Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.13, Issue 40, June 2024

Comparison of Different Methods of Forecasting the Trend of Greenhouse Gas Emissions from Iran's Agricultural Sector

Fateme Pezeshk[1], Mohammad Reza Zare Mehrjerdi[2*], Somayeh Amirtaimoori[3], Hamid Reza Mirzaei Khalilabadi[3], Somayeh Naghavi[4]

1. MSc, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2. *Corresponding Author*, Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
3. Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
4. Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 04 August 2023
Revised: 17 November 2023
Accepted: 04 December 2023

Keywords:
Greenhouse Gases, Forecasting Methods, Agriculture, Iran.

ABSTRACT

The emission of greenhouse gases is the main cause of global warming and environmental problems. The agricultural sector is one of the major sources of emissions so one-third of the greenhouse gas emissions in the world are related to agricultural systems. Today, forecasting is considered an important planning tool for policymakers. Forecasting the amount of greenhouse gas emissions can show a picture of the future for policymakers and help them in making strategic decisions. There are various methods for predicting variables. This study aims to compare the methods of forecasting and the emission trend of the most important greenhouse gases (methane, carbon dioxide, and nitrogen oxide) from Iran's agricultural sector. The necessary statistics and information were collected annually between 1990 and 2019 from the websites of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the World Bank, and the energy balance sheet of the Ministry of Energy, and to predict the variables from univariate methods of autoregressive integrated moving average (ARIMA), single exponential smoothing with trend, double exponential smoothing with trend, Holt-Winters multiplicative and Holt-Winters additive and multivariate model of vector autoregressive were used. Based on the research findings, methods of Holt-Winters additive, artificial neural network, and single exponential smoothing with trend provided the best forecast for methane gas, carbon dioxide, and nitrogen oxide, respectively. The results showed that the emission trend of methane and nitrogen oxide gases will be downward and the amount of carbon dioxide emission will be upward. The results can help predict the greenhouse gases released from the agricultural sector and apply appropriate policies accordingly.

Cite this article: Pezeshk, F., Zare Mehrjerdi, M. R., Amirtaimoori, S., Mirzaei Khalilabadi, H. R., & Naghavi, S. (2023). Comparison of Different Methods of Forecasting the Trend of Greenhouse Gas Emissions from Iran's Agricultural Sector. Journal of Natural Environmental Hazards, 13(40), 57-72. DOI: 10.22111/jneh.2023.46339.1980

© Mohammad Reza Zare Mehrjerdi
Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2023.46339.1980

* Corresponding Author Email: zare@uk.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۴۳۷۷-۲۶۷۶ شاپا الکترونیکی: ۴۳۸۵-۲۶۷۶
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۳، شماره ۴۰، تیر ۱۴۰۳

مقایسه روش‌های مختلف پیش‌بینی روند انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش کشاورزی ایران

فاطمه پزشک[۱]، محمدرضا زارع مهرجردی[۲*]، سمیه امیرتیموری[۳]، حمیدرضا میرزایی خلیل‌آبادی[۳]، سمیه نقوی[۴]

۱. دانش‌آموخته، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۲. استاد، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان (نویسنده مسئول)
۳. دانشیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۴. دانشیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۳۰

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۶

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۲/۰۹/۱۳

واژه‌های کلیدی:
گازهای گلخانه‌ای، روش‌های پیش‌بینی، کشاورزی، ایران.

چکیده

انتشار گازهای گلخانه‌ای، عامل اصلی گرمایش زمین و مسائل زیست‌محیطی است. بخش کشاورزی یکی از منابع عمده انتشار است؛ به‌طوری که یک سوم انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان مربوط به سیستم‌های کشاورزی می‌باشد. امروزه، پیش‌بینی یک ابزار مهم برنامه‌ریزی برای سیاست‌گذاران به‌شمار می‌رود. پیش‌بینی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند تصویری از آینده را برای سیاست‌گذاران، نمایان و آن‌ها را در اتخاذ تصمیم‌های راهبردی یاری نماید. روش‌های متنوعی برای پیش‌بینی متغیرها وجود دارد. هدف این مطالعه، مقایسه روش‌های پیش‌بینی و روند انتشار مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای (متان، دی‌اکسیدکربن و اکسیدنیتروژن) از بخش کشاورزی ایران است. آمار و اطلاعات لازم به‌صورت سالانه برای دوره زمانی ۲۰۱۹-۱۹۹۰ از سایت سازمان خوار و بار کشاورزی ملل متحد، بانک جهانی و ترازنامه انرژی وزارت نیرو، جمع‌آوری و به‌منظور پیش‌بینی متغیرها از روش‌های تک متغیره الگوی خودتوضیح جمعی میانگین متحرک (آریما)، هموارسازی نمایی منفرد با روند، هموارسازی نمایی دوگانه با روند، الگوریتم هالت-وینترز ضربی و الگوریتم هالت-وینترز تجمعی و روش چندمتغیره خود رگرسیون‌برداری استفاده شد. بر اساس یافته‌های پژوهش، روش‌های هالت-وینترز تجمعی، شبکه عصبی مصنوعی و هموارسازی نمایی منفرد با روند بهترین پیش‌بینی را به‌ترتیب برای گاز متان، دی‌اکسیدکربن و اکسیدنیتروژن ارائه دادند. نتایج نشان داد که روند انتشار گازهای متان و اکسیدنیتروژن، نزولی و میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، صعودی خواهد بود. نتایج می‌تواند در پیش‌بینی انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی و به‌تبع آن اعمال سیاست‌های مناسب راهگشا باشد.

استناد: پزشک، فاطمه، زارع مهرجردی، محمد رضا، امیرتیموری، سمیه، میرزایی خلیل آبادی، حمیدرضا، نقوی، سمیه. (۱۴۰۲). مقایسه روش‌های مختلف پیش بینی روند انتشار گازهای گلخانه ای از بخش کشاورزی ایران. مخاطرات محیط طبیعی ، ۱۳(۴۰)، ۵۷-۷۲.

DOI: 10.22111/jneh.2023.46339.1980

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان © فاطمه پزشک، محمدرضا زارع مهرجردی*، سمیه امیرتیموری، حمیدرضا میرزایی خلیل‌آبادی، سمیه نقوی.

*- محمدرضا زارع مهرجردی (نویسنده مسئول) Email: zare@uk.ac.ir

مقدمه

جهان امروز در بردارنده‌ی مجموعه‌ای از چالش‌های زیست‌محیطی است که بسیاری از آن‌ها به بحران‌های زیست-محیطی منجر شده‌اند که به‌صورت جدی حیات انسان را در کره‌ی زمین تهدید می‌کنند (شهیدی پور،۱۳۹۰). مشکل تخریب محیط زیست به‌واسطه اقدامات و فعالیت‌های انسان یکی از مسائل مهم جهانی است که بسیاری از کشورها با آن مواجهند. این موضوع نه فقط از جنبه زیست‌محیطی و تأثیر آن بر سامانه‌های منابع طبیعی اهمیت دارد، بلکه از نظر اقتصادی نیز مهم است. عملکرد و فعالیت‌های اقتصادی ممکن است حتی رفاه و حیات درازمدت انسان‌ها را نیز تحت تأثیر قرار دهد (فطرس و همکاران، ۱۳۹۰). یکی از مسائل عمده زیست‌محیطی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده است که با سرعت بسیاری در سراسر جهان درحال افزایش است (شهیدی پور،۱۳۹۰). در سال‌های اخیر، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌دلیل پیشرفت‌های اجتماعی، اقتصادی و فناوری بوده است (اورگیونی[1] و همکاران، ۲۰۲۱). تغییرات آب و هوایی نتیجه افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) و رفتارهای انسانی است که منجر به افزایش فجایع طبیعی می‌شود و تنوع‌زیستی و نسل‌های آینده را تهدید می‌کند (لواندوسکی و اولریچ[2]، ۲۰۲۳).

بخش کشاورزی یکی از بخش‌های مهم اقتصادی می‌باشد. این بخش ازنظر تأمین نیازهای غذایی مردم، تأمین مواد اولیه صنایع، اشتغال افراد و ایجاد درآمد اهمیت دارد. ثبات و استمرار رشد این بخش از عوامل عمده کمک‌کننده به ثبات اجتماعی و رشد اقتصادی جامعه به‌حساب می‌آید (رکن‌الدین افتخاری و همکاران، ۱۳۸۸). تأثیر بالقوه بخش کشاورزی در رشد اقتصادی همواره از سوی اقتصاددانان توسعه مورد توجه بوده است. تعداد زیادی از مطالعات نقش کشاورزی در ارتقا و بهبود توسعه اقتصادی در کشورهایی با درآمد پایین را مورد بررسی قرار داده‌اند (محمدی خیاره و مظهری، ۱۳۹۶). علی‌رغم این موضوع، بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین منابع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای است (نصرنیا و اسماعیلی، ۱۳۸۸). این بخش از طریق انتشار گازهای گلخانه‌ای نظیر دی‌اکسیدکربن، متان، اکسیدنیتروژن بر گرمایش جهانی تأثیر می‌گذارد (آیدینالپ و کرسر[3]، ۲۰۰۸). یک سوم انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان مربوط به سیستم‌های کشاورزی است (کرایپا[4] و همکاران، ۲۰۲۱). سهم انتشار سیستم‌های کشاورزی از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای از ۳۸ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۳۱ درصد در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته است. در سال ۲۰۲۰، میزان انتشار سیستم‌های کشاورزی جهانی ۱۶ میلیارد تن معادل دی‌اکسیدکربن بوده است که افزایش ۹ درصدی را نسبت به سال ۲۰۰۰ نشان می‌دهد. انتشار سرانه ۱۵ درصد در مدت مشابه کاهش یافته و به ۲ تن معادل دی‌اکسیدکربن در سال ۲۰۲۰ رسیده است (فائو[5]، ۲۰۲۰). حدود ۱۹ تا ۲۹ درصد از گازهای گلخانه‌ای در زنجیره تأمین مواد غذایی (FSCs) تولید می‌شود که با افزایش ماشین آلات و کود افزایش یافته است (یون و رودریگز[6]، ۲۰۲۳).

کشاورزی و محیط زیست رابطه تنگاتنگی با یکدیگر دارند. کشاورزی می‌تواند سبب تخریب یا بهبود محیط زیست شود و همچنین محیط زیست می‌تواند بر بخش کشاورزی تأثیرگذار باشد. امروزه، تغییر اقلیم که در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای ایجاد شده است، بخش کشاورزی را در سراسر جهان تحت تأثیر قرار داده و در واقع، تغییر اقلیم

1- Oreggioni
2- Lewandowski & Ullrich
3- Aydinalp & Cresser
4- Crippa
5- FAO
6- Uen & Rodríguez

تهدیدی برای امنیت غذایی است که دولت‌ها را در سراسر جهان وادار کرده است تا اقدام‌های مشخصی را برای کشف شیوه‌های کشاورزی پایدار اتخاذ کنند (جیراپورنوری[1] و همکاران، ۲۰۲۱).

در ایران نیز همانند سایر کشورهای درحال توسعه، کشاورزی یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی است که درصد قابل‌ملاحظه و بالایی از تولید و اشتغال را دربر می‌گیرد (امانی و چیذری، ۱۳۸۵). به‌طوری که ۱۵ درصد تولید ناخالص داخلی، یک پنجم اشتغال و ۸۰ درصد نیازهای غذایی کشور به‌وسیله این بخش تأمین می‌شود (پیش بهار و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین این بخش با انتشار گازهای گلخانه‌ای سبب آلودگی و تخریب محیط زیست شده است. استفاده از کودها و سموم شیمیایی، سوخت‌های فسیلی، مدیریت خاک‌های زراعی، دامپروری و سوزاندن بقایای آلی از مهم‌ترین منابع تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی هستند (مرادی مجد و همکاران، ۱۳۹۹).

پیش‌بینی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای یکی از موضوع‌های اصلی برای هدف کاهش آن‌ها می‌باشد. علی‌رغم این موضوع، در مطالعات اندکی به پیش‌بینی انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداخته شده است که در قسمت زیر به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. شایان ذکر است که مطالعه‌ای تاکنون به پیش‌بینی انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش کشاورزی ایران نپرداخته است.

انواری و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای به پیش‌بینی انتشار گاز دی‌اکسیدکربن از بخش‌های حمل‌ونقل، صنعت و خدمات و همچنین کل کشور پرداختند. بدین منظور از روش GARCH استفاده کردند. نتایج نشان داد که بیشترین انتشار گاز کربنیک در دوره مورد بررسی، مربوط به بخش حمل‌ونقل و کمترین مربوط به بخش صنعت می‌باشد و در سال ۱۴۱۴ انتشار گاز کربنیک در کل کشور به سرانه ۱۰/۰۹ متریک تن افزایش خواهد یافت.

مرادی مجد و همکاران (۱۳۹۹)، با انجام مطالعه‌ای میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در باغات استان خوزستان را شبیه‌سازی کردند. بدین منظور از مدل‌های خطی دیسنت و دیاندیسی استفاده کردند. نتایج نشان داد که هر دو مدل، دقت قابل‌قبولی را در برآورد گازهای گلخانه‌ای دارند.

احمدی ارکمی (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای به برآورد انتشار گازهای گلخانه‌ای و بررسی سناریوهای کاهش انتشار سازگار با منطقه برای استان گیلان پرداخته و بدین منظور از داده‌های فعالیت سال ۱۳۹۸ و نرم‌افزار تهیه موجودی انتشار گازهای گلخانه‌ای IPCC[2] استفاده کرده است. نتایج نشان داد که باتوجه به ظرفیت‌های موجود در تولید برق پاک و همچنین کاهش مصرف در بخش خانگی، می‌توان به میزان ۱۳ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای در افق ۲۰۳۰ میلادی جلوگیری کرد.

بکای و آگبولت[3] (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای به پیش‌بینی انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش برق ترکیه با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج نشان داد که روند انتشار گازهای گلخانه‌ای افزایشی است.

لی[4] و همکاران (۲۰۲۲a) با انجام مطالعه‌ای به پیش‌بینی انتشار گازهای گلخانه‌ای از هشت کشور عضو سازمان همکاری شانگهای پرداختند. بدین منظور از الگوی خاکستری انباشته تعمیم‌یافته استفاده کردند. نتایج نشان داد که

1- Jirapornvaree
2- Intergornmental panel on climate change
3- Bakay & Ağbulut
4- Li

در مقایسه با مدل رگرسیون، مدل پیش‌بینی خاکستری در شرایط نمونه‌های کوچک، توانایی‌های شبیه‌سازی و پیش‌بینی بهتر و مزایای آشکاری دارد.

آلکیدر و آلموسلام[1] (۲۰۲۲) انتشار دی‌اکسیدکربن از نیروگاه‌های برق در کویت را با روش‌های مختلف پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی از دقت بالاتری در پیش‌بینی برخوردار است.

هوانگ[2] و همکاران (۲۰۲۳) به پیش‌بینی انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداختند. بدین منظور از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند. نتایج نشان داد که مدل ارائه‌شده از دقت بالایی در پیش‌بینی برخوردار است.

در واقع، یکی از سئوال‌های اساسی سیاست‌گذاران در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای این است که میزان انتشارها در آینده چقدر خواهد بود. پیش‌بینی میزان انتشارها در آینده می‌تواند با روش‌های متفاوتی انجام شود. بنابراین هدف این مطالعه، مقایسه روش‌های پیش‌بینی و روند انتشار مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای (متان، دی‌اکسیدکربن و اکسیدنیتروژن) از بخش کشاورزی ایران است تا راهگشای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در زمینه کاهش انتشارها و حفاظت از محیط زیست باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، روش‌های تک متغیره الگوی خودتوضیح جمعی میانگین متحرک (آریما)، هموارسازی نمایی منفرد با روند، هموارسازی نمایی دوگانه با روند، الگوریتم هالت-وینترز ضربی و الگوریتم هالت-وینترز تجمعی و روش چندمتغیره خودرگرسیون برداری به‌منظور پیش‌بینی روند انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش کشاورزی ایران با یکدیگر مقایسه شده‌اند که در ادامه به توضیح هر یک از آن‌ها پرداخته می‌شود.

- الگوریتم هالت – وینترز ضربی[3] (HWM)

این روش در دهه ۱۹۶۰ توسط وینترز توسعه پیدا کرد. اگر داده‌ها بدون الگوی فصلی و روند باشند، روش هموارسازی نمایی منفرد و دوگانه مناسب است. اما درحالتی که داده‌ها از یک الگوی فصلی برخوردار باشند، این دو روش مناسب نبوده و باید از روش هالت–وینترز خطی استفاده نمود (محمدیان امیری و ابراهیمی، ۱۳۹۷).

معادلات این روش به شکل زیر است:

(۱) معادله سطح $$L_t = \alpha\left(\frac{y_t}{s_{t-m}}\right) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

(۲) معادله رشد $$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1}$$

(۳) معادله فصلی $$s_t = \gamma y_t(L_{t-1} + b_{t-1}) + (1-\gamma)s_{t-m}$$

(۴) معادله پیش‌بینی $$\hat{y}t + h/t = (L_t + b_t h)s_{t-m+h_m^+}$$

در معادلات بالا m طول دوره‌ی فصلی، Lt بیانگر مقادیر سطح سری زمانی، b_t میزان رشد، S_t جز فصلی و $\hat{y}t + \frac{h}{t}$ پیش‌بینی h دوره‌ی بعدی را نشان می‌دهد. h_m^+ نیز برابر است با $1 + [(1-h)modm]$. پارامترهای α، β و γ میان

1- AlKheder & Almusalam
2- Huang
3- Holt Winters Multiplicative

صفر و یک قرار دارند. برای استفاده از این مدل مقادیر آغازین L_0 ,b_0,s_0,...,s_{t-m} و پارامترهای هموارسازی α، β و γ نیاز است. تمام این مقادیر بااستفاده از مقادیر مشاهده‌شده سری زمانی تخمین زده می‌شود (امیدی و همکاران، ۱۳۹۴). در این مطالعه، ابتدا پارامترهای β، α و γ که مقادیری بین صفر و یک دارند، شناسایی شدند و سپس بر اساس این مقادیر، پیش‌بینی‌ها صورت پذیرفت.

- الگوریتم هالت–وینترز تجمعی[1] (HWA)

پیش‌بینی توسط این روش دارای رویه‌ای مشابه هالت-وینترز ضربی است. تفاوت این دو روش در معادلات سطح، فصلی و پیش‌بینی است (امیدی و همکاران، ۱۳۹۴). معادلات مربوط به پیش‌بینی‌های نقطه‌ای معادلات به هنگام درآوری در این روش به‌صورت زیر است:

(۵) معادله سطح $$L_t = \alpha(y_t - s_{t-m}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

(۶) معادله رشد $$b_t = \beta(L_t - L_{t-m}) + (1-\beta)b_{t-1}$$

(۷) معادله فصلی $$s_t = \gamma(y_t - L_{t-1} + b_{t-1}) + (1-\gamma)s_{t-m}$$

(۸) معادله پیش‌بینی $$\hat{y}I + h/t = L_t + b_t h + s_{t-m+h_m^+}$$

در این معادلات m طول دوره‌ی فصلی (تعداد ماه یا فصل‌های سال) و Lt بیانگر مقدار سطح سری زمانی است. b_t میزان رشد، s_t جز فصلی و $\hat{y}I + h/t$ پیش‌بینی h دوره‌ی بعدی را نشان می‌دهد. h_m^+ برابر است با $[(1-h)modm] + 1$. برای استفاده از این مدل نیز به مقادیر آغازین L_0, b_0, s_0,...,s_{I-m} و پارامترهای هموارسازی α، β و γ نیاز است. تمام این مقادیر با استفاده از مقادیر مشاهده‌شده‌ی سری‌زمانی تخمین زده می‌شود (زارع مهرجردی و جاودان، ۱۳۹۰).

در این مطالعه ابتدا پارامترهای β، α و γ شناسایی و سپس بر اساس این مقادیر، پیش‌بینی‌ها انجام شد.

- هموارسازی نمایی منفرد با روند[2] (SEST)

فرض می‌شود که مقادیر داده‌ها تا دوره‌ی زمانی t-1 وجود دارد و هدف این است که مقدار آینده سری‌زمانی Y_t پیش-بینی گردد. مقدار پیش‌بینی‌شده با نماد $\hat{y}t$ نشان داده می‌شود. اگر مشاهده y_t در دسترس باشد، خطای پیش‌بینی با $y_t - \hat{y}t$ قابل‌محاسبه است. روش هموارسازی نمایی منفرد (ساده)، نتیجه‌ی کار براون در اواسط دهه‌ی پنجاه میلادی است که در سال ۱۹۵۹ توسط او منتشر شد. در این روش، پیش‌بینی دوره آینده به‌صورت زیر است:

$$\hat{y}t - 1 = \hat{y}t + \alpha(y_t - \hat{y}t) \quad (۹)$$

α یک مقدار ثابت میان صفر و یک است. مشاهده می‌شود که پیش‌بینی مقدار آینده برابر است با پیش‌بینی مقدار قبلی به‌اضافه‌ی جز مربوط به خطایی که در دوره‌ی قبل اتفاق افتاده است. زمانی که α مقداری نزدیک به یک دارد، بیانگر آن است که پیش‌بینی جدید به‌طور قابل‌توجهی توسط خطای پیش‌بینی دوره‌ی قبلی تعدیل می‌گردد.

1- Holt Winters Additive
2- Single Exponential Smoothing with Trend

همچنین هر چه α به صفر نزدیک باشد، این تعدیل کم‌تر خواهد بود. شکل دیگر معادله‌ی (۱) را می‌توان به این صورت نوشت:

$$\hat{y}t + 1 = \alpha y_t + (1 - \alpha)\hat{y}t \quad (۱۰)$$

پیش‌بینی$\hat{y}t + 1$ بر اساس مشاهده‌ی اخیر $\hat{y}t$ با وزنα و پیش‌بینی آن با وزن $1 - \alpha$ است. بنابراین، معادله‌ی اخیر می‌تواند به‌عنوان میانگین وزنی مقادیر واقعی و پیش‌بینی‌شده تفسیر گردد. هالت (۱۹۵۷) روش هموارسازی نمایی منفرد را به شکل خطی تعمیم داد تا پیش‌بینی داده‌های با روند امکان‌پذیر گردد. پیش‌بینی از طریق هموارسازی نمایی خطی هالت با دوثابت هموارسازی α، β و سه معادله به‌صورت زیر خواهد بود:

(۱۱) معادله سطح $$L_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

(۱۲) معادله رشد $$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

(۱۳) معادله پیش‌بینی $$\hat{y}t + h/t = L_t + b_t h$$

که L_t برآورد سطح مشاهده‌ها در زمان t را نشان می دهد وb_t بیانگر میزان رشد سری در زمان t است (زارع مهرجردی و جاودان، ۱۳۹۰).

در این مطالعه، ابتدا پارامترهای α و β شناسایی شدند و سپس بر اساس این مقادیر، پیش‌بینی‌ها صورت پذیرفت.

- هموارسازی نمایی دوگانه با روند[1] (DEST)

این روش را می‌توان حالت خاصی از روش هموارسازی نمایی تعدیل‌یافته درنظر گرفت، مشروط بر آنکه $\alpha = \beta$ باشد (محمدیان امیری و ابراهیمی، ۱۳۹۷).

- فرآیند خودتوضیح جمعی میانگین متحرک[2] (ARIMA)

اساس روش پیش‌بینی سری زمانی آریما بر مطالعات باکس و جنکینز می‌باشد. در تحلیل باکس و جنکینز، پیش‌بینی سری زمانی تک متغیره با مدل‌سازی آماری صورت می‌گیرد (امیدی و همکاران، ۱۳۹۴).

به‌منظور استفاده از روش باکس-جنکینز برای پیش‌بینی مقادیر یک سری زمانی، ابتدا باید الگو ویژه‌ای را از میان الگوهای بسیار زیاد اتورگرسیو (AR)، میانگین متحرک (MA) و الگوهای تلفیق‌شده اتورگرسیو میانگین متحرک (ARIMA) تشخیص داد. برای این منظور دنباله سری زمانی پایا yt ,..., y3 , y2 ,y1 را درنظر می‌گیریم. هدف در اینجا استخراج الگویی است که سری یادشده توسط آن تولید شده و بتوان از آن برای پیش‌بینی مقادیر آینده سری استفاده کرد. در روش باکس-جنکینز، الگوسازی شامل سه مرحله به‌ترتیب زیر می‌گردد:

۱- شناسایی: در این مرحله یک یا چند الگو از گروه الگوهای ARMA انتخاب می‌شوند. یعنی با بررسی توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزیی نمونه، مقادیری برای q و p تعیین می‌گردند. البته می‌توان باتوجه به نتایجی که در دو مرحله بعد به‌دست می‌آید، در این الگوها تجدیدنظر کرد.

1- Double Exponential Smoothing with Trend

2- Autoregressive Integrated Moving Average

۲- تخمین: در این مرحله، الگو (یا الگوهایی) که در مرحله اول به‌طور آزمایشی انتخاب شده‌اند، روی داده‌ها برازش شده و پارامترهای آن برآورد می‌شوند.

۳- بازبینی تشخیصی: در این مرحله، رضایت‌بخش بودن الگو (یا الگوهایی) که در مرحله اول، انتخاب و در مرحله دوم، تخمین زده شده است، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. این ارزیابی بر اساس معیارهایی است که برای همین منظور ارائه شده‌اند. چنانچه در این مرحله الگوهای انتخابی رضایت‌بخش تشخیص داده نشوند، بار دیگر به مرحله اول بازگشته و مراحل شناسایی، تخمین و بازبینی تشخیصی تکرار می‌شوند (سهرابی، ۱۳۹۵).

در این مطالعه، به‌منظور پیش‌بینی روند انتشار گازهای متان، دی‌اکسیدکربن و اکسیدنیتروژن با استفاده از روش ARIMA، ابتدا با استفاده از آزمون دیکی- فولر تعمیم‌یافته (ADF)، ایستایی متغیرها مورد بررسی قرار گرفت. سپس برای تعیین درجه اتورگرسیو (AR) و میانگین متحرک (MA) از آزمون پیشنهادی پسران و پسران (۱۹۹۷) استفاده شد.

- مدل خودرگرسیون برداری[1] (VAR)

قبل از برآورد الگوی سیستم معادلات، همزمان لازم است دو گام برداشته شود. یکی اینکه باید متغیرهای الگو را به دو دسته‌ی برون‌زا و درون‌زا طبقه‌بندی کرد و دیگری اینکه باید قیدهایی را بر ضرایب متغیرهای الگو اعمال کرد تا به شناسایی الگو دست یافت. چنین تصمیماتی در هر دو مرحله معمولاً به‌صورت اختیاری توسط محقق گرفته می‌شود و به‌شدت از سوی سیمز (۱۹۸۰) مورد انتقاد واقع شده است. به گفته سیمز اگر واقعاً میان مجموعه‌ای از متغیرهای الگو، همزمانی وجود دارد باید همه‌ی متغیرها را به یک چشم نگریست و پیش‌قضاوت در مورد اینکه کدام درون‌زا و کدام برون‌زا است، صحیح نیست. در همین راستا، سیمز الگوی خودتوضیح‌برداری (VAR) را ارائه نمود که یک فرآیند خودتوضیح چندمتغیره به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$Y_t = \emptyset_1 Y_{t-1} + \emptyset_2 Y_{t-2} + \cdots + \emptyset_p Y_{t-p} + u_t \qquad (۱۴)$$

دراین الگو، روش کار بسیار ساده است و درعین‌حال محقق را درگیر تمیز میان متغیرهای درون‌زا و برون‌زای الگو نمی‌کند؛ زیرا به استثنای عرض از مبدأ، متغیر روند و متغیرهای مجازی همه متغیرها درون‌زا هستند. پیش‌بینی ارائه-شده بر اساس الگوهای VAR بهتر از پیش‌بینی‌های ارائه‌شده توسط الگوی معادلات همزمان پیچیده‌تر بوده است (زارع مهرجردی و جاودان، ۱۳۹۰).

کشاورزی، جنگل‌داری و سایر کاربری‌های زمین به‌عنوان دومین منبع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان پس از بخش انرژی در سال ۲۰۱۸ شناخته شده‌اند (همینگوی[2] و همکاران، ۲۰۲۳). اثرات رشد اقتصادی بر تخریب محیط زیست به‌طورکامل قابل‌مشاهده است. سلامت انسان و محیط زیست می‌تواند به‌دلیل رشد سریع اقتصادی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از انرژی به‌خطر افتد (شارما[3] و همکاران، ۲۰۲۱).

1-Vector Autoregressive Model
2- Hemingway
3- Sharma

قرن بیست‌ویکم با ثروت رو به رشد و تقاضای فزاینده برای غذا و به‌ویژه پروتئین حیوانی مشخص شده است. این افزایش تقاضا با انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید همراه بوده است. تولید مواد غذایی بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ حدود ۱۲ تا ۱۵ درصد از انتشار سالانه GHG جهانی (به استثنای تغییر کاربری زمین و جنگل‌داری) را سبب شده که مسئول حدود ۴۵ درصد از انتشار CH4 و ۷۷ درصد از انتشار N2O جهانی است (نگ[1] و همکاران، ۲۰۲۳).

بخش دامداری سهم عمده‌ای در مصیبت‌های زیست‌محیطی جهان دارد و ۱۴/۵ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای انسانی را در سطح جهان به‌خود اختصاص داده است. دامپروری اغلب از طریق ۲ گاز گلخانه‌ای متان و اکسیدنیتروژن به گرمایش جهانی کمک می‌کند (لال [2]و همکاران، ۲۰۲۲). از بین محصولات کشاورزی نیز برنج به‌عنوان یکی از مهم‌ترین غلات مسئول انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند متان است (سینگلا و اینوبوشی[3]، ۲۰۱۴). در واقع برنج‌کاری و دامپروری دو عامل اصلی انتشار گاز متان هستند (خسروی و نوروزی، ۱۳۸۹).

شیوه‌های ضعیف کشاورزی و استفاده بیش‌ازحد از کودهای شیمیایی باعث می‌شود محصولات غذایی برای مصرف انسان ناایمن باشند و همچنین بر محیط زیست تأثیر منفی بگذارند (جیراپورنوری و همکاران، ۲۰۲۱). کاربرد کود نیتروژن، به‌عنوان اصلی‌ترین روش مدیریت زمین‌های کشاورزی برای بهبود بهره‌وری محصول، مهم‌ترین عاملی است که بر انتشار N2O تأثیر می‌گذارد (لی و همکاران، ۲۰۲۲b). ازاین‌رو، در سال‌های اخیر فشار بیشتری برای اتخاذ شیوه‌های کشاورزی پایدار که یکی از رویکردهای جایگزین برای ایجاد تعادل در تولید غذا و امنیت غذایی می‌باشد، صورت گرفته است (جیراپورنوری و همکاران، ۲۰۲۱). بنابراین، به‌منظور پیش‌بینی روند انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش کشاورزی ایران، معادلات زیر درنظر گرفته شده است.

$$CO2 = F(VA, EG) \quad (۱۵)$$

$$CH4 = F(RICE, LS, VA) \quad (۱۶)$$

$$N2O = F(FT, LS, VA) \quad (۱۷)$$

به‌طوری که:

CO2: میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن از بخش کشاورزی، VA: ارزش‌افزوده بخش کشاورزی، EG: میزان مصرف انرژی در بخش کشاورزی، CH4: میزان انتشار گاز متان از بخش کشاورزی، RICE: سطح زیرکشت برنج، LS: تعداد دام، N2O: میزان انتشار گاز اکسیدنیتروژن از بخش کشاورزی و FT: میزان مصرف کودهای شیمیایی می‌باشد.

به‌منظور استفاده از مدل VAR برای پیش‌بینی، ابتدا وقفه بهینه مشخص شد. وقفه بهینه برای هر سه مدل با استفاده از معیارهای شوارتز بیزین، حنان کوئین و آکائیک، یک تعیین شد. سپس مدل VAR برای گازهای CH4، CO2 و N2O برآورد و از آن به‌منظور پیش‌بینی استفاده شد.

- شبکه عصبی مصنوعی[4] (ANN)

1- Ng
2- Lal
3- Singla & Inubushi
4- Artificial Neural Network

امروزه به موازات مدل‌های قبلی، روش‌های جدیدتری برای پیش‌بینی ابداع شده است. در این روش‌ها که شبکه عصبی مصنوعی نامیده می‌شوند، با استفاده از هوش مصنوعی روابط پیچیده بین متغیرها فرا گرفته می‌شود. شبکه‌های عصبی مصنوعی در حقیقت مدل ساده‌شده‌ای از سیستم عصبی مرکزی هستند و مانند مغز با پردازش داده‌های تجربی، قانون داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند. مغز به‌عنوان یک سیستم پردازش اطلاعات، از عناصر اصلی ساختاری به‌نام نرون تشکیل شده است. در حقیقت نرون‌ها ساده‌ترین واحد ساختاری سیستم‌های عصبی هستند. شبکه‌های عصبی علی‌رغم تنوع، از ساختار مشابهی برخوردار می‌باشند. یک شبکه عصبی معمولاً از سه لایه ورودی، پنهان و خروجی تشکیل شده است. لایه ورودی فقط اطلاعات را دریافت می‌کند و مشابه متغیر مستقل عمل می‌کند. پس تعداد نرون‌های لایه ورودی بر اساس طبیعت مسئله تعیین می‌شود و بستگی به تعداد متغیرهای مستقل دارد. لایه خروجی نیز همانند متغیر وابسته عمل کرده و تعداد نرون‌های آن بستگی به تعداد متغیرهای مستقل دارد. اما برخلاف لایه‌های ورودی و خروجی، لایه پنهان هیچ مفهومی را نشان نمی‌دهد و تنها یک نتیجه میانی در فرآیند محاسبه ارزش خروجی هستند (امیدی و همکاران، ۱۳۹۴).

معیارهای ارزیابی روش‌های پیش‌بینی

معیارهای ارزیابی روش‌های پیش‌بینی شامل ریشه میانگین مربع خطا (RMSE)، میانگین مربع خطا (MSE)، میانگین قدر مطلق انحراف (MAD)، میانگین قدر مطلق درصد خطا (MAPE) و مجذور ضریب همبستگی (R2) می‌باشد (سهرابی، ۱۳۹۵). در این مطالعه از آماره میانگین مربع خطا به‌منظور مقایسه روش‌های مختلف پیش‌بینی استفاده شد.

داده‌ها

آمار و اطلاعات مربوط به میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش کشاورزی ایران، سطح زیرکشت برنج، تعداد دام و میزان مصرف کودهای شیمیایی از سایت سازمان خواروبار کشاورزی ملل‌متحد[1] (FAO) جمع‌آوری شد. آمار و اطلاعات CH4 به‌صورت سالانه برای دوره زمانی ۲۰۱۹-۱۹۹۰، جمع‌آوری و پیش‌بینی‌ها برای دوره ۲۰۲۴-۲۰۲۰ صورت گرفت. آمار و اطلاعات CO2 و N2O به‌صورت سالانه برای دوره زمانی ۲۰۱۸-۱۹۹۰، جمع‌آوری و پیش‌بینی‌ها برای دوره ۲۰۲۲-۲۰۱۹ انجام شد. آمار ارزش‌افزوده بخش کشاورزی از سایت بانک جهانی و آمار میزان مصرف انرژی در بخش کشاورزی از ترازنامه‌های انرژی وزارت نیرو، گردآوری و به‌منظور برآورد مدل‌ها، پیش‌بینی و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای Microfit5، Eviews12، Matlab و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی ایستایی متغیرها با استفاده از آزمون دیکی- فولر تعمیم‌یافته (ADF) در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که LCO2 و LN2O با یک‌بار تفاضل‌گیری، ایستا می‌شوند و LCH4 در سطح ایستا می‌باشد.

[1]- https://www.fao.org/faostat

جدول ۱: نتایج آزمون ADF

نام متغیر	مقدار محاسباتی آماره ADF	مقادیربحرانی	سطح معنی‌داری	مرتبه ایستایی
LCH_4	-۱/۸۴۱۰	-۱/۶۰۸۱	۰/۱۰	I(0)
LCO_2	-۳/۰۴	-۲/۹۸	۰/۰۵	I(1)
LN_2O	-۵/۷۱	-۲/۹۷	۰/۰۵	I(1)

نتایج آزمون پیشنهادی پسران و پسران (۱۹۹۷) برای تعیین درجه اتورگرسیو (AR) و میانگین متحرک (MA) نشان می‌دهد که درجه اتورگرسیو و میانگین متحرک برای همه متغیرها ۱ می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲: نتایج تعیین درجه اتورگرسیو و میانگین متحرک

نام متغیر	p / q	۰	۱	۲
CH_4	۰	۶۱/۱۰۰۳	۵۲/۱۱۸۰	۵۰/۶۰۴۹
	۱	۵۷/۸۵۹۵	۵۷/۹۷۳۷*	۵۷/۹۳۰۲
	۲	۵۲/۷۸۱۱	۵۴/۷۴۸۶	۵۴/۰۲۹۹
CO_2	۰	۲۵/۵۸۶۴	۲۵/۳۷۷۶	۲۵/۸۴۰۱
	۱	۲۵/۱۰۷۲	۲۶/۵۰۵۷*	۲۴/۸۵۶۴
	۲	۲۳/۳۷۵۱	۲۳/۸۴۳۶	۲۴/۹۴۴۳
N_2O	۰	۲۵/۳۰۰۵	۲۵/۴۸۸۷	۲۴/۵۳۱۰
	۱	۳۱/۰۹۱۰۱	۳۱/۸۷۰۰*	۳۱/۵۹۵۴
	۲	۲۸/۱۱۲۵	۲۹/۳۵۰۲	۲۹/۴۶۰۱

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مدل منتخب برای گازهای CH4، CO2 و N2O به‌ترتیب ARIMA(1,0,1)، ARIMA(1,1,1) و ARIMA(1,1,1) می‌باشد.

جدول ۳ مقادیر پیش‌بینی‌شده انتشار گاز CH4 را بر اساس روش‌های مختلف نشان می‌دهد. نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که روش هالت - وینترز تجمعی مناسب‌ترین روش برای پیش‌بینی گاز CH4 می‌باشد؛ زیرا کمترین مقدار MSE مربوط به این روش است.

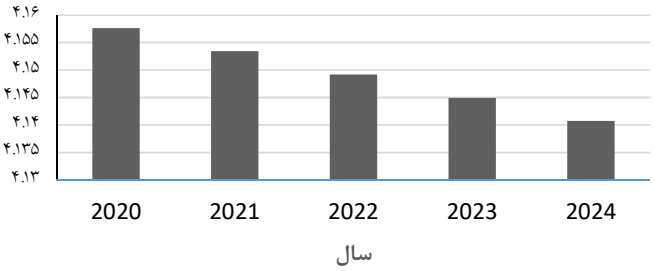
جدول ۳: نتایج پیش‌بینی انتشار گاز متان با استفاده از روش‌های مختلف

سال / روش	ANN	HWA	HWM	DEST	SEST	ARIMA	VAR
۲۰۲۰	۴/۱۷۷۳۱۸	۴/۱۵۷۶۴	۴/۱۵۵۲۱	۴/۱۴۰۳۶۳	۴/۱۵۲۰۰۳	۴/۱۵۸۸	۴/۱۸۶۲
۲۰۲۱	۴/۱۷۰۶۲۸	۴/۱۵۳۴۰۴	۴/۱۴۸۵۶۸	۴/۱۳۰۳۳۲	۴/۱۴۴۹۵۶	۴/۱۵۷۱	۴/۱۸۱۸
۲۰۲۲	۴/۱۶۳۸۳۲	۴/۱۴۹۱۶۸	۴/۱۴۱۹۲۶	۴/۱۲۰۳	۴/۱۳۷۹۰۸	۴/۱۵۵۳	۴/۱۷۲۳
۲۰۲۳	۴/۱۶۶۹۲۸	۴/۱۴۴۹۳۲	۴/۱۳۵۲۸۴	۴/۱۱۰۲۶۸	۴/۱۳۰۸۶۱	۴/۱۵۳۶	۴/۱۵۹۸
۲۰۲۴	۴/۱۵۹۹۱۳	۴/۱۴۰۶۹۷	۴/۱۲۸۶۴۳	۴/۱۰۰۲۳۶	۴/۱۲۳۸۱۴	۴/۱۵۲	۴/۱۴۲۱

جدول۴: مقایسه دقت روش‌های مختلف برای پیش‌بینی انتشار گاز متان

روش	MSE
ARIMA	۰/۰۰۰۶۳
SEST	۰/۰۰۰۸۹۸۲۸۵
DEST	۰/۰۰۴۲۱۱۳۶۸
HWM	۰/۰۰۰۵۷۲۸۹
HWA	۰/۰۰۰۱۶۶۷۳۲
ANN	۰/۰۰۰۸۳۴
VAR	۰/۰۷۸۹۶۶

نمودار ۱ روند مقادیر پیش‌بینی‌شده انتشار گاز CH4 را بر اساس روش هالت - وینترز تجمعی نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، این نمودار نزولی است؛ یعنی میزان انتشار گاز CH4 طی سال‌های ۲۴-۲۰۲۰ کاهش می‌یابد.



نمودار ۱: مقادیر پیش‌بینی شده انتشار گاز متان با استفاده از روش هالت-وینترز تجمعی

نتایج حاصل از پیش‌بینی انتشار گاز CO2 بر اساس روش‌های مختلف در جدول ۵ آورده شده است. جدول ۶ دقت روش‌های مختلف را برای پیش‌بینی این گاز نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، روش شبکه عصبی مصنوعی کمترین مقدار MSE را دارد و بهترین روش برای پیش‌بینی گاز CO2 می‌باشد.

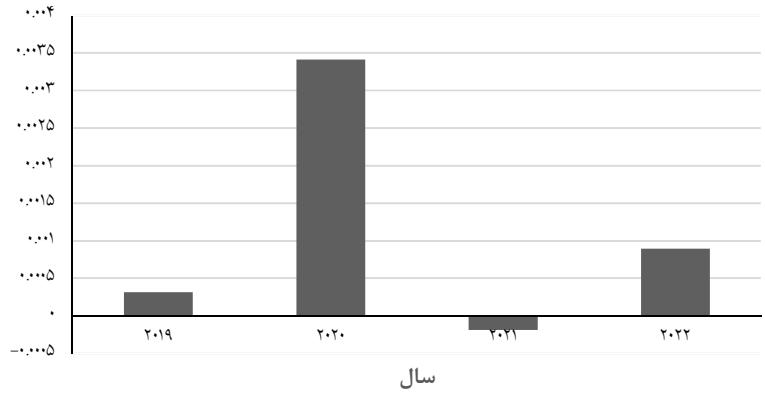
جدول ۵: نتایج پیش‌بینی انتشار گاز دی‌اکسیدکربن با استفاده از روش‌های مختلف

سال / روش	ANN	HWA	HWM	DEST	SEST	ARIMA	VAR
۲۰۱۹	۰/۰۰۰۳۱۴	۰/۰۱۴۳۶۱۹۸	-۰/۰۱۵۲۳۵۳۶	۰/۰۱۹۶۵۷۰۲	۰/۰۱۴۶۶۱۹۸	۰/۰۷۲۳۹۷	۱۶/۳۸۵۹
۲۰۲۰	۰/۰۰۳۴۱۲	۰/۰۱۶۱۱۲۸۸	۰/۰۲۲۴۹۰۷۴	۰/۰۲۴۰۰۶۲۲	۰/۰۱۶۹۱۲۸۸	-۰/۰۳۹۵۱	۱۶/۳۹۳۷
۲۰۲۱	-۰/۰۰۰۸۹۲۱	۰/۰۱۹۲۶۳۷۸	۰/۰۳۳۷۰۴۵۱	۰/۰۲۸۳۵۵۴۲	۰/۰۱۹۱۶۳۷۸	۰/۰۵۷۶۰۱	۱۶/۴۰۲۲
۲۰۲۲	۰/۰۰۰۸۹۲۱	۰/۰۲۳۴۱۴۶۸	۰/۰۴۴۹۱۸۲۹	۰/۰۳۲۷۰۴۶۳	۰/۰۲۱۴۱۴۶۸	-۰/۰۲۷۶۱	۱۶/۴۱۱۲

جدول ۶: مقایسه دقت روش‌های مختلف برای پیش‌بینی انتشار گاز دی‌اکسیدکربن

روش	MSE
ARIMA	۰/۴۰۴۷۳۳
SEST	۰/۰۱۱۶
DEST	۰/۰۰۲۶۱
HWM	۰/۱۳۳
HWA	۰/۰۱۲۱
ANN	۰/۰۰۱۰۷۲
VAR	۰/۱۴۴۴۸۷۱

روند مقادیر پیش‌بینی‌شده انتشار گاز CO2 طی سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۱۹ بر اساس روش شبکه عصبی مصنوعی در نمودار ۲ نشان داده شده است. بر اساس این نمودار علی‌رغم نوسانات زیاد، به‌طور کلی میزان انتشار گاز CO2 طی سال‌های یادشده افزایشی است.



نمودار ۲: مقادیر پیش‌بینی‌شده انتشار گاز دی اکسیدکربن با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی

نتایج پیش‌بینی روند انتشار گاز N2O بر اساس روش‌های مختلف در جدول ۷ آورده شده است. مقایسه دقت روش‌های مختلف بر اساس آماره MSE نشان می‌دهد که هموارسازی نمایی منفرد با روند، روش قابل‌اتکاتری برای پیش‌بینی گاز N2O می‌باشد (جدول ۸).

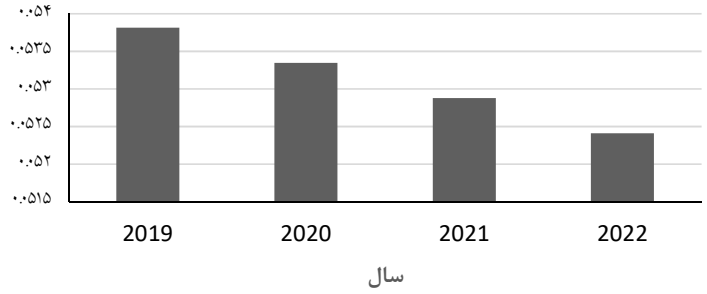
جدول ۷: نتایج پیش‌بینی انتشار گاز اکسیدنیتروژن با استفاده از روش‌های مختلف

سال / روش	ANN	HWA	HWM	DEST	SEST	ARIMA	VAR
۲۰۱۹	-۰/۰۰۰۸۱	۰/۰۸۴۳۲۵۳۶	۰/۰۲۸۲۶۴۲۶	۰/۰۴۶۳۰۹۶۶	۰/۰۵۳۸۱۴۰۱	-۰/۰۱۰۳۶۱	۳/۸۳۹۳
۲۰۲۰	۰/۰۰۱۲۳	۰/۱۰۹۳۳۲۸	۰/۰۲۷۳۶۷۵۴	۰/۰۵۳۱۶۰۶۲	۰/۰۵۳۳۴۶۳۵	-۰/۰۰۴۰۴۲۴	۳/۸۶۳۴
۲۰۲۱	۰/۰۰۵۰۳	۰/۱۳۴۴۰۳	۰/۰۲۶۴۷۰۸۲	۰/۰۶۰۰۱۱۵۸	۰/۰۵۲۸۷۸۶۹	-۰/۰۰۲۶۸۱	۳/۸۸۳
۲۰۲۲	۰/۰۰۲۱۶۷	۰/۱۵۹۳۴۴۷۳	۰/۰۲۵۵۷۴۱	۰/۰۶۶۸۶۲۵۵	۰/۰۵۲۴۱۱۰۳	-۰/۰۰۲۳۸۷۶	۳/۸۹۶۱

جدول ۸: مقایسه دقت روش‌های مختلف برای پیش‌بینی انتشار گاز اکسیدنیتروژن

روش	MSE
ARIMA	۰/۰۴۲۵۴۵
SEST	۰/۰۰۲۷۱۹۸۴۳
DEST	۰/۰۰۹۷۱۲۷۶۲
HWM	۰/۰۱۸۳۱۳۲۷۵
HWA	۰/۰۱۲۵۶۳۶۳۵
ANN	۰/۰۰۶۷۲۶
VAR	۰/۱۳۴۰۵۳

نمودار شماره ۳ نشان می‌دهد که بر اساس روش هموارسازی نمایی منفرد با روند، میزان انتشار گاز N2O طی سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۲۲ کاهشی است.



نمودار ۳: مقادیر پیش‌بینی‌شده انتشار گاز اکسیدنیتروژن با استفاده از روش هموارسازی نمایی منفرد با روند

نتیجه‌گیری

بخش کشاورزی نقش مهمی در تغییر اقلیم دارد و به‌شدت از آن تأثیر می‌پذیرد. عمده‌ترین دلیل تغییر اقلیم، انتشار گازهای گلخانه‌ای است. پیش‌بینی انتشار گازهای گلخانه‌ای نقش مهمی در توسعه سیاست‌ها و حفظ توافق‌نامه بین‌المللی برای مبارزه با تغییرات اقلیمی برای کشورها ایفا می‌کند و یکی از موضوع‌های اصلی برای هدف کاهش آن‌ها می‌باشد. بنابراین، پیش‌بینی انتشار گازهای گلخانه‌ای یک موضوع ضروری و مهم است. بنابراین، در این مطالعه به مقایسه روش‌های پیش‌بینی و روند انتشار مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای از بخش کشاورزی ایران پرداخته شده است. نتایج نشان داد که روش هالت - وینترز تجمعی در مقایسه با سایر روش‌ها دارای خطای کمتر و عملکرد بهتری برای پیش‌بینی گاز متان می‌باشد. روش‌های هالت - وینترز ضربی، آریما، شبکه عصبی مصنوعی، هموارسازی نمایی منفرد با روند، هموارسازی نمایی دوگانه با روند و خودرگرسیون برداری در رتبه‌های بعدی برای پیش‌بینی گاز متان قرار دارند. روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، هموارسازی نمایی دوگانه با روند، هموارسازی نمایی منفرد با روند، هالت - وینترز تجمعی، هالت - وینترز ضربی، خودرگرسیون برداری و آریما به‌ترتیب دارای کمترین خطا و بهترین عملکرد برای پیش‌بینی گاز دی‌اکسیدکربن بودند. بنابراین، روش شبکه عصبی مصنوعی بهترین روش برای پیش‌بینی گاز

دی‌اکسیدکربن می‌باشد. روش هموارسازی نمایی منفرد با روند بهترین پیش‌بینی را برای گاز اکسیدنیتروژن ارائه داد. روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، هموارسازی نمایی دوگانه با روند، هالت - وینترز تجمعی، هالت - وینترز ضربی، آریما و خودرگرسیون برداری در رتبه‌های بعدی به‌منظور پیش‌بینی این گاز قرار گرفتند. نتایج نشان داد که روند انتشار گازهای متان و اکسیدنیتروژن از بخش کشاورزی ایران، نزولی و میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن از این بخش صعودی خواهد بود. پس می‌توان با اقداماتی همانند بهبود شیوه‌ها و فناوری‌ها در پرورش و تغذیه دام، زهکشی و آبیاری متناوب در شالیزارهای برنج، افزایش بهره‌وری و کارایی استفاده از کودهای شیمیایی و مدیریت مناسب بقایای گیاهی به کاهش هرچه بیشتر دو گاز متان و اکسیدنیتروژن کمک کرد. اما بایستی راهکارها و سیاست‌های مناسب جدیدی در جهت کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن دریافت شود. مدیریت صحیح خاک‌های کشاورزی، افزایش بهره‌وری انرژی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند در زمینه کاهش انتشار این اثربخش باشد. به‌طور کلی استفاده از شیوه‌ها و روش‌های نوین و درنتیجه افزایش راندمان تولید محصولات زراعی و دامی و همچنین استفاده از شیوه‌های سازگار با محیط زیست می‌تواند در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش کشاورزی مؤثر باشد. براساس یافته‌های پژوهش، روش‌های هالت - وینترز تجمعی، شبکه عصبی مصنوعی و هموارسازی نمایی منفرد با روند به‌ترتیب به‌منظور پیش‌بینی گاز متان، دی‌اکسیدکربن و اکسیدنیتروژن پیشنهاد می‌شوند.

منابع

احمدی ارکمی، علی. (۱۴۰۱). برآورد انتشار گازهای گلخانه‌ای و بررسی سناریوهای کاهش انتشار سازگار با منطقه در افق ۲۰۳۰ میلادی (مطالعه موردی: استان گیلان، ایران). سلامت و محیط زیست، ۱۵ (۱)، ۱۲۱-۱۳۶.

امانی، احمدرضا؛ چیذری، محمد. (۱۳۸۵). تعیین ویژگی‌های اجتماعی، اقتصادی و زراعی گندم‌کاران شهرستان‌های اهواز، دزفول و بهبهان باتوجه به پذیرش روش‌های کشاورزی پایدار کم‌نهاده (ALSA). نشریه علوم آب و خاک، ۱۰ (۱)، ۱۱۹-۱۰۷.

امیدی، نبی؛ عسگری، حشمت الله؛ امیدی، محمدرضا؛ شیری، اردشیر. (۱۳۹۴). مقایسه دقت روش‌های هالت - وینترز، آریما، تعدیل نمایی و هوشمند در پیش‌بینی تصادفات. فصلنامه راهور، ۱۲ (۳۰)، ۳۳-۴۸.

انواری، ابراهیم؛ باقری، سمانه؛ صلاح منش، احمد. (۱۳۹۸). بررسی روند و پیش‌بینی انتشار گاز کربنیک در بخش‌های آلاینده (مطالعه موردی: ایران. پژوهش‌های محیط زیست، ۱۰ (۱۹)، ۱۴۷-۱۵۵.

پیش‌بهار، اسماعیل؛ بداق، شیدا؛ دشتی، قادر. (۱۳۹۸). پیش‌بینی رشد بخش کشاورزی ایران: رهیافت داده‌های ترکیبی با تواتر متفاوت (MIDAS). پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)، ۱۹(۳)، ۱۶۱-۱۴۵.

رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا؛ پورطاهری، مهدی؛ فرجزاده، منوچهر؛ حیدری ساربان، وکیل. (۱۳۸۸). نقش توانمندی‌سازی در توسعه کشاورزی، مطالعه موردی: استان اردبیل. پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۶۹، ۱۰۳-۸۷ .

خسروی، محمود؛ نوروزی، رباب. (۱۳۸۹). ارزیابی میزان انتشار گاز گلخانه‌ای متان حاصله از فعالیت‌های دامپروری در ایران طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵. چهارمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران.

زارع مهرجردی، محمدرضا؛ جاودان، ابراهیم. (۱۳۹۰). پیش‌بینی نرخ رشد بخش کشاورزی ایران (مقایسه روش‌های تک متغیره و چندمتغیره). اقتصاد کشاورزی (اقتصاد و کشاورزی)، ۵ (۱)، ۱۰۱-۸۱.

سهرابی، روح اله. (۱۳۹۵). مقایسه روش‌های اقتصادسنجی و شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی مقدار واردات کنجاله ایران. تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۴۷ (۳)، ۶۳۳-۶۴۶.

شهیدی‌پور، نیایش. (۱۳۹۰). بررسی ارتباط بین انتشار گازهای آلاینده، مصرف انرژی و ارزش افزوده در بخش‌های اقتصادی ایران با تأکید بر کشش شدت آلودگی. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

فطرس، محمدحسن؛ فردوسی، مهدی؛ مهرپیما، حسین. (۱۳۹۰). بررسی تأثیر شدت انرژی و گسترش شهرنشینی بر تخریب محیط زیست در ایران (تحلیل هم‌جمعی). محیط‌شناسی، ۳۷ (۶۰)، ۱۳-۲۲.

محمدی خیاره، محسن؛ مظهری، رضا. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر متقابل رشد اقتصادی و توسعه بخش کشاورزی در ایران. تحقیقات اقتصاد کشاورزی. ۹(۴)، ۲۵۹-۲۸۲.

محمدیان امیری، احسان؛ ابراهیمی، سیدبابک. (۱۳۹۷). پیش‌بینی چند گام به جلوی ارزش در معرض خطر بر مبنای روش هموارسازی نمایی هلت - وینترز ضربی. راهبرد مدیریت مالی، ۶ (۲۰)، ۹۳-۱۱۴.

مرادی مجد، نسرین؛ فلاح قالهری؛ غلامعباس و چترنور، منصور. (۱۳۹۹). مدل‌سازی میزان انتشار گازهای گلخانه ای در باغات استان خوزستان. نشریه محیط زیست طبیعی، ۷۳ (۴)، ۸۱۹-۸۳۳.

نصرنیا، فاطمه؛ اسماعیلی، عبدالکریم. (۱۳۸۸). رابطه‌ی علّی بین انرژی و اشتغال، سرمایه‌گذاری و ارزش افزوده در بخش کشاورزی. هفتمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

AlKheder, S., Almusalam, A. (2022). Forecasting of carbon dioxide emissions from power plants in Kuwait using the United States Environmental Protection Agency, Intergovernmental Panel on Climate Change, and machine learning methods. Renewable Energy, 191, 819-827.

Aydinalp, C., Cresser, M. S. (2008). The effects of global climate change on agriculture. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 3(5), 672-676.

Bakay, M. S., Ağbulut, Ü. (2021). Electricity production-based forecasting of greenhouse gas emissions in Turkey with deep learning, support vector machine, and artificial neural network algorithms. Journal of Cleaner Production, 285, 125324.

Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N., Leip, A. J. N. F. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. Nature Food, 2(3), 198-209.

FAO (2020). Greenhouse gas emissions from agrifood systems Global, regional and country trends, 2000–2020. FAOSTAT Analytical Brief 50.

Hemingway, C., Vigne, M., Aubron, C. (2023). Agricultural greenhouse gas emissions of an Indian village- Who's to blame: crops or livestock? Science of The Total Environment, 856, 159145.

Huang, J., Wang, L., Siddik, A. B., Abdul-Samad, Z., Bhardwaj, A., Singh, B. (2023). Forecasting GHG emissions for environmental protection with energy consumption reduction from renewable sources: A sustainable environmental system. Ecological Modelling, 475, 110181.

Jirapornvaree, I., Suppadit, T., Kumar, V. (2021). Assessing the economic and environmental impact of jasmine rice production: Life cycle assessment and Life Cycle Costs analysis. Journal of Cleaner Production, 303, 127079.

Lal, B., Sarkar, S., Gautam, P., Meena, R. L., Bhatt, R. S., Sahoo, A. (2022). Environmental impacts and resource use for sheep production in semi-arid India investigated by life cycle assessment. Journal of Cleaner Production, 345, 131088.

Lewandowski, S., Ullrich, A. (2023). Measures to reduce corporate GHG emissions: A review-based taxonomy and survey-based cluster analysis of their application and perceived effectiveness. Journal of Environmental Management, 325, 116437.

Li, K., Xiong, P., Wu, Y., Dong, Y. (2022). Forecasting greenhouse gas emissions with the new information priority generalized accumulative grey model. Science of the Total Environment, 807, 150859.

Li, W., Xie, H., Ren, Z., Li, T., Wen, X., Han, J., Liao, Y. (2022). Response of N_2O emissions to N fertilizer reduction combined with biochar application in a rain-fed winter wheat ecosystem. Agriculture, Ecosystems & Environment, 333, 107968.

Ng, E. L., Honeysett, J., Scorgie, Y. (2023). Regionalized greenhouse gas emissions from food production in South-Eastern Australia. Sustainable Production and Consumption, 35, 116-128.

Oreggioni, G. D., Ferraio, F. M., Crippa, M., Muntean, M., Schaaf, E., Guizzardi, D., Vignati, E. (2021). Climate change in a changing world: Socio-economic and technological transitions, regulatory frameworks and trends on global greenhouse gas emissions from EDGAR v. 5.0. Global Environmental Change, 70, 102350.

Sharma, G. D., Shah, M. I., Shahzad, U., Jain, M., Chopra, R. (2021). Exploring the nexus between agriculture and greenhouse gas emissions in BIMSTEC region: The role of renewable energy and human capital as moderators. Journal of Environmental Management, 297, 113316.

Singla, A., Inubushi, K. (2014). Effect of biogas digested liquid on CH_4 and N_2O flux in paddy ecosystem. Journal of Integrative Agriculture, 13(3), 635-640.

Uen, T. S., Rodríguez, L. F. (2023). An integrated approach for sustainable food waste management towards renewable resource production and GHG reduction. Journal of Cleaner Production, 412, 137251.

University of Sistan and Baluchestan
Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Ahmadi Orkomi, A. (2022). Greenhouse gas emission inventory and quantifying regional compatible mitigation plans-horizon 2030 (case study: Guilan province, Iran). Health and Environment, 15 (1), 121-136. [In Persian]

Anvari, E., Bagheri, S., & Salahmanesh, A. (2019). Review and Forecast of Carbon Dioxide Gas in the Emission Sectors: The Case of Iran. *Environmental Researches, 10* (19), 147-155. [In Persian]

Eftekhari, R. A., PourTaheri, M., Farajzadeh, M., & Heidary Sarban, V. (2009). Role of empowerment on agricultural development (Case Study: Ardabil Province). Human Geography Research, 41 (69), 87-103. [In Persian]

Fotros, M. H., Ferdousi, M., Mehrpeyma, H. (2012). An Examination of Energy Intensity and Urbanization Effect on Environmental Degradation in Iran (A Cointegration Analysis). *Journal of Environmental Studies, 37*(60), 13-22. [In Persian]

Khosravi, M., Noroozi, R. (2010). Evaluation of methane greenhouse gas emissions resulting from animal husbandry activities in Iran during 1996-2006. The fourth regional climate change conference, Tehran. [In Persian]

Mohammadi Khyareh, M., Mazhari, R. (2018). Investigating the Interaction between Economic Growth and Agricultural Development in Iran. *Agricultural Economics Research, 9*(36), 259-282. [In Persian]

Mohammadian Amiri, E., Ebrahimi, S. B. (2018). Multiple-Step-Ahead Forecasting of Value at Risk Based on Holt-Winters Exponential Smoothing Multiplicative Method. *Financial Management Strategy, 6*(1), 93-114. [In Persian]

Moradimajd, N., Fallahghalhari, G. A., Chatrenour, M. (2021). Modeling the amount of greenhouse gas emissions of gardens in Khuzestan province. *Journal of Natural Environment, 73*(4), 819-833. [In Persian]

Nasrania, F., Esmaeili, A. K. (2009). A causal relationship between energy and employment, investment, and added value in the agricultural sector. The 7th Biennial Conference of Iranian Agricultural Economics, Tehran University. [In Persian]

Omidi, N., Asgari, H., Omidi, M., Shiri, A. (2015). Comparing the accuracy of different approaches of Holt-Winters, ARIMA, exponential, and intelligent in anticipation of accidents. Scientific Quarterly of Rahvar, 12 (30), 33-48. [In Persian]

Ommani, A. R., Chizari. M. (2006). Determining Socioeconomic and Farming Characteristics of Wheat Farmers Regarding Adoption of Low Input Sustainable Agriculture (LISA) (in Khuzestan Province). Journal of Water and Soil Science, 10 (1), 107-119. [In Persian]

Pishbahar, E., Bodagh, S., Dashti, G. (2019). Forecasting Iran's Agricultural Sector Growth: Using Mixed-frequency Data Sampling (MIDAS) Model. The Economic Research (Sustainable Growth and Development), 19 (3), 145-161. [In Persian]

Shahidipour, N. (2018). Investigating the relationship between the emission of polluting gases, energy consumption, and added value in Iran's economic sectors with an emphasis on the elasticity of pollution intensity. Master's thesis, Faculty of Economics, University of Tehran. [In Persian]

Sohrabi, R. (2016). Comparison of econometric models and artificial neural networks to predict Iran Oilcake imports. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 47*(3), 633-646. [In Persian]

Zare Mehrjerdi, M. R., Javdan, E. (2011). Forecasting the growth rate of the Iranian agricultural sector (a comparison of univariate and multivariate methods). *Agricultural Economics, 5*(1), 81-101. [In Persian]

References (in English)

AlKheder, S., Almusalam, A. (2022). Forecasting of carbon dioxide emissions from power plants in Kuwait using the United States Environmental Protection Agency, Intergovernmental Panel on Climate Change, and machine learning methods. Renewable Energy, 191, 819-827.

Aydinalp, C., Cresser, M. S. (2008). The effects of global climate change on agriculture. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 3(5), 672-676.

Bakay, M. S., Ağbulut, Ü. (2021). Electricity production-based forecasting of greenhouse gas emissions in Turkey with deep learning, support vector machine, and artificial neural network algorithms. Journal of Cleaner Production, 285, 125324.

Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N., Leip, A. J. N. F. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. Nature Food, 2(3), 198-209.

FAO (2020). Greenhouse gas emissions from agrifood systems Global, regional and country trends, 2000–2020. FAOSTAT Analytical Brief 50.

Hemingway, C., Vigne, M., Aubron, C. (2023). Agricultural greenhouse gas emissions of an Indian village- Who's to blame: crops or livestock? Science of The Total Environment, 856, 159145.

Huang, J., Wang, L., Siddik, A. B., Abdul-Samad, Z., Bhardwaj, A., Singh, B. (2023). Forecasting GHG emissions for environmental protection with energy consumption reduction from renewable sources: A sustainable environmental system. Ecological Modelling, 475, 110181.

Jirapornvaree, I., Suppadit, T., Kumar, V. (2021). Assessing the economic and environmental impact of jasmine rice production: Life cycle assessment and Life Cycle Costs analysis. Journal of Cleaner Production, 303, 127079.

Lal, B., Sarkar, S., Gautam, P., Meena, R. L., Bhatt, R. S., Sahoo, A. (2022). Environmental impacts and resource use for sheep production in semi-arid India investigated by life cycle assessment. Journal of Cleaner Production, 345, 131088.

Lewandowski, S., Ullrich, A. (2023). Measures to reduce corporate GHG emissions: A review-based taxonomy and survey-based cluster analysis of their application and perceived effectiveness. Journal of Environmental Management, 325, 116437.

Li, K., Xiong, P., Wu, Y., Dong, Y. (2022). Forecasting greenhouse gas emissions with the new information priority generalized accumulative grey model. Science of the Total Environment, 807, 150859.
Li, W., Xie, H., Ren, Z., Li, T., Wen, X., Han, J., Liao, Y. (2022). Response of N_2O emissions to N fertilizer reduction combined with biochar application in a rain-fed winter wheat ecosystem. Agriculture, Ecosystems & Environment, 333, 107968.
Ng, E. L., Honeysett, J., Scorgie, Y. (2023). Regionalized greenhouse gas emissions from food production in South-Eastern Australia. Sustainable Production and Consumption, 35, 116-128.
Oreggioni, G. D., Ferraio, F. M., Crippa, M., Muntean, M., Schaaf, E., Guizzardi, D., Vignati, E. (2021). Climate change in a changing world: Socio-economic and technological transitions, regulatory frameworks and trends on global greenhouse gas emissions from EDGAR v. 5.0. Global Environmental Change, 70, 102350.
Sharma, G. D., Shah, M. I., Shahzad, U., Jain, M., Chopra, R. (2021). Exploring the nexus between agriculture and greenhouse gas emissions in BIMSTEC region: The role of renewable energy and human capital as moderators. Journal of Environmental Management, 297, 113316.
Singla, A., Inubushi, K. (2014). Effect of biogas digested liquid on CH_4 and N_2O flux in paddy ecosystem. Journal of Integrative Agriculture, 13(3), 635-640.
Uen, T. S., Rodríguez, L. F. (2023). An integrated approach for sustainable food waste management towards renewable resource production and GHG reduction. Journal of Cleaner Production, 412, 137251.