

گزارش فنی

پایش خشکسالی شاخص SPI می باشد. از مزایای شاخص SPI می توان به سادگی محاسبات و تنها استفاده از پارامتر بارش، تعیین دوره های خشک و تر در یک طیف گسترده از مقیاس های زمانی از یک تا ۷۲ ماه اشاره کرد [۵].

در سال های اخیر شاهد استفاده از پارامترهای اقلیمی بزرگ مقیاس هواشناسی از قبیل NOA و SOI به عنوان ابزارهایی جهت پیش بینی خشکسالی بوده ایم [۶، ۹]. پدیده ی نوسانات اطلس شمالی (NOA) بر اساس نوسان های فشار هوا در مقیاس نصف النهاری بین پرفشار آزور (Azvor) و کم فشار ایسلند می باشد. اختلاف فشار بین تاهیتی در شرق و داروین استرالیا در غرب اقیانوس آرام به عنوان مبنای اندازه گیری شاخص نوسان های جنوبی (SOI) مورد استفاده قرار می گیرد و مقادیر مثبت یا منفی بیانگر فازهای گوناگون انسو (لانینا یا النینو) می باشد [۲].

سلطانی و مدرس [۱] مقادیر SPI با ۵ پایه زمانی ایستگاه شهرکرد را محاسبه و سپس با استفاده از مدل های سری های زمانی مقادیر شاخص SPI را پیش بینی کردند. پالو و همکاران [۹] از زنجیره ی مارکوف به منظور مدل سازی سری های زمانی SPI و پالمر استفاده کردند. میسرا و دسائی [۶] با استفاده از دو نوع شبکه عصبی مقادیر SPI را در پنج ایستگاه حوزه ی رودخانه کانسباتی^۴ هند پیش بینی کردند. مرید و همکاران [۸] با استفاده از شبکه ی عصبی مقادیر شاخص های بارش موثر^۵ و SPI تا ۱۲ ماهه را در استان تهران پیش بینی کردند.

به منظور هشدار و مدیریت خشکسالی نیاز است تا شرایط آینده منطقه از نظر خشکسالی پیش بینی شود. بدین منظور در این پژوهش مقادیر SPI برای چهار مقیاس سه، نه و دوازده ماهه تعیین گردید و سپس با استفاده از مدل های سری های زمانی و شبکه عصبی مصنوعی اقدام به پیش بینی و شبیه سازی مقادیر SPI گردید.

شاخص SPI^۶

این شاخص توسط مک کی و همکاران به منظور پایش خشکسالی در ایالت کالیفرنیا^۷ آمریکا ارائه گردید. برای تعیین شاخص SPI ابتدا یک توزیع گاما به داده های بارش هر ایستگاه برازش داده می شود در مرحله ی بعد تبدیل احتمال تجمعی از توزیع

مقایسه ی شبکه عصبی و سری های زمانی در پیش بینی

خشکسالی

(مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)

علی سلاجقه^۱، ابوالحسن فتح آبادی^۲ و منصور نجفی حاجی وری^۳
 تاریخ دریافت: ۸۶/۱۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۸۷/۹/۱۹

چکیده

جهت کاهش خسارات ناشی از خشکسالی لازم است تا شرایط آینده از نظر خشکسالی تعیین گردد. در این پژوهش عملکرد مدل های سری های زمانی (ARIMA) و شبکه عصبی (پرسپترون چند لایه) در پیش بینی مقادیر SPI مقایسه گردید. بدین منظور در ابتدا مقادیر SPI سه، شش، نه و دوازده ماهه استان خراسان رضوی تعیین کرده و سپس با استفاده از مدل های شبکه عصبی مصنوعی و سری های زمانی اقدام به پیش بینی مقادیر SPI گردید. نتایج این پژوهش نشان که مدل های سری زمانی عملکرد بهتری در پیش بینی مقادیر SPI نسبت به شبکه عصبی داشته و همچنین مقادیر SPI نه و دوازده ماهه بهتر از مقادیر SPI سه و شش ماهه پیش بینی گردید. واژه های کلیدی: خشکسالی، شبکه عصبی، سری های زمانی، خراسان رضوی و SPI

مقدمه

خشکسالی یکی از پیچیده ترین بلایای طبیعی است. این پدیده بیشتر به عنوان یک حادثه ی هواشناسی مقطعی که ناشی از کاهش بارش در یک برهه ی زمانی نسبت به میانگین دراز مدت آن است در نظر گرفته می شود [۷]. به منظور پایش خشکسالی شاخص های گوناگونی ارائه شده است. یکی از متداول ترین شاخص ها به منظور

۱- استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران salajegh@ut.ac.ir

۲- نویسنده مسئول و دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده

منابع طبیعی دانشگاه تهران fathabadi_2006@yahoo.com

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه

تهران mansor6531@gmail.com

4- Kansabati River Basin

5- Effective Drought Index

6- Standardized Precipitation Index

گامای بدست آمده به توزیع نرمال استاندارد جمع می‌شود با میانگین صفر و واریانس یک صورت می‌گیرد.

سری‌های زمانی^۱

از جمله مدل‌های متداول سری‌های زمانی می‌توان به مدل‌های AR، MA، ARMA و ARIMA اشاره کرد. در مدل‌های اتورگرسیو (AR) از مقادیر عددی داده‌های مشاهده‌ای در گام‌های زمانی قبل و در مدل‌های MA از مقادیر خطا در گام‌های زمانی قبل به منظور مدل‌سازی و پیش‌بینی استفاده می‌گردد. مدل‌های ARIMA نوع ویژه‌ای از مدل‌های ARMA هستند که در سری‌های زمانی که ناپایدار بوده و با تفاضل‌گیری ایستا شوند مورد استفاده قرار می‌گیرند. یک مدل ARIMA^۲ را می‌توان به صورت رابطه‌ی (۱) نشان داد.

$$u_t = \sum_{i=1}^p \phi_i u_{t-i} + \varepsilon_t - \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} \quad (1)$$

در این رابطه u سری حاصل از تفاضل‌گیری d ام سری اصلی، و پارامترهای مدل p و q مرتبه‌های هر یک از جزءهای میانگین متحرک و اتورگرسیو می‌باشد. و متغیر تصادفی در زمان t که فرض می‌شود دارای توزیع نرمال، میانگین صفر و واریانس می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در این پژوهش منطقه‌ی شمال شرق ایران شامل شهرهای مشهد، سبزوار، تربت حیدریه و نیشابور می‌باشد. طول دوره‌ی آماری برای سه ایستگاه مشهد، سبزوار و تربت حیدریه ۴۲ سال و از سال ۱۹۵۹ تا ۲۰۰۰ و برای ایستگاه بار نیشابور ۳۷ سال از سال ۱۹۶۴ تا ۲۰۰۰ میلادی می‌باشد.

روش پژوهش

پس از بازسازی و تعیین درستی آمار هر یک از ایستگاهها اقدام به محاسبه مقادیر SPI در مقیاس‌های زمانی سه، شش، نه و دوازده ماهه گردید. سپس اقدام به پیش‌بینی مقادیر آن با استفاده از مدل‌های سری‌های زمانی گردید. برای توسعه مدل‌های سری‌های زمانی بر اساس الگوریتم پیشنهادی توسط باکس و جنیکس [۳] سه مرحله تشخیص، برآورد و تعیین صحت مدل وجود دارد.

برای شبکه‌ی عصبی ورودی‌ها مقادیر گذشته SPI در تاخیرهای گوناگون و مقادیر شاخص‌های نوسان‌های شمالی و نوسان‌های جنوبی می‌باشد. در این پژوهش شبکه‌هایی با یک لایه‌ی مخفی با تابع فعال‌سازی سیگموئید در لایه‌ی مخفی و خطی در لایه‌ی خروجی که شمار نرون‌های آن به صورت سعی و خطا تعیین گردید، مورد بررسی قرار گرفت. نوع ورودی و شمار نرون‌های بهینه در لایه‌ی مخفی به روش سعی و خطا و با استفاده از معیارهای ضریب

1- Time series

2- Autoregressive Integrated Moving Average

همبستگی، RMSE و AARE تعیین گردید.

نتایج

در ابتدا اقدام به تعیین شاخص SPI برای هر یک از ایستگاههای مورد مطالعه شد. در مرحله‌ی بعد اقدام به توسعه‌ی مدل‌های گوناگون سری‌های زمانی برای هر یک از ایستگاهها گردید. پس از اینکه مدل مناسب انتخاب گردید با استفاده از این مدل اقدام به پیش‌بینی مقادیر SPI در هر یک از ایستگاهها گردید، که نتایج آن برای ایستگاههای نیشابور در جدول (۱) آورده شده‌اند. در مرحله بعد اقدام به ساخت مدل‌های گوناگون شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه با یک لایه‌ی مخفی برای هر یک از ایستگاهها گردید. نتایج مربوط به تمام مدل‌های شبکه عصبی در جدول (۲) آورده شده‌است. در این پژوهش در ورودی‌هایی که در آنها از شاخص‌های نوسان‌های شمالی و جنوبی افزون بر مقادیر شاخص SPI استفاده گردیده‌اند کمی بهتر عمل کرده‌اند. در تمام ایستگاه‌ها SPI سه و شش ماهه نسبت به SPI نه و دوازده ماهه مقادیر بزرگ‌تری داشته، ولی در عوض تداوم آنها پایین‌تر بوده و نوسان‌های آنها بالا می‌باشد. با توجه به جدول‌های شماره (۱) و (۲) ملاحظه می‌شود عملکرد مدل‌های سری‌های زمانی بهتر از مدل‌های شبکه عصبی می‌باشند. همچنین عملکرد مدل‌های شبکه عصبی و سری‌های زمانی در پیش‌بینی مقادیر SPI دوازده و نه ماهه بهتر از شش و سه ماهه بوده‌است. در بین چهار ایستگاه مورد مطالعه مقادیر SPI در ایستگاه نیشابور بهتر از ایستگاههای دیگر پیش‌بینی شده‌است پس از ایستگاه نیشابور عملکرد مدل‌های گوناگون در پیش‌بینی مقادیر SPI در ایستگاه مشهد بهتر بوده‌است.

در شکل‌های (۲) و (۳) مقادیر SPI مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده در دو مقیاس زمانی سه و دوازده ماهه برای ایستگاه تربت حیدریه آورده شده‌است. در این نگاره‌ها مدل‌های مربوطه در پیش‌بینی مقادیر SPI سه ماهه عملکرد ضعیفی به ویژه در پیش‌بینی مقادیر حداقل و حداکثر از خود نشان داده‌است، ولی در پیش‌بینی مقادیر SPI دوازده ماهه عملکرد مدل‌ها نسبتاً خوب بوده‌است.

بحث و نتیجه‌گیری

در هر چهار ایستگاه مورد مطالعه عملکرد روش سری‌های زمانی بهتر از شبکه عصبی بوده‌است. در روش‌های سری‌های زمانی عدم قطعیت موجود در پیش‌بینی مقادیر SPI ناشی از احتمال در نظر گرفته می‌شود، در صورتی که در روش‌های هوش مصنوعی این عدم قطعیت ناشی از عدم قطعیت در عامل‌ها و امکان و غیر خطی بودن فرآیند مورد بررسی در نظر گرفته می‌شود. بر خلاف سایر فرآیندهای هیدرولوژیکی از قبیل فرآیند بارش- رواناب که از تاثیر عوامل سطح زمین بر روی بارش ورودی بوجود می‌آیند و باعث یک فرآیند غیر خطی می‌شود در خشکسالی هواشناسی مقادیر SPI به گونه‌ی مستقیم در ارتباط با مقادیر بارش می‌باشد و مقادیر بارش نیز یک فرآیند احتمالی و مارکف می‌باشد تا یک فرآیند غیر خطی. در این پژوهش در هر چهار ایستگاه

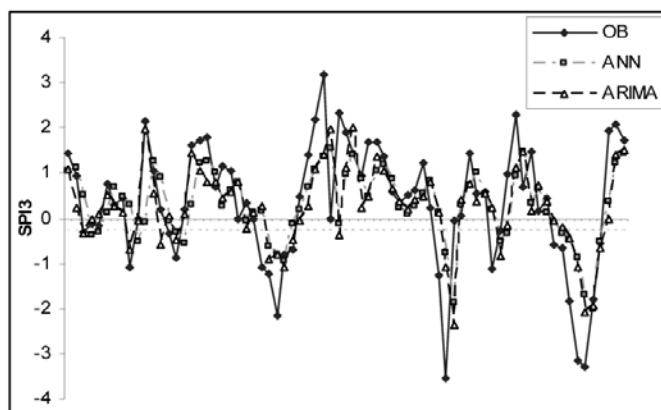
منابع

- سلطانی، س. و مدرس. ر. ۱۳۸۵. پیش بینی مقادیر SPI با استفاده از مدل های سری زمانی شاخص، نخستین همایش منطقه ای بهره برداری بهینه از منابع آب حوضه های کارون و زاینده رود.
- فاتحی مرج، ا. برهانی داریان، ع. و مهدیان، م. ح. ۱۳۸۵. پیش بینی بارش فصلی با استفاده از پیوند از دور: مطالعه موردی حوزه آبخیز دریاچه ارومیه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال دهم شماره سوم (الف). پاییز ۱۳۸۵.

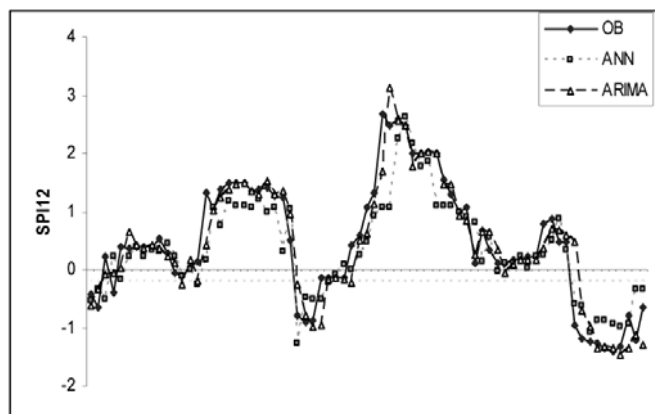
مورد بررسی مدل های سری های زمانی و شبکه عصبی در پیش مقادیر SPI نه و دوازده ماهه نسبت به SPI سه و شش ماهه بهتر عمل کرده اند. مشابه این نتایج را مرید و همکاران [۸] در پیش بینی مقادیر EDI و SPI با استفاده از شبکه عصبی و میسرا و دسائی [۶] در پیش بینی مقادیر SPI با استفاده از شبکه مدل های سری های زمانی و شبکه عصبی بدست آوردند. در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش استفاده از مدل های سری های زمانی جهت پیش بینی خشکسالی پیشنهاد می گردد.

جدول ۱ - عملکرد مدل های سری های زمانی در ایستگاههای مورد مطالعه

ایستگاه	مقیاس زمانی	ضریب همبستگی	AARE	RMSE
مشهد	۶ ماهه	۰/۸۶	۱۱۲/۵۱	۰/۴۹
	۱۲ ماهه	۰/۹۶	۵۶/۹۹	۰/۲۶
سبزوار	۳ ماهه	۰/۸۵	۱۱۹/۷	۰/۵۱
	۹ ماهه	۰/۹۱	۹۴/۵۴	۰/۴۹
نیشابور	۳ ماهه	۰/۹۰	۷۳/۲۶	۰/۸۶
	۹ ماهه	۰/۹۵	۶۸/۷۰	۰/۵۲
تربت حیدریه	۳ ماهه	۰/۷۲	۲۸۱	۰/۹۴
	۶ ماهه	۰/۸۱	۱۲۰/۰۴	۰/۷۱
	۹ ماهه	۰/۸۹	۱۶۳/۵۸	۰/۵۲
	۱۲ ماهه	۰/۹۴	۵۰/۷۹	۰/۳۴



شکل ۴ - مقادیر پیش بینی شده SPI دوازده ماهه برای ایستگاه تربت حیدریه



شکل ۳ - مقادیر پیش بینی شده SPI سه ماهه برای ایستگاه تربت حیدریه

جدول ۲- عملکرد مدل‌های گوناگون شبکه عصبی

RMSE	AARE	ضریب همبستگی	تعداد نرون	نوع ورودی	مدت زمان	ایستگاه
۰/۵۱	۱۲۷/۳۵	۰/۸۴	۲	بدون شاخص‌ها	۶ ماهه	مشهد
۰/۴۳	۶۰/۱۳	۰/۹۲	۲	همراه با شاخص‌ها	۱۲ ماهه	
۰/۶۸	۱۸۷/۱۳	۰/۷۲	۶	همراه با شاخص‌ها	۳ ماهه	سبزوار
۰/۵۵	۱۲۹/۳۲	۰/۸۹	۳	بدون شاخص‌ها	۹ ماهه	
۰/۷۸	۵۶/۰۲	۰/۷۷	۸	همراه با شاخص‌ها	۳ ماهه	نیشابور
۰/۵۳	۵۸/۷۰	۰/۹۴	۲	بدون شاخص‌ها	۹ ماهه	
۰/۹۴	۲۹۴/۰۷	۰/۶۸	۶	همراه با شاخص‌ها	۳ ماهه	تربت حیدریه
۰/۷۳	۱۱۹/۰۵	۰/۸۱	۱۰	بدون شاخص‌ها	۶ ماهه	
۰/۶۱	۱۷۱/۲۸	۰/۸۴	۲	بدون شاخص‌ها	۹ ماهه	
۰/۵۱	۶۸/۲۵	۰/۹۰	۱۰	بدون شاخص‌ها	۱۲ ماهه	

network. Ecological modeling 198: 127-138.

7- Mishra, A. Singh, V.P. Desai, V.R. 2007. Drought characterization: a probabilistic approach. Stoch Environ Res Risk Assess DOI 10. 1007/s00477-007-0194-2.

8- Morid, S. Smakhtinb, V. and Bagherzadehc, K. 2007. Drought forecasting using artificial neural networks and time series of drought indices. Int. J. Climatol. 27: 2103-2111.

9- Paulo, A.A. Ferreira, E. Coelho, C. Pereira, L.S. 2005. Drought class transition analysis through Markov and Loglinear models, an approach to early warning. Agricultural Water Management 77: 59-81.

3- Box, G.E.P, and Jenkins, G.M. 1976. Time Series Analysis Forecasting and Control. San Francisco: Holden-Day.

4- Mckee, T.B., Doesken, N.J and Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales, 8th conference on Applied Climatology, 17-22 January Anaheim, CA, pp. 176-184.

5- Mishra, A.K, Desai, V.R. 2005. Drought forecasting using stochastic models. Stoch Environ Res Risk Assess 19: 326-339 DOI 10.1007/s00477-005-0238-4.

6- Mishra, A.K., Desai, V.R. 2006. Drought forecasting using feed-forward recursive neural