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

علمی-پژوهشی

ارزیابی تغییرات تولید خالص اولیه تحت تأثیر نوسانات اقلیمی (مطالعه موردی: دشت قزوین)

اعظم ابوالحسنی زرجوع [۱]، غلامرضا زهتابیان [۲]، حسن خسروی [۳]*، امید رحمتی [۴]، اسماعیل حیدری علمدارلو [۵]

[۱]دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران
[۲]استاد گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران
[۳]دانشیار گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران
[۴]استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان
[۵]دکترای بیابان‌زدائی، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۳۰

چکیده

در این مطالعه، به بررسی رابطه NPP و پارامترهای دما، انحراف معیار دما، بارش و انحراف معیار بارش در دشت قزوین پرداخته شد. بدین منظور، NPP سالانه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS برای سال‌های 2020- ۲۰۰۱ بدست آمد و با استفاده از داده‌های هواشناسی، میانگین دمای سالانه، مجموع بارش سالانه و انحراف معیار این دو پارامتر برای هر سال محاسبه شد. سپس با استفاده از آنالیز رگرسیون خطی در نرم‌افزار TerrSet، ارتباط پارامترها با NPP تعیین شد. نتایج نشان داد که مهمترین عامل تأثیرگذار بر NPP در دشت قزوین، مربوط به پارامتر دما و انحراف معیار آن، زمانی که به‌طور همزمان به معادله وارد می‌شوند، می‌باشد که در ۴۸/۸ درصد از مساحت منطقه اثرگذار بود. کمترین متغیر تأثیرگذار نیز مربوط به ورود همزمان پارامتر بارش و انحراف معیار آن به معادله است که تنها در ۰/۴ درصد از منطقه اثرگذار بود و به دلیل فصلی بودن بارش می‌توان نتیجه گرفت که انحراف معیار آن بر NPP چندان مؤثر نمی‌باشد. در بین کاربری‌های واقع در منطقه،

*نویسنده مسئول: hakhosravi@ut.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

حساسیت NPP در اراضی کشاورزی نسبت به دما، بارش و انحراف معیار آن‌ها بیش از سایر کاربری‌ها بود. مطابق با نتایج تحقیق می‌توان بیان کرد که پارامتر بارش به تنهایی عامل کنترل کننده NPP در دشت قزوین که از جمله اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود، می‌باشد و پارامتر دما زمانی که با انحراف معیار آن به‌طور همزمان به معادله وارد می‌شود، مهمترین عامل کنترل کننده NPP در این دشت به شمار می‌رود.

واژه‌های کلیدی: **اقلیم، تولید خالص اولیه، سنجش از دور، دشت قزوین، TerrSet**

مقدمه

تولید خالص اولیه (Net Primary Production) نشان‌دهنده افزایش زیست‌توده گیاهی در سطح و زیرزمین، پس از کسر میزان مورد استفاده برای اتوتروف‌ها می‌باشد (ساکی و همکاران، ۱۳۹۷). این شاخص به‌عنوان تابعی از زیتودهرویشگاه، به صورت تفاوت بین فتوسنتز و تنفس اتوتروف‌ها در واحد سطح و زمان تعریف می‌شود (Zhao et al., 2013). تولید خالص اولیه یکی از عوامل مهم چرخه کربن محسوب می‌شود و پارامتر کلیدی برای ارزیابی کارکرد اکوسیستم است (دهقان فارسی و همکاران، ۱۳۹۶).

تولید خالص اولیه یک شاخص مهم برای ارزیابی توان تولید بوم‌سازگان است که پارامترهای اقلیمی به شدت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند و در واقع می‌توان بیان کرد که اقلیم و پوشش گیاهی در مقیاس مکانی و زمانی در تعامل باهم هستند (عباسیان و همکاران، ۱۳۹۸). در مقیاس منطقه‌ای، پوشش گیاهی بر پارامترهای اقلیمی اثرگذار است و هر نوع تغییر در وضعیت پوشش گیاهی می‌تواند چرخه بارش را تغییر داده و تأثیر زیادی در سطح آب‌کره زمین داشته باشد (Anderson & Goulden, 2011). از طرفی اقلیم نیز بر بوم‌سازگان‌های مختلف تأثیرگذار است و نوسانات اقلیم به‌خصوص پارامترهای دما و بارش، اثر زیادی بر پوشش گیاهی دارد. تولید اولیه خالص به‌عنوان یک شاخص مهم گیاهی برای چگونگی پاسخ اکوسیستم به نوسانات اقلیمی بیان شده است (Liu et al., 2015).

با افزایش نگرانی‌ها در خصوص تغییرات اقلیمی در سال‌های اخیر، محققان توجه بیشتری به ارتباط چرخه‌های آب، مواد غذایی، پویایی انرژی و چرخه کربن داشته‌اند (Sun et al., 2000). با وقوع نوسانات اقلیم، محدودیت‌هایی در فعالیت گیاهان جهان ایجاد می‌شود که باعث تغییرات در روند زمانی شاخص‌های مختلف گیاهی از جمله NPP می‌شود (Nemani et al., 2003). درواقع نوسانات اقلیمی و گرمایش جهانی با بازخورد متقابل عملکردهای بوم‌سازگان از جمله تغییرات زمانی و مکانی NPP همراه است (Davie et al., 2013).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

رابطه بین بارش و پوشش گیاهی اغلب پیچیده‌تر از دما است به طوریکه برای درک بهتری از واکنش پوشش گیاهی به تغییرات زمانی- مکانی بارش و دما نیاز به پردازش جو زیستکره است. در این راستا تصاویر ماهواره‌ای فرصت ویژه‌ای برای تحقیق و رزیابی پوشش گیاهی فراهم می‌کنند (فیروزی و همکاران، ۱۳۹۷) و محققان برای پایش شاخص‌های اکوسیستم که به تغییرات محیطی حساس هستند از ابزار و برنامه‌های جدید همچون بهره‌گیری از داده‌های سنجش از دور که ابزاری قدرتمند برای پایش سیستم‌های محیطی هستند، استفاده می‌کنند. پیشرفت داده‌های سنجش از دور به‌خصوص سنجنده MODIS که به‌طور اصولی شاخص‌های اکولوژیکی را در مقیاس‌های مختلف تولید می‌کند، فرصتی مناسب جهت برآورد NPP در مقیاس چشم‌انداز و منطقه‌ای، با هزینه مناسب و روش دقیق فراهم می‌کند (خواجه الدین و پورمنافی، ۱۳۸۶؛ Liu et al., 2015).

مطالعات تولید براساس داده‌های سنجش از دور از اوایل سال 1980 شروع شده است. شمار زیادی از این مطالعات بر اکوسیستم‌های جنگلی تمرکز دارند (Eisfelder et al., 2014) و تعداد کمی از تحقیقات جهت برآورد تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک انجام شده است. برخی محققان بر NPP و تأثیر فاکتورهای اقلیمی بر آن در مقیاس‌های مختلف تمرکز کرده‌اند. برجی وهمکاران (۱۳۹۵) الگوهای مکانی و زمانی تولید خالص اولیه در چهار اکوسیستم جنگل، مرتع، کشاورزی آبی و کشاورزی دیم در شهرستان کوهدشت را در ارتباط با متغیرهای اقلیمی بررسی کرده‌اند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که برای چهار اکوسیستم مورد بررسی رابطه رگرسیونی بین بارندگی و NPP ضعیف بوده است و رابطه رگرسیونی بین دما و NPP در اکوسیستم جنگل، مرتع و کشاورزی دیم دارای ضریب تعیین بالای ۰/۵۵ می‌باشد. کرمانی و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از داده‌های سری زمانی پوشش گیاهی سنجنده MODIS، روند تغییرات پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک را برای سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار دادند و بدین منظور از چهار شاخص پوشش گیاهی شامل NDVI، SAVI، EVI و PVI1 استفاده کردند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که شاخص PVI1 بهترین شاخص پوشش گیاهی در منطقه مطالعاتی آن‌ها بوده و تمرکز مناطق با روند کاهشی یا تخریب یافته، بیشتر در شمال شرقی، شرق، جنوب شرقی و همچنین غرب و جنوب غربی منطقه بوده است. ساکی و همکاران (۱۳۹۷) ارتباط NPP با پارامترهای اقلیمی در استان اصفهان را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که در اکوسیستم‌های بیابان، مرتع و تاغزار مقدار NPP متأثر از بارش بوده است اما در اکوسیستم‌های جنگل و کشاورزی، دما عامل اصلی کنترل کننده NPP است. عراقی شهری و همکاران (۱۳۹۹) با بررسی تأثیر شاخص‌های پیوند از دور بر تولید خالص اولیه در دامنه شمالی البرز، بیان داشتند که NPP تحت تأثیر عوامل اقلیمی به‌ویژه بارش بوده و میانگین بیشترین میزان تولید خالص اولیه در فصل بهار و تابستان و کمترین آن در فصل پاییز و زمستان بوده است. ژائو و همکاران (Zhao et al.,

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

2012) با هدف بررسی تولید اولیه خالص گیاهان در فلات تبت از داده‌های سنجنده MODIS و مدل GLO-PEM استفاده کردند و نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که فاکتورهای محدوده کننده اقلیمی از جمله درجه حرارت و بارش، عامل تغییرات NPP از صفر تا ۱۵۰۰ گرم کربن در مترمربع در سال می‌باشد. ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2012) نیز الگوهای مکانی و زمانی تغییرات سالانه، فصلی و ماهانه NPP و عوامل اقلیمی کنترل‌کننده این شاخص را در جنوب غرب چین برای سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۰، مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که میزان NPP تحت تأثیر مقدار بارش از شمال به جنوب چین افزایش یافته است و دما نیز در تمام بیوم‌ها بجز بیوم‌های خشک، فاکتور کنترلی تولید خالص اولیه می‌باشد. گانگ و همکاران (Gang et al., 2013) در مطالعه‌ای به ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی تولید اولیه خالص در اکوسیستم‌های خشکی در پاسخ به تغییرات اقلیمی از سال۱۹۱۱ -۲۰۰۰ پرداختند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد که افـزایش ثابت درجه حرارت جهانی و تغییر الگـوی بـارش اثر زیـادی بـر پراکنش مکانی- زمانی و تولید اکوسیستم‌های خشکی به‌ویژه در ارتفاعات بالا و متوسط دارد. لی و همکاران (Li et al., 2014) در تحقیقی با استفاده از مدل CIMB (Classification Indices-Based Model) اثر تغییر اقلیم بر تولید خالص اولیه را در گرسلندهای مغولستان مورد بررسی قرار دادند و افزایش تولید خالص اولیه در نتیجه افزایش دما و بارش را گزارش کردند. زونگرانا و همکاران (Zoungrana et al., 2018) روند تغییرات زمینی پوشش گیاهی و شاخص NDVI حاصل از سنجنده مودیس را برای ارزیابی دقیق‌تر تخریب پوشش گیاهی در منطقه‌ای در غرب افریقا مورد بررسی قرار دادند و روند کاهشی معنی‌داری در شاخص NDVI مربوط به این منطقه را نشان دادند. اژدری و همکاران (Azhdari et al., 2020) نیز اثر تغییر اقلیم بر تولید خالص اولیه در جنوب ایران را برای سال‌های ۲۰۳۰-۲۰۱۶ مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که افزایش بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر منجر به افزایش مقدار NPP به مقدار 17/13% در آینده خواهد شد. سالی و همکاران (Sally et al., 2021) با استفاده از سری زمانی NDVI، تغییرات پوشش گیاهی را در گامبیا، غرب آفریقا مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که پوشش گیاهی این منطقه طی دودهه اخیر در برخی قسمت‌ها تغییرات مثبت و در سایر قسمت‌ها تغییرات منفی داشته است که نشان دهنده تخریب این مناطق می‌باشد.

با توجه به تحقیقات پیشین، تولید اولیه خالص یکی از مهمترین بخش‌های هر اکوسیستم محسوب می‌شود که به شدت تحت تأثیر عوامل اقلیمی و فعالیت‌های انسانی قرار می‌گیرد. جهت مدیریت بر مبنای توسعه پایدار اکوسیستم‌ها نیازمند پایش تولید و عوامل مؤثر بر آن از جمله فاکتورهای اقلیمی می‌باشیم که این موضوع به صورت محدود در ایران انجام شده است. به طور کلی گیاهان نسبت به عوامل محیطی از جمله دما و بارش به صورت ترکیبی واکنش نشان می‌دهند و تحت تاثیر مجموعه

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

عوامل بیرونی و درونی، کلیه فعالیت‌های آن‌ها دچار تغییر و تحول می‌شود. اما ارزیابی مکانی میزان حساسیت تولید اولیه خالص به عنوان یکی از عوامل نشان‌دهنده فعالیت گیاهی به دما و بارش یکی از موضوعات مهم در مطالعات پویایی پوشش گیاهی است که توجه چندانی به آن در ایران نشده و یک نیاز تحقیقاتی در ایران است. به همین دلیل در این تحقیق رابطه بین متغیرهای دما و بارش با تولید اولیه خالص در دشت قزوین که در چند سال اخیر تحت تأثیر نوسانات اقلیمی و خشکسالی بوده است، مورد بررسی قرار گرفت. همچنین به‌منظور ارزیابی اثر توزیع فصلی بارش و دما بر گیاهان، در طول یک سال، انحراف معیار پارامترهای دما و بارش نیز مورد استفاده قرار گرفت.

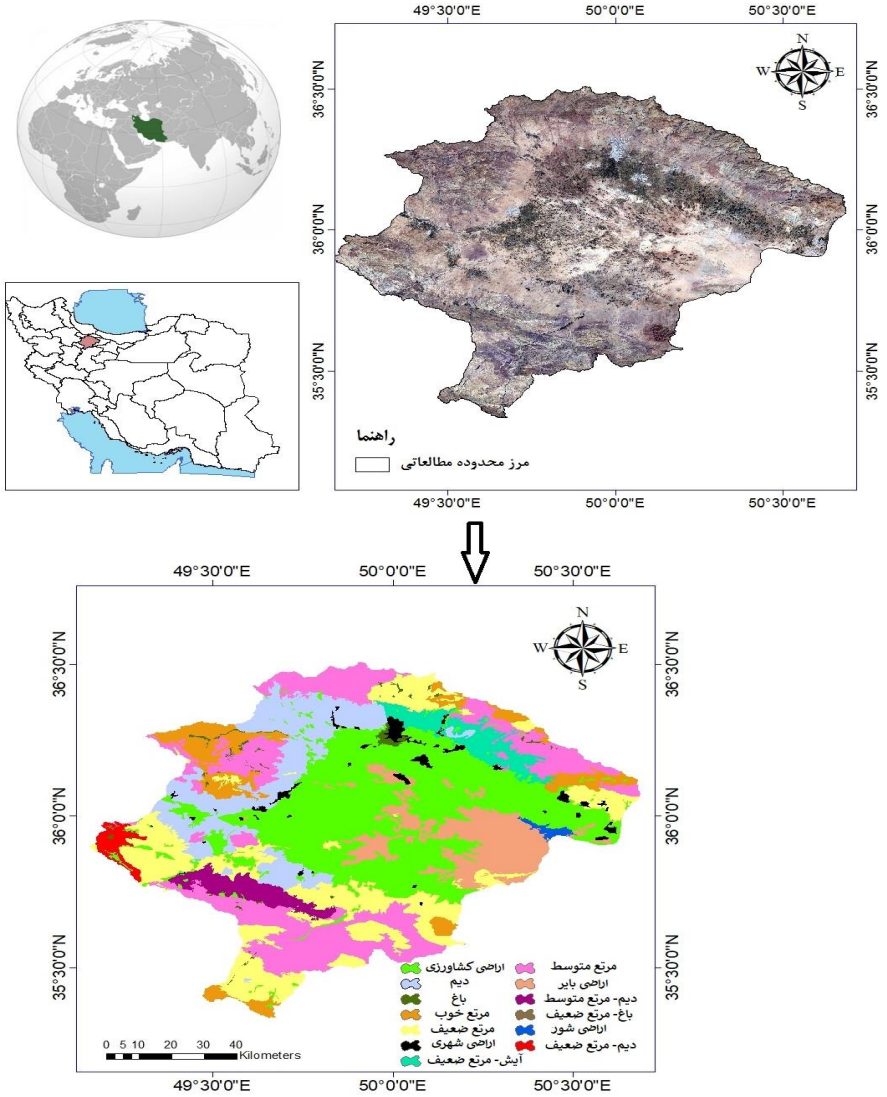
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه دشت قزوین می‌باشد که در استان قزوین و در فاصله حدود ۱۵۰ کیلومتری شمال غربی تهران قرار گرفته‌است. دشت قزوین از سمت شمال با استان گیلان، از غرب با استان زنجان، از جنوب غربی با استان همدان و از جنوب با استان مرکزی و از شرق با استان تهران همجوار می‌باشد. محدوده مطالعاتی بین طول‌های شرقی ′۱۰ °۴۹ و ′۴۰ °۵۰ و عرض‌های شمالی ′۲۰ °۳۵ و ′۳۰ °۳۶ جغرافیایی قرار گرفته است. ارتفاع حداکثر آن برابر ۲۹۷۱ متر، ارتفاع حداقل ۱۱۰۰ متر، ارتفاع متوسط منطقه ۱۲۵۰ متر از سطح دریا و مساحت آن حدود ۹۵۰۰ کیلومترمربع است. میانگین بارش سالانه در سطح دشت از ۲۱۰ میلی متر در بخش‌های شرقی تا بیش از۵۵۰ میلی متر در ارتفاعات شمال شرقی متغیر است و خطوط همبارش کم و بیش موازی خطوط تراز می‌باشند. پرباران ترین نقاط استان دامنه های شمال‌شرقی در منطقه الموت با بارشی بیش از ۵۵۰ میلی‌متر بوده که این شرایط بارشی کم و بیش در مناطق مرتفع شمالی شهرستان قزوین قابل مشاهده می‌باشد. بطور کلی این منطقه در دو زون تکتونیکی متفاوت البرز مرکزی (ارتفاعات شمال دشت قزوین) و زون آتشفشانی ارومیه- دختر (ارتفاعات جنوب دشت قزوین) قرار دارد و به همین دلیل خصوصیات متفاوتی از نظر تکتونیک و زمین‌شناسی ساختمانی، نوع و جنس تشکیلات، ژئومورفولوژی و ... را از خود نشان می‌دهد. همچنین این منطقه متأثر از فازهای کوهزایی مختلفی بوده که علاوه بر گسل‌ها و چین خوردگی‌های فراوان، ناپیوستگی‌هایی را نیز بوجود آورده است. در مجموع اکثر نواحی موردمطالعه، از رسوبات کواترنری پوشانده شده و دشت قزوین و آبرفت‌های مجاور را تشکیل داده است.

در شکل (۱) موقعیت منطقه موردمطالعه و کاربری‌های مختلف واقع در آن که به‌منظور دستیابی به نتایج دقیق‌تر در خصوص تغییرات مکانی NPP و پارامترهای اقلیمی، توسط نرم‌افزار ArcGIS تهیه گردید، نشان داده شده‌است.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

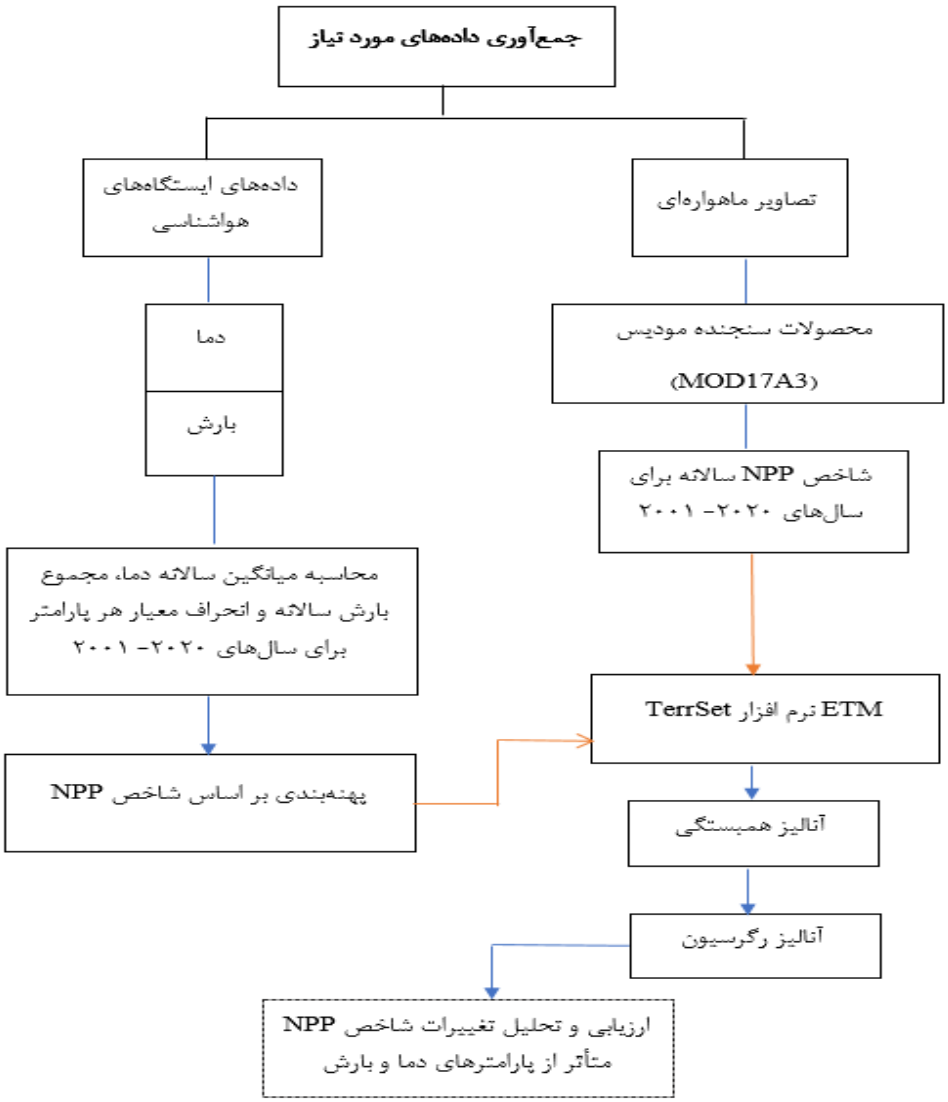


شکل ۱- دشت قزوین و کاربری‌های مختلف واقع در آن

روش تحقیق

به‌منظور بررسی تغییرات تولید اولیه خالص متأثر از نوسانات اقلیمی، از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های هواشناسی استفاده شد. شکل (۲) مراحل مختلف انجام پژوهش را به اختصار نشان می‌دهد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]



شکل ۲- مراحل مختلف روش تحقیق

شاخص NPP: جهت تهیه نقشه‌های NPP از تصاویر ماهواره‌ای MODIS که دارای پوشش ممتد و وسیع طیفی و مکانی است، استفاده شد. بدین صورت که زیرمجموعه MOD17A3، از الگوریتم MOD17 که شامل NPP سالانه است، مورد استفاده قرار گرفت و NPP سالانه برای بازه زمانی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

۲۰۲۰- ۲۰۰۱ محاسبه شد. همچنین نقشه پراکنش مکانی این شاخص با استفاده از میانگین ۲۰ ساله NPP و نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد.

داده‌های هواشناسی :به‌منظور برآورد تغییرات پارامترهای دما و بارش در سال‌های 2020- ۲۰۰۱، از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی (۳۲ ایستگاه) استفاده شد. علاوه بر تعیین میانگین دمای سالانه و مجموع بارش سالانه، مقادیر انحراف معیار دما (sd_t) و انحراف معیار بارش (sd_r) نیز برای هر سال به‌طور جداگانه محاسبه شد (رابطه ۱) و پهنه‌بندی پارامترهای مذکور بر اساس تصاویر NPP با استفاده از روش درونیابی معکوس فاصله (IDW)* در نرم‌افزار ArcGIS برای هر سال صورت گرفت. روش IDW یکی از روش های معمول و پرکاربرد درونیابی است که با توجه به نقاط همسایه و با میانگین‌گیری از نقاط نمونه که در همسایگی هر نقطه مجهول قرار دارند، انجام می‌شود. در این روش فرض بر این است که میزان تشابه و همبستگی بین همسایه‌ها با فاصله‌ی آن‌ها از هم متناسب است به طوریکه نقاط نزدیک به نقطه‌ی برآورد، وزن بیشتر و نقاط دورتر، وزن کمتری دریافت می‌کنند (فتحی هفشجانی و همکاران، ۱۳۹۳).

$$sd = \sqrt{\frac{\sum(r_i - r_{avg})^2}{n-1}}$$

رابطه۱

Sd = انحراف معیار

r_i = مقادیر بارش و دمای هر ماه در یک سال

r_{avg} = میانگین سالانه بارش یا دما

n = تعداد مشاهدات (۱۲)

نقشه‌های پراکنش مکانی پارامترهای دما و بارش نیز از میانگین ۲۰ ساله آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد.

آنالیز رگرسیون خطی: در این مطالعه NPP به‌عنوان متغیر وابسته و پارامترهای دما، بارش و انحراف معیار دما و بارش به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. جهت بررسی اثر تغییرات پارامترهای دما، انحراف معیار دما، بارش و انحراف معیار بارش بر NPP، شیب خط اثر رابطه بین پارامترهای مذکور با تولید اولیه خالص، بر اساس معادلات رگرسیون خطی تک متغیره (R^2) و چند متغیره (R^2_{adj}) محاسبه شد (رابطه ۱ و ۲). شیب منفی نشان‌دهنده رابطه عکس و شیب مثبت نشان‌دهنده رابطه مستقیم است و مقدار شیب، میزان حساسیت و وابستگی متغیرها را نشان می‌دهد. شیب اثر همراه با مقدار R^2 (که نشان دهنده میزان صحت رگرسیون خطی است) در نرم‌افزار TerrSet 18.31 ETM†

* Inverse Distance Weight

† Earth Trend Modeler

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

محاسبه شد. بدین صورت با استفاده از نتایج رگرسیون یک متغیره و چند متغیره، تجزیه و تحلیل‌ها انجام شد و میزان حساسیت NPP نسبت به پارامترهای مذکور تعیین گردید. لازم به ذکر است که طبقه‌بندی میزان حساسیت شاخص مورد نظر بر اساس روش شکست طبیعی در نرم‌افزار ArcGIS صورت گرفت (عرب عامری و همکاران، ۱۳۹۸).

رابطه ۲

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y}_i)^2} = \frac{SS_{residual}}{SS_{total}}$$

در این رابطه $SS_{residual}$ مجموع مربعات خطاهای پیش‌بینی و SS_{total} مجموع مربعات تغییرپذیری مقادیر پیرامون میانگین می‌باشد.

رابطه ۳

$$R^2_{adj} = 1 - \frac{(1-R^2)(N-1)}{N-p-1}$$

N = تعداد کل مشاهدات

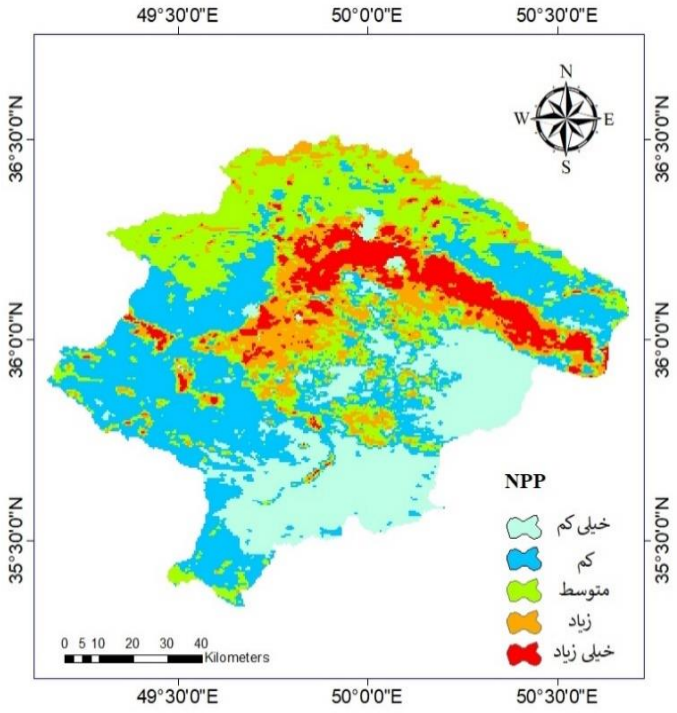
P = تعداد متغیرهای پیش‌بینی

R^2 = ضریب تعیین

نتایج

پراکنش مکانی NPP و پارامترهای دما و بارش: شکل (۳) پراکنش مکانی تولید اولیه خالص در دشت قزوین را نشان می‌دهد. مطابق با نتایج حاصل شده، بیشترین مقدار NPP در بخش‌های مرکزی و شرقی با کاربری کشاورزی و به‌صورت پراکنده در قسمت‌های شمالی و غربی دشت با کاربری باغ مشاهده می‌شود. کمترین مقادیر NPP نیز به اراضی شهری و قسمت‌های جنوب و جنوب شرقی دشت که اراضی بایر و مراتع ضعیف تا متوسط را شامل است، اختصاص دارد. در قسمت‌های شمال، شمال غرب و شمال شرقی دشت نیز که عمدتاً مراتع با کیفیت خوب و متوسط و تا حدودی کاربری دیم را در برمی‌گیرد، پراکنش مکانی NPP به صورت متوسط می‌باشد.

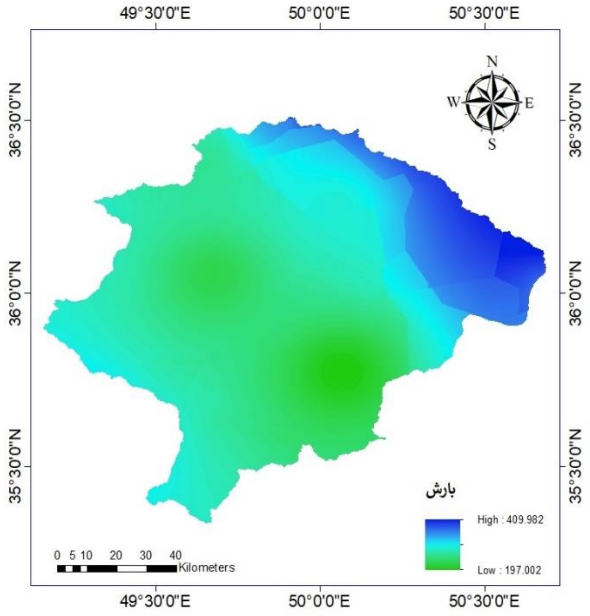
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]



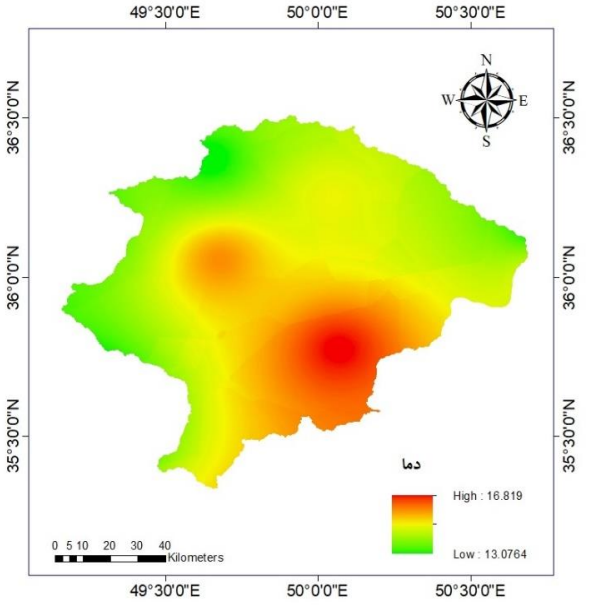
شکل ۳- پراکنش مکانی NPP در دشت قزوین

پراکنش مکانی بارش در دشت قزوین نیز در شکل (۴) نشان داده شده است. مطابق با تصویر، بیشترین مقدار بارش در قسمت‌های شمال، شمال شرق، که در برگیرنده منطقه الموت است و قسمتی از شرق دشت مشاهده می‌شود. قسمت‌های شمال غرب، غرب، جنوب غرب تا جنوب دشت نیز دارای مقادیر بارش متوسط می‌باشد. کم‌بارش‌ترین نواحی دشت قزوین نیز مربوط به قسمت‌های جنوب شرق و مناطق بیابانی بوئین‌زهرا و مرکز دشت می‌باشد. شکل (۵) پراکنش مکانی فاکتور دما در دشت قزوین را نشان می‌دهد. کمترین مقادیر دما مربوط به قسمت‌های شمال غرب تا غرب، شمال شرق تا شرق و جنوب غرب دشت که ارتفاعات آوج را شامل می‌شود، می‌باشد و بیشترین مقدار دما در قسمت‌های جنوب شرقی، که شامل مناطق بیابانی بوئین زهرا است، بخش‌هایی از شرق و مرکز دشت مشاهده می‌شود.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]



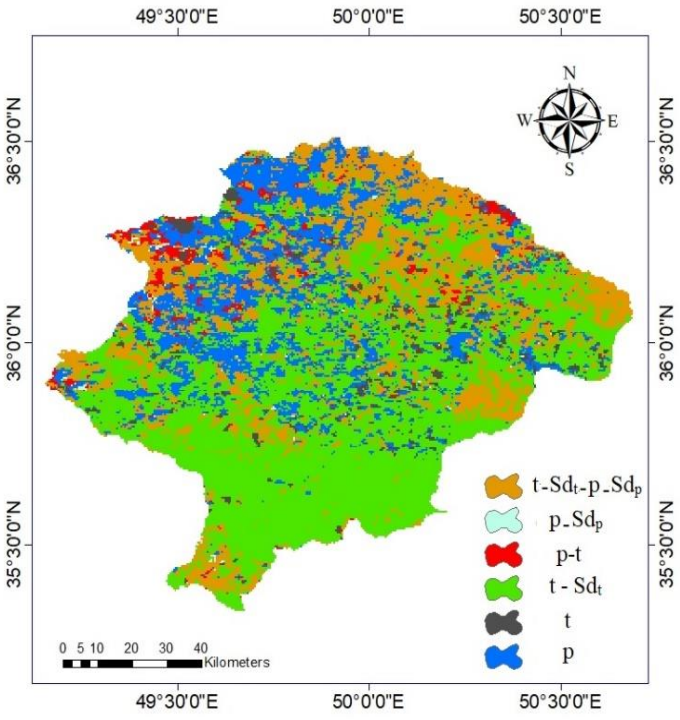
شکل ۴- پراکنش مکانی بارش در دشت قزوین



شکل ۵- پراکنش مکانی دما در دشت قزوین

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

رابطه پارامترهای اقلیمی و NPP: مطابق با شکل (۶) و جدول (۱)، نتایج رگرسیون خطی که به‌منظور بررسی رابطه اقلیم و NPP استفاده شد، نشان داد که در ۴۸/۸ درصد از مساحت منطقه، پارامتر دما-انحراف معیار دما (زمانی که همزمان به معادله وارد می‌شوند) بیشترین ضریب تعیین و بیشترین اثر را بر NPP دارا است که عمدتاً مناطق کم ارتفاع‌تر مرکزی، شمال و شمال شرق منطقه را شامل می‌شود و پس از آن دما-انحراف معیار دما-بارش-انحراف معیار بارش (زمانی که همزمان به معادله وارد می‌شوند) و فاکتور بارش به‌ترتیب در ۲۵/۸۵ و ۱۸/۹۴ درصد از مساحت منطقه، تأثیرگذارترین پارامترها در NPP بودند. کمترین متغیر تأثیرگذار نیز مربوط به اثر توأم پارامتر بارش و انحراف معیار آن بود که تنها در ۰/۴ درصد از مساحت منطقه بر NPP اثرگذار است. پس از آن کمترین عوامل تأثیرگذار بر NPP به‌ترتیب به پارامترهای دما-بارش (به صورت رگرسیون چند متغیره) و پارامتر دما در ۲/۷۱ و ۳/۳ درصد از مساحت منطقه اختصاص دارد.



شکل ۶- تأثیر پارامترهای اقلیمی بر NPP

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

جدول ۱- درصد مساحت مربوط به تأثیر پارامترهای اقلیمی بر NPP

پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار بر NPP	درصد مساحت
دما- انحراف معیار دما	۴۸/۸
دما- انحراف معیار دما- بارش- انحراف معیار بارش	۲۵/۸۵
بارش	۱۸/۹۴
دما	۳/۳
بارش- دما	۲/۷۱
بارش- انحراف معیار بارش	۰/۴

با توجه به اینکه مهمترین عوامل تأثیرگذار در تغییرات NPP به‌ترتیب به فاکتورهای دما- انحراف معیار دما، دما- انحراف معیار دما- بارش- انحراف معیار بارش (ورود همزمان تمامی پارامترها به معادله به صورت رگرسیون چندمتغیره) و فاکتور بارش اختصاص داشت، حساسیت NPP نسبت به هریک از پارامترها را به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار دادیم.

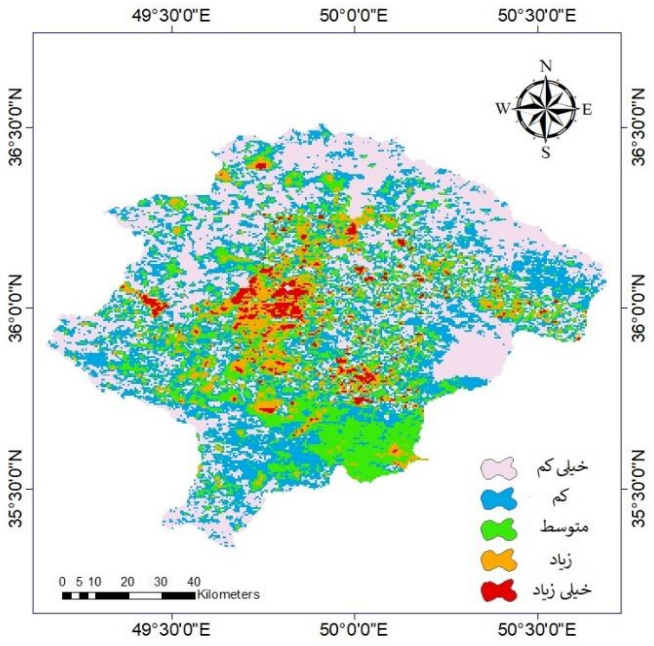
حساسیت NPP نسبت به پارامترهای اقلیمی :شکل (۷) حساسیت NPP نسبت به تغییرات دما را زمانی که فاکتورهای دما و انحراف معیار آن به معادله وارد شده‌اند، نشان می‌دهد. مطابق با نتایج حاصله، در اراضی مرتعی به‌ویژه مراتع ضعیف و متوسط، اراضی بایر و شور و نیز کاربری دیم، حساسیت NPP نسبت به تغییرات دما کم و بیشترین حساسیت این شاخص نسبت به تغییرات دما در کاربری کشاورزی بوده است. بیشترین حساسیت NPP نسبت به انحراف معیار دما نیز مربوط به بخش‌های مرکزی دشت است که کاربری کشاورزی را در برمی‌گیرد و در اراضی بایر، اراضی شهری و بخش‌هایی از کاربری مرتع و دیم کمترین حساسیت این شاخص نسبت به انحراف معیار دما مشاهده شد (شکل ۸).

زمانی که تمام پارامترها به‌عنوان متغیر مستقل، به صورت همزمان، به معادله وارد می‌شوند، NPP در قسمت‌های وسیعی از دشت که عمدتاً اراضی بایر، مراتع ضعیف و متوسط و اراضی شهری را شامل می‌شود، حساسیت کمی نسبت به تغییرات بارش دارد و بیشترین حساسیت این شاخص نسبت به تغییرات بارش در کاربری کشاورزی دیده می‌شود (شکل ۹). در رابطه با انحراف معیار بارش نیز در عمده قسمت‌های دشت، NPP نسبت به این فاکتور حساسیت خیلی کمی داشته و تنها در قسمت‌های محدودی از کاربری کشاورزی حساسیت NPP نسبت به انحراف معیار بارش بسیار زیاد بوده است (شکل ۱۰). همچنین حساسیت NPP نسبت به فاکتور دما زمانی که تمام پارامترها به معادله وارد شدند در قسمت محدودی از منطقه مطالعاتی که کاربری کشاورزی و بخش‌هایی از کابری دیم را شامل می‌شود، زیاد است و در عمده قسمت‌های دشت که اراضی بایر، مراتع ضعیف و متوسط و اراضی شهری

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

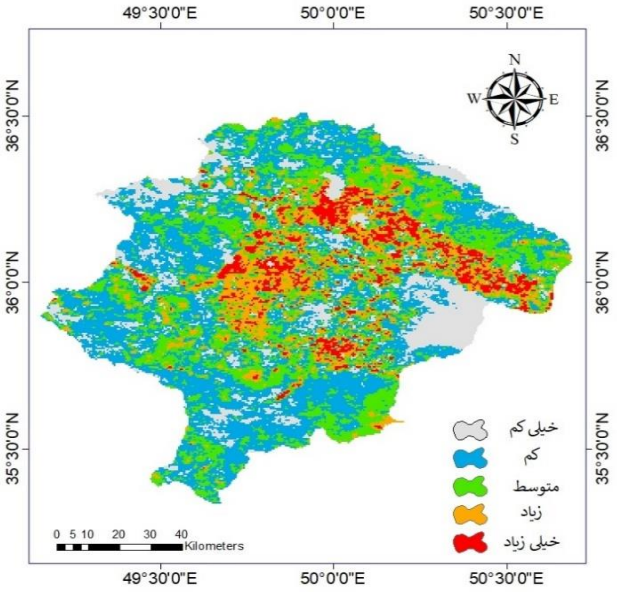
را شامل می‌شود، حساسیت NPP نسبت به دما کم می‌باشد (شکل ۱۱). در خصوص انحراف معیار دما نیز در قسمت‌هایی از کاربری کشاورزی حساسیت NPP نسبت به انحراف معیار دما زیاد بوده و در کاربری‌های دیم، مرتع، اراضی شهری، اراضی بایر، اراضی شور و باتلاقی این شاخص حساسیت کمی نسبت به انحراف معیار دما نشان می‌دهد (شکل ۱۲).

بیشترین حساسیت NPP نسبت به تغییرات بارش (به صورت تک متغیره) نیز به قسمت‌های مرکزی دشت که عمدتاً اراضی کشاورزی را شامل می‌شود و نیز بخش‌هایی از کاربری دیم اختصاص دارد و در اراضی بایر، اراضی شهری و مراتع ضعیف، کمترین حساسیت این شاخص نسبت به تغییرات بارش مشاهده می‌شود (شکل ۱۳).

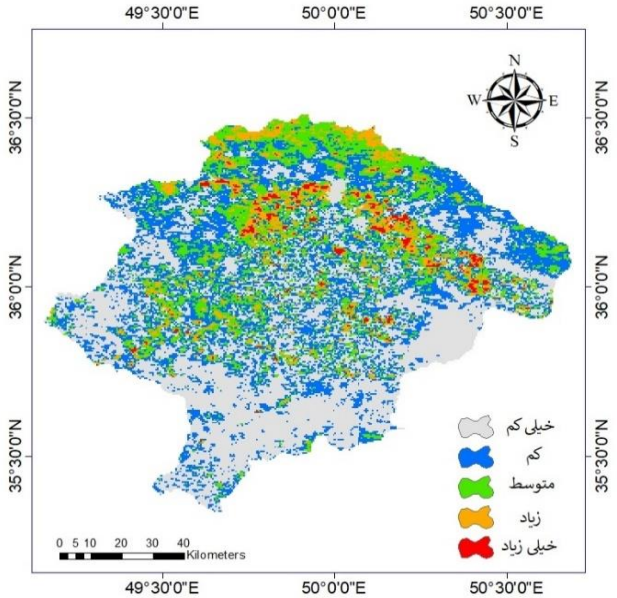


شکل ۷- حساسیت NPP به دما (ورود همزمان t و sd_t به معادله)

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

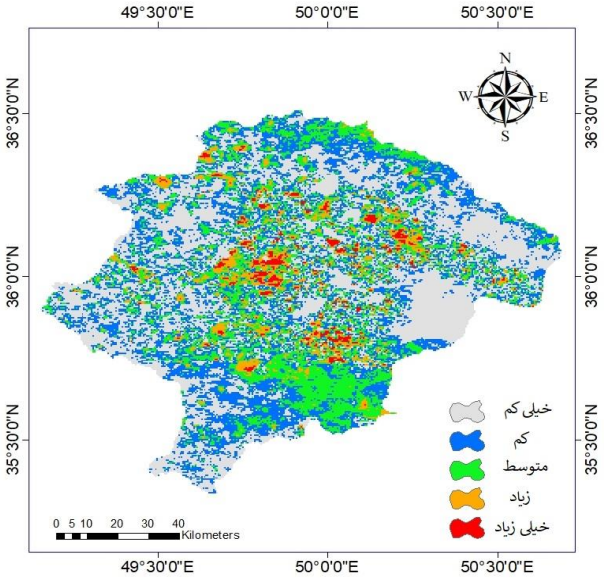


شکل ۸- حساسیت NPP به انحراف معیار دما (ورود همزمان t و sd_t به معادله)

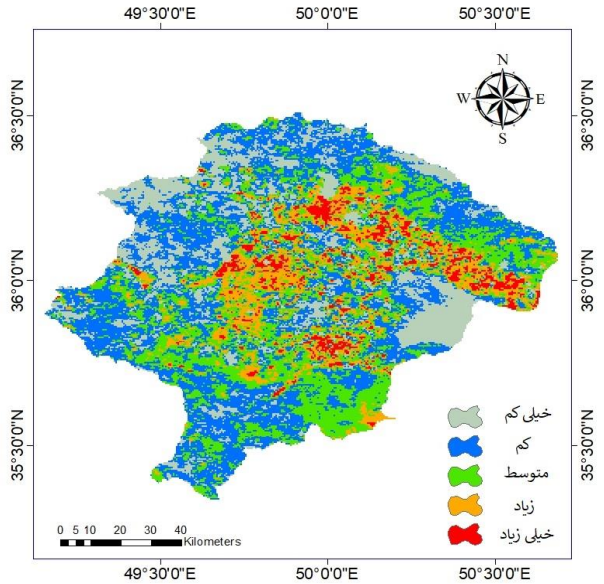


شکل ۹- حساسیت NPP به بارش (ورود تمام پارامترها به معادله)

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

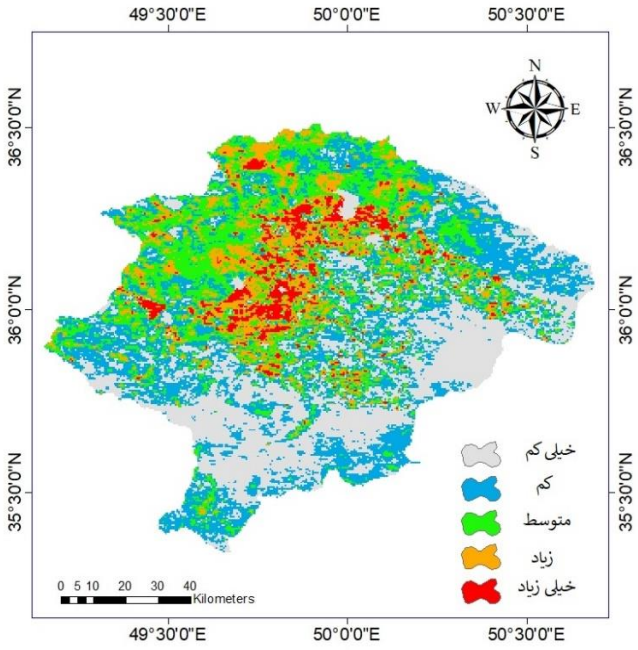


شکل ۱۱- حساسیت NPP به دما (ورود تمام پارامترها به معادله)



شکل ۱۲- حساسیت NPP به انحراف معیار دما (ورود تمام پارامترها به معادله)

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]



شکل ۱۳- حساسیت NPP نسبت به تغییرات بارش (تک متغیره)

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق تغییرات تولید خالص اولیه در کاربری‌های مختلف دشت قزوین تحت تأثیر پارامترهای اقلیمی مورد بررسی قرار گرفت. نقشه پراکنش مکانی NPP نشان داد که بیشترین مقدار تولید خالص اولیه به کاربری‌های باغ و اراضی کشاورزی که عمدتاً در قسمت‌های مرکزی دشت واقع شده است، اختصاص دارد که با نتایج برجی و همکاران (۱۳۹۵) و برخوری و همکاران (۱۳۹۹) مطابقت دارد. شرایط اقلیمی، وجود زمین‌های حاصل‌خیز و دسترسی به آب‌های سطحی و زیرزمینی کافی زمینه مساعدی برای کشت انواع محصولات گرمسیری و سردسیری در دشت قزوین فراهم کرده است، به‌طوریکه انواع محصولات گندم، جو، یونجه، چغندرقند، عدس، لوبیا، سیب‌زمینی، هندوانه، زیتون، ذرت، پسته، گیلاس، سیب، هلو، زردآلو، گردو، انگور، فندق و زالزالک در سطح وسیعی از مزارع کشاورزی کشت می‌شوند. بیشترین حساسیت NPP نسبت به تغییرات پارامترهای اقلیمی نیز در کاربری‌های کشاورزی و باغ مشاهده می‌شود که نشان می‌دهد مقدار تولید خالص اولیه کاربری‌های باغ

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

و کشاورزی ارتباط مستقیم با پارامترهای دما و بارش در محدوده مطالعاتی دارد و نوسانات اقلیمی اثر قابل توجهی بر بخش کشاورزی و باغات در این منطقه داشته است، به‌گونه‌ای که می‌توان بیان کرد بازده محصولات کشاورزی و باغ تا حدود زیادی با شرایط اقلیمی مرتبط است. نتایج تحقیقات علی‌احمدی و همکاران (۱۳۹۹) نیز اثر مستقیم افزایش دما و کاهش بارش را بر کاهش محصولات کشاورزی نشان می‌دهد. مطابق با نتایج تحقیق، تأثیرگذارترین عامل بر NPP به پارامتر دما- انحراف معیار دما، زمانی که هر دو فاکتور به معادله وارد شده‌اند، اختصاص دارد و حساسیت NPP نسبت به تغییرات دما و انحراف معیار آن در کاربری کشاورزی بیش از سایر مناطق می‌باشد. در حالی که پارامتر دما به تنهایی تأثیر چندانی بر NPP در محدوده مطالعاتی نداشته و فقط در ۳/۳ درصد از مساحت دشت، رابطه رگرسیونی دما و NPP دارای ضریب تعیین بالایی بود که با نتایج ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2011) که نشان دهنده اثر شدید افزایش دما و تبخیر و تعرق بر تولید اکوسیستم می‌باشد، مغایرت دارد. همچنین نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که رابطه رگرسیونی بین NPP و بارش- انحراف معیار بارش، زمانی که هردو به صورت همزمان به معادله وارد می‌شوند، ضعیف بوده است به‌طوریکه با کمترین محدوده‌ی اثر، تنها در ۰/۴ درصد از وسعت منطقه مطالعاتی بر NPP اثرگذار بود. این درحالی است که بارش به تنهایی به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل اثر گذار بر NPP در ۱۸/۹۴ درصد از وسعت منطقه مطالعاتی شناخته شد که با نتایج جعفری (Jafari, 2007) مطابقت دارد. نتایج مطالعات جعفری (Jafari, 2007) که تغییرات و آسیب‌پذیری تولید خالص اولیه متأثر از تغییرات اقلیمی را در اکوسیستم‌های جنگلی، مرتعی و بیابانی ایران مورد بررسی قرار داد، نشان دهنده تأثیر مستقیم مقدار بارش بر تولید خالص اولیه می‌باشد. بر اساس یافته‌های پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که بدلیل فصلی بودن بارش، انحراف معیار آن تأثیر چندانی بر NPP نداشته است. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که از بین پارامترهای دما و بارش، بدون در نظر گرفتن انحراف معیار آن‌ها، فاکتور بارش مهمترین عامل کنترل‌کننده NPP در محدوده مطالعاتی که از جمله اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود، می‌باشد و پارامتر دما در وسعت محدودی از دشت قزوین بر این شاخص اثرگذار بوده است. در حالی که عامل دما زمانی که با انحراف معیار آن به صورت همزمان در معادله در نظر گرفته شود، مهمترین عامل کنترل کننده تغییرات NPP در دشت قزوین به حساب می‌آید. همچنین در بین کاربری‌های مختلف واقع در محدوده مطالعاتی، بیشترین حساسیت NPP نسبت به نوسانات اقلیمی در کاربری‌های کشاورزی و باغ مشاهده شده است. نتایج این تحقیق می‌تواند کمک به‌سزایی به مدیران بخش‌های مختلف از جمله بخش مدیریت مراتع جهت برنامه‌ریزی برای چرا در شناسایی مناطق حساس در مواجه با نوسان و تغییر اقلیم باشد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

نوسانات اقلیم در حال حاضر به‌عنوان یکی از چالش‌های محیط زیست به حساب می‌آید که به دلیل اثر بر زندگی بشر، شناخت بیشتر پیامدهای آن ضروری است. از آنجا که توزیع و پراکنش گیاهان تحت تأثیر پارامترهای اقلیمی به‌ویژه دما و بارش قرار دارد، هرگونه تغییر در این پارامترها می‌تواند منجر به تغییر در پوشش گیاهی و در نتیجه شاخص‌های گیاهی از جمله NPP گردد لذا پیشنهاد می‌شود که میزان تولید خالص اولیه در اقلیم‌های مختلف کشور مورد بررسی قرار گیرد و بدین صورت تغییرات تولید تحت تأثیر تغییرات پارامترهای اقلیمی تعیین گردد.

منابع

برجی حسن‌گاویار، م.، اسکندری دامنه، ه.، خسروی، ح. ۱۳۹۵، تولید خالص اولیه در شهرستان کوهدشت، الگوهای مکانی و زمانی در ارتباط با متغیرهای اقلیمی، منابع طبیعی ایران، ۶۹: ۵۶۱-۵۷۴.

برخوری، س.، رفیعی ساردوئی، ا.، رمضانی، م.ر.، آذره، ع.، نسب‌پور مولائی، م. ۱۳۹۹، پیش‌بینی تولید خالص اولیه بیوم‌های مختلف دشت جیرفت در مواجه با تغییر اقلیم، نشریه مرتع و آبخیزداری، ۷۳: ۴۵۳- ۴۷۱.

خواجه‌الدین، س. ج.ا.، پورمنافی، س. ۱۳۸۶، تعیین سطح شالیزارهای حاشیه زایندهرود در منطقه اصفهان با داده‌های ماهواره IRS. نشریه علوم آب و خاک، ۱۱: ۵۱۳- ۵۲۷.

دهقان فارسی، س.، جعفری، ر.؛ موسوی، س. ع.، سلطانی، س. ۱۳۹۶، پایش تغییرات تولید خالص اولیه مراتع استان فارس بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴، نخستین همایش بین‌المللی سامانه اطلاعات جغرافیایی جاده ابریشم، دانشگاه صنعتی اصفهان.

ساکی، م.، سلطانی کوپائی، س.، ترکش اصفهانی، م.، جعفری، ر. ۱۳۹۷، تغییرات مکانی و زمانی اولی خالص اولیه (NPP) و ارتباط آن با فاکتورهای اقلیمی طی سال‌های ۲۰۱۴- ۲۰۰۰ در استان اصفهان، بوم شناسی کاربردی، ۷: ۲۷- ۴۰.

عباسیان، پ.، عطارد، پ.، خلیقی سیگارودی، ش.، بذرافشان، ج.، جان تولند ون‌استان. ۱۳۹۸، حساسیت تولید اولیه خالص به تغییر اقلیم در ناحیه رویشی هیرکانی، نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۷: ۱۸۲- ۱۹۳.

عراقی شهری، س. م.، سلطانی، س.، ترکش، م.، پورمنافی، س. ۱۳۹۹، بررسی تأثیر شاخص‌های پیوند از دور بر تولید خالص اولیه (NPP) در دامنه شمالی البرز، مجله علمی پژوهشی بوم‌شناسی کاربردی، ۹ (۳): ۱۶-۱.

عرب‌عامری، ع.ر، رضایی، خ.، یمانی، م. ۱۳۹۸، ارزیابی حساسیت زمین نسبت به فرسایش خندقی با تکنینک داده‌کاوری گروهی، مطالعه موردی: حوضه شاهرود، نشریه علوم زمین، ۱۱۱: ۱۳۹- ۱۵۰.

علی‌احمدی، ن.، هاشمی‌تبار، م.، حسینی، س. م. ۱۳۹۹، ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر تولید محصولات باغی با رویکرد تولید تصادفی، مورد پژوهی: محصول خرما، مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۴: ۵۷- ۸۲.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

فتحی هفشجانی، ا.، بیگی هرچگانی، ح.ا.، داوودیان دهکردی، ع.، طباطبائی، س.ج. ۱۳۹۳، مقایسه چند روش درونیابی مکانی و انتخاب مناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی نیترات و فسفات در آب زیرزمینی شهرکرد، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۴: ۵۱- ۶۳.

فیروزی، ف.، طاووسی، ت.، محمودی، پ. ۱۳۹۷، بررسی رابطه آماری بین متغیرهای اقلیمی، هیدرولوژیک و پویایی پوشش گیاهی در دشت سیستان، نشریه مدیریت بیابان، ۱۱: ۹۹-۱۱۱.

کرمانی، ف.، رایگانی، ب.، نظامی، ب.، گشتاسب، حمید.، خسروی، ح. ۱۳۹۶، ارزیابی روند تغییرات پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده توران)، مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، ۱۷: ۱- ۱۴.

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: 1-16.

Anderson, R.G., Goulden, M.L. 2011. Relationships between climate, vegetation, and energy exchange across a montane gradient. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 116(G1).

Davie, J.C.S., Falloon, P.D., Kahana, R., Dankers, R., Betts, R., Portmann, F.T., Wisser, D., Clark, D.B., Ito, A., Masaki, Y., Nishina, K. 2013. Comparing projections of future changes in runoff from hydrological and biome models in ISI-MIP. Earth System Dynamics, 4(2): 359-374.

Eisfelder, Ch., Klein, I., Markus. N., Keizer, C. 2014. Net primary productivity in Kazakhstan, its spatio-temporal patterns and relation to meteorological variables. Arid Environments 103: 17-30.

Gang, C., Zhou, W., Li, J., Chen, Y., Mu, S., Ren, J., Chen, J., Groisman, P.Y. 2013. Assessing the spatiotemporal variation in distribution, extent and NPP of terrestrial ecosystems in response to climate change from 1911 to 2000. PloS One, 8(11): e80394.

Jafari, M. 2007. Review on needfulness for plant ecophysiological study and investigation on climate change's effects on forest, rangeland and desert ecosystems. Climate Change in South-Eastern European Countries: Causes, Impacts. In Workshop: Climate Change in South-Eastern European Countries: Causes, Impacts, Solutions, Orangerie, Burggarten, Graz, Austria.

Li, Q., Tuo, D., Zhang, L., Wei, X., Wei, Y., Yang, N., Xu, Y., Anten, N.P., Pan, X. 2014. Impacts of climate change on net primary productivity of grasslands in Inner Mongolia. The Rangeland Journal, 36(5): 493-503.

Liu, Ch., Xiaofeng, D., Liu, L.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.

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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

terrestrial net primary production from 1982 to 1999. Science, 300(5625): 1560-1563.

Solly, B., Jarju, A. M., Sonko, E., Yaffa, S., Sawaneh, M. 2021. Detection of recent changes in Gambia vegetation cover using time series MODIS NDVI. Belgeo. Revue belge de géographie, (1).

Sun, G., Riekerk, H., Kornhak, L.V. 2000. Ground-water-table rise after forest harvesting on cypress-pine flatwoods in Florida. Wetlands, 20(1): 101-112.

Zhang, G., Kang, Y., Han, G., Sakurai, K. 2011. Effect of climate change over the past half century on the distribution, extent and NPP of ecosystems of Inner Mongolia. Global Change Biology, 17(1): 377-389.

Zhang, L., Xiao, J., Li, J., Wang, K., Lei, L., Guo, H. 2012. The 2010 spring drought reduced primary productivity in southwestern China. Environmental Research Letters, 7(4): 045706.

Zhao, C., Shao, Q., Liu, J. Y. 2012. Analysis of net primary productivity of terrestrial vegetation on the qinghaitibet plateau based on Modis remote sensing data. Science China Earth 55: 1306-1312

Zhao, D., Wu, S., Yin, Y. 2013. Responses of terrestrial ecosystems net primary productivity to future regional climate change in China. PLoS ONE 8(4): 253-268.

Zoungrana, B.J., Conrad, C., Thiel, M., Amekudzi, L.K. Da, E.D. 2018. MODIS NDVI trends and fractional land cover change for improved assessments of vegetation degradation in Burkina Faso, West Africa. Journal of Arid Environments, 153, 66-75.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]