

## طبقه‌بندی مناطق همگن اقلیمی کشور ایران تحت تاثیر تغییر اقلیم و سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از تکنیک گشتاور خطی

سمانه پورمحمدی<sup>۱</sup> و حسین ملکی نژاد<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه یزد، (نویسنده مسوول: s.poormohammadi@yahoo.com)

۲- دانشیار، دانشگاه یزد

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۷

### چکیده

تغییرات تدریجی اقلیم در جهان، باعث وقوع خشکسالی‌های پی در پی، سیلاب‌های بزرگ و توفان‌های دریایی می‌شود. کشور ایران با قرار گرفتن در کمربند خشکی جهان از جمله کشورهایی است که منابع آب، کشاورزی و پوشش گیاهی آن به تدریج رو به زوال می‌باشد. با توجه به اهمیت زیاد پدیده تغییرات اقلیمی و اثرات آن در کشور ایران، در این تحقیق به بررسی اثر تغییر اقلیم بر تقسیم‌بندی مناطق همگن اقلیمی در آینده پرداخته می‌شود. به همین منظور با استفاده از مدل Hadcm3 و تحت دو سناریوی A2 و B2 به بررسی اثرات تغییر اقلیم در ۴۰ ایستگاه سینوپتیک کشور در دوره آتی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ پرداخته شد. سپس بر اساس سه پارامتر بارش، دمای بیشینه و دمای کمینه در دوره پایه ۱۹۹۰-۱۹۶۱ و دوره آتی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و با استفاده از روش آنالیز خوشه به جداسازی مناطق همگن اقلیمی اولیه پرداخته شد. سپس با استفاده از روش تجزیه عاملی اقدام به تعیین موثرترین پارامتر اقلیمی در تعیین مناطق همگن شد. در نهایت با استفاده از مهمترین پارامتر اقلیمی تاثیر گذار در جداسازی مناطق همگن اقلیمی و به کمک تکنیک گشتاور خطی، مناطق همگن اقلیمی جداسازی شده و بهترین توزیع برازش یافته در هر منطقه همگن مشخص گردید. نتایج تحقیق نشان دهنده نقش اثرات تغییرات اقلیمی بر جداسازی مناطق همگن در کشور می‌باشد به طوری که در دوره آتی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و تحت دو سناریوی A2 و B2 مناطق همگن اقلیمی متفاوت از دوره پایه ۱۹۹۰-۱۹۶۱ تعیین شدند.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، گشتاور خطی، مناطق همگن، عدم قطعیت

### مقدمه

معنی‌داری بر فراهمی آب یا میزان در دسترس بودن آن، کیفیت و کمیت آن خواهد داشت. نکته حائز اهمیت در این زمینه این است که از میان پارامترهای مختلف اقلیمی نقش بارندگی

تغییر اقلیم تاثیرات زیادی بر چرخه هیدرولوژیکی آب در دهه‌های آتی خواهد گذاشت (۷). این پدیده هم چنین تاثیرات

آب کشور در اثر تغییرات اقلیم را نشان داد. ویژگی‌الاین و همکاران (۲۳) تغییرات سیلاب را در ۶۷ نقطه فنلاند با استفاده از مدل مفهومی هیدرولوژیکی و ۲۰ سناریو اقلیمی برای دوره‌های ۲۰۱۰-۲۰۳۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ بررسی کردند. نتایج، اهمیت دانش جامع اقلیم‌شناسی و هیدرولوژیکی و استفاده از چندین سناریو اقلیمی در تخمین تأثیرات تغییر اقلیم روی سیلاب را نشان داد. پورمحمدی و همکاران (۱۶) در یک مطالعه موردی در ایستگاه یزد، به پیش‌بینی خشکسالی تحت تاثیر تغییر اقلیم در سه دهه آینده تا ۲۰۳۹ پرداختند. نتایج نشان از وجود نوسانات سال‌های خشک و تر در منطقه دارد و همچنین استفاده از چندین مدل چرخش عمومی جهت کاهش عدم قطعیت لازم شمرده شد. جونگ و چانگ (۱۳) به ارزیابی روندهای رواناب آینده تحت چندین سناریوی تغییر اقلیم در حوزه رودخانه ویلامت اورگان آمریکا پرداختند. نتایج، روندهای منفی در رواناب بهار و تابستان و روندهای مثبت در رواناب پاییز و زمستان برای دوره ۲۰۰۰-۲۰۹۹ را نشان دادند. رمرو و سیسلروا (۲۲) اثرات پدیده تغییر اقلیم روی تبخیر و تعرق را در حوزه‌ای در جمهوری چک مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داده و به این نتیجه رسیدند که در منطقه مورد مطالعه تغییرات تبخیر و تعرق در آینده قابل توجه نخواهد بود. در ارتباط با تلفیق تغییرات اقلیمی و تکنیک گشتاور خطی تحقیقات محدودی صورت گرفته است. از آنجایی که در این تحقیق از تکنیک گشتاور

(P) و تبخیر و تعرق (ET) مشهودتر از سایر پارامترها بوده و این دو سهم زیادی را در چنین تغییراتی ایفا می‌کنند (۲۰). برخی محققان ادعان داشته‌اند که پدیده تغییر اقلیم با افزایش همزمان تبخیر و تعرق و بارش به تسریع چشمگیر چرخه آب کمک نموده که خود منشاء بسیاری از تغییرات دیگر خواهد بود (۳، ۱۶، ۲۱). اما این بدان مفهوم نیست که افزایش بارش‌ها الزاماً به پایداری منابع آب در یک منطقه خواهد انجامید، بلکه این افزایش‌ها همراه با طولانی شدن دوره بازگشت و افزایش شدت و حجم بارش‌ها در هر رخداد خواهد بود. در چنین شرایطی وقوع خشکسالی‌های شدید و یا ترسالی‌ها و سیلابهای مرگ آسا دور از انتظار نخواهد بود (۱). در ارتباط با تاثیر تغییرات اقلیمی بر پارامترهای اقلیمی مثل بارش، دما و نهایتاً تاثیر آن بر منابع آب تحقیقات متعددی صورت گرفته است. در تحقیقی که توسط دستورانی و همکاران (۶) روی اثرات تغییر اقلیم روی تبخیر و تعرق ایستگاه یزد انجام گرفت از مدل Hadcm3 و از دو سناریوی A2 و B2 استفاده شد. نتایج نشان دهنده افزایش تبخیر و تعرق در دوره آتی ۲۰۱۰-۲۰۳۹ و عدم قطعیت در ارتباط با سناریوهای اقلیمی و روشهای برآورد تبخیر و تعرق می‌باشد. در تحقیقی که توسط دانش‌کار آراسته و شکوهی (۵) انجام گرفت با استفاده از تعداد زیادی تصویر همزمان بارش و دمای ماهانه در سطح ایران به بررسی مکانی و زمانی تغییر اقلیم در کشور پرداخته شد. تحقیق انجام شده تاثیرات ایجاد شده در منابع

پرداخته و ابتدا با آنالیز حساسیت دبی‌های سیلابی نسبت به پارامترهای دما، بارش و تبخیر و تعرق دریافتند که دبی پیک بیشترین حساسیت را نسبت به بارش دارد، سپس با استفاده از گشتاورهای خطی به جداسازی مناطق همگن پرداخته و به تعیین دبی پیک در آینده با استفاده از پارامتر بارش پرداختند. بتول (۴) در تحقیقی که در یکی از حوزه‌های آبخیز ترکیه انجام داد به بررسی اثر ایستگاه‌های غیرهمگن (ناجور) در یک منطقه و تاثیری که روی پیش‌بینی دبی پیک با دوره بازگشت‌های مختلف می‌گذارد پرداخت. به این منظور ابتدا با استفاده از گشتاورهای خطی به جدا سازی مناطق همگن پرداخته و دو شاخص ناجوری را با استفاده از توزیع ۴ پارامتره کاپا بدست آوردند نتایج خطای مربعات استاندارد فراوانی سیل نشان داد که مناطق با شاخص همگنی قوی بسیار دقیق‌تر از مناطقی با شاخص همگنی ضعیف بودند.

هدف از تحقیق حاضر بررسی اثرات تغییر اقلیم روی جداسازی مناطق همگن در دوره آتی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ می‌باشد. بنابراین در این تحقیق ابتدا با استفاده از آنالیز خوشه‌ای به جداسازی اولیه مناطق همگن پرداخته و سپس با استفاده از تکنیک گشتاور خطی مناطق همگن اقلیمی را در دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و دوره آتی (۲۰۳۹-۲۰۱۰) را تعیین نموده و بهترین توزیع احتمالاتی برای هر منطقه همگن انتخاب شد.

