پتانسیل سنجی انرژی خورشیدی شهرستان اهواز و مقایسه مدلهای تخمین شدت تابش خورشیدی با روشهای آماری و شبکه های عصبی مصنوعی

سارا ساکی[۱]، محمد اسماعیل خراسانی فردوانی[۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم، گرایش انرژی دانشگاه شهید چمران اهواز؛ saki.sa758@gmail.com

[۲] استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شهید چمران اهواز؛ e.khorasani@scu.ac.ir

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

چکیده

به دلیل اهمیت R_s، مدلهای مختلفی برای تخمین آن ارائه شده است. در این پژوهش برای تخمین میزان تشعشع قابل دریافت از روی داده های هواشناسی در اهواز (۱۳۹۰-۱۳۸۷) با کمک شبکه عصبی مصنوعی و روش های آماری تحقیقی صورت گرفت. ضرایب ثابت معادله آنگستروم بر اساس نسبت ساعات آفتابی واقعی روزانه(n) به حداکثر ساعات آفتابی ممکن (N) واسنجی گردید و ضرایب ثابت این معادله a=0.55 و b=0.12 با استفاده از نرم افزار متلب برای اهواز بدست آمد؛ در این پژوهش شش مدل برآورد تابش رسیده به سطح زمین : شامل:۱- مدل آنگستروم- پرسکات پیشنهادی توسط فائو، ۲- مدل آنگستروم- پرسکات خلیلی و رضائی، ۳- مدل آنگستروم- پرسکات خلیلی و رضائی تحت تاثیر طیف جذبی بخار آب، ۴- مدل صباغ، ۵- مدل گلور- مک کلوت، ۶- مدل صفاری پور و مهرابیان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد شبکه عصبی مصنوعی با سه متغیر ورودی ساعت آفتابی، رطوبت نسبی و حداکثر دما با یک لایه پنهان ۲۰ نورون، توانست با دقت مناسبی تشعشع را تخمین بزند. نتایج مقایسه مقادیر محاسبه شده مدل ها با مقادیر اندازه گیری شده توسط پیرانومتر و با نوشتن کد هوشمند برای بهینه کردن تعداد لایه پنهان، الگوریتم بهینه سازی، تعداد نورون ها و توابع فعال سازی ، مناسب ترین ساختار با سه متغیر ورودی ذکر شده در بالا و یک متغیر خروجی(شدت تابش) با R= 0. 87 و mse= 0.2 ، و بهترین مدل برای یک اقلیم نیمه خشک (اهواز) مدل گلو-مک با R=0.53 و mse= 0.6 به عنوان مناسب ترین مدل اهواز معرفی گردید.

کلمات کلیدی: پتانسیل سنجی، شدت تابش خورشیدی، اهواز، شبکه عصبی مصنوعی، مدل آنگستروم، نرم افزار سطح پاسخ

Solar Energy Potentiometric Analysis of Ahwaz City and Comparison of Estimation Models of Solar Radiation with Statistical Methods and Artificial Neural Networks

Sara saki[1], Mohammad Esmail Khorasani Ferdavani[2]

[1] M. Sc. Student, Department of Biosystem Engineering, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz; saki.sa758@gmail.com

[2] Assistant Professor, Department of Biosystem Engineering, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz; e.khorasani@scu.ac.ir

ABSTRACT

Because of the importance of Rs, there are several models for estimating it. In this study, an artificial neural network and statistical methods used to estimate the amount of radiation received from the meteorological data in Ahvaz (2011-2011). . The constant coefficients of the Angstrom equation were calibrated based on the actual daily sunshine (n) to the maximum possible sunshine time (N), and the constant coefficients of this equation were a = 0.55 and b = 0.12, using the MATLAB software for Ahwaz. in this study, six estimation models Exposure to Earth's surface: Includes: 1. The Angstrom-Prescott model proposed by FAO, 2. Angstrom-Prescott Khalili and Rezaei, 3. Angstrom-Prescott Khalili and Rezaei under the influence of water vapor absorption spectrum, Sabbagh model, Golver-McCulloch model, and 6-Safarian Pour and Mehrabian model were evaluated. The results showed that the artificial neural network with the three input variables of sunshine, relative humidity and maximum temperature with a hidden layer of 20 neurons was able to estimate accurately the amount of radiation. The results of comparing the calculated values of the models with the values measured by the pyrometer and by writing a completely intelligent code to optimize the number of hidden layers, the optimization algorithm, the number of neurons and activation functions, the most suitable structure with the three input variables listed above And an output variable (radiation intensity reaching ground level) with R = 0.87 and mse = 0.2, and the best model for a semi-dry Ahwaz cluster model with R = 0.53 and mse = 0.6 as appropriate. The most common model for estimating solar radiation in Ahvaz city introduced.

Keywords: Potentiometric, Solar Radiation, Ahwaz, Artificial Neural Network, Angstrom Model, Response Level Software

۱- مقدمه

تابش خورشیدی منبع اصلی انرژی سیاره زمین و یکی از عوامل اصلی در برآورد تبخیر- تعرق گیاهان، مطالعات بیلان انرژی در هیدرولوژی و طراحی نیروگاه های انرژی خورشیدی می باشد. ولی تنها در تعداد محدودی از ایستگاه های هواشناسی کشور، تابش کل خورشیدی(Rs) اندازه گیری می شود. بنابراین در بیشتر موارد لازم است که تابش خورشیدی در ایستگاهی که مقدار آن اندازه گیری نمی شود، تخمین زده شود.

تاکنون رویکردهای گوناگونی برای فراگیر ساختن نقشه های تابش به انجام رسیده است، تا از این راه به برآوردی از تابش خورشیدی در پهنه هایی که داده های دیدبانی در دسترس نیست، دست یابند(Scheifinger & Kolb, 2000)، یافته های این پژوهش ها نشان داد که کاربرد این مدلها فقط در پهنه های نزدیک به ایستگاه های اندازه گیری کارایی دارد(Hasenauer et al. 2003). همچنین، از روش هایی همچون درون یابی خطی (Soltani et al. 2004) و روش های پایه آماری(Hansen, 1999) برای پیش بینی تابش خورشیدی کل بهره گرفته شده است.

معینی و همکاران (۱۳۸۹) با کمک نرم افزار آماری spss و با داده های هواشناسی، از مقدار ساعات آفتابی برای تخمین میانگین ماهانه میزان تابش خورشید بر سطح افقی استفاده شده که می توان میزان تابش خورشید را برای مناطق مختلف اقلیمی ایران پیش بینی نمود. در این مقاله بر اساس طبقه بندی اقلیمی کوپن و با در نظر گرفتن ساعات آفتابی، ایران به پنج منطقه اقلیمی تقسیم بندی شده است. یکی از بهترین مدل های پیشنهاد شده برای برآورد میزان تابش خورشیدی روی سطح افقی مدل آنگسترم می باشد. ضرایب تجربی مدل آنگسترم به پارامترهای اقلیمی، شرایط جغرافیایی و نوع پوشش گیاهی منطقه وابستگی دارند، با این رابطه می توان میزان تابش کل را برای نقاط مختلف ایران برآورد نمود. با استفاده از داده های تابشی ثبت شده توسط ایستگاه های پیرانومتری و میزان ساعات آفتابی که از سازمان هواشناسی دریافت شده است، همچنین محاسبه طول روز و تابش فراجو با کمک نرم افزار آماری spss رابطه رگرسیونی تابش کل بر حسب ساعات آفتابی برای مناطق اقلیمی ایران برازش شد(Moeeini et al., 2010) .

دشتی پور و جهانشاهی (۱۳۹۳) در شهرهای کرمان، یزد و زاهدان پژوهشی بر روی تاثیر ثابت خورشیدی بر برآورد میانگین مقدار کل ماهانه تابش خورشیدی را مورد بررسی قرار داده شد. برای این منظور از داده های اندازه گیری شده مربوط به مقدار کل تابش خورشیدی و همچنین مشخصات جغرافیایی و آب و هوایی که توسط سازمان هواشناسی ایران تهیه شده استفاده گردید. در این پژوهش برای برآورد مقدار تابش خورشیدی از دو مدل استفاده شده است، مدل خطی آنگسترم که پارامتر تاثیرگذار مستقل موثر آن، نسبت تعداد واقعی ساعات آفتابی به طول روز و مدل خطی صفاری پور و مهرابیان دیگری که پارامتر تاثیر گذار مستقل موثر آن، سینوس زاویه میل خورشید است، استفاده شد(Dashtipour, & Jahanshahi, 1393).

برآورد مقادیرRs در نقاط مختلف زمین به دو صورت میسر است: روش اول که بهترین و قابل اعتمادترین روش می باشد، دسترسی به داده های اندازه گیری شده Rs توسط پیرانومتر[1] و روش دوم بر مبنای استفاده از یکسری روابط و مدلهای ریاضی استوار است. در این روش ها بینRs و یکی از عوامل آب و هوایی از قبیل ساعات آفتابی، رطوبت نسبی، میزان بارندگی، تابش خورشیدی خارج از جو، دمای هوای روزانه و شمارنده روز سال که اندازه گیری آنها آسان تر است، روابط رگرسیونی خطی و یا غیر خطی برقرار می گردد(Gorjian et al., 2015).

علاوه بر روش های رگرسیونی، می توان از روش های جدید پردازشی در تخمین تابش کل خورشیدی بهره گرفت. یکی از این روش ها، روش شبکه عصبی مصنوعی می باشد. شبکه عصبی مصنوعی ابزاری قدرتمند جهت برآورد و پیش بینی پارامترها در سیستم های غیر خطی می باشد. شبکه عصبی قادر است با ایجاد نگاشت غیر خطی بین متغیرهای ورودی و خروجی، روابط میان آنها را شبیه سازی نماید(Kia, 1394).

رمدانی و همکاران(۲۰۱۳) با کمک شبکه عصبی مصنوعی و با داده های هواشناسی و محل منطقه، مقدار تابش خورشید را برای استان تهران پیش بینی کردند و نتیجه گرفتند شبکه عصبی توانایی پیش بینی خوبی برای به دست آوردن مقدار تابش در این ناحیه دارد(Ramedani et al., 2013).

در طی تحقیقی که ارسنجانی و همکاران در سال ۱۳۹۴ برای ارزیابی پتانسیل انرژی خورشیدی در شهرهای شیراز و بوشهر صورت گرفت. با توجه به کمبود داده های اندازه گیری شده برای مقدار تابش خورشید در ایران و همچنین هزینه زیاد برای نصب تجهیزات و اندازه گیری در نقاط مختلف یک منطقه و یا کل کشور، نیاز به مدل یا مدل هایی است تا بتوان تابش خورشید را با دقت لازم برای کاربرد های مختلف پیش بینی کرد. تاکنون مدل های زیادی برای پیش بینی میزان تابش خورشید ارائه شده است، اما استفاده از شبکه عصبی یکی از روش های نوین پیش بینی در زمینه های مختلف است که در چند سال گذشته بخصوص در زمینه پیش بینی تابش خورشید مورد بهره برداری قرار گرفته است. در این پژوهش از یک کد شبکه عصبی هوشمند برای پیش بینی مقدار تابش خورشید استفاده شده است(Arsanjani et al., 1394).

۲- مواد و روش ها

شهر اهواز با وسعتی در حدود ۸۱۳۶ کیلومترمربع با جمعیتی حدود ۱۳۳۸۱۲۶ نفر، عرض جغرافیایی۳۱,۲ درجه، طول جغرافیایی۴۸,۴ درجه و ارتفاع ۲۲متر در جنوب غربی ایران در مرکز استان خوزستان واقع شده است(Khozestan, 2007). این شهر با میزان انرژی تابشی دریافتی در روز به طور متوسط ۲۷,۲۴ مگاژول در هر مترمربع، میزان کل ساعات آفتابی سالانه به طور متوسط۳۰۸۸,۲ ساعت را دارا می باشد. داده های مورد استفاده در این مطالعه، شامل داده های روزانه حداکثر و حداقل دما، ساعات آفتابی روزانه ، رطوبت نسبی روزانه، تابش خارج از جو روزانه ، شمارنده روز سال، میزان بارندگی روزانه و سرعت باد روزانه از سال ۱۳۸۷-۱۳۹۰ از ایستگاه هواشناسی اهواز اخذ شد. پس از پردازش و مرتب سازی داده ها، برای افزایش دقت محاسبات، مقادیر پرت حذف شد. همانطور که قبلا گفته شد گفته شد ۶ معادله برای تخمین شدت تابش برای منطقه نیمه خشک بدست آمده بود که

[1] Pyranometer

در این مطالعه با استفاده از داده های اهواز برای تک تک این معادلات رگرسیون گیری شد و برآورد مقدار تابش رسیده به سطح زمین (Rs) با استفاده از شش مدل برآورد تابش خورشیدی که در ادامه خواهد آمد، تنها با داده های قابل قبول انجام شد. برای مقایسه نتایج بدست آمده با مقادیر واقعی نیز، از داده های تابش اندازه گیری شده توسط پیرانومتر در دسترس بود(به استثنای روزهای حذف شده به دلیل نبودن داده) استفاده شد. همچنین مقادیر تابش فرازمینی (Ra) با استفاده از رابطه ارائه شده توسط آلن و همکاران(۱۹۹۸) ، معادله۱، تخمین زده شد.؛ که طبق نتایج بدست آمده هیچ کدام از این معادلات برای اهواز مناسب نیست (دلیل تخمین معادله برای اهواز). سپس از نرم افزار rsm (روش سطح پاسخ) برای تخمین معادله شدت تابش رسیده به سطح زمین استفاده شد که در این نرم افزار تمامی متغیر های ذکر شده در بالا به عنوان ورودی و شدت تابش رسیده به زمین به عنوان خروجی به rsm داده شد و بر اساس تجزیه تحلیل نرم افزار سه متغیر ساعت آفتابی، ماکزیمم دما و رطوبت نسبی مناسب برای نوشتن معادله است و با استفاده از این ۳ متغیر معادله ای برای تخمین شدت تابش رسیده به زمین نوشته شد. سپس با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه(MLP) برنامه نویسی در نرم افزار متلب طراحی شد(هم برای ترکیبی هشت متغیر ، برای ترکیبی سه متغیر و هم برای شش مدل گفته شده برای یک اقلیم نیمه خشک). از مجموعه داده ها ۷۰ درصد برای آموزش شبکه، ۱۵ درصد برای تست و ۱۵ درصد برای اعتبارسنجی به صورت تصادفی انتخاب گردید. در شبکه عصبی مصنوعی با کمک نرم افزار matlab و نوشتن کد هوشمند جهت بهینه کردن الگوریتم، تعداد نورون های لایه مخفی، تعداد لایه های پنهان و توابع فعال سازی شبیه سازی صورت گرفت. این برنامه به صورت متوالی با تغییر تعداد نورون ها در لایه مخفی و توابع فعال سازی در هر مرحله مقدار خطا و ضریب تبیین را به عنوان معیار انتخاب ثبت و جهت انتخاب مقدار بهینه ثبت می نمود. در این شبکه از الگوریتم بهینه Levenberg Marquardt با یک لایه پنهان توابع فعال سازی به ترتیبtansig و purelin استفاده شد.

