دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره نهم، شماره نوزدهم
http://pec.gonbad.ac.ir

**علمی-پژوهشی**

# شبیه‌سازی تولید اولیه سطح زمین با استفاده از عوامل اقلیمی در مراتع سیاه‌پوش و گنج‌گاه استان اردبیل

**ودود محمدی[۱]، مهدی معمری[۲*]، اردوان قربانی[۳]، میکائیل بدرزاده[۴]، فرید دادجو[۵]**

[۱] کارشناسی ارشد علوم مرتع، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[۲] دانشیار گروه علوم گیاهی و گیاهان داروئی، دانشکده کشاورزی مشگین‌شهر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[۳] استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[۴] استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[۵] دانشجوی دکتر علوم مرتع، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۱

**چکیده**

**تولید اولیه سطح زمین یکی از مشخصات کلیدی اکوسیستم‌های مرتعی بوده و اهمیت بالایی در چرخه مواد و انرژی در این اکوسیستم‌ها دارد. هدف اصلی تحقیق حاضر ارزیابی تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی (گندمیان، پهن‌برگان علفی، بوته‌ای‌ها) و تولید اولیه سطح زمین کل و سپس مدل‌سازی پیش‌بینی تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی و تولید اولیه سطح زمین کل با استفاده از عوامل اقلیمی (بارندگی و دما)، در مراتع کوهستانی سیاه‌پوش و گنج‌گاه شهرستان کوثر، استان اردبیل بود. برای انجام تحقیق، هفت مکان نمونه‌برداری در ارتفاعات مختلف انتخاب شد و در هر مکان تعداد سه ترانسکت صد متری در نظر گرفته شد. سپس در امتداد هر ترانسکت، ۱۰ پلات یک متر مربعی با در نظر گرفتن سیمای پوشش گیاهی مناطق معرف، به‌منظور ارزیابی تولید اولیه سطح زمین مستقر گردید. بررسی اثر طبقات اقلیمی بارندگی و دما بر تولید اولیه سطح زمین با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام‌شد. با استفاده از رگرسیون خطی نیز اقدام به مدل‌سازی شد که مدل‌ها در نرم‌افزار ArcMap10.0 به‌صورت نقشه شبیه‌سازی شدند. نتایج نشان‌داد بین عوامل دما و بارندگی با تولید اولیه سطح زمین فرم‌های**

*نویسنده مسئول: moameri@uma.ac.ir



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]

**رویشی و کل رابطه معنی‌دار وجود دارد (p<۰/۰۵). صحت نقشه‌های شبیه‌سازی شده (RMSE) نیز برای تولید اولیه سطح زمین گندمیان، پهن‌برگان علفی، بوته‌ای‌ها و کل به ترتیب برابر با ۰/۰۷، ۰/۰۸، ۰/۱۴ و ۰/۰۶ به‌دست آمد. از نتایج این‌تحقیق می‌توان برای مدیریت اکوسیستم‌های مرتعی در راستای ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای تولید گیاهان مرتعی استفاده نمود.**

***واژه‌های کلیدی:*** **شبیه‌سازی، طبقات دما و بارندگی، فرم‌های رویشی، گیاهان مرتعی**

**مقدمه**

اثرات عوامل اقلیمی بر تغییرات تولید اولیه سطح زمین گیاهان مرتعی از گذشته یکی از موضوعات کلیدی و مهم در تحقیقات اکولوژیکی بوده است. عوامل اقلیمی، به‌خصوص دما و بارندگی از تأثیرگذارترین عوامل محیطی در سیر تکاملی تمامی اکوسیستم‌ها می‌باشد (Gang et al., 2017). در این میان از زمان انقلاب صنعتی تاکنون، به‌طور مداوم، اقلیم جهانی در نتیجه عواملی چون فعالیت‌های انسانی، احتراق سوخت‌های فسیلی و در نهایت افزایش گازهای گلخانه‌ای، تغییر یافته است (Chandrappa et al., 2011). از این‌رو طبق آمار پیش‌بینی می‌شود میانگین دمای جهانی، طی دهه‌های بعد حدود ۱/۹ تا ۵/۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد. هم‌چنین تغییرات ۵ تا ۲۰ درصدی بارندگی سالانه با توجه به مناطق مختلف انتظار می‌رود (Palut and Canziani, 2007). تمام این تغییرات ذکر شده می‌تواند اثرات معنی‌داری بر تغییرات تولید اولیه سطح زمین گیاهان اکوسیستم‌های مرتعی و در نهایت اثرات ترکیبی مختلف بر جامعه را داشته باشد (Nemani et al., 2003). از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰ میلادی، سطح زمین تغییرات عظیم زیست‌محیطی را تجربه کرده است (Yu et al., 2008) که این امر منجر به تغییرات تولید اولیه سطح زمین مناطق مختلف جهان (Piao et al., 2008)، از جمله استان اردبیل نیز شده است (دادجو و همکاران، ۱۳۹۷). پاسخ‌های دینامیکی اخیر تولید اولیه خالص به دما و بارندگی که شاخص‌های مهم تغییرات اقلیمی است، از اهمیت تحقیقاتی بالایی در زمینه اکولوژی برخوردار است. تولید اولیه خالص، یکی از شاخص‌های اصلی عملکرد اکوسیستم بوده (Running et al., 2004; Ghorbani et al., 2020a,b) و به‌عنوان زیست‌توده، به مقدار انرژی شیمیایی گفته می‌شود که گیاهان از طریق فتوسنتز در واحد مکان و زمان (به استثنای انرژی مصرف شده برای تنفس) ایجاد می‌کنند. تولید اولیه خالص سطح زمین برای اندازه‌گیری یا برآورد مقدار کربن تثبیت‌شده توسط سنتز ترکیبات آلی حاصل از دی‌اکسید کربن اتمسفر از طریق فتوسنتز و هم‌چنین برای ارزیابی چرخه‌های کربن و اثر ترسیب کربن استفاده می‌شود (قربانی و همکاران، ۱۳۹۷الف، ب؛ Xie et al., 2017). عموماً برآورد تولید اولیه سطح زمین بر اساس مشاهدات و بررسی‌های میدانی یا مدل‌سازی و شبیه‌سازی انجام می‌شود (Ghorbani et al., 2020a). با



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]

این‌حال، با توجه به تعداد محدود نقاط نمونه‌برداری در بررسی‌های میدانی، هر گونه اندازه‌گیری تولید اولیه سطح زمین در مقیاس‌های بزرگ غیرممکن است. به‌همین‌دلیل استخراج مدل و شبیه‌سازی آن یک روش پذیرفته شده برای تخمین و برآورد آن است (Chen et al., 2000; Ghorbani et al., 2020b; Abdolalizadeh et al., 2020).

تولید اولیه خالص سطح زمین هم به دما و هم به بارندگی به‌شدت حساس است (حسن‌زاده کوهساره و همکاران، ۱۳۹۶؛ دادجو و همکاران، ۱۳۹۷؛ Yue et al., 2013). با این حال، جنبه‌های خاصی از این روابط، به‌دلیل تفاوت در مکان و زمان‌های مختلف مورد بحث است. با توجه به تأثیر عوامل اقلیمی بر تولید اولیه سطح زمین، گزارش شده است که بارندگی عامل اصلی کنترل‌کننده در عرض‌های جغرافیایی کم و دما عامل اصلی کنترل‌کننده در عرض‌های جغرافیایی متوسط تا زیاد می‌باشد (Gang et al., 2015). در این‌راستا تحقیقاتی در سطح دنیا انجام شده است؛ از جمله مطالعه پن و همکاران (Pan et al., 2015) که گزارش کردند تغییرات تولید اولیه خالص با تغییرات دمای سالانه هم‌بستگی مثبت داشته و هم‌چنین تأثیر متوسط دمای سالانه بر تولید اولیه خالص، بیش‌تر تحت تأثیر عامل بارندگی است. نتایج مطالعه لیو و همکاران (Liu et al., 2015) نشان‌داد که هم‌بستگی بین تولید اولیه خالص و بارندگی، قوی‌تر از عامل دما است. بنابراین با ذکر این دو مثال، اهمیت مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف مشخص می‌شود. ونگ و همکاران (Wang et al., 2018) تأثیر دما و بارندگی سالانه بر روی تولید اولیه خالص مراتع چین را مورد بررسی قرار داده و با گزارش رابطه معنی‌دار بین عوامل ذکر شده، توسط مدل CASA[۲] اقدام به مدل‌سازی تولید اولیه خالص کردند. مورر و همکاران (Maurer et al., 2020) به بررسی حساسیت تولید اولیه مراتع ایالات متحده به عامل بارندگی پرداخته و گزارش کردند که کمبود بارندگی باعث آسیب‌پذیری مراتع، خشک‌سالی و کاهش تولید اولیه می‌شود. در ایران نیز مطالعاتی در این زمینه انجام‌شده است. از جمله مطالعه احسانی و همکاران (۱۳۸۶) به بررسی تأثیر شرایط اقلیمی بر تولید علوفه مراتع استپی اخترآباد ساوه پرداخته و گزارش کردند که شاخص بارندگی فصل رویش به‌علاوه پیشین به‌عنوان یک متغیر در تولید، نقش اصلی را ایفا نموده و رابطه خطی بین بارش فصل رویش به‌علاوه پیشین با تولید وجود دارد. پورنعمتی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی عوامل توپوگرافی و اقلیمی بر تولید اولیه سطح زمین مراتع سبلان استان اردبیل پرداخته و گزارش کردند از بین عوامل مورد بررسی، دما و بارندگی بیش‌ترین تأثیر را در تغییرات تولید اولیه سطح زمین داشته است. دادجو و همکاران (۱۳۹۷) در مراتع هیر-نئور استان اردبیل به بررسی تغییرات تولید اولیه سطح زمین تحت تغییرات پارامترهای اقلیمی پرداخته و گزارش کردند تولید اولیه سطح زمین با بارندگی رابطه مستقیم و با دما رابطه عکس دارد.

[2] Carnegie Ames Stanford Approach



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]

علاوه‌بر متفاوت بودن رفتار گیاهان مرتعی در مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف، فرم‌های رویشی نیز رفتارها و نیازهای آبی و دمایی متفاوتی دارند. از طرفی دیگر، با توجه به ثابت بودن عوامل توپوگرافی و متغیر بودن عوامل اقلیمی از سالی به سال بعد، انتظار بر این است که تولید اولیه سطح زمین مراتع، تحت تأثیر عوامل اقلیمی متغیر بوده و مدل‌های پیش‌بینی بهتری (با صحت بالا) توسط این عوامل به‌دست آید؛ هم‌چنین اطلاع از وضعیت تولید کل منطقه، می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری برای بهره‌برداری از مراتع قرار گیرد. از این‌رو تحقیق حاضر بر پایه سه هدف مهم انجام شد که عبارتند از: الف) اندازه‌گیری تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی گندمیان، پهن‌برگان علفی، بوته‌ای‌ها و تولید اولیه کل سطح زمین، ب) بررسی اثرات طبقات (سه طبقه بر اساس معنی‌داری طبقات) مختلف اقلیمی (دما و بارندگی) بر تغییرات تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی و تولید اولیه سطح زمین کل و ج) مدل‌سازی رابطه پیش‌بینی و شبیه‌سازی نقشه‌های تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی و کل با صحت بالا در سرتاسر منطقه. نتایج کاربردی این تحقیق عبارت است از توانایی مدیریت در راستای ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای تولید و محصولات اکوسیستم مرتعی (مانند تعیین میزان بهره‌برداری مجاز از محصولات مرتعی) در منطقه که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شهرستان کوثر، با مرکزیت شهر گیوی در استان اردبیل، دارای وسعت تقریبی ۱۲۴۵ کیلومترمربع بوده و در فاصله ۸۵ کیلومتری اردبیل قرار دارد (شکل ۱). حداقل و حداکثر ارتفاع تقریبی منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب ۱۱۶۸ تا ۲۴۵۷ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی سالانه منطقه برابر با ۳۵۳ میلی‌متر است. منشأ اصلی بارندگی‌های منطقه جریان‌های مرطوبی است که در مدتی بین ۴ تا ۸ ماه از اوایل مهرماه لغایت اردیبهشت‌ماه اتفاق می‌افتد. فصل زمستان با ۳۷ درصد بارندگی سالانه پرباران‌ترین فصل و فصل تابستان با ۲/۷ درصد بارندگی سالانه، خشک‌ترین فصل سال می‌باشد. هم‌چنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که در همه ایستگاه‌ها افت دما از آبان‌ماه شروع شده و در ایستگاه‌های اردبیل، خلخال، سراب و میانه تا فروردین‌ماه کم‌تر از حد نرمال می‌باشد. خاک منطقه عمیق با بافت متوسط یا لومی- رسی و نسبتاً حاصلخیز است. عمده‌ترین تیره‌های گیاهی به‌ترتیب فراوانی گونه‌ها متعلق به Astraceae با ۲۸ گونه (۱۸/۵ درصد)، Lamiaceae با ۲۱ گونه (۱۳/۹ درصد)، Fabaceae با ۱۶ گونه (۱۰/۶ درصد)، Poaceae با ۱۰ گونه (۶/۷ درصد)، Caryophyllaceae با ۹ گونه (۶ درصد)، Apiaceae و Brassicaceae هرکدام با ۶ گونه (۴ درصد)



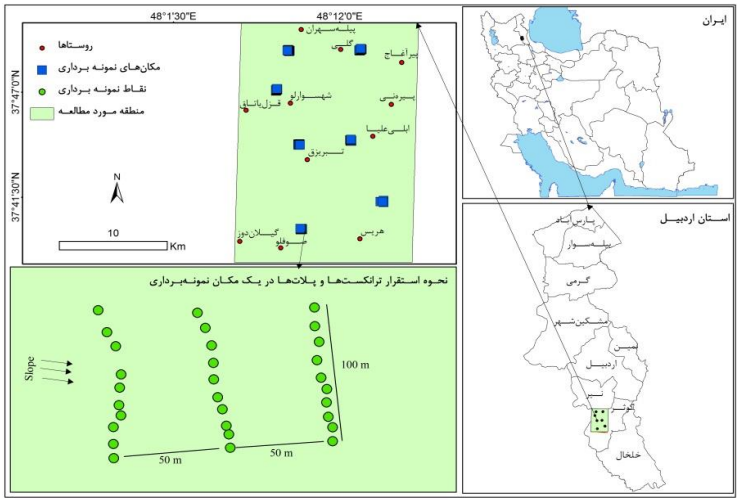
[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]

بیش‌ترین تعداد گونه‌ها را شامل می‌شوند. در ادامه اسامی علمی فلور گیـاهی منطقـه ارائـه شـده اسـت (محمدی، ۱۳۹۹):

*Allium akaka, Eryngium billardieri, Chaerophyllopsis sp, Torilis sp, Zosima absinthifolia, Vinca sp, Vinca herbacea* Waldst., *Ornithogalum brachystachys, Ornithogalum narbonense, Ornithogalum oligophyllum,* Achillea *sp, Achillea vermicularis, Aeschynomene bullockii, Anthemis atropatana, Centaurea solstitialis, Chardinia orientalis, Cousinia sp, Crepis sancta, Crepis candeli, Crupina crupinastrum, Crupina sp, Filago arvensis, Gundelia rosea, Helichrysum oligocephalum, Inula Britannica, Lactuca sp, Leontodon hispanicum, Onopordum sp, Scariola orientalis, Tanacetum polycephalum, Trogopogon sp, Anchusa italic, Lappula, Onosma microcarpa, Alyssum linifolium, Alyssum minus, Arabis anachoretica, Erysimum, Campanula stevenii, Arenaria gypsophiloides, Arenaria serpylloides, Gypsophila polyclada, Minuartia hamata, Silene conoidea, Silene marschallii, Silene siderophila, Silene spergulifolia, Stellaria sp, Helianthemum salicifolium., Hypericum perforatum, Sedum subulatum, Scabiosa persica, Euphorbia sp, Aeschynomene bullockii, Astragalus beckii, Astragalus caprinus, Astragalus craigi, Astragalus curvirostris, Astragalus chrysostachys, Astragalus hohenackeri, Astragalus iranicus, Astragalus microcephalus, Astragalus sp, Sophora alopecuroides, Vicia cracca, Erodium oxyrhinchum, Hypericum scabrum, Lamium amplexicaule, Lallemantia iberica, Marrubium astracanicum, Mentha clinopodiifolia, Nepeta heliotropifolia, Nepeta sp, Nepeta speciosa, Nepeta ucranica, Phlomis herba-venti, Teucrium polium, Thymus kotschyanus, Thymus trautvetteri, Ziziphora tenuior, Malva neglecta, Gagea fragifera, Gagea dubia, Papaver argemone, Papaver macrostomum, Veronica arvensis, Acantholimon gilliatii, Bromus densiciliatus, Bromus tectorum, Dactylis glomerata, Echinaria, Elymus abolinii, Elymus hispidus, Festuca valdesii, Hordeum bulbosum, Poa bulbosa, Stipa caucasica, Triticum durum, Adonis aestivalis, Androsace maxima, Potentilla bifurca, Potentilla recta, Rubus sp, Sanguisorba minor, Asperella oryzoides, Galium tenuissimum, Galium verum, Cheilophyllum macranthum, Verbascium sp, Viola modesta, Targionia lorbeeriana.*



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]




**شکل ۱- منطقه مورد مطالعه در سطح استان و کشور**

## روش تحقیق

شیوه انتخاب منطقه نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی- سیستماتیک بود. در مراتع منطقه مورد مطالعه هفت مکان نمونه‌برداری در ارتفاعات مختلف (بر اساس اختلاف پروفیل‌های ارتفاعی) تعیین شد و در هر مکان نمونه‌برداری با در نظر گرفتن سیمای پوشش گیاهی مناطق معرف، امکان دسترسی و هم‌چنین با در نظر داشتن تعداد و اندازه نمونه، سه ترانسکت در هر مکان مستقر شد و در امتداد هر یک از ترانسکت‌ها ۱۰ پلات (در هر مکان ۳۰ پلات) با فاصله ۱۰ متر از یک‌دیگر به‌منظور ارزیابی تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی (گندمیان، پهن‌برگان علفی و بوته‌ای‌ها) و تولید اولیه سطح زمین کل در نظر گرفته شد. ابعاد و تعداد پلات‌ها، با توجه به ساختار پوشش گیاهی و تعداد نمونه موردنیاز و هم‌چنین مطالعات قبلی صورت گرفته در مناطق مشابه در استان تعیین شد (پورنعمتی و همکاران، ۱۳۹۵؛ دادجو و همکاران، ۱۳۹۷؛ قربانی و همکاران، ۱۳۹۷الف، ب). مقدار تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی با روش قطع و توزین برداشت شد و در داخل پاکت‌های کاغذی، به‌منظوراندازه‌گیری و توزین قرار داده شد. قابل ذکر است که تولید گندمیان و پهن‌برگان علفی از یک سانتی‌متری سطح زمین و تولید سال جاری گیاهان بوته‌ای برداشت شد. پس‌از هواخشک‌شدن گونه‌ها، نمونه‌های جمع‌آوری شده با استفاده از ترازوی دیجیتال، توزین و مقدار تولید در واحد کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. داده‌های اقلیمی مورد نیاز (متوسط دما و بارندگی ۲۵ ساله، سال ماقبل نمونه‌برداری (۱۳۹۷) و سال نمونه‌برداری (۱۳۹۸)) با استفاده از روابط به‌دست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی خلخال و ایستگاه‌های هم‌جوار استخراج شد (روابط ۱-۶).



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]

## تجزیه و تحلیل آماری

به‌منظور تعیین اثرات عوامل اقلیمی بارندگی و دما بر تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی و تولید اولیه سطح زمین کل، ابتدا عوامل دما و بارندگی برای منطقه استخراج و طبقه‌بندی گردید. سپس با استفاده از روش‌های آماری تجزیه واریانس یک‌طرفه و دانکن، معنی‌داری طبقات تعیین شد. برای مدل‌سازی تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی و تولید اولیه سطح زمین کل نیز ابتدا برای کاهش داده‌ها و رسیدن به مهم‌ترین عامل، آزمون هم‌خطی بین عوامل اقلیمی (دما و بارندگی ۲۵ ساله، سال ماقبل نمونه‌برداری و سال نمونه‌برداری) انجام و عامل متوسط بارندگی ۲۵ ساله انتخاب و نقشه مربوط به آن با استفاده از رابطه ۱ برای منطقه تهیه شد.

| | | |
|---|---|---|
| رابطه ۱ | $R^2= 0.99$ | $Precipitation_{25} = 0.054(Elevation) + 245.45$ |
| رابطه ۲ | $R^2= 0.99$ | $Precipitation_{1397} = 0.002(Elevation) + 347.39$ |
| رابطه ۳ | $R^2= 0.99$ | $Precipitation_{1398} = -0.02(Elevation) + 382.08$ |
| رابطه ۴ | $R^2= 0.99$ | $Temperature_{25} = -0.002(Elevation) + 14.88$ |
| رابطه ۵ | $R^2= 0.99$ | $Temperature_{1397} = -0.004(Elevation) + 16.93$ |
| رابطه ۶ | $R^2= 0.99$ | $Temperature_{1398} = -0.003(Elevation) + 16.00$ |

در این رابطه $Precipitation_{25}$ متوسط بارندگی ۲۵ ساله، $Precipitation_{1397}$ متوسط بارندگی سال ۱۳۹۷، $Precipitation_{1398}$ متوسط بارندگی سال ۱۳۹۸، $Temperature_{25}$ متوسط دمای ۲۵ ساله، $Temperature_{1397}$ متوسط دمای سال ۱۳۹۷، $Temperature_{1398}$ متوسط دمای سال ۱۳۹۸، و Elevation نقشه مدل رقومی ارتفاع می‌باشد. برای مدل‌سازی تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی و تولید اولیه سطح زمین کل نیز از رابطه رگرسیون خطی چندگانه استفاده شد که معادله عمومی رگرسیون به‌صورت رابطه ۷ است.

رابطه ۷ $Y=a+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3+\ldots+b_nx_n$

در این رابطه Y مقدار پیش‌بینی‌شده متغیر وابسته (تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی و کل)، a مقدار ثابت، b ضریب رگرسیون، x مقدار متغیر مستقل (متوسط بارندگی ۲۵ ساله) می‌باشد.

برای شبیه‌سازی مدل‌های استخراج شده توسط ۸۰ درصد داده‌ها، از نرم‌افزار $ArcMap_{Ver.10.0}$ و از ابزار Raster calculator استفاده شد. تولید اولیه سطح زمین کل به دو روش شبیه‌سازی شد که عبارت است از: الف) با استفاده از معادله استخراج شده از طریق رگرسیون و ب) مجموع نقشه‌های شبیه‌سازی شده تولید گندمیان، پهن‌برگان علفی و بوته‌ای‌ها. این امر با هدف تعیین بهترین روش برای تهیه نقشه تولید اولیه سطح زمین کل انجام شد. درنهایت صحت نقشه‌های شبیه‌سازی شده با استفاده از ۲۰ درصد نمونه‌های کنار گذاشته‌شده و با استفاده از محاسبه RMSE (خطای ریشه میانگین مربع)



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]

که در رابطه ۸ ارائه شده است، بررسی شد (Gervasio et al., 2008). تجزیه و تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار $SPSS_{Ver.22}$ و تهیه نقشه‌ها در $ArcMap_{Ver.10.0}$ انجام شد.

رابطه ۸ $RMSE= (\sqrt{\Sigma^{n}_{i=1}(Esi-Eoi)^2})/n-1$

که در این روابط Esi مقدار برآورد شده نقطه i از طریق نقشه، Eoi مقدار اندازه‌گیری شده نقطه (زمینی) و i و n تعداد داده‌ها می‌باشد.

## نتایج

با توجه به نتایج جدول ۱، مقدار تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی و تولید اولیه کل در طبقات دمایی و بارندگی ۲۵ ساله، سال ماقبل نمونه‌برداری (سال ۱۳۹۷) و سال نمونه‌برداری (سال ۱۳۹۸) ارائه شده است. نتایج نشان داد که بین مقدار تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی و تولید اولیه کل در طبقات دمایی و بارندگی مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد. با توجه به نتایج، بیش‌ترین تولید اولیه سطح زمین گندمیان و کل در طبقه میانی دما و بارندگی مشاهده شد. هم‌چنین مشاهده شد که تولید اولیه سطح زمین پهن‌برگان علفی و بوته‌ای‌ها با بارندگی رابطه مستقیم و با دما رابطه عکس دارند.



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]

**جدول ۱- تجزیه واریانس و میانگین تولید اولیه سطح زمین در طبقات مختلف عوامل اقلیمی توسط آزمون دانکن**

| عوامل اقلیمی | طبقات | تعداد پلات | تولید گندمیان (kg/ha) | تولید پهن برگان علفی (kg/ha) | تولید بوته‌ای‌ها (kg/ha) | تولید کل (kg/ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۷/۸-۶۸/۳۸ | ۴۵ | ۶۹۳/۴۴$^{b}$ | ۳۸۴/۱۷$^{a}$ | ۳۵۳/۶۵$^{a}$ | ۱۴۳۱/۲۵$^{b}$ |
| متوسط دمای | ۸/۹-۳۸/۱۲ | ۷۱ | ۱۰۶۱/۰۷$^{a}$ | ۳۷۰/۱۲$^{a}$ | ۱۷۹/۱۷$^{b}$ | ۱۶۱۰/۳۶$^{a}$ |
| ۲۵ سال (°c) | ۹/۹-۱۲/۷۹ | ۹۴ | ۴۷۷/۶۷$^{c}$ | ۳۱۹/۲۹$^{b}$ | ۱۳۴/۷۵$^{b}$ | ۹۳۱/۷۱$^{c}$ |
| | F | | ۷۶/۰۶$^{**}$ | ۱/۱۱$^{*}$ | ۱۰/۹۸$^{**}$ | ۶۰/۶۲$^{**}$ |
| | ۷/۸-۶۰/۵۰ | ۴۶ | ۶۹۲/۸۲$^{b}$ | ۳۵۳/۵۹$^{ab}$ | ۳۳۰/۷۷$^{a}$ | ۱۳۷۷/۱۸$^{b}$ |
| دمای سال | ۸/۹-۵۰/۲۵ | ۷۲ | ۹۳۹/۱۵$^{a}$ | ۴۳۲/۸۰$^{a}$ | ۲۵۸/۵۴$^{a}$ | ۱۶۳۰/۴۹$^{a}$ |
| ۱۳۹۷ (°c) | ۹/۱۰-۲۵/۲۱ | ۹۲ | ۵۳۵/۷۳$^{c}$ | ۳۱۳/۵۸$^{b}$ | ۱۳۲/۰۸$^{b}$ | ۹۸۱/۳۸$^{c}$ |
| | F | | ۲۶/۶۲$^{**}$ | ۲/۸۳$^{*}$ | ۹/۱۳$^{**}$ | ۴۵/۱۲$^{**}$ |
| | ۸/۹-۹۹/۶۴ | ۴۶ | ۶۷۲/۹۷$^{b}$ | ۳۶۱/۸۹$^{a}$ | ۳۴۸/۶۵$^{a}$ | ۱۳۸۳/۵۱$^{b}$ |
| دمای سال | ۹/۱۰-۴۶/۲۹ | ۷۴ | ۹۸۲/۶۵$^{a}$ | ۳۹۱/۷۳$^{a}$ | ۲۳۱/۶۳$^{b}$ | ۱۶۰۶/۰۲$^{a}$ |
| ۱۳۹۸ (°c) | ۱۰/۱۰-۲۹/۹۶ | ۹۰ | ۵۰۰/۹۷$^{c}$ | ۳۲۰/۲۸$^{b}$ | ۱۳۲/۴۲$^{b}$ | ۹۵۳/۶۷$^{c}$ |
| | F | | ۴۹/۳۴$^{**}$ | ۱/۲۰$^{*}$ | ۹/۳۲$^{**}$ | ۵۳/۴۱$^{**}$ |
| | ۳۳۵/۳۴۲-۴۸/۱۶ | ۹۴ | ۴۷۷/۶۷$^{c}$ | ۳۱۹/۲۹$^{b}$ | ۱۳۴/۷۵$^{b}$ | ۹۳۱/۷۱$^{c}$ |
| متوسط بارندگی | ۳۴۲/۳۵۷-۱۶/۹۹ | ۷۰ | ۱۰۶۱/۰۷$^{a}$ | ۳۷۰/۱۲$^{a}$ | ۱۷۹/۱۷$^{b}$ | ۱۶۱۰/۳۶$^{a}$ |
| ۲۵ سال (mm) | ۳۵۷/۳۷۲-۹۹/۰۶ | ۴۶ | ۶۹۳/۴۴$^{b}$ | ۳۸۴/۱۷$^{a}$ | ۳۵۳/۶۵$^{a}$ | ۱۴۳۱/۲۵$^{b}$ |
| | F | | ۷۶/۰۶$^{**}$ | ۱/۱۱$^{*}$ | ۱۰/۹۸$^{**}$ | ۶۰/۶۲$^{**}$ |
| | ۳۵۰/۳۵۱-۱۳/۲۰ | ۹۰ | ۵۳۵/۷۳$^{c}$ | ۳۱۳/۵۸$^{b}$ | ۱۳۲/۰۸$^{b}$ | ۹۸۱/۳۸$^{c}$ |
| بارندگی سال | ۳۵۱/۳۵۱-۲۰/۶۰ | ۷۲ | ۹۳۹/۱۵$^{a}$ | ۴۳۲/۸۰$^{a}$ | ۲۵۸/۵۴$^{a}$ | ۱۶۳۰/۴۹$^{a}$ |
| ۱۳۹۷ (mm) | ۳۵۱/۳۵۲-۶۰/۰۵ | ۴۸ | ۶۹۲/۸۲$^{b}$ | ۳۵۳/۵۹$^{ab}$ | ۳۳۰/۷۷$^{a}$ | ۱۳۷۷/۱۸$^{b}$ |
| | F | | ۲۶/۶۲$^{**}$ | ۲/۸۳$^{*}$ | ۹/۱۳$^{**}$ | ۴۵/۱۲$^{**}$ |
| | ۳۴۴/۳۴۵-۴۹/۵۶ | ۹۰ | ۵۳۵/۷۳$^{c}$ | ۳۱۳/۵۸$^{b}$ | ۱۳۲/۰۸$^{b}$ | ۹۸۱/۳۸$^{c}$ |
| بارندگی سال | ۳۴۵/۳۴۵-۵۶/۹۶ | ۷۲ | ۹۳۹/۱۵$^{a}$ | ۴۳۲/۸۰$^{a}$ | ۲۵۸/۵۴$^{a}$ | ۱۶۳۰/۴۹$^{a}$ |
| ۱۳۹۸ (mm) | ۳۴۵/۳۴۶-۹۶/۴۱ | ۴۸ | ۶۹۲/۸۲$^{b}$ | ۳۵۳/۵۹$^{ab}$ | ۳۳۰/۷۷$^{a}$ | ۱۳۷۷/۱۸$^{b}$ |
| | F | | ۲۶/۶۲$^{**}$ | ۲/۸۳$^{*}$ | ۹/۱۳$^{**}$ | ۴۵/۱۲$^{**}$ |

a، b و c: حروف متفاوت در هر ردیف، نشانگر اختلاف معنی‌دار است؛ **: اختلاف (اثر) معنی‌دار در سطح ۱٪ *؛ اختلاف (اثر) معنی‌دار در سطح ۵٪

روابط ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ به‌ترتیب مدل‌های پیش‌بینی تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی گندمیان، پهن‌برگان علفی، بوته‌ها و تولید اولیه کل، از طریق رگرسیون خطی می‌باشد که معنی‌داری،



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]

تجزیه واریانس و هم‌بستگی آن‌ها نیز در جدول ۲ ارائه شده است. در این مرحله ابتدا بین شش پارامتر «دما و بارندگی ۲۵ ساله، دما و بارندگی سال ماقبل نمونه‌برداری و دما و بارندگی سال نمونه‌برداری» آزمون هم‌خطی انجام و چون VIF[3]<۱۰ مشاهده شد، بنابراین بین پارامترها هم‌خطی وجود داشت. سپس بین تمام عوامل اقلیمی با تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی و تولید اولیه کل هم‌بستگی انجام و مشاهده شد که عامل متوسط بارندگی ۲۵ ساله بیش‌ترین هم‌بستگی را داشت؛ هم‌چنین پارامترهای دیگر نیز برای مدل‌سازی مورد آزمون قرار گرفت که بهترین مدل با صحت بالا زمانی به‌دست آمد که عامل متوسط بارندگی ۲۵ ساله به‌عنوان متغیر مستقل انتخاب شد؛ بنابراین این عامل برای مدل‌سازی انتخاب شد.

رابطه ۹ $GrassesANPP = 9.50(Precipitation_{25}) - 2663.59$

رابطه ۱۰ $ForbsANPP = 2.58(Precipitation_{25}) - 554.87$

رابطه ۱۱ $ShrubsANPP = 7.35(Precipitation_{25}) - 2367.52$

رابطه ۱۲ $TotalANPP = 19.44(Precipitation_{25}) - 5585.99$

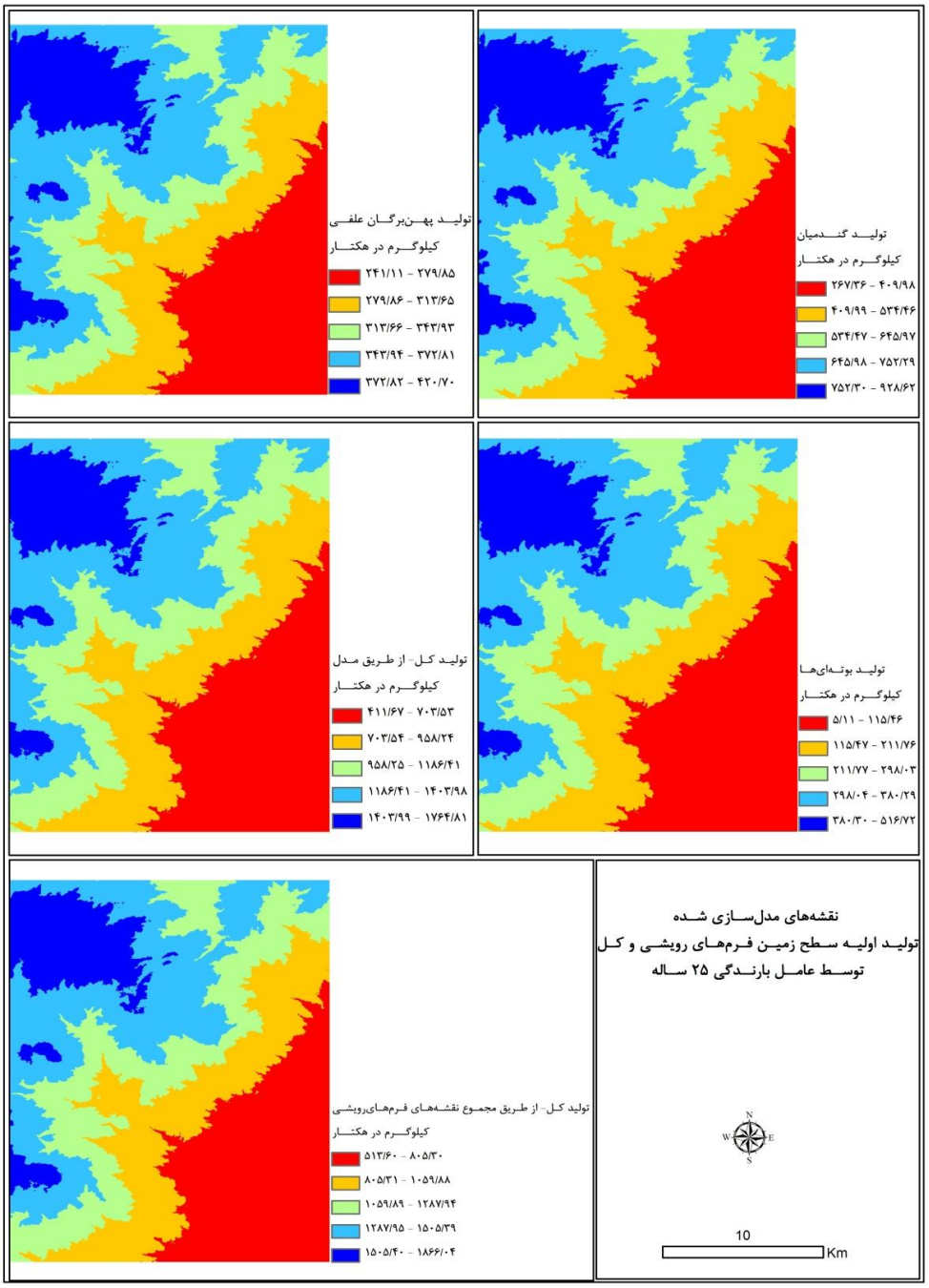
که در این روابط GrassesANPP تولید اولیه سطح زمین گندمیان، ForbsANPP تولید اولیه سطح زمین پهن‌برگان علفی، ShrubsANPP تولید اولیه سطح زمین بوته‌ای‌ها، TotalANPP تولید اولیه سطح زمین کل و $Precipitation_{25}$ متوسط بارندگی ۲۵ ساله است.

با توجه به شکل ۲ که نشان‌دهنده نقشه‌های شبیه‌سازی شده از طریق مدل‌های استخراج شده برای پیش‌بینی تولید اولیه سطح زمین است، مشاهده شد که تولید اولیه سطح زمین گندمیان در کل منطقه از ۲۶۷/۳۶ تا ۹۲۸/۶۲ کیلوگرم در هکتار متغیر است. هم‌چنین محدوده تغییرات تولید اولیه سطح زمین برای پهن‌برگان علفی و بوته‌ای‌ها به‌ترتیب ۲۴۱/۱۱ تا ۴۲۰/۷۰ و ۵/۱۱ تا ۵۱۶/۷۲ کیلوگرم در هکتار است. همان‌طور که اشاره شد نقشه تولید اولیه سطح زمین کل به دو روش (الف: از طریق مدل و ب: مجموع نقشه‌های فرم‌های رویشی) تهیه شد. محدوده تغییرات تولید اولیه سطح زمین کل (از طریق مدل) برابر با ۴۱۱/۶۷ تا ۱۷۶۴/۸۱ کیلوگرم در هکتار و محدوده تغییرات در روش دوم (تهیه نقشه تولید اولیه سطح زمین کل از طریق مجموع نقشه‌های فرم‌های رویشی) برابر با ۵۱۳/۶۰ تا ۱۸۶۶/۰۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

[3] Variance inflation factor



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]




**شکل ۲- نقشه‌های تهیه شده تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی و کل**



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]

تجزیه واریانس و میزان هم‌بستگی متغیر مستقل با متغیرهای وابسته، هم‌چنین میانگین داده‌های تولید اولیه سطح زمین هر فرم رویشی و کل اندازه‌گیری شده به روش زمینی و برآورد شده از طریق مدل و در نهایت صحت نقشه‌های شبیه‌سازی شده با معیار RMSE در جدول ۲ ارائه شده است که نشان‌دهنده صحت بالا و اعتبار مدل است.

**جدول ۲- تجزیه واریانس و هم‌بستگی معادلات پیش‌بینی و صحت نقشه‌های شبیه‌سازی شده**

| فرم‌های رویشی | $R^2$ | F | میانگین تولید اندازه‌گیری‌شده (kg/ha) | میانگین تولید برآورد شده از مدل (kg/ha) | RMSE |
|---|---|---|---|---|---|
| گندمیان | ۰/۵۵ | ۲۴/۲۱* | ۶۴۳/۶۶ | ۶۴۳/۲۷ | ۰/۰۷ |
| پهن‌برگان علفی | ۰/۳۱ | ۲/۷۵* | ۳۴۴/۳۰ | ۳۴۳/۲۰ | ۰/۰۸ |
| بوته‌ای‌ها | ۰/۴۳ | ۲۱/۰۷** | ۱۹۳/۶۶ | ۱۹۰/۹۴ | ۰/۱۴ |
| کل (مدل) | ۰/۶۸ | ۶۰/۲۷** | ۱۱۸۱/۶۱ | ۱۱۸۰/۸۹ | ۰/۰۶ |
| کل (مجموع نقشه‌ه | - | - | ۱۱۸۱/۶۱ | ۱۱۸۳/۰۹ | ۰/۰۸ |

**: اختلاف (اثر) معنی‌دار در سطح ۱٪ ؛*: اختلاف (اثر) معنی‌دار در سطح ۵٪

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج کلی تحقیق حاضر، رابطه معنی‌داری بین عوامل اقلیمی با تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی و کل نشان‌داد که بیان‌گر تغییرات تولید اولیه سطح زمین، تحت تأثیر تغییرات دما و بارندگی منطقه است که با نتایج دادجو و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت داشت. ارزیابی دقیق اثرات عوامل اقلیمی بر تولید اولیه سطح زمین می‌تواند حساسیت تولید اولیه سطح زمین به تغییرات اقلیمی را نشان دهد. تولید اولیه سطح زمین از مهم‌ترین عوامل مربوط به شاخص کربن پوشش گیاهی منطقه‌ای است (Wang et al., 2018). حساسیت تولید اولیه سطح زمین به عوامل اقلیمی ممکن است در مناطق مختلف و فرم‌های رویشی مختلف، متفاوت باشد که این فرضیه در تحقیق حاضر مد نظر قرار گرفت. با توجه به اولین هدف تحقیق، اقدام به اندازه‌گیری تولید اولیه سطح زمین به روش زمینی شد. اما به‌دلیل این‌که این روش مخرب، زمان‌بر، هزینه‌بر و نیاز به نیروی انسانی زیاد دارد و نمی‌توان در کل منطقه ارزیابی را به‌طور یک‌پارچه انجام داد، بنابراین با توجه به اهداف بعدی تحقیق اقدام به مدل‌سازی شد که سرتاسر منطقه را شامل شده و اطلاعات دقیقی از مقدار تولید اولیه سطح زمین را ارائه می‌دهد. این امر توسط منابع مختلف نیز تأیید شده است که با در دست داشتن اطلاعات برخی مکان‌های کلیدی (از لحاظ پستی و بلندی، اقلیمی، خاک، پوشش گیاهی و ...)، می‌توان مدل‌سازی انجام داده و مدل به‌دست آمده با صحت بالا را به کل منطقه تعمیم داد (Ghorbani et al., 2020a,b).



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]

با توجه به هدف دوم تحقیق، مشاهده شد که عوامل اقلیمی (دما و بارندگی) به‌طور معنی‌دار در تغییرات تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی و کل نقش دارد. از آن‌جایی که علاوه‌بر متوسط دما و بارندگی ۲۵ ساله، دما و بارندگی سال نمونه‌برداری و سال ماقبل نمونه‌برداری نیز نقش مهمی در تغییرات تولید اولیه سطح زمین دارد (دادجو و همکاران، ۱۳۹۷)، بنابراین متوسط دما و بارندگی سال نمونه‌برداری و سال ماقبل نمونه‌برداری نیز مورد توجه قرار گرفت تا روند تغییرات دمایی و بارندگی نیز در این بازه زمانی و مکانی مورد نظر، مشخص شود که این امر توسط احسانی و همکاران (۱۳۸۶) نیز تأکید شده است. با توجه به این‌که تولید اولیه سطح زمین به تفکیک فرم‌های رویشی گیاهی مورد بررسی قرار گرفت، مشاهده شد که تولید اولیه سطح زمین گندمیان و تولید اولیه کل بیش‌ترین مقدار را در طبقات میانی دمایی داشته و با افزایش دما از مقدار آن کاسته شده است. هم‌چنین تولید اولیه سطح زمین گندمیان و تولید اولیه کل در طبقات کمِ بارندگی، دارای کم‌ترین مقدار بوده و با افزایش بارندگی مقدار آن‌ها نیز افزایش یافته است. یکی از مهم‌ترین دلایل این امر می‌تواند وجود سیستم ریشه سطحی فرم‌رویشی گندمیان باشد که از رطوبت سطحی خاک استفاده کرده و دسترسی محدودی به رطوبت اعماق خاک دارند. از دلایل دیگر می‌توان به نیازهای متفاوت آبی و دمایی گیاهان اشاره کرد. این نتایج با نتایج مطالعه دادجو و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت داشت که کم‌ترین تولید گندمیان را در طبقات کم بارندگی گزارش کردند. این نتایج با نتایج اژدری و همکاران (Azhdari et al., 2020) نیز مطابقت داشته و رابطه مستقیم بین تولید اولیه خالص با عامل بارندگی را معرفی کردند. هم‌چنین مشاهده شد که تولید اولیه سطح زمین پهن‌برگان علفی و بوته‌ای‌ها با بارندگی رابطه مستقیم و با دما رابطه عکس داشت. از آن‌جایی که در منطقه با افزایش ارتفاع، بارندگی افزایش و دما کاهش می‌یابد، به‌نظر می‌رسد این عامل به شدت بهره‌برداری از این مراتع نیز مربوط شود؛ چراکه در ارتفاعات پایین (حدود ۱۱۵۰ متر- دمای بالا و بارندگی کم) به‌دلیل در دسترس بودن، شدت بهره‌برداری نیز بالا است و در نتیجه مقدار تولید اولیه سطح زمین کاهش می‌یابد و با افزایش ارتفاع تا حدود ۲۵۰۰ متر (دمای پایین و بارندگی زیاد) با توجه به کاهش شدت بهره‌برداری، تولید اولیه سطح زمین نیز در این مناطق بیش‌تر بوده است. برای رد یا تأیید این فرضیه باید پارامترهای پستی و بلندی نیز مورد توجه قرار گیرد. در این رابطه، نتایج تحقیق حاضر با نتایج مطالعات پورنعمتی و همکاران (۱۳۹۵)، دادجو و همکاران (۱۳۹۷) و قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2020b) مطابقت داشت که گزارش کردند تغییرات دما و بارندگی تحت تأثیر عامل ارتفاع بوده و علاوه‌بر این، عواملی مانند بهره‌برداری نیز می‌تواند در تغییرات تولید اولیه سطح زمین دخیل باشد. در این راستا، نتایج نانزاد و همکاران (Nanzad et al., 2021) نیز بیان‌گر تغییرات متفاوت تولید اولیه سطح زمین مراتع با فرم و تیپ‌های مختلف گیاهی، تحت تأثیر پارامترهای اقلیمی بود. با توجه به مدل‌ها و نقشه‌های شبیه‌سازی شده، مشاهده شد که



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]

صحت نقشه‌ها بالا بوده و مدل به‌کار رفته، پیش‌بینی‌کننده خوبی برای منطقه مورد مطالعه است کـه از آن می‌توان برای ارزیابی نقطه به نقطه تولید اولیه منطقه مورد مطالعه، استفاده کرد. این امر در راستای تسهیل‌سازی ارزیابی تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی و تولید اولیه کل انجام گرفت که بتوان در کوتاه‌ترین زمان ممکن، به اطلاعات وسیعی از پارامترهای مورد نظر در منطقه دست یافت. این نتایج بـا نتایج مطالعات دیگر مطابقت داشته و آن‌ها هم به تهیه مدل‌ها توصیه کرده و گزارش کردند که مـدل‌ها باعث جلوگیری از اتلاف زمان و با هزینه کم، اطلاعات وسیعی را در اختیـار قـرار می‌دهنـد (Chen et al., 2000; Gang et al., 2015; Wang et al., 2018). در این راستا هـو و همکـاران (Hu et al., 2021) عنوان کردنـد کـه ایـن مدل‌سـازی می‌توانـد فراتـر از سـال نمونـه‌برداری باشـد؛ بـه‌طوری کـه شبیه‌سازی برای سال‌های آینده نیز می‌تواند انجام گیرد و آمادگی برای رویـارویی و مـدیریت وضـعیت آینده کسب گردد.

به‌طور کلی تولید اولیه سطح زمین یکی از پارامترهای مهم گیاهی و شاخص اکولـوژیکی اسـت کـه اطلاع از آن می‌تواند شفاف‌سازی وضعیت را در اکوسیستم‌های مرتعی ارائه دهد. در این تحقیـق، بـرای پیش‌بینی و شبیه‌سازی تولید اولیه سطح زمین از مدل رگرسیون خطی اسـتفاده شـد کـه نتـایج قابـل توجه با صحت بالا به‌دست آمد. هم‌چنین فرض معنی‌داری اثر عوامل اقلیمی دما و بارندگی بر تغییـرات تولید اولیه سطح زمین اثبات شد. از این نتایج می‌توان برای مدیریت منطقه مـورد مطالعـه در راسـتای ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای محصولات اکوسیستمی از قبیل بهره‌برداری از آن، در سرتاسر منطقـه برنامه‌ریزی کرده و گام برداشت.

## منابع


احسانی، ع.، ارزانی، ح.، فرحپور، م.، احمدی، ح.، جعفری، م.، جلیلی، ع.، میرداودی، ح.ر.، عباسی، ح.ر.، عظیمی، م.ا. ۱۳۸۶. تأثیر شرایط اقلیمی بر تولید علوفه مراتع در منطقه استپی اخترآباد ساوه، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۴(۲): ۲۶۰-۲۴۹.

حسن‌زاده کوهساره، ا.، قربانی، ا.، معمری، م.، هاشمی مجد، ک.، پورنعمتی، ا. ۱۳۹۶. تغییرات تولید اولیه در اثر عوامل پستی و بلندی در مراتع کوهستانی شهرستان نمین. مرتع و آبخیزداری، ۷۰(۴): ۸۶۷-۸۵۱.

پورنعمتی، ا.، قربانی، ا.، بهرامی، ب.، شریفی، ج. ۱۳۹۵. بررسی عوامل پستی و بلندی و اقلیمی با تولید علوفه مراتع سبلان، پژوهش و سازندگی، ۲۹(۱۱۰): ۸۷-۷۷.

دادجو، ف.، قربانی، ا.، معمری، م.، بیدارلرد، م. ۱۳۹۷. اثر دما و بارندگی بر تولید روی زمین مراتع هیر و نئور استان اردبیل، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۵(۳): ۵۹۳-۵۷۷.




[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]

قربانی، ا.، دادجو، ف.، معمری، م.، بیدار لرد، م. الف. ۱۳۹۷. بررسی تأثیر عوامل محیطی بر تولید اولیهٔ سطح زمین (مطالعهٔ موردی: مراتع هیر- نئور استان اردبیل)، مرتع و آبخیزداری، ۷۱ (۴): ۱۰۵۵- ۱۰۷۱.

قربانی، ا.، دادجو، ف.، معمری، م.، بیدار لرد، م.، هاشمی مجد، ک. ب. ۱۳۹۷. بررسی رابطه بین تولید اولیه مرتع با خصوصیات فیزیوگرافیکی در مراتع هیر و نئور استان اردبیل، مرتع، ۱۲(۱): ۸۸-۷۳.

محمدی، و. ۱۳۹۹. بررسی تولید اولیه سطح زمین در مراتع سیاه‌پوش و گنجگاه استان اردبیل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته علوم و مهندسی مرتع، گرایش مدیریت مرتع، دانشگاه محقق اردبیلی، ۷۹ ص.

Abdolalizadeh. Z., Ghorbani, A., Mostafazadeh, R., Moameri, M. 2020. Rangeland canopy cover estimation using Landsat OLI data and vegetation indices in Sabalan rangelands, Iran. Arabian Journal of Geosciences, 13(6): 1-13.

Azhdari, Z., Rafeie Sardooi, E., Bazrafshan, O., Zamani, H., Singh, V.P., Mohseni Saravi, M., Ramezani, M. 2020. Impact of climate change on net primary production (NPP) in south Iran. Environmental Monitoring and Assessment, 192 (409). https://doi.org/10.1007/s10661-020-08389-w

Chandrappa, R., Gupta, S., Kulshrestha, U.C. 2011. Industrial revolutions, climate change and Asia, coping with climate change. Berlin: Springer

Chen, L., Liu, G. and Feng, X. 2000. Estimation of net primary productivity of terrestrial vegetation in China by remote sensing. Acta Botanica Sinica, 43 (11): 1191–1198.

Gang, C., Zhang, Y., Wang, Z., Chen, Y., Yang, Y., Li, J., Cheng, J., Qi, J., Odeh, I. 2017. Modeling the dynamics of distribution, extent, and NPP of global terrestrial ecosystems in response to future climate change. Global Planet Change, 148: 153–165.

Gang, C., Zhou, W., Wang, Z., Chen, Y., Li, J., Chen, J., Qi, J., Odeh, I., Groisman, P. 2015. Comparative assessment of grassland NPP dynamics in response to climate change in China, North America, Europe and Australia from 1981 to 2010. Journal of Agronomy and Crop Science, 201(1): 57–68.

Gervasio Pineiroa, G., Perelman, S., Guerschman, J.P., Paruelo, J.M. 2008. How to evaluate models: Observed vs. predicted or predicted vs. observed? Journal of Ecological Modeling, 216: 316–322.

Ghorbani, A., Dadjou, F., Moameri, M., Biswas, A. 2020a. Estimating aboveground net primary production (ANPP) using landsat 8-based indices: a case study from Hir_Neur rangelands, Iran. Rangeland Ecology & Management, 73(5): 649–657.

Ghorbani, A., Moameri, M., Dadjou, F., Seyedi Kaleybar, S.A., Pournemati, A., Asghari, S.H. 2020b. Determinization of environmental factors effects on



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]

plants production in QezelOzan-Kosar rangelands, Ardabil Province. ECOPERSIA, 8(1): 47–56.

Hu, X., He, Y., Kong, Z., Zhang, J., Yuan, M., Yu, L., Peng, C., Zhu, Q. 2021. Evaluation of future impacts of climate Change, CO2, and land use cover change on global net primary productivity using a processed model. Land, 10 (365). https://doi.org/10.3390/ land10040365

Liu, C., Dong, X., Liu, Y. 2015. Changes of NPP and their relationship to climate factors based on the transformation of different scales in Gansu, China. Catena, 125: 190–199.

Maurer, G.E., Hallmark, A., Brown, R.F., Sala, O.E., Collins, S. 2020. Sensitivity of primary production to precipitation across the United States. Ecology Letters, 23(3): 527–536.

Nanzad, L., Zhang, J., Batdelger, G., Pangali Sharma, T.P, Koju, U.A., Wang, J., Nabil, M. 2021. Analyzing NPP response of different rangeland types to climatic parameters over Mongolia. Agronomy, 11 (647). https://doi.org/ 10.3390/agronomy11040647

Nemani, R.R., Keeling, C.D., Hashimoto, H., Jolly, W.M., Piper, S.C., Tucker, C.J., Myneni, R.B., Running, S.W. 2003. Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999. Science, 300(5625): 1560–1563.

Palut, M.P., Canziani, O.F. 2007. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press.

Pan, S., Tian, H., Dangal, S.R., Ouyang, Z., Lu, C., Yang, J., Tao, B., Ren, W., Banger, K., Yang, Q., Zhang, B. 2015. Impacts of climate variability and extremes on global net primary production in the first decade of the 21st century. Journal of Geographical Sciences, 25(9): 1027–1044.

Piao, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Peylin, P., Reichstein, M., Luyssaert, S., Margolis, H., Fang, J., Barr, A., Chen, A., Grelle, A., Hollinger, D.Y., Laurila, T., Lindroth, A., Richardson, A.D., Vesala, T. 2008. Net carbon dioxide losses of northern ecosystems in response to autumn warming. Nature, 451 (7174): 49–52.

Running, S.W., Nemani, R.R., Heinsch, F.A., Zhao, M., Reeves, M., Hashimoto, H. 2004. A continuous satellite-derived measure of global terrestrial primary production. Bioscience, 54(6): 547–560.

Wang, Q., Zeng, J., Leng, S., Fan, B., Tang, J., Jiang, C., Huang, Y., Zhang, Q., Qu, Y., Wang, W., Shui, W. 2018. The effects of air temperature and precipitation on the net primary productivity in China during the early 21st century. Frontiers in Earth Science, 12: 818–833.

Xie, B., Qin, Z., Wang, Y., Chang, Q. 2014. Spatial and temporal variation in terrestrial net primary productivity on Chinese Loess Plateau and its influential



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]

factors. Transactions of the Chinese society of Agricultural Engineering, 30 (11): 244–253.

Yu, D., Zhu, W., Pan, Y. 2008. The role of atmospheric circulation system playing in coupling relationship between spring NPP and precipitation in East Asia area. Environmental Monitoring and Assessment, 145(1–3): 135–143.

Yue, T.X., Zhao, N., Ramsey, R.D., Wang, C.L., Fan, Z.M., Chen, C.F., Lu, Y.M., Li, B.L. 2013. Climate change trend in China, with improved accuracy. Climate Change, 120(1–2): 137–151.



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-10-16 ]