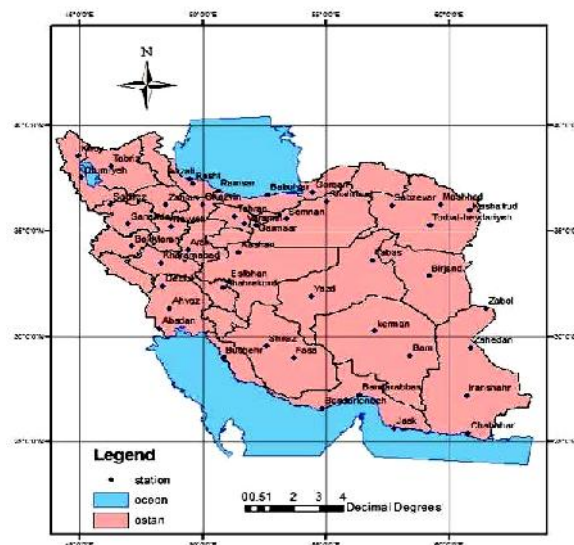
خطی جهت تعیین مناطق همگن و بررسی بهترین توزیع آماری استفاده شده است به بیان تعدادی از مطالعات انجام شده در این مورد پرداخته می‌شود. هر چند که کاربرد هیدرولوژیک گشتاورهای وزنی احتمال توسط گرینوود و لندور آغاز شد و بعدها توسط هاسکینگ و والیس توسعه یافت و باعث ارائه روش گشتاورهای خطی به عنوان ترکیب خطی گشتاورهای نمونه، به عنوان یک فرآیند تحلیل منطقه‌ای شد و از این رو آنان به عنوان آغاز کنندگان استفاده از این ترکیب‌ها یاد می‌شود ولی استفاده از گشتاورهای وزنی و خطی از سابقه‌ی طولانی‌تر برخوردار می‌باشد. آن‌ها هم چنین معادله منطقه‌ای را برای تعیین دبی به دست آوردند. پیل و همکاران (۱۸) با استفاده از روش گشتاورهای خطی علل تفاوت‌های منطقه‌ای و اقلیمی، تغییرات رواناب سالانه را در مناطق معتدله و خشک آفریقایی جنوبی بررسی کردند و تفاوت میزان بارش، درصد پوشش گیاهی و درجه حرارت را علل عمده این تفاوت‌ها اعلام داشتند. جینگای و هال (۱۲) روش گشتاور خطی را در آنالیز منطقه‌ای سیلاب حوزه آبخیز رودخانه مینگ مورد استفاده قرار دادند و با استفاده از این روش مناطق همگن و توزیع پیرسون نوع سوم را به عنوان توزیع آماری مناسب مشخص کردند. در تحقیق که بوستالا و همکاران (۲) روی چهار زیر حوزه در ایرلند انجام داد به بررسی تاثیر تغییر اقلیم روی دبی سیلاب

## مواد و روش‌ها منطقه مطالعاتی

در تحقیق حاضر که روی کل کشور ایران صورت گرفته از ۴۰ ایستگاه سینوپتیک با سابقه تاریخی بیش از ۳۰ سال استفاده شد (شکل ۱).

مراحل انجام تحقیق شامل سه بخش کلی می‌باشد. بخش اول دریافت داده‌های بارش، دمای کمینه و بیشینه ایستگاه‌های سینوپتیک کل کشور مربوط به دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و دوره‌های آینده (۲۰۳۹-۲۰۱۰) می‌باشد. سپس انجام عملیات کوچک مقیاس کردن داده‌های آینده تحت دو سناریوی A2 و B2 و بدست آوردن بارش، دمای کمینه و بیشینه در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ تحت دو سناریوی مذکور می‌باشد. در مرحله دوم اقدام به جداسازی منطقه همگن اقلیمی (بر اساس داده‌های مربوط به بارش و دما) توسط تکنیک آنالیز

خوشه‌ای شد. بنابراین سه دسته همگن‌سازی منطقه‌ای در دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و دوره‌های آتی (۲۰۳۹-۲۰۱۰) تحت دو سناریوی A2 و B2 انجام گرفت (همگن سازی اولیه). در این مرحله جهت تعیین مهمترین پارامتر تاثیر گذار در جداسازی مناطق همگن در دوره پایه و دوره آینده (دمای کمینه، بیشینه و بارش) از روش تجزیه عاملی استفاده و مهمترین پارامتر موثر در تفکیک مناطق همگن در هر دوره شناسایی شد. در بخش سوم به بررسی مناطق همگن با استفاده از تکنیک گشتاور خطی پرداخته شد. بدین معنی که مناطق همگنی که در بخش قبلی توسط آنالیز خوشه‌ای صورت گرفته بود در این بخش توسط گشتاور خطی بررسی و تأیید شد. همچنین بهترین توزیعی که هر یک از گروه‌های همگن از آن تبعیت می‌کنند مشخص گردید.



شکل ۱- نمایش ایستگاه‌های مورد مطالعه در تحقیق

۱۹۹۰-۱۹۶۱ و ۲۰۳۹-۲۰۱۰، اقدام به میانگین‌گیری از آنها به صورت ماهانه شد. به عنوان مثال در ماه ژانویه برای دمای حداقل سناریوی A2، دو مقدار  $T_{Jan(1961-1990)}$  و  $T_{Jan(2010-2039)}$  بدست آمدند. سپس اختلاف این دو در آن ماه محاسبه شد:

$$\Delta T_{Jan} = T_{Jan(2010-2039)} - T_{Jan(1961-1990)} \quad (1)$$

مقدار  $\Delta T_{Jan}$  نشان دهنده اختلاف بین دمای حداقل ماه ژانویه در دوره گذشته و آینده تحت سناریوی A2 است. جهت محاسبه میانگین ماهانه دمای حداقل در ماه ژانویه برای دوره آینده، از میانگین ماهانه مشاهداتی  $(\bar{T}_{Jan(1961-1990)})$  و مقدار  $\Delta T_{Jan}$  استفاده شده است:

$$\bar{T}_{Jan(2010-2039)} = \bar{T}_{Jan(1961-1990)} + \Delta T_{Jan} \quad (2)$$

با این کار، میانگین‌های ماهانه دمای حداقل در دوره آتی (۲۰۳۹-۲۰۱۰) تحت سناریوی A2 بدست می‌آیند. به همین ترتیب برای دمای حداقل سناریوی B2 و دمای حداکثر سناریوهای A2 و B2، همین اقدامات صورت گرفت تا مقادیر ماهانه آنها برای دوره آتی محاسبه گردد.

بارندگی: جهت کوچک مقیاس نمودن بارندگی‌های روزانه مدل HadCM3 تحت سناریوهای A2 و B2، همانند دمای حداقل و دمای حداکثر عمل شد. ابتدا داده‌های بارندگی هر دو سناریو به دو دوره آماری ۱۹۹۰-۱۹۶۱ و ۲۰۳۹-۲۰۱۰ تفکیک گردیدند. سپس مقادیر ماهانه بارش برای هر دوره آماری محاسبه شد. به عنوان مثال در سناریوی A2،

**تغییرات اقلیمی تحت سناریوهای A2 و B2:**  
سناریوی A2 از نوع منطقه‌ای است که شرایط اقتصادی را بیشتر مد نظر دارد. سناریوی B2 نیز همانند سناریوی A2 منطقه‌ای می‌باشد که به امر حفظ محیط زیست توجه بیشتری دارد (۱۴). برای بررسی تغییرات اقلیمی ابتدا داده‌های دمای حداقل، دمای حداکثر و بارندگی از پایگاه [www.ipcc-data.org](http://www.ipcc-data.org) تهیه گردید. در این مرحله اطلاعاتی نظیر مدل گردش عمومی مورد نظر، نوع سناریو، بازه زمانی و موقعیت مکانی محدوده مطالعاتی لازم است. همان طور که قبلاً نیز عنوان شد، مدل مورد نظر HadCM3 بوده که داده‌های مربوط به دو بازه زمانی ۱۹۹۰-۱۹۶۱ و ۲۰۳۹-۲۰۱۰ برای محدوده مطالعاتی تحت دو سناریوی A2 و B2 از سایت مذکور اخذ گردیده است.

