

اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال بیست و چهارم، شماره ۹۳، بهار ۱۳۹۵

بررسی آثار انتشار دی‌اکسید کربن بر الگوی کشت دشت همدان - بهار

شیوا سلطانی^۱، سید حبیب‌الله موسوی^{۲*} صادق خلیلیان^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۵

چکیده

طی دهه‌های اخیر، افزایش گازهای گلخانه‌ای و به‌ویژه دی‌اکسید کربن، گرم شدن کره زمین را در پی داشته است. از سوی دیگر، افزایش CO₂ از طریق تسهیل فرایند فتوسنتز و نیز تعرق گیاهان می‌تواند موجب تغییر و حتی بهبود عملکرد محصولات کشاورزی شود. بنابراین، ارزیابی تأثیر نهایی افزایش این گاز در محیط تولید محصولات کشاورزی همواره موضوعی بحث‌برانگیز میان پژوهشگران بخش کشاورزی بوده است. با این توضیح، در مطالعه حاضر به پیش‌بینی آثار تغییر سطح انتشار CO₂ بر الگوی کشت دشت همدان - بهار در دهه‌های آتی نسبت به سال زراعی ۱۳۹۱ - ۹۲ پرداخته شد. بدین منظور، ابتدا با استفاده از رهیافت ناپارامتری KNN حساسیت عملکرد محصولات زراعی منطقه نسبت به انتشار دی‌اکسید کربن

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲ و ۳. به ترتیب، استادیار و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

e-mail: shamosavi@modares.ac.ir

* نویسنده مسئول

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و چهارم، شماره ۹۳

بر آورد گردید. در مرحله بعد، با به کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی و تدوین مدل PMP، شرایط الگوی کشت منطقه شبیه‌سازی و آثار تغییر سطح انتشار CO₂ بر الگوی کشت، در قالب سناریوهای مختلف، بررسی شد. نتایج نشان داد که در افق کوتاه‌مدت ۲۰۲۰، افزایش سطح انتشار CO₂ دارای آثار مثبت بر الگوی کشت است اما در بلندمدت این روند تغییر خواهد کرد. با این حال، استفاده متعادل از سوخت‌های فسیلی و غیرفسیلی و نیز بهره‌گیری از رویکردهای جهانی موجب دستیابی به بیشترین بازده ناخالص در سال‌های آتی خواهد شد.

طبقه‌بندی JEL: C02، C45، Q54، R14

کلیدواژه‌ها:

گرامایش جهانی، الگوریتم KNN، عملکرد محصول، ارزش افزوده بخش کشاورزی

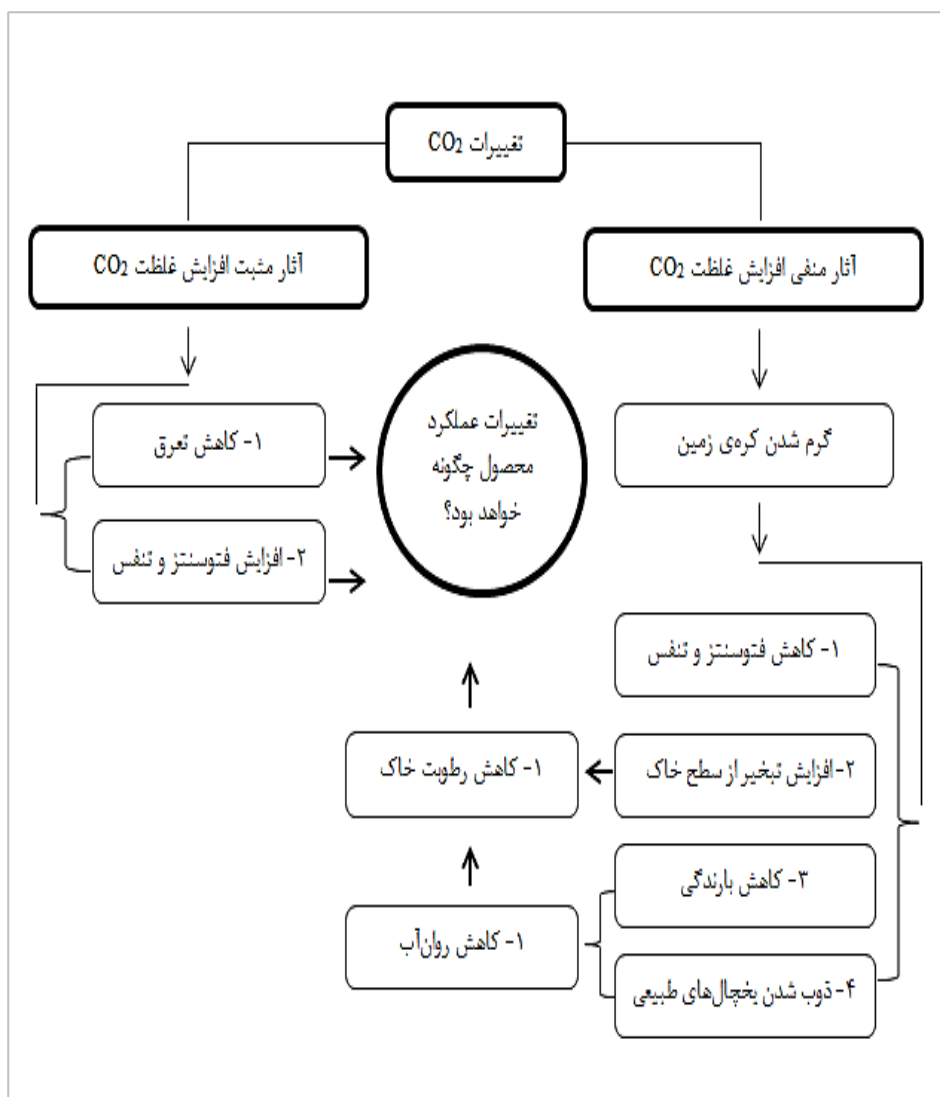
مقدمه

افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی به‌منظور تأمین انرژی بخش‌های اقتصادی در دهه‌های اخیر از یک سو و جنگل‌زدایی و تخریب محیط زیست از سوی دیگر باعث افزایش روزافزون گازهای گلخانه‌ای در سطح کره زمین شده است. پس از بخار آب، CO₂ مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای جذب‌کننده اشعه مادون قرمز در اتمسفر است به طوری که ۶۲ درصد از مجموع کل نیروی و تابشی زمین، که توسط گازهای گلخانه‌ای در دهه گذشته تولید شده، به علت وجود این گاز بوده است (علی‌پور، ۱۳۹۲). نتایج تحقیقات مختلف نشان از تأثیر افزایش غلظت CO₂ بر اقلیم کره زمین دارد (تقدیسیان و میناپور، ۱۳۸۲؛ قویدل و خورشیددوست، ۱۳۸۵). مهم‌ترین این تأثیرات بر درجه حرارت اتمسفر کره زمین است که از آن به عنوان گرم شدن جهانی اطلاق می‌شود. همچنین علاوه بر افزایش درجه حرارت اتمسفر، دیگر متغیرهای اقلیمی مانند بارندگی نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرند و لذا مجموعه این عوامل پدیده تغییر اقلیم را تشکیل می‌دهند (Vanuytrecht et al., 2012).

بررسی آثار انتشار

نکته حائز اهمیت این است که کشاورزی به عنوان یک نظام زیست‌فیزیکی، شدیداً وابسته به شرایط اقلیمی است و تغییر در این شرایط می‌تواند از طریق تغییر عملکرد، تولید محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار دهد (علی‌پور، ۱۳۹۲). چگونگی اثرگذاری افزایش انتشار CO₂ بر پارامترهای اقلیمی و در نتیجه بر عملکرد محصولات کشاورزی به صورت شماتیک در نمودار ۱ نشان داده شده است (FAO, 2011; نیوتن و همکاران، ۱۳۸۹). اثر اولیه افزایش غلظت CO₂، تغییر میزان فتوسنتز و تنفس گیاهان است. شدت فتوسنتز و تنفس به میزان CO₂ موجود در اتمسفر، آب، دما و نور بستگی دارد (Prior & Ranion, 2011). همچنین اثر غیر مستقیم افزایش غلظت CO₂، کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش تعرق از سطح گیاه و افزایش کارایی مصرف آب است (Parry et al., 2004). بنابراین با افزایش غلظت CO₂ در محیط اطراف گیاه، فتوسنتز افزایش و تعرق کاهش می‌یابد که این موضوع دارای اثر مثبت بر عملکرد خواهد بود (Long et al., 2005).

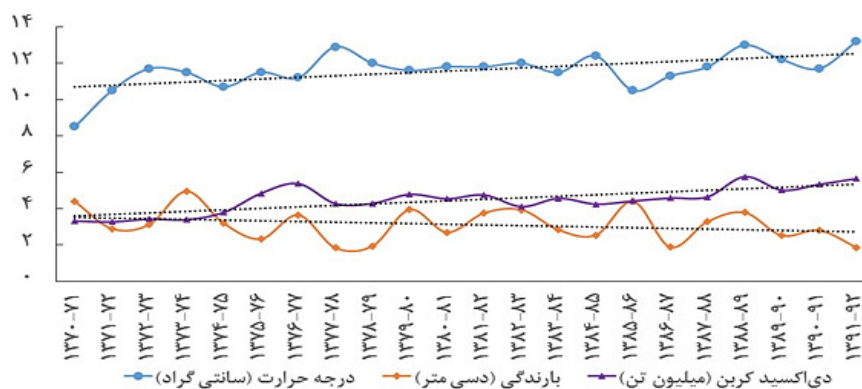
از طرفی با افزایش CO₂، به دلیل وقوع اثر گلخانه‌ای، دما افزایش می‌یابد، افزایش دما منجر به کاهش بارندگی، کاهش رواناب‌ها، افزایش تبخیر از سطح خاک و در نتیجه خشک‌تر شدن محیط گیاه و افزایش نیاز آبی آن می‌گردد. همچنین افزایش تبخیر از سطح خاک منجر به از بین رفتن مواد مغذی خاک و فرسایش آن می‌شود (FAO, 2011; نیوتن و همکاران، ۱۳۸۹). هوای گرم‌تر دوام کلیه مراحل رشد گیاه را کوتاه می‌کند. به این ترتیب زمان کمتری برای جذب نور، آب و عناصر غذایی وجود دارد و در نتیجه زیست توده با افزایش دما کاهش می‌یابد. بنابراین با تغییر سطح انتشار CO₂، عملکرد محصولات کشاورزی تغییر می‌یابد اما چگونگی تغییر آن در بین گیاهان با مسیرهای فتوسنتزی مختلف همواره معمایی قابل بحث برای محققان بوده است (Bernacchi et al., 2007; Jorgensen et al., 2011; Leaky, 2009).



نمودار ۱. چگونگی اثرگذاری افزایش غلظت CO₂ بر عملکرد محصولات کشاورزی

بررسی آثار انتشار

بر اساس آمار منتشر شده سازمان هواشناسی استان همدان، در دشت همدان- بهار در طی سال‌های اخیر، دمای هوا روند افزایشی و بارندگی روند کاهشی داشته‌است (سازمان هواشناسی استان همدان، ۱۳۹۱). نمودار ۲ مقادیر مربوط به میانگین دما و مجموع بارندگی سالانه در این دشت را طی دوره آماری ۱۳۷۰-۱۳۹۱ نشان می‌دهد. دشت یاد شده دارای وسعتی معادل با ۴۶ هزار هکتار است که در حدود ۲۵ هزار هکتار از آن زیر کشت محصولات زراعی آبی قرار دارد و در حدود ۲۰ هزار هکتار از آن نیز به صورت کشت دیم مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. همچنین باغات با کشت آبی و دیم نیز کمتر از ۷۰۰ هکتار از اراضی این محدوده را به خود اختصاص داده‌است (Balali et al., 2011).



نمودار ۲. مقادیر سالانه پارامترهای آب و هوایی دشت همدان- بهار

با توجه به نمودار ۲، تغییر شرایط اقلیمی این دشت به صورت افزایش درجه حرارت و کاهش بارندگی و نیز افزایش انتشار گاز CO₂ است، لذا در صورت تداوم روند فوق، این انتظار وجود دارد که عملکرد اغلب محصولات در این دشت دستخوش تغییرات گردد. با توجه به این رویکرد، در مطالعه حاضر آثار تغییرات سطح انتشار CO₂ بر الگوی کشت دشت همدان- بهار مورد بررسی قرار گرفت و حساسیت عملکرد محصولات زراعی دشت نسبت به انتشار CO₂ به صورت کمی ارزیابی شد.

در زمینه برآورد آثار تغییر غلظت دی‌اکسید کربن بر الگوی کشت، مطالعات اندکی صورت گرفته است که از بین آنها می‌توان به مطالعه کوچکی (۱۳۷۸) اشاره کرد که به بررسی آثار افزایش غلظت CO_2 بر تولید و بازده دو محصول سیب زمینی و چغندر قند در شهرستان تبریز پرداخت. نتایج این مطالعه نشان داد که دو برابر شدن میزان غلظت CO_2 و تغییرات اقلیمی ناشی از آن منجر به کاهش طول دوره رشد، افزایش عملکرد و افزایش نیاز آبی گیاه چغندر قند می‌شود. در مورد محصول سیب‌زمینی ایجاد چنین شرایطی منجر به کاهش شدید طول دوره رشد و نیاز آبی گیاه می‌گردد، اما در خصوص عملکرد آن نتایج متضادی به دست آمد.

پریور و رانیون (Prior & Ranion, 2011) به بررسی آثار افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر گیاهان در شرایط گلخانه‌ای پرداختند. بر اساس نتایج این مطالعه، افزایش غلظت CO_2 موجب افزایش رشد رویشی گیاهان، افزایش عملکرد دانه، کاهش مصرف آب توسط گیاه (به دلیل کاهش تعرق) و بهبود راندمان مصرف آب در اغلب محصولات می‌گردد.

لیکی (Leakey, 2009) به مقایسه آثار افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر عملکرد محصولات با مسیرهای فتوسنتزی C_3 و C_4 که در آنها اولین محصول تولیدی پس از تثبیت CO_2 به ترتیب یک ترکیب اسیدی ۳ و ۴ کربنه است پرداخت. نتایج نشان داد که در گیاهان C_3 ، افزایش غلظت CO_2 موجب افزایش فتوسنتز و کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شود و بهبود عملکرد گیاهان را در پی خواهد داشت در حالی که در گیاهان C_4 ، افزایش غلظت دی‌اکسید کربن تنها در شرایط تنش خشکی برای گیاه سودمند خواهد بود. بر اساس مطالعه پری و همکاران (Parry et al., 2004) در خصوص پیش‌بینی آثار افزایش غلظت CO_2 ، دما و بارندگی بر عملکرد محصولات گندم، سویا، برنج و ذرت در غالب سناریوهای SRES با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن، آثار منفی ناشی از افزایش دما و کاهش بارندگی تا حد زیادی جبران می‌گردد. نتایج مطالعه مک‌کارل و آتاوانیچ (McCarl & Attavanich, 2011) نیز نشان داد که محصولات C_3 به طور مستقیم و محصولات C_4 به طور غیر مستقیم و تنها در

بررسی آثار انتشار.....

شرایط تنش خشکی، از افزایش غلظت دی‌اکسید کربن سودمند می‌شوند. همچنین در صورت وقوع شرایط اقلیمی مذکور، در سال ۲۰۵۰ در کشور آمریکا، مازاد مصرف کنندگان افزایش و مازاد تولید کنندگان کاهش خواهد یافت.

همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، علی‌رغم افزایش روزافزون گازهای گلخانه‌ای در سطح کره زمین، در زمینه بررسی آثار اقتصادی تغییر سطح انتشار دی‌اکسید کربن بر الگوی کشت و بخش کشاورزی، مطالعات بسیار اندکی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. لذا مطالعه در جهت کمی‌سازی آثار اقتصادی پدیده مذکور الزامی می‌نماید.

روش تحقیق

در این مطالعه به منظور پیش‌بینی عملکرد محصولات زراعی دشت همدان- بهار نسبت به سطح انتشار CO_2 ، از رهیافت ناپارامتری بر پایه روش نزدیک‌ترین همسایگی^۱ استفاده شد. روش KNN به واسطه سادگی ذاتی یکی از روش‌های مناسب در فرایندهای پیش‌بینی است (Sorjamaa et al. 2005). مزایای استفاده از الگوریتم KNN، شامل امکان اجرای ساده، عدم نیاز به مرحله تخمین پارامترها، مؤثر بودن در برخورد با تعداد دسته‌های زیاد از مشاهدات و نیز قابلیت مدل‌سازی غیرخطی است. علی‌رغم مزایای فوق، الگوریتم KNN در فرایندهای پیش‌بینی دارای محدودیت‌هایی است. از آنجا که مدل سعی در شناسایی الگوهای مشابه در سری زمانی و استفاده از آنها در پیش‌بینی دارد، وجود اطلاعات کافی برای واسنجی مدل لازم است و اطلاعات کوتاه‌مدت ممکن است منجر به خطاهای زیادی در مدل‌سازی با استفاده از این الگوریتم شود. در روش KNN، تابع توزیع مقادیر پیش‌بینی با استفاده از توزیع ناپارامتری تابع کرنل^۲ به دست می‌آید. مفهوم مورد استفاده در این روش بدین شرح است که با مشاهده متغیرهای مستقل در زمان واقعی، مدل به جستجوی الگوهای مشابه شرایط فعلی در سری تاریخی می‌پردازد (عزومی و عراقی‌نژاد، ۱۳۹۱). وقایعی که در سری تاریخی در این الگوها

1. K-Nearest Neighbor

2. Kernel

پیش آمده‌اند، می‌توانند به عنوان گزینه‌های محتمل در شرایط فعلی در نظر گرفته شوند. احتمال وقوع هر یک از این حالت‌ها در شرایط حاضر، بستگی به شباهت بردار متغیرهای مستقل فعلی با بردار متغیرهای مستقل مشاهداتی در سری تاریخی دارد (Allahyari pour & Asemi, 2011). بر این اساس، در مطالعه حاضر، سطح عملکرد سالانه هر یک از محصولات زراعی دشت همدان - بهار به عنوان متغیر وابسته و سطح انتشار سالانه دی‌اکسید کربن به عنوان متغیر پیش‌بینی کننده در نظر گرفته شدند و رابطه بین متغیرهای مذکور در غالب الگوی KNN، برای هر یک از محصولات برآورد گردید. در این الگو، بردار سطری m ستونه مقادیر متغیرهای پیش‌بینی کننده x_j در زمان t به صورت رابطه ۱ در نظر گرفته می‌شود:

$$Pr_{j,t} = (x_{j,t}) \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

ماتریس m ستونه و n سطری از مقادیر متغیرهای پیش‌بینی کننده در سری زمانی به صورت رابطه ۲ است:

$$Pr_{j,(t-i)} = (x_{j,(t-i)}) \quad ; j = 1, 2, \dots, m \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

با استفاده از تابع فاصله سنج $Dist$ ، فواصل بین بردار $Pr_{j,t}$ با سطرهای ماتریس $Pr_{j,(t-i)}$ به شرح رابطه ۳ قابل استخراج خواهد بود:

$$Dist_{(t-i)} = f(w_j, x_{j,(t-i)}, x_{j,t}) \quad (3)$$

که در این رابطه اندیس j نشان‌دهنده متغیرهای پیش‌بینی کننده و اندیس i بیانگر گام زمانی است. مقادیر w_j وزنهایی است که برای پیش‌بینی کننده‌ها در نظر گرفته می‌شود. در ادامه از یک تابع کرنل گسسته برای وزندهی به همسایه‌ها استفاده گردید. تابع کرنلی که یا کوویتز^۱ پیشنهاد داد به صورت ۴ است (Lall & Sharma, 1996):

$$k(Dist_{(t-i)}) = (Dist_{(t-i)})^{-1} \sum_{i=1}^k (Dist_{(t-i)}) \quad (4)$$

بررسی آثار انتشار

نزدیک‌ترین همسایه‌ها بر اساس وزن محاسبه شده از ۱ تا k رتبه‌بندی می‌شوند به نحوی که همسایه با بیشترین وزن کمترین رتبه را داشته باشد و بر عکس. چنانچه دو یا چند همسایه دارای یک وزن باشند، رتبه همسایه‌ای که فاصله زمانی کمتری با زمان پیش‌بینی دارد کمتر در نظر گرفته می‌شود. در نهایت، مقدار پیش‌بینی از رابطه ۵ محاسبه گردید:

$$D(t) = \sum_{i=1}^k (Dist_{(t-i)} D_{(t-i)}) \quad (5)$$

در این رابطه، $D_{(t-i)}$ مقدار متغیر وابسته در زمان $(t-i)$ و $D(t)$ مقدار متغیر وابسته در زمان t است. تعیین دقیق بهترین تعداد همسایگی یکی از دغدغه‌های موجود در روش KNN است (Kang & Cho, 2008). بدین منظور توابع مختلفی همچون توابع فاصله‌سنج اقلیدسی^۱، منهن^۲، کمبرا^۳، لنس- ویلیامز^۴ و ماهانالویس^۵ به کار گرفته می‌شوند (Yate et al., 2003; Araghinejad et al., 2010; Sharif & Burn, 2006; Todeschini, 1989). تابع فاصله‌سنج اقلیدسی از معمول‌ترین این توابع است که به دلیل برخورداری از ویژگی‌هایی همچون سادگی در محاسبات، پشتوانه تئوریک قوی، خطای کمتر در نتایج و نیز پرکاربرد بودن آن در سایر مطالعات، در این مطالعه نیز از آن استفاده شد. این تابع بر اساس فاصله متریک دو نقطه در فضای اقلیدسی تعریف می‌شود. چنانچه m متغیر پیش‌بینی‌کننده با طول سری زمانی n در نظر گرفته شود، این تابع فاصله‌سنج را می‌توان به صورت رابطه ۶ تعریف نمود (Beersma & Buishand, 2003):

$$Dist(t-i) = \sqrt{\sum_{j=1}^m [w_j (x_{j,(t-i)} - x_{j,t})^2]} \quad (6)$$

در رابطه فوق $x_{j,(t-i)}$ متغیر پیش‌بینی‌کننده مشاهده شده j در سری تاریخی $j = 1, 2, \dots, n$ و $x_{j,t}$ متغیر پیش‌بینی‌کننده مشاهده شده j در زمان t است که متغیر وابسته در زمان t به وسیله این

-
1. Euclidean
 2. Manhattan
 3. Cambera
 4. Lance-Villiams
 5. Mahanalobis

مقدار تخمین زده می‌شود و همچنین w_j وزن مربوط به متغیر X_j است. پس از برآورد مدل‌های مورد نظر و تعیین بهترین همسایگی، عملکرد مدل‌ها با استفاده از شاخص‌های R^2 و RMSE¹ مورد ارزیابی واقع شدند (Akbari et al., 2011; Karlson & Yakowitz, 1987).

هدف از به‌کارگیری الگوریتم KNN در این تحقیق، پیش‌بینی عملکرد محصولات زراعی دشت همدان- بهار در نتیجه تغییر سطح انتشار CO_2 است که تجزیه و تحلیل الگوریتم مذکور در نرم‌افزار RapidMiner 5.3 صورت پذیرفت. به‌منظور محاسبه میزان انتشار CO_2 در دشت همدان- بهار، از اطلاعات مربوط به میزان مصرف ۶ حامل انرژی بنزین، نفت سفید، نفت کوره، نفت گاز، گاز مایع و گاز طبیعی در دوره زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۰ استفاده شد. اطلاعات مذکور از ترازنامه هیدروکربوری وزارت نفت، ترازنامه انرژی وزارت نیرو و همچنین شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی ایران اخذ گردید. سپس با استفاده از ضریب انتشار CO_2 توسط هر یک از حامل‌های انرژی و ضرب آن در میزان مصرف حامل انرژی مربوطه، میزان انتشار CO_2 در دوره زمانی مورد نظر محاسبه گردید. در مرحله بعد، با به‌کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی و تدوین مدل PMP²، شرایط الگوی کشت منطقه شبیه‌سازی شد و آثار تغییر سطح انتشار CO_2 بر الگوی کشت، با استفاده از کشش‌های به‌دست آمده از الگوریتم KNN، بررسی شد. بدین منظور مدل تجربی مطالعه حاضر به شرح زیر بسط

یافت:

$$\text{Max } GM = \sum_{i=1}^n X_i (P_i Y_i - CW_i - C_i) \quad (7)$$

$$\text{s. t. } \sum_{i=1}^n WC_i X_i \leq GW + SW \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i \leq TLand \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n K_i X_i \leq TInvest \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n M_i X_i \leq TMachin \quad (11)$$

1. Root Mean Square Error
2. Positive Mathematical Programming

بررسی آثار انتشار

$$\sum_{i=1}^n L_i X_i \leq T_{Labour} \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^n F_{ij} X_i \leq T_{Fertilizer_j} \quad (13)$$

$$X_i \geq 0 \quad (14)$$

در این مدل، GM بازده ناخالص سالانه حاصل از کل فعالیت‌های زراعی در منطقه؛ X_i میزان سطح زیر کشت محصول i بر حسب هکتار؛ P_i قیمت هر کیلوگرم محصول i بر حسب ریال؛ Y_i عملکرد محصول i بر حسب کیلوگرم بر هکتار؛ CW_i هزینه استفاده از آب در یک هکتار از محصول i ؛ C_i هزینه استفاده از سایر نهاده‌های تولید غیر از آب در هکتار از محصول i و نیز WC_i ، K_i ، M_i ، L_i و F_{ij} به ترتیب بیانگر میزان استفاده از آب، سرمایه، ماشین‌آلات، نیروی کار و کود شیمیایی نوع j برای تولید محصول i در یک هکتار زمین زراعی هستند. علاوه بر این، GW ، SW ، T_{Land} ، T_{Labour} و $T_{Fertilizer_j}$ به ترتیب مقدار کل منابع آب زیرزمینی، آب سطحی، زمین، نیروی کار و کودهای شیمیایی در دسترس در منطقه برای فعالیت‌های زراعی دشت را نشان می‌دهند. همچنین T_{Invest} بیانگر کل سرمایه نقدی قابل دسترس در منطقه و T_{Machin} کل ظرفیت ماشین‌آلات در دسترس در منطقه بر حسب ساعت است. رابطه ۷ بیانگر تابع هدف و نیز روابط ۸ تا ۱۴ محدودیت‌های لحاظ شده در مدل هستند. تابع هدف، بازده ناخالص سالانه حاصل از کل فعالیت‌های زراعی دشت را حداکثر می‌کند. توابع هزینه به کار رفته در تابع هدف به صورت مجموع هزینه‌های مربوط به زمین، آب، نیروی کار، کودهای شیمیایی، سرمایه و ماشین‌آلات هستند. همچنین محدودیت‌های مدل به ترتیب شامل محدودیت منابع آب، سطح زیر کشت، سرمایه، ماشین‌آلات، نیروی کار و کودهای شیمیایی‌اند. محدودیت منابع آب نشان می‌دهد که کل آب مورد نیاز برای کشت محصولات زراعی دشت حداکثر به اندازه مجموع منابع آب زیرزمینی و سطحی در دسترس است. در دشت مورد مطالعه رودخانه دائمی وجود ندارد و تأمین عمدتاً آب از طریق منابع آب زیرزمینی صورت می‌گیرد و بر همین اساس محدودیت منابع آب زیرزمینی مهم‌ترین

