

## پیش‌بینی نیاز آبی چغندر قند در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ با استفاده از داده‌های اقلیمی

### شبیه‌سازی شده توسط مدل ریزمقیاس کننده LARS-WG

(مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)

بتول اشرف<sup>\*۱</sup> - محمد موسوی بایگی<sup>۲</sup> - غلامعلی کمالی<sup>۳</sup> - کامران داوری<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۲۷

تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۱

### چکیده

مهم‌ترین بخش طراحی و بهره‌برداری از سیستم‌های تأمین کننده آب مورد نیاز کشاورزی، تخمین نیاز آبی گیاه می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از مدل LARS-WG5 داده‌های مدل گردش عمومی جو HADCM3 طبق سه سناریوی A1B، A2 و B1 تأیید شده IPCC ریزمقیاس شده و مقادیر ماهانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی استان خراسان رضوی در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ شبیه‌سازی شد. سپس با به‌کارگیری نرم‌افزار OPTIWAT تخمین-تعیین مرجع به روش هارگریوز-سامانی و بارندگی مؤثر به روش فائو محاسبه شده و در نهایت نیاز آبی چغندر قند در مقیاس ماهانه برای دو دهه آتی در مقایسه با دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۱) برآورد گردید. نتایج نشان داد که بارش‌های بهاره و پاییزه دوره آینده در همه ایستگاه‌های تحت مطالعه به جز تربت جام در مقایسه با دوره پایه افزایش خواهند داشت. بیشترین افزایش بارش به میزان ۲۶، ۲۱ و ۱۶ درصد بر اساس سناریوهای A1B، A2 و B1 و در مقایسه با دوره پایه، مربوط به ایستگاه مشهد بوده و در فروردین ماه رخ خواهد داد. همچنین طبق پیش‌بینی مدل LARS-WG5 دمای کمینه و بیشینه استان در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ افزایش خواهد یافت و میزان افزایش دمای کمینه بیشتر از افزایش دمای بیشینه خواهد بود. در نتیجه این تغییرات، نیاز آبی چغندر قند در ۲۰ سال آینده در اغلب شهرستان‌های استان خراسان رضوی نسبت به دوره کنونی متفاوت خواهد بود. به طوری که در ایستگاه تربت جام طبق سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب برابر ۱۸، ۱۹ و ۱۸ درصد و در شهرستان گلکمان به ترتیب برابر ۱۵، ۱۷ و ۱۷ درصد نیاز آبی این گیاه از دوره توسعه تا ابتدای دوره پایانی افزایش و در شهرستان‌های قوچان، نیشابور و مشهد در طول دوره میانی رشد کاهش خواهد یافت. بیشترین میزان کاهش نیاز آبی برابر ۱۰ درصد و مربوط به ایستگاه قوچان می‌باشد. نتایج اجرای نرم‌افزار OPTIWAT همچنین نشان داد که در شهرستان‌های سرخس، گناباد، کاشمر و سبزوار، تغییر محسوسی در میزان نیاز آبی این گیاه در دو دهه آتی در مقایسه با دوره پایه، رخ نخواهد داد.

واژه‌های کلیدی: ریزمقیاس نمایی، سناریوهای تغییر اقلیم، مدل HADCM3، نرم‌افزار OPTIWAT، نیاز آبی

### مقدمه

یک ضرورت اساسی در این استان مطرح باشد. در حقیقت، مهم‌ترین بخش طراحی و بهره‌برداری از سیستم‌های تأمین کننده آب مورد نیاز کشاورزی، تخمین نیاز آبی گیاه می‌باشد (۲۰). تخمین بیش از حد آب مورد نیاز گیاه، ضمن هدر دادن آب آبیاری سبب ماندابی شدن اراضی، شستشوی مواد غذایی خاک و آلوده نمودن منابع آب زیرزمینی می‌شود. ضمن این که تخمین کمتر نیز باعث اعمال استرس رطوبتی به گیاه شده و در نتیجه، کاهش محصول را در بر خواهد داشت (۶). به‌طور کلی، محدودیت منابع آب و رقابت بخش‌های مختلف در استفاده از این منابع از یک سو و افزایش سطح اراضی فاریاب از سوی دیگر، اهمیت بهره‌برداری بهینه از این منابع را صد چندان می‌سازد

حاکمیت شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک در اکثر دشت‌های کشاورزی استان خراسان رضوی و کمبود آب برای آبیاری در این دشت‌ها باعث شده تا برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی به‌عنوان

۴۰۲،۱- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیاران گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

\* - نویسنده مسئول: (Email: samaneh\_ashraf@yahoo.com)

۳- دانشیار گروه هواشناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

تمامی ماه‌ها برای هر سه دوره تحت مطالعه افزایش خواهد یافت. کوروبو (۸)، اثرات تغییر اقلیم را بر تولید حبوبات در مالدیو بررسی کرده و نشان داد که گرمایش جهانی پیش‌بینی شده، منجر به وقوع خشکی در طول دوره‌های رشد گیاه خواهد شد. باگیس و همکاران (۷) تأثیر افزایش غلظت دی اکسید کربن هوا با افزایش دما را در دهه‌های آتی بر روی تبخیر- تعرق گیاهان زراعی در نواحی مرکزی بلژیک مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که در خصوص محصولات بهاره- پاییزه نظیر گندم، افزایش نیاز آبی مورد توجه نخواهد بود اما در عوض در مورد محصولات بهاره- تابستانه نظیر گوجه فرنگی، افزایش معنی داری در نیاز آبی رخ خواهد داد به نحوی که این افزایش تبخیر- تعرق حتی با بستن روزنه‌ها و کاهش دوره رشد گیاه نیز جبران نخواهد شد. دردیگز و همکاران (۱۶) با استفاده از مدل‌سازی نیاز آب آبیاری، افزایش حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد نیاز آبی فصلی گیاهان زراعی در دهه ۲۰۵۰ را در اثر تغییر اقلیم پیش‌بینی نمودند. آن‌ها در تحقیق خود بیان کردند که این افزایش، وابسته به مکان و الگوی کشت است. هارمسن و همکاران (۱۱) نیز در مطالعه ای با استفاده از روش ریزمقیاس نمایی آماری و تحت سه سناریوی اقلیمی A1, A2, و B1 به بررسی بارش، تبخیر- تعرق مرجع، کمبود بارش و کاهش نسبی عملکرد محصول پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که در اثر تغییر اقلیم، فصل بارش مرطوبتر و فصل خشکی خشک‌تر خواهد شد. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که میزان تبخیر- تعرق در ماه‌های خشک با کاهش بارندگی و افزایش دما افزوده خواهد شد.

با توجه به اثرات وسیع تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی، از سال‌ها قبل تحقیقات گسترده‌ای در مناطق مختلف جهان در خصوص سازگاری کشاورزی با این پدیده آغاز شده و لازم است چنین پژوهش‌هایی در ایران نیز انجام شود تا بر اساس یافته‌های آن‌ها برنامه‌ریزی‌های کلان مدیریتی اعمال گردد. پژوهش حاضر در همین راستا و به منظور برآورد نیاز آبی چغندر قند در دو دهه آتی در استان خراسان رضوی به‌عنوان عمده‌ترین منطقه تولید این گیاه زراعی مهم در کشور، صورت گرفته است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد نیاز

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، استان خراسان رضوی است که در منطقه معتدل شمالی قرار دارد و از نظر موقعیت طبیعی به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم می‌شود. بلندترین نقطه استان در ارتفاعات بینالود در شمال نیشابور با ارتفاع ۳۲۱۱ متر از سطح دریا و پست‌ترین نقطه استان در دشت سرخس با ارتفاع ۲۳۵ متر از سطح دریا در حاشیه مرز ایران و ترکمنستان قرار دارد. بخش‌های شمالی

(۱). فاکتورهای اصلی که بر نیاز آبی گیاهان یا تبخیر- تعرق مؤثرند وابسته به چندین پارامتر اقلیمی نظیر دمای هوا، بارش و ساعات آفتابی می‌باشند. هرگونه تغییر در این پارامترهای اقلیمی در اثر تغییر اقلیم بر تبخیر- تعرق گیاه نیز تأثیرگذار خواهد بود (۳). بر اساس مطالعات انجام شده، با وجود این که تغییرات اقلیم در برخی مناطق جهان به ویژه نواحی واقع در عرض‌های شمالی بالاتر از ۵۵ درجه، اثرات مثبتی بر تولیدات کشاورزی خواهد داشت (۱۹) ولی اثرات منفی این تغییرات در مناطق گرم و خشک بسیار شدید خواهد بود (۹، ۱۰ و ۱۵). از این رو، پیش‌بینی‌های اقلیمی جهت استفاده در برنامه‌ریزی- های کلان مدیریتی این مناطق، ضروری به نظر می‌رسند. معتبرترین ابزار، جهت بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سیستم‌های مختلف، استفاده از متغیرهای اقلیمی شبیه‌سازی شده توسط مدل‌های جفت شده گردش عمومی جوی- اقیانوسی<sup>۱</sup> می‌باشد (۱۳). این مدل‌ها قادرند پارامترهای جوی و اقیانوسی را برای یک دوره طولانی مدت با استفاده از سناریوهای تأییدشده IPCC<sup>۲</sup> مدل‌سازی نمایند (۱۳) و (۱۴). اما ضعف عمده این مدل‌ها قدرت تفکیک مکانی کم آن‌ها است که برای فائق آمدن بر این مشکل، لازم است خروجی این مدل‌ها قبل از استفاده در مطالعات ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، ریزمقیاس<sup>۳</sup> شوند. به طور کلی ریزمقیاس نمایی را می‌توان به دو روش دینامیکی و آماری انجام داد (۲). روش آماری نسبت به دینامیکی به پارامترهای کمتری نیاز داشته و به همین دلیل در مطالعات مربوط به علوم آب بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۳). مساح بوانی و مرید (۱۴) با استفاده از خروجی مدل گردش عمومی جو HADCM3 تحت دو سناریوی اقلیمی A2 و B2 به ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر منابع آب حوضه زاینده رود در دو دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که در هر دو دوره تحت بررسی، میانگین سالانه بارش در این منطقه کاهش و میانگین سالانه دما افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه این تغییرات، عملکرد محصولات کاهش خواهد یافت. علیزاده و کمالی (۵) اثر تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب در دشت مشهد را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که در اثر افزایش دما به میزان ۲ درجه سانتی‌گراد، نیاز خالص آبیاری با الگو و ترکیب کشت کنونی در آینده ۶ درصد افزایش خواهد یافت. همچنین علیزاده و همکاران (۳) اثرات احتمالی تغییر اقلیم بر تبخیر- تعرق حوضه آبریز رودخانه کشف رود را با استفاده از ریزمقیاس نمایی خروجی مدل گردش عمومی جو HADCM3 تحت سناریوی اقلیمی A2 و برای سه دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که در اثر افزایش دما میزان تبخیر- تعرق در

1- Atmospheric-Ocean General Circulation Model

2- Intergovernmental Panel on Climate Change

3- Downscale

گردید. نتایج اجرای این مرحله، در جدول ۲ نشان داده شده است.

$$R^2 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}) \right]^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad (2)$$

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)}{n} \quad (3)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - Y_i|}{n} \quad (4)$$

در این روابط  $X_i$  و  $Y_i$  به ترتیب  $i$  امین داده واقعی (مشاهده شده) و شبیه‌سازی شده توسط مدل،  $\bar{X}$  و  $\bar{Y}$  میانگین کل داده‌های  $X_i$  و  $Y_i$  در جامعه آماری و  $n$  تعداد کل نمونه‌های مورد ارزیابی می‌باشند. پس از اطمینان از صحت نتایج ارزیابی و قابلیت مدل LARS-WG5 در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی، اقدام به اجرای مرحله سوم یا شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ گردید. نیاز اساسی مدل برای اجرای این مرحله، دو فایل با پسوند WG و Sce است. فایل اول همان داده‌های روزانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره پایه می‌باشد و فایل دوم از خروجی یکی از مدل‌های گردش عمومی جو در دوره مشابه با دوره پایه به دست می‌آید (۱۷). در حقیقت در این مرحله، مدل با استفاده از رفتار اقلیم در دوره پایه و ریز مقیاس نمایی آماری داده‌های یک مدل گردش عمومی جو، پارامترهای اقلیمی آینده را در حد مقیاس منطقه مورد مطالعه (ایستگاه‌های هواشناسی)، شبیه‌سازی می‌کند. در این تحقیق از داده‌های مدل گردش عمومی جو HADCM3 که یکی از مدل‌های جفت شده اقیانوسی-جوی است و توسط مرکز تحقیقات و پیش‌بینی اقلیمی هادلی در بریتانیا (۱۰) طراحی شده، به‌عنوان فایل Sce استفاده شد. قدرت تفکیک جوی این مدل، شبکه ای با ابعاد ۲/۷۵ درجه عرض جغرافیایی و ۳/۷۵ درجه طول جغرافیایی و قدرت تفکیک اقیانوسی آن، ۱/۲۵ درجه عرض جغرافیایی و ۱/۲۵ درجه طول جغرافیایی می‌باشد (۱۲).

سناریوهای تغییر اقلیم مورد استفاده نیز عبارت بودند از: سناریوی بدبینانه A1B که ترسیم‌کننده جهانی با رشد سریع اقتصادی و جمعیتی است به طوری که بیشینه رشد جمعیت در نیمه قرن رخ داده و پس از آن روند افزایش جمعیت، کاهش خواهد بود. همچنین، رشد سریع فناوری‌های نوین و مؤثر بر اساس این سناریو در دوره‌های آتی رخ خواهد داد. سناریوی A2 که مبین رشد سریع جمعیت جهان اما همراه با رشد اقتصادی ناهمگن در مناطق مختلف بوده و بنابراین تغییر اقلیم متوسطی برای دوره‌های پیش رو را ترسیم می‌کند.

منطقه، بیش‌تر کوهستانی هستند و بین آن‌ها دشت‌های حاصلخیز قرار گرفته است که به دلیل دارا بودن میزان بارندگی قابل توجه از شرایط مناسب کشاورزی برخوردار می‌باشند. اما برخی از بخش‌های جنوبی استان به سبب مجاورت با کویر و پست بودن ناحیه دارای میزان بارندگی کمی می‌باشند و شرایط مناسبی برای کشاورزی ندارند. اقلیم استان نیز به طور معمول خشک و نیمه‌خشک است. خصوصیات جغرافیایی و نیز نوع اقلیم (بر اساس طبقه بندی اقلیمی دومارتن) هر یک از ایستگاه‌های مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. داده‌های مورد نیاز در این تحقیق، شامل مقادیر روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی ۱۰ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک نام برده شده در بالا در یک دوره آماری ۲۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۹۱) از مرکز اطلاعات و آمار سازمان هواشناسی کشور اخذ شد. سپس پردازش و مرتب سازی داده‌ها صورت گرفته و فایل‌های لازم برای مرحله بعد تهیه گردید.

### شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ توسط مدل LARS-WG5

مدل LARS-WG یکی از مشهورترین مدل‌های تولید داده‌های هواشناسی است که برای تولید مقادیر روزانه دماهای بیشینه و کمینه، بارش و تابش یا ساعت آفتابی در یک ایستگاه، تحت شرایط اقلیم حاضر و آینده به کار می‌رود. نسخه اولیه این مدل در بوداپست طی سال ۱۹۹۰ به‌عنوان بخشی از پروژه ارزیابی ریسک‌های کشاورزی در کشور مجارستان ابداع شد. هسته اصلی این مدل استفاده از زنجیره مارکف است که به کرات از آن استفاده شده است (۱۸). مدل LARS-WG5 از سه بخش اصلی تشکیل شده که عبارتند از: واسنجی کردن، ارزیابی و تولید یا شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی دهه‌های آینده. نیاز اساسی مدل در مرحله واسنجی کردن، فایلی است که مشخص کننده رفتار اقلیم در دوره گذشته می‌باشد. این فایل با استفاده از داده‌های روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی کلیه ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه، چنان‌چه در بالا ذکر شد با در نظر گرفتن یک دوره ۲۰ ساله به‌عنوان دوره پایه، تهیه شده و مدل بر اساس آن اجرا شد. در مرحله بعد با استفاده از آماره‌های ضریب تعیین  $(R^2)$ ، میانگین مربعات خطا  $(RMSE)$ ، میانگین انحراف خطا  $(MBE)$  و میانگین خطای مطلق  $(MAE)$  که به صورت معادلات ۱ تا ۴ می‌باشند، اقدام به ارزیابی داده‌های تولید شده توسط مدل و داده‌های واقعی (مشاهده شده) موجود در دوره پایه

- 1- Coefficient of Determination
- 2- Root Mean Square Error
- 3- Mean Bias Error
- 4- Mean Absolute Error

جدول ۱- خصوصیات جغرافیایی و نوع اقلیم ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب استان خراسان رضوی

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	نوع اقلیم (دومارتن)
ترت جام	۶۰° ۳۵' E	۳۵° ۱۵' N	۹۵۰/۴	خشک
ترت حیدریه	۵۹° ۱۳' E	۳۵° ۱۶' N	۱۴۵۰/۸	نیمه‌خشک
سبزوار	۵۷° ۴۳' E	۳۶° ۱۲' N	۹۷۷/۶	خشک
سرخس	۶۱° ۱۰' E	۳۶° ۳۲' N	۲۳۵	خشک
قوچان	۵۸° ۳۰' E	۳۷° ۴' N	۱۲۸۷	نیمه‌خشک
کاشمر	۵۸° ۲۸' E	۳۵° ۱۲' N	۱۱۰۹/۷	خشک
گلمکان	۵۹° ۱۷' E	۳۶° ۲۹' N	۱۱۷۶	نیمه‌خشک
گناباد	۵۸° ۴۱' E	۳۴° ۲۱' N	۱۰۵۶	خشک
مشهد	۵۹° ۳۸' E	۳۶° ۱۶' N	۹۹۹/۲	نیمه‌خشک
نیشابور	۵۸° ۴۸' E	۳۶° ۱۶' N	۱۲۱۳	نیمه‌خشک

اطلاعات مدیریت آبیاری (نوع، زمان و مقدار آبیاری) را تکمیل نمود (۴). در این تحقیق، جهت محاسبه تبخیر- تعرق مرجع در شرایط غیر استاندارد یعنی شرایط واقعی موجود که گیاه در دوره رشد خود با تنش رطوبتی و شوری مواجه خواهد شد، روش هارگریوز- سامانی مورد انتخاب قرار گرفت. بنا بر توصیه فائو در وضعیتی که کمبود آمار هواشناسی وجود دارد (تنها آمار دمای هوا و تابش خورشیدی موجود است) این روش در مقایسه با سایر روش‌های تجربی تخمین نیاز آبی، بالاترین دقت را دارا می‌باشد (۳ و ۴). بر این اساس ابتدا داده‌های بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی تمامی ایستگاه‌ها در دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۱ جهت برآورد نیاز آبی چغندر قند در دوره پایه و داده‌های شبیه‌سازی شده این پارامترها توسط مدل LARS-WG5 بر مبنای سناریوهای A1B، A2 و B1 جهت محاسبه نیاز آبی این گیاه در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ به‌عنوان اطلاعات هواشناسی وارد محیط نرم‌افزار شد. سایر داده‌های مورد نیاز نرم‌افزار (اطلاعات مربوط به خاک، آب و گیاه) نیز بر اساس الگو و روش‌های مدیریت کنونی تکمیل گردید. سپس برای محاسبه بارندگی مؤثر که در واقع جزئی از بارندگی است که در منطقه توسعه ریشه‌ها ذخیره شده و به مصرف گیاه می‌رسد، روش مرسوم به فائو انتخاب شده و در نهایت نیاز آبی چغندر قند در دوره پایه و نیز دو دهه آبی با استفاده از این نرم‌افزار در طول دوره رشد گیاه (فروردین تا آبان) برآورد شده و نمودارهای مربوطه ترسیم گردید (شکل ۵).

## نتایج و بحث

جدول ۲ نتایج ارزیابی داده‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل و داده‌های واقعی دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۱) را نشان می‌دهد. چنان‌چه مشاهده می‌شود، مقدار ضریب تعیین در همه موارد از میزان قابل توجهی برخوردار می‌باشد. همچنین مقادیر شاخص‌های خط‌سنجی نیز

بر طبق سناریوی خوشبینانه B1 نیز در دهه‌های آتی همگرایی جمعیت در سطح جهان رخ خواهد داد و تغییر در ساختار اقتصادی با کاهش مواد آلاینده و معرفی منابع فناوری پاک و مؤثر، صورت خواهد گرفت (۱۲). بدین ترتیب مدل LARS-WG5 با استفاده از این سه سناریوی تغییر اقلیم تأیید شده توسط IPCC، اجرا شده و مقادیر روزانه داده‌های اقلیمی بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی برای دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ شبیه‌سازی شد. سپس میانگین ماهانه پارامترهای مذکور در این دوره محاسبه شده و نمودارهای مربوطه ترسیم شد (شکل‌های ۱ تا ۴). لازم به ذکر است که میانگین ماهانه داده‌های اقلیمی دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۱) نیز در این شکل‌ها، جهت مقایسه و درک بهتر تغییرات اقلیمی آینده، نشان داده شده است.

## پیش‌بینی نیاز آبی چغندر قند در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ توسط نرم‌افزار OPTIWAT

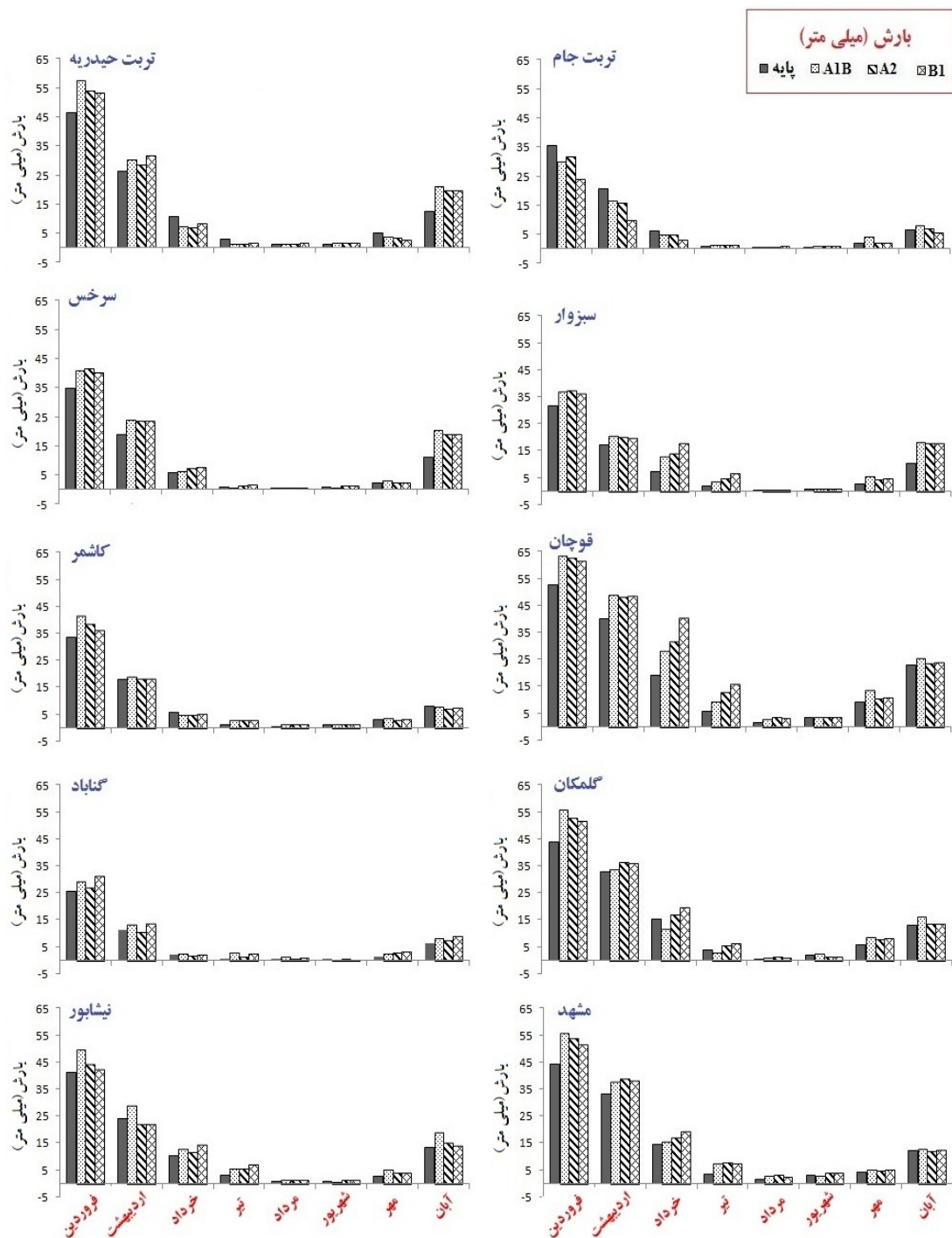
جهت محاسبه نیاز آبی چغندر قند در دوره پایه و نیز دو دهه آبی از نرم‌افزار OPTIWAT استفاده شد. برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی توسط این نرم‌افزار بر اساس روش ارائه شده در نشریه شماره ۵۶ آبیاری و زهکشی فائو که یک نشریه معتبر جهانی است صورت می‌گیرد (۴). قبل از ورود به بخش محاسبه نیاز آبی یک گیاه خاص در این نرم‌افزار، ابتدا لازم است که اطلاعات مورد نیاز آن شامل آمار هواشناسی (داده‌های بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی و یا سایر داده‌های مورد نیاز بر حسب روش انتخاب شده محاسبه تبخیر- تعرق)، مشخصات دشت (نام دشت و حوضه آبریز، ناحیه اقلیمی، ضریب خشکی، طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) ایستگاه هواشناسی مورد نظر و بافت خاک، مشخصات مربوط به گیاه (تاریخ کشت، طول مراحل مختلف رشد، ضرایب گیاهی پایه، ارتفاع گیاه، عمق اولیه ریشه و میزان تحمل به شوری)

بر مبنای سه سناریوی تعریف شده A1B، A2 و B1 (خوشبینانه، متوسط، بدبینانه) در مقایسه با دوره پایه به ترتیب برای پارامترهای بارش (میلی متر)، دمای کمینه (درجه سانتی گراد)، دمای بیشینه (درجه سانتی گراد) و ساعت آفتابی در ماه‌های رشد گیاه (فروردین تا آبان) نشان می‌دهند.

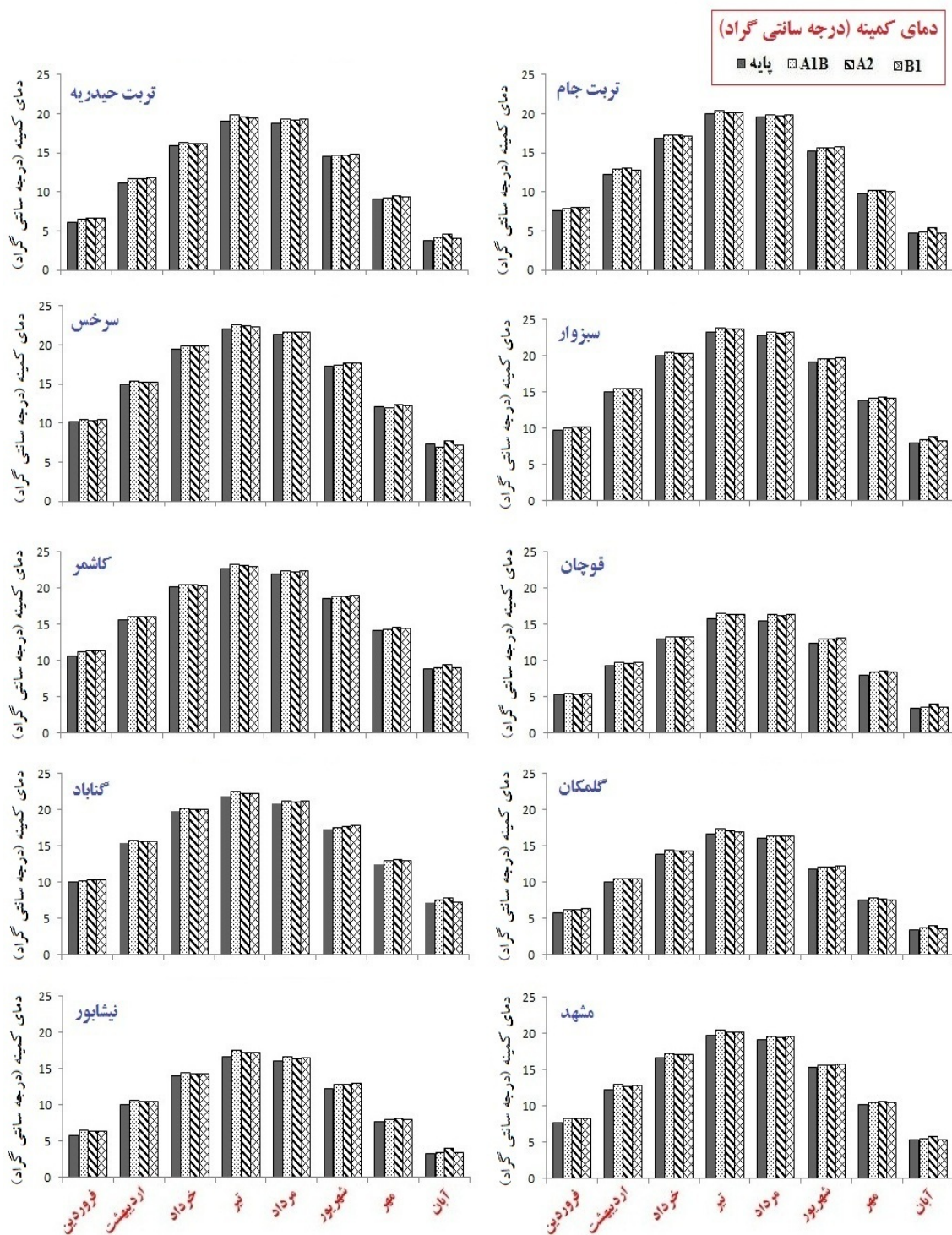
نسبتاً پایین می‌باشد که مؤید انطباق قابل قبول مقادیر مدل سازی شده و مشاهده شده دوره پایه است. بنابراین، توانایی مدل LARS-WG5 در شبیه‌سازی داده به اثبات رسیده و برای تولید داده‌های اقلیمی ۲۰ سال آتی مورد استفاده قرار گرفت. شکل‌های ۱ تا ۴ نتایج حاصل از اجرای مدل LARS-WG5 را

جدول ۲- ارزیابی مدل LARS-WG5 در دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۱) با استفاده از آماره‌های واسنجی

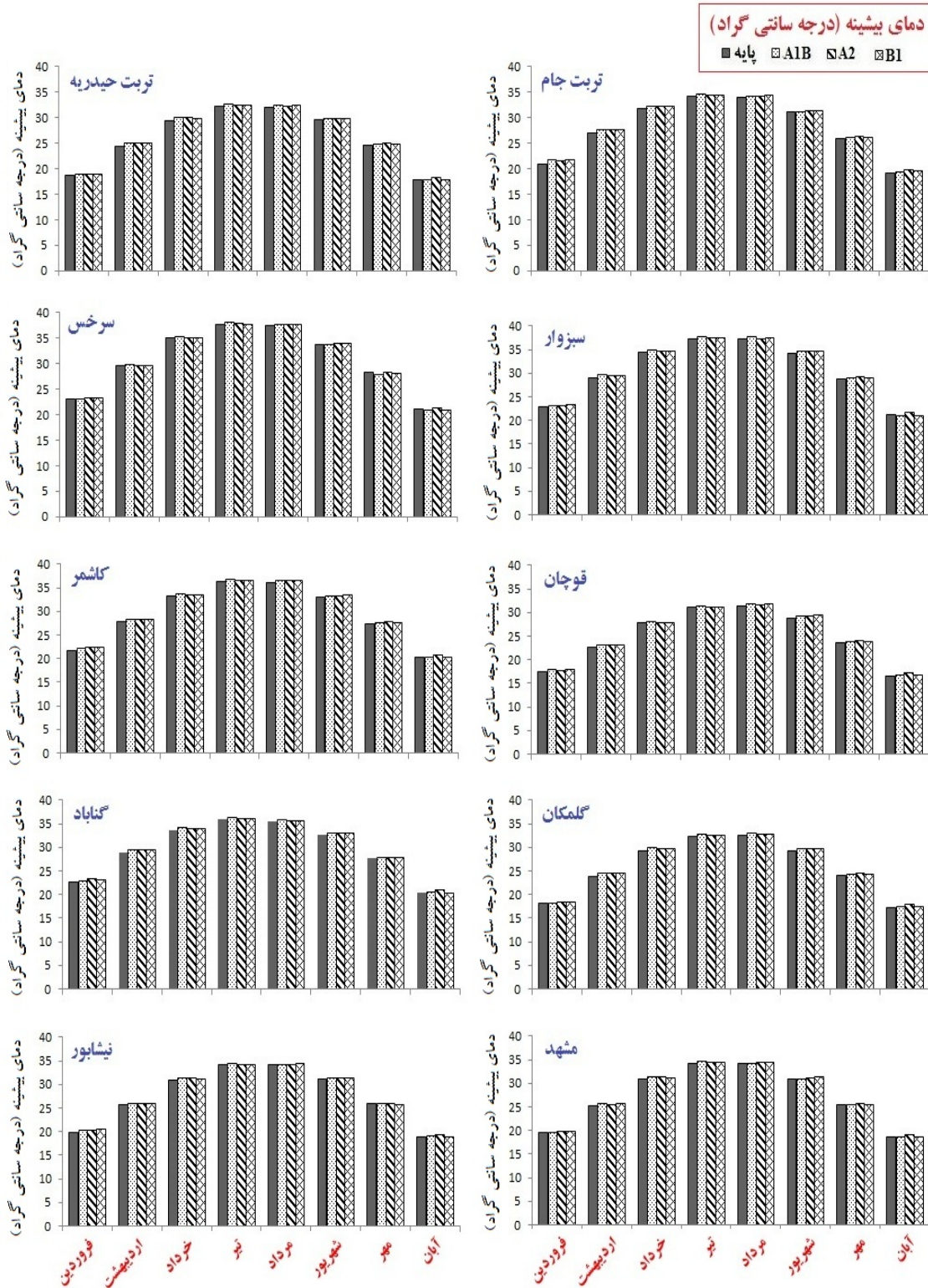
ایستگاه	آماره	بارش	دمای کمینه	دمای بیشینه	ساعت آفتابی
تربت جام	R <sup>2</sup>	0.9719	0.9989	0.9982	0.9945
	RMSE	2.6987	0.2824	0.4028	0.2054
	MBE	0.4050	0.0533	0.1033	-0.0658
	MAE	2.1817	0.2533	0.3200	0.1658
تربت حیدریه	R <sup>2</sup>	0.9627	0.9994	0.9991	0.9959
	RMSE	5.9880	0.2473	0.3349	0.2416
	MBE	-3.3392	0.0133	0.1858	0.1217
	MAE	4.2892	0.2133	0.2758	0.1683
سبزوار	R <sup>2</sup>	0.9867	0.9991	0.9987	0.9965
	RMSE	1.8850	0.2675	0.3939	0.1339
	MBE	-0.9133	0.0192	0.1667	0.0025
	MAE	1.4567	0.2275	0.3417	0.1092
سرخس	R <sup>2</sup>	0.9736	0.9990	0.9991	0.9968
	RMSE	4.1366	0.3030	0.6338	0.2125
	MBE	-3.1617	0.1575	0.5300	0.0933
	MAE	3.1617	0.2392	0.5333	0.1400
قوچان	R <sup>2</sup>	0.9684	0.9994	0.9981	0.9958
	RMSE	4.3299	0.1874	0.4604	0.1601
	MBE	-2.6275	-0.0075	0.2175	0.0050
	MAE	3.4042	0.1475	0.4025	0.1217
کاشمر	R <sup>2</sup>	0.9816	0.9992	0.9993	0.9976
	RMSE	2.6127	0.2508	0.3049	0.1288
	MBE	-1.4767	0.0758	0.1225	0.060
	MAE	1.8033	0.2108	0.2742	0.1033
گلمکان	R <sup>2</sup>	0.9733	0.9989	0.9983	0.9942
	RMSE	2.5181	0.2391	0.4178	0.2032
	MBE	-0.9283	-0.0158	0.160	0.0617
	MAE	1.9333	0.1925	0.3750	0.1767
گناباد	R <sup>2</sup>	0.9944	0.9996	0.9988	0.9956
	RMSE	3.3976	0.2289	0.4158	0.1638
	MBE	-2.7783	0.0817	0.2517	0.0291
	MAE	2.7783	0.1950	0.3317	0.1108
مشهد	R <sup>2</sup>	0.9828	0.9991	0.9984	0.9971
	RMSE	3.0639	0.2507	0.4769	0.1900
	MBE	-2.0042	0.0133	0.2833	0.1067
	MAE	2.4258	0.1833	0.3667	0.1550
نیشابور	R <sup>2</sup>	0.974	0.9994	0.9985	0.9893
	RMSE	4.2759	0.2149	0.4375	0.2931
	MBE	-2.6708	-0.0375	0.2233	0.1167
	MAE	2.8842	0.1925	0.3733	0.2017



شکل ۱- مقایسه میانگین ماهانه بارش استان خراسان رضوی در دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۱) و دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ بر اساس سه سناریوی A2, A1B و B1



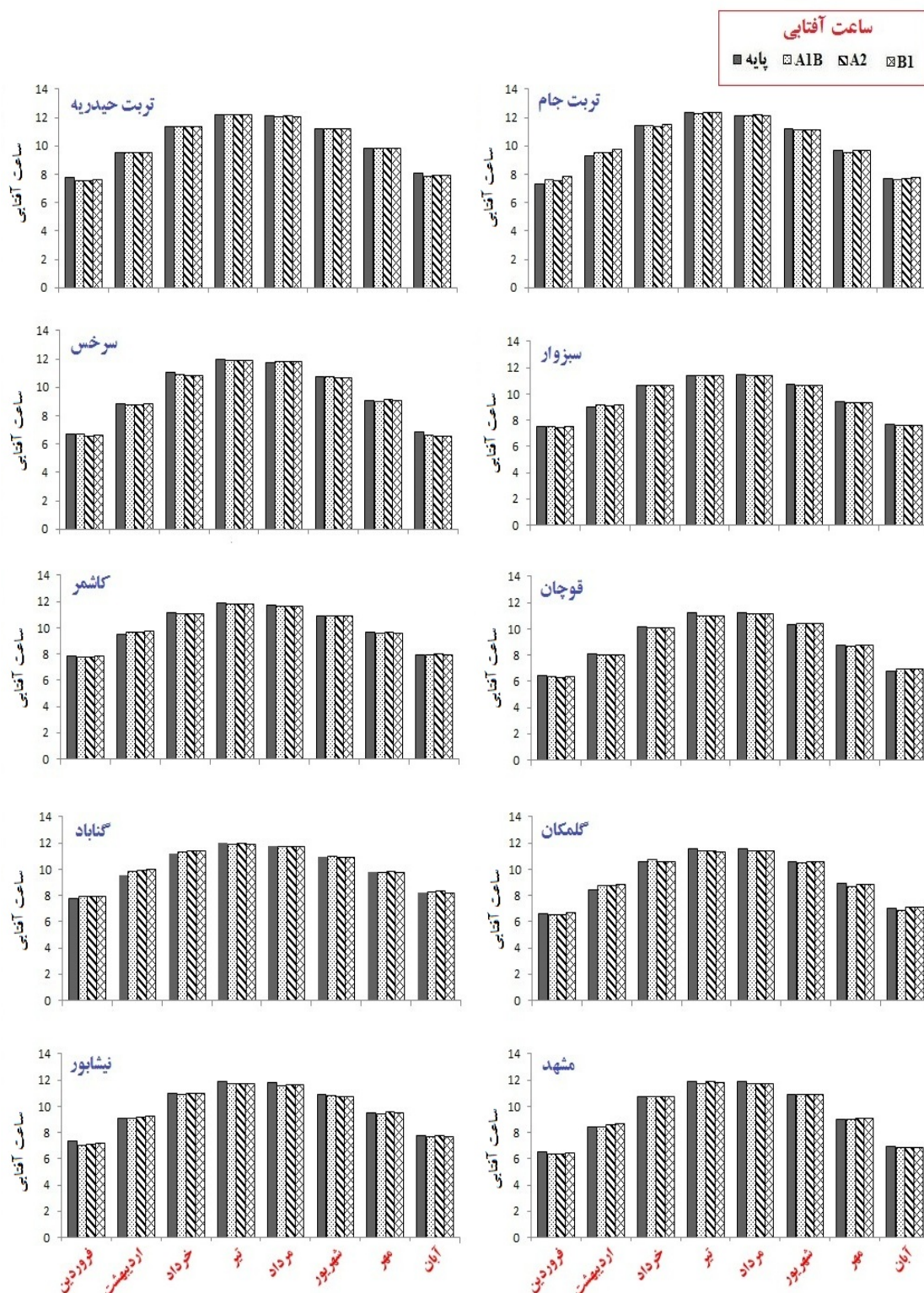
شکل ۲- مقایسه میانگین ماهانه دمای کمینه استان خراسان رضوی در دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۱) و دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ بر اساس سه سناریوی A1B، A2 و B1



شکل ۳- مقایسه میانگین ماهانه دمای بیشینه استان خراسان رضوی در دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۱) و دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ بر اساس

سه سناریوی B1 و A2, A1B





شکل ۴- مقایسه میانگین ماهانه ساعت آفتابی استان خراسان رضوی در دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۱) و دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ بر اساس سه سناریوی B1 و A2، A1B

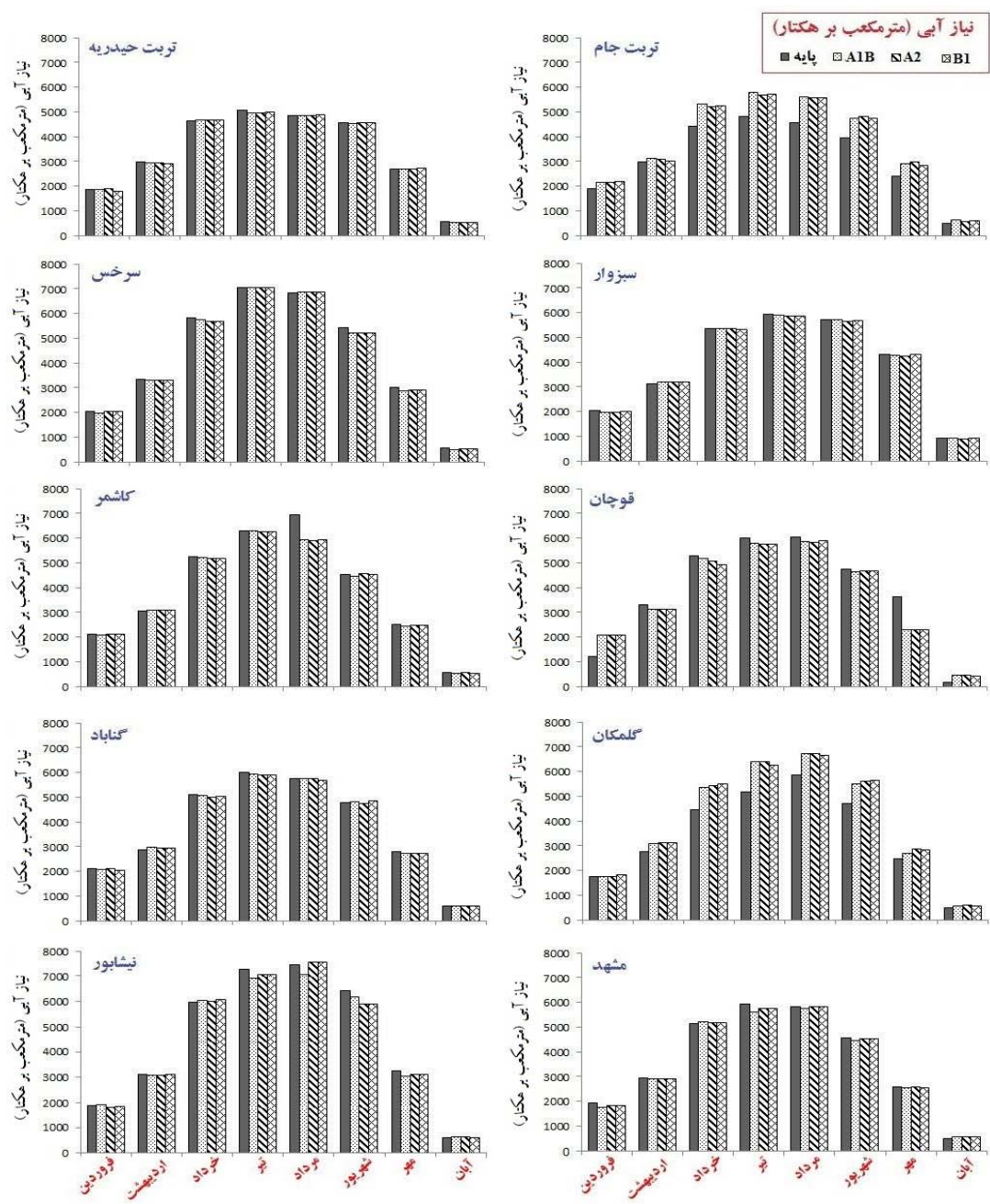
داشته است که این موضوع در توافق کامل با کاهش بارندگی این ایستگاه در این دو ماه می‌باشد. در مجموع، همپوشانی شکل ۱ و ۴ مؤید این امر بدیهی است که با افزایش ساعت آفتابی در نتیجه کاهش میزان ابرناکی آسمان، میزان بارش کاهش و برعکس آن، افزایش خواهد یافت. نیاز آبی برآورد شده چغندر قند در طول دوره رشد در استان خراسان رضوی با استفاده از اجرای نرم‌افزار OPTIWAT برای دوره پایه و نیز دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ در شکل ۵ نشان داده شده است.

چنانچه در این شکل مشاهده می‌شود، نیاز آبی چغندر قند در ۲۰ سال آینده در شهرستان‌های مختلف استان خراسان رضوی متفاوت خواهد بود. به طوری که در شهرستان‌های سرخس، گناباد، کاشمر و سبزوار نیاز آبی این گیاه در دو دهه آتی در مقایسه با دوره پایه، تغییر چشمگیری نخواهد داشت. در حالی که در ایستگاه‌های تربت جام و گلکان به ویژه از خرداد تا مهر ماه که منطبق بر دوره توسعه تا ابتدای دوره پایانی رشد گیاه است، افزایش محسوسی در نیاز آبی چغندر قند رخ خواهد داد. بالارفتن نیاز آبی این گیاه در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ نسبت به دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۱ در شهرستان تربت جام به طور متوسط طبق سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب برابر ۱۹، ۱۸ و ۱۸ درصد و در شهرستان گلکان به ترتیب برابر ۱۵، ۱۷ و ۱۷ درصد است. علت افزایش نیاز آبی گیاه در شهر تربت جام را می‌توان به کاهش محسوس بارش (شکل ۱) این ایستگاه و افزایش نیاز آبی چغندر قند در ایستگاه گلکان (علی‌رغم افزایش بارش آن) را به افزایش دمای هوا به ویژه دمای بیشینه مربوط دانست. این موضوع مبین این مطلب است که صرفاً افزایش بارندگی دلیلی بر کاهش نیاز آبی گیاه نیست زیرا چنانچه می‌دانیم تأخیر-تغرق تابعی از متغیرهای مختلف از جمله سرعت باد، میزان تابش، دمای هوا و خصوصیات خاک و نوع اقلیم منطقه می‌باشد. در شکل ۵ مشاهده می‌شود که نیاز آبی چغندر قند در سایر شهرستان‌های استان شامل قوچان، نیشابور و مشهد در طول دوره میانی رشد کاهش یافته که بیشترین میزان کاهش با مقدار ۱۰ درصد نسبت به دوره پایه، مربوط به ایستگاه قوچان می‌باشد. این موضوع نیز با توجه به افزایش میزان بارندگی این شهرستان قابل توجیه است.

### نتیجه‌گیری

آب و هوا مهم‌ترین عامل تغییرپذیری سالانه تولید محصولات کشاورزی حتی در محیط‌هایی با عملکرد و فناوری بالاست. امروزه موضوع تغییر اقلیم جهانی بسیار مورد توجه دانشمندان و سیاست‌گذاران عرصه‌های بین‌المللی قرار گرفته است زیرا هر تغییری در آب و هوا، عدم قطعیت مربوط به تولید محصولات زراعی را افزایش خواهد داد.

در شکل ۱ مشاهده می‌شود که بارش‌های بهاره (خصوصاً در فروردین ماه) دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ در اغلب ایستگاه‌ها نسبت به دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۱) افزایش خواهند یافت. در خصوص بارش‌های پاییزه نیز روند مشابهی دیده می‌شود. در حالی که در ماه‌های گرم سال (خرداد تا شهریور) به دلیل مقادیر پایین بارش در منطقه مورد مطالعه که برای این نوع اقلیم (خشک و نیمه‌خشک) امری طبیعی است، تفاوت محسوسی بین نتایج حاصل از سه سناریوی تغییر اقلیم با دوره پایه، ملاحظه نمی‌شود. بیشترین افزایش بارش در دو دهه آتی مربوط به ایستگاه مشهد بوده و در فروردین ماه رخ خواهد داد و میزان این افزایش نسبت به دوره پایه بر اساس سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب برابر ۲۶، ۲۱ و ۱۶ درصد می‌باشد. تنها استثنای موارد ذکر شده در بالا در ایستگاه تربت جام دیده می‌شود که بر خلاف بقیه شهرستان‌ها میزان بارش‌های بهاره آن به خصوص در فروردین ماه نسبت به دوره پایه کاهش خواهد یافت. میزان کاهش بارش این ایستگاه نسبت به دوره پایه نیز به ترتیب برابر ۱۶، ۱۱ و ۳۲ درصد بر مبنای سناریوهای خوشبینانه، متوسط و بدبینانه (A1B، A2 و B1) خواهد بود. شکل ۲ نشان دهنده افزایش مقادیر دمای کمینه شبیه‌سازی شده با مدل LARS-WG5 طبق هر سه سناریوی تغییر اقلیم در مقایسه با دوره پایه برای تمام ماه‌های دوره رشد چغندر قند و همه ایستگاه‌ها می‌باشد. اگرچه چنانچه مشاهده می‌شود این افزایش به لحاظ کمی ناچیز است به طوری که حداکثر آن را می‌توان در ایستگاه قوچان به میزان ۵ درصد بر مبنای سناریوهای A1B و B1 و برابر ۴ درصد طبق سناریوی A2 در مردادماه مشاهده کرد اما این نکته را نیز نباید از نظر دور داشت که در مورد دمای کمینه همین مقدار ناچیز تغییر به ویژه در اقلیم خشک و نیمه‌خشک استان خراسان رضوی، بسیار قابل توجه می‌باشد. شکل ۳ نیز همانند شکل ۲ مبین افزایش دمای بیشینه استان خراسان رضوی در دو دهه آتی طبق هر سه سناریوی تغییر اقلیم تعریف شده نسبت به دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۱ می‌باشد. طبق پیش‌بینی مدل LARS-WG5 حداکثر افزایش دمای بیشینه استان خراسان رضوی در ۲۰ سال آینده به میزان ۳ درصد طبق هر سه سناریو در ماه اردیبهشت و برای ایستگاه گلکان رخ خواهد داد. بنابراین افزایش دمای بیشینه در این دوره، کمتر از افزایش دمای کمینه خواهد بود. از این مطلب می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات (افزایش) دمای متوسط هوا در دوره‌های آتی بیشتر تحت تأثیر افزایش دمای کمینه خواهد بود. با نگاهی گذرا بر شکل ۴ که نشان دهنده تغییرات ساعت آفتابی دوره رشد چغندر قند در شرایط اقلیمی آینده نسبت به دوره حاضر می‌باشد، مشاهده می‌شود که در اغلب ایستگاه‌ها این تغییرات ساعات آفتابی و بعضاً در حد صفر بوده است. استثناً در ایستگاه تربت جام و در ماه‌های فروردین و اردیبهشت، میزان ساعت آفتابی در مقایسه با دوره پایه در هر سه سناریو افزایش



شکل ۵- مقایسه نیاز آبی ماهانه چغندر قند در استان خراسان رضوی در دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۱) و دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ بر اساس سه سناریوی A2، A1B و B1

استفاده از ریز مقیاس نمائی داده‌های مدل گردش عمومی جو HADCM3 توسط مدل LARS-WG5 به پیش‌بینی تغییرات آماره‌های اقلیمی استان خراسان رضوی در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱

به همین دلیل آگاهی از چگونگی وقوع این فرایند و اثرات آن بر نظام‌های زراعی می‌تواند در ارائه برنامه‌های جامع برای مقابله و یا آمادگی در برابر مخاطرات حاصله، مؤثر واقع شود. در این پژوهش با

دچار تغییر خواهد شد. بنابراین، مدیریت صحیح منابع آبی در استان خراسان رضوی به‌عنوان عمده‌ترین منطقه تولید چغندر قند در کشور، امری کاملاً ضروری بوده و همت وافر مسؤولان اجرایی جهت اطلاع رسانی به کشاورزان منطقه و بهینه‌سازی زمان و میزان آبیاری در شرایط کمبود آب آبی را می‌طلبد.

پرداخته شد. سپس اثرات احتمالی تغییر اقلیم بر نیاز آبی چغندر قند مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که این منطقه در ۲۰ سال آینده با پدیده گرمایش جهانی رو به رو شده و تغییرات مشهودی نیز در الگوهای بارش رخ خواهد داد و در اثر این عوامل، نیاز آبی گیاه چغندر قند در مقایسه با دوره کنونی در شهرستان‌های مختلف استان

## منابع

- ۱- شهابی فر م.، کوچک زاده م. و میرلطیفی س. ۱۳۸۳. تعیین نیاز آبی چغندر قند در استان تهران با استفاده از روش‌های ریزمقیاسی آماری (SID)، جلد ۲۰، شماره ۲، صفحه ۱۴۷-۱۳۳.
- ۲- عباسی ف.، ملبوسی ش.، بابائیان ا.، اثمیری م. و برهانی ر. ۱۳۸۹. پیش بینی تغییرات اقلیمی خراسان جنوبی در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری خروجی مدل ECHO-G. مجله آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۲، ۲۳۳-۲۱۸.
- ۳- عزیززاده ا.، سیاری ن.، حسامی کرمانی م.ر.، بنایان اول م.، و فریدحسینی ع. ۱۳۸۹. بررسی پتانسیل اثرات تغییر اقلیمی بر منابع و مصارف آب کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه کشف رود). مجله آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۴، ۸۳۵-۸۱۵.
- ۴- عزیززاده ا.، و کمالی غ. ۱۳۸۷. نیاز آبی گیاهان در ایران. مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، ۲۲۷ صفحه.
- ۵- عزیززاده ا.، و کمالی غ. ۱۳۸۱. اثر تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، جلد ۳، ۲۰۱-۱۹۰.
- ۶- کوچک زاده م. و بهمنی ا. ۱۳۸۴. ارزیابی بازده شبکه عصبی در کاهش پارامترهای مورد نیاز برای تخمین تبخیر- تعرق مرجع. مجله علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، شماره ۴، صفحه ۸۷-۹۷.
- 7- Baguis P., Roulin E., Willems P., Ntegeka V. 2010. Climate change scenarios for precipitation and crop evapotranspiration over central Belgium. *Theoretical Applied Climatology*. 99: 273-286.
- 8- Corobov R. 2002. Estimation of climate change impacts crop production in the Republic of Moldova. *Geojournal*. 57: 195-202.
- 9- Gregory, P.J., Ingram J.S.I., and Brklacich M. 2005. Climate change and food security. *Philosophical transactions of the royal society*. 360: 2139-2148.
- 10- Hadley center. 2006. Effect of climate change in the developing countries. UK Meteorological Office.
- 11- Harmsen E., Miller N.L., Schlegel N.J., and Gonzalez J.E. 2009. Seasonal climate change impacts on evapotranspiration, precipitation deficit and crop yield in Puerto Rico. *Agricultural Water Management*. 96: 1085-1095.
- 12- IPCC. 2007. Summary for policy makers Climate change: The physical science basis. Contribution of working group I to the forth assessment report. Cambridge University Press, 881 PP.
- 13- IPCC. 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific Technical Analyses. Cambridge University Press, 878 PP.
- 14- Massah Bavani A.R., and Morid S. 2006. Impact of climate change on the water resources of Zayandeh Rud Basin. *Journal Science and Technology Agriculture and Nature. Resources*. 9(4):28.
- 15- Parry M., Rosenzweig C., Inglesias M., Fichernd G., Livemore M., and G. Gischer, 2004. Effect of climate change on global environmental change, 14: 53-67.
- 16- Rodriguez J., Weatherhead J., Knox W., and Camacho E. 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. *Regional Environmental Change*. 7: 149-159.
- 17- Semenov M.A., and Barrow E.M. 2002. LARS-WG a Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies. User's manual, Version 3.0.
- 18- Semenov M.A., and Barrow E.M. 1997. Use of a stochastic weather generator in the development of climate change scenarios. *Climatic Change* 35: 397-414
- 19- Stern N. 2006. Review on the economics of climate change. HM Treasury, London.
- 20- Yoo S.H., Choi J.Y., and Jang M.W. 2008. Estimation of design water requirement using FAO Penman-Monteith and optimal probability distribution function in South Korea. *Agri. Water Manag.*, 95: 845-85.



## Prediction of Water Requirement of Sugar beet during 2011-2030 by Using Simulated Weather Data with LARS-WG Downscaling Model

B. Ashraf<sup>1\*</sup> - M. Mousavi Baygi<sup>2</sup> - Gh.A. Kamali<sup>3</sup> - K. Davari<sup>4</sup>

Received:17-5-2011

Accepted:23-7-2011

### Abstract

The most important part of the design and operation of the supplier systems of agricultural water requirement is the estimating of plant water requirement. In this study by using the LARS-WG5 model, downscaled the data of HADCM3 model according A1B, A2 and B1 scenarios that confirmed by IPCC, and was simulated monthly amounts of precipitation, minimum temperature, maximum temperature and sunshine hours in Khorasan Razavi province in the period 2011 - 2030. Then using OPTIWAT software, reference evapotranspiration and effective rainfall calculated with Hargreaves- Samani and FAO method respectively and finally the water requirement of sugar beet was estimated in monthly scale for the two next decades compared with the base period (1991-2010). The results showed that spring and autumn precipitation in the future period will be increased in all stations except Torbat Jam compared with the base period. Most increase of precipitation equal 26, 21 and 16 percent based in A1B, A2 and B1 scenarios compared with the base period is owned Mashhad Station and will occur in April. Also according simulation of LARS-WG5 model, Minimum and maximum temperatures will increase during 2011 to 2030 and the increase of the minimum temperature is more than maximum temperature. As a result of these changes, the water requirement of sugar beet in 20 next years in most of the city of Khorasan Razavi province will be different compared to the current period. So that the Torbat Jam station under scenario A1B, A2 and B1, respectively 19, 18 and 18 percent and in the Golmakan respectively 15, 17 and 17 percent, water requirement of this plant will increase from the period of development until the beginning of the final period of growth and in Ghuchan, Nishabur and Mashhad will decrease in the middle period of growth. The most amounts of the reducing in water requirement equal 10 percent and belonging to Ghchan station. The results of running OPTIWAT software also showed that in Sarakhs, Gonabad, Kashmar and Sabzevar, would not happen perceptible change in the amount of water requirement of this plant in the next two decades compared with the base period,.

**Keywords:** Downscaling, Climate change scenarios, HADCM3 model, OPTIWAT software, Water requirement

1,2,4- PhD Student and Associate Professors, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively

(\*-Corresponding Author Email: samaneh\_ashraf@yahoo.com)

3- Associated Professor, Department of Meteorology, Faculty of Science, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran