ارزیابی مدلهای تصادفی سری زمانی در برآورد تبخیر از تشت (مطالعه موردی: ایستگاه شیراز)

نوذر قهرمان[۱]* و ابوذر قره خانی

استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی.دانشگاه؛ تهران؛ nghahreman@ut.ac.ir

دانش آموخته هواشناسی کشاورزی دانشگاه تهران؛ gharehkhani@ut.ac.ir

چکیده

تبخیر از تشت یکی از مولفه‌های مهم و تاثیر گذار در برنامه ریزی و مدیریت منابع آب می‌باشد و برآورد آن در مقیاسهای زمانی مختلف ، به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای جوی، از اهمیت ویژه‌ای در برنامه ریزی آبیاری در کشاورزی برخوردار است. یکی از روش‌های مطالعاتی بررسی تغییرات تبخیر تعرق و پیش بینی، روش سری‌های زمانی می‌باشد. برای این منظور، روشها و مدلهای مختلفی ارائه شده‌اند که از آن جمله می‌توان مدلهای سری زمانی AR، MA و ARIMA را برشمرد. در این تحقیق، عملکرد هریک از مدلهای یاد شده در برآورد و تخمین مقادیر آتی سری زمانی روزانه تبخیر از تشت در ایستگاه سینوپتیک شیراز طی دوره ۲۰۱۰- ۲۰۰۶مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل سری زمانی ARIMA(1,1,1) عملکرد بسیار بهتری نسبت به سایر مدلهای ARIMA دارد و روند تغییرات سری زمانی را به خطای کمتری شبیه سازی می کند. در تحلیل آماری همبستگی مقادیر مشاهده شده و تخمین زده شده تبخیر از تشت، مقدار R (ضریب همبستگی) برابر ۰/۹۲ و مقدار RMSE برابر ۱/۶۴ میلیمتر بر روز به دست آمد. انجام مطالعات موردی مشابه در سایر مناطق اقلیمی کشور جهت اعتبار سنجی این مدلها توصیه می شود.

واژه های کلیدی: تبخیر از تشت، مدلهای سری زمانی، ARMA، ARIMA، AR

مقدمه

تبخیر از تشت یکی از مولفه‌های مهم و تاثیر گذار در برنامه ریزی و مدیریت منابع آب می‌باشد و از طرفی ایران کشوری خشک و نیمه خشک محسوب شده و مدیریت استفاده صحیح از منابع آبی ضروری است.

بنابراین، برنامه ریزی برای استفاده بهینه از منابع آبی با هدف رسیدن به توسعه پایدار حایز اهمیت است. پیش بینی تبخیر از تشت در مقیاسهای زمانی مختلف در هر منطقه اقلیمی خاص ،به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای جوی، از اهمیت ویژه‌ای در استفاده بهینه از منابع آبی برخوردار است. یکی از روش‌های مطالعاتی بررسی تغییرات و پیشبینی نیاز تبخیری جو ، روش تحلیل سری‌های زمانی می‌باشد.

(جاناتان، ۱۳۷۸) ضمن مروری بر کاربردهای تحلیل سری‌های زمانی در رشته‌های مختلف علوم مانند ژئوفیزیک، اقتصاد، مهندسی، ارتباطات، هواشناسی، اقلیم شناسی و ... توانمندی این تکنیک را نشان داد. تجریه و تحلیل سری‌های زمانی دو هدف را دنبال می‌کند: درک و مدلسازی ساز و کار تصادفی که منجر به رخداد مشاهدات یک سری می‌شود و پیش بینی مقادیر آینده سری که بر مبنای گذشته آن صورت می‌گیرد. آذر (۱۳۷۷) گزارش کرد که برای پیش‌بینی سری زمانی و تعیین مدل پیش بینی، فنون مختلفی وجود دارد که این فنون را می‌توان به دو دسته کمی و کیفی تفکیک کرد. کمی، مدلهای میانگین متحرک ساده و موزون، هموارسازی نمایی ساده و هالت وینترز، باکس جنکینز،

---

۱. نویسنده مسئول، آدرس: کرج- پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی. کدپستی ۳۱۵۸۷۷۷۸۷۱

* دریافت: بهمن ۱۳۸۹، پذیرش: مرداد ۱۳۹۰

خود همبستگی میانگین متحرک تلفیقی (ARIMA) و مدل‌های اقتصادسنجی و کیفی روش‌های دلفی، طوفان مغزی و گروه اسمی را شامل می‌شود. چنانچه تحلیل گر براساس رفتار مشاهده شده از سری زمانی و تجزیه و تحلیل اجزای آن بتواند مقادیر آینده را با استفاده از مبنای ریاضی پیش بینی کند، از مدل‌های کمی برای پیش بینی سری زمانی، بهره می گیرد. عزیزی و روشن (۱۳۷۸) عنوان نمودند که در بسیاری از موارد برای تصمیم گیری، اطلاعات کامل و دقیقی از گذشته در دست نیست یا محیط به گونه‌ای آشفته است که نمی‌توان اطلاعات گذشته را ملاک پیش بینی آینده قرار داد. در چنین شرایطی تحلیلگر به روش کیفی متوسل می‌شود.

