

Research Article

Agricultural Engineering.,45(1) (2022) 79-95
DOI: 10.22055/AGEN.2022.39147.1621

ISSN (E): 2588-526X
ISSN (P): 2588-5944

Forecasting of short-term and mid-term variations of rainfall erosivity index using SARIMA

A. Khademalrasoul^{1,*} and H. Amerikhah²

1. Assistant Professor of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2. Scientific member of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Received: 10 November 2021

Accepted: 18 June 2022

Abstract

Introduction: Climate is one of the most effective factors on soil formation, evolution and degradation. It includes different parameters which are mainly based on precipitation and temperature. In recent years, the effects of global warming and climate change have been extremely enhanced. Climate change as an important phenomenon is effective on precipitation parameters including volume, intensity and concentration which are categorized in temporal and spatial variations. Quantifying the effects of climate change is important for identifying critical regions prone to soil erosion under a changing environment. Land-based ecosystems are influenced by patterns of air temperature and precipitation, which include daily and seasonal changes along with humidity and wind, and the nature of the land surface. Global climate change already has observable effects on the environment. Regarding the importance and effectiveness of climate factor and climate changes during the time, it is essential to focus on climate changes on water behavior at different scales. Indeed, precipitation parameters interacting with soil parameters are influencing runoff potential in the fields and watersheds. In this regard, Rainfall-runoff erosivity (R) is one key climate factor that controls water erosion. Universal soil loss equation (USLE) is the main common equation to predict soil loss, this equation consists of 5 factors which R-Factor (Rainfall erosivity factor) is one of the effective factors in this equation.

Material and Methods: Regarding the effect of climate on soil erosion processes, therefore, monitoring of climate is really important. In this study, in order to evaluate climate changes based on time series, four climatological stations including Ardal, Saman, Izeh, and Dehdez were selected. Using the statistical data of precipitation, calculation of eroding index was performed until 2017. The ACF (Auto Correlation Function) and PACF (Partial Auto Correlation Function) for precipitation data were prepared, afterwards the ADF test was performed at confidence levels of 1, 5 and 10 percentage. Then the suitable parameters for p, r and q were selected and the SARIMA (Seasonal auto-regressive integrated moving average) model was provided. The statistical analyses were performed with Stata SE, Minitab 18 and SPSS 19. Moreover, the graphical trends of rainfall as an index of precipitation and the rainfall erosivity factor (R-Factor) were presented. Also, the spatial distribution of R-Factor (in the form of GIS-Maps) were provided including three separated maps based on real data, 5 year predicted and 10 year predicted data. So there was a possibility to monitor and compare the spatial distribution of R-Factor at different time periods. Then based on the area, the percentage of rainfall erosivity index was calculated for the study area based on the real data, 5 year predicted and 10 year predicted data. In addition, the statistical parameters



including R-square, RMSE, P-value and so on were calculated for the best model (SAR12) regarding all climatological stations.

Results and discussion: Our results depicted that to present the trend of precipitation variations as erosive factor the ARIMA (0,0,1) \times (1,1,1)₁₂ was the best model. Also, the seasonal autoregressive moving average showed the variation of precipitation in the study area which located in the southwest of Iran. The results of modeling stated that reduction of precipitation for 5 and 10 year periods after 2017. According to amount of monthly simulated of precipitation, the amount of erodibility index was obtained in the area which illustrated the declining trend until 10 year. According to ADF test for all evaluated climatological stations the probability for Ardal was 0.34, for Dehdez was 0.425, for Saman was 0.345 and for Izeh was 0.177, therefore there was difference between climatological stations. Furthermore, the statistical analyses for SAR12 model revealed that the R-square for Ardal station was 0.492, for Dehdez was 0.716, for Saman was 0.651 and for Izeh was 0.576. Moreover, approximately 37 % of area has very low rate of erodibility index without previous occurrence.

Conclusion: Our results clearly confirmed the importance of climate factors and climate change during the time. As results illustrated regarding the variations of precipitation the R-Factor changed. Moreover, climate change is effective on spatial variations of crop cover in the watersheds. Climate change is capable to alter the crop cover patterns in the watersheds and the changes in crop cover distribution and runoff could change the soil erosion potential. Generally, based on results has to focus on water resources conservation in the study area to preserve soil and water against erosive forces and try to improve the vegetation cover because of decreasing of precipitation. In order to manage the soil resources, we need to monitor the climate changes in the watersheds and try to enhance the vegetation covers in the critical parts on the fields.

Key words: *Rainfall erosivity index, SARIMA model, precipitation forecasting, climate changes, dickey- fuller test*

پیش بینی تغییرات کوتاه مدت و میان مدت شاخص فرسایندگی باران با روش میانگین متحرک خود همبسته‌ی فصلی (SARIMA)

عطاله خادم الرسول^{۱*} و هادی عامری خواه^۲

۱- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۲- مربی گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۹

پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۳/۲۸

کلمات کلیدی:

شاخص فرسایندگی باران،

مدل SARIMA،

پیش بینی بارش،

تغییرات اقلیمی،

آزمون دیکی فولر

* عهده دار مکاتبات

Email:

akhademalrasoul@scu.ac.ir

چکیده

اقلیم یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر فرایندهای تشکیل، تکامل و تخریب خاک است که با توجه به تأثیر آن بر رخدادهای فرسایشی، پایش دائمی آن اهمیت دارد. در این پژوهش به منظور ارزیابی تغییرات اقلیمی در قالب سری‌های زمانی چهار ایستگاه هواشناسی شامل اردل، سامان، ایذه و دهدز به‌عنوان ایستگاه‌های مطالعاتی منتخب مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی آماری داده‌های بارش در ایستگاه‌های منتخب، محاسبه‌ی شاخص فرسایندگی باران از ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۱۷ انجام شد. پس از تحلیل روند داده‌ها و بررسی ایستایی داده‌های بارش، نمودارهای تابع خود همبسته (ACF) و تابع خود همبسته جزئی (PACF) ترسیم شد، سپس آزمون دیکی فولر (ADF) در سطوح اطمینان ۱، ۵ و ۱۰ درصد صورت پذیرفت. در مرحله‌ی بعد، عملیات ایستا نمودن داده‌های نایستا و یافتن پارامترهای مناسب p ، q و d انجام شده و مدل Seasonal auto-regressive integrated moving average (SARIMA) تهیه و ایجاد شد. ارزیابی‌های آماری توسط نرم-افزارهای StataSE، Minitab 18 و SPSS 19 صورت گرفت. نتایج نشان داد که جهت آشکارسازی روند تغییرات بارش، مدل ARIMA $(1,1,1) \times (0,0,1)$ دارای بیشترین نیکویی برازش است. همچنین روش میانگین متحرک خود همبسته‌ی فصلی به‌خوبی تغییرات بارش را در منطقه‌ی مطالعاتی واقع در جنوب غرب ایران نشان داد. نتایج حاصل از مدل برازش شده حاکی از احتمال کاهش در میزان بارش سالیانه طی دوره‌های زمانی ۵ و ۱۰ ساله پس از سال ۲۰۱۷ می‌باشد. با توجه به مقادیر بارش ماهیانه شبیه-سازی شده، مقدار شاخص فرسایندگی در منطقه به دست آمد که کاهش ضریب فرسایندگی باران طی دوره‌های ۱۰ تا ۱۰ سال آینده را بیان می‌نماید. همچنین حدود ۳۷ درصد کل منطقه دارای شاخص فرسایندگی بسیار کم است که تاکنون در منطقه تجربه نشده است. بدین ترتیب بر اساس نتایج حاصله باید اقدامات در راستای مدیریت حفظ منابع آب منطقه پیش برود و با توجه به روند کاهشی بارش‌های پیش‌بینی شده تا ۱۰ سال آینده در نتیجه به بهبود و تقویت پوشش گیاهی نیز کمک نمود.

مقدمه

حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی کارون بزرگ یکی از حوضه‌های باز ایران است که با مساحت ۶۷۲۵۷ کیلومتر مربع و رودخانه‌ی اصلی کارون شامل بخش عمده‌ی مساحت استان چهارمحال و بختیاری، بخش‌های بزرگی از استان‌های لرستان و خوزستان و بخش‌هایی از استان‌های مرکزی، اصفهان، کهگیلویه و بویراحمد و فارس است. رودخانه‌ی کارون در استان خوزستان حجم عظیمی از رسوبات را از حوضه‌ی آبرگیر خود در استان خوزستان و دو استان مجاور به پایین دست منتقل می‌کند. با وجود ایجاد سدهای بزرگ و قابل اطمینان بر مسیر این رودخانه، وقوع گاه و بیگاه سیلاب‌ها، منجر به فرسایش خاک در اراضی بالادست رودخانه می‌شود. فهم و پیش‌بینی بارش به عنوان موتور اصلی محرک فرسایش آبی منجر به درک بهتر وضعیت آینده و امکان مدیریت رسوبات حاصل از فرسایش می‌شود. تجزیه و تحلیل ویژگی‌ها و پیش‌بینی دقیق رواناب و رسوب ورودی یک مخزن از اهمیت زیادی برای بهره‌برداری مخزن برخوردار است. با آگاهی از مشخصات رواناب و رسوب ورودی، تنظیم‌کننده می‌تواند دبی مخزن را تنظیم کند تا منبع آب را تضمین نماید و رسوب بیشتری را در زمان مناسب، شستشو دهد. بدین ترتیب با آگاهی از این شرایط می‌توان برای حفظ بهره‌وری اقتصادی نیروگاه‌های برق-آبی و حفاظت از عرصه‌های مدیریتی منابع خاک اقدام نمود. مطالعات پیرامون پیش‌بینی رواناب و فرسایش در طولانی‌مدت گزارش شده است، با توجه به پویایی فرسایش خاک در بلندمدت (سیواکومار و همکاران^۱، ۲۰۰۱)، ویژگی‌های آماری رخدادهای بارش (اسمیت و همکاران^۲، ۱۹۹۹؛ ابروین و همکاران^۳، ۱۹۹۲) و ماهیت مدل‌های هیدرولوژیکی مفهومی (دروز، ۲۰۰۱؛ چنتریس، ۱۹۹۰) لذا انتخاب روش‌های کارآمد پیش‌بینی رخدادهای فرسایش و رسوب همواره یک چالش قابل توجه است. از جمله روش‌های پیش‌بینی فرسایش و رسوب، روش‌های تجربی و آماری هستند. روش‌های

هیدرولوژیکی و ریاضی به سوابق داده‌های طولانی مدت نیازمند هستند و در آنها هیدرودینامیک هر حالت انتقال رسوب نیز باید در نظر گرفته شود. به طور کلی، تخمین فرسایش و بار رسوب معلق در وضوح بالا بسیار دشوار است (فورمن و همکاران^۴، ۲۰۰۰)، زیرا بستگی به در دسترس بودن وضعیت زهکشی اراضی با وضوح بالا و اندازه‌گیری غلظت رسوب معلق دارد که غالباً در دسترس نیستند (پارتال و همکاران^۵، ۲۰۰۸) و اندازه‌گیری‌های مستقیم برای انجام آنها بسیار پرهزینه است (سیواکومار، ۲۰۰۶). معادله‌ی جهانی هدررفت خاک به عنوان پرکاربردترین مدل برآورد فرسایش خاک در جهان (کینل، ۲۰۱۰) می‌تواند برای پیش‌بینی میانگین میزان فرسایش خاک متوسط بلندمدت مورد استفاده قرار گیرد. این مدل در شرایط میدانی بسیار مورد آزمایش قرار گرفته است و همین مسئله به آن اعتبار بخشیده است. معادله‌ی جهانی USLE از شش عامل تشکیل شده است که مقادیر عددی آن بسته به یک مکان خاص می‌تواند مشخص شود. معادله‌ی جهانی هدررفت خاک به صورت زیر تعریف شده است:

$$A=R*K*LS*C*P$$

مهم‌ترین عامل در این معادله شاخص فرساینده‌ی باران (R) است که به‌عنوان محرک اصلی آغاز فرسایش خاک تحت تاثیر عوامل دیگر است (کینل، ۲۰۱۰). باید توجه داشت در مقابل، مقادیر عامل فرسایش‌پذیری با استفاده از واسنجی در برابر داده‌های فرسایش اندازه‌گیری شده، به صورت تجربی تعیین می‌شوند و این بدان معنی است که اگر تغییری در تعریف عامل R ایجاد شود، باید مقادیر عامل فرسایش‌پذیری خاک (K-Factor) را مجدداً محاسبه نمود (نیبرینگ و همکاران^۶، ۲۰۱۷). عامل فرساینده‌ی به وسیله‌ی مولفه‌های بارش در منطقه تعیین می‌شود و تابع اقلیم است. اصولاً آگاهی از شرایط اقلیمی یا آب و هوایی هر منطقه‌ای نقشی مهم و کلیدی در پیش‌بینی روند وقوع فرسایش در آن منطقه دارد و زمانی که این الگوها در اختیار کارشناسان و مدیران اجرایی

4- Forman *et al.*5- Partal *et al.*6- Nearing *et al.*1- Sivakumar *et al.*2- Smith *et al.*3- Irvine *et al.*

حرکت متوسط (ARMA^۳) متغیر خودکار یکی از مدل‌های مهم پایه است. بارش باران و فرسایش و رسوب معمولاً تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرند و به‌حدی پیچیده هستند که روش‌های سنتی تحلیل رگرسیون به سختی می‌توانند آنها را به طور دقیق توصیف کنند. مدل‌های SARIMA به‌عنوان تکنیک‌هایی کارآمد و سودمند جهت مدل‌سازی سری‌های زمانی فصلی بر این محدودیت‌ها فائق می‌آید. در این نوع مدل‌ها میانگین و سایر آماره‌ها برای یک فصل مشخص و در طول سال غیر ثابت (non-stationary) می‌باشند و تغییر می‌نمایند. به بیانی ساده مدل SARIMA به‌عنوان توسعه یافته‌ی تکنیک‌های ARMA^۴ و ARIMA^۵ تعریف می‌شود و از کارایی قابل توجهی در ارزیابی تغییرات زمانی برخوردار است. با توجه به اهمیت پایش‌های اقلیمی جهت پیش‌بینی روند رخدادهای فرسایشی در حوضه‌های آبخیز، پژوهش حاضر با هدف برآورد تغییرات عامل فرسایشی تحت تأثیر تغییرات بارش در حوضه‌ی پایاب رودخانه‌ی کارون در دوره‌های زمانی ۵ و ۱۰ ساله انجام شد.

مواد و روش‌ها

موقعیت و ویژگی‌های اقلیمی منطقه‌ی مطالعاتی

منطقه‌ی مورد مطالعه در مرز استان‌های خوزستان و چهارمحال‌بختیاری در منطقه‌ای با مساحت تقریبی ۵۶۷۰ کیلومتر مربع محصور در منطقه‌ی جنوب سد زاینده‌رود تا شمال دریاچه‌ی سد‌های کارون ۲ و ۳ است. این منطقه که در مختصات بین $31^{\circ}33'48''$ تا $32^{\circ}25'40''$ عرض شمالی و $49^{\circ}50'44''$ تا $50^{\circ}51'55''$ طول شرقی قرار گرفته است در برگیرنده‌ی عمده‌ی سرشاخه‌های رودخانه‌ی کارون می‌باشد. الگوی بارش منطقه عمدتاً زمستانه بوده و به بارش‌های محدودتر ابتدای فصل بهار ختم می‌شود و توزیع نامناسب بارش در طول سال از ویژگی‌های شاخص الگوی بارش منطقه محسوب می‌شود. از دیدگاه اقلیمی و براساس شاخص

قرار بگیرند می‌توان با استفاده‌ی صحیح از آنها شیوه‌های مدیریتی مطلوبی نیز اتخاذ نموده و بدین ترتیب در حفظ منابع آب و خاک گام‌های موثری برداشت. پژوهش‌های انجام شده توسط پژوهشگران نشان داده است که در بستر زمان در عرض‌های متوسط آسیا هوا گرم‌تر و خشک‌تر خواهد شد (اسمیت و همکاران، ۱۹۸۸). ایران با قرار گرفتن در عرض‌های متوسط مورد بحث در بالا در حال تجربه‌ی تغییرات اقلیمی است که توجه به این تغییرات اقلیمی در زمینه‌های مختلف از جمله مدیریت منابع آب و خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. کشور ایران در حال حاضر در حال تجربه و گذار از یک خشک‌سالی ۳۰ ساله است که با توجه به طولانی بودن این بازه‌ی زمانی در نتیجه ضرورت دارد که در بخش اقدامات و تدابیر مدیریتی به طور خاص مورد توجه و ارزیابی قرار بگیرد (مدنی و همکاران^۱، ۲۰۱۶). بررسی روند تغییرات بارش در استان خوزستان توسط محققین نشان داد که قسمت‌های شمال شرق استان خوزستان و بالاخص ایستگاه ایذه کاهش معنی‌دار بارش در سطح یک درصد را داراست و از دیدگاه شاخص دومارتن این ایستگاه در حال گذر به دوره‌ی خشک‌تر به واسطه‌ی کاهش معنی‌دار شاخص دومارتن است (مسعودی و الهایی سحر، ۲۰۱۶). تغییرات الگوی بارش منجر به تغییر الگوی ایجاد رواناب و فرسایش می‌گردد. تغییرات الگوی بارش با تغییر انرژی جنبشی وارده بر سطح زمین بواسطه‌ی باران منجر به تغییر الگوی فرسایشی بارش می‌شود. بارش باران یک پدیده‌ی فصلی است که دارای دوره‌ی زمانی ۱۲ ماهه است. به‌طور معمول سری‌های زمانی فصلی (Seasonal time series) توسط تکنیک‌های SARIMA^۱ مدل‌سازی می‌شوند. مجموعه‌ای از روش‌ها برای تجزیه و تحلیل، پیش‌بینی و کنترل سری‌های زمانی ارائه گردیده است که تحت عنوان روش مدل‌سازی "باکس جنکینز" نامیده می‌شود (باکس و جنکینس، ۱۹۷۶). مدل

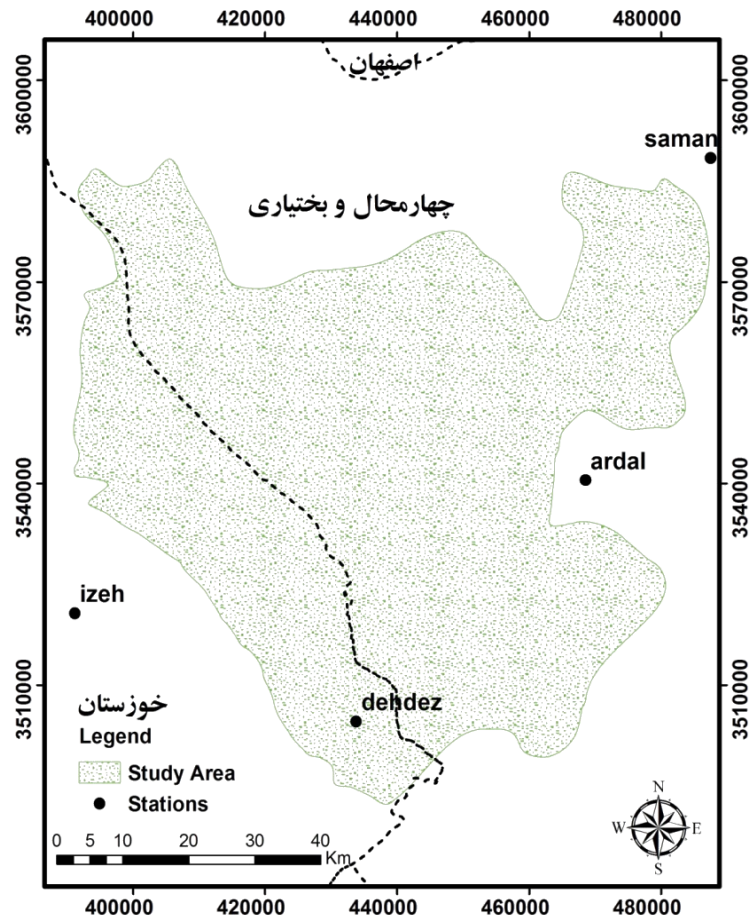
3- Autoregressive moving average
4- Autoregressive moving average (ARMA)
5- Autoregressive integrated moving average (ARIMA)

1- Madani *et al.*
2- Seasonal autoregressive integrated moving average

مطالعه است (۳۰/۱ کیلومتر). همچنین ایستگاه ایزده با میانگین بارش سالانه‌ی ۶۱۸/۱ میلیمتر دارای بیشترین میانگین بارشی و ایستگاه سامان با متوسط ۳۲۵/۱ میلیمتر دارای کمترین میزان بارش سالانه است. میانگین حسابی برای درجه حرارت منطقه بر اساس ایستگاه‌های هدف ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد و برای بارش ۴۸۶/۵ میلیمتر می‌باشد. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه به‌گونه‌ای است که تمامی ایستگاه‌ها دارای متوسط بارش بالای ۳۵۰ میلیمتر هستند و پوشش گیاهی غالب در آنها پوشش جنگلی می‌باشد. شایان ذکر است که مقدار بارش متوسط سالانه در این ایستگاه‌های منتخب با هم یکسان نبوده و ایستگاه ایزده از بیشترین متوسط بارش سالانه و ایستگاه سامان از کمترین میزان میانگین بارش سالانه برخوردار است.

محاسبه‌ی شاخص فرساینده‌گی با بهره‌گیری از مدل RUSLE صورت پذیرفت. در این روش میانگین هدررفت سالانه‌ی خاک یک منطقه با ضرب ۵ عامل ضریب فرساینده‌گی باران (R)، ضریب فرسایش پذیری خاک (K)، طول و درجه شیب (LS)، ضریب مدیریت پوشش (C) و عامل حفاظت (P) محاسبه می‌شود (لی و هتو، ۲۰۱۱). از جمله عوامل RUSLE، محاسبه ضریب فرساینده‌گی باران است که نیازمند داده‌های باران نگاری با وضوح زمانی بسیار بالا برای یک دوره بسیار طولانی است (ویشمیر و اسمیت، ۱۹۷۸) که به طور معمول در کشورهای در حال توسعه، یافتن داده‌های بلند مدت بارش با وضوح بالا، بسیار دشوار است (لی و هتو، ۲۰۱۱). روابط تجربی و ریاضی جایگزین در این مورد ایجاد شده است که می‌تواند با دقتی بالا و بر اساس داده‌های سهل‌الوصول مانند بارش ماهیانه و یا سالیانه مقدار فرساینده‌گی باران را برآورد نماید (رنارد و فریموند^۱، ۱۹۹۴).

دومارتن منطقه نیمه خشک بوده و قرارگیری این موضوع در کنار مسئله‌ی توزیع نامناسب بارش و گروه هیدرولوژیک محدوده‌ی مورد بررسی که عمدتاً در گروه‌های B و C و D قرار می‌گیرد (تزهاب، سی‌ای، ۲۰۰۵) به‌واسطه‌ی شیب‌های تند منطقه و حضور آبراهه‌های فراوان، منطقه را مستعد وقوع فرسایش‌های شدید آبی می‌سازد. فرسایش خاکهای منطقه که عموماً در رده‌ی خاک‌های کم عمق و جوان انتی‌سول و خاک‌های کم توسعه یافته‌ی اینسپتی‌سول مقادیر قابل توجهی از رسوب را به جریان‌های اصلی منطقه که در نهایتاً به رودخانه‌ی کارون سرازیر می‌شوند، ایجاد می‌کند. جهت بررسی وضعیت اقلیمی و استخراج پارامترهای مورد نیاز در پژوهش حاضر چهار ایستگاه هواشناسی در چهار سوی منطقه‌ی مطالعاتی انتخاب شد. انتخاب ایستگاه‌های هواشناسی بر این مبنا صورت گرفت که علاوه بر کفایت طول دوره‌ی آماری، از توزیع مکانی مناسبی نسب به سطح حوضه برخوردار باشند؛ نحوه‌ی پراکنش ایستگاه‌های منتخب نسبت به مرز منطقه در شکل ۱ نمایش داده شده است. لازم به ذکر است که دوره‌ی آماری کلیه‌ی ایستگاه‌های مطالعاتی منتهی به سال ۹۷-۱۳۹۶ بوده است. رفع نواقص آماری و کنترل کیفیت آمار ایستگاه‌ها با استفاده از روشهای معتبر آماری در محیط نرم افزار SPSS انجام گرفت. ایستگاه‌های هواشناسی منتخب بر اساس فاصله تا مرکز وزنی منطقه‌ی مطالعاتی (بر حسب کیلومتر) به ترتیب عبارتند از اردل، دهدز، ایزده و سامان که مشخصات و پارامترهای بارش این ایستگاه‌ها در جدول ۱ ذکر شده است. میانگین حسابی برای درجه حرارت سالیانه منطقه بر اساس ایستگاه‌های هدف ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد و برای بارش ۴۸۶/۵ میلیمتر می‌باشد. همان‌گونه که نتایج مندرج در جدول ۱ نشان می‌دهد ایستگاه سامان با فاصله‌ی ۶۶/۶۷ کیلومتر دارای بیشترین فاصله تا مرکز وزنی منطقه‌ی مطالعاتی بوده و ایستگاه اردل دارای کمترین فاصله تا مرکز وزنی منطقه مورد



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مطالعاتی و ایستگاه‌های هواشناسی منتخب (دهدز، ایزه، اردل و سامان)
 Figure(1) Geographical location of study area and climatological stations (Dehdez, Izeh, Ardal and Saman)

جدول (۱) آمار توصیفی پارامتر بارش برای ایستگاه‌های مطالعاتی

Table (1) Descriptive statistics of precipitation parameter for climatological stations

ایستگاه	فاصله تا مرکز ثقل (Km)	میانگین	خطای میانگین	SDEV	حداقل	حداکثر	IQR	شاخص دومرتن
اردل	۳۰/۱۰	۴۴۲/۸	۳۰/۹	۹۲/۸	۲۷۵/۲	۵۸۱/۳	۱۲۰/۸	۱۷/۰
دهدز	۳۸/۸۸	۵۶۰/۰	۴۵/۰	۱۶۲/۲	۲۷۸/۲	۹۱۷/۳	۱۵۱/۳	۱۸/۷
سامان	۶۶/۶۷	۳۲۵/۱	۳۶/۳	۱۴۵/۲	۹۵/۵	۶۸۵/۵	۲۱۵/۴	۱۳/۵
ایزه	۵۲/۴۴	۶۱۸/۱	۳۵/۷	۱۷۸/۶	۳۳۸/۱	۱۰۴۸/۲	۲۳۵/۰	۱۸/۴

$$MFI = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{P} \quad (1)$$

که در این رابطه P_i مقدار بارش ماهیانه بر اساس میلیمتر و P متوسط بارش سالیانه می‌باشد.

شاخص اصلاح شده فورنیه ارایه شده توسط رنارد و فریموند (۱۹۹۴) یکی از نمونه‌های تخمین فرساینده‌ی باران توسط داده‌های سهل‌الوصول است. رابطه‌ی اصلاح شده فورنیه به صورت رابطه‌ی ۱ ارایه شده است.

خادم الرسول و عامری خواه: پیش‌بینی تغییرات کوتاه مدت و میان ...

نتایج و بحث

غیرایستایی داده‌های بارش و مدل SARIMA

بر اساس محاسبات آماری داده‌های هواشناسی ایستگاه-های مطالعاتی، میانگین بارش منطقه برای ایستگاه‌های منتخب ۴۸۶/۵ میلی‌متر در سال می‌باشد. با توجه به تغییرات شدید ارتفاع در منطقه بواسطه‌ی کوهستانی بودن محدوده‌ی مورد مطالعه تغییرات قابل توجه بارندگی در مسافت‌های کوتاه قابل مشاهده است. ایستگاه‌های مورد بررسی فاصله‌ای بین ۳۰ تا ۷۰ کیلومتر تا مرکز ثقلی محدوده‌ی مورد بررسی دارند. مقادیر انحراف معیار تعیین شده برای تغییرات بارندگی سالیانه ایستگاه‌ها در دوره‌ی آماری حاکی از تغییرات محسوس بارندگی طی سال‌های مختلف در منطقه است. به لحاظ اقلیمی و با توجه به شاخص دومارتن تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای اقلیم نیمه خشک هستند. همچنین بیشترین شاخص دومارتن در ایستگاه دهدز و کمترین آن در ایستگاه سامان محاسبه شده است (جدول ۱). نمودارهای مندرج در شکل ۲ به ترتیب نمودار تغییرات سری زمانی برای ایستگاه‌های دهدز، اردل، ایذه و سامان را نشان می‌دهد.

وجود موج‌های سینوسی در نمودار روند تغییرات و روند کاهش تدریجی مقدار متوسط در تاخیرهای ماهانه به ترتیب فصلی بودن و ناپیوستایی سری‌های زمانی در ایستگاه‌های مورد بررسی را نمایان می‌سازد.

از نتایج آزمون ADF مندرج در جدول شماره ۲ نتیجه می‌شود که با توجه به اینکه مقدار قدر مطلق آماره‌ی t دیکی فولر از مقدار بحرانی در سطوح اطمینان مختلف تا ۱۰ درصد کوچکتر است کلیه‌ی ایستگاه‌های مورد مطالعه در کلیه‌ی سطوح اطمینان مورد بررسی ناپیوستا بوده و فرض H_0 مبتنی بر وجود ریشه‌ی واحد در مقادیر بارش ماهانه‌ی کلیه‌ی ایستگاه‌ها در کلیه‌ی سطوح اطمینان مورد بررسی، رد نمی‌شود.

از مدل‌های پرکاربرد در پیش‌بینی‌های آماری، مدل‌های ARIMA هستند در این مدل‌ها الگوی آماری داده‌های مورد بررسی بر اساس رفتار داده‌های موجود، مدلسازی و

رنارد و فریموند (۱۹۹۴) نشان دادند رابطه‌ی قابل قبولی میان شاخص اصلاح شده‌ی فورنیه و مقدار شاخص فرساینده‌ی وجود دارد و این رابطه به صورت رابطه‌ی ۲ تبیین می‌گردد (رنارد و فریموند، ۱۹۹۴).

$$R = 0.07397 * MFI^{1.84} \quad (2)$$

در استفاده از روابط مبتنی بر شاخص اصلاح شده‌ی فورنیه داده‌های ۱۰ تا ۲۰ بسته به شرایط اقلیمی منطقه مطلوب و ایده‌آل است (داسیلوا، ۲۰۰۴). پژوهش‌های انجام شده بیانگر و موید رابطه‌ی معنی‌دار بین شاخص فورنیه و مقدار سالانه‌ی فرساینده‌ی باران می‌باشد (برتونی و لومباردی، ۱۹۹۰).

در این مطالعه با استفاده از رابطه‌ی شاخص اصلاح شده‌ی فورنیه برای هر سال بر اساس داده‌های بارش ماهانه یک شاخص محاسبه شد و در ادامه با استفاده از رابطه‌ی ارایه شده توسط رنارد و فریموند (۱۹۹۴) براساس شاخص اصلاح شده‌ی فورنیه مقدار شاخص فرساینده‌ی برای هر ایستگاه و در هر سال محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل‌های آماری

پس از تحلیل روند و بررسی داده‌ها و همچنین ارزیابی ایستایی داده‌های بارش، گراف‌های ACF و PACF ترسیم شد، سپس آزمون ADF (Augmented Dickey Fuller) در سطوح اطمینان ۱، ۵ و ۱۰ درصد بر روی داده‌های بارش صورت پذیرفت. آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته یکی از کاربردی‌ترین آزمون‌ها در زمینه‌ی مانایی (سکون) است. در مرحله‌ی بعد عملیات ایستا (Stationary) نمودن داده‌های ناپیوستا (Non-stationary) انجام شد. در گام بعدی یافتن پارامترهای مناسب p ، r و q انجام و مدل SARIMA ایجاد گردید. این مدل در اکثر موارد به صورت (p, r, q) ARIMA نشان داده می‌شود که در آن p و r و q اعداد حقیقی غیرمنفی هستند که درجه خودهمبستگی، یکپارچگی و میانگین متحرک را معلوم می‌کنند. ارزیابی‌های آماری توسط نرم‌افزارهای StataSE، Minitab 18 و SPSS 19 صورت گرفت.

بررسی روند داده‌ها در شکل ۲ نشان می‌دهد که روند تغییرات بارش در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه روندی کاهشی است. بیشترین میزان کاهش برای ایستگاه سامان با مقدار ۱/۲۷ میلیمتر سالیانه و کمترین کاهش برای ایستگاه دهلز به دست آمده است که میزان آن ۰/۵ میلیمتر در سال است.

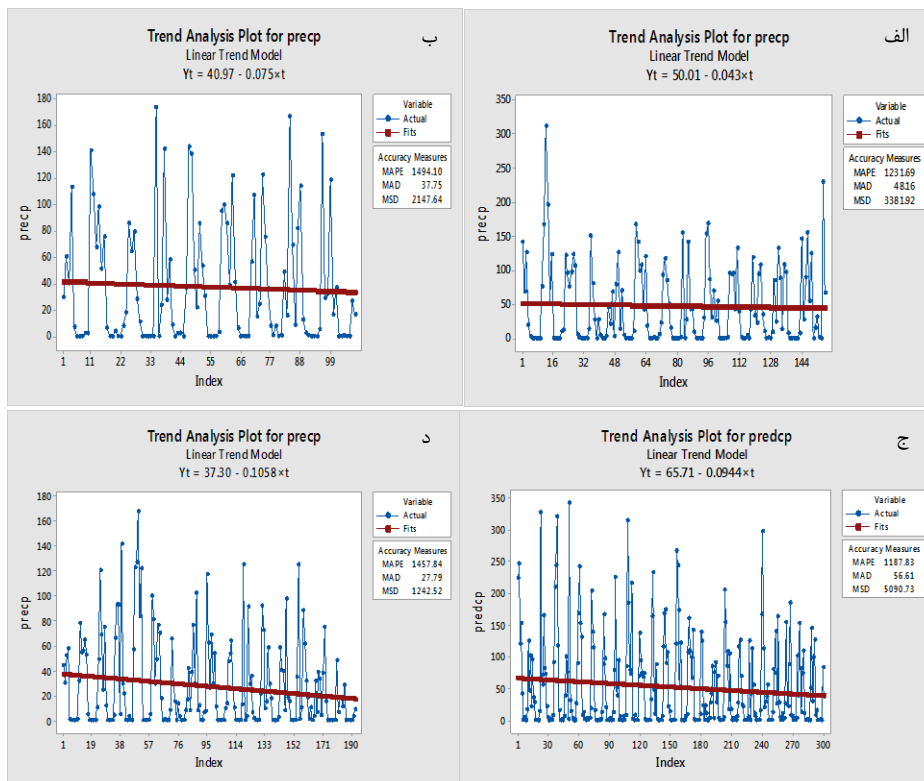
یکی از پارامترهای بسیار مهم و تاثیرگذار بر چگونگی رخدادهای فرسایش آبی، وضعیت بارش هر منطقه است که الگوهای بارشی می‌تواند، تعیین کننده‌ی این تاثیرات باشد. بر همین اساس الگوهای بارشی برای دوره‌ی آماری (داده‌های اندازه‌گیری شده)، پیش‌بینی‌های ۵ ساله و پیش‌بینی‌های ۱۰ ساله بر پایه‌ی بهترین مدل برازش یافت که ویژگی‌های آن برای ایستگاه‌های چهارگانه ارائه گردید. داده‌های پیش‌بینی شده‌ی بارش ماهانه از طریق جمع آماری به جمع بارش سالانه تبدیل شده و مقدار کل بارش سالیانه محاسبه گردیده است. همان‌گونه که شکل ۳ نشان می‌دهد بخش قرمز رنگ بیانگر داده‌های آماری (Real)، بخش زرد رنگ پیش‌بینی‌های ۵ ساله (سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۲) و بخش آبی نشان دهنده‌ی پیش‌بینی‌های ۱۰ ساله (سال ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۷) است.

روند تغییرات بارشی هم بر اساس داده‌های آماری، هم پیش‌بینی ۵ ساله و هم پیش‌بینی ۱۰ ساله نمایش داده شده است که شکل الف ایستگاه دهلز، شکل ب ایستگاه اردل، ج ایستگاه ایزه و د ایستگاه سامان می‌باشد. همان‌گونه که تمامی این اشکال نشان می‌دهند، روند کلی بارش یک روند کاهشی است. یعنی مقدار بارش در بستر زمان کاهش یافته و پیش‌بینی‌های انجام شده به کمک نرم‌افزارهای آماری نیز یک روند کاهشی را در مقدار بارش پیش‌بینی نموده‌اند. داده‌های ماهیانه بارش از طریق جمع جبری به صورت جمع بارش سالانه به واحد میلیمتر در نمودارهای مندرج در شکل ۳ برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه آورده شده‌اند.

پیش‌بینی می‌شوند، نوع خاصی از این مدل‌ها، مدل SARIMA است که بر اساس مدل‌های ARIMA استوار است و گاهی مدل باکس-جنکینز یا مدل‌های فصلی ضرب-پذیر خوانده می‌شوند و به صورت $ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q)_s$ نشان داده می‌شوند که (p, d, q) ساختار غیرفصلی و (P, D, Q) ساختار فصلی را نشان می‌دهد (عساکره، ۲۰۱۱)، که در صورت استفاده از مدل‌های ماهیانه $s=12$ می‌باشد. در این پژوهش از مدل $ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q)_s$ با $s=12$ به صورت استفاده شد. در بررسی اولیه کلیه ایستگاه‌ها با توجه به عدم معنی دار شدن آماره‌ی t جمله ثابت دریافتیم حضور جمله ثابت در مدل معنی‌دار نبوده است و لذا مدل $ARIMA(1,1,1) \times (0,0,1)_{12}$ بدون جمله ثابت برای تمام ایستگاه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. هدف از استفاده از مدل با درجات پایین به دست آوردن حداقل خطا و یافتن بیشترین نیکویی برازش یافته است. نتیجه‌ی برازش مدل فوق‌الذکر برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که پژوهشگران در پیش‌بینی مقادیر بارش در کشور عمدتاً از درجات پایین‌تر را برای پیش‌بینی‌ها موثر دانسته‌اند (شریفان و قهرمانی، ۲۰۰۷؛ ترابی، ۲۰۰۱).

جهت بررسی توانایی مدل‌های ایجاد شده برای پیش‌بینی مقدار بارش در منطقه ۲۴ داده ماهیانه از هر ایستگاه وارد فرایند مدل‌سازی نشده و جهت تست کارایی مدل مورد استفاده قرار گرفتند. عملکرد مدل‌ها توسط دو عامل R^2 و RMSE مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن در جدول ۴ آورده شده است. مقدار معنی‌داری شاخص R^2 در جدول ۴ نشان دهنده‌ی رابطه‌ی معنی‌دار در سطح یک درصد برای کارایی کلیه‌ی مدل‌های ایجاد شده برای چهار ایستگاه مطالعاتی است. بیشترین کارایی در ایستگاه ایزه وجود دارد و پس از آن در ایستگاه دهلز قرار گرفته است. وجود دوره‌های بلندمدت‌تر داده‌های بارش در ایستگاه فوق‌الذکر می‌تواند دلیلی بر وجود رابطه‌ی قوی‌تر و ایجاد مدل پیش-بینی مناسب‌تر باشد.

خادم الرسول و عامری خواه: پیش‌بینی تغییرات کوتاه مدت و میان ...



شکل (۲) آنالیز تمایل (Trend) تغییرات بارش برای (الف) ایستگاه دهدز، (ب) ایستگاه اردل، (ج) ایستگاه ایزه و (د) ایستگاه سامان
 Figure(2) Trend of precipitation for (a) Dehdez station, (b) Ardal station, (c) Izeh station and (d) Saman station

جدول (۲) نتایج آزمون دیکی فولر پارامتر بارندگی ماهانه (میلیمتر) ایستگاه های مورد مطالعه

Table (2) Results of ADF test for monthly rainfall (mm) in studied stations

ایستگاه	متغیر	t آزمون	سطح اطمینان	مقدار بحرانی	احتمال	نتیجه
اردل	بارندگی	-۰/۹۵۹	۱ درصد	-۲/۶۰۲	۰/۳۴۰	Non-stationary
	سالانه		۵ درصد	-۱/۹۵۰		
			۱۰ درصد	-۱/۶۱۰		
دهدز	بارندگی	-۰/۸۰۱	۱ درصد	-۲/۵۹۴	۰/۴۲۵	Non-stationary
	سالانه		۵ درصد	-۱/۹۵۰		
			۱۰ درصد	-۱/۶۱۳		
سامان	بارندگی	-۰/۹۴۷	۱ درصد	-۲/۵۸۹	۰/۳۴۵	Non-stationary
	سالانه		۵ درصد	-۱/۹۵۰		
			۱۰ درصد	-۱/۶۱۵		
ایزه	بارندگی	-۱/۳۵۲	۱ درصد	-۲/۵۸۰	۰/۱۷۷	Non-stationary
	سالانه		۵ درصد	-۱/۹۵۰		
			۱۰ درصد	-۱/۶۲۰		

جدول (۳) آماره های تخمین بارش باران به کمک مدل SARIMA برای ایستگاه های مطالعاتی

Table (3) Statistics of estimated rainfall using SARIMA model for studied stations

P-value	T- value	ضریب خطای استاندارد	ضریب	مدل	ایستگاه
۰/۰۰۰	۱۱۳/۴۶	۰/۰۰۸۸۰	۰/۹۹۸۱۵	*SAR 12	اردل
۰/۰۰۰	۱۱۱/۳۰	۰/۰۰۸۹۴	۰/۹۹۴۵۷	SAR 12	دهدز
۰/۰۰۰	۱۰۵/۵۶	۰/۰۰۹۴۳	۰/۹۹۵۳۴	SAR 12	سامان
۰/۰۰۰	۲۰۸/۹۲	۰/۰۰۴۷۷	۰/۹۹۷۱۳	SAR 12	ایذه

* Seasonal autoregressive

مورد بررسی بودند به خوبی مورد استفاده قرار می گیرد. نقشه های توزیع مکانی عامل فرساینده در شکل ۵ آورده شده اند. توزیع مکانی نشان می دهد در دوره ۵ ساله در دوره بیشترین میزان کاهش در نواحی شرقی تر حوزه مورد مطالعه رخ می دهد.

بررسی نقشه های مندرج در شکل ۵ نشان می دهد که در اکثریت مساحت منطقه مقدار شاخص فرساینده باران طی دوره های ۵ و ۱۰ ساله پیش بینی، روند کاهشی نشان می دهد. همچنین در ۹۳/۵۱ درصد از مساحت منطقه شاخص فرساینده در دوره ی شبیه سازی بسیار بزرگ تر از دامنه ی اعداد پیش بینی شده است. این مسئله نشان می دهد که با توجه به روندهای موجود انتظار می رود خطر فرسایش (Risk of erosion) منطقه بواسطه ی کاهش شاخص فرساینده باران، کاهش یابد. مقایسه ی شاخص های فرساینده در دوره های زمانی ۵ و ۱۰ ساله تفاوت چندانی را نشان نمی دهند. برای منطقه مورد بررسی طی ۱۰ سال آینده مناطق تحت تاثیر شاخص فرساینده ی زیاد (۲۸۰-۲۲۰) کاهش نشان می دهند و این کاهش در مناطق غربی و جنوبی منطقه مورد مطالعه بارزتر است.

داده های حاصل از پیش بینی مدل فصلی SARIMA نیز پس از تبدیل به داده های بارش سالیانه در بازه های پیش بینی ۵ و ۱۰ ساله در این شکل درج شده اند. پیش بینی ها حاکی از روند کاهشی در میزان تغییرات بارش طی دوره های ۵ و ۱۰ ساله منتهی به ۲۰۲۲ است. در ایستگاه سامان روندی افزایشی در دوره ی ۵ ساله پس از ۲۰۱۷ مشاهده می شود. داده های بارش از طریق رابطه ذکر شده در مواد و روش ها تبدیل به داده های عامل فرساینده بارش شده اند و به صورت نمودار شاخص فرساینده سالیانه در شکل ۴ آورده شده اند. بر خلاف روند افزایش مشاهده شده برای ایستگاه سامان، توزیع بارندگی ماهیانه پیش بینی شده به نحوی بوده است که منجر به کاهش مقدار عامل فرساینده در دوره ی ۵ ساله پیش بینی شده است.

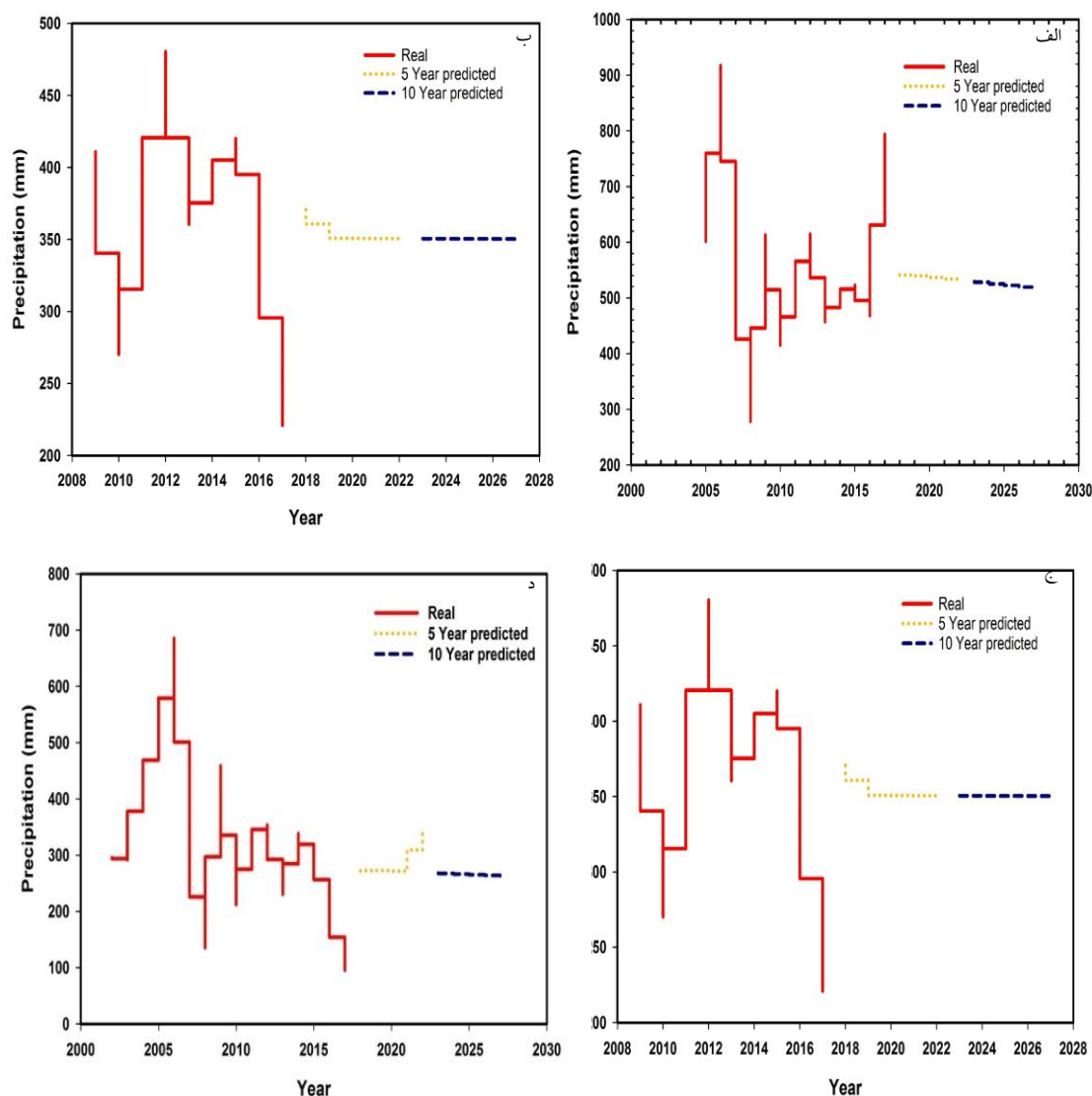
داده های پیش بینی شده برای هر ایستگاه و مقادیر محاسبه شده شاخص فرساینده در محیط نرم افزار ArcMap و از طریق زیرروال IDW (Inverse distance weighting) تبدیل به نقشه پراکنش جغرافیایی وضعیت فرساینده در منطقه مورد بررسی گردید. مزیت روش IDW متکی بودن به وزن دهی و آسان بودن است که در این مطالعه که ایستگاه های مورد مطالعه در بازه کوتاهی از مسافت تا مرکز ثقلی محدوده

خادم الرسول و عامری خواه: پیش‌بینی تغییرات کوتاه مدت و میان ...

جدول (۴) آماره‌های تست مدل برای ایستگاه‌های مطالعاتی

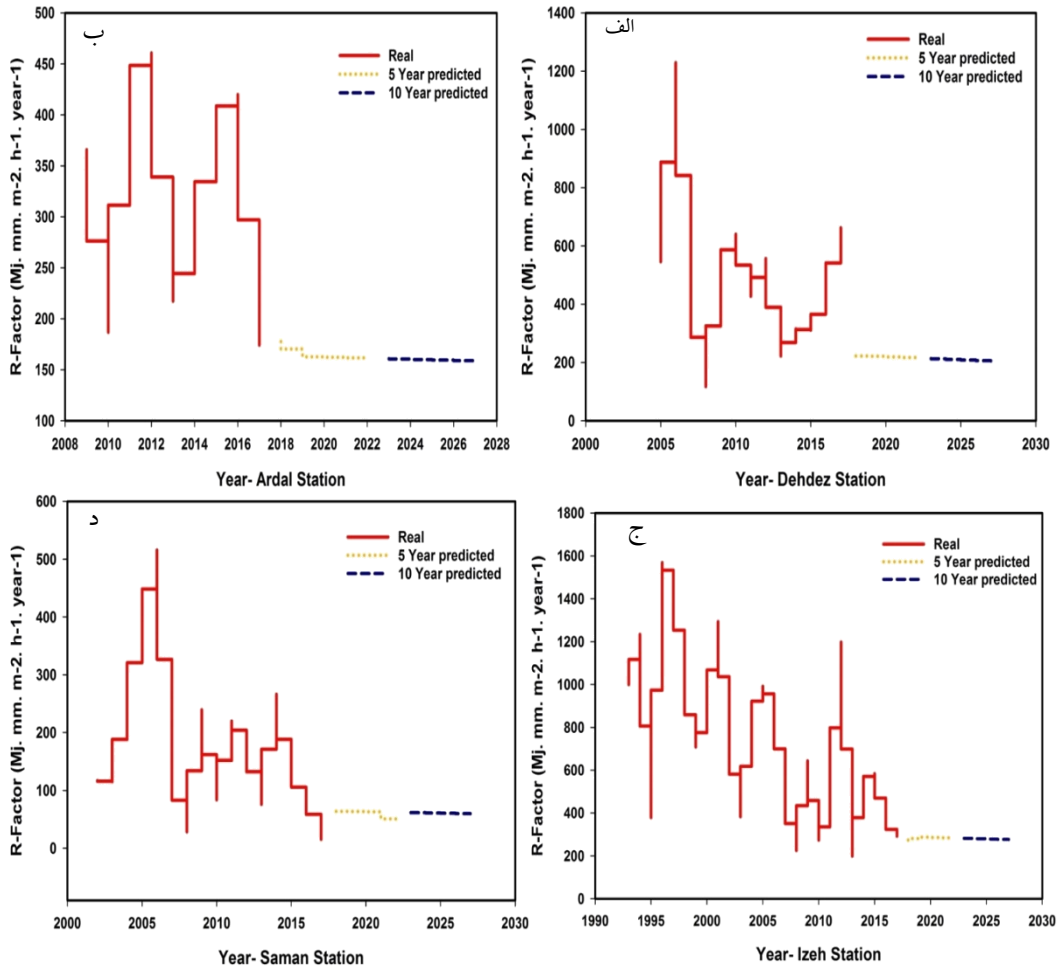
Table (4) Statistics of model test for studied stations

RMSE	P-value	R ²	مدل	ایستگاه
۵/۰۷	۰/۰۰۷	۰/۴۹۲	SAR 12	اردل
۴/۸۷	۰/۰۰۰	۰/۷۱۶	SAR 12	دهدز
۵/۲۶	۰/۰۰۰	۰/۶۵۱	SAR 12	سامان
۳/۹۶	۰/۰۰۲	۰/۵۷۶	SAR 12	ایذه



شکل (۳) روند تغییرات بارش باران به صورت واقعی، پیش‌بینی ۵ ساله و پیش‌بینی ۱۰ ساله برای (الف) ایستگاه دهدز، (ب) ایستگاه اردل، (ج) ایستگاه ایذه، (د) ایستگاه سامان در دوره‌های آماری مشخص برای ایستگاه‌های مطالعاتی

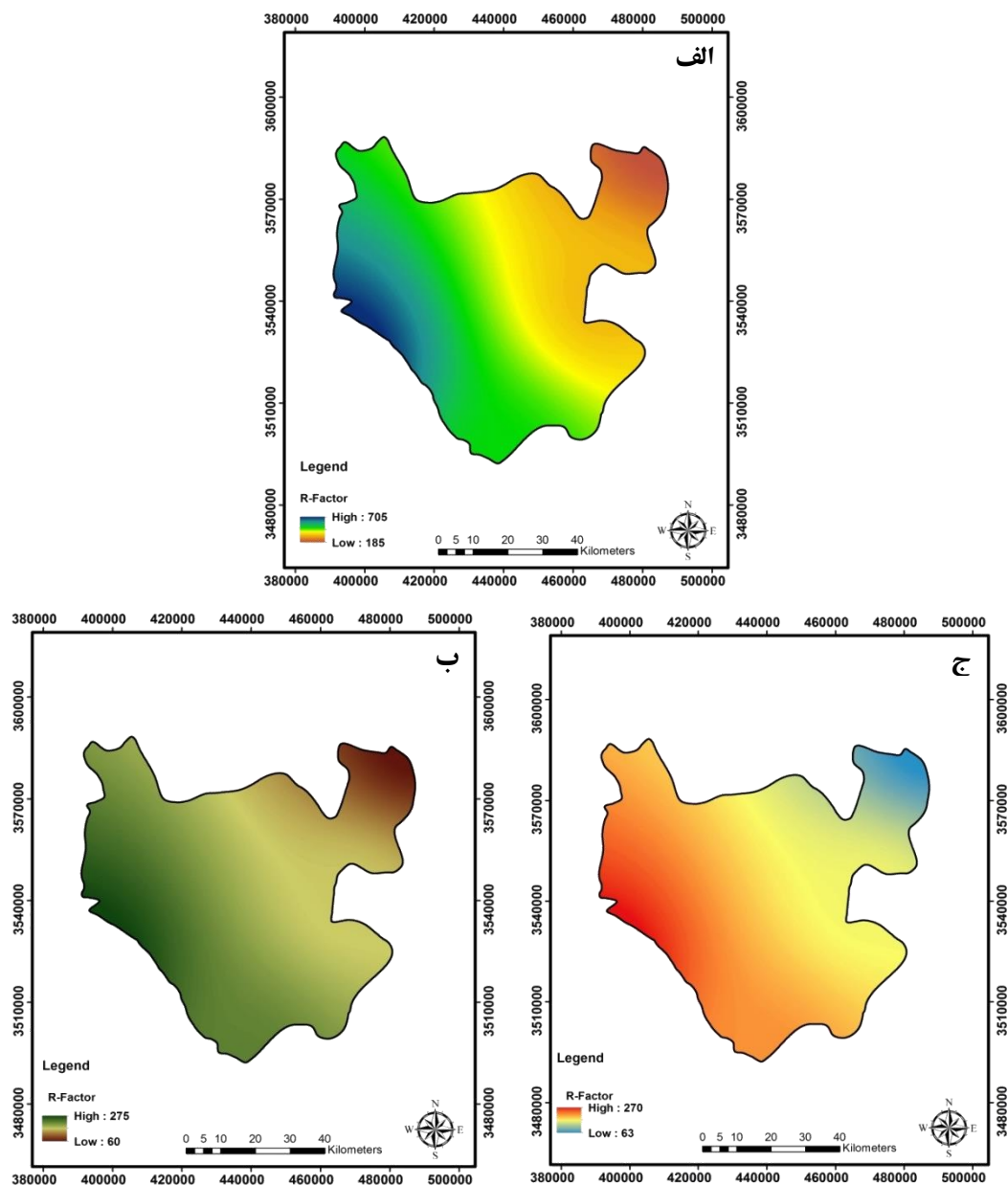
Figure (3) Trend of rainfall variations including real, 5 year predicted and 10 year predicted for (a) Dehdez station, (b) Ardal station, (c) Izeh station and (d) Saman station



شکل (۴) روند تغییرات عامل فرساینده باران (R-Factor) بر اساس مقادیر واقعی، پیش بینی ۵ ساله و پیش بینی ۱۰ ساله برای (الف) ایستگاه دهدز، (ب) ایستگاه اردل، (ج) ایستگاه ایزه و (د) ایستگاه سامان در دوره‌های آماری مشخص برای ایستگاه‌های مطالعاتی

Figure (4) Trend of R-Factor variations including real, 5 year predicted and 10 year predicted for (a) Dehdez station, (b) Ardal station, (c) Izeh station and (d) Saman station

خادم الرسول و عامری خواه: پیش‌بینی تغییرات کوتاه مدت و میان ...



شکل (۵) نقشه‌های توزیع مکانی عامل فرساینده‌گی باران (Erosivity factor) بر اساس (الف) داده‌های واقعی (real)، (ب) پیش‌بین ۵ ساله و (ج) پیش‌بینی ۱۰ ساله در منطقه‌ی مطالعاتی

Figure (5) The maps of spatial distribution of rainfall erosivity based on (a) real, (b) 5 year predicted and (c) 10 year predicted

جدول (۵) درصد شاخص فرساینده‌گی باران برای دوره‌ی آماری، پیش‌بینی ۵ ساله و پیش‌بینی ۱۰ ساله

Table (5) Percentage of rainfall erosivity index for real period, 5 year predicted and 10 year predicted

پیش‌بینی ۱۰ ساله	پیش‌بینی ۵ ساله	دوره‌ی آماری	شاخص فرساینده‌گی
۱/۷۷	۱/۸۲	-	۰-۸۰
۴/۶۲	۴/۴۸	-	۸۰-۱۲۰
۳۴/۳۸	۳۲/۲۸	-	۱۲۰-۱۸۰
۴۱/۴۹	۴۰/۸۷	۲/۲۲	۱۸۰-۲۲۰
۱۷/۷۳	۲۰/۵۵	۴/۲۷	۲۲۰-۲۸۰
-	-	۹۳/۵۱	>۲۸۰

حفظ آب پیش برود. البته بایستی توجه داشت کاهش باران به معنی کاهش شاخص فرساینده‌گی است، لیکن به واسطه‌ی کاهش بارش و کاهش پوشش گیاهی در صورت نبود مدیریت صحیح با افزایش فرسایش در منطقه مواجه خواهیم بود، که نیازمند بررسی‌های بیشتر است.

نتیجه‌گیری

نواحی بالادست حوضه‌ی رودخانه‌ی کارون نقش بسیار مهمی در ایجاد شرایط تهدید - فرصت (Threat- Opportunity) برای نواحی پایین‌دست این رودخانه دارند. آبخیزداری و کنترل وضعیت فرسایش در بالادست رودخانه به معنی حفظ منابع طبیعی این ناحیه، حفظ مخازن سدها، کنترل کیفیت آب، کنترل سیلاب در پایین دست و در نتیجه حفظ منابع مالی محسوب می‌شود. به منظور بررسی و آشکارسازی روند تغییرات بارش به عنوان عامل فرساینده در این پژوهش از مدل ARIMA $(0,0,1) \times (1,1,1)_{12}$ استفاده شد که دارای بیشترین نیکویی برازش بود. همچنین نتایج نشان داد روش میانگین متحرک خوهمبسته فصلی به خوبی می‌تواند تغییرات بارش را در ناحیه‌ی مورد بررسی در جنوب غرب ایران نشان دهد. نتایج حاصل از مدل برازش شده نشان از کاهش در میزان بارش سالیانه طی دوره‌های ۵ و ۱۰ ساله پس از سال ۲۰۱۷ می‌باشد.

با توجه به مقادیر بارش ماهانه شبیه‌سازی شده، مقدار شاخص فرساینده‌گی در منطقه به دست آمد که نشان از کاهش ضریب فرساینده‌گی باران طی دروه‌های تا ۱۰ سال آینده دارد و حدود ۳۷ درصد کل منطقه شاخص فرساینده‌گی بسیار کم دارد که تاکنون در منطقه تجربه نشده است. بر این اساس باید طرح مدیریت منابع منطقه به نحوی صورت گیرد که منابع را بیشتر به سمت عملیات

References

1. Asakereh, H. (2008). Modeling of ARIMA for the average annual of temperature of Tabriz. *Geography Researches*. 756, 15601-15622.
2. Bertoni, J., Lombardi Neto, F. (1990). Conservação do solo. ícone. São Paulo. Brazil 355 pp.
3. Box, G.P.E.; Jenkins, G.M. (1976). Time Series Analysis: Forecasting and Control, 2nd ed.; San Francisco Press: San Francisco, CA, USA.
4. Da Silva, A. M. (2004). Rainfall erosivity map for Brazil. *Catena*, 57(3), 251-259.
5. Druce, D.J. (2001). Insights from a history of seasonal inflow forecasting with a conceptual hydrological model. *J. Hydrol.* 2001, 249, 102–112.
6. Forman, S.L.; Pierson, J.; Lepper, K. (2000). Luminescence geochronology. In Quaternary Geochronology: Methods and Applications; Sowers, J.M., Noller, J.S., Lettis, W.R., Eds.; American Geophysical Union Reference Shelf: Washington, DC, USA, 2000; Volume 4, pp. 157–176.
7. Fournier, F. (1956). The effect of climatic factors on soil erosion estimates of solids transported in suspension in runoff. *Association Hydrologic Int. Public*, 38.
8. Houghton JT . (1995). Climate change: the science of climate change. Cambridge University Press. New York, 357-383.
9. Irvine, K.N.; Eberhardt, A.J. (1992). Multiplicative, season ARIMA models for Lake Erie and Lake Ontario water levels. *Water Resources*. Bull. 1992, 28, 385–396.
10. Kinnell PIA. (2010). Event soil loss, runoff and the universal soil loss equation family of models: A review. *Journal of Hydrology*. 2010;385(1):384-397.
11. Lee, J. H., Heo, J. H. (2011). Evaluation of estimation methods for rainfall erosivity based on annual precipitation in Korea. *Journal of Hydrology*, 409(1), 30-48.
12. Madani, K., AghaKouchak and A. Mirchi, (2016). “Iran’s Socio-economic Drought: Challenges of a Water Bankrupt Nation,” *Iranian Studies* 49, 997-1016.
13. Masoud Masoudi, M., Elhaesahr, M. (2016). Trend assessment of climate changes in Khuzestan Province, Iran *Natural Environment Change*, Vol. 2, No. 2, Summer & Autumn 2016, pp. 143- 152.
14. Nearing MA, Yin S, Borrelli P, Polyakov VO. (2017). Rainfall erosivity: An historical review. *Catena*. 2017;157: 356-362.
15. Oduro-Afriyie, K. (1996). Rainfall erosivity map for Ghana. *Geoderma*, 74(1), 161-166.
16. Partal, T.; Cigizoglu, H.K. (2008). Estimation and forecasting of daily suspended sediment data using wavelet-neural networks. *J. Hydrol.* 2008, 358, 317–331.
17. Renard, K. G., & Freimund, J. R., (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157(1-4), 287-306.
18. Sharifan, H., Ghahraman, B. (2005). Evaluation of rainfall forecasting using SARIMA technique in Golestan Province. *Journal of Agriculture Science and Natural Resources*. 3 (14).
19. Shentzis, I.D. (1990). Mathematical models for long-term prediction of mountainous river runoff methods, information and results. *Hydrol. Sci. J.* 1990, 35, 487–500.

20. Sivakumar, B. (2006). Suspended sediments load estimation and the problem of inadequate data samplings: A fractal view. *Earth Surface. Process. Landf.* 2006, 31, 414–427.
21. Sivakumar, B.; Berndtsson, R.; Persson, M. (2001). Monthly runoff prediction using phase space reconstruction. *Hydrol. Sci. J.* 2001, 46, 377–387.
22. Smith, B., Ludlow, L., Brklacich, M. (1988). Implication of a global climatic warming for agriculture: A review and appraisal. *J Environ Qual*, 17:518-527.
23. Smith, J.A. (1991). Long-range streamflow forecasting using non-parametric regression. *Water Resources. Bull.* 1991, 27,39–46.
24. TezhAb CE, (2005). Ministry of agriculture-jahad, Multifunctional Forestry Executive Design Studies,part1, Dehdez section,2005.(In persian)
25. Torabi, S. (2000). Forecasting of temperature and precipitation variations in Iran. PhD thesis of *Natural Geography*, Tabriz University. 201pp.
26. Wischmeier, W. H., Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning. *Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning.*