



ارزیابی و مدل سازی پتانسیل گرمایش جهانی تولید شلتوک در استان فارس

محمد رضا رجبی^۱، حسن صدرنیا^۲، عباس روحانی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی-مدیریت و تحلیل سامانه‌ها، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد؛
m.rezarajabi@mail.um.ac.ir

^۲ دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد؛ hassan.sadrnia@um.ac.ir

^۳ استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد؛ arohani@um.ac.ir

چکیده

پس از گندم، برنج مهم‌ترین ماده غذایی دنیاست. از آن‌جا که کشاورزی بخش قابل توجهی از آلاینده‌های CO_2 ، CH_4 و N_2O را وارد محیط زیست می‌کند لازم است مورد توجه بیشتری قرار گیرد. از این رو در این مطالعه به بررسی پتانسیل گرمایش جهانی (انتشار گازهای گلخانه‌ای) در تولید شلتوک در استان فارس و همچنین مدل سازی انتشار این گازها به کمک مدل ماشین بردار پشتیبان (SVM) پرداخته شده است. داده‌های مورد نیاز از طریق پرسش‌نامه تخصصی و مصاحبه با کشاورزان برنج‌کار منطقه مورد مطالعه به دست آمد. بر اساس نتایج میزان کل پتانسیل گرمایش جهانی تولید یک تن شلتوک برابر $1697.97 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$ برآورد شد. نهاده‌های سوخت دیزل، الکتریسیته و کودهای شیمیایی به ترتیب بیشترین سهم و ماشین‌آلات کمترین سهم را در پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) داشتند. نتایج مدل سازی به کمک مدل SVM نشان داد که شاخص‌های $RMSE$ ، $MAPE$ و R^2 مربوط به بهترین مدل SVM به منظور پیش-بینی GWP بر مبنای نهاده‌های ورودی، به ترتیب برابر 0.07 ، 8.09 و 0.99 می‌باشد که نشان دهنده دقت بالا و قابلیت این مدل در پیش‌بینی است.

کلمات کلیدی: انتشار گازهای گلخانه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی، ماشین بردار پشتیبان، شلتوک

Assessment and Modeling Global Warming Potential (GWP) of Paddy Production in Fars Province

Mohammadreza Rajabi¹, Hassan Sadrnia², Abbas Rohani³

¹M.Sc student of Agricultural Mechanization, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, m.rezarajabi@mail.um.ac.ir

²Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, hassan.sadrnia@um.ac.ir

³Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, arohani@um.ac.ir

Abstract

The rice is the most important crop in the world after the wheat. Considering the fact that the agriculture produce a significant part of CO_2 ، CH_4 and N_2O emissions into the environment, more attention should be paid. Therefore, this study evaluates global warming potential (GHG emissions) of paddy production, and modelling its emissions by support vector machine (SVM) model in Fars province. The data were collected by questionnaires and interviews with rice farmers in the region. Based on the results, the global warming potential (GWP) of paddy production was equal to $1697.97 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$ per ton. Diesel fuel, electricity and chemical fertilizers had the highest share in GWP, respectively. Machinery had the lowest GHG emission. Modeling results showed that the $RMSE$ ، $MAPE$ and R^2 indices of the best SVM model to predict the GWP based on inputs equal to 0.07 ، 8.09 and 0.99 respectively that show high accuracy of the modeling.

Keywords: GHG Emission, GWP, SVM, Paddy



بر اساس آمار فائو^۱ (FAO)، برنج در سال ۲۰۱۵ با تولید حدود ۴۹۱/۷ میلیون تن، پس از گندم مهم‌ترین ماده غذایی دنیاست (FAO, 2018). در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ استان‌های مازندران، گیلان، گلستان، خوزستان و فارس به ترتیب مقام‌های اول تا پنجم را از نظر سطح برداشت و میزان تولید دارا می‌باشند که استان فارس با ۲۶،۵۴۰ هکتار سطح برداشت دارای ۱۳۵،۷۶۳ تن تولید شلتوک می‌باشد (Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran, 2018).

تولید محصولات غذایی زمانی به طور مستمر ادامه خواهد داشت که سامانه تولید کشاورزی پایدار باشد. در این شرایط، کشاورزی پایدار معنا و مفهوم پیدا می‌کند (Reganold et al, 2001). در مبحث کشاورزی پایدار استفاده بهینه از منابع باعث می‌شود که مشکلات زیست محیطی به حداقل برسد، از نابودی منابع جلوگیری شود و کشاورزی پایدار به عنوان یک سیستم تولیدی-اقتصادی تقویت گردد (Kizilaslan et al, 2009). در مقیاس جهانی، کربن دی‌اکسید (CO₂)، متان (CH₄) و نیتروکسید (N₂O) مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای هستند که توسط فعالیت‌های انسانی تولید می‌شوند. آن‌جا که کشاورزی بخش قابل توجهی-حدود ۲۴ درصد- از آلاینده‌های کربن دی‌اکسید، متان و نیتروکسید را وارد محیط زیست می‌کند لازم است مورد توجه بیشتری قرار گیرد (Janzen et al, 2004; Pishgar-Komleh et al, 2017). لذا در این مطالعه به بررسی پتانسیل گرمایش جهانی (انتشار گازهای گلخانه‌ای) در تولید شلتوک در استان فارس و همچنین مدل‌سازی انتشار این گازها به کمک مدل ماشین بردار پشتیبان^۲ (SVM) پرداخته شده است. مدل ماشین بردار پشتیبان (SVM) یکی از مدل‌های هوشمند است که در پیش‌بینی مشخصه‌های پیچیده و غیرخطی دارای عملکرد قابل قبولی می‌باشد و برای اولین بار از سوی وینیک و کورتس در سال ۱۹۹۵ بر پایه تئوری یادگیری آماری ارائه شد (Vapnik and Cortes, 1995). از مزایای مدل ماشین بردار پشتیبان این است که نسبت به دیگر مدل‌های هوشمند نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی^۳ و سامانه استنتاج فازی-عصبی تطبیقی^۴ (انفیس) سریع‌تر آموزش می‌بیند و به داده‌های آموزشی کمتری برای مدل‌سازی نیاز دارد (Komasi and Sharghi, 2017). در زمینه ارزیابی پتانسیل گرمایش جهانی در فرآیند تولید محصولات مختلف کشاورزی، مطالعات متعددی انجام گرفته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

در مطالعه‌ای در استان مازندران به ارزیابی نشر گازهای گلخانه‌ای (GHG) ناشی از نهاده‌های مصرفی برای تولید شلتوک برنج پرداخته شد. مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید این محصول معادل ۱۹۳۶/۱۱ kg CO₂ eq بر هر هکتار به دست آمد. همچنین تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که دو نهاده سوخت دیزل و ماشین‌ها به ترتیب با سهم ۴۹ و ۳۹/۵ درصد، بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را در تولید شلتوک برنج به خود اختصاص دادند (Nikkhah et al, 2014).

مطالعه‌ای دیگر با هدف بررسی پتانسیل گرمایش جهانی برنج در شرایط کشت اول و دوم در شهرستان ساری انجام گردید. نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن واحد عملکردی یک هکتار، پتانسیل گرمایش جهانی در الگوی کشت دوم (۱۱۸۷ kg CO₂ eq) ۲۰٪ بالاتر از کشت اول (kg CO₂ eq) (۹۹۰)؛ و با در نظر گرفتن واحد عملکردی یک تن شلتوک تولیدی، این شاخص در کشت دوم (۴۹۸ kg CO₂ eq) ۱۰۱ درصد بیشتر از کشت اول (kg CO₂ eq) (۲۴۸) تعیین گردید. نهاده سوخت مصرفی در هر دو الگوی کشت بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی را ایجاد کرد (Ansari et al, 2015). مطالعه‌ای دیگر به ارزیابی چرخه حیات گازهای گلخانه‌ای تولید برنج ارگانیک در شمال تایلند پرداخت. نتایج نشان داد که کل انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید برنج ارگانیک برابر ۰/۵۸ kg CO₂ eq در یک کیلوگرم شلتوک بود. منبع عمده انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از انتشارات مزرعه‌ای بود که به میزان ۰/۴۸ kg CO₂ eq برآورد گردید. نتایج مقایسه‌ای به وضوح نشان داد که انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید شلتوک ارگانیک به علت مزایای استفاده از کودهای آلی به میزان قابل توجهی کمتر از تولید برنج به شیوه کشت مرسوم است (Yodkhum et al, 2017). از دیگر مطالعات انجام گرفته در زمینه بررسی پتانسیل گرمایش جهانی می‌توان به (Pishgar-Komleh et al, 2013; Tzivilivakis et al, 2005; Liu et al, 2013) اشاره کرد.

