



## تحلیل انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید چای

مهرناز شرافت<sup>۱</sup>، حسین مبلی<sup>۲\*</sup>، مجید خانعلی<sup>۳</sup>

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

ایمیل مکاتبه کننده: hmobli@ut.ac.ir

### چکیده

در این مطالعه، شاخص‌های انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید چای در استان گیلان در سال زراعی ۱۳۹۳ مورد بررسی قرار گرفت. مدل‌سازی عملکرد چای تولیدی بر حسب نهاده‌های ورودی با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی انجام شد. اطلاعات موردنیاز از طریق پرسشنامه و مصاحبه حضوری با چایکاران جمع‌آوری شد. بیشترین سهم انرژی مصرفی در تولید چای مربوط به کود شیمیایی با سهم ۷۵/۹۹٪ و نیروی کارگری با سهم ۱۴/۷۲٪ می‌باشد. نسبت انرژی ۰/۴۴، بهره‌وری انرژی ۰/۵۵ کیلوگرم بر مگاژول و شدت انرژی ۲/۸۷ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه شد. همچنین مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای ۳۳۳۹۴/۵ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن معادل در هکتار محاسبه شد. بالاترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای مربوط به کود نیتروژن با سهم ۸۹/۹۲٪ و سوخت دیزل با سهم ۹/۴۸٪ می‌باشد. نتایج مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که بهترین ساختار شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد عملکرد چای با ساختار ۱-۴-۴، دارای ضریب همبستگی ۰/۹۹۸۹ و جذر میانگین مربعات خطا برابر ۰/۰۳۲۹ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انرژی مصرفی، مدل‌سازی، گازهای گلخانه‌ای، شبکه عصبی مصنوعی

### مقدمه

انرژی مورد نیاز برای انجام کارهای کشاورزی از منابع مختلف تأمین می‌شود. استفاده موثر از انرژی در بخش کشاورزی نقش اساسی در پایداری تولید، بهینه‌سازی اقتصادی سامانه، حفظ ذخایر سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی هوا دارد (رحیمی و همکاران، ۱۳۸۶). گرم شدن جهان یکی از مهم‌ترین موضوعات در قرن حاضر است. گازهای گلخانه‌ای نسبت به امواج با طول‌موج کوتاهی که از خورشید به سمت زمین ارسال می‌شود، شفاف عمل می‌کنند و برعکس طول موج‌های بلندی که از زمین به سوی خورشید ساطع می‌شود را جذب می‌کنند. بدین ترتیب، افزایش این گازها به دلیل حبس بیشتر انرژی نورانی



خورشید در کره زمین، گرم تر شدن تدریجی این کره را به دنبال خواهد داشت. براساس تحقیقات انجام شده در <sup>۱</sup> IPCC، دی-اکسید کربن با ۶۹/۶٪ بالاترین سهم را در میان گازها در نشر آلاینده‌گی بر عهده داشته است (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۲).

ایجاد یک مدل بین نهاده‌های انرژی و ستانده یا پارامترهای خروجی سامانه مورد مطالعه، اطلاعات مفیدی از تأثیر هر یک از نهاده‌ها بر عملکرد محصولات در اختیار قرار خواهد داد (موسوی اول و همکاران، ۲۰۱۱). مدل‌سازی مصرف انرژی از جمله اصلی‌ترین روش‌های تحلیل انرژی مصرفی در یک سامانه می‌باشد که می‌تواند در کاهش انرژی مصرفی بسیار سودمند واقع شود. مصرف بی‌رویه انرژی باعث انتشار آلاینده‌ها از جمله گازهای گلخانه‌ای و پیدایش گرمایش زمین و هم چنین اثرات مخرب زیست‌محیطی می‌شود (زنگنه و همکاران، ۲۰۱۰).

