

پهنه‌بندی میزان تغییرات اقلیمی از دیدگاه کشاورزی در دوره اقلیمی آینده مطالعه موردی: استان خراسان رضوی

رضا اسماعیلی: دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف‌آباد، نجف‌آباد، ایران*
امیر گنبدمکار: استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف‌آباد، نجف‌آباد، ایران
حسنعلی غیسور: استناد هیئت‌درو لوژی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

در این تحقیق سعی شده است تغییرات دما و بارش و همچنین بعضی از شاخص‌های حدی موثر بر بخش کشاورزی در دوره اقلیمی ۱۴۱۸-۱۳۸۹ در سطح استان خراسان رضوی ارزیابی گردد. با استفاده از داده‌های آب و هوایی که توسط مدل GCM ECHO-G سناریوی A1 برای دوره آینده برآورد شد، میزان تغییرات ۸ شاخص موثر، نسبت به میانگین دوره گذشته محاسبه گردید. نتایج حاکی از افزایش متوسط درجه حرارت (۰/۵ درجه سلسیوسی)، طول دوره رشد (۱۷روز)، میانگین بارندگی (۷ میلیمتر)، تعداد بارش‌های سنگین (یک روز) و ضریب تغییرات بارندگی (۱/۵ درصد) است. همچنین نتایج کاهش طول دوره یخبندان (۱۴/۷روز)، تعداد روزهای یخبندان (۱۵روز) و تعداد روزهای همراه با بارندگی (۹روز) را در دوره اقلیمی آینده نشان می‌دهد. نتیجه تحلیل فضایی که از ترکیب هشت لایه تغییرات شاخص‌ها در محیط GIS صورت گرفت، نشان داد، میزان تغییرات اقلیمی در سطح منطقه مورد مطالعه بین ۴۶ تا ۶۵ درصد خواهد بود. (از حداقل ۰ تا حداکثر ۱۰۰ درصد). نواحی عمده استان میزان تغییراتی بین ۵۰ تا ۶۰ درصد را تجربه خواهند کرد. بیشترین و شدیدترین تغییرات در مناطق شمالی استان خراسان رضوی و دشت مشهد رخ خواهد داد. واژه‌های کلیدی: خراسان رضوی، تغییرات اقلیمی، GCM، شاخص حدی، وزن دهی

مقدمه

رسانده است. بر هم خوردن تعادل سیستماتیک سامانه اقلیم باعث بروز آشفتگی‌ها و ناهنجاری‌های رفتاری شده است که بیشترین آثار آن بر محیط‌های طبیعی و به خصوص گیاهان که دارای قدرت و سرعت کم سازگاری هستند، می‌باشد.

بر اساس روند فعلی، جمعیت جهان در صد سال آینده به حدود دو برابر خواهد رسید (شائمی برزکی و حبیبی نوخندان ۱۳۸۸: ۱۱۱) این در حالیست که تغییرات اقلیمی به طور مستقیم بخش کشاورزی را

بررسی روند داده‌های آب و هوایی ثبت شده در دهه‌های گذشته و همچنین نتایج خروجی از تمامی مدل‌های اقلیمی پیش بینی کننده اقلیم آینده، حاکی از بروز تغییرات غیر قابل اغماض در اقلیم جهانی است. مشخصاً بروز و تشدید پدیده‌های حدی مثل طوفان‌های سهمگین، خشکسالی‌های شدید، یخبندان‌های نابهنگام و غیره، نتیجه چنین تغییراتی است که ما را در مواجهه با تهدیدی جهانی به یقین

۱۰) افزایش طول دوره رشد گیاهان به مدت یک هفته در مقیاس جهانی گزارش شد و همچنین کاهش تعداد روزهای یخبندان در کانادا (بونسال و همکاران، ۲۰۰۱، ۱۹۶۶) نیز اثبات گردید. در مطالعه‌ای که در شمال ایالات متحده انجام شد، جابه‌جایی فصول و آغاز فعالیت گیاهان از اواسط بهار به اوایل بهار گزارش شده است (شوارت، ۲۰۰۰، ۹۳۱). همچنین کاهش معنی‌دار در تعداد روزهای یخبندان در منطقه خاور میانه توسط زانگ و همکارانش تایید گردیده است (۲۰۰۵، ۱۵). در مقیاس جهانی نیز تغییرات اقلیمی، فصل رشد را طولانی‌تر کرده و تعداد روزهای یخبندان را کاهش داده است (الکساندر و همکاران، ۲۰۰۵، ۱۲). اما پیدایش مدل‌های اقلیم جهانی (GCM^2) و منطقه‌ای (RCM^3) این امکان را به وجود آورده است تا محققان بتوانند تأثیر وضع هوا و اقلیم را در مقیاس‌های زمانی بلند مدت بر کشاورزی بررسی نمایند. در همین ارتباط فنگ می و همکاران (۲۰۰۷) اثر تغییر اقلیم و شرایط آینده اقلیمی را بر کشاورزی در چین، لورا و همکاران (۲۰۱۰) در لیتوانی، اسمیت و همکاران (۲۰۱۰) در جنوب استرالیا را مورد ارزیابی قرار دادند. در داخل کشور همتی و همکاران (۱۳۸۱) برای آشکار سازی تغییرات اقلیمی، بلایای جوی و اقلیمی در استان اردبیل را بررسی، و نتیجه گرفتند که ارتباط معنی‌دار و مستقیمی بین رخداد بلایا و تغییرات اقلیمی در این استان وجود ندارد. نتایج حاصل از آثاری تغییر اقلیم بر منابع آب کشور با استفاده از سناریوهای مختلف تغییر اقلیم نشان می‌دهد که افزایش دما در حدود

تحت تاثیر قرار می‌دهد و مسلماً، تشدید ناهنجاری‌های اقلیمی در آینده تامین نیاز غذایی بشر را تهدید خواهد کرد. تا سال ۱۹۹۱، شش مطالعه موردی و ملی در کانادا، ایسلند، فنلاند، روسیه، ژاپن و ایالات متحده آمریکا در خصوص آثار تغییرات اقلیمی بر تولیدات کشاورزی صورت گرفته است. (موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، ۱۳۸۴). در اثر تغییرات اقلیمی و گرم شدن هوا ممکن است مناطق جنگلی به سمت شمال جابجا شوند و بنابراین جغرافیای کشاورزی در چنین مناطق حاشیه‌ای باعث تغییر مرز کشاورزی و تغییر مرز جنگل‌ها شود (کوچکی و همکاران: ۱۳۷۷). نتایج بررسی‌هایی که توسط هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم^۱ (IPCC) گزارش شده، حاکی از آن است که مهمترین عواقب تغییر اقلیم بر کشاورزی عبارت خواهند بود از: تشدید بحران‌های اقلیمی، گرم شدن عرض‌های جغرافیایی بالا، کاهش قابلیت دسترسی به آب و پیشرفت باران‌های موسمی به سمت قطب. بنابراین، وجهه آشکارتر تغییرات اقلیمی را می‌بایست در مطالعه پدیده‌های حدی و نادر اقلیمی جستجو کرد که بخصوص بر بخش کشاورزی بسیار تاثیر گذارترند.

در زمینه مطالعات پدیده‌های حدی موثر بر بخش کشاورزی، استرلینگ (۲۰۰۰، ۴۲۰) محاسبه طول دوره بدون یخبندان و دوره یخبندان را در شمال شرق ایالات متحده بررسی نمود. هینو و همکاران (۱۹۹۹، ۱۷۲) همچنین رابینسون (۲۰۰۲، ۲۳۰) تغییرات طول دوره یخبندان را در اروپای مرکزی و شمالی، آمریکا و کانادا بررسی کردند. در نتایج تحقیقات پلومر (۱۹۹۹،

2 - General Circulation Model

3 - Regional Climate Model

1 - Inter Panel Government Climate Change

از خروجی مدل اقلیمی بررسی نموده است، که هدف نشان آن دادن میزان تغییرات هر یک از شاخص‌ها و مشخص شدن نواحی است که کمترین و بیشترین تاثیرات را از تغییرات اقلیمی تجربه خواهند کرد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، از داده‌های روزانه ۷ ایستگاه همدید در دوره اقلیمی ۱۳۸۴-۱۳۵۵ به عنوان دوره پایه یا دوره گذشته و از داده‌های خروجی مدل گردش عمومی جو ECHO - G GCM جهت برآورد و تولید داده‌های دوره آینده ۱۴۱۸-۱۳۸۹ استفاده شده است. داده‌های این مدل با استفاده از روش ریز مقیاس نمایی^۴ با استفاده از مدل آماری LARS-WG در مقیاس زمانی روزانه و در سطح ایستگاهی ریز مقیاس گردیده‌اند. با توجه به محدودیت استفاده از ایستگاه‌هایی که دارای دوره آماری پایه (۱۳۸۴-۱۳۵۵) باشند، در مجموع از ۷ ایستگاه همدید استفاده گردید. که از این میان سه ایستگاه مشهد، تربت حیدریه و سبزوار در داخل استان خراسان رضوی قرار دارند. از ایستگاه‌های بجنورد، بیرجند، سمنان و یزد به عنوان نقاط کمکی در تکمیل شبکه ایستگاهی جهت انجام عملیات میانابی استفاده شد. در شکل و جدول ۱ موقعیت و مشخصات ایستگاه‌ها آورده شده است.

تقریباً ۲ تا ۶ دهم درجه سلسیوس موجب ۶ تا ۱۲ درصد افزایش در تبخیر سی حوضه خواهد شد (منتظری و همکاران: ۱۳۸۲). مومنی (۱۳۸۲) نقش تغییرات اقلیمی و تاثیر آن بر ناپایداری اکولوژیک در ایران را بررسی کرد. پدرام و همکاران (۱۳۸۶) کاهش معناداری را در بررسی پارامترهای طول دوره یخبندان و افزایش تعداد روزهای بدون یخبندان در استانهای آذربایجان غربی و شرقی گزارش دادند. بررسی بر روی آثاری تغییر اقلیم بر روی عملکرد نخود دیم در شمال غرب کشور، نشان دهنده افزایش ۱۷/۲۶ درصدی در متوسط عملکرد این محصول است. (بهزاد برزگر و همکاران: ۱۳۸۶). نتایج پیش بینی اثر تغییر اقلیم جهانی بر آب و هوای آینده استان خراسان که در نتیجه افزایش غلظت CO₂ و توسط دو مدل عمومی گردش^۱ (NASA-GFDL^۲ و NASA-GISS^۳) صورت گرفته، حاکی از آن است که تغییرات اقلیمی ممکن است آثاری قابل توجهی بر اکوسیستم‌های زراعی در استان خراسان داشته باشند (جعفری مقدم و همکاران: ۱۳۸۶) بابائیان و همکاران (۱۳۸۷) تغییرات دما و بارش را برای دوره آماری ۲۱۰۰-۲۰۷۱ با استفاده از مدل اقلیمی Précis برای کشور ارزیابی نمودند. اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از مدل GCM ECHO_G برای دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۳۹ تغییرات طول دوره رشد و یخبندان را در خراسان رضوی بررسی کردند.

تحقیق حاضر با نگرشی وسیع تر تغییرات هشت شاخص اقلیمی موثر بر بخش کشاورزی را با استفاده

¹ - Geophysical Fluid Dynamics Laboratory

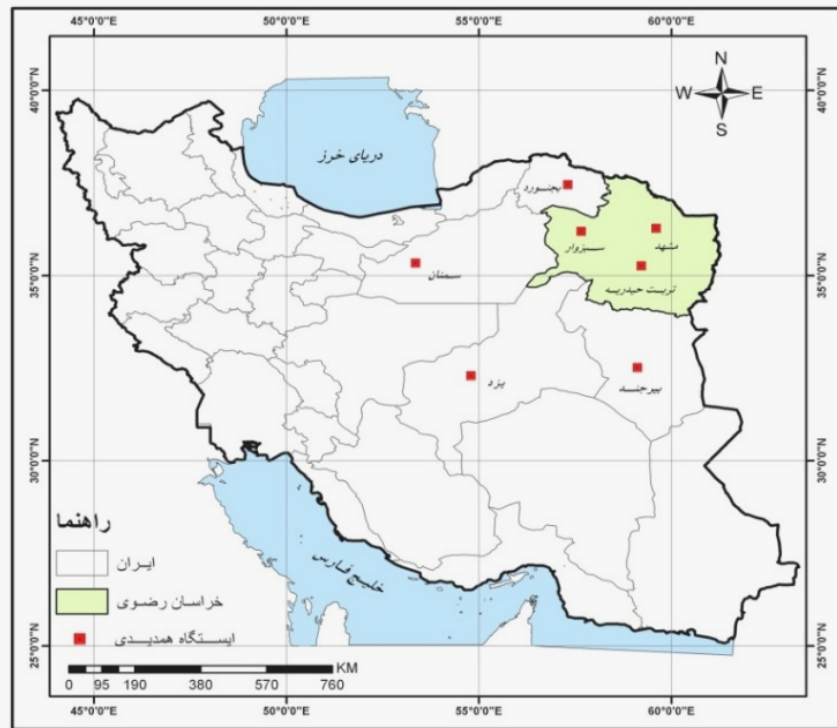
² -National Center For Atmospheric Research

³ -Goddard Institute of Space Studies

⁴ -Down scaling

جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع به متر
مشهد	۳۶° ۱۶'	۵۹° ۳۸'	۹۹۹/۲
سبزوار	۳۶° ۱۲'	۵۷° ۴۳'	۹۹۹/۶
ترت حیدریه	۳۵° ۱۶'	۵۹° ۱۳'	۱۴۵۰/۸
بجنورد	۳۷° ۲۸'	۵۷° ۱۹'	۱۰۹۱
سمنان	۳۵° ۳۵'	۵۳° ۳۳'	۱۱۳۰/۸
بیرجند	۳۲° ۵۲'	۵۹° ۱۲'	۱۴۹۱
یزد	۳۱° ۵۴'	۵۴° ۱۷'	۱۲۳۷



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های مورد استفاده

معرفی مدل

به طور کلی، مدل‌هایی که در ارزیابی تغییر اقلیم استفاده می‌شوند شامل دو نوع هستند ۱- مدل‌های ریزمقیاس نمایی دینامیکی ۲- مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری. مدل‌های آماری، تولید کننده داده‌های هواشناسی، مدل‌هایی هستند که کاربران را قادر

داده‌های اولیه (دوره گذشته اقلیمی) و داده‌های خروجی مدل (دوره آینده اقلیمی) شامل متغیرهای بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش است. داده‌های ذکر شده از پژوهشکده اقلیم‌شناسی مشهد اخذ گردید.

شبیه سازی شده با مشخصات آماری مطابق با آمار دیده بانی شده در یک ایستگاه می پردازد. نسخه اولیه LARS-WG در بوداپست طی سال ۱۹۹۰ به عنوان بخشی از پروژه ارزیابی ریسک های کشاورزی در کشور مجارستان ابداع شد (راکسو و همکاران، ۱۹۹۱: ۲۷). هدف اصلی از اجرای این روش، غلبه بر محدودیت های روش زنجیره مارکف در وقوع بارش بود. کارایی مدل LARS-WG توسط سیمونف در سال ۱۹۹۰ در هجده ایستگاه هواشناسی واقع در آمریکا، اروپا و آسیا ارزیابی گردید (سیمونف و همکاران ۱۹۹۸: ۱۰). مدل بکار برده شده در این تحقیق (GCM ECHO-G) متعلق به مرکز تحقیقات هواشناسی کشور کره جنوبی است. قدرت تفکیک مکانی داده های این مدل، $3/9 \times 3/9$ درجه است که جهت برخورداری از قابلیت مطالعات منطقه ای و ایستگاهی با استفاده از روش آماری LARS-WG در مقایس روزانه و در سطح ایستگاهی ریز شده است.

روش تحقیق

در این تحقیق سعی شده، متغیرهایی که می توانند تاثیرات بیشتری بر بخش کشاورزی داشته باشند، بررسی گردند. این ارزیابی شامل متغیرهای اصلی دما و بارندگی، همچنین بعضی شاخص های حدی برگرفته از این دو عنصر اقلیمی به شرح ذیل است:

متوسط بارندگی سالانه	} بارندگی
ضریب تغییرات بارندگی سالانه	
بارش های سنگین (بیشتر از ۱۰ میلی متر)	
تعداد روز ها همراه با بارندگی	

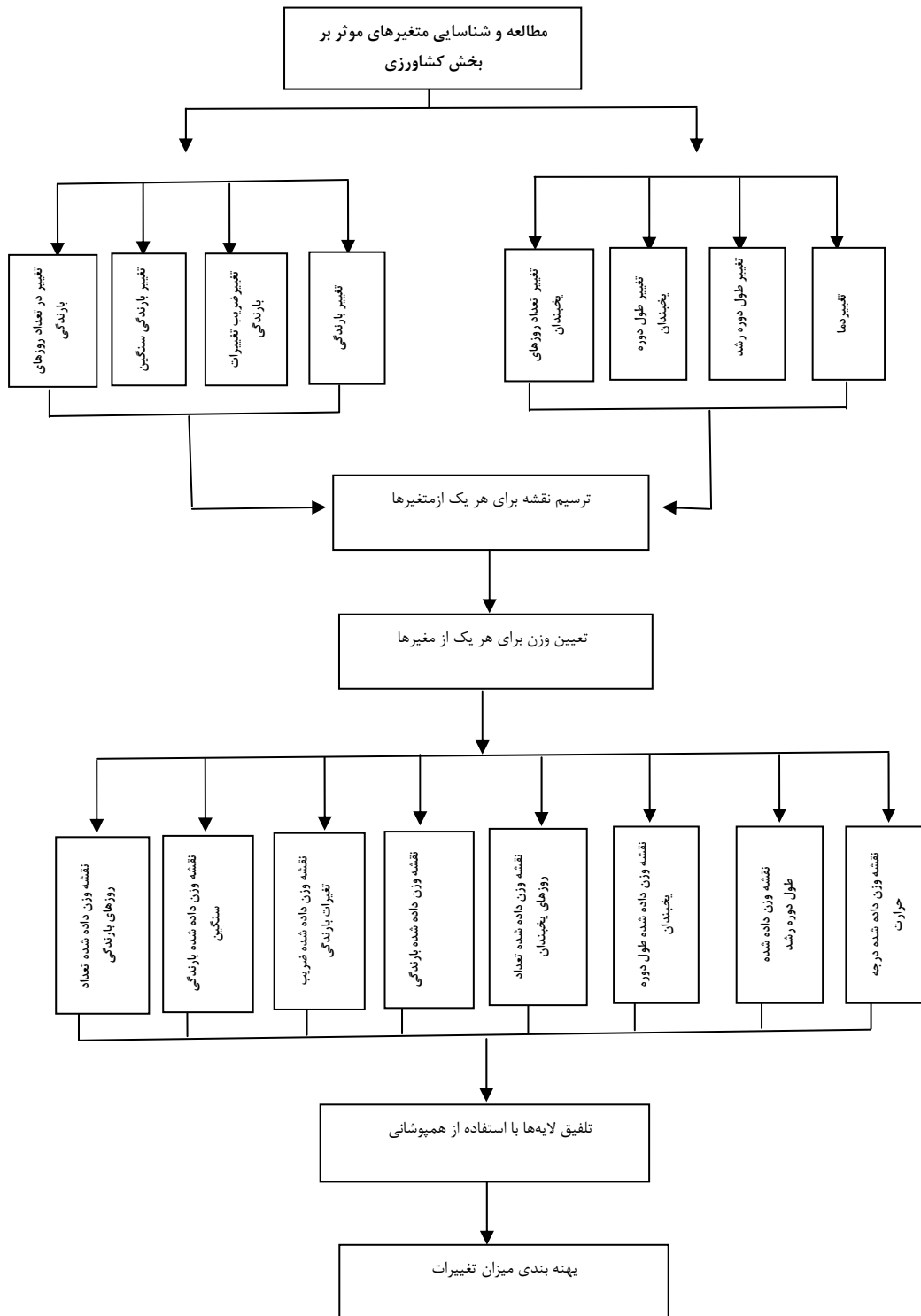
می سازند خروجی مدل های گردش عمومی جو را با استفاده از روش های آماری به گونه ای ریز مقیاس نمایند که داده های تولیدی شباهت زیادی به مقادیر داده های ثبت شده در یک ایستگاه داشته باشد. این فرآیند از طریق همبستگی آماری بین خروجی مدل های گردش عمومی جو در گذشته، با داده های دوره آماری در ایستگاه هواشناسی قرار گرفته شده در یک شبکه مدل اقلیمی صورت می گیرد و این همبستگی به دوره مورد مطالعه در آینده عمومیت داده می شود. برای بررسی قدرت مدل های Weather Generator، داده های آب و هوایی تولید شده توسط مدل با داده های دوره آماری ثبت شده در ایستگاه هواشناسی ارزیابی می گردد، در صورتی که نتایج قابل قبول باشد، از مدل مورد نظر برای تولید سناریوهای آینده استفاده می شود. از مهمترین مدل های ریزمقیاس نمایی دینامیکی می توان به REGCM، PRECIS و مدل های ریزمقیاس نمایی آماری به مدل های ASD، CLIGEN، LARS-WG، و SDSM اشاره نمود. مدل LARS-WG یک مدل ریزمقیاس نمایی آماری است که مولد مصنوعی داده های آب و هواشناسی است. این مدل می تواند برای شبیه سازی داده های هواشناسی در یک مکان واحد، تحت شرایط اقلیم حال و آینده به کار رود. خواص آماری داده های تولید شده مشابه دوره آماری بوده، اما انحراف معیار آنها به نسبت اختلاف داده های مدل GCM در دوره آینده و گذشته پریشده می شود. این مدل به تهیه میانگین سری های زمانی داده های مصنوعی

متوسط درجه حرارت سالانه	} درجه حرارت
طول دوره رشد	
طول دوره یخبندان	
تعداد روز های یخبندان	

اهمیت و تاثیر گذاری آنها، وزنی را برای هر یک از پارامترها لحاظ می‌کند. استفاده از نظریه کارشناسی که در اصطلاح به آن سیستم خبره نیز گویند، در اغلب روش‌های وزن دهی و اولویت بندی، از جمله روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) اعمال می‌گردد. در این روش (تحلیل سلسله مراتبی) محقق در ماتریس مقایسه دو به دو بر اساس نظریه شخصی و کارشناسی بنا بر اهمیت هر یک از دو معیار در مقیاسی بین ۱ تا ۹ ارجحیت را مشخص می‌کند (محمدی و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۲۳) و (جعفریگلو، ۱۳۸۷: ۱۰۱). مورد دیگر، تئوری مجموعه‌های فازی است. در این روش نیز وزن قوانین فازی تدوین شده در موتور سیستم استنتاج فازی، بر اساس سیستم خبره مشخص می‌شود. که از نظر عملی، معمولاً از دانستنی‌های تجربی برای تعیین ساختمان (ورودی‌های مربوطه، تعداد توابع عضویت فازی هر ورودی، تعداد قوانین، نوع مدل فازی و غیره) استفاده می‌شود (فلاح قاهره و همکاران، ۱۳۸۸: ۴۵). در نهایت با استفاده از قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی و در محیط Arc GIS 9.3 تحلیل تابع همپوشانی ریاضی^۱ بر روی لایه‌های رقومی صورت گرفت و از ترکیب همه شاخص‌ها با در نظر گرفتن وزن تخصیص یافته با همدیگر، نقشه نهایی که شدت و ضعف تغییرات را در یک دامنه ۰ تا ۱۰۰ نشان می‌دهد، ترسیم گردید (شکل ۲).

با استفاده از داده‌های روزانه متغیرهای فوق و تعاریف ارائه شده برای هر شاخص، متوسط دوره گذشته (دیدبانی شده) و دوره اقلیمی آینده محاسبه و میزان تغییرات به دست آورده شد. تغییرات هشت شاخص ذکر شده برای هفت ایستگاه محاسبه و در مرحله بعدی توسط عملیات میان یابی، شاخص‌های عددی محاسبه شده ایستگاهی به کل منطقه تعمیم داده شده و برای هر یک نقشه ای ترسیم گردید. با استفاده از روش وزن دهی نسبی یا درجه بندی به هر یک از لایه‌های رقومی، وزنی اختصاص داده شد. این روش مستلزم در نظر گرفتن وزن‌ها بر اساس مقیاس از پیش تعیین شده ای است که می‌تواند بین ۰ تا ۱۰۰ تغییر کند و در مجموع ۱۰۰ امتیاز به کل معیار تخصیص می‌یابد. عدد صفر نشان دهنده کمترین ارزش و عدد ۱۰۰ نشان دهنده بیشترین ارزش به معیار مورد بررسی است. در محاسبه نسبت‌ها، نمره اختصاص یافته به کمترین صفت به عنوان نقطه کف یا مرجع در نظر گرفته می‌شود. نمره هر معیار بر نمره کم اهمیت ترین معیار تقسیم می‌شود؛ بدین صورت که نسبت از روی عبارت W_j / W^* تعیین می‌شود که در آن W^* معرف پایین ترین نمره و W_j بیانگر نمره ای است که در رابطه با معیار Z_j ام مطرح است. نهایتاً با تقسیم هر وزن در مقدار کل به استاندارد سازی وزن‌ها پرداخته می‌شود (پرهیزکار و غفاری گیلانده: ۱۳۸۵: ۳۱۲). در این روش اختصاص وزن‌ها بر اساس نظریه کارشناسی است که محقق بر اساس تجربه، اطلاعات و شناختی که نسبت به محیط و عناصر مورد مطالعه دارد و بنا بر

1 -Mathematical overlay



شکل ۲- نمودار عملیات پهنه‌بندی میزان تغییرات اقلیمی دوره اقلیمی آینده

بحث و نتایج

تغییرات درجه حرارت

متوسط درجه حرارت سطح زمین در طی قرن گذشته ۱/۳ درجه سلسیوس افزایش یافته و هیات بین الدول تغییر اقلیم افزایش ۳/۲ تا ۷/۲ درجه سلسیوس را برای قرن ۲۱ پیش بینی کرده است (IPCC, 2007). (a). تحت شرایط معمولی عموماً با افزایش دما، سطح تشعشع افزایش می‌یابد و مصرف آب بالا می‌رود. البته، افزایش دما در محیط‌های مختلف و شرایط اقلیمی گوناگون پیامدهای متضادی را به دنبال خواهد داشت که محتمل‌ترین آنها در بخش کشاورزی منجر به افزایش طول فصل رشد و ازدیاد تولید محصولات کشاورزی در مناطق سرد کوهستانی و بالعکس کاهش سطح تولید در مناطق گرمتر، بویژه در مناطقی که در حالت انتقالی و حاشیه ای قرار دارند، خواهد شد (شائمی برزکی و همکاران، ۱۳۸۸:۱۳۱). نتایج آماری این تحقیق، افزایش ۰/۵ درجه سانتیگراد را در متوسط درجه حرارت سالانه در دوره اقلیمی آینده برای خراسان رضوی نشان می‌دهد. مقدار این افزایش برای ایستگاه مشهد ۰/۳۸، سبزوار ۰/۴۶ و تربت حیدریه ۰/۳۶ درجه سانتیگراد خواهد بود. میزان نوسانات درجه حرارت در دوره گذشته و آینده در شکل ۵ نشان داده شده است.

اما جنبه بارز تغییرات اقلیمی را باید در بروز و تشدید پدیده‌های حدی دانست. پدیده‌های حدی به اتفاقات نادری اطلاق می‌شوند که از دید گاه آماری در ناحیه بالا و پایین توزیع آماری قرار گیرند، به طوری که احتمال وقوع آن خیلی کم باشد (کایان، ۲۰۰۱: ۸). درک و فهم یک چنین پدیده‌هایی نسبت به میانگین‌ها که هیچ معنای فیزیولوژیک و روانی ندارد، حتی برای

عموم مردم نیز ساده است و البته آثاری آن نیز شدیدتر است. طبق تعریف ارائه شده از سوی گروه تغییر پذیری کمیسیون اقلیم شناسی سازمان هواشناسی جهانی^۱، در نیمکره شمالی فاصله زمانی بین اولین دوره بعد از جولای (دهم تیر) که حد اقل ۶ روز متوالی، دمای میانگین روزانه بیشتر از ۵ درجه سانتیگراد و اولین دوره ۶ روزه با میانگین دمای روزانه کمتر از ۵ درجه سانتیگراد، طول دوره رشد محسوب می‌شود (صداقت کردارو رحیم زاده: ۱۳۸۶). اما به دلیل شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه و به وقوع پیوستن چنین شرایطی قبل از تاریخ ذکر شده در این تحقیق شروع دوره رشد بعد از میانگین وقوع آخرین یخبندان بهاره که حداقل ۶ روز متوالی میانگین دمای روزانه بیشتر از ۵ درجه سانتیگراد باشد، به عنوان آغاز دوره رشد و اولین دوره ۶ روزه با میانگین دمای روزانه کمتر از ۵ درجه سانتیگراد به عنوان خاتمه دوره در نظر گرفته شده است. تغییرات این شاخص روندی افزایشی داشته و میزان این افزایش برای کل سطح استان ۱۷ روز است چنین افزایشی می‌تواند بشدت میزان تبخیر را افزایش دهد و همچنین بحران آب را در منطقه به دلیل بالا بردن مصرف تشدید کند. از طرفی، می‌تواند با طولانی تر شدن فصل رشد امکان توسعه چند کشتی را افزایش دهد. طول دوره یخبندان به فاصله زمانی بین میانگین اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره اطلاق می‌شود که دوره اصلی سرماست. بیان این دوره بر حسب تعداد روز، به این معنی نیست که یخبندان هر روز اتفاق می‌افتد. طول این دوره کاهش چشمگیری در دوره اقلیمی آینده خواهد داشت و متوسط آن ۱۴/۷ روز

1 -CCL/CLIVAR: Commission for Climatology\ Climate Variability

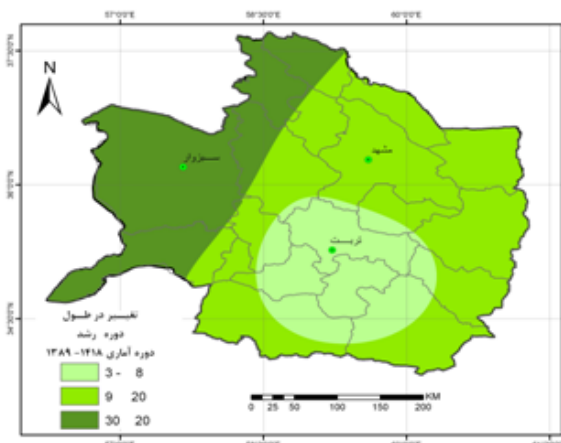
که منطبق بر نتایج به دست آمده از تحقیقاتی مشابه در سراسر دنیا است (منزل: ۲۰۰۳؛ استرلینگ و همکاران: ۲۰۰۰؛ کولینز و همکاران: ۲۰۰۰). در جدول ۲ نتایج حاصل از محاسبه میزان تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه برای سه ایستگاه همدید داخل منطقه مورد مطالعه و همچنین برای کل سطح استان آورده شده است. در شکل ۳ میزان تغییرات شاخص‌های ذکر شده به صورت پهنه‌ای نشان داده شده است.

برای خراسان رضوی محاسبه شده است. همچنین تعداد روزهایی که دمای هوا به زیر آستانه صفر درجه سقوط کند، تحت عنوان تعداد روزهای یخبندان نامیده شده است (میر محمدی مبینی: ۱۳۸۲). میزان تغییرات این شاخص نیز روندی کاهشی داشته، و به طور متوسط ۱۴ روز کاهش خواهد یافت. افزایش طول دوره رشد همراه با کاهش طول دوره یخبندان و تعداد روزهای یخبندان نتیجه منطقی از گرمایش جهانی است

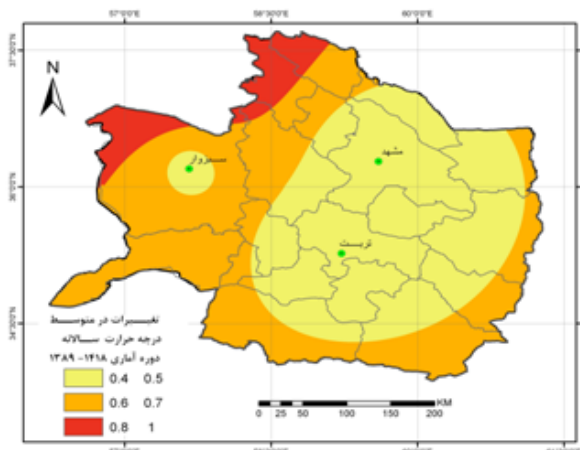
جدول ۲- میزان تغییرات در دوره اقلیمی آینده (۱۴۱۸-۱۳۸۹) نسبت به دوره گذشته (۱۳۸۴-۱۳۵۵)

تغییرات تعداد روزهای یخبندان (روز)	تغییرات طول دوره یخبندان (روز)	تغییرات طول دوره رشد (روز)	تغییرات دما °C	ایستگاه
-۱۵	-۱۶	+۱۵	+۰/۳۸	مشهد
-۱۴	-۱۶	-۳	+۰/۳۶	تربت حیدریه
-۱۱	-۱۵	+۲۲	+۰/۴۶	سبزوار
-۱۴	-۱۴/۷	+۱۷	+۰/۵	کل سطح استان

+ افزایش - کاهش

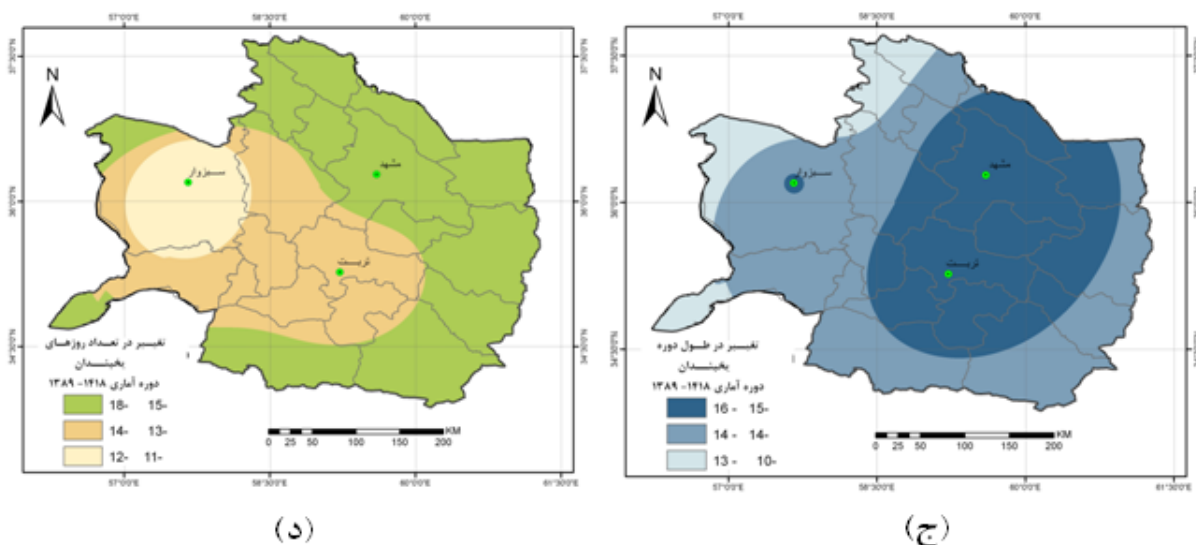


(ب)



(الف)

شکل ۳- پهنه‌بندی میزان تغییرات (الف) درجه حرارت سالانه (ب) طول دوره رشد در دوره اقلیمی آینده (۱۴۱۸-۱۳۸۹)



ادامه شکل ۳- پهنه‌بندی میزان تغییرات (ج) طول دوره یخبندان و (د) تعداد روزهای همراه با یخبندان در دوره اقلیمی آینده (۱۴۱۸-۱۳۸۹)

تغییرات بارندگی

به میزان ۸ میلی متر را تجربه خواهد کرد. طبق نقشه‌های ترسیم شده، تغییرات در غرب استان دارای روند کاهشی و در مناطق مرکزی و شرقی روندی افزایشی خواهد داشت. در کل، میزان این تغییرات برای کل سطح استان، افزایشی ۷ میلیمتری را نشان می‌دهد. در شکل ۵ چگونگی نوسانات بارندگی در دوره های مطالعه شده نشان داده شده است.

افزایش درجه حرارت بر رطوبت قابل دسترس گیاه تاثیری منفی خواهد داشت و در مجموع، با افزایش هر درجه سلسیوس در متوسط درجه حرارت سالانه، میزان تبخیر حدوداً ۵ درصد افزایش خواهد یافت (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۷:۷۴). بنابراین، با توجه به افزایش ۰/۵ درجه سلسیوس که برای سطح استان برآورد شده است، می‌توان افزایش ۲/۵ درصدی میزان تبخیر را انتظار داشت که این به معنای کاهش رطوبت خاک و افزایش نیاز آبی محصولات کشاورزی است. اگر چه عقیده بر این است که افزایش بارندگی

بارندگی از متغیرترین عناصر آب و هوایی است (مسعودیان، ۱۳۸۷:۹۷) و به همین دلیل، تشابه بین نتایج برآوردهای GCM های مختلف برای درجه حرارت، بیشتر از بارندگی است. از این رو، ارزیابی بالقوه محدوده‌های رطوبتی برای کشاورزی امری مشکل است. هیات بین المللی تغییر اقلیم در آخرین گزارش خود بیان می‌کند که تغییرات بارندگی در مقیاس جهانی دارای روند مشخص نبوده، به گونه‌ای که در مناطقی همچون شرق آمریکای شمالی و جنوبی، اروپای شمالی و آسیای مرکزی افزایش بارندگی و در دریای مدیترانه، آفریقای جنوبی و جنوب آسیا روندی کاهشی را در طی قرن اخیر خواهد داشت (IPCC:2007). نتایج این تحقیق چنین رفتاری را حتی در مقیاس منطقه ای نیز نشان می‌دهد؛ به طوری که در منطقه مورد مطالعه، دو ایستگاه مشهد و تربت حیدریه به ترتیب به میزان ۲۰/۷ و ۱۲/۵ میلی متر دارای افزایش بارندگی و ایستگاه سبزوار کاهشی

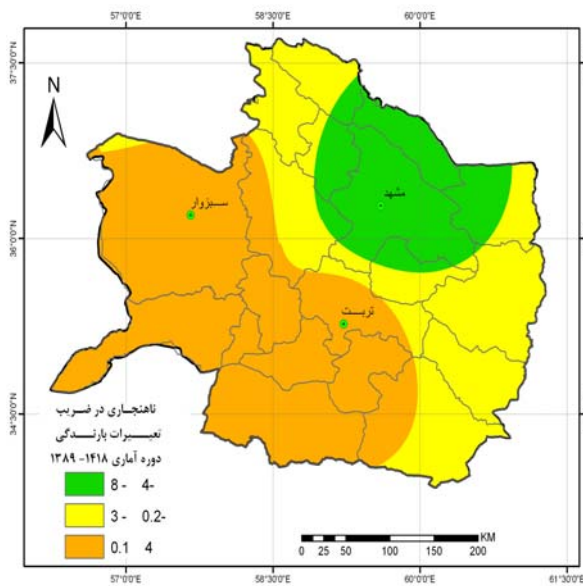
نظر از مقدار بارندگی، هر چه دفعات ریزش باران بیشتر باشد، فرصت نفوذ و در نتیجه مقدار باران موثر افزایش یافته که این امر به نوبه خود باعث افزایش رطوبت خاک و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی می‌گردد. بر خلاف متغیر بارندگی که افزایش مقدار آن می‌تواند آثاری نسبتاً مثبت یا تعدیل کننده‌ای در بخش کشاورزی داشته باشد، شاخص تعداد روزهای همراه با بارندگی با کاهش ۹ روزه نشان دهنده تغییر چشمگیری در توزیع زمانی بارش است. برای تکمیل این بحث، نتایج محاسبات بارش‌های سنگین (بارش بیشتر از ۱۰ میلیمتر بررسی گردید که نتایج آن حاکی از افزایش ۱/۲ روز در میانگین تعداد روزهای همراه با بارندگی های سنگین است. افزایش این شاخص، نشان دهنده توزیع نامنظم تر مقادیر بارندگی، میل به سمت مقادیر حدى و افزایش فراوانی سیل است (جدول ۳).

می‌تواند آثاری ناشی از افزایش درجه حرارت را کاهش دهد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۷: ۸۲)، ولی به نظر نمی‌رسد افزایش ۷ میلیمتری بارندگی منطقه بتواند تبعات ناشی از افزایش ۵/۰ درجه ای دمای سالانه را از بین ببرد. اما علاوه بر مقادیر حجمی بارندگی، نحوه توزیع در طول سال نیز بسیار اهمیت دارد. ضریب تغییرات، پراکندگی داده‌ها را در اطراف میانگین نشان می‌دهد. بنابراین هر چه مقدار این شاخص بالاتر باشد، بیانگر پراکندگی بیشتر داده‌ها نسبت به میانگین است. مقادیر این شاخص برای سطح استان در دوره اقلیمی گذشته ۲۸ درصد و برای دوره آینده با ۱/۵ درصد افزایش به ۲۹/۵ درصد خواهد رسید. بنابراین، با توجه به موارد ذکر شده، پراکندگی بارندگی نسبت به میانگین بلند مدت در دوره اقلیمی آینده بیشتر خواهد شد. در بحث توزیع زمانی بارندگی باید تعداد روزهای همراه با بارندگی را مد نظر قرار داد، چرا که صرف

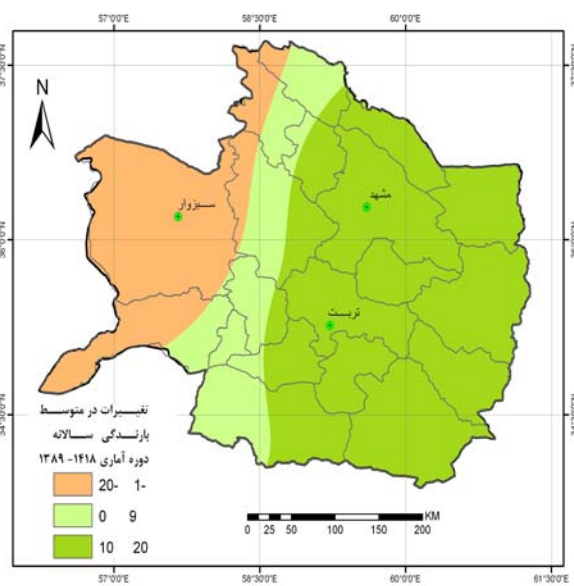
جدول ۳- میزان تغییرات در دوره اقلیمی آینده (۱۴۱۸-۱۳۸۹) نسبت به دوره گذشته (۱۳۸۵-۱۳۵۶)

تغییرات در تعداد روزهای بارندگی سنگین	تغییرات در تعداد روزهای همراه با بارندگی	ناهنجاری در ضریب تغییرات بارندگی (درصد)	تغییرات بارندگی (میلیمتر)	ایستگاه
+۱	-۱۰	-۷/۵	+۲۰/۷	مشهد
+۲	-۹	+۲	+۱۲/۵	تربت حیدریه
-۰/۵	-۱۱	+۴/۳	-۸	سبزوار
+۱/۲	-۹	+۱/۵	+۷	کل سطح استان

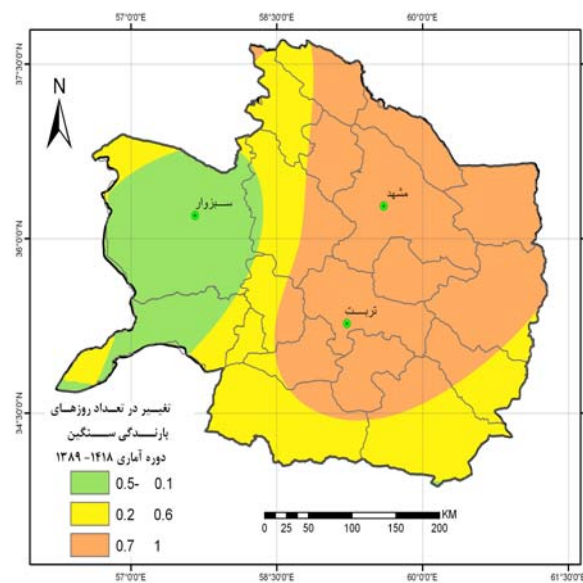
+ افزایش - کاهش



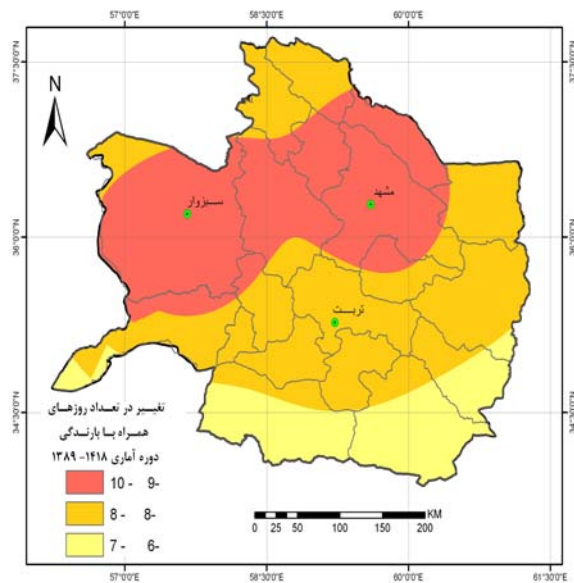
(ب)



(الف)

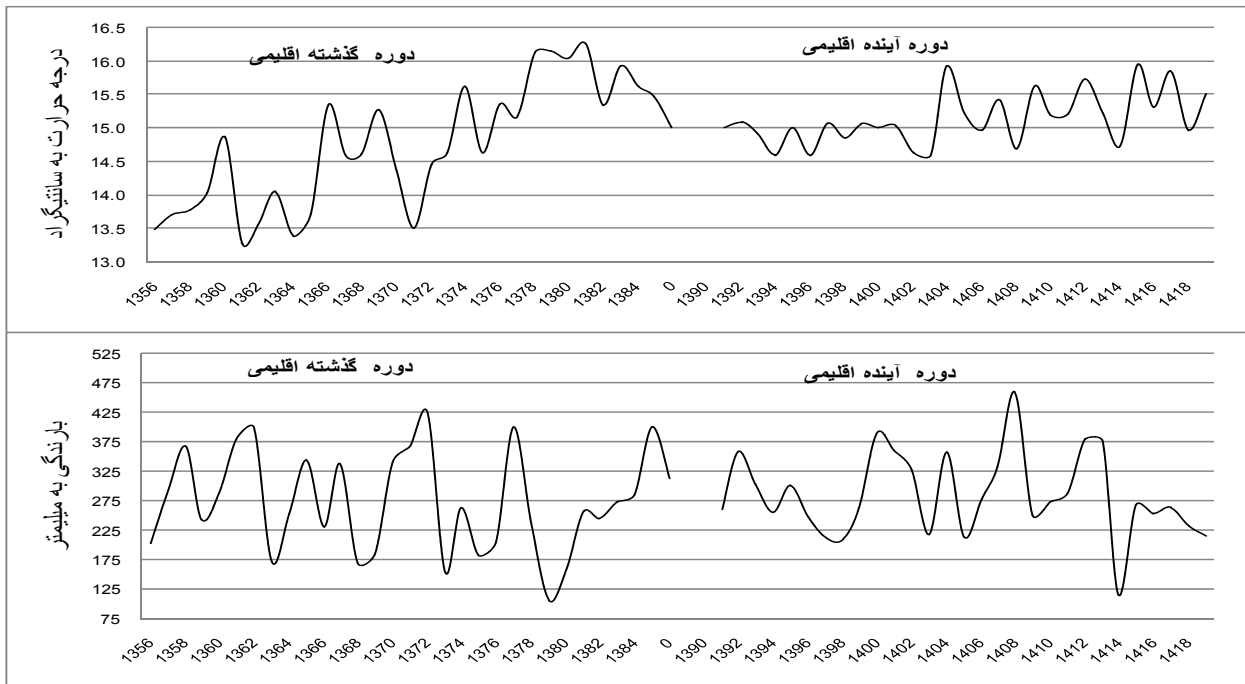


(د)



(ج)

شکل ۴- پهنه بندی میزان تغییرات (الف) متوسط بارش سالانه (ب) ضرب تغییرات بارندگی (ج) تغییرات تعداد روزهای همراه با بارندگی و (د) تغییرات در تعداد روزهای بارش سنگین در دوره اقلیمی آینده (۱۳۸۹-۱۴۱۸)



شکل ۵- نمودار روند تغییرات متوسط درجه حرارت (شکل بالا) و متوسط بارندگی سالانه (شکل پایین) در دوره اقلیمی گذشته و آینده برای ایستگاه مشهد

پهنه بندی میزان تغییرات اقلیمی

اقلیم بر کشاورزی به صورت مستقیم و غیر مستقیم تاثیر می گذارد و اثر عمده تغییر اقلیم بر کشاورزی تا حدود زیادی بستگی به دو متغیر دما و بارندگی دارد. آثاری بالقوه تغییر اقلیم، تأثیرات توأم^۱ یا تجمعی است که حتی به وقوع نتایج وخیم تر از پیش بینی یکایک عناصر اقلیمی مدلها نیز منجر می شود. بنابراین، برای تعدیل آثاری و مدیریت صحیح تغییرات اقلیمی، داشتن یک شناخت جامع کمی و کیفی از میزان تغییرات توأم همه متغیرها ضروری به نظر می رسد.

با توجه به آب و هوای خشک و نیمه خشک خراسان رضوی، بخش کشاورزی کاملاً وابسته به منابع آب زیر زمینی است. در حقیقت، نوسانهای بارش و مواجه شدن با دورههای تنش آبی را می توان با

برداشت بیشتر از سفره های زیر زمینی یا کوتاه کردن دورهای آبیاری مدیریت کرد، اما تأثیرات ناشی از افزایش دما، اجتناب ناپذیر و نوسانهای آن تاثیر گذارتر است. علاوه بر این، دما بر کلیه فرایندهای شیمیایی، فیزیکی و فیزیولوژیک گیاه تاثیر گذار است (کوچکی و سلطانی، ۱۳۷۷: ۷۵). بنابراین از مجموع ۱۰۰ واحد وزن در نظر گرفته شده برای ترکیب لایه ها با همدیگر، ۶۰ درصد آن به دما و شاخص های مرتبط با آن (متوسط درجه حرارت سالانه ۲۵ درصد، طول دوره رشد ۱۷ درصد، طول دوره یخبندان ۱۱ و تعداد روزهای یخبندان ۷ درصد) و ۴۰ درصد باقی مانده به بارندگی (متوسط بارندگی سالانه ۲۰ درصد، ضریب تغییرات بارندگی ۱۰ درصد، بارش سنگین ۶ درصد و تعداد روزهای بارندگی ۵ درصد) اختصاص داده شده

1 -Synergistic

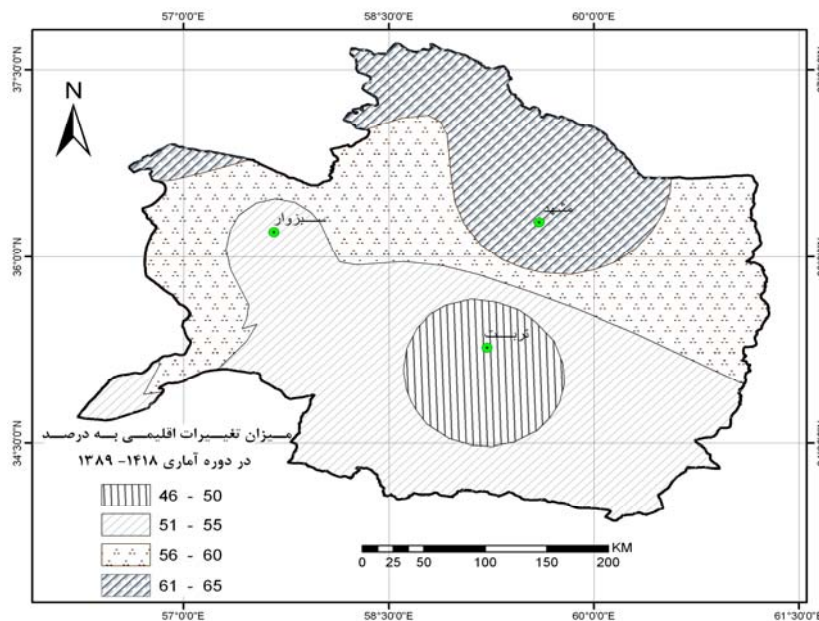
تغییر اقلیم است که میزان آن بین ۴۶ تا ۶۵ درصد است. قسمت عمده ای از سطح استان تغییراتی بین ۵۰ الی ۶۰ درصد را تجربه خواهد نمود. بیشترین شدیدترین تغییرات مربوط به نواحی شمالی و دشت مشهد است که با توجه به سطح زیر کشت گسترده‌ای که در این منطقه وجود دارد، می‌تواند آثاری محسوس بر کشاورزی این منطقه داشته باشد.

است. جدول ۴ نشان دهنده نحوه محاسبه و چگونگی تخصیص وزن‌ها به هر یک از لایه‌ها است.

با استفاده از قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی در محیط نرم افزار ARC GIS 9.3 تحلیل تابع همپوشانی ریاضی بر روی لایه‌های رقومی صورت گرفت و از ترکیب همه شاخص‌ها با در نظر گرفتن وزن تخصیص یافته به آنها، نقشه نهایی حاصل گردید (شکل ۶). نقشه خروجی، بیانگر متأثر شدن تمامی سطح استان از پدیده

جدول ۴- اختصاص وزن به هر یک از شاخص‌ها با استفاده از روش وزن دهی درجه بندی یا نسبی

شاخص	رتبه مستقیم	مقیاس نسبت	وزن اصلی	وزن نرمال شده	وزن به درصد
تغییرات درجه حرارت	۱	۱۰۰	۱۰	۰/۲۵	۲۵
تغییرات طول دوره رشد	۳	۶۸	۶/۸	۰/۱۷	۱۷
تغییرات طول دوره یخبندان	۴	۴۴	۴/۴	۰/۱۱	۱۱
تغییرات در تعداد روزهای یخبندان	۶	۲۸	۲/۸	۰/۰۷	۷
تغییرات بارندگی	۲	۸۰	۸	۰/۲۰	۲۰
تغییر در ضریب تغییرات بارندگی	۵	۴۰	۴	۰/۱۰	۱۰
تغییرات در تعداد روزهای بارش سنگین	۷	۲۴	۲/۴	۰/۰۶	۶
تغییرات در تعداد روزهای همراه با بارندگی	۸	۱۶	۱/۶	۰/۰۴	۴
جمع			۴۰	۱	۱۰۰



شکل ۶- پهنه‌بندی میزان تغییرات اقلیمی خراسان رضوی برای دوره اقلیمی آینده (۱۳۸۹-۱۴۱۸)

نتیجه گیری

در این تحقیق تغییرات دو عنصر اقلیمی مهم دما و بارندگی و تعدادی از شاخص‌های اقلیمی برگرفته از این دو عامل با استفاده از داده‌های خروجی مدل اقلیمی ECHO_G GCM برای دوره اقلیمی آینده (۱۴۱۸-۱۳۸۹) با فرض دو برابر شدن میزان دی اکسید کربن (سناریوی A₁) ارزیابی شده است. نتایج نشان می‌دهد که متوسط درجه حرارت سالانه به میزان ۰/۵ درجه سلسیوس در ۳۰ سال آینده افزایش خواهد یافت که انتظار می‌رود چنین افزایشی میزان تبخیر را ۲/۵ درصد افزایش دهد و باعث کاهش رطوبت خاک و افزایش نیاز آبی گیاهان گردد. اگر چه نتایج محاسبات بیانگر افزایشی ۷ میلیمتری در متوسط بارندگی سالانه است، اما به نظر نمی‌رسد این مقدار بتواند آثاری ناشی از افزایش ۰/۵ درجه‌ای درجه حرارت را تعدیل کند.

نتایج بررسی شاخص‌های اقلیمی مورد مطالعه نشان می‌دهد طول دوره رشد به میزان ۱۷ روز افزایش خواهد کرد و به تناسب آن طول دوره یخبندان و همچنین تعداد روزهای همراه با یخبندان به ترتیب ۱۴/۷ و ۱۴ روز کاهش خواهد یافت. تغییرات بارش منطقه مورد مطالعه، دارای دو دامنه متفاوت است. غرب استان دارای روندی کاهش (حدوداً ۱۵ میلیمتری) و نواحی شرقی و مرکزی استان افزایش ۲۰ میلیمتری بارندگی را تجربه خواهند کرد. همچنین ضریب تغییرات بارندگی ۱/۵ درصد افزایش خواهد یافت که بیانگر نامنظم تر شدن بارندگی خواهد بود. شاخص بارش‌های سنگین که باعث وقوع سیلاب، فرسایش خاک و یا تخریب فیزیکی محصولات کشاورزی می‌گردد، تغییرات چشمگیری ندارد و برآورد می‌شود به طور متوسط یک روز افزایش پیدا

کند، اما تعداد روزهای همراه با بارندگی ۹ روز کاهش خواهد یافت.

تحلیل و ارزیابی تأثیرات ناشی از تغییرات این شاخص‌ها بر روی کشاورزی می‌تواند بسیار متنوع باشد برای مثال، کاهش طول دوره یخبندان می‌تواند آثاری مثبتی در جهت افزایش طول دوره رشد و بالا بردن راندمان تولید غلات داشته باشد. از طرف دیگر، این کاهش می‌تواند دارای آثاری منفی شامل عدم تأمین نیاز سرمایی درختان یا عدم کنترل و از بین بردن آفات زراعی باشد. جدول ۵ اثر تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه بر کشاورزی را در سه ایستگاه داخل منطقه و همچنین کل سطح استان نشان می‌دهد. این تحلیل می‌تواند با توجه به میزان و روند مثبت یا منفی آن توسط کارشناسان هر رشته و با اهداف کاربردی ارزیابی گردد که ممکن است نتایج متفاوتی حاصل گردد.

تحلیل توأم مان هر یک از متغیرهای مورد بررسی، منجر به محاسبه نقشه نهایی تغییرات عوامل اقلیمی در سطح استان گردید. نتایج این تحلیل میزان تغییرات اقلیمی را بین ۴۶ الی ۶۵ درصد نشان می‌دهد. بر این اساس، نواحی عمده استان تغییراتی بین ۵۰ الی ۶۰ درصد را تجربه خواهند نمود. بیشترین و شدیدترین تغییرات مربوط به نواحی شمالی استان و دشت مشهد است. شایان است که تخصیص وزن به شاخص‌های مورد مطالعه بر اساس نظریه کارشناسی نگارندگان صورت گرفته است که ممکن است از دیدگاه سایر محققان یا علوم دیگر اولویت‌ها متفاوت باشد. علاوه بر این، متغیرهای دیگری همچون تبخیر و تعرق، رطوبت هوا و خاک، باد و غیره بر محصولات کشاورزی تأثیرات قابل توجهی دارند که بدلیل محدودیت داده‌های خروجی مدل اقلیمی امکان

اطلاعات و مقایسه نتایج حاصل از آن با یافته‌های این تحقیق اقداماتی صورت گیرد.

ارزیابی این شاخص‌ها وجود نداشته است. امید است در آینده با اجرای مدل‌های اقلیمی که قابلیت تولید اکثر عناصر اقلیمی را داشته باشند، در جهت تکمیل

جدول ۵- ارزیابی تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه در دوره اقلیمی آینده (۱۴۱۸-۱۳۸۹) بر بخش کشاورزی

سطح استان		سبزوار		تربت حیدریه		مشهد		ایستگاه
آثاری بر کشاورزی	افزایشی یا کاهش	آثاری بر کشاورزی	افزایشی یا کاهش	آثاری بر کشاورزی	افزایشی یا کاهش	آثاری بر کشاورزی	افزایشی یا کاهش	تغییرات شاخص
-	+	-	+	-	+	-	+	متوسط دما سالانه
- +	+	- +	+	- +	+	- +	+	طول دوره رشد
- +	-	- +	-	- +	-	- +	-	طول دوره یخبندان
- +	-	- +	-	- +	-	- +	-	تعداد روزهای یخبندان
+	+	-	-	+	+	+	+	متوسط بارش سالانه
-	+	-	+	-	+	+	-	ضریب تغییرات بارش
-	+	+	-	-	+	-	+	بارش‌های سنگین
-	-	-	-	-	-	-	-	روزهای بارندگی

+ دارای روند افزایشی و اثر مثبت - دارای روندکاهشی و اثر منفی ++ دارای اثر دو سویه

بدون نام، سالنامه آماری استان خراسان رضوی، (۱۳۸۶)، معاونت برنامه ریزی استانداری خراسان رضوی دفتر آمار و اطلاعات.
بهباد برزگر، امیر و افشین سلطانی، (۱۳۸۶)، اثر تغییر اقلیم بر عملکرد نخود در شرایط دیم شمال غرب ایران، دمین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران.

پدرام، مژده، (۱۳۸۶)، بررسی تغییرات طول دوره بدون یخبندان و تعداد روزهای یخبندان در استان آذربایجان غربی و شرقی، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، شماره ۳.

پژوهشکده اقلیم شناسی، (۱۳۸۶)، دومین گزارش طرح مدل‌سازی اقلیم و مطالعه تغییر اقلیم در ایران با استفاده از ریز مقیاس نمایی آماری خروجی مدل "ECHO - G" پروژه خاتمه یافته پژوهشکده اقلیم شناسی.

جعفری مقدم، مجید و حسین حاجی زاده و افشین سلطانی و ابراهیم زینلی، (۱۳۸۶)، پیش بینی اثر

قدردانی

بدین وسیله از جناب آقای دکتر حبیبی نوخندان، سرپرست پژوهشکده اقلیم شناسی، آقای دکتر بابائیان و خانم ملبوسی، پژوهشگران گروه تغییر اقلیم مرکز ملی اقلیم شناسی جهت مساعدت در انجام این تحقیق قدردانی و تشکر می‌گردد.

منابع

اسماعیلی، رضا، (۱۳۸۶)، بررسی یخبندانهای یررس بهاره از دیدگاه آماری - سینوپتیکی و اثرات آن بر محصولات باغی، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان
بدون نام، (۱۳۸۴)، بررسی نتایج و پیش بینی‌های مدل‌های جهانی اقلیم و تعیین مدل مناسب برای منطقه و ایران، موسسه پژوهشهای برنامه ریزی و اقتصاد کشاورزی - مدیریت امور پردازش و تنظیم یافته‌های تحقیق.

همتی، رسول، اسرافیل گلمحمدی آذر و عظیم نصیری و علی دولتی مهر، (۱۳۸۵)، بررسی نقش تغییرات اقلیمی در تشدید یا کاهش بلایای جوی و اقلیمی استان اردبیل، بولتن علمی پژوهشکده اقلیم شناسی، شماره اول و دوم.

Alexander, L. X. Zhang, T. C. Peterson, J.

Caesar, B. Gleason, A. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, F. Rahimzadeh, A. Tagipour, P. Ambenje, K. Rupa Kumar, J. Revadekar, G. Griffiths, L. Vincent, D. Stephenson, J. Burn, E. Aguilar, M. Brunet, M. Taylor, M. New, P. Zhai, M. Rusticucci and J.

L. Vazquez-Aguirre. (2005). Global observed Change in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J. Geophys. Res.*, D05109, DOI: 10.1029/2005JD006290.

Bonsal, B. R. X. Zhang, L. A. Vincent, and W. D. Hogg, 2001. Characteristics of daily and extreme temperature ca nada *J. climate*, 14, 1959-1979.

Cayan, D. R., S. Kammerdiener, M. Designer, J. Capiro, & D. Peterson. (2001). change in the onset of spring in the western united sate bull Amer meteor. soc. 82, 399-415

Easterling, D. R., J. L. Evans, P. YA. Groisman, T. R. Karl, K. E. Kunkel and P. Ambenje. (2000). Observed variability and trend in extreme climate events: A brief review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81(3)417-425

Heino, R. & Coauthors. (1999). Progress in the study of climate extremes in northern and central Europe, *climate change*, 42, 151-181.

Plummer, N, 1999. Marine climate-metadata and standards. In international Workshop for port Meteorologicla Officers from RAs II and V, Melbourne, Australia, 8-12 November 1999

Robenson, S. M. (2002). Increasing Growing- season in Illinois during the 20 the Century *Climate Change* 52: 219-238

تغییر اقلیم جهانی بر آب و هوای آینده خراسان، دومین همایش ملی کشاورزی و بوم شناختی ایران.

جهانگیری، زهره، فاطمه رحیم زاده، (۱۳۸۲)، نقش قابلیت داده‌ها در مطالعات تغییرات اقلیمی، سومین کنفرانس تغییر اقلیم، اصفهان.

شائمی برزکی، مجید حبیبی نوخندان، (۱۳۸۸)، گرمایش جهانی پیامدهای زیستی - اکولوژیکی، چاپ اول، انتشارات ترجمان خرد مشهد.

صداقت کردار، عبدالله، فاطمه رحیم زاده، (۱۳۸۶)، تغییرات طول دوره رشد گیاهی در نیمه دوم قرن بیستم در کشور، فصلنامه پژوهش در سازندگی، شماره ۷۵.

فرج زاده اصل، منوچهر، (۱۳۸۴)، سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در برنامه ریزی توریسم، چاپ اول، انتشارات سمت.

کوچکی، عوض، حمید رضا شریفی و اسکندر زند، (۱۳۷۷)، پیا مدهای اکولوژیکی تغییر اقلیم، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی.

