نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ - کرج

برآورد شاخص‌های انرژی و مدل‌سازی مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین عملکرد گندم (مطالعه‌ی موردی: شهرستان رودبار در استان گیلان)

سیده فاطمه میرباذل[۱]، علی حاجی‌احمد[۲]* و محمود امید[۳]

۱، ۲ و ۳ – به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری دانشگاه تهران

ایمیل مکاتبه کننده: Hajiahmad@ut.ac.ir

چکیده

هدف از این مطالعه، تعیین شاخص‌های مصرف انرژی و مدل‌سازی تولید گندم به کمک شبکه عصبی مصنوعی درشهرستان رودبار استان گیلان است. اطلاعات موردنیاز از طریق پرسشنامه و مصاحبه حضوری با گندمکاران در سال زراعی ۱۳۹۳ جمع‌آوری شد. میانگین انرژی مورد نیاز برای هر هکتار ۱۱۰۲۵/۲۹ مگاژول برآورد گردید. بیشترین سهم انرژی مصرفی در تولید گندم مربوط به کودشیمیایی و سوخت به ترتیب با سهم ۳۹ و ۳۵ درصد می‌باشد. نسبت انرژی ۲/٦۹، بهره‌وری انرژی ۰/۱۸ کیلوگرم بر مگاژول، شدت انرژی ٦/۳۲ مگاژول بر کیلوگرم و افزوده‌ی خالص انرژی ۱۷۷۲۵/٤٦ مگاژول در هکتار محاسبه گردید. ۳۵/۲٤ درصد از کل انرژی‌های ورودی به شکل انرژی مستقیم، ٦٤/۷٦ درصد به شکل انرژی غیر مستقیم، ۲۱/۵۸ درصد به شکل انرژی تجدیدپذیر و ۷۸/٤۲ درصد به شکل انرژی تجدیدناپذیر مصرف شدند. نتایج مدل شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که بهترین ساختار شبکه عصبی برای برآورد عملکرد گندم با ساختار ۱-۱۱-۵، دارای ضریب تبین ۰/۹۹٤و جذر میانگین مربعات خطا برابر۰/۰۷۳ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انرژی مصرفی، مدل‌سازی، شبکه عصبی مصنوعی، گندم، پیش‌بینی عملکرد.

مقدمه

میزان انرژی مصرفی در ایران همواره یکی از موضوعات مورد بحث می‌باشد. مطالعه جریان انرژی در اکوسیستم و بویژه اکوسیستم‌هایی که مستقیما توسط انسان اداره می‌شوند از اهمیت خاصی برخوردار است زیرا انرژی ارز رایج یک اکوسیستم است (حسن‌زاده قورت‌تپه و همکاران، ۱۳۸۰). به‌منظور تولید محصولات موردنیاز انسان مقادیر قابل‌توجه انرژی اعم از شیمیایی و فسیلی، نیروی کار انسانی و حیوانی مصرف می‌شود. امروزه قسمت قابل‌توجهی از انرژی مصرفی در بخش کشاورزی، از مواد حاصل از نفت خام تأمین می‌شود که انرژی لازم برای به کار انداختن ماشین‌آلات را نیز فراهم می‌کند (پیمان و همکاران، ۱۳۸٤). ارزیابی جریان‌های مختلف انرژی دخیل در تولیدات کشاورزی اساس تحلیل انرژی را تشکیل

می‌دهد. اهداف تحلیل‌های انرژی، کاهش نهاده‌های انرژی و جایگزینی منابع انرژی تجدید پذیر در فرآیند کشاورزی و حتی‌المقدور کاهش هزینه‌های تولید و روش‌های تولید دوستدار طبیعت به‌عنوان قسمتی از یک سیستم مدیریت بهینه می‌باشند (الماسی و همکاران، ۱۳۸۰). در زمینه‌ی کشاورزی میتوان انرژی را به دو گروه مستقیم و غیرمستقیم طبقه‌بندی کرد. انرژی مستقیم بصورت مستقیم و بدون واسطه باعث انجام کار و فعالیت می‌شود. انرژی غیرمستقیم عبارت است از انرژی صرف شده برای تولید نهاده‌هایی که در کشاورزی استفاده می‌شوند. انرژی مصرفی برای تولید ماشین‌آلات، بذرها، کودها و مواد بسته‌بندی نمونه‌هایی از این نوع هستند (Khoshnevisan *et al.*, 2013a). در طبقه‌بندی دیگری، انرژی را به دو گروه تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم می‌کنیم. در صورتیکه امکان تولید و تبدیل شکلی از انرژی را در مدت کوتاهی داشته باشیم، آن را تجدیدپذیر و در غیر اینصورت آن را تجدیدناپذیر می‌نامیم. انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی ماهیچه‌ای انسان و دام، انرژی خورشیدی، باد، بیوگاز، امواج دریا و انرژی تجدیدناپذیر مانند سوختهای فسیلی، سوختهای هسته‌ای و شاخ و برگ گیاهان. اگر الکتریسیته از منابع آبی تهیه شده باشد، انرژی تجدیدپذیر در نظر گرفته می‌شود (Khoshnevisan *et al.*, 2013b).

نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی را کارایی یا راندمان انرژی می‌نامیم. بهره‌وری انرژی نسبت عملکرد محصول به انرژی ورودی است و عکس بهره‌وری یا نسبت انرژی ورودی به عملکرد را شدت انرژی یا انرژی ویژه می‌گوییم. تفاضل انرژی ورودی (نهاده) را از انرژی خروجی (ستاده) افزوده‌ی خالص انرژی مینامیم (Moore., 2010).

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه‌ی مصرف انرژی گندم و یا توسعه مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی (ANN[1]) برای پیش بینی عملکرد در محصولات مختلف انجام شده است. در مطالعه‌ای که شاهین و همکاران در اردبیل بر روی تاثیر سایز مزرعه بر نسبت انرژی در تولید گندم انجام دادند، کل انرژی ورودی ۳۸/۳٦ گیگاژول در هکتار محاسبه شد که حدود ۳۸/٤٥٪ درصد آن مربوط به کودهای شیمیایی و به‌دنبال آن انرژی سوخت و ماشین‌آلات بیشترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص دادند. نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی ۳/۱۳ و بهره‌وری انرژی ۰/۱٦ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد (Shahin *et al.*, 2008). آذرپور و همکاران در تحقیقی به ارزیابی ترازنامه انرژی و شاخص‌های آن در تولید بادام زمینی پرداختند. آنها کل انرژی ستانده از بادام زمینی را ۸۲۵۰۰ مگاژول برهکتار ارزیابی کردند، همچنین کودهای شیمیایی با ۲۹ درصد بیشترین سهم مصرف انرژی را داشتند، نسبت انرژی خروجی به ورودی ۳/۵۰ و بهره‌وری انرژی ۰/۱٤کیلوگرم برمگاژول برآورد شد (Azarpour *et al.*, 2012). اردال و همکاران در تحقیقی با عنوان مصرف انرژی و تحلیل اقتصادی تولید چغندرقند در ترکیه نشان دادند کل انرژی مصرفی در تولید این محصول ۳۹٦۸۵/۵ مگاژول بر هکتار بوده که از این میزان سهم کودهای شیمیائی ٤۹/۳ درصد و سوخت‌های فسیلی ۲٤/۱ درصد می‌باشد (Erdal *et al.*, 2007). تاکی و همکاران در مطالعه‌ای با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی اقدام به تخمین انرژی خروجی تولید گندم نمودند و به این نتیجه دست یافتند که مناسب‌ترین شبکه، شبکه‌ای با دو لایه‌ی پنهان و هر لایه با ۸ نرون می‌باشد (Taki *et al.*, 2012). کاول و همکاران در تحقیق خود به منظور پیش-بینی میزان عملکرد محصولات سویا و ذرت در ماریلند (آمریکا) با استفاده از میانگین بارندگی در دوره‌های مختلف رشد محصولات، از مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده کرده و نتایج بدست آمده را با نتایج مدل رگرسیون خطی مقایسه

[1] Artificial Neural Network

کردند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی نسبت به مدل رگرسیونی می‌تواند عملکرد محصولات مورد نظر را در مناطق مورد مطالعه با دقت بیشتری برآورد کند (Kaul *et al.*, 2005).

هدف از مطالعه حاضر بررسی روند مصرف انرژی، تعیین شاخص‌های انرژی و مدل‌سازی تولید گندم به کمک شبکه عصبی مصنوعی در استان گیلان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

۱- انرژی نهاده و ستانده

این مطالعه در استان گیلان و در شهرستان رودبار انجام گرفت. این استان در شمال ایران، واقع در ۳٦ درجه و ۳٤ دقیقه و ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ٤۸ درجه و ۵۳ دقیقه و ۵۰ درجه و ۳٤ دقیقه طول جغرافیایی شرق می‌باشد (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2014). اطلاعات لازم این پژوهش از طریق مراجعه حضوری و تکمیل پرسشنامه از گندمکاران شهرستان رودبار در سال زراعی ۹٤-۱۳۹۳ گردآوری شده است. پس از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به میزان نهاده‌های مصرفی (نیروی کارگری، ماشین‌آلات، سوخت، کود، بذر) و عملکرد اعلامی گندمکاران از طریق پرسشنامه، برای تعیین میزان انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها از ضرایب انرژی آنها یا معادل انرژی آنها استفاده شد. معادل کمی قرار داده شده برای نهاده‌ها یا ستانده‌ها (محصول) در واقع بیان کننده میزان محتوای انرژی‌ای می‌باشد که در فرآیند تولید، وارد یا خارج می‌شود. ضرایب انرژی نهاده‌ها و ستاده برای گندم در جدول (۱) آمده است.

جدول۱. انرژی معادل نهاده های مختلف استفاده شده در تولید گندم.

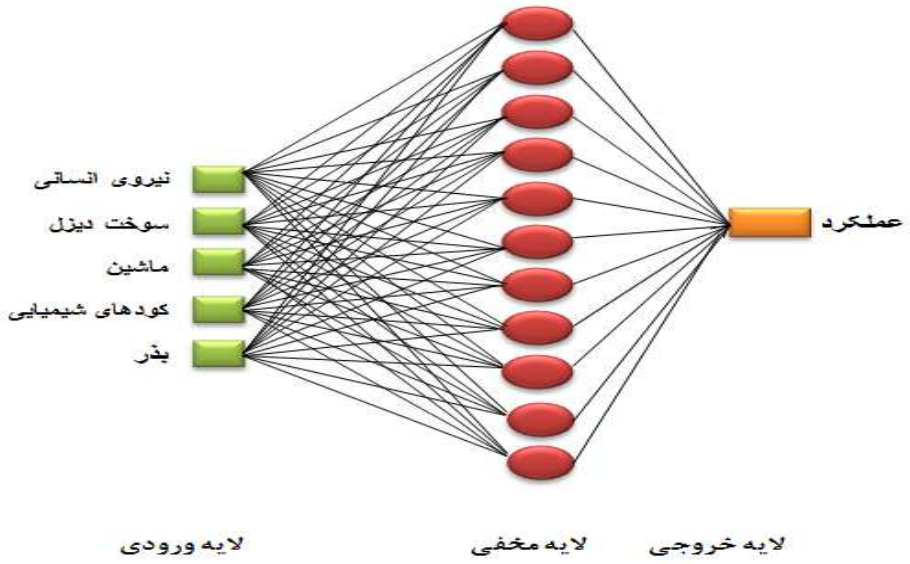
نهاده‌ها	واحد	محتوای انرژی	مراجع
۱- نیروی کارگری	H	۱/۹٦	(Abdi *et al.*, 2013)
۲- ماشین‌ها	kg	٦۲/۷	(Mobtaker *et al.*, 2010)
۳- سوخت دیزل	L	٤۸/۷	(Kitani., 1999)
٤- کودهای شیمیایی			
- نیتروژن	kg	۸۷/۱	(Kitani., 1999)
- فسفات	kg	۱۷/٤	(Kitani., 1999)
۵- بذر	kg	۱۵/۷	(Soltani *et al.*, 2013)
ستانده			
۱- گندم	kg	۱٤/۷	(Soltani *et al.*, 2013)

