نیوار، دوره ۴۴، شماره ۱۱۱-۱۱۰، پائیز و زمستان ۱۳۹۹ (دو فصلنامه) DOI: 10.30467/NIVAR.2019.150541.1108

قیاس سیمپلکسی ساختار تعادلی بارش ماهانه شیراز با تاکید بر توابع برخالی- آشوبی

عبدالعلی کمانه[۱]، مهدی نارنگی فرد*[۲]

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

۲- دانش آموخته دکترا جغرافیا طبیعی- آب و هواشناسی، دانشگاه یزد، ایران

(دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۰۸، بازنگری: ۱۳۹۷/۱۱/۲۸، پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰۴، انتشار آنلاین: ۱۳۹۹/۰۷/۰۱)

چکیده

واکاوی و پیش‌بینی سامانه‌های پیچیده و تغییرات فراسنج‌های آب و هوایی غیر خطی به ویژه بارش با استفاده از انگاره‌های آشوبی، برخالی و فازی راهکار مناسبی برای شناخت سیر تعادلی و تحلیل‌های دینامیکی در تغییرات این فراسنج‌ها است. در همین راستا در این پژوهش ، دینامیک نوسانات فراسنج آب و هوایی بارش به تفکیک ماه‌های همراه با بارش، در ایستگاه همدید شیراز در بازه زمانی بلند مدت ۵۸ ساله (۱۹۵۶-۲۰۱۳) با رویکرد برخالی مورد واکاوی قرار گرفت. برای انجام این پژوهش پس از هم مرجع سازی ریاضی فراسنج بارش هر ماه 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 ماهانه بارش در هفت ماه توام با بارش در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، نوامبر و دسامبر از ساختار برخالی پیروی نمی‌کند؛ به بیان دیگر منطق حاکم بر ساختار فراسنج بارش در هفت ماه همراه با بارش از حالت تعادل به ناتعادلی است. جهت بررسی کامل دینامیک تغییرات این فراسنج در ماه‌های توام با بارش در پژوهش‌های آینده باید از منطق آشوبی و یا فازی نیز بهره گرفت.

کلمات کلیدی: آشوب، برخال، بارش، شیراز.

مقدمه

در میان سامانه‌های فراکاوشی، نظریه آشوب به دلیل داشتن خاصیت دینامیکی غیرخطی، توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است (Jayawardena and Lai, 1994). انگارهٔ اصلی تئوری آشوب این است که در هر بی نظمی، نظمی نهفته است؛ به این معنا که نباید نظم را تنها در یک مقیاس جست و جو کرد، پدیده‌ای که در مقیاس محلی، کاملاً تصادفی و پیش‌بینی ناپذیر به نظر می‌رسد چه بسا در مقیاس بزرگ‌تر، کاملاً پایا و پیش‌بینی پذیر باشد (ذونعمت کرمانی و همکاران، ۱۳۹۴). بارندگی یکی از پیچیده‌ترین و اتفاقی‌ترین پدیده‌های طبیعی در مقایسه با دیگر فراسنج‌ها است. در واقع، تأثیر عوامل محسوس و غیر محسوس به قدری در ایجاد حادثه دخیل است که این روند را از صورت نظامی قانونمند به صورت ساختاری پیچیده سوق داده است (امیدوار و نبوی‌زاده، ۱۳۹۳). تاثیر بارش بر شرایط محیطی و اقتصادی- اجتماعی و همچنین، نقش آن در برنامه‌ریزی خرد و کلان، و اهمیت آن جهت اجرای طرح‌های عمرانی و برنامه ریزی‌های صحیح و قابل قبول، باعث توجه پژوهشگران در سال‌های اخیر به این عنصر آب و هوایی بوده و پژوهش‌های گسترده‌ای بر روی این فراسنج اقلیمی انجام شده است (عساکره و همکاران، ۱۳۹۳). پژوهش در زمینه سامانه‌های دینامیک غیر خطی توسط پژوهشگران بسیاری مورد بحث قرار گرفته است، از جمله: من و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهشی، رفتار بارش ماهانهٔ منطقه سیچوان در چین را با استفاد از روش بُعد همبستگی و بازسازی فضای فاز و آنتروپی کولموگروف بررسی کردند. آن‌ها با توجه به محاسبه بُعد همبستگی و آنتروپی کولموگروف، به این نتیجه رسیدند که بارش ماهانه در این منطقه از رفتاری آشوبناک برخوردار است. کوکاک[۱] و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای، به پیش بینی جریان ورودی ماهانه سد یاملا[۲] در ترکیه با استفاده از یک مدل پیش بینی بر اساس نظریه آشوب پرداختند. دهانیار[۳] و کومار (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای، رفتار آشوبناکی بارش روزانه را با بکارگیری مجموعه‌های غیرخطی

1. Kocak
2. Yamula
2. Koyna

* نگارنده رابط: Mahdi.narangifard@gmail.com

مورد بررسی قرار دادند. در این به منظور بررسی آشوبناکی از روش بازسازی فضای فاز و بُعد همبستگی و نمای لیاپانوف استفاده نمودند. نتایج بیانگر آشوب کم بُعد در سری زمانی بارش در هر سه منطقه مورد مطالعه است. در پژوهشی دیگر دهانیار و کومار (۲۰۱۱)، با استفاده از داده‌های روزانه بارش حوضه مالاپرابا و دیگر فراسنج‌های هواشناختی به پیش‌بینی غیرخطی تک و چند متغیره بارش روزانه پرداختند، یافته‌های پژوهش نشان داد، عدم قطعیت در پیش‌بینی آشوبناک بارش با استفاده از روش غیر خطی چند متغیره نسبت به تک متغیره کاهش می‌یابد. جودیپرکاش و فادیما (۲۰۱۳) در پژوهشی، رفتار آشوبناک میانگین بارش روزانه در بازه زمانی ۴۹ ساله (۲۰۰۹-۱۹۶۱) حوضه آبریز کویینا[1] در ماهاراشترا[2]، هند را مورد مطالعه قرار دادند، نتایج نشان داد بارش در سه قالب روزانه ، هفتگی و ده روزه از رفتار آشوبناک برخوردار است. ذونعمت کرمانی[3] و کیشی[4] (۲۰۱۵) در پژوهشی، ویژگی‌های امواج دریایی را در دریاچه مازندران با بکارگیری نظریه آشوب مورد بررسی قرار دادند، نتایج پژهش رفتار آشوبی امواج باد را نشان می‌داد.

غضنفری مقدم و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی بررسی دینامیکی استحصال آب از مه با نگرشی بر نظریه برخال[6] پرداختند، نتایج پژوهش نشان داد که در سطح احتمال ۹۵ درصد بعد فرکتال برای رابطه دینامیکی برابر با ۲/۵۴ است. توکلی و بابازاده (۱۳۹۴) به ارزیابی توانایی مدل‌های سری زمانی و نظریه آشوب در برآورد تبخیر تعرق گیاه مرجع ایستگاه همدید تربت حیدریه پرداختند، نتایج این پژوهش نشان داد که مدل سری زمانی **ARIMA** و نظریه آشوب هر دو با دقتی نزدیک به یکدیگر تبخیر تعرق گیاه مرجع را برآورد می‌کنند. قهرودی تالی و درفشی (۱۳۹۴) آشفتگی در الگوی خطر سیلاب در شهر تهران را مورد بررسی قرار دادند، برای بررسی آشفتگی در الگوی سیلاب در تهران از دو مدل فرکتالی محیط ـ مساحت و تعداد ـ مساحت در ۱۲ حوضه‌ی نمونه و در رده‌های آسیب‌پذیری استفاده کردند، نتایج نشان داد افزایش آشفتگی هم‌زمان با بزرگ شدن مخاطره‌ی سیلاب بیانگر این است که امکان پیش‌بینی نحوه‌ی گسترش سیلاب و تعیین مناطق در معرض خطر فراهم نیست. 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. مزیدی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به بررسی ساختار تعادلی دما در حوضه آبخیز دریاچه‌های طشک، بختگان و مهارلو با بکارگیری برونداد مدل EH5OM پرداختند، یافته‌های پژوهش نشان داد روند روزانه میانگین دما از ساختاری برخالی پیروی می‌نماید، که بیانگر گذار دینامیک این فراسنج در دهه‌های آینده از حالت ناتعادلی به عدم تعادل است.

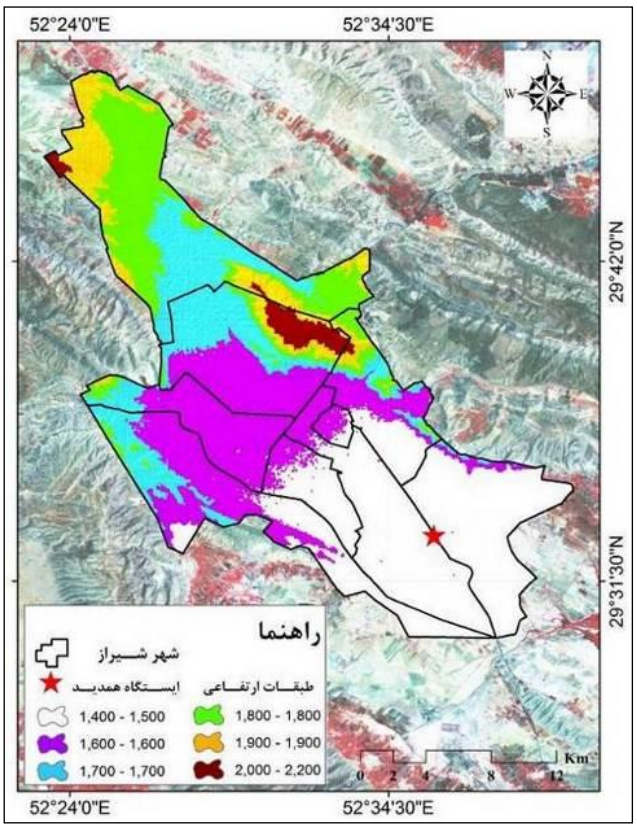
هدف از این پژوهش بررسی و قیاس سیمپلکسی ساختار حاکم بر رفتار تعادلی بارش به تفکیک ماه‌های همراه با بارش با رویکرد برخالی- آشوبی در بازه زمانی بلند مدت ۵۸ ساله (۲۰۱۳-۱۹۵۶) ایستگاه همدید شیراز است.

مواد و روش‌ها

شهر شیراز مرکز استان فارس در عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه ۳۳ دقیقه طول شرقی واقع شده است. موقعیت جغرافیایی و طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه نیز در (شکل ۱) نشان داده شده است.

1. Dhanya
3. Maharashtra
5. Kisi

4. Zounemat-Kermani
6. fractal



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و طبقات ارتفاعی شهر شیراز به متر

برای انجام این پژوهش، نخست داده‌های بارش روزانه، ماهانه و سالانه در بازه زمانی ۵۸ ساله (۱۹۵۶-۲۰۱۳) از اداره کل هواشناسی استان فارس دریافت شد. پس از بازسازی داده‌ها، با انجام پردازش بر روی آن‌ها محاسبات مربوطه انجام پذیرفت. روش شناسی ساختار آشوبی به تنهایی یکی از اصول حاکم بر فرآیند تغییرات و نوسانات آب و هوایی و زیر سامانه‌های آن است. این تغییرات و نوسانات می‌تواند از ضوابط خطی یا غیر خطی پیروی نماید؛ به تجربه ثابت شده است بیش‌تر کارکرد سامانه‌های طبیعی و به ویژه سامانه جو از ساختار غیر خطی پیروی می‌نمایند. در این فرایند نخست داده‌های بلندمدت بارش ماهانه ایستگاه همدید شیراز با ساختارهای خطی و غیرخطی بررسی شد و بر حسب اینکه کدام ساختار از همبستگی همگن‌تری برخوردار است، آن ساختار در حقیقت چارچوب حاکم بر تغییرات و نوسانات فراسنج‌های هواشناختی قرار گرفت. منطق جبری محاسبات بدین ترتیب است که در گام نخست بارش ماهانه به صورت (کمینه به بیشینه) در طول دوره آماری مرتب شد، پس از آن آرایه فراوانی رخداد بارش و مقادیر مطلق بارش به ابعاد ۲۶۹ × ۲۶۹ تشکیل شد، در گام بعد برای اعمال ساختار هندسی کمیت بارش و فراوانی آن هم مرجع شد؛ در ادامه ساختار برداری داده‌ها به صورت یک چرخه مثلثاتی تعریف و ضابطه حاکم بر آن محاسبه شد. برای تعیین تابع مورد نظر با اعمال ضوابط خطی بر روی داده‌های بلند مدت بارش دامنه درون‌دادها و برد برون‌دادها محاسبه شد. در این راستا به دلیل اینکه اصولاً پدیده‌های طبیعی بیشتر از رابطه خطی پیروی نمی‌کنند و در صورت پیروی از همبستگی حداکثری برخوردار نخواهند بود، بنابراین سیمپلکسیون داده‌های آب و هوایی مذکور در ساختاری غیر خطی از همبستگی بیشتری برخوردار است، بر همین اساس نخست به ضابطه‌یابی برخالی اقدام می‌شود، این ساختار با رعایت دوره گردش $2k\Pi$ در ضابطه چند جمله‌ای[1] مثلثاتی با درجه دو در حالت کلاسیک خود نسبت به بردارهای x & y با همبستگی حداقل ۹۵ درصدی کاملاً معنی‌دار خواهد بود، که از اعمال

1. Polynomial

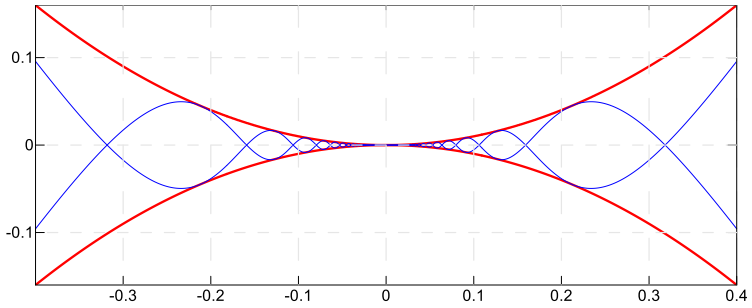
ساختار نپرین بر روی دامنه و بردهای داده‌های هم مرجع شده بارش ماهانه به تفکیک هر ماه با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شدند.

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

سپس برای اعمال ساختار برخالی با اعمال ضابطه حاصله از هم مرجع سازی با بکارگیری رابطه (۲) ساختار واقعی فراسنج‌های آب و هوایی موردنظر بدست آمد (مزیدی و همکاران، ۱۳۹۵).

$$Y = m^2 \times \sin(1/m) \quad (۲)$$

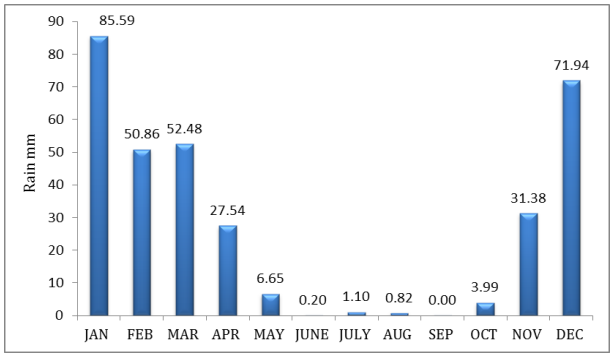
نتیجه گرافیکی کلاسیک و بالفعل عملکرد نوسانی فراسنج ماهانه بارش روی نمودار (شکل ۲) مشخص است.



شکل ۲ - ساختار کلاسیک برخال دو بعدی

یافته‌های تحقیق

با توجه به ویژگی‌های آماری بارش ماهانه، بالاترین مقدار بارش ماهانه مربوط به ماه ژانویه در سال ۱۹۶۵ با ۳۲۴/۵ میلیمتر و پس از آن در ماه دسامبر سال ۲۰۰۴ با ۳۰۵/۲ میلیمتر به ثبت رسیده است. در این حال ماه ژانویه با میانگین بارشی ۸۵/۵۹ میلیمتر پربارش‌ترین و سپس ماه دسامبر با ۷۱/۹۴ میلیمتر دومین ماه پربارش در این ایستگاه است (شکل ۳). به منظور شناخت ساختار و تحلیل دینامیک تغییرات بارش به تفکیک ماه‌های همراه با بارش در ایستگاه همدید شیراز بدین گونه عمل می‌شود که در گام نخست برای انتخاب منطق حاکم بر روند نوسانات فراسنج آب و هوایی بارش ماه‌های مورد نظر با یک منطق آغاز و صورت نیاز به منطق‌های دیگر مراجعه می‌شود. در همین راستا در تحلیل منطق حاکم بر بارش ایستگاه شیراز از روند جبری فراوانی رخداد هر یک از مقادیر واقعی بارش ماهانه در یک آرایه وتری استفاده و نتایج محاسبه شده به صورت فراوانی‌های رخداد تجمعی صعودی مرتب شد، سپس نتایج حاصل در یک ساختار جبری مخروطی هم مرجع شدند.



شکل ۳- مقدار پراکندگی میانگین بارش ماهانه ایستگاه همدید شیراز (۱۹۵۱-۲۰۱۴)

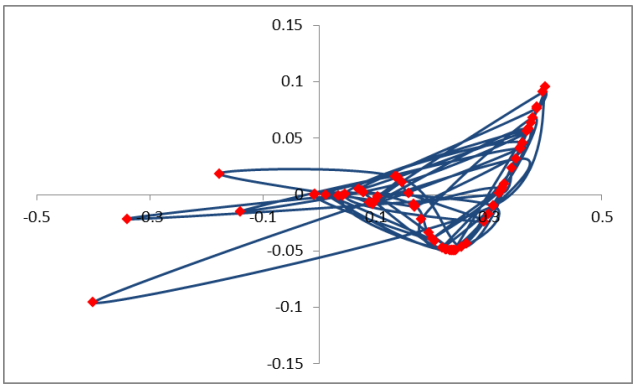
در ادامه حد آستانه‌های بیشینه و کمینه با اعمال ساختار نپرین بر روی دامنه و بردهای داده‌های هم مرجع شده بارش ماهانه با در نظر داشت ضابطه (جدول ۱) ساختار حاکم بر فراسنج بارش در تابع برخالی محاسبه شد. از میان دوازده ماه سال، هفت ماه

که با بارش همراه است (ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، نوامبر و دسامبر) به تفکیک هر ماه محاسبات مربوطه، بر روی فراسنج بارش ماهانه انجام گرفت. فراسنج هم مرجع شده بارش ماه ژانویه ایستگاه همدید شیراز با ساختار کلاسیک برخال با استناد به ضابطه (جدول ۱) محاسبه شد که نتایج این محاسبات و ساختار حاکم بر بارش در ماه ژانویه در (شکل ۴) نشان داده شده است. با اعمال ساختارهای جبری برخالی بر روی این فراسنج و مقایسه آن با ساختار کلاسیک برخال (شکل ۵) نشان داد، ساختار بارش ماهانه در ماه ژانویه با استناد به ضابطه **y = (x * -0.002488336) + 0.4074650084** از ساختار برخالی پیروی نمی‌نمایند. در (شکل ۵) ساختار واقعی با رنگ آبی بر روی ساختار کلاسیک با رنگ قرمز ترانما شده است. همچنین مقادیر بارش به صورت نمونه در (شکل ۶) و همه مقادیر در (شکل ۷) بر روی منحنی مشخص و نمایش داده شده است.

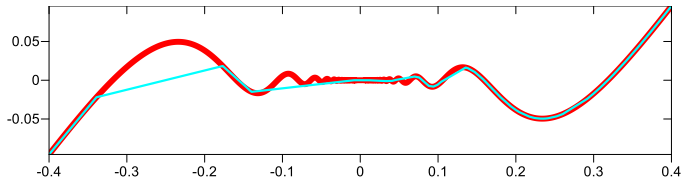
جدول ۱- آستانه‌های بارش ماهانه و ضوابط خطی حاکم بر آن در ایستگاه همدید شیراز

فراسنج	بارش ماه ژانویه به میلیمتر	بارش ماه فوریه به میلیمتر
بیشینه	۳۲۴/۵	۱۶۱/۵
کمینه	۳	۰
ضابطه	**y = (x * -0.002488336) + 0.4074650084**	**y = (x * -0.00495356) + 0.4**
فراسنج	بارش ماه مارس به میلیمتر	بارش ماه آوریل به میلیمتر
بیشینه	۱۸۸/۶	۱۶۹/۹
کمینه	۰	۰
ضابطه	**y = (x * -0.004241782) + 0.4**	**y = (x * -0.004708652) + 0.4**
فراسنج	بارش ماه می به میلیمتر	بارش ماه نوامبر به میلیمتر
بیشینه	۵۲/۵	۲۴۵
کمینه	۰	۰
ضابطه	**y = (x * -0.015238095) + 0.4**	**y = (x * -0.003265306) + 0.4**

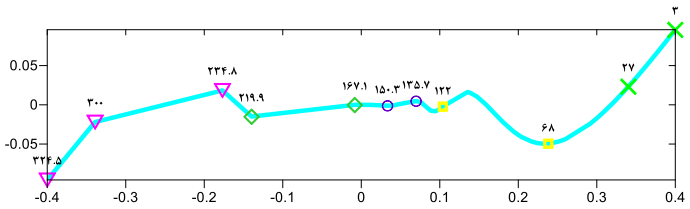
فراسنج	بارش ماه دسامبر به میلیمتر				
بیشینه	۳۰۵/۲	کمینه	۰	ضابطه	**y = (x * -0.002621232) + 0.4**



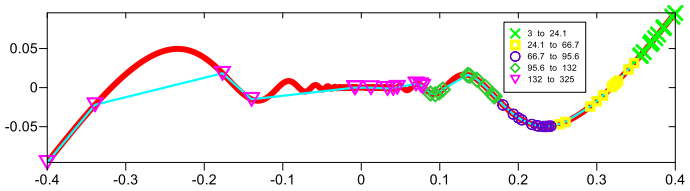
شکل ۴- ساختار برخالی بارش ماه ژانویه



شکل ۵- ساختار کلاسیک و واقعی برخالی بارش ماه ژانویه

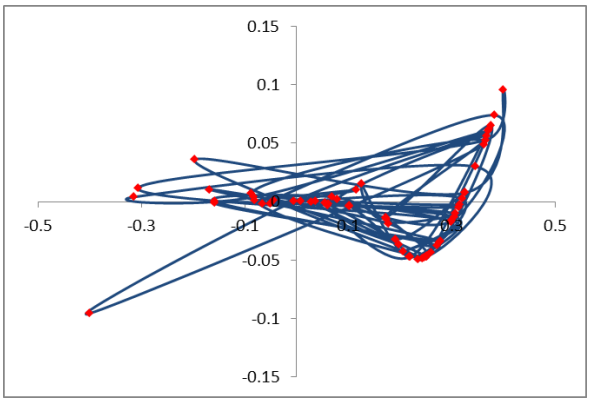


شکل ۶- همپوشانی ساختار واقعی برخالی و مقادیر مطلق نمونه بارش ماه ژانویه

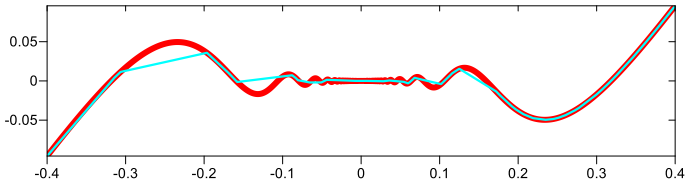


شکل ۷- همپوشانی ساختار کلاسیک و واقعی برخالی و مقادیر مطلق بارش ماه ژانویه

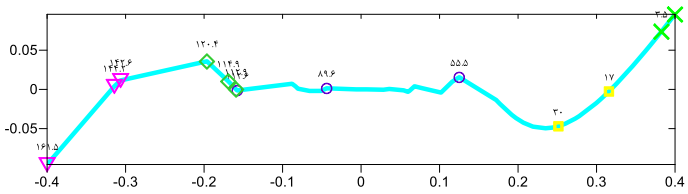
بررسی و محاسبات صورت گرفته و بر اساس یافته‌های پژوهش در خصوص بارش در ماه فوریه و استناد به ضابطه (جدول ۲) و نمودارهای (شکل ۸) تا (شکل ۱۱) نشان می‌دهد، به مانند ماه پیشین (ماه ژانویه)، بارش در این ماه نیز از ساختار برخالی پیروی نمی‌نماید. در ماه مارس و به استناد ضابطه (جدول ۲) و نمودارهای (شکل ۱۲) تا (شکل ۱۵)، بارش در این ماه نیز از ساختار برخالی پیروی نمی‌نماید.



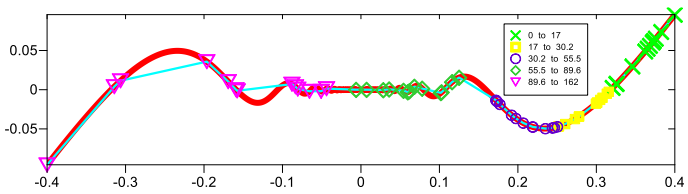
شکل ۸- ساختار برخالی بارش ماه فوریه



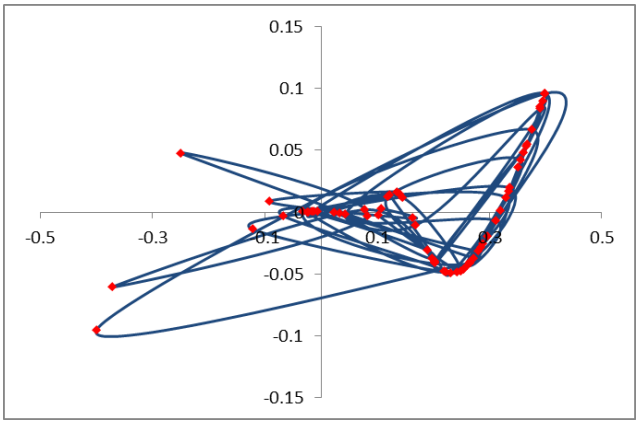
شکل ۹- ساختار کلاسیک و واقعی برخالی بارش ماه فوریه



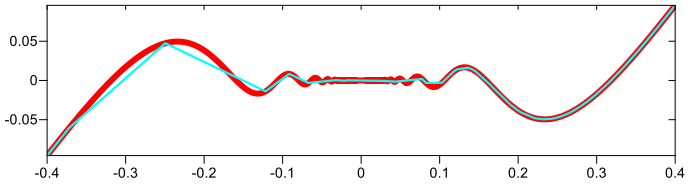
شکل ۳- همپوشانی ساختار واقعی برخالی و مقادیر مطلق نمونه بارش ماه فوریه



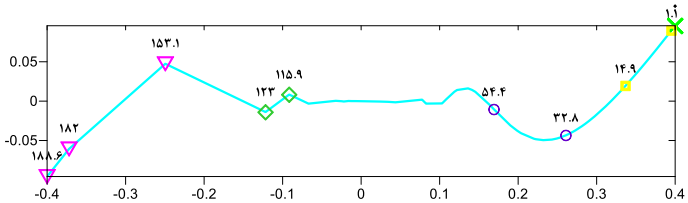
شکل ۴- همپوشانی ساختار کلاسیک و واقعی برخالی و مقادیر مطلق بارش ماه فوریه



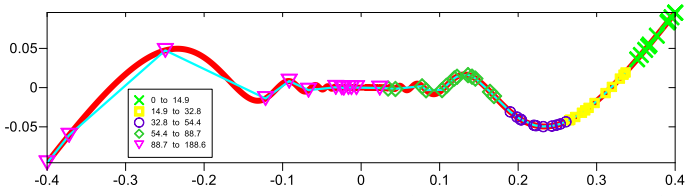
شکل ۵- ساختار برخالی بارش ماه مارس



شکل ۶- ساختار کلاسیک و واقعی برخالی بارش ماه مارس

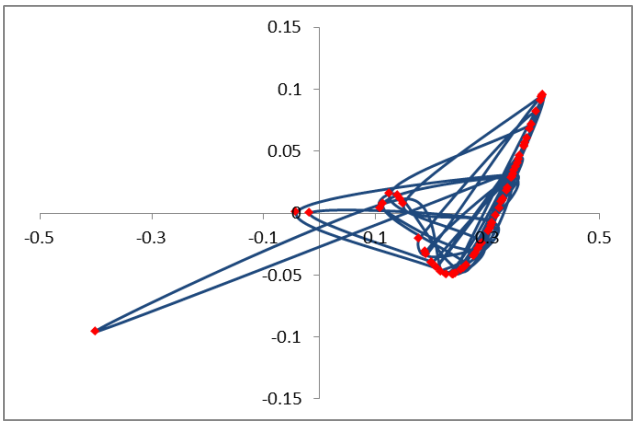


شکل ۷- همپوشانی ساختار واقعی برخالی و مقادیر مطلق نمونه بارش ماه مارس

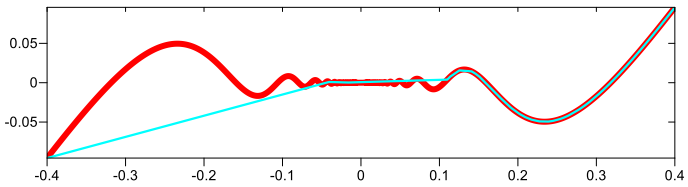


شکل ۸- همپوشانی ساختار کلاسیک و واقعی برخالی و مقادیر مطلق بارش ماه مارس

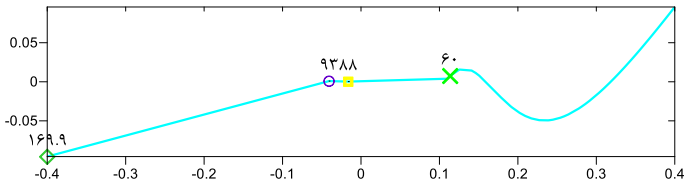
در ماه آوریل نیز به استناد ضابطه (جدول ۲) و نمودارهای (شکل ۱۶) تا (شکل ۱۹) بارش در این ماه نیز از ساختار برخالی پیروی نمی‌نماید. در خصوص بارش در ماه می به استناد ضابطه (جدول ۲) و همچنین نمودارهای (شکل ۲۰) تا (شکل ۲۳) نشان می‌دهد که بارش در این ماه نیز از ساختار برخالی پیروی نمی‌نماید. در ماه نوامبر نیز به استناد ضابطه (جدول ۲) و بر اساس نتایج نمودارهای (شکل ۲۴) تا (شکل ۲۷)، بارش در این ماه همانند دیگر ماه‌ها از ساختار برخالی پیروی نمی‌نماید. بارش در ماه دسامبر به استناد ضابطه (جدول ۲) و نمودارهای (شکل ۲۸) تا (شکل ۳۱)، از ساختار برخالی پیروی نمی‌نماید.



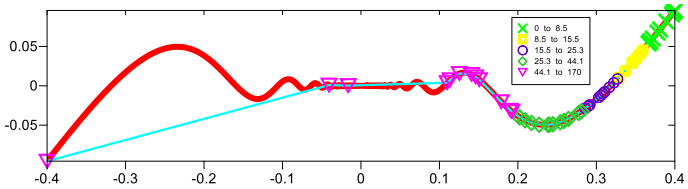
شکل ۱۶- ساختار برخالی بارش ماه آوریل



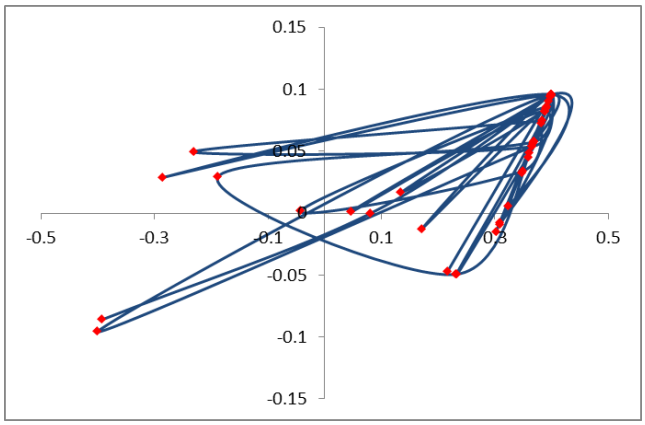
شکل ۹- ساختار کلاسیک و واقعی برخالی بارش ماه آوریل



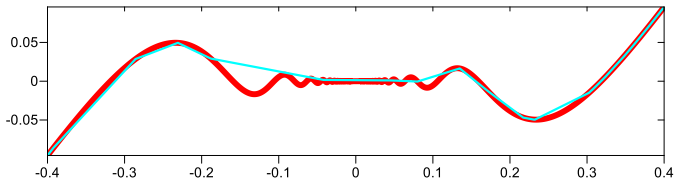
شکل ۱۰- همپوشانی ساختار واقعی برخالی و مقادیر مطلق نمونه بارش ماه آوریل



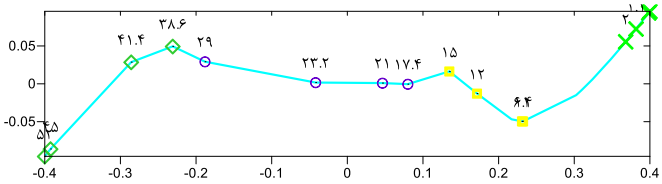
شکل ۱۱- همپوشانی ساختار کلاسیک و واقعی برخالی و مقادیر مطلق بارش ماه آوریل



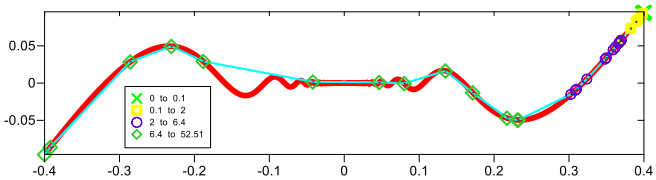
شکل ۲۰- ساختار برخالی بارش ماه می



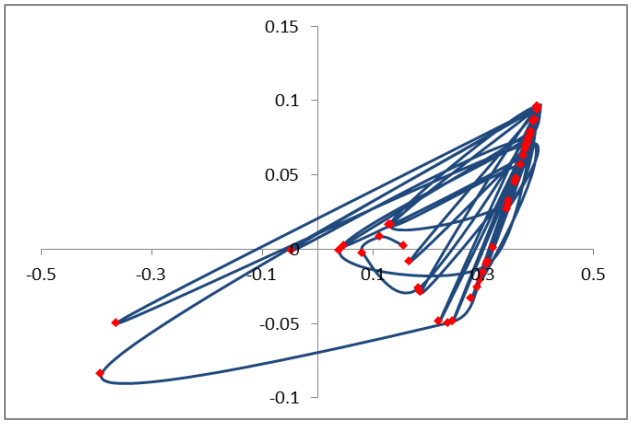
شکل ۱۲- ساختار کلاسیک و واقعی برخالی بارش ماه می



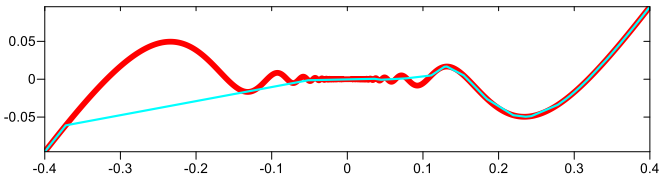
شکل ۱۳- همپوشانی ساختار واقعی برخالی و مقادیر مطلق نمونه بارش ماه می



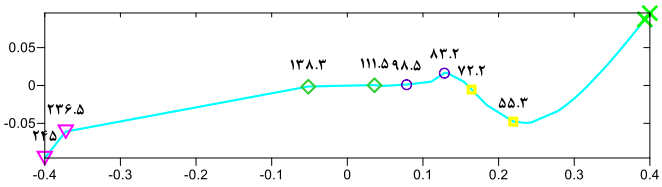
شکل ۱۴- همپوشانی ساختار کلاسیک و واقعی برخالی و مقادیر مطلق بارش ماه می



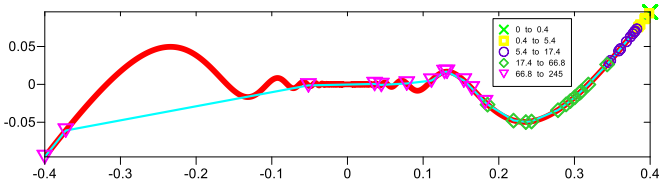
شکل ۱۵- ساختار برخالی بارش ماه نوامبر



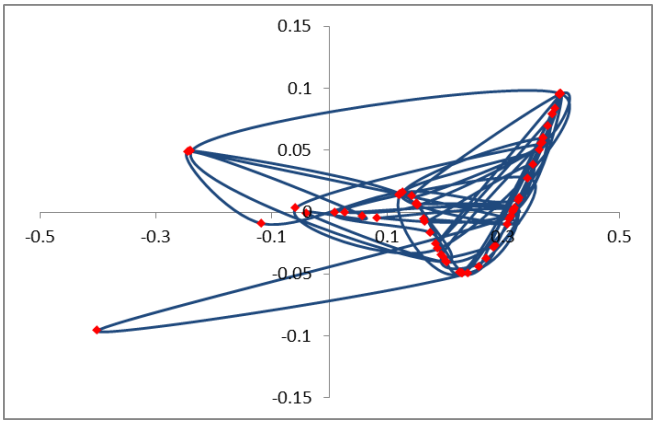
شکل ۱۶- ساختار کلاسیک و واقعی برخالی بارش ماه نوامبر



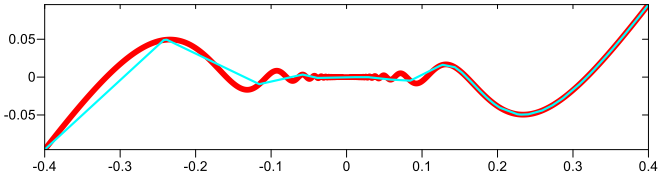
شکل ۲۶- همپوشانی ساختار واقعی برخالی و مقادیر مطلق نمونه بارش ماه نوامبر



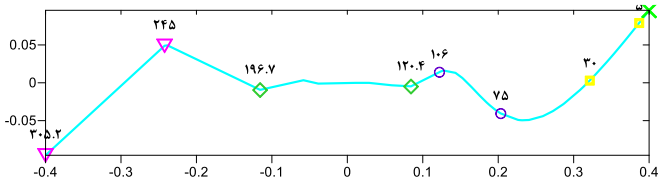
شکل ۱۷- همپوشانی ساختار کلاسیک و واقعی برخالی و مقادیر مطلق بارش ماه نوامبر



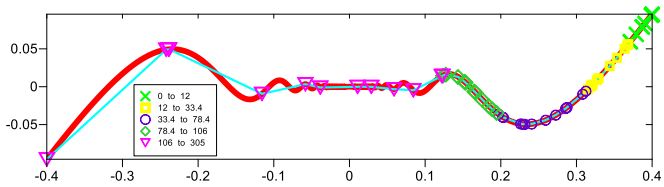
شکل ۲۸- ساختار برخالی بارش ماه دسامبر



شکل ۱۸- ساختار کلاسیک و واقعی برخالی بارش ماه دسامبر



شکل ۱۹- همپوشانی ساختار واقعی برخالی و مقادیر مطلق نمونه بارش ماه دسامبر



شکل ۲۰- همپوشانی ساختار کلاسیک و واقعی برخالی و مقادیر مطلق بارش ماه دسامبر

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، مقادیر بارش ماهانه به تفکیک هر ماه در ایستگاه همدید شیراز در بازه زمانی ۶۴ ساله (۱۹۵۱-۲۰۱۴) جهت شناخت رفتار آشوبناک و ساختارهای حاکم بر این فراسنج مورد واکاوی قرار گرفت. بر اساس یافته‌های پژوهش، از میان دوازده ماه سال، هفت ماه (ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، نوامبر و دسامبر) با بارش همراه است. که در این هفت ماه به تفکیک هر ماه محاسبات مربوطه، بر روی فراسنج بارش ماهانه انجام گرفت. فراسنج هم مرجع شده بارش ماه ژانویه با ساختار کلاسیک برخال محاسبه شد که نشان داد ساختار بارش ماهانه در ماه ژانویه در محدوده ۰/۱۸- و ۰/۳۵- بر روی محور طولی از ساختار برخالی پیروی نمی‌نمایند. در ماه‌های فوریه، مارس، آوریل، می، نوامبر و دسامبر نیز با توجه به یافته‌های پژوهش ساختار دینامیکی بارش در این ماه‌ها با ساختار برخالی مطابقت ندارند. به عبارت دیگر منطق حاکم بر ساختار فراسنج بارش در هفت ماه همراه با بارش از حالت تعادل به ناتعادلی است؛ همچنین ضروری است اشاره شود که برای بررسی کامل دینامیک تغییرات این فراسنج در ماه‌های توام با بارش در تحقیقات آینده باید از منطق آشوبی و یا فازی نیز بهره گرفته شود.

منابع

۱. امیدوار، کمال و معصومه نبوی‌زاده ۱۳۹۳، پیش‌بینی بارش روزانه استان کرمان با شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: کرمان، بافت و میانده جیرفت)، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال ۱۲، شماره ۲۳، صص ۱۹۷-۲۱۴.

۲. توکلی، علیرضا و حسین بابازاده ۱۳۹۴، ارزیابی قابلیت مدل‌های سری زمانی و تئوری آشوب در برآورد تبخیر تعرق گیاه مرجع (ایستگاه سینوپتیک تربت حیدریه، خراسان رضوی)، پژوهش آب ایران، دوره ۹، شماره ۲، صص ۱۱۱-۱۲۰.

۳. 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.

۴. ذونعمت کرمانی، محمد، خاطره امیرخانی و مجید رحیم پور ۱۳۹۴، بررسی آشوبناکی و بازسازی فضای فاز دینامیکی بارش در مقیاس‌های روزانه، هفتگی و ماهانه (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ قره سو در کرمانشاه)، اکوهیدرولوژی، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۱، صص ۷۹-۹۰.

۵. عساکره، حسین، موحدی، سعید، سبزی‌پرور، علی‌اکبر، مسعودیان، ابوالفضل و زهره مریانجی ۱۳۹۳، اقلیم شناسی بارش ایران با استفاده از تحلیل همسازها، تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره ۴، صص ۱۵-۲۶.

۶. عطایی، هوشمند ۱۳۸۷، شناسایی و تجزیه و تحلیل الگوهای تراز میانی جو در سال‌های پربارش ایران، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۰، صص ۱۹-۳۸.

۷. غضنفری مقدم، محمدصادق، علی‌زاده، امین، ناصری مقدم، مهیار و موسوی بایگی سیدمحمد ۱۳۸۹، بررسی دینامیکی استحصال آب از مه با نگرشی بر نظریه فرکتال، آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، دوره ۲۴، شماره ۳ ، صص ۵۲۷-۵۳۳.

۸. قهرودی تالی، منیژه و خه‌بات درفشی ۱۳۹۴، بررسی آشفتگی در الگوی خطر سیلاب در تهران، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ۲ ، شماره ۲، صص ۱-۱۶.

۹. 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.

۱۰. مزیدی، احمد، کمانه، عبدالعلی، مظفری، غلامعلی و مهدی نارنگی‌فرد ۱۳۹۵، تغییرات بارش روزانه با استناد به تحلیل های

آشوبی در شیراز، فصلنامه جغرافیا، سال چهاردهم، شماره ۵۰، صص ۱۴۷-۱۶۹.

۱۱. مزیدی، احمد، کمانه، عبدالعلی، نارنگی‌فرد، مهدی و رضا ابراهیمی ۱۳۹۵، واکاوی ساختار تعادلی آینده فراسنج دما در حوضه آبخیز دریاچه‌های طشک، بختگان و مهارلو با استفاده از مدل EH5OM، اکوبیولوژی تالاب، دوره ۸، شماره ۴.

12. Dhanya, C. T., & Kumar, D. N. 2010, nonlinear ensemble prediction of chaotic daily rainfall. Advances in Water resources, 33(3), 327-347.
13. Dhanya, C. T., & Kumar, D. N. 2011, Multivariate nonlinear ensemble prediction of daily chaotic rainfall with climate inputs. Journal of Hydrology, 403(3), 292-306.
14. Jayawardena, A. W., & Lai, F. 1994, Analysis and prediction of chaos in rainfall and stream flow time series. Journal of Hydrology, 153(1), 23-52.
15. 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.
16. Men, B., Xiejing, Z., & Liang, C. 2004, chaotic analysis on monthly precipitation on Hills Region in Middle Sichuan of China. Nature and Science, 2(2), 45-51.
17. Zounemat-Kermani, M., & Kisi, O. 2015, Time series analysis on marine wind-wave characteristics using chaos theory. Ocean Engineering, 100, 46-53.

Simplex analogy of equilibrium structure in Shiraz monthly rainfall with an emphasis on functions chaotic -fractal

A. Kamae[1], M. Narangifard[2*]
1. Assistant Prof. Physical Geography, Islamic Azad University of Shiraz, Shiraz, Iran
2. PhD in Physical Geography - Climatology, University of Yazd, Yazd, Iran

(Received: 30 September 2018, Revised: 17 February 2019, Accepted: 25 May 2019, Published online: 22 September 2020)

Abstract

Analysis and prediction of complex systems and nonlinear changes in climate parameters, especially rainfall using chaos theory, fractal and fuzzy are considered appropriate solutions for recognizing trend equilibrium and dynamic analysis in parameters of climate change. Therefore, in the present study, the dynamic fluctuations in rainfall climatic parameters were analyzed according to the months with rainfall in Shiraz synoptic stations in a period of 58 years (1956-2013). The examination was conducted within a fractal approach. Having implemented the Mathematical Reference Parameter rainfalls per month through applying trigonometric fractal structure on the data obtained, the results were analyzed to compare with classical geometry fractal. Findings revealed that monthly precipitation trend in seven months along with the rainfall in January, February, March, April, May, November and December of fractal structure do not follow the structure of geometry fractal.; In other words, the logic of the structure rainfall parameters in seven months with rainfall moves from equilibrium to in equilibrium. Findings, in addition, suggest if we want to fully get access to the dynamics of fluctuations of these parameters in the months with rainfall, it would be appropriate to apply the logics of fuzzy and chaos.

Keywords: chaos, fractal, rainfall, Shiraz.

* Corresponding author:
Email Address: Mahdi.narangifard@gmail.com