

ارزیابی CO₂ خروجی و مدل سازی مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی برای تخمین عملکرد ذرت بذری و

دانه‌ای در پارس آباد مغان

علی فرجام^{۱*}، محمود امید^۱، اسدالله اکرم^۱، ضرغام فاضل نیاری^۲

۱- گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، پردیس کرج

ali_farjam24@yahoo.com

۲- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (پارس آباد مغان)

چکیده

هدف از این مطالعه، تعیین شاخص‌های مصرف انرژی، نشر گازهای گلخانه‌ای و مدل‌سازی تولید ذرت بذری و دانه‌ای به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی در پارس‌آباد مغان است. داده‌ها به صورت حضوری از ۱۴۴ کشاورز ذرت‌کار در سال ۱۳۹۰ در منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری گردید. بیشترین مصرف انرژی در هر دو محصول مربوط به سوخت دیزل و کودهای شیمیایی بود. نسبت انرژی برای ذرت بذری و دانه‌ای ۰/۸۹ و ۲/۶۵ محاسبه شد. انرژی خالص، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و نشر گازهای گلخانه‌ای برای ذرت بذری -۴۶۸۹ MJ ha^{-1} ، $۰/۰۶ \text{ Kg MJ}^{-1}$ ، $۱۶/۴ \text{ MJ Kg}^{-1}$ و $۱۸۱۰ \text{ kg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ و برای ذرت دانه‌ای ۵۸۳۳۰ $۰/۱۸$ ، $۵/۵۳$ و ۱۴۹۰ محاسبه شد. بالاترین میزان تولید گاز گلخانه‌ای مربوط به سوخت دیزل با $۶۴/۲۲$ درصد ($\text{kg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$) $۱۱۶۲/۴$ برای ذرت بذری و $۶۶/۶۶$ درصد ($۹۹۳/۴ \text{ kg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$) برای ذرت دانه‌ای محاسبه شد. پرسپترون‌های مختلف از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی با ۶ نرون در لایه ورودی، یک تا سه لایه مخفی و یک نرون در لایه خروجی به کار گرفته شد. بهترین مدل برای پیش‌بینی عملکرد ذرت بذری و دانه‌ای دارای توپولوژی ۱-۸-۴-۶ و ۱-۹-۳-۶ بودند. ارزش خروجی مدل در ارتباط با عملکرد واقعی دارای ضریب تشخیص ۰/۹۹۹۸ و ۰/۹۹۷۸ بودند.

واژه‌های کلیدی: تولید ذرت، شاخص‌های انرژی، شبکه‌های عصبی مصنوعی، عملکرد، نشر گازهای گلخانه‌ای

مقدمه

گرم شدن جهان یکی از مهمترین موضوعات در قرن حاضر است. گرم شدن جهان، افزایش مداوم در دمای متوسط اتمسفر زمین و اقیانوس‌ها است و با افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر ایجاد می‌شود که ناشی از فعالیت‌های انسانی مانند جنگل زدایی و سوختن سوخت‌های فسیلی است. توافق علمی وجود دارد که نشان می‌دهد که گرم شدن کره زمین یکی از چالش‌های عمده



زیست محیطی در آینده به شمار می‌رود. در حالی که بخش عمده‌ای از گازهای گلخانه‌ای (GHG) از مصرف سوخت‌های فسیلی سرچشمه می‌گیرد. سوزاندن سوخت‌های فسیلی باعث انتشار دی‌اکسید کربن (CO_2)، دی‌اکسید نیتروژن (N_2O) و متان (CH_4) می‌شود که به عنوان موانع تابش حرارتی عمل می‌کنند و از خروج آن‌ها از جو زمین جلوگیری می‌کنند که اثرات گلخانه‌ای نامیده می‌شوند. به عنوان یک نتیجه، دمای متوسط جهانی در طول ۱۰۰ سال گذشته افزایش یافته است و نگرانی‌ها در مورد گرم شدن کره زمین و عدم اطمینان از اثرات آینده بر روی آب و هوا مطرح شده است (Pimentel *et al.*, 1996).

استفاده از انرژی در بخش کشاورزی به عنوان یک شاخص کلیدی توسعه پایدار در نظر گرفته می‌شود و استفاده از روش‌هایی برای کاهش اثرات زیست محیطی آن بسیار حیاتی است. روش‌های تولید محصول، انرژی ورودی را کاهش می‌دهد در حالی که حفظ خروجی از اجزای مهم یک سیستم کشاورزی پایدار محسوب می‌شود.

در آغاز قرن ۲۱ افزایش هزینه‌های انرژی همراه با افزایش نگرانی‌ها در مورد گرم شدن کره زمین مربوط به انتشار گاز CO_2 ، منجر به افزایش علاقه مندی به جایگزینی، مبتنی بر منابع انرژی کم و غیرکربنی شد. علاوه بر این جایگزینی روش‌های بهبود بهره‌وری انرژی در مقایسه با چند سال پیش، زمانی که انرژی نسبتاً ارزان و فراوان بود وجود داشته است.

ذرت از نظر تولید جهانی، بعد از گندم و برنج به عنوان سومین غله مهم به شمار می‌رود (یوسف‌زاده، ۱۳۸۸). ذرت گیاهی است که به منظور تولید دانه، بذر و علوفه برای تغذیه حیوانات کشت می‌شود. مصرف انرژی در کشاورزی به سطح مکانیزاسیون، تعداد کشاورز بهره‌بردار و اندازه زمین‌های کشاورزی بستگی دارد (Singh, 2000). کشاورزی هم تولید کننده و هم مصرف کننده انرژی است. نیازهای انرژی در کشاورزی به دو گروه: (مستقیم، غیر مستقیم) و (تجدید پذیر، تجدید ناپذیر) تقسیم می‌شود. انرژی مستقیم برای انجام عملیات مختلفی مانند آماده سازی زمین، آبیاری، خرمن کوبی، برداشت و حمل و نقل نهاده کشاورزی به کار می‌رود. بنابراین، انرژی مستقیم به طور مستقیم در مزارع استفاده می‌شود.

گستره زیادی از فرم‌های انرژی که می‌تواند به صورت مستقیم استفاده شود شامل سوخت دیزل و الکتریسیته برای پمپ آب است. انرژی غیر مستقیم نوعی انرژی است که در بسته بندی، حمل و نقل، کودهای شیمیایی، علفکش‌ها و ماشین‌های کشاورزی کاربرد دارد (Ozkan *et al.*, 2007). مصرف انرژی در کشاورزی یکی از مهم‌ترین و موثرترین فاکتورها در تولید کشاورزی پایدار است زیرا موجب کاهش هزینه و صرفه جویی در آن، حفظ منابع فسیلی و کاهش مقدار آلودگی هوا و نشر گازهای گلخانه‌ای می‌شود (Ulhin, 1998). هر گونه افزایش در تولیدات کشاورزی به مقدار انرژی مصرفی و مدیریت مزرعه بستگی دارد که سیستم خاک‌ورزی و مدیریت نهاده‌ای مانند کودهای شیمیایی فاکتور مهمی در تولید ذرت به شمار می‌رود (Gowdy *et al.*, 1987).

کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق به حداقل رساندن مقدار سوخت فسیلی محقق می‌گردد و این کار از گرم شدن کره زمین می‌کاهد. اگرچه افزایش استفاده از نهاده‌های کشاورزی در کشاورزی مدرن، انرژی‌های ورودی برای کود و مواد شیمیایی حفاظت از محصول را بالا برده است اما عملکرد بالاتر، انرژی خروجی در واحد سطح و به ازای هر واحد ورودی، افزایش داشته است.

استفاده موثر از تمام ورودی‌ها را می‌توان توسط کشاورزان باتجربه و آگاه و یا سیستم‌های تولید کارآمد به دست آورد. به منظور



به حداکثر رساندن بهره‌وری از فن‌آوری‌های مدرن کشاورزی در مزارع منطقه هدف، سیستم کشاورزی منطقه بخصوص برای شناسایی منابع احتمالی جهت تنوع سیستم‌های کشاورزی شناسایی شوند (Taki et al., 2012a).

بررسی‌های متعددی در مورد مصرف انرژی ذرت یا توسعه مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی عملکرد در محصول‌های مختلف انجام شده است. بررسی مصرف انرژی در تولید ذرت در ۱۰ استان کشور، در طول مدت ۷ سال انجام شد و نسبت انرژی ۰/۶ برآورد شد (Banaeian and Zangeneh, 2011). امید و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از مدل‌های تجربی و پرسپترون چند لایه رو به جلو (پیشخور) به شبیه‌سازی سینتیک آجیل خشک پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که مدل پرسپترون چند لایه رو به جلو در تشخیص خروجی نسبت به مدل‌های تجربی موفق‌آمیز بوده است (Omid et al., 2009). جیوگان و همکاران از مدل‌های آماری و شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی رشد سویا در طول مدت ۴ سال (۲۰۰۱-۱۹۹۸) در می‌سی‌سی‌پی تحت شرایط آبیاری استفاده کردند. عوامل بالقوه موثر در رشد سویا و توسعه که شامل علف‌های هرز، آفات، بیماری‌ها و خشکسالی بودند برای مدل‌سازی به کار گرفته شدند. مدل رشد و توسعه سویا را به دو گروه تقسیم شدند: رشد رویشی (۱۰ مرحله) و رشد زایشی (۸ مرحله). نتایج نشان داد که روند تاریخ کاشت، دوره بلوغ (اواخر دوره رشد) و فاصله زمان از تاریخ کاشت، مهم‌ترین عوامل در توسعه مدل پیش‌بینی رشد و توسعه سویا بوده‌اند (Jiu Quan et al., 2009).

مواد و روش‌ها

استان اردبیل یکی از مهم‌ترین مراکز کشاورزی در کشور است. این استان در شمال غرب ایران، با عرض شمالی (۳۴ درجه و ۴ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه) و طول شرقی (۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۵ دقیقه) واقع شده است. شهر پارس آباد که در بخش شمالی استان واقع شده است مهم‌ترین مرکز تولید ذرت بذری و دانه‌ای در استان است. حدود ۹۰ درصد از ذرت بذری و صد درصد سورگوم کشور در این منطقه تولید می‌شود. سطح زیر کشت ذرت بذری و دانه‌ای در سال ۱۳۹۰ به ترتیب ۹۶۳/۵ و ۱۵۸۳۲/۵ هکتار بود (بی‌نام، ۱۳۸۷). بزرگ‌ترین تقسیم سطح زمین، در این منطقه ۱۲ هکتار می‌باشد. داده‌های لازم برای انجام این تحقیق از طریق روش حضوری به صورت پرسش‌نامه جمع‌آوری شد که شامل ساعت استفاده از ماشین‌های کشاورزی و کارگر، سوخت دیزل، بذر مصرفی، کود و مصرف مواد شیمیایی در هکتار و عملکرد ذرت بذری و دانه‌ای. این داده‌ها برای سال زراعی ۱۳۹۰ جمع‌آوری شده بود.

مقادیر نهاده‌ها (سموم، نیروی کارگری، ماشین، بذر، کودهای شیمیایی و سوخت دیزل) و ستانده‌ها (عملکرد ذرت بذری و دانه‌ای) به ازای هر هکتار محاسبه شدند و سپس این داده‌ها برای ارزیابی انرژی ستانده- نهاده به شکل انرژی تبدیل شدند. به منظور تخمین انرژی‌های ورودی و خروجی، این داده‌های نهاده و عملکرد ستانده به ضرایب هم‌ارز انرژی خودشان ضرب شدند. معادل انرژی ورودی و خروجی به انرژی در واحد سطح تبدیل شد.

جدول ۱. انرژی معادل نهاده‌های مختلف استفاده شده در تولید ذرت بذری و دانه‌ای

منبع	واحد	هم ارز انرژی (MJ unit ⁻¹)	نهاده
(Kitani, 1999)	H	۱/۹۶	نیروی کارگری
(Banaeian and Zangeneh, 2011)	kg	۶۲/۷	ماشین
(Kitani, 1999)	L	۴۷/۸	سوخت دیزل
			کودهای شیمیایی
(Erdal <i>et al.</i> , 2007)	kg	۶۶/۱۴	ازت
(Erdal <i>et al.</i> , 2007)	kg	۱۲/۴۴	فسفر
(Esengun <i>et al.</i> , 2007)	L	۸۵	مایع
			سموم شیمیایی
(Kitani, 1999)	kg	۱۹۰	آترازین
(Kitani, 1999)	L	۸۵	توفوردی
(Banaeian and Zangeneh, 2011)	L	۱۰۱/۲	غیره
(Houshyar <i>et al.</i> , 2012)	kg	۱۴/۷	ذرت
			ستانده
(Houshyar <i>et al.</i> , 2012)	kg	۱۴/۷	ذرت

انواع مختلف انرژی ورودی مانند مستقیم، غیر مستقیم، و تجدید پذیر و تجدید ناپذیر معرفی شدند. انرژی مستقیم شامل سوخت دیزل و نیروی انسانی در حالی که انرژی غیر مستقیم شامل ماشین‌ها، مواد شیمیایی، کود و مقدار بذر مصرف بودند (Banaeian and Zangeneh, 2011).

