

ارزیابی بیلان انرژی و اثرات زیست‌محیطی تولید بادام با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: شهرستان لنجان، استان اصفهان)

امیر عزیزپناه^{۱*}، مهناز هادی^۲ و مهدی قاسمی ورنامخواستی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۳)

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی بیلان انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی تولید بادام به صورت کشت سنتی و مکانیزه در شهرستان لنجان در استان اصفهان انجام گرفت. اطلاعات مربوط به مصرف نهاده‌ها و ستانده‌ها با استفاده از ۱۷۵ پرسش‌نامه در کشت سنتی و ۱۷۱ پرسش‌نامه در کشت مکانیزه جمع‌آوری گردید. انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده‌ها و پتانسیل گرمایش جهانی با استفاده از ضرایب هم‌ارز نهاده‌ها محاسبه شد. نتایج نشان داد کل انرژی مصرفی در کشت سنتی و مکانیزه به ترتیب ۱۴۱۰۸/۵۳ و ۱۳۷۶۷/۳۹ مگاژول در هکتار، کارایی انرژی ۰/۱۹ و ۰/۲۴ و بهره‌وری انرژی ۰/۱ و ۰/۱۲ کیلوگرم بر مگاژول بود. از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار بین شاخص شدت انرژی و انرژی مصرفی در دو روش سنتی و مکانیزه مشاهده شد ($P \leq 0.05$) ولی بین شاخص شدت انرژی در این دو روش اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. بر اساس تحلیل اقتصادی نسبت سود به هزینه در کشت سنتی و مکانیزه برابر با ۳/۲۷ و ۴/۲ بود. مقدار پتانسیل گرمایش جهانی حاصل از کشت سنتی ۵۳۳/۲۳ و در کشت مکانیزه ۶۷۲/۳ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار محاسبه شد و بیشترین میزان آلاینده‌گی زیست‌محیطی در کشت سنتی و مکانیزه مربوط به سوخت دیزل به ترتیب با ۶۴/۴۶ و ۸۳/۸۳ درصد بود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد محصول، درآمد خالص، گرمایش جهانی، شبکه عصبی مصنوعی، بادام

۱. گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

۲. فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

۳. گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.azizpanah@ilam.ac.ir

مقدمه

اقتصادی بوده و نسبت به سایر مواد غذایی، از نظر زیست‌محیطی آسیب کم‌تری ایجاد می‌کنند (۱۴). گرم شدن کره زمین و انتشار گازهای گلخانه‌ای، ارتباط مستقیمی با استفاده از منابع انرژی دارد (۲۰). تحقیقات مختلفی در زمینه ارزیابی وضعیت انرژی برای محصولات کشاورزی انجام شده است. به عنوان نمونه محققین در یک بررسی به مطالعه مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در اندازه‌های مختلف اراضی سیب‌زمینی پرداختند و گزارش نمودند که مصرف کل انرژی ۴۷ گیگاژول بر هکتار و میزان انتشار گاز گلخانه‌ای کربن دی‌اکسید برابر ۹۹۳ کیلوگرم بود (۳۱). هدف از پژوهش حاضر بررسی الگوی مصرف انرژی در باغات بادام منطقه لنجان استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی بود. این هدف در دو بخش مورد بررسی قرار گرفت که شامل تعیین میزان بهره‌وری و شاخص‌های انرژی و همچنین مدل‌سازی انرژی تولید بادام در کشت سنتی و مکانیزه بود.

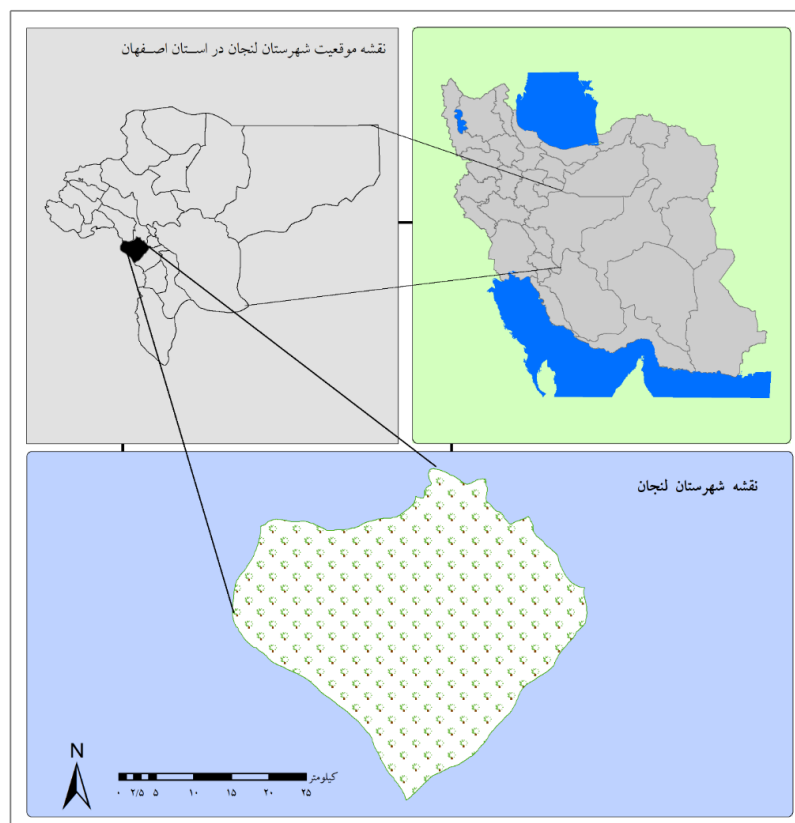
شبکه عصبی مصنوعی یک ابزار مهم برای مدل‌سازی است که اغلب نتایج بهتری نسبت به روش‌های سنتی ارائه می‌کند و برای بسیاری از موضوعات در کشاورزی مانند پیش‌بینی عملکرد محصول، پیش‌بینی تبخیر و تعرق و غیره کاربرد دارد (۲۶ و ۳۶). بارزترین ویژگی شبکه عصبی مصنوعی عدم نیاز به وجود روابط بین پارامترها و محاسبات آماری می‌باشد؛ روابط در شبکه عصبی مصنوعی مبتنی بر وزن دهی به ورودی‌ها و ایجاد روابط وزنی بین آنها و خروجی‌ها می‌باشد و کیفیت این وزن دهی به نوع شبکه و تعداد لایه‌های پنهان وابسته است (۲ و ۲۸). این تحقیق با هدف ارزیابی انرژی مصرفی و شناسایی مؤلفه‌هایی در راستای کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف نهاده‌های تولید در کشت مکانیزه و سنتی بادام انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد بررسی و شرایط آب و هوایی

این تحقیق در شهرستان لنجان استان اصفهان واقع در فلات مرکزی ایران انجام شد. استان اصفهان در ۳۰ درجه و ۴۲ دقیقه

