

## پیش بینی تولید گیاهی مراتع رودشور شهرستان ساوه طی ۲۰ سال آتی بر اساس سناریوهای مختلف تغییر اقلیم

نجمه غلامی ثمبا<sup>۱</sup>، ابوالفضل مساعدی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

Email: mosaedi@um.ac.com

### چکیده

یکی از مهم‌ترین چالش‌های عصر حاضر پدیده تغییر اقلیم است. این پدیده می‌تواند بر سیستم‌های مختلف از جمله کشاورزی و منابع طبیعی اثرات منفی زیادی داشته باشد. در این تحقیق داده‌های مدل گردش عمومی جو HADCM3 با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 ریزمقیاس شده و متغیرهای اقلیمی رودشور برای دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ پیش‌بینی شد. سپس با توجه به مدل‌های موجود برآورد تولید براساس پارامترهای اقلیمی، تولید ۲۰ سال آتی برآورد گردید. نتایج نشان داد تولید گیاهی مراتع رودشور کاهش معناداری خواهد داشت. لذا توجه به اثرات تغییر اقلیم بر مراتع در برنامه‌ریزی‌های مدیران و بهره‌برداران ضروری است.

کلمات کلیدی: تولید مرتع، تغییر اقلیم، مدل LARS-WG، تبخیر و تعرق، رودشور

### ۱. مقدمه و هدف

افزایش گازهای گلخانه‌ای در چند دهه اخیر باعث برهم خوردن تعادل اقلیمی کره زمین شده است که به آن پدیده تغییر اقلیم (Climate Change) اطلاق می‌شود [11]. بررسی‌ها نشان می‌دهد که این پدیده می‌تواند بر سیستم‌های مختلف شامل منابع آب، کشاورزی، محیط زیست، بهداشت، صنعت و اقتصاد اثرات منفی داشته باشد. برای انجام مطالعات اثرات تغییر اقلیم بر منابع مختلف در دوره‌های آتی، در ابتدا باید متغیرهای اقلیمی تحت تاثیر تغییرات گازهای گلخانه‌ای شبیه‌سازی شوند. به این منظور روش‌های مختلفی ارائه شده‌اند که معتبرترین آن‌ها استفاده از داده‌های مدل گردش عمومی جو (GCM) می‌باشد [3]. سناریوهای مورد استفاده در مدل‌های پیش‌بینی تغییر اقلیم که در گزارش‌های IPCC با عبارت SRES (گزارش ویژه‌ی سناریوهای انتشار) مشخص می‌شوند، شامل اثرات مختلف شیمیایی، فیزیکی، دینامیکی، اجتماعی و اقتصادی می‌باشند. این سناریوها براساس توزیع در سطح جهانی یا ملاحظات اقتصادی به چهار خانواده‌ی A1، A2، B1 و B2 تقسیم می‌شوند [9]. از آن جایی که خروجی مدل‌های چرخش عمومی معتبرترین روش جهت مطالعات تغییر اقلیم می‌باشد و از طرفی خروجی این مدل‌ها دارای دقت مکانی و زمانی کافی برای مطالعات تأثیر تغییر اقلیم بر سیستم‌های هیدرولوژی نمی‌باشد لازم است داده‌های خروجی مدل‌های چرخش عمومی کوچک مقیاس گردند [10]. امروزه استفاده از انواع مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری مانند LARS-WG، SDSM، CLIMGEN و MET & ROLL برای مدل‌سازی رفتار اقلیم در نقاط مختلف جهان معمول است [2].

هدف از این پژوهش در گام اول پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی برای دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ تحت سه سناریوی A2، A1B و B1 مدل گردش عمومی جو HADCM3 به کمک مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG5.5، و در گام بعدی برآورد تولید گیاهی مراتع رودشور طی ۲۰ سال آتی براساس نتایج حاصل از اجرای مدل تحت هر سناریو، با استفاده از مدل‌های محاسبه تولید براساس پارامترهای اقلیمی است.

## ۲. تئوری و پیشینه پژوهش

عوامل اقلیمی متعددی مانند بارندگی، تبخیر و تعرق، باد و ... بر پوشش مراتع تاثیر می‌گذارند. تغییرات نزولات جوی می‌تواند باعث تغییرات سریع پوشش گیاهی در مراتع خشک شود [5]. براساس مطالعات انجام شده در استرالیا مهم‌ترین اثر تغییر اقلیم در مراتع در تغییر کیفیت و تولید علوفه در مرتع به وقوع می‌پیوندد. اگرچه از لحاظ مدیریتی تغییرات بوتانیکی در ترکیب و پوشش، آفات، بیماری‌ها، علف‌های هرز، فرسایش خاک و سلامت دامپروری نیز مورد توجه می‌باشد [12]. تورل و مک دانیل [13] به مطالعه اثرات تغییر اقلیم در تولید علوفه مراتع پرداخته‌اند. مطالعه از طریق بررسی داده‌های هواشناسی و پوشش در یک دوره‌ی زمانی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶ در دو نقطه از مرکز مطالعات دام و مرتع کرنا انجام شده است. این محققین گزارش نمودند که در رطوبت خاک مشخص با یک درجه افزایش در دمای متوسط روزانه تا ۲۳ درصد کاهش تولید رخ خواهد داد. مطالعات انجام شده در مراتع آمریکای جنوبی نشان می‌دهد دما و بارندگی مهم‌ترین متغیرهای کنترل‌کننده پوشش گیاهی هستند و تغییرات در تولید مرتع به طور مستقیم با تغییرات فصلی بارندگی در ارتباط است [14]. عبداللهی و همکاران [4] عوامل اقلیمی مؤثر بر تولید علوفه مراتع استپی ندوشن در استان یزد را بررسی کردند. براساس نتایج ایشان ارتباط ویژه‌ای بین نوسانات تولید گونه‌های مختلف مرتعی و متغیرهای اقلیمی بارش و دما وجود دارد، همچنین افزایش درجه حرارت می‌تواند تاثیرات منفی قابل توجهی بر تولید گیاهان داشته باشد. در پژوهشی، محمدی‌مقدم و همکاران [6] تولید علوفه مراتع را با استفاده از پارامترهای دمایی و تبخیر و تعرق در مرکز آزمایشی پلور مدل‌سازی نمودند و براساس نتایج به دست آمده، مدل حاصل از تبخیر و تعرق را به عنوان مدلی که برآورد بهتری از تولید مراتع در این منطقه دارد، انتخاب کردند.

## ۳. مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر منطقه رودشور در شهرستان ساوه از توابع استان مرکزی می‌باشد. این منطقه در موقعیت ۳۵ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و ۵۰ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی واقع شده است. ارتفاع متوسط منطقه ۱۱۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط بارندگی منطقه براساس ایستگاه کلیماتولوژی امین‌آباد ۱۹۳/۹ میلی‌متر می‌باشد. حدود ۷۰ درصد بارندگی در ماه‌های آذر تا فروردین اتفاق می‌افتد. متوسط دمای منطقه ۱۶/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. پوشش گیاهی غالب منطقه را گونه‌های *Stipa* و *Salsola laricina*, *Artemisia sieberi* و *hohenackeriana* تشکیل می‌دهند [1]. نوع اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی آمبرژه و دومارتن به ترتیب خشک سرد و خشک می‌باشد [7].

**شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی:** در این تحقیق از مدل گردش عمومی جو HADCM3 استفاده گردیده است. جهت ریزمقیاس‌نمایی آماری داده‌های مدل گردش عمومی جو HADCM3 از مدل LARS-WG5.5 که یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا می‌باشد، استفاده شده است. این مدل برای تولید مقادیر روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش در یک ایستگاه، تحت شرایط اقلیم پایه و آینده به کار می‌رود. به دلیل اینکه در ایستگاه‌های کلیماتولوژی مقادیر روزانه پارامترهای اقلیمی ثبت نمی‌شود، از داده‌های ایستگاه سینوپتیک کرج (به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک) در مدل استفاده شده است. تولید داده‌ها توسط مدل LARS-WG5.5 طی سه مرحله کالیبره کردن، ارزیابی داده‌ها و تولید داده‌های هواشناسی برای دوره آتی صورت می‌گیرد. پس از اخذ مقادیر روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی دوره ۲۰ ساله ۲۰۱۰-۱۹۹۱ از مرکز اطلاعات و آمار سازمان هواشناسی کشور و پردازش داده‌ها، فایل‌های ورودی مدل تهیه شد. با اجرای مدل برای دوره پایه، مدل برای منطقه مزبور کالیبره گردید.

سپس برای ارزیابی مدل، آماره‌های ضریب تعیین ( $R^2$ )، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین خطای مطلق (MBE) و میانگین قدرمطلق خطای نسبی (MARE) که روابط آن‌ها (معادلات ۱ الی ۴) در ادامه آمده است، برای داده‌های تولید شده توسط مدل و داده‌های مشاهده شده برای دوره پایه محاسبه گردید.

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

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

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

$$MARE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{X_i - Y_i}{X_i} \right| \quad (4)$$

در این روابط  $X_i$  و  $Y_i$  به ترتیب آمین داده 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 بررسی نتایج مراحل قبل و اطمینان از قابلیت مدل LARS-WG5.5 در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی با توجه به مقادیر بالای ضریب تعیین و مقادیر پایین شاخص‌های خطاسنجی محاسبه شده، با استفاده از این مدل و انتخاب مدل گردش عمومی جو HADCM3 برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ تحت سه سناریوی A1B، A2 و B1 مقادیر روزانه پارامترهای اقلیمی مذکور تولید گردید. در جدول (۱) خصوصیات سناریوهای تغییر اقلیم مورد استفاده قابل مشاهده است.

پس از تولید مقادیر روزانه برای دوره آتی توسط مدل، میانگین ماهانه پارامترهای اقلیمی تحت سه سناریو برای ایستگاه کرج محاسبه شد. سپس با استفاده از نسبت موجود بین پارامترهای اقلیمی مزبور در دو منطقه آمین‌آباد و کرج، میانگین ماهانه بارش، دمای کمینه و دمای بیشینه برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ ایستگاه آمین‌آباد برآورد گردید. با میانگین‌گیری از مقادیر دمای کمینه و دمای بیشینه، مقادیر دمای متوسط هم محاسبه شد.

## جدول ۱- خصوصیات سناریوهای تغییر اقلیم.

A1B	رشد سریع اقتصادی، بیشینه رشد جمعیت در نیمه قرن و پس از آن روند کاهشی، رشد سریع فناوری های نوین و مؤثر
A2	رشد سریع جمعیت جهان، اقتصاد ناهمگن و همسو با شرایط منطقه ای در سراسر جهان
B1	همگرایی جمعیت در سطح جهان، تغییر در ساختار اقتصاد (کاهش مواد آلاینده و معرفی منابع فناوری پاک و مؤثر)

**برآورد تبخیر و تعرق:** با توجه به نتایج تحقیقات محمدی مقدم [7] در زمینه رابطه بین تولید و پارامترهای اقلیمی، در منطقه رودشور مدل حاصل از تبخیر و تعرق بهتر از سایر مدل ها و با تفاوت زیادی می تواند تولید را پیش بینی کند. از این رو مقادیر  $ET_0$  به کمک رابطه هارگریوز-سامانی ( $HS$ ) که براساس نتایج حاصل از تحقیقات مساعدی و قبائی سوق [8] روش مناسبی برای محاسبه تبخیر و تعرق در اکثر نواحی ایران (در صورت عدم امکان استفاده از روش فائو-پنمن-مانتیث) می باشد، برای منطقه رودشور برآورد گردید. تبخیر و تعرق در این روش از طریق رابطه (۵) محاسبه می شود:

$$HS = 0.0023 \frac{R_a}{\lambda} (T_{mean} + 17/8) \sqrt{T_{max} - T_{min}} \quad (5)$$

در این رابطه پارامترهای به کار رفته به شرح زیر می باشد:

$T_{min}$ : دمای حداقل روزانه (درجه سانتی گراد)،  $T_{max}$ : دمای حداکثر روزانه (درجه سانتی گراد)،  $T_{mean}$ : میانگین دمای روزانه (درجه سانتی گراد)،  $R_a$ : تابش برون زمینی ( $MJ m^{-2} d^{-1}$ )،  $\lambda$ : گرمای نهان تبخیر (مگاژول بر کیلوگرم) [8].

**برآورد تولید مرتع:** طبق یافته های محمدی مقدم [7] رابطه (۶) مناسب ترین معادله برای برآورد تولید در منطقه رودشور می باشد. بنابراین با استفاده از رابطه (۶) تولید مرتع برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ در منطقه رودشور محاسبه گردید.

$$Y = 1789/7134 - 12/3641E25 + 3/263E37 + 1/6207E22 - 5/9380E17 \quad (6)$$

در این رابطه  $Y$ ،  $E25$ ،  $E37$ ،  $E22$  و  $E17$  به ترتیب عبارتند از تولید (کیلوگرم در هکتار)، تبخیر و تعرق دوماهه منتهی به بهمن، تبخیر و تعرق سه ماهه منتهی به فروردین، تبخیر و تعرق دو ماهه منتهی به آبان و تبخیر و تعرق فروردین [7]. در نهایت به کمک نرم افزار آماری R با اجرای آزمون های مقایسه میانگین دانکن و دانت برای تولید برآورد شده توسط مدل برای دوره گذشته و دوره آینده تحت هر سناریو، تغییرات احتمالی تولید مشخص شده و نمودارهای مربوطه رسم گردید.

## ۴. نتایج و بحث

**ارزیابی مدل LARS-WG در شبیه سازی داده ها:** با توجه به جدول (۲) مشاهده می شود مقادیر آماره های خطاسنجی نسبتا پایین و مقادیر نسبت تعیین به طور قابل توجهی بالاست. نتایج گویای این مطلب است که مقادیر شبیه سازی شده توسط

مدل با مقادیر مشاهده شده دوره پایه انطباق قابل قبولی دارند. لذا این مدل برای تولید داده‌های هواشناسی برای دوره آتی در منطقه مذکور مناسب می‌باشد.

جدول ۲- مقادیر آماره‌های واسنجی جهت ارزیابی مدل LARS-WG در دوره پایه ۲۰۱۰-۱۹۹۱ (ایستگاه کرج)

آماره ارزیابی	بارش	دمای کمینه	دمای بیشینه	تابش
RMSE	۱/۴۳۷	۰/۲۳۰	۰/۳۱۱	۰/۲۱۶
MBE	-۰/۱۰۶	۰/۰۶۷	۰/۰۷۸	-۰/۰۷۰
MARE	۰/۰۸۷	۰/۰۸۰	۰/۰۱۸	۰/۰۲۳
R <sup>2</sup>	۰/۹۹۴	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۳

**تغییرات پارامترهای اقلیمی در دوره آتی تحت سناریوهای مختلف:** چنانکه در بخش قبل ذکر شد، پس از تولید مقادیر روزانه، با میانگین‌گیری از این مقادیر، میانگین‌های ماهانه محاسبه گردید. در جدول (۳) میانگین ماهانه دوره پایه با میانگین ماهانه دوره آتی تحت هر سناریو مقایسه شده و اختلاف آن‌ها محاسبه شده است. نتایج نشان می‌دهد بارش در این منطقه در ماه‌های ژانویه، فوریه، ژوئن، سپتامبر و نوامبر در هر سه سناریو و در ماه مارس طبق سناریوهای A1B و B1 کاهش می‌یابد و در سایر ماه‌های سال بارندگی افزایش خواهد یافت. دمای کمینه و بیشینه تقریباً در تمام ماه‌های سال (به جز فوریه طبق سناریوهای A1B و B1) افزایش می‌یابد. دمای کمینه و دمای بیشینه در ماه جولای بیشترین افزایش را نشان می‌دهد و به‌طور کلی دما در تابستان نسبت به دوره پایه در حدود ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. به‌طور کلی بارش‌های زمستانه کاهش یافته و در عوض بارش‌های بهاره افزایش می‌یابد.

**پیش‌بینی تولید گیاهی مراتع و تغییرات آن:** با محاسبه تبخیر و تعرق تحت هر سناریو و جای‌گذاری در فرمول (۶) مقادیر تولید برای دوره آتی مطابق جدول (۴) به‌دست آمد. ذکر این نکته ضروری است که در پیش‌بینی‌های مدل‌های GCM وقوع سال‌ها به‌ترتیب نمی‌باشد. در شکل (۱) نتیجه مقایسه میانگین تولید برآورد شده توسط مدل برای دوره گذشته و دوره آتی تحت هر سناریو با آزمون‌های دانکن و دانت نشان داده شده است. با نگاهی گذرا به شکل (۱) در می‌یابیم که میزان تولید در دوره آتی نسبت به گذشته به‌طور معناداری کاهش می‌یابد. به‌طور کلی در دوره آتی با افزایش دما و کاهش بارش‌های زمستانه، افزایش تبخیر و تعرق موثر در تولید (با توجه به رابطه ۶) قابل پیش‌بینی است. از آن‌جایی که ضریب تبخیر و تعرق دو ماهه منتهی به بهمن نسبت به سایر ضرایب عددی بزرگ و منفی است، لذا تاثیر بیش‌تری بر برآورد تولید داشته و بنابراین کاهش تولید با توجه به افزایش تبخیر و تعرق دو ماهه منتهی به بهمن قابل توجیه است.

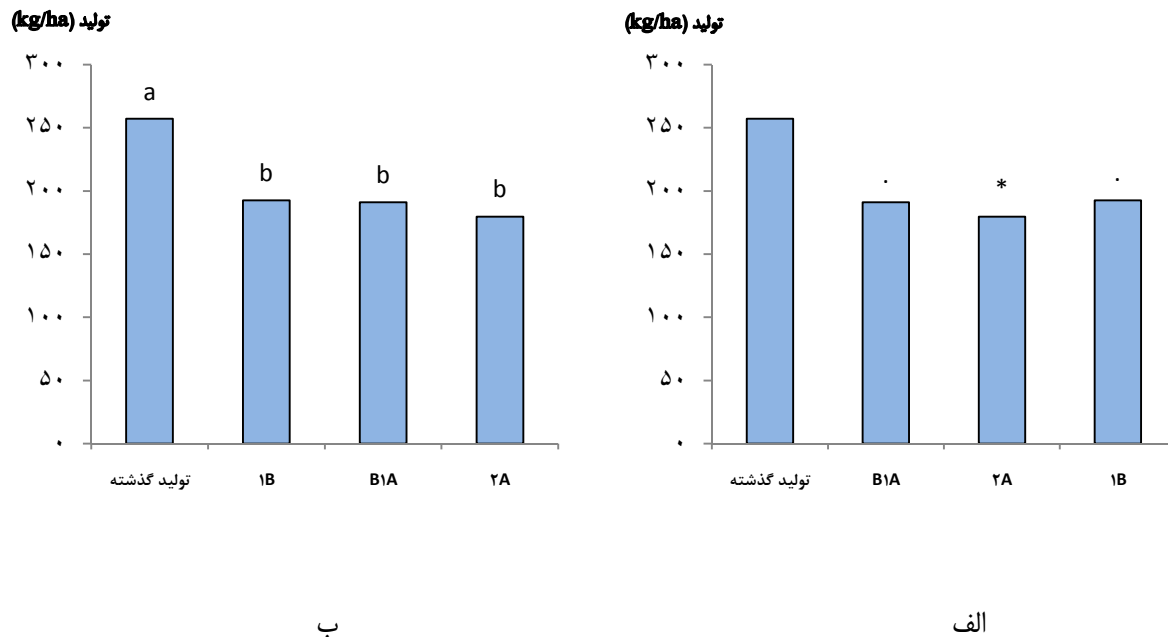
## ۵. نتیجه‌گیری

در این پژوهش در گام نخست با استفاده از مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری LARS-WG5.5 پارامترهای اقلیمی برای دوره آتی شبیه‌سازی شد. ارزیابی مدل حاکی از توانمندی بالای مدل در تولید داده‌های نزدیک به مقادیر واقعی می‌باشد. این مطلب موید نتایج اشرف و همکاران [2] و معافی‌مدنی [9] است. سپس پارامترهای اقلیمی دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ تحت سه سناریوی A1B، A2 و B1 با استفاده از مدل HADCM3 پیش‌بینی شد. نتایج نشان داد در دوره آتی در این منطقه دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش‌های بهاره افزایش و بارش زمستانه کاهش خواهد داشت. به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود در آینده پارامترهای اقلیمی تحت تاثیر پدیده تغییر اقلیم دستخوش تغییر خواهند شد. این نتیجه با نتایج تحقیقات اشرف و همکاران

[2] و عباسی و همکاران [3] در سایر نقاط ایران انطباق دارد. با محاسبه تبخیر و تعرق و استفاده از مدل برآورد تولید براساس تبخیر و تعرق، مقادیر تولید مراتع رودشور برای ۲۰ سال آتی برآورد گردید و مشخص شد تولید گیاهی مراتع رودشور در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ در اثر پدیده تغییر اقلیم کاهش معناداری خواهد داشت، اما بین تولید برآورد شده در سناریوهای مختلف تفاوت معنادار نخواهد بود. کاهش تولید در دوره آتی نشان‌دهنده اثر پدیده تغییر اقلیم بر مقدار تولید گیاهی مراتع می‌باشد که با یافته‌های پژوهش‌های صورت گرفته توسط استوک و همکاران [12] و تورل و مک دانیل [13] مطابقت دارد. با توجه به این مطلب که تغییر در میزان تولید گیاهی بر ظرفیت چرا، طول مدت چرا، سیستم‌های چرا، برنامه‌های اصلاح و توسعه مراتع و... تاثیرگذار است لذا توجه به اثرات تغییر اقلیم بر مراتع در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌های مدیران و بهره‌برداران ضروری به نظر می‌رسد.

جدول ۳- تغییرات پارامترهای اقلیمی در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ نسبت به دوره پایه تحت سناریوهای تغییر اقلیم (ایستگاه کرج).

پارامتر	سناریو	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
میانگین بارش	حالت پایه	31.75	29.06	44.03	38.44	19.91	3.57	2.94	0.97	1.78	12.23	31.41	35.18
	A1B	29.23	28.68	43.78	41.97	22.21	2.41	4.00	2.14	1.24	15.38	27.07	42.78
	A2	28.66	27.46	44.46	42.56	22.43	2.47	4.02	2.10	1.15	14.37	26.56	39.98
اختلاف با حالت پایه	B1	30.24	28.69	43.45	42.52	23.33	2.65	3.93	1.84	1.15	15.18	28.59	45.95
	A1B	-2.53	-0.38	-0.25	3.53	2.30	-1.17	1.06	1.17	-0.54	3.15	-4.35	7.60
	A2	-3.09	-1.61	0.43	4.12	2.52	-1.11	1.08	1.13	-0.63	2.14	-4.85	4.80
میانگین دمای کمینه	B1	-1.51	-0.37	-0.58	4.08	3.42	-0.93	0.99	0.87	-0.63	2.95	-2.83	10.77
	حالت پایه	-2.63	-0.26	3.53	8.57	12.61	16.36	18.81	19.35	15.33	10.97	5.09	0.47
	A1B	-2.45	-0.40	3.87	9.02	13.30	17.10	19.90	20.19	15.99	11.49	5.26	0.74
اختلاف با حالت پایه	A2	-2.29	-0.17	4.07	9.12	13.37	17.13	19.89	20.16	16.07	11.76	5.58	0.97
	B1	-2.46	-0.36	3.96	9.10	13.26	16.98	19.87	20.30	16.13	11.62	5.31	0.73
	A1B	0.18	-0.14	0.34	0.45	0.69	0.74	1.09	0.84	0.66	0.52	0.17	0.27
میانگین دمای بیشینه	A2	0.34	0.09	0.54	0.55	0.76	0.77	1.08	0.81	0.74	0.79	0.49	0.50
	B1	0.17	-0.10	0.43	0.53	0.65	0.62	1.06	0.95	0.80	0.65	0.22	0.26
	حالت پایه	5.57	8.97	14.56	20.75	26.64	32.21	35.14	34.54	30.26	23.72	15.16	8.86
اختلاف با حالت پایه	A1B	5.90	8.76	14.91	20.93	27.25	33.09	36.34	35.37	31.02	24.28	15.56	9.17
	A2	6.06	8.99	15.13	21.04	27.31	33.12	36.32	35.33	31.10	24.55	15.89	9.32
	B1	5.90	8.80	15.01	21.00	27.20	32.95	36.31	35.48	31.17	24.41	15.61	9.15
اختلاف با حالت پایه	A1B	0.33	-0.22	0.35	0.18	0.61	0.88	1.20	0.83	0.76	0.56	0.40	0.31
	A2	0.49	0.02	0.57	0.29	0.67	0.91	1.18	0.79	0.84	0.83	0.73	0.46
	B1	0.33	-0.17	0.45	0.25	0.56	0.74	1.17	0.94	0.91	0.69	0.45	0.29



شکل (۱) نتایج مقایسه تولید گذشته و آینده (kg/ha) منطقه رودشور تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم با استفاده از الف) آزمون دانته، ب) آزمون دانکن. ("اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۱ و "\*" اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، حروف مشابه عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و حروف غیر مشابه: اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵).

## ۶. منابع

۱. احسانی، علی، ارزانی، حسین، فرحپور، مهدی، احمدی، حسن، جعفری، محمد، جلیلی، عادل، میرداودی، حمیدرضا، عباسی، حمیدرضا و عظیمی، مژگان السادات، تأثیر شرایط اقلیمی بر تولید علوفه مراتع در منطقه استپی اخترآباد ساوه. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره ۲۷، تابستان ۱۳۸۶، صفحات: ۲۶۰-۲۴۹.
۲. اشرف، بتول، موسوی بایگی، محمد، کمالی، غلامعلی، داوری، کامران، ۱۳۹۰، پیش‌بینی تغییرات فصلی پارامترهای اقلیمی در ۲۰ سال آتی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری داده‌های مدل HADCM3 (مطالعه موردی: خراسان رضوی)، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، شماره ۴، مهر-آبان ۱۳۹۰، صفحات: ۹۵۲-۹۴۰.
۳. عباسی، فاطمه، بابائیان، ایمان، ملبوسی، شراره، اثمیری، مرتضی، گلی‌مختاری، لیلی، ۱۳۹۱، ارزیابی تغییر اقلیم ایران در دهه‌های آینده (۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ میلادی) با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱ (پیاپی ۱۰۴)، بهار ۱۳۹۱، صفحات: ۲۳۰-۲۰۵.
۴. عبدالهی، جلال، ارزانی، حسین و نادری، حسین، عوامل اقلیمی مؤثر بر تولید علوفه مراتع استپی ندوشن در استان یزد. مجله علمی-پژوهشی مرتع، شماره ۱ (پیاپی ۱۵)، بهار ۱۳۹۰، صفحات: ۵۶-۴۵.
۵. کوچکی، علیرضا و حسینی، محمد، تغییر اقلیم و تولید زراعی در جهان (ترجمه)، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۵.

۶. محمدی‌مقدم، سمانه، مساعدی، ابوالفضل، جنگجو، محمد و مصداقی، منصور، مدل‌سازی تولید علوفه مرتع با استفاده از پارامترهای دمایی و تبخیر و تعرق در مرکز آزمایشی پلور، مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی گیاه، آب، خاک و هوا، کرمان، ۱۸ و ۱۹ اردیبهشت ۱۳۹۲.

۷. محمدی‌مقدم، سمانه، ۱۳۹۲، بررسی رابطه تولید گیاهان مراتع با وضعیت خشکسالی در چند ناحیه آب و هوایی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۲.

۸. مساعدی، ابوالفضل و قبائی‌سوق، محمد، ارزیابی معادله‌های مختلف تجربی برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع در شرایط مختلف نبود پارامترهای هواشناسی اندازه‌گیری شده در چند ناحیه آب و هوایی ایران، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، شماره ۳، ۱۳۹۲، صفحات: ۲۷-۴۹.

۹. معافی‌مدنی، فاطمه، مطالعه چگونگی شدت و مدت خشکسالی در استان خراسان رضوی طی دو دهه آینده پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۱.

۱۰. Graham, P., Hagemann, S., Juan, S., and Beniston, M. 2007. On interpreting hydrological change from regional climate models. *Journal of climatic change*. 81: 97-122.

۱۱. IPCC., (2001). In: watson, R.T., Zinyowera, M. c., Moss, R. H., Dokken, D. J. (Eds)., *Special Report on The Regional Impacts of Climate Chang, An Assessment of Vulnerability*. Cambridge University Press, UK.

۱۲. Stockes, C.J, Ash, A. and Howden, S. M. 2008, *Climate change impacts on Austallian Rangelands*, CSIRO, technical report.

۱۳. Torell, L.A., McDaniel, Hurd, B. H., 2011, *The potential effect of climate change on rangeland forage production, Proseedlings, Corona Range & Livestck Research Center*:17-21.

۱۴. Yahdjian, L., Osvaldo E. sala, 2008, *Climate change impacts on South American Rangelands*, Society for Range Management.