

مقایسه کارایی دو مدل DNDC و DAYCENT در حساسیت سنجی بر آورد گازهای گلخانه‌ای

نسرین مرادی مجد^۱، غلامعباس فلاح قاله‌ری^{۱*}

تاریخ دریافت: ۹۹/۳/۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۹

۱- گروه اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

*مسئول مکاتبه: Email: g.fallah@hsu.ac.ir

چکیده

اهداف: انتشار گازهای گلخانه‌ای و اثرات آن بر گرمایش جهانی یکی از چالش‌های جدی کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه محسوب می‌شود. بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای کشورهای مختلف این امکان را فراهم می‌کند تا سهم کشورها در تولید گازهای گلخانه‌ای مشخص شود. این مقاله تلاش دارد که با استفاده از مدل‌های DAYCENT و DNDC نرخ تصاعد گازهای متان، اکسیدنیتروس و اکسیدنیتریک و همچنین میزان پتانسیل گرمایش جهانی در اراضی زراعی خوزستان را برآورد نماید.

مواد و روش‌ها: در ابتدا برای نمونه برداری انتشار گازها در اراضی کشت برنج، گندم و نیشکر از اتاقک ساکن، برای اندازه‌گیری گاز متان از کروماتوگرافی گازی و برای سنجش گازهای اکسید نیتروس و اکسید نیتریک از دستگاه آنالایزر APNA-370 استفاده شد. برای برآورد و مدل‌سازی انتشار گازها از مدل‌های DAYCENT و DNDC استفاده گردید.

یافته‌ها: بر اساس نتایج داده‌های دو مدل DAYCENT و DNDC بیشترین میزان شار متان مدل شده در ایستگاه باغملک به ترتیب ۱/۳۶۹ و ۱/۰۱۴ تن در هکتار در سال، بیشترین میزان تصاعد اکسیدنیتروس مدل شده در ایستگاه شوشتر به ترتیب ۰/۱۶۰ و ۰/۰۹۸ تن در هکتار در سال و بیشترین میزان پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس داده‌های مشاهداتی در ایستگاه باغملک (۵۵/۰۷۴ تن معادل دی اکسید کربن) بوده و بر اساس داده‌های DAYCENT در ایستگاه شوش (۶۸/۰۵۹ تن معادل دی اکسید کربن) و بر اساس داده‌های DNDC در ایستگاه شوش (۴۷/۰۶۶ تن معادل دی اکسید کربن) تعیین شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج شاخص‌های آماری هر دو مدل دقت قابل قبولی را در برآورد گازهای گلخانه‌ای مذکور نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: اتاقک ساکن، اکسیدنیتروس، اکسیدنیتریک، شاخص‌های آماری، گاز کروماتوگرافی، گرمایش جهانی، متان

Comparison Efficiency of DNDC and DAYCENT Models in Sensitivity Analysis of Greenhouse Gases Estimation

Nasrin Moradimajd¹, Gholam Abbas Fallahghalhari^{1*}

Received: May 26, 2020 Accepted: December 29, 2020

1-Dept. of Climatology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

*Corresponding Author Email: g.fallah@hsu.ac.ir

Abstract

Background and Objective: Emission of greenhouse gases and their effects on global warming is one of the most serious challenges facing developed and developing countries. Examining emissions of greenhouse gases from different countries makes it possible to determine share of countries in greenhouse gas emissions. This article tries to estimate growth rate of methane, oxidantrose and oxidantric gases, as well as the amount of global warming potential in agricultural lands of Khuzestan by using DAYCENT and DNDC models.

Materials and Methods: Initially, emissions were measured in rice, wheat, and sugarcane fields using a static chamber, gas chromatography to measure methane and APNA-370 analyzer for nitrous oxide and nitric oxide. DAYCENT and DNDC models were used to estimate and model gas emissions.

Results: Based on results data from two models, DAYCENT and DNDC, the highest amount of methane flux modeled at Baghmalek station was 1.369 and 1.094 tonnes of CO₂ equivalent per hectare per year, respectively, the highest rate of nitrous oxide modeling at Shushtar station was 0.160 and 0.988 tonnes of CO₂ equivalent per hectare per year, respectively. The highest global warming potential was determined based on observational data at Baghmalek station (55.074 tonnes of CO₂ equivalent per hectare per year) and based on DAYCENT data at Shush station (68.059 tonnes of CO₂ equivalent per hectare per year) and based on DNDC data in Shush station (47.06 tonnes of CO₂ equivalent per hectare per year).

Conclusion: According to the statistical indicators both models showed acceptable accuracy in estimating greenhouse gases.

Keywords: Residential Room, Nitros Oxide, Nitric Oxide, Statistical Indicators, Gas Chromatography, Global Warming, Methane.

زراعی، تغییر چرخه زندگی آفات و وقوع تنش خشکی در بسیاری از مناطق دنیا اشاره کرد (روسنزوینگ وتویلو، ۲۰۰۷). علاوه بر این، جمع-بندی مدل‌های تجربی مورد بررسی در مورد تغییر اقلیم نشان می‌دهد که اگر میزان افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای به همین طریق افزایش یابد، میانگین دما کره زمین در آینده‌ای نزدیک به طور خطرناکی

مقدمه

افزایش جمعیت و گسترش فعالیت های زیست محیطی، سبب بروز انواعی از چالش‌های محیطی شده است. افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای منجر به تغییرات اقلیمی شده که خود اثر مهمی در میزان تولیدات کشاورزی در جهان دارد (مرادی مجد و همکاران ۲۰۲۰). از اثرات اقلیم می‌توان به تغییر در فصل رشد گیاهان

مانند کانادا، ژاپن، ایتالیا بالاتر است. مقدار انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای از بخش کشاورزی در سال ۱۳۹۰ حدود ۴ هزار و ۱۳۶ تن برای گاز اکسید نیتروس و ۱۲ میلیون تن برای گاز دی اکسید کربن، گزارش شده است (ترازنامه انرژی ۲۰۱۴). از رایج‌ترین محصولات کشاورزی در کشور ایران می‌توان به گندم، برنج و نیشکر اشاره کرد (مرادی مجد و همکاران ۲۰۲۰).

گندم از مهم‌ترین غلات است که بیش‌ترین مساحت زیر کشت محصولات غذایی را به خود اختصاص داده است. تجارت جهانی گندم به تنهایی از مجموع تمام محصولات کشاورزی دیگر بیشتر است. مسئله دیگر که اهمیت دارد این است که کشت گندم نخستین بار در ایران متداول شده است. شهرستان شوش واقع در استان خوزستان با تولید ۲۷۰ هزار تن گندم همچنان رتبه نخست کشور را در تولید این محصول راهبردی در اختیار دارد. برنج نیز از مهم‌ترین غلات و اقلام غذایی جهان و به عنوان عضوی از خانواده غلات پر کاربردترین ماده غذایی مورد استفاده توسط بخش قابل‌توجهی از جمعیت جهان می‌باشد. کشت برنج در نواحی شمالی استان خوزستان تاریخی طویلانی دارد. هر ساله با آغاز فصل کشت برنج، بیش از ۳ هزار هکتار از شالیزارهای این شهرستان زیر کشت برنج می‌رود. خوزستان پس از گیلان و مازندران با تأمین ۹ درصد برنج کشور، سومین استان کشور از نظر تولید برنج باکیفیت است. طبق شواهد تاریخی سابقه کشت نیشکر در خوزستان به حدود بیش از ۲۰۰۰ سال می‌رسد و نام خوزستان به معنی شکرستان نیز به دلیل اهمیت کشت نیشکر و تولید شکر در اقتصاد این منطقه در زمان‌های گذشته بوده است. نیشکر در بعد اقتصادی و صنعتی کشور فقط در استان خوزستان کشت می‌شود (اشتری و همکاران ۲۰۱۴).

افزایش پیدا خواهد کرد (آی پی سی سی ۲۰۰۷). برآوردهای اولیه نشان می‌دهند که فعالیت‌های کشاورزی عامل بروز یک چهارم از منابع انتشار گازهای آلاینده در جهان هستند (علی‌پور و همکاران ۲۰۱۴). منابع اصلی این گازها سوخت‌های فسیلی استفاده‌شده در فعالیت‌های کشاورزی، تلفات کربن خاک به دلیل عملیات خاک ورزی، سوزاندن بقایای گیاهان زراعی و درختان جنگلی، دامداری و استفاده از کودهای دامی، ساخت و بهره‌برداری از کود نیتروژن و کشت و کار برنج غرقابی است (کوچکی و کمالی، ۲۰۱۰). با توجه به اینکه بسیاری از خاک‌ها بیش از ۱۰۰ سال است که در آن‌ها کشت و کار می‌شود، کشاورزی و خاک‌ورزی فشرده باعث کاهش ۳۰ تا ۵۰ درصد کربن خاک شده است. از آنجایی که تولید محصولات زراعی مستقیماً به شرایط اقلیمی وابسته است، کشاورزی یکی از اولین بخش‌هایی است که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار می‌گیرد (سالینگر ۲۰۰۵، موتا و بایر ۲۰۰۵). اگرچه کشاورزان قادر نیستند شرایط اقلیمی را کنترل کنند، ولی تغییر در مدیریت مربوط به آبیاری، خاک، رقم محصول، فعالیت‌ها و فناوری‌های مورد استفاده در کشت محصولات زراعی، می‌تواند در کاهش اثرات مضر تغییر اقلیم بر نمو، رشد و عملکرد محصولات کشاورزی نقش بسزایی داشته باشد (ازکان و آکئوز ۲۰۰۲). بخش کشاورزی هم به عنوان منبع و هم به عنوان ترسیب‌کننده چند گاز گلخانه‌ای مهم از جمله متان، اکسید نیتروس، دی اکسید کربن، آمونیاک و اکسید نیتریک مطرح است (مطلبی و همکاران ۲۰۰۹). ایران درحالی‌که سهم کوچکی از اقتصاد و جمعیت جهان را داراست، اما از نظر انتشار سرانه‌ی گازهای گلخانه‌ای، رتبه سی‌ام را در میان کشورهای جهان داراست (دفتریان ۲۰۰۹). میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بخش کشاورزی ایران از طریق مصرف کود (کود شیمیایی و حیوانی)، مدیریت فضولات حیوانی و سوزاندن ضایعات کشاورزی در مزرعه، از بسیاری از کشورهای پیشرفته

همکاران (۲۰۱۵) روش واسنجی الگوریتمی مولفه‌های مطلوب را در سطح جهانی برای شناسایی محدودیت مدل DayCent انجام دادند. در این مطالعه از مدل‌سازی معکوس و مدل برآورد پارامتر (PEST) استفاده شد. با استفاده از داده‌های تولید اکسید نیتروس به عنوان پایه‌ای از واسنجی، نیمی از ۱۴۰ پارامتر مورد استفاده در این مطالعه متفاوت بودند. نتایج نشان می‌دهد که مطالعات آینده باید دمای جوانه زنی، تعداد روزها و دمای وابسته به رشد گیاه را بهتر نشان دهند. این فرآیندها بسیار حساس است و نمی‌تواند به اندازه کافی توسط داده‌های مورد استفاده در مطالعه بررسی شود. نکپالوا و همکاران (۲۰۱۵) واسنجی و حساسیت سنجی مدل DayCent را از طریق مدل‌سازی معکوس انجام دادند. مدل DayCent عملکرد محصول، کربن خاک، حجم آب خاک، دمای خاک، اکسید نیتروس و اکسید نیتریک را شبیه‌سازی کرد. مدل‌سازی معکوس به طور قابل ملاحظه‌ای خطای مدل را کاهش داد. استینورس و همکاران (۲۰۱۶) از مدل DayCent برای محصولات تخصصی کالیفرنیا در COMET-Farm استفاده کردند. محصولات تخصصی مورد بررسی درختان میوه چندساله مانند بادام و هلو، گردو، مرکبات و انگور و محصولات تخصصی سالانه شامل: سبزیجات فصل سرد مانند کاهو و کلم بروکلی، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی بودند. DayCent برای این محصولات این مولفه‌ها را محاسبه کرد.

استان خوزستان یکی از مهم‌ترین استان‌های تولید برنج، گندم و نیشکر در کشور است، از این رو میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای این محصولات زراعی در استان قابل توجه به نظر می‌رسد. با توجه به اهمیت کشت‌های مذکور و با نظر به این که با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در ایران مطالعات اندکی در خصوص گازهای گلخانه‌ای صورت گرفته است، همچنین استفاده از انواع مدل‌های رایج و مقایسه کارایی آن‌ها در هر منطقه، نقش مهمی در ارزیابی وضعیت انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد داشت. این پژوهش با هدف مطالعه

پژوهش‌های بسیاری در زمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای صورت گرفته است. علی پور و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی ارزیابی هزینه انتشار گاز گلخانه‌ای کربن دی اکسید حاصل از توسعه بخش کشاورزی ایران را انجام دادند. بدین منظور، از مفهوم قیمت سایه‌ای انتشار این آلاینده استفاده شد. نتایج نشان داد که با انتشار کربن دی اکسید از بخش کشاورزی ایران، سالانه به طور میانگین به میزان ۱۷۴۴ میلیارد ریال هزینه ایجاد می‌شود. همچنین، نتایج این ارزیابی نشان داد که میانگین هزینه انتشار هر کیلوگرم از این آلاینده در فاصله این دو دهه افزایش چشمگیری داشته است. کرمی و ربانی (۲۰۱۳) در پژوهشی بررسی تطبیقی تأثیر کشت برنج بر تولید گاز گلخانه‌ای متان را انجام دادند. آنها بر مبنای قابلیت دسترسی به آب، کشت برنج به ۴ گروه (برنج غرقابی، برنج تغذیه با باران، برنج دیم مرتفع و برنج آب‌های عمیق) طبقه بندی کردند. نتیجه گیری شد که با توجه به مقایسه چهار الگوی کشت برنج از نظر میزان گسیل متان، برنج غرقابی (فاریاب) بیشترین مقدار تولید متان و پس از آن برنج دیم و برنج آب‌های عمیق قرار دارد. مرادی و پورقاسمیان (۲۰۱۷) بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی در زراعت محصولات مهم استان کرمان (گندم، جو و ذرت) را انجام دادند. نتایج نشان داد که در هر سه محصول مورد بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف کود نیتروژن بیشتر از دیگر نهاده‌ها بود. امیرنژاد و همکاران (۲۰۱۹) پیامدهای تغییر اقلیم در کشاورزی و ارتباط آن با شالی کاران در استان مازندران انجام دادند. در این مطالعه سعی شده است تا با تبیین تئوریک طراحی یک مدل در چارچوب رهیافت ریکاردین و با استفاده از تکنیک داده‌های پائل پویا مبتنی بر روش گشتاورهای تعمیم‌یافته، اثر تغییر اقلیم بر تولید برنج مورد بررسی قرار گیرد. نتایج نشان دادند که متغیرهای اقلیمی اثر معنی‌دار و غیرخطی بر تولید هر هکتار دارد. رافی و

مساحت تقریبی ۶۲ هزار هکتار در جاده اهواز-آبادان با موقعیت جغرافیایی طول ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه و شرکت کشت و صنعت امام خمینی، دهخدا، کارون و هفت‌تپه با مساحت تقریبی ۴۸ هزار هکتار در جاده اهواز- شوشتر بین ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی است.

نمونه‌برداری از گازهای گلخانه‌ای انتشاریافته از خاک: پژوهش حاضر در قالب نمونه‌گیری تصادفی با دو عامل نوع کشت و تاریخ اندازه‌گیری بر میزان تصاعد متان، اکسید نیتروس و اکسید نیتریک اجرا شد. جهت اندازه‌گیری گاز متان تولیدشده از سطح خاک، از روش اتاقت بسته و کروماتوگرافی گازی استفاده شد. در هر کشتزار سه اتاقت قرار داده شد. پس از گذشت سه ساعت از نصب اتاقت‌ها، از درون آن‌ها به کمک سرنگ نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها بلافاصله برای قرائت میزان گاز متان به آزمایشگاه منتقل و توسط دستگاه گاز کروماتوگراف (GC) مدل UNICAM سری ۶۱۰ مجهز به حسگرهای ECD و FID اندازه‌گیری شد. این دستگاه مقدار پی‌پی‌ام حجمی گاز را قرائت کرد. با دخالت حجم اتاقت و مدت زمان نصب اتاقت‌ها در نهایت مقدار تصاعد گازها، بر اساس میزان تصاعد گاز مورد نظر بر حسب جرم از واحد سطح در واحد زمان محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری گازهای اکسیدنیتروس و اکسیدنیتریک از اندازه‌گیری اکسیدهای نیتروژن در دستگاه آنالایزر مدل APNA-370 استفاده شد. این آنالایزر غلظت اکسیدهای نیتروژن را در هوای محیطی اندازه‌گیری می‌کند. در طول دوره تحقیق پنج نمونه‌برداری از باغات مرکبات دزفول و نخلستان‌های آبادان در سه تکرار انجام شد. این مقادیر به دست آمده به کل سال تعمیم داده شدند.

مدل DAYCENT: این مدل نسخه زمان‌بندی روزانه CENTURY، یک مدل بوم‌نظام‌های پردازش‌شده برای شبیه‌سازی پویایی کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و

انتشار گازهای متان به عنوان یکی از گازهای گلخانه‌ای است که باعث گرمایش زمین می‌شود، اکسید نیتروس از این رو که یکی از گازهای گلخانه‌ای مهم بشری است که حدود ۷۰ درصد گاز اکسید نیتروس منتشر شده از زیست توده در جو زمین، از خاک حاصل می‌شود و اکسید نیتریک که یکی از عوامل بالقوه تخریب لایه ازن، گاز اکسید نیتریک است که تاکنون صدمات جبران‌ناپذیری را به لایه ازن وارد کرده است. مدل DAYCENT یا مدل نسخه زمان‌بندی روزانه CENTURY، یک مدل پردازش‌شده شامل زیر مدلی در مرحله تولید گیاهان و زیر مدلی برای پویایی مرحله به مرحله روزانه جریان گاز کمیاب، گردش مواد مغذی، جریان آب و مواد آلی خاک (SOM) است (دلگرسو و همکاران ۲۰۰۱) و DNDC مدل شبیه‌ساز روزانه، مزرعه مقیاس و برای واکنش‌های بیوشیمیایی کربن و نیتروژن در اکوسیستم‌های کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است (لی و همکاران ۲۰۰۶). در نهایت بررسی پتانسیل گرمایش جهانی و هزینه محیط‌زیستی این گازها در بوم‌نظام‌های زراعی استان خوزستان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: ایستگاه‌های مورد بررسی در این پژوهش شامل ۴ ایستگاه شوش، باغملک، شوشتر و آبادان است. شوش در شمال غربی اهواز بین ۳۲ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۱ دقیقه طول شرقی قرار گرفته و مزارع گندم این شهرستان در حدود ۶۲ هزار هکتار است. شهرستان باغملک در فاصله ۱۴۰ کیلومتری اهواز بین ۴۹ و ۳۳ تا ۵۰ و ۱۵ طول شرقی و ۳۱ و ۱۳ تا ۳۱ و ۴۳ عرض شمالی است و هر ساله با آغاز فصل کشت برنج، بیش از ۳ هزار هکتار از شالیزارهای این شهرستان زیر کشت برنج می‌رود. مزارع نیشکر شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی، میرزا کوچک خان، امیرکبیر، دعبل خزایی و سلمان فارسی با

پارامتر ورودی منحصر به DAYCENT دارای قالب ".in" است. پوشه‌های آب و هوای روزانه دارای پسوند ".wth" هستند. همه پوشه‌های پارامتر ورودی (*). ۱۰۰۰، ".in"، ".dat"، پوشه‌های هواشناسی (*).wth) و پوشه برنامه (*).sch) پوشه‌های متنی هستند که می‌توانند با هر ویرایشگر متن به روز شوند. پوشه‌های باینری خروجی با ".bin"، ".out" و ".csv" هستند. برنامه List100 برای استخراج مقادیر از پوشه باینری استفاده می‌شود و آن‌ها را به یک پوشه متنی با پسوند «.lis» ارسال می‌کند (هارتمن و همکاران، ۲۰۱۶). ورودی‌های مدل DAYCENT شامل بارش روزانه مشاهده شده و بیشینه و کمینه دمای روزانه؛ ورودی متغیرهای خاک شامل بافت، چگالی تراکم، ضخامت، ظرفیت مزرعه، نقطه پژمردگی، pH، هیدرولیک اشباع شده و رسانایی برای ۱۴ لایه خاک می‌باشد. این مدل با استفاده از داده‌های مشاهده شده مربوط به تولید گیاهان، ماده آلی خاک، گردش مواد مغذی و گازهای کمیاب اعتبارسنجی شده است (هارتمن و همکاران ۲۰۱۱). برنامه نوشته شده در محیط DAYCENT جهت کشت گندم در معادله (۱)، برنج در معادله (۲) و نیشکر در معادله (۳) آورده شده است.

(رابطه ۱) 1 279 CULT P 1 303 CULT S 1 304 FERT 5N 1 314 PLTM 1 354 FERT 5N 1 19 FERT 5N 1 49 FERT 5N 1 93 LAST
(رابطه ۲) 1 141 OMAD M2 1 150 CULT P 1 154 CULT H 1 155 FERT 5N 1 170 IRR1 A100 1 172 PLTM 1 173 OMAD M1 1 177 IRR1 A0 1 203 FERT 5N 1 314 LAST
(رابطه ۳) 1 50 CULT P 1 98 FERT 3N 1 129 FERT 4N 1 180 FERT 3N 1 206 PLTM 1 211 IRR1 A60 1 254 IRR1 A0 1 284 LAST

خاک (مجموع دمای ساعتی و روزانه خاک و رطوبت در یک بعد) ۲- زیر مدل رویش محصول (مجموع شبیه‌سازی تجمع زیست توده محصول و تقسیم‌بندی آن) ۳- زیر مدل تجزیه (تجزیه، نیتریفیکاسیون تبخیر NH₃ و تولید CO₂) ۴- زیرمدل نیتریفیکاسیون (ردیابی کاهش بیوشیمیایی متوالی از NO₃ تا NO₂⁻، NO، N₂O

گوگرد در سیستم‌های خاک-گیاه است (پارتون و همکاران ۱۹۹۸؛ دل گروسو و همکاران ۲۰۰۱). این مدل در ابتدا در دهه ۱۹۷۰ به منظور شبیه‌سازی تغییرات مواد آلی خاک (SOM)، بهره‌وری گیاهان، دسترسی به مواد مغذی و دیگر پارامترهای اکوسیستم در پاسخ به تغییر در مدیریت زمین و آب و هوا به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفت و نشان داد که جهت شبیه‌سازی رشد گیاه و تغییرات مواد آلی خاک برای اکثر اکوسیستم‌های زمینی در سراسر جهان قابل استفاده است. افزایش توجه به انجام تجزیه و تحلیل گازهای گلخانه‌ای، به توسعه DAYCENT در سال ۱۹۹۴ منجر شد. مدل DAYCENT شامل زیر مدلی در مرحله تولید گیاهان و زیر مدلی برای پویایی مرحله به مرحله روزانه جریان گاز کمیاب، گردش مواد مغذی، جریان آب و مواد آلی خاک (SOM) است. برنامه مدل DAYCENT در زبان برنامه‌نویسی FORTRAN و C نوشته شده و می‌تواند از پنجره DOS یا یک پلت فرم لینوکس استفاده شود. DAYCENT شامل تعدادی از پوشه‌های پارامتری، پوشه برنامه، پوشه وضعیت آب و هوا و بسیاری از فایل‌های خروجی است. پوشه‌های پارامتر ورودی با یک پسوند ".۱۰۰" استفاده می‌شود. پوشه‌های

مدل DNDC: یک مدل شبیه‌ساز روزانه^۱، مزرعه مقیاس^۲، و قابلیت استفاده در زمینه تجزیه^۳ و دنیتریفیکاسیون^۴ است (لی و همکاران ۱۹۹۲) و برای واکنش‌های بیوشیمیایی کربن و نیتروژن در اکوسیستم‌های کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. DNDC دارای چهار زیر مدل شامل: ۱- زیر مدل اقلیم-

⁴ Denitrification

¹ Daily simulator

² Field scale

³ Decomposition

$$GWP = (N_2O \text{ FLUX} \times 310) + (NO \text{ FLUX} \times 298) + (CH_4 \text{ FLUX} \times 21) \quad (\text{رابطه ۴})$$

در این معادله، GWP: پتانسیل گرمایش جهانی (کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار)، N_2O FLUX: انتشار اکسید نیتروس، NO FLUX: انتشار اکسید نیتریک و CH_4 FLUX: انتشار متان می‌باشند.

شاخص‌های آماری: به منظور ارزیابی دقت مدل‌سازی، از شاخص‌های آماری خطای حداکثر، ریشه‌ی میانگین مربعات خطا، ضریب تعیین، کارایی مدل و ضریب جرم باقیمانده استفاده شد. برای بررسی تفاوت بین مقادیر مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده از ضریبی به نام ضریب تبیین R^2 استفاده می‌شود (اورت و همکاران ۲۰۰۵). در علم آمار این ضریب به دو صورت تعریف می‌شود.

تعریف اول عبارت است از $R^2 = 1 - \frac{\sum(Pi - Oi)^2}{\sum(Oi - \bar{O})^2}$ و R^2 تعریف دیگر $R^2 = \frac{\sum(Pi - \bar{O})^2}{\sum(Oi - \bar{O})^2}$ است. در بررسی کمی مدل‌ها شاخص CD در حقیقت معکوس تعریف دوم و شاخص EF همان تعریف اول از R^2 است. تعریف اول همواره بین صفر و یک تغییر می‌کند و تعریف دوم، می‌تواند از ۱ بزرگ‌تر شود. مقادیر بالای ME نشانگر بدترین پیش‌بینی مدل است. مقادیر RMSE بالا نشان می‌دهد که چه مقدار پیش‌بینی‌ها دست پایین یا دست بالا بوده‌اند و به طور کلی میزان خطای مدل را در برآورد داده‌ها عنوان می‌کند (دشتکی و همکاران ۲۰۱۰). در این پژوهش برای محاسبه RMSE از روش نزدیک‌ترین همسایه مارکواردت (Marquardt, 1963) استفاده شد. مقادیر CD نیز معرف نسبت بین پراکندگی مقادیر پیش‌بینی‌شده و مقادیر اندازه‌گیری شده است. حد پایینی ME، RMSE و CD صفر است. مقایسه‌ی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و متوسط مقادیر مشاهده‌شده توسط شاخص EF انجام می‌گیرد. هر چه این شاخص به یک

می‌باشد (لی و همکاران ۱۹۹۲؛ لی ۲۰۰۰؛ آبدالا و همکاران ۲۰۱۰). مدل دارای دو حالت قابل شبیه‌سازی ۱- حالت محلی ۲- حالت منطقه‌ای^۶ است. در حالت محلی ورودی‌های مدل در سه دسته تقسیم می‌شوند ۱- ورودی‌های اقلیم ۲- ورودی‌های خاک ۳- ورودی‌های مدیریت زراعی. مدل در دو بخش گیاه و خاک امکان واسنجی دارد. برای واسنجی مدل در این منطقه مقادیر خصوصیات فیزیکی خاک شامل وزن مخصوص ظاهری، وزن مخصوص حقیقی، درصد تخلخل، ظرفیت مزرعه، نقطه پژمردگی و قابلیت نفوذ آب در خاک تعیین شد و مدل با استفاده از این داده‌ها واسنجی گردید. در بخش گیاه مدل جهت نسبت C/N اجزای مختلف گیاه و مقدار محصول بهینه منطقه واسنجی شد. با استفاده از داده‌های ورودی مدل DNDC v.9.5 در حال حاضر استفاده شده است.

محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی GWP: محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس گزارش‌های روبرتسون و همکاران (۲۰۰۰) و تیلن و همکاران (۲۰۱۰) انجام شد. به‌منظور محاسبه این شاخص، میزان انتشار متان، اکسید نیتروس و اکسید نیتریک محاسبه‌شده برای محصول در نظر گرفته شد. اثر هر کدام از گازها بر گرمایش زمین متفاوت است، به طوری که هر واحد متان، اکسید نیتروس و اکسید نیتریک به ترتیب حدود ۲۱، ۳۱۰ و ۲۹۸ برابر دی‌اکسیدکربن در گرمایش زمین نقش دارند (آی پی سی سی ۲۰۰۷). بنابراین، واحد این شاخص به صورت معادل دی‌اکسیدکربن بیان گردید. برای این منظور، میزان گاز اکسید نیتروس با ضریب ۳۱۰ و متان با ضریب ۲۱ و اکسید نیتریک ۲۹۸ در محاسبات وارد شد. در نهایت میزان پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس معادله ۴ محاسبه شد.

^۶ Regional Mode^۵ Site Mode

با در نظر گرفتن الگوی نرخ شار گاز در چهار ایستگاه، میزان تصاعد سالانه بر اساس نمونه‌های مشاهداتی محاسبه شد. بیش‌ترین نرخ تصاعد متان مدل شده از ایستگاه باغملک (۲/۱۱) تن در هکتار در سال)، بیش‌ترین نرخ شار اکسیدنیتروس مدل شده ایستگاه شوش (۰/۱۰۴ تن در هکتار در سال) و بیش‌ترین شار اکسید نیتریک مدل شده ایستگاه شوش (۰/۰۵۸ تن در هکتار در سال) تعیین شد. کمترین نرخ تصاعد متان مدل شده از ایستگاه‌های شوشتر و آبادان، (۰/۰۰۷ تن در هکتار در سال) کمترین نرخ شار اکسیدنیتروس مدل شده ایستگاه باغملک، (۰/۰۰۳ تن در هکتار در سال) و کمترین شار اکسیدنیتریک مدل شده ایستگاه شوشتر و باغملک (۰/۰۳۳ تن در هکتار در سال) به دست آمد.

نتایج مدل‌سازی مدل DAYCENT، در هر چهار ایستگاه نشان داد که بیش‌ترین میزان شار متان مدل شده در ایستگاه باغملک (۱/۳۶۹ تن در هکتار در سال)، بیش‌ترین میزان تصاعد اکسیدنیتروس مدل شده در ایستگاه شوشتر (۰/۱۶۰ تن در هکتار در سال) و همچنین بیش‌ترین شار اکسیدنیتریک مدل شده در ایستگاه شوش (۰/۱۱۱ تن در هکتار در سال) به دست آمد. کمترین میزان شار متان مدل شده ایستگاه‌های شوشتر و آبادان، (۰/۰۰۲ تن در هکتار در سال)، کمترین میزان تصاعد اکسیدنیتروس مدل شده در ایستگاه باغملک، (۰/۰۱۰ تن در هکتار در سال) و همچنین کمترین شار اکسیدنیتریک مدل شده در ایستگاه شوشتر (۰/۰۰۴ تن در هکتار در سال) تعیین شد.

نرخ شار گازهای متان، اکسید نیتروس و اکسید نیتریک توسط مدل DNDC نیز در چهار ایستگاه در سال شبیه‌سازی شد. بیش‌ترین نرخ تصاعد متان مدل شده از ایستگاه باغملک، (۱/۰۱۴ تن در هکتار در سال)، بیش‌ترین نرخ شار اکسید نیتروس مدل شده ایستگاه شوشتر، (۰/۰۹۸ تن در هکتار در سال) و بیش‌ترین شار اکسیدنیتریک مدل شده ایستگاه شوش (۰/۰۸۱ تن در هکتار در سال) تعیین شد. کمترین نرخ تصاعد متان مدل

نزدیک‌تر باشد مدل پیش‌بینی بهتری داشته است. شاخص CRM میل مدل به پیش برآوردی و کم برآوردی را نشان می‌دهد (خداوردی لو و همکاران ۲۰۱۱). میزان CRM منفی یعنی مدل مقادیر را بیشتر و CRM مثبت یعنی مدل داده‌ها را کمتر از داده‌های مشاهده‌شده پیش‌بینی کرده است. اگر مقادیر مشاهده‌شده و پیش‌بینی شده مدل برابر باشند، $RMSE = 0$ ، $ME = 0$ ، $EF = 1$ ، $CD = 1$ و $CRM = 0$ است. تفسیر ریاضی شاخص‌های آماری بالا به صورت زیر است (همایی و همکاران ۲۰۰۲: کوتگودا و روسو ۲۰۰۸).

$$ME = \text{MAX} |Pi - Oi|_{i=1}^n \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Pi - Oi)^2 / n} \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$CD = \frac{\sum_{i=1}^n (Oi - \bar{O})^2}{\sum_{i=1}^n (Pi - \bar{O})^2} \quad (\text{رابطه ۷})$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (Oi - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (Pi - Oi)^2}{\sum_{i=1}^n (Oi - \bar{O})^2} \quad (\text{رابطه ۸})$$

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^n Oi - \sum_{i=1}^n Pi}{\sum_{i=1}^n Oi} \quad (\text{رابطه ۹})$$

که در روابط فوق، Pi مقادیر شبیه‌سازی شده، Qi مقادیر اندازه‌گیری شده و n تعداد نمونه‌های به‌کاررفته است.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از مدل‌سازی گازهای متان، اکسید نیتروس و اکسید نیتریک بر اساس دو مدل DAYCENT و DNDC در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان داد که برای گاز متان اندازه‌گیری شده بیش‌ترین مقدار در ایستگاه باغملک و کمترین مقدار در ایستگاه‌های شوشتر و آبادان بود. در مورد گاز اکسید نیتروس نیز بیش‌ترین و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های شوشتر و باغملک مشاهده گردید. در مورد گاز اکسید نیتریک نیز بیش‌ترین و کمترین شار به ترتیب مربوط به ایستگاه شوش و شوشتر بود.

است، درحالی‌که تصاعد گاز اکسید نیتروس در مدل DAYCENT بیشتر و در مدل DNDC کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده برآورد شد. همچنین شار گاز اکسید نیتریک فقط در ایستگاه شوش در دو مدل بیشتر از مقدار اندازه‌گیری شده به دست آمد، ولی در بقیه ایستگاه‌ها در هر دو مدل کمتر از میزان اندازه‌گیری شده تعیین شد.

شده از ایستگاه‌های شوشتر و آبادان، (۰/۰۰۱ تن در هکتار در سال) کمترین نرخ شار اکسید نیتروس مدل شده ایستگاه باغملک، (۰/۰۰ تن در هکتار در سال) و کمترین شار اکسید نیتریک مدل شده ایستگاه شوشتر و آبادان (۰/۰۰۳ تن در هکتار در سال) به دست آمد (جدول ۱). مقایسه بین دو مدل نشان داد که شار گاز متان در هر دو مدل کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده به دست آمده

جدول ۱- میانگین شار گازهای متان، اکسید نیتروس و اکسید نیتریک (تن در هکتار در سال) در ایستگاه‌های مورد نظر

شار گاز	ایستگاه	DAYCENT	DNDC	اندازه‌گیری شده
متان	باغملک	1.369	1.014	2.110
	شوش	0.101	0.088	0.248
	شوشتر	0.002	0.001	0.007
اکسید نیتروس	آبادان	0.002	0.001	0.007
	باغملک	0.010	0.000	0.003
	شوش	0.106	0.068	0.104
	شوشتر	0.160	0.098	0.102
	آبادان	0.120	0.077	0.095
اکسید نیتریک	باغملک	0.010	0.003	0.033
	شوش	0.111	0.081	0.058
	شوشتر	0.004	0.003	0.033
	آبادان	0.006	0.003	0.036

بستگی دارد. همچنین در این تحقیق این تفاوت‌ها به دلیل محصول و سیستم آبیاری متفاوت (دیم در گندمزار، غرقابی در شالیزار و آبیاری مکانیزه در کشت نیشکر) است. زلقی و لندی (۲۰۰۸) نیز به این نتیجه مشابه رسیدند که اختلاف بین مزارع از نظر تصاعد گاز متان می‌تواند با وضعیت هوایی بودن این خاک‌ها مرتبط باشد. در مزرعه برنج با آبیاری غرقابی شرایط بی‌هوایی طی مدت زمان طولانی و در مکان‌های زیادی از خاک مشاهده می‌شود و بر میزان تصاعد متان افزوده می‌شود. در حالیکه در مزارع دیگر شرایط هوایی غالب است و میزان تصاعد متان کمتر است. بخت فیروز و همکاران (۲۰۱۰) نیز در پژوهش خود به این نتیجه

عوامل متعددی بر روی میزان انتشار یک گاز در محیط کشاورزی اثر گذار است و برآورد مدل نیز به تبع آن تغییر می‌کند، بگام و همکاران (۲۰۱۸) نیز به این نتیجه رسیدند که انتشار گاز متان در زمین‌های مختلف و در فصول رشد مختلف متفاوت است و مدل DAYCENT برآوردی مناسبی از انتشار گاز متان داشته است. در پژوهش حاضر نیز شار گازهای مورد بررسی زمین‌های مختلف و با مراحل رشد متفاوت اندازه‌گیری شد که مدل DAYCENT این نکته را به خوبی نشان داد. در پژوهش شفرود و همکاران (۲۰۱۹) نتایج نشان داد که تفاوت در تصاعد گاز به عملکرد محصول، کودهای اعمال شده، آمونیوم خاک و نیترات در خاک و آب و رطوبت خاک

شاخص CRM (ضریب جرم باقیمانده) مدل DAYCENT برای اکسیدنیتروس با ۰/۳۱ بیشترین مقدار و در اکسیدنیتریک با میزان ۰/۲۲ کمترین مقدار به دست آمد. CRM در این مدل در تمامی در دامنه دقتی مناسب و نشان‌دهنده کم برآوردی مدل است. در شاخص CRM مدل DNDC برای متان با ۰/۴۹ بیشترین مقدار و در اکسید نیتروس با میزان ۰/۱۴ کمترین مقدار به دست آمد. CRM در تمامی در دامنه دقتی مناسب و نشان‌دهنده کم برآوردی مدل است. بر اساس شاخص آماری EF (کارایی مدل) مدل DAYCENT در تمامی موارد مورد بررسی در تمامی در دامنه دقتی مناسب تعیین شد. از این میان اکسید نیتروس با میزان ۰/۶۲ مناسب‌ترین مقدار را نشان داد. شاخص آماری EF مدل DNDC در تمامی موارد مورد بررسی در تمامی در دامنه دقتی مناسب به دست آمد. در حال که متان با میزان ۰/۶۸ مناسب‌ترین مقدار را نشان داد. بر اساس شاخص آماری CD (ضریب تبیین) مدل DAYCENT اکسید نیتروس با میزان ۰/۴۴ مناسب‌ترین مقدار تعیین شد. طبق CD بیشترین پراکندگی مربوط به گاز متان به دست آمد. همچنین بر اساس شاخص آماری CD مدل DNDC در تمامی موارد بالاتر از حد مناسب است. طبق CD بیشترین پراکندگی مربوط به گاز متان تعیین شد.

در مدل DAYCENT در تمامی موارد مقدار RMSE قابل قبول و از میانگین مقادیر واقعی کمتر به دست آمد. در گاز متان با مقادیر ۰/۳۱ دارای بیشترین مقدار و در اکسیدنیتریک با میزان ۰/۰۳ کمترین مقدار تعیین شد. در همه موارد این آماره زیر یک بوده و در دامنه دقتی مناسب به دست آمد. در مدل DNDC نیز در تمامی موارد مقدار RMSE قابل قبول و از میانگین مقادیر واقعی کمتر تعیین شد. در گاز متان با مقادیر ۰/۴۵ دارای بیشترین مقدار و در اکسید نیتروس با میزان ۰/۰۱ کمترین مقدار به دست آمد. در همه موارد این آماره زیر یک بوده و در دامنه دقتی مناسب تعیین شد. مقدار

رسیدند مدیریت آب نقش مهمی در کاهش انتشار متان از شالیزارهای برنج دارد. همچنین این محققان نیز اشاره دارند که در حالت غرقابی، اکسید نیتروس قابل کشف نیست و بیشترین مقدار اکسید نیتروس از خاک‌های شالیزاری دارای مواد آلی نسبتاً زیاد انتشار یافته است. در این پژوهش نیز به نتایج مشابه دست یافتیم.

به منظور ارزیابی دقت مدل‌های DAYCENT و DNDC از شاخص‌های آماری مختلفی استفاده شد. در جدول ۲ نتایج شاخص‌های آماری مورد استفاده به تفکیک سه گاز اکسید نیتروس، متان و اکسید نیتریک آورده شده است. نتایج جدول ۲ نشان داد که بر اساس شاخص‌های آماری مدل DAYCENT، ضریب تعیین (R^2) متان بیشترین دقت را داشته است. با این وجود هر سه گاز دامنه دقتی مناسب و بالاتر از ۰/۵۰ را دارند. بر اساس شاخص آماری DNDC ضریب تعیین (R^2) اکسید نیتروس و متان بیشترین دقت را داشته با این وجود هر سه گاز دامنه دقتی مناسب و بالاتر از ۰/۵۰ را دارند. ضریب تعیین متان در مدل DAYCENT بالاتر می‌باشد در حال که اکسید نیتروس در هر دو برابر و ضریب تعیین اکسید نیتریک در مدل DNDC بالاتر تعیین شد.

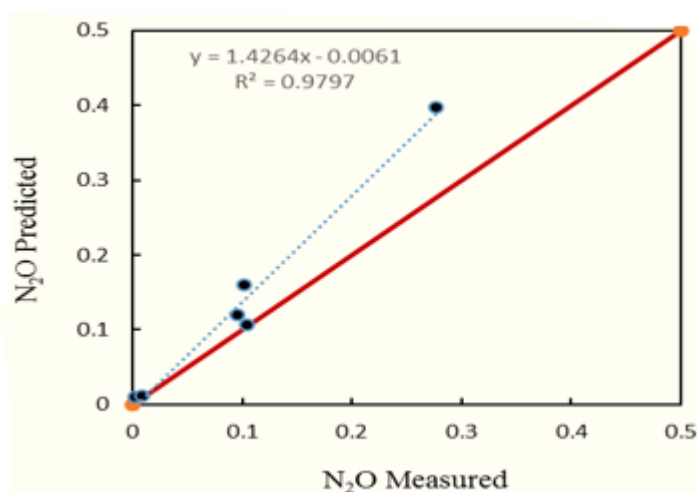
شاخص RPD (نسبت انحراف کارایی) مدل DAYCENT نشان داد که برای اکسید نیتروس، مقدار ۲/۶ است ولی در تمامی در دامنه دقتی مناسب قرار دارند. شاخص RPD مدل DNDC نشان داد که برای اکسید نیتروس، مقدار ۵/۱ در دامنه دقتی مناسب و اکسید نیتریک با مقدار ۱/۱۳ در دامنه دقتی قابل قبول و برای متان با مقدار ۰/۸۷ در دامنه دقتی ضعیف تعیین شد. بر اساس شاخص آماری SD (انحراف معیار) مدل DAYCENT در متان با ۰/۵۴ بیشترین مقدار و در اکسید نیتریک با میزان ۰/۰۶ کمترین مقدار تعیین شد. بر اساس شاخص آماری SD مدل DNDC در متان با ۴/۶۸ و اکسید نیتریک با ۲/۵۳ جزء داده‌های پرت و در اکسید نیتریک با میزان ۱/۰۸ کمترین مقدار تعیین شد. در

می‌باشد. همچنین در این مدل انحراف معیار دقت بیشتری را نشان می‌دهد. ضریب جرم باقیمانده به جز در مورد مقدار گاز اکسید نیتروس در مدل DAYCENT دقت بیشتری دارد. ضریب تبیین نیز در مدل DAYCENT با دقت بالاتر تعیین شد. در حالی که خطای بیشینه نشان‌دهنده دقت بالاتر مدل DNDC می‌باشد. شکل‌های ۱ تا ۶ مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده گازهای متان، اکسید نیتروس و اکسید نیتریک بر مبنای دو مدل مورد استفاده را نشان می‌دهد

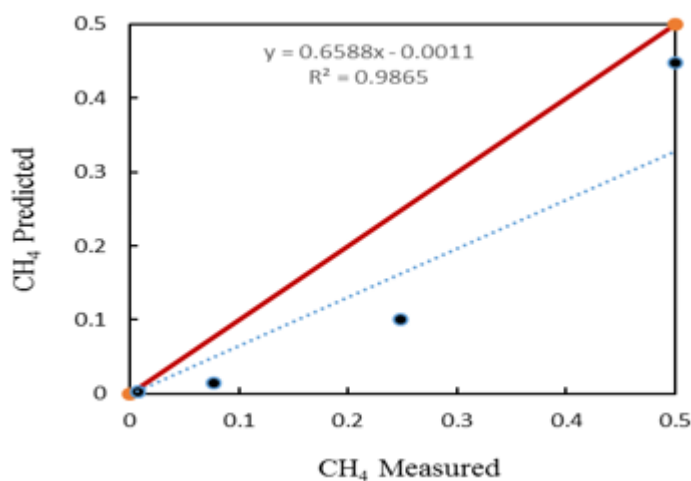
ME (خطای ماکسیمم) در مدل DAYCENT در متان با ۰/۷۴ بیش‌ترین مقدار و در اکسید نیتریک با میزان ۰/۰۵ کمترین مقدار (بدترین حالت) تعیین شد. در حال که مقدار ME در مدل DNDC در متان با ۱/۹۶ بیش‌ترین مقدار و در اکسید نیتروس با میزان ۰/۰۳ کمترین مقدار (بدترین حالت) تعیین شد. در مجموع کلی بر اساس R^2 مدل DNDC دقت بیشتری را نشان می‌دهد. نسبت انحراف کارایی نیز نشان‌دهنده دقت بیشتر در سنجش گاز اکسید نیتروس در این مدل

جدول ۲- شاخص‌های آماری برآورد سه گاز اکسید نیتروس، متان و اکسید نیتریک بر مبنای دو مدل DAYCENT و DNDC

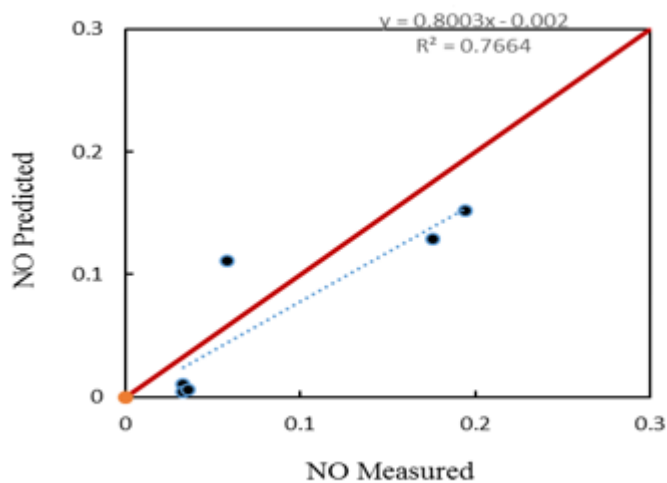
مدل	گاز	R^2	RPD	SD	CRM	EF	CD	RMSE	ME
DAYCENT	اکسید نیتروس	۰/۹۸	۲/۵	۰/۱	۰/۳۶	۰/۶۲	۰/۴۴	۰/۰۵۵	۰/۱۲۱
	متان	۰/۹۹	۱/۷	۰/۵۴	۰/۳۴	۰/۸۵	۲/۴۵	۰/۳۱	۰/۷۴۱
	اکسید نیتریک	۰/۷۷	۱/۸	۰/۰۷	۰/۲۲	۰/۷۶	۱/۴۵	۰/۰۳	۰/۰۵۳
DNDC	اکسید نیتروس	۰/۹۸	۵/۱	۰/۰۹	۰/۱۵	۰/۹۵	۱/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۳۶
	متان	۰/۹۸	۰/۹	۰/۴۰	۰/۴۹	۰/۶۸	۴/۶۸	۰/۴۵	۱/۰۹۶
	اکسید نیتریک	۰/۸	۱/۱	۰/۰۵	۰/۴۰	۰/۶۳	۲/۵۲	۰/۰۴	۰/۰۷۶



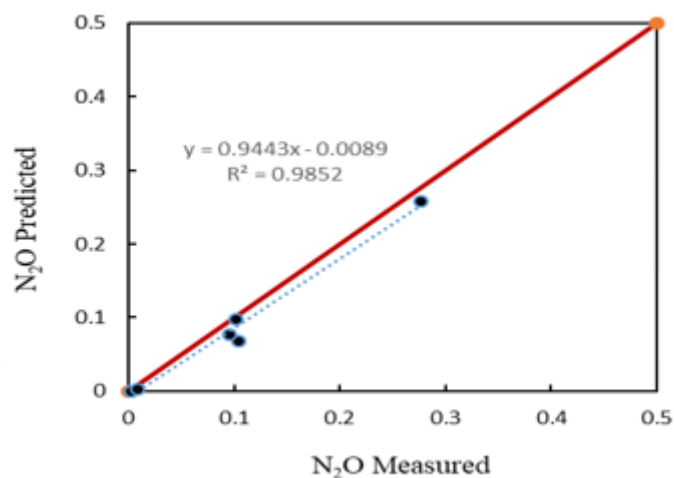
شکل ۱- مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده گاز اکسید نیتروس بر مبنای مدل DAYCENT



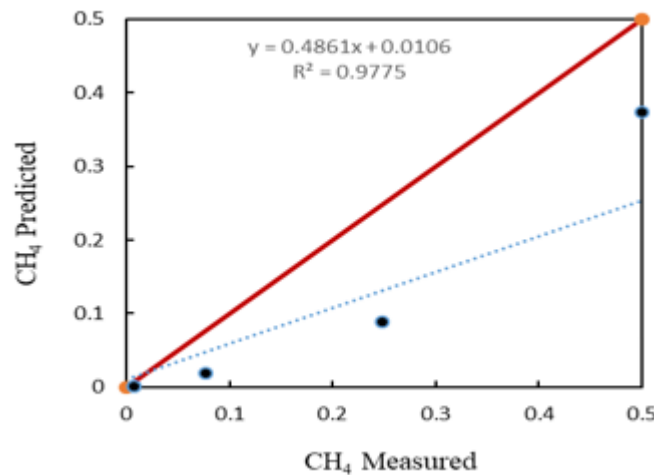
شکل ۲- مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده گاز متان بر مبنای مدل DAYCENT



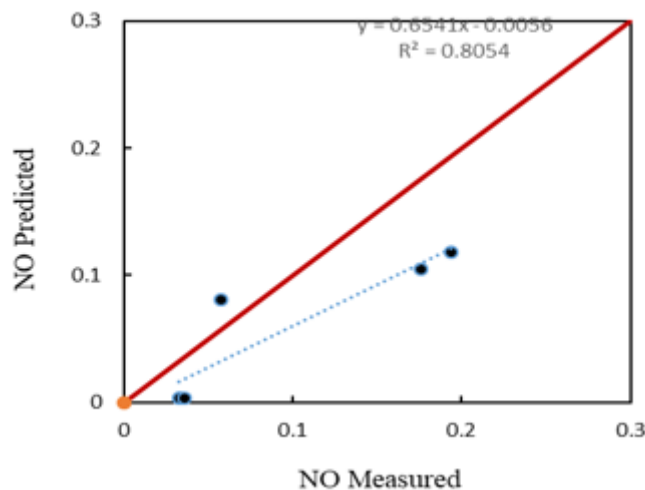
شکل ۳- مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده اکسید نیتریک بر مبنای مدل DAYCENT



شکل ۴- مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده گاز اکسید نیتروس بر مبنای مدل DNDC



شکل ۵- مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده گاز متان بر مبنای مدل DNDC



شکل ۶- مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده گاز اکسیدنیتریک بر مبنای مدل DNDC

کمترین پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس داده‌های DNDC، ۴۷/۰۶۶ تن معادل دی اکسید کربن از هر هکتار به دست آمد. در ایستگاه شوشتر نیز، بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی در بر اساس داده‌های DAYCENT، ۵۰/۸۳۴ تن معادل دی اکسید کربن و کمترین پتانسیل گرمایش جهانی در این ایستگاه بر اساس داده‌های DNDC ۳۱/۲۹۵ تن معادل دی اکسید کربن از هر هکتار تعیین شد. در نهایت بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی در ایستگاه آبادان بر اساس داده‌های مشاهداتی ۴۰/۳۲۵ تن معادل دی اکسید کربن و کمترین پتانسیل گرمایش جهانی در این

نتایج حاصل از پتانسیل گرمایش جهانی (GWP): نتایج به دست آمده از محاسبات ضریب پتانسیل گرمایش جهانی (جدول ۳) متان، اکسیدنیتروس و اکسیدنیتریک نشان داد که بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس داده‌های مشاهداتی ۵۵/۰۷۴ تن معادل دی اکسید کربن و کمترین پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس داده‌های DNDC ۲۲/۱۸۸ تن معادل دی اکسید کربن از هر هکتار هر دو در ایستگاه باغملک تعیین شد. همچنین بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی در ایستگاه شوش بر اساس داده‌های DAYCENT، ۶۸/۰۵۹ تن معادل دی اکسید کربن و

پتانسیل گرمایش جهانی می باشد. گرمای زیاد و بالا بودن سطح آب های زیرزمینی در استان خوزستان نیز باعث تصاعد بیشتر گازها می شود. همینطور مطابق با نتایج تحقیق دلگرسو و همکاران (۲۰۰۵) و (۲۰۰۸) نشان داده شد که نرخ شار گاز با فاکتور تنش آبی، همبستگی قوی دارد. در این تحقیق نیز با افزایش میزان بارش ها تصاعد گازها بیشتر و در نتیجه میزان پتانسیل گرمایش جهانی افزایش یافت. در حالی که با کاهش میزان بارش ها تصاعد گازها کمتر و در نتیجه میزان پتانسیل گرمایش جهانی کاهش پیدا کرد.

ایستگاه بر اساس داده‌های DNDC ۲۴/۷۸۵ تن معادل دی اکسید کربن از هر هکتار به دست آمد. همچنین بیشترین میزان پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس داده‌های DAYCENT در ایستگاه شوش (۶۸/۰۵۹ تن معادل دی اکسید کربن) و کمترین میزان پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس داده‌های DNDC در ایستگاه باغملک (۲۲/۱۸۸ تن معادل دی اکسید کربن) تعیین گردید.

در جمع‌بندی کلی همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است، بیشترین سهم پتانسیل گرمایش جهانی از تصاعد گاز اکسید نیتروس، به دلیل استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی و ضریب بالای این گاز در میزان

جدول ۳- پتانسیل گرمایش جهانی سه گاز مورد نظر در ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس داده‌های مشاهداتی،

DNDC و DAYCENT

DNDC		DAYCENT		داده‌های مشاهداتی		ایستگاه	متغیر
پتانسیل گرمایش جهانی GWP	محاسبه شده در ضریب GWP	پتانسیل گرمایش جهانی GWP	محاسبه شده در ضریب GWP	پتانسیل گرمایش جهانی GWP	محاسبه شده در ضریب GWP		
۲۲/۱۸۸	۲۱/۲۹۴	۳۴/۸۲۹	۲۸/۷۴۹	۵۵/۰۷۴	۴۴/۳۱	باغملک	شار متان
	۰		۳/۱		۰/۹۳		شار اکسید نیتروس
	۰/۸۹۴		۲/۹۸		۹/۸۳۴		شار اکسید نیتریک
۴۷/۰۶۶	۱/۸۴۸	۶۸/۰۵۹	۲/۱۲۱	۵۴/۷۳۲	۵/۲۰۸	شوش	شار متان
	۲۱/۰۸		۳۲/۸۶		۳۲/۲۴		شار اکسید نیتروس
	۲۴/۱۳۸		۳۳/۰۷۸		۱۷/۲۸۴		شار اکسید نیتریک
۳۱/۲۹۵	۰/۰۲۱	۵۰/۸۳۴	۰/۰۴۲	۴۱/۶۰۱	۰/۱۴۷	شوشتر	شار متان
	۳۰/۳۸		۴۹/۶		۳۱/۶۲		شار اکسید نیتروس
	۰/۸۹۴		۱/۱۹۲		۹/۸۳۴		شار اکسید نیتریک
۲۴/۷۸۵	۰/۰۲۱	۳۹/۰۳	۰/۰۴۲	۴۰/۳۲۵	۰/۱۴۷	آبادان	شار متان
	۲۳/۸۷		۳۷/۲		۲۹/۴۵		شار اکسید نیتروس
	۰/۸۹۴		۱/۷۸۸		۱۰/۷۲۸		شار اکسید نیتریک

(قربانی و مطلبی ۲۰۰۹: جمالی پور و همکاران ۲۰۱۵) استفاده شده است. در واقع قیمت سایه‌ای گازهای گلخانه‌ای متان، اکسید نیتروس و اکسید نیتریک با

در این پژوهش برای برآورد هزینه‌ی محیط‌زیستی انتشار گازهای متان، اکسید نیتروس و اکسید نیتریک از مزارع مورد بررسی از مطالعات گذشته

انتشار گاز متان به دست آمد، زیرا متان به وسیله باکتری‌های متانوژنیک و از تجزیه بی‌هوازی شلتوک‌های برنج شناور در آب به وسیله ارگانیزم‌های میکروسکوپی که دی اکسید کربن را تنفس می‌کنند، تولید می‌شود. در حالی که، در ایستگاه شوش، شوشتر و آبادان بیشترین هزینه زیست‌محیطی از تصاعد گاز اکسید نیتروس تعیین شد. شار زیاد این دو گاز از مزارع از اثرات مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی می‌باشد. متأسفانه در سال‌های اخیر تولیدکنندگان محصولات کشاورزی در کشور به جای بهره‌گیری از دانش روز کشاورزی برای تولید بیشتر، مصرف کودهای شیمیایی را در واحد سطح افزایش داده‌اند.

به‌روزرسانی آن، به ترتیب معادل ۱۱۶۶۱/۰۹-، ۳۰۲۹۹- و ۲۹۹۴/۵- ریال، تعیین گردید (جدول ۴). بر اساس میانگین خروجی، هزینه انتشار محیط‌زیستی سه گاز مورد نظر بر اساس سه روش مشاهداتی، DAYCENT و DNDC در شالیزارهای باغملک بیشتر از بقیه مزارع مورد بررسی می‌باشد، بعد از آن به ترتیب گندمزارهای شوش، کشت و صنعت‌های شوشتر و آبادان قرار می‌گیرند. بیشترین هزینه زیست‌محیطی بر اساس داده‌های مشاهداتی در ایستگاه باغملک و کمترین هزینه زیست‌محیطی بر اساس داده‌های DNDC در ایستگاه آبادان به دست آمد. بیشترین سهم از هزینه‌ی انتشار گاز گلخانه‌ای در ایستگاه باغملک از

جدول ۴- هزینه محیط‌زیستی سه گاز مورد نظر از اراضی زراعی

متغیر	ایستگاه	داده‌های مشاهداتی	DAYCENT	DNDC
شار متان	باغملک	۲۴۶۰۴۸۹۹۹	۱۵۹۶۴۰۳۲۲	۱۱۸۲۴۳۴۵۲
	شوش	۲۸۹۱۹۵۰	۱۱۷۷۷۷۰	۱۰۲۶۱۷۵
	شوشتر	۸۱۶۲۷	۲۳۳۲۲	۱۱۶۶۱
	آبادان	۸۱۶۲۷	۲۳۳۲۲	۱۱۶۶۱
شار اکسید نیتروس	باغملک	۹۰۸۹۷	۳۰۲۹۹	۰
	شوش	۳۱۵۱۰۹۶	۳۲۱۱۶۹۴	۲۰۶۰۳۳۲
	شوشتر	۳۰۹۰۴۹۸	۶۸۴۷۸۴۰	۲۹۶۹۳۰۲
	آبادان	۲۸۷۸۴۰۵	۳۶۳۵۸۸۰	۲۳۳۳۰۲۳
شار اکسید نیتریک	باغملک	۹۸۸۱۸	۶۹۹۴۵	۱۰۸۳۵
	شوش	۱۷۳۶۸۱۰	۳۳۳۳۸۹۵	۲۴۲۵۵۴۵
	شوشتر	۹۸۸۱۸	۱۱۹۷۸	۱۰۸۳۵
	آبادان	۱۰۷۸۰۲	۱۷۹۶۷	۱۰۸۳۵
مجموع هزینه‌ها در هکتار	باغملک	۲۴۶۲۳۸۷۱۴	۱۵۹۷۴۰۵۶۶	۱۱۸۲۵۴۲۸۷
	شوش	۷۷۷۹۸۵۶	۷۷۱۳۳۵۹	۵۵۱۲۰۵۲
	شوشتر	۳۲۷۰۹۴۳	۶۸۸۳۱۴۰	۲۹۹۱۷۹۸
	آبادان	۳۰۶۷۸۳۴	۳۶۷۷۱۶۹	۲۳۵۵۵۱۹

خوزستان با استفاده از دو مدل DAYCENT و DNDC برآورد شد و سپس میزان پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس داده‌های مشاهداتی، نتایج مدل

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش انتشار گازهای متان، نیتروس اکسید و نیتریک اکسید در اراضی زراعی برنج، گندم و نیشکر

محیط‌زیستی نیز نشان‌دهنده بیش‌ترین سهم از تصاعد گاز اکسید نیتروس در اراضی کشت گندم و نیشکر و متان در مزارع برنج بود. در نهایت، بر اساس شاخص‌های آماری، سه گاز گلخانه‌ای اکسید نیتروس، متان و اکسید نیتریک در دو روش DAYCENT و DNDC دقت قابل‌قبولی داشتند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از تمامی حمایت‌ها و مساعدت‌های گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز جهت فراهم نمودن امکانات موردنیاز برای اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

DAYCENT و DNDC و هزینه انتشار زیست‌محیطی انتشار گازهای متان، اکسید نیتروس و اکسید نیتریک در چهار ایستگاه به دست آمد. بر اساس نتایج مقایسه سه روش استفاده‌شده، بیش‌ترین میزان تصاعد متان در ایستگاه باغملک (برنج)، بیش‌ترین میزان تصاعد اکسید نیتروس در ایستگاه شوشتر (نیشکر) بیش‌ترین میزان شار گاز اکسید نیتریک از ایستگاه شوش (گندم) به دست آمد. در ادامه بیش‌ترین ضریب پتانسیل گرمایش جهانی از ایستگاه شوش (گندم) و کم‌ترین از ایستگاه باغملک (برنج) به دست آمد. نشان داده شد بیش‌ترین سهم پتانسیل گرمایش جهانی از تصاعد گاز اکسید نیتروس و کمترین از شار گاز متان می‌باشد. هزینه انتشار

منابع مورد استفاده

- Ashtari F, Sharififard H, Shabankari M, Kikavousi A, Hashemifard A, Afshan A and Darvish N. 2014. Khuzestan Province, Green Book. (In Persian).
- Aali Magham SM, Soltani A and Zeinali E. 2014. Comparison of Fuel and Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions in Different Soil Preparation and Cultivation Systems in Gorgan. *Journal of Plant Production Research*, 21 (1): 131 -148. (In Persian).
- Amirnejad H, Amoe A and Majavourian S M. 2019. Consequences of climate change in agriculture and its relationship with rent-seeking paddy farmers (Case study: Mazandaran province). *Agricultural Economics Research*, 11 (1): 131-148. (In Persian).
- Abdalla M, Jones M, Yeluripati J, Smith P, Burke J and Williams M. 2010. Testing DAYCENT and DNDC model simulations of N₂O fluxes and assessing the impacts of climate change on the gas flux and biomass production from a humid pasture. *Atmospheric Environment*. 44 (25), 2961–2970.
- Alipour A, Mousavi S H and Khalilian S. 2014. Evaluation of carbon dioxide greenhouse gas emissions from the development of Iran's agricultural sector. *Agricultural Economics*, 8 (1): 63-81. (In Persian).
- Bakht Firooz A, Raeini Sarjaz M and Ghasemi Sahebi F. 2010. The effect of drainage systems on methane emissions in paddy fields, National conference on coastal water resources management, Sari university of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian).
- Begum K, Kuhnert M, Yeluripati J, Ogle S, Parton W, Kader M A and Smith P. 2018. Model based regional estimates of soil organic carbon sequestration and greenhouse gas mitigation potentials from rice croplands in Bangladesh, *Land*, 7, 82; doi:10.3390/land7030082.
- Dashtaki SG, Homae M and Khodaverdiloo H. 2010. Derivation and validation of pedotransfer functions for estimating soil water retention curve using a variety of soil data. *Soil Use and Management*, 26(1): 68-74.
- Del Grosso SJ, Parton WJ, Mosier AR, Hartman MD, Brenner J, Ojima DS and Schimel DS. 2001. Simulated interaction of carbon dynamics and nitrogen trace gas fluxes using the DAYCENT model. In: Schaffer, M., Ma, L., Hansen, S. (Eds.), *Modeling Carbon and Nitrogen Dynamics for Soil Management*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 303–332.

- Del Grosso S, Holland E A, Parton WJ, Mosier Pendall E A, Schimel D S and Ojima D S. 2005. Modeling soil CO₂ emissions from ecosystems, *Biogeochemistry*, 73(2005):71-91.
- Del Grosso S, Parton W J, Stohlgren T, Zheng D, Bachelet D, Prince S, Hibbard K and Olson R. 2008. Global potential net primary production predicted from vegetation class, precipitation, and temperature, *Ecology*, 89(8):2117–2126.
- Dftarian M. 2009. Location and pattern use of clean energy for all life on earth by continuing to use coal gas. *New Energy Journal*, 2: 56-57. (In Persian).
- Ewert F, Rounsevell MDA, Reginster I, Metzger MG and Leemans R. 2005. Future scenarios of European agricultural land use. Estimating changes in crop productivity, *Agricultura Ecosystem Environmental*, 107:101–116.
- Ghorbani M and Motallebi M. 2009. The Study on Shadow Price of Greenhouse Gases Emission in Iran: Case of Dairy Farms. *Research Journal of Environmental Sciences*, 3: 466-475. (in Persian).
- Hartman M, Merchant ER, Parton WJ, Gutmann MP, Lutz S and Williams SA. 2011. Impact of historical land-use changes on greenhouse gas exchange in the U.S. Great Plains, 1883–2003. *Ecological applications*, 21(4):1105–1119.
- Hartman MD, Parton WJ, Del Grosso SJ, Easter M, Hendryx J, Hilinski T, Kelly R, Keough, CA, Killian K, Lutz S, Marx E, McKeown R, Ogle S, Ojima DS, Paustian K and Swan AWS. 2016. DayCent Ecosystem Model. Colorado State University.
- Homaee M, Dirksen C and Feddes R. 2002. Simulation of root water uptake: I. Non-uniform transient salinity using different macroscopic reduction functions. *Agricultural Water Management*, 57(2): 89-109.
- IPCC. 2007. Summary for Policy Makers. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jamali Pour M, Ghorbani M, Kouchaki A and Shahnoshi N. 2016. Estimation of economic cost of greenhouse gas emissions of cereals in Iran, *Iranian Beans Research Journal*, 7 (2): 59-77. (in Persian).
- Karami F and Rabbani F. 2013. A Comparative Study of the Effect of Rice Cultivation on Methane Greenhouse Gas Production, *First National Conference on Meteorology, Kerman, Graduate University of Industrial and Advanced Technology*, (In Persian).
- Khodaverdiloo H, Homaee M, Van Genuchten MT and Dashtaki SG. 2011. Deriving and validating pedotransfer functions for some calcareous soils. *Journal of Hydrology*, 399(1): 93-99.
- Koocheki A and Kamali GhH. 2010. Climate change and dryland wheat production in Iran. *Iranian Field Crop Research*. 8: 508-502. (In Persian).
- Kottegoda NT and Rosso R. 2008. *Applied statistics for civil and environmental engineers*. Wiley-Blackwell.
- Li C. 2000. Modelling trace gas emissions from agricultural ecosystems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 58, 259–276.
- Li C, Frolking S and Frolking TA. 1992. A model of nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events: 2. Applications. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 97 (D9): 9777–9783.
- Li C, Farahbakhshazad N, Jaynes D B, Dinnes D L, Salas W and McLaughlin D. 2006. Modeling nitrate leaching with a biogeochemical model modified based on observations in a row-crop field in Iowa. *Ecological Modelling*, 196 (1), 116–130.
- Necpalova M, Anex RP, Fienen MN, Del Grosso SJ, Castellano MJ, Sawyer JE, Iqbal J, Pantoja JL and Barker DW. 2015. Understanding the DayCent model: Calibration, sensitivity, and identifiability through inverse modeling. *Environmental Modelling & Software*, 66 (2015) 110-130.
- Moradi R and Pour Ghasemian N. 2017. Investigation of greenhouse gas emissions and global warming potential due to the use of chemical inputs in the cultivation of important crops in Kerman province: - Cereals, *Journal of Agricultural Ecology*, 9 (2): 405-389. (In Persian).

- Moradi majd N, Falah Ghalhari GA and Chatrenor M. 2020. Prediction of greenhouse gases and global warming potential in agricultural lands of Khuzestan province using DAYCENT model, *Water and soil Iran*, 51(9): 2259-2273. (In Persian).
- Motallebi M, Ghorbani M, Danesh Sh, Darijani A, Koochehi AR and Danesh Mesgaran M. 2009. Estimation and Valuation of greenhouse gases in Khorasan Razavi Dairy farms and recognition of its influencing factors (Case Study Mashhad). MS Thesis, University of Mashhad.
- Ozkan B and Akcaoz H. 2002. Impacts of climate factors on yields for selected crops in Turkey. *Mitigation and Adaptation Strategy for Global Change*, 7: 367–380.
- Parton WJ, Hartman MD, Ojima DS and Schimel D.S. 1998. DAYCENT: its land surface submodel: description and testing. *Global and Planetary Change*, 19: 35–48
- Rafique R, Kumar S, Luo Y, Kiely G and Asrar G. 2015. An algorithmic calibration approach to identify globally optimal parameters for constraining the DayCent model. *Ecological Modelling*, 297 (2015) 196–200.
- Robertson GP, Paul EA and Harwood RR. 2000. Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science*, 289: 1922-1935.
- Rosenzweig C and Tubiello FN. 2007. Adaptation and mitigation strategies in agriculture: an analysis of potential synergies. *Mitigation and Adaptation Strategy for Global Change*, 12: 855–873.
- Salinger MJ. 2005. Climate variability and change: past, present and future- an overview. *Climate Change*, 70: 9-29.
- Shepherd A and Cardenas L M. 2019. Metrics of biomass, live- weight gain and nitrogen loss of ryegrass sheep pasture in the 21st century, *Science of the total environment*, 685; 428-441.
- Steenwerth K L, Barker X Z, Carlson M, Killian K, Easter M, Swan A, Thompson L, Williams S. 2016. Developing COMET-Farm and the DayCent Model for California Specialty Crops. American Geophysical Union.
- Tate KR, Ross DJ, Saggat S, Hedley CB, Dando J, Singh BK and Lambie SM. 2007. Methane uptake in soils from *Pinus radiata* plantations, a reverting shrubland and adjacent pastures: Effects of land-use change, and soil texture, water and mineral nitrogen. *Soil Biology and Biochemistry*. 39: 1437–1449.
- Thelen KD, Fronning BE, Kravchenko A, Min DH and Robertson GP. 2010. Integrating livestockmanure with a corn–soybean bioenergy cropping system improves short-term carbon sequestration rates and net global warming potential. *Biomass Bioenerg*. 34: 960-966
- Trazname energy. 2014. Department of Energy. Power and Energy Affairs.
- Zalghi R and Landi A. 2008. Investigation of CH₄, CO₂ and CO emissions from lands under common agricultural uses in Khuzestan province, The second conference and specialized exhibition of environmental engineering, Tehran university, 1-6. (In Persian).