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

مدل‌سازی مصرف انرژی در تولید محصول گلخانه ای خیار شهرستان جیرفت با روش شبکه عصبی فازی (ANFIS)

الهام بلندنظر[۱]، علیرضا کیهانی[۲]، محمود امید[۲]

۱ و ۲ – به ترتیب کارشناس ارشد و استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری دانشگاه تهران

ایمیل مکاتبه کننده: Elham_bolandnazar@yahoo.com

چکیده

بخش کشاورزی به عنوان با اهمیت‌ترین بخش تولیدکننده مواد غذایی است که نه‌تنها مصرف‌کننده، بلکه عرضه کننده انرژی نیز شناخته شده است. استفاده از انرژی به عنوان یک پارامتر مفید برای تجزیه و تحلیل و ارزیابی پایداری کشاورزی در نظر گرفته شده است. لذا در این تحقیق، به بررسی الگوی مصرف انرژی در گلخانه‌های خیار در شهرستان جیرفت از استان کرمان پرداخته شده است. کل انرژی ورودی مورد نیاز در تولید محصولات خیار برابر با ۲۹٦٦۰۱/٤ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. نهاده سوخت فسیلی با سهم ٦۰/۳۸ درصد از کل انرژی ورودی در تولید خیار بیشترین انرژی مصرفی بود. در این مطالعه روش‌های شبکه‌های عصبی- فازی برای مدل‌سازی عملکرد در تولید خیار به کار برده شد. نتایج نشان داد که بهترین مدل پیشنهادی جهت مدل‌سازی عملکرد محصول خیار دارای ضریب همبستگی، RMSE و MAPE برابر ۰/۹۸۷٤، ۰/۰۲۸٤ kg/ha و ۰/۱۵٪ بود. از نتایج فوق چنین می‌توان گفت که روش عصبی- فازی می‌تواند به خوبی به پیش‌بینی و مدل‌سازی عملکرد محصول خیار بپردازد.

واژه‌های کلیدی: گلخانه خیار، شهرستان جیرفت، شبکه عصبی فازی

مقدمه

کشت محصولات کشاورزی در گلخانه از تاریخچه طولانی برخوردار نیست و تقریباً از حدود نیم قرن گذشته، در ایران آغاز شده است. با این حال کشت گلخانه‌ای که در سال‌های اخیر رشد شایان توجهی داشته است، به دلیل ماهیت تولید در خارج فصل، دارای مصرف بالای انرژی می‌باشد. در طول این مدت، تحول چندانی در زمینه کنترل عوامل محیطی در ایران صورت نگرفته و تجهیزات خاص این رشته نه تنها در داخل کشور ساخته نشده است، بلکه به علت عدم شناخت گلخانه‌داران نسبت به این تجهیزات، از کشورهای خارجی نیز وارد نشده است. به همین دلیل بازده و عملکرد در واحد سطح گلخانه‌ها در کشور ما بسیار پایین‌تر از کشورهای خارجی است. با استفاده از نتایج این تحقیق و با شناخت دقیق روند تولید خیار گلخانه‌ای و تعیین میزان انرژی مورد نیاز برای تولید این محصول در

کل فرآیند تولید اعم از کاشت، داشت و برداشت و همچنین تعیین سهم هر یک از منابع تأمین کننده انرژی مورد نیاز در کل فرآیند تولید، می‌توان در تدوین برنامه و نیازهای آتی بخش کشاورزی به منابع مختلف انرژی، با شناخت بهتری عمل نمود (امامی میبدی، ۱۳۷۹؛ غجه‌بیگ، ۱۳۸۸). حیدری و امید در پژوهشی به بررسی میزان مصرف انرژی و همچنین تجزیه و تحلیل اقتصادی در گلخانه‌های خیار و گوجه فرنگی استان تهران پرداختند. بیشترین سهم انرژی ورودی مربوط به نهاده‌های سوخت دیزل و کود شیمیایی بود (Heidari and Omid, 2010).