#### کوچک مقیاس نمودن<sup>۱</sup>:

دمای حداقل و دمای حداکثر: پس از اخذ داده‌های روزانه مشاهداتی ایستگاه‌های سینوپتیک کشور ایران مربوط به دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱، میانگین‌های دراز مدت (۳۰ ساله) ماهانه دمای حداقل (Tmin) و دمای حداکثر (Tmax) به صورت مجزا محاسبه گردیدند. به عنوان مثال برای دمای حداقل در ماه ژانویه مقداری معادل  $\bar{T}_{Jan(1961-1990)}$  بدست آمد. برای سایر ماههای سال نیز مقادیر میانگین دمای حداقل محاسبه گردید. همچنین پس از کسب داده‌های دمای حداقل و دمای حداکثر از مدل HadCM3 تحت دو سناریوی A2 و B2 و جداسازی هر یک از آنها به دو دوره آماری

شدند و سپس داده‌های شبیه‌سازی شده تحت تاثیر تغییر اقلیم در دوره آتی ۲۰۱۰-۲۰۳۹ مورد بررسی قرار گرفته و ایستگاه‌های سینوپتیک بر اساس آمار بارش، دمای کمینه و دمای بیشینه تحت تاثیر دو سناریو در مناطق همگن قرار گرفتند. در نهایت جهت تعیین مهمترین پارامتر تاثیرگذار در همگن سازی ایستگاه‌های سینوپتیک در دوره‌های پایه و آتی، از تکنیک تجزیه عاملی<sup>۱</sup> استفاده شد. در نهایت مهمترین پارامتر موثر بر جداسازی مناطق همگن در هر دوره مشخص گردید.

**جداسازی مناطق همگن با استفاده از تکنیک گشتاور خطی:**

بعد از تعیین مهمترین پارامتر اقلیمی تاثیر گذار روی جدا سازی مناطق همگن، از تکنیک گشتاور خطی جهت تعیین و تائید مناطق همگن اولیه استفاده گردید (۹). به این منظور مناطق همگنی که با استفاده از آنالیز خوشه‌ای جدا شده بود بعنوان مناطق همگن اولیه در نظر گرفته شده و میزان همگنی آن توسط تکنیک گشتاور خطی بررسی شد. این تکنیک در دو مرحله حوزه‌های همگن هیدرولوژیک را در اختیار ما می‌گذارد: (۱) آزمون ناهمگنی<sup>۲</sup>، (۲) آزمون همگنی<sup>۳</sup>.

اگر یک ایستگاه منفرد در نمودار گشتاورهای خطی در محدوده فضای دو بعدی ( $\tau_3$  و  $\tau_4$ ) واقع نشود، یک آزمون ناهمگنی مبتنی بر گشتاورهای خطی به منظور بررسی ضرورت حذف ایستگاه از مجموعه ایستگاه‌های مورد بررسی انجام می‌گیرد. این آزمون با محاسبه آماره Di انجام می‌شود.

میانگین بارندگی ماه ژانویه برای دوره گذشته و  $P_{Jan(2010-2039)}$  برای دوره آتی خواهد بود. سپس از فرمول زیر استفاده و نسبت بین بارش دوره آتی و گذشته محاسبه گردید:

$$\Delta P_{Jan} = \frac{P_{Jan(2010-2039)}}{P_{Jan(1961-1990)}} \quad (3)$$

از مقدار  $\Delta P_{Jan}$  جهت تخمین متوسط بارندگی ماه ژانویه در دوره آتی استفاده خواهد شد. برای این کار داده‌های بارندگی روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک به عنوان مقادیر مشاهداتی سال ۱۹۶۱-۱۹۹۰ اخذ و به صورت ماهانه میانگین گیری شد. به عنوان مثال مقدار  $\bar{P}_{Jan(1961-1990)}$  بیانگر متوسط بارندگی مشاهداتی در ماه ژانویه خواهد بود. جهت محاسبه متوسط بارش در ماه ژانویه در دوره آتی فرمول زیر مورد استفاده قرار خواهد گرفت:

$$\bar{P}_{Jan(2010-2039)} = \bar{P}_{Jan(1961-1990)} * \Delta P_{Jan} \quad (4)$$

بدین ترتیب مقادیر متوسط بارندگی برای ماه‌های مختلف دوره آماری آتی (۲۰۱۰-۲۰۳۹) و تحت سناریوهای A2 و B2 محاسبه خواهند شد (۱۴).

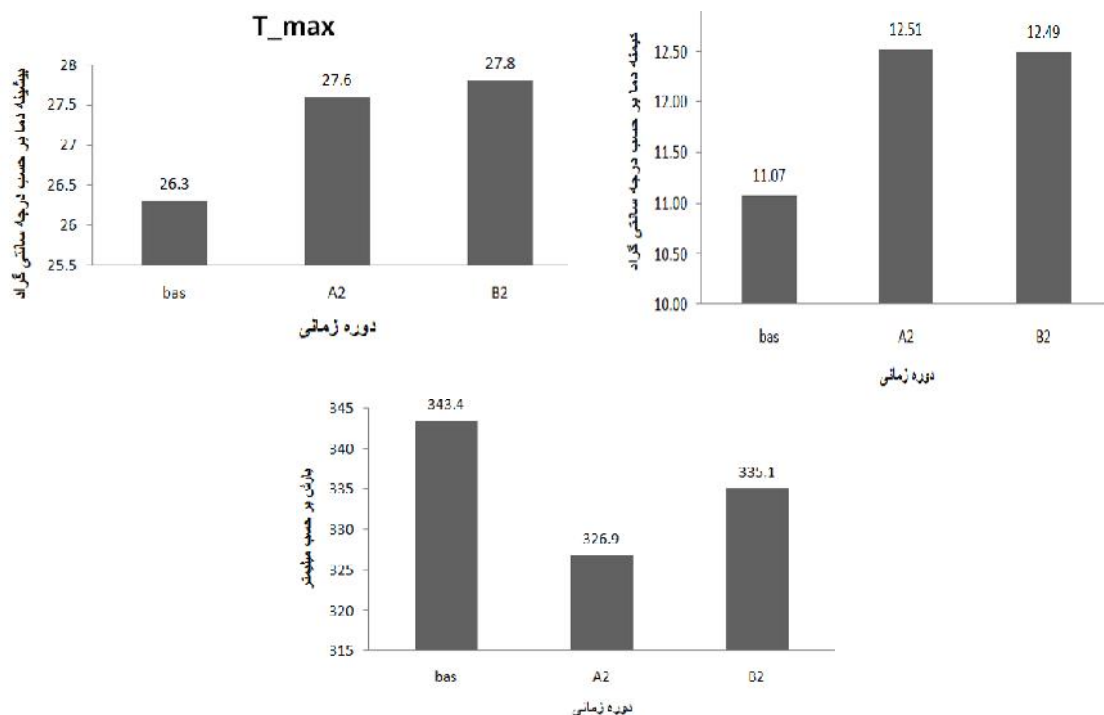
**تعیین همگنی اولیه ایستگاه با استفاده از آنالیز خوشه‌ای:**

جهت تعیین مناطق همگن اولیه از تکنیک آنالیز خوشه‌ای استفاده شد. به این منظور ابتدا ایستگاه‌های سینوپتیک دوره پایه بر اساس آمار بارش، دمای کمینه و دمای بیشینه، بر اساس مناطق همگن جداسازی

## نتایج و بحث

تغییرات بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه: در شکل ۲ مقایسه میانگین ۴۰ ایستگاه سینوپتیک از نظر پارامترهای بارش، بیشینه و کمینه دمای دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوهای A2 و B2 نشان داده شده است. دمای بیشینه تحت هر دو سناریوی A2 و B2 در دوره آتی (۲۰۱۰-۲۰۳۹) در اثر تغییرات اقلیمی افزایش خواهد داشت. این مقدار افزایش تحت سناریوی B2 بیش از سناریوی A2 می‌باشد به طوریکه دمای بیشینه تحت سناریوی A2 در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ به میزان ۱/۴ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است، این در حالی است که این میزان افزایش تحت

سناریوی B2 در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ حدود ۱/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. با توجه به نمودار کمینه دما و مقایسه میانگین بلند مدت دمای کمینه دوره پایه و دوره آینده تحت دو سناریوی A2 و B2 می‌توان مشاهده نمود که افزایش دما در دوره آتی تحت دو سناریوی مذکور مشهود می‌باشد. مقدار افزایش دمای کمینه در دوره آتی تحت سناریوی A2 مقدار اندکی بیش از سناریوی B2 می‌باشد، به طوری که افزایش دمای کمینه در دوره آتی تحت سناریوی A2 به میزان ۱/۵ درجه سانتی‌گراد و این مقدار افزایش تحت سناریوی B2 به میزان ۱/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.



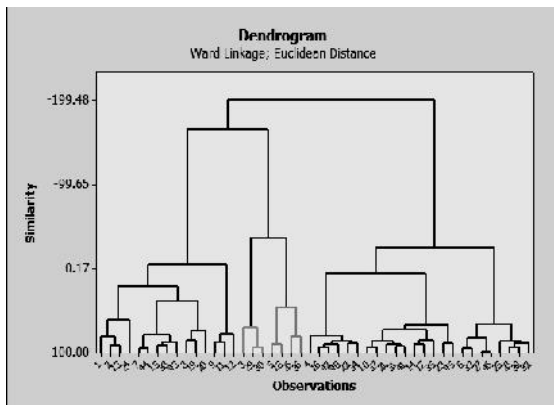
شکل ۲- مقایسه بارش، بیشینه و کمینه دمای دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوهای A2 و B2

همگن سازی اولیه ایستگاه‌های کشور در دوره‌های پایه و آتی با استفاده از آنالیز خوشه‌ای:

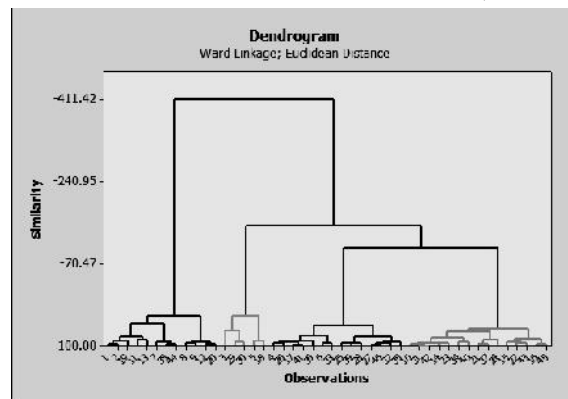
از سه پارامتر اقلیمی بارش و دماهای کمینه و بیشینه برای این همگن سازی استفاده شد. در این تحقیق از روش اتصال<sup>۱</sup>، وارد<sup>۲</sup> و از اندازه فاصله<sup>۳</sup> اقلیدسی<sup>۴</sup> در تکنیک آنالیز خوشه‌ای استفاده شد. تحت تاثیر تغییرات اقلیمی قرارگیری بعضی از ایستگاه‌ها در مناطق همگن متفاوت از دوره پایه بوده است و تحت دو سناریوی A2 و B2 نیز همگن سازی‌های منطقه ای متفاوت شده است (شکل ۳).

همان‌طور که در نمودار بارش مشاهده می‌شود، میانگین بلند مدت بارش این ۴۰ ایستگاه سینوپتیک کاهش محسوسی تحت تاثیر تغییرات اقلیمی داشته است. مقدار کاهش بارش در اثر تغییرات اقلیمی در دوره آتی تحت سناریوی A2 بیش از سناریوی B2 بوده است. به طوری که بارش از ۳۴۳/۴ میلی‌متر در دوره پایه به میزان ۳۲۶/۹ میلی‌متر در دوره آتی تحت سناریوی A2 رسیده یعنی ۱۶/۴ میلی‌متر کاهش بارندگی داشته و به میزان ۳۳۵/۱ میلی‌متر تحت سناریوی B2 رسیده که نشان دهنده ۸/۲ میلی‌متر کاهش بارش بوده است.

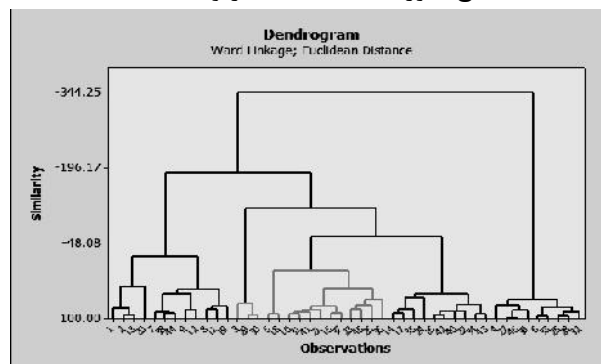
(ب) دوره آینده تحت سناریوی A2



(الف) دوره پایه



(ج) دوره آینده تحت سناریوی B2



شکل ۳- دسته بندی مناطق همگن به کمک آنالیز خوشه‌ای

1- Linkage Method

2- Ward

3- Distance Measure

4- Euclidean



با توجه به جدول ۱ در هر دوره اقلیمی (پایه و آتی) ایستگاه‌های موجود به ۹ منطقه همگن تقسیم‌بندی شدند. میزان تغییرات بارش و دمای رخ داده در هر ایستگاه تحت شرایط اقلیمی باعث شده تقسیم‌بندی‌های دسته‌ها متفاوت از دسته‌های دوره پایه باشد. نکته قابل توجه آنکه سه ایستگاه رامسر، رشت، بندر انزلی که جز پر بارانترین مناطق کشور هستند در اثر تغییرات اقلیمی نیز در یک منطقه همگن قرار گرفتند. افزایش دما و کاهش بارش این مناطق به حدی بوده که دوباره در یک منطقه همگن قرار گرفته‌اند. ایستگاه‌های آبادان، اهواز، دزفول نیز در اثر تغییرات اقلیمی تحت هر دو سناریو باز هم در یک منطقه همگن قرار گرفته‌اند. بابلسر و گرگان هم در دوره پایه (۱۹۶۱-۱۹۹۰) و هم در دوره آتی تحت سناریوی B2 به صورت یک منطقه همگن مجزا قرار دارند هرچند که تحت سناریوی A2 نیز در یک منطقه همگن هستند ولی دو ایستگاه مشهد و شاهرود نیز در این منطقه همگن واقع شده‌اند. ایستگاه‌های بم، طبس، زابل نیز هم در دوره پایه و هم در دوره آتی تحت هر دو سناریوی اقلیمی در یک منطقه همگن قرار گرفتند هرچند که در هر دوره با ایستگاه‌های متفاوت دیگری همراه هستند.

بنابراین بعضی از ایستگاه‌های موجود در مناطق همگن اقلیمی تحت تاثیر تغییرات اقلیمی ثابت مانده و بعضی دیگر ایستگاه‌ها تغییر کردند، یعنی تغییرات اقلیمی در آنها به قدری زیاد بوده که آنها را از یک منطقه همگن به منطقه همگن دیگر تغییر داده است. با توجه به اینکه در تکنیک گشتاور خطی تنها باید از یک پارامتر برای تعیین مناطق همگن استفاده نمود بنابراین با انجام تکنیک تجزیه عاملی از بین سه پارامتر بارش، دمای کمینه و دمای بیشینه در دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و دوره آتی (۲۰۳۹-۲۰۱۰) تحت دو سناریوی A2 و B2 به تعیین مهمترین پارامتر اقلیمی موثر در همگن‌سازی منطقه‌ای پرداخته شد. در جدول ۲ مهمترین فاکتورهای موثر در دسته‌بندی مناطق همگن در دوره‌های پایه و آتی دیده می‌شود. در این تحقیق از روش استخراج<sup>۱</sup> حداکثر درست‌نمایی<sup>۲</sup> و نوع چرخش<sup>۳</sup> واریماکس<sup>۴</sup> در تکنیک تجزیه عاملی استفاده شد. نتایج نشان دهنده این است که از بین سه پارامتر موثر در تقسیم‌بندی اقلیمی در هر دو دوره (پایه و آینده) پارامتر کمینه دما در اولویت می‌باشد، بنابراین در تکنیک گشتاور خطی با استفاده از کمینه دما به تعیین مناطق همگن پرداخته شد.