۲- مدلسازی شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی یک روش هوشمند مدل‌سازی برای شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده، به ویژه سیستم‌های غیرخطی، براساس یادگیری مجموعه‌ای از داده‌های آموزشی است. یک شبکه عصبی مصنوعی آموزش دیده می‌تواند برای پیش‌بینی

خروجی‌های متناسب با مجموعه جدید داده‌ها به‌کار رود. با توجه به ساختار شبکه عصبی مصنوعی، ویژگی‌های عمده آن، سرعت بالای پردازش، توانایی یادگیری االگو به روش اراده الگو، توانایی تعمیم دانش پس از یادگیری، انعطاف‌پذیری در برابر خطاهای ناخواسته و عدم ایجاد اختلال قابل توجه در صورت بروز اشکال در بخشی از اتصال‌ها به دلیل توزیع وزن‌های شبکه است (سفیدپری و همکاران، ۱۳۹۱).

در این تحقیق از یک شبکه پرسپترون چند لایه (MLP[۲]) که اصولا از یک یا چند لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی تشکیل یافته است استفاده‌شده است. برای آموزش این شبکه، معمولا از الگوریتم پس‌انتشار (BP[۳]) استفاده می‌شود. در طی آموزش شبکه MLP به کمک الگوریتم یادگیری پس‌انتشار، ابتدا محاسبات از ورودی شبکه به‌سوی خروجی شبکه انجام می‌شود و سپس مقادیر خطای محاسبه شده به لایه‌های قبل انتشار می‌یابد. در ابتدا، محاسبه خروجی به صورت لایه به لایه انجام می‌شود و خروجی هر لایه، ورودی لایه بعدی خواهد بود. در حالت پس انتشار، ابتدا لایه‌های خروجی تعدیل می‌شود، زیرا برای هر یک از نرون‌های لایه خروجی، مقدار مطلوبی وجود دارد و می‌تواند به کمک آن‌ها و قاعده‌های بهنگام‌سازی، وزن‌ها را تعدیل نمود (منهاج، ۱۳۷۹).



شکل ۱: دیاگرام بهترین مدل شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین عملکرد گندم.

در تحقیق حاضر از الگوریتم لونبرگ–مارکوارت (LM[٤]) برای آموزش شبکه ها و تابع تانژانت سیگموئید (tansig) به‌عنوان تابع فعال سازی در لایه‌های پنهان استفاده شد. برای لایه‌ی خروجی نیز از تابع فعالسازی خطی (purelin) که به‌صورت معمول در مدل‌سازی برای پیش بینی استفاده می‌شود، استفاده شد. در این مطالعه، ۷۰ درصد از داده‌ها برای آموزش، ۱۵ درصد برای

[۲] Multilayer perceptron
[۳] Back Propogation
[٤] Levenberg-Marquardt

اعتبارسنجی و ۱۵ درصد برای تست شبکه اختصاص یافت. نرم‌افزار *MATLAB (R2013a)* برای پیاده‌سازی مدل بکار گرفته شد.

برای ارزیابی عینی بهترین شبکه ایجاد شده از شاخص‌های جذر میانگین مربع خطا (RMSE)، میانگین قدرمطلق خطا (MAE) و ضریب تبیین (R^2) استفاده شده است.

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - A_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} A_i^2}\right) \quad (۱)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(P_i - A_i)^2} \quad (۲)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|P_i - A_i| \quad (۳)$$

نتایج و بحث

جدول (۲) مقدار مصرف نهاده‌ها و ستانده را در تولید گندم در شهرستان رودبار نشان می‌دهد.

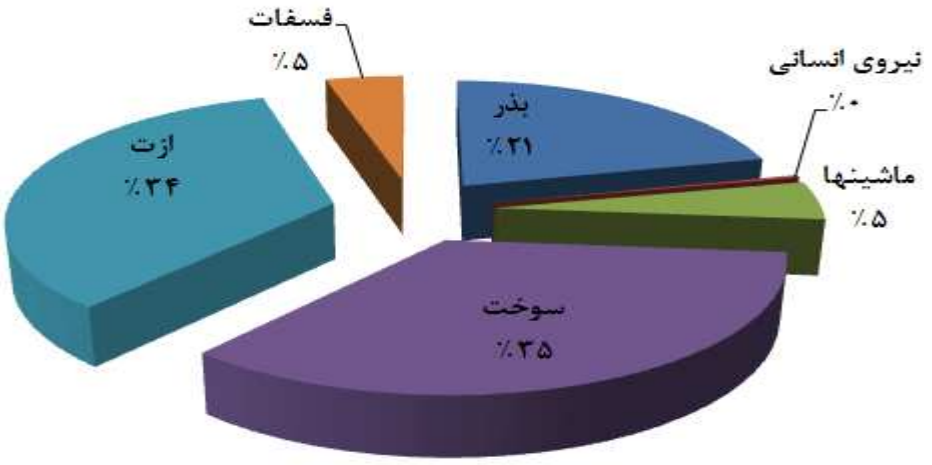
جدول ۲: مقادیر نهاده‌ها و ستانده در تولید گندم

نهاده‌ها (واحد)	مقدار در هکتار	محتوای انرژی (MJ/ha)
الف): نهاده‌های ورودی		
۱- نیروی انسانی (h)	۱۸/۵	۳٦/۲٦
۲- ماشین‌ها (h)	۸/۵۲	۵۳٤/۳۸
۳- سوخت (L)	۷۹/۰٤	۳۸٤۹/۳۵
٤- کودهای شیمیایی (kg)		
- نیتروژن (N)	٤۸/۲۷	۳۷۷۰/۱۹
- فسفات (P_2O_5)	۲۸/۳۱	٤۹۲/۵٦
۵- بذر	۱٤۹/۲۱	۲۳٤۲/۵٦
کل انرژی ورودی		۱۱۰۲۵/۲۹
ب): خروجی		
۱- گندم (kg)	۱۹۵۵/۸۳	۲۸۷۵۰/۷۵

از محاسبات انجام‌گرفته نتیجه می‌شود برای تولید یک هکتار گندم در حدود ۱۱۰۲۵/۲۹ مگاژول انرژی مورد نیاز می‌باشد و انرژی ستانده در هر هکتار حدود ۲۸۷۵۰/۷۵ مگاژول برآورد می‌گردد.

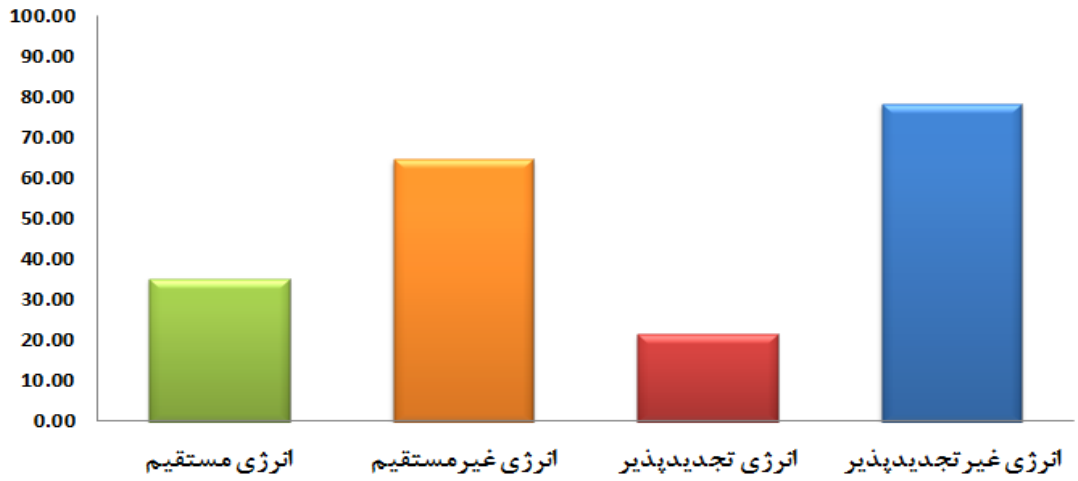
با توجه به شکل (۱) که سهم نهاده‌های مختلف از کل انرژی مصرفی برای تولید گندم را نشان می‌دهد، سوخت (۳۵٪) و کودهای شیمیایی (۳۹٪) به ویژه ازت (۳٤٪) بیشترین سهم مصرف انرژی را دارا می‌باشند. سهم انرژی نیروی انسانی در

انرژی ورودی تولید گندم کمترین مقدار را در بین تمامی نهاده‌ها در برداشت. در تحقیقی مشابه که تقوی‌فر و همکاران برروی تجزیه و تحلیل مصرف انرژی در تولید گندم در آذربایجان غربی انجام دادند، کل انرژی نهاده و ستانده از گندم را به ترتیب در حدود ۳۰٦۲٦/٤ و ۵۳٤۸۰/٤ مگاژول برهکتار ارزیابی کردند، همچنین بیشترین سهم مصرف انرژی در بین نهاده‌ها مربوط به سوخت و کودهای شیمیایی برآورد شد که به‌ترتیب برابر با ۱۱۹۸٤ و ٦۸۲٤/۲ مگاژول برهکتار بود (Taghavifar *et al.*, 2015)



شکل ۲: سهم نهاده‌های مختلف از کل انرژی ورودی در تولید گندم.

مقدار انرژی‌های مستقیم و غیر مستقیم به ترتیت برابر با ۳۸۸۵/٦۱ و ۷۱۳۹/٦۸ مگاژول بر هکتار بوده است و همانطور که در شکل (۲) نشان داده شده است، سهم هریک از انرژی های ذکرشده از کل انرژی مصرفی به ترتیب برابر با ۳۵/۲٤ و ٦٤/۷٦ درصد می‌باشد. این مطلب نشان‌دهنده وابستگی بیشتر تولید گندم به نهاده‌هایی است که به صورت غیرمستقیم(نهادهایی چون کودهای شیمیایی، ماشین‌آلات و بذر) انرژی‌شان مورد استفاده قرار می‌گیرد. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به ترتیب برابر ۲۱/۵۸ و ۷۸/٤۲ درصد می‌باشد که دلیل این مسئله تجدیدناپذیر بودن تقریبا تمامی منابع انرژی مورد استفاده در تولید گندم در استان گیلان می‌باشد وتنها منبع انرژی تجدیدپذیر مربوط به نیروی انسانی بوده است. این نتایج نشانگوابستگی تولید گندم به منابع است



شکل ۳: مقایسه سهم شکلهای مختلف انرژی در کشت گندم.

شاخص‌های انرژی در تولید گندم در جدول (۳) آورده شده است. در این منطقه نسبت انرژی ۲/٦۹ بدست آمد. بهره‌وری انرژی ۰/۱۸ کیلوگرم بر گیگاژول، شدت انرژی٦/۳۲ مگاژول بر کیلوگرم و افزوده‌ی خالص انرژی ۱۷۷۲۵/٤٦ مگاژول در هکتار بدست آمد. در تحقیقی مشابه که ضیائی و همکاران بر روی مقایسه انرژی بین گندم و جو انجام دادند مقادیر نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده‌ی خالص انرژی برای گندم به ترتیب برابر با ۱/٤۹، ۱۷/۸۰، ۰/۰٥٦، ۱٦۰۲٤/۲۷ می‌باشد و همچنین سهم انرژی های تجدیدپذیر به عنوان یکی از شاخص های پایداری سیستم کشاورزی برابر با ۱۹/٦۰ بود (Ziaei *et al.*, 2015).

جدول ۳: شاخص‌های انرژی در تولید گندم.

نهاده‌ها	واحد	متوسط	درصد (٪)
نسبت انرژی	–	۲/٦۹	–
بهره‌وری انرژی	Kg/MJ	۰/۱۸	–
شدت انرژی	MJ/Kg	٦/۳۲	–
افزوده خالص انرژی	MJ/ha	۱۷۷۲٥/٤٦	–
انرژی مستقیم	MJ/ha	۳۸۸٥/٦۱	۳٥/۲٤
انرژی غیرمستقیم	MJ/ha	۷۱۳۹/٦۸	٦٤/۷٦
انرژی تجدیدپذیر	MJ/ha	۲۳۷۸/۸۲	۲۱/٥۸
انرژی تجدیدناپذیر	MJ/ha	۸٦٤٦/٤۷	۷۸/٤۲

بهترین مدل‌های شبکه برای پیش‌بینی عملکرد گندم، مدل با ساختار ۱-۱۱-٥ با ٥ ورودی (نیروی کارگری، ماشین‌آلات، سوخت، کود، بذر) ، یک لایه مخفی با ۱۱ نرون و یک لایه خروجی (عملکرد گندم) با یک پارامتر خروجی تعیین شد. ارزش خروجی مدل در ارتباط با عملکرد واقعی دارای ضریب تبیین ۰/۹۹٤٥ بود همچنین MAE برابر ۰/۰۲۰ ، RMSE برابر با ۰/۰۷۳ بود. خوشنویسان و همکاران در مطالعه‌ای با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی به مدل‌سازی و تحلیل حساسیت نهاده‌های انرژی برای تولید گندم درشهرستان فریدون‌شهر استان اصفهان پرداختند و براساس نتایج بهترین شبکه با ساختار ۲-٥-٥-۱۱ برای مدلسازی پیشنهاد شد و مقادیر R^2 و RMSE به ترتیب برابر با ۰/۹۹ و ۰/۱۰٥ بدست آمد (Khoshnevisan *et al.*, 2013b).

نتیجه‌گیری

این تحقیق در سال ۱۳۹۳ در شهرستان رودبار از توابع استان گیلان انجام شد. به طور کلی هدف از این مطالعه بررسی روند مصرف انرژی، تعیین شاخص‌های انرژی و مدل‌سازی تولید گندم به کمک شبکه عصبی می‌باشد. با توجه به نتایج این تحقیق نتیجه‌گیری زیر حاصل شد:

کل انرژی مصرفی برای تولید گندم ۱۱۰۲۵/۲۹ مگاژول بر هکتار محاسبه شد؛ که بیشترین سهم مصرف آن مربوط به کودهای شیمیایی و سوخت به ترتیب با سهم ۳۹٪ و ۳۵٪ می‌باشد.

نسبت انرژی۲/٦۹ ، بهره‌وری انرژی ۰/۱۸ کیلوگرم برمگاژول و شدت انرژی ٦/۳۲ مگاژول بر کیلوگرم تعیین شد.

نتایج شبکه عصبی نشان داد که بهترین ساختار برای مدلسازی عملکرد گندم ۱-۱۱-۵ بوده و مقدار خروجی مدل در ارتباط با خروجی واقعی دارای ضریب همبستگی ۰/۹۹٤۵ بود.

کاهش مصرف کودهای شیمیایی (عمدتا نیتروژن) و سوخت مهمترین راه مدیریت انرژی بهتر برای تولید گندم در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. برای این منظور انجام آزمون بافت خاک و تعیین ساختار خاک و مقادیر صحیح اعمال کودهای شیمیایی، انتخاب ماشین‌های استاندارد و همچنین نگهداری و تعمیرات به هنگام آن‌ها و استفاده از واریته گندم با عملکرد بالا توصیه می‌شود.

منابع و مآخذ

۱. الماسی، م. کیانی، ش. و یومی، ن. ۱۳۸۰. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. انتشارات حضرت معصومه.
۲. پیمان، م.ح. روحی، ر. و علیزاده، م.ر. ۱۳۸٤. تعیین انرژی مصرفی در دو روش سنتی و نیمه مکانیزه برای تولید برنج (مطالعه موردی استان گیلان). مجله تحقیقات کشاورزی. دوره ۲۲(٦). ٦۷-۸۰,
۳. حسن‌زاده قورت‌تپه، ع. قلاوند، ا. میرنیا، س.ا. و احمدی، م.ر. ۱۳۸۰. بررسی تاثیر سیستمهای مختلف تغذیه بر راندمان انرژی ارقام آفتابگردان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. دوره ۸(۲). ٦۷-۷۸,
٤. سفیدپری، پ. ۱۳۹۱. مدیریت و بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای پرورش گاو شیری و مرغ تخم‌گذار به کمک روش بهینه‌سازی فازی، مطالعه موردی: شهرستان ری و کرج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی.دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی. دانشگاه تهران.
۵. منهاج، م.ب. ۱۳۷۹. مبانی شبکه عصبی مصنوعی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
6. Abdi, R. Zarei-Shahamat, E. Hematian, A. & Mobtaker, HG. 2013. Optimization of energy required for wheat production in Kermanshah Province of Iran. Int, J, Agri. Res, Rer. Vol 3(2), 414-422.
7. Azarpour, E. Moraditochaee, M. & Bozorgi, HR. 2012. Evaluation energy balance and energy indices of peanut production in north of Iran. African Journal of Agricultural Research. Vol 7(16), 2569-2574.
8. Erdal, G. Esengun, K. Erdal, H. & Gunduz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy. Vol 32, 35-41.
9. Kaul, M. Hill, RL. & Walthall, C. 2005. Artificial neural networks for corn and soybean yield predication. Agri, Sys. Vol 85(1), 1-18.
10. Khoshnevisan, B. Rafiee, Sh. Omid, M. Mousazadeh, H. 2013a. Applying data envelopment analysis approach to improve energy efficiency and reduce GHG (greenhouse gas) emission of wheat production. Energy. Vol 58, 588-593.

11. Khoshnevisan, B. Rafiee, Sh. Omid, M. Yousefi, M. & Movahedi, M. 2013b. Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emission in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. Energy. Vol 52, 333-338.
12. Kitani, O. 1999. Energy and Biomass engineering. CIGR handbook of agricultural engineering. ASAE Publication. St Joseph. MI.
13. Mobtaker, HG. Keyhani, A. Mohammadi, A. Rafiee, Sh. & Akram, A. 2010. Sensitivity analysis if energy input for barely production. Agri, Eco, Environ. Vol 137, 367-372.
14. Moore, S.R. 2010. Energy efficiency in small-scale biointensive organic onion production in Pennsylvania, USA. Renewable Agriculture and Food Systems. Vol 25, 181-188.
15. Nabavi-Pelesaraei, A. Abdi, R. Rafiee, S. & Mobtaker, H.G. 2014. Optimization of energy required and greenhouse gas emissions analysis for orange producers using data envelopment analysis approach. J, Clean, Prod. Vol 65, 311-317.
16. Shahin, S. Jafari, A. Mobli, H. Rafiee, Sh. & Karimi, M. 2008. Effect of Farm size on Energy Ratio for Wheat Production: A case study from Ardabil province of Iran. American-Eurasian J, Agric, & Environ, Sci. Vol 3(4), 604-608.

Estimating Energy indices and modeling based on Artificial Neural Network for predicting Wheat yield (a case study: Roudbar city of Guilan province)

Abstract

The purpose of this study was to determine the parameters of energy consumption and wheat production modeling by using artificial neural networks (ANN) in Roudbar city in Guilan province. Information needed was gathered through interviews and questionnaires with wheat farmers during 1393. Average of input energy required was estimated 11025.29 MJ for every hectare. The largest amount of energy consumption in wheat production was related to chemical fertilizer and fuel with a share of 39% and 35% respectively. Energy ratio 2.69, energy efficiency 0.18 kg/MJ, energy intensity 6.32 MJ/kg and added pure energy 17725.46 MJ/ha was calculated. About 35.24% of total input energies was in the form of direct energy, 64.76% in the form indirect energy, 21.58% in the form renewable energy and 78.42% in the form nonrenewable energy, respectively. Result of ANNs showed that the best structure to estimate wheat yield had a 5-11-1 structure with the coefficient of determination of 0.994 and root mean square of 0.073.

Keywords: Energy consumption, Modeling, Artificial neural network, Wheat, Predict yield