پیش بینی لحظه ای تابش کل خورشید در شهر رفسنجان توسط شبکه عصبی

مصطفی زمانی محی آبادی [۱]

تاریخ دریافت مقاله:
۱۳۹۲/۰۵/۱۶

تاریخ پذیرش مقاله:
۱۳۹۲/۰۸/۲۵

چکیده:

تابش کل خورشیدی رسیده به سطح زمین یکی از کاربردی‌ترین پارامترهایی است که در پروژه ها و مدل‌سازی‌های برآورد انرژی خورشیدی، هیدرولوژی، کشاورزی، هواشناسی و اقلیمی از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به اینکه تهیه و ایجاد وسایل اندازه‌گیری این پارامتر هزینه زیادی در بر دارد، معادلات بسیاری جهت برآورد آن توسط محققان در سراسر جهان پیشنهاد شده است. در این تحقیق با استفاده از شبکه عصبی، مدلی جهت پیش بینی لحظه ای تابش در شهر رفسنجان طراحی گردیده است. از مقایسه مقادیر بدست آمده از مدل طراحی شده با مقادیر اندازه گیری شده توسط پیرانومتر برای یک سال، مشخص شد که شاخص‌های آماری RMSE,MBE و t برای شبکه عصبی بترتیب ۰/۰۰۳۷، ۳۶/۵۳۶۶ و ۰/۰۲۳۲ می باشند که نمایانگر عملکرد خوب مدل طراحی شده در شبکه عصبی است.

کلمات کلیدی:
تـابش کـل خورشـید، شـبکه عصبی، شهر رفسنجان

۱) عضو هیات علمی گروه پژوهشی پیل سوختی حرارت بالا دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان m.zamani@vru.ac.ir

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

مقدمه

دانستن مقدار تابش کل خورشیدی در هر محل برای بسیاری از مسائل کاربردی از جمله تخمین تبخیر- تعرق، طراحی معماری، مدل‌های رشد محصولات کشاورزی، استفاده از انرژی خورشیدی اهمیت فراوان دارد. اما به رغم اهمیت اندازه‌گیری این پارامتر، به دلیل مشکلات اقتصادی، وسایل و ابزار مناسب اندازه‌گیری تابش مانند سایر پارامترهای هواشناسی از جمله دما و بارش در همه مناطق موجود نبوده و بنابراین باید به گونه‌ای آن را تخمین زد[۶] .

مدل سازی مناسب به منظور برآورد انرژی خورشید در مناطق مختلف کشور و استفاده صحیح از آن نقش مهمی در تعیین انرژی مورد نیاز کشور ایفا خواهد نمود[۳]. این مسائل باعث ترغیب دانشمندان و محققان به سوی ارائه و استفاده از مدل‌های تابش خورشید شده است. مقادیر تابش به روش‌های مختلفی از جمله روابط تجربی و رگرسیونی، استفاده از فن سنجش از دور و شبکه‌های عصبی و میان‌یابی خطی محاسبه می‌شوند.

به طور کلی، معادلات تجربی برآورد تابش خورشیدی را می‌توان به سه دسته تقسیم‌بندی کرد: اول، معادلاتی که مبنای آنها ساعات آفتابی است[۷]، دوم، معادلاتی که مبنای آنها دمای هواست[۸] و سوم، معادلاتی که بر مبنای ابرناکی محاسبه می‌شوند[۱۰]. البته تعداد زیادی از پارامترهای هواشناسی مانند رطوبت نسبی، ابرناکی، دما، ساعات آفتابی و .... بر مقدار تابش کل خورشیدی رسیده بر سطح زمین موثر می‌باشند. بر این اساس، معادلات مختلفی برای تخمین مقدار تابش کل خورشیدی پیشنهاد شده است که یکی از مهم‌ترین آنها، معادله آنگستروم می باشد که در سال ۱۹۲۴ ارائه شد[۷].

رحمان [۱۳] با استفاده از ۱۶ مدل مختلف برآورد تابش، مقادیر تابش محاسبه شده را در عربستان سعودی با مقادیر تابش اندازه‌گیری شده با پیرانومتر مقایسه کرد و از بین آنها بهترین مدل را که مدل خطی آنگستروم- پرسکات با ضرایب a=۰/۳۴۶۵ و b= ۰/۳۵۲ بود، انتخاب نمود.

سبزی‌پرور و شتایی[۱۴] در نواحی خشک و نیمه خشک غرب و شرق ایران، شش معادله پالتریج، صباغ، دانشیار، پالتریج اصلاح شده، صباغ اصلاح شده و دانشیار اصلاح شده را مورد بررسی قرار داده و مقدار تابش را تخمین زدند.

شبکه عصبی از روش‌های محاسباتی هوشمند می باشد که مزیت اصلی آن سرعت بالا و دقت مطلوب در پیش بینی متغییرهای پیچیده با نگاشت خطی و غیرخطی است. اصولا شبکه های عصبی در حل مسایل پیچیده که مدل‌های تجربی یا نیمه تجربی در حل آنها کارایی مناسب نداشته باشند، بسیار کارا هستند.[۹]

سوزان و همکارانش [۱۵] قابلیت شبکه عصبی در برآورد میزان تابش و همچنین بهترین معماری شبکه برای دستیابی به کمترین خطا را بررسی کردند. رحیمی‌خوب [۱۲] داده های حداکثر و دمای حداقل اهواز را به عنوان ورودی شبکه عصبی برای تخمین میزان تابش به کار گرفت. او مدل را با مدل هارگریوز-سامانی مورد مقایسه قرار داد و درصد میانگین

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

مطلق خطا برای شبکه عصبی ۲,۵۳ و برای روش هارگریوز–سامانی برابر ۳,۶۴ به دست آمد. اللواتی و همکارانش [۵] از داده های هواشناسی۲۵ شهر عمان به منظور تخمین میزان تابش و همچنین ضریب صافی به وسیله شبکه عصبی استفاده کردند. نتایج حاصل از شبکه عصبی RBF با چند روش رگرسیونی مقایسه شده است و نتایج حاصل نشان می دهد که شبکه عصبی قابلیت بهتری در تخمین تابش دارد.

نتایج تحقیقات فوق الذکر میزان اهمیت و تاثیر گذاری این مدل‌ها برای اهداف مورد نظر را نشان داده و نیز عملکرد بهتر شبکه عصبی نسبت به دیگر مدل‌ها قابل مشاهده است.

به این ترتیب، اهداف کلی از اجرای این مدل‌سازی را می توان به شرح زیر خلاصه نمود:

۱- به دست آوردن مدلی قابل قبول توسط شبکه عصبی بر اساس اطلاعات اندازه گیری شده، مختص شهر رفسنجان
۲- استفاده از مدل موجود جهت بررسی پارامترهای مختلف عملکردی
۳- استفاده از مدل موجود جهت مدل‌سازی کاربردهای نیروگاهی و غیرنیروگاهی خورشیدی در شهر رفسنجان

در ادامه این مقاله، ابتدا به بررسی منطقه مورد مطالعه پرداخته می شود و سپس به شبکه های عصبی و شاخص های خطا پرداخته شده است. در بخش بعد، نحوه مدل‌سازی و نتایج و در نهایت، نتیجه گیری ذکر گردیده است.

منطقه مورد مطالعه

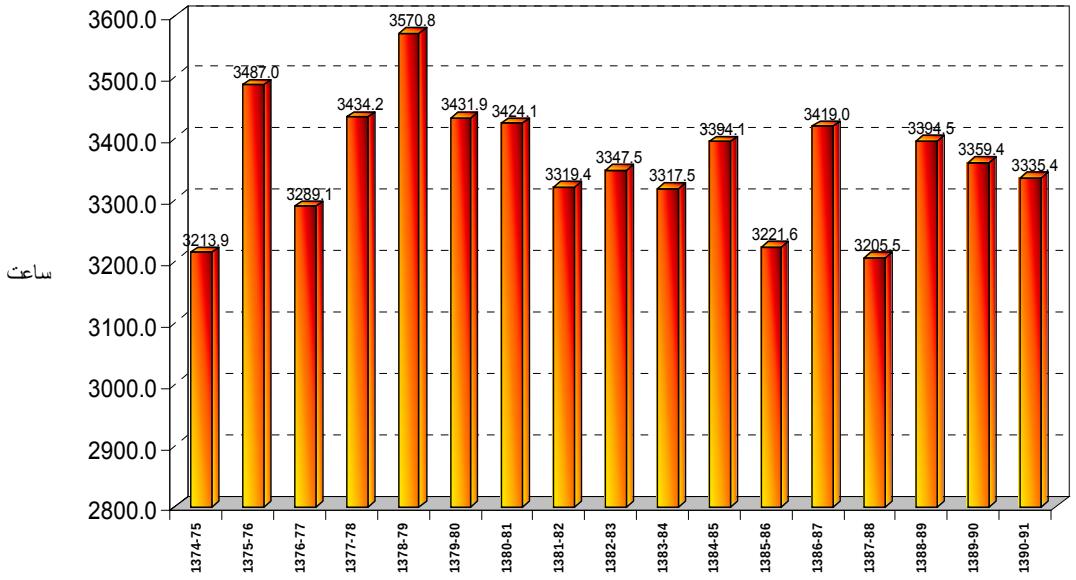
دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان گام‌های مهمی در جهت استفاده از انرژی های نو برداشته است. طرح خودروی پیل سوختی حرارت بالا و نیروگاه ۲,۵ کیلووات خورشیدی(فتوولتاییک) (شکل۱) و .... از جمله طرح‌های انجام شده می باشند.

شکل ۱) نیروگاه ۲,۵ کیلووات خورشیدی(فتوولتاییک) دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

با توجه به اقلیم شهر رفسنجان در زمینه کشاورزی محصول پسته و مشکلات موجود در زمینه تبخیر سطحی و ... و نیز ظرفیت بالای تابش خورشید در این ناحیه، استفاده از این انرژی در زمینه های مختلف نیازمند یک مدل دقیق تابش کل خورشید مختص این شهر است، تا بتوان بهترین طراحی ها و برآوردها را در زمینه طرح‌های انرژی خورشیدی و مشکلات کشاورزی انجام داد.

در این تحقیق، از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک شهر رفسنجان با طول جغرافیایی ۵۵ درجه، عرض جغرافیایی ۳۰/۲ درجه و ارتفاع۱۴۶۹متر از سطح دریا ، استفاده شده است. اقلیم این منطقه در گروه مناطق خشک و گرم قرار دارد. میانگین ساعات آفتابی سالانه رفسنجان تقریبا ۳۳۶۲٫۶۵ ساعت در سال است. شکل(۲) ساعات آفتابی رفسنجان از سال ۱۳۷۴تا۱۳۹۱ را نشان می دهد.

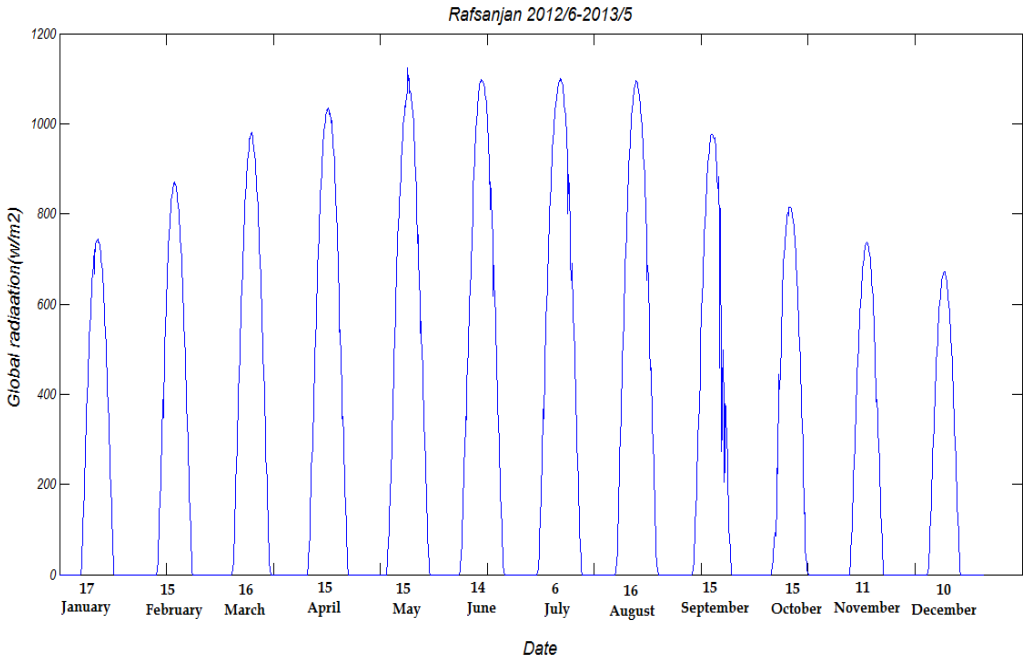


شکل۲) تغییرات رژیم ساعات آفتابی ایستگاه سینوپتیک رفسنجان ١٣٧٤-١٣٩١

شکل(۳) سنسور اندازه گیری دما و تابش کل موجود در ایستگاه سینوپتیک رفسنجان را نشان می دهد و در شکل‌های (۴) و (۵)، تابش کل و دمای محیط اندازه گیری شده توسط وسایل اندازه گیری ایستگاه سینوپتیک رفسنجان برای یک روز از هر ماه نشان داده شده است. همان طور که از شکل های مربوط مشخص می باشد، رفسنجان دارای ظرفیت بالای انرژی خورشیدی می باشد.

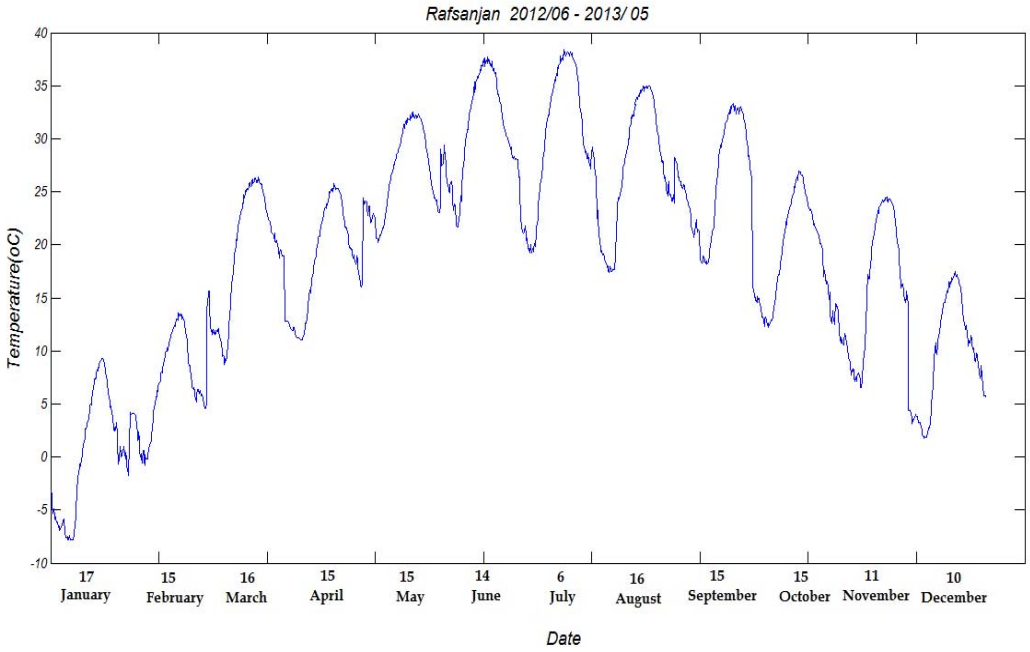
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

شکل۳) سنسور اندازه گیری دما و تابش کل موجود در ایستگاه سینوپتیک رفسنجان



شکل٤) تابش کل اندازه گیری شده توسط پیرانومتر ایستگاه سینوپتیک شهر رفسنجان برای یک روز از هر ماه

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]



شکل۵) دمای محیط اندازه گیری شده توسط دماسنج ایستگاه سینوپتیک شهر رفسنجان برای یک روز از هر ماه

در سال های اخیر، شبکه های عصبی مصنوعی بطور موفق در کارهای تشخیص مورد استفاده قرار گرفته اند. یکی از مزایای اصلی استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی، توان تشخیص الگوهایی است که نادقیق هستند. در ادامه، به معرفی شبکه عصبی پرداخته شده است.

معرفی شبکه های عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی، الهام گرفته از عملکرد و نحوه کار شبکه‌های عصبی بیولوژیکی می باشند. در واقع، مدل‌های ریاضی برای پردازش سریع و دقیق اطلاعات هستند. شبکه های عصبی در بعد تحلیل و توسعه ساختاری و نیز در بعد پیاده سازی سخت افزاری از نظر کمی و کیفی در حال رشد و پیشرفت می باشند[۴,۱].

شبکه های عصبی از یکسری لایه ها شامل اجزای ساده پردازشگر به نام نرون تشکیل گردیده اند که به صورت موازی با هم عمل می کنند. هر لایه ورودی به یک یا تعداد بیشتری لایه میانی (*Hidden Layer*) مرتبط می باشد و لایه های میانی نیز به لایه های خروجی مرتبط می شوند. جواب شبکه نیز نقش خروجی را برای سیستم ایفا می کند. هر لایه می‌تواند از تعدادی نرون با توابع تبدیل متفاوت برخوردار باشد، یعنی مدل نرون‌ها در لایه ها می توانند متفاوت در نظر گرفته شوند. مشخصه های قابل توجه شبکه های عصبی، قابلیت یادگیری آنهاست، به طوری که قادرند هر بار

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

وزنهایشان را با نمونه ورودی اصلاح کنند. در یک جمله، شبکه های عصبی مانند موجودات زنده قابلیت یادگیری دارند. این آموزش استنتاجی ممکن است در تشخیص صدا، شبیه سازی مسیر و ... باشد. یکی از انواع شبکه های عصبی، پرسپترون می باشد که به صورت پرسپترون تک لایه و چند لایه موجود هستند. پرسپترون تک لایه می تواند مسائل مجزای خطی را دسته بندی کند و برای مسائل پیچیده تر لازم است که از تعداد بیشتری لایه استفاده کنیم. شبکه های پیش خور چند لایه از تعداد بیشتری لایه های میانی تشکیل شده اند [۴,۱].

نرمالیزه کردن مولفه های بردار ورودی و خروجی به نحوی انجام می پذیرد که تمامی این مولفه ها در بازه [۱-۰] قرار گیرند، در این تحقیق جهت نرمالیزه کردن ورودی ها و خروجی از رابطه (۱) استفاده شده است.

$$I_{norm} = \frac{I - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \qquad (۱)$$

شاخص های خطا

در این تحقیق برای ارزیابی دقت مدل و مقایسه نسبی نتایج مدل تخمینی با مقادیر اندازه‌گیری شده تابش رسیده به سطح زمین توسط پیرانومتر، از آزمون‌های پیشنهادی جاکوویدز [۱۱] استفاده گردید.

جاکوویدز نشان داد که استفاده از شاخص های $RMSE$ [۱]، MBE [۲] به تنهایی، موجب به وجود آمدن خطا در انتخاب مدل می‌شود، لذا توصیه نمود که در کنار این دو شاخص، از معیار t که ترکیبی از آنها است، استفاده شود. روابط شاخص‌های گفته شده به صورت زیر می‌باشند:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}} \qquad (۶) \quad MBE = \frac{\sum_{1}^{n}(P_i - O_i)}{n} \qquad (۷) \quad t = \sqrt{\frac{(n-1)MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}} \qquad (۲)$$

هرچه مقدار RMSE کمتر باشد، مدل از دقت بیشتری برخوردار است. اگر مقدار MBE مثبت باشد، یعنی مقدار پیش بینی شده از مقدار اندازه گیری شده بیشتر است و اگر مقدار MBE منفی باشد، یعنی مقدار اندازه گیری شده از مقدار پیش بینی شده کمتر است.

در این معادلات، P_i مقدار برآورد شده تابش خورشیدی، O_i مقدار اندازه‌گیری‌شده تابش خورشیدی و n تعداد

1) Root Mean Square Error
2) Mean Bias Error

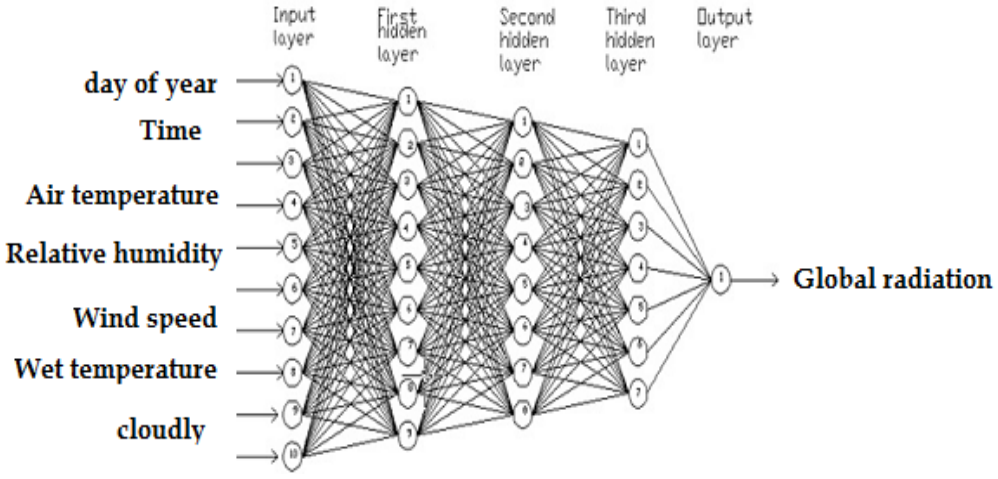
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

مشاهدات می‌باشد.

نحوه مدل‌سازی و نتایج

معمولا پوشش ابری آسمان، نوع ابر و ارتفاع ابر در ایستگاه‌های سینوپتیک و یا ایستگاه‌های تحقیقاتی اندازه گیری می‌شود. میزان پوشش ابری در آسمان در کشور ما و اغلب کشورها به صورت واحد هشتم بیان می شود، در صورتی که آسمان بدون ابر باشد، صفر و در صورتی که آسمان نیمه ابری باشد، ۴/۸ و اگر تمام ابری باشد، ۸/۸ گزارش می‌شود.

در اکثر تحقیقات انجام شده، برای به دست آوردن مدل تابش خورشید از داده های روزانه دمای محیط[1]، رطوبت نسبی[2] سرعت باد[3] ، ابرناکی[4] و.... استفاده شده است. در این تحقیق، با توجه به اینکه هدف پیش بینی تابش آتی به صورت لحظه‌ای می‌باشد، داده‌های اندازه‌گیری شده در ایستگاه سینوپتیک رفسنجان صورت واقعی و لحظه‌ای به عنوان ورودی شبکه عصبی در نظر گرفته شده است. در این تحقیق از داده های: شماره روز از سال بین ۱–۳۶۵، زمان اندازه‌گیری داده‌ها، دمای محیط، رطوبت نسبی، سرعت باد، دمای تر[5] و ابرناکی استفاده شده است. شکل(۶) ورودی‌های استفاده شده در شبکه عصبی را نشان می‌دهد.



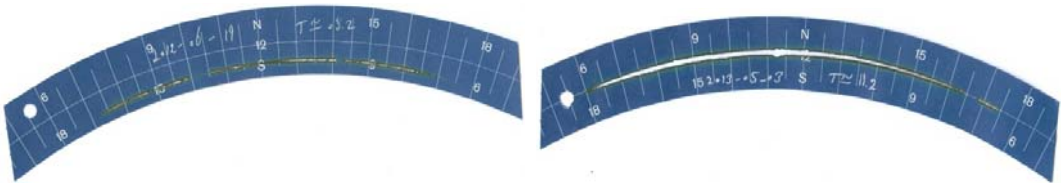
شکل٦) ورودی ها و خروجی استفاده شده در شبکه عصبی

1) Air temperature [حداکثر، حداقل و یا میانگین آن]
2) Relative humidity [حداکثر، حداقل و یا میانگین آن]
3) wind speed [حداکثر، حداقل و یا میانگین آن]
4) Cloudy [حداکثر، حداقل و یا میانگین آن]
5) Wet temperature

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

اندازه گیری های فوق به استثنای ابرناکی به صورت هر ۱۰ دقیقه در ایستگاه موردنظر ثبت شده است، اما اندازه‌گیری-های مربوط به ابرناکی هر ۳ ساعت ثبت گردیده است برای یافتن هر ۱۰ دقیقه این پارامتر با توجه به نظر کارشناسان مربوطه، با استفاده از کاغذهای آفتاب‌نگار و داده‌های تابش روزهای موردنظر، در بین بازه ۳ ساعت و به صورت هر ۱۰ دقیقه مقدار ابرناکی تخمین زده شد. در شکل (۷) دستگاه آفتاب نگار موجود در ایستگاه سینوپتیک رفسنجان و در شکل(۸) کاغذهای آفتاب نگار، برای ۲ روز مختلف نمایش داده شده است.

شکل۷) دستگاه آفتاب نگار موجود در ایستگاه سینوپتیک رفسنجان



شکل ۸) کاغذهای آفتاب نگار موجود در ایستگاه سینوپتیک رفسنجان برای روزهای ۲۰۱۲/۰۶/۱۹ و ۲۰۱۳/۰۵/۰۳

در این بخش، شبکه هایی با تعداد لایه های مختلف، تعداد نرون های مختلف و توابع تحریک مختلف مورد بررسی قرار گرفت که نتایج را در جدول (۱) نشان داده‌ایم. در این آزمایش‌ها از تابع آموزش Trainlm استفاده شده است، در ضمن برای تعیین تابع محرک و تعداد نرون ها به روش سعی و خطا عمل کرده و حالتی که (MSE (Mean Squared Error کمتر و R(Correlation Coefficient) بیشتر باشد{ هرچه R بیشتر باشد، نشان دهنده میزان تطابق خروجی مدل با هدف است و اگر ۱ باشد، گویای این است که خروجی سیستم با هدف برابر می باشد} مناسب می باشد. تابع تحریک خروجیPurelin درنظر گرفته شد. در این شبیه سازی، ۷۰ درصد داده‌ها جهت آموزش شبکه عصبی، ۱۵

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

درصد برای اعتبارسنجی[1] و ۱۵ درصد نیز برای آزمون[2] سیستم در نظر گرفته شدند. شبیه سازی ها با نرمالیزه کردن ورودی‌ها و خروجی های سیستم نیز انجام گردید.

با توجه به نتایج جدول (۱)، شبکه عصبی طراحی شده با تابع محرک در لایه های مخفی logsig,tansig,logsig و با تعداد نرون [10 10 10] انتخاب گردید.

جدول ۱) نتایج شبیه سازی

ANN Topology Hiden layer	Neurons in layer	itreations	Error (MSE)	R			Iterations norm	Error (MSE) norm	R norm*		
				training	validation	test			training	validation	test
purelin	[1]	24	95505.976	0.44939	0.45014	0.43569	4	0.063699	0.41541	0.4316	0.42635
purelin	[5]	53	4111.8352	0.98243	0.98305	0.98207	4	0.64402	0.41753	0.41684	0.43524
purelin	[10]	396	2047.1127	0.99101	0.99146	0.9908	3	0.063468	0.41848	0.42757	0.41975
logsig	[1]	61	100131.849	0.40631	0.41443	0.41958	35	0.059665	0.48476	0.47863	0.48283
logsig	[5]	22	3113.2938	0.98743	0.98686	0.98756	35	0.0028716	0.98194	0.98129	0.98179
logsig	[10]	32	2619.5451	0.98932	0.98937	0.98945	162	0.0015356	0.99076	0.99008	0.99052
logsig , logsig	[1 1]	34	88453.2732	0.49886	0.51065	0.49671	95	0.062493	0.45166	0.45009	0.43591
logsig , logsig	[5 5]	95	1990.7704	0.99166	0.99179	0.99142	185	0.0012223	0.9921	0.99211	0.99183
logsig , logsig	[10 10]	79	1580.7696	0.99382	0.99335	0.9935	112	0.0010499	0.99375	0.99326	0.99397
logsig ,tansig, logsig	[1 1 1]	3	117677.3194	$-1.45*10^{-22}$	$6.1*10^{-24}$	$-7.1*10^{-24}$	48	0.061481	0.45475	0.45038	0.45272
logsig ,tansig, logsig	[5 5 5]	150	1878.7822	0.99233	0.99225	0.9921	182	0.0012489	0.99255	0.99187	0.99283
logsig ,tansig, logsig	[10 10 10]	121	1383.0037	0.99436	0.99439	0.99403	138	0.00094398	0.99449	0.99391	0.99385