بادام یکی از محصولات خشکبار در جهان و گیاهی متعلق به خانواده *Rosaceae* است که از نظر طعم، مزه و کیفیت غذایی بسیار با اهمیت است (۱۳). این محصول هم‌چنین منبعی غنی از چربی است که عمدتاً از اسیدهای چرب غیر اشباع تک و اشباع‌نشده تشکیل شده است و مواد حاصل از باقیمانده آن نیز در تولید انرژی زیست‌توده قابل‌استفاده می‌باشد (۲۹ و ۱۰). بادام به دلیل دارا بودن ترکیبات مفید و مغذی، رتبه اول را در میان آجیل‌های درختی دارد و از محصولات غذایی بسیار مفید است (۹ و ۱۴). منشأ بادام آسیا مرکزی است و ایران به عنوان منبع قابل‌توجهی از ذخایر ژنتیکی گونه‌های وحشی و اهلی بادام به ویژه برای دو جنس *Amygdalus* و *Prunus* شناخته می‌شود. بر اساس آمار سازمان خواربار جهانی (۱۲) سطح زیرکشت بادام در جهان حدود ۲۱۲۶۳۰۴ هکتار با عملکرد ۳۴۹۷۱۴۷ تن بود که کشورهای آمریکا و اسپانیا با تولید ۱۹۳۶۸۴۰ و ۳۴۰۴۲۰ تن، جایگاه اول و دوم و کشور ایران با سطح زیرکشت ۷۹۵۹۷ هکتار و تولید ۱۷۷۰۱۵ تن، رتبه سوم جهانی در تولید این محصول را دارا بوده‌اند. استان اصفهان با سطح زیر کشت ۱۱۰۵۹ هکتار و تولید حدود ۸۹۵۰ تن بادام در سال ۱۳۹۸ پنجمین استان تولیدکننده محصول بادام در ایران است. در استان اصفهان در کشت مکانیزه باغات بادام، اجرای عملیات آبیاری با استفاده از موتور پمپ‌های دیزلی جهت انتقال آب از رودخانه‌ها در حال افزایش است (۳)، با توجه به تغییرات آب و هوایی در دنیا، نگرانی‌های جهانی در مورد امنیت انرژی و افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی در مزارع و افزایش آلاینده‌های زیست‌محیطی، دستیابی به اهداف توسعه پایدار را با مشکل مواجه نموده است (۱۴). بنابراین انرژی نقطه‌ی اتکایی است که بخش زیادی از اهداف توسعه پایدار بر آن متکی است و بیش‌تر کشورها به آن وابسته هستند، زیرا باعث ایجاد ثبات و رشد اقتصادی جوامع می‌شود (۳۴). برای بررسی وضعیت انرژی در یک فرایند تولیدی، معمولاً از تجزیه و تحلیل انرژی ورودی و خروجی استفاده می‌شود (۹). در این بین تولیدات کشاورزی پایدار تولیداتی هستند که دارای بهره‌وری بالاتر انرژی و منافع



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان لنجان در استان اصفهان در ایران.



شکل ۲. مرز سامانه تولید بادام درختی در منطقه لنجان در اصفهان.

تا ۳۴ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی قرار دارد. مساحت این

استان ۱۰۷۰۴۵ کیلومتر مربع است (۳).

روش جمع‌آوری اطلاعات و جامعه آماری

ابزار گردآوری اطلاعات تحقیق پرسش‌نامه جامعه آماری باغداران بادام (کشت سنتی و مکانیزه) شهرستان لنجان بودند. پرسش‌نامه‌ها شامل اطلاعات بهره‌برداران، اطلاعات کاشت، آبیاری، نیروی انسانی و عملیات برداشت و اطلاعات اقتصادی بود. کشت سنتی شامل باغاتی بود که اغلب دارای سطوح کوچکتر از ۱۰۰۰ مترمربع بودند و عملیات داشت در آن‌ها به صورت سنتی و آبیاری به روش غرقابی انجام شد. کشت مکانیزه نیز به باغاتی اطلاق گردید که دارای سیستم آبیاری قطره‌ای و سطوح بالاتر از ۱۰۰۰ مترمربع بودند و انجام عملیات داشت و در مواردی برداشت، به صورت مکانیزه و با استفاده از ماشین‌های کشاورزی صورت می‌گرفت. برای تعیین حجم نمونه از روش نمونه‌گیری تصادفی و رابطه آماری کوکران (رابطه ۱) استفاده شد. حجم نمونه برای کشت سنتی برابر با ۱۷۵ نفر و برای کشت مکانیزه برابر با ۱۷۱ نفر برآورد گردید (۳۱).

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

در این رابطه، n حجم نمونه، N حجم جامعه، t ضریب اطمینان، s² واریانس جامعه و d دقت احتمالی مطلوب است.

انرژی‌های مصرفی در باغات بادام

انرژی‌های مصرفی در باغات شامل انرژی ماشین‌های کشاورزی، سوخت دیزل، نیروی انسانی، کود شیمیایی، کود دامی، سموم شیمیایی، آبیاری و انرژی خروجی معادل انرژی حاصل از تولید بادام در نظر گرفته شد. نحوه مصرف کود دامی و کودهای شیمیایی در باغات بادام به روش ایجاد چاله در اطراف تنه درخت صورت می‌گیرد. فاصله چاله‌ها با تنه‌ی درخت بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ سانتیمتر و عمق چاله باید ۴۰ تا ۵۰ سانتیمتر و قطر چاله بین ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتر باشد. درون چاله را

با کودهای آلی و کود شیمیایی پر می‌کنند. در باغات مکانیزه ایجاد چاله با ماشین چاله کن و در باغات سنتی توسط نیروی انسانی انجام می‌شود. جدول ۲ ضرایب هم‌ارز انرژی نهاده‌های ورودی و خروجی در تولید بادام در یک دوره یک ساله را نشان می‌دهد.

شاخص‌های انرژی

شاخص‌های انرژی که امکان شناخت وضعیت انرژی در کشاورزی را فراهم می‌کنند شامل نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، افزوده خالص انرژی و بهره‌وری انرژی بودند که بر اساس روابط (۲ تا ۵) محاسبه شدند (۷ و ۳۸). این روابط شامل نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی بود.

انتشار گازهای گلخانه‌ای

در این مطالعه انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از کاربرد ماشین‌های کشاورزی، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی و کود حیوانی با استفاده از ضریب استاندارد آلایندگی دی‌اکسید در واحد سطح و بر حسب معادل دی‌اکسید کربن بر هکتار محاسبه شد (جدول ۳). هر یک از گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن، اکسید نیتروژن و متان دارای پتانسیل گرمایش جهانی متناسب است که نسبت به CO₂ به عنوان گاز مرجع بیان می‌شود (۸). میزان پتانسیل گرمایش جهانی (Global Warming Potential, GWP) بر اساس رابطه ۶ محاسبه گردید (۲۲).

$$GWP = \quad (6)$$

$$CO_2flux + (N_2Oflux \times 310) + (CH_4flux \times 21)$$

در این معادله، GWP پتانسیل گرمایش جهانی (کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن در هکتار)، CO₂flux انتشار دی‌اکسید کربن حاصل از مصرف نهاده‌های شیمیایی، N₂Oflux انتشار اکسید نیتروژن حاصل از مصرف نهاده‌های شیمیایی و CH₄flux انتشار متان حاصل از مصرف نهاده‌های شیمیایی می‌باشند.

جدول ۱. ضرایب هم‌ارز انرژی نهاده‌های ورودی و ستانده‌ها در تولید بادام.

منبع	هم‌ارز انرژی (Mj.ha ⁻¹)	واحد	عنوان
(۳۷)	۴۷/۸	لیتر	سوخت دیزل
(۲۴)	۱/۹۶	ساعت	نیروی انسانی
(۳۱)	۶۲/۷۰	ساعت	ماشین‌های کشاورزی
(۱۱)	۱۲/۴۴	کیلوگرم	کود فسفر
(۳۲)	۶۶/۴	کیلوگرم	کود نیتروژن
(۵)	۱۱/۱۵	کیلوگرم	کود پتاسیم
(۶)	۱/۰۲	مترمکعب	آب آبیاری
(۲۷)	۰/۳	کیلوگرم	کود آلی (دامی)
(۱۵)	۲۳۸	کیلوگرم	سموم شیمیایی
(۱۹)	۱۴/۷	کیلوگرم	بادام

جدول ۲. شاخص‌های انرژی در سیستم کشت محصول.

شاخص	معادله	واحد	رابطه
کارایی انرژی	$\frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}}$	-	(۲)
بهره‌وری انرژی	$\frac{\text{عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}}$	کیلوگرم بر مگاژول	(۳)
شدت انرژی	$\frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}}{\text{عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)}}$	مگاژول بر کیلوگرم	(۴)
انرژی خالص	انرژی ورودی - انرژی خروجی	مگاژول بر هکتار	(۵)

جدول ۳. ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای هر واحد ورودی‌های شیمیایی و پتانسیل گرمایش جهانی آن‌ها در زراعت بادام.

منبع	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	نهاده‌های ورودی
(۳۹)	۳۵۶۰	۰/۷	۵/۲	سوخت دیزل (L)
(۱۲)	۳۱۰۰	۰/۰۳	۳/۷	کود نیتروژن (kg)
(۱۲)	۱۰۰۰	۰/۰۲	۱/۸	کود فسفر (kg)
(۱۲)	۷۰۰	۰/۰۱	۱	کود پتاسیم (kg)
(۱)	۵۱۰۰	۰/۰۲	۰/۰۱	سموم شیمیایی (kg)
(۱)	۱	۳۱۰	۲۱	پتانسیل گرمایش جهانی (CO ₂)

جدول ۴. شاخص‌های اقتصادی در سیستم کشت محصول.

GR = GVP - VCP	(۷)	GVP = CY × CP	(۸)	NR = GPV - TCP	(۹)
TCP = VCP - FCP	(۱۰)	B to C = $\frac{GVP}{TCP}$	(۱۱)		

جدول ۵. روابط مورد استفاده در بخش شبکه عصبی مصنوعی در کشت سنتی و مکانیزه بادام

$Y_j = \frac{1}{1 + \exp(-X_j)}$	(۱۲)	$Y_j = \frac{2}{(1 + \exp(-2X_j))} - 1$	(۱۳)	$Y_j = \sum_{i=1}^m W_{ij} \times Y_i + b_j$	(۱۴)
$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - A_i)^2}{\sum_{i=1}^n A_i^2} \right)$	(۱۵)	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - A_i)^2}$	(۱۶)	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{ P_i - A_i }{A_i} \right) \times 100$	(۱۷)

Pi: مقادیر پیش‌بینی شده، Ai: مقادیر مشاهداتی، RMSE: مجذور میانگین مربعات خطا، MAPE: میانگین قدر مطلق درصد خطا

شاخص‌های اقتصادی

در این تحقیق محاسبه شاخص‌های اقتصادی بر اساس معادلات شماره ۷ تا ۱۱ (جدول ۴) انجام شد. هزینه‌های جاری مانند کود، سموم، سوخت و الکتریسیته در حقیقت همان هزینه‌های متغیر تولید هستند که با میزان محصول تولیدی ارتباط مستقیم دارند (۴) که در آن GR (Gross Return)، درآمد ناخالص (هزارریال در هکتار)، GVP (Gross Value of Production)، ارزش ناخالص تولید (هزارریال در هکتار)، VCP (Variable Cost of Production)، هزینه‌های متغیر تولید (هزارریال در هکتار)، CY (Crop Yield)، عملکرد محصول زراعی (کیلوگرم در هکتار)، CP (Crop Price)، قیمت محصول (هزارریال در هکتار)، NR (Net Return)، درآمد خالص، TCP (Total Cost of Production)، کل هزینه‌های تولید (هزارریال در هکتار)، FCP (Fixed Cost of Production)، هزینه‌های جاری تولید (هزارریال در هکتار)، B to C (Benefit to Cost)، نسبت سود به هزینه می‌باشد.

مدل‌سازی با بهره‌گیری از شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌های مورد استفاده در این تحقیق از نوع شبکه‌های عصبی مصنوعی چندلایه با روش یادگیری پس انتشار خطا بود. در صورت انتخاب ساختار مناسب، تعداد نرون‌ها، لایه‌های مخفی و توابع فعال‌سازی مناسب قادر هستند رابطه‌ی بین نهاده‌های ورودی و خروجی را با دقت دلخواه تخمین بزنند. برای مدل‌سازی از یک

شبکه پرسپترون چندلایه شامل یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی استفاده گردید. در ابتدا، محاسبه خروجی به صورت لایه به لایه انجام می‌شود و خروجی هر لایه، ورودی لایه بعدی خواهد بود. (۲۳). در این پژوهش به منظور پیش‌بینی جریان انرژی خروجی برای محصول بادام در کشت سنتی و مکانیزه به طور جداگانه از کدنویسی در محیط نرم‌افزار متلب استفاده شد. نهاده‌های مصرفی برای تولید به‌عنوان ورودی‌ها و میزان عملکرد بادام به عنوان خروجی شبکه استفاده گردید (۱۷ و ۳۳). از الگوریتم آموزش لونیبرگ - مارکوات برای به‌هنگام‌سازی وزن‌های شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. برای یافتن شبکه‌ای با توپولوژی مناسب به کمک الگوریتم‌های آموزش، از معیارهای ضریب تبیین R^2 ، جذر میانگین مربعات خطا (روابط شماره ۱۲ تا ۱۷ در جدول ۵)، از شبکه عصبی مصنوعی در محیط نرم‌افزار Matlab استفاده گردید.

که در آن: X_j : مجموع ورودی‌های وزن‌دار هر یک از نرون‌های لایه زام، برای شبکه‌های پس انتشار پیشرو و پیشخور، m: تعداد نرون‌های لایه خروجی، W_{ij} ، وزن بین لایه i و j و Y_i خروجی نرون i ام و b_j مقدار بایاس نرون لایه زام است.

نتایج و بحث

انرژی‌های ورودی و خروجی در کشت سنتی و مکانیزه بادام میزان مصرف انرژی نهاده‌ها، انرژی ستانده و سهم هر یک از نهاده‌های انرژی در کشت سنتی بادام در جدول ۶ ارائه شده

جدول ۶. میانگین مقادیر انرژی مصرفی نهاده‌ها و انرژی ستانده‌ها در کشت سنتی و مکانیزه بادام

کشت سنتی			کشت مکانیزه			نهاده‌های ورودی و خروجی	واحد
مقدار در هکتار	مقدار انرژی (مگاژول بر هکتار)	درصد (%)	مقدار در هکتار	مقدار انرژی (مگاژول بر هکتار)	درصد (%)		
۵۲۶/۶۵	۱۰۳۲/۲۳	۷/۳۲	۱۰۰/۲۶	۱۹۶/۵	۱/۴۳	نیروی انسانی	ساعت
۴/۶۵	۲۹۱/۳۲	۲/۰۶	۹/۳	۵۸۳/۰۲	۴/۲۳	ماشین آلات	ساعت
۹۴/۵۲	۵۳۲۲/۵۵	۳۷/۷۳	۱۵۶/۷۷	۸۸۲۷/۹	۶۴/۱۲	سوخت	لیتر
۴۰/۸۹	۵۰۴/۱۸	۳/۵۷	۱۹/۶۷	۲۴۲/۵	۱/۷۶	کود فسفر	کیلوگرم
۳۵/۹۸	۲۶۴۳/۹۴	۱۸/۷۴	۲۲/۸۲	۱۵۹/۳	۱۰/۹۶	کود نیتروژن	کیلوگرم
۳۱/۸۳	۳۵۴/۹۳	۲/۵۲	۱۵/۵۹	۱۷۳/۸۸	۱/۲۶	پتاسیم	کیلوگرم
۵۳۰۵/۷	۱۵۹۱/۷۱	۱۱/۲۸	۳۶۰۱/۰۷	۱۰۸۰/۳۲	۷/۸۵	کود دامی	کیلوگرم
۴/۳۲	۵۱۷/۹۹	۳/۶۷	۲/۵۲	۳۰۲/۵۶	۲/۲	سموم شیمیایی	کیلوگرم
۱۸۱۳/۴۱	۱۸۴۹/۶۸	۱۳/۱۱	۸۳۴/۷۲	۸۵۱/۴۱	۶/۱۸	آبیاری آب	مترمکعب
-	^a ۱۴۱۰۸/۵۳	-	-	^b ۱۳۷۶۷/۳۹	۱۰۰	مجموع	-
۱۳۶۶/۹۶	^b ۲۷۰۶/۵۸	۱۰۰	۱۶۵۶/۰۶	^a ۳۲۷۹	۱۰۰	بادام	کیلوگرم

میانگین‌های که با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند از نظر آماری اختلاف بین آنها معنی‌دار شده است ($P \leq 0.05$)

و نیروی انسانی با ۱/۲۶ و ۱/۴۳ درصد بود. میزان مصرف انرژی در کشت سنتی در مقایسه با کشت مکانیزه بیش‌تر و حدود دو برابر بود، که دلیل آن استفاده زیاد از منابع انرژی مانند سوخت دیزل و کود نیتروژن بود. از دلایل مهم کاهش مصرف انرژی در کشت مکانیزه، استفاده بهینه از منابع انرژی به صورت کنترل شده است. محققین به بررسی تولید بادام‌زمینی در گیلان پرداختند و نهاده‌های کود نیتروژن و سوخت دیزل بیش‌ترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص دادند، همچنین شاخص‌های نسبت انرژی برابر ۴/۵۳، بهره‌وری انرژی ۰/۱۸ کیلوگرم بر مگاژول و انرژی خالص برابر ۶۷۹۳۷/۲۱ مگاژول بر هکتار گزارش نمودند (۲۷).

تحلیل شاخص‌های انرژی

جدول ۷ شاخص‌های انرژی برای تولید بادام در کشت سنتی و مکانیزه را نشان می‌دهد. شاخص کارایی انرژی در کشت مکانیزه ۰/۲۴ و در کشت سنتی ۰/۱۹ بدست آمد که اختلاف بین میانگین در این دو نمونه معنی‌دار برآورد شد ($P \leq 0.05$). از دلایل معنی‌داری بین دو نمونه را می‌توان به عملکرد بیشتر محصول و

است. بر اساس نتایج به دست آمده متوسط مصرف انرژی برای کشت مکانیزه و سنتی یک هکتار بادام به ترتیب ۱۳۷۶۷/۳۹ و ۱۴۱۰۸/۵۳ مگاژول بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین میانگین مصرف انرژی در کشت سنتی و مکانیزه برآورد گردید ($P \leq 0.05$). مقدار انرژی ستانده برای کشت مکانیزه و سنتی به ترتیب ۳۲۷۹ و ۲۷۰۶/۵۸ مگاژول بر هکتار بود که از نظر آماری اختلاف بین دو میانگین معنی‌دار برآورد گردید ($P \leq 0.05$) در کشت سنتی اجرای عملیات وجین، سمپاشی و کود دهی، حفر چال کود و آبیاری با توجه به تراکم درختان در واحد سطح از نیروی انسانی استفاده شد که این امر باعث افزایش ساعت کار نیروی انسانی گردید. در کشت سنتی سوخت دیزل با ۳۷/۷۳ درصد، کود نیتروژن با ۱۸/۷۴ درصد و آب با ۱۳/۱۱ درصد، بیش‌ترین سهم از مصرف نهاده‌ها را به خود اختصاص دادند.

در باغات مکانیزه سوخت دیزل و کود نیتروژن به ترتیب با ۶۴/۱۲ و ۱۰/۹۶ درصد، بیش‌ترین سهم از کل نهاده‌های مصرفی را به خود اختصاص دادند. کم‌ترین میزان مصرف انرژی در باغات مکانیزه مربوط به مصرف نهاده‌های کود پتاسیم

جدول ۷. شاخص‌های انرژی برای تولید بادام در منطقه اصفهان.

عنوان	واحد	مقدار در کشت سنتی (میانگین \pm انحراف معیار)	درصد٪	مقدار در کشت مکانیزه (میانگین \pm انحراف معیار)	درصد٪
کارایی انرژی	-	۰/۱۹ ^b \pm ۰/۰۵	-	۰/۲۴ ^a \pm ۰/۰۸	-
بهره‌وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۰ \pm ۱/۰۳	-	۰/۰ \pm ۱۲/۰۵	-
شدت انرژی	مگاژول بر کیلوگرم	۱۰/۳۲ ^a \pm ۱/۷۶	-	۸/۳۱ ^b \pm ۱/۰۲	-
افزوده خالص انرژی	مگاژول بر هکتار	-۱۱۴۰۱/۹۵	-	-۱۰۴۸۸/۳۹	-
انرژی مستقیم	مگاژول بر هکتار	۹۷۹۶/۱۷ \pm ۸۵۳/۱۱	۶۹/۴۳	۱۰۰۵۶/۱۳ \pm ۹۸۶/۱۲	۷۹/۵۸
انرژی غیرمستقیم	مگاژول بر هکتار	۴۳۱۲/۲۶ \pm ۴۵۷/۷۳	۳۰/۵۷	۲۰۹۱/۲۶ \pm ۴۵۳/۲	۲۰/۴۲
انرژی تجدیدپذیر	مگاژول بر هکتار	۴۴۷۳/۷۳ \pm ۵۰۶/۶۸	۳۱/۷۱	۲۲۲۸/۲۳ \pm ۳۷۹/۶۵	۱۵/۴۶
انرژی تجدیدناپذیر	مگاژول بر هکتار	۹۶۳۴/۹۱ \pm ۵۲۳۵/۱۶	۶۸/۲۹	۱۰۴۸۹/۱۶ \pm ۱۴۵۹/۳۲	۸۴/۵۴

میانگین‌هایی که با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند از نظر آماری اختلاف بین آنها معنی‌دار شده است ($\alpha = 0.05$)

تولید پرتقال در مازندران به ترتیب ۳۶/۰۲ ، ۶۳/۹۸ ، ۷/۸ و ۹۲/۲ درصد (۱)، تولید کدو حلوايي در بروجرد به ترتیب ۳۱/۴ ، ۶۸/۶ ، ۲/۷ و ۹۷/۳ درصد (۳۵) برآورد شد.

تحلیل شاخص‌های زیست محیطی

مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در جداول ۸ و ۹ نشان داده شده است. بر این اساس مقدار انتشار کل گاز دی اکسید کربن، اکسید نیتروژن و متان حاصل از کشت سنتی بادام به ترتیب برابر ۵۳۳/۲۳ ، ۰/۰۶۸۴ و ۰/۷۳۰۱ کیلوگرم در هکتار و در کشت مکانیزه بادام به ترتیب ۶۷۲/۳ ، ۰/۱۱۱ و ۰/۹۵ کیلوگرم دی‌اکسید کربن در هکتار محاسبه شد. با مقایسه بین میزان انتشار گازهای منتشر شده در کشت سنتی و مکانیزه به دلیل تغییر در نوع عملیات مزرعه‌ای و کاربرد بیشتر ماشین‌آلات بخصوص تراکتورهای با مته چاله‌کن جهت حفاری و ایجاد چالکود، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشت مکانیزه بیشتر از کشت سنتی محاسبه شد. در تحقیقی در ایلام پتانسیل گرمایش جهانی محاسبه و سهم گازهای متان، دی-اکسید کربن و اکسید نیتروژن برای تولید گندم در مهران به ترتیب ۱۳۲۸/۷۳ ، ۲۶/۵۴ ، ۱/۵۹ و در دهلران به ترتیب ۱۴۳۱/۲۶ ، ۲۷/۴۳ و ۱/۷۲ (۷) کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن در هکتار گزارش شد. مقدار انتشار کل گاز دی اکسید کربن، اکسید نیتروژن

در کشت سنتی به ترتیب برابر ۶۹/۴۳ و ۳۰/۵۷ درصد بود. کاهش میزان انرژی ورودی در کشت مکانیزه نسبت داد. مقدار شاخص بهره‌وری انرژی در کشت مکانیزه بیشتر از کشت سنتی محاسبه شد ، یعنی به ازای یک مگاژول مصرف انرژی در کشت مکانیزه، محصول بیشتری در مقایسه با کشت سنتی تولید می‌شود، اما اختلاف بین دو میانگین از نظر آماری معنی‌دار نبود. میزان شدت انرژی در کشت سنتی و مکانیزه به ازای تولید یک کیلوگرم محصول بادام به ترتیب ۱۰/۳۲ و ۸/۳۱ مگاژول بود که اختلاف بین این دو میانگین نیز معنی‌دار برآورد شد ($\alpha = 0.05$). افزوده خالص انرژی در کشت سنتی اختلاف زیادی با کشت مکانیزه داشت که دلیل آن استفاده بیش از حد از نهاده‌های مصرفی و عدم مدیریت صحیح بود که باعث شد تا میزان انرژی ورودی بیشتری را نسبت به کشت مکانیزه داشته باشد.

بر اساس نتایج جدول ۷ مقدار انرژی مستقیم و غیرمستقیم همچنین سهم انرژی‌های مستقیم از غیرمستقیم و انرژی‌های تجدیدناپذیر از تجدیدپذیر در هر دو سیستم کشت بیشتر بود. نتایج نشان داد مقدار انرژی مستقیم و غیرمستقیم برای تولید بادام زمینی برابر ۴۰/۹۶ و ۵۹/۰۴ درصد و انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر برابر ۱۴/۲۷ و ۸۵/۷۳ درصد بود (۲۷). سهم انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در

جدول ۸. انتشار گازهای گلخانه‌ای (کیلوگرم دی‌اکسید کربن در هکتار) و پتانسیل گرمایش جهانی کشت سنتی تولید بادام در اصفهان.

نهادها	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	GWP	% GWP
سوخت دیزل (L)	۳۳۶/۴۹	۰/۰۶۶	۰/۴۹۱	۳۶۷/۳۲	۶۴/۴۶
کود نیتروژن (kg)	۱۱۱/۵۳	۰/۰۰۱	۰/۱۳۳	۱۱۴/۶۶	۲۰/۱۲
کود فسفر (kg)	۴۰/۸۹	۰/۰۰۰۸	۰/۰۷۳	۴۲/۶۸	۷/۴۹
کود پتاسیم (kg)	۲۲/۲۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۳۱	۲۳/۰۴	۴/۰۴
آفت کش (kg)	۲۲/۰۳	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۲۲/۰۵	۳/۸۷
کل انتشار گازها	۵۳۳/۲۳	۰/۰۶۸۴	۰/۷۳۰۱	-	۱۰۰
ضریب پتانسیل گرمایش جهانی (معادل دی‌اکسیدکربن)	۵۳۳/۲۳	۲۱/۲۲۴	۱۵/۳۲	-	-

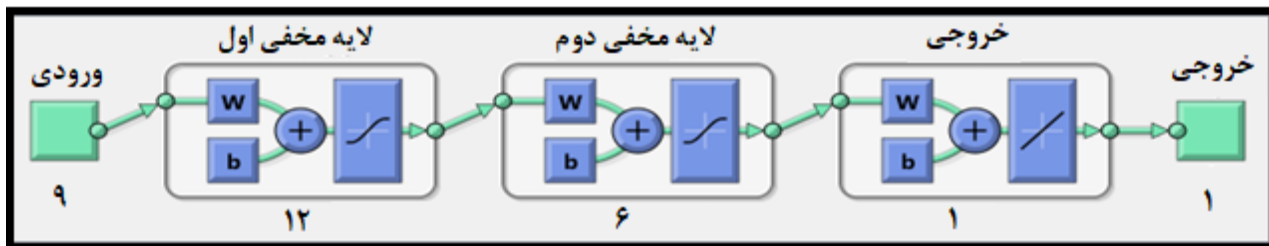
جدول ۹. انتشار گازهای گلخانه‌ای (کیلوگرم دی‌اکسید کربن در هکتار) و پتانسیل گرمایش جهانی کشت مکانیزه تولید بادام در اصفهان.

نهادها	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	GWP	% GWP
سوخت دیزل (L)	۵۵۸/۱	۰/۱۰۹۷	۰/۸۱۵۲	۶۰۹/۲۳	۸۳/۸۳
کود نیتروژن (kg)	۷۰/۷۷	۰/۰۰۰۶	۰/۰۸۴۴	۷۲/۷۵	۱۰/۰۱
کود فسفر (kg)	۱۹/۶۷	۰/۰۰۰۳	۰/۰۳۵۴	۲۰/۵۳	۲/۸۲
کود پتاسیم (kg)	۱۰/۹۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۵۵	۱۱/۲۸	۱/۵۵
علف کش (kg)	۱۲/۸۵	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۲	۱۲/۸۶	۱/۷۷
کل انتشار گازها	۶۷۲/۳	۰/۱۱۱	۰/۹۵	-	۱۰۰
ضریب پتانسیل گرمایش جهانی (معادل دی‌اکسیدکربن)	۶۷۲/۳	۳۴/۴۲	۱۹/۹۶	-	-

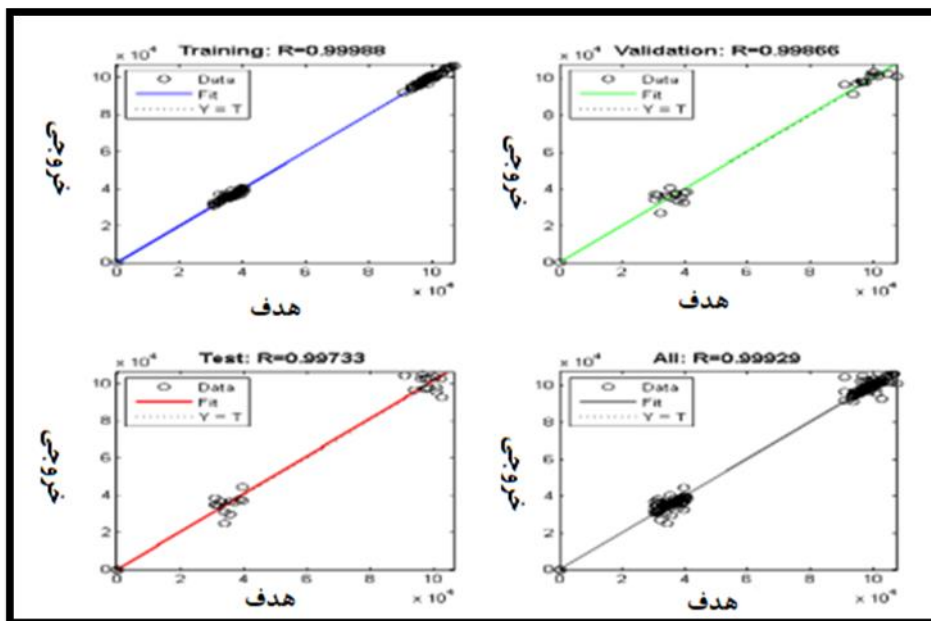
عملکرد شبکه عصبی مصنوعی برای مدل‌سازی انرژی مصرفی در کشت سنتی بادام

به منظور دستیابی به بهترین ساختار شبکه عصبی، تعداد مختلفی از ساختارها با یک و دو لایه و با تعداد یک تا ۳۰ نرون در لایه مخفی آموزش و آزمون و اعتبارسنجی انجام شد. در این تحقیق از الگوریتم آموزش لوبنبرگ-مارکوات استفاده شد. از مجموع کل داده‌ها در این مدل، ۷۰ درصد برای آموزش شبکه، ۱۵ درصد داده‌ها برای اعتبارسنجی و ۱۵ درصد برای آزمون در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از مدل‌های به دست آمده برای کشت سنتی در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. بهترین ساختار شبکه برای تولید بادام در کشت سنتی برابر ۱-۶-۱۲-۹ و مجذور میانگین مربعات خطا برابر ۰/۰۸۹ برآورد گردید.

و متان حاصل از کشت سیب‌زمینی پاییزه در گلستان به ترتیب برابر ۲۰۳۸/۷۵، ۵/۸۵ و ۲/۷۹ کیلوگرم در هکتار و در کشت بهار به ترتیب برابر ۱۷۵۰/۹۵، ۰/۱۸ و ۲/۴۰ کیلوگرم دی‌اکسید کربن در هکتار (۳۷)، مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای برای محصولات یونجه ۱۲۲۹۴، انار ۱۰۴۸۴، انگور ۱۰۰۸۵، جو ۴۰۱۹، کلزا ۴۲۸۵ و گندم ۴۵۴۲ کیلوگرم دی‌اکسید کربن در هکتار (۴۰) گزارش شد. در مقایسه میزان تولید گازهای گلخانه‌ای متان، دی‌اکسید کربن و اکسید نیتروژن در کشت سنتی و مکانیزه تولید بادام نسبت به تولید گازهای گلخانه‌ای در کشت پاییزه و بهار سیب‌زمینی در گلستان و گندم در مهران و دهلران و کشت محصولات یونجه، انار، انگور، جو، کلزا و گندم در شریف‌آباد استان قم کم‌تر بود.



شکل ۳. بهترین توپولوژی شبکه عصبی در کشت سنتی بادام.



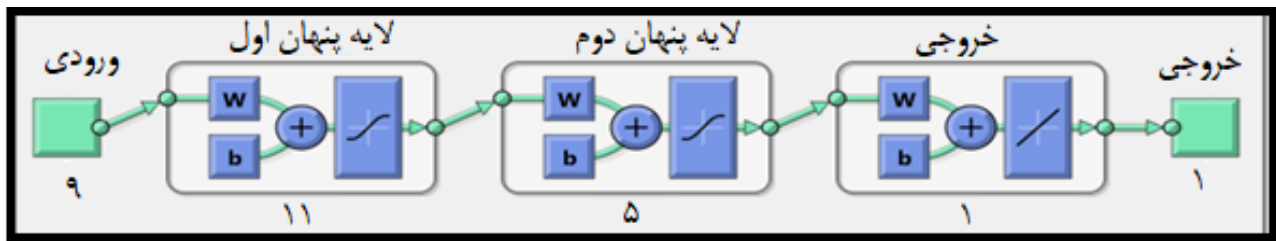
شکل ۴. ضریب همبستگی بین مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی برای آموزش، اعتبارسنجی، آزمون در کشت سنتی بادام.

خروجی به‌عنوان بهترین ساختار تعیین شد که ضریب تبیین، جذر میانگین مربعات خطا و درصد مطلق خطا مربوط به انرژی خروجی به ترتیب برابر با ۰/۹۹، ۰/۳۲۶ و ۰/۳۹ محاسبه شد. شکل ۵ بهترین توپولوژی شبکه عصبی در کشت مکانیزه بادام و شکل ۶ توزیع داده‌های واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل در کشت مکانیزه را نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده دقت بالای پیش‌بینی و آموزش خوب شبکه بود. در پژوهشی مشابه، محققین به مدل‌سازی عملکرد و انتشار گازهای گلخانه‌ای CO₂ ناشی از تولید گندم در شهرستان فریدون‌شهر پرداختند و بهترین ساختار با آرایش ۱۱-۳-۲ معرفی شد که مقادیر ضریب تبیین، جذر میانگین مربعات خطا و درصد مطلق خطا مربوط به این ساختار به ترتیب برابر با ۰/۹۹، ۰/۱۰۵

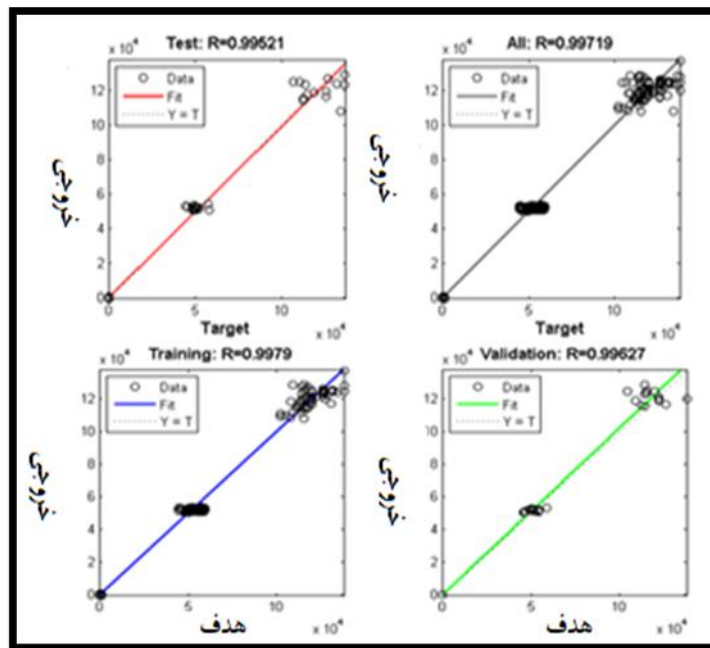
بهترین توپولوژی به دست آمده در این ساختار در شکل ۴ نمایش داده شده است. در این ساختار ضریب تبیین، جذر میانگین مربعات خطا و درصد مطلق خطا مربوط به انرژی خروجی برای آزمون شبکه به ترتیب برابر با ۰/۹۹۴، ۰/۰۸۹ و ۰/۵۴ به دست آمد. تحقیقات مشابهی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی بر روی تولید گندم در اصفهان (۲۱) و تولید سویا و ذرت در آمریکا (۱۸) انجام شده است.

عملکرد شبکه عصبی مصنوعی برای مدل‌سازی انرژی مصرفی در کشت مکانیزه بادام

در مدل‌سازی برای تولید بادام در کشت مکانیزه، ساختار ۱-۵-۱۱-۹ با نه ورودی، دو لایه مخفی با ۱۱ و ۵ نرون و ۱ پارامتر



شکل ۵. بهترین توپولوژی شبکه عصبی در کشت مکانیزه بادام.



شکل ۶. ضریب همبستگی بین مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی انرژی خروجی در کشت مکانیزه بادام.

شلتوک را با دقت بیشتری در مقایسه با مدل کاب-داگلاس تخمین می‌زند (۳۹).

تحلیل اقتصادی تولید بادام

در جدول ۱۰ نتایج محاسبه ارزش ناخالص تولید، کل هزینه تولید، درآمد ناخالص، درآمد خالص، نسبت سود به هزینه در کشت سنتی و مکانیزه باغات بادام محاسبه نشان داده شده است.

با توجه به نتایج بررسی‌ها، هزینه‌های متغیر، هزینه‌های ثابت و هزینه‌های کل تولید برای یک هکتار در کشت سنتی بادام به طور میانگین به ترتیب برابر ۲۷۳۹۷۱، ۲۲۳۶۵ و

و ۷۳٪ برای فاکتور دی‌اکسید کربن برآورد گردید (۲۲). در تحقیقی دیگر با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، وضعیت انرژی در سامانه تولید کیوی پیش‌بینی شد. بهترین نتیجه با استفاده از یک لایه ورودی با ۶ نورون (ورودی انرژی نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی و آب آبیاری)، یک لایه خروجی و یک لایه مخفی با ۴ نورون، با R^2 برابر ۰/۹۸ گزارش شد (۲۵). در پژوهشی دیگر که به منظور مدل‌سازی جریان انرژی و پیش‌بینی عملکرد ارقام شالیزار ایرانی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام شد، نتایج مقایسه دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و کاب-داگلاس نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی، میزان ارقام

جدول ۱۰. تجزیه و تحلیل اقتصادی تولید بادام.

پارامترهای هزینه	واحد	ارزش در کشت سنتی	ارزش در کشت مکانیزه
عملکرد	کیلوگرم بر هکتار	۱۳۶۶/۹۶	۱۶۵۶/۰۶
قیمت	هزار ریال بر کیلوگرم	۹۵۰	۹۵۰
ارزش ناخالص تولید	هزار ریال بر هکتار	۱۲۹۸۶۱۲	۱۵۷۳۲۵۷
هزینه متغیر تولید	هزار ریال بر هکتار	۲۷۳۹۷۱	۲۵۵۶۰۱
هزینه ثابت تولید	هزار ریال بر هکتار	۱۲۲۳۶۵	۱۱۸۵۴۹
مجموع هزینه های تولید	هزار ریال بر هکتار	۳۹۶۳۳۶	۳۷۴۱۵۰
بازگشت ناخالص	هزار ریال بر هکتار	۱۰۲۴۶۴۱	۱۳۱۷۶۵۶
بازگشت خالص	هزار ریال بر هکتار	۹۰۲۲۷۶	۱۱۹۹۱۰۷
نسبت سود به هزینه	-----	۳/۲۷	۴/۲

PH آن بین ۶-۸ باشد.

نتیجه گیری

این مطالعه که به منظور شناخت جریان مصرف انرژی و انتشارات گلخانه‌ای ناشی از مصرف نهاده‌ها در باغات تولید بادام در لنجان اصفهان صورت گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین سهم انرژی مصرفی به ترتیب مربوط چهارنهاده، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، کود دامی و آب آبیاری در هر دو کشت سنتی و مکانیزه می‌باشد. با توجه به این که دو نهاده سوخت دیزل و کودهای شیمیایی درصد بسیار بالایی از انرژیهای تجدیدناپذیر را تشکیل می‌دهند، نتیجه می‌گیریم که وابستگی شدیدی به منابع تجدیدناپذیر انرژی در کشت بادامدر منطقه لنجان وجود دارد، بنابراین تولید بادام از نظر مصرف انرژی پایداری نداشته، زیرا افزایش انرژی و مسائل زیست محیطی بسیار زیاد با یکدیگر مرتبط هستند. دلیل عمده بالا بودن سهم انتشارات گازهای گلخانه‌ای در کشت مکانیزه نسبت به کشت سنتی مربوط به مصرف سوخت دیزل و کودهای شیمیایی بود. به منظور کاهش مصرف سوخت دیزل توصیه می‌شود استفاده از تراکتورهای باغی و ادوات مناسب در باغات نه تنها باعث کاهش عملکرد محصول نمی‌شود بلکه به دلیل تناسب توان مصرفی تراکتور، سبب کاهش هزینه تمام شده، کاهش مصرف سوخت دیزل و در نهایت کاهش مصرف انرژی و

۳۹۶۳۳۶ هزارریال بر هکتار و در کشت مکانیزه برابر ۲۵۵۶۰۱، ۱۱۸۵۴۹ و ۳۷۴۱۵۰ هزار ریال بر هکتار به دست آمد. علاوه بر این ارزش ناخالص تولید برای کشت سنتی و مکانیزه به ترتیب برابر ۱۲۹۸۶۱۲ و ۱۵۷۳۲۵۷ هزار ریال بر هکتار و نسبت فایده به هزینه به ترتیب ۳/۲۷ و ۴/۲ به دست آمد (جدول ۸). در سایر تحقیقات سهم نسبت فایده به هزینه برای گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای ۳/۲۸ (۱۶)، خیار گلخانه‌ای ۲/۵۸ (۲۵) کاشت گندم و آفتابگردان به ترتیب ۱/۲ و ۱/۰۲ (۴۱)، مرغ گوشتی در دیواندره ۱/۱۹ (۳۰)، کشت ترب ۲/۹۳ (۶)، کشت ذرت ۱/۵۷ (۳۱) محاسبه گردید. بررسی نتایج تحقیقات مختلف نشان داد که با کاشت محصولات کشاورزی در محیط‌های کنترل شده مانند گلخانه، هزینه تولید به دلیل کنترل میزان مصرف نهاده‌های متغیر کاهشی و قابل کنترل می‌باشد.

در این تحقیق انرژی مصرفی در کشت سنتی به دلیل مصرف بیشتر نهاده‌ها بیشتر از کشت مکانیزه بود. برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در سوخت دیزل از تراکتورباغی، جایگزینی روش‌های بیولوژیک و کودهای سبز به جای کودهای شیمیایی، و برای بهینه‌سازی مصرف آب آبیاری از روش‌های نوین آبیاری قطره‌ای در باغات بادام پیشنهاد می‌شود. همچنین مناطق مستعد برای تولید بادام از نظر اقلیم، بایستی دارای آب و هوای خنک و معتدل، روزهای آفتابی با تابش خورشیدی بالا، خاک‌های عمیق و دارای زهکشی مناسب و غنی از نظر عناصر خاک و

دربرنامه‌ریزی‌ها برای توسعه این بخش پایه‌گذاری نمود.

سیاسگزاری

از کشاورزان منطقه لنجان و کارشناسان محترم جهاد کشاورزی استان اصفهان تشکر و قدردانی می‌شود.

انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. همچنین با توجه به انرژی مصرفی بالای کودهای شیمیایی در باغات استفاده از روش‌های بیولوژیک و کودهای سبز و تحقیقات کاربردی به منظور تعیین میزان نیاز درخت به مواد غذایی در سال باعث کاهش انرژی مصرفی، کاهش هزینه و انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به مصرف کودهای شیمیایی می‌گردد. با اجرای صحیح روش‌های مدیریتی می‌توان تحقیقات بیشتر و نگرش‌های جامع‌تری

منابع مورد استفاده

1. Aghkhani, M. H., S. Ahmadipour, H. Soltanali and A. Rohani. 2018. Greenhouse gas emission, energy use and cost analysis of citrus production: Case Study of Mazandaran Province. *Journal of Energy Policy and Planning Research* 4 (3):181-229.
2. Agrawal, J. D and M. C. Deo. 2004. Wave parameter estimation using neural networks. *Marine Structures* 17(7):536-550.
3. Anonymous. 2018. Iran planning and budget organization, isfahan province management and planning organization. Isfahan Province Statistical Yearbook. (In Persian).
4. Asgharipour, M.R and F. Salehi. 2015. Energy use on wheat production: A comparative analysis of irrigated and dry-land wheat production systems in Kermanshah. *Journal of Agricultural Ecological* 5(1): 1-11. (In Persian).
5. Azizpanah, A and R. Fathi. 2021. Analysis of energy structure and greenhouse gas emissions of walnut orchards; a case study in ilam region. *Iranian Journal of Applied Ecology* 10 (2) :33-50.
6. Azizpanah, A., M. Pourmusi and M. Taki. 2023. Eco-environmental and sustainability evaluation of cucumber and sunflower productions in Iran, *Total Environment Research Themes* 6:1-8.
7. Azizpanah, A and H. R. Shirkhani. 2023. Energy analysis and global warming potential in wheat production systems in south of ilam. *Iranian Journal of Applied Ecology* 12 (1):87-102.
8. Babaeian, M., M. Kheirkhah, M. Ghorbanzadeh and M. jafarian. 2021. Environmental hazards and energy flow in rapeseed agroecosystem Case study: North Khorasan. *Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Production* 31(4): 325-339.
9. Beigi, M., M. Toriki-Harchegani and D. Ghanbarian. 2015. Energy use efficiency and economical analysis of almond production: A Case Study in Chaharmahal-Va-Bakhtiari Province, Iran. *Energy Efficiency* 9(3):745-754.
10. Čolić, S. D., I. V. Bakić, D. Č. D. Zagorac, M. M. Natić, A. T. Smailagić, M. V. Pergal and M. M. Akšić, F. 2021. Chemical fingerprint and kernel quality assessment in different grafting combinations of almond under stress condition. *Scientia Horticulturae* 275: 109705.
11. Charles, R., O. Jolliet, G. Gaillardand and D. Pellet. 2006. Environmental analysis of intensity level in wheat crop production using life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113(1-4): 216-225.
12. FAO. 2019. FAOSTAT.2021 (Melons, Other (Inc.Cantaloupes). Retrieved (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>).
13. Firmani, P., R. Bucci, F. Marini and A. Biancolillo. 2019. Authentication of avola almonds by near infrared (NIR) spectroscopy and chemometrics. *Journal of Food Composition and Analysis* 82: 103235.
14. Fulton, J., M. Norton and F. Shilling. 2019. Water-indexed benefits and impacts of California almonds. *Ecological indicators* 96: 711-717.
15. Ghorbani, R., F. Mondani, S. Amirmoradi, H. Feizi, S. Khorramdel, M. Teimouri and H. Aghel. 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. *Applied Energy* 88(1): 283-288.
16. Heidari, M. D., M. Omid, and A. Akram. 2011. Energy efficiency and econometric analysis of broiler production farms. *Energy* 36(11): 6536-6541.
17. Kaab, A., M. Sharifi, H. Mobli, A. Nabavi-Pelesaraei and K. W. Chau. 2019. Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. *Science of the Total Environment* 664: 1005-1019.
18. Kaul, M., R. L. Hill and C. Walthall. 2005. Artificial neural networks for corn and soybean yield prediction.

- Agricultural Systems* 85(1): 1-18.
19. Kitani, O., T. Jungbluth, R. M., Peart and A. Ramdani. 1999. CIGR Handbook of agricultural engineering. *Energy and biomass engineering* 5: 330.
 20. Khoshnevisan, B., S. Rafiee, M. Omid, and H. Mousazadeh. 2013. Applying data envelopment analysis approach to improve energy efficiency and reduce GHG emission of wheat production. *Energy* 58: 588-593.
 21. Khoshnevisan, B., S. Rafiee, M. Omid, M. Yousefi and M. Movahedi. 2013. Modeling of energy consumption and GHG emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. *Energy* 52: 333-338.
 22. Khodaei Joghhan, A., M. Taki and H. Matorian, 2022. Evaluating energy productivity, greenhouse gas emission, global warming potential and sustainability index of wheat and rapeseed agroecosystems in khorramshahr. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 32(1): 309-324.
 23. Mirhaji, H., M. Khojastehpour and M. H. Abbaspour-Fard. 2013. Environmental impact study of wheat production in marvdasht area of iran. *Journal of Natural Environment* 66(2): 223-232.
 24. Mohammadi, A. and M. Omid. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy* 87(1): 191-196.
 25. Mohammadi, A., S. Rafiee, S. S. Mohtasebi and H. Rafiee. 2010. Energy inputs–yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. *Renewable Energy* 35(5): 1071-1075.
 26. Moosavi, A. A and A. Sepaskhah. 2012. Artificial neural networks for predicting unsaturated soil hydraulic characteristics at different applied tensions. *Archives of Agronomy and Soil Science* 58(2): 125-153.
 27. Nabavi-Pelesaraei, A., R. Abdi, and S. Rafiee. 2013. Energy use pattern and sensitivity analysis of energy inputs and economical models for peanut production in Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5(19): 2193.
 28. Nahashon, S. N., N. Adefope, A. Amenyenu and D. Wright. 2006. Effect of varying metabolizable energy and crude protein concentrations in diets of pearl gray guinea fowl pullets 1. Growth performance. *Poultry science* 85(10): 1847-1854.
 29. Olatunji, B. T., D.E. Ibiyeye and A.O. Onifade. 2020. Development and performance evaluation of a simple multi-nozzle mobile compression pump (MMPC) sprayer. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology* (7(12):13099–13102.
 30. Piri, Z., A. Azizpanah, K. kheiralipour and A. Maraseli. 2021. Modeling of energy consumption trend and economic indicators of broiler production (Case Study: Diwandarreh City). *Journal of Animal Environment* 13(4): 129-136.
 31. Pishgar-Komleh, S.H., M. Ghahderijani, and P. Sefeedpari. 2012. Energy consumption and CO2 emissions analysis of potato production Based on different farm size levels in iran. *Journal of Cleaner Production* 33:183–191.
 32. Pishgar-Komleh, S.H., M. Omid, and M.D. Heidari. 2013. On the study of energy use and GHG (Greenhouse Gas) emissions in greenhouse cucumber production in yazd province. *Energy* 59:63–71.
 33. Rahman, M. M., and B. K. Bala. 2010. Modelling of jute production using artificial neural networks. *Biosystems Engineering* 105: 350-356.
 34. Sáez-Martínez, F. J., G. Lefebvre, J. J. Hernández and J. H. Clark. 2016. Drivers of sustainable cleaner production and sustainable energy options. *Journal of cleaner production* 138: 1-7.
 35. Sharifi, M., S. Soodmand-Moghaddam, and A. Akram. 2022. Investigating the energy consumption and environmental pollutants of pumpkin production (Case Study: Boroujerd County). *Iranian Journal of Biosystems Engineering* 52(1), 27-36.
 36. Shabani, A., A.G. Keramat, A.R. Sepaskhah, and A.A. Kamgar-Haghighi. 2017. Using the artificial neural network to estimate leaf area. *Scientia Horticulturae* 216:103–10.
 37. Shahhoseini, H. R. and H. Kazemi. 2021. Economic analysis and evaluating the sustainability of potato production based on greenhouse gas emissions (Case Study: Golestan Province). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 31(3): 295-311.
 38. Singh, A. B. Ganapathysubramanian, A.K. Singh and S. Sarkar. 2016. Machine learning for high-throughput stress phenotyping in plants. *Trends in plant science* 21(2): 110-124.
 39. Taheri-Rad, A., M. Khojastehpour, A. Rohani, S. Khoramdell, and A.Nikkhah. 2017. Energy flow modeling and predicting the yield of iranian paddy cultivars using artificial neural networks. *Energy* 135:405–412.
 40. Vafabakhsh, J. and A. Mohammadzadeh. 2019. Energy flow and GHG emissions in major field and horticultural crop production systems (Case study: Sharif Abad Plain). *Journal of Agroecology* 11(2): 365-382.
 41. Unakitan, G. and B. Aydın. 2018. A comparison of energy use efficiency and economic analysis of wheat and sunflower production in Turkey: A case study in Thrace Region. *Energy* 149 : 279–285.

Evaluating the Energy Balance and Environmental Effects of Almond Production Using Artificial Neural Networks (Case Study: Lenjan County, Isfahan Province)

A. Azizpanah^{1*}, M. Hadi² and M. Ghasemi Varnamkhasti³

(Received: October 09-2023; Accepted: February 22-2024)

Abstract

This research was conducted to investigate the energy balance and global warming potential of almond production through by traditional and mechanized cultivation in Lenjan county, Isfahan province. Information related to the consumption of inputs and outputs was collected using 175 and 177 questionnaires in traditional and mechanized cultivation, respectively. Equivalent energy of inputs and outputs, as well as global warming potential, were calculated using coefficients of equivalent inputs. The results showed that the total energy consumption in traditional and mechanized cultivation is 14108.53 and 13767.39 MJ ha⁻¹, energy efficiency is 0.19 and 0.24, and energy efficiency is 0.10 and 0.12 kg/MJ, respectively. Statistically, a significant difference was observed between the energy intensity index and energy consumption in both methods ($P \leq 0.05$). However no significant difference was observed between the energy intensity index in these two methods. Based on the economic analysis, the profit-to-cost ratio in traditional and mechanized cultivation was 3.27 and 4.2, respectively. The global warming potential from traditional and mechanized cultivation was 533.23 and 672.3 kg equivalent of carbon dioxide per hectare. The highest levels of environmental pollution in traditional and mechanized farming were associated with diesel fuel, accounting for 64.46% and 83.83%, respectively.

Keywords: Crop yield, net income, global warming, artificial neural network, almonds

-
1. Department of Biosystem Mechanics, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
 2. Graduated with a master's degree from the Department of Biosystem Mechanics, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
 3. Department of Biosystem Mechanics, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
- *: Corresponding Author, Email: a.azizpanah@ilam.ac.ir