



بعد فرکتال شاخص‌های موثر بر عملکرد کلتورهای خورشیدی صفحه تخت

آرمیتا سلیمانی^{۱*}، علی ملکی^۲، فرزاد مهدیه^۳

۱- دانشجو کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهرکرد

۲- استادیار و عضو هیات علمی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهرکرد

۳- دانشجو کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهرکرد

ایمیل مکاتبه کننده: soleimani_armita@vatanmail.ir

چکیده

انرژی خورشید از مهمترین انرژیهای تجدیدپذیر است که علاوه بر سازگاری با محیط زیست، در قسمت اعظمی از سطح زمین یافت می‌شود و طیف وسیعی از کاربردها را مانند تهیه آبگرم برای مصارف شهری و روستایی، تهیه مطبوع ساختمانها، خشک کردن محصولات کشاورزی و ... را دارا است. داده‌های تابش خورشید نقش مهمی در طراحی ساختمان داخلی سیستمهای خورشیدی دارند. تابش خورشید با توجه به شرایط جوی و آسمان نوسانات زیادی دارد. تجزیه و تحلیل داده‌های تابش کمکی زیادی به بهینه سازی سیستم‌های خورشیدی می‌نماید. یکی از روشهای تجزیه و تحلیل داده‌های سری زمانی از قبیل تابش خورشید، بعد فرکتال می‌باشد. در این مقاله از روشهای سویک ۱، کاتز ۲، ام آر ال ۳، پتروسین دی ۴، پتروسین سی ۵ و هیگوچی ۶ جهت تخمین بعد فرکتال تشعشع خورشید، دما و رطوبت هوا استفاده شده است. با استفاده از نرم افزار متلب روشهای ذکر شده کدنویسی و اطلاعات مورد نظر، تجزیه و تحلیل گردیدند. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS، آنالیز شدند. نتایج نشان داد روش هیگوچی بیشترین و روش پتروسین سی کمترین مقدار میانگین بعد فرکتال را دارا است، روش پتروسین سی از دقت کمتری نسبت به دیگر روشها برخوردار است، لذا دارای اعتماد کمتری است.

واژه‌های کلیدی: انرژی خورشیدی، بعد فرکتال، کلتورهای خورشیدی صفحه تخت

مقدمه

امروزه استفاده از انرژیهای جایگزین به دلیل اینکه موجب کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و همچنین کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای می‌شود، گسترش یافته است. انرژی خورشید یکی از انرژیهای پاک می‌باشد که در صورت استفاده از آن به عنوان منبع کمکی گرمایش ساختمانها، میزان زیادی از سوخت‌های فسیلی ذخیره خواهد شد (Hirasawa, 2013).

- 1- Sevcik
- 2- Katz
- 3- MRL
- 4- PetrosianD
- 5- PetrosianC
- 6- Higuchi



مقدار انرژی که به سیاره زمین می‌رسد بسیار گسترده است، بطوریکه می‌توان گفت دو برابر انرژی تولید شده از ذغال سنگ، نفت، گاز و اورانیوم که تجدیدناپذیرند، می‌باشد (Hermann, 2006). انرژی خورشید منبع عظیمی از انرژی است که محدودیت ندارد، تمیز است و همچنین بی‌خطر می‌باشد.

یکی از سیاست‌هایی که کشورهای توسعه یافته به ویژه در چند دهه اخیر به شدت دنبال کرده‌اند، سیاست جایگزینی سوخت‌های فسیلی توسط انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. مهمترین نوع انرژی تجدیدپذیر، انرژی خورشید است که میزان تابش آن، تنها بر سطح ایران بیش از دو برابر انرژی مصرفی کل جهان است (ملکی و همکاران، ۱۳۹۲).

انرژی خورشید علاوه بر سازگاری با محیط زیست، در قسمت اعظمی از سطح کره زمین یافت می‌شود و طیف وسیعی از کاربردها را مانند تهیه آبگرم برای مصارف شهری و روستایی، تهویه مطبوع ساختمان‌ها، خشک کردن محصولات کشاورزی، تولید برق نیروگاه‌ها با جمع‌کننده‌ی خورشیدی و ... دارا می‌باشد (Mohammad, 1997).

از این رو داده‌های تابش خورشید نقش بسیار مهمی در طراحی ساختمان داخلی سیستم‌های خورشیدی دارند. تابش خورشید با توجه به شرایط جوی و آسمان نوسانات زیادی دارد. تجزیه و تحلیل داده‌های تابش کمک زیادی به بهینه سازی سیستم‌های خورشیدی می‌نماید. یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌های سری زمانی از قبیل تابش خورشید، بعد فرکتال می‌باشد.

فرکتال مفهومی است که نخستین بار توسط مندلبروت بیان شد. فرکتال بیان می‌نماید که ساختارهای پیچیده دارای خاصیت خودمتشابهی یا خود تکراری می‌باشند. بعد فرکتال یک خط راست، یک می‌باشد در حالیکه بعد فرکتال یک خط پیچیده، نزدیک به دو می‌باشد. بعد فرکتال می‌تواند برای ارزیابی پیچیدگی مسیر حرکت کشتی‌های ماهیگیری استفاده شود. برای مسیرهایی که توابع ریاضی شکل نیستند بعد فرکتال نمی‌تواند محاسبه شود بلکه باید تخمین زده شود (Enguhard et al., 2011).

بعد بعضی از جسم‌ها به دلیل نامنظمی و ناهمواری، قابل توصیف با بعد توپولوژی و هندسه اقلیدسی نمی‌باشد، مانند بعد سرعت جریان هوا، بعد تابش خورشید و مندلبروت - ریاضیدان معروف - بعد جدیدی را بنام بعد فرکتال ارایه داد که مشکل قبل را حل می‌کرد. نام فرکتال از واژه‌ی لاتین فراکتوس آمده است و به معنی سنگ شکسته شده می‌باشد. فرکتال شی هندسی است که اغلب خود متشابه اند. اگر جز کوچکی از یک شی فرکتال را در نظر بگیریم، با کل شکل یکسان است. فرکتال‌هایی نیز وجود دارند که خود متشابه نیستند ولی از آن‌ها در موارد زیادی استفاده می‌شود. فرکتال‌ها بعد نا صحیحی دارند. برای فرکتال‌های خود متشابه از بعد هاسدورف استفاده می‌شود. رابطه بعد هاسدورف به صورت زیر است :

$$S^d = C$$

C: تعداد شکل‌های خودمتشابه

S: فاکتور بزرگ‌نمایی

d: بعد هاسدورف



بعد فرکتال‌هایی که خود متشابه نیستند از روش‌های مختلف دیگری مانند روش جعبه شمارش و ... محاسبه می‌شوند (Shamsgovara, 2012).

بعد فرکتال یک سری زمانی، پیچیدگی یک سری را نشان می‌دهد. سری با پیچیدگی بیش‌تر بعد فرکتال بزرگ‌تری دارد (Gholamy, 2008).

پژوهشگری با استفاده از روش فرکتالی، تغییرات سرعت باد را اندازه‌گیری نمود. بعد فرکتال با استفاده از روش مینکوسکی بولیگاند تخمین زده شد. در این مدل، منحنی مورد نظر جهت تخمین بعد فرکتال، با استفاده از مستطیل‌هایی پوشش داده شد.

نتایج نقش بسیار مهمی در ارزیابی نصب توربین‌های بادی خواهند داشت. در واقع نوسانات سرعت باد نقش مستقیمی بر عملکرد توربین‌های بادی خواهند داشت (Harrouni, 2010).

افراد دیگری با استفاده از بعد فرکتال، نوسانات تابش خورشیدی را تعیین نمودند. در راستای انجام این پژوهش، تابش خورشیدی در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری شد. یکی از کاربردهای مدل مورد بررسی در این پژوهش، طبقه‌بندی تابش خورشید بر اساس زمان‌های مختلف - آسمان صاف، آسمان آبری، آسمان نیمه آبری - بود. بعد فرکتال با استفاده از روش مینکوسکی بولیگاند تخمین زده شد. بعد فرکتال نزدیک به عدد ۱، آسمان صاف را مشخص می‌نماید و بعد فرکتال نزدیک به ۲، آسمان متغیر با ابرهای متناوب را تعیین می‌نماید. بعد فرکتال مقدار انرژی تولید شده را تخمین نمی‌زند، بلکه درجه نوسانات تابش را اندازه‌گیری می‌نماید. نتایج نشان داد که با استفاده از تجزیه و تحلیل فرکتال و نیز با داشتن تعداد محدودی داده، می‌توان تابش خورشید را طبقه‌بندی نمود. همچنین نتایج مربوط به بعد فرکتال هر ماه اطلاعات مختلفی در اختیار ما قرار می‌دهند از جمله: شدت تابش در کدام ماه بیشتر یا کمتر بوده است، شدت تابش منظم بوده یا دچار نوسان بوده است و ... این اطلاعات اجازه می‌دهد به اصلاح اندازه سیستم‌های فتوولتائیک پردازیم (Harrouni et al., 2004).

همانطور که بیان شد، یکی از روش‌های ارزیابی و تحلیل سری‌های زمانی و سیگنال‌ها، تخمین بعد فرکتال می‌باشد. در این تحقیق به ارزیابی و تحلیل میزان تشعشع خورشید، دمای هوا و رطوبت نسبی در منطقه شهرکرد با استفاده از مدل‌های فرکتالی پرداخته شد که در ادامه به تشریح آن‌ها خواهیم پرداخت.

مواد و روش‌ها

هدف از این تحقیق بررسی عوامل موثر بر عملکرد کلکتورهای خورشیدی بود. عواملی چون رطوبت نسبی هوا، دمای هوا، میزان تشعشع خورشید، سرعت و جهت باد، ساعات آفتابی و ... بر راندمان کلکتورها اثر می‌گذارد. در این پژوهش به بررسی تاثیر عوامل رطوبت نسبی، دمای هوا و میزان تشعشع خورشید در منطقه شهرکرد پرداخته شد. اطلاعات ۳ دوره زمانی رطوبت نسبی، دما بر پایه خشک و دما بر پایه تر هر کدام در ۸ تکرار و میزان تشعشع خورشید در یک تکرار به صورت روزانه، از اداره هواشناسی تهیه شدند و داده‌ها با استفاده از روش‌های محاسبه بعد فرکتال مورد تجزیه قرار گرفتند. با استفاده از نرم افزار متلب فرمول‌های محاسبه بعد فرکتال کدنویسی شدند و اطلاعات مورد نظر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. سپس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS در قالب طرح تصادفی آنالیز شدند و نتایج در ادامه بحث گزارش شد.



۱- سویک:

در این روش ابتدا داده‌ها را نرمال سازی نموده سپس با استفاده از فرمول زیر بعد فرکتال را محاسبه می‌نماییم:

$$FD_{Sevcik} = 1 + ((\ln(L) + \ln(2))/\ln(2N))$$

$$L = \sum_{i=1}^{N-1} dist(s_i, s_{i+1})$$

=N تعداد نقاط

$$N-1 = N'$$

=L طول سری زمانی

۲-کاتز:

در این روش بعد فرکتال از رمول زیر محاسبه می‌شود:

$$FD_{katz} = \log_{10}(n) / (\log_{10}(n) + \log_{10}(d/L))$$

$$n = L/a$$

=L طول سری زمانی

=a فاصله میانگین دو نقطه پشت سر هم.

۳-روش ام آر ال:

جهت محاسبه بعد فرکتال در روش ام آر ال مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

سری زمانی روبرو را در نظر میگیریم:

$$S = \{s(1), s(2), s(3), \dots, s(N)\}$$

هر $S(i)$ شامل یک مولفه افقی $X(i)$ و یک مولفه عمودی $Y(i)$ می‌باشد و $i=1,2,3,\dots,N$.

فاصله اقلیدسی میان دو نقطه $S(1)$ و $S(2)$ ، به مختصات (x_1, y_1) و (x_2, y_2) عبارت است از:

$$dist. (s_1, s_2) = (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2$$

سپس طول کل منحنی در مقیاس‌های مختلف $(r_1, r_2, r_3, \dots, r_p)$ را یافته:

$$L = \sum_{i=1}^{N-1} dist(s_i, s_{i+1})$$

شیب نمودار لگاریتمی $1/r_p$ بر حسب Lr/r برابر با بعد فرکتال می‌باشد.

۱- روش پتروسین:

محاسبه سریع بعد فرکتال سیگنال‌ها توسط برگردان سری‌ها به دنباله‌های دودویی. مبنای ساخت دنباله در این روش تفریق

اعداد سیگنال است. در روش پتروسین سی اختلاف اعداد با علامت آنها سنجیده می‌شود و در روش پتروسین دی اختلاف

اعداد با مقدار انحراف معیار سنجیده می‌شود.

$$FD_{Petrosian} = \log_{10} n / \log_{10} (n + \log(n / (n + 0.4 N \Delta)))$$



۲- روش هیگوچی:

هیگوچی جهت محاسبه بعد فرکتال سری‌های زمانی، روشی را پایه گذاری نمود که به شرح زیر است:

مجموعه‌ای از سری‌های زمانی را با فاصله‌های زمانی منظم در نظر می‌گیریم:

$$X(1), X(2), X(3), \dots, X(N)$$

از سری داده شده، سری زمانی جدیدی تشکیل می‌دهیم:

$$\{X(m), X(m+k), X(m+2k), \dots, X(m+[(N-m)/k].k)\}$$

K و m اعداد صحیح هستند. m زمان اولیه و k فاصله‌های زمانی است.

$[]$ نشان دهنده جز صحیح می‌باشد.

سپس برای سری جدید، طول منحنی را محاسبه می‌نماییم:

$$L(k) = \left\{ \sum_{i=1}^{[(N-m)/k]} \left(X(m+ik) - X(m+(i-1)k) \right) \cdot \frac{N-1}{[(N-m)/k].k} \right\}$$

شیب نمودار لگاریتمی $L(k)$ بر حسب k ، بعد فرکتال است (Narayan Patra et al., 1995)

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای روش‌های کاتز، سویک، ام آر ال، پتروسین دی، پتروسین سی و هیگوچی در جدول-های ۳-۱ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر دما بر پایه تر در روش ام آر ال در سطح ۱ درصد و اثر رطوبت نسبی در روش پتروسین سی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است و عامل‌ها در دیگر روش‌ها بی‌تاثیر بوده‌اند. با توجه به این روش‌ها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس میانگین‌های عامل سال بر میزان رطوبت، دما بر پایه خشک و تر در روش‌های مختلف محاسبه بعد فرکتال

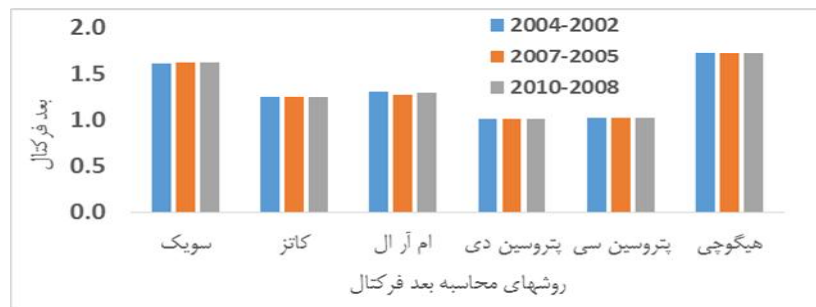
مجموع میانگین مربعات						درجه آزادی
هیگوچی	پتروسین سی	پتروسین دی	ام آر ال	کاتز	سویک	
ns _{۰/۲}	ns _{۱/۷}	ns _{۰/۰۰۱}	** _{۰/۰۰۰۹}	ns _۱	ns _۳	دما بر پایه تر
ns _{۰/۳}	ns _{۰/۴۵}	ns _{۰/۰۰۱}	_{۰/۰۰۰۹۶} ns	ns _{۰/۰۵}	ns _{۰/۰۲}	دما بر پایه خشک
ns _{۰/۱}	* _{۰/۰۶}	ns _{۰/۰۰۱۲}	ns _{۰/۰۰۰۹}	ns _{۰/۲}	ns _{۰/۰۰۷}	رطوبت نسبی
۱۵/۱	۱۷/۷	۰/۰۳۶	۰/۰۰۰۰۸	۲/۹	۲/۷	دما بر پایه تر
۰/۹	۰/۵	۰/۰۴	۰/۰۰۴۱	۲/۴	۱/۸	دما بر پایه خشک
۰/۹	۰/۲	۰/۰۳	۰/۰۰۰۲	۰/۹	۰/۴	رطوبت نسبی