ندرلو و همکاران از روش داده‌کاوی ANFIS برای پیش‌بینی عملکرد گندم آبی در شهرستان آبیک واقع در استان قزوین استفاده کردند. به دلیل تعداد زیاد ورودی‌ها (۸ ورودی) برای ANFIS، انرژی‌های ورودی به دو گروه تقسیم و سه شبکه آموزش دیدند. ورودی‌ها برای ANFIS1، انرژی‌های سوخت دیزل، کود و الکتریسیته و برای ANFIS2، انرژی نیروی کارگری، ماشین، سموم شیمیایی، آبیاری و بذر بودند. مقدارهای RMSE و R2 به ترتیب ۰/۰۱۳ و ۰/۹۹٦ برای ANFIS1 و ۰/۰۱۸ و ۰/۹۹۲ به ترتیب برای ANFIS2 به‌دست آمدند. این نتایج نشان داد که ANFIS1 و ANFIS2 به خوبی می‌توانند عملکرد را پیش‌بینی کنند. در نهایت مقدارهای پیش‌بینی شده از دو شبکه به عنوان ورودی‌ها در ANFIS3 استفاده شد. نتایج نشان داد که ورودی‌های انرژی در ANFIS1 تاثیر زیادی در عملکرد نهایی محصول نسبت به دیگر ورودی‌های انرژی داشتند. همچنین مقدارهای RMSE و R^2 برای ANFIS3 به ترتیب ۰/۰۱۳ و ۰/۹۹٦ به دست آمد. این نتایج نشان داد کهANFIS1 و شبکه ترکیب شده (ANFIS3) هر دو می توانند عملکرد محصول را با دقت بالایی پیش‌بینی کنند (Naderloo et al, 2012).

مواد و روش‌ها

شهرستان جیرفت با وسعت ۸٦۰۲ کیلومتر مربع معادل ٤/٦٥ درصد استان کرمان را به خود اختصاص داده است. شهرستان جیرفت در ۲۸ درجه و ٤۰ دقیقه عرض جغرافیایی و ۵۷ درجه و ٤٤ دقیقه طول جغرافیایی قرار دارد. جنوب کرمان (شامل شهرستان‌های جیرفت، کهنوج، عنبر آباد، منوجان، رودبارجنوب ،قلعه گنج و فاریاب) در سال ۹۰-۱۳۸۹ دارای سطح زیر کشت ۱۲۵۰ هکتار محصولات جالیزی گلخانه ای و تولید ۲۰۸٤٥٤ تن می‌باشد. این منطقه با سطح زیر کشت ۱۰۰۵ هکتار خیار گلخانه‌ای مقام سوم را از نظر سطح زیر کشت این محصول بعد از استان تهران و یزد دارد (Anonymous, 2013). برای انجام این تحقیق به منظور تعیین میزان انرژی نهاده‌های مصرفی در گلخانه‌های خیار و ارزیابی گلخانه‌ها تعداد ٦۰ پرسشنامه تهیه شد.

برای تعیین میزان انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده‌ها از ضرایب انرژی متناظر با هر یک که در مطالعات پیشین مورد استفاده قرار گرفته‌اند، بهره گرفته شد. جهت محاسبه انرژی ورودی و خروجی معادل هر یک از نهاده‌ها و ستانده‌ها، میزان مصرف هر یک از آن‌ها در ضریب هم‌ارز انرژی آن نهاده یا ستانده ضرب شد. ضرایب هم‌ارز انرژی برای نهاده‌ها و ستانده‌ها در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۱- محتوای انرژی نهاده ها و ستانده ها در تولید خیار

نهاده	هم‌ارز انرژی(MJ/Unit)	مرجع
نهاده‌ها		
۱. نیروی انسانی (h)	۱/۹٦	(Yaldiz et al, 1993)
۳. کودها (kg)		
ازته	٦٦/۱٤	(Shrestha, 1998)
فسفاته	۱۲/٤٤	(Shrestha, 1998)
پتاسه	۱۱/۱٥	(Shrestha, 1998)
کود دامی	۰/۳	(Singh, 2002)
٤. سموم شیمیایی (kg)	۱۲۰	(Singh, 2002)
٥. سوخت (L)	٥٦/۳۱	(Singh, 2002)
٦. الکتریسیته (kWh)	۱۱/۹۳	(Nassiri et al, 2009)
۷. آب آبیاری (m^3)	۱/۰۲	(Acaroglu, 1998)
۸. بذر (kg)	۱	(Singh, 2002)
ستانده‌ها		
خیار (kg)	۰/۸	(Ozkan et al, 2004)

