پیش‌بینی انرژی موردنیاز برای تولید گیلاس به روش محاسبات نرم

محمدهادی موحدنژاد [۱*]، فاطمه نادی [۲]

۱. استادیار مهندسی مکانیک بیوسیستم، گروه آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود (mhmovahed@shahroodut.ac.ir)

۲-استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران (f.nadi@iauaz.ac.ir)

چکیده

گیلاس به دلیل طعم مطبوع و ظاهر زیبایش در بازارهای بین‌المللی تقاضای رو به رشدی داشته است. استفاده مؤثر از انرژی، یکی از نیازهای اساسی کشاورزی پایدار است. از پیش‌بینی انرژی ورودی و خروجی نهاده‌ها کشاورزان، دولت‌ها و صنایع مرتبط با کشاورزی سود می‌برند. یکی روش‌های متداول برای پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی هست. این تحقیق در روستاهای استان خراسان شمالی که تولیدکنندگان گیلاس می‌باشند موردبررسی قرار گرفت. اطلاعات از طریق پرسش‌نامه با باغداران انجام شد. به‌منظور بهینه‌سازی و تعیین الگو کشت مناسب برای باغات سه پارامتر انرژی مصرفی، مقدار مصرف نهاده و هزینه مهم هست. شاخص‌های مؤثر در هزینه و انرژی مصرفی شامل سوخت، کارگر، ماشین، کود، سم مورداستفاده، آب مصرفی و میزان برق مصرفی استخراج گردید. درنهایت میزان عملکرد تولید گزارش شد. داده‌های خروجی تحقیق شامل سه دسته انرژی مصرفی، مقدار مصرف نهاده و هزینه و داده ورودی شامل سوخت، کارگر، ماشین، کود، سم مورداستفاده، آب مصرفی و میزان برق مصرفی هست. برای تعیین اثر و استخراج مدل بین پارامترهای مؤثر بر عملکرد از هوش مصنوعی استفاده گردید. در شبکه عصبی سه المان تعداد نورُن، الگوریتم آموزش، تابع آستانه بررسی شده و برای تمام ترکیب‌های ایجاد شده بر اساس سه المان، خطا و بقیه پارامترهای ارزیابی تعیین گردید. بهترین شبکه در الگوریتم BR در دسته انرژی مصرفی با یک لایه پنهان با تعداد نرون ۶ و تابع انتقال درلایه پنهان logsig و لایه خروجی tansig شد. خطای و ضریب تعیین این ترکیب به ترتیب 0.00094 و 99.71% شد. در بررسی آنالیز حساسیت، بالاترین حساسیت در هزینه و مصرف انرژی در تولید گیلاس پارامتر کارگر می‌باشد. بر اساس ضریب تعیین برای انرژی مصرفی ، مصرف نهاده و هزینه به ترتیب میزان دقت ۱۴، ۲۲ و ۱۴درصد کاهش یافت.

کلمات کلیدی: *گیلاس، خراسان شمالی، مصرف انرژی، پیش‌بینی تولید، شبکه عصبی مصنوعی*

*نویسنده مسئول: mhmovahed@shahroodut.ac.ir

پیش‌بینی انرژی موردنیاز برای تولید گیلاس به روش محاسبات نرم

مقدمه

گیلاس به دلیل طعم مطبوع و ظاهر زیبایش در بازارهای بین‌المللی تقاضای رو به رشدی داشته است. بر اساس آمار جهانی، در سال ۲۰۱۷ حدود ۲/۴ میلیون تن گیلاس در سراسر جهان تولیدشده است که ایران با حدود ۰/۱۴ میلیون تن در رده سوم بزرگ‌ترین تولیدکنندگان گیلاس قرار دارد[۹]. بر اساس آمار سازمان جهاد کشاورزی، در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ حدود ۳۴۰۰۰ هکتار از زمین‌های کشور به باغ‌های بارور گیلاس اختصاص داشت که میانگین عملکرد گیلاس ۳۸۹۴ کیلوگرم در هکتار بوده است. استان خراسان شمالی با ۹۷۹ هکتار باغ بارور و عملکرد ۶۹۰۰ کیلوگرم در هکتار گیلاس، رتبه یازدهم در تولید گیلاس را در کشور داشته است [۴].

بخش کشاورزی به‌عنوان مهم‌ترین بخش تولیدکننده مواد غذایی کشور نه‌تنها مصرف‌کننده انرژی است بلکه مهم‌ترین عرضه‌کننده‌ی انرژی نیز محسوب می‌شود. نظر به این‌که بخش کشاورزی ازیک‌طرف با محدودیت منابع تولید روبه‌رو بوده و از سوی دیگر تأمین‌کننده امنیت غذایی جمعیت در حال رشد هست، باید تعادل و توازنی بین جریان برداشت و بهره‌برداری از منابع تولید و میزان تولید محصولات کشاورزی ایجاد شود. درواقع روند استفاده از منابع تولید باید به‌گونه‌ای باشد که علاوه بر رفع نیازهای غذایی نسل کنونی، امنیت غذایی نسل آینده نیز تهدید نشود. این مسئله مبنای آنچه امروزه به‌عنوان کشاورزی پایدار گفته می‌شود را تشکیل می‌دهد [۳].

استفاده مؤثر از انرژی، یکی از نیازهای اساسی کشاورزی پایدار است. مصرف انرژی در کشاورزی، در پاسخ به افزایش جمعیت، محدودیت زمین‌های قابل کاشت و تمایل به استانداردهای بهتر زندگی افزایش‌یافته است. افزایش تقاضا برای مواد غذایی باعث تشدید در مصرف کودهای شیمیایی، سموم، ماشین‌ها و سایر منابع طبیعی شده است. افزایش مصرف انرژی در سال‌های اخیر باعث ایجاد مشکلاتی در سلامتی افراد و مسائل زیست‌محیطی شده است. استفاده‌ی مؤثر از انرژی در کشاورزی سبب کاهش مشکلات زیست‌محیطی و جلوگیری از تخریب منابع طبیعی شده و درنتیجه سبب توسعه‌ی کشاورزی پایدار می‌شود [۸].

با یافتن رابطه بین انرژی ورودی و خروجی بین داده‌ها منجر به سیاست‌های برای بهینه‌سازی استفاده از منابع، تشویق به استفاده از انرژی تجدید پذیر و گسترش کشاورزی پایدار می‌شود [۶]. رابطه بین ورودی و خروجی در تولید چندین محصول ازجمله خیار [۵]، ریحان [۱۱]، نخود [۱۳]، انگور [۱۲]، جو [۱۰] سیر [۱۴] موردبررسی قرارگرفته‌اند. از پیش‌بینی انرژی ورودی و خروجی نهاده‌ها کشاورزان، دولت‌ها و صنایع مرتبط با کشاورزی سود می‌برند.

تولید مواد غذایی به دلیل نقش که در امنیت ملی دارد برای دولت‌ها بسیار مهم است. به‌همین سبب پیش‌بینی به دولت‌ها اجازه می‌دهد تا سیاست‌های را اتخاذ کنند که از نظر فنی و بازار به سودآوری بخش کشاورزی کمک کند. در این مطالعه، ANN برای ارزیابی ورودی و خروجی انرژی برای پیش‌بینی عملکرد گیلاس ارزیابی شد. ورودی‌های نیروی کار انسانی، دیزل، کودهای شیمیایی، سموم، ماشین آلات، آب و الکتریسیته به‌طور جداگانه تحلیل شدند. در حال حاضر هیچ مطالعه‌ای که رابطه بین ورودی، خروجی و عملکرد گیلاس را با بردار رگرسیون مدل کند وجود ندارد. این مقاله مصرف انرژی تولید گیلاس را در استان خراسان شمالی پیش‌بینی می‌کند.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری اطلاعات

این تحقیق در روستاهای استان خراسان شمالی که تولیدکنندگان گیلاس می‌باشند موردبررسی قرار گرفت. اطلاعات از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه‌ی چهره به چهره با باغداران انجام شد. جامعه مورد مطالعه باغ‌های تولید گیلاس می‌باشد که از طریق نمونه‌گیری تصادفی در باغ‌های گیلاس استفاده‌شده است. با انتخاب تصادفی باغ، حجم نمونه با در نظر گرفتن اطمینان ۹۵٪ و ۵٪ خطای مجاز، ۷۱ به‌دقت آمد.

از کشاورزان درباره کار نیروی انسانی، دیزل، کود، سموم، آب، ماشین آلات، الکتریسیته (ورودی‌های انرژی) برای تولید گیلاس (انرژی خروجی) سؤال شد. ورودی انرژی با استفاده از ضرایب معادل انرژی برای یک هکتار محاسبه شد. این ضرایب در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. معادل انرژی نهاده‌های ورودی و خروجی [۱۲]

ورودی‌ها و خروجی		واحد	هم‌ارزهای انرژی (MJ. unit-1)
ورودی‌ها			
۱-	نیروی انسانی	hr	۱/۹۶
۲-	ماشین‌های کشاورزی	hr	۶۲/۷
۳-	سوخت	l	۵۶/۳۱
۴-	سموم شیمیایی	kg	
	الف) علف‌کش‌ها		۲۳۸
	ب) حشره‌کش‌ها		۱۰۱/۲
	ج) قارچ‌کش‌ها		۲۱۶
۵-	کودهای شیمیایی	kg	
	الف) نیتروژن		۶۶/۱۴
	ب) فسفر		۱۲/۴۴
	ج) پتاسیم		۱۱/۱۵
۶-	آب آبیاری	m3	۱۰۲
۷-	الکتریسیته	kWh	۳/۶
خروجی‌ها			
گیلاس		kg	۲/۴

شبکه عصبی مصنوعی

به‌منظور بهینه‌سازی و تعیین الگو کشت مناسب برای باغات سه پارامتر انرژی مصرفی، مقدار مصرف نهاده و هزینه مهم می‌باشد. در این تحقیق نوع محصول موردبررسی شامل باغ گیلاس می‌باشد. با استفاده از روش پرسش‌نامه‌ای برای ۷۱ باغ گیلاس بر اساس ۷ شاخص تکمیل گردید. شاخص‌های مؤثر در هزینه و انرژی مصرفی شامل سوخت، کارگر، ماشین، کود، سم مورداستفاده، آب مصرفی و میزان برق مصرفی استخراج گردید. درنهایت میزان عملکرد تولید گزارش شد. داده‌های تحقیق شامل سه دسته انرژی مصرفی، مقدار مصرف نهاده و هزینه می‌باشد. برای تعیین اثر و استخراج مدل بین پارامترهای مؤثر بر عملکرد از هوش مصنوعی استفاده گردید.

برای مدل‌سازی آزمایش‌ها با استفاده از شبکه عصبی از نرم‌افزار MATLAB استفاده شد. شبکه مورداستفاده شبکه چندلایه‌ی پرسپترون[1](MLP) با الگوریتم پس انتشار پیشخور[2](FFBP) می‌باشد. داده‌ها در ابتدا در یک ماتریس وارد شده و سپس به شبکه فراخوان شد. سپس داده‌ها به دو صورت ورودی و خروجی تقسیم گردید. داده‌ها ورودی‌ها شامل سوخت، کارگر، ماشین، کود، سم مورداستفاده، آب مصرفی و میزان برق مصرفی بوده و داده خروجی نیز شامل میزان عملکرد گیلاس از سه منظر هزینه، مصرف نهاده و انرژی مصرفی می‌باشد. داده‌های هر دسته به طور تصادفی به سه قسمت، ۷۰٪، ۱۵٪ و ۱۵٪ تقسیم گردید. قسمت اول برای یادگیری، قسمت دوم و سوم نیز برای ارزیابی و آزمون مدل تعیین گردید. در ادامه داده‌ها برای شبکه نرمال‌سازی شد(رابطه ۱). معادلات نرمال‌سازی، تمام داده‌ها را بین منفی یک و یک قرار می‌دهد [۷].

$$\text{Normalize(x)} = (\text{x} - \min(\text{x}))/(\max(\text{x}) - \min(\text{x})) * 2 - 1 \quad (۱)$$

شبکه مورداستفاده شبکه چندلایه‌ی پرسپترون (MLP) با الگوریتم پس انتشار پیشخور (FFBP) می‌باشد. برای آموزش داده‌ها در فضای نرم‌افزار برنامه‌ای نوشته شد. برای بهینه‌سازی مدل، چهار المان بررسی گردید. این المانها شامل الگوریتم یادگیری، تابع آستانه، تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نورُن‌های لایه‌های پنهان بودند. الگوریتم‌های یادگیری شامل دو الگوریتم، لونبرگ- مارکوارت (LM)، تنظیم بیزین (BR)، بود. توابع آستانه مورداستفاده در مدل‌سازی دو تابع تانژانت هایپربولیک سیگموید(tansig)(رابطه۲) و سیگموید لگاریتمی(logsig) (رابطه ۳) بودند[۷].

$$Y_i = \frac{2}{(1 + e^{-2X_i})} - 1 \quad (۲)$$

$$Y_i = \frac{1}{(1 + e^{-X_i})} \quad (۳)$$

لایه‌های پنهان به صورت تک لایه‌ای بررسی شد. تعداد نورُن نیز از ۲ تا ۱۰ نورُن موردبررسی قرار گرفت. سپس با برنامه نوشته شده سه المان تعداد نورُن، الگوریتم آموزش، تابع آستانه بررسی‌شده و برای تمام ترکیب‌های ایجادشده بر اساس چهار المان خطا و بقیه پارامترهای ارزیابی تعیین می‌گردد. بر اساس کمترین میانگین مربعات خطا (MSE) (رابطه۳) بهترین مدل برای هر دسته به دست آمد. پارامترهای ارزیابی دیگر شامل ضریب همبستگی۳ (r) (رابطه۵)، ضریب تعیین۴(R2) (رابطه۶)، خطای مطلق میانگین۵(Ema) (رابطه۷، انحراف معیار مطلق میانگین۶(SDma) (رابطه۸) و انحراف معیار نسبی میانگین۷(SDmr) (رابطه۹) می‌باشد. [۱، ۲ و ۷].

$$\text{MSE} = \frac{\sum_1^n (y - \hat{y})^2}{n} \quad (۴)$$

$$\text{R} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (y - \bar{y})^2 - \sum_1^n (y - \hat{y})^2}{\sum_1^n (y - \bar{y})^2}} \quad (۵)$$

$$\text{R}^2 = \frac{\sum_1^n (y - \bar{y})^2 - \sum_1^n (y - \hat{y})^2}{\sum_1^n (y - \bar{y})^2} \quad (۶)$$

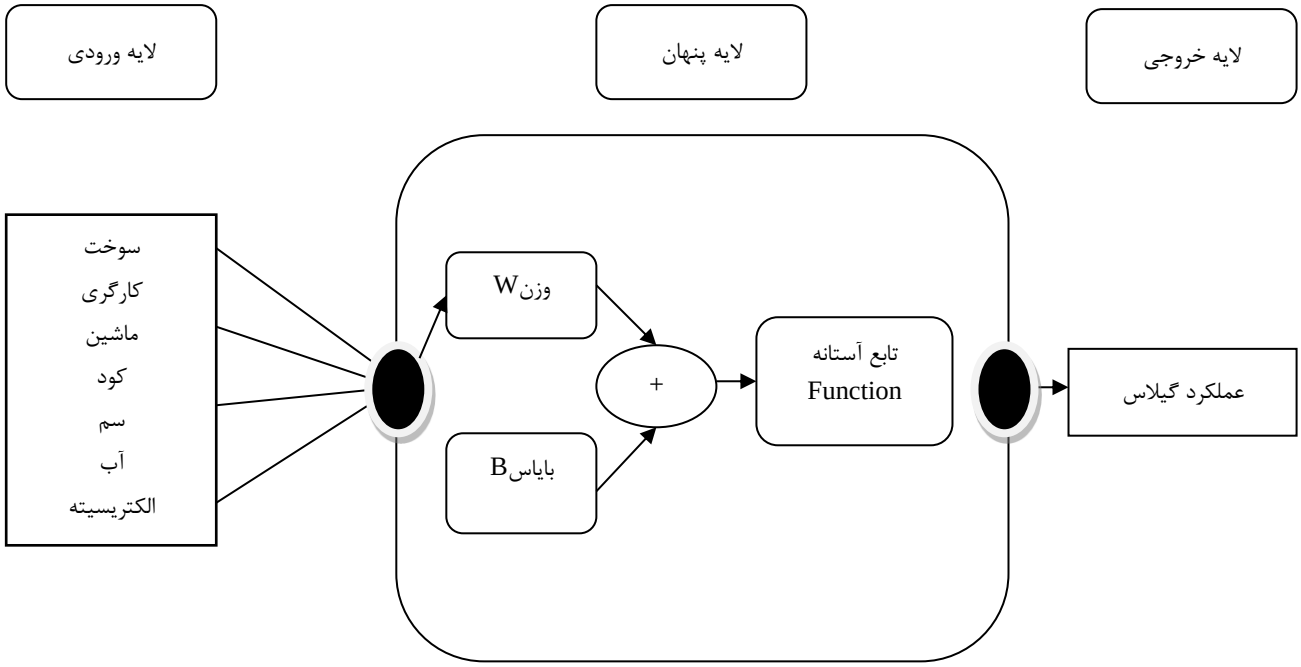
$$\text{E}_{\text{ma}} = \frac{1}{n} \sum_1^n |y - \hat{y}| \quad (۷)$$

$$\text{SD}_{\text{ma}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n \left(|y - \hat{y}| - \overline{|y - \hat{y}|}\right)^2}{n - 1}} \quad (۸)$$

1 Multi Layer Perceptron
2 Feed Forward Back Propagation
3 Correlation Coefficient
4 Coefficient of Determination
5 Absolute Mean Error
6 Standard Deviation Absolute Error
7 Standard Deviation Relative Error

$$SD_{mr} = \sqrt{\frac{\sum_1^n \left(\left|\frac{y-\hat{y}}{y}\right| - \left|\frac{y-\hat{y}}{y}\right|\right)^2}{n-1}} \quad (۹)$$

بهترین نتایج برای هر دسته‌ی آزمایشی برای الگوریتم‌های منتخب و دو تابع آستانه در دو ترکیب تعداد لایه و تعداد نورُن در جدولی ارائه شد. همچنین در برنامه نوشته شده R^2 داده‌های خروجی پیش‌بینی‌شده توسط شبکه نسبت به داده‌های خروجی واقعی نیز به دست می-آید. این اطلاعات نیز برای حالات بهینه ارائه گردید.



شکل ۱ ساختار شبکه عصبی

نتایج و بحث

الگوی مصرف انرژی

الگوی مصرف انرژی و عملکرد نهایی گیلاس در جدول ۲ خلاصه‌شده است. مقادیر متوسط برای نیروی انسانی ۴۳۷۴/۸۳، دیزل ۸۱۲۱/۴۷، کودهای شیمیایی۱۲۹۰۰/۲۳، الکتریسیته ۸۸۳/۹۵، سموم ۵۸۳/۱۷ و آب ۷۳۸/۵۴ مگاژول در هکتار به‌دست آمد. الگوی مصرف انرژی نشان می‌دهد که کود نیتروژن (۳۵/۲۱٪)، دیزل (۲۴/۷۱٪)، ماشین‌های کشاورزی (۱۶/۰۲٪) و نیروی انسانی (۱۳/۳۱٪) بیشترین انرژی را در تولید گیلاس مصرف می‌کنند. استفاده زیادکود نیتروژن ناشی از این باور اشتباه است که کشاورزان تصور می‌کنند عملکرد محصول متناسب با میزان کود مصرف‌شده افزایش می‌یابد. مصرف زیاد دیزل را می‌توان به استفاده از ماشین آلات ناکارآمد و قدیمی نسبت داد. علاوه بر این مصرف بالای انرژی نیروی انسانی به دلیل برداشت گیلاس به‌صورت دستی و غیرمکانیزه است.

جدول ۲ مقادیر انرژی ورودی و سهمشان از انرژی ورودی کل [۱۲]

ورودی‌ها و خروجی	انرژی معادل (MJ ha-1)	درصد (٪)
ورودی‌ها (واحد)		
۱- نیروی انسانی	۴۳۷۴/۸۳	۱۳/۳۱
۲- ماشین‌های کشاورزی	۵۲۶۵/۸۱	۱۶/۰۲
۳- سوخت	۸۱۲۱/۴۷	۲۴/۷۱
۴- سموم شیمیایی		
الف) علف‌کش‌ها	۱۴۶/۷۴	۰/۴۵
ب) حشره‌کش‌ها	۳۴۱/۲۸	۱/۰۴
ج) قارچ‌کش‌ها	۹۵/۲۰	۰/۲۹
۵- کودهای شیمیایی		
الف) نیتروژن	۱۱۵۷۲/۵۴	۳۵/۲۱
ب) فسفر	۶۹۵/۴۷	۲/۱۱
ج) پتاسیم	۶۳۲/۲۱	۱/۹۲
۶- آب آبیاری	۷۳۸/۵۴	۲/۲۵
۷- الکتریسیته	۸۸۳/۹۵	۲/۶۹
انرژی ورودی کل	۳۲۸۶۷/۹۹	۱۰۰
انرژی خروجی کل	۱۳۱۳۳/۷۳	

کل انرژی موردنیاز برای تولید گیلاس در این تحقیق ۳۲/۸۷ گیگاژول در هکتار به‌دست آمد و خروجی ۱۳/۱۳ گیگاژول در هکتار بود. در این مطالعه، ورودی‌های موجود موردبررسی قرار گرفت تا ترکیب بهینه ورودی انرژی با بیشترین تأثیر ورودی مشخص شود.

در جدول زیر برای هر دسته ۹ نتیجه برتر در هر دسته از داده‌ها بر اساس خطای کمتر انتخاب و آورده شد. با توجه به نتایج جداول بهینه‌سازی شبکه عصبی برای مصرف انرژی و مقدار مصرف نهاده بهترین نتیجه برای الگوریتم BR بوده ولی در دسته هزینه‌ها الگوریتم LM بهتر جواب داد. همچنین با افزایش تعداد لایه پنهان دقت شبکه بالاتر رفت. بهترین شبکه در الگوریتم BR در دسته انرژی مصرفی با یک لایه پنهان با تعداد نرون ۶ و تابع انتقال درلایه پنهان logsig و لایه خروجی tansig شد. خطای و ضریب تعیین این ترکیب به ترتیب 0.00094 و 99.71% شد. در الگوریتم LM در همین دسته با ۴ نرون در لایه پنهان و تابع انتقال tansig با خطا و ضریب تعیین 0.003026 و 99.095 بهترین نتیجه می‌باشد.

در دسته دوم بهترین شبکه در الگوریتم BR در دسته نهاده مصرفی با یک لایه پنهان با تعداد نرون ۱۰ و تابع انتقال درلایه پنهان logsig و لایه خروجی tansig شد. خطای و ضریب تعیین این ترکیب به ترتیب 0.000299 و 99.91% شد. در الگوریتم LM در همین دسته با ۸ نرون در لایه پنهان و تابع انتقال درلایه پنهان logsig و لایه خروجی tansig با خطا و ضریب تعیین 0.001383 و 99.58 بهترین نتیجه می‌باشد.

در دسته سوم بهترین شبکه در الگوریتم BR در دسته هزینه‌ها با یک لایه پنهان با تعداد نرون ۲ و تابع انتقال tansig شد. خطای و ضریب تعیین این ترکیب به ترتیب 0.000509 و 99.84% شد. در الگوریتم LM در همین دسته با ۲ نرون در لایه پنهان و تابع انتقال tansig با خطا و ضریب تعیین 0.000287 و 99.91 بهترین نتیجه می‌باشد.

در کل الگوریتم آموزش BR بهتر داده‌ها را مدل کرد. در تحقیقی پیش‌بینی تولید سیب‌زمینی و مصرف انرژی نهاده‌های ورودی و خروجی تولید توسط سیستم عصبی-فازی انجام گرفت. در این کار میزان ضریب همبستگی ۹۹,۹۹٪ رسید[۱۲]. در پژوهش دیگری با شبکه عصبی انرژی خروجی برای تولید گندم پیش‌بینی گردید. میزان ضریب تعیین با استفاده از الگوریتم LM ۸۷٪ به دست آمد[۱۵].

جدول ۳ برای پنج حالت بهینه در یک لایه پنهان الگوریتم آموزش LM و BR

سری داده‌ها	الگوریتم	تابع لایه اول	تابع لایه خروجی	لایه اول	MSE	r	R2	mae	Sdma	Sdmr
انرژی مصرفی	'trainbr'	'logsig'	'tansig'	6	0.00094	0.998616	0.997188	0.01199	0.050959	0.073668
	'trainbr'	'tansig'	'tansig'	2	0.004231	0.994631	0.987346	0.044902	0.084983	0.260529
	'trainbr'	'tansig'	'tansig'	10	0.006504	0.990357	0.980549	0.015835	0.142794	0.616638
	'trainbr'	'logsig'	'tansig'	10	0.006635	0.990203	0.980158	0.018475	0.143254	0.603009
	'trainbr'	'tansig'	'tansig'	4	0.007374	0.989148	0.977947	0.013686	0.153082	0.660154
	'trainbr'	'tansig'	'tansig'	6	0.00915	0.986544	0.972634	0.055182	0.141097	0.429983
	'trainlm'	'tansig'	'tansig'	4	0.003026	0.995533	0.99095	0.011562	0.097117	0.418867
	'trainlm'	'tansig'	'tansig'	8	0.00791	0.988302	0.976344	0.018967	0.156908	0.675338
	'trainlm'	'logsig'	'tansig'	10	0.00803	0.988129	0.975985	0.016722	0.158974	0.688876
مقدار مصرف نهاده	'trainbr'	'logsig'	'tansig'	10	0.000299	0.999563	0.999105	0.007781	0.027909	0.036799
	'trainbr'	'tansig'	'tansig'	10	0.002664	0.996296	0.992032	0.036048	0.066709	0.160397
	'trainbr'	'tansig'	'tansig'	6	0.003917	0.995035	0.988285	0.039279	0.087988	0.18392
	'trainbr'	'tansig'	'tansig'	2	0.00589	0.99127	0.982386	0.021073	0.133256	0.572406
	'trainbr'	'tansig'	'tansig'	8	0.006386	0.990524	0.980902	0.012812	0.142438	0.613007
	'trainlm'	'logsig'	'tansig'	8	0.001383	0.998171	0.995863	0.019332	0.057375	0.127934
	'trainlm'	'logsig'	'tansig'	10	0.00202	0.997256	0.993958	0.019238	0.073358	0.129321
	'trainlm'	'tansig'	'tansig'	8	0.004017	0.994048	0.987986	0.017185	0.110168	0.487564
	'trainlm'	'tansig'	'tansig'	10	0.005733	0.991543	0.982855	0.014784	0.134094	0.579358
هزینه‌ها	'trainbr'	'tansig'	'tansig'	2	0.000509	0.999309	0.998478	0.014082	0.031834	0.055477
	'trainbr'	'tansig'	'tansig'	8	0.001368	0.998081	0.995908	0.01337	0.062278	0.12909
	'trainbr'	'tansig'	'tansig'	4	0.002507	0.996281	0.992504	0.011363	0.088048	0.220138
	'trainbr'	'tansig'	'tansig'	10	0.002593	0.99615	0.992246	0.03746	0.062282	0.196968
	'trainbr'	'logsig'	'tansig'	6	0.006857	0.989925	0.979494	0.016422	0.146557	0.631223
	'trainbr'	'logsig'	'tansig'	10	0.007427	0.989036	0.977789	0.016194	0.152847	0.658327
	'trainlm'	'tansig'	'tansig'	2	0.000287	0.9996	0.999142	0.012113	0.021385	0.069446
	'trainlm'	'tansig'	'tansig'	8	0.005611	0.991691	0.98322	0.021853	0.129379	0.566067
	'trainlm'	'logsig'	'tansig'	4	0.006691	0.990063	0.97999	0.020873	0.142819	0.614542

آنالیز حساسیت

برای سه دسته در حالت‌های مختلف داده ها آموزش داده شد. در هر حالت یکی از داده‌ها ورودی حذف شده و میزان کاهش دقت آن موردبررسی قرار گرفت. هر کدام از دادهای نسبت به بقیه داده‌های ورودی بیشتر کاهش یافته به عنوان حساس ترین داده بر عملکرد می‌باشد. با بررسی انجام شده داده کارگری رابطه بیشتری نسبت به بقیه داده ها داشت. نمونه‌ای از این ارتباط در جدول زیر آورده شد. توجیه این مسئله رابطه عملکرد بالا با نیاز به کارگر برای برداشت می‌باشد. همچنین میتوان تحلیل کرد که بالاترین حساسیت در هزینه و انرژی در مقوله گیلاس کارگر می‌باشد. بر اساس ضریب تعیین برای انرژی مصرفی ، مصرف نهاده و هزینه به ترتیب میزان دقت ۱۴، ۲۲ و ۱۴درصد کاهش یافت.

جدول ۳ آنالیز حساسیت پارامترهای مؤثر در انرژی تولید گیلاس

سری داده ها	ورودی	الگوریتم	تابع لایه اول	تابع لایه خروجی	اول لایه	MSE	r	R2
انرژی مصرفی	سم	'trainbr'	'logsig'	'tansig'	6	6.25E-05	0.999912	0.999813
	تمام ورودی‌ها					0.00094	0.998616	0.997188
	الکتریسیته					0.006558	0.990327	0.980388
	آب					0.00656	0.990327	0.980381
	ماشین					0.026094	0.962329	0.921963
	سوخت					0.029076	0.957606	0.913042
	کود					0.030685	0.95405	0.908232
	کارگری					0.04807	0.925681	0.856237
مقدار مصرف نهاده	تمام ورودی‌ها	'trainlm'	'logsig'	'tansig'	2	0.003366	0.995233	0.989933
	آب					0.004123	0.993832	0.987671
	سم					0.007557	0.989017	0.9774
	الکتریسیته					0.008033	0.988827	0.975976
	سوخت					0.026539	0.961184	0.920631
	کود					0.026577	0.961553	0.920517
	ماشین					0.026759	0.960331	0.919973
	کارگری					0.078632	0.895636	0.764838
هزینه	سم	'trainbr'	'tansig'	'tansig'	2	0.000316	0.999538	0.999056
	تمام ورودی‌ها					0.000957	0.998857	0.997138
	ماشین					0.002778	0.995937	0.991693
	آب					0.002897	0.995743	0.991336
	سوخت					0.005838	0.991391	0.98254
	کود					0.005951	0.991224	0.982201
	الکتریسیته					0.011023	0.984719	0.967034
	کارگری					0.049462	0.92438	0.852076

نتیجه‌گیری

کل انرژی موردنیاز برای تولید گیلاس در این تحقیق ۳۲/۸۷ گیگاژول در هکتار به‌دست آمد و خروجی ۱۳/۱۳ گیگاژول در هکتار بود. در این مطالعه، ورودی‌های موجود موردبررسی قرار گرفت تا ترکیب بهینه ورودی انرژی با بیشترین تاثیر ورودی مشخص شود.

بهترین شبکه در الگوریتم BR در دسته انرژی مصرفی با یک لایه پنهان با تعداد نرون ۶ و تابع انتقال درلایه پنهان logsig و لایه خروجی tansig شد. خطای و ضریب تعیین این ترکیب به ترتیب 0.00094 و 99.71% شد.

در دسته دوم بهترین شبکه در الگوریتم BR در دسته نهاده مصرفی با یک لایه پنهان با تعداد نرون ۱۰ و تابع انتقال درلایه پنهان logsig و لایه خروجی tansig شد. خطای و ضریب تعیین این ترکیب به ترتیب 0.000299 و 99.91% شد.

در دسته سوم بهترین شبکه در الگوریتم LM در همین دسته با ۲ نرون در لایه پنهان و تابع انتقال tansig با خطا و ضریب تعیین 0.000287 و 99.91 بهترین نتیجه می‌باشد.

با بررسی انجام شده داده در آنالیز حساسیت کارگری رابطه بیشتری نسبت به بقیه داده ها داشت. بر اساس ضریب تعیین برای انرژی مصرفی ، مصرف نهاده و هزینه به ترتیب میزان دقت ۱۴، ۲۲ و ۱۴درصد کاهش یافت.

مراجع

۱. امیری چایجان ر.، خوش تقاضا م.ه.، منتظرغ.، مینایی س. (۱۳۸۶). تخمین رطوبت لایه‌های شلتوک در انتهای مرحلهٔ خشک شدن به کمک شبکه¬های عصبی مصنوعی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۱۳(۱):۱۱۳-۱۲۳.

۲. امیری چایجان ر.، خوش تقاضا م.ه.، منتظرغ.، مینایی س. و علیزاده م.ر. ۱۳۸۸. تخمین ضریب تبدیل شلتوک با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی درخشک کردن بستر سیال. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۸: ۲۸۵-۲۹۸.

۳. الماسی، م.، کیانی، ش.، لویمی، ن.، ۱۳۸۰. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. قم: انتشارات حضرت معصومه سلام الله علیها.

۴. وزارت جهاد کشاورزی ایران. ۱۳۹۶. آمار کشاورزی سالانه. http://www.maj.ir.

5. Bolandnazar, E., Keyhani, A., and Omid, M. 2014. Determination of efficient and inefficient greenhouse cucumber producers using Data Envelopment Analysis approach, a case study: Jiroft city in Iran. Journal of Cleaner Production, 5: 1–8
6. Brown, C.R., Haynes, K.G., Moore, M., Pavek, M.J., Hane, D.C., and Love, S.L. 2014. Stability and broad-sense heritability of mineral content in potato: copper and sulfur. American Journal of Potato Research, 91: 618–624.
7. Demuth, H., and Beale, M. 2009. Neural Network Toolbox For Use with MATLAB. The MathWorks, Inc.
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, 32:35–41.
9. FAO (Food and Agriculture Organization). Available from: www.fao.org; 2016
10. Mobtaker, H.G., Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, S.H., and Akram. A. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barely production in Hamedan Province of Iran. Agriculture Ecosystems and Environment, 137: 367–372.
11. Pahlavan, R., Omid, M., and A. Akram. 2012. Energy input-output analysis and application of artificial neural networks for predicting greenhouse basil production. Energy, 37: 171–176.
12. Rajabi-Hamedani, S., Keyhani, A., and Alimardani. R. 2011. Energy use patterns and econometric models of grape production in Hamedan province of Iran. Energy, 36: 6345–6351.
13. Salami, P., and Ahmadi. H. 2010.Energyinputsandoutputsinachickpea production system in Kurdistan, Iran. African Crop Science Journal, 18: 51–57.
14. Samavatean, N., Rafiee, S.H., Mobli, H., and Mohamadi. A. 2011. An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield, costa and income of garlic production in Iran. Renewable Energy, 36: 1808–1813.
15. Taki, M, Ajabshirchi, Y and Mahmoudi, A,. 2012. Prediction of output energy for wheat production using artificial neural networks in Esfahan province of Iran. Journal of Agricultural Technology, 8(4): 1229-1242

Prediction of Energy Consumption for Cherry Production by Soft Computing Methodology

Mohamad Hadi Movahednejad[1*], Fatemeh Nadi[2]

1. Assistant Professor of Biosystems Engineering, Water and Soil Department, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology
2. Assistant Professor, Department of Mechanics of Agriculture machinery Engineering, Azad Islamic University, Azadshahr

Abstract

The cherry on international markets has been growing because of its beautiful taste and its beautiful appearance on international markets. Effective use of energy is one of the basic needs of sustainable agriculture. Predicting the input and output energy for production was useful for farmers, governments and industry related to agriculture. One of the common methods for prediction was artificial neural network. This study was investigated in villages of north khorasan province where cherries producers are considered. Information was carried out through the questionnaire with the garden owners. In order to optimize parameters of suitable culture for the garden, three parameters of consumption energy, consumption input and cost was important. Effective indicators were extracted in the cost and consumption energy and consumption input including fuel, laborers, machines, fertilizers, chemical, used water, and electricity consumption. Finally, production performance was reported. The output data of the study consists of three categories such as energy consumption, consumption input and cost and input data including fuel, labor, machine, fertilizer, chemical, consumption water and electricity consumption. Artificial intelligence was used to determine the effect and extract the model between effective parameters on performance. In the neural network of three elements, the number of neurons, the training algorithm, the threshold function was investigated and for all the compounds created based on three elements, the error and the rest of the evaluation parameters were determined. The best network for the category of energy was consumed in the BR algorithm with a layer hidden by 6 neurons and the transfer function of logsig and the output layer tansig. The error and determination coefficient of the compound was 0.00094 and 99.71%. Respectively sensitivity analysis for the highest sensitivity in the cost and consumption of energy in the production of cherry was labor. According to the determination coefficient for energy consumption, input consumption and cost were reduced.

Key words: cherry; north of khorasan; Energy consumption; Production Predict; Artificial Neural Network

*Corresponding author
E-mail: mhmovahed@shahroodut.ac.ir