

## واکاوی پويای نوسانات فراسنج‌های آب و هوایی شیراز با رویکرد برخالی

عبدالعلي کمانه<sup>۱</sup>، مهدی نارنگی فرد<sup>۲\*</sup>

### چکیده

مفاهیمی همچون برخال، آشوب تأثیر بسیاری بر گسترش شناخت ما از رفتار سامانه‌های پیچیده و فراسنج‌های آب و هوایی غیر خطی گذاشته‌اند. در این راستا در این پژوهش، دینامیک نوسانات فراسنج‌های آب و هوایی کمینه و بیشینه دما، رطوبت و سرعت بیشینه باد، در ایستگاه همدید شیراز در بازه زمانی بلند مدت ۵۸ ساله (۱۹۵۶-۲۰۱۳) با رویکرد برخالی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور پس از هم مرجع سازی ریاضی فراسنج‌های مختلف با اعمال ساختار مثلثاتی برخالی بر روی داده‌های بدست آمده به مقایسه نتایج حاصله با هندسه کلاسیک برخالی پرداخته شد. بر اساس یافته‌های این پژوهش، روند روزانه کمینه و بیشینه دما و همچنین رطوبت از ساختاری کاملاً برخالی پیروی می‌نماید، که این یافته بیانگر گذار دینامیک چهار فراسنج آب و هوایی فوق از حالت ناعادلی به عدم تعادل می‌باشد؛ این در حالی است که روند روزانه بیشینه سرعت باد در ایستگاه همدید شیراز بر خلاف دیگر فراسنج‌ها در محدوده ۰/۱۵ و ۰/۲۵ بر روی محور طولی از ساختار برخالی پیروی نمی‌نماید؛ به عبارت دیگر منطق حاکم بر ساختار این فراسنج بیانگر روند دینامیکی از حالت تعادل به ناعادلی است. محاسبات مذکور بیانگر واپاشی ساختارهای حاکم بر فراسنج‌های فوق‌الذکر می‌باشد که لازم است به صورت کاملاً دینامیک، جهت تعیین وضعیت تعادل اقلیمی محاسبه گردد. همچنین می‌توان در اینگونه تحلیل‌های دینامیکی در تغییرات این فراسنج از منطق آشوبی و یا فازی نیز بهره جست.

**واژگان کلیدی:** دما، رطوبت، سرعت باد، برخال، شیراز

### مقدمه

فراسنج‌های آب و هوایی از مولفه‌های اصلی تأثیرگذار بر سامانه‌های آب و هوایی هر منطقه جغرافیایی محسوب می‌شوند، بنابراین شناخت رفتار و دینامیک این فراسنج‌ها از

۱ - استادیار گروه جغرافیا طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، ایران

Gmail:Mahdi.narangifard@gmail.com

۲ - دکتری آب و هواشناسی شناسی دانشگاه یزد

اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، سامانه‌های آب و هوایی عمدتاً غیر خطی، پیچیده و تحت تاثیر عوامل و عناصر مختلفی قرار دارند، در این میان ساختار برخالی توانایی بررسی و سنجش رفتار غیر خطی فراسنج‌های مختلف آب و هوایی را دارا می‌باشد. واژه برخال<sup>۱</sup> در سال ۱۹۷۶ توسط ریاضی‌دان فرانسوی به نام بنوئیت مندلبروت<sup>۲</sup> وارد دنیای ریاضیات شد. مندلبروت وقتی که بر روی پژوهشی در مورد طول سواحل انگلیس مطالعه می‌کرد به این نتیجه رسید که هرگاه با مقیاس بزرگ این طول اندازه گرفته شود، مقدار آن کمتر از زمانی است که مقیاس کوچکتر باشد. بدین ترتیب با توجه به نامحدود بودن مقیاس اندازه‌گیری، در نهایت طول ساحل نامحدود به نظر می‌رسد. چنین نظریه‌ای به تحولی فراگیر در درک تصویری که تاکنون از بعد، وجود داشت منجر شد و علمی به نام هندسه برخالی پایه‌گذاری شد (غلامی و صیاد، ۱۳۹۴، ۸۰). هندسه علمی است که در چارچوب قوانین و توابع معین به تبیین اشکال هندسی موجود در طبیعت می‌پردازد و به طور کلی به دو دسته هندسه اقلیدسی<sup>۳</sup> و هندسه نااقلیدسی تقسیم‌بندی می‌شود. برای تبیین اشکال منظم هندسی از هندسه اقلیدسی استفاده شده که اصول آن بر مبنای اندازه‌گیری است. اما هندسه اقلیدسی قادر به تبیین اشکال و توابع ناهموار، آشفته و غیر کلاسیک نمی‌باشد. بنابراین برای تبیین اشکال نامنظم هندسی از هندسه برخالی<sup>۴</sup> یا هندسه‌ی طبیعی استفاده می‌شود. علت نامگذاری این هندسه به نام هندسه‌ی طبیعی این است که در طبیعت بسیاری از اجسام، دارای اشکال نامنظم هندسی بوده و برای مدل‌سازی این اجسام نمی‌توان از توابعی که در هندسه اقلیدسی تعریف شده‌اند استفاده نمود. به عنوان مثال با استفاده از مفاهیم هندسه برخالی (تعریف الگوی مناسب توابع تکرار) می‌توان برگ درخت سرخس را با دقت بسیار زیادی مدل‌سازی کرد. در واقع هندسه‌ی برخالی گسترشی از هندسه‌ی اقلیدسی بوده و یکی از شاخه‌های جدید در علم ریاضیات است که در برابر تفسیر و شبیه‌سازی اشکال مختلف طبیعت از

---

<sup>۱</sup> - Fractal

<sup>۲</sup> - Benoît Mandelbrot

<sup>۳</sup> - Euclidean geometry

<sup>۴</sup> - Fractal geometry

خود انعطاف و قابلیت بی نظیری نشان می‌دهد. به طور کلی اجسام برخالی دارای سه خصوصیت خودمشابهی<sup>۱</sup>، پیچیدگی در مقیاس خرد و بعد کسری می‌باشند. منظور از خودمشابهی در جسم این است که هر قسمت کوچک از آن جسم مشابه کل جسم باشد. اگر بُعد نقطه، خط و صفحه به ترتیب برابر با صفر، یک و دو در نظر گرفته شوند، بُعد اجسام برخالی بر خلاف همه این‌ها عدد صحیح نبوده و بُعد آن عدد کسری است که در فضای دو بُعدی، مقدار آن از یک بیش تر و از دو کم تر است (ولیدی و همکاران، ۱۳۹۲، ۱۱۲۴). شاخص و اندازه کمی سازی مقیاس برخالی و خود همانندی، بُعد برخال<sup>۲</sup> (D) می‌باشد که از طریق روابط ریاضی قابل محاسبه است. بُعد برخال بزرگتر یعنی پدیده خیلی بی‌نظم است (کرم، ۱۳۸۹، ۷۳). پژوهش در زمینه سامانه‌های دینامیک غیر خطی و مفاهیمی همچون آشوب<sup>۳</sup>، سالتون<sup>۴</sup> و برخال تقریباً در تمام علوم طبیعی و انسانی اعم از اقتصاد و زبان شناسی، فیزیک و ژئومورفولوژی رشد کرده و از مهم‌ترین ویژگی‌های علوم غیرخطی به شمار می‌آید (ماکاری<sup>۵</sup>، ۲۰۰۵، ۱۱۷ و باس<sup>۶</sup>، ۲۰۰۲، ۳۰۹) و در دامنه‌ی گسترده‌ای از رشته‌های علمی از جمله نجوم، زیست شناسی، شیمی، محیط زیست و مهندسی گزارش و تقریباً در تمام زمینه‌های فیزیک مانند فیزیک پلاسما، اپتیک، مکانیک سیالات و غیره مورد مطالعه و استفاده قرار گرفته است (ماکاری<sup>۷</sup>، ۲۰۰۶، ۳۶۳، زن<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۷، ۱۵۷۵، بایدلی و افشار<sup>۹</sup>، ۲۰۰۹، ۱۵۷۹).