نظریه مجموعه‌های فازی اولین بار در سال ۱۹٦٥ توسط عسگرزاده، دانشمند ایرانی تبار و استاد دانشگاه برکلی امریکا با معرفی نظریه مجموعه‌های فازی مقدمات مدل‌سازی اطلاعات نادقیق و استدلال تقریبی با معادله‌های ریاضی ایجاد گردید که در نوع خود تحولی عظیم در ریاضیات و منطق کلاسیک به‌وجود آورد. در سامانه‌های پیچیده‌ای که درک آن‌ها مشکل می‌باشد و یا مسائلی که وابسته به استدلال، تصمیم‌گیری و استنباط بشری هستند، منطق فازی به‌عنوان ابزاری مؤثر به‌شمار می‌رود (کوره پزان دزفولی،۱۳۸٤). اولین بار جانگ در سال ۱۹۹۳ توانست از قدرت زبانی سامانه‌های فازی و آموزش شبکه عصبی استفاده نماید و سامانه تحت عنوان سامانه‌های فازی بر پایه شبکه عصبی تطبیقی ارائه نماید (گل محمدی و صفوی، ۱۳۸۹). این سامانه‌ها، سامانه‌های استنتاج عصبی فازی تطبیقی[1] نام گرفتند. همان‌طور که از نام سامانه‌های تطبیقی پیداست، این سامانه‌ها شبکه‌ای را تشکیل می‌دهند که رفتار داده‌های ورودی و خروجی به‌وسیله مجموعه‌ای از پارامترهای تغییرپذیر تعیین می‌شود (Jang and Sun, 1995). روش آزمون هیبریدی یکی از مهم‌ترین روش‌های آموزش سامانه‌های استنتاج فازی بر پایه شبکه عصبی تطبیقی می‌باشد. در این روش جهت آموزش در لایه اول از روش پس انتشار خطا و در لایه چهارم سامانه از روش تخمین کمترین مربعات استفاده می‌شود (گل محمدی و صفوی، ۱۳۸۹).

[1]- Adaptive Nero Fuzzy Inference System (ANFIS)

ANFIS که برگرفته از عبارت سامانه استنتاج فازی-تطبیقی می‌باشد، شباهت بسیاری با سامانه استنتاج فازی دارد که تنها تفاوت آن این است که با کاربرد الگوریتم پس انتشار خطا به حداقل سازی خطا پرداخته می‌شود. عملکرد این روش به دو روش شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی بسیار شبیه می‌باشد. در هر دو روش مذکور، نهاده از لایه ورودی (توسط تابع عضویت ورودی) گذر کرده و سپس خروجی مدل در لایه خروجی (توسط تابع عضویت خروجی) به‌دست می‌آید. از آن‌جایی‌که در چنین مدل منطق فازی پیشرفته‌ای از شبکه عصبی استفاده شده است، با استفاده از یک الگوریتم یادگیری می‌توان پارامترها را تا آن‌جا که به جواب بهینه دست یافت، تغییر داد. در حقیقت در این روش منطق فازی با استفاده از قابلیت‌های شبکه عصبی پارامترهای خود را تنظیم می‌نماید. بدیهی است که در شبکه عصبی مصنوعی با استخراج تفاوت بین خروجی حاصل از مدل و خروجی واقعی، عملکرد سامانه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. ANFIS با استفاده از دو الگوریتم پس انتشار خطا و یا الگوریتم ترکیبی که مشتمل بر دو الگوریتم تخمین حداقل مربعات خطا و پس انتشار خطا می‌باشد، پارامترها توابع عضویت را تخمین می‌زند (Jang et al, 1997). در این تحقیق از روش عصبی-فازی که ترکیبی از شبکه‌های عصبی و سامانه‌های فازی به منظور ایجاد یک ابزار قدرتمند در مدل‌سازی می‌باشد، جهت مدل‌سازی عملکرد با توجه به انرژی‌های ورودی (انرژی نیروی انسانی، سوخت، ماشین‌ها و ادوات، کود، سم، الکتریسیته، آب آبیاری و بذر) در گلخانه‌های خیار شهرستان جیرفت بهره گرفته شده است. به منظور مدل‌سازی مسأله مورد مطالعه در این تحقیق با استفاده از روش عصبی – فازی به علت زیاد بودن تعداد ورودی‌ها (۸ ورودی برای هر یک از مدل‌سازی‌های مدنظر) و حساسیت روش انفیس در محاسبه با این تعداد ورودی، پارامترهای ورودی به چهار دسته تقسیم شدند و ۷ نوع انفیس (ANFIS1، ANFIS2، ANFIS3، ANFIS4، ANFIS5، ANFIS6 و ANFIS7) ایجاد شد. نتیجه نهایی، نتیجه به‌دست آمده ازANFIS7 می-باشد. به منظور مدل‌سازی مد نظر به ترتیب ۷۵٪ و ۲۵٪ از گلخانه‌ها به صورت تصادفی برای آموزش و آزمایش در نظر گرفته شدند. تمام انفیس‌ها با توابع عضویت مثلثی (trimf)، زنگوله‌ای (gbellmf) و گوسی (gaussmf) با تعداد ورودی دو و سه مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفتند.در این تحقیق از روش آزمون هیبریدی که یکی از مهم‌ترین روش‌های آموزش سامانه‌های استنتاج فازی بر پایه شبکه عصبی تطبیقی می‌باشد، استفاده گردید. لازم به ذکر است که روش‌های داده کاوی (شبکه‌های عصبی مصنوعی و عصبی-فازی) با قابلیت کدنویسی در نرم‌افزار متلب انجام شده است. جهت گزارش نتایج شبکه عصبی مصنوعی و عصبی- فازی، از معیارهای ضریب همبستگی[۲] (R)، جذر میانگین مربعات خطا[۳] (RMSE) و میانگین درصد خطای مطلق[٤] (MAPE) استفاده شده است. فرمول مربوط به هر کدام در زیر بیان شده است (Anonymous, 2010):

$$r = \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^{M}(P_i - \overline{P_i})(O_i - \overline{O_i})\right)^2}{\sum_{i=1}^{M}(P_i - \overline{P_i})^2 \sum_{i=1}^{M}(O_i - \overline{O_i})^2}} \qquad ۲$$

[2]- correlation coefficients
[3]- Root Mean Square Error
[4]- Mean Absolute Percentage Error

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(P_i-A_i)^2} \quad (3)$$

$$MAPE=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{|P_i-A_i|}{A_i}\times 100\right) \quad (4)$$

نتایج و بحث

با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده توسط پرسشنامه‌های تکمیل شده، میزان مصرف انرژی هر یک از نهاده‌ها با در نظر گرفتن هم‌ارز انرژی برای هر نهاده با توجه به جدول ۱، میزان انرژی مصرفی کل در گلخانه خیار به‌دست آمد. همان‌طور که مشاهده می‌شود ٦۰/۳۸ درصد از انرژی مصرفی در گلخانه خیار به سوخت اختصاص دارد که مربوط به سوخت مصرفی برای گرمایش (استفاده از گرمکن) و استفاده از سم‌پاش‌های بنزینی در این گلخانه‌ها می‌باشد.

جدول ۲- مقادیر و انرژی مصرفی نهاده و ستانده برای تولید خیار گلخانه ای

عنوان (واحد)	میزان مصرفی در هکتار	انرژی معادل (مگاژول بر هکتار)	درصد (٪)
الف- ورودی‌ها			
نیروی انسانی(h)	٦۸۰۷/٦۳	۱۳۳٤۲/۹٦	٤/۵۰
ادوات و ماشین‌ها			
تراکتور (h)	۱۲	۳۳۹/۹٦	۰/۱۱
سمپاش (h)	۱٤۷/٤٤	۲۷۵/۷۱	۰/۰۹
روتیواتور (h)	۵	۱٦۲/۷۵	۰/۰۵
گاوآهن (h)	۸/۵	۳۷/۲۳	۰/۰۱
سوخت (L)	۳۱۸۰/۳۷	۱۷۹۰۸٦/٦۳	٦۰/۳۸
کود			
ازته (kg)	٤۷۹/۵٦	۳۱۷۱۸/۰۹	۱۰/٦۹
فسفاته (P_2O_5)(kg)	۱٦۵/۲٦	۲۰۵۵/۸۳	۰/٦۹
پتاسه (K_2O)(kg)	۲۱۵/٤۳	۲٤۰۲/۰٤	۰/۸۱
دامی (kg)	۳۱۵۵۰	۹٤٦۵	۳/۱۹
سموم (kg)	٦۹/۸۳	۸۳۷۹/٦	۲/۸۳
آب آبیاری(m^3)	۱٤۹۷/۳۵	۱۵۲۷/۲۹	۰/۵۱
الکتریسیته (kWh)	٤۰۰۷/۲۹	٤۷۸۰٦/۹۷	۱٦/۱۲
بذر (kg)	۱/۳٤	۱/۳٤	۰
انرژی ورودی کل (MJ/ha)		۲۹٦٦۰۱/٤	
ب- خروجی			
محصول (kg)	۱۹٦۰۰۰	۱۵٦۸۰۰	
انرژی خروجی کل (MJ/ha)		۱۵٦۸۰۰	

میزان انرژی الکتریسیته برای خیار گلخانه‌ای بطور متوسط ۱٦/۱۲ درصد بعد از سوخت بیشترین سهم انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده است که این انرژی در این گلخانه‌ها برای پمپ‌های آبیاری، سم‌پاش‌های برقی و روشنایی استفاده می‌شود. عمده کودهای مورد استفاده در گلخانه‌های خیار را کودهای ازته (۱۰/٦۹ درصد)، فسفر (۰/٦۹ درصد)، پتاس (۰/۸۱ درصد) و دامی (۳/۱۹ درصد) تشکیل می‌دهند که بعد از الکتریسیته بیشترین سهم انرژی مصرفی در این گلخانه‌ها را دارند. چنان‌که از جدول ۲ نیز مشخص است، در تولید محصول خیار گلخانه‌ای انرژی بذر و ماشین‌ها کمترین مقدار را در بین انرژی سایر نهاده‌ها به خود اختصاص می‌دهند. در کل میزان انرژی مصرفی برای تولید خیار در گلخانه‌های این منطقه ۲۹٦٦۰۱/٤ مگاژول بر هکتار می‌باشد. انرژی خروجی کل برای خیار ۱٥٦۸۰۰ مگاژول بر هکتار برآورد شده است. نتایج به دست آمده در این بخش مشابه نتایج به‌دست آمده توسط غجه بیگ در گلخانه‌های خیار و گوجه‌فرنگی شهرستان ساوجبلاغ از استان البرز می‌باشد. در این گلخانه‌ها انرژی سوخت بالاترین درصد سهم انرژی مصرفی را داشت. بالا بودن مصرف سوخت در این گلخانه‌ها به دلیل ارزان بودن قیمت سوخت، مدیریت نادرست در استفاده از این نهاده و همچنین ناشی از سرمای هوا در فصول سرد سال می‌باشد (غجه بیگ، ۱۳۸۸). سیگنال‌های ورودی در تدوین مدل‌سازی عملکرد محصول خیار در این تحقیق، انرژی بذر و کود برای ANFIS1 ، انرژی سموم شیمیایی و کارگر برای ANFIS2، انرژی ماشین‌ها و ادوات و سوخت برای ANFIS3، انرژی الکتریسیته و آبیاری برای ANFIS4، بهترین عملکرد پیش‌بینی شده از دو انفیس (ANFIS1 و ANFIS2) برای ANFIS5، بهترین عملکرد پیش‌بینی شده از دو انفیس (ANFIS3 و ANFIS4) برای ANFIS6 و بهترین عملکرد پیش‌بینی شده از دو انفیس (ANFIS5 و ANFIS6) برای ANFIS7 در نظر گرفته شد و خروجی برای تمام مدل‌های انفیس میزان عملکرد بود.

برای مدل‌سازی عملکرد محصول خیار از توابع عضویت مختلف شامل 'trimf' ، 'gbellmf' و 'gaussmf' با تعداد ورودی دو و سه استفاده گردید. مشخصات بهترین مدل جهت مدل‌سازی عملکرد خیار برای هر انفیس در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- مشخصات انفیس های پیشنهادی برای مدل سازی عملکرد محصول خیار گلخانه ای

عنوان	نوع تابع عضویت		تعداد توابع عضویت		الگوریتم	R	RMSE	MAPE (%)
	ورودی	خروجی	ورودی	اپوک	یادگیری			
انفیس ۱	زنگوله‌ای	خطی	۳،۳	٤۰	هیبرید	۰/٦۳	۰/۱٤	۰/۸٦
انفیس ۲	زنگوله‌ای	خطی	۳،۳	٤۰	هیبرید	۰/٦٤	۰/۱۳	۰/۸٥
انفیس ۳	زنگوله‌ای	خطی	۳،۳	٤۰	هیبرید	۰/٦۷	۰/۱۳	۰/۸۳
انفیس ٤	زنگوله‌ای	خطی	۳،۳	٤۰	هیبرید	۰/۷۸	۰/۱۱	۰/٦٦
انفیس ٥	زنگوله‌ای	خطی	۳،۳	٤۰	هیبرید	۰/۹۰	۰/۰۸۱	۰/٤٤
انفیس ٦	زنگوله‌ای	خطی	۳،۳	٤۰	هیبرید	۰/۹۲	۰/۰۷	۰/٤۱

انفیس ۷	زنگوله‌ای	خطی	۳،۳	٤۰	هیبرید	۰/۹۸	۰/۰۲۸	۰/۱۵

برای مدل‌سازی عملکرد محصول خیار با استفاده از روش عصبی-فازی تمامی انفیس‌ها (ANFIS1، ANFIS2، ANFIS3، ANFIS4، ANFIS5، ANFIS6 و ANFIS7) با تابع عضویت زنگوله‌ای (gbell) به ترتیب با مقدار ضریب همبستگی ۰/٦۳٥۱، ۰/٦٤٦۳، ۰/٦۷۲۳، ۰/۷۸۲۱، ۰/۹۰۰۱، ۰/۹۲۱۳ و ۰/۹۸۷٤ به عنوان بهترین مدل معرفی شدند. ندرلو و همکاران از روش داده‌کاوی ANFIS برای پیش‌بینی عملکرد گندم آبی در شهرستان آبیک واقع در استان قزوین استفاده کردند. به دلیل تعداد زیاد ورودی‌ها (۸ ورودی) برای ANFIS، انرژی‌های ورودی به دو گروه تقسیم و سه انفیس ایجاد شد (ANFIS1، ANFIS2 و ANFIS3). ورودی‌ها برای ANFIS1 شامل انرژی‌های سوخت دیزل، کود و الکتریسیته و برای ANFIS2 شامل انرژی‌های نیروی کارگری، ماشین، سموم شیمیایی، آبیاری و بذر بودند. مقدارهای RMSE و R به ترتیب برابر ۰/۰۱۳ و ۰/۹۹۸ برای ANFIS1 و ۰/۰۱۸ و ۰/۹۹٦ به ترتیب برای ANFIS2 به‌دست آمدند. در نهایت مقدارهای پیش‌بینی شده از دو انفیس به عنوان ورودی‌های ANFIS 3 استفاده شد. همچنین مقدارهای RMSE و R برای ANFIS3 به ترتیب برابر ۰/۰۱۳ و ۰/۹۹۸ به دست آمد (Naderloo et al, 2012).

نتیجه گیری و پیشنهادها

بالاترین مصرف انرژی برای تولید محصول خیار با مصرف ٦۰/۳۸٪ مربوط به نهاده‌های سوخت می‌باشد. همچنین انرژی خروجی کل در این گلخانه ها برابر با ۱٥٦۸۰۰ مگاژول بر هکتار محاسبه گردید.نتایج روش ANFIS برای مدل‌سازی عملکرد در گلخانه‌های خیار نشان داد که بهترین مدل پیشنهادی جهت مدل‌سازی عملکرد محصول خیار دارای ضریب همبستگی، RMSE و MAPE برابر ۰/۹۸۷٤، kg/ha ۰/۰۲۸٤ و ۰/۱۵٪ بود.با توجه به اینکه سه نهاده سوخت، الکتریسیته و کود بیشترین مصرف انرژی را در میان نهاده‌های مصرفی در گلخانه‌های خیار به خود اختصاص داده‌اند، برنامه‌ریزی در جهت کاهش مصرف آن‌ها می‌تواند نقش مهمی در بهبود شاخص‌های انرژی داشته باشد. برای کاهش مصرف نهاده‌های سوخت و الکتریسیته باید بازده وسایل گرمایشی، پمپ‌ها، وسایل الکتریکی (سمپاش‌های برقی) و وسایل بنزینی (سمپاش‌های بنزینی) را با استفاده از وسایل و تجهیزات نو و با کارایی بالاتر، افزایش داد. همچنین استفاده از سایر منابع انرژی از قبیل انرژی خورشیدی می‌تواند باعث کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی گردد. در مورد کودهای شیمیایی می‌توان با آموزش صحیح گلخانه‌داران در مورد نوع کود مورد نیاز، زمان کوددهی و میزان درست مصرف کود، از مصرف بیش از حد آنها کاست.با توجه به روش‌های مورد استفاده در این تحقیق، به‌کارگیری سایر روش‌ها در راستای مقایسه با نتایج این تحقیق و همچنین انجام تحقیقات مشابه در سایر نقاط کشور به منظور انجام مطالعات مقایسه‌ای توصیه می‌گردد.

منابع

۱. امامی میبدی، ع. ۱۳۷۹. اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری. انتشارات مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

۲. کوره‌پزان دزفولی، ا. ۱۳۸٤. اصول تئوری مجموعه‌های فازی و کاربرد آن در مدل‌سازی مسایل مهندسی آب. انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، تهران.

۳. گل محمدی، م.ح. و صفوی، ح.ر. ۱۳۸۹. پیش بینی سری‌های زمانی تک متغیره هیدرولوژیکی با استفاده از سامانه فازی برپایه شبکه عصبی تطبیقی. پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد.

٤. غجه بیگ، ف. ۱۳۸۸. توسعه یک سامانه تصمیم یار مدیریت مصرف انرژی در گلخانه های سبزی و صیفی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.

5. Acaroglu, M. 1998. Energy from biomass, & applications. University of Selcuk, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Textbook.
6. Anonymous. 2010. NeuroDimension, Inc, Neurosolution for excel. http://www.neurosolutions. com/.
7. Anonymous. 2013. Available online at URL: http://www.maj.ir/.
8. Heidari, M.D. & Omid, M. 2010. Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran. Energy. 1-6.
9. Jang, J.S.R. & Sun, C.T. 1995. Neuro-Fuzzy modeling and control. Proceedings of the IEEE. 83(3), 378-406.
10. Jang, J.S.R. Sun, C.T. & Mizutani, E. 1997. Neuro- fuzzy and soft computing, Practice Hall, Englewood Cliffs, NJ, U.S.A.
11. Naderloo, L. Alimardani, R. Omid, M. Sarmadian, F. Javadikia, P. Torabi, M.Y. & Alimardani, F. 2012. Application of ANFIS to predict crop yield based on different energy inputs. Measurement. 45, 1406-1413.
12. Nassiri, M.S. & Singh S. 2009. Study on energy use efficiency for paddy crop using data envelopment analysis (DEA) technique. Applied Energy. 86, 1320.
13. Ozkan, B. Kurklu, A. & Akcaoz, H. 2004. An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Biomass and Bioenergy. 26(1), 89-95.
14. Shrestha, D.S. 1998. Energy use efficiency indicator for agriculture. Available at: <http://www.usaskca/agriculture/caedac/PDF/mcrae.PDF,10/10/2002>.
15. Singh, J.M. 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India Master of Science thesis, Int. Inst. Of Management University of Flensburg. Sustainable Energy Systems and Management. Germany.
16. Yaldiz, O. Ozturk, H.H. Zeren, Y. & Bascetomcelik, A. 1993. Energy usage in production of field crops in Turkey. Proceedings of the 5th International congress on mechanization and energy use in agriculture, 11–14 October, Kusadasi, Turkey.

modeling of energy consumption in greenhouse cucumber crop production by Adaptive Nero Fuzzy Inference Systemtechnique (ANFIS) in Jiroft region

Abstract

Agriculture sector, as the most important food producer sector is known not only as an energy consumer but also an energy supplier sector. Energy utilization is considered as a helpful parameter to analyze and evaluate sustainability of Agriculture. Hence, in the present study, the energy consumption pattern of cucumber greenhouse in Jiroft city of Kerman has been taken under consideration. The total energy inputs of 296601.4 $MJha^{-1}$ were calculated for cucumber production. The share of fossil fuel as 60.38% of the total energy inputs in cucumber production were the highest energy inputs. In this study, Neuro-Fuzzy techniques were applied for cucumber production yield modeling. Results for cucumber production yield modeling showed that best model having correlation coefficients, RMSE and MAPE of 0.9874, 0.0284 kg/ha and 0.15%. These results showed that Neuro-Fuzzy technique could predict and modeling the cucumber production yield with good accuracy.

Keywords: Greenhouse cucumber, Jiroft city, Neuro-Fuzzy