محدودیت مدل را تشکیل می‌دهد (زمانی، ۱۳۹۰). سایر محدودیت‌های مدل نیز بیانگر آن هستند که میزان استفاده از هر یک از منابع زمین، سرمایه، ماشین‌آلات، نیروی کار و کودهای شیمیایی برای تولید هر هکتار محصول i نمی‌تواند از کل منابع در دسترس دشت بیشتر باشد. لازم به ذکر است که محدودیت کود شیمیایی برای هر یک از کودهای نیتروژن، فسفات و پتاس تکرار می‌گردد و بر این اساس، اندیس z نمایانگر نوع کود شیمیایی است.

در مرحله آخر به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات از بسته نرم‌افزاری GAMS و حل گر CONOPT3 استفاده شد. بدین منظور در بدو امر، جهت حصول نتایج مناسب در شبیه‌سازی آثار تغییر سطح انتشار CO_2 بر الگوی کشت، مدل بسط یافته با استفاده از روش ماکزیمم آنروپی^۱ کالیبره شد. این تکنیک به وسیله گولان و همکاران^۲ (۱۹۹۶) معرفی شده‌است. در چارچوب این روش، ضرایب رگرسیون به عنوان متغیرهای تصادفی مجزا به همراه یک بازه حمایتی در نظر گرفته می‌شوند. اعداد موجود در این بازه که مقادیری محتمل بوده و در ادبیات موضوع با عنوان مقادیر پشتیبان شناخته می‌شوند، برگرفته از تئوری‌های علمی یا مطالعات پیشین هستند. مجموع حاصل ضرب احتمال تحقق اعداد بازه در هر عدد، ضرایب رگرسیونی را تشکیل می‌دهند (Caputo & Paris, 2008). پس از کالیبراسیون مدل و حصول نتایج مناسب در این مرحله، شبیه‌سازی‌های مورد نظر با توجه به کَشش‌های محاسباتی از روش KNN صورت پذیرفت. آمار و اطلاعات مربوط به ضرایب فنی محصولات و نهاده‌ها در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲ (معادل با ۲۰۱۲-۲۰۱۳) با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای سه مرحله‌ای و گزینش نمونه‌ای متشکل از ۳۶۰ کشاورز و تکمیل پرسش‌نامه جمع‌آوری گردید. بدین منظور، ابتدا محدوده مطالعاتی در غالب نواحی همدان، لاله‌جین، صالح‌آباد و مرکزی بهار، خوشه‌بندی شد. سپس به منظور انتخاب خوشه‌های مورد بررسی، در سه مرحله از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد که بدین منظور، رابطه ۱۵ مورد استفاده قرار گرفت (عمیدی، ۱۳۸۵):

1. Maximum Entropy
2. Golan et al

بررسی آثار انتشار

$$n = N\sigma^2 / [(N - 1)(B^2/4) + \sigma^2] \quad (15)$$

در این رابطه، n نمایانگر حجم نمونه، N حجم جامعه، σ^2 واریانس جامعه و B کران خطای برآورداند. در پایان به منظور پیش‌بینی آثار افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر الگوی کشت، از سناریوهای TAR¹، که در سومین گزارش رسمی سازمان IPCC² ارائه گردید، استفاده شد. این سناریوها عبارت‌اند از: A1B، A1T، A1F1، A2، B1 و B2. در سناریوهای خانواده A1 عملکرد کشورهای دنیا به صورت همگرا خواهد بود و فرض بر این است که جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ روندی افزایشی داشته و به میزان ۹ میلیارد نفر می‌رسد و پس از آن تدریجاً کاهش می‌یابد و رشد اقتصادی با نرخ فزاینده افزایش و فناوری‌های جدید در بین کشورهای دنیا به یک میزان گسترش خواهد یافت. در سناریوهای A1B، A1F1 و A1T به ترتیب بر استفاده متعادل از انواع منابع انرژی، استفاده از سوخت‌های فسیلی و استفاده از منابع انرژی غیر فسیلی تأکید شده است. در سناریو A2، کشورهای دنیا به صورت واگرا و مستقل از هم عمل می‌کنند، جمعیت دنیا به طور پیوسته افزایش می‌یابد و توسعه اقتصادی، منطقه‌محور است. در سناریوی B1، کشورهای دنیا واگرا و دوست‌دار محیط زیست در نظر گرفته می‌شوند و جمعیت به طور پیوسته افزایش می‌یابد اما سرعت رشد آن کمتر از سناریوی A2 است. همچنین تغییرات تکنولوژیکی نسبت به سناریوهای خانواده A کمتر و پراکنده‌تر خواهند بود. در سناریوی B2 فرض مربوط به رشد اقتصادی و جمعیت مشابه سناریوی A1 است و کشورهای دنیا همگرا و دوست‌دار محیط زیست در نظر گرفته می‌شوند و به منظور دستیابی به پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، سیاست‌های جهانی جایگزین سیاست‌های منطقه‌ای خواهد شد (IPCC, 2001). در جدول ۱ درصد تغییرات غلظت دی‌اکسید کربن در سطح جهان نسبت به سال ۲۰۱۳ در سناریوهای TAR ارائه گردیده است.

1. Third Assessment Report
2. Intergovernmental Panel on Climate Change

جدول ۱. درصد تغییر در غلظت دی اکسید کربن در سناریوهای TAR

سال	سناریو					
	B2	B1	A2	A1F1	A1T	A1B
۲۰۲۰	۳	۴	۶	۶	۴	۶
۲۰۳۰	۹	۱۱	۱۴	۱۵	۱۱	۱۵
۲۰۴۰	۱۵	۱۷	۲۴	۲۸	۱۹	۲۴
۲۰۵۰	۲۱	۲۳	۳۵	۴۳	۲۷	۳۵
۲۰۶۰	۲۸	۲۹	۴۷	۶۱	۳۴	۴۵
۲۰۷۰	۳۴	۳۳	۶۱	۸۱	۳۹	۵۵
۲۰۸۰	۴۱	۳۶	۷۷	۱۰۲	۴۳	۶۴
۲۰۹۰	۴۹	۳۸	۹۵	۱۲۴	۴۶	۷۳
۲۱۰۰	۵۷	۳۹	۱۱۷	۱۴۶	۴۷	۸۱

منبع: سازمان IPCC (۲۰۰۱)، مرکز نشر اطلاعات CDIAC (۲۰۱۴)

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد، بیشترین میزان غلظت دی‌اکسید کربن در سناریوی A1F1 و کمترین میزان آن در سناریوی B1 پیش‌بینی شده است. بر این اساس در سال ۲۱۰۰ میانگین غلظت دی‌اکسید کربن در سطح جهان در سناریوی A1F1، ۹۷۰ قسمت در میلیون و در سناریوی B1 برابر ۵۴۹ قسمت در میلیون پیش‌بینی شده است (IPCC, 2001). در گام آخر تحقیق با توجه به حساسیت عملکرد محصولات نسبت به تغییر CO₂ در سناریوهای TAR، تغییرات عملکرد در مدل PMP لحاظ شد و پس از اجرای مدل، درصد تغییر در سود ناخالص و سطوح زیر کشت در هر سناریو محاسبه گردید.

نتایج و بحث

در گام نخست تحقیق و پس از محاسبه میزان انتشار سالانه CO₂، عملکرد هریک از محصولات زراعی دشت همدان- بهار با استفاده از الگوریتم KNN شبیه‌سازی شد. مدل

بررسی آثار انتشار

مذکور در همسایگی‌های مختلف برای هر یک از محصولات به صورت مجزا برآورد گردید و نتایج حاصل، توسط شاخص‌های R^2 و RMSE ارزیابی شدند. برای هر یک از محصولات، مدل KNN در ۱۰ همسایگی برآورد شد که از بین آنها مدلی که دارای بیشترین مقدار R^2 و کمترین مقدار RMSE بود به عنوان بهترین مدل انتخاب گردید. با این توضیح برای مجموعه محصولات، ۱۸۰ مدل KNN برآورد شد که از بین آنها ۱۸ مدل به عنوان مدلهایی با بهترین همسایگی انتخاب شدند. نتایج حاصل از برآورد بهترین مدل برای هر محصول در جدول ۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است که در جدول ۲، مقدار K بیانگر تعداد همسایگی‌های موجود در بهترین مدل برای هر یک از محصولات است.

پس از شبیه‌سازی عملکرد محصولات زراعی دشت بر اساس تغییرات انتشار CO_2 و برآورد خط رگرسیون بر اساس مقادیر پیش‌بینی شده، حساسیت عملکرد هر یک از محصولات نسبت به سطح انتشار CO_2 محاسبه گردید که نتایج حاصل از آن در ستون آخر جدول ۲ ارائه گردیده است. بر این اساس، عملکرد محصولات گندم دیم، جو دیم، گندم آبی، جو آبی، سیر، گوجه‌فرنگی، خیار، هندوانه، کدو آجیلی، لوبیا و یونجه نسبت به افزایش CO_2 دارای حساسیت مثبت و عملکرد سایر محصولات دارای حساسیت منفی است. در این میان، محصول کلزا بیشترین میزان آسیب‌پذیری را نسبت به انتشار CO_2 دارد. بر اساس نتایج مطالعه گیفورد (Gifford, 1988)، حساسیت عملکرد اغلب محصولات C_3 نسبت به انتشار دی‌اکسید کربن، مثبت و کمتر از ۰/۵ است که این موضوع با نتایج حاصل از تحقیق حاضر در خصوص اغلب محصولات C_3 همچون گندم، جو، سیر، یونجه و غیره مطابقت کامل دارد. در مورد محصول ذرت علوفه‌ای و همچنین سایر محصولات C_4 ، عملکرد با افزایش انتشار CO_2 کاهش خواهد یافت. در گیاهان C_4 بر خلاف گیاهان C_3 ، تنفس نوری صورت نمی‌گیرد، بنابراین افزایش CO_2 منجر به بهبود عملکرد در این محصولات نخواهد شد (McCarl & Attavanich, 2011).

جدول ۲. نتایج برآورد مدل KNN در خصوص شبیه‌سازی عملکرد محصولات

ردیف	محصول	K	R ²	RMSE	حساسیت عملکرد نسبت به انتشار CO ₂
۱	گندم دیم	۸	۰/۶۴	۴/۱۱	۰/۲۶۹
۲	جو دیم	۴	۰/۸۰	۳/۹۸	۰/۵۰۷
۳	هندوانه دیم	۲	۰/۷۴	۳/۷۲	-۰/۲۸۳
۴	عدس دیم	۵	۰/۹۰	۸/۷۶	-۰/۰۰۹
۵	گندم آبی	۷	۰/۷۵	۱/۱۶	۰/۱۴۱
۶	جو آبی	۷	۰/۶۸	۹/۵۸	۰/۱۰۵
۷	سیر	۲	۰/۶۳	۱/۴۰	۰/۲۴۱
۸	سیب زمینی	۷	۰/۹۰	۳/۷۳	-۰/۰۲۹
۹	گوجه‌فرنگی	۸	۰/۸۹	۸/۸۰	۰/۴۲۷
۱۰	خیار	۴	۰/۹۳	۱/۰۹	۰/۲۵۶
۱۱	هندوانه	۸	۰/۹۷	۹/۱۱	۰/۲۹۴
۱۲	کدو آجیلی	۹	۰/۷۲	۱/۶۶	۰/۰۲۱
۱۳	چغندر قند	۹	۰/۹۴	۶/۹۴	-۰/۰۰۲
۱۴	کلزا	۵	۰/۶۴	۷/۹۸	-۰/۶۱۳
۱۵	نخود	۹	۰/۸۳	۶/۵۱	-۰/۱۳۴
۱۶	لویا	۱۰	۰/۷۰	۹/۱۰	۰/۱۸۸
۱۷	ذرت علوفه‌ای	۵	۰/۷۵	۴/۰۰	-۰/۱۸۲
۱۸	یونجه	۷	۰/۸۴	۲/۳۶	۰/۱۸۹

منبع: یافته‌های تحقیق

در گام آخر، به منظور دسترسی به اهداف تحقیق، مطابق با نتایج جدول ۱، ۶ سناریو برای تغییر سطح انتشار CO₂ در نظر گرفته شد. در هر یک از این سناریوهای شش‌گانه با توجه به حساسیت عملکرد نسبت به تغییر CO₂، تغییرات عملکرد در مدل PMP لحاظ شد و پس از اجرای مدل، درصد تغییر در سود ناخالص و سطوح زیرکشت نسبت به سال ۲۰۱۳ - که معتبرترین اطلاعات مربوط به منطقه مورد مطالعه مربوط به این سال است و به عنوان سال پایه در نظر گرفته شد - محاسبه گردید. جداول ۳، ۴ و ۵ نتایج حاصل از شبیه‌سازی را در

بررسی آثار انتشار

سناریوهای مختلف انتشار CO₂ ارائه می‌نمایند. همان‌طور که در جداول مذکور مشاهده می‌شود، در هر ۶ سناریوی TAR، سطح زیر کشت محصولات دیم به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد اما در سال ۲۰۲۰، که میزان تغییرات غلظت دی‌اکسید کربن در همه سناریوها بین ۴ تا ۶ درصد پیش‌بینی شده‌است، سطح زیر کشت گندم دیم به‌طور متوسط ۱۶/۷ درصد افزایش می‌یابد. در سال ۲۰۴۰، که افزایش غلظت CO₂ بین ۱۵ تا ۲۸ درصد پیش‌بینی شده‌است، محصولات دیم در همه سناریوها به‌طور کامل از الگوی کشت منطقه حذف خواهند شد. در این میان، بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۲، محصولات گندم دیم و جو دیم، از حساسیت مثبت نسبت به انتشار دی‌اکسید کربن برخوردارند و لذا می‌توان دریافت که این دو محصول، علی‌رغم بهبود عملکرد در سال‌های آتی، به دلیل سودآوری کم، از الگوی کشت منطقه حذف خواهند شد. همچنین نتایج تحقیق ناظر بر این واقعیت است که در محصولات یونجه، گندم آبی، جو آبی، خیار، سیر و هندوانه، که از حساسیت مثبت نسبت به سطح انتشار دی‌اکسید کربن برخوردارند، سطح زیر کشت همراه با افزایش غلظت CO₂ افزایش می‌یابد و این محصولات در سال‌های آتی، سهم بیشتری در الگوی کشت منطقه خواهند داشت. در دو محصول لوبیا و گوجه فرنگی، که در رویارویی با افزایش غلظت CO₂ از تأثیرپذیری مثبت برخوردارند، تا زمانی که غلظت CO₂ به ترتیب از مقادیر ۱۱۷ و ۱۲۴ قسمت در میلیون تجاوز ننماید، سطح زیر کشت افزایش خواهد یافت. اما در صورت نقض شرایط مذکور، سهم این دو محصول از الگوی کشت منطقه کاهش خواهد یافت. نتایج مذکور در خصوص محصول چغندر قند، که نسبت به انتشار CO₂ حساسیت اندکی دارد، نیز صدق می‌نماید. افزون بر این، در سال‌های آینده، محصولات ذرت علوفه‌ای و نخود با توجه به میزان آسیب‌پذیری تا حدی مشابه عملکردشان نسبت به انتشار CO₂ و همچنین محصول کلزا، که دارای بیشترین کاهش عملکرد در مقابل افزایش غلظت دی‌اکسید کربن است، سهمی در کشاورزی منطقه نخواهند داشت.

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و چهارم، شماره ۹۳

جدول ۳. پیش‌بینی درصد تغییر در سطح زیر کشت محصولات در سناریوهای

A1F1 و A1T و A1B

درصد تغییر در سطح زیر کشت									سال محصول
A1F1			A1T			A1B			
۲۱۰۰	۲۰۴۰	۲۰۲۰	۲۱۰۰	۲۰۴۰	۲۰۲۰	۲۱۰۰	۲۰۴۰	۲۰۲۰	
۴۱/۱۳	۸/۰۷	۰/۱۱	۸/۲۲	۲۰/۹۶	۰/۱۷	۲۱/۵۷	۱۵/۷۷	۰/۱۱	یونجه
۳۱۳/۱۴	۱۳/۷۲	۰/۵۶	۱۰۷/۲۰	۶۲/۴۴	۰/۵۹	۶۴/۹۸	۵۵/۵۶	۰/۵۶	جو
-۰/۹۹	۵۴/۸۲	۰/۳۶	۱۲۷/۲۳	۱۱۸/۳۹	۰/۵۱	۳۶/۸۰	۹۸/۸۳	۰/۳۶	لوییا
۲۷/۷۹	۲/۸۵	۰/۰۴	۱۳/۹۰	۷/۱۳	۰/۰۷	۶۵/۲۷	۵/۴۱	۰/۰۴	خیار
۳۸/۷۳	۳/۷۰	۰/۰۵	۳۰/۷۱	۹/۲۴	۰/۰۹	۶۴/۷۲	۷/۰۹	۰/۰۵	سیر
-۲۰/۴۶	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	۳/۵۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	ذرت علوفه‌ای
-۱۰/۳۸	-۱۰۰	۲۴/۷۸	-۱۰۰	-۱۰۰	۲/۰۸	-۸۳/۱۱	-۱۰۰	۲۴/۷۸	نخود
-۵۸/۲۶	۶۰/۲۶	۰/۰۳	-۱۰۰	۲۷/۰۰	۰/۰۳	-۱۰۰	۲۶/۵۸	۰/۰۳	سیب زمینی
-۷۰/۲۷	-۱۰۰	۰/۷۶	-۱۰۰	-۱۲۰/۹۳	۰/۶۸	-۷۳/۱۹	-۱۰۰	۰/۷۶	کدو آجیلی
-۶/۵۷	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۴۵/۶۰	-۱۰۰	-۱۰۰	کلزا
-۲/۶۹	۱/۰۲	۰/۰۱	۱/۵۸	۲/۲۵	۰/۰۱	۱۴/۹۶	۱/۸۴	۰/۰۱	چغندر قند
-۳/۲۹	۳/۰۱	۰/۰۹	۲/۱۵	۹/۹۷	۰/۱۵	۵/۰۳	۶/۴۷	۰/۰۹	گوچه فرنگی
۹/۷۱	۴۶/۶۸	۰/۱۳	۹۳/۲۱	۸۸/۰۲	۰/۱۸	۱۴۱/۰۶	۷۸/۲۶	۰/۱۳	هندوانه
۱۲۷/۲۸	۷۹/۹۹	۰/۲۶	۱۷۴/۷۰	۹۱/۶۶	۰/۳۴	۱۸۳/۲۷	۱۴۸/۰۵	۰/۲۶	گندم
-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۴۴/۲۶	-۱۰۰	-۱۰۰	جو دیم
-۱۴/۱۶	-۱۰۰	۳۵۸/۳۱	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	عدس دیم
-۱۱/۸۹	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	هندوانه دیم
-۲۸/۲۱	-۱۰۰	۱۷/۰۹	-۱۰۰	-۱۰۰	۱۶/۳۰	-۹۵/۸۵	-۱۰۰	۱۷/۰۹	گندم دیم

منبع: یافته‌های تحقیق

بررسی آثار انتشار.....

جدول ۴. پیش‌بینی درصد تغییر در سطح زیر کشت محصولات

در سناریوهای A2 و B1 و B2

درصد تغییر در سطح زیر کشت									سال محصول
B2			B1			A2			
۲۱۰۰	۲۰۴۰	۲۰۲۰	۲۱۰۰	۲۰۴۰	۲۰۲۰	۲۱۰۰	۲۰۴۰	۲۰۲۰	
۴۸/۹۸	۲۵/۵۶	۰/۲۳	۱۵/۳۸	۲۳/۵۷	۰/۱۷	۱۱۷/۹۱	۲۳/۹۵	۰/۲۶	یونجه
۱۰۰	۱۹۷/۲۹	۰/۶۶	۱۰۰/۹۵	۱۴۵/۵۰	۰/۵۹	۳۶/۲۴	۱۴۲/۹۳	۹۸/۶۴	جو
۵۷/۹۶	۱۳۰/۶۴	۰/۶۵	۱۴۹/۴۸	۱۲۷/۱۴	۰/۵۱	-۲/۵۷	۹۷/۴۶	۰/۳۶	لوبیا
۲۸/۷۱	۸/۹۴	۰/۱۰	۱۶/۲۷	۸/۱۰	۰/۰۷	۱۹/۶۳	۵/۳۳	۰/۰۴	خیار
۲۱/۷۴	۱۱/۳۰	۰/۱۲	۱۶/۳۹	۱۱/۵۶	۰/۱۰	۴۴/۴۸	۶/۹۹	۰/۰۵	سیر
-۱۰۰	-۱۰۰	۰/۸۷	-۱۰۰	-۱۰۰	۳/۵۰	-۱۹/۰۲	-۱۰۰	-۱۰۰	ذرت علوفه‌ای
-۱۰۰	-۱۰۰	۱/۱۸	-۱۰۰	-۱۰۰	۲/۰۸	-۱۹/۶۲	-۱۰۰	۷۴/۲۴	نخود
-۱۰۰	۱۴/۸۶	۰/۰۴	-۱۰۰	۱۹/۱۹	۰/۰۳	-۱۰۰	۲۴/۸۲	۰/۰۳	سیب زمینی
-۱۰۰	-۸۱/۷۳	۰/۷۱	-۱۰۰	-۱۰۰	۰/۶۸	-۸۰/۴۱	-۱۰۰	۰/۷۶	کدو آجیلی
-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۹/۹۵	-۱۰۰	-۱۰۰	کلزا
۱۲/۷۹	۲/۵۹	۰/۰۲	۲/۴۵	۲/۴۵	۰/۰۱	-۳/۳۷	۱/۸۲	۰/۰۱	چغندر قند
۱۱/۲۲	۱۴/۰۶	۰/۲۱	۵/۱۶	۱۵/۰۰	۰/۲۳	۳/۷۰	۶/۳۸	۰/۰۹	گوچه فرنگی
۱۱۹/۸۶	۸۸/۱۸	۰/۲۳	۱۳۴/۳۸	۹۱/۳۴	۰/۱۸	۵/۳۷	۷۷/۱۸	۰/۱۳	هندوانه
۱۷۶/۸۰	۱۵۲/۶۶	۰/۴۲	۱۸۱/۶۶	۱۶۷/۲۵	۰/۳۴	۱۵۷/۳۳	۱۴۶	۰/۲۶	گندم
-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۶۷/۵۶	-۱۰۰	-۱۰۰	جو دیم
-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۵/۰۲	-۱۰۰	-۱۰۰	عدس دیم
-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۳/۳۷	-۱۰۰	-۱۰۰	هندوانه دیم
-۱۰۰	-۱۰۰	۱۶/۲۸	-۱۰۰	-۱۰۰	۱۶/۲۹	-۳۵/۳۷	-۱۰۰	۱۷/۰۶	گندم دیم

منبع: یافته‌های تحقیق

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و چهارم، شماره ۹۳

در نهایت محصول سیب زمینی - که محصول عمده منطقه مورد مطالعه است - تا سال ۲۰۴۰ سهم بیشتری در الگوی کشت منطقه خواهد داشت اما در بلندمدت این روند تغییر می‌یابد و کشاورزان در آینده در مقابل کاهش شدید عملکرد محصول سیب زمینی، که دارای حساسیت منفی نسبت به انتشار دی‌اکسید کربن است، واکنش منفی نشان می‌دهند و لذا سهم کمتری از فعالیت‌های کشاورزی منطقه به این محصول اختصاص خواهد یافت. در جدول ۵ نتایج حاصل از بررسی درصد تغییر سود ناخالص فعالیت‌های کشاورزی در منطقه دشت همدان - بهار در نتیجه تغییر در میزان انتشار CO₂ در قالب سناریوهای TAR ارائه گردیده است.

جدول ۵. پیش‌بینی درصد تغییر در سود ناخالص نسبت به سال ۲۰۱۳

در هر سناریوی انتشار CO ₂									
درصد تغییر در سود ناخالص									
سال سناریو	۲۰۲۰	۲۰۳۰	۲۰۴۰	۲۰۵۰	۲۰۶۰	۲۰۷۰	۲۰۸۰	۲۰۹۰	۲۱۰۰
A1B	۱۹/۰۷	۱۷/۱۳	۳۵/۷۵	۶۰/۴۲	۸۵/۴۲	۱۱۱/۴۶	۱۳۴/۱۸	۱۵۸/۵۰	۱۶۰/۸۸
A1F1	۱۹/۰۷	۱۷/۱۳	۴۴/۶۷	۸۰/۹۰	۱۲۴/۰۸	۱۶۰/۸۸	۱۶۰/۸۸	-۱۰۰	-۱۰۰
A1T	-۵/۵۹	۹/۸۲	۲۵/۲۱	۴۲/۶۸	۵۶/۹۶	۷۰/۷۰	۸۰/۸۹	۸۸/۹۵	۹۲/۳۴
A2	۱۲/۹۶	۱۴/۶۵	۳۵/۲۲	۵۹/۱۳	۹۱/۲۱	۱۲۵/۸۵	۱۶۰/۸۸	۱۶۰/۸۸	۱۶۰/۸۸
B1	-۵/۸۹	۹/۷۷	۲۱/۰۸	۳۳/۶۷	۴۷/۱۱	۵۴/۹۸	۶۲/۳۷	۶۷/۸۲	۷۰/۶۳
B2	-۱/۶۲	۷/۰۲	۱۷/۱۳	۲۹/۳۰	۴۴/۶۷	۵۶/۹۶	۷۵/۵۶	۹۷/۸۲	۱۱۳/۸۶