از مهمترین پژوهش‌های انجام گرفته در خصوص تحلیل‌های جبری آماری ترکیبی می‌توان از استدلال‌های بریگس<sup>۱۰</sup> (۱۹۹۲) به عنوان پیشگام تحلیل‌های استقرائی با کاربرد منطق آشوب و ترکیب آن با منطق برخال اشاره نمود. همچنین فالکونر<sup>۱۱</sup>

1 - Self-similarity

2 - Fractal dimension (D)

3 - Chaos

4 - soliton

5- Maccari

6- Baas

7- Maccari

8- Zheng

9- Bigdeli and Afshar

10 - Briggs

11 - Falconer

(۲۰۰۳) مختصات مطلق هندسی و جبری منطق برخالی را تفسیر نمود تا بتوان از آن در دیگر محاسبات در ساختارهای سیستمی استفاده نماید. با استفاده از همین ضوابط بود که آراباسیگلو<sup>۱</sup> (۲۰۱۰) توانست برای نخستین بار از منطق فازی در تحلیل ساختارهای ساختمانی استفاده نماید. البته پیش از کاربرد عملی منطق فازی در ساختارهای مذکور باید به تأکید بیاسینو<sup>۲</sup> (۲۰۰۱) بر روی تأثیرات عملکرد منطق فازی در پژوهش‌های سیستمی نیز اشاره نمود. وو<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۹) با بکارگیری مدل آشوب و برخال با شبیه‌سازی و پیش‌بینی سری زمانی، کیفیت آب را مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که دقت پیش‌بینی روش آشوب نسبت به دیگر روش‌ها بالاتر می‌باشد. کاتبی<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۱) سری زمانی ساعتی سطح آب دریا بندر هیلاری<sup>۵</sup> در غرب استرالیا را با استفاده از نظریه آشوب و برنامه نویسی ژنتیک<sup>۶</sup> تخمین زدند. مقایسه میان نتایج پیش‌بینی دو مدل نشان داد که در این منطقه دقت تخمین مدل آشوب به صورت جزئی بالاتر از مدل ژنتیک است. جودیپرکاش و فادیمان<sup>۷</sup> (۲۰۱۳) در پژوهشی، رفتار آشوبناک میانگین بارش روزانه در بازه زمانی ۴۹ ساله (۱۹۶۱-۲۰۰۹) حوضه آبریز کوینا<sup>۸</sup> در ماهاراشترا<sup>۹</sup>، هند را مورد مطالعه قرار دادند، نتایج نشان داد بارش از رفتار آشوبناک برخوردار است. جیانگ<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی، رفتار مکانی و زمانی دمای هوا و دمای سطح را با بکارگیری روش مالتی‌فرکتال<sup>۱۱</sup> در چین مورد مقایسه قرار دادند.

در ایران مفاهیم آشوب و برخال در محاسبات سیرنیتیکی در تفسیرهای آب و هوایی و ژئومورفولوژیک توسط رامشت و توانگر (۱۳۸۱)، رامشت (۱۳۸۲) و رامشت و

---

1 - Arabacioglu

2 - Biacino

3 - Wu

4 - Khatibi

5 - Hillarys

6 - Genetic Programming (GP)

7 - Jothiprakash and Fathima

8 - Koyna

9 - Maharashtra

10 - Jiang

11 - Multi-fractal



همکاران (۱۳۸۶) در حیطه علوم جغرافیائی در کشور مطرح گردید و با تبیین مفاهیمی همچون تعادل<sup>۱</sup>، ناتعادلی<sup>۲</sup> و عدم تعادل<sup>۳</sup> پرداخته شد. در ادامه نیز کمانه و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی وضعیت تعادلی و پایداری حوضه کر را با محاسبه تراز ورودی و خروجی ماده و انرژی از گذشته تا آینده را مورد ارزیابی قرار دادند، یافته‌های پژوهش مبین وقوع پایداری حوضه در قالب سیستم سیرنتیکی تعادل ترمودینامیکی است. همچنین در مطالعه‌ای دیگر جعفرپور و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی پیامد نوسان و تغییرات پالتوکلیماتیک کواترنر بر حوضه ژئومورفولوژیک فسا پرداختند، نتایج این پژوهش نشان داد حوضه مذکور از نظر ژئومورفولوژیکی در حال تعادل می‌باشد.

آقابابایی و امینی (۱۳۹۱) و آقابابایی<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی، روشی نو در آشکارسازی لبه در تصاویر رادار SAR<sup>۵</sup> بر مبنای خوارزمیک<sup>۶</sup> برخال- فازی پیشنهاد دادند، یافته‌های پژوهش نشان داد که خوارزمیک برخال- فازی به مراتب کمتر از روش‌های کلاسیک به نویز لکه حساس و نسبت به دیگر روش‌های آشکارساز با نتایج رضایت بخش تری همراه است. نوری قیداری (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای، به برآورد رگبار طرح با استفاده از نظریه مالتی فرکتال در ایستگاه سد گتوند پرداخت؛ نتایج بدست آمده از پژوهش نشان داد که مدل مونوفرکتال<sup>۷</sup> برآورد کمتری از رگبار طرح ارائه می‌دهد، اما رگبار طرح بدست آمده از مدل مالتی فرکتال سازگاری بهتری با داده‌های بارش مشاهده‌ای دارد. اعلمی و ملکانی (۱۳۹۱) در پژوهشی، به بازسازی فضای حالت و بعد برخالی جریان رودخانه نهندچای در استان آذربایجان شرقی پرداختند؛ نتایج نشان داد روش دینامیک آشوبی برای شناسایی و پیش‌بینی جریان در حوضه رودخانه نهندچای

<sup>1</sup> - Equilibrium

<sup>2</sup> - Disequilibrium

<sup>3</sup> - Nonequilibrium

<sup>4</sup> - Aghababae

<sup>5</sup> - Synthetic Aperture Radar

<sup>6</sup> - algorithm

<sup>7</sup> - mono fractal

مناسب است. میرکتولی و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله‌ای، به تبیین ابعاد بکارگیری هندسی برخال در واکاوی جغرافیایی در برنامه‌ریزی شهری پرداختند.

کمانه و همکاران (۱۳۹۴) و دهقان<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی، به بررسی بازخوردهای آب و هوایی و ژئومورفولوژیک جهت توسعه فیزیکی شهر شیراز با استفاده از ضوابط برخالی و آشوبی پرداختند. جانی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی بارش ماهانه بندر انزلی در شرایط تاریخی و شرایط تغییر اقلیم با استفاده از نظریه آشوب مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر افزایش سیلاب و خشکسالی همراه با ۱۴ درصد کاهش بارش در دوره آینده است و داده‌های تولیدی و تاریخی دارای رفتار آشوبناک می‌باشد.

محمدیان خراسانی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به کمی‌سازی ساختمان و ارزیابی پایداری خاک با استفاده از شاخص‌های کلاسیک و مقایسه آن با بعد برخالی به دست آمده برای خاکدانه‌های خاک در یک پهنه گسترده پرداختند. مزیدی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی، روند تغییرات بارش روزانه در شیراز را مورد بررسی قرار دادند، نتایج پژوهش نشان داد روند بارش روزانه شیراز از ساختار برخالی پیروی نمی‌نماید.

همچنین نتایج پژوهش‌های کمانه و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد روند تغییرات میانگین بارش ماهانه و سالانه از ساختار برخالی پیروی می‌نماید؛ اما دینامیک نوسانات فراسنج آب و هوایی بارش به تفکیک ماه‌های همراه با بارش، ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، نوامبر و دسامبر از ساختار برخالی پیروی نمی‌نماید. مزیدی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی، به تحلیل مکانی الگوهای دمایی و بررسی تغییرات ساختار دینامیکی مسلط بر فراسنج پیش‌بینی شده روزانه دما در دهه‌های آینده (۲۰۱۵-۲۰۵۰) با به کارگیری برون‌داد مدل EH50M در حوضه آبخیز دریاچه‌های طشک، بختگان و مهارلو در استان فارس پرداختند. بررسی روند روزانه میانگین دما نیز نشان داد، این فراسنج از ساختاری برخالی پیروی می‌نماید، که بیانگر گذار دینامیک این فراسنج در دهه‌های آینده از حالت ناتعادلی به عدم تعادل می‌باشد.

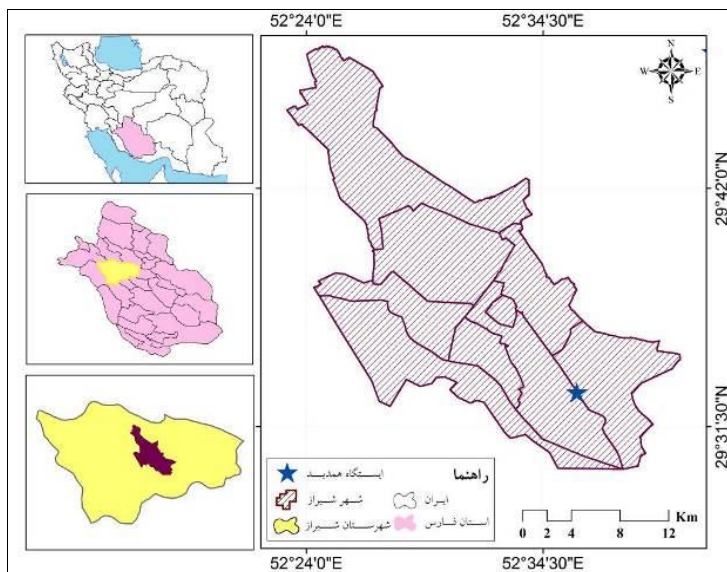
---

<sup>۱</sup> - Dehghan

باتوجه به داده‌های موجود ایستگاه همدید شیراز و نیاز به بازه زمانی بلند مدت آماری جهت بررسی ساختار عناصر آب و هوایی با در نظر گرفتن دوره مشترک بلند مدت آماری ۵۸ ساله (۱۹۵۶-۲۰۱۳) عناصر اصلی آب و هوایی کمینه دما و بیشینه دما، کمینه رطوبت و بیشینه رطوبت و سرعت بیشینه باد در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. بنابراین با توجه به مطالب مطروحه هدف از این پژوهش شناسایی مختصات جبری، هندسی دینامیک حاکم بر تغییرات فراسنج‌های آب و هوایی کمینه و بیشینه دما، رطوبت و سرعت بیشینه باد در بازه ساختار تعادل تا پایداری در ایستگاه همدید شیراز است.

### مواد و روش‌ها

ایستگاه همدید شهر شیراز مرکز استان فارس با طول جغرافیایی ۵۲ درجه ۳۳ دقیقه خاوری و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و با میانگین ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است. این شهر بر اساس واپسین سرشماری سال (۱۳۹۰) جمعیتی بالغ بر ۱۵۴۹۴۵۳ نفر به خود اختصاص داده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی سرزمین پژوهش

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل فراسنج‌های آب و هوایی کمینه و بیشینه دما، رطوبت و سرعت بیشینه باد، در ایستگاه همدید شیراز در بازه زمانی ۵۸ ساله (۱۹۵۶-۲۰۱۳) می‌باشد، که در قالب زمانی روزانه از اداره کل هواشناسی استان فارس دریافت گردید. پس از بازسازی داده‌ها، با انجام پردازش بر روی آن‌ها در محیط نرم افزارهای آماری SPSS و EXCEL محاسبات مربوطه انجام گرفت. همچنین نمودارهای خروجی در محیط نرم افزار ArcGIS 9.2 و Surfer 10 تجزیه و تحلیل و ترسیم گردید.

روش شناسی و منطق جبری محاسبات در این پژوهش بدین ترتیب است که در گام نخست فراسنج‌های مورد استفاده در پژوهش به ترتیب کمینه و بیشینه مرتب گردیدند. سپس بر اساس مختصات حد آستانه‌ها مثلثاتی (2II) کمینه و بیشینه از طریق ساختارهای خطی ضوابط مورد نظر استخراج شد و هم مرجع سازی<sup>۱</sup> جبری با استفاده از رابطه (۱) انجام پذیرفت.

$$F(x) = \left[ \left( \frac{\Delta f(x)}{\Delta x} x - \frac{\Delta f(x)}{\Delta x} x_0 \right) + f(x_0) \right] \quad \text{رابطه (۱)}$$

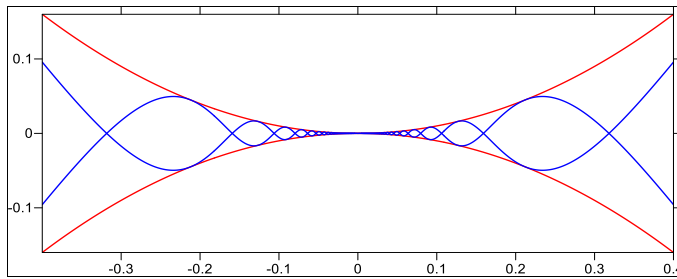
در ادامه جهت اعمال ساختار بر خالی با اعمال ضابطه حاصله از هم مرجع سازی با بکارگیری رابطه (۲) ساختار واقعی فراسنج‌های آب و هوایی مورد نظر بدست آمد.

$$Y = m^2 \times \sin(1/m) \quad \text{رابطه (۲)}$$

سرانجام با همپوشانی نمودارهای خروجی از ساختارهای واقعی و ساختار کلاسیک بر خالی (شکل ۲) در دامنه‌های جبری  $-0/4$  تا  $+0/4$  مقایسه و روند جبری هر یک از فراسنج‌های آب و هوایی به تفکیک مورد ارزیابی قرار گرفت.

<sup>۱</sup> - Mathematical Reference (MR)





شکل ۲: ساختار کلاسیک برخال دو بعدی

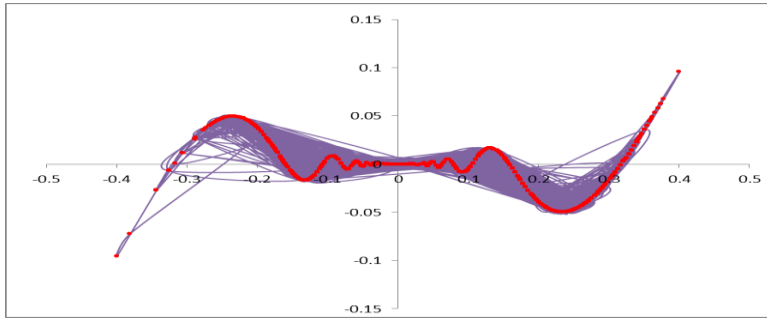
### نتایج تحقیق

در این پژوهش نخست حد آستانه‌های بیشینه و کمینه فراسنج‌های آب و هوایی کمینه و بیشینه دما، رطوبت و سرعت بیشینه باد در ضابطه خطی رابطه (۱) در دامنه‌های جبری  $0/4 -$  تا  $0/4 +$  هم مرجع گردید. سپس نتیجه حاصل بر روی هر یک از داده‌ها به صورت جداگانه اعمال گردید.

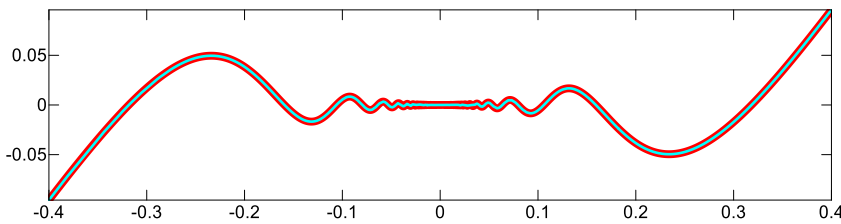
### فراسنج دما کمینه

با هم مرجع نمودن داده‌های روزانه فراسنج کمینه دما ایستگاه همدید شیراز با ساختار کلاسیک برخال با استناد به ضابطه حاصله (جدول ۱) و با اعمال ساختار نپرین بر روی دامنه و بردهای داده‌های هم مرجع شده دما کمینه، محاسبات مربوطه انجام گرفت، نتایج حاصله نشان داد که دقیقاً نوسانات روزانه فراسنج کمینه دما ایستگاه طی دوره آماری از ساختار برخالی پیروی می‌نماید (شکل ۳). در شکل (۴) ساختار واقعی با رنگ نازک آبی بر روی ساختار کلاسیک با رنگ ضخیم قرمز جایگذاری شده است. همچنین مقادیر کمینه دما در (شکل ۵) بر روی منحنی برخال به نمایش در آمده است. جدول ۱) آستانه‌های آب و هوایی دما و ضوابط خطی حاکم بر آن در ایستگاه همدید شیراز

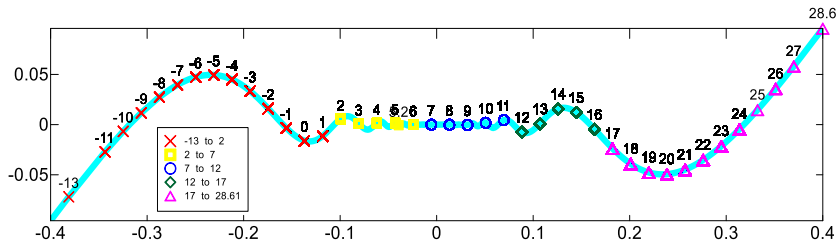
فراسنج	کمینه دما	بیشینه دما
بیشینه	-۱۴	-۱
کمینه	۲۸/۶	۴۲/۲
ضابطه	$y = (x * 0.018779343) - 0.137089202$	$y = (x * 0.018099548) - 0.381900452$



شکل ۳) ساختار برخالی روزانه دمای کمینه



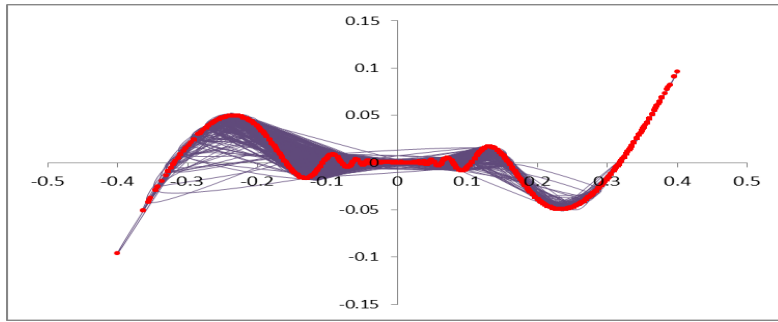
شکل ۴) ساختار کلاسیک و واقعی برخالی روزانه دمای کمینه



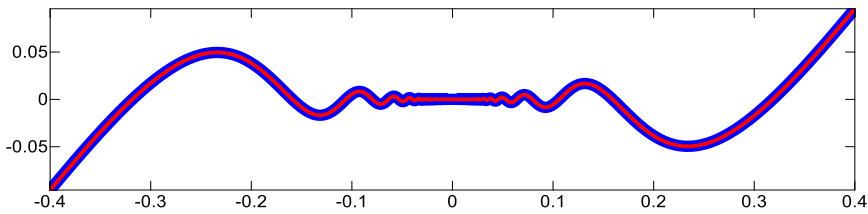
شکل ۵) همپوشانی ساختار کلاسیک و واقعی برخالی، و مقادیر مطلق روزانه دمای کمینه

### فراسنج دما بیشینه

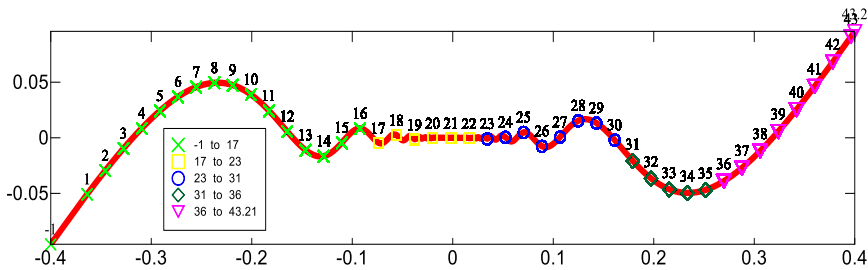
فراسنج روزانه بیشینه دما هم مرجع شده ایستگاه همدید شیراز نیز با ساختار کلاسیک برخال با استناد به ضابطه (جدول ۱) محاسبه گردید که نتایج این محاسبات هم نشان داد که نوسانات روزانه فراسنج بیشینه دما ایستگاه در بازه زمانی مورد مطالعه از ساختار کاملاً برخالی پیروی می‌نماید (شکل ۶).



شکل ۶) ساختار بر خالی روزانه دمای بیشینه



شکل ۷) ساختار کلاسیک و واقعی بر خالی روزانه دمای کمینه



شکل ۸) همپوشانی ساختار کلاسیک و واقعی بر خالی و مقادیر مطلق روزانه دمای بیشینه

همچنین در شکل (۷) ساختار واقعی با رنگ قرمز بر روی ساختار کلاسیک با رنگ آبی جای گذاری شده است. مقادیر بیشینه دما در (شکل ۸) بر روی منحنی بر خالی نشان داده شده است.

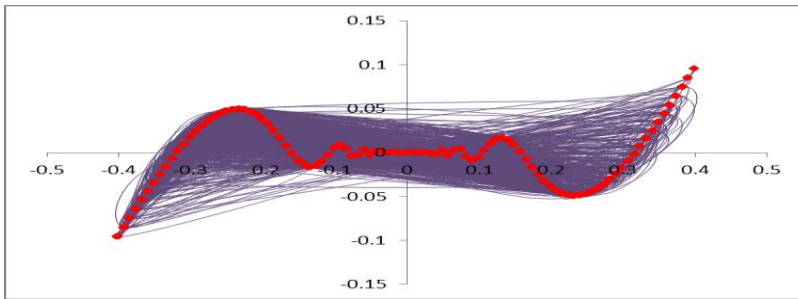
### فراسنج کمینه رطوبت نسبی

بررسی و محاسبات صورت گرفته و بر اساس یافته‌های پژوهش در خصوص دو فراسنج کمینه و بیشینه روزانه رطوبت نسبی به استناد (جدول ۲) و اشکال ۹ الی ۱۴ نیز نشان داد

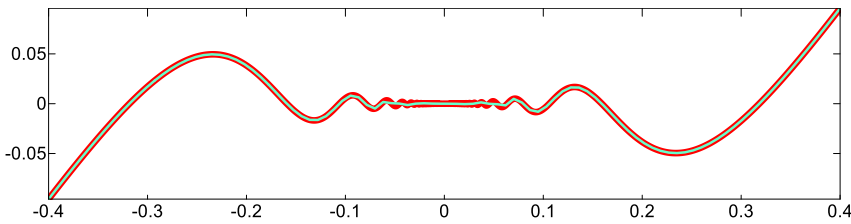
به مانند دو فراسنج پیشین، این دو فراسنج (فراسنج کمینه و بیشینه روزانه رطوبت نسبی) از ساختار برخالی پیروی می‌نمایند.

جدول ۲) آستانه‌های آب و هوایی رطوبت و ضوابط خطی حاکم بر آن در ایستگاه همدید شیراز

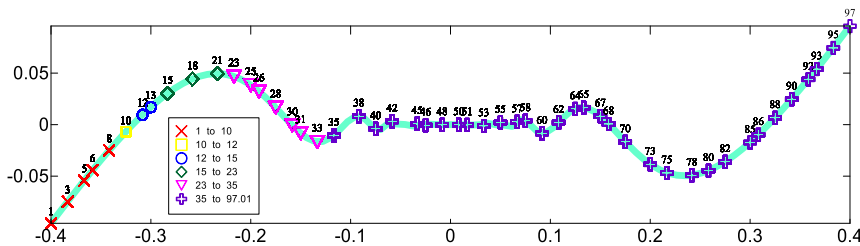
فراسنج	کمینه رطوبت %	بیشینه رطوبت %
بیشینه	۹۷	۱۰۰
کمینه	۱	۱۳
ضابطه	$y = (x * 0.00833) - 0.40933$	$y = (x * 0.009195402) - 0.51954023$



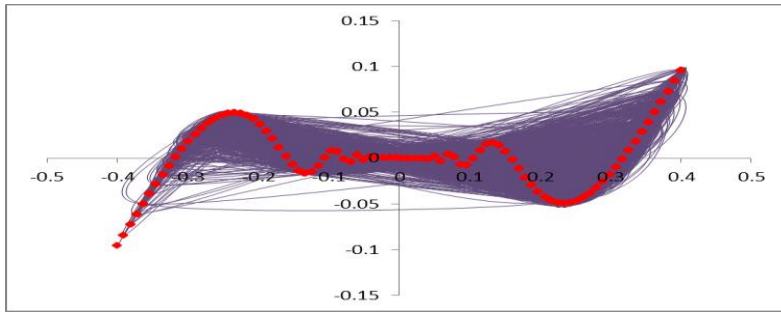
شکل ۹) ساختار برخالی روزانه کمینه رطوبت نسبی به درصد



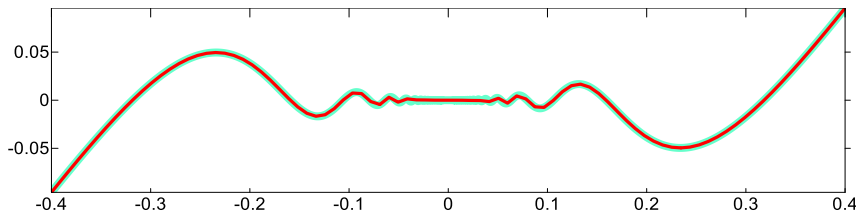
شکل ۱۰) ساختار کلاسیک و واقعی برخالی روزانه کمینه رطوبت نسبی به درصد



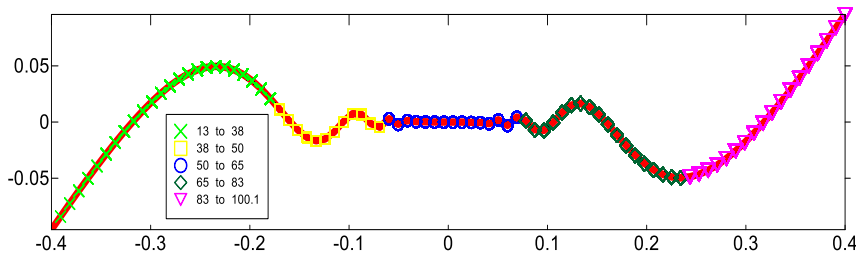
شکل ۱۱) همپوشانی ساختار واقعی برخالی و مقادیر مطلق روزانه کمینه رطوبت نسبی به درصد



شکل ۱۲) ساختار برخالی روزانه بیشینه رطوبت نسبی به درصد



شکل ۱۳) ساختار کلاسیک و واقعی برخالی روزانه بیشینه رطوبت نسبی به درصد

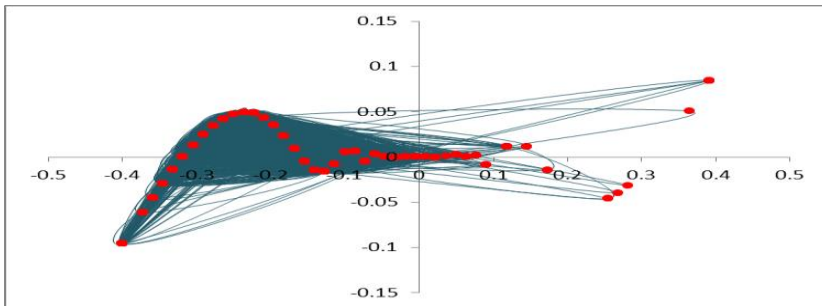


شکل ۱۴) همپوشانی ساختار واقعی برخالی و مقادیر مطلق روزانه بیشینه رطوبت نسبی به درصد

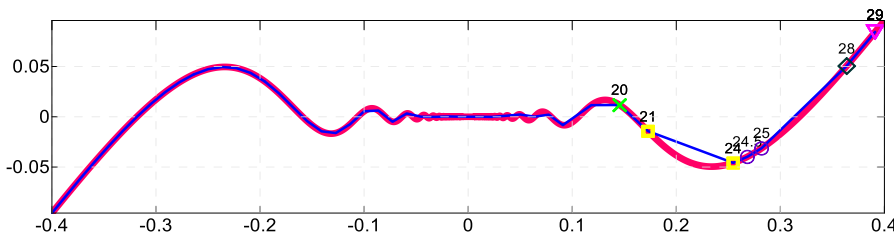
### فراسنج بیشینه سرعت باد

بر اساس یافته‌های این پژوهش بر خلاف چهار فراسنج پیشین (کمینه و بیشه دما و رطوبت)، فراسنج بیشینه سرعت باد در ایستگاه همدید شیراز با استناد به ضابطه  $y = (x - 0/4) - (0/02786207) *$  و با اعمال ساختارهای جبری از منطق برخالی پیروی نمی‌نمایند (شکل ۱۵) و (شکل ۱۶). همانگونه که نمودار مذکور نشان می‌دهد روند فراسنج بیشینه سرعت باد شیراز در محدوده ۰/۱۵ و ۰/۲۵ بر روی محور طولی از ساختار برخالی پیروی نمی‌کند که در مقایسه با روند کلاسیک برخالی این قیاس روی نمودار (شکل

(۱۶) نمایش داده شده است. به عبارت دیگر همانگونه که مشخص است از ردیف تنظیمی صعودی ۲۱۱۱۱ تا ۲۱۱۲۲ که در برگیرنده سرعت بیش از ۲۱ متر بر ثانیه می- باشد (جدول ۳)، قسمتی از محدوده که از ساختار برخالی پیروی نمی‌نماید در (شکل ۱۶) با ترانمای آبی رنگ مشخص شده است. با توجه به اینکه ساختارهای آشوبی، برخالی و فازی دچار واپاشی<sup>۱</sup> می‌شوند، بدیهی است که این واپاشی از مختصات هندسی جبری خاصی شروع می‌شود این مختصات در واقع از برآیندی شروع می‌شود که از روند برآیند کلاسیک ساختارهای فوق الذکر پیروی نمی‌نماید. که این مقدار در (شکل ۱۶) کمیت ۲۱ متر بر ثانیه به مختصه افقی ۰/۱۸ و مختصه عمودی ۰/۰۲- در زمینه دینامیکی برخالی می‌باشد.



شکل ۱۵) ساختار برخالی روزانه سرعت بیشینه باد (متر بر ثانیه)



شکل ۱۶) همپوشانی ساختار کلاسیک و روند واقعی روزانه بیشینه سرعت باد در ایستگاه

همدید شیراز

جدول ۳) محدوده بارشی، جبری و زمانی ناتعادلی سرعت باد روزانه ایستگاه همدید شیراز

<sup>۱</sup> - dissociation

ردیف صعودی	تاریخ وقوع در طول دوره آماری	$Y = m^2 * \sin(1/m)$	MR	سرعت باد (متر بر ثانیه)
۲۱۱۱۱	۱۹۹۷/۴/۵	۰/۱۸۵۱۰۳	-۰/۰۲۶۴۳	۲۱
۲۱۱۱۲	۲۰۰۴/۳/۲۰	۰/۱۸۵۱۰۳	-۰/۰۲۶۴۳	۲۱
۲۱۱۱۳	۲۰۰۴/۴/۸	۰/۲۶۸۶۹	-۰/۰۳۹۵۷	۲۴
۲۱۱۱۴	۲۰۱۰/۹/۱	۰/۲۶۸۶۹	-۰/۰۳۹۵۷	۲۴
۲۱۱۱۵	۱۹۹۰/۲/۱۰	۰/۲۸۲۶۲۱	-۰/۰۳۰۸۶	۲۴/۵
۲۱۱۱۶	۲۰۱۰/۸/۲۸	۰/۲۹۶۵۵۲	-۰/۰۲۰۰۹	۲۵
۲۱۱۱۷	۲۰۰۴/۴/۱	۰/۳۸۰۱۳۸	۰/۰۷۰۶۶۶	۲۸
۲۱۱۱۸	۱۹۸۶/۱۲/۲۰	۰/۴۰۸	۰/۱۰۶۰۳۹	۲۹
۲۱۱۱۹	۲۰۰۴/۳/۱۳	۰/۴۰۸	۰/۱۰۶۰۳۹	۲۹
۲۱۱۲۰	۲۰۰۴/۳/۱۴	۰/۴۰۸	۰/۱۰۶۰۳۹	۲۹
۲۱۱۲۱	۲۰۰۴/۳/۱۵	۰/۴۰۸	۰/۱۰۶۰۳۹	۲۹
۲۱۱۲۲	۲۰۰۴/۵/۳	۰/۴۰۸	۰/۱۰۶۰۳۹	۲۹

### نتیجه گیری

در این پژوهش داده‌های روزانه پنج فراسنج آب و هوایی کمینه و بیشینه دما و رطوبت، همچنین سرعت بیشینه باد ایستگاه همدید شیراز در بازه زمانی ۵۸ ساله (۱۹۵۶-۲۰۱۳) برای بررسی دینامیک نوسانات و شناخت ساختار حاکم بر آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. با توجه به اینکه به طور معمول در روندیابی‌ها پژوهشگران سعی بر آن دارند که تحت هر عنوان در محاسبات دوره‌های بازگشت و احتمال وقوع فراسنجهای آب و هوایی از تحلیل‌هایی با ساختار نمایی در قالب توزیع‌های گاما، گوست و یا از منطق کای دو استفاده کنند. اما این در حالی است که دامنه وقوع برخی از فراسنجهای طبیعی به ویژه فراسنجهای آب و هوایی خارج از برد توابع مذکور تعریف می‌گردد، برای نمونه دامنه و برد فراسنجهای دما و رطوبت نسبی به طور کلاسیک بر خالی هستند در نتیجه با دریافت این واقعیت به هیچ عنوان نباید از چنین ساختارهای بهره برد. چون نوسانات و تغییرات خود فراسنجهای بیان از ساختار بر خالی آن دارد. خاصیت و ویژگی محاسبات بر خالی این است که بر حسب اینکه یک عنصر اقلیمی چه رفتاری را از خود نشان می‌دهد بر اساس آن واکنش پژوهشگر روندی را محاسبه می‌نماید که برابر ساختار

سلسله مراتبی آن عنصر اقلیمی بر آن منطبق باشد در حالی که در برآوردهای نمایی اعم از تی تست یا کای دو و همچنین نرمال و غیره با یک ضابطه همه عناصر اقلیمی، انسانی، اقتصادی و غیره مورد بررسی قرار می‌گیرد و احتمال زیاد می‌رود یک پاسخ کمی در ظاهر کلید گشایش مسائل همه عناصر از هر گونه باشد که این با منطق ریاضی و جبری سازگار نمی‌باشد، به ویژه در شرایط کنونی زیست کره که به دلیل فعالیت‌های نابخردانه انسان دچار پدیده رو به گسترش تغییرات آب و هوایی نیز می‌باشد به عبارتی خود این پدیده کفایت می‌کند که رفتار فراسنج‌های آب و هوایی در هر نقطه از کره زمین تابعی باشد که هرگز از ساختارهای جبری یکنواخت پیروی نمی‌نماید. بنابراین واکاوی سامانه‌های پیچیده و تغییرات فراسنج‌های آب و هوایی غیر خطی با استفاده از انگاره‌های آشوبی، برخالی و فازی راهکار مناسبی جهت شناخت وضعیت تعادلی و تحلیل‌های دینامیکی در تغییرات فراسنج‌های آب و هوایی است.

بر اساس یافته‌های این پژوهش روند روزانه فراسنج کمینه و بیشینه دما و همچنین رطوبت از ساختاری کاملاً برخالی پیروی می‌نماید، که این یافته بیانگر گذار دینامیک چهار فراسنج آب و هوایی یاد شده از حالت ناتعادلی به عدم تعادل می‌باشد؛ این در حالی است که روند روزانه بیشینه سرعت باد در ایستگاه همدید شیراز بر خلاف دیگر فراسنج‌ها در محدوده ۰/۱۵ و ۰/۲۵ بر روی محور طولی از ساختار برخالی پیروی نمی‌نماید؛ به سخن دیگر منطق حاکم بر ساختار این فراسنج بیانگر روند دینامیکی از حالت تعادل به ناتعادلی است، بنابراین باید در تحلیل دینامیک تغییرات این فراسنج از منطق آشوبی و یا فازی بهره گرفت. جهت استحصال نتیجه کامل در پژوهش‌های بعدی پیشنهاد می‌گردد که پژوهشگران در مقاطع کوتاه‌تر زمانی گذشته ساختارهای احتمالی تعادلی ایستگاه همدید شیراز را تعیین نموده و با بازه‌های زمانی مذکور هم در عرض‌های برابر داخلی و خارجی و هم با نواحی خارجی عرض‌های بالا که دارای تعادل هستند مقایسه نموده تا مختصات فضایی دینامیک حاکم بر سنج‌های مذکور به طور



کامل هویدا گردد. در این صورت است که پیش‌بینی<sup>۱</sup> و پیش‌یابی‌ها<sup>۲</sup> می‌تواند نزدیک به واقعیت باشد و در مدیریت و برنامه‌ریزی آمایشی مدنظر، مورد استفاده قرار گیرد. به عبارت دیگر استفاده از چنین ساختاری در پژوهش‌های مرتبط با علوم محیطی، پژوهشگر را از وضعیت حاکم بر گستره مورد مطالعه در خصوص میزان پایداری و تمایل احتمالی آن به گذار به عدم تعادل، ناتعادلی و یا حالت فراپایدار آگاه می‌سازد؛ در چنین شرایطی این امکان فراهم می‌شود تا پژوهشگر یا مدیران مرتبط جهت هرگونه برنامه‌ریزی به ویژه به صورت بلندمدت با سازگاری بیشتری با محیط در برخورد با متغیرهای طبیعی مواجه شوند.

همانطور که پیش‌تر گفته شد پیش‌بینی و پیش‌یابی‌های فراسنج‌های آب و هوایی به عنوان مهم‌ترین جنبه کاربردی و ابزاری در علوم مرتبط با جغرافیا مطرح است، ولی با تاکید بر این نکته که پژوهشگر مجاز نمی‌باشد با استناد به روش‌های محض احتمالات آماری به پیش‌بینی اقدام نماید، چون در این صورت نتایج بدست آمده روایی منطقی نخواهد داشت و تنها یک کمیت عددی است. در این راستا محقق پس از تعیین روند تغییرات و نوسانات فراسنج یا فراسنج‌های آب و هوایی معین خواهد نمود که این فراسنج‌های آب و هوایی از چه ساختاری تبعیت می‌نمایند، بدیهی است که در ساختار آشوبی به راحتی می‌توان از روش‌های محض احتمالات خطی یا غیرخطی استفاده نمود، ولی اگر برخی از فراسنج‌ها از ساختارهای برخالی و فازی تبعیت نمایند ولو اینکه یک یا چند عنصر آشوبی هم، وجود داشته باشد؛ آنگاه پژوهشگر در تحلیل ساختارهای برخالی و فازی گسسته باید از ماتریس‌های ترکیبی، احتمالات وقوع را محاسبه نماید و سپس در یک مهندسی معکوس به محاسبه حاشیه اطمینان بروز یا عدم بروز عنصر اقلیمی در یک نظام سلسله مراتبی اقدام نماید و در صورتی که با ساختارهای پیوسته فازی، برخالی و آشوبی روبرو باشیم در این حال باید از انتگرال‌های دو، سه یا چندگانه جهت محاسبه احتمال بروز و وقوع نوسان یا تغییر فراسنج یا فراسنج‌های آب و هوایی

<sup>۱</sup> - forecast

<sup>۲</sup> - diagnostic

بهره جست. بنابراین مهم‌ترین کاربرد پژوهش حاضر تعیین روند حاکم بر تحلیل فراسنج‌های آب و هوایی با توجه به ساختار آن‌ها (آشوبی، برخالی و فازی) می‌باشد.

## مأخذ

۱. اعلمی، محمدتقی و لیلا ملکانی (۱۳۹۱)، بازسازی فضای حالت و بعد فرکتالی جریان رودخانه با استفاده از زمان تأخیر و بعد محاط، نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، سال ۴۳، شماره ۱، صص ۱۵-۲۱.
۲. آقابابایی، حسین و جلال امینی (۱۳۹۱)، آشکارسازی لبه در تصاویر SAR بر مبنای الگوریتم فرکتال- فازی، سنجش از دور و GIS ایران، سال چهارم، شماره ۳، صص ۱۵-۲۸.
۳. جانی، رسول، قربانی، محمد علی و ابوالفضل شمسایی (۱۳۹۴)، تحلیل بارش ماهانه بندر انزلی با استفاده از نظریه آشوب در شرایط تغییر اقلیم، پژوهش آب ایران دوره ۹، شماره ۱، صص ۲۹-۳۹.
۴. جعفرپور، زین‌العابدین، کمانه، عبدالعلی؛ آبی، یوسف و مریم السادات هاشمی (۱۳۹۰)، بررسی اثرات و نوسانات و تغییرات پالئوکلیماتیک کواترنر بر حوضه ژئومورفولوژیک فسا، جغرافیای طبیعی، سال چهارم، شماره ۱۳، صص ۱۵-۲۶.
۵. رامشت، محمد حسین (۱۳۸۲)، نظریه کیاس در ژئومورفولوژی، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱، صص ۱۳-۳۶.
۶. رامشت، محمد حسین، توانگر، منوچهر (۱۳۸۱)، مفهوم تعادل در دیدگاه‌های فلسفی ژئومورفولوژی، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۵ و ۶۶، صص ۷۹-۹۴.
۷. رامشت، محمد حسین، عبدالعلی، کمانه، فتوحی، صمد (۱۳۸۶)، معرفت‌شناسی و مدل‌سازی در ژئومورفولوژی، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۹، شماره ۶۰، صص ۳۱-۴۸.
۸. غلامی، شایسته و احسان صیاد (۱۳۹۴)، توصیف فرکتالی تاج پوشش درختان و چگالی ظاهری خاک در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده بیستون)، بوم-شناسی کاربردی، سال چهارم، شماره ۱۲، صص ۷۷-۸۵.
۹. کرم، امیر (۱۳۸۹)، نظریه‌ی آشوب، فرکتال (برخال) و سیستم غیر خطی در ژئومورفولوژی، جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره ۸، صص ۶۷-۸۲.

۱۰. کمانه، عبدالعلی، نادری، صالح، طاهری، عبدالله و مجید ساکت (۱۳۹۰) تحلیل فضایی حوضه کر با تکیه بر استدلال‌های ژئومورفیک و هیدرولوژیک، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه-ای، سال اول، شماره ۱، صص ۶۹-۸۱.
۱۱. کمانه، عبدالعلی، نارنگی‌فرد، مهدی، مزیدی، احمد و غلامعلی مظفری (۱۳۹۵)، تحلیل توابع حاکم بر دینامیک ساختار تعادلی بارش ماهانه و سالانه در ایستگاه همدید شیراز، جغرافیای طبیعی، دوره ۹، شماره ۳۲، صص ۷۱-۸۸.
۱۲. کمانه، عبدالعلی، نارنگی‌فرد، مهدی، مزیدی، احمد و غلامعلی مظفری (۱۳۹۵)، قیاس سیمپلکسی بارش در ستنز مشتق ماهانه‌ی ژئومتریک مختصات تعادلی ایستگاه همدید شیراز، سومین کنفرانس بین‌المللی علوم جغرافیایی، شیراز، موسسه بین‌المللی علوم و فن‌آوری خوارزمی.
۱۳. محمدیان خراسانی، شیوا، مهدی همایی و ابراهیم پذیرا (۱۳۹۴)، ارزیابی پایداری خاکدانه‌ها با استفاده از مدل‌های فرکتالی و روش‌های کلاسیک، نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال چهارم، شماره سوم، صص ۳۹-۵۱.
۱۴. مزیدی، احمد، کمانه، عبدالعلی، نارنگی‌فرد، مهدی و رضا ابراهیمی (۱۳۹۵)، واکاوی ساختار تعادلی آینده فراسنج دما در حوضه آبخیز دریاچه‌های طشت، بختگان و مهارلو با استفاده از مدل EH50M، اکویولوژی تالاب، سال ۸، شماره ۳۰، صص ۶۲-۴۵.
۱۵. مزیدی، احمد، کمانه، عبدالعلی، مظفری، غلامعلی و مهدی نارنگی‌فرد (۱۳۹۵)، تغییرات بارش روزانه با استناد به تحلیل‌های آشوبی در شیراز، فصلنامه جغرافیا، سال چهاردهم، شماره ۵۰، صص ۱۴۷-۱۶۹.
۱۶. میرکتولی، جعفر، بارگاهی، رضا و زهرا عقیلی (۱۳۹۳)، بررسی نقش هندسه فرکتال در جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال چهارم، شماره چهاردهم، صص ۵۵-۸۲.
۱۷. نوری قیداری، محمدحسین (۱۳۹۱)، برآورد رگبار طرح با استفاده از تئوری مالتی فرکتال در ایستگاه سد گنوند، دانش آب و خاک، دوره ۲۲، شماره ۱، صص ۱۴۵-۱۵۴.
۱۸. ولیدی، ناهید، علی نقی، ضیایی، بیژن، قهرمان و حسین انصاری (۱۳۹۲) استفاده از توابع درون‌یاب فرکتال برای ریزمقیاس‌نمایی زمانی داده‌های درجه حرارت، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۷، شماره ۶، صص ۱۱۲۳-۱۱۳۲.
19. Aghababae, H., Amini, J., & Tzeng, Y. C. (2013). Improving change detection methods of SAR images using fractals. *Scientia Iranica*, 20(1), 15-22.



20. Arabacioglu, B, C. (2010). Using fuzzy inference system for architectural space analysis. *Applied Soft Computing* 10 (3), 926–937.
21. Baas, A. C. (2002). Chaos, fractals and self-organization in coastal geomorphology: simulating dune landscapes in vegetated environments. *Geomorphology*, 48(1), 309-328.
22. Biacino, L., & Gerla, G. (2002). Fuzzy logic, continuity and effectiveness. *Archive for Mathematical Logic*, 41(7), 643-667.
23. Bigdeli, N., & Afshar, K. (2009). Characterization of Iran electricity market indices with pay-as-bid payment mechanism. *Physical A: Statistical Mechanics and its Applications*, 388(8), 1577-1592.
24. Briggs, J. (1992). *Fractals: The patterns of chaos: A new aesthetic of art, science, and nature*. Simon and Schuster.
25. Dehghan, S., Kamaneh, S. A. A., Eslamian, S., Gandomkar, A., Marani-Barzani, M., Amoushahi-Khouzani, M., ... & Ostad-Ali-Askari, K. (2017). Changes in Temperature and Precipitation with the Analysis of Geomorphic Basin Chaos in Shiraz, Iran. *International Journal of Constructive Research in Civil Engineering (IJCRCE)*, 3(2), 50-57.
26. Falconer, K. (2004). *Fractal geometry: mathematical foundations and applications*. John Wiley & Sons.
27. Jiang, L., Zhang, J., Liu, X., & Li, F. (2016). Multi-fractal scaling comparison of the Air Temperature and the Surface Temperature over China. *Physica A Statistical Mechanics and its Applications*, 462, 783-792.
28. Jothiprakash, V., & Fathima, T. A. (2013). Chaotic analysis of daily rainfall series in Koyna reservoir catchment area, India. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27(6), 1371-1381.
29. Khatibi, R., Ghorbani, M. A., Aalami, M. T., Kocak, K., Makarynsky, O., Makarynska, D., & Aalinezhad, M. (2011). Dynamics of hourly sea level at Hillarys Boat Harbour, Western Australia: a chaos theory perspective. *Ocean Dynamics*, 61(11), 1797-1807.
30. Maccari, A. (2005). Chaos, solitons and fractals in the nonlinear Dirac equation. *Physics Letters A*, 336(2), 117-125.
31. Maccari, A. (2006). Chaos, solitons and fractals in hidden symmetry models. *Chaos, Solitons & Fractals*, 27(2), 363-376.
32. Wu, J., Lu, J., & Wang, J. (2009). Application of chaos and fractal models to water quality time series prediction. *Environmental Modelling & Software*, 24(5), 632-636.
33. Zheng, C. L., Cai, G. P., & Qiang, J. Y. (2007). Chaos, solitons and fractals in (2+1)-dimensional KdV system derived from a periodic wave solution. *Chaos, Solitons & Fractals*, 34(5), 1575-1583.