انرژی ورودی و خروجی در جدول ۱ معرفی شده‌اند. نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و انرژی خالص با استفاده از معادلات زیر محاسبه شد:

$$(۱) \quad \text{انرژی ورودی (MJ ha}^{-1}\text{)} / \text{انرژی خروجی (MJ ha}^{-1}\text{)} = \text{نسبت انرژی}$$

$$(۲) \quad \text{انرژی ورودی (MJ ha}^{-1}\text{)} / \text{عملکرد تولید شده (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{بهره وری انرژی}$$

$$(۳) \quad \text{عملکرد تولید شده (kg ha}^{-1}\text{)} / \text{انرژی ورودی (MJ ha}^{-1}\text{)} = \text{شدت انرژی}$$

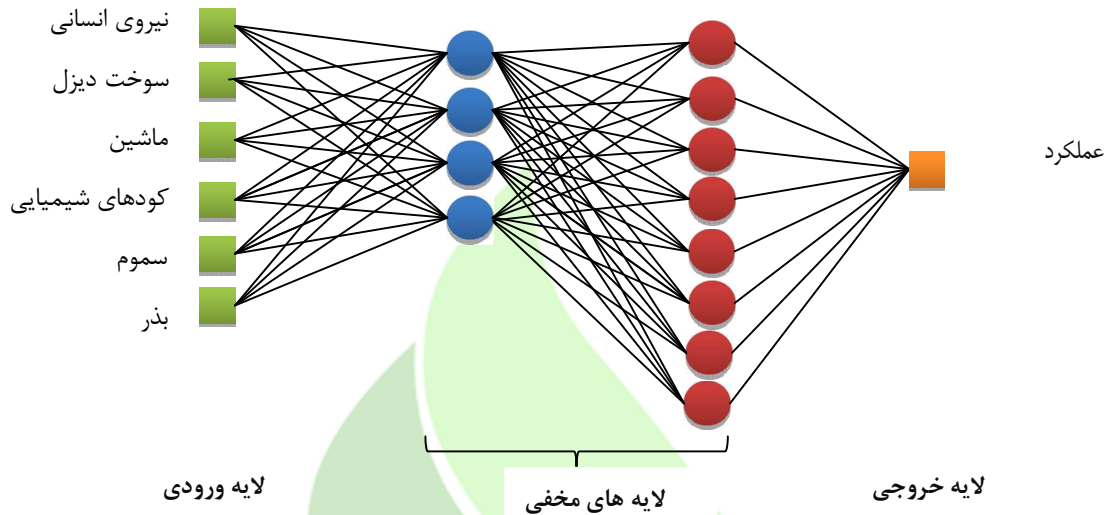
$$(۴) \quad \text{انرژی ورودی (MJ ha}^{-1}\text{)} - \text{انرژی خروجی (MJ ha}^{-1}\text{)} = \text{انرژی خالص}$$

مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی روش مدل‌سازی برای شبیه سازی سیستم پیچیده، به ویژه سیستم‌های غیرخطی، بر اساس یادگیری مجموعه‌ای از داده‌های آموزشی است. ساختار ANN یک پارامتر مهم است که می‌تواند عملکرد یادگیری شبکه را تحت تاثیر قرار دهد. پرسپترون‌های چند لایه (MLP) به عنوان شبکه رو به جلو که توانایی یادگیری رابطه بین ورودی و خروجی را دارند شناخته



می‌شوند، به طوری که آن‌ها یک پیش‌بینی کننده قوی هستند. پرسپترون چند لایه یکی از موفق‌ترین و رایج‌ترین مدل شبکه عصبی مصنوعی است که در این بررسی به کار گرفته شده است.



شکل ۱. دیاگرام بهترین مدل شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین عملکرد ذرت بذری

در ساختار فوق که مدل‌سازی برای پیش‌بینی عملکرد ذرت دانه‌ای را نشان می‌دهد، ورودی از هر نرون در لایه ورودی به یک وزن ارتباطی ضرب شده است. در هر نرون، سیگنال ورودی وزن جمع شده و این ورودی‌ها از طریق یک تابع انتقال، خروجی تولید می‌کنند. خروجی نرون به عنوان ورودی در لایه بعدی استفاده می‌شود. مدل پرسپترون چند لایه روبه جلو با یک لایه پنهان را می‌توان توسط معادله زیر نشان داد.

$$y_k = f_2(w_{k0} + \sum_{j=1}^H w_{kj} f_1(w_{j0} + \sum_{i=1}^I w_{ji} x_i)) \quad (5)$$

که در آن x_i ارزش ورودی به گره i از لایه ورودی است، H_j ارزش پنهان گره j از لایه پنهان، w_{kj} خروجی در گره k لایه خروجی است.

