نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، صفحه ۱۰۰-۸۷

تخمین توان تولیدی پنل‌های مونوکریستال و پلی‌کریستال توسط شبکه عصبی

[۱] رسول جهرمی، [۲] مصطفی زمانی محی آبادی*، [۳] احسان مهرابی گوهری، [۴] مجید حسنی دستجردی

تاریخ دریافت:
۱۳۹۴/۵/۲۳

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۷/۳/۸

کلمات کلیدی:
مدل‌سازی،
شبکه عصبی،
مونوکریستال،
پلی‌کریستال

چکیده

تجزیه و تحلیل توان تولیدی یک سیستم فتوولتائیک به عواملی نظیر میزان حرارت و تابش مستقیم خورشید بستگی دارد. منبع بی پایان و رایگان انرژی خورشیدی دریافت شده در سطح زمین، دستخوش تغییراتی چون مکان جغرافیایی، ساعات مختلف شبانه روز و فصول مختلف سال می باشد، از این رو ارزیابی صحیح آن یک عامل استراتژیک برای ارزیابی امکان‌سنجی یک سیستم فتوولتائیک می باشد. در این مقاله با استفاده از داده های میزان تابش و دمای بدست آمده از مانیتورینگ پنل‌های خورشیدی منوکریستال و پلی‌کریستال نصب شده در سایت خورشیدی دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان، یک روش جدید مدل سازی توان تولیدی سیستم های فتوولتائیک ارائه گردیده است. مدل به دست آمده با استفاده از داده های در بازه زمانی یک ساله سایت خورشیدی ذکر شده توسط شبکه عصبی چند لایه پروسپترون آموزش و تست شده اند، حاصل گردیده است. ورودی های این مدل شامل دمای پنل و تابش مستقیم نور خورشید و خروجی آن میزان توان تولید شده توسط پنل های منو کریستال و پلی کریستال این سایت خورشیدی می باشد. باتوجه به نتایج حاصل شده، بهترین پاسخ برای مدل با تابع تحریک در لایه های مخفی logsig,tansig, tansig و تعداد نرون [۱۰ ۱۰ ۱۰] دارای تکرار ۳۲ با میانگین مربعات خطا ۲۰۷۸۰/۵۱ و نیز ضریب همبستگی با داده های تست مقدار ۰/۹۱۴۲ ، اعتبارسنجی مقدار ۰/۹۱۵۱ و آموزش مقدار ۰/۹۱۶۴۴ انتخاب گردید.

۱. گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان r.Jahromy@vru.ac.ir
۲. گروه مهندسی شیمی، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان (نویسنده مسئول) m.zamani@vru.ac.ir
۳. گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه پیام نور تهران e.mehrabi@pnu.ac.ir
۴. دانشکده ریاضی، دانشگاه علم و صنعت ایران majidhassani32@gmail.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-09-09]

۱. مقدمه

امروزه بشر با دو بحران بزرگ روبرو است که به شکل گسترده ای با یکدیگر ارتباط دارند، از یک طرف جوامع صنعتی و همچنین شهرهای بزرگ با مشکل آلودگی محیط زیست مواجه‌اند و از طرف دیگر مشاهده می‌شود که مواد اولیه و سوخت مورد نیاز با شتاب روزافزون در حال اتمام است[۳و۴]. خورشید بعنوان یک منبع بی پایان انرژی می تواند یک راه حل مناسب برای مشکلات موجود در ارتباط با انرژی و محیط زیست باشد. خوشبختانه کشور ایران در کمربند خورشیدی زمین که شامل نواحی پر تابش است واقع شده است. حدود دو سوم ایران، دارای حداقل ۳۰۰ روز آفتابی در سال بوده و تابش در آن حدود ۵ کیلووات ساعت بر متر مربع می‌باشد. در حقیقت خداوند این پتانسیل عظیم انرژی را به بهترین شکل ممکن در نواحی خشک کویری ایران قرار داده است. پنل‌های خورشیدی استفاده شده در سیستم‌های فتوولتاییک ۳ گروه می‌باشند: ۱- پنل های مونوکریستال، ۲- پنل های پلی کریستال و ۳- آماروف[۲]. یکی از لازمترین موارد مورد نیاز تحقیقات در زمینه سیستمهای فتوولتاییک، مدلسازی این سیستمها می‌باشد. روش‌های مختلفی جهت دست یافتن به این مهم انجام گردیده است. یکی از این روش‌ها معادل سازی سلولهای فتوولتاییک با یک مدار الکتریکی با ۴ یا ۵ پارامتر می‌باشد. بطور کلی ۵ پارامتر در نظر گرفته شده در این سیستم‌ها شامل: جریان مدار، جریان معکوس دیود اشباع، مقاومت سری، مقاومت شنت و فاکتور دیود ایده‌آل است. برخی دیگر از این مدل‌ها رفتار ماژول‌های فتوولتاییک یا انرژی تولیدی آنها را شرح می دهد که پایه و اساس آنها را داده‌های تجربی تشکیل می‌دهد[۱۳و۱۱].

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 شبکه‌های عصبی در حل مسایل پیچیده که مدلهای تجربی یا نیمه تجربی در حل آنها کارایی مناسب نداشته، بسیار کارا هستند[۵].

شماری از شبکه های عصبی نیز مدلسازی ماژولهای فتوولتاییک را توسعه داده‌اند، در برخی از تحقیقات انجام گرفته در این زمینه، پارامترهای مدار معادل را تنها با دریافت تابش خورشید و دمای

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-09-09]

محیط پیش بینی کرده و سپس با استفاده از مدل تحلیلی جریان یا ولتاژ را محاسبه کرده انـد. در دیگـر تحقیقات شبکه های عصبی نمودار I-V را با دریافت تابش و دمای پنل محاسبه می نمایند[۷و۱۲].

عملکرد الکتریکی و حرارتی یک سیستم ترکیبی پنل فتوولتائیک با کلکتور حرارتـی اخیـرا توسـط محققین مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق آب و نانوسیال بطور جداگانه و در شـرایط یکسـان بـه عنوان سیال خنک کننده و جاری در لوله های کلکتور در سیستم ترکیبی پنـل فتوولتائیـک بـا کلکتـور حرارتی مورد استفاده قرار گرفت و به کمک روش شبکه عصبی مصنوعی مشاهده شـد کـه اسـتفاده از نانوسیال در سیستم ترکیبی سبب بهبود در راندمان الکتریکی برای سمت پنل فتوولتائیک و افـزایش در راندمان حرارتی برای سمت کلکتور حرارتی گردید[۹].

مطالعه دیگری به کمک مدل حرارتـی و نیـز مـدل شـبکه عصـبی مصـنوعی در مـورد عملکـرد الکتریکی و حرارتی سیستم ترکیبی پنل فتوولتائیک متصل به سردساز ترموالکتریک با کلکتور حرارتـی انجام شد که در آن سه نوع مختلف ماژول های فتوولتائیک مات، نیمه شـفاف و پایـه آلومینیـوم مـورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. همچنین هوا و آب به عنوان سـیال عامـل در کلکتورهـای حرارتـی بـرای خنک کردن سردساز ترموالکتریک استفاده شد. نتایج نشان داد که بازده الکتریکـی و حرارتـی سیسـتم برای سیال عامل آب بیشتر از هوا و همچنین مقدار انرژی الکتریکی و حرارتی کسب شده از سیستم در نوع پایه ی آلومینیوم در پنل فتوولتائیک با کلکتور حرارتی آبی بالاتر از انواع دیگر است[۱۰].

پژوهشی نیز به منظور بررسی امکان سنجی در روش بهینه سازی شبکه عصبی مصنوعی معمولی و همچنین روش بهینه سازی ازدحام ذرات برای تخمین عملکرد انرژی یک سیستم ترکیبی فتوولتائیک با کلکتور حرارتی هوایی که در زمستان و تابستان عمل می کرد برای یک ساختمان انجـام شـد. معیـار ارزیابی عملکرد به عنوان خروجی ضروری سیستم در نظر گرفته شد، در حالی کـه پارامترهـای ورودی برای کلکتور حرارتی هوایی با مشخصات طول کانال، عمق کانال، عرض کانال و دبـی جرمـی جریـان هوا بود. نتیجه آن شد که مدل شبکه عصبی مصنوعی ازدحام ذرات که روشی هیبریدی هست، ممکـن است پیش بینی بهتری نسبت به شبکه عصبی مصنوعی معمولی داشته باشد و تخمین عملکرد انرژیک سیستم را دقیق تر برآورد کند [۸].

در این پژوهش برای اولین بار داده های یک‌ساله شهر رفسنجان بعنوان یک منطقه کویری با آب و هوای گرم و خشک، مورد بررسی و مدلسازی قرار گرفته است. این مدل شبکه عصبی طراحـی شـده

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-09-09]

دارای ۲ خروجی می باشد و برای اولین بار بصورت همزمان توان پنل‌های مونوکریستال و پلی‌کریستال را تخمین می‌زند.

هدف از این تحقیق بدست آوردن مدلی بهینه برای توان پنل‌های موردنظر می‌باشد تا در مطالعات بعدی با استفاده از آن بتوان پژوهش‌هایی از جمله اثر دمای پنل، اثر تغییرات دمای محیط بر روی سیستم موردنظر و اعمال فرایندهای کنترلی جهت بهینه کردن توان خروجی نیروگاه خورشیدی انجام گردد.

۲. سایت انرژی خورشیدی دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

سایت خورشیدی دانشگاه ولی‌عصر از تاریخ ۹۲/۰۴/۰۲ راه اندازی گردید و شامل دو سیستم مونو کریستال ۱۲۵۰ و پلی کریستال ۱۲۹۰ واتی می‌باشد که به صورت ردیاب[1] یک‌جهته شرقی-غربی نصب شده و ساخت شرکت LG کشور کره جنوبی می‌باشند[۲]. سنسورهای موجود در این سایت تابش لحظه‌ای خورشید، دمای لحظه‌ای پنل(شکل(۲)) و توان لحظه‌ای تولیدی را در فواصل زمانی ۵دقیقه‌ای ثبت می‌نمایند. در این سایت مجموعه ۳۲ کیلووات فتوولتاییک بدون ردیاب نیز در سال ۱۳۹۴ راه‌اندازی گردیده است شکل(۱).

شکل ۱. سایت خورشیدی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

1. Tracking

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-09-09]

شکل ۲. سنسور اندازه گیری دما و تابش مستقیم خورشید

در این تحقیق مدل سازی صورت گرفته توسط داده‌های پنلهای فتوولتاییک با ردیاب مـی باشـد، داده‌های ۱ سال این سیستم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در مدلسازی پیش رو اسـتفاده گردیـده است. در شکل(۲) سنسور اندازه گیری دمای پنل و تابش مستقیم خورشـید نصـب شـده بـر روی ایـن سیستم نمایش داده شده است.

در سالهای اخیر، شبکه های عصبی مصنوعی بطور موفق در کارهای تشـخیص مـورد اسـتفاده قرار گرفته اند. یکی از مزایای اصلی استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی، توان تشـخیص الگوهـایی است که نادقیق هستند. در ادامه به معرفی شبکه های عصبی پرداخته شده است.

۳. روش و الگوریتم پیشنهادی

شبکه‌های عصبی مصنوعی الهام گرفته از عملکرد و نحوه کار شبکه‌های عصبی بیولوژیکی می باشند، و در واقع مدلهای ریاضی برای پردازش سریع و دقیق اطلاعات هستند. شبکه های عصبی چـه در بعـد

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-09-09]

آنالیز و توسعه ساختاری و چه در بعد پیاده سازی سخت افزاری از نظر کمی و کیفی در حال رشد و پیشرفت می باشند[۵و۶و۱].

شبکه های عصبی از یکسری لایه هایی شامل اجزای ساده پردازشگر بنام نرون تشکیل گردیده اند که بصورت موازی با هم عمل می کنند، هر لایه ورودی به یک یا تعداد بیشتری لایه میانی[1] 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 می تواند از تعدادی نرون با توابع تبدیل متفاوت برخوردار باشد، یعنی مدلهای نرونها در لایه ها می توانند متفاوت در نظر گرفته شوند. مشخصه های قابل توجه شبکه های عصبی قابلیت یادگیری آنهاست، بطوریکه قادرند هر بار 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 بصورت 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 شده‌اند [۵و۶و۱].

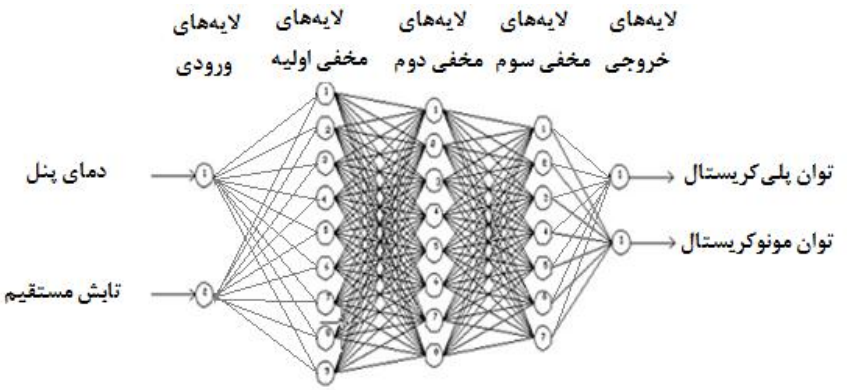
٤. مدلسازی و اجزاء

با توجه به تحقیقات صورت گرفته بر روی پنل های فتوولتاییک تاثیرگزارترین موارد بر روی توان تولیدی این پنلها، دمای پنل و میزان تابش خورشیدی رسیده بر آنها می باشد. این نکته باعث گردید که در این تحقیق نیز این ۲ مورد مدنظر قرار داده شده و مدلسازی هوشمند بر اساس آنها صورت گیرد.

همانطور که توضیح داده شده است سیستم ردیاب موردنظر تشکیل شده از ۲ ردیف پنل مونوکریستال و پلی‌کریستال که بصورت مجزا داده های آنها ثبت می گردد. در این مدلسازی دمای پنل خورشیدی و تابش مستقیم رسیده به پنل را ورودی‌های شبکه عصبی و توان پنل‌های خورشیدی مونوکریستال و پلی‌کریستال بعنوان خروجی درنظر گرفته شده است شکل(۳).

1. Hidden Layer

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-09-09]

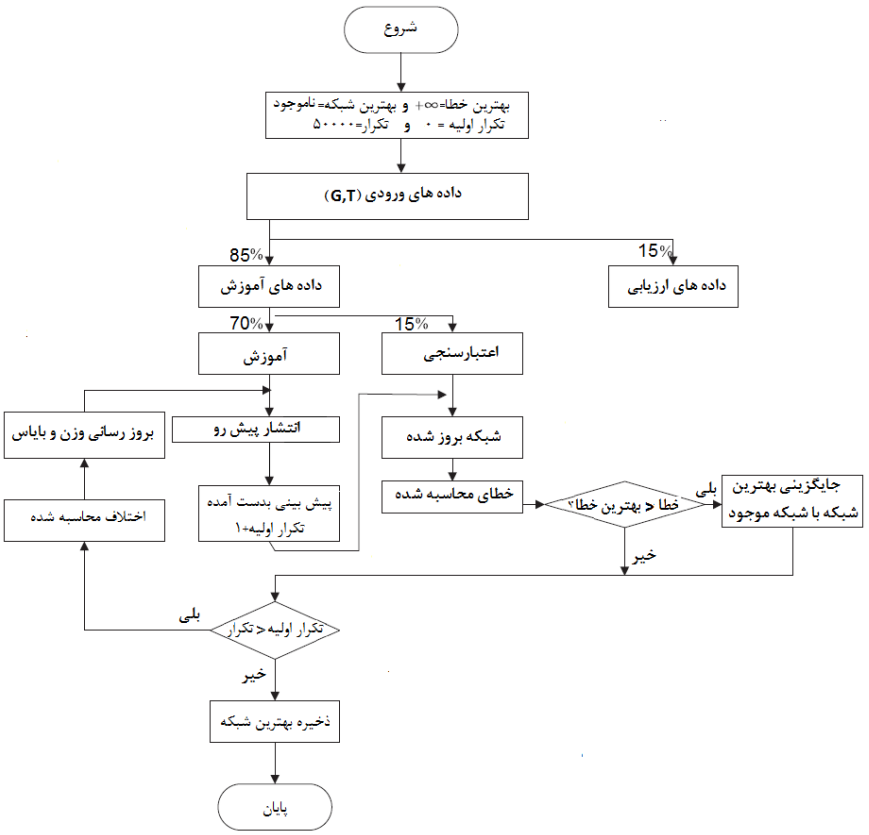


شکل ۳. ورودی ها و خروجی استفاده شده در شبکه عصبی

در این بخش شبکه هایی با تعداد لایه های مختلف، تعداد نرون هـای مختلـف و توابـع تحریـک مختلف مورد بررسی قرار گرفت که نتـایج را در جـدول ۱ نشـان داده ایـم. در ایـن آزمایشـات از تـابع آموزش Trainlm استفاده شده است، در ضمن برای تعیین تابع محرک و تعداد نرون‌ها به روش سـعی و خطا عمل کرده و حالتی که MSE[۱] کمتر و R [۲]بیشتر{ هرچه R بیشتر باشـد نشـان دهنـده میـزان تطابق خروجی مدل با هدف[۳] است و اگر ۱ باشد گویای این است که خروجی سیسـتم بـا هـدف برابـر می‌باشد} مناسب می باشد. تابع تحریک خروجی Purelin درنظر گرفته شد. در ایـن شـبیه سـازی ۷۰ درصد دادهها جهت آموزش شبکه عصبی، ۱۵ درصد برای اعتبارسنجی[۴] و ۱۵ درصد نیز برای آزمون[۵] سیستم در نظر گرفته شدند. فلوچارت نحوه بدست آوردن مدل بهینه شبکه عصبی در شـکل(۴) نشـان داده شده است.

1. Mean Squared Error
2. Correlation Coefficient
3. Target
4. Validation
5. Test

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-09-09]



شکل ۴. فلوچارت شبکه عصبی

۵. بررسی نتایج و شبیه سازی

همانطور که از نتایج جدول (۱) مشخص است، مدل استفاده شده با تابع محرک در لایه‌های مخفی logsig, tansig, tansig با تعداد نرون [۱۰ ۱۰ ۱۰] دارای حداقل تکرار ۳۲ بوده و نیز مقدار خطای آن ۲۰۷۸۰/۵۱ نسبت به دیگر مدلها دارای کمترین مقدار می باشد، برای این مدل مقدار R نیز بیشترین مقدار را داشته که نزدیک به ۱ می باشد ولی بصورت کلی دیگر مدلسازی ها هم نتایج خوب و قابل قبولی داشته‌اند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-09-09]

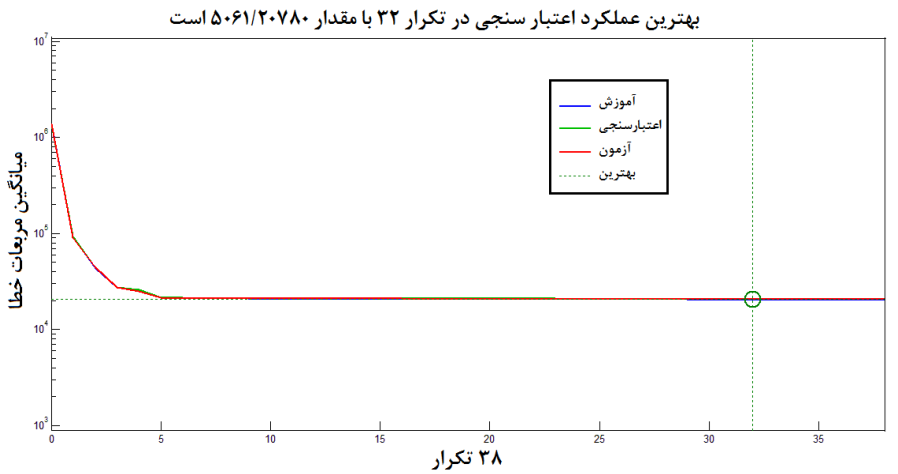
جدول ۱. نتایج شبیه سازی شبکه عصبی

توپولوژی در لایه‌های مخفی	تعداد نرون در لایه	تکرار	میانگین مربعات خطا	R		
				آموزش	اعتبارسنجی	تست
logsig	[1]	۲۴۸	۲۳۰۰۱/۴۷۰۱	۰/۹۰۸۸۵	۰/۹۰۱۳۸	۰/۹۰۲۴۱
tansig	[1]	۱۷۵	۲۳۲۶۹/۱۱۳	۰/۹۰۶۹۱	۰/۹۰۴۳۵	۰/۹۰۸۷۸
purelin	[1]	۲	۲۱۷۴۰/۶۵۹۷	۰/۹۰۵۸	۰/۹۱۲۲۸	۰/۹۰۱۶۷
logsig	[5]	۱۳۲	۲۱۷۷۶/۲۰۱۳	۰/۹۱۲۳۶	۰/۹۱۱۱۱	۰/۹۱۷۷۷
logsig	[10]	۴۴	۲۰۰۹۷/۲۸۳۸	۰/۹۱۴۵۹	۰/۹۱۷۵۴	۰/۹۰۳۵۵
Logsig-tansig	[1 1]	۱۰۷	۲۲۴۳۷/۹۵۲	۰/۹۰۷۲۴	۰/۹۰۶۷۴	۰/۹۰۴۵۸
purelin- tansig	[1 1]	۱۶۶	۲۳۲۴۱/۹۹۴۵	۰/۹۰۸۲۱	۰/۹۰۲۶۷	۰/۹۰۴۵
Logsig-tansig	[5 5]	۳۱۸	۲۰۵۲۱/۸۳۹۲	۰/۹۱۴۲۹	۰/۹۱۵۷۷	۰/۹۱۶۸۹
Logsig-tansig	[10 10]	۲۹	۲۱۸۶۷/۶۱۵۳	۰/۹۱۷۰۱	۰/۹۱۰۱۱	۰/۹۱۳۵۵
Logsig-tansig-purelin	[1 1 1]	۱۲۵	۲۲۲۴۱/۹۳۱۴	۰/۹۰۷۶۶	۰/۹۰۸۴۲	۰/۹۰۱۳۴
Logsig-tansig-tansig	[5 5 5]	۲۳۸	۲۰۸۴۵/۵۸۶	۰/۹۱۳۶۹	۰/۹۱۵۲۲	۰/۹۱۴۹۷
logsig-tansig-tansig	[10 10 10]	۳۲	۲۰۷۸۰/۵۱	۰/۹۱۶۴۴	۰/۹۱۵۱	۰/۹۱۴۲

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-09-09]

در شکل(۵)، نمودار همگرایی شبکه عصبی و رسیدن به حداقل میانگین مربعات خطا[1] نشـان داده شده است. همانطور که مشخص است شبکه عصبی توانسته است با کمترین تکرار به همگرایـی مـورد نظر و حداقل میانگین مربعات خطا دست یابد.

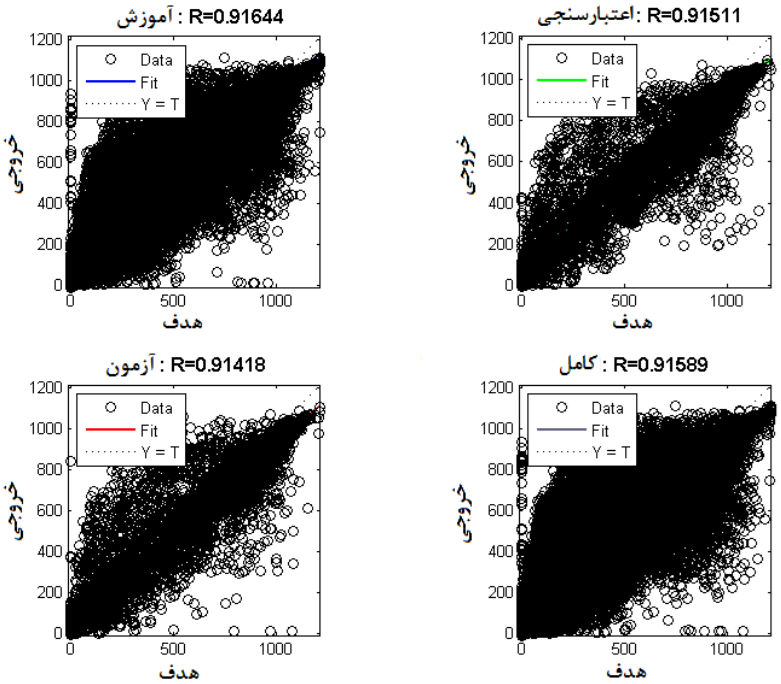
شکل(۶) نشان دهنده ارتباط بین مقادیر واقعی توان تولیدی پنل ها با مقادیر برآورده شـده توسـط شبکه عصبی می‌باشد در این شکل داده‌های آموزش[2]، اعتبارسنجی[3] و آزمون[4] نشان داده شـده اسـت. همانگونه که در شکل دیده می شود، نزدیک بودن شیب خط عبوری به عدد یـک و کـم بـودن مقـدار عرض از مبدا موید برتری نتایج مدل شبکه عصبی در تخمین توان تولیدی پنلها می‌باشد.



شکل ۵. نمودار همگرایی شبکه عصبی

1. mse
2. Training
3. Validation
4. Test

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-09-09]



شکل ۶. ارتباط بین مقادیر واقعی توان تولیدی پنلها با مقادیر برآورده شده توسط شبکه عصبی

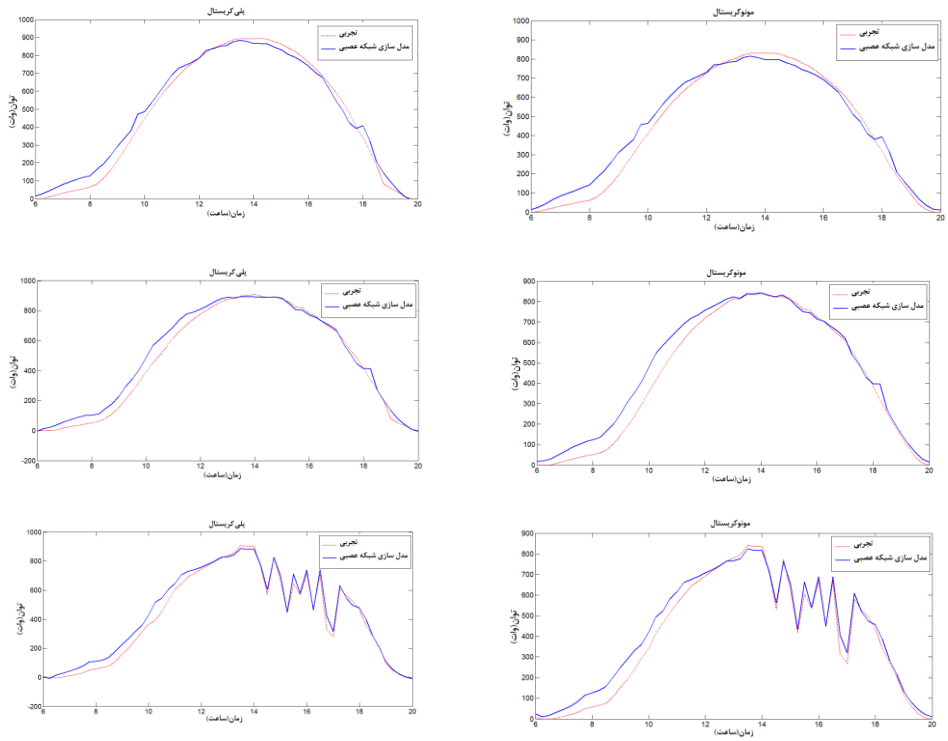
در ادامه مدل شبکه عصبی انتخاب شده را مورد ارزیابی قرار داده‌ایم، در شکل(۷) مدل شبکه عصبی[1] برای روزهای مختلف با مقادیر اندازه‌گیری شده میدانی[2] مقایسه گردیده است، همانطور که از شکل ها نیز مشخص است شبکه عصبی از کارایی مناسبی برخوردار است. شکها نشان می دهد که شبکه عصبی مورد نظر در مواقع اغتشاش محیطی مثل افزایش ابر در آسمان و نوسانی شدن میزان توان تولیدی نیز بخوبی توانسته است توان موردنظر را تخمین زند. در جدول(۲) میزان توان تولیدی پنل‌های مونوکریستال و پلی‌کریستال برای چند روز و نیز مقدار مدل‌سازی شبکه عصبی برای آن‌ها ذکر و مقایسه گردیده است.

1. Modelling
2. Experimental

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-09-09]

جدول ۲. میزان توان تولیدی و مقایسه با مدل شبکه عصبی برای چند روز

مجموع توان مونوکریستال شبکه عصبی(کیلووات ساعت)	مجموع توان مونوکریستال داده‌های تجربی(کیلووات ساعت)	مجموع توان پلی کریستال شبکه عصبی(کیلووات ساعت)	مجموع توان پلی کریستال داده‌های تجربی(کیلووات ساعت)	تاریخ
۸/۷۲	۸/۷۵	۸/۶	۸/۶۴	۱۳۹۳/۰۴/۱۸
۸/۹۲	۸/۹	۸/۸	۸/۸۳	۱۳۹۳/۰۵/۲۵
۷/۷۹	۷/۸	۷/۶۳	۷/۷۶	۱۳۹۳/۰۷/۱۷



شکل ۷. مقایسه شبکه عصبی با داده های اندازه گیری شده دو نوع پنل پلی‌کریستال و مونوکریستال برای روزهای ۱۳۹۳/۰۴/۱۸، ۱۳۹۳/۰۵/۲۵، ۱۳۹۳/۰۷/۱۷

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-09-09]

٦. نتیجه گیری

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. در این مقاله با استفاده از پنل‌های مونو و پلی کریستال موجود یک روش مدل سازی سیستم های فتوولتاییک ارایه شده است. مدل بدست آمده با استفاده از شبکه های عصبی توسط دادههای ۱ ساله صورت گرفته است. در این مدل ورودی‌ها، دمای پنل و تابش مستقیم خورشید و خروجی‌ها توان تولیدی پنل‌های مونوکریستال و پلی‌کریستال می‌باشند. با توجه به مقایسه میدانی مدل بدست آمده از شبکه عصبی طراحی شده و داده‌های سایت مشخص شده مدل بدست آمده دارای کارایی مناسبی می‌باشد.

پیشنهاد می‌گردد محققین محترم در آینده با استفاده از دیگر روش‌های هوشمند مثل فازی و... مدلسازی سیستم های فتوولتاییک را انجام دهند.

منابع

[۱] البرزی، محمود(بی‌تا)، آشنایی با شبکه عصبی مصنوعی چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف.

[۲] رحیمی، مجتبی؛ زمانی محی آبادی، مصطفی؛ مرعشی، سید محمد باقر؛ جمالی پاقلعه، سوده (بی‌تا)، "بررسی توان تولیدی پنل‌های فوتوولتاییک مونو و پلی کریستال در دماهای مختلف" اولین کنفرانس و نمایشگاه بین المللی انرژی خورشیدی تهران.

[۳] زمانی محی آبادی، مصطفی؛ صفوی، سید علی اکبر؛ نقوی، سید وحید؛ سید محمد حسام محمدی (۱۳۹۴)، "بررسی عملکرد چرخه روغن نیروگاه سهموی خورشیدی شیراز بخش اول: مدلسازی و مانیتورینگ" مجله مهندسی مکانیک، شماره پیاپی ۷۰، جلد ۴۵، شماره ۱، صفحه ۶۱-۶۷.

[۴] زمانی محی آبادی، مصطفی؛ صفوی، سید علی اکبر؛ نقوی، سید وحید و سید محمد حسام محمدی (۱۳۹۱)،"طراحی و توسعه یک محیط شبیه ساز جهت نیروگاه ۲۵۰ کیلو وات خورشیدی شیراز بر پایه مدل سازی ترکیبی"، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۵، شماره ۳.

[۵] زمانی محی آبادی، مصطفی (۱۳۹۲)، " پیش بینی لحظه ای تابش کل خورشید در شهر رفسنجان توسط شبکه عصبی"، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۶، شماره ۴.

[۶] منهاج، باقر (۱۳۸۷)، شبکه های عصبی مصنوعی، تهران، دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-09-09]

[7] Almonacid F., Rus C., Hontoria L., Fuentes M. and G. Nofuentes (2009), "Characterisation of Si-crystalline photovoltaic modules by artificial neural networks", Renewable Energy 34, 941–949.
[8] Alnaqi A.A., Moayedi H., Shahsavar A. & T.K. Nguyen (2019). Prediction of energetic performance of a building integrated photovoltaic/thermal system thorough artificial neural network and hybrid particle swarm optimization models. Energy Conversion and Management, 183, 137-148.
[9] Al-Waeli, A. H., Sopian K., Yousif J.H., Kazem H.A., Boland J. & Chaichan, M.T. (2019). Artificial neural network modeling and analysis of photovoltaic/thermal system based on the experimental study. Energy Conversion and Management, 186, 368-379.
[10] Dimri N., Tiwari A. and G.N. Tiwari (2019). Comparative study of photovoltaic thermal (PVT) integrated thermoelectric cooler (TEC) fluid collectors. Renewable Energy, 134, 343-356.
[11] Durisch W., Tille D., Wo¨ rz, A., Plapp, W., (2000). "Characterisation of photovoltaic generators", Applied Energy 65, 273–284.
[12] Mellit A., Saglam S. and S.A. Kalogirou (2013) "Artificial neural network-based model for estimating the produced power of a photovoltaic module", Renewable Energy 60, 71–78.
[13] Lo Brano V., Orioli A., Ciulla G. and A. Di Gangi (2010) "An improved fiveparameter model for photovoltaic modules", Solar Energy Materials and SolarCells 94, 1358–1370.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-09-09]