جدول ۱- نام ایستگاه‌های موجود در هر منطقه همگن

دوره	مناطق همگن	نام ایستگاه
پایه	۱	اهواز- آبادان- دزفول - بوشهر- ایرانشهر - بم- طبس- زابل
	۲	بندر عباس- بندر لنگه- چابهار- جاسک
	۳	رامسر- رشت- بندر انزلی
	۴	بابلسر- گرگان
	۵	اراک- قزوین- مشهد- شاهرود- تربت حیدریه- کرمانشاه- سنندج
	۶	تبریز- ارومیه- نوزه- خوی- زنجان- سقز- شاهرود
	۷	بیرجند- ورامین- سبزوار- اصفهان- کرمان- سمنان- تهران
	۸	کشف‌رود- شیراز- خرم آباد
	۹	فسا- کاشان- یزد- گرمسار- زاهدان
دوره آینده تحت سناریوی A2	۱	آبادان- اهواز- دزفول- خرم آباد
	۲	بم - زابل- طبس- فسا - یزد
	۳	بندر عباس- ایرانشهر- جاسک
	۴	بندر لنگه - بوشهر- چابهار
	۵	بندر انزلی- رامسر- رشت
	۶	بابلسر- گرگان- مشهد- شاهرود
	۷	گرمسار- ورامین- تهران- اراک- کاشان- سمنان
	۸	بیرجند- کشف‌رود- شیراز- سبزوار- تربت حیدریه- اصفهان- قزوین- شهرکرد- کرمان- زاهدان
	۹	کرمانشاه- سنندج- نوزه- زنجان- ارومیه- سقز- تبریز- خوی
دوره آینده تحت سناریوی B2	۱	آبادان- اهواز- دزفول- جاسک
	۲	بم- طبس- زابل- بندر لنگه- چابهار
	۳	بندر عباس- بوشهر- ایرانشهر
	۴	انزلی- رامسر- رشت
	۵	بابلسر- گرگان
	۶	بیرجند- سبزوار- تربت حیدریه- فسا- کشف‌رود- شیراز
	۷	کرمان- مشهد- زاهدان- شاهرود
	۸	اصفهان- قزوین- شهرکرد- خرم آباد
	۹	گرمسار- ورامین- تهران- کاشان- سمنان- یزد
	۱۰	اراک- نوزه- زنجان- تبریز- کرمانشاه- خوی- سنندج- ارومیه- سقز

جدول ۲- مهمترین فاکتورهای موثر در دسته بندی مناطق همگن در دوره های پایه و آتی

دوره آماری	فاکتور اول	فاکتور دوم
دوره پایه (۱۹۷۱-۲۰۰۰)	کمینه دما	بارش سالانه
دوره آتی تحت سناریوی A2 (۲۰۱۰-۲۰۳۹)	کمینه دما	بارش سالانه
دوره آتی تحت سناریوی B2 (۲۰۱۰-۲۰۳۹)	کمینه دما	اختلاف دمای بیشینه دوره آتی و پایه

نزدیکتر باشد ان منطقه از همگنی بیشتری برخوردار خواهد بود، منطقه همگن ۱ (اهواز-آبادان- دزفول- بوشهر- ایرانشهر- بم- طبس- زابل) و منطقه همگن ۸ (کشفرود- شیراز- خرم آباد) بیشترین میزان همگنی را دارا می باشد. در جدول ۴ نتایج آزمون همگنی با استفاده از گشتاور خطی جهت تعیین مناطق همگن تحت سناریوی A2 نمایش داده شده است. دمای کمینه در مناطق همگن ۲، ۳ و ۸ از توزیع مقادیر حد تعمیم یافته، مناطق همگن ۱ و ۴ از توزیه پرتو تعمیم یافته<sup>۲</sup> و سایر مناطق همگن از توزیع لاجستیک تعمیم یافته<sup>۳</sup> پیروی می کنند. بهترین میزان همگنی در منطقه همگن ۳ (بندرعباس- ایرانشهر- جاسک) با همگنی ۰/۲۳ مشاهده می شود.

مناطق همگن با استفاده از تکنیک گشتاور خطی: در جدول ۳ نتایج آزمون گشتاور خطی جهت تعیین مناطق همگن در دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) نمایش داده شده است. با توجه به جدول در هفت منطقه همگن توزیع مقادیر حد تعمیم یافته<sup>۱</sup> به عنوان بهترین توزیع انتخاب شده است. تنها دو منطقه همگن ۴ و ۶ دارای توزیع آماری پیرسون تیپ ۳ می باشد. منطقه همگن ۴ شامل ایستگاه‌های بابلسر و گرگان و منطقه همگن ۶ شامل ایستگاه‌های تبریز، ارومیه، نوژه، خوی، زنجان، سقز، شاهرود می باشد. وجه مشترک این ایستگاه‌ها این است که در نیمه شمالی و شمالغربی کشور واقع شده‌اند. با توجه به این نکته که هرچه میزان همگنی (H) به صفر

جدول ۳- نتایج آزمون گشتاور خطی جهت تعیین مناطق همگن در دوره پایه

Z-value	میزان همگنی (H)	نام بهترین توزیع آماری	منطقه همگن
۱/۲	۰/۲۲	مقادیر حد تعمیم یافته	۱
۰/۷	۰/۲۹	لاجستیک تعمیم یافته	۲
۰/۵۳	۱/۱	لاجستیک تعمیم یافته	۳
۰/۶۳	۰/۲۷	پیرسون تیپ ۳	۴
۰/۵	۰/۸۳	مقادیر حد تعمیم یافته	۵
۰/۲۶	۰/۴۸	پیرسون تیپ ۳	۶
۱/۰۱	۰/۹۵	مقادیر حد تعمیم یافته	۷
۰/۷۱	۰/۲۱	مقادیر حد تعمیم یافته	۸
۰/۹۸	۰/۴۲	مقادیر حد تعمیم یافته	۹

جدول ۴- نتایج آزمون گشتاور خطی جهت تعیین مناطق همگن تحت سناریوی A2

Z-value	میزان همگنی (H)	نام بهترین توزیع آماری	منطقه همگن
۱/۵	۰/۵۶	توزیع پرتو تعمیم یافته	۱
۱/۳	۱/۵	مقادیر حد تعمیم یافته	۲
۰/۴۵	۰/۲۳	مقادیر حد تعمیم یافته	۳
۰/۲۷	۰/۳۶	توزیع پرتو تعمیم یافته	۴
۰/۸۳	۰/۴۸	لاجستیک تعمیم یافته	۵
۱/۳۵	۰/۶۷	لاجستیک تعمیم یافته	۶
۰/۴۴	۰/۸۴	لاجستیک تعمیم یافته	۷
۰/۲۲	۰/۹	مقادیر حد تعمیم یافته	۸
۰/۵	۰/۸	لاجستیک تعمیم یافته	۹

توزیع مقادیر حد تعمیم یافته تبعیت می‌کند. بهترین میزان همگنی مربوط به منطقه همگن ۹ (گرمسار- ورامین- تهران- کاشان- سمنان- یزد) با عدد همگنی ۰/۳۵ می‌باشد.

در جدول ۵ نتایج آزمون همگنی با استفاده از گشتاور خطی جهت تعیین مناطق همگن تحت سناریوی B2 نشان داده شده است. نکته قابل توجه در این جدول این است که کمینه دما در تمامی مناطق همگن از

جدول ۵- نتایج آزمون گشتاور خطی جهت تعیین مناطق همگن تحت سناریوی B2

Z-value	میزان همگنی (H)	نام بهترین توزیع آماری	منطقه همگن
۰/۶۹	۰/۶۵	مقادیر حد تعمیم یافته	۱
۰/۷	۰/۸۹	مقادیر حد تعمیم یافته	۲
۱/۳	۰/۹۶	مقادیر حد تعمیم یافته	۳
۰/۴۸	۰/۵۶	مقادیر حد تعمیم یافته	۴
۰/۶۸	۰/۷۶	مقادیر حد تعمیم یافته	۵
۰/۴۸	۰/۷۱	مقادیر حد تعمیم یافته	۶
۰/۸۲	۰/۹۱	مقادیر حد تعمیم یافته	۷
۰/۵۸	۰/۹۶	مقادیر حد تعمیم یافته	۸
۱/۲	۰/۳۵	مقادیر حد تعمیم یافته	۹
۰/۳۲	۰/۶۲	مقادیر حد تعمیم یافته	۱۰

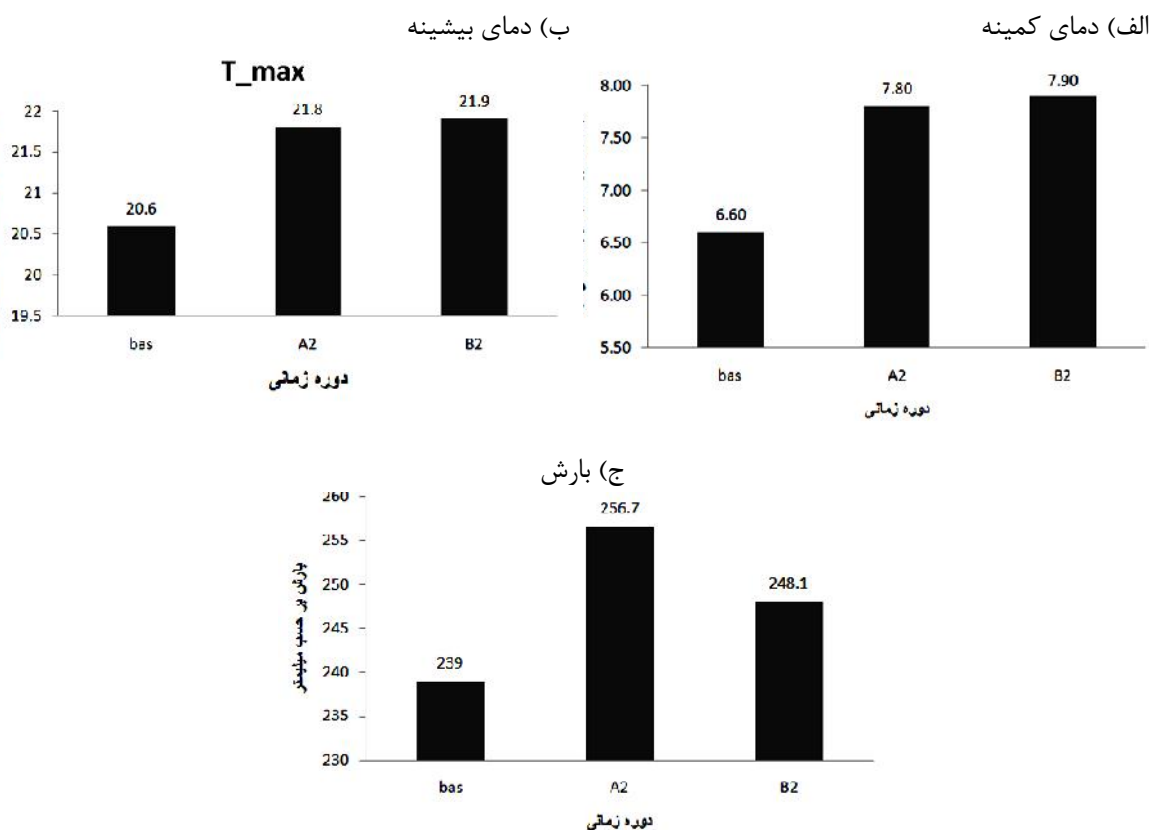
روی پارامترهای بارش و دمای ایستگاه‌های سینوپتیک بعضی از ایستگاه‌ها در گروه همگن متفاوتی در دوره آینده نسبت به دوره پایه قرار گرفته‌اند. برای روشن تر شدن این مسئله در اینجا به بررسی سه ایستگاه شاخص مشهد در شمال، ایستگاه یزد در مرکز و ایستگاه جاسک

با توجه به مقادیر همگنی و Z مربوط به مناطق همگن از جداول ۳ تا ۵ می‌توان به این نتیجه رسید که تکنیک گشتاور خطی گروه‌های همگن تعیین شده بوسیله آنالیز خوشه ای را تأیید نموده است. همان طور که قبلاً اشاره شد در اثر تاثیر تغییرات اقلیمی

در جنوب کشور پرداخته می‌شود که در دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوهای A2 و B2 در گروه‌های متفاوتی قرار گرفتند.

ایستگاه مشهد در دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) با ایستگاه‌های اراک، قزوین، شاهرود، تربت حیدریه، کرمانشاه و سنندج در یک منطقه همگن قرار می‌گیرد. این در حالی است که در دوره آتی تحت سناریوی A2 با ایستگاه‌های بابلسر، گرگان و شاهرود در یک منطقه همگن قرار گرفته است و تحت تاثیر سناریوی B2 با ایستگاه‌های کرمان، زاهدان و شاهرود هم گروه شده است. در شکل ۴ مقایسه‌ای بین دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش ایستگاه سینوپتیک مشهد در دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوی‌های A2 و B2 شده است. نمودار کمینه دما نشان‌دهنده افزایش دما در دوره آینده ۲۰۳۹-۲۰۱۰ تحت سناریوی A2 و به مقدار ۱/۲ درجه سانتی‌گراد و تحت سناریوی B2 ۱/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نمودار مربوط به دمای بیشینه نیز افزایش ۱/۲ درجه سانتی‌گرادی

دمای دوره آتی تحت سناریوی A2 نسبت به دوره پایه و افزایش ۱/۳ درجه سانتی‌گراد تحت سناریوی B2 مشاهده می‌شود. نکته قابل توجهی که باعث شده ایستگاه مشهد در دوره آتی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ تحت سناریوی A2 با ایستگاه‌های مرطوبی مثل گرگان، بابلسر هم گروه شود افزایش بارش در این دوره می‌باشد، بارش در این دوره از ۲۳۹ میلی‌متر به ۲۵۶/۷ میلی‌متر در سال رسیده است، یعنی ۱۷/۷ میلی‌متر افزایش بارش سالانه رخ داده است. همین امر هم گروه شدن ایستگاه مشهد با ایستگاه‌های مرطوب گرگان، بابلسر و شاهرود را توجیه می‌کند. هر چند بارش در دوره آتی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ تحت سناریوی B2 نیز افزایش داشته است (افزایش ۹/۱ میلی‌متری) ولی این افزایش از دوره آتی تحت سناریوی A2 کمتر بوده است. قرارگیری ایستگاه مشهد در گروه همگن با ایستگاه‌های کرمان، زاهدان و شاهرود تحت سناریوی B2 بعلاوه افزایش دمای بیشتر کمینه و بیشینه تحت این سناریو می‌باشد.

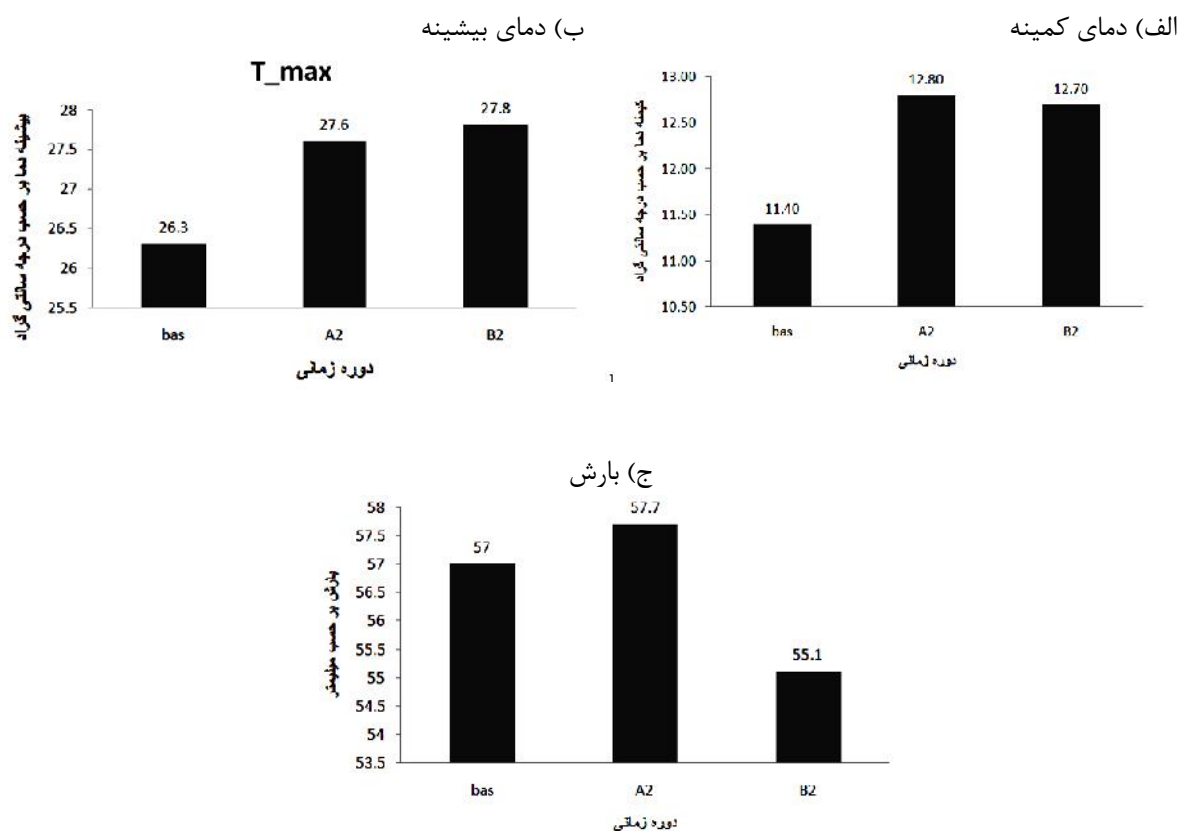


شکل ۴- مقایسه دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش ایستگاه سینوپتیک مشهد در دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوی‌های A2 و B2

سانتی‌گراد و دمای بیشینه ۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و مقدار بارش به میزان اندک ۰/۷ میلی‌متر در سال افزایش داشته است. این مقدار تغییرات بارش و دما باعث قرارگیری ایستگاه یزد در منطقه همگنی با ایستگاه‌های بم، زابل، طبس و فسا شده است. با توجه به شکل ۵ دمای کمینه تحت تاثیر سناریوی B2 ۱/۳ درجه سانتی‌گراد افزایش نسبت به دوره پایه، دمای بیشینه ۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش نسبت به دوره پایه و میزان بارش هم کاهش ناچیز ۱/۹ میلیمتری را داشته است. تغییرات ایجاد شده در میزان بارش و دما در دوره آتی ۲۰۱۰-۲۰۳۹ تحت سناریوی B2 باعث شده این ایستگاه با ایستگاه‌های گرمسار،

ایستگاه یزد در دوره پایه ۱۹۹۱-۱۹۶۰ با ایستگاه‌های فسا، کاشان، گرمسار و زاهدان در یک منطقه همگن قرار گرفته است، این در حالی است که این ایستگاه در دوره آتی ۲۰۱۰-۲۰۳۹ تحت سناریوی A2 با ایستگاه‌های بم، زابل، طبس و فسا هم گروه شده و تحت سناریوی B2 با ایستگاه‌های گرمسار، ورامین، تهران، کاشان و سمنان در یک منطقه همگن اقلیمی قرار گرفته است. در شکل ۶ مقایسه دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش ایستگاه سینوپتیک یزد در دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوی‌های A2 و B2 نشان داده شده است. با توجه به نمودار دمای کمینه ایستگاه یزد تحت تاثیر سناریوی A2 ۱/۴ درجه

ورامین، تهران، کاشان و سمنان در یک منطقه همگن اقلیمی قرار گیرد.

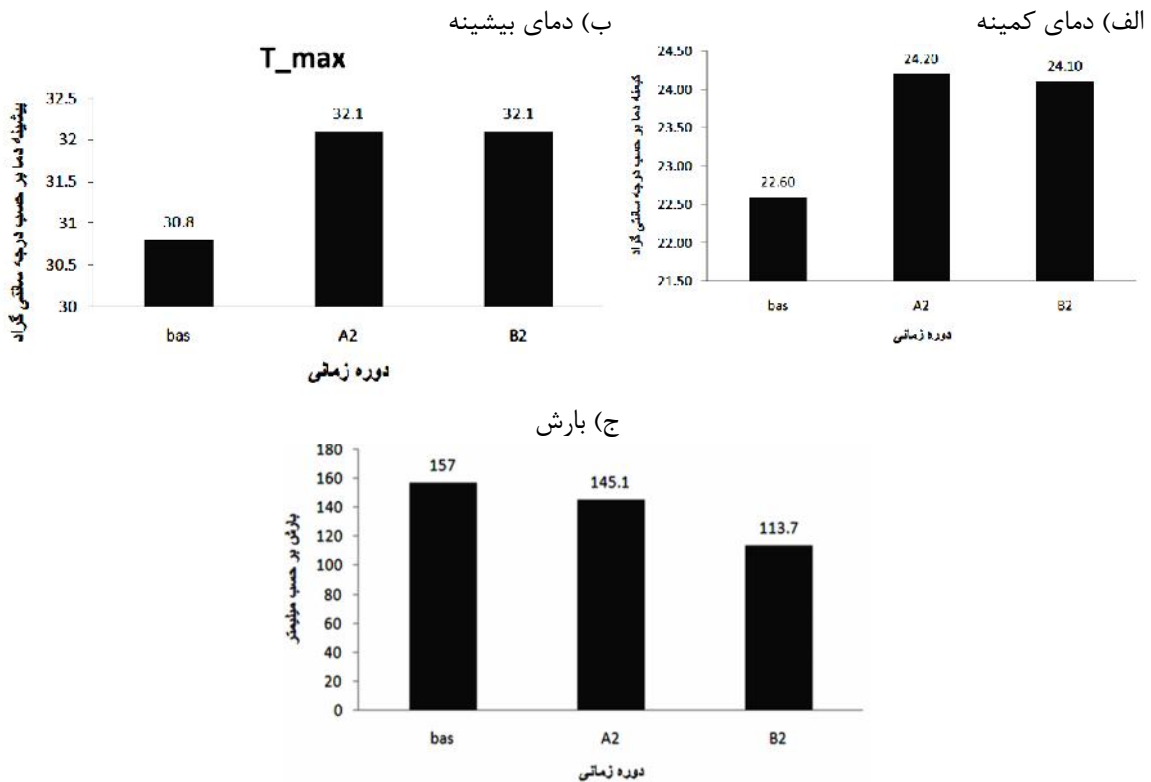


شکل ۵- مقایسه دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش ایستگاه سینوپتیک یزد در دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوی های A2 و B2

یافته و مقدار بارش به میزان ۶/۹ میلی‌متر در سال کاهش داشته است (شکل ۶). این مقدار تغییرات بارش و دما باعث قرار گیری ایستگاه جاسک در یک منطقه همگن با ایستگاه‌های بندرعباس و ایرانشهر شده است. دمای کمینه تحت تاثیر سناریوی B2 ۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش نسبت به دوره پایه، دمای بیشینه ۱/۳ درجه سانتی‌گراد افزایش نسبت به دوره پایه و میزان بارش هم کاهش محسوس ۳۸/۳ میلی‌متری را داشته است. تغییرات ایجاد شده در میزان بارش و دما در دوره آتی

ایستگاه جاسک در دوره پایه ۱۹۹۱-۱۹۶۰ با ایستگاه‌های بندر عباس، بندر لنگه، چابهار در یک منطقه همگن قرار گرفته است، این در حالی‌ست که این ایستگاه در دوره آتی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ تحت سناریوی A2 با ایستگاه‌های بندرعباس و ایرانشهر هم گروه شده و تحت سناریوی B2 با ایستگاه‌های آبادان، اهواز و دزفول در یک منطقه همگن اقلیمی قرار گرفته است. دمای کمینه ایستگاه جاسک تحت تاثیر سناریوی A2 ۱/۶ درجه سانتی‌گراد و دمای بیشینه ۱/۳ درجه سانتی‌گراد افزایش

دزفول در یک منطقه همگن اقلیمی قرار گیرد. این ایستگاه با ایستگاه‌های آبادان، اهواز و



شکل ۶- مقایسه دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش ایستگاه سینوپتیک جاسک در دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوهای A2 و B2

متفاوتی تقسیم نمودند. نکته قابل توجه دیگر این تحقیق تأیید شدن مناطق همگن اقلیمی اولیه (با استفاده از تکنیک آنالیز خوشه‌ای) توسط تکنیک گشتاور خطی می‌باشد، هر چند که این میزان همگنی در بعضی از مناطق همگن زیاد و در بعضی دیگر به صورت متوسط بود ولی هیچ کدام از مناطق همگن که توسط تکنیک آنالیز خوشه‌ای جدا شده بودند توسط گشتاور خطی ناهمگن شناخته نشدند. نکته قابل توجه دیگر شناخته شدن پارامتر کمینه دما به عنوان موثرترین عامل در جداسازی

تغییرات اقلیمی می‌تواند تاثیرات شدیدی روی پارامترهای اقلیمی در نقاط مختلف کشور بگذارد. همان طور که در این تحقیق مشاهده شد تحت تاثیر تغییرات اقلیمی مناطق همگن اقلیمی جدا شده در دوره آتی ۲۰۱۰-۲۰۳۹ متفاوت از مناطق همگن دوره پایه ۱۹۶۱-۱۹۹۰ بود. به طوری که این تفاوت‌ها نیز با عدم قطعیت‌هایی تحت دو سناریوی A2 و B2 قرار داشت. و هر کدام از سناریوهای تغییرات اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک کشور ایران را به مناطق همگن



در دوره بازگشت‌های متفاوت در اکثر مناطق همگن کشور از توزیع مقادیر حد تعمیم یافته تبعیت می‌کند. در نهایت در این مقاله به اثر تغییرات اقلیمی در افزایش دما و تغییرات بارش در آینده تاکید کرده به طوری که این اثرات در جداسازی مناطق همگن اقلیمی تاثیر گذار بوده است. این مطالعه و تحقیقاتی از این قبیل می‌توانند آگاهی نسبی از اثرات تغییر اقلیم در کشور به مدیران و محققان نشان دهد تا بتوانند جهت مدیریت پایدار منابع آب و حفظ پایدار منابع طبیعی و اکوسیستم‌های حوزه‌های آبخیز برنامه‌ریزی مناسبی داشته باشند.

مناطق همگن اولیه در دوره پایه و دوره‌های آتی می‌باشد. این امر نشان‌دهنده تغییرات زیاد دمای کمینه تحت تاثیر تغییرات اقلیمی و موثر بودن آن در تعیین مناطق همگن اقلیمی می‌باشد. هرچند که تکنیک گشتاور خطی غالباً برای تعیین مناطق همگن هیدرولوژیکی استفاده می‌شود اما در این تحقیق کاربرد تکنیک گشتاور خطی جهت تعیین مناطق همگن اقلیمی نیز نشان داده شد. بهترین توزیع برازش شده در اکثر مناطق همگن در دوره پایه و آتی جهت محاسبه دمای کمینه، توزیع مقادیر حد تعمیم یافته می‌باشد که این نکته نیز یکی دیگر از یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد به این معنی که برآورد دمای کمینه

## منابع

1. Andreadis, K.M. and D.P. Lettenmaier. 2006. Trends in 20<sup>th</sup> century drought over the continental United States. *Geophysical Research Letters Journal*, 33: L10403.
2. Bastola, S.C. Murphy and John Sweeney. 2011. The sensitivity of fluvial flood risk in Irish catchments to the range of IPCC AR4 climate change scenarios, *Science of the Total Environment*, STOTEN journal-12863; 13 pp.
3. Betts, R.A., O. Boucher, M. Collins, P.M. Cox, P.D. Falloon, N. Gedney, D.L. Hemming, C. Huntingford, C.D. Jones, D.M.H. Sexton and M.J. Webb. 2007. Projected increase in continental runoff due to plant responses to increasing carbon dioxide, *Nature*, 448: 1037-1041.
4. Betül, S. 2010. Assessment of the effects of discordant sites on regional flood frequency analysis, *Journal of Hydrology*, 380: 362-375.
5. Daneshkar Arasteh, P. and A.R. Shokohi. 2008. Investigating the effects of climate change on meteorological conditions and surface water resources in Iran, 3rd Iranian national conference of water resources management, Tabriz, 48 pp. (In Persian)
6. Dastorani, M.T., A.R. Massah Bavani and S. Poormohammadi. 2010. Evaluation of the effects of climate change on drought in the future in Yazd area. Research project report, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Iran. 52 pp. (In Persian)
7. Gedney, N., P.M. Cox, R.A. Betts, O. Boucher, C. Huntingford and P.A. Stott. 2006. Detection of a direct carbon dioxide effect in continental river runoff records. *Nature*, 439: 835-838.
8. Hosking, J.R.M. and J.R. Wallis. 1990. Analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. *Journal of Statistical Society Series B*. 52(2): 105-124.

9. Hosking, J.R.M. 1991. Fortran routines for use with the method of L-moment. Version 2, IBM Research Division, Yorktown Heights, NY.
10. Hosking, J.R.M. 2000. Fortran routines for use with the method of L-moment. Version 3.03, IBM Research Division, Yorktown Heights, NY.
11. Hosking, J.R.M. 1994. The 4-parameter Kappa distribution. IBM Research Division, Yorktown Heights, NY.
12. Jingyi, Z. and M.J. Hall. 2004. Regional Flood Frequency Analysis for the Gan-Ming River Basin in China, *Journal of Hydrology*, 296: 98-117.
13. Jung, H.W. and H. Chang. 2010. Assessment of future runoff trends under multiple climate change scenarios in the Willamette River Basin, Oregon, USA. *Journal of Hydrology*.
14. Massah Bavani, A.R. and S. Morid. 2005. Effects of climate change on water resources and crop yield (Case study: Zarandeh rud watershed). *Iranian Journal of Water Resources Research*, 1: 47 pp. (In Persian)
15. Oki, T. and S. Kanae. 2006. Global hydrological cycles and world water resources. *Journal of Science*, 313: 1068-1072.
16. Poormohammadi, S., M.T. Dastorani, S.A.M. Cheraghi and M.H. Mokhtari. 2008. Determination of most important climatic factor effecting evapotranspiration using multi-variable regression analysis (Case Study: Manshad watershed in Yazd province), National conference of integrated water management, Shahid Bahonar University of Kerman, 56 pp. (In Persian)
17. Poormohammadi, S., H. Maleki nezhad and M.H. Rahimian. 2010. Evaluation of the role of physiographic factors on climatic parameters affecting evapotranspiration (Case study: Yazd province), *Journal of Arid Biom*, 1: 17-32. (In Persian)
18. Peel, M.C., T.A. McMahon and B.L. Finlayson. 2004. Continental Differences in the Variability of Annual Runoff-Update and Reassessment. *Journal of Hydrology*, (295): 185-197.
19. Piao, S., P. Friedlingstein, P. Ciais, N. de Noblet-Ducoudre, D. Labat and S. Zaehle. 2006. Changes in climate and land use have a larger direct impact than rising CO<sub>2</sub> on global river runoff trends, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(39): 15242-15247.
20. Park, J.S. and J.B. Park. 2002. Maximum likelihood estimation of the 4-parameter Kappa distribution using the penalty method, *Journal of Computers and Geosciences* 28: 65-68.
21. Pearson, C.P. 1991. New Zealand regional flood frequency analysis using L-moment. *Journal of Hydrology, New Zealand*, 30(2): 53-63.
22. Remrova, M. and B.M. Cislerova. 2010. Analysis of climate change effects on evapotranspiration in the watershed Uhlirska in the Jizera Mountains, *Journal of Soil and Water Research*, 5(1): 28-38.
23. Veijalainen, N., E. Lotsari, P. Alho, B. Vehvilainen and J. Kayhko. 2010. National scale assessment of climate change impacts on flooding in Finland. *Journal of Hydrology*, 391: 333-350.

## Classification of Homogeneous Climatic Regions Under the Impact of Climate Change and Greenhouse Gas Emissions Scenarios Using L-Moments Technique in Iran

Samaneh Poormohammadi<sup>1</sup> and Hossein Malekinezhad<sup>2</sup>

---

1- PhD Student, Yazd University (Corresponding author: s.poormohammadi@yahoo.com)

2- Associate Professor, Yazd University

Received: March 5, 2012

Accepted: May 27, 2012

---

### Abstract

Gradual changes in global climate caused the repeated occurrence of droughts, floods and major sea storms. Iran is located at the dry belt of the world, including countries that their water resources, agriculture and vegetation are gradually destroying. In this study, the potential impact of climate change on variations of climatic homogeneous regions was investigated using climate change models and L-moments technique in Iran. For this purpose, the data of HadCM3 model that were resulted from GCM-runs based on the IPCC-SRES scenarios of A2 and B2 were acquired and analyzed for projection of daily  $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$  and precipitation for the projected period of 2010 to 2039. At the first, Homogeneity test was performed using Cluster Analysis (CA) measures for 40 stations of Iran in base data (1961-1990) and projected data (2039-2010) under two scenarios A2 and B2. Then Factor analysis was applied to determine main influencing variables on delineated homogeneous regions. Finally, homogeneity test was done using L-moments measures. The results illustrated that the Generalized Extreme Values (GEV) was the best-fit distribution for many homogeneity regions. The results showed climate change affects the classifying of homogeneous regions in the country. At the final step, the possible classification of homogeneous climatic regions were identified for the coming period of 2039-2010 and under two different climate scenarios A2 and B2 homogeneous 2012 regions were determined based on the 1990-1961 base period.

**Keywords:** Climate change, L-moments, Climatic homogeneous regions, Uncertainty