در این شبکه ابتدا تک تک متغیرها و همچنین ترکیبی از همه متغیرها و نیز ترکیبی از سه متغیر(ساعت آفتابی، ماکزیمم دما و رطوبت نسبی) به عنوان ورودی و شدت تابش رسیده به سطح زمین به عنوان خروجی به شبکه داده شد و دوباره ماکزیمم دما، ساعت آفتابی و رطوبت نسبی بهترین رگرسیون و خطا را دارد.

$$R_0 = \frac{24 \times 3600 \times G_{sc}}{\pi}\left(1 + 0.033\cos\frac{360D}{365}\right) \times \left[\cos\varphi\cos\delta\sin w_s + \frac{\pi w_s}{180}\sin\varphi\sin\delta\right] \quad (1)$$

$$w_s = cos^{-1}(-tan\varphi tan\delta) \quad (2)$$

$$N = \frac{2}{15}(w_s) \quad (3)$$

$$\frac{R_S}{R_0} = a + b\left(\frac{n}{N}\right) \quad (4)$$

۲-۱ مدل های برآورد تابش خورشیدی:

همانطور که ذکر شد برای برآورد میزان تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین(Rs)، تاکنون تلاش های فراوانی صورت گرفته و مدلهای بسیاری ارائه شده است. در این تحقیق از شش مدل برآورد Rs و یک مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه بهینه شده استفاده شد مدل های استفاده شده و طراحی و بهینه سازی شبکه عصبی به شرح زیر می باشند:

۱-**مدل آنگستروم- پرسکات پیشنهادی توسط فائو:** این مدل به صورت زیر می باشد(Allen et al., 1998) که در آن Rs تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین (مگازول بر متر مربع در روز)، Ra تابش فرازمینی(مگاژول بر متر مربع بر روز)، n ساعت واقعی آفتابی، N ساعت آفتابی حداکثر و a , b ضرایب ثابتی هستند که درون بوس و پرویت به ترتیب ۰/۲۵و ۰/۵ پیشنهاد کرد و برای هر منطقه قابل محاسبه است (Majnoni Heris et al., 1387).

$$Rs = Ra(a + b\frac{n}{N}) \quad (5)$$

۲- **مدل آنگستروم – پرسکات واسنجی شده توسط خلیلی و رضائی صدر:** این رابطه در واقع همان رابطه فائو می باشد که در سال ۱۳۷۶ توسط خلیلی و رضائی صدر برای ایستگاه های مختلف ایران واسنجی شده و برای شهر اهواز به صورت زیر ارائه شده است(Moeeini et al., 2010; Mousavi et al., 2010).

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

$$Rs = Ra(0.55 + 0.12\frac{n}{N}) \quad (6)$$

۳- **مدل آنگسترم – پرسکات واسنجی شده توسط خلیلی و رضائی صدر تحت تاثیر طیف جذبی بخار آب:** این دو نفر اعتقاد داشتند که رابطه آنگسترم پرسکات تاثیر طیف جذبی بخار آب در اتمسفر را در نظر نگرفته است. بنابراین مدلی به صورت زیر ارائه داده اند (Moeeini et al., 2010).

$$Rs = Ra\left[0.51\exp\left(0.35\left(\frac{n}{N} - \mathrm{RH}\right)\right)\right] \quad (7)$$

RH میانگین رطوبت نسبی بر حسب صدم می باشد.

۴- **مدل صباغ:** این مدل توسط صباغ در سال ۱۹۷۷ میلادی و به صورت زیر است(Mousavi et al., 2010).

$$\mathrm{Rs} = 1.53Kexp\left[\frac{L(D-RH^{0.333})}{100-(\frac{1}{T_{max}})}\right] \quad (8)$$

که l عرض جغرافیایی به رادیان،D نسبت ساعت آفتابی به ۱۲ ساعت (n/12) ، RH میانگین رطوبت روزانه(درصد)، T_{max} میانگین حداکثر دمای روزانه به درجه سلسیوس و ضریبk برای هر محل مقداری ثابت است و به صورت زیر است:

$$K = 100(\lambda N + W_{ij}\,cosl) \quad (9)$$

که در آن w_{ij} فاکتور فصلی(Mousavi et al., 2010) است و بین ۱/۷ در دسامبر و ۲/۴۸در ژوئیه متغیر است. همچنین λ عامل عرض جغرافیایی(nm) و برابر با : که φ عرض جغرافیایی محل به درجه است.

$$\lambda = \frac{0.2}{(1+0.1\Phi)} \quad (10)$$

۵- **مدل گلور– مک کلوت:** گلور و مک کلوت ضریب a را در رابطه فائو را به عرض جغرافیایی ارتباط داده(Allen et al., 1998) است.

$$\frac{\mathrm{Rs}}{Ra} = 0.29cos\Phi + 0.52\frac{n}{N} \quad (11)$$

۶- **مدل صفاری پور و مهرابیان:** مدل تحلیلی دیگر محققین را با توجه به داده های تجربی مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است. صفاری پور و مهرابیان در پژوهشی دیگر با بکارگیری روش رگرسیون مرکب تاثیر توامان عوامل هندسی، جغرافیایی، نجومی و هواشناسی را بر میزان تابش خورشیدی را مورد بررسی قرار دارند(Safari Pour & Mehrabian, 2009).

$$\frac{Rs}{Ra} = a + b(sin\delta) \quad (12)$$

و برای اهواز به صورت زیر است:

$$\frac{R_s}{R_a} = 0.55 + 0.12(sin\delta) \quad (13)$$

که در آن:

$$\delta = 23.45\sin\left(360\frac{284+n}{365}\right) \quad (14)$$

که در آنn شمارنده روز سال و δ زاویه میل خورشید نسبت به استوا است.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

شاخص خطا: برای ارزیابی دقت مدل و مقایسه نسبی نتایج مدلهای تخمینی با مقادیر اندازه گیری شده تابش رسیده به سطح زمین توسط پیرانومتر، از خطای MSE استفاده شده است.

$$MSE = \sum_i^n \frac{(P-O)^2}{n} \quad (15)$$

۲-۲ تحلیل نرم افزار دیزاین اکسپرت[1](rsm)

دانش طراحی آزمایشات ابزاری قدرتمند برای مهندسین ، پژوهشگران و مدیرانی است که می خواهند محصولات خود را با کیفیت عالی و کمترین هزینه طراحی و یا تولید نمایند . به عنوان حقیقتی انکار ناپذیر، صنعت به اهمیت روز افزون کیفیت پی برده است. امروزه کیفیت به عنوان یک استراتژی تجاری برای افزایش سهم بازار مطرح است و سازمان ها با به کارگیری آزمایش های طراحی شده به کیفیت جهانی دست می یابند. طراحی آزمایشها یکی از قوی ترین فنون بهبود کیفیت و افزایش بهره وری است. در این شیوه از طریق انجام برخی آزمایش ها ، آگاهانه تغییراتی در فرایند یا سیستم اعمال می شود تا تاثیر آنها در ویژگی های عملکردی یا پاسخ فرایند یا سیستم به آنها، مورد بررسی قرار گیرد .طراحی آزمایش ها ، دستکاری سیستماتیک تعدادی از متغیرهاست که در آن، تاثیر این دستکاری ها ارزیابی می گردند و از روی آنها نتیجه گیری شده، نتایج بدست آمده پیاده سازی می شوند. در این پژوهش به منظور استخراج مدل و یافتن بیشترین تاثیر از روش سطح پاسخ استفاده می‌شود. این روش با معیار قرار دادن تعداد متغیرها و حدود بیشینه و کمینه تعیین شده برای هر متغیر، ماتریس آزمایش را طراحی می‌کند. بدین ترتیب تعداد آزمون‌ها و سطوح هر متغیر در هر آزمون مشخص می‌شود. زمانی که تعداد متغیرها زیاد باشد، این روش در مقایسه با روش‌های پرحجمی مانند فاکتوریل کامل ارجحیت دارد. طرح آزمایش به نحوی است که حتی بدون تکرار آزمون، نتایج آماری قابل اعتمادی به‌دست می‌آید. بنابراین این روش باعث تسهیل روند تحقیق، کاهش زمان و هزینه‌ها خواهد شد(Montgomery, 2008). در روش سطح پاسخ از روش Historical Data استفاده شد. از این روش زمانی استفاده می شود که داده برداری صورت گرفته و داده ها برای استخراج مدل ریاضی به نرم افزار داده می شود.

۳- نتایج و بحث

در این مطالعه مقادیر a و b برای اهواز با توجه به داده های روزانه تابش رسیده به سطح زمین، ساعات آفتابی روزانه و نیز مقدار تابش فرازمینی محاسبه شده (معادله۱) در محیط برنامه نویسی matlab تخمین زده و نتیجه آن به صورت a=0.55 و b=0.12 ارائه شد. باتوجه به شش مدل ذکر شده در بالا برای یک اقلیم نیمه خشک پس از قرار دهی متغیرهای مربوطه در هر معادله، شدت تابش رسیده به سطح زمین محاسبه شده و سپس با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و نوشتن کد هوشمند که قابلیت آن در بالا ذکر شده بین تک تک معادلات و مقادیر شدت تابش اندازه گیری شده توسط پیرانومتر رگرسیون گیری شد و خطای مربوطه بدست آمد. با توجه به جدول ۱ متوجه شدیم که تقریبا هیچ کدام از معادلات گزارش شده برای اهواز مناسب نیستند به همین دلیل با استفاده از نرم افزار روش سطح پاسخ معادله ای برای اهواز تخمین زده شد. در این نرم افزار ابتدا تمامی هشت متغیر (ساعت آفتابی، حداقل و حداکثر دما، رطوبت نسبی، شدت تابش خارج از جو، بارندگی، سرعت باد و شمارنده روز سال به صورت روزانه) به rsm داده شد و این نرم افزار با R=0.7 تشخیص داد که فقط سه متغیر (ساعت آفتابی، حداکثر دما و رطوبت نسبی) برای نوشتن معادله مناسب است (معادله۱۶)، (شکل ۱و ۲)؛ و در نهایت برای اطمینان از اینکه متغیرهای انتخاب شده مناسب هستند یا نه، با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و با نوشتن کد هوشمند برای بهینه کردن تعداد نورون ها، تعداد لایه مخفی، توابع فعال سازی و الگوریتم بهینه سازی یکبار با هشت متغیر ورودی و بار دیگر برای سه متغیر ورودی ذکر شده در بالا اجرا شد(شکل ۱و ۲) به این صورت که شبکه را برای انواع نورون ها اجرا شد و در نورون ۲۰ بیشترین رگرسیون و کمترین خطا بدست آمدو با توجه به R=0.88 و mse=0.2 شبکه با سه متغیر ورودی (ساعت آفتابی، حداکثر دما و رطوبت نسبی) مناسب برای نوشتن معادله تخمین شدت تابش رسیده به سطح زمین برای اهواز است.

[1]Deign Expert

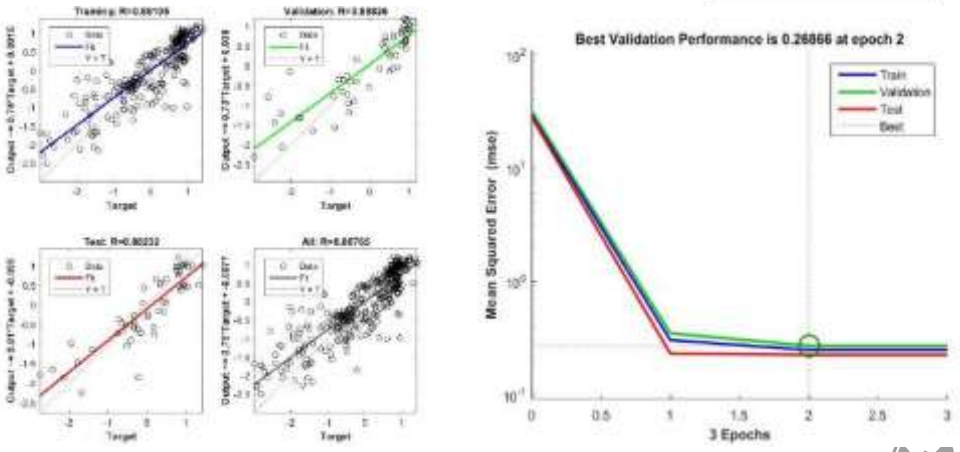

Figure 1 Regression and error of eight input variables

شکل۱ رگرسیون و خطای هشت متغیر ورودی

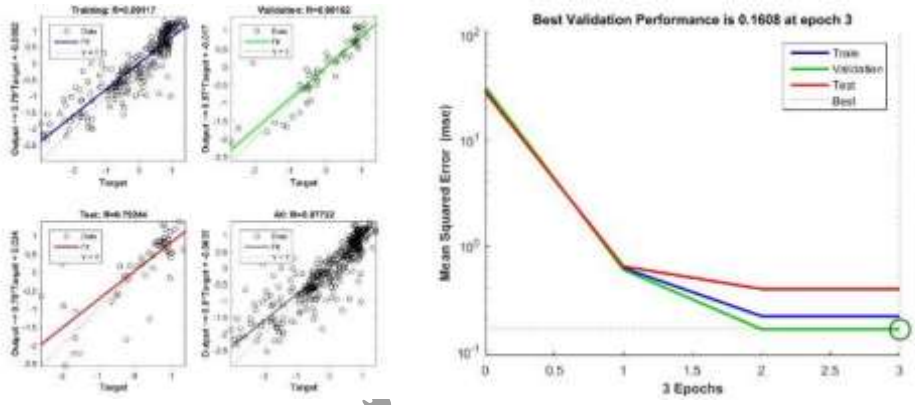

Figure 2 Regression and Error of three combinative input variables

شکل۲ رگرسیون سه متغیر ترکیبی ورودی

جدول۱ رگرسیون و خطای مدل ها

Table 1 Regression and model errors

mse	R	model
0.9	0.24	1
0.8	0.43	2
0.7	0.34	3
1.1	0.07	4
0.6	0.53	5
1.6	0.02	6

۳-۱ تجزیه واریانس

با توجه به جدول۲ زمانی که همه متغیر های گفته شده دربالا به عنوان ورودی به این نرم افزار داده شد تشخیص نرم افزار بر این بود که فقط سه متغیر ساعت آفتابی ، رطوبت نسبی و ماکزیمم دما با رگرسیون ۰/۷۳ مناسب برای تخمین معادله شدت تابش رسیده به سطح زمین است. همانطور که در جدول۳ مشخص است داده ها اختلاف معناداری با یکدیگر دارند در صورتیکه مقدار پراکندگی معنادار نیست و مقدار پراکندگی با توجه به شکل۴، ۱۰/۱۱ محاسبه شد و همچنین مقدار رگرسیون و رگرسیون پیشنهادی نرم افزار برای اهواز ۰/۷۳ بدست آمد؛ که در نهایت معادله شدت تابش رسیده به سطح زمین برای اهواز با در نظر گرفتن تابع فعال سازی ریشه گیری معادله ۱۶بدست آمد.

جدول۲ تجزیه واریانس معادله تخمین زده شده (A : ماکزیمم دما، B: رطوبت نسبی و C: ساعت آفتابی)

Table 2 Analysis of variance of estimated equations (A: maximum temperature, B: relative humidity and C: sunny hours)

P-value	F- value	Mean Square	df	Sum of Squares	Source
<0/0001	203.67	1504.3	5	7521.52	model
<0/0001	20.45	151.02	1	151.02	(A)Max temp
<0/0001	25.67	189.59	1	189.59	(B) relative humidity
<0/0001	361.19	2667.65	1	2667.65	(C) sunny hours
<0/0001	32.91	243.07	1	243.07	B*C
<0/0001	5.34	39.45	1	39.45	B^2
		7.39	359	2651.51	Residual
Not significant	41.97	7.41	358	2651.33	Lack of fit
		0.18	1	0.18	Pure Error
			364	10173.02	Cor total

جدول۳ مقدار رگرسیون و رگرسیون پیشنهادی نرم افزار

Table 3 The proposed regression and proposed regression

2.72	Std. Dev
26.88	mean
10.11	C.V%
0.739	R-Squared
0.726	Pred R-Squared

در نهایت معادله تخمین زده شده برای اهواز:

$$R_s = 0.0058 + 0.0096A - 0.11B + 0.03C + 0.00034BC + 1.73B^2 \quad (16)$$

شکل ۳ نمودار رگرسیون گیری بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده توسط نرم افزار rsm را نشان می دهد.

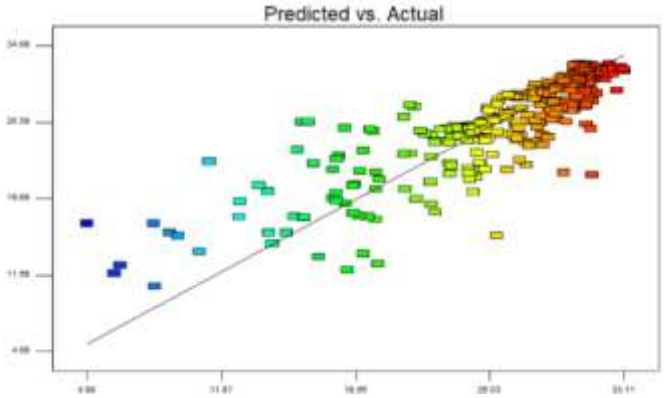

Fig. 3 shows the regression diagram of the actual values and predicted by the software

شکل۳ نمودار رگرسیون گیری بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده توسط نرم افزار

۳-۲ شبکه عصبی پرسپترون چند لایه

مدل شبکه عصبی از نوع پرسپترون چندلایه یک بار با هشت متغیر ورودی شامل درصد رطوبت نسبی روزانه، شمارنده روز سال، میزان بارندگی روزانه، حداکثر و حداقل دمای روزانه، ساعات آفتابی روزانه، شدت تشعشع خارج از جو روزانه و سرعت باد روزانه و یک متغیر خروجی شامل شدت تابش

رسیده به سطح زمین و بار دیگر با سه متغیر ورودی شامل ساعت آفتابی، حداکثر دما و رطوبت نسبی از بین داده های هواشناسی اهواز مربوط به سال های ۱۳۸۷-۱۳۹۰ با برنامه نویسی در نرم افزار متلب طراحی شد از مجموعه داده ها ۷۰ درصد برای آموزش شبکه، ۱۵ درصد برای تست و ۱۵ درصد برای اعتبارسنجی به صورت تصادفی انتخاب گردید. جهت بدست آوردن بهترین تعداد نورون در لایه مخفی برنامه ای در متلب نوشته شد. این برنامه به صورت متوالی با تغییر تعداد نورون ها در لایه مخفی و توابع فعال سازی در هر مرحله مقدار خطا و ضریب تبیین را به عنوان معیار انتخاب و جهت انتخاب مقدار بهینه ثبت می نمود. شبکه عصبی مصنوعی با کمک نرم افزار matlab و نوشتن کد هوشمند جهت بهینه کردن الگوریتم، تعداد نورون های لایه مخفی، تعداد لایه های پنهان و توابع فعال سازی شبیه سازی صورت گرفت. در این شبکه از الگوریتم بهینهLevenberg Marquardt با یک لایه پنهان، توابع فعال سازی به ترتیبtansig و purelin استفاده شد (ساختمان شبکه مطابق شکل ۴، مناسب ترین رگرسیون و خطای شبکه عصبی مطابق شکل ۲ و همچنین ماتریس های بهینه وزن دهی و بایاس در شکل ۵ ارائه شده است).

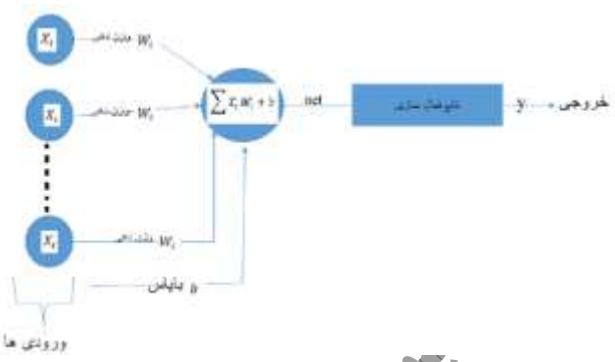

Figure 4 Multi-layer perceptron neural network building

شکل۴ ساختمان شبکه عصبی پرسپترون چند لایه

Figure 5 Weights matrix (20 × 3) and bias (1 × 20) trained network to estimate radiation intensity with three input parameters

شکل۵ ماتریس وزن ها (۳ ×۲۰) و بایاس (۱×۲۰) شبکه آموزش دیده برای تخمین شدت تابش با سه پارامتر ورودی

۴- نتیجه گیری

داده های مورد استفاده در این پژوهش، شامل داده های روزانه حداکثر دما، حداقل دما، ساعت آفتابی، رطوبت نسبی، تابش خارج از جو، شمارنده روز سال، میزان بارندگی و سرعت باد از سال ۱۳۸۷-۱۳۹۰ از ایستگاه هواشناسی اهواز برای سه شهر اهواز اخذ شد. در این مطالعه مقادیر a و b برای اهواز با توجه به داده های روزانه در محیط برنامه نویسی matlab تخمین زده و نتیجه آن به صورت a=0.55 و b=0.12 ارائه شد. باتوجه به شش مدل ذکر شده در قسمت مواد و روش ها برای یک اقلیم نیمه خشک پس از قرار دهی متغیرهای مربوطه در هر معادله، شدت تابش رسیده به سطح زمین محاسبه شده و سپس با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و نوشتن کد هوشمند برای بهینه کردن تعداد نورون ها، تعداد لایه مخفی، توابع فعال سازی و الگوریتم بهینه سازی بین تک تک معادلات و مقادیر شدت تابش اندازه گیری شده توسط پیرانومتر رگرسیون گیری شد و خطای مربوطه بدست آمد. با توجه به جدول ۱ متوجه شدیم که تقریبا هیچ کدام از معادلات گزارش شده برای اهواز مناسب نیستند به همین دلیل با استفاده از نرم افزار روش سطح پاسخ معادله ای برای اهواز تخمین زده شد. در این نرم افزار ابتدا تمامی هشت متغیر (ساعت آفتابی، حداقل و حداکثر دما، رطوبت نسبی، شدت تابش خارج از جو، بارندگی، سرعت باد و شمارنده روز سال به صورت روزانه) به rsm داده شد و این نرم افزار با R=0.7 تشخیص داد که فقط سه متغیر (ساعت آفتابی، حداکثر دما و رطوبت نسبی) برای نوشتن معادله مناسب است (معادله۱۶). در نهایت برای اطمینان از اینکه متغیرهای انتخاب شده مناسب هستند یا نه، با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و با نوشتن کد هوشمند یکبار با هشت متغیر ورودی و بار دیگر برای سه متغیر ورودی با توجه به R=0.88 و mse=0.2 شبکه با سه متغیر ورودی (ساعت آفتابی، حداکثر دما و رطوبت نسبی) مناسب برای نوشتن معادله تخمین شدت تابش رسیده به سطح زمین برای اهواز است.

۵- مراجع

Allen, R. G., Pereiral, S., Raes, D. & Smith, M. (1998). crop evapetranspiration guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage. Paper No 56, Rome.

Arsanjani, A. M., Yakubi, M. & Jafarpour, h. (1394). Evaluation of solar energy potential in Iran's climate climates using neural network method. First International Solar Energy Conference (Persian).

Dashtipour, M. & Jahanshahi Juran, A. (1393). Solar constant verification of total daily solar radiation received at a horizontal plane. Sixth Scientific Conference on Renewable Energy, Clean and Efficient (Persian).

Gorjian, sh., Ghobadian, B. & Tavakkoli Hashjin, T. (2015). Modeling of solar Radiation Potential in Iran using Artificial Neural Network. J. Agr. Sci. tech (2015) Vol. 17: 1707 – 1723.

Hansen, j. W. (1999). Stochastic daily solar irradiance for diological modeling applications: Agr Forest Meteorol, 94, 53-63

Hasenauer, H., Meganicova, K., Petritsch, R., Pietsch, S. A. & Thornton, P. E. (2003). Validating daily climate interpolations over complex terrain in Austria: Agric for Meteorol, 119, 87-107.

Khozestan state capital building programming assistance. Khozestan statistical. (2007) (Persian).

Kia, M. (1394). Neural Networks in MATLAB. Kian University fourth edition (Persian).

Majnoni Heris, A., Zand Parsa, Sh., Nazem Sadat, M. (1387). Development and evaluation of solar radiation estimation models based on sunny hours and meteorological information. Science and technology of agriculture and natural resources. 12th year. No. Forty-sixth (b). Winter 2008 (Persian).

Mousavi Baghi, M., Ashraf, B. & Inter-Abadi, A. (2010). Study of different models of solar radiation estimation in order to introduce the most suitable model in a semi-arid climate. Water and Soil Journal. Volume 24 No. 4, p. 836-844 (Persian).

Moeeini, S., Javadi, Sh., Kokchebi, M. & Peasant, M. (2010) Estimation of Solar Radiation in Iran Using an Optimal Model. Iranian Journal of Energy. Volume 13. Number 2 (Persian).

Montgomery, D. C. (2008). Design and analysis of experiments. Wiley.

Ramedani, Z., Omid, M. & Keyhani, A. (2013). Modeling solar Energy potential in a Tehran province using Artificial Neural Network. International Journal of Green Energy, 10, 427-441.

Safari Pour, M. & Mehrabian, M. (2009). Effect of astronomical, geometric, geographic and meteorological factors on the amount of daily solar radiation received in a horizontal plane in Kerman. First International Conference on Heating, Cooling and Air Conditioning in Iran, Tehran (Persian).

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

Scheifinger, H. & Kolb, H. (2000). Modeling global radiation in complex terrain in central arid desert of Iran: Renewable Energy, 33. 1002-1010.

Soltani, A., Meinke, H. & voil, P. (2004). Assessing linear interpolation to generate daily radiation and temperature data for use in crop simulation: Eur. J. Agron, 21, 133-148.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران