ارزیابی مدل های جدید برای تخمین تابش کلی خورشیدی در بیابان های مرکزی ایران با استفاده از روش های هوش جمعی

مهدی قناد دزفولی
مدرس گروه فیزیک دانشگاه آزاد اسلامی- واحد دزفول
Mg_512@yahoo.com

محمدرضا برپور
مدرس گروه برق دانشگاه آزاد اسلامی- واحد دزفول
barpour@gmail.com

محمدعلی بهرنگ
مدرس گروه مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی- واحد دزفول
Mohammadali.behrang@gmail.com

احسان اله عصاره
مدرس گروه مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی- واحد دزفول
Ehsanolah.assareh@gmail.com

چکیده:

در مطالعه حاضر، از الگوریتم ژنتیک برای تخمین پتانسیل انرژی خورشیدی نواحی بیابانی مرکز ایران استفاده شده است. در مدل های بررسی شده، سعی بر آن است تا با استفاده از اطلاعاتی از قبیل موقعیت جغرافیایی، دما، رطوبت نسبی و ساعات آفتابی، تخمین میزان تابش خورشیدی صورت گیرد. شهرهای اصفهان، کرمان، بیرجند، طبس، تهران و خور-بیابانک به عنوان نواحی مرجع در مطالعه ی حاضر، انتخاب شده اند. از میان اطلاعات موجود برای هر شهر، بخشی جهت یافتن مقادیر مطلوب یا تقریبا مطلوب ضرایب مدل های تخمین پتانسیل انرژی خورشیدی و بخشی نیز برای بررسی اعتباریابی مدل ها مورد استفاده قرار گرفته اند. برای نشان دادن توانایی مدل های مورد بررسی در تحقیق حاضر، نتایج بدست آمده از این مدل ها با یکدیگر مقایسه می شوند و بهترین مدل برای تخمین میزان تابش خورشیدی برای نواحی مورد مطالعه، بر اساس کمترین میزان خطا، معرفی می شود.

مقدمه

ایران کشوری آفتابی بوده و از نظر مقدار دریافت انرژی تابشی خورشیدی در شمار بهترین کشورها محسوب می گردد. برآوردهای اولیه حاکی از آن است که چگالی انرژی تابشی خورشید در ۳۰ درصد شمالی مساحت ایران معادل ۳/۵، در ۲۰ درصد مرکزی مساحت ایران حدود ۴/۵ و در ۵۰ درصد جنوبی مساحت ایران معادل ۵/۵ کیلو وات ساعت بر متر مربع در روز می باشد. این انرژی فراوان و در دسترس، بدون نیاز به شبکه های انتقال و توزیع عظیم و پرخرج، در سراسر کشور گسترده شده است. لذا با عنایت به محدودیت منابع فسیلی و آلودگی های ناشی از آنها و همچنین افزایش روز افزون تقاضای انرژی، بکارگیری تمهیداتی جهت بهره برداری بهینه از منبع سرشار انرژی خورشیدی در کشور امری ضروری به نظر می رسد. برنامه ریزی جهت بهره برداری بهینه از انرژی خورشیدی، نیازمند برآورد پتانسیل آن در مناطق مختلف کشور می باشد [۱و۲].

آزاده در سال ۲۰۰۹ تخمین میزان تابش خورشیدی را برای شش شهر ایران با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی انجام داد [۱]. سبزی پرور در سال ۲۰۰۸ تخمین میزان تابش خورشیدی را برای نوحی شرق و غرب ایران با استفاده از روش های رگرسیونی انجام داد [۲]. باکرسی در سال ۲۰۰۹ تخمین میزان تابش خورشیدی را با استفاده از میزان ساعات آفتابی برای ترکیه بر پایه روش های رگرسیونی انجام داده است [۳]. پریتو در سال ۲۰۰۹ تخمین میزان تابش خورشیدی را با استفاده از دمای هوا برای اتریش و اسپانیا بر پایه روش های رگرسیونی انجام داده است [۴]. سایر مطالعات در این زمینه در منابع [۵-۱۵] آورده شده اند. تمام این مدل های ریاضی بر اساس روش های رگرسیونی و یا شبکه های عصبی مصنوعی می باشند. در مطالعه حاضر، روش های هوش جمعی (الگوریتم ژنتیک و روش بهینه سازی گروهی ذرات) برای تخمین پتانسیل انرژی خورشیدی بکار برده می شوند.

هدف اصلی روش‌های هوش جمعی، یافتن پاسخ بهینه مسائل مهندسی است. روش‌های کلاسیک ریاضیات دارای اشکالات اساسی هستند. اغلب این روش‌ها نقطه بهینه محلی را بعنوان نقطه بهینه کلی در نظر می‌گیرند و نیز هر یک از این روش‌ها تنها برای مساله خاصی کاربرد دارند . همچنین در روشهای ریاضی بهینه سازی از شیوه‌های تحلیلی برای حل مسائل استفاده می شود که این روشها به طور کلی می توانند در مسائل یک بعدی جواب مورد نظر را

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.2.1.2]

بدست بدهند و در مسائل چند بعدی و حتی مسائل یک بعدی بدون داشتن قیدی که معادلات را به هم مربوط کند نمی توانند پاسخگو باشند.

دراواخر قرن بیستم، هالند و همکارانش از جمله گلدبرگ و دژانگ، تئوری الگوریتم ژنتیک را تنظیم نموده، نشان دادند که چگونه تقاطع و جهش های بیولوژیک کروموزومها می توانند به الگوریتمی برای بهبود کیفیت پاسخها در تکرارهای متوالی منجر شوند. تلاش پایان ناپذیر دانشمندان موجب شده است که امروزه روش های هوشمند بی‌شماری ابداع شوند تا گره گشای فضاهای ناشناخته ی دیروز باشند. شبکه‌های عصبی[1]، بهینه سازی به روش جمعیت مورچگان[2]، بهینه سازی گروهی ذرات[3]، شبیه سازی حرارتی[4]، الگوریتم جستجوی ممنوعه[5] و الگوریتم زنبورها[6] از جمله نتایج این تلاش می باشند.

در مدل های معرفی شده در تحقیق حاضر، سعی بر این است تا با استفاده از اطلاعاتی از قبیل موقعیت جغرافیایی، دما، رطوبت نسبی و ساعات آفتابی، تخمین میزان تابش خورشیدی صورت گیرد. برای نشان دادن توانایی روش های مورد استفاده در تحقیق حاضر (الگوریتم ژنتیک و روش بهینه سازی گروهی ذرات)، نتایج بدست آمده از این روش ها با نتایج روش های رگرسیونی مقایسه می شوند. نواحی بیابانی مرکز ایران به عنوان ناحیه مورد مطالعه در این پژوهش می باشد.

۲ - الگوریتم ژنتیک:

فرمولاسیون الگوریتم های ژنتیکی حدود یک دهه پس از اولین مراحل اعمال استراتژی های تکاملی و برنامه ریزی تکاملی انجام شد. اساس نظری الگوریتم های ژنتیکی در مفهوم چارچوب کلی یافت می شود. چارچوب های (طرح های) کلی، الگوهای حل مسئله ای را برای هر موقعیتی که بتوان آنرا تعریف کرد، یا نامعلوم باقی گذاشت، ارائه می دهند [۱۶]. هر چه تعداد موقعیت های نامعین بیشتر باشد، تعداد راه حل های ممکنی که یک طرح کلی ارائه می دهد، بیشتر می باشد. طرح های کلی که توسط افرادی با صلاحیت بالاتر هدایت می شوند طی نسل ها منتقل شده و تعداد آن ها به عنوان تاثیر فرایند انتخاب، افزایش می یابد. عقیده بر این است که توانایی پردازش چند راه حل ممکن از طریق یک طرح کلی منفرد، توانایی جستجوی الگوریتم های ژنتیکی را تعیین کرده و نام اشتراک ضمنی به آن اطلاق می شود. تصور می شود که طرح هایی که دارای قابلیت بالا هستند و وضعیت نامعلوم آن ها بخش مختصر و فشرده ای از رمزگذاری را اشغال می کنند، عناصر (اجزاء) اصلی فرآیند بهینه سازی محسوب می شوند [۱۷] و[۱۸].

الگوریتم های ژنتیکی طراحی می شوند تا به منظور ایجاد راه حل بهینه نهایی، این عناصر (اجزاء) اصلی را افزایش داده و به نحو متفاوتی آن ها را مجددا ترکیب کند (فرضیه عناصر اصلی). قضیه چارچوب کلی، امکان تخمین تعداد نمونه های طرح های معیاری را که به نسل بعد منتقل می شوند، از طریق یک روش احتمالی، فراهم می آورد [۱۶].

پس از بیش از ۳۰ سال تحقیق، تغییراتی چند در ساختار اولیه الگوریتم های ژنتیکی پیشنهاد شده است. در ادامه، الگوریتم اصلی هالند را که معمولا به آن الگوریتم های ژنتیکی مجاز می گویند، توضیح می دهد (مگر آنکه چیزی غیر از آن بیان شده باشد). الگوریتم های ژنتیکی جواب های منتخب را به صورت رشته های (زنجیره های) دوگانه رمزگذاری می کنند. هر زنجیره (کروموزوم) با اتصال تعدادی زنجیره فرعی تشکیل می شود و هر زنجیره فرعی یکی از ویژگی های جواب های منتخب را نشان می دهد [۱۶].

ژن های زیستی در این مورد با زنجیره های فرعی که این پارامترها را رمزگذاری می کنند، معادل هستند، در حالیکه هر رقم دوگانه می تواند به نوکلئوتیدهایی مربوط باشند که دی ان ای را می سازند. در اکثر موارد، یک شخص به طور کامل به وسیله یک زنجیره منفرد کوچک توصیف می شود، بنابراین می توان این کار را با شناسایی این ژنوتیپ با یک کروموزوم منفرد انجام داد. چندین روند رمزگذاری دیگر که به نزاع بر سر مناسب ترین انتخاب می انجامد، کشف شده اند. هالند نشان داد که رمز گذاری دوگانه امکان ایجاد حداکثر تعداد الگوهای کلی را که برای هر شخص پردازش می شوند، فراهم می آورد [۱۶]. ممکن است برای برخی مسائل، بازنمایی های غیر دوگانه،

1 Artificial Neural Networks
2 Ant Colony Optimization
3 Particle Swarm Optimization
4 Simulated Annealing
5 Tabu Search Algorithm
6 Bees Algorithm

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.2.1.2]

طبیعی تر بوده، و بار محاسبه ای را کاهش دهند. الگوریتم ژنتیک استانداردی که به صورت دوگانه، به گونه ای که در اینجا شرح داده شده، کد گذاری شده است، اکنون به ندرت برای بهینه سازی پیوسته مورد استفاده قرار می گیرد، و علت آنالیز این است که آن راه حل ها به سهولت از هم گسیخته می شوند (مسئله همینگ) [۱۹]. بنابراین محققان تمایل دارند از کد گذاری نظیر کد گذاری گری که از هم گسیختگی کمتری دارد استفاده کنند. الگوریتم های ژنتیکی استاندارد نظیر دیگر الگوریتم های تکامل از جایگزینی نسل به نسل استفاده می کنند [۲۰]. راه های رایج دیگر نخبه گزینی و جایگزینی حالت پایا می باشند. در اولین مورد، بهترین راه حل ها به طور مستقیم به جمعیت جدید منتقل (رونویسی) می شوند در حالیکه در مورد دوم فقط کسری از جمعیت در هر نسل جایگزین می شوند. هدف هر دوی اینها بهبود حفظ مطالب ژنتیکی مناسب به بهای یک جستجوی مختصر می باشد. مقایسه بین رفتار در جایگزینی پایا و نسل به نسل در [۲۱] توضیح داه شده است. جمعیت ها، با یک احتمال و بسته به صلاحیتشان برای تولید مثل انتخاب می شوند [۱۷]. الگوریتم های ژنتیکی استاندارد احتمال جهت گیری هر فرد را به صورت تناسبی به صلاحیت آن (انتخاب تناسبی) نسبت داده و مجموعه والدین (حوضچه جفتگیری) را از طریق فرآیند انتخاب چرخه ای رولت انتخاب می کنند. دیگر طرح های رایج انتخاب براساس صلاحیت و انتخاب به صورت مسابقه ای می باشند [۲۲]و[۲۳].

تقاطع مهمترین عملگر در الگوریتم های ژنتیکی بوده و فرزندانی را با ترکیب بخش هایی از ژنوم والدین به صورت تصادفی ایجاد می کند. تعداد بخش های مبادله شده، بسته به عملکرد الگوریتم ژنتیک متفاوت می باشند. متداول ترین فرآیندهای تقاطع ، تقاطع یک نقطه ای، دو نقطه ای و تقاطع یک شکل می باشند. در الگوریتم های ژنتیکی متداول، برای هر جفت یک احتمال تقاطع در نظر گرفته می شود [۲۰]. جفت هایی که عملگر خاصی بر روی آنها عمل نمی کند، فرزندانی تولید می کنند که مشابه والدین می باشند. بخش کوچکی از فرزندان به طور تصادفی انتخاب می شوند تا جهش ژنتیکی بر روی آن ها صورت گیرد. اپراتور جهش به طور تصادفی یک مکان را بر روی زنجیره انتخاب می کند و محتوای آن را باز می کند. با این حال، اهمیت این اپراتور در الگوریتم ژنتیک در درجه دوم بوده و اهمیت آن برای هدف اصلی جهش، حفظ تنوع ژنتیکی جمعیت می باشد. الگوریتم های ژنتیکی نیازمند تنظیم برخی پارامترها نظیر نرخ جهش، نرخ تقاطع و نرخ جایگزینی در مورد جایگزینی حالت پایا می باشند. از آنجا که این مقادیر انتخاب شده ممکن است فرآیند کلی را شدیدا تحت تاثیر قرار دهند، این امر نباید نادیده گرفته شود [۲۴]و[۲۵]. به علاوه، مقدار بهینه پارامترهای الگوریتم ژنتیک ممکن است طبق تکامل فرآیند کلی متفاوت باشد. به واسطه تمام این دلایل، طرح های تطبیقی زیادی بررسی شده اند [۲۶]و[۲۳]. از اپراتورهای خاص گه گاه علاوه بر اپراتورهای استاندارد استفاده می شود. تولید چنین اپراتورهایی منجر به افزایش قدرت الگوریتم شده، ولی کاهش سرعت آن را نیز به دنبال دارد [۲۶].

صورت مسئله و نتایج

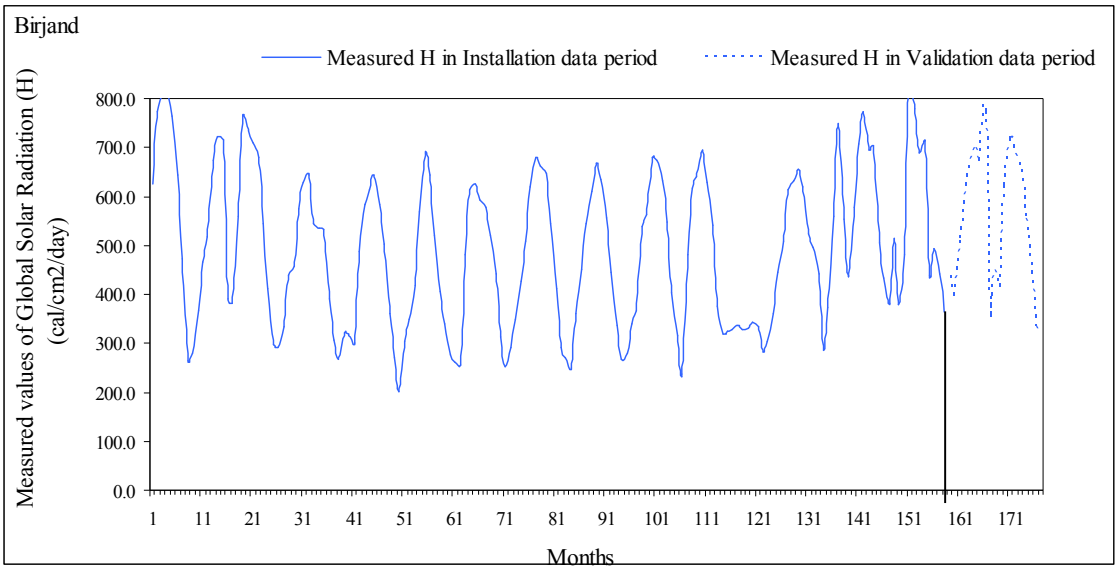
در مطالعه حاضر ، روش های هوش جمعی (الگوریتم ژنتیک و روش بهینه سازی گروهی ذرات) برای تخمین پتانسیل انرژی خورشیدی بکار برده می شوند. در مدل های معرفی شده در تحقیق حاضر، سعی بر این است تا با استفاده از اطلاعاتی از قبیل موقعیت جغرافیایی، دما، رطوبت نسبی و ساعات آفتابی، تخمین میزان تابش خورشیدی صورت گیرد. برای نشان دادن توانایی روش های مورد استفاده در تحقیق حاضر (الگوریتم ژنتیک و روش بهینه سازی گروهی ذرات)، نتایج بدست آمده از این روش ها با یکدیگر مقایسه می شوند. نواحی بیابانی مرکز ایران به عنوان ناحیه مورد مطالعه در این پژوهش می باشد. بعد از بررسی اطلاعات هواشناسی مربوط به شهرهای موجود در این ناحیه، شهرهای اصفهان، کرمان، بیرجند، طبس، تهران و خور- بیابانک به عنوان نواحی مرجع در مطالعه‌ی حاضر، انتخاب شدند (بدلیل وجود بانک اطلاعات هواشناسی جامع). اطلاعات مربوط به موقیت جغرافیایی و کیفیت بانک اطلاعات هواشناسی محل های مورد مطالعه در جدول (۳-۱) آورده شده است.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.2.1.2]

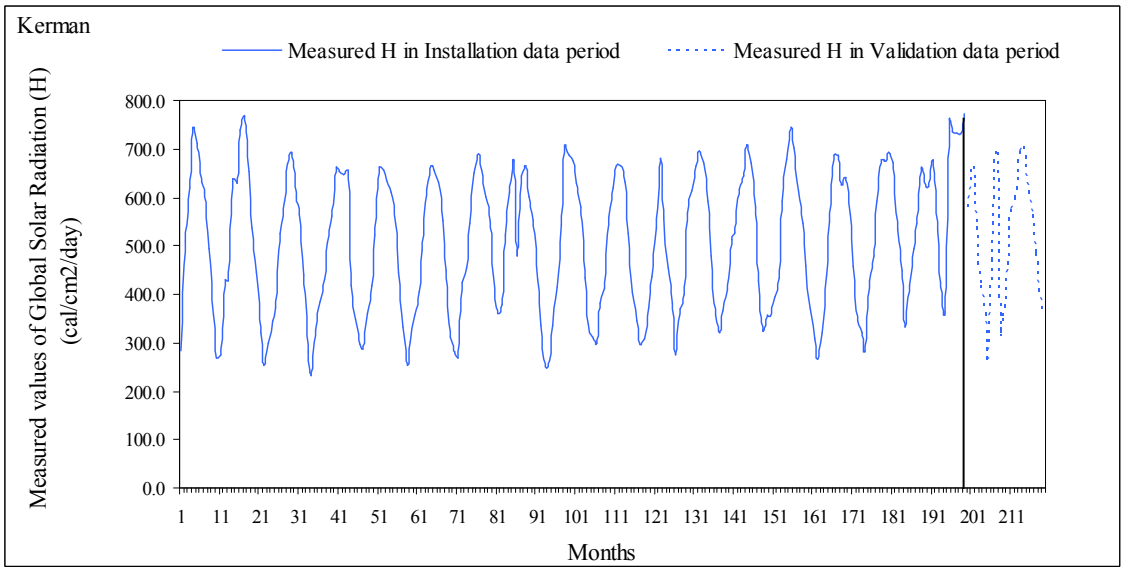
جدول ۳-۱. اطلاعات مربوط به ایستگاه های مورد مطالعه در این تحقیق.

Location	Longitude (°E)	Latitude (°N)	Elevation (m)	Period of installation data series	Validation data series Period
Birjand	59.20	32.87	1491.0	1982-2001	2004-2005
Esfahan	51.67	32.62	1550.4	1985-2001	2002-2005
Kerman	56.97	30.25	1753.8	1984-2001	2002-2005
Khoor-Biabanak	55.08	33.78	845.0	1988-2001	2002-2005
Tabass	56.92	33.60	711.0	1986-2000	2001-2003
Tehran	51.32	35.68	1190.8	1974-1987	1998-1999

در شکل های (۳-۱) تا (۳-۳۰) اطلاعات مربوط به میانگین ماهیانه ی پارامترهای مختلف هواشناسی برای شهرهای مورد مطالعه، نمایش داده شده است.

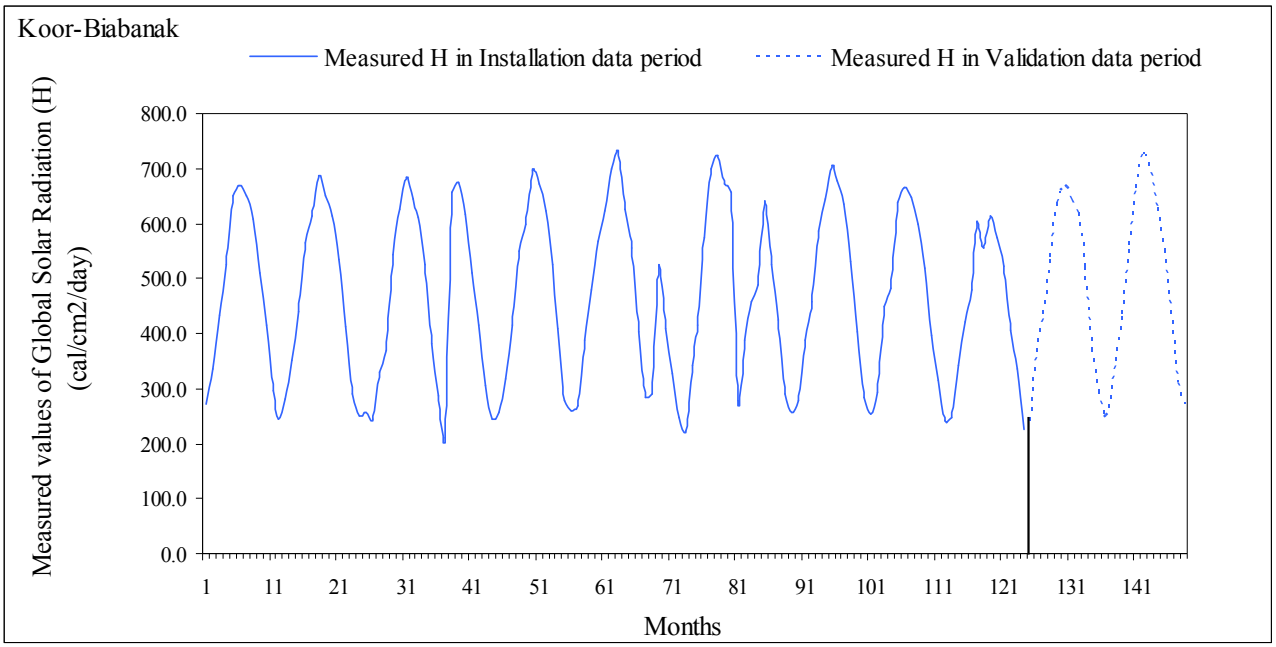


شکل(۳-۱).مقادیر اندازه گیری شده برای تابش خورشیدی در شهر بیرجند.

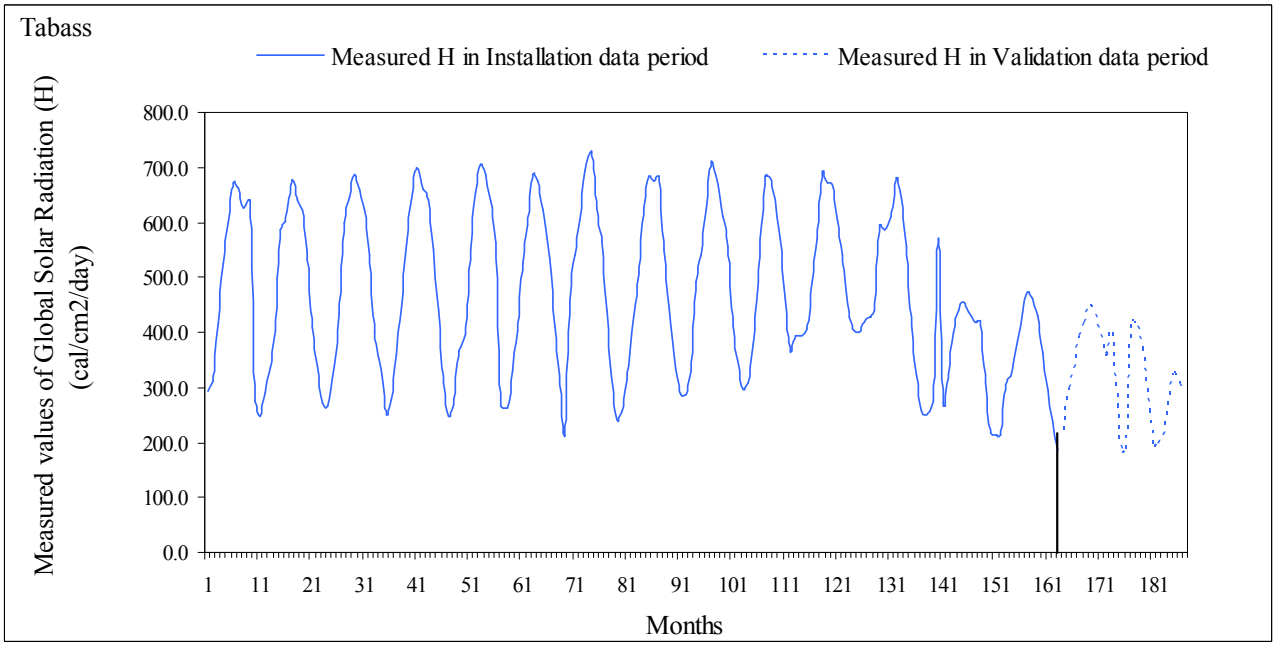


شکل(۳-۲).مقادیر اندازه گیری شده برای تابش خورشیدی در شهر کرمان.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.2.1.2]

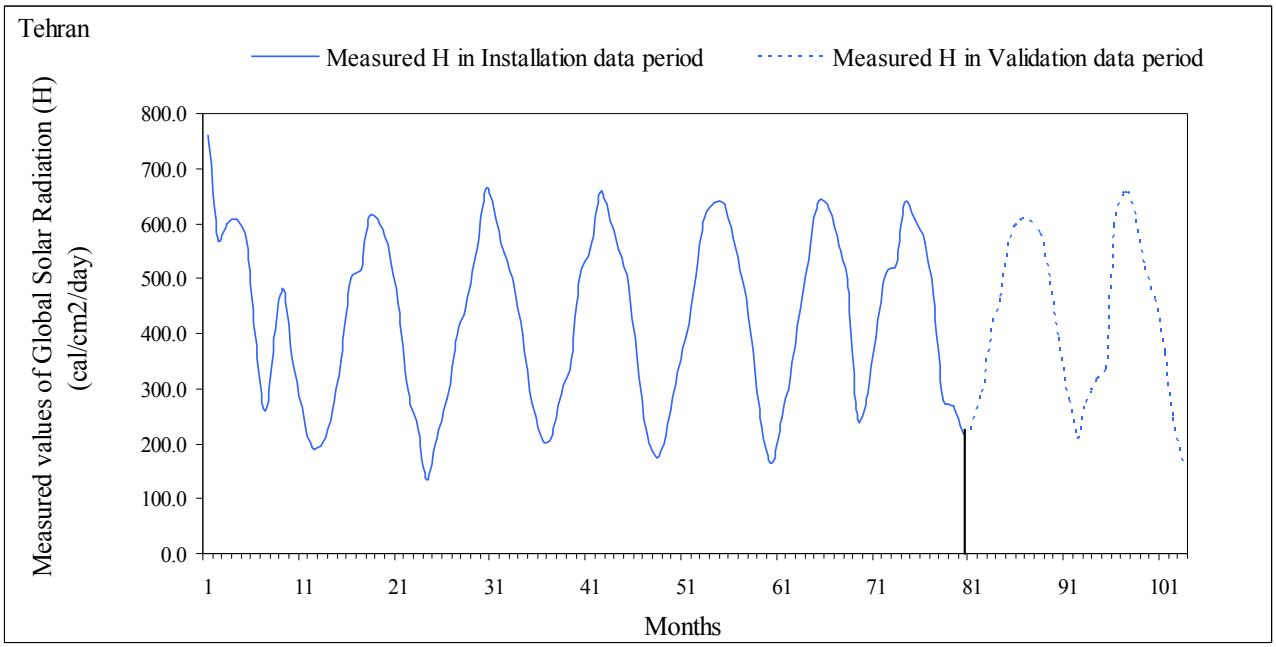


شکل(۳-۳).مقادیر اندازه گیری شده برای تابش خورشیدی در شهر خور و بیابانک.

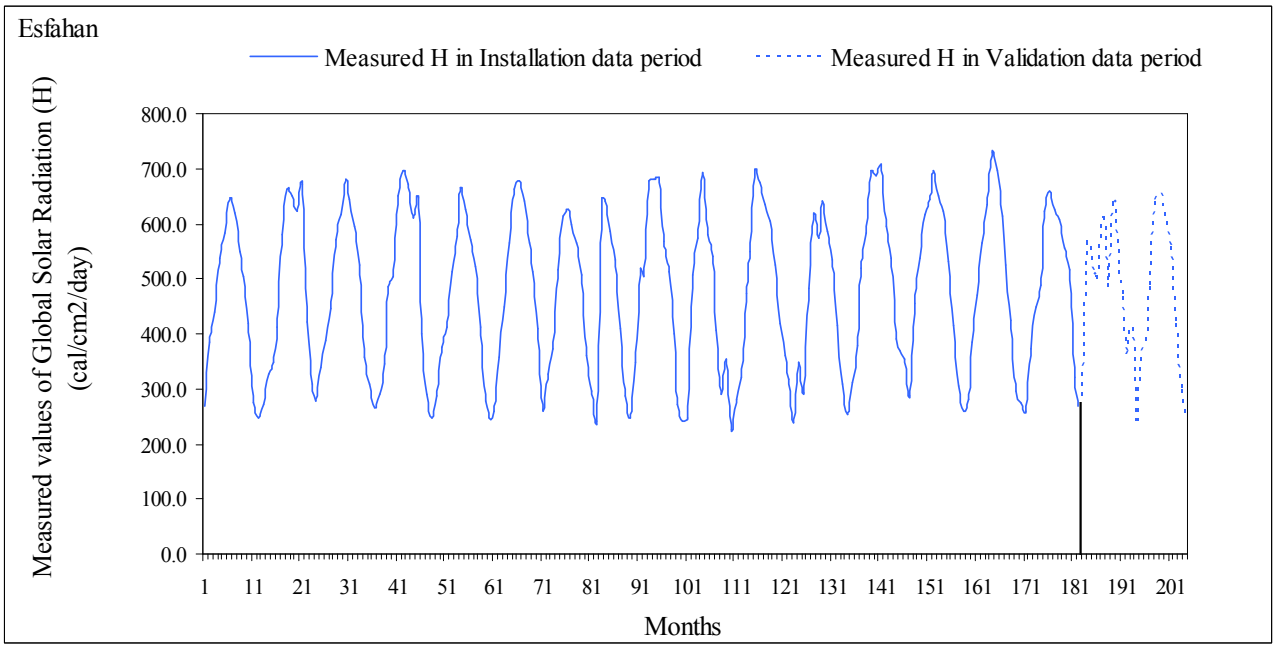


شکل(۳-۴).مقادیر اندازه گیری شده برای تابش خورشیدی در شهر طبس.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.2.1.2]



شکل(۳-۵).مقادیر اندازه گیری شده برای تابش خورشیدی در شهر تهران.



شکل(۳-۶).مقادیر اندازه گیری شده برای تابش خورشیدی در شهر اصفهان.

بهترین نتایج الگوریتم، با استفاده از پارامترهای اختصاصی که در شکل

(۳-۷) آمده است، حاصل شده اند.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.2.1.2]

پارامترهای اختصاصی الگوریتم ژنتیک

Population :(Population size: 50, Population type:

Double vector, Creation function: Uniform)

Selection :(Selection function: Stochastic uniform)

Reproduction :(Elite count: 2.0, Crossover fractions: 0.8)

Crossover :(Crossover function: Scattered)

Mutation :(Mutation function: Gaussian, Scale: 1.0,

Shrink: 1.0)

Stopping criteria :(Generation: 100)

شکل (۳-۷): پارامترهای اختصاصی الگوریتم های مورد استفاده در این مطالعه برای بهترین نتایج حاصله

الگوریتم ژنتیک و الگوریتم بهینه سازی گروهی ذرات جهت تعیین ضرایب بهینه‌ی مدل های تخمین پتانسیل انرژی خورشیدی بکار برده شده اند. مدل های مورد مطالعه در جدول (۳-۲) آورده شده اند.

بدین منظور تابع هدف بصورت زیر تعریف می شود:

$$\mathrm{Min}\,F(x)=\sum_{j=1}^{k}(E_{actual}-E_{predicted})^2 \qquad (۳-۱)$$

که E_{actual} و $E_{predicted}$ به ترتیب مقادیر واقعی و تخمین زده شده ی تابش خورشیدی و k تعداد مشاهدات می باشد.

از میان اطلاعات موجود برای هر شهر، بخشی جهت یافتن مقادیر مطلوب یا تقریبا مطلوب ضرایب مدل های تخمین پتانسیل انرژی خورشیدی و بخشی نیز برای بررسی اعتباریابی مدل ها مورد استفاده قرار گرفته می شوند. اطلاعات مربوط به دوره های برپایی و اعتبار یابی مدل ها در جدول (۳-۱) آمده است.

جدول (۳-۱). مدل های مورد مطالعه برای تخمین تابش خورشیدی.

Model no.	Equation form	Source
1	$H/H_0 = a + b(S/S_0)$	[6, 7]
2	$H/H_0 = a + b(S/S_0) + c(S/S_0)^2$	[5]
3	$H/H_0 = a + b\exp(S/S_0)$	[8]
4	$H/H_0 = a + b(S/S_0) + c\exp(S/S_0)$	[3]
5	$H/H_0 = a + b(S/S_0)^c$	[9]
6	$H/H_0 = a + bCos(c(S/S_0)) + dSin(c(S/S_0)) + eCos(2c(S/S_0)) + fSin(2c(S/S_0))$	[9]
7	$H/H_0 = aSin(b(S/S_0)+c) + dSin(e(S/S_0)+f) + gSin(h(S/S_0)+i)$	[9]
8	$H/H_0 = a + bSin(c(S/S_0)+d) + eSin(f(S/S_0)+g) + hSin(i(S/S_0)+j)$	[9]
9	$H/H_0 = a + bCos(c(S/S_0)) + dSin(c(S/S_0)) + eCos(2c(S/S_0)) + fSin(2c(S/S_0)) + gCos(3c(S/S_0)) + hSin(3c(S/S_0))$	[9]
10	$H/H_0 = aLn(\Delta T) + b$	[10]
11	$H/H_0 = a(S/S_0)^b\, T_{max}{}^c RH^d$	[11]
12	$H = a(S/S_0)^b RH^c$	[12]
13	$H = a + b(S/S_0) + cRH$	[13]
14	$H/H_0 = a(\Delta T)^{0.5} + b$	[13]
15	$H/H_0 = a^{(1/S)}$	[14]
16	$H/H_0 = a + \left(1 - \exp\left(-b\Delta T^c\right)\right)$	Present study
17	$H/H_0 = a^{(S_0/S)}$	present study
18	$H/H_0 = a + bRH + c(S/S_0) + dT$	present study

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.2.1.2]

جدول (۳-۳) ضرایب بدست آمده برای مدل های معرفی شده توسط الگوریتم را نشان می دهند.

جدول ۳-۳. مقادیر بدست آمده برای ضرایب مدل های مورد مطالعه در این تحقیق با استفاده از الگوریتم ژنتیک.

model number	a	b	c	d	e	f	g	h	i	J
1	0.2369	0.5091	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0.4250	0.2250	0.0992	-	-	-	-	-	-	-
3	0.3161	0.1567	-	-	-	-	-	-	-	-
4	0.1809	-0.2718	0.3071	-	-	-	-	-	-	-
5	0.4220	0.2850	0.8821	-	-	-	-	-	-	-
6	0.7667	-1.1225	0.2868	0.4780	0.5019	0.8003	-	-	-	-
7				0.4674	0.8866	0.1668	0.2603	-	0.4378	-
8	0.4109	0.3463	0.2464					0.0915		
9	0.0348	1.2789	-2.0311	0.7115	0.1512	0.0682	0.5318	0.7479	0.2910	0.1435
10	-0.1028	0.2859	0.6442	-0.3141	0.3918	0.3141	0.4901	0.2232	-	-
11		-		-	-	-	-	-	-	-
12	0.2590	0.0503	-							
13	0.2874	0.3115	0.1056	0.1657	-	-	-	-	-	-
14	734.9081	-1.8532	-7.5975	-	-	-	-	-	-	-
15	5314.5	0.5000	-0.7000	-	-	-	-	-	-	-
16	0.3285	-0.6595	-	-	-	-	-	-	-	-
17	0.0031	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	0.7370	-0.4505	-0.5357	-	-	-	-	-	-	-
	0.7265	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.0717	0.0016	0.4703	0.0063	-	-	-	-	-	-

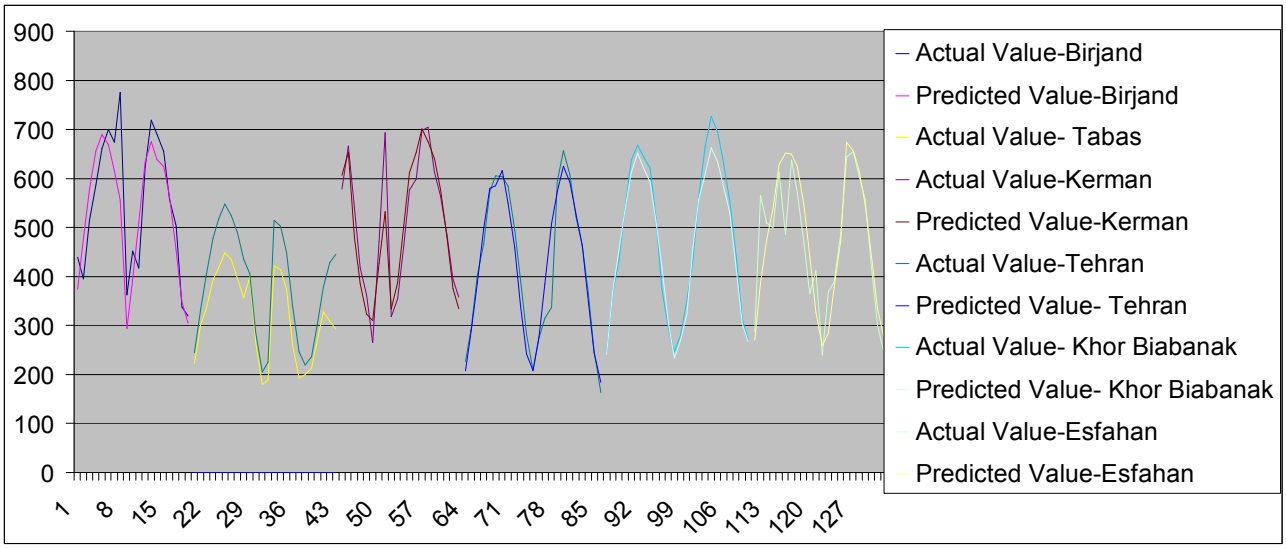
دقت مدل های مورد مطالعه، بر اساس ضرایب بدست آمده در جدول (۳-۳)، در جداول (۳-۴) آمده است.

جدول ۳-۴. دقت مدل های مورد مطالعه با استفاده از ضرایب بدست آمده با استفاده از الگوریتم ژنتیک

Model no.	Installation	Validation	
	R^2	R^2	MAPE
1	0.9813	0.9864	0.0880
2	0.9850	0.9902	0.0853
3	0.9847	0.9900	0.0831
4	0.9830	0.9892	0.0858
5	0.9832	0.9896	0.0897
6	0.9830	0.9893	0.0858
7	0.9839	0.9896	0.0831
8	**0.9844**	**0.9899**	**0.0828**
9	0.9832	0.9875	0.0844
10	0.9850	0.9885	0.0839
11	0.9824	0.9871	0.0998
12	0.9662	0.9625	0.1614
13	0.9648	0.9549	0.1663
14	0.9454	0.9578	0.1763
15	0.8797	0.8725	0.5329
16	0.9778	0.9864	0.1010
17	0.9850	0.9895	0.0834
18	0.9664	0.9750	0.1190

شکل (۳-۸) مقایسه بین مقادیر حدس زده شده و واقعی تابش خورشیدی بر اساس بهترین مدل را برای شهرهای اصفهان، کرمان، بیرجند، طبس، تهران و خور-بیابانک نشان می دهند.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.2.1.2]



شکل (۳-۳۲). مقایسه بین مقادیر حدس زده شده و واقعی تابش خورشیدی بر اساس بهترین مدل برای شهرهای بیرجند، طبس، کرمان، تهران، خور بیابانک و اصفهان (بر حسب $J/cm^2.day$).

همانگونه که در شکل پیداست، بهترین مدل (مدل شماره ۸) در تمام شهرها نتایج قابل قبولی را جهت تخمین تابش خورشیدی، ارائه می کند .

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.2.1.2]

منابع:

[1] A. Azadeh, A. Maghsoudi and S.Sohrabkhani, An integrated artificial neural networks approach for predicting global radiation. Energy Conversion and Management doi: 10.1016/j.enconman.2009.02.019.
[2] A.A. Sabziparvar, A simple formula for estimating global solar radiation in central arid deserts of Iran, Renewable Energy 33 (2008) 1002-1010.
[3] K. Bakirci, Correlations for estimation of daily global solar radiation with hours of bright sunshine in Turkey, Energy (2009), doi: 10.1016/j.energy.2009.02.005.
[4] J.I. Prieto, J.C. Martinez, D. Garcia. Correlation between global solar irradiation and air temperature in Asturias, Spain, Solar Energy. (2009) doi:10.1016/j.solener.2009.01.012.
[5] B.G. Akinoglo, A. Ecevit, Constraction of quadric model using modified Angstrom coefficients to estimate global solar radiation, Solar Energy. 45 (1990) 85-92.

[6] A. Angstrom, Solar and terrestrial radiation, Journal of the Royal Meteorological Society.50 (1924) 121–6.
[7] J.A. Prescott. Evaporation from water surface in relation to solar radiation, Transaction of the Royal Society of Australia. 46 (1940) 114-8.
[8] J. Almorox, C. Hontoria, Global solar estimation using sunshine duration in spain, Energy Conversion and Management. 11 (1967) 170-2.

[9] M.A. Behrang, E. Assareh, A. Ghanbarzadeh, A.R. Noghrehabadi, New sunshine-based models for predicting global solar radiation using Particle Swarm Optimization (PSO) technique, Energy
[10] R. Chen, K. Ersi, J. Yang,v S. Lu, W. Zhao. Validation of five global radiation models with measured daily data in China. Energy Convers Manage 2004;45:1759–69.
[11] J.C. Ododo, A.T. Sulaiman, J. Aidan, M.M. Yuguda, F.A. Ogbu. The importance of maximum air temperature in the parameterisation of solar radiation in Nigeria. Renew Energy 1995;6:751–63.
[12] G.L. Hargreaves, G.H. Hargreaves, P. Riley. Irrigation water requirement for the Senegal River Basin. J Irrigat Drain Eng ASCE 1985;111:265–75.
[13] R.K. Swartman, O. Ogunlade. Solar radiation estimates from common parameters. Solar Energy 1967;11:170–2.
[14] M. El-Metwally. Sunshine and global solar radiation estimation at different sites in Egypt. J Atmos Solar-Terrestrial Phys 2005;67(14):1331–42.1999;17:95–102.
[15] R. Allen, Self calibrating model for estimating solar radiation from air temperature, J Hydrol Eng. 2 (1997) 56-67.

[16] J.H. Holland, Adaptations in Natural Artificial Systems, University of Michigan Press, Michigan, 1975.
[17] J.J. Grefenstette, J.E.Baker, How genetic algorithms work: A critical look at implicit parallelism, in Proceedings 3rd Int. Conference Genetic Algorithms, 1989, pp.20-27.
[18] Z. Michalewicz, Genetic algorithms + data structures = evolution programs, 3rd rev. and extended ed. Springer-Verlag, Berlin, 1999.
[19] Handbook of genetic algorithms. Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.
[20] G. Syswerda, Reproduction in generational and steady state Genetic Algorithm, In: Ratlines, G. ed. Foundations of Genetic Algorithms. Los Altos,CA: Morgan Kaufmann, 1991, pp.94-101.
[21] J.E. Baker, Adaptive selection methods for genetic algorithms, in Proceedings Int. Conference Genetic Algorithms and Their Applications, 1985, pp.101-111.
[22] D.E. Goldberg and K. Deb, A comparison of selection schemes used in genetic algorithms, In: Rawlins, G.J. ed. Foundations of Genetic Algorithms (FOGA 1), 1991, pp.69- 93.
[23] J.J. Grefenstette, Optimization of Control Parameters for Genetic Algorithms, Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, 16 (1986) 122-128.
[24] J.D. Schaffer, R.A.Caruana, L.J. Eshelman, R.Das , A study of control parameters affecting online performance of genetic algorithms for function optimization, in Proceedings 3rd int. conference Genetic algorithms: Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, 1989, pp.51- 60.
[25] R. Hinterding , Z. Michalewicz , A.E. Eiben, Adaptation in evolutionary computation: a survey, in Proceedings IEEE Int. Conference Evolutionary Computation, 1997, pp.65-69.
[26] T. Back, optimal mutation rates in genetic search, in Proceedings 5rd Int. Conference on Genetic Algorithm, San Mateo: Morgan Kaufmann, 1993, pp.2-

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.2.1.2]