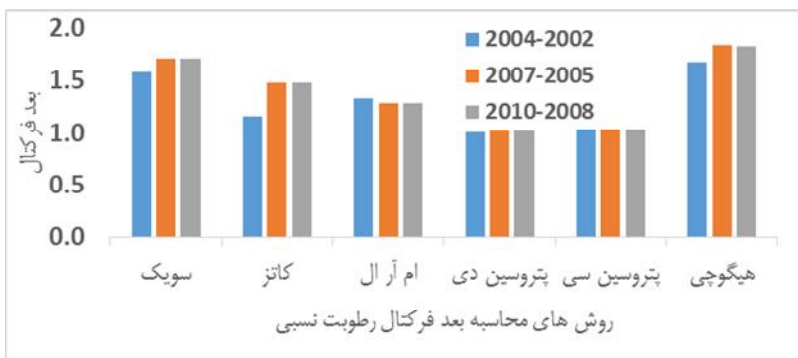
(*) تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد، * تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ns عدم تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد. میانگین بعد فرکتال ۶ روش به کار رفته در آزمایش در سه دوره متوالی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همانطور که از نمودار مشاهده می‌شود بیشترین مقدار میانگین بعد فرکتال مربوط به روش هیگوچی و کمترین مقدار مربوط به روش پتروسین سی و دی است. روش پتروسین در هر سه دوره بدون نوسان بوده است بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که روش پتروسین قابل اعتماد نمی‌باشد همچنین نرخ تغییر داده‌ها در هر ۶ روش و در هر سه دوره تقریباً یکنواخت بوده و این بیانگر شرایط جوی بدون بحران می‌باشد. با توجه به نمودار مقدار میانگین روش‌های ام آر ال و کاتز تقریباً در یک حد می‌باشد (شکل ۱). در نمودار میانگین بعد فرکتال رطوبت نسبی نیز بیشترین مقدار مربوط به روش هیگوچی و کمترین مقدار مربوط به روش پتروسین دی و سی می‌باشد که حاکی از دقت و صحت کم این روش می‌باشد. با توجه به شکل نوسانات روش کاتز، هیگوچی و سویک بیشتر از دیگر روش‌ها می‌باشد (شکل ۲). میانگین بعد فرکتال دمای هوا بر پایه تر و بر پایه خشک بیان می‌نماید که روش هیگوچی بیشترین مقدار و روش هیگوچی کمترین مقدار بعد فرکتال را دارد و همچنین روش پتروسین سی و دی دارای کمترین مقدار میانگین بعد فرکتال می‌باشد (شکل ۳ و ۴). نمودار میانگین بعد فرکتال دمای هوا بر پایه تر و بر پایه خشک و رطوبت نسبی را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار بعد فرکتال رطوبت نسبی در همه‌ی روش‌ها بجز روش ام آر ال بیشتر از بعد فرکتال دما بر پایه تر و خشک می‌باشد و این بیانگر این است که پیچیدگی نرخ تغییرات رطوبت بیش‌تر از دو متغیر دما بر پایه خشک و تر می‌باشد. به طور کلی میانگین بعد فرکتال در روش هیگوچی بیشتر از سایر روش‌هاست (شکل ۵). داده‌های سه دوره زمانی میزان تشعشع خورشید با استفاده از نمودار بعد فرکتال در روش کاتز دارای نوسانات بیشتری نسبت به دیگر روش‌ها می‌باشد. نوسانات در روش ام آر ال و سویک به طور تقریبی به یک میزان است و روش‌های پتروسین دی و سی بدون نوسان بوده‌اند و روش هیگوچی نیز دارای نوسانات بسیار جزئی می‌باشد. بیشترین بعد فرکتال در روش کاتز و در دوره سوم بوده است.

نتیجه‌گیری کلی

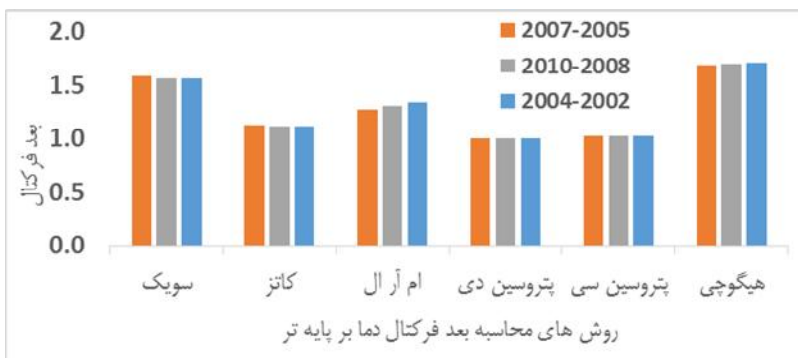
با توجه به تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت بیشترین مقدار بعد فرکتال مربوط به روش هیگوچی و کمترین مقدار آن در روش پتروسین دی و پتروسین سی است. همچنین روش‌های پتروسین دی و پتروسین سی، در دوره‌های مختلف نوسانات بسیار ناچیزی داشته‌اند که ناشی از دقت و صحت کم این روش است.



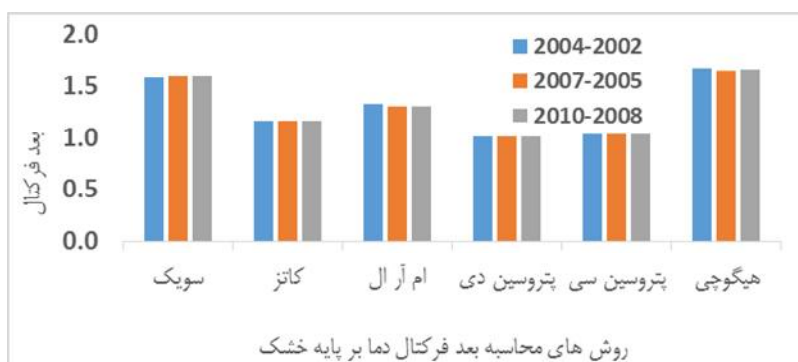
شکل ۱- میانگین‌های بعد فرکتال روش‌های مختلف محاسبه بعد فرکتال در سه دوره متوالی



شکل ۲- میانگین‌های بعد فرکتال رطوبت نسبی در سه دوره متوالی



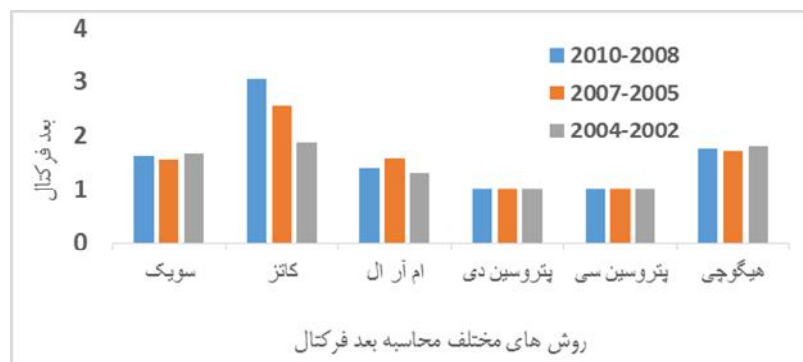
شکل ۳- میانگین‌های بعد فرکتال دمای هوا بر پایه تر