باکس و جنکینز[1] (۱۹۷۶) در مطالعه‌ی خود، علت استفاده از مدل سازی آماری مدلهای میانگین متحرک تجمعی خود همبسته را ، وجود خود همبستگی در داده-های اقلیمی با دارا بودن اثر فصل و یا روند ذکر کرده و پیشنهاد کردند که به منظور تعیین اثر خود همبستگی‌ها (نظیر خود همبستگی موجود در داده‌های اقلیمی) از روش‌های ضربی اتورگرسیو و میانگین متحرک فصلی استفاده شود. سامانی و همکاران (۱۹۹۴) با استفاده از تحلیل خود- همبستگی، چگالی طیفی، همبستگی متقابل و طیف متقابل، سری های زمانی بارندگی، تبخیر و سطح آب زیرزمینی در چند چاه مشاهداتی در سفره آب آبرفتی دشت بهشهر- نکا واقع در سواحل دریای خزر را تحلیل کرده و توانمندی این مدل را نشان دادند.

محققان از روش‌های متعددی به منظور برآورد و پیش بینی تبخیر از تشت از جمله شبکه عصبی مصنوعی، روش‌های تجربی و رگرسیون چند گانه استفاده کرده‌اند. از جمله، در چندین مطالعه با استفاده از داده‌های روزانه هواشناسی(دما، باد، رطوبت نسبی، تابش خورشیدی وساعات آفتابی) پیش بینی تبخیر از تشت در مقیاس روزانه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام شده است . نتایج حاکی از دقت نسبی مدلهای شبکه عصبی مصنوعی بوده است. (۶۶،۴۴،۵۵). جاری و همکاران(۱۳۸۷) یک مدل شبکه عصبی برای برآورد تبخیر از سطح آزاد آب برای ایستگاه هواشناسی زهک گسترش دادند.

قهرمان و همکاران (۱۳۸۹) از مدل‌های رگرسیون چند گانه و تحلیل مولفه‌های اصلی جهت برآورد تبخیر از تشت در چند ایستگاه سینوپتیک ایران استفاده کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که استفاده از آنالیز مولفه‌های اصلی در برآورد تغییرات تبخیر از تشت قابل توصیه می‌باشد.

پادیلا و همکاران[2] (۱۹۹۶) مدل‌های استوکستیکی ARMA را برای تحلیل سری‌های زمانی دبی سه چشمه کارستی، اسپانیا و فرانسه به کار گرفتند نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که میتوان از مدلهای استوکستیکی بمنظور پیش بینی دبی استفاده کرد همچنین بهترین مدل ARMA را ارایه کردند. رئیسی (۱۳۸۰) با استفاده از روش‌های استوکستیک به مطالعه تغییرات آب و هوایی جنوب ایران پرداخت. وی با روش‌های آنالیز طیفی، داده‌های ۴۱ سال بارندگی و دمای شیراز را مورد بررسی قرار داد و مدل‌های مناسب بارندگی و دما را ارایه کرد. بیگلری و سامانی (۱۳۸۲) با استفاده از داده‌های دبی رودخانه کارون در ایستگاه های مختلف هیدرومتری و داده‌های بارندگی ایستگاه‌های هواشناسی در زیر حوضه‌های رودخانه کارون با استفاده از تحلیل سری‌های زمانی به بررسی عکس العمل تغییرات دبی نسبت به بارندگی پرداختند و در نهایت برای ایجاد یک سیستم مدیریتی پیش بینی دبی رودخانه با استفاده از مدل‌های ARIMA ارائه نمودند. بورلاندو و همکاران[3] (۱۹۹۶) از مدل‌های ARIMA جهت پیش بینی همزمان بارندگی‌های ساعتی استفاده کرده و مقادیر به دست آمده را با داده‌های باران سنجی مقایسه کردند. آن‌ها در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش تداوم بارندگی، پیش بینی‌ها روند دقیقتری داشته و با کوتاه‌تر شدن دوام بارندگی، اختلاف میزان باران پیش بینی از مقدار واقعی متناظر خود بیشتر می‌شود. اغلب تحقیقات صورت گرفته بر اساس این مدل شامل مواردی همچون تعیین مدل مناسب، تخمین پارامترهای مدل استخراج شده با حداکثر صحت و شبیه سازی متغیرهای مورد نظر با کمترین خطا استوار بوده است. پیش بینی دقیق و مناسب تبخیر از تشت نقش مهمی در آبیاری و مدیریت منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک دارد. پیش بینی این پارامتر می‌تواند نقش مهمی در مدیریت منابع آبی و سیاستگذاری‌های مربوط به کشاورزی و توسعه پایدار داشته باشد.

اکثر مطالعات مدل‌های استوکستیک و ARMA بر روی سری‌های زمانی فصلی و ماهانه بوده است و کمتر بر روی سری‌های زمانی روزانه متمرکز شده است در حالیکه برای مدیریت آبیاری و همچنین دور آبیاری نیاز است که میزان تبخیر بصورت روزانه بررسی گردد. هدف از این تحقیق، ارزیابی توانمندی مدلهای ARIMA در برآورد مقادیر

1. Box and Jenkins

2. Padilla
3. Burlando

روزانه تبخیر از تشت در یک دوره ۵ ساله (۲۰۱۰-۲۰۰۶) در ایستگاه سینوپتیک شیراز می باشد.

مواد و روشها

بمنظور انجام این مطالعه ایستگاه سینوپتیک شیراز انتخاب گردید این ایستگاه در عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۲۸ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۶ دقیقه و در ارتفاع ۱۴۸۴ متر از سطح دریا قرار گرفته است. شیراز بر اساس طبقه بندی اقلیمی دومارتن گسترش یافته(خلیلی ۱۳۷۶) در اشکوب نیمه خشک گرم قرار می‌گیرد. به منظور ارزیابی و مقایسهٔ عملکرد روشهای استوکستیک، از اطلاعات روزانه تبخیر از تشت ایستگاه سینوپتیک شیراز در سال ۲۰۰۶-۲۰۱۰ استفاده گردید. بررسی‌های عینی آمار منطقه مورد مطالعه نشان داد که هیچ گونه خلا آماری وجود ندارد و نیازی به بازسازی آمار نیست.

مدلهای همبستگی سری زمانی : AR- ARMA - MA

سری زمانی مجموعه ای از مشاهدات در طول زمان است. در هر سری زمانی، چند ویژگی وجود دارند که عبارتند از: ۱) واحد زمانی ثابت، ۲) مکان ثبت ثابت، ۳) فاصلهٔ زمانی ثابت بین مشاهدات و ۴) کمیت مشاهده ای ثابت در تمامی مشاهدات. مهمترین هدف از تجزیه و تحلیل یک سری زمانی، یافتن مدلی است که بتوان براساس مشاهدات موجود، اندازهٔ کمیت را در چند واحد زمانی آینده پیش بینی کرد. برای این منظور، مدلهای متعددی ارائه شده‌اند که از جمله پرکاربرد ترین‌های آن، مدلهای AR[1] (خود همبسته)، MA[2] (میانگین متحرک) و ARIMA[3] (خود همبسته-میانگین متحرک) می‌باشند.

پیش پردازش اطلاعات

۱. حذف مقادیر پَرت: با استفاده از توزیع t و با حداطمینان ۹۵٪، داده های پرت شناسایی شده و مقادیر آن‌ها با یک مقدار حاصل از میانیابی خطی جایگزین شد. هیچ یک از این داده ها در ارزیابی مدل سری زمانی در مراحل واسنجی و اعتبارسنجی مورد استفاده قرار نگرفتند.

۲. حذف روند از سری زمانی: هنگام فرمول بندی یک سری زمانی، ممکن است لازم باشد سری زمانی ایستا شود. ایستا کردن به معنی ایجاد نوعی تعادل در نوسانات سری است. روند حذف شده در انتها به سری شبیه سازی شده اضافه می‌شود. از جمله روندهای موجود می‌توان به روند خطی، روند تناوبی یا نمایی یا توانی از سری زمانی اشاره کرد.

۳. استاندارد سازی: روشهای مختلفی برای استاندارد کردن داده‌ها وجود دارد. از جمله، استاندارد کردن به نحوی که میانگین و انحراف معیار داده‌ها، به مقادیر مشخصی تبدیل شوند.

۴. تحلیل اجزاء اصلی: در پاره‌ای موارد، تعداد ابعاد بردار ورودی به یک تابع زیاد و اجزاء مختلف این بردار (ستونها یا متغیرها) بشدت به یکدیگر وابسته هستند. در چنین شرایطی بهتر است که ابعاد بردار ورودی کاهش داده شود.

روش ارزیابی مدل سری زمانی

باکس- کاکس[4](۱۹۶۴) گزارش کردند که یکی از شرایط اولیه استفاده از داده ها در مباحث سری زمانی، ایستا بودن آن هاست، در غیر اینصورت باید نا ایستایی رفع شود. برای ایستا نمودن داده ها در میانگین از روش تفاضلی و برای تبدیل پایداری در واریانس از روش باکس- کاکس استفاده نمود. نیرومند و بزرگ نیا (۱۳۷۲) گزارش کردند که در جهت مدلسازی از سری های زمانی، در اغلب موارد متخصصان از انواع متنوع مدل های ریاضی و آماری بهره می‌گیرند بطوری که همبستگی‌های موجود مابین زمان و مشاهدات مد نظر می باشد. مدل های سری زمانی عبارتند از:

۱- مدل تصادفی خود همبسته AR(P)

اساس این مدل بر پایه زنجیره مارکوف در زنجیره زمانی بنا شده است. یک سری زمانی از زنجیره مارکوف تبعیت می کند، اگر هر داده ثبت شده سری زمانی t با زمان قبل و یا زمان بعد از خود مرتبط باشد.

۲- مدل میانگین متحرک MA(q)

در این مدل متغیر در زمان t از روی مقدار تصادفی همان لحظه به علاوه q برابر مقدار تصادفی مربوط به زمان های قبل از t برآورد می شود.

۳- مدل خود همبسته- میانگین متحرک ARIMA(p,q)

هرگاه دو مدل قبل در یکدیگر ادغام شوند، مدل ARIMA با مرتبه p و q تصادفی مربوط به زمان های قبل از t برآورد می شود(معادله ۱).

$$Z_t=u+\sum_{i=1}^{p}(z_{t-i}-u)-\sum_{i=1}^{q}\theta_i\alpha_{t-i}+\alpha_t \qquad 1$$

که در آن: Zt: مقدار پیش بینی شده، Zt-i: اطلاعات مربوط به گذشته سری، u: میانگین سری، θ,α ضرایب مدل، at, at-i به ترتیب اغتشاش در حال و گذشته می باشد.

1. Autoregressive
2. Moving Average
3. Autoregressive Moving Average
4. Box and Cox

۴- مدل خود همبسته- میانگین متحرک تلفیق شده ARIMA(p,d,q)

از آنجا که برای استفاده از مدل های فوق باید فرآیند ایستایی برقرار باشد، از این رو باکس و همکاران[1] (۱۹۹۴) در شرایط ناایستایی، مدل ARIMA را با در نظر گرفتن مرتبه تفاضلی d ارائه نمودند.

نتایج و بحث

۱. توسعه مدل: جهت اطمینان از روند منطقی داده ها، در این مطالعه سری زمانی تغییرات روزانه تبخیر از تشت ایستگاه سینوپتیک شیراز در بازه زمانی ۲۰۰۶-۲۰۱۰ ترسیم گردید و مراحل چهار گانه مدلسازی بر روی آن صورت گرفت. به عنوان نمونه سری زمانی تبخیر از تشت ایستگاه سینوپتیک شیراز در دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۹ در شکل ۱ آمده است.

نتایج مدل سری زمانی

۱- **مرحله شناسایی الگو**: در این مرحله با رسم نمودارهای خود همبستگیش(ACF[2]) و خود همبستگی جزیی(PACF[3]) و آزمون بارتلت-لون ایستایی در میانگین و واریانس داده ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در صورت لزوم تفاضل مناسب سری برای ایجاد ایستایی و نرمال بودن در سری صورت میگیرد. در مرحله دوم ساختار همبستگی زمانی داده های تبدیل شده، بوسیله آزمون توابع خود همبستگی(ACF) و خود همبستگی جزیی(PACF) تعیین می شود. (باکس و جینکس،۱۹۷۶). سپس این اطلاعات برای تعیین شکل کلی مدل یک متغیره استفاده می شود. شکل ۲و ۳ نمودارهای ACF و PACF مربوط به سری زمانی تبخیر از تشت روزانه ایستگاه شیراز را نشان می دهد.

با توجه به شکل ACF سری مورد نظر به صورت ترکیبی از موجهای نمایی و سینوسی میرا می شود می‌تواند یک مدل MA را پیشنهاد کند و PACF در گام زمانی اول معنی دار است که می‌تواند یک مدل AR را پیشنهاد می کند. بنابراین ترکیبی از مدلهای AR و MA بصورت مدل آریمای مکثر برای مدلسازی پیشنهاد می‌گردد.

با توجه به تعداد گام های معنی دار در هر یک از نمودارهای ACF و PACF میتوان محدوده تغییرات مرتبه مدلها را بدست آورد و در نهایت با ترکیب آن به مدلهای داوطلب دست یافت. مدلی که حداقل AIC[4] را داشته باشد به عنوان بهترین مدل انتخاب می شود. فرمول ریاضی AIC به صورت زیر می باشد.(آکائیک، ۱۹۷۴).

$$AIC= -2Log\ L + 2m \qquad ۲$$

که $m=(p+q+P+Q)$ تعداد عبارات تخمین زده شده در مدل و L تابع درست نمایی مدل ARIMA می باشد. فرمول ریاضی SBC (سچوارز[5]، ۱۹۷۸) به صورت زیر است:

$$SBC= -2LOG\ L + m\ Ln(n) \qquad ۳$$

که n تعداد مشاهدات می باشد.

۲- **برازش الگو(برآورد پارامترها)**: در این مرحله با شناسایی الگوهاب مناسب در مرحله قبل، معنی داری مقادیر t و p متناظر بررسی شد و مدلی که دارای مجموع مربعات خطا(SSE[6]) و میانگین مربعات خطای(MSE[7]) کوچکتری بود، انتخاب گردید.

۳- **تشخیص درستی الگو**: جهت بررسی درستی مدل، نمودار باقیمانده ها از نظر نرمال بودن و ایستایی مورد ارزیابی قرار گرفت.

۴- **پیش بینی**: با استفاده از تبدیل باکس- کاکس، مقادیر سری داده های پیش بینی شده به مقادیر تبخیر از تشت تصحیح شدند. نتایج داده های تبخیر از تشت پیش بینی شده برای سال های مورد نظر ارزیابی شد. جهت مدل سازی تبخیر از تشت ایستگاه شیراز از نرم افزار MINITAB 14 (خرمی و بزرگ نیا ۱۳۸۶) استفاده گردید که اساس کار آن همان شیوه باکس – کاکس می باشد.

با استفاده از نمودار های ACF و PACF مدل های مختلف سری زمانی تبخیر از تشت به منظور تخمین این پارامتر هواشناسی تهیه گردید و با استفاده از این مدل ها تبخیر از تشت در منطقه مورد مطالعه پیش بینی گردید و با استفاده از معیار AIC و SBC بهترین مدل انتخاب گردید. با توجه به معیارهای مورد نظر بهترین مدل، مدلی است که دارای کمترین مقدار AIC و SBC باشد با توجه به این معیارها مدل ARIMA(1,1,1) بود که داری کمترین مقدار AIC و SBC هستند. نتایج مدل‌های مختلف سری های زمانی ARIMA و معیارهای AIC و SBC در جدول ۱ آمده است.

به منظور توسعه و ارزیابی مدل یکبار از همه داده‌ها استفاده شد و مدلسازی صورت گرفت و بار دیگر از ۳۰۰۰ داده اول برای توسعه مدل و از ۶۵۰ داده بعدی برای ارزیابی مدل استفاده گردید و مقادیر R و RMSE برای هر

1. Box
2. Autocorrelation Function
3. Partial Autocorrelation Function
4. Akaike Information Criterion
5. Schwarz
6. Sum Squared Error
7. Mean Squared Error

یک از مدل‌ها محاسبه گردید. با توجه به مقادیر R و RMSE مدلی که از همه داده‌ها استفاده گردید بهتر بود. با توجه به این معیارهای AIC و SBC مدل ARIMA(1,1,1) به عنوان بهترین مدل انتخاب گردید و مقدار تخمین زده شده توسط این مدل با مقادیر ثبت شده در ایستگاه شیراز مقایسه گردید. همانطور که در شکل ۴ آمده است مقادیر تخمین زده شده توسط مدل ARIMA(1,1,1) با روند کلی مقادیر ثبت شده مطابقت بهتری دارد. نمودار مقادیر تخمین زده شده توسط مدل و مقادیر ثبت شده در ایستگاه در شکل ۴ آمده است.

همبستگی مقادیر مشاهده شده و تخمین زده شده تبخیر از تشت ایستگاه سینوپتیک شیراز نیز ترسیم گردید که مقدار R برابر ۰/۹۲ و مقدار RMSE برابر ۱/۶۴ میلیمتر بدست آمد. همبستگی مقادیر مشاهده شده و تخمین زده شده تبخیر از تشت ایستگاه سینوپتیک شیراز شکل۵ آمده است.

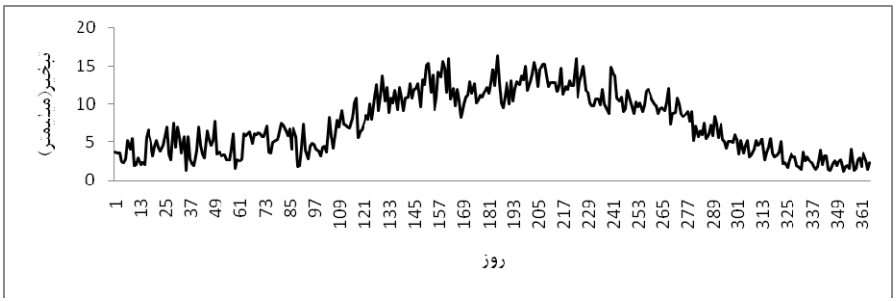
نتیجه گیری

کمبود آب در مناطق خشک و نیمه خشک یک عامل بازدارنده مهم در توسعه پایدار این مناطق محسوب می شود. ارایه روشی که بتواند پیش بینی مناسب و نسبتا دقیقی از میزان تبخیر از تشت را بدهد می تواند در شناسایی نیاز برای تحولات آینده از جمله مدیریت و حفاظت از منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک حائز اهمیت است. سری های زمانی به عنوان یک ابزار مناسب به منظور پیش بینی تبخیر از تشت و مدیریت منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله در ایستگاه مطالعاتی حاضر، از اولویت برخوردار هستند.

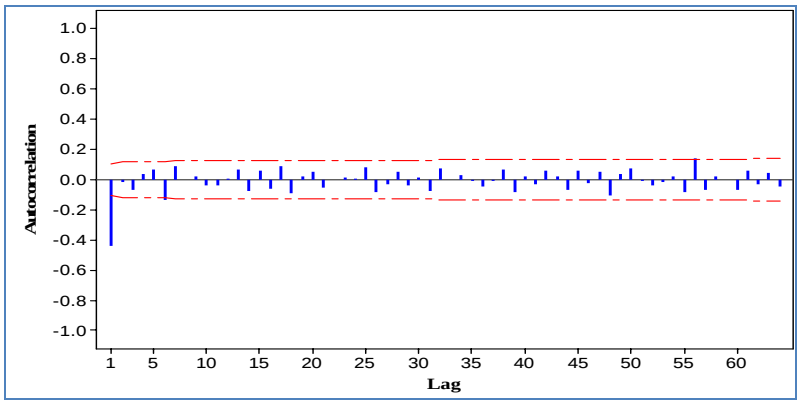
توانمندی مدل های سری زمانی ARIMA در تخمین میزان تبخیر از تشت تخمین در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفت. مدل سری زمانی ARIMA(1,1,1) نتایج بسیار بهتری نسبت به سایر مدلهای ARIMA دارد و روند تغییرات سری زمانی را بهتر شبیه سازی کرده و به خطای کمتری منجر می‌گردد. همچنین هیچ یک از مدلهای سری زمانی، برای پیش بینی‌های بلند مدت توصیه نمی‌شوند. استفاده از مدلهای سری زمانی (حتی مدل ARIMA) در پیش بینی‌های کوتاه مدت قابل توصیه است. در تمامی تکرارها و تمامی مدلها، نکتهٔ قابل توجه این است که عملکرد مناسب یک مدل در مرحلهٔ واسنجی، ضامن کیفیت عملکرد آن در مرحلهٔ اعتبارسنجی نمی‌باشد. لذا تکرار این پژوهش برای سایر مناطق اقلیمی کشور قویا توصیه می گردد.

جدول۱. مدل های مختلف ARIMA برای پیش بینی تبخیر از تشت ایستگاه سینوپتیک شیراز

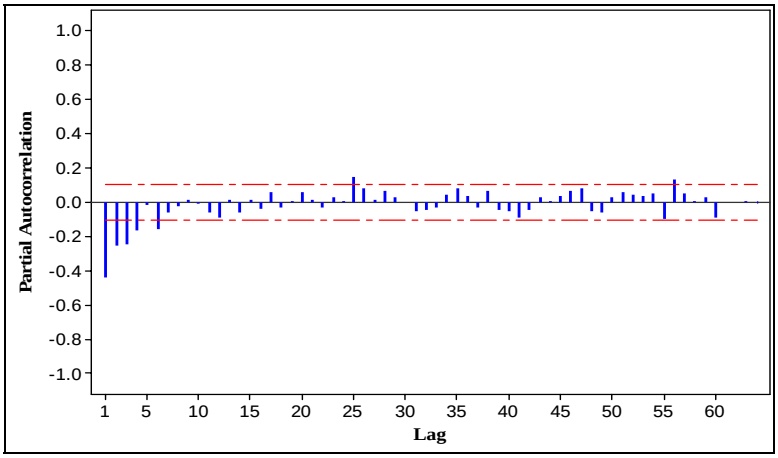
مدل	p	D	Q	AIC	SBC
ARIMA(1,0,0)	۱	۰	۰	۱۴۴۶.۴	۱۴۹۴.۱
ARIMA(1,0,1)	۱	۰	۱	۱۳۶۱.۴	۱۳۵۶.۲
ARIMA(1,1,0)	۱	۱	۰	۱۴۱۳.۹	۱۴۲۱.۴
ARIMA(1,1,1)	۱	۱	۱	۱۳۴۳.۲	۱۳۴۷.۶
ARIMA(2,0,0)	۲	۰	۰	۱۵۲۴.۳	۱۴۲۵.۱
ARIMA(2,0,1)	۲	۰	۱	۱۳۶۳.۸	۱۳۷۹.۳
ARIMA(2,1,0)	۲	۱	۰	۱۴۸۳.۶	۱۴۳۶.۵
ARIMA(2,1,1)	۲	۱	۱	۱۳۷۶.۱	۱۴۲۷.۲
ARIMA(3,0,0)	۳	۰	۰	۱۴۱۱.۳	۱۴۲۰.۲
ARIMA(3,0,1)	۳	۰	۱	۱۴۲۶.۴	۱۴۳۷.۲
ARIMA(3,1,0)	۳	۱	۰	۱۳۸۴.۶	۱۴۰۲.۷
ARIMA(3,1,1)	۳	۱	۱	۱۳۸۳.۱	۱۴۲۰.۳
ARIMA(4,0,0)	۴	۰	۰	۱۳۸۸.۶	۱۳۷۶.۱
ARIMA(4,0,1)	۴	۰	۱	۱۳۹۳.۶	۱۴۲۹.۴
ARIMA(4,1,0)	۴	۱	۰	۱۳۷۷.۵	۱۴۳۰.۵
ARIMA(4,1,1)	۴	۱	۱	۱۳۶۹.۳	۱۳۹۸.۴



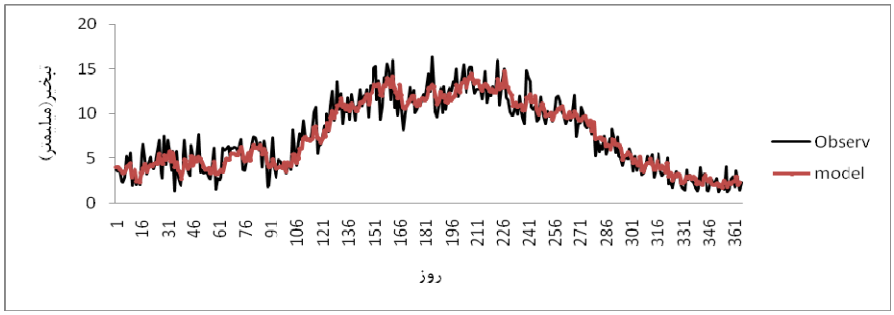
شکل۱. نمودار سری زمانی روزانه تبخیر از تشت ایستگاه سینوپتیک شیراز در سال ۲۰۱۰-۲۰۰۹



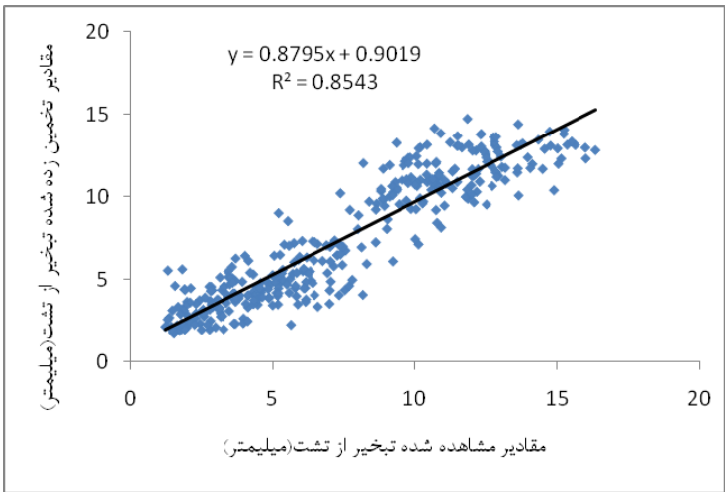
شکل ۲. نمودار خود همبستگی(ACF) سری زمانی روزانه تبخیر از تشت ایستگاه سینوپتیک شیراز.



شکل ۳. نمودار خود همبستگی جزئی(PACF) سری زمانی روزانه تبخیر از تشت ایستگاه سینوپتیک شیراز.



شکل۴. نمودار تغییرات مقادیر تخمین زده شده و مقادیر ثبت شده تبخیر از تشت در ایستگاه سینوپتیک شیراز.



شکل۵. همبستگی مقادیر مشاهده شده و تخمین زده شده تبخیر از تشت ایستگاه سینوپتیک شیراز

فهرست منابع

۱. آذر، ع. مومنی. م. ۱۳۷۷. آمار و کاربرد آن در مدیریت. چاپ اول. انتشارات سمت. تهران. ۲۱۴ ص.

۲. بیگلری، ب. و سامانی. م. ۱۳۸۲. بررسی سری زمانی بارس- رواناب سطح و مطالعات زمان تاخیر در حوضه آبریز بازفت. هفتمین همایش انجمن زمین شناسی ایران. دانشگاه اصفهان.

۳. جاری، م. افراسیاب. پ، پیری. ج، کیخا. غ. ۱۳۸۷. شبیه سازی تبخیر از ایستگاه هواشناسی زهک با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی. اولین کنفرانس بین المللی بحران آب.زابل

۴. جاناتان، د. ۱۳۷۸. تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی. ترجمه حسینعلی نیرومند. انتشارات دانشگاه مشهد. چاپ دوم.

۵. خلیلی، ع. ۱۳۷۶. طرح جامع آب کشور. جلد چهارم. مطالعات هواشناسی وزارت نیرو.

۶. خرمی، م. ا، بزرگ نیا. ۱۳۸۶. تجزیه و تحلیل سریهای زمانی با نرم افزار MINITAB 14 . انتشارات سخن گستر. ۳۳۶ صفحه.

۷. رئیسی، ع. ۱۳۸۰. استفاده از روش‌های استوکستیک در مطالعه تغییرات آب و هوایی جنوب ایران. دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم. سازمان هواشناسی کشور، تهران.

۸. عزیزی، ق. و روشن. ع. ا. ۱۳۷۸. بررسی خشکسالی‌ها- ترسالی‌ها و امکان پیش‌بینی آن‌ها با استفاده از مدل سری‌های زمانی هالت وینترز در استان هرمزگان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۹: ۶۲-۴۸.

۹. قهرمان، ن. قره خانی. ا، و بختیاری. ب. ۱۳۸۹. کاربرد مدل های رگرسیون چند گانه و تحلیل مولفه های اصلی در برآورد تبخیر از تشت در دو نمونه اقلیمی ایران. اولین کنفرانس بین المللی مدلسازی گیاه، آب، خاک و هوا. مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی.ماهان-کرمان

۱۰. نیرومند، ح. ا، بزرگ نیا. ۱۳۷۲. تجزیه و تحلیل سری های زمانی. چاپ اول انتشارات مشهد. ۲۹۰ص.

11. Akaike, H. 1974. A looks at the statistical model identification. IEEE Trans Automatic Control AC: 19,716-732.
12. Box, G. Jenkins, G. 1976. Time series analysis forecasting and control. Holden-Day, San Francisco.
13. Burlando, P. Montana A. and Raze, R. 1996. Forecasting of storm rainfall by combined use of radar, rain gages and linear models, Atmospheric Research, 42: 199-216.
14. Box, G. and Cox, D. R. 1964. An analysis of transformations, J. Roy. Stat. 26: 211- 252.
15. Box, G., Jenkinks, G. and Reinsel, G. 1994. Time series analysis: Forcasting and control. Third Edition, Holden-Day.
16. Keskin, M. and Terzi, Z. 2006. Artificial neural network nodels of daily pan evaporation. J. Hydrologic Engineering: 1, 11 22.
17. Padilla, A. Puldo-Bosch, A. Cavache, M. and Vallejos, A. 1996. The ARMA model applied to the flow of Karst Spiring. Water resources bulletin. 32: 917-928.
18. Rahimi Khoob, A. 2008. Comparative study of Hargreaves and artificial neural networks methodologies in estimating reference evaporation in a semiarid environment. Irrigation Sci: 26, 253-259.
19. Samani, N. Raeissi, E., and Soltani, A. 1994. Modeling the stochastic behavior of the Fars river. J. Sciences. IRI. 5: 49-58.
20. Schwartz, G. 1978. Estimating the dimension of a model. Ann Stat, 6,461-464.
21. Zanetti, S. and Sousa, E. 2007. Estimating evapotranspiration using artificial neural network and minimum climatologically data. J. Irrig and Drain Enging: 133, 83-89.