مطالعات متعددی در خصوص مدل‌سازی مصرف انرژی بر استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی <sup>۲</sup> (ANN) برای پیش‌بینی عملکرد محصولات کشاورزی گوناگون انجام شده است. به طور کلی، مطالعات انجام شده در خصوص بررسی انرژی مصرفی در تولید چای بسیار اندک می‌باشند. عمادی و همکاران به بررسی انرژی مصرفی جهت تولید بادام زمینی در استان گیلان پرداختند. نتایج نشان داد که مجموع انرژی‌های ورودی و کارایی انرژی به ترتیب ۱۹۴۰۷/۳۶ مگاژول بر هکتار و ۳/۹۲ می‌باشد (عمادی و همکاران، ۲۰۱۵). پیشگر کومله و همکاران، در مطالعه خود پیرامون مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن در کشت سیب‌زمینی در استان اصفهان نشان دادند که مقدار کل انرژی مصرفی و دی‌اکسید کربن منتشر شده به ترتیب ۴۷ گیگاژول و برهکتار و ۹۹۲/۸۸ kg CO<sub>2</sub>eq بوده است. آن‌ها بیان کردند که بیشترین انرژی مصرفی متعلق به کودهای شیمیایی (۴۹٪) و به ویژه نیتروژن (۴۰٪) بوده است (پیشگر کومله و همکاران، ۲۰۱۲). تاکی و همکاران، شبکه‌های عصبی مصنوعی مختلفی را به منظور پیش‌بینی انرژی خروجی در تولید ذرت علوفه‌ای در استان اصفهان به کار گرفتند. نتایج حاصل از شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که ساختار ۱-۵-۵-۸ یعنی یک شبکه با پنج نرون در لایه‌های مخفی اول و دوم، مناسب‌ترین مدل برآورد انرژی خروجی ذرت علوفه‌ای می‌باشد (تاکی و همکاران، ۲۰۱۲).

هدف از این مطالعه، تعیین شاخص‌های انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و مدل‌سازی تولید چای به کمک شبکه عصبی مصنوعی در استان گیلان می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

استان گیلان یکی از مهم‌ترین مراکز کشاورزی در کشور است. این استان در ۳۶ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار قرار گرفته است (GYS، ۲۰۱۱). سطح زیر کشت باغات چای ایران در حدود ۳۲ هزار هکتار است که استان گیلان با سطح زیر کشت ۲۴ هزار هکتار، بزرگ‌ترین تولیدکننده چای در کشور محسوب می‌شود (MAJ، ۲۰۱۱).

<sup>۱</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change

<sup>۲</sup> Artificial Neural Networks



## انرژی

اطلاعات مورد نظر شامل نهاده‌های مختلف در تولید چای توسط پرسشنامه و مصاحبه حضوری با چایکاران گیلانی در سال زراعی ۹۳ جمع‌آوری شد. مقادیر نهاده‌ها (نیروی کارگری، ماشین، کودهای شیمیایی و سوخت دیزل) و ستانده (عملکرد چای) به ازای هر هکتار محاسبه شدند. برای تعیین میزان انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده از ضرایب انرژی متناظر با هریک استفاده شد. در زمینه کشاورزی می‌توان انرژی را به دو گروه مستقیم و غیرمستقیم طبقه‌بندی کرد. انرژی مستقیم به صورت مستقیم و بدون واسطه باعث انجام کار و فعالیت می‌شود. انرژی ماهیچه‌ای، انرژی حاصل از نیروی دام، انواع سوخت‌ها و الکتریسیته مثال‌هایی از انرژی مستقیم هستند. 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 می‌باشند (خوشنویسان و همکاران، ۲۰۱۳).

جدول ۱. انرژی معادل نهاده‌های استفاده شده در تولید چای.

عنوان	واحد	محتوی انرژی (MJ/Unit)	منبع
نهاده			
نیروی کارگری	h	۱/۹۶	(بیجاکا و همکاران، ۲۰۱۰)
ماشین‌ها	kg	۶۲/۷	(مبتکر و همکاران، ۲۰۱۰)
سوخت دیزل	L	۴۸/۷	(کیتانی و همکاران، ۱۹۹۹)
کودهای شیمیایی			
نیترژن	kg	۷۸/۱	(ازکان و همکاران، ۲۰۰۴)
فسفات	kg	۱۷/۴	(محمدی و همکاران، ۲۰۰۸)
ستانده			
چای	kg	۰/۸	(ازکان و همکاران، ۲۰۰۳)

بعد از معرفی انرژی ورودی و خروجی، شاخص‌های انرژی از قبیل بهره‌وری انرژی، نسبت انرژی و انرژی خالص محاسبه شدند. شاخص‌های بهره‌وری انرژی و نسبت انرژی به ترتیب معادل نسبت عملکرد محصول به انرژی ورودی و نسبت انرژی خروجی به



انرژی ورودی می‌باشند (محمدی و همکاران، ۲۰۰۸). انرژی خالص به دست آمده یا افزوده خالص انرژی، تفاضل انرژی خروجی و ورودی است (ازکان و همکاران، ۲۰۰۳).

### نشر گازهای گلخانه‌ای

روش محاسبه نشر گازهای گلخانه‌ای، نیز تا حدود زیادی مشابه روش انرژی می‌باشد. میزان  $CO_2$  تولید شده با ضرب نهاد مصرف شده شامل ماشین‌ها، سوخت دیزل و کود شیمیایی در ضریب انتشار مربوطه که در جدول ۲ ارائه شده است محاسبه شد.

جدول ۲. ضرایب نشر گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های کشاورزی

منبع	هم‌ارز کربن دی‌اکسید ( $kgCO_2eq./unit$ )	واحد	بخش
(دایر و همکاران، ۲۰۰۶)	۰/۰۷۱	MJ	ماشین‌ها
(دایر و همکاران، ۲۰۰۳)	۲/۷۶	L	سوخت دیزل
(پاتاک و همکاران، ۲۰۰۷)	۰/۳	Kg	کودهای شیمیایی
(پاتاک و همکاران، ۲۰۰۷)	۰/۲		نیتروژن
			فسفات

### مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی، سیستم‌های دینامیکی هستند که با پردازش روی داده‌های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند. برخی مزایای شبکه‌های عصبی مصنوعی را می‌توان به قابلیت مدل‌سازی سیستم‌های غیرخطی با پیچیدگی دلخواه، قابلیت تعلیم، قابلیت تحمل آسیب، قابلیت ترمیم و سرعت بالای پردازش به علت پردازش موازی بیان کرد (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۹).

برای مدل‌سازی عملکرد چای در منطقه، انرژی‌های نیروی کارگری، ماشین‌آلات، سوخت دیزل و کود شیمیایی به عنوان متغیرهای ورودی و عملکرد چای به عنوان خروجی شبکه در نظر گرفته شدند. در این مطالعه، ۷۰ درصد از داده‌ها برای آموزش، ۱۵ درصد برای اعتبارسنجی و ۱۵ درصد برای تست شبکه اختصاص یافت. در این تحقیق از الگوریتم یادگیری لونیگ-مارکوات برای بهنگام‌سازی وزن‌های شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. این الگوریتم یکی از پرکاربردترین الگوریتم‌های یادگیری می‌باشد که آموزش شبکه را بسیار سریع انجام داده و سطح خطای موجود را حداقل می‌سازد. نرم‌افزار *MATLAB (R2013a)* برای پیاده‌سازی مدل بکار گرفته شد. برای یافتن شبکه‌ای با توپولوژی مناسب، شاخص‌های آماری جذر میانگین مربعات خطا (*RMSE*)، میانگین قدرمطلق خطا (*MAE*)، ضریب تبیین ( $R^2$ ) و میانگین خطای مطلق (*MAPE*) (روابط ۱ تا ۴) مورد استفاده قرار گرفت (رحمان و بلا، ۲۰۱۰).



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

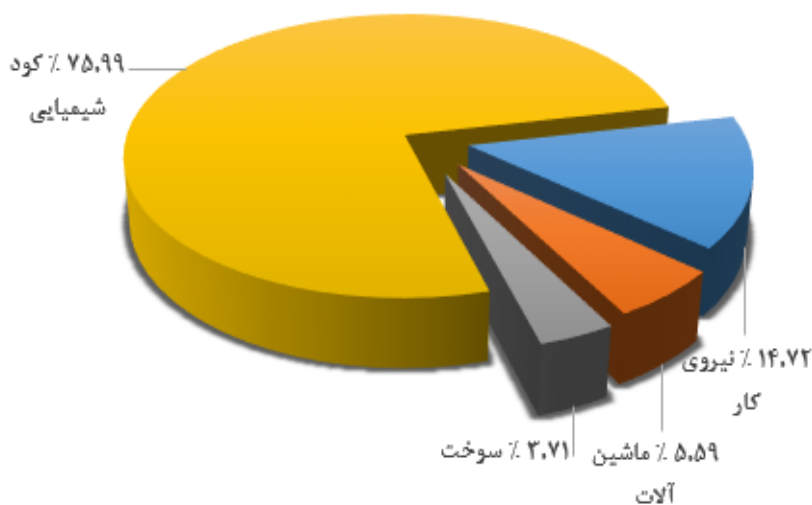
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - A_i)^2} \quad (2)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{|P_i - A_i|}{A_i} \times 100 \right) \quad (3)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - A_i| \quad (4)$$

### نتایج و بحث

شکل ۱ سهم انرژی نهاده‌های مصرفی در تولید چای در استان گیلان را نشان می‌دهد. کود شیمیایی با متوسط انرژی ۲۳۴۹۲/۶۰ مگاژول بر هکتار و با سهم ۷۵/۹۹٪ به عنوان پراستفاده‌ترین نهاده بوده و درصد عمده‌ای از انرژی ورودی را شامل می‌شود. بعد از آن به ترتیب نیروی کارگری با ۴۵۴۹/۷۸ مگاژول بر هکتار و با سهم ۱۴/۷۲٪ و ماشین‌آلات (شامل دستگاه هرس و برداشت) با ۱۷۲۷/۸۹ مگاژول بر هکتار و با سهم ۵/۵۹٪ و سوخت دیزل با ۱۱۴۶/۴۴ مگاژول بر هکتار و سهم ۳/۷۱٪ از کل انرژی مصرفی قرار دارند.



شکل ۱. سهم انرژی نهاده‌های مصرفی در کل انرژی مصرفی تولید چای.

جدول ۳ شاخص‌های انرژی در تولید چای را نشان می‌دهد. مقدار نسبت انرژی ۰/۴۴ برآورد گردید. نسبت انرژی کمتر از یک نشان‌دهنده این مطلب است که در مقابل صرف مقدار مشخصی انرژی برای تولید، مقادیر کمتری انرژی تولید می‌شود. محمدی و همکاران مقدار نسبت انرژی برای تولید سیب زمینی را ۱/۲۵ برآورد کردند (محمدی و همکاران، ۲۰۰۸).



مقدار بهره‌وری انرژی ۰/۵۵ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد. این بدین معناست که برای هر واحد انرژی مصرف شده ۰/۵۵ کیلوگرم محصول به دست می‌آید. شدت انرژی و افزوده خالص انرژی به ترتیب ۲/۷۸ مگاژول بر کیلوگرم و ۱۹۷۶۸/۴۵ مگاژول بر هکتار به دست آمد. این نشان می‌دهد در تولید محصول انرژی به دست آمده است. بلوکی و همکاران، در مطالعه‌ای پیرامون میزان انرژی مصرفی تولید شلتوک دو رقم برنج بومی و پرمحصول در شهرستان بندرانزلی، بهره‌وری انرژی تولید رقم بومی و پرمحصول را به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۱۲ کیلوگرم بر مگاژول و افزوده خالص انرژی را به ترتیب ۲۴۳۰۳ و ۳۸۱۷۸/۴ مگاژول بر هکتار برآورد کردند (بلوکی و همکاران، ۱۳۸۹).

مقدار انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به ترتیب برابر با ۵۶۹۶/۲۲، ۲۵۲۲۰/۵۰، ۴۵۴۹/۷۸ و ۲۶۳۶۶/۹۴ به دست آمد. ۱۸/۴۲٪ از انرژی کل مستقیم و ۸۱/۵۸٪ غیرمستقیم بود و سهم انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به ترتیب ۱۴/۷۲٪ و ۸۵/۲۸٪ بود که سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر بسیار بیشتر از تجدیدپذیر بود. قاسمی مبتکر و همکاران میزان مصرف انرژی برای تولید یونجه در استان همدان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که سهم انرژی مستقیم از کل انرژی ۸۳/۸۸٪ و انرژی غیرمستقیم ۱۶/۱۲٪ بود. همچنین سهم انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به ترتیب ۰/۹۵٪ و ۹۹/۰۵٪ گزارش شد (قاسمی مبتکر و همکاران، ۱۳۸۹).

جدول ۳. شاخص‌های انرژی در تولید چای

درصد (%)	متوسط	واحد	نهادها
-	۰/۴۴	-	نسبت انرژی
-	۰/۵۵	Kg/MJ	بهره‌وری انرژی
-	۲/۸۷	MJ/Kg	شدت انرژی
-	۱۹۷۶۸/۴۵	MJ/ha	افزوده خالص انرژی
۱۸/۴۲	۵۶۹۶/۲۲	MJ/ha	انرژی مستقیم
۸۱/۵۸	۲۵۲۲۰/۵۰	MJ/ha	انرژی غیرمستقیم
۱۴/۷۲	۴۵۴۹/۷۸	MJ/ha	انرژی تجدید پذیر
۸۵/۲۸	۲۶۳۶۶/۹۴	MJ/ha	انرژی تجدید ناپذیر
۱۰۰	۳۰۹۶۰/۷۲	MJ/ha	کل انرژی

آذرپور و همکاران به ارزیابی ترازنامه انرژی و شاخص‌های آن در تولید بادام‌زمینی پرداختند. آنها کل انرژی ستانده از بادام‌زمینی را ۸۲۵۰۰ مگاژول بر هکتار ارزیابی کردند، همچنین کودهای شیمیایی با ۲۹ درصد بیشترین سهم مصرف انرژی را داشتند، کارایی انرژی خروجی به ورودی ۳/۵ و بهره‌وری انرژی ۰/۱۴ کیلوگرم بر مگاژول برآورد شد (آذرپور و همکاران، ۲۰۱۲).

بهترین مدل‌های شبکه برای پیش‌بینی عملکرد چای، مدل با ساختار ۱-۱۴-۴ با ۴ ورودی، یک لایه مخفی با ۱۴ نرون و یک لایه خروجی با یک پارامتر خروجی تعیین شد. ملاک ارزیابی شاخص‌های  $R^2$ ،  $MAPE$ ،  $RMSE$  و  $MAE$  بود. این مدل بیشترین مقدار  $R^2$  را در بین مدل‌های اجرا شده دارا بود و از سویی دیگر نیز کمترین مقادیر  $MAE$  و  $MAPE$  و  $RMSE$  را به خود اختصاص داد. ارزش خروجی مدل در ارتباط با عملکرد واقعی دارای ضریب تشخیص ۰/۹۹۸۹ بود همچنین  $MAE$  برابر ۰/۰۰۵۰،  $RMSE$  برابر با



۰/۳۲۹ و  $MAPE$  برابر ۰/۳۶۶۷ بود. با این نتایج می‌توان ساختار ۱-۱۴-۴ را به عنوان ساختار بهینه در مدل‌سازی انرژی مصرفی برای برآورد عملکرد چای در استان گیلان به شمار آورد. خوشنویسان و همکاران در مطالعه‌ای پیرامون مدل‌سازی انرژی مصرفی و نشر گازهای گلخانه‌ای در تولید سیب‌زمینی استان اصفهان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، ساختار ۲-۸-۱۲ را به عنوان بهترین مدل تعیین و مقدار ضریب تبیین را برای عملکرد و نشر گاز به ترتیب ۰/۹۸ و ۰/۹۹ اعلام نمودند (خوشنویسان و همکاران، ۲۰۱۴).

نتایج حاصل از انتشار گازهای گلخانه‌ای از تولید چای در جدول ۴ نشان داده شده است. بالاترین مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای به کود نیتروژن با سهم ۸۹/۹۲ درصد از کل انتشار تعلق دارد. بعد از آن سوخت دیزل با ۹/۴۸ درصد قرار دارد. کمترین مقدار نشر گازهای گلخانه‌ای مربوط به کود فسفات با ۰/۲۴ درصد به دست آمد.

مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان  $33394/15 \text{ eq } ha^{-1} kgco_2$  محاسبه شد (جدول ۴).

جدول ۴. میزان نشر گازهای گلخانه‌ای در تولید چای

درصد (%)	ضریب $GHG$ ( $kgco_2eq \text{ } ha^{-1}$ )	نهادها
۰/۳۷	۱۲۲/۶۸	ماشین
۹/۴۸	۳۱۶۴/۱۸	سوخت دیزل کودهای شیمیایی
۸۹/۹۲	۳۰۰۲۸/۵۵	نیتروژن
۰/۲۴	۷۸/۷۴	فسفات
۱۰۰	۳۳۳۹۴/۱۵	جمع کل

قهدریجانی و همکاران میزان کل نشر گازهای گلخانه‌ای در تولید گندم استان اصفهان را  $874/97 \text{ eq } ha^{-1} kgco_2$  برآورد نمودند (قهدریجانی و همکاران، ۲۰۱۳).

## نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعه حاضر نتایج زیر حاصل گردید:

کل انرژی مصرفی برای تولید چای  $30916/72$  مگاژول بر هکتار محاسبه شد؛ که بالاترین سهم انرژی مربوط به کود شیمیایی و کمترین مقدار مربوط به سوخت می‌باشد.

نسبت انرژی ۰/۴۴، بهره‌وری انرژی ۰/۵۵ کیلوگرم بر مگاژول و شدت انرژی ۲/۸۷ مگاژول بر کیلوگرم تعیین شد.

مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای  $33394/5 \text{ kg } co_2 \text{ eq } ha^{-1}$  تخمین زده شد. بالاترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای مربوط به کود نیتروژن و سوخت دیزل می‌باشد.

نتایج شبکه عصبی نشان داد که بهترین ساختار برای مدل‌سازی عملکرد چای ۱-۱۴-۴ بوده و ضریب همبستگی ۰/۹۹۸۹ برآورد شد.



نتایج این مطالعه نشان داد که میزان مصرف کودهای شیمیایی در تولید فندق در منطقه مورد مطالعه کارا نیست که این به دلیل عدم آزمایش‌های خاک در منطقه می‌باشد. اگر کشاورزان از کودهای شیمیایی بیشتر از مقدار توصیه شده استفاده کنند، موجب افزایش هزینه‌های تولید و مشکلات زیست محیطی شده و سلامت انسانها را به خطر می‌اندازد، بنابراین مهمترین راه مدیریت انرژی برای تولید چای کاهش مصرف کودهای شیمیایی به خصوص کود نیتروژن و توسعه مکانیزاسیون در منطقه مورد مطالعه است. برای این منظور انجام آزمون بافت خاک و تعیین مقادیر صحیح اعمال کود و تشویق کشاورزان برای استفاده از کودهای آلی (حیوانی) و ارگانیک بیشتر باتوجه به نتایج آزمایش‌های خاک و نظر کارشناسان منطقه، برگزاری کلاس‌های آموزشی و چاپ بروشور برای کشاورزان جهت اجرای روش‌های صحیح مصرف نهاده و استفاده از ماشین‌ها توصیه می‌شود.

### منابع و مأخذ

۱. بلوکی، م. کیهانی، ع. رفیعی، ش. ۱۳۸۹. مقایسه میزان انرژی مصرفی و تحلیل اقتصادی در تولید شلتوک برنج؛ مطالعه موردی شهرستان بندرانزلی. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، تهران.
۲. رحیمی، م. مدنی، ح. رضادوست، س. مهربان، ا. ۱۳۸۶. تجزیه و تحلیل انرژی در بوم‌نظام‌های کشاورزی و راهکارهای افزایش کارایی انرژی، ششمین همایش ملی انرژی، تهران.
۳. سلطانی، س. سرداری، س. شیخ‌پور، م. موسوی، ص. ۱۳۸۹. شبکه‌های عصبی مصنوعی، انتشارات جنگل.
۴. قاسی مبتکر، ح. اکرم، ا. کیهانی، ع. ۱۳۸۹. مقایسه میزان مصرف انرژی در اندازه‌های مختلف مزارع برای تولید یونجه در استان همدان، ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، تهران.
۵. کوچکی، ع. نصیری محلاتی، م. سلطانی، ا. شریفی، ح. کمالی، غ. رضوانی مقدم، پ. ۱۳۸۲. شبیه‌سازی تغییرات آب و هوایی ایران در شرایط دوبرابر شدن غلظت  $CO_2$  به وسیله مدل‌های عمومی گردش، مجله بیابان، جلد ۸، شماره ۲، ص ۱۷۸-۱۹۲.
6. Azarpour, E. Moraditochae, M. Bozorgi, HR. 2012. Evaluation energy balance and energy indices of peanut production in north of Iran, Afri. J. Agri. Res, Vol. 7(16), 2569-2574.
7. Bojaca, CR. Schrevens, E. 2010. Energy assessment of peri-urban horticulture and its uncertainty: case study for Bogota, Colombia. Energy, Vol. 35(5), 2109-2118.
8. Dyer, J.A. Desjardins, R.L. 2006. Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada, 2006. Biosystem Engineering, Vol. 93(1), 107-118.
9. Dyer, J.R. Desjardins, R.L. 2003. Simulated farm field work, energy consumption and related greenhouse gas emissions in Canada. Biosyst. Eng. Vol. 85(4), 503-513.
10. Emadi, B. Nikkhah, A. Khojastehpour, M. Payman, S.H. 2015. Effect of farm size on energy consumption and input costs of peanut production in Guilan Province. Journal of Agriculture Machinery Engineering, Vol. 5(1).
11. Ghahderijani, M. Pishgar-Komleh, SH. Keyhani, A. Sefeedpari, P. 2013. Energy analysis and life cycle assessment of wheat production in Iran. Afri. J. Agri. Res, Vol. 8, 1929-1939.
12. GYS. 2011. Guilan of Statistical yearbook. Available at: <http://amar.gilan.ir> (In Perisian).
13. Khoshnevisan, B. Rafiee, SH. Omid, M. Mousazadeh, H. Rajaefar, MA. 2014. Application of artificial neural networks for prediction in Iran. Agri. Sys, Vol. 123, 120-127.





14. Khoshnevisan, B. Rafiee, SH. Omid, M. Yousefi, M. Movahedi, M. 2013. Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in Wheat production in Esfahan Province of Iran using artificial neural networks. *Energy*, Vol. 55, 333-338.
15. Kittani, O. 1999. *Energy and Biomass engineering*. CIGR handbook of agricultural engineering, ASAE Publication, St Joseph, MI.
16. MAJ. 2011. Ministry of Jihand-e-Agriculture of Iran, Annual agriculture statistics, Available at: <http://www.maj.ir> (In Persian).
17. Mobtaker, HG. Keyhani, Mohammadi, A. Rafiee, SH. Akram, A. 2010. Sensitivity analysis if energy input for barely production, *Agri. Eco. Environ*, Vol. 137, 367-372.
18. Mousavi-Avval, SH. Rafiee, SH. Jafari, A. Mohammadi, A. 2011. Energy flow modeling and sensitivity analysis of input for canola production in Iran, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 16, 1464-1470.
19. Mohammadi, A. Tabatabaeefar, A. Rafiee, S. Rafiee, SH. Keyhani, A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil Province. *Energy convers. Manage*, Vol. 49, 3566-3570.
20. Mohammadi, A. Tabatabaeefar, A. Rafiee, SH. Keyhani, A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study. *Energy Conversion and Management*, Vol. 49, 3566-3570.
21. Ozkan, B. Akcaoz, H. Fert, C. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, Vol. 29, 39-51.
22. Ozkan, B. Akcoaz, H. Karadcniz, F. 2003. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. *Energy Conversion & Management*, Vol. 44, 46-56.
23. Pathak, H. Wassmann, R. 2007. Introducing greenhouse gas emissions as a development objective in rice-based agriculture: I. Generation of technical Coefficient. *Agric, Syst*, Vol. 94, 807-825.
24. Pishgar-Komleh, SH. Ghahderijani, M. Sefeedpari, P. 2012. Energy consumption and  $CO_2$  emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 33, 183-191.
25. Rahman, M.M. Bala, B.K. 2010. Modeling of jute production using artificial neural networks. *Biosystems Engineering*, Vol. 105, 333-340.
26. Taki, M. Mahmoudi, AH. Ghasemi Mobtaker, H. Rahbari, H. 2012. Energy consumption and modeling of output energy with multilayer feed-forward neural network for corn silage un Iran. *Agriculture Engineering International: CIGR Journal*, Vol. 14(4), 93-101.
27. Zanganeh, M. Omid, M. Akram, A. 2010. A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan Province of Iran. *Energy* Vol. 35, 2927-2933.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



## Analysis of energy consumption and greenhouse gas emission in tea production

### Abstract

In this project, indicators of energy and greenhouse gas emission of tea production were carried out in Guilan Province in the agricultural year 1393. Modeling of tea function in terms of input elements using artificial neural network was performed. The data were collected from tea farmers either being interviewed or filling the questionnaires. Most of energy consumption in tea production was related to chemical fertilizer with a share of 75.99% and labor with a share of 14.72%. The energy ratio, energy productivity and specific energy were calculated as 0.44, 0.55 kg/MJ and 2.87 MJ/kg, respectively. Also, the total emission of greenhouse gas was calculated 33394/5 kgco<sub>2</sub>eq/ha. The highest value of GHG emission belonged to Nitrogen with a share of 89.92% and diesel fuel with a share of 9.48%. Artificial neural network modeling results showed that the best structure of artificial neural network to predict the function of tea was 4-14-1 structure. Correlation coefficient and Root Mean Square Error were calculated as 0.9989 and 0.0329, respectively.

**Keywords:** Energy Consumption, Modeling, Greenhouse Gas, Artificial Neural Network