مالچفسکی، یاجک، (۱۳۸۵)، سیستم اطاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری، ترجمه علی اکبر پرهیزکار و عطا غفاری گیلانده، چاپ اول، انتشارات سمت.

منتظری، مهدی و هدایت فهمی، (۱۳۸۲)، اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب کشور، سومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم.

مومنی، مهدی، (۱۳۸۲)، تغییر اقلیم و اثرات آن بر ناپایداری اکولوژیکی ایران، سومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم.

میرمحمدی میبدی، سید علی محمد و سعید ترکش اصفهانی، (۱۳۸۲)، مدیریت تنش‌های سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی و باغی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.

- diverse climates. *Climate Research* 10: 95-107.
- Schwartz, M. D., & B. Reiter, 2000. Changes in northe American Spring, *INT. climatol*; 20, 929-932.
- Zhang, x, E .Aguilar, S .Sensoy, H. Melkonyan, U. Tagiyeva, N. Ahmed, N. Kotaladze, F. Rahemzadeh, A. Taghipour, T. H. Hantosh, p. Albert, M. Semawi, M. Kareem Ali, A. Halal Said Al -Shabibi, Z. Al -Oulan, Taha zatari, I, Al Dean khalet, S. Hammond, M. Demircan M. Eken, M. Adiguzel, I. Alexander m t. C. Peterson and T. Walis, 2005. Trends in Middle East, Climate extremes indices during 1930-2003, *J.Geophys.Res*, D22104, DOI: 10.1029/2005JD006181
- Rasco, P., Szeidl, L., & Semenov, M.A. (1991). A Serial approach to local stochastic models *J.Ecological Modeling* 57, 27-41
- Rietveld, M.R. (1978). A new method for estimating for regression coefficients in the formula relating solar radiation to sunshine. *Agricultural and Forest Meteorology* 19: 243-252.
- Robenson, S. M. (2002). Increasing Growing- season in Illinois during the 20 the Century Climate Change 52: 219 -238
- Semenov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M. and Richardson, C.W. (1998). Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for

Zoning of climate changes rate base on agriculture approach in future climatic period (case study Khorasan Razavi province)

R. Esmaili. A. Gandomkar. H. A. Ghayoor

Received: 21 Desember 2009 / Accepted: 17 August 2010, 9-12 P

Extended Abstract

1- Introduction

The trend analysis of the historical data and the output of Global Climate Models (GCMs) show that climate change is inevitable.

According to the current trend, world population would be increased twice during in the one hundred futures. Climate change has most important in agriculture aspect; because the agricultural section provides food for people and climate change influence the safety food. One of the climate changes is boundary replacement of forest and agricultural areas toward north.

According to the report of Intergovernmental panel of climate change (IPCC), the most important results of climate change will be as follow:

- Intensifying climatic cricis;
- Warming of high latitudes,
- Decreasing of available water resource and
- Development of monsoon rainfall toward the poles.

Thus, the clear characteristic of climate change should be explored in studying critical phenomena spatially in agriculture which is more important. In this research, the changes of eight indices effective on agriculture have been investigated for future climatic period (2010- 2039). In the next step, spatial analysis has been done for anomaly of each index as separately and together.

Author

R. Esmaili. (✉)

PhD student of climatology, Islamic Azad University of Najaf Abad, Najaf Abad, Iran.
email: esmaili_1384@yahoo.com

A. Gandomkar.

Assistant professor of climatology, Islamic Azad University of Najaf Abad, Najaf Abad, Iran.

H. A. Ghayoor.

Professor of Hydrology, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

2- Methodology

In this research, the changes of variables such as temperature, rainfall, growth season length, freezing season length, coefficient of variations (CV) for rainfall, number of rainy days and heavy rain frequency (over 10 mm) were investigated in the last period (1964-2005) and future period (2010-2039). In this research, have been used 8 synoptic stations. Three stations including Mashhad, Torbat-e Heydariyeh and Sabzevar are located into Khorasan Razavi province.

The future climate conditions have been predicted using the output of GCM ECHO-G model and A1 scenario. In the next step, the data has been downscaling using LARS WG model on the daily scale. Then, the changes of each variable which mentioned above have been calculated in the last and future period.

Ultimately, the anomaly map for each index was drawn by GIS software.

3- Discussion

According to the obtained results of this research, the temperature would be increased for 0.5 degree centigrade in the future period (2010-2039). The amounts of temperature increased for Mashhad, Sabzevar and Torbat-e Heydariyeh would be 0.38, 0.46 and 0.36 degree centigrade respectively.

Amount of changes for rainfall is not unique. For example, the amount of rainfall in two stations including Mashhad and Torbat-e Heydariyeh have been increased 20.7 and 12.5 millimeter

respectively while Sabzevar station has been experienced the decreasing trend of 8 millimeters. Also, the change of growth season length was very considerable. The growth season length would be increased 17 days in total of Khorasan Razavi province. But freezing season length and the number of freezing days would be decreased 14.7 and 14 days respectively.

While the average rainfall would be increased in the future period, the results of this research showed that the number of rainy days would be decreased. The increase of heavy rainy days frequency and unsuitable distribution of rainfall might have the negative effects in the agricultural section.

4- Conclusion

The Results of this research showed that variables such as temperature and precipitation would be increased during future 30 years (2010-2039). This increasing for temperature and precipitation were calculated 0.5 degree centigrade and 7 millimeter respectively. Also the amount of growth season length, the number of heavy rainy days and rainfall variations coefficient would be increased. The mount of indices such as freezing period, freeze season length and number of rainy days would be decreased. Based on spatial analysis on all of the GIS layers of the anomaly maps showed that the rate of climate changes would be nearly between 46-65 percent. The most changes would be occurred in Mashhad plain and the northern region of Khorasan Razavi province and central regions such

as Torbat-e Heydariyeh would have the less change.

Key words: Climate Changes, Statistical downscaling, LARS WG Model, Climatic critical indices, Climate models.

References

- Arnon, I. (1999). principal of agriculture in dry regions, evaz kochaki and afshen soltani, amozeshkeshavarz publisher, first edition
- Esmaili, reza. (2007). An Analysis of Spring frost And its Impact in Agriculture: An Synoptic-statistical Perspective Case study: Mahvelat Region, The dissertation of m. sc. In physical geography and (climate in environmental planning), the university of sistan and baluchestan Graduate school
- Esmaili, reza., majed habibinokhandan & gholam abas fallah ghalhari. (2011). the changes assessment of growth season length and freezing due to climate fluctuation, case study khorasanrazavi province, Journal of physical geographical research, issue 73, PP.69.
- Babaiyan, iman & raheleh modireyan and maryam karimi. (2008). The assessment of climate change in Iran between 2070-2100 using the précis climate model. Third conference of water management in Iran, Tabriz
- Nameless. (2005). Investigation of global climate model results and determination of suitable model for Iran, Planning and Research Institute of Agricultural Economics. Management of research & findings.
- Behzad, barzgar & afshen, soltani. (2007). the effect of climate change on face pea operation in the North West Iran, the second of Iran ecology national congress.
- Pedram, Mojdeh. (2008). Investigation of the changes of Non-Frost Length and Numbers of Frost Days in West and East Azerbaijan Provinces. Isfahan University Science Journal. issue3
- Jafar, baiglo & Zahra bobaraki. (2009). The Estimation of saffron-growing areas in Ghazvin province by analytic hierarchy presses, physical geography research quarterly, issue, 66, pp 101-109
- Jafari moghadam, majed, Afshen soltani and Ebrahim zainali. (2007). the prediction of the global climate change on future climate in khorasan razavi province. The second nation congress of the agricultural and Iranian ecology
- Shaemibarzaki, akbar & majid habibi nokhandan. (2009). Global Warming Biological and Ecological Impacts, tarjemankherad publisher, mashhad, first Edition
- SedaghatKerdar, Abdullah; Rahimzade, Fatimah. (2008). the changes of Growth Season Length in Second Half of 20 Century in Iran. Investigate in Constructiveness Quarterly. issue 75.
- Fallah ghalhari, gholamabbas & mohammad mosavi baigi and maid habibi nokhandan. (2009). the comparative of obtain results Mamedani FIS and artificial neural network for season rainfall, Iranian water resource journal, issue 14
- F.i, wood ward. (1998). the ecological consequences of global climate change, translated by Kochaki, evaz and hamid reza sharifi and eskandar zand, jahaddaneshgahi, publisher
- Malchowiski, yachk. (2006). geography information system and analytic hierarchy presses, translate by ali akbar parhezkar and ata ghafari gelandeh, samt publisher, first edition
- mohamadi, hossen & mahdikazimi and nafesehgodarzi. (2007). The Estimation of saffron-cultivation in isfahan province by GIS, Investigate in Constructiveness Quarterly. issue, 76
- Masoodian, abolfazl, & mohama drezakaviani (2007). Climatology of Iran, isfahan university publisher.
- Mahdi m ontaziri & hedayat fahmi. (2003). the impact of climate change on water resurce in iran, third regionally conference of the climate change
- Momeni, mahdi. (2003). the impact of climate change on instability ecology in iran, third regionally conference of the climate change

Mir Mohammad Meybodi, Mohammad Ali; TorkeshEsfahani, Saied. (2004). The Management of Cold Stresses and Frost of Agricultural and Rebellious Plants. JahadeDaneshgahi Publishers. Isfahan Industrial Branch

Hemati, rasoul and esrafil golmohamadi and azim nasiri & Ali dolat mehri. (2006). Study of climate change role in Increased or reduced atmospheric and climatic disasters in Ardebil province.