برای مدل‌سازی عملکرد ذرت در منطقه، انواع انرژی مانند سوخت دیزل، نیروی کارگری، آفت‌کش‌ها، ماشین‌ها، کود و بذر به عنوان متغیرهای ورودی برای شبکه‌های عصبی مصنوعی و عملکرد ذرت بذری و دانه‌ای به عنوان پارامتر خروجی شبکه استفاده شد. در این مطالعه، ۶۵ درصد از داده‌ها برای آموزش، ۱۵ درصد برای اعتبار سنجی متقابل و ۲۰ درصد برای تست شبکه اختصاص داده شد. ساختارهای مختلفی با یک تا سه لایه مخفی آموزش داده شد با هدف پیدا کردن مدلی که بتواند بهترین پیش‌بینی عملکرد را بر پایه مصرف انرژی در هر دو محصول داشته باشد. برای لایه‌های پنهان توابع انتقال تانژانت هایپربولیک و برای لایه خروجی تابع انتقال خطی برای برآورد خروجی مورد نظر استفاده شد.

تجزیه و تحلیل عملکرد

برای ارزیابی عینی بهترین شبکه ایجاد شده، شاخص‌های آماری مختلف مورد استفاده قرار گرفت. این شاخص میانگین مربع خطا (MSE)، میانگین قدر مطلق خطا (MAE)، ضریب تعیین (R^2) و میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) بودند.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_{estimated} - Y_{target})^2 \quad (6)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |(Y_{estimated} - Y_{target})| \quad (7)$$

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{estimated} - Y_{target})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_{target})^2} \right) \quad (8)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_{estimated} - Y_{target}}{Y_{target}} \right| \times 100 \quad (9)$$

که $Y_{estimated}$ عملکرد تخمینی شبکه و Y_{target} عملکرد واقعی هستند.

مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای از نهاده‌ها در تولید ذرت بذری و دانه‌ای در هر هکتار با استفاده از ضریب انتشار CO_2 از نهاده‌های کشاورزی محاسبه شد (جدول ۵). میزان CO_2 تولید شده با ضرب مقدار نهاده مصرف شده (سوخت دیزل، کود شیمیایی، مواد شیمیایی و ماشین‌ها) در ضریب انتشار مربوطه که در جدول ۲ ارائه شده است محاسبه شد.

جدول ۲- ضرایب نشرگازهای گلخانه‌ای نهاده‌های کشاورزی

منبع	GHG ضریب (kg CO ₂ eq)	واحد	نهاده
(Lal, 2004)	۰/۰۷۱	MJ	ماشین
(Lal, 2004)	۲/۷۶	L	سوخت دیزل
(Lal, 2004)	۱/۳		کودهای شیمیایی
(Lal, 2004)	۰/۲	Kg	ازت (N)
(Lal, 2004)	۰/۲	Kg	فسفر (P ₂ O ₅)
(Lal, 2004)	۰/۲	Kg	کود مایع
(Lal, 2004)	۵/۱	Kg	سموم شیمیایی

نتایج و بحث

جداول ۳ و ۴ شاخص‌های انرژی را در ذرت بذری و دانه‌ای نشان می‌دهد. مقادیر نسبت انرژی به ترتیب ۰/۸۹ و ۲/۶۵ محاسبه شد. انرژی خالص برای ذرت بذری منفی به دست آمد (جدول ۳) بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در تولید ذرت بذری انرژی از دست رفته است.



جدول ۳. شاخص انرژی در ذرت بذری

درصد	متوسط	واحد	
-	۰/۸۹	-	نسبت انرژی
-	۰/۰۶	Kg MJ ⁻¹	بهره‌وری انرژی
-	۱۶/۴	MJ Kg ⁻¹	انرژی ویژه
-	-۴۶۸۸/۷۷	MJ ha ⁻¹	انرژی خالص
۴۶/۳	۲۰۹۱۱/۴	MJ ha ⁻¹	انرژی مستقیم
۵۳/۷	۲۴۲۵۱/۳۷	MJ ha ⁻¹	انرژی غیر مستقیم
۲/۵۶	۱۱۵۷/۷۵	MJ ha ⁻¹	انرژی تجدید پذیر
۹۷/۴۴	۴۴۰۰۵/۰۲	MJ ha ⁻¹	انرژی تجدید ناپذیر
۱۰۰	۴۵۱۶۲/۷۷	MJ ha ⁻¹	کل انرژی

جدول ۴. شاخص‌های انرژی در ذرت دانه‌ای

درصد	کوچک	واحد	
-	۲/۴۱	-	نسبت انرژی
-	۰/۱۱	Kg MJ ⁻¹	بهره‌وری انرژی
-	۸/۵۷	MJ Kg ⁻¹	انرژی ویژه
-	۵۲۲۸۲/۵	MJ ha ⁻¹	انرژی خالص
۴۹/۶۴	۱۸۹۷۰/۵۶	MJ ha ⁻¹	انرژی مستقیم
۵۰/۳۶	۱۸۰۴۹/۴۲	MJ ha ⁻¹	انرژی غیر مستقیم
۱/۸۵	۶۷۶/۶۱	MJ ha ⁻¹	انرژی تجدید پذیر
۹۸/۱۵	۳۶۳۴۳/۳۷	MJ ha ⁻¹	انرژی تجدید ناپذیر
۱۰۰	۳۷۰۱۹/۹۹	MJ ha ⁻¹	کل انرژی

شبکه‌های عصبی مصنوعی و پیش‌بینی عملکرد محصولات

بهترین مدل‌های شبکه برای پیش‌بینی عملکرد ذرت با دو لایه پنهان و با استفاده از الگوریتم آموزشی لونیگ مارکوارت، با توابع انتقالی تانیژانت هایپربولیک برای لایه‌های پنهان و تابع انتقال خطی برای لایه خروجی بودند.

بهترین مدل برای پیش‌بینی عملکرد ذرت بذری از یک لایه ورودی با شش متغیرهای ورودی، دو لایه پنهان با چهار و هشت نرون در هر لایه و یک لایه خروجی با یک متغیر خروجی (ساختار ۱-۸-۴-۶) تشکیل شد. این توپولوژی دارای بالاترین ضریب تعیین (۰/۹۹۹۸) و کمترین مقادیر MAE (۰/۰۰۱۷۰۴)، MSE (۰/۰۰۰۰۰۹) و MAPE (۰/۰۷۱) بود. همچنین بهترین مدل برای پیش‌بینی عملکرد ذرت دانه‌ای از یک لایه ورودی با شش متغیر ورودی، دو لایه پنهان با سه و نه نرون در هر لایه و یک لایه خروجی با یک متغیر خروجی تشکیل شد. این توپولوژی دارای بالاترین ضریب تعیین (۰/۹۹۷۸) و کمترین مقادیر MAE (۰/۰۰۷۶۰۱)، MSE (۰/۰۰۰۷۵۹) و MAPE (۰/۱۰۶) بود. تاکی و همکاران. شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) مختلفی را به منظور برآورد انرژی خروجی برای تولید ذرت علوفه در استان اصفهان به کار گرفتند. نتایج حاصل از شبکه‌های عصبی مصنوعی



نشان داد که ساختار ۱-۵-۸ یعنی یک شبکه با پنج نورون در لایه مخفی اول و دوم بهترین و مناسب‌ترین مدل برآورد انرژی خروجی ذرت علوفه‌ای شناخته شدند (Taki et al., 2012b)

انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید ذرت

نتایج حاصل از انتشار گازهای گلخانه‌ای از تولید ذرت بذری و دانه‌ای در جدول ۵ نشان داده شده است. بالاترین مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای به سوخت دیزل با سهم ۶۴/۲۲ و ۶۶/۶۶ درصد از کل انتشار تعلق دارد و بعد از آن، کود شیمیایی با نسبت ۲۰/۶۵ درصد ($373/96 \text{ kg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$) و ۱۷/۴ درصد ($259/21 \text{ kg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$) قرار دارد. به کار بردن کودهای شیمیایی بیش از نیاز گیاه منجر به مقادیر بالای گازهای گلخانه‌ای شده است. به هر حال، آلودگی‌های آب و هوایی نتایج مصرف بالای کودهای شیمیایی است که محیط کشاورزی را از حالت طبیعی خارج می‌کند. کمترین مقدار نشر گازهای گلخانه‌ای مربوط به کود مایع (۰/۰۴ و ۰/۰۴) و فسفر (۰/۵۸ و ۰/۶۴) درصد برای ذرت بذری و دانه‌ای به دست آمد.

جدول ۵. میزان نشر گازهای گلخانه‌ای (معادل CO_2) در تولید ذرت بذری و دانه‌ای

نهاده	ضریب GHG ($\text{kg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$)		درصد (%)	
	بذری	دانه‌ای	بذری	دانه‌ای
ماشین	۱۴۸/۱۳	۱۲۲/۸۱	۸/۱۸	۸/۲۴
سوخت دیزل	۱۱۶۲/۴	۹۹۳/۴	۶۴/۲۲	۶۶/۶۶
کودهای شیمیایی	۳۷۳/۹۶	۲۵۹/۲۱	۲۰/۶۵	۱۷/۴
نیترژن	۳۶۲/۵۴	۳۴۹/۱۶۶	۲۰/۰۳	۱۶/۷۲
فسفات	۱۰/۵۴	۹/۵	۰/۵۸	۰/۶۴
کود مایع	۰/۸۸۳	۰/۵۵	۰/۰۴	۰/۰۴
سموم شیمیایی	۱۲۵/۶۱	۱۱۴/۷۱	۶/۹۴	۷/۷
جمع کل	۱۸۱۰/۱۱	۱۴۹۰/۱۳۶	۱۰۰	۱۰۰

به علت فقدان بررسی‌های مشابه در تولید ذرت، نمونه‌ای از بررسی که در روی محصول دیگر انجام شده بود به شرح زیر بیان می‌شود: خاکبازان و همکاران (۲۰۰۹) انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گندم را محاسبه کردند و دریافتند که مقدار این گازها می‌تواند در حدود ۴۱۰ تا ۱۱۳۰ بر اساس نسبت کوددهی، موقعیت و سیستم‌های کاشت متغیر باشد.

نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعه کنونی، نتایج زیر بدست آمده است:

- ۱- کل انرژی مصرفی برای ذرت بذری و دانه‌ای $45162/77 \text{ MJ/ha}^{-1}$ و $35198/11$ محاسبه شد. بالاترین مصرف انرژی مربوط به سوخت دیزل و کودهای شیمیایی بود. کمترین سهم انرژی مصرفی را بذر مصرفی و نیروی انسانی داشتند.
- ۲- نسبت انرژی برای ذرت بذری ۰/۸۹ و دانه ای ۲/۶۵ محاسبه شد. انرژی خالص، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و میزان نشر

گازهای گلخانه‌ای $4688/77 \text{ MJ/ha}^{-1}$ ، $0/06 \text{ Kg MJ}^{-1}$ ، $16/4 \text{ MJ Kg}^{-1}$ و $181/11 \text{ kg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ برای ذرت بذری و $58330/63$ ، $0/18$ ، $5/53$ و $1490/13$ برای ذرت دانه‌ای به دست آمد.

۳- چندین مدل شبکه عصبی مصنوعی توسعه داده شد و پیش‌بینی آن‌ها با پارامترهای کیفی ارزیابی شدند. مدل شبکه عصبی مصنوعی با ساختار ۱-۸-۴ و ۱-۹-۳-۶ برای پیش‌بینی عملکرد تولیدی ذرت بذری و دانه‌ای شناخته شدند. مقادیر خروجی مدل‌ها در ارتباط با خروجی واقعی دارای ضریب تشخیص $0/9998$ و $0/9978$ بودند.

منابع

- ۱- بی نام (۱۳۸۷)؛ آمارنامه جهاد کشاورزی استان اردبیل.
- ۲- یوسفزاده، سعید (۱۳۸۸)؛ مرجع کامل زراعت (زراعت عمومی، غلات، نباتات صنعتی، گیاهان علوفه‌ای، دیمکاری)، چاپ اول. مرکز نشر جهش، تهران، صفحات ۲۱۹-۲۰۹.
3. Banaeian, N., and M. Zangeneh. 2011. Study on energy efficiency in corn production of Iran. *Energy* 36(8): 5394-5402
4. Erdal, G., K., Esengun, H., Erdal, and O. Gunduz. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy* 32: 35-41.
5. Esengun, K., O., gundoz, and G. Erdal. 2007. Input-output energy analysis in dry apricot production of Turkey. *Energy Conversion Management* 48: 592-598.
6. Gowdy, J.M., J.I., Miller, and H. Kherbachi. 1987. Energy use in us agriculture. *Southern Journal Agriculture Economics* 19: 33-41.
7. Houshyar, E., H., Azadi, M., Almassi, and M.J. Sheikh Davoodi. 2012. Sustainable and efficient energy consumption of corn production in southwest Iran: combination of multi-fuzzy and DEA modeling. *Energy* 44: 672-681.
8. Jiu Quan Z., Z., Ling, Z., Xiap, Z., Ming Hua, and C. Watson. 2009. Prediction of soybean Growth and development Using artificial Neural Network and statistical Models. *ACTA Agronomica Sinica* 35(2): 341-347.
9. Khakbazan M., R.M., Mohr, D.A., Derksen, M.A. Monreal, C.A., Grant, R.P., Zentner, A.P., Moulin, D.L., McLaren, R.B., Irvine, C.N. Nagy. 200. Effects of alternative management practices on the economics, energy and GHG emissions of a wheat-pea cropping system in the Canadian prairies. *Soil and Tillage Research* 104: 30-38.
10. Kitani, O. 1999. *CIGR Handbook of Agricultural Engineering*. Energy and Bioenergy ASAE: St Joseph, M.I.
11. Lal R. 2004. Carbon emission from farm operations. *Environment International* 30: 981-990.
12. Omid, M., A., Baharlooei and A. Ahmadi. 2009. Modeling drying kinetics of pistachio nuts with multilayer feed-forward neural network. *Drying Technology*, 27:1069 -77.
13. Ozkan, B., C., Fert, and F. Karadeniz. 2007. Energy and cost analysis for green house and open-field grape production. *Energy* 32: 1500-1504.
14. Pimentel, D., L.E., Hurd, A.C., Belloti, M.J. Forster, I.N., Oka, O.D., Scholes, and A.G. Salway 1996. UK Greenhouse Gas Emission Inventory 1990-1994. AEA Technology and Department of the Environment. AEA/ 20092001/Issue 1. ISBN 0-7058-1728-8.
15. Singh, J.M. 2000. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Master of Science Germany. University of Flensburg.
16. Taki, M., Y., Ajabshirchi, and A. Mahmoudi. 2012a. Prediction of output energy for wheat production using artificial neural networks in Esfahan province of Iran. *Journal Agriculture Technology* 8(4):1229-1242.
17. Taki, M., A.H., Mahmoudi, H., Ghasemi Mobtaker, and H. Rahbari. 2012b. Energy consumption and modeling of output energy with multilayer feed-forward neural network for corn silage in Iran. *Agriculture Engineering International: CIGR Journal* 14(4): 93-101.
18. Ulhin, H. 1998. Why energy production is increasing: an I-O analysis of Swedish agriculture. *Agriculture System* 56: 443-465.

Assessment CO₂ emission and modeling based on Artificial Neural Network for predicting seed and grain corn yields in Pars Abad Moghan

^{1,*} Ali Farjam, ¹ Mahmoud Omid, ¹ Asadollah Akram, ² Zargham Fazel Niari

- 1- Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.
2- Agricultural Engineering Research Center of Ardebil Province (Pars Abad Moghan)

Abstract

The aim of this study was to determine the indicators for energy use, greenhouse gas (GHG) emissions and modeling of seed and grain corn production with help Artificial Neural Network in Pars Abad Moghan. The data was collected by a face-to-face interview method from 144 corn farms during 1390 in the studied area. Most of energy consumption in seed and grain corns was related to diesel fuel and chemical fertilizers. The energy ratios for the seed and grain corns were 0.89 and 2.65, respectively. The net energy, energy productivity, energy intensity and GHG emission were -4688.77 MJ ha⁻¹, 0.06 Kg MJ⁻¹, 16.4 MJ Kg⁻¹ and 1810.11 kg CO₂eq ha⁻¹ for seed corn and 58330.63, 0.18, 5.53 and 1490.13 kg CO₂eq ha⁻¹ for grain corn, respectively. The highest value of GHG emission belonged to diesel fuel with share of 64.22% (1162.4 kg CO₂eq ha⁻¹) and 66.66 % (993.4 kg CO₂eq ha⁻¹) of total emission for seed and grain corn, respectively. Several multilayer perceptron ANNs with six neurons in the input layer and one to three hidden layers with different number of neurons in each layer and one neuron (seed or grain corn yield) in the output layer was developed and tested. The best model for predicting seed and grain corn yields had 6-4-8-1 and 6-3-9-1 topologies, respectively. Model output value associated with the actual output had coefficient of determination (R²) values of 0.9998 and 0.9978 for seed and grain corn, respectively.

Keywords: Artificial Neural Networks, Corn production, Energy sensitivity, GHG emission, Yield