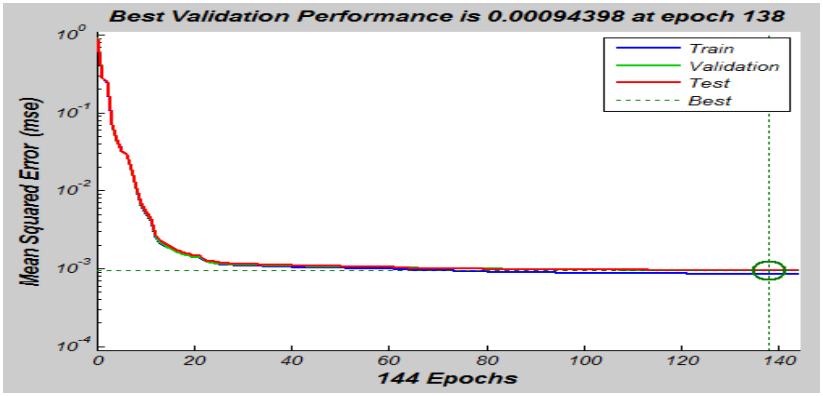
*norm=normalization

1) validation
2) test

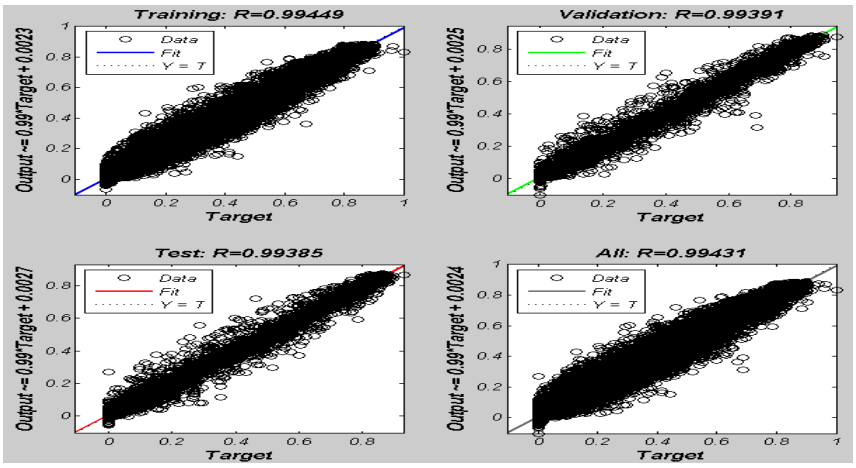
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

در شکل(۹) نمودار همگرایی شبکه عصبی و رسیدن به حداقل میانگین مربعات خطا(MSE) برای داده های نرمالیزه شده نشان داده شده است و نمودار شکل(۱۱) برای داده های نرمالیزه نشده می باشد. همان طور که مشخص است، شبکه عصبی توانسته است با کمترین تکرار به همگرایی مورد نظر و حداقل MSE دست یابد.

شکل(۱۰) [نرمالیزه شده] و شکل(۱۲) نشان دهنده ارتباط بین مقادیر واقعی تابش با مقادیر برآورده شده توسط شبکه عصبی می باشد. در این شکل ها، داده های آموزش[1] ، اعتبارسنجی و آزمون نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل دیده می شود، نزدیک بودن شیب خط عبوری به عدد یک و کم بودن مقدار عرض از مبدا، موید کارایی خوب شبکه عصبی طراحی شده در تخمین تابش می باشد.



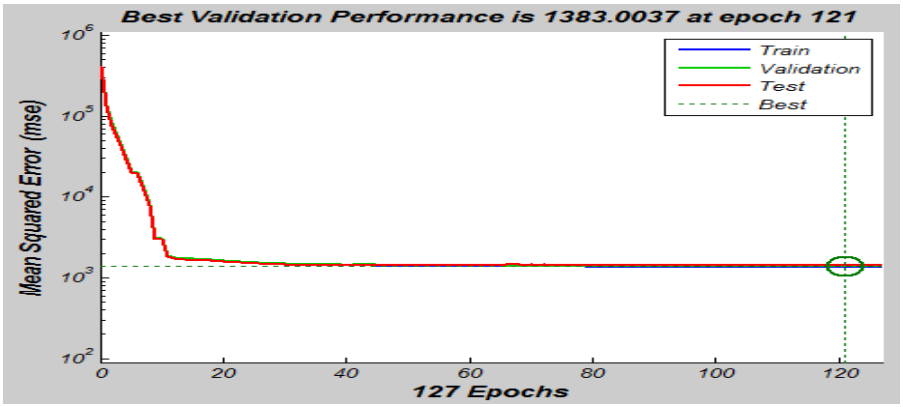
شکل۹) نمودار همگرایی شبکه عصبی و رسیدن به حداقل میانگین مربعات خطا MSE(داده های نرمالیزه شده)



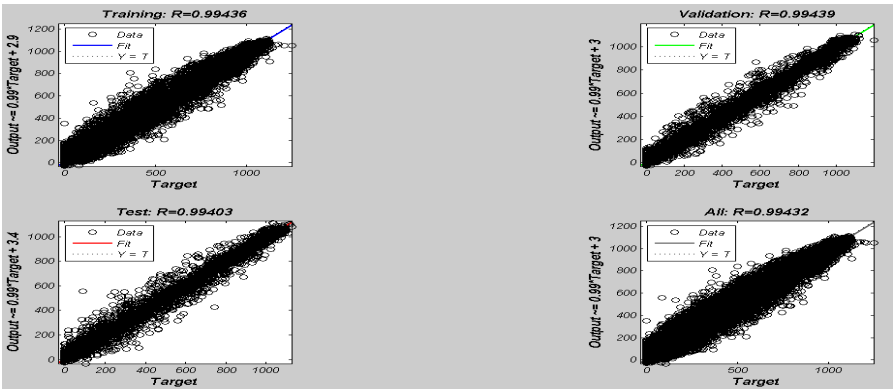
شکل۱۰) ارتباط بین مقادیر واقعی تابش با مقادیر برآورده شده توسط شبکه عصبی(داده های نرمالیزه شده)

1) training

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]



شکل ۱۱) نمودار همگرایی شبکه عصبی و رسیدن به حداقل میانگین مربعات خطا MSE



شکل۱۲) ارتباط بین مقادیر واقعی تابش با مقادیر برآورده شده توسط شبکه عصبی

در ادامه، مدل شبکه عصبی انتخاب شده مورد ارزیابی قرار گرفته و برای جهت انجام این امر از شاخص های خطا استفاده شده است. جدول(۲) نشان دهنده مقادیر شاخص ها برای این مدل در طول یک سال است. همان طور که مشخص است، شبکه عصبی دارای کارایی مناسبی برای شهر رفسنجان می باشد. در جدول(۳) نیز نتایج ارزیابی شبکه عصبی طراحی شده برای هر ماه نشان داده شده است که نمایانگر کارایی مناسب مدل موجود در هر ماه می باشد.

در شکل‌های (۱۳) تا (۱۶) مدل شبکه عصبی(ANN) برای روزهای مختلف با مقادیر اندازه گیری شده میدانی نشان داده شده است، همان طور که از شکل ها نیز مشخص است، شبکه عصبی از کارایی مناسبی برخوردار است.

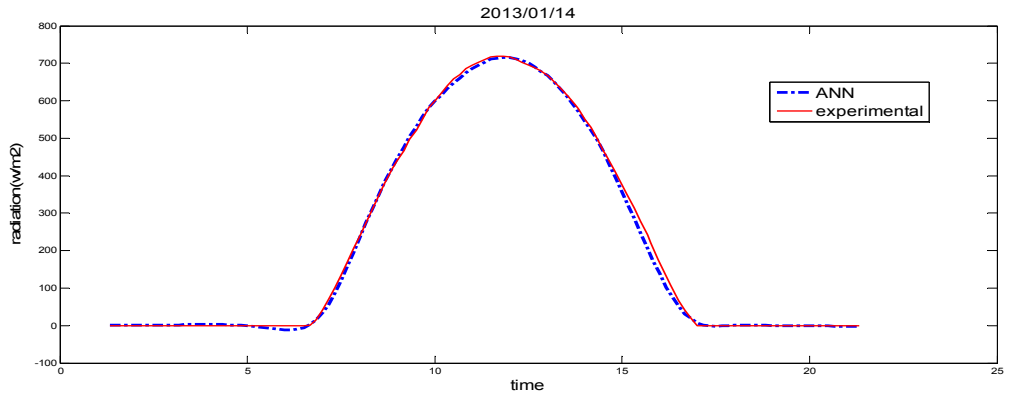
جدول۲) ارزیابی مدل شبکه عصبی توسط شاخص های آماری برای یک سال

	RMSE	MBE	t
ANN	36.5366	0.0037	0.0232

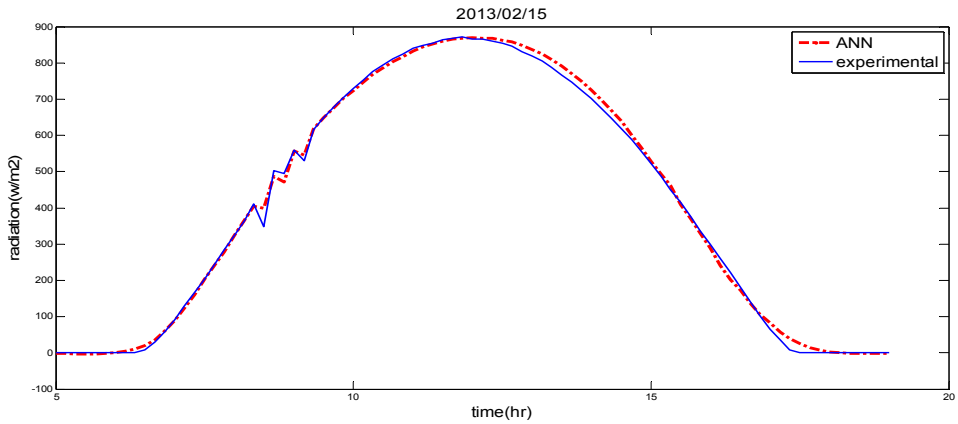
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

جدول۳) ارزیابی مدل شبکه عصبی توسط شاخص های آماری برای هر ماه

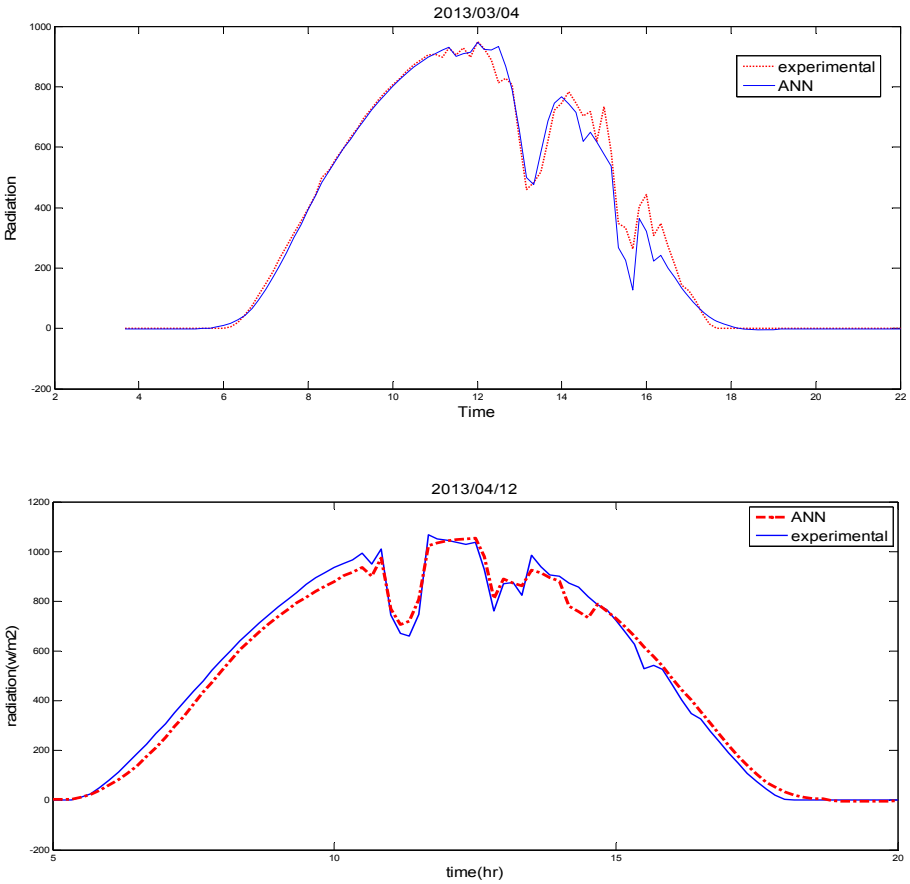
ماه	RMSE	MBE	t
ژانویه	۳۷,۰۰۳۹	۰,۰۱۴۹	۰,۰۲۶۸
فوریه	۳۷,۷۴۸۴	-۰/۸۵۶۴	۱/۴۴۰۶
مارس	۴۲/۷۷۳۶	۰/۰۳۰۴	۰/۰۴۷۴
آوریل	۵۴/۳۰۵۶	۰/۲۷۲۶	۰/۳۲۹۸
مه	۵۷/۰۶۰۲	-۰/۳۵۱۱	۰/۴۱۱۱
جون	۳۵/۸۸۸	۰/۸۴۲۸	۱/۵۴۳۶
جولای	۲۸/۷۰۴۸	-۰/۳۱۱۵	۰/۷۱۳۲
اوت	۱۹/۱۵۶۲	۰/۰۲۲۵	۰/۰۷۹۷
سپتامبر	۲۸/۷۴۳۹	۱/۵۰۲۹	۳/۴۴۰۵
اکتبر	۲۸/۷۷۲	۰/۶۵۶۲	۱/۵۲۳۹
نوامبر	۲۴/۵۹۵۴	-۲/۹۶۱۶	۷/۸۳۶۴
دسامبر	۲۲/۳۴۵۳	۰/۹۴۷۶	۲/۸۸۰۶



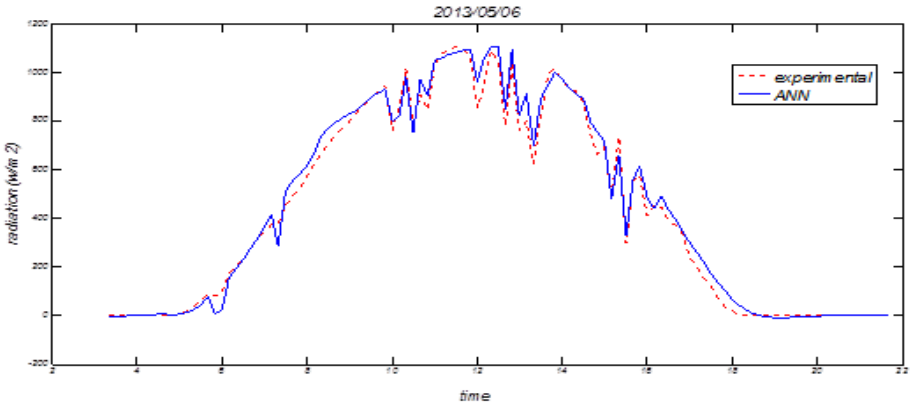
شکل۱۳) مقایسه شبکه عصبی(ANN) با داده های اندازه گیری(experimental) شده برای روز ۲۰۱۳/۰۱/۱٤



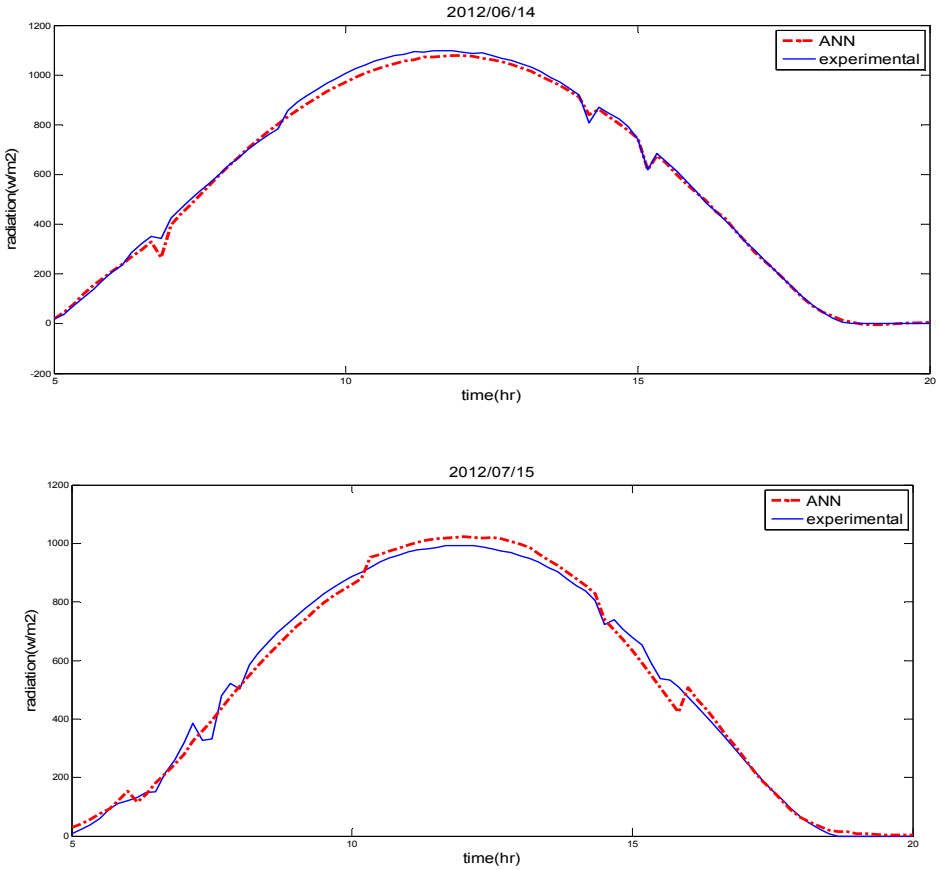
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]



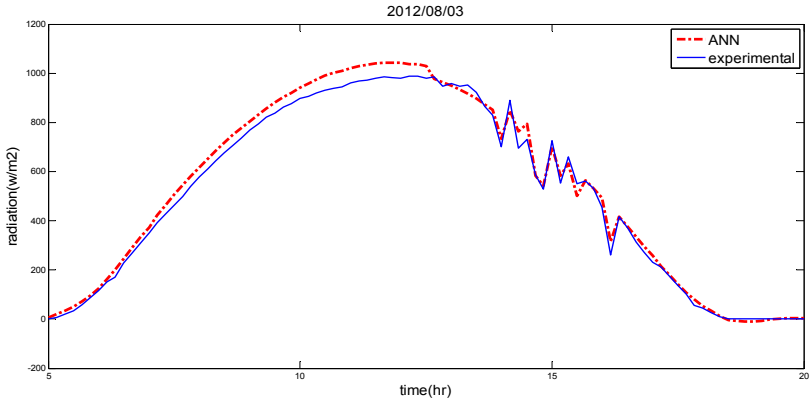
شکل ١٤) مقایسه شبکه عصبی(ANN) با داده های اندازه گیری(experimental) شده برای یک روز از فوریه، مارس و آوریل



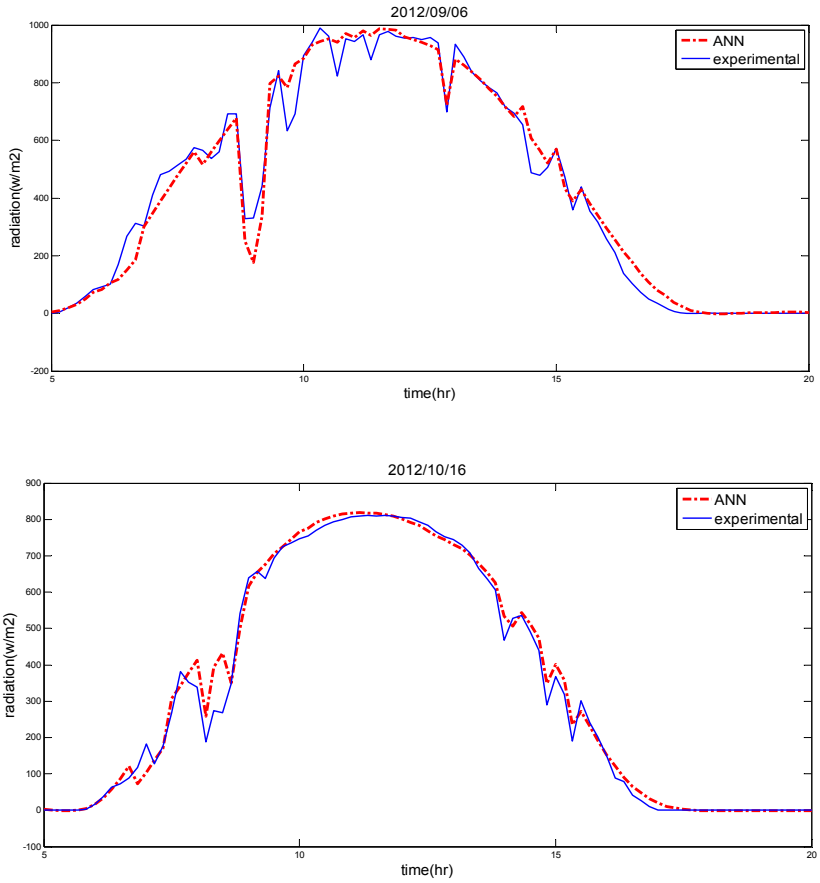
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]



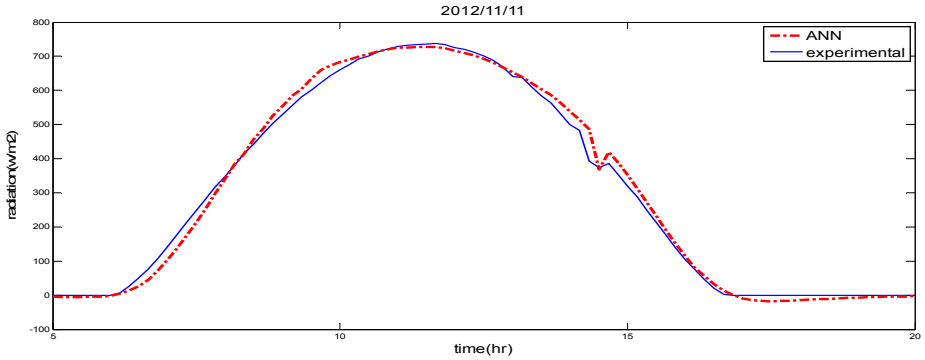
شکل ۱۵) مقایسه شبکه عصبی(ANN) با داده های اندازه گیری(experimental) شده برای یک روز از مه، جون و جولای



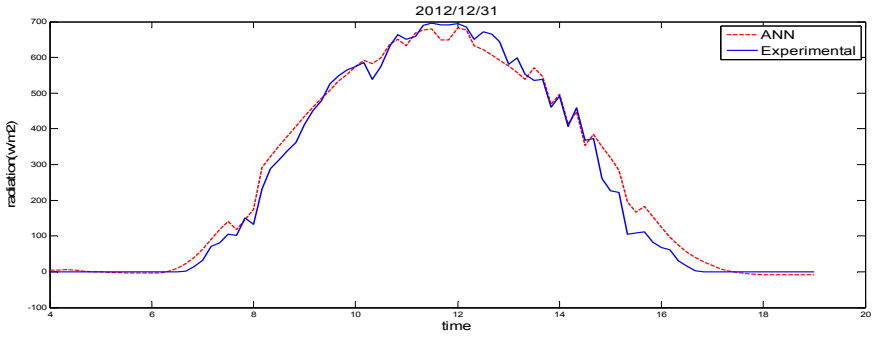
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]



شکل۱٦) مقایسه شبکه عصبی(ANN) با داده های اندازه گیری(experimental) شده برای یک روز از اوت، سپتامبر و اکتبر



[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]



شکل ۱۷) مقایسه شبکه عصبی(ANN) با داده های اندازه گیری(experimental) شده برای یک روز از نوامبر و دسامبر

در ادامه، تحقیق انجام گرفته با مقاله [۲] مقایسه شده است. همان طور که توضیح داده شد، اکثر تحقیقات انجام گرفته در زمینه برآورد تابش کل خورشید، میزان تابش روزانه را تخمین می زنند. آقای سبزی پور و همکاران [۲] روش شبکه عصبی و عصبی–فازی را برای شبیه سازی تابش کل خورشید(R_s) مورد ارزیابی قرار داده‌اند. آنها از داده‌های دمای حداقل(T_{min})، دمای حداکثر(T_{max})، رطوبت نسبی(RH) و ساعات آفتابی روزانه(n) استفاده کرده اند و مدل رگرسیونی (۳) را برای کرمان به دست آورده که دارای R^2=0.87 می باشد.

$$R_s = 36.6T_{min} + 1.93T_{max} - 2.09RH + 141.26n + 566.5 \quad (۹)$$

مدل شبکه عصبی بدست آمده در این تحقیق نه تنها توانایی برآورد تابش خورشید به صورت لحظه‌ای را دارد، بلکه دارای R=0.99 می باشد که بیانگر عملکرد بهتر این روش می باشد.

نتیجه گیری

دانستن مقدار تابش کل خورشیدی در هر محل برای بسیاری از مسائل کاربردی از جمله استفاده از انرژی خورشیدی اهمیت فراوان دارد. شهر رفسنجان به دلیل شرایط اقلیمی، دارای ظرفیت بالای انرژی خورشیدی می باشد به همین دلیل، در این تحقیق تلاش شده تا یک مدل بهینه برای محاسبه تابش که مختص این اقلیم باشد، تهیه گردد.

شبکه عصبی از روش‌های محاسباتی هوشمند می باشد که مزیت اصلی آن سرعت بالا و دقت مطلوب در پیش بینی متغییرهای پیچیده با نگاشت خطی و غیرخطی است. اصولا شبکه های عصبی در حل مسائل پیچیده که مدل‌های تجربی یا نیمه تجربی در حل آنها کارایی مناسب نداشته باشند، بسیار کارا هستند. نتایج حاصل از مقایسه مدل سازی های قبلی تابش خورشید توسط شبکه عصبی با روش های رگرسیونی که اکثرا مقادیر روزانه یا ماهانه را محاسبه می کند، نشان می‌دهد که شبکه عصبی قابلیت بهتری در تخمین تابش دارد.

در این تحقیق با توجه به نیاز دانستن مقادیر تابش به صورت لحظه ای، مدلی توسط شبکه عصبی طراحی گردید، مدل موجود با استفاده از شاخص های خطا مورد ارزیابی قرار گرفت که نشان دهنده کارایی مناسب این مدل می باشد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

سپاسگزاری

از سازمان هواشناسی رفسنجان بخصوص آقایان محمد بازماندگان مغویی و محسن اسلامی همکاری در این پروژه و در اختیار قرار دادن داده های هواشناسی، کمال تشکر و قدردانی می‌شود.

از حوزه پژوهشی دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان جهت حمایت مالی از این تحقیق تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

منابع

[۱] البرزی، محمود، آشنایی با شبکه های عصبی، چاپ سوم،(۱۳۸۶)، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف،تهران.

[۲] سبزی پور، علی اکبر، بیات ورکشی، مریم(۱۳۸۹)، ارزیابی دقت روشهای شبکه عصبی مصنوعی و عصبی ـ فازی در شبیه سازی تابش کل خورشیدی،مجله پژوهش فیزیک ایران،جلد۱۰ شماره۴،۳۴۷-۳۵۷.

[۳] صفائی و همکاران،(۱۳۸۴)، برآورد پتانسیل تابش خورشیدی در ایران و تهیه اطلس تابشی آن، مجله علوم و فنون هسته‌ای،شماره ۳۳، ۳۳-۲۷.

[۴] منهاج، محمدباقر، مبانی شبکه های عصبی، چاپ هشتم، (۱۳۹۱)، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران.

[5] Available on http://eosweb.larc.nasa.gov/.

[6] Bany, J., and Appelbaum, J., 1987, ‘‘The Effect of Shading on the Design of aField of Solar Collectors,’’ Sol. Cells, 20, pp. 201–228.

[7] Angstrom,A, 1924. *Solar and terrestrial radiation*. Quart. J. Roy.Meteorol. Soc. 50, 121–125.

[8] Bristow,K.L., and Campbell, G.S., 1984. *On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature*. Agric. Forest. Meteorol. 31, 159–166.

[9] Caudill,M., *Neural networks primer*: Part I, AI Expert ,December 1987 47.

[10] Ehnberg,J.S.G., and Bollen, M.H.J., 2005. *Simulation of global solar radiation based on cloud observations*. Solar Energy 78, 157–162.

[11] Jacovides,C.P., 1997, *Reply to comment on Statistical procedures for the evaluation of evapotranspiration models*. Agricultural water management 3:95-97.

[12] Rahimikhoob,A.,*’’estimating global solar radiation using artificial neural network and air temperature data in a semi-arid environment*’’, reneable energy,35,p.2131-2135,2010.

[13] Rehman, Sh., 1998, *Solar radiation over Saudi Arabia and comparisons with empirical models*, Energy, 23(12), 1077–1082.

[14] Sabziparvar, A. A. and Shetaee, H., 2007, *Estimation of global solar radiation in arid and semi-arid climates of East and West Iran*, Energy, 32, 649–655.

[15] Sozen,A., and Arcaklioglu,E., and Ozalp,M.,*’’estimation of solar potentioal in turkey by artificial neural networks using meteorological and geographical data*’’energy conversion and management,45,p.3033-3052,2004.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]