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده شد، در سناریوهای A1T، B1 و B2 در سال ۲۰۲۰ میزان افزایش غلظت CO₂ به ترتیب برابر ۴، ۳ و ۶ درصد و در سایر سناریوها برابر ۶ درصد پیش‌بینی شده است. از طرفی با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۵، در سال ۲۰۲۰ تغییرات سود ناخالص در سه سناریوی مذکور، منفی و در سایر سناریوها مثبت خواهد بود. بنابراین می‌توان گفت چنانچه غلظت دی‌اکسید کربن نسبت به مقدار آن در سال پایه ۲۰۱۳ کمتر از ۶ درصد افزایش یابد، سود ناخالص حاصل از فعالیت‌های کشاورزی در منطقه دشت همدان -

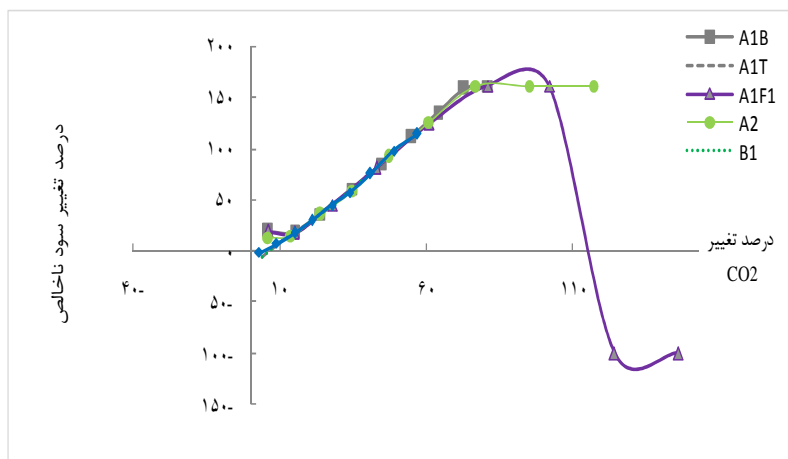
بررسی آثار انتشار.....

بهار کاهش خواهد یافت. همچنین بیشترین میزان افزایش در سود ناخالص در سناریوهای A1B، A1F1 و A2 و به میزان ۱۶۰/۸۸ درصد است. بر این اساس، چنانچه غلظت دی‌اکسید کربن نسبت به سال ۲۰۱۳ بین ۷۷ تا ۱۱۷ درصد افزایش یابد، سود ناخالص حاصل از فعالیت‌های کشاورزی به بیشترین مقدار خود خواهد رسید. از طرفی با توجه به درصد تغییرات سود ناخالص در سناریوی A1F1 در سال‌های ۲۰۹۰ و ۲۱۰۰، چنانچه غلظت دی‌اکسید کربن بیش از ۱۲۴ درصد افزایش یابد، سود حاصل از فعالیت‌های کشاورزی به میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت. بررسی مطالعات پیشین گویای آن است که افزایش غلظت دی‌اکسید کربن، موجب بهبود عملکرد در اغلب گیاهان می‌گردد (گلدانی و همکاران، ۱۳۹۰). اما هنگامی که گیاهان با غلظت شدید دی‌اکسید کربن مواجه می‌شوند، جذب مواد غذایی در هر واحد زیستی خاک کاهش می‌یابد که این موضوع کاهش عملکرد گیاهان را در پی خواهد داشت (Lambers et al., 1996). همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده شد، چنانچه غلظت دی‌اکسید کربن بین ۶ تا ۱۲۴ درصد افزایش یابد، بازده ناخالص بخش کشاورزی دشت همدان- بهار در نتیجه این تغییر محیطی، افزایش خواهد یافت. اما چنانچه غلظت CO₂ بیش از ۱۲۴ درصد افزایش یابد، بازده ناخالص بخش کشاورزی منطقه کاهش خواهد یافت که این موضوع مبین تأثیرگذاری منفی غلظت شدید دی‌اکسید کربن بر عملکرد محصولات کشاورزی منطقه است. بنابراین می‌توان دریافت که حد بحرانی غلظت دی‌اکسید کربن در بخش کشاورزی منطقه بیش از دو برابر مقدار آن در سال ۲۰۱۳ است.

جمع‌بندی و پیشنهادها

در مطالعه حاضر آثار تغییر سطح انتشار CO₂ بر الگوی کشت دشت همدان- بهار با هدف بررسی افزایش سطح انتشار CO₂ بر عملکرد محصولات زراعی و الگوی کشت انجام گرفت. بدین منظور ابتدا با استفاده از الگوریتم KNN، حساسیت عملکرد محصولات زراعی دشت همدان- بهار برآورد و مشخص شد که افزایش سطح انتشار CO₂ دارای آثار متفاوتی بر

محصولات کشاورزی است. در برخی محصولات مانند کلزا، افزایش میزان انتشار CO_2 موجب کاهش شدید عملکرد و در محصولی مانند گوجه‌فرنگی موجب بهبود عملکرد می‌گردد. در مرحله بعد، با به‌کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی و تدوین مدل PMP، شرایط الگوی کشت منطقه شبیه‌سازی و آثار تغییر سطح انتشار CO_2 بر الگوی کشت، با استفاده از کَشش‌های حاصل از الگوریتم KNN، در قالب ۶ سناریوی انتشار CO_2 - که در سومین گزارش رسمی سازمان IPCC ارائه گردید- بررسی شد. نمودار ۳ چگونگی تغییر سود ناخالص کشاورزی در منطقه دشت همدان- بهار در نتیجه تغییر میانگین جهانی غلظت دی‌اکسید کربن را در سناریوهای TAR نشان می‌دهد. نتایج نشان داد در سال‌های آتی کشت محصولات گندم آبی، جو آبی، سیر، هندوانه و خیار در دشت همدان- بهار افزایش یافته و این محصولات سهم بیشتری در الگوی کشت منطقه خواهند داشت. همچنین همراه با افزایش غلظت CO_2 و پیامدهای اقلیمی ناشی از آن، سطح زیر کشت محصولات دیم به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد و این محصولات به تدریج از الگوی کشت منطقه حذف خواهند شد.



نمودار ۳. درصد تغییر سود ناخالص کشاورزی در سناریوهای انتشار CO_2

بررسی آثار انتشار

نتایج سود ناخالص کشاورزی در سناریوهای خانواده A نشان داد که اگر سیاست‌های جهانی جایگزین سیاست‌های منطقه‌ای شوند و کشورهای دنیا به صورت یکپارچه بر رشد اقتصادی و استفاده بی‌رویه از سوخت‌های فسیلی تمرکز یابند، میانگین غلظت دی‌اکسید کربن در سطح جهان افزایش خواهد یافت. این موضوع در کوتاه‌مدت موجب افزایش سود حاصل از فعالیت‌های کشاورزی در دشت مورد مطالعه در این تحقیق نیز خواهد شد. اما هنگامی که روند فزاینده مصرف سوخت‌های فسیلی موجب گردد غلظت CO_2 نسبت به سال ۲۰۱۳ در حدود ۱۲۴ درصد افزایش یابد، سود ناخالص کشاورزی به میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت. بر اساس نتایج سناریوهای A1B و A1T، چنانچه از منابع انرژی به شکل متعادل استفاده شود، سود ناخالص کشاورزی به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد و در سال ۲۱۰۰ به بیشترین مقدار خود خواهد رسید. همچنین تمرکز بر استفاده از سوخت‌های غیرفسیلی نیز موجب افزایش پیوسته سود ناخالص حاصل از بخش کشاورزی خواهد شد، اما در این حالت میزان افزایش سود ناخالص در مقایسه با استفاده متعادل از منابع انرژی بسیار اندک است. بر اساس سناریوهای B1 و B2، هنگامی که کشورهای دنیا در پی دستیابی به پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی باشند، عملکرد همگرا و اتخاذ سیاست‌های جهان‌محور به جای سیاست‌های منطقه‌محور موجب دستیابی به سود ناخالص بیشتر در بخش کشاورزی خواهد شد. در پایان، با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر مبنی بر تأثیرگذاری مثبت سطح انتشار دی‌اکسید کربن بر عملکرد اغلب محصولات کشاورزی، توصیه می‌گردد که در بررسی آثار منفی تغییرات اقلیم بر بخش کشاورزی، تأثیرگذاری مثبت سطح انتشار CO_2 نیز به عنوان عامل اصلی ایجاد تغییرات فوق، لحاظ شود. همچنین جهت دستیابی به سود ناخالص بیشتر در بخش کشاورزی منطقه، با توجه به ارزیابی و مقایسه نتایج حاصل از سناریوهای اقلیمی، پیشنهاد می‌گردد اگر رشد اقتصادی در مقایسه با اهداف زیست‌محیطی در اولویت بالاتری قرار دارد، استفاده متعادل از سوخت‌های فسیلی و غیرفسیلی، در دستورکار قرار گیرد. اما چنانچه اهداف زیست‌محیطی نسبت به اهداف اقتصادی در اولویت بالاتری قرار دارند، استفاده از راه‌حل‌های جهانی سودمند خواهد بود.

منابع

- بخشی، م. ر. ۱۳۸۸. بررسی آثار حذف یارانه‌ی کودهای شیمیایی و اعمال سیاست پرداخت مستقیم، بر الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها. رساله دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران.
- تقدیسیان، ح. و میناپور، س. ۱۳۸۲. تغییر آب و هوا، آنچه باید بدانیم. سازمان حفاظت محیط زیست. تهران: دفتر طرح ملی تغییرات آب و هوا. چاپ اول.
- زمانی، ا. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر سیاست قیمت‌گذاری آب بر بهره‌وری مصرف آن در بخش کشاورزی: مطالعه موردی دشت همدان - بهار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان همدان. ۱۳۸۷. گزارش سالانه منابع آب منطقه‌ای استان همدان. عزمی، م. و عراقی‌نژاد، ش. ۱۳۹۱. توسعه‌ی روش K نزدیکترین همسایگی در پیش‌بینی جریان رودخانه. مجله آب و فاضلاب، شماره ۸۲: ۱۰۷-۱۱۹.
- علی‌پور، ع. ر. ۱۳۹۲. تأثیرات آزادسازی قیمت حامل‌های انرژی بر هزینه‌ی نهایی کنترل گازهای آلاینده و گلخانه‌ای در بخش کشاورزی ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- عمیدی، ع. ۱۳۸۵. روش‌های نمونه‌گیری ۱. تهران: دانشگاه پیام نور.
- قویدل رحیمی، ی. و خورشید دوست، ع. م. ۱۳۸۵. شبیه‌سازی آثار دو برابر شدن دی‌اکسید کربن جو بر تغییر اقلیم تبریز با استفاده از مدل آزمایشگاه پویایی سیالات ژئوفیزیکی. مجله محیط‌شناسی، شماره ۳۹: ۱-۱۰.
- کرامت‌زاده، ع. ، چیدری، ا. و شرزه‌ای، غ. ۱۳۹۰. نقش بازار آب در تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی: مطالعه موردی اراضی پایین دست سد شیرین دره بجنورد. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، دوره ۲-۴۲، شماره ۱: ۲۹-۴۴.
- کوچکی، ع. ۱۳۷۸. بررسی آثار تغییر اقلیم بر خصوصیات زراعی محصولات ریشه‌ای شهرستان تبریز. مجموعه مقالات دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران، صفحات ۹-۱۸.

بررسی آثار انتشار.....

گلدانی، م.، نصیری محلاتی، م. و شور، م. ۱۳۹۰. اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر شاخص‌های رشد کنگد و تاج خروس و قدرت رقابت آنها. *نشریه بوم‌شناسی کشاورزی*، ۳ (۳): ۳۵۸-۳۷۰.

نیوتن، پ.، ادوآدز، آ.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، تبریزی، ل. و خیرخواه، م. ۱۳۸۹. اثر تغییر اقلیم بر بوم‌نظام‌های کشاورزی. مشهد: دانشگاه فردوسی.

Akbari, M., Overloop, P. J. & Afshar, A. 2011. Clustered K-nearest algorithm for daily inflow forecasting. *Water Resources Manage*, 25:1341-1357.

Allahyari Pour, F. & Asemi, R. 2011. Using of multi-model data fusion in hydrological forecasting. *Advances in Environmental Biology*, 5(8): 2481-2487.

Attavanich, W. & McCarl, B.A. 2011. The effect of climate change, CO₂ fertilization, and crop production technology on crop yield and its economic implication on market outcomes and welfare distribution. Selected paper prepared for presentation at the Agricultural & Applied Economics Association's 2011 AAEA & NAREA joint annual meeting, Pittsburgh, Pennsylvania. July 24-26.

Azmi, M., Araghinejad, S. & Kholghi, M. 2010. Multi model data fusion for hydrological forecasting using K-nearest neighbor method. *Iranian Journal of Science and Technology, Transaction B, Engineering*, 34: 81-92.

Balali, H., Khalilian, S., Viaggi, D., Bartolini, F. and Ahmadian, M. 2011. Groundwater balance and conservation under different water pricing and agricultural policy scenarios: A case study of the Hamedan-Bahar plain. *Ecological Economics*, 70: 863-872.

- Beersma, J. J. & Buishand, T. A. 2003. Multi-site simulation of daily precipitation and temperature conditional on the atmospheric circulation. *Climate Research*, 25: 121-133.
- Bernacchi, C. J., Kimball, B. A., Quarles, D. R., Long, S. P. & Ort, D. R. 2007. Decreases in stomatal conductance of soybean under open-air elevation of [CO₂] are closely coupled with decreases in ecosystem evapotranspiration. *Plant Physiology*, 143(1): 134-144.
- Caputo, M. R. & Paris, Q. 2008. Comparative statics of the generalized maximum entropy estimator of the general linear model. *European Journal of Operational Research*, 185(1): 195-203.
- Deschenes, O. and Greenstone, M. 2006. The economic impacts of climate change: Evidence from agricultural profits and random fluctuations in weather. *American Economic Review*, 102(7): 3761-3773.
- Food and Agricultural Organization (FAO). 2011. Climate change, water and food security. FAO Technical Paper, 11:47-49.
- Frenck, G., Linden, L., Mikkelsen, T. N., Brix, H. & Jorgensen, R. B. 2011. Increased [CO₂] does not compensate for negative effects on yield caused by higher temperature and [O₃] in *Brassica napus L.* *European Journal of Agronomy*, 35: 127-134.
- Gifford, R. M. 1988. Direct effect of higher carbon dioxide concentrations on vegetation. *Greenhouse: Planning for Climate Change*, ed. Pearman, G. I., pp. 506-519.

بررسی آثار انتشار.....

- Golan, A., Judge, G. & Miller, D. 1996. Maximum entropy econometrics: Robust estimation with limited data. New York: John Wiley and Sons.
- Howitt, R. E. 2005. Agricultural and environmental policy models: Calibration, estimation and optimization. Unpublished, Available at www.ageecon.ucdavis.edu.
- Howitt, R. E., Medellin-Azuara, J. and MacEwan, D. J. 2011. Economic impacts of climate-related changes to California agriculture. *Climatic Change*, 109: 387-405.
- Howitt, R. E., Tauber, M. & Pienaar, E. 2003. Impacts of global change on California's agricultural water demand. *Water Policy*, 4: 423-446.
- <http://cdiac.ornl.gov/>
- <http://pep.moe.gov.ir/>
- <http://www.hamedan.agri-jahad.ir/>
- <http://www.ipcc.ch/>
- <http://www.niopdc.ir/>
- <http://www.sinamet.ir/>
- Kang, P. & Cho, S. 2008. Locally linear reconstruction for instance-based learning. *Pattern Recognition*, 41(11): 3507-3518.
- Karlsson, M. & Yakowitz, S. 1987. Nearest neighbor methods for nonparametric rainfall-runoff forecasting. *Water Resources Research*, 23(7): 1300-1308.
- Lall, U. & Sharma, A. 1996. A nearest neighbor bootstrap for resampling hydrologic time series. *Water Resource Research*, 32(3): 679-693.

- Lambers, H., Stulen, I. & Werf, A. 1996. Carbon use in root respiration as affected by elevated atmospheric CO₂. *Plant and Soil*, 187: 251-263.
- Leakey, A.D.B. 2009. Rising atmospheric carbon dioxide concentration and the future of C₄ crops for food and fuel. *Royal Society*, 276: 2333-2343.
- Long, S. P., Ainsworth, E. A., Leaky, A. D. B. & Morgan, P. B. 2005. Global food insecurity. Treatment of Major Food Crops with Elevated Carbon Dioxide or Ozone under Large-scale Fully Open Air Conditions Suggests Recent Models May Have Overestimated Future Yields. *Phil. Trans Royal Soc. B*. 360: 2011-2020.
- Paris, Q. & Howitt, R.E. 1998. An analysis of ill-posed production problems using maximum entropy. *American Journal of Agricultural Economics*, 80(1): 124-138.
- Parry, M.L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M. & Fischer, G. 2004. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, 14: 53-67.
- Prior, S.A. & Runion, G.B. 2011. A review of elevated atmospheric CO₂ effects on plant growth and water relations: Implications for horticulture. *Hortscience*, 46(2): 158-162.
- Sharif, M.H. & Burn, D. 2006. Simulating climate change scenarios using an improved K-nearest neighbor model. *Journal of Hydrology*, 325: 179-196.
- Sorjamaa, A., Reyhani, N. & Lendasse, A. 2005. Input and structure selection for K-NN approximator. 8th International Conference on Artificial Neural

بررسی آثار انتشار.....

Networks, Lecture Notes in Computer Science Springer. IWANN, Berlin, 958-992.

Todeschini, R. 1989. K-nearest neighbor method: Influence of data transformation and metrics. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 6: 213-220.

Vanuytrecht, E., Raes, D., Willems, P. & Geerts, S. 2012. Quantifying field-scale of elevated carbon dioxide concentration on crops. *Climate Research*, 54: 35-47.

Yates, D., Gangopadhyay, S., Rajagopalan, B. & Strzepek, K. 2003. A technique for generating regional climate scenarios using a nearest neighbor algorithm. *Water Resources Research*, 39(7): 1114-1121.