



## پیش‌بینی تأثیر تغییر اقلیم بر مصرف آب گندم طی دو دهه آتی در استان خراسان رضوی

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

۱- دانشجوی دکتری هوشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار هوشناسی گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار گروه هوشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۴- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

samaneh\_ashraf@yahoo.com

### چکیده

در این پژوهش، جهت بررسی تغییر مصرف آب گندم در استان خراسان رضوی در دو دهه آینده، ابتدا پارامترهای دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و ساعت آفتابی با استفاده از مدل LARSWG5 طبق سه سناریوی A1B, A2 و B1 شبیه سازی شد. سپس تبخیر- تعرق پتانسیل و واقعی به روش هارگریوز- سامانی و بارندگی مؤثر به روش فائق محاسبه شده و نیاز آبی این گیاه در ۲۰ سال آینده در مقایسه با دوره پایه (۱۳۸۹ - ۱۳۷۰) تعیین گردید. نتایج نشان داد که دمای کمینه و بیشینه در همه ایستگاه های منتخب افزایش خواهد یافت و بیشترین افزایش دمای کمینه طبق هر سه سناریوی مذکور برابر  $29/13$  و  $45/77$ ،  $30/9$  و  $45/24$  درصد در سبزوار دیده خواهد شد. بارش نیز در همه ایستگاه ها به جز تربت جام افزایش خواهد یافت و بیشترین میزان افزایش آن به ترتیب سناریوهای بالا برابر  $35/24$ ،  $35/56$  و  $42/49$  درصد در گناباد رخ خواهد داد. نتایج همچنین نشان داد که در اثر این تغییرات، نیاز آبی گندم در اغلب شهرهای استان به جز تربت جام که با افزایشی برابر  $17$ ،  $14$  و  $18$  درصد مواجه خواهد شد و نیز سرخس که با کاهشی برابر  $14$ ،  $15$  و  $15$  درصد در دوره رشد گندم مواجه خواهد شد، تغییر محسوسی نخواهد داشت.

واژگان کلیدی: بارندگی مؤثر، تبخیر- تعرق، سناریوهای تأیید شده IPCC، مدل ریزمقیاس کننده



## مقدمه

هرگونه تغییرات مشاهده شده یا پیش بینی شده در اقلیم کره زمین برای حمایت از زندگی بسیار مناسب است (۶). در سال های اخیر توجه زیادی به تغییرات اقلیمی آتی در نقاط مختلف جهان معطوف شده است زیرا هر تغییری در آب و هوا، عدم قطعیت مربوط به تولید غذا را افزایش خواهد داد (۶). بخش عمده مصرف آب، یعنی بیش از ۹۴ درصد در زمینه کشاورزی است، لذا برای این که بتوان در آینده با مشکل کم آبی مبارزه نمود باید آب مورد نیاز بخش کشاورزی را با راندمان بالا مصرف کرد (۷). امروزه محدودیت منابع آب کشاورزی و رقابت بخش های مختلف در استفاده از این منابع از یک سو و افزایش سطح اراضی فاریاب از سوی دیگر، اهمیت بهره برداری بهینه از این منابع را صد چندان ساخته است (۲). حاکمیت شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک در اکثر دشت های کشاورزی استان خراسان رضوی و کمبود آب برای آبیاری در این دشت ها باعث شده تا برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی به عنوان یک ضرورت اساسی در این استان مطرح باشد (۵). فاکتورهای اصلی که بر نیاز آبی گیاهان یا تبخیر- تعرق مؤثرند وابسته به چندین پارامتر اقلیمی نظیر دمای هوا، بارش و ساعات آفتابی می باشند. هرگونه تغییر در این پارامترهای اقلیمی در اثر تغییر اقلیمی بر تبخیر- تعرق گیاه نیز تأثیرگذار خواهد بود (۳). بیشترین اطلاعات ما از تغییرات اقلیمی آینده مربوط به مطالعاتی است که با استفاده از مدل های اقلیمی صورت گرفته است. مدل های اقلیمی بیان ریاضی پیچیده بسیاری از فرایندهای شناخته شده اقلیمی هستند و توزیع متغیرهای جهانی مانند دما، باد، ابر و باران را شبیه سازی می کنند (۱۴). کوچکی و نصیری محلاتی (۷) در مطالعه ای تأثیر تغییر اقلیم بر عملکرد گندم آبی کشور را با استفاده از یک مدل شبیه سازی رشد و بر اساس سناریوهای مختلف تغییر اقلیم مورد بررسی قرار دادند. علیزاده و کمالی (۵) اثرات تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد را بررسی نمودند. حاجی زاده آزاد (۱) در تحقیق خود به پیش بینی تغییر اقلیم خراسان در اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن هوا و بررسی پرداخته و اثرات آن را بر عملکرد و نیاز آبی چغدرقند مورد مطالعه قرار داد. باگیس و همکاران (۹) تأثیر افزایش غلظت دی اکسید کربن هوا با افزایش دما را در دهه های آتی بر روی تبخیر- تعرق گیاهان زراعی در نواحی مرکزی بلژیک مورد بررسی قرار دادند. آدینالپ و کرسر (۸) اثرات تغییر اقلیم بر کشاورزی را بررسی نموده و نقش سازگاری بشر در پاسخ به تغییر اقلیم را مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفته که در اثر تغییر اقلیم، تولید محصولات کشاورزی بعضی از مناطق دنیا افزایش خواهد یافت در حالی که در سایر نقاط، ممکن است این پدیده اثرات منفی در پی داشته باشد. ردیگز و همکاران (۱۸) با استفاده از مدل سازی نیاز آب آبیاری، افزایش حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد نیاز آبی فصلی گیاهان زراعی در دهه ۲۰۵۰ را در اثر تغییر اقلیم پیش بینی نمودند. هارمسن و همکاران (۱۲) در مطالعه ای با استفاده از روش ریز مقیاس 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. فینگر و اشمیت (۱۰) نیز اثر تغییر اقلیم بر تولید دو محصول ذرت و گندم زمستانه را در فلات سوئیس با توجه به سناریوهای تغییر اقلیم در دوره ۲۰۳۰-۲۰۵۰ مورد مطالعه قرار دادند. با توجه به تأثیر محرز تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی، انجام تحقیقات گسترده در مناطق مختلف به منظور سازگاری با شرایط اقلیمی آینده، ضروری بوده و یک وظیفه حیاتی است. پژوهش حاضر در راستای همین هدف و به منظور پیش بینی شرایط اقلیمی استان خراسان رضوی در دو دهه آتی و بررسی تغییرات مصرف آب گندم طی این دوره در جهت استفاده بهینه از منابع آب موجود، صورت گرفته است.

## مواد و روش ها

استان خراسان رضوی دارای وسعتی بیش از ۱۱۶ هزار کیلومترمربع می باشد که بین مدارهای جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی از نصف النهار



گرینویچ قرار گرفته است. وسعت مناطق کوهستانی استان حدود  $56723/06$  کیلومتر مربع و وسعت دشت‌های آن حدود  $60251/18$  کیلومتر مربع می‌باشد. بلندترین نقطه استان قله بینالود در رشته کوه بینالود، به ارتفاع  $3615$  متر از سطح دریا و پست‌ترین نقطه استان در دشت سرخس با ارتفاع  $299$  متر از سطح دریا واقع شده است. در این پژوهش،  $10$  ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان که دارای آمار هواشناسی بلندمدت بوده اند جهت ارزیابی تغییرات مصرف آب کشاورزی در شرایط تغییر اقلیم آتی مورد بررسی قرار گرفتند. اسمی و خصوصیات ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

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

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	نوع اقلیم (دومارتون)
تریت جام	$60^{\circ} 35' E$	$35^{\circ} 15' N$	$950/4$	خشک
تریت حیدریه	$59^{\circ} 13' E$	$35^{\circ} 16' N$	$1450/8$	نیمه خشک
سبزوار	$57^{\circ} 43' E$	$36^{\circ} 12' N$	$977/6$	خشک
سرخس	$61^{\circ} 10' E$	$36^{\circ} 22' N$	$225$	خشک
قوچان	$58^{\circ} 30' E$	$37^{\circ} 4' N$	$1287$	نیمه خشک
کاشمر	$58^{\circ} 28' E$	$35^{\circ} 12' N$	$1109/7$	خشک
گلمکان	$59^{\circ} 17' E$	$36^{\circ} 29' N$	$1176$	نیمه خشک
گناباد	$58^{\circ} 41' E$	$34^{\circ} 21' N$	$1056$	خشک
مشهد	$59^{\circ} 38' E$	$36^{\circ} 16' N$	$999/2$	نیمه خشک
نیشابور	$58^{\circ} 48' E$	$36^{\circ} 16' N$	$1213$	نیمه خشک

جهت بررسی اثرات تغییر اقلیم بر مصرف آب دو گیاه تحت مطالعه در  $20$  سال آینده، ابتدا لازم است که پارامترهای اقلیمی این دوره شبیه سازی شوند. معتبرترین ابزار برای تولید داده‌های هواشناسی سال‌های آینده، استفاده از مدل‌های گردش عمومی جوی-اقیانوسی<sup>۱</sup> می‌باشد (۱۳). این مدل‌ها قادرند پارامترهای جوی و اقیانوسی را برای یک دوره بلندمدت با استفاده از سناریوهای تأییدشده هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC)<sup>۲</sup> مدل سازی نمایند (۱۵ و ۱۶). اما ضعف عمدۀ این مدل‌ها قدرت تفکیک مکانی کم آن‌ها است و برای فائق آمدن به این مشکل، لازم است که خروجی این مدل‌ها قبل از استفاده در مطالعات ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، ریزمقیاس<sup>۳</sup> شوند (۲۰). در این تحقیق مدل HADCM3 که توسط مرکز تحقیقات و پیش‌بینی اقلیمی هادلی در بریتانیا طراحی شده، به عنوان مدل گردش عمومی جوی-اقیانوسی و مدل LARS-WG5 جهت ریز مقیاس نمایی داده‌های خروجی این مدل گردش عمومی و تولید مقادیر روزانه پارامترهای هواشناسی ایستگاه‌های تحت مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند. قدرت تفکیک جوی مدل HADCM3، شبکه‌ای با ابعاد  $2/75$  درجه عرض جغرافیایی و  $3/75$  درجه طول جغرافیایی و قدرت تفکیک اقیانوسی آن، شبکه‌ای با ابعاد  $1/25$  درجه عرض جغرافیایی و  $1/25$  درجه طول جغرافیایی می‌باشد (۱۱). تولید داده توسط مدل LARS-WG5 طی سه مرحله کالیبره کردن داده‌ها، ارزیابی داده‌ها و تولید داده‌های هواشناسی برای دوره آتی صورت می‌گیرد (۱۹). بر این اساس برای اجرای این مدل در تحقیق حاضر، ابتدا با در نظر گرفتن دوره بیست ساله

1- Atmospheric-Ocean General Circulation Model

2- Intergovernmental Panel on Climate Change

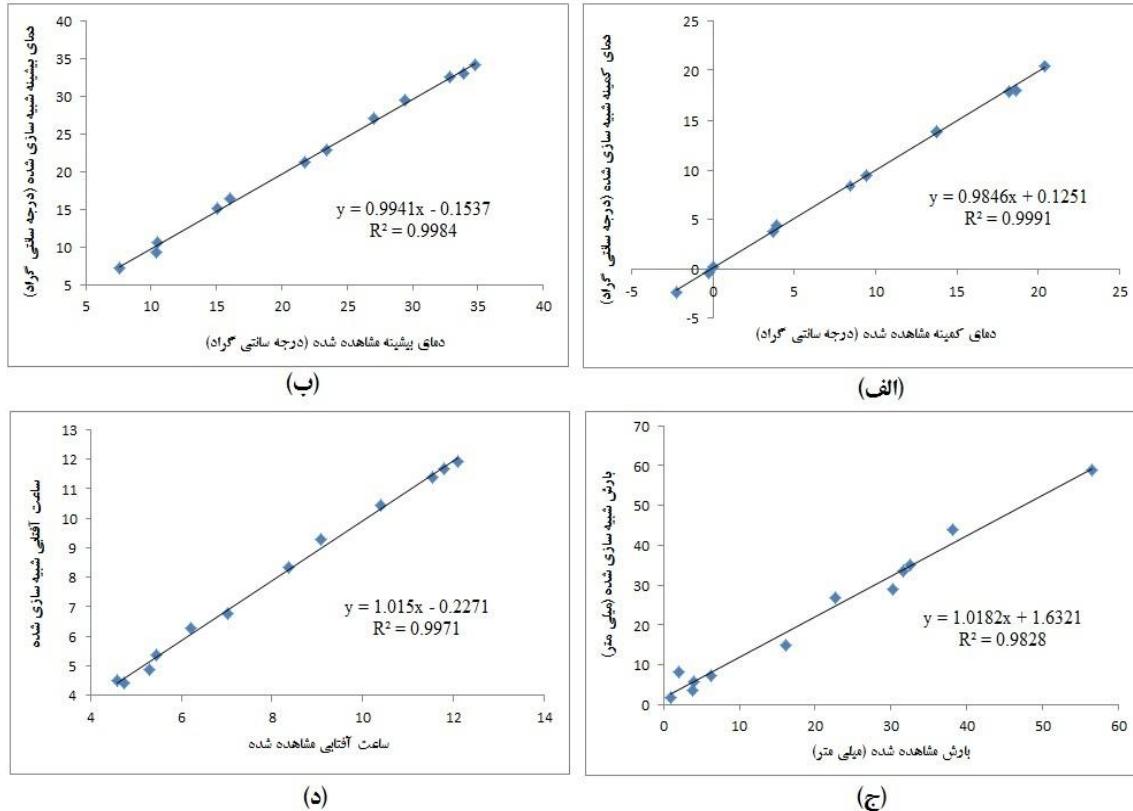
3- downscale



۱۳۸۹ - ۱۳۷۰ به عنوان دوره پایه، داده‌های مورد نیاز مدل شامل مقادیر روزانه دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و ساعت آفتابی ۱۰ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک تحت مطالعه در این دوره آماری از مرکز اطلاعات و آمار سازمان هواشناسی کشور اخذ شد. پس از پردازش و مرتب سازی داده ها و تهیه فایل های ورودی، مدل برای دوره پایه اجرا شده و بدین ترتیب مرحله اول به پایان رسید. در مرحله بعد ارزیابی مدل از طریق مقایسه داده های تولید شده توسط مدل و داده های واقعی (مشاهده شده) موجود در دوره پایه با استفاده از رسم نمودارهای همبستگی و انجام آزمون های آماری صورت گرفت که نتایج حاکی از همبستگی بالای مقادیر مدل سازی شده و واقعی (بیش از ۹۷٪ برای همه پارامترهای شبیه سازی شده و تمام ایستگاه ها) و عدم اختلاف معنی دار بین آن ها در سطح احتمال ۰/۰۵ بود. در شکل ۱ نمودارهای همبستگی میانگین ماهانه پارامترهای شبیه سازی شده و واقعی مربوط به ایستگاه مشهد به عنوان نمونه نشان داده شده است. بدین ترتیب پس از اطمینان از توانایی مدل LARS-WG5 در شبیه سازی داده های هواشناسی، این مدل جهت ریزمقیاس نمایی داده های مدل گردش عمومی جو HADCM3 و تولید داده مصنوعی برای دو دهه آتی (۱۴۰۹ - ۱۳۹۰) با استفاده از سه سناریوی A1B, A2 و B1 تأیید شده IPCC که به ترتیب معرف تغییر اقلیم بدینانه (رشد سریع اقتصادی و جمیتی جهان)، متوسط (رشد جمعیت جهان همراه با رشد اقتصادی ناهمگن در نقاط مختلف) و خوشبینانه (همگرایی جمعیت جهان و تغییر در ساختار اقتصادی باکاهش مواد آلاینده و معرفی منابع فناوری پاک و مؤثر) اجرا شده و مقادیر روزانه داده های اقلیمی بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی ۲۰ سال آینده تولید گردید. سپس میانگین این پارامترها در دوره رشد گندم (آبان تا خرداد) محاسبه شده و تغییرات (افزایش یا کاهش) آن ها در مقایسه با میانگین دوره پایه بر حسب درصد محاسبه و نمودارهای مربوطه ترسیم شد (شکل های ۲ و ۳). در مرحله آخر تحقیق، جهت ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم ۲۰ سال آینده بر مصرف آب گندم در مقایسه با دوره پایه، با استفاده از نرم افزار OPTIWAT میزان تبخیر- تعرق پتانسیل و تبخیر- تعرق واقعی به روش هارگریوز- سامانی و بارندگی مؤثر به روش فائق در شرایط غیراستاندارد محاسبه شده و نیاز آبی گندم در دوره رشد، تعیین شد (شکل ۴). لازم به ذکر است که برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باگی توسط این نرم افزار بر اساس روش ارائه شده در نشریه شماره ۵۶ آبیاری و زهکشی فائق که یک نشریه معتبر جهانی است صورت می گیرد (۴).

## نتایج و بحث

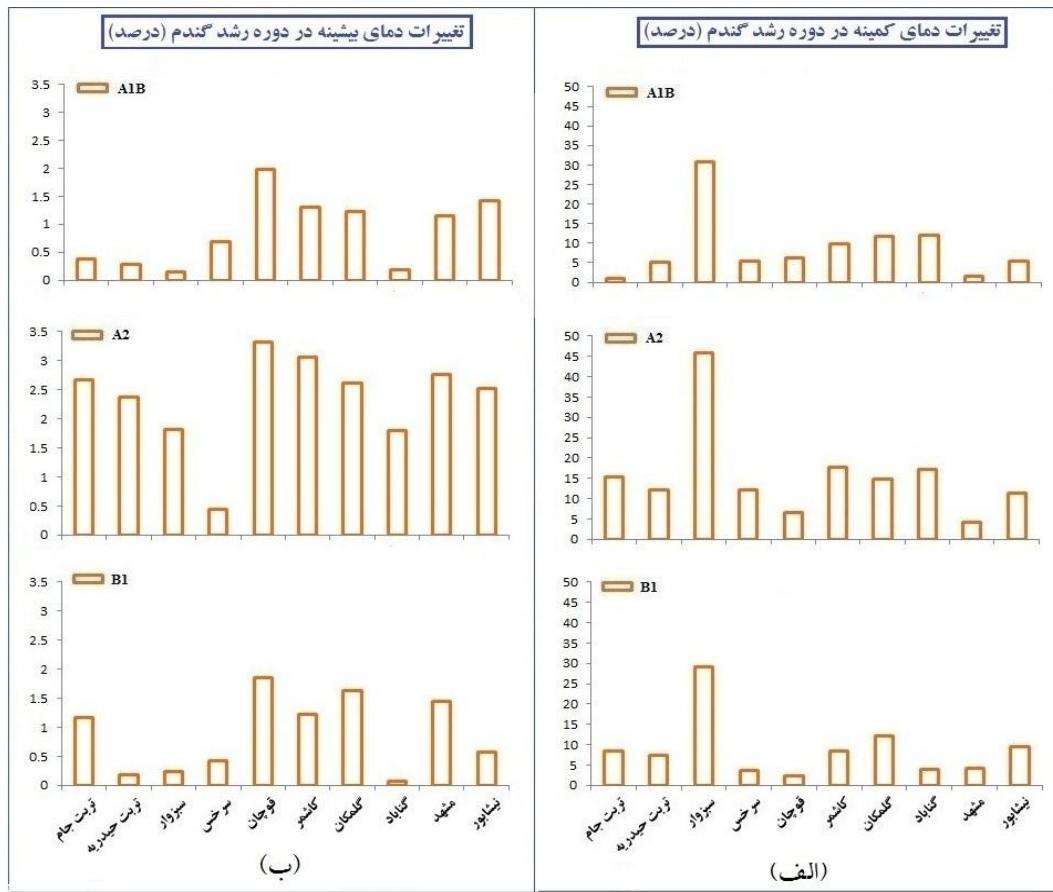
در شکل ۲ نمودارهای همبستگی میانگین ماهانه پارامترهای شبیه سازی شده و واقعی مربوط به ایستگاه مشهد در دوره پایه به عنوان نمونه ای از نتایج مرحله ارزیابی مدل LARS-WG5 نشان داده شده است. چنان چه مشاهده می شود مقدار ضریب تعیین<sup>۴</sup> ( $R^2$ ) در همه موارد بسیار بالا است که گویای انطباق قابل قبول مقادیر مدل سازی شده و واقعی است. بالاترین همبستگی ( $R^2 = 0/9991$ ) متعلق به دمای کمینه و کمترین آن ( $R^2 = 0/9828$ ) مربوط به پارامتر بارش می باشد.



شکل ۱. نمودارهای همبستگی (الف) دمای کمینه، (ب) دمای بیشینه، (ج) بارش و (د) ساعت آفتابی مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل LARS-WG5 و مقادیر مشاهده شده در دوره پایه (۱۴۰۹ - ۱۳۹۰) مربوط به ایستگاه مشهد

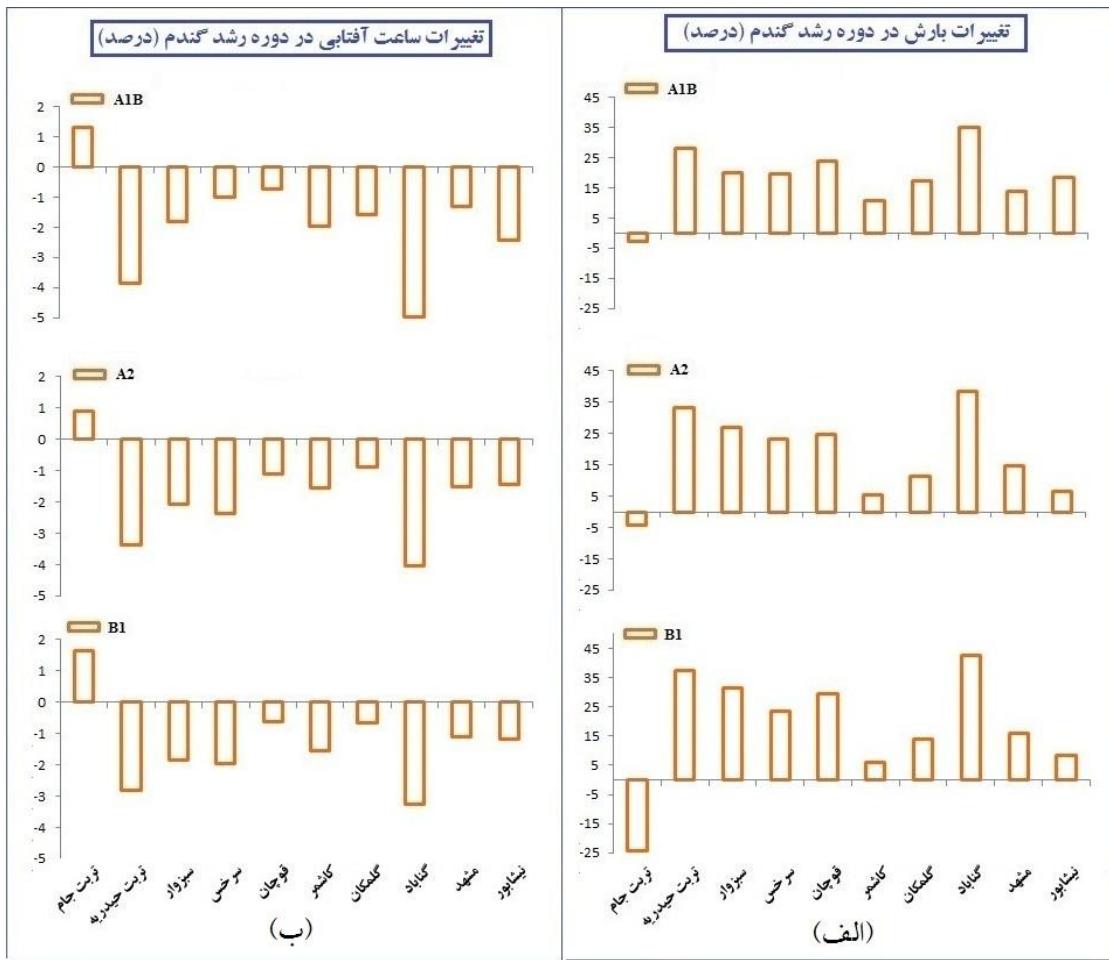
شکل های ۲ و ۳ نشان دهنده درصد تغییرات پارامترهای دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و ساعت آفتابی ایستگاه های تحت مطالعه در دو دهه آتی نسبت به دوره پایه برای فصل رشد گندم به تفکیک سه سناریوی A1B, A2 و B1 می باشند.

پرديس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



شکل ۲. درصد تغییرات (الف) دمای کمینه و (ب) دمای بیشینه ایستگاه های تحت مطالعه در دو دهه آتی نسبت به دوره پایه

چنان‌چه در شکل ۲ الف مشاهده می‌شود، دمای کمینه در طول دوره رشد گندم در تمام شهرهای مورد مطالعه نسبت به دوره پایه افزایش یافته است. بیشترین افزایش دمای کمینه طبق هر سه سناریوی A1B، A2 و B1 به ترتیب برابر  $45/77$ ،  $30/9$  و  $29/13$  درصد و مربوط به شهر سبزوار می‌باشد. در حالی که کمترین درصد افزایش طبق سه سناریوی مذکور به ترتیب برابر  $10/2$  در تربت جام،  $4/23$  در مشهد و  $2/27$  در قوچان دیده می‌شود. در شکل ۲ ب که نشان دهنده تغییرات دمای بیشینه دو دهه آتی ایستگاه‌های مورد مطالعه نسبت به دوره پایه در طول دوره رشد گندم می‌باشد نیز روند افزایشی دما به خوبی مشهود است. چنان‌چه مشاهده می‌شود، بیشترین درصد افزایش دمای بیشینه طبق هر سه سناریوی بدینانه، متوسط و خوشبینانه به ترتیب برابر  $1/98$ ،  $3/36$  و  $1/85$  متعلق به شهر قوچان و کمترین درصد افزایش این پارامتر طبق سناریوهای مذکور به ترتیب برابر  $0/06$  در سبزوار،  $0/45$  در درسخس و  $0/0$  در گناباد می‌باشد.

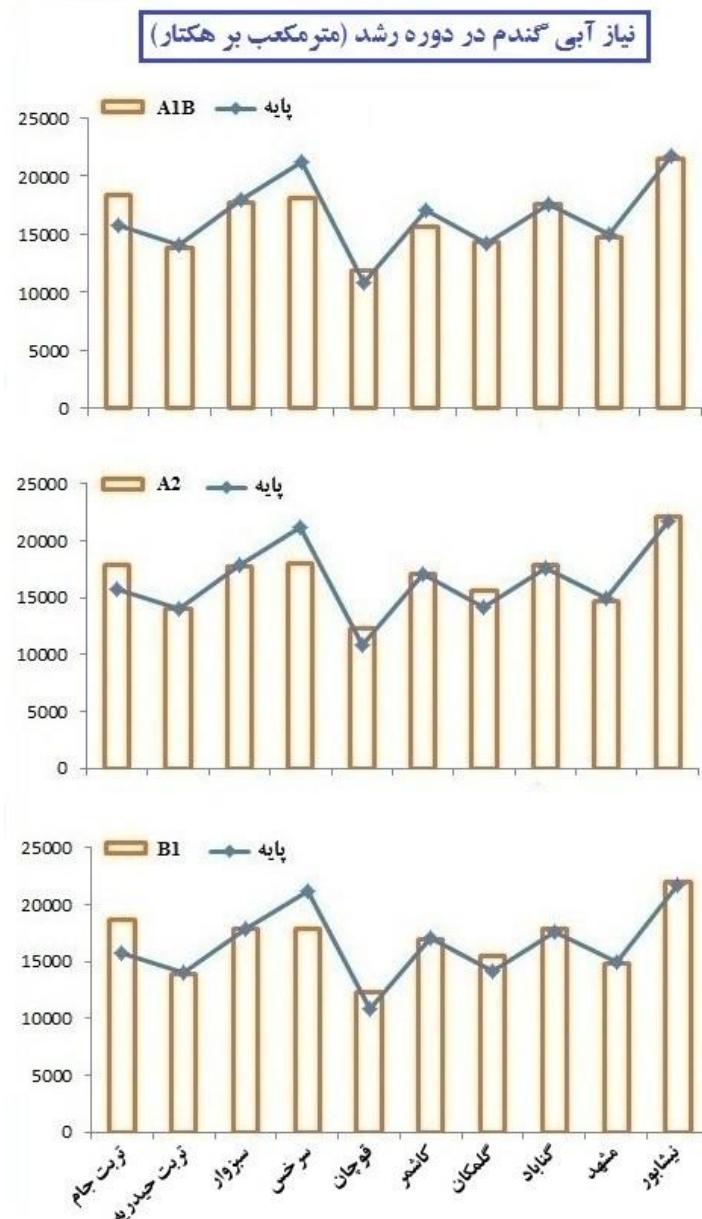


شکل ۳. درصد تغییرات (الف) بارش و (ب) ساعت آفتابی ایستگاه های تحت مطالعه در دو دهه آتی نسبت به دوره پایه

در شکل ۳ الف که نشان دهنده تغییرات بارش ایستگاه های منطقه مورد مطالعه در ۲۰ سال آینده نسبت به دوره پایه می باشد مشاهده می شود که در این دوره، افزایش بارش در همه شهرها به جز تربت جام رخ خواهد داد. درصد کاهش بارش تربت جام به ترتیب برابر  $4/24$ ،  $2/87$  و  $4/22$  طبق سناریوهای B1، A2 و A1B می باشد. اما چنان چه گفته شد، صرف نظر از این ایستگاه، سایر شهرها در دو دهه آتی با افزایش بارش مواجه خواهند شد که بیشترین میزان افزایش بارش به ترتیب سناریوهای مذکور برابر  $35/56$ ،  $35/24$  و  $42/49$  درصد و مربوط به گناباد است. در حالی که کمترین درصد افزایش بارش نیز به ترتیب برابر  $5/36$ ،  $5/36$  و  $6/05$  و متعلق به کاشمر می باشد. شکل ۳ ب که نشان دهنده تغییرات ساعت آفتابی استان خراسان رضوی در دوره رشد گندم می باشد میین این مطلب است که در همه ایستگاه ها به جز تربت جام در ۲۰ سال آتی با کاهش ساعات آفتابی مواجه خواهیم شد. این مطلب مؤید نتایج ارائه شده در شکل ۳ الف و گویای این حقیقت است که با کاهش ساعات آفتابی، ابرناکی آسمان افزایش یافته و در نتیجه، افزایش بارش مورد انتظار خواهد بود. چنان چه در شکل ۳ ب ملاحظه می شود طبق سناریوهای A1B، A2 و B1 بیشترین درصد کاهش ساعت آفتابی به ترتیب برابر  $3/25$ ،  $4/98$  و  $4/02$  متعلق به شهر گناباد و کمترین درصد کاهش ساعت آفتابی به ترتیب ذکر شده برابر  $72/0$  در قوچان،  $6/0$  در گلمکان و  $9/0$  در قوچان خواهد بود. در



شکل ۴ نیاز آبی گیاه مورد مطالعه در دوره رشد برای دو دهه آتی (طبق سه سناریوی تغییر اقلیم) در مقایسه با دوره پایه نشان داده شده است.



شکل ۴. نیاز آبی گندم برای ایستگاه های تحت مطالعه در دو دهه آتی در مقایسه با دوره پایه



این شکل مبین این مطلب است که نیاز آبی گندم در اغلب شهرهای استان خراسان رضوی، در ۲۰ سال آینده تغییر محسوسی نسبت به دوره پایه نخواهد داشت. در حقیقت در این ایستگاه‌ها، افزایش بارندگی آتی (شکل ۳) با افزایش دمای کمینه و بیشینه (شکل ۲) و درنتیجه دمای متوسط هوا که منجر به تبخیر- تعرق بیشتر گیاه می‌شود، جبران خواهد شد. استثنائاً در تربت جام که چنان‌چه قبلاً گفتیم با افزایش ساعت آفتابی و درنتیجه کاهش بارش در ۲۰ سال آتی رو به رو خواهد شد، و نیز ایستگاه گلمکان نیاز آبی گیاه در هر سه سناریوی تغییر اقلیم افزایش خواهد یافت. میزان افزایش نیاز آبی گندم در تربت جام به ترتیب برابر ۱۴، ۱۷ و ۱۸ درصد طبق سناریوهای A1B، A2 و B1 خواهد بود. در شهر سرخس نیز نیاز آبی گندم به ترتیب برابر ۱۴، ۱۵ و ۱۶ درصد به ترتیب سناریوهای بالا کاهش خواهد یافت.

### نتیجه گیری

تغییر اقلیم یکی از چالش‌های کنونی و آتی فراروی بخش کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است. از این رو شبیه سازی اثرات آن در دوره‌های آتی کمک شایانی در برنامه‌ریزی و سیاست گذاری‌های کلان در جهت تأمین امنیت غذایی جامعه و رفاه تولیدکنندگان خواهد نمود. با توجه به این مهم در این مطالعه ابتدا با بکارگیری مدل ریزمقیاس کننده LARS-WG5 داده‌های پارامترهای اقلیمی دمای کمینه، دمای بیشینه، بارندگی و ساعت آفتابی استان خراسان رضوی در دو دهه آتی شبیه سازی شد و سپس اثرات تغییرات اقلیم آینده بر مصرف آب گندم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در استان خراسان رضوی، دمای متوسط هوا در ۲۰ سال آتی افزایش خواهد یافت. میزان بارندگی نیز در اغلب شهرها به جز تربت جام افزایش خواهد یافت و درنتیجه این تغییرات، نیاز آبی گیاه گندم در شهرهای تربت جام و گلمکان در دوره ۱۴۰۹-۱۳۹۰ افزایش خواهد یافت و در نتیجه با توجه به وضعیت اقلیمی این مناطق، بحران کم آبی محزن این دشت‌ها در سال‌های آینده نیز تشديید خواهد شد. اما در دشت سرخس، نیاز آبی این گندم کاهش خواهد یافت که نشان از شرایط مناسب کشاورزی این منطقه در دو دهه آتی دارد. در سایر شهرها احتمالاً تفاوت محسوسی در نیاز آبی گندم مشاهده نخواهد شد که دلیل این امر را می‌توان جبران شدن افزایش بارندگی‌های ۲۰ سال آینده با افزایش تبخیر- تعرق ناشی از بالا رفتن دمای متوسط هوا در شهرهای مذکور دانست. بنابراین توجه به این نکته ضروری است که تنها افزایش بارندگی، منجر به کاهش میزان آب مصرفی گیاه نخواهد شد.

### منابع

- حاجی زاده آزاد ح. ۱۳۷۹. شبیه سازی رایانه‌ای اثر تغییر اقلیم بر تولید چغندر قند در خراسان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- حیدری م، معروفی ص، سبزی پرور ع. ا، میرمسعودی ش. و قیامی ف. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر روش محاسبه، طول دوره حداکثر نیاز آبی و سطوح احتمال در برآورد بهینه آب مورد نیاز گیاه (مطالعه موردی: منطقه همدان). مجله حفاظت آب و خاک، جلد ۱۶، شماره ۳، ۱۴۰-۱۲۳.
- علیزاده ا، سیاری ن، حسامی کرمانی م، ر، بنایان اول م، و فرید حسینی 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، ۸۳۵-۸۳۵.
- علیزاده ا، و کمالی غ. ۱۳۸۷. نیاز آبی گیاهان در ایران. مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، ۲۲۷ صفحه.



- ۵- علیزاده ا. و کمالی غ. ۱۳۸۱. اثر تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، جلد ۳، ۱۹۰-۲۰۱.
- ۶- کوچکی ع. و حسینی م. ۱۳۸۵. تغییر اقلیم و تولیدات زراعی در جهان. مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۵۵۵ صفحه.
- ۷- کوچکی ع. و نصیری محلاتی م. ۱۳۸۷. تأثیر تغییر اقلیم همراه با افزایش غلظت دی اکسید کربن بر عملکرد گندم در ایران و ارزیابی راهکارهای سازگاری. مجله پژوهش های زراعی ایران. جلد ۶، شماره ۱، ۱۵۴-۱۳۹.
- 8- Adinalp C. and Cresser M. S. 2008. The effect of global climate change on agriculture. American-Eurasian Journal Agricultural and Environmental Scencei, 3(5):672-676.
- 9- 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.
- 10- Finger R. and Schmid S. 2007. Modeling agricultural production risk and the adaptation to climate change. Presentation at the EAAE seminar management of climate risks in agriculture. Berlin, Germany, july 5-6.
- 11- Hadley center. 2006. Effect of climate change in the developing countries. UK Meteorological Office.
- 12- 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.
- 13- 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.
- 14- IPCC. 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific Technical Analyses. Cambridge University Press, 878 PP.
- 15- Lane, M. E., Kirshen, P. H. and Vogel, R. M. 1999. Indicators of impact of global climate change on U.S. water resources. ASCE, Journal of Water Resource Planning and Management. 125(4): 194-204.
- 16- Mitchell, T. D. 2003. Pattern Scaling: An Examination of Accuracy of the Technique for Describing Future Climates. Climatic Change, 60: 217-242.
- 17- Revenga C. 2000. Will there be enough water, Available online at [www.genie.uohawa.ca/nfrentte/cvg4122/content.html](http://www.genie.uohawa.ca/nfrentte/cvg4122/content.html).
- 18- Rodriguez Diaz, J. A. Weatherhead, J. W. Knox, E. Camacho. 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. Regional Environmental Change. 7:149–159.
- 19- Semenov, M.A., and Barrow, E.M., 2002, LARS-WG a Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies. User's manual, Version3.0.
- 20- 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



## Prediction of Climate Change Effect on wheat water use in 2 Coming Decades in Khorasan Razavi Province

B.Ashraf<sup>1</sup>, M.Mousavi-Baygi<sup>2</sup>, G. A. Kamali<sup>3</sup>, K. Davari<sup>4</sup>

1- Ph.D Student of Agrometeorology, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad

2- Associated Professor of Meteorology , Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad

3- Associated Professor, Meteorology Department, Islamic Azad University, Science & Research Branch, Tehran

4- Associated Professor, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad

samaneh\_ashraf@yahoo.com

### Abstract

In this research, to examine climate change on change of water use of wheat in Khorasan Razavi province, initially parameters of minimum temperature, maximum temperature, precipitation and sunshine hours for 2 coming decades were simulated using LARS-WG5 model according A1B, A2 and B1 scenarios confirmed by IPCC. Then potential and actual evapotranspiration and effective rainfall calculated using Hargreaves-Samani and FAO methods respectively and were determinate water requirements of this plant on the next 20 years compared with the base period (1991-2010). The results showed that the minimum and maximum temperatures will increase at all cities and the highest increase in minimum temperature in under all three scenarios A1B, A2 and B1 respectively equal 30.9, 45.77 and 29.13 percent will be seen in Sabzevar. Also precipitation will increase in all stations except Torbat jam and the highest rate of increase under these scenarios, respectively 35.24, 35.56 and 42.49 percent will be seen in Gonabad. The results also showed that the water requirement of this plant in most stations of province will not noticeably change except of Torbat jam that will increase equal 17, 14 and 18 percent in and Sarakhs that will faced with reducing equal 14, 15 and 15 percent according the above scenarios.

**Keywords:** Effective rainfall, Evapotranspiration, Confirmed scenarios of IPCC, Downscalar model