از جمله مطالعات انجام شده در زمینه مدل‌سازی پتانسیل گرمایش جهانی می‌توان به مطالعه هارونی و همکاران با هدف مدل‌سازی انرژی مصرفی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در روند تولید نیشکر در مزارع راتون اشاره کرد. نتایج نشان داد که بهترین مدل شبکه عصبی مصنوعی به منظور پیش-بینی میزان نشر گازهای گلخانه‌ای دارای ضریب تبیین (R²) برای داده‌های آموزش و تست به ترتیب ۰/۹۹ و ۰/۹۹ و میانگین مربعات خطا (MSE) به ترتیب ۵۲۸ و ۱۲۵۶ می‌باشد (Harooni and et al, 2016). قادرپور و همکاران نیز در قسمتی از مطالعه خود به مدل‌سازی میزان شاخص پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس نهاده‌های ورودی به کمک سامانه انفیس چندلایه پرداختند. بر اساس نتایج مدل‌سازی مقدار R² بین مقادیر واقعی و پیش-

^۱Food and Agriculture Organization

^۲Support Vector Machine (SVM)

^۳Artificial Neural Network (ANN)

^۴Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)



بینی شده برای دو مدل k-fold و C-means به ترتیب برابر ۰/۹۹۴ و ۰/۹۹ به دست آمد (Ghaderpoor et al, 2018). از مطالعات دیگر در این زمینه می توان به مطالعه (Khoshnevisan et al, 2013) اشاره کرد.

اگرچه استفاده از SVM در زمینه مدل سازی پتانسیل گرمایش جهانی گزارش نشده است اما در زمینه های دیگر از جمله مدیریت منابع آب (Eskandari et al, 2012; Lin et al, 2009; Alipoor-nodehi et al 2016) و پژوهش های مربوط به مسایل زیست محیطی و به تبع آن امر آلودگی هوا (Noori et al, 2013; Lu and Wang, 2005) طی سال های اخیر مورد توجه برخی از محققان قرار گرفته است. به عنوان مثال نوری و همکاران با توجه به معضل آلاینده ی مونوکسید کربن (CO) در هوای شهر تهران، اقدام به ارائه مدلی مناسب جهت پیش بینی این آلاینده کردند. در گام اول از مدل ماشین بردار پشتیبان (SVM) برای مدل سازی غلظت روزانه CO استفاده شد. در گام بعد با استفاده از تکنیک انتخاب پیشرو، تعداد ورودی به مدل SVM از ۱۲ به ۷ متغیر کاهش و سپس مدل مناسبی (مدل FS-SVM) جهت پیش بینی غلظت روزانه CO توسعه داده شد. نتایج به دست آمده از این دو مدل مشخص نمود که اگرچه هر دو مدل از دقت تقریباً یکسانی در پیش بینی غلظت روزانه CO برخوردارند، اما مدل FS-SVM به دلیل نیاز به تعداد کمتر ورودی و در نتیجه حجم محاسباتی کمتر، می تواند از عملکرد بهتری در این زمینه برخوردار باشد (Noori et al, 2013).

با توجه به نقش استان فارس در تولید شلتوک و اهمیت حفظ منابع طبیعی و محیط زیست، و همچنین عدم به کارگیری مدل ماشین بردار پشتیبان (SVM) جهت تخمین میزان پتانسیل گرمایش جهانی (GWP)، با وجود برتری آن نسبت به دیگر مدل های هوش مصنوعی در پیش بینی، هدف از این مطالعه ارزیابی پتانسیل گرمایش جهانی و تخمین میزان گرمایش جهانی تولید شلتوک در استان فارس می باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه مورد بررسی و نحوه نمونه گیری

این مطالعه در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در استان فارس انجام گرفت. استان فارس در ۲۷ درجه و ۲ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۵۰ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی از نصف النهار مبدأ قرار گرفته است (Arvin and et al, 2015). داده ها از طریق پرسش نامه تخصصی و مصاحبه با کشاورزان برنج کار شهرستان های مرودشت و سپیدان که حدود ۷۰ درصد مزارع برنج استان را شامل می شوند به دست آمد.

برای پیدا کردن حجم نمونه از معادله کوکران (رابطه ۱) استفاده شده است (Snedecor and Cochran, 1980). به این ترتیب که در ابتدا تعدادی پرسش نامه محدود تکمیل گردید و پس از پیش برآورد انحراف معیار اندازه نمونه برای این تحقیق ۴۵ به دست آمد که برای اطمینان بیشتر و همچنین افزایش دقت مدل سازی تعداد ۲۰ عدد بیشتر، یعنی ۶۵ پرسش نامه تهیه و به طور کاملاً تصادفی در مناطق مطالعاتی پخش شد.

$$n = \frac{N(t.s)^2}{Nd^2 + (t.s)^2} \quad (1)$$

که در آن n حجم نمونه (تعداد مزارع برنج مورد مطالعه)، N اندازه جامعه آماری، t ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول تی استیودنت^۱ به دست می آید که برابر ۱/۹۶ در نظر گرفته شد (در سطح اطمینان ۹۵ درصد)، s^۲ برآورد واریانس صفت مورد مطالعه (s انحراف معیار صفت مورد مطالعه) و d دقت احتمالی مطلوب که برابر ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

۲-۲- ورودی های سامانه

هدف از این مطالعه بررسی پتانسیل گرمایش جهانی تولید شلتوک در استان فارس است. واحد عملکردی معادل یک تن شلتوک تر در نظر گرفته شده است. ورودی های سامانه شامل ماشین آلات، سوخت دیزل، الکتریسیته، کودهای شیمیایی (شامل نیتروژن، فسفات و پتاس)، کود دامی و سموم شیمیایی (شامل علف کش، آفت کش و قارچ کش) در جدول (۱) آورده شده است.

^۱t-student



جدول ۱- میانگین میزان ورودی‌های سامانه‌ی تولید یک تن شلتوک در استان فارس.

Table 1. Average inputs of one ton Paddy production system in Fars province.

Inputs	Unit.ton ⁻¹	Average	Standard deviation
Machinery	MJ	68.50	25.96
Diesel Fuel	L	288.51	325.70
Electricity	kWh	991.52	1558.51
Chemical Fertilizers			
Nitrogen (N)	kg	69.72	42.44
Phosphorus (P ₂ O ₅)	kg	30.11	23.69
Potassium (K ₂ O)	kg	1.67	4.12
Manure	kg	146.15	479.70
Biocide			
Herbicide	kg	0.95	0.34
Insecticide	kg	0.29	0.27
Fungicide	kg	0.15	0.17

۲-۳- خروجی سامانه (پتانسیل گرمایش جهانی)

خروجی سامانه میزان پتانسیل گرمایش جهانی (انتشار گازهای گلخانه‌ای) می‌باشد. به منظور بررسی پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) تولید شلتوک از ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای موجود در جدول (۱) استفاده شده است (Pishgar-Komleh et al, 2013).

جدول ۲- ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های ورودی.

Table 2. Greenhouse gas (GHG) emission coefficients of inputs.

Inputs	Unit	GHG Coefficient Kg CO ₂ eq.unit ⁻¹
Machinery	MJ	0.071
Diesel Fuel	L	2.76
Electricity	kWh	0.78
Chemical Fertilizers		
Nitrogen (N)	kg	1.3
Phosphorus (P ₂ O ₅)	kg	0.2
Potassium (K ₂ O)	kg	0.2
Manure	kg	0.126
Biocide		
Herbicide	kg	6.3
Insecticide	kg	5.1
Fungicide	kg	3.9

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، اطلاعات از پرسش‌نامه‌ها استخراج و در نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ ثبت شدند. سپس با توجه به میانگین مصرف نهاده‌ها و ضرایب مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای محاسبه شد.

۲-۴- مدل‌سازی پتانسیل گرمایش جهانی به کمک ماشین بردار پشتیبان

در این مطالعه به منظور انجام مدل‌سازی از مدل ماشین بردار پشتیبان (SVM) استفاده شده است. ورودی‌های سامانه (شامل ماشین‌آلات (x₁)، سوخت دیزل (x₂)، الکتریسیته (x₃)، کود شیمیایی نیتروژنه (x₄)، کود شیمیایی فسفات (x₅)، کود شیمیایی پتاس (x₆)، کود دامی (x₇)، سم علف‌کش (x₈)، سم آفت‌کش (x₉) و سم قارچ‌کش (x₁₀) به عنوان ورودی‌های مدل و شاخص پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) به عنوان خروجی مدل در نظر گرفته شد.

ماشین بردار پشتیبان (SVM) همانند دیگر روش‌های هوش مصنوعی بر مبنای الگوریتم داده‌کاوی عمل می‌کند. مهم‌ترین وظایف مدل SVM، طبقه‌بندی و رگرسیون است. در مسائل مربوط به SVM رگرسیونی، مشابه سایر مسائل رگرسیونی، فرض می‌شود که رابطه‌ی میان متغیرهای مستقل و وابسته با تابع جبری مانند $f(x) = w^T \cdot \phi(x) + b$ به اضافه‌ی مقداری اغتشاش مشخص می‌شود. که در آن w (بردار ضرایب) و b (ثابت)، مشخصه‌های تابع رگرسیونی هستند و ϕ نیز تابع کرنل است. بنابراین موضوع اصلی پیدا کردن فرم تابع f است که بتواند به صورت صحیح الگوهای جدیدی را که SVM تاکنون تجربه نکرده است، پیش بینی کند. این تابع به وسیله آموزش مدل SVM بر روی یک مجموعه داده به عنوان مجموعه آموزش که شامل پروسه‌ای جهت بهینه‌سازی دائمی تابع خطاست، قابل دسترسی است. بسته به تعریف تابع خطا دو نوع مدل SVM رگرسیونی، ϵ -SVM و U -SVM تعریف می‌شود (Dibike et al, 2001).



لازم به ذکر است که در این مطالعه از مدل ε -SVM به دلیل کاربرد گسترده آن استفاده شده است. توابع هسته‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل چند جمله‌ای درجه اول (Poly1)، چند جمله‌ای درجه دوم (Poly2)، چند جمله‌ای درجه سوم (Poly3) و توابع پایه شعاعی (RBF) هستند. از کل داده‌های موجود حدود ۹۰ درصد برای آموزش و بقیه داده‌ها برای ارزیابی کارایی مدل مورد استفاده قرار گرفت. نتایج ارزیابی عملکرد پیش‌بینی مدل به کمک شاخص‌های آماری نظیر جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) و ضریب تبیین (R^2) انجام شده است. فرآیند مدل‌سازی نیز به کمک نرم‌افزار Matlab R2018a انجام گرفته است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی پتانسیل گرمایش جهانی

میزان پتانسیل گرمایش جهانی (انتشار گازهای گلخانه‌ای) تولید شلتوک در جدول (۳) ارائه شده است. کل انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید یک تن شلتوک برابر $1697/97 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$ برآورد شده است. در درجه اول نهاده سوخت دیزل با $796/28 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$ حدود ۴۷ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص داد. پس از آن الکتریسیته با $773/39 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$ و حدود ۴۶ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای در رتبه دوم قرار گرفت. کودهای شیمیایی نیز با $96/99 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$ سومین نهاده با بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید بود. کمترین میزان انتشارات بین سایر نهاده‌ها، مربوط به کاربرد ماشین‌آلات با انتشار $4/86 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$ بود. در مطالعه مشابه بر روی تولید شلتوک در استان مازندران با در نظر گرفتن واحد عملکردی یک هکتار میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای $1936/11 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$ محاسبه شد، که نهاده‌های سوخت دیزل، ماشین‌آلات و کودهای شیمیایی به ترتیب با سهم حدود ۴۹، ۳۹/۵ و ۶۱ درصد بیشترین میزان انتشارات را در بین سایر نهاده‌ها داشتند (Nikkhah et al, 2014). از دلایل متفاوت بودن سهم تأثیر ماشین‌آلات در کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در استان‌های مازندران و فارس می‌توان به استفاده از ضرایب انرژی متفاوت برای ماشین‌آلات و انجام عملیات زراعی متفاوت در دو استان و همچنین کوچک بودن سطح مزارع استان مازندران نسبت به مزارع استان فارس اشاره کرد. در مطالعه‌ای دیگر بر روی تولید خیار گلخانه‌ای در استان یزد نیز به ترتیب سوخت دیزل با سهم ۶۸ درصد، الکتریسیته با سهم ۱۸ درصد و مواد شیمیایی با سهم ۷ درصد بیشترین انتشارات آلاینده‌ها را داشتند (Pishgar-Komleh et al, 2013).

جدول ۳- انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید شلتوک در استان فارس.

Table 3. Greenhouse gas (GHG) emission of Paddy production in Fars province.

Inputs	Average GHG emission (Kg CO ₂ eq.ton ⁻¹)	Percent
Machinery	4.86	0.29
Diesel Fuel	796.28	46.90
Electricity	773.39	45.55
Chemical Fertilizers		5.70
Nitrogen (N)	90.64	
Phosphorus (P ₂ O ₅)	6.02	
Potassium (K ₂ O)	0.33	
Manure	18.42	1.08
Biocide		0.47
Herbicide	5.99	
Insecticide	1.46	
Fungicide	0.58	
Total GHG emission	1697.97	

¹Kernel function

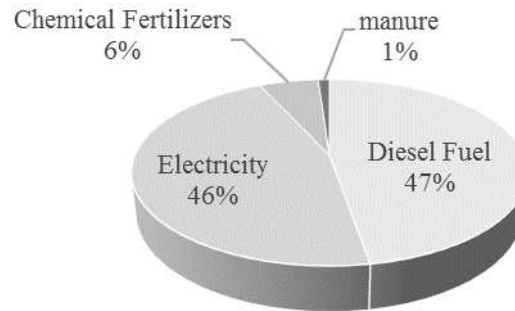


Figure 1. The shares of inputs to GHG emissions in Paddy production.

شکل ۱- سهم هر یک از نهاده‌های ورودی در انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید شلتوک.

در مطالعه‌ای دیگر که به ارزیابی پتانسیل گرمایش جهانی تولید برنج در شهرستان ساری پرداخته شد (Ansari et al, 2015)، میزان کل انتشارات گازهای گلخانه‌ای به ازای تولید یک تن شلتوک در الگوی کشت دوم $498 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$ برآورد گردید. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در این شهرستان نسبت به استان فارس کمتر می‌باشد که به دلیل در نظر نگرفتن دو نهاده الکتریسته و سوخت دیزل جهت پمپاژ آب چاه در فرآیند تولید شلتوک در شهرستان ساری می‌باشد زیرا این دو نهاده بخش قابل توجهی از آلاینده‌گی‌ها را شامل می‌شوند. لذا با در نظر گرفتن همه نهاده‌های ورودی به جز الکتریسته و سوخت دیزل انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای تولید یک تن شلتوک در شهرستان ساری بیشتر از استان فارس می‌باشد. اما از طرف دیگر مصرف کودهای فسفاته در مزارع استان فارس به نسبت دیگر مطالعات (Nikkhah et al, 2014; Ansari et al, 2015) بیشتر می‌باشد که با مدیریت مصرف از طریق افزایش سطح یادگیری کشاورزان از طریق آموزش‌های ترویجی و همچنین آزمون‌های مزرعه‌ای از جمله آزمون خاک می‌توان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف این کود را کاهش داد.

۳-۲- ارزیابی مدل‌سازی پتانسیل گرمایش جهانی

به منظور دستیابی به بهترین مدل SVM که بتواند مقدار شاخص پتانسیل گرمایش جهانی را پیش‌بینی کند، چهار تابع هسته‌ای Poly1، Poly2، RBF و Poly3 مورد ارزیابی قرار گرفت. در جدول (۴) مقادیر شاخص‌های آماری RMSE، MAPE و R^2 مربوط به هر کدام از مراحل آموزش، تست و کل برای هر کدام از توابع هسته‌ای آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بر اساس نتایج، مدل با تابع هسته‌ای چند جمله‌ای درجه اول (Poly1) به ترتیب با RMSE، MAPE و R^2 برابر 0.07 ، 0.09 و 0.99 برای داده‌های کل به عنوان بهترین مدل SVM برای پیش‌بینی میزان شاخص پتانسیل گرمایش جهانی انتخاب شد. در مطالعه‌ای که با هدف تخمین عمق آبشستگی در گروه پایه‌های پل به کمک روش‌های رگرسیون و ماشین بردار پشتیبان توسط علیپورنودهی و همکاران صورت گرفت در گروه داده‌های بی بعد مدل ماشین بردار پشتیبان با EF برای داده‌های آموزش و تست به ترتیب 0.094 و 0.079 ، MAPE به ترتیب 0.01 و 0.14 و RMSE به ترتیب 0.01 و 0.02 به عنوان بهترین مدل برای تخمین عمق آبشستگی انتخاب شد (Alipoor-nodehi et al 2016). در مطالعه‌ی هارونی و همکاران با هدف تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی انرژی مصرفی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در روند تولید نیشکر نتایج مدل‌سازی با شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که بهترین مدل برای تخمین میزان نشر گازهای گلخانه‌ای در مراحل آموزش و تست دارای R^2 0.99 و 0.99 و MSE 528 و 1265 است (Harooni and et al, 2016). در مطالعه قادرپور و همکاران که از انجمن برای پیش‌بینی شاخص پتانسیل گرمایش جهانی استفاده کردند در بهترین مدل مقادیر R، MSE و RMSE برای انجمن نهایی به ترتیب برابر 0.06 ، 0.08 و 0.09 بود. در مقایسه مطالعه حاضر با سایر مطالعات دیگر، نتایج مدل‌سازی تقریباً مشابه یا از سایرین بهتر بوده است.

¹Efficiency Factor

جدول ۴- مقادیر جذر میانگین مربعات خطا، میانگین درصد خطای مطلق و ضریب تبیین مراحل آموزش، تست و کل.

Table 4- RMSE, MAPE and R^2 values of training, testing and total phase.

Kernel Function	Train			Test			Total		
	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
Poly1	0.07	9.06	0.99	0.07	4.21	0.99	0.07	8.09	0.99
Poly2	0.09	10.89	0.99	0.12	5.62	0.99	0.10	9.84	0.99
Poly3	0.09	11.43	0.99	0.15	7.24	0.98	0.11	10.59	0.99
RBF	0.13	13.46	0.99	0.16	10.68	0.98	0.14	12.91	0.99

مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده شاخص پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) مربوط به داده‌های آموزش و تست در شکل (۲) آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود همبستگی بالایی ($R^2 > 0.9986$) بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده وجود دارد. با توجه به نتایج به دست آمده از جدول (۴) و شکل (۲)، مدل SVM در پیش‌بینی شاخص GWP دارای عملکرد و دقت خوبی بوده و می‌توان از این مدل در پیش‌بینی شاخص GWP به طور رضایت بخشی استفاده کرد.

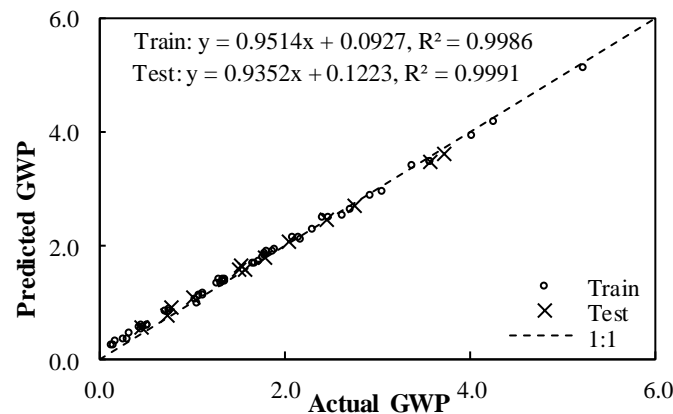


Figure 2. The comparison of actual values to predicted values with SVM model.

شکل ۲- مقایسه مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده به کمک مدل ماشین بردار پشتیبان.

نمودار سه بعدی شاخص پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) برحسب سوخت دیزل (x_2) و الکتریسیته (x_3) پس از یافتن حالت بهینه برای سایر متغیرهای موثر در شاخص پتانسیل گرمایش جهانی شامل ($x_1, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}$)، ترسیم شد که در شکل (۳) آورده شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است مقدار GWP با افزایش میزان الکتریسیته و سوخت مصرفی به صورت خطی افزایش می‌یابد. به کمک این سطح پاسخ می‌توان مقدار شاخص GWP را به ازای هر مقدار دلخواه از متغیرهای x_2 و x_3 در بازه تعریف شده تخمین زد.

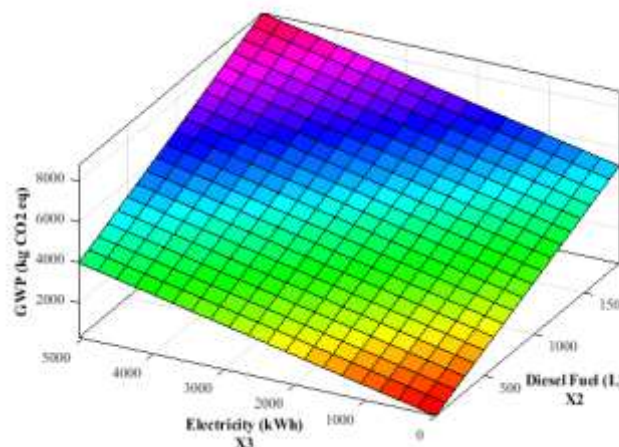


Figure 3. Estimated response surface for the GWP in relation to the Diesel Fuel (x_2) and Electricity (x_3).

شکل ۳- سطح پاسخ میزان پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب سوخت دیزل (x_2) و الکتریسیته (x_3).



۴- نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید یک تن شلتوک برابر $1697/97 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$ برآورد شد. نهاده‌های سوخت دیزل، الکتریسیته و کودهای شیمیایی به ترتیب با حدود ۴۷، ۴۶ و ۶ درصد، بیشترین سهم را در انتشار گازهای گلخانه‌ای داشتند. کمترین میزان انتشارات بین سایر نهاده‌ها، مربوط به کاربرد ماشین‌آلات با انتشار $4/86 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$ بود. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین سهم آلاینده‌گی، ناشی از مصرف نهاده‌های سوخت دیزل و الکتریسیته جهت پمپاژ آب هستند. بدین ترتیب بایستی سعی شود مصرف این دو نهاده در حد امکان کاهش داده شود که می‌توان با استفاده از انطباق قدرت پمپ با عمق چاه مربوطه و میزان آب برداشتی مورد نیاز مزرعه، سرویس و نگهداری به موقع موتور پمپ و تعویض موتور پمپ‌های فرسوده با انواع نو، مصرف این دو نهاده و در نتیجه آلاینده‌گی مربوط به آن‌ها را کاهش داد. نتایج مدل‌سازی پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) بر حسب نهاده‌های ورودی نشان داد که مدل با مقادیر RMSE ، MAPE و R^2 به ترتیب برابر با ۰/۰۷، ۸/۰۹ و ۰/۹۹ به عنوان بهترین مدل SVM جهت پیش‌بینی شاخص GWP انتخاب شد که مقدار بالای R^2 نشانگر همبستگی زیاد بین داده‌های واقعی و پیش‌بینی شده و در نتیجه دقت بالای مدل در پیش‌بینی می‌باشد.

۵- تقدیر و تشکر

از گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به خاطر تأمین اعتبار مورد نیاز این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶- مراجع

- Alipoor-nodehi, M., Beheshti, A. A., & Rohani, A. (2016). *Estimation of scour depth in the base group using regression and support vector machines*, The 15th Iranian Hydraulic Conference, Iran. (in persian).
- Ansari, M. J., Khoramdel, S., Ghorbani, R., & Pirdashti, H. (2015). Evaluation of global warming potential for rice in the first and second cropping patterns (Case study: Sari Province). *Research in Field Crops*, 3(1), 14-26. (in persian).
- Arvin, A. A., Shaemi, A., & Shojaeizadeh, k. (2016). Tourism Calendar of Fars Province. *Journal of Climate Research*, 15, 107-116. (in persian).
- Dibike, Y. B., Velickov, S., Solomatine, D., & Abbott, M. B. (2001). Model induction with support vector machines: introduction and applications. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 15(3), 208-216.
- Eskandari, A., Nouri, R., Meraji, H., & Kiaghadi, A. (2012). Developing a Proper Model for Online Estimation of the 5-Day Biochemical Oxygen Demand Based on Artificial Neural Network and Support Vector Machine. *Journal of Environmental Studies*, 38(1), 71-82. (in persian).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Food outlook, biannual report on Global Food Markets. <http://www.fao.org>. visited: 2018/4/31
- Ghaderpour, O., Rafiee, SH., & Sharifi, M. (2018). Life Cycle Assessment of Alfalfa Production and Prediction of Emissions using Multi-Layer Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System in Bukan Township. *Journal of Agricultural Machinery*, 8(1), 119-136. (in persian).
- Harooni, S., Sheykh dayoodj, M. J., & Kiani deh kiani, M. (2016). Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in sugarcane production in ratoon farms using artificial neural networks (A case study in Ahwaz). *Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery*, 4(2), 11-19. (in persian).
- Janzen, H. (2004). Carbon cycling in earth systems—a soil science perspective. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104(3), 399-417.
- Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Yousefi, M., & Movahedi, M. (2013). Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. *Energy*, 52, 333-338.
- Kizilaslan, H. (2009). Input-output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. *Applied Energy*, 86(7-8), 1354-1358.
- Komasi, M., & Sharghi, S. (2017). Application of support vector machine algorithm and wavelet transform for modeling rainfall-runoff process (case study: Aghchai-Iran). *IWRJ*, 11(2), 51-60. (in persian).
- Lin, G.-F., Chen, G.-R., Huang, P.-Y., & Chou, Y.-C. (2009). Support vector machine-based models for hourly reservoir inflow forecasting during typhoon-warning periods. *Journal of Hydrology*, 372(1-4), 17-29.
- Liu, B., Wang, F., Zhang, B., & Bi, J. (2013). Energy balance and GHG emissions of cassava-based fuel ethanol using different planting modes in China. *Energy Policy*, 56, 210-220.
- Lu, W.-Z., & Wang, W.-J. (2005). Potential assessment of the “support vector machine” method in forecasting ambient air pollutant trends. *Chemosphere*, 59(5), 693-701.
- Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran, 2018. Annual Agricultural Statistics. Fars Province. Available from: <http://www.maj.ir>.
- Nikkhah, A., Cheperli, H., Keydashti, M., & Jamali-Poor, M. (2014). *Environmental assessment of greenhouse gas emissions of rice production in Mazandaran province*, First National Conference on Engineering and Management Agricultural Environment and



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



Sustainable Natural Resources, Iran. (in persian).

Noori, R., Hoshyaripour, Gh., Ashrafi, Kh., & Rasti, O. (2013). Introducing an Appropriate Model using Support Vector Machine for Predicting Carbon Monoxide Daily Concentration in Tehran Atmosphere. *Iranian Journal of Health and Environment*, 6(1), 1-10. (in persian).

Pishgar-Komleh, S. H., Akram, A., & Keyhani, A. (2017). Life Cycle Assessment of Paste Production (Case Study: Alborz Province). *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 47(4), 677-688. (in persian).

Pishgar-Komleh, S. H., Omid, M., & Heidari, M. D. (2013). On the study of energy use and GHG (greenhouse gas) emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province. *Energy*, 59, 63-71.

Reganold, J. P., Glover, J. D., Andrews, P. K., & Hinman, H. R. (2001). Sustainability of three apple production systems. *Nature*, 410(6831), 926.

Snedecor, G. W., & Cochran, W. G. 1980. *Statistical Methods*. Iowa State University Press.

Tzilivakis, J., Warner, D., May, M., Lewis, K., & Jaggard, K. (2005). An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. *Agricultural systems*, 85(2), 101-119.

Vapnik, V. (1995). *The Nature of Statistical Learning Theory* (Second Edition ed.): Springer-Verlag, New York.

Yodkhum, S., Gheewala, S. H., & Sampattagul, S. (2017). Life cycle GHG evaluation of organic rice production in northern Thailand. *Journal of environmental management*, 196, 217-223.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران