مقایسه توانایی تئوری موجک و سری‌های زمانی در مدل‌سازی بارندگی ماهانه مناطق سعادت شهر و ارسنجان در استان فارس

محمدرضا نیک منش*
مربی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان
ناصر طالب بیدختی
استاد بخش عمران و محیط زیست، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۸/۱۱ پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۳/۳۰

چکیده

مدل‌سازی مناسب بارندگی یکی از ابزارهای مهم در بخش‌های مختلف مدیریت منابع آب مانند آبخیزداری، مهار بحران کمبود آب و مدیریت سیلاب‌ها به شمار می‌رود. به دلیل روابط غیرخطی، عدم قطعیت و عدم صراحت زیاد و ویژگی‌های متغیر زمانی و مکانی در سیستم گردش آبی، هیچ یک از مدل‌های آماری و مفهومی پیشنهاد شده به منظور الگوسازی دقیق بارندگی نتوانسته‌اند به عنوان یک مدل برتر و توانا شناخته شوند. اغلب سری‌های هیدرولوژیک به خاطر پیچیدگی عوامل فیزیکی و حساسیت فرایندهای کنترل کننده به طور یکسان در فضا و زمان پراکنده نشده‌اند و به همین دلیل سری‌های هیدرولوژیک معمولاً ایستا نیستند. یکی از روش‌هایی که در سال‌های اخیر در زمینه هیدرولوژی مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از موجک به عنوان روشی نوین و بسیار مؤثر در زمینه آنالیز سیگنال‌ها و سری‌های زمانی است. در این پژوهش مدل‌سازی بارندگی ماهانه مناطق سعادت شهر و ارسنجان واقع در استان فارس با استفاده از تئوری موجک میر انجام شده و نتیجه حاصل از آن با سری‌های زمانی ساریما و باکس- جنکینز مقایسه می‌گردد. برای نرمال سازی داده‌ها در سری‌های زمانی از تبدیلات باکس و کاکس استفاده می‌گردد. با مقایسه ضرایب تعیین در روش‌های مذکور مشخص می‌گردد که در صورت استفاده از موجک پیش بینی‌های دقیق تری از میزان بارندگی ماهانه نسبت به روش‌های سری زمانی حاصل می‌گردد و از بین دو سری زمانی مورد استفاده نیز سری زمانی ساریما نتایجی با دقت بیشتر ارایه می‌دهد.

واژگان کلیدی: تئوری موجک، سری زمانی، بارندگی، سعادت شهر، ارسنجان.

مقدمه

داده‌های هواشناسی همچون باران و رواناب از اهمیت ویژه‌ای در مطالعه سیستم‌های آبی نظیر سدها، خطوط انتقال آب و سیستم‌های ذخیره سازی آب برخوردار است. طراحی این سیستم‌ها نیازمند پژوهش بر روی مجموعه گسترده‌ای از داده‌ها است که از محل حوزه پیش بینی شده جهت استقرار طرح مذکور جمع آوری می‌شود. به این منظور ایستگاه‌های هواشناسی در مناطق و دشت‌های گوناگون پیوسته در حال گسترش‌اند. با این وجود در حال حاضر در بسیاری از این ایستگاه‌ها داده کافی در دسترس نیست. این امر محققان را بر آن داشته است که با بکارگیری روش‌های ساختگی به توسعه داده‌هایشان بپردازند (عاملی و ثنایی نژاد، ۱۳۸۹).

*نویسنده مسئول : ۰۹۱۷۷۱۷۰۹۶۷
E-mail: nikmanesh@iaua.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

الگوهای مناسب و با دقت قابل قبول برای فرایند بارش یکی از ابزارهای مهم در بخش‌های مختلف مدیریت منابع آب مانند آبخیزداری، مهار بحران کمبود آب و مدیریت سیلاب‌ها به شمار می‌رود. بنابراین انتخاب یک مدل مناسب که بتواند بر اساس عوامل تأثیرگذار، میزان بارندگی را به طور قابل قبولی پیش بینی کند، امری ضروری به نظر می‌رسد. لازم به توضیح است که با وجود روابط غیرخطی، عدم قطعیت و عدم صراحت زیاد و ویژگی‌های متغیر زمانی و مکانی در سیستم گردش آبی، هیچ یک از مدل های آماری و مفهومی پیشنهاد شده به منظور الگوسازی دقیق بارندگی نتوانسته اند به عنوان یک مدل برتر و توانا شناخته شوند. امروزه شبکه های غیرخطی به عنوان یکی از سیتم‌های هوشمند در پیش بینی پدیده‌های پیچیده بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از روش‌هایی که در سال‌های اخیر در زمینه هیدرولوژی مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از موجک[1] به عنوان روشی نوین و بسیار مؤثر در زمینه آنالیز سیگنال‌ها و سری‌های زمانی است.نرمال بودن و ایستائی دو شرط اولیه برای مدل‌سازی سری‌های زمانی هستند. اغلب سری‌های هیدرولوژیک به خاطر پیچیدگی عوامل فیزیکی و حساسیت فرایندهای کنترل کننده به طور یکسان در فضا و زمان پراکنده نشده اند و به همین دلیل سری‌های هیدرولوژیک معمولاً ایستا نیستند. با توجه به قابلیت منحصر به فرد موجک‌ها در پردازش سیگنال‌ها، می‌توان از این تبدیلات برای دستیابی به مدل‌های پیش بینی دراز مدت دقیق تر بارندگی بهره جست. تبدیلات موجک قابلیت تجزیه سری زمانی به چند زیرسری با مقیاس مختلف را دارند که با بهره گیری از این قابلیت ها و با تحلیل زیرسری‌های زمانی، می توان بارندگی را در قالب این تبدیلات مدلسازی نمود (عاملی و ثنایی نژاد، ۱۳۸۹).

توسعه اساسی مدل‌های سری زمانی و مفاهیم آن که به کاربرد وسیع این مدل‌ها منجر شد، توسط باکس و جنکینز صورت گرفت (باکس و جنکینز، ۱۹۹۴). ناکان از نخستین کسانی بود که از آنالیز موجک در هیدرولوژی برای مشخص کردن تغییرات زمانی بارش و رواناب و روابط آنها بهره جست (ناکان، ۱۹۹۹). در سال‌های بعد دمیانوف و همکاران از ترکیب آنالیز موجک و ابزار زمین آمار (کریجینگ) برای بررسی تغییرات مکانی بارش سود جستند و نتایج را با مدل ترکیبی شبکه عصبی و کریجینگ مقایسه کردند(دمیانوف و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین جایاواردن و همکاران از تجزیه کردن موجک به همراه مدل مارکف برای شبیه سازی بارش روزانه استفاده کردند(جایاواردن و همکاران، ۲۰۰۴).

در زمینه مدل سازی با سری‌های زمانی شریفان و قهرمان طی یک مدل سازی که برای چهار ایستگاه فاضل آباد، گرگان، مراوه تپه و ترشکلی در استان گلستان انجام دادند به این نتیجه رسیدند که برای پیش بینی بارندگی ماهانه استان گلستان مدل خود همبسته میانگین متحرک تلفیق شده فصلی[2] مدل مناسبی می‌باشد(شریفان و قهرمان، ۱۳۸۶).

نورانی و صالحی آنالیز موجک را با مفهوم شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی بارش حوضه لیوان چای تبریز ارتباط دادند. به این دلیل سری زمانی اصلی به تعدادی سری زمانی تکراری[3] به وسیله تئوری موجک تجزیه شد، سپس از این سری‌های زمانی برای داده‌های ورودی شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی بارش ۱ ماه بعد استفاده شد. نتایج آنها نشان داد که مدل پیشنهادی می‌تواند هر دو وقوع کوتاه مدت و بلندمدت بارندگی را به علت استفاده سری‌های زمانی چند مقیاسی[4] از لایه ورودی شبکه عصبی مصنوعی پیش بینی کند(نورانی و صالحی، ۱۳۸۷). همچنین شهابفر و قیامی بارندگی شهر مشهد را با استفاده از تئوری سری‌های زمانی مورد بررسی قرار دادند که بر اساس مطالعات آنها مدل ترکیبی اتورگرسیون و میانگین متحرک، مناسب‌ترین مدل تشخیص داده شد(شهابفر و قیامی، ۱۳۸۰). همچنین بنالیا و همکاران پارامترهای فصلی ویژگی‌های تابع خودهمبستگی بارندگی ماهانه را بررسی کردند و به منظور از بین بردن تغییرات و ایستا کردن آن، تبدیل لگاریتمی و تفاضل گیری فصلی را به کار بردند(سلطانی و همکاران، ۱۳۸۸). در نهایت می‌توان به مطالعات طوفانی و همکاران اشاره کرد که با استفاده از روش موجک اقدام به پیش بینی بارندگی ماهانه در ایستگاه زرینگل استان گلستان کرده و نتایج حاصل از آن را با سری زمانی ساریما مقایسه کردند.در روش ارایه شده

1 - Wavelet
2 - Seasonal Auto Regressive Integrated Moving Average-SARIMA
3 - Multi frequently
4 - Multi scale

Archive of SID

www.SID.ir

توسط ایشان سیگنال بارندگی با استفاده از موجک مادر منتخب تجزیه شده و داده‌های حاصل از تجزیه با معادلات مناسب برازش داده شد. نتایج نشان داد که تجزیه سیگنال با موجک همبستگی میان داده‌های مشاهداتی و محاسباتی را نسبت به روش‌های سری زمانی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد و پیش بینی سیگنال بارندگی با دقت بیشتری صورت می‌گیرد(طوفانی و همکاران، ۱۳۸۹).

روش‌ها

تئوری موجکی یکی از روش‌های علم ریاضی است که ایده اصلی آن برگرفته شده از تبدیل فوریه می‌باشد که در قرن نوزدهم مطرح شده است ولی استفاده از آن قدمتی ۱۰ ساله دارد. مفهوم کلی موجک‌ها به صورت تئوری کنونی توسط مورلت و تیمی در مرکز پژوهش‌های فیزیک نظری مارسل زیر نظر آلکس گراسمن در فرانسه ارایه شد. همچنین روش‌های آنالیز موجکی توسط مایر و همکارانش ارایه شد که این روش‌ها را گسترش دادند(نوری و همکاران، ۱۳۸۸).
تبدیل موجک یکی از تبدیل‌های ریاضی کارآمد در زمینه پردازش سیگنال است. موجک ها توابع ریاضی هستند که شکل مقیاس-زمان از سری‌های زمانی و روابط آنها جهت آنالیز سری‌های زمانی که شامل متغیرها و غیرثابت‌ها می‌باشد را ارایه می‌دهد. تحلیل موجکی[1] استفاده از فاصله‌های زمانی طولانی مدت را برای اطلاعات دارای فرکانس پائین و تناوب‌های کوتاه تر را برای اطلاعات دارای فرکانس بالا ارایه می‌دهد. تحلیل موجکی قادر به نمایش جنبه‌های مختلف داده‌های متفاوت، نقاط شکست و ناپیوستگی‌ها می‌باشد که ممکن است دیگر روش‌های آنالیز سیگنال آنها را نشان ندهند.

تابع موجک، تابعی است که دو ویژگی مهم نوسانی بودن و کوتاه مدت بودن را دارا می‌باشد. $\psi(x)$ تابع موجک است اگر و فقط اگر تبدیل فوریه آن $\Psi(\omega)$، شرط زیر را ارضا کند.

$$\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{|\Psi(\omega)|}{|\omega|^2}d\omega<+\infty \qquad (۱)$$

این شرط با عنوان شرط پذیرفتگی[2] برای موجک $\psi(x)$ شناخته می‌شود. رابطه فوق را می‌توان معادل با فرمول زیر دانست:

$$\Psi(0)=\int_{-\infty}^{+\infty}\psi(x)dx=0 \qquad (۲)$$

این ویژگی تابع با میانگین صفر، چنان محدود کننده نبوده و توابع بسیاری را می‌توان بر اساس آن تابع موجک نامید. $\psi(x)$ تابع موجک مادر است که توابع مورد استفاده در تحلیل، با دو عمل ریاضی انتقال[3] و مقیاس[4] در طول سیگنال مورد تحلیل، تغییر اندازه و تغییر محل می یابند.

$$\psi_{a,b}(x)=\frac{1}{\sqrt{a}}\psi\left(\frac{x-b}{a}\right) \qquad (۳)$$

در نهایت ضرایب موجک در هر نقطه از سیگنال (b) و برای هر مقدار از مقیاس (a) با رابطه زیر قابل محاسبه‌اند:

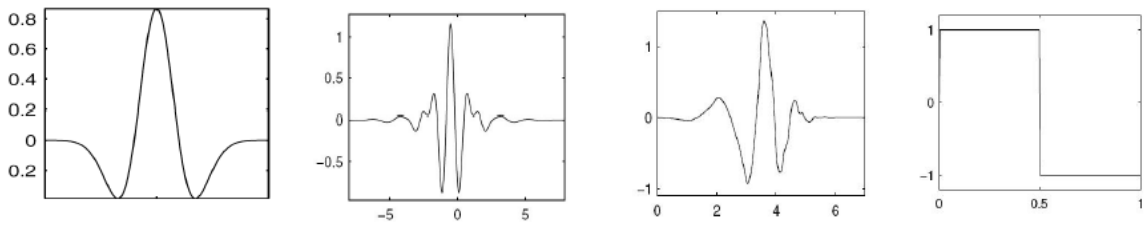
$$CWT(a,b)=Wf(a,b)=\frac{1}{\sqrt{a}}\int_{-\infty}^{+\infty}f(x)\psi\left(\frac{x-b}{a}\right)dx=\int_{-\infty}^{+\infty}f(x)\psi_{a,b}(x)dx \qquad (۴)$$

1- Wavelet analysis
2 - Admissibility
3 - Translation
4 - Dilation

Archive of SID

www.SID.ir

انتقال در تبدیل موجکی نشان دهنده موقعیت پنجره است. در این روش نیز یک تابع پنجره در نظر گرفته شده و در موج مورد نظر ضرب می‌شود. بر خلاف تبدیل قطعه‌ای، در تبدیل پیوسته موجکی پهنای تابع پنجره متغیر می‌باشد، به طوری که برای هر مؤلفه موج می‌توان عرض مناسبی را انتخاب کرد. این موضوع مهمترین ویژگی تبدیل موجکی است. مقیاس به طور ساده به معنای کشیده شدن یا فشرده شدن موجک می‌باشد. همان‌گونه که در نقشه‌ها مقیاس بزرگ متناظر با نشان ندادن جزئیات کلی است، در این‌جا نیز مقیاس بزرگ متناظر با نشان ندادن جزئیات موج، و مقیاس کوچک متناظر با نشان دادن جزئیات موج است. به طور مشابه در جملات فرکانسی، فرکانس پائین (مقیاس بزرگ) متناظر با اطلاعات کلی موج می‌باشد که معمولاً اندازه موج داخلی است، در حالی که فرکانس‌های بزرگ متناظر با جزئیات اطلاعات پوشیده در موج است که معمولاً در یک زمان کوتاه به طول می‌انجامد. همچنین انتقال موجک به طور ساده به مفهوم به تأخیر انداختن یا جلو انداختن موجک و بیان کننده موقعیت موجک بر روی محور زمان است. توابع موجک‌ها دارای انواع بسیاری هستند که در شکل ۱ نمودار تابع نمونه‌هایی از آنها نشان داده شده اند(نورانی و همکاران، ۱۳۸۷).



(ت) (پ) (ب) (الف)

شکل ۱: نمودار (**الف**) تابع موجک Haar (**ب**) تابع موجک db4 (**پ**) تابع موجک Meyer (**ت**) تابع موجکMexican hat

اهمیت تبدیل موجک

تبدیل موجک یکی از تبدیل‌های ریاضی کارآمد در زمینه پردازش سیگنال می‌باشد. اصولاً تبدیل‌های ریاضی برای بدست آوردن اطلاعات اضافی از سیگنال که از خود سیگنال قابل دستیابی نیستند استفاده می‌شوند. برای پردازش سیگنال، شمار زیادی از تبدیلات ریاضی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که در میان آنها تبدیل فوریه مشهورترین آنها به شمار می‌آید. تبدیل فوریه برای تبدیل یک سیگنال از قلمرو زمانی به قلمرو فرکانسی بکار می‌رود. به عبارت دیگر پس از اعمال تبدیل فوریه، در صورت رسم تابع تبدیل شده یک محور نشانگر فرکانس و محور دیگر نشانگر شدت یا دامنه[1] خواهد بود. این گراف می‌تواند نشان دهد که از هر فرکانس، چه مقدار در سیگنال اولیه وجود دارد. تبدیل فوریه اطلاعات مربوط به فرکانس‌های موجود در یک سیگنال را ارایه می‌دهد در حالی که از زمان رخ دادن یک فرکانس خاص هیچ اطلاعی بدست نمی‌دهد. اگر سیگنال از نوع ایستا[2] باشد، به این اطلاعات نیازی نیست. در این حالت محتوای فرکانسی سیگنال در طول زمان تغییر نمی‌کند و محتوای فرکانسی ارایه شده بوسیله تبدیل فوریه، برای تمام طول سیگنال معتبر می‌باشد. در مواردی که سیگنال غیرایستا می‌باشد، آگاهی داشتن از زمان رخ دادن یک فرکانس خاص اهمیت می‌یابد. با توجه به آن که سیگنال فرایندهای هیدرولوژیکی عموماً غیرایستا بوده و محدوده وسیعی از مقیاس (از چند دقیقه تا چندین سال) را شامل می‌شوند به همین دلیل از تبدیل موجک به منظور رفع بعضی از کاستی‌های تبدیل فوریه استفاده می‌شود لذا می‌توان از تبدیل موجک که قابلیت تجزیه سری زمانی به چندین زیرسری زمانی با مقیاس‌های مختلف را

1 - Amplitude
2 - Stationary

www.SID.ir

دارد، استفاده کرد و با مطالعه زیرسری‌های زمانی منتجه از سری زمانی کلی رفتار کوچک مقیاس و بزرگ مقیاس یک فرایند هیدرولوژیکی را مورد آنالیز قرار داد (نورانی و همکاران، ۱۳۸۷).

سری‌های زمانی

تحلیل سری‌های زمانی به طور نظری و عملی از سال ۱۹۷۰ به بعد برای پیش بینی و کنترل به سرعت توسعه پیدا کرده است. این تحلیل معمولاً به داده‌هایی مربوط می‌شود که مستقل نبوده و به طور متوالی به هم وابسته‌اند. همین وابستگی بین مشاهدات متوالی است که مورد توجه قرار گرفته و بیشترین کاربرد آن در پیش بینی می‌باشد. توابع سری‌های زمانی برای یک مجموعه از داده که به طور متوالی به دست آمده‌اند به صورت زیر نمایش داده می‌شود (نیکو و همکاران، ۱۳۸۸):

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 T^1 + \alpha_2 T^2 + ... + \alpha_n T^n \quad (۵)$$

در رابطه بالا ضرایب α_0، α_1، α_2 و ... α_n را از طریق تابع خود همبستگی[1] می‌توان به دست آورد. برای آن که به توان تأثیر یک سری زمانی را بر روی سری زمانی دیگر به دست آورد باید از تابع همبستگی عرضی[2] استفاده کرد که در این حالت بازه زمانی مؤثر به صورت زیر به دست می‌آید:

$$-(10+\sqrt{n}) \le K \le +(10+\sqrt{n}) \quad (۶)$$

که در آن K تأخیر زمانی[3] مؤثر در سری زمانی پائین دست و N تعداد داده‌های مشاهده‌ای در سری‌های زمانی می‌باشد. جهت ایستا سازی سری زمانی یک‌جا نرمال شده نیاز به بررسی ترکیب‌های مختلف فصلی و غیرفصلی تفاضل-گیری سری زمانی می‌باشد. فرایند تفاضل‌گیری عبارت از کم کردن عناصر سری زمانی از یکدیگر با زمان‌های تأخیر فصلی و غیرفصلی و سپس برازش مدل سری زمانی بر سری تفاضل‌گیری شده حاصله و نهایتاً بازگشت به حالت ابتدایی از طریق فرایند جمع بستن می‌باشد که این عمل موجب حذف عناصر غیر ایستا کننده سری زمانی می‌شود. بررسی‌ها نشان دهنده این است که ترکیب همزمان تفاضل گیری فصلی و غیرفصلی با گام یک، حالت تناوبی را به طور کامل حذف می‌نماید. در اینجا به معرفی برخی از مدل‌های سری زمانی می‌پردازیم:

- مدل خود همبسته میانگین متحرک تلفیق شده فصلی[4]

باکس و همکاران (۱۹۹۴) با ترکیب مدل‌های فصلی و غیرفصلی، مدل‌های موسوم به آریمای فصلی مکثر۵ را که به ساریما معروف است معرفی کردند. در کل این مدل به صورت $ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s$ نامیده می‌شود که عبارت (p,d,q) بخش غیرفصلی مدل و عبارت $(P,D,Q)_s$ بخش فصلی مدل است که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\phi_p(B)\phi_P(B^s)\nabla^d\nabla_s^D Z_t = \theta_q(B)\Theta Q(B^s)a_t \quad (۷)$$

در رابطه بالا p درجه اتورگرسیو غیرفصلی، d درجه تفاضل‌گیری غیرفصلی، q درجه میانگین متحرک غیرفصلی، P درجه اتورگرسیو فصلی، D درجه تفاضل گیری فصلی، Q درجه میانگین متحرک فصلی و S طول فصل است(طوفانی و همکاران، ۱۳۸۹).

1 - Auto Correlation Function-ACF
2 - Cross Correlation Function-CCF
3- Lag
4 - Sarima
5 - Multiplicative Seasonal ARIMA

Archive of SID

www.SID.ir

- مدل باکس- جنکینز[1]

مدل باکس–جنکینز یک روش تکرار سه مرحله ای است. مرحله اول، مرحله شناسایی آزمایشی می‌باشد که با استفاده از توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی انجام می‌شود. در مرحله دوم یا مرحله تخمین، پارامترهای مدل تخمین زده می‌شود و مرحله سوم، مرحله تشخیص دقت برازش نام دارد که در این مرحله کفایت و مناسب بودن شناسایی آزمایشی و تخمینی مدل توسط تست‌های آماری نظیر استقلال مقادیر خطای مدل، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. زمانی که مدل نهایی بعد از تعدیل و تصحیح به دست آمد، از آن به منظور پیش بینی مقادیر آینده سری زمانی استفاده می‌کنیم. لازم به ذکر است که قبل از مدل‌سازی باید آزمون داده‌های پرت، همگنی و سازگاری داده‌ها، نرمال بودن داده‌ها و استقلال داده‌ها بر روی داده‌های مورد استفاده انجام شود (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۸).

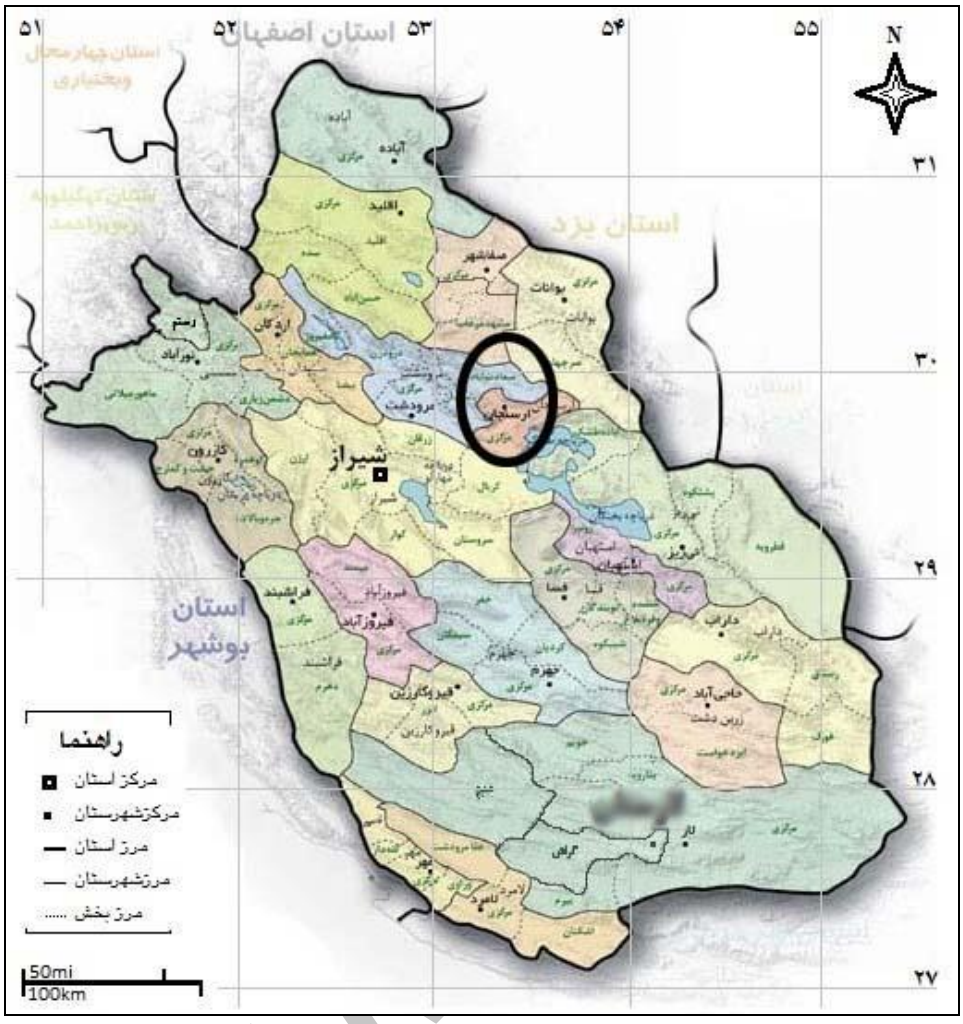
مناطق مطالعاتی و داده‌های مربوطه

سعادت‌شهر بخش مرکزی شهرستان پاسارگاد در استان فارس بوده و در ۱۰۵ کیلومتری شمال‌شرقی شهرستان شیراز قراردارد. همچنین شهرستان پاسارگاد درمیان دو رشته کوه زاگرس واقع شده و از مناطق سردسیر استان فارس است. این شهرستان بین مدارهای ۳۰ درجه تا ۳۰/۲۰ درجه عرض شمالی و ۵۲/۴۵ درجه تا ۵۳/۳۰ درجه طول شرقی قرار دارد و ارتفاع متوسط آن از سطح آب‌های آزاد حدود ۱۷۰۰ متر است. این شهرستان از شمال به شهرستان‌های خرم‌بید و آباده، از غرب به شهرستان‌های اقلید و مرودشت، از جنوب به شهرستان مرودشت و از شرق به شهرستان ارسنجان محدود می‌باشد. آب و هوای این شهرستان به علت کوهستانی بودن در زمستان‌ها توأم با ریزش باران و برف و در تابستان‌ها معتدل می‌باشد. همچنین از نظر بارندگی بین ۱۸۰ تا ۳۸۰ میلی متر بارش سالانه دارد که عمدتاً به صورت باران و برف می‌باشد. تنها رود این منطقه رودخانه پلوار سیوند است که از کوه‌های جنوبی شهرستان خرم‌بید و سرحد چهار دانگه سرچشمه می‌گیرد و در جنوب شهر مرودشت به رود کر پیوسته و سپس به سوی دریاچه بختگان جریان پیدا می‌کند. همچنین شهرستان ارسنجان با وسعت ۱۴۹۶ کیلومتر مربع و در فاصله ۱۲۰ کیلومتری شمال‌شرقی شیراز قرار دارد. این شهرستان از غرب به شهرستان پاسارگاد و مرودشت، از شرق به شهرستان نی ریز، از شمال به شهرستان بوانات و پاسارگاد و از جنوب به شهرستان شیراز محدود است. مرکز این شهرستان ارسنجان است که در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۵ دقیقه و بلندی ۱۶۳۸ متر از سطح دریا واقع شده است. در شکل ۲ موقعیت مناطق مطالعاتی سعادت شهر و ارسنجان در استان فارس نشان داده شده است. همچنین در شکل‌های ۳ نمودار تغییرات متوسط ماهانه بارندگی برای سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ در مناطق مطالعاتی سعادت شهر و ارسنجان نشان داده شده است(گزارش مطالعات آب‌های زیرزمینی، ۱۳۸۷).

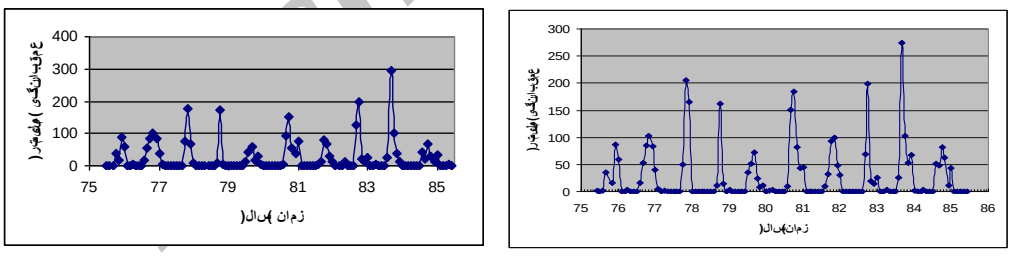
1 - Box and Jenkins

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲: موقعیت سعادت شهر و ارسنجان در استان فارس



(ب) (الف)

شکل ۳: تغییرات متوسط ماهانه بارندگی در (الف) سعادت شهر و (ب)ارسنجان

یافته‌ها

در این پژوهش از داده‌های واقعی بارندگی و نرمال نشده برای تجزیه موجک استفاده می‌شود. همچنین مراحل مختلف برازش یک مدل سری زمانی بر اطلاعات تاریخی ماهانه شامل نرمال سازی اطلاعات، تعیین نوع و مرتبه رویه تفاضل‌گیری جهت ایستا سازی سری زمانی، تعیین مرتبه و معرفی مدل‌های کاندید و آزمون‌های مختلف بر پسماندهای مدل‌های تحت بررسی می‌باشد.

www.SID.ir

برای نرمال سازی داده‌ها در سری‌های زمانی از تبدیلات باکس و کاکس[1] استفاده شده که در آن کل سری زمانی ماهانه به طور یک‌جا نرمال می‌شود. تبدیل‌های باکس و کاکس تبدیلاتی نهایی هستند که تابع احتمال اطلاعات تبدیل یافته را به تابع نرمال نزدیک می‌کنند. همچنین موجک میر[2]، به دلیل دارا بودن خواص عمود و شباهت با سری‌های زمانی مورد مطالعه انتخاب می‌گردد. سپس با استفاده از برنامه تهیه شده در نرم افزار مطلب، داده‌ها توسط موجک میر در مراحل مختلف تجزیه می‌شوند که بعد از ۸ مرحله دقت مورد نظر برای هر دو سری داده‌ها (برای مناطق سعادت شهر و ارسنجان) حاصل می‌گردد. سپس روی امواج حاصل از تجزیه، معادلات ریاضی مناسب برازش شده و در نهایت معادله کامل ریاضی حاکم بر سیگنال بدست می‌آید. داده‌های موجود به دو گروه ۸۰ و ۲۰ درصد تقسیم شده و برای آن ۸۰ درصد داده‌ها (از مهر ۱۳۷۵ تا شهریور ۱۳۸۳ شامل ۹۶ داده) تجزیه انجام می‌گردد و معادله‌های مناسب برازش داده می‌شوند. سپس با استفاده از معادله بدست آمده برای ۲۰ درصد داده‌ها (از مهر ۱۳۸۳ تا شهریور ۱۳۸۵ شامل ۲۴ داده) پیش بینی صورت می‌گیرد. همچنین لازم به توضیح است که مدل $SARIMA(1,0,0)(1,0,1)_{12}$ به عنوان مدل مطلوب سری زمانی انتخاب شده و پیش بینی‌ها نیز بر این اساس انجام گردید. نتایج حاصل از مدل‌سازی بارندگی در مناطق سعادت شهر و ارسنجان توسط سری‌های زمانی مورد استفاده و موجک در جدول ۱ خلاصه شده است. همان‌گونه که از این جدول مشخص می‌شود تجزیه سیگنال به وسیله موجک سبب افزایش دقت پیش بینی می‌گردد که این موضوع با مقایسه ضرایب تعیین (R^2) در روش‌های مختلف مشخص می‌شود. در مقایسه بین دو سری زمانی نیز مدل ساریما ضریب تعیین بیشتری را نسبت به مدل باکس–جنکینز نشان می‌دهد. لازم به توضیح است که در جدول ۱، y مقدار بارندگی پیش بینی شده و x مقدار بارندگی اندازه گیری شده می‌باشد.

جدول ۱: نتایج حاصل از مدلسازی بارندگی در مناطق سعادت شهر و ارسنجان

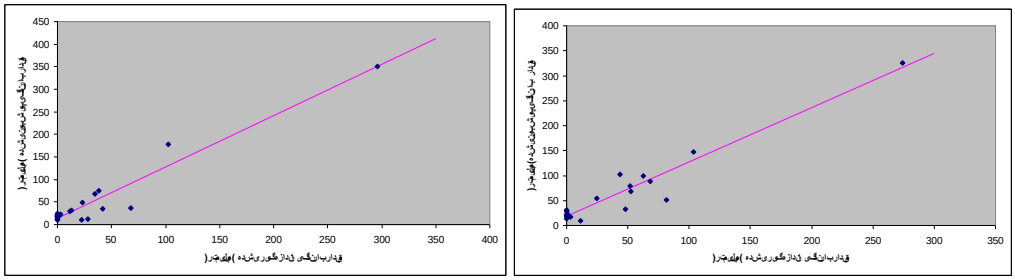
منطقه، مدل مورد استفاده	رابطه مناسب برازش شده	ضریب تعیین (R^2)
سعادت شهر، موجک	y =۱۸/۰۳۲+۱/۰۸۶۷x	۰/۸۱۹۵
سعادت شهر، ساریما	y =۱۸/۹۳۶+۱/۱۰۲۷x	۰/۷۷۶۷
سعادت شهر، باکس–جنکینز	y =۲۱/۰۴۱+۱/۱۱۰۶x	۰/۷۲۲۷
ارسنجان، موجک	y =۱۳/۶۵۷+۱/۱۳۶۳x	۰/۸۲۴۸
ارسنجان، ساریما	y =۱۵/۱۹۲+۱/۱۶۵۸x	۰/۷۷۳۱
ارسنجان، باکس–جنکینز	y =۱۵/۴۵۹+۱/۱۷۲۵x	۰/۷۵۳۶

همچنین در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ نمودار همبستگی بین مقادیر بارندگی اندازه گیری شده (x) و پیش بینی شده (y) با روش‌های تئوری موجک، ساریما و باکس–جنکینز برای مناطق سعادت شهر و ارسنجان برای ۲۰ درصد داده‌ها (از سال ۱۳۸۳ تا سال ۱۳۸۵) نشان داده شده است که نتایج جدول ۱ را تأیید می‌کنند، به عبارت دیگر در مناطق ارسنجان و سعادت شهر به ترتیب مدل‌های موجک، سری زمانی ساریما و سری زمانی باکس–جنکینز بیشترین دقت را در پیش بینی بارندگی ماهانه نشان می‌دهند. لازم به توضیح است که قبل از این برتری مدل سری زمانی ساریما بر مدل سری زمانی باکس–جنکینز در مطالعات شریفان و قهرمان برای پیش بینی بارندگی ماهانه چهار ایستگاه فاضل آباد، گرگان، مراوه تپه و ترشکلی در استان گلستان (شریفان و قهرمان، ۱۳۸۶) و برتری مدل موجک بر مدل سری زمانی ساریما برای پیش بینی بارندگی ماهانه در ایستگاه زرینگل استان گلستان (طوفانی و همکاران، ۱۳۸۹) حاصل شده بود.

1 - Box and Cox
2 - Meyer

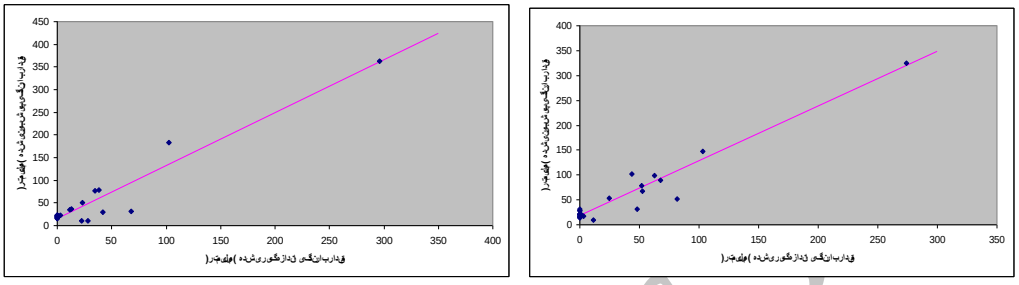
Archive of SID

www.SID.ir



(ب) (الف)

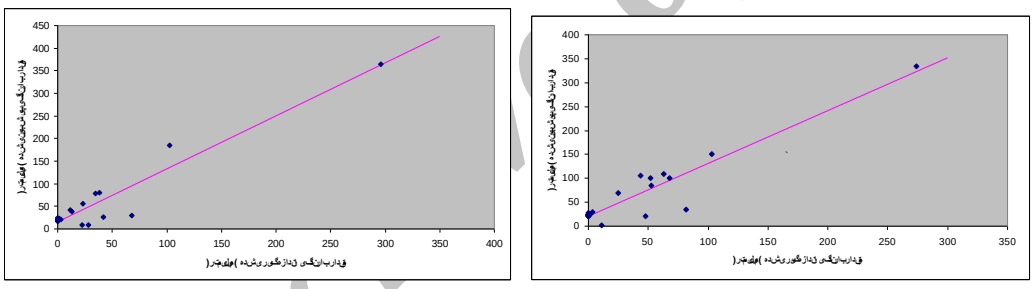
شکل ٤: نمودار همبستگی بین مقادیر بارندگی اندازه گیری شده و پیش بینی شده- مدل موجک (الف) سعادت شهر (ب) ارسنجان



(ب) (الف)

شکل ٥: نمودار همبستگی بین مقادیر بارندگی اندازه گیری شده و پیش بینی شده- مدل ساریما

(الف) سعادت شهر (ب) ارسنجان



(ب) (الف)

شکل٦: نمودار همبستگی بین مقادیر بارندگی اندازه گیری شده و پیش بینی شده، مدل باکس-جنکینز(الف) سعادت شهر (ب) ارسنجان

Archive of SID

قدردانی

این مقاله بخشی از طرح پژوهشی است که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان و با حمایت حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه انجام شده است و بنابراین از حوزه محترم پژوهشی دانشگاه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- سلطانی، س. افضلی مهر، ح. و حیدرپور، م.، (۱۳۸۸):"پیش بینی حداکثر دبی لحظه‌ای سالانه رودخانه طالار با استفاده از مدل‌سازی باکس-جینکنز،" CD مجموعه مقالات هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- شریفان، ح. و قهرمان، ب.، (۱۳۸۶): "ارزیابی پیش بینی باران با به کارگیری تکنیک SARIMA در استان گلستان،" مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۴، شماره سوم، مرداد-شهریور، ص. ۱۹۶-۲۰۹.

www.SID.ir

۳- شهابفر، ع. و قیامی، ع. ،(۱۳۸۰): "ارزیابی روش‌های نکوئی برازش توابع توزیع‌های آماری و استفاده از سری‌های زمانی جهت پیش بینی بارندگی سالانه شهر مشهد،" مجموعه مقالات کنفرانس بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، ص. ۸۱-۹۳,
۳- طوفانی، پ.، مساعدی، ا.، فاخری فرد، ا.، دهقانی، ا. و حسام، م.، (۱۳۸۹): "پیش بینی بارش‌های ماهانه با استفاده از تئوری موجک و سری‌های زمانی،"CD مجموعه مقالات اولین همایش ملی توسعه منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز.
۴- گزارش مطالعات آب‌های زیرزمینی دشت‌های سعادت شهر و ارسنجان، (۱۳۸۷): شرکت مهندسین مشاور فارساب صنعت، شیراز.
۵- عاملی، س. و ثنایی نژاد،ح.، (۱۳۸۹): "مدل‌سازی داده‌های بارندگی در دشت مشهد با استفاده از تبدیلات موجک،" CD مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی مدل‌سازی گیاه، آب، خاک و هوا، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
۶- نورانی، و.، حسن زاده، ی.، کماسی، م.، و شرقی،ا.، (۱۳۸۷): "مدل‌سازی بارش-رواناب با مدل ترکیبی موجک-شبکه عصبی مصنوعی،" CD مجموعه مقالات چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، تهران.
۷- نورانی، و. و صالحی، ک.، (۱۳۸۷):" مدل‌سازی بارش-رواناب با استفاده از روش شبکه عصبی فازی تطبیقی و مقایسه آن با روش‌های شبکه عصبی استنتاج فازی،" چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، CD مجموعه مقالات چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران.
۸- نوری، م.، عبقری، ه.، تقی پور، س. و دیبایی،م.، (۱۳۸۸)،" پیش بینی سیلاب با استفاده از مدل جدید شبکه عصبی-موجکی شعاعی و رگرسیون امکانی فازی،" CD مجموعه مقالات هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۹- نیکو، م.، فتحیان، ح. و کمانبدست،ا.، (۱۳۸۸):" استفاده از سری‌های زمانی و الگوریتم ژنتیک در مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی تکاملی برای روندیابی سیلاب در رودخانه،" CD مجموعه مقالات هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.

11- Box, G.E.P. and Jenkins, G.M. (1994):"Time Series Analysis", Forecasting and Control, Prentice-Hall.
12- Denyanov, V., Soltani, S., Kanevski, M., Conu, S., Maignan, M., Savelieva, E., Tinonin, V., Pisaren K, V. (2001): "Wavelet Analysis Residual kriging Vs. Neural Network Residual kriging," Stochastic Env. Res. & Risk Ass. 15, PP.18-32.
13- Jayawardena, A.W., Xu, P., Tsang, F.L.L. (2004): "Rainfall Prediction by Wavelet Decomposition,"WWW.Wrrc.Dpri.Kyotou.ac.Jp/~aphw/APHW2004/Proceedings/OHS/56-OHS-A1066/56-OHS A1066.Pdf.
14- Nakken, M. (1999): "Wavelet Analysis of Rainfall-Runoff Variability Isolating Climatic from Anthropogenic Patterns," Env. Modeling & Software, 14, PP. 283-295.

Archive of SID

www.SID.ir