شکل ۴- میانگین‌های بعد فرکتال دما بر پایه خشک



شکل ۵- میانگین‌های بعد فرکتال دمای هوای بر پایه تر، خشک و رطوبت نسبی



شکل ۶- میانگین‌های بعد فرکتال میزان تشعشع خورشید روش‌های مختلف محاسبه بعد فرکتال در سه دوره متوالی

منابع و مأخذ

- ملکی ع. رحیمی ر. بشارتی ش. ۱۳۹۲. تاثیر ابعاد کلکتور خورشیدی صفحه تخت بر عملکرد آن به روش دینامیک سیالات محاسباتی. هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. ۱۱ تا ۱۹ بهمن ماه. دانشگاه فردوسی مشهد.

- Enguehard, R. Devillers, R. and Hoerber, O. 2011. Geovisualization of fishing vessel movement patterns using hybrid fractal/ velocity signatures. Available on: www.geomatikhamburg.de/geoviz/abstracts/09_GeoVizHamburg.pdf
- Gholamy, A. Javaherian, A. and Ghods, A. 2008. Automatic detection of interfering seismic wavelets using fractal methods. J. Geophysics. Eng. 5, 338–347.



4. Harrouni, S. 2010. Fractal analysis to quantify wind speed fluctuation. Available on: www.nsc10.cankaya.edu.tr/proceedings/PAPERS/Symp2Fractional%20Calculus%20Applications/Paper14.pdf
5. Harrouni, S. Guessoum, A. Maafi, A. 2005. Classification of daily solar irradiation by fractional analysis of 10- min- means of solar irradiance. 80, 27–36.
6. Hermann, W. A. 2006. Quantifying global energy resources. Energy 31(12): 1685-1702.
7. Hirasawa, Sh. Tsubota, R. Kawanami, T. and Shirai, K. 2013. Reduction of heat loss from solar thermal collector by diminishing natural convection with high- porosity porous medium. Solar Energy 97, 305–313.
8. Mohamad, A. 1997. High efficiency solar air heater .Solar energy .60(2):71- 76.
9. Narayan Patra, S. Bhattacharya, G. Ghosh, K. and Raychaudhuri, P. 1995. Fractal dimension analysis of the solar irradiance data from earth radiation budget satellite. Available on: www.researchgate.net/profile/Sankar_Patra2/publication/230634420_Fractal_Dimension_Analysis_of_the_Solar_Irradiance_Data_from_Earth_Radiation_Budget_Satellite_%28ERBS%29/links/09e415023975001ed9000000.pdf
10. Raghavendra, B. S. and Dutt, D. Narayana. 2010. Computing fractal dimension of signals using multiresolution box- counting method. International Journal of Information and Mathematical Sciences 6:1.
11. Shamsgovara, A. 2012. Analytic and numerical of fractal dimension. MS. Thesis. Department of mathematics royal institute of technology, KTH.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



Fractal dimension of effective parameters on solar flat plate collectors' performance

Abstract

Solar energy is the most important renewable energy, in addition to environmental sustainability it is found in the large part of the earth surface and also has a wide range of application, for instance providing hot water for rural and urban usages, air conditioning, drying agricultural products and etc. The solar radiation data play a very important role for understanding internal structure of solar systems. Due to weather conditions, solar radiation has high fluctuation. Analysis of radiation data help to optimizing these systems. Fractal dimension is one of the method to analyze time series such as radiation. In this paper some methods such as Sevcik, Katz, MRL, PetrosianD, PetrosianC and Higuchi are used to estimate fractal dimension. Those methods was coding by MATLAB software and then the data was analyzed by SPSS software. The result showed that Higuchi method had maximum mean value of fractal dimension and the Petrosian method had minimum mean value of fractal dimension and also Petrosian method was less accurate than the other methods, therefor, the Petrosian method is not reliable.

Keywords: Solar energy, Fractal dimension, flat- plate collectors