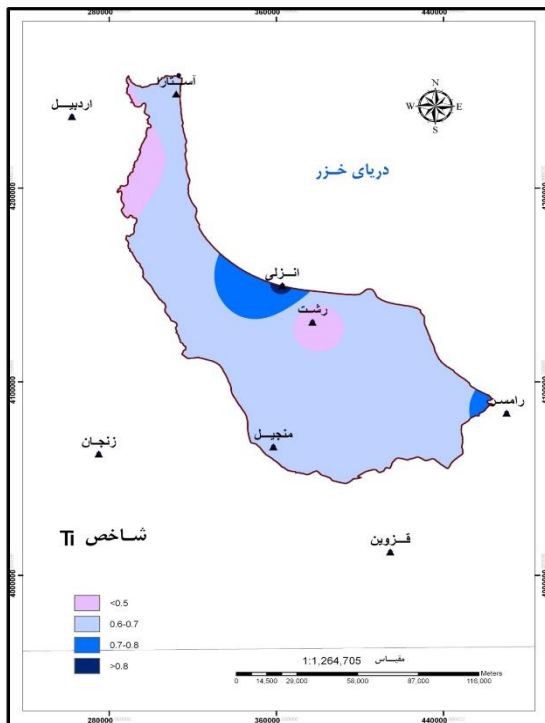
روزهای یخبندان	روزهای داغ	روزهای خشک	روزهای تر	دمای حداکثر	دمای حداقل	بارش	
۰/۶۴۳۲	۰/۲۳۶۰	۰/۰۰۸۱	۰/۰۳۶۱	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۵۹	۰/۰۶۵۷	انزلی
۰/۰۱۰۱	۰/۳۴۷۶	۰/۰۰۱۸	۰/۰۲۵۵	۰/۰۲۲۰	۰/۴۲۴۵	۰/۱۶۸۲	اردبیل
۰/۵۵۰۳	۰/۱۲۷۳	۰/۰۱۶۱	۰/۰۶۸۴	۰/۰۱۰۹	۰/۰۱۷۵	۰/۲۰۹۱	آستارا
۰/۰۶۲۰	۰/۰۰۹۶	۰/۰۱۰۸	۰/۲۱۲۲	۰/۰۱۴۴	۰/۰۵۵۸	۰/۶۳۵۰	قزوین
۰/۷۳۲۰	۰/۰۱۸۲	۰/۰۰۱۶	۰/۰۴۵۲	۰/۰۰۷۰	۰/۰۰۵۰	۰/۱۹۰۶	منجیل
۰/۷۱۴۷	۰/۰۶۰۳	۰/۰۰۶۱	۰/۰۳۵۹	۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۸۰	۰/۱۷۰۷	رامسر
۰/۷۴۴۳	۰/۰۳۵۹	۰/۰۰۹۶	۰/۰۵۶۷	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۷۱	۰/۱۴۲۰	رشت
۰/۰۳۴۴	۰/۰۷۷۵	۰/۰۰۸۰	۰/۱۱۳۲	۰/۰۳۰۱	۰/۲۹۵۸	۰/۴۴۰۷	زنجان

جدول ۴- مقادیر محاسبه شده Ti در ایستگاه های منتخب استان گیلان برای دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۲)

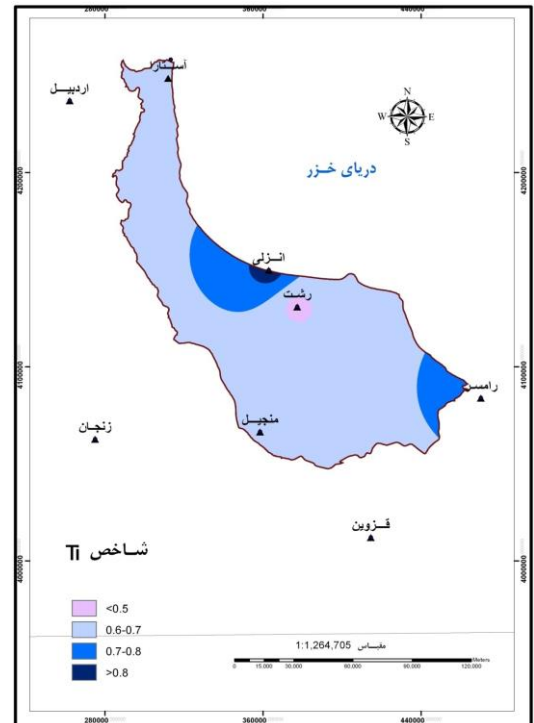
زنجان	رشت	رامسر	منجیل	قزوین	آستارا	اردبیل	انزلی	
۰/۷۳۳	۰/۱۱۰	۰/۲۲۳	۰/۶۴۲	۰/۶۵۴	۰/۵۸۴	۰/۹۱۴	۰/۷۶۳	۱۹۹۲
۰/۷۰۸	۰/۳۲۴	۰/۵۷۲	۰/۳۷۵	۰/۶۵۳	۰/۴۶۳	۰/۷۵۳	۰/۸۸۱	۱۹۹۳
۰/۶۹۱	۰/۶۲۰	۰/۷۱۶	۰/۴۸۹	۰/۸۵۱	۰/۵۰۰	۰/۹۳۰	۰/۸۲۲	۱۹۹۴
۰/۴۶۵	۰/۹۰۵	۰/۹۰۳	۰/۷۸۶	۰/۲۰۰	۰/۷۵۲	۰/۸۹۵	۰/۹۵۵	۱۹۹۵
۰/۴۸۴	۰/۶۱۴	۰/۸۶۶	۰/۵۷۲	۰/۸۴۶	۰/۷۳۴	۰/۶۴۱	۰/۹۵۵	۱۹۹۶
۰/۴۸۵	۰/۱۲۱	۰/۶۹۳	۰/۴۱۹	۰/۱۹۳	۰/۵۵۸	۰/۵۷۴	۰/۸۶۶	۱۹۹۷
۰/۳۹۱	۰/۳۰۹	۰/۷۳۴	۰/۶۲۴	۰/۵۶۵	۰/۶۵۵	۰/۵۸۹	۰/۸۱۲	۱۹۹۸
۰/۲۶۳	۰/۹۰۴	۰/۸۶۹	۰/۸۷۸	۰/۳۱۵	۰/۸۳۷	۰/۶۷۵	۰/۸۹۰	۱۹۹۹
۰/۴۷۶	۰/۷۲۶	۰/۸۵۰	۰/۷۴۱	۰/۴۷۵	۰/۷۰۵	۰/۵۳۰	۰/۸۷۸	۲۰۰۰
۰/۲۲۷	۰/۷۶۵	۰/۷۶۹	۰/۸۱۵	۰/۲۸۷	۰/۴۴۹	۰/۴۹۳	۰/۷۹۲	۲۰۰۱
۰/۳۸۸	۰/۴۲۲	۰/۹۵۴	۰/۵۶۹	۰/۵۷۱	۰/۷۵۶	۰/۵۰۳	۰/۸۷۳	۲۰۰۲
۰/۵۰۷	۰/۶۹۳	۰/۹۳۳	۰/۷۸۰	۰/۷۵۳	۰/۸۱۹	۰/۶۹۲	۰/۹۸۵	۲۰۰۳
۰/۴۸۰	۰/۸۲۸	۰/۸۹۳	۰/۸۵۲	۰/۵۵۲	۰/۷۵۶	۰/۶۸۹	۰/۹۶۰	۲۰۰۴
۰/۴۱۲	۰/۴۶۵	۰/۸۳۱	۰/۶۵۷	۰/۴۱۴	۰/۵۹۶	۰/۵۴۸	۰/۸۲۲	۲۰۰۵
۰/۴۶۳	۰/۶۰۸	۰/۸۱۹	۰/۴۲۱	۰/۶۱۸	۰/۶۵۰	۰/۲۸۳	۰/۸۳۳	۲۰۰۶
۰/۶۲۶	۰/۸۲۴	۰/۸۷۹	۰/۵۷۳	۰/۵۵۴	۰/۱۳۶	۰/۵۵۲	۰/۸۷۸	۲۰۰۷
۰/۳۰۸	۰/۰۸۹	۰/۳۰۵	۰/۰۳۰	۰/۱۲۸	۰/۷۴۶	۰/۵۸۹	۰/۱۵۵	۲۰۰۸
۰/۴۸۱	۰/۸۷۸	۰/۷۶۸	۰/۹۴۴	۰/۴۸۴	۰/۸۶۳	۰/۷۵۲	۰/۹۰۴	۲۰۰۹
۰/۲۵۲	۰/۸۷۹	۰/۸۹۸	۰/۸۶۲	۰/۶۵۴	۰/۴۹۹	۰/۰۱۶	۰/۷۶۳	۲۰۱۰

جدول ۵- مقادیر محاسبه شده Ti در ایستگاه های منتخب استان گیلان برای دوره پیش بینی (۲۰۳۰-۲۰۱۱)

زنجان	رشت	رامسر	منجیل	قزوین	آستارا	اردبیل	انزلی	
۰/۵۹۴	۰/۶۶۵	۰/۹۲۳	۰/۸۸۴	۰/۷۷۵	۰/۷۱۷	۰/۵۶۲	۰/۹۲۵	۲۰۱۱
۰/۲۷۳	۰/۹۵۳	۰/۷۹۳	۰/۸۰۰	۰/۹۵۲	۰/۷۴۳	۰/۷۸۱	۰/۹۳۲	۲۰۱۲
۰/۵۲۹	۰/۳۳۶	۰/۷۹۲	۰/۹۰۷	۰/۲۹۳	۰/۷۱۶	۰/۲۹۶	۰/۶۳۵	۲۰۱۳
۰/۴۲۴	۰/۰۳۲	۰/۹۲۴	۰/۳۵۷	۰/۲۳۳	۰/۴۸۷	۰/۵۴۱	۰/۶۵۹	۲۰۱۴
۰/۴۷۷	۰/۹۳۶	۰/۷۹۵	۰/۸۸۱	۰/۹۶۸	۰/۷۹۷	۰/۵۲۰	۰/۹۷۵	۲۰۱۵
۰/۵۵۲	۰/۵۰۰	۰/۲۰۱	۰/۴۵۷	۰/۳۵۰	۰/۷۳۸	۰/۵۱۹	۰/۸۷۴	۲۰۱۶
۰/۳۰۲	۰/۶۶۷	۰/۹۵۱	۰/۴۶۰	۰/۴۵۵	۰/۷۳۵	۰/۳۸۹	۰/۹۲۵	۲۰۱۷
۰/۳۴۵	۰/۵۰۲	۰/۵۹۳	۰/۶۳۶	۰/۶۱۹	۰/۷۴۰	۰/۲۶۹	۰/۹۰۳	۲۰۱۸
۰/۳۵۴	۰/۶۶۳	۰/۸۰۱	۰/۷۸۶	۰/۳۳۹	۰/۸۴۹	۰/۳۳۶	۰/۹۹۶	۲۰۱۹
۰/۶۷۷	۰/۶۶۱	۰/۷۹۸	۰/۸۱۳	۰/۴۵۶	۰/۱۲۴	۰/۴۹۹	۰/۶۵۹	۲۰۲۰
۰/۴۴۴	۰/۷۵۲	۰/۹۸۸	۰/۴۵۱	۰/۷۳۲	۰/۷۴۹	۰/۲۰۸	۰/۶۶۸	۲۰۲۱
۰/۶۸۴	۰/۵۷۹	۰/۷۹۵	۰/۸۰۷	۰/۳۷۶	۰/۸۹۱	۰/۳۰۲	۰/۹۵۶	۲۰۲۲
۰/۲۷۴	۰/۵۸۴	۰/۵۹۷	۰/۹۳۲	۰/۶۷۰	۰/۸۸۳	۰/۴۵۲	۰/۹۴۶	۲۰۲۳
۰/۴۰۰	۰/۲۴۸	۰/۷۸۳	۰/۴۵۱	۰/۷۶۰	۰/۷۳۶	۰/۲۲۰	۰/۱۰۵	۲۰۲۴
۰/۳۲۹	۰/۳۳۴	۰/۷۷۶	۰/۶۴۳	۰/۶۷۵	۰/۵۸۸	۰/۷۲۷	۰/۶۶۵	۲۰۲۵
۰/۹۴۹	۰/۴۹۷	۰/۷۸۵	۰/۸۸۲	۰/۲۴۰	۰/۵۰۰	۰/۶۸۹	۰/۸۹۵	۲۰۲۶
۰/۶۸۳	۰/۶۶۵	۰/۰۳۱	۰/۹۵۴	۰/۲۰۳	۰/۲۳۶	۰/۵۲۲	۰/۸۴۰	۲۰۲۷
۰/۲۵۵	۰/۹۸۱	۰/۷۹۲	۰/۸۶۴	۰/۶۳۴	۰/۴۹۹	۰/۳۸۹	۰/۹۲۵	۲۰۲۸
۰/۵۲۵	۰/۰۴۴	۰/۴۰۱	۰/۰۸۲	۰/۸۵۴	۰/۸۵۳	۰/۴۷۰	۰/۹۳۰	۲۰۲۹
۰/۳۶۳	۰/۵۷۸	۰/۷۹۳	۰/۲۷۹	۰/۰۳۲	۰/۷۲۹	۰/۴۰۳	۰/۸۶۷	۲۰۳۰



شکل ۳- پهنه بندی خشکسالی برای دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱



شکل ۲- پهنه بندی خشکسالی برای دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۲

۴. نتیجه گیری

سرا و رودسر از وسعت مناطقی که از شاخص Ti بالایی (بالتر از ۰/۷) برخوردار هستند کاسته خواهد شد. با وجود اینکه در این شهرستان ها خشکسالی پیش بینی نگردیده است اما از میزان ترسالی ها کاسته خواهد شد که این موضوع می تواند در دهه های آتی زنگ خطری برای مناطق مذکور باشد. در سایر شهرستانها تغییر چندانی از نظر مقدار Ti مشاهده نگردیده و میزان شاخص مذکور در هر دو دوره بین ۰/۶ تا ۰/۷ بوده است.

۵. پیشنهادات

پدیده تغییر اقلیم می تواند بر بخشهای مختلف اعم از منابع آب، کشاورزی، محیط زیست، بهداشت، صنعت و اقتصاد اثرات منفی داشته باشد. کمترین تغییر در میزان بارش و درجه حرارت، ضربه های شدیدی به بخش های کشاورزی و اقتصادی می زنند. در سالهای اخیر نیز خشکسالی در کشور خسارات زیادی ببار آورده است. از اینرو پیش بینی های اقلیمی جهت استفاده در برنامه ریزی های کلان کشور خصوصاً در رابطه با بلایای طبیعی ضروری به نظر می رسند. کاهش بارندگی موجب کاهش ذخیره و تامین منابع آبی استان خواهد شد، لذا تاکید و توجه به منابع طبیعی، آبخیزداری و آبخوانداری مفید می باشد. افزایش دما نیز باعث کاهش دوره رشد محصولات کشاورزی و به دنبال آن کاهش عملکرد آنها می گردد. در مجموع با تغییر پارامترهای هواشناسی پهنه های اقلیمی موجود نیز دچار تغییرات می گردند. بنابراین لازم است مسئولین و برنامه ریزان استان در بخش حوادث غیرمترقبه، کشاورزی و منابع آب راهکارهای لازم برای کاهش پیامدها و سازگاری با شرایط آب و هوایی جدید را اتخاذ نمایند.

با توجه به اینکه در بین شاخص های مبتنی بر بارش، شاخص استاندارد بارش سالانه (SIAP) یکی از پرکاربردترین شاخص های بررسی خشکسالی هواشناسی در جهان و ایران می باشد، از شاخص فوق جهت ارزیابی رویکرد پیشنهادی استفاده گردید. برای این منظور، با استفاده از نرم افزار SPSS و از طریق آزمون t، نتایج حاصل شده از روش TOPSIS با شاخص SIAP تطبیق داده شد و مقایسه نتایج نشان دادند که در سطح احتمال ۹۵ درصد، ارتباط معنی داری بین این دو روش وجود دارد. از آنجائی که در روش پیشنهادی از عناصر جوی بیشتری استفاده گردیده، این روش نسبت به روش SIAP که شاخص معتبری جهت شناسایی وضعیت خشکسالی است و همچنین روش های ساده تر پیشین که صرفاً از یک یا دو متغیر استفاده کرده اند، برتری دارد و می توان ادعان داشت که در صورت دقت کافی در محاسبات مربوطه، روش پیشنهادی نسبت به روش SIAP دارای مزیت های بیشتری است. بررسی خشکسالی های استان گیلان در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ نسبت به دوره پایه حاکی از آن است که با وجود افزایش شاخص Ti در اکثر ایستگاههای منتخب خارج از محدوده استان، میزان شاخص مذکور در محدوده داخل استان کاهش پیدا کرده است. همانطور که در نقشه ها کاملاً مشهود است در قسمتهای مرکزی شهرستان رشت و در بخشهای غربی شهرستانهای آستارا و تالش در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ نسبت به دوره پایه بر وسعت مناطقی که از شاخص Ti پایین (کمتر از ۰/۵) برخوردار هستند افزوده خواهد گردید. بنابراین انتظار می رود که در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ شاهد خشکسالی های بیشتری در مناطق مذکور باشیم. ضمناً در شهرستانهای انزلی، رضوانشهر، ماسال، صومعه

۶. منابع

- Babaeian, I. and Kwon, W.T. 2004. Application of weather generator technique for climate change assessment over Korea. Korea Meteorological Research Institute, climate research lab. 98pp.
- Babaeian, I. Najafi Nik, Z. Zabol Abbasi, F. Habibi Nokhandan, M. Adab, H. and Melbourni, Sh. 2009. Estimating the Climate Change of Iran in the Period 2039-2010 using exponential microscopy of ECHO-G Model Data. Geography and development. 7(16): 135-152.
- Babaeian, I. and Kuhl, M. 2012. Evaluation of Agricultural Climate Indicators under Climate Change Scenarios in Selected Stations of Khorasan Razavi. Water and Soil (Agriculture Sciences and Technology). 26(4):967-953.
- Babaeian, I. and Najafi Nick, Z. 2006. Introduction and evaluation of LARS-WG model for modeling meteorological parameters of Khorasan province, statistical period (1961-2003). Nivar. 31(62, 63):49-66.
- Chen, Y. Li, K W. and Liu, S. 2011. An OWA-TOPSIS method for multiple criteria decision analysis. Expert Systems with Applications. 38: 5205-5211.
- Downing, T.E. Harrison, P.A. Butterfield R.E. and Lonsdale K.G. 2000. Climate Change Climatic Variability and Agriculture in Europe. An Integrated Assessment. Environmental Change Institute University of Oxford.
- Esmaili, R. Habibi Nokhandan, H. Fallah Ghaleri, Gh. 2010. Assessment of Changes in Growth and Ice Growth Due to Climate Fluctuations Case Study: Khorasan Razavi. Natural Geography Research. 42(73):69-82.
- Esmaili, R. Gandamkar, A. and Ghayour, H. 2011. Zoning climate change from an agricultural perspective in the future climate. Case study: Razavi Khorasan Province. journal of geography and environmental planning. 22(1): 35-52.
- Haltiner, G. and Williams, R. 1980. Numerical Prediction and Dynamic Meteorology. John Wiley&Sons. 477p.

- Kazemi Rad, L. and Mohammadi, H. 2013. Application of Multi-criteria Decision Making Method (TOPSIS) in Diligence Scheme of Guilan Province. *Geographic space*. 13(44):203-217.
- Khalili Aghdam, N. Hosseini, A. Soltani, A. and Kamkar, B. 2012. Assessment of the ability of the LARS-WG model to predict some Sanandaj atmospheric parameters. *Journal of Soil and Water Conservation Research*. 19(4): 85-103
- Khazanedari, L. Zabol Abbasi, F. Ghandhari, Sh. Kouhi, M and Malbousi, Sh. 2009. Drought prediction in Iran during next 30 years. 9th EMS Annual Meeting Applications of Meteorology. 6.
- Khoshakhlagh, F. Hejazi Zadeh, Z. Mohammadi, H. and Roshan, Gh. 2006. TOPSIS Approach in Determining and Ranking of Drought (Case Study: Drought Distribution in Several Stations in Khuzestan Province). 5(6):105-127.
- Luo Qanyan, M.A. Williams, J. Belloti, W. and Bryan, B. 2003. Quantities and visual assessments of climate change impacts on south Australian wheat production. *Agriculture Systems*. 77(3):173-186.
- Mavromatis, Th. and Hansen, J. 2001. Inter annual variability characteristics and simulated crop response of four stochastic weather generators. *Agricultural and forest meteorology*. 109: 283-296.
- Mishra, A.K. and Singh V.P. 2010. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*. 391:202-216.
- Olapida, E.O. 1985. A Comparative Performance Analysis of Three Meteorological Drought Indices. *Journal of climatology*. 5: 655-664.
- owden, J.R. Watkins, Jr.D.W. and Mihelcic, J.R. 2008. Stochastic rainfall modeling in west africa: Parsimonious approaches for domestic rainwater harvesting assessment. *J. Hydrol*. 361(1-2): 64-77.
- Richter, G.M. and Semenov, M.A. 2004. Modeling impacts of climate change on wheat yields in England and wales. *Assessing drought risks. Agriculture Systems*. 84(1):77-97.
- Sajjad Khan, M. Coulibaly, P. and Dibike, Y. 2006. Uncertainty analysis of stochastically downscaling methods. *J. Hydrol*. 319(1-4): 357-382.
- Semenov, M.A. 2008. Simulation of extreme weather events by a stochastic weather generator. *Climate Research*. 35: 203-212.
- Semenov, M.A. and Barrow, E.M. 1997. Use of a stochastic Weather Generator in the development of Climate Change Scenarios. *Climatic Change*. 35.
- Semenov, M.A. and Brooks, R.J. 1999. Spatial interpolation of the LARS-WG Stochastic Weather Generator in Great Britain. *Climate Research*. 11: 137-148.
- Semenov, M.A. and Brooks, R.J. 1999. Spatial interpolation of the LARS-WG Stochastic Weather Generator in Great Britain. *Climate Research*. 11: 137-148.
- Sirtekno, O. 2001. The Global Greenhouse Effect. *Agro Ecosystems and the Future of Agriculture*. WMO. CAGM report. No 77b.
- Williams, A.G. 1991. *Modeling future climates: From GCMs to statistical downscaling approaches*. University of Toronto at Scarborough. 56p.
- Zabul Abbasi, F. Melboshi, Sh. Babaeian, I. Etemori, M. and Borhani, R. 2010. Prediction of Climate Change in Southern Khorasan in the 2010-2010 period of 2039 using the ECHO-G Model Output Statistical Exponential Scale. *Water and Soil (Agriculture Sciences and Technology)*. 24(2): 218-233.