Arshive of SID

تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال چهاردهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷
Volume 14, No. 1, Spring 2018 (IR-WRR)
۲۷۸-۲۸۴

یادداشت فنی

ارزیابی خشکسالی ایستگاه‌های سینوپتیک غرب کشور با استفاده روش هربست و مدل عصبی-فازی تطبیقی

مطلب بایزیدی[۱*]

چکیده

بارندگی‌های کم و متعاقباً دوره‌هایی با دبی کم، اثرات قابل توجهی بر مدیریت منابع آب دارند. علاوه براین افزایش روبه رشد تقاضای آب موجب بحرانی‌تر شدن شرایط در دوره‌های حاد خشکسالی می‌گردد. مدیریت خشکسالی و اعمال محدودیت‌های استفاده از آب در یک نقطه بطور مستقیم تابع شدت خشکسالی می‌باشد. در این مقاله به بررسی تداوم، شدت و شاخص خشکسالی با استفاده از روش هربست و پیش‌بینی مقادیر کمبود بارش ماهانه با مدل ANFIS در ۲۷ ایستگاه سینوپتیک در استان‌های منطقه غرب کشور طی دوره آماری ۳۰ سال (۲۰۱۴-۱۹۸۵) پرداخته شد. نتایج پایش خشکسالی نشان داد که در ایستگاه‌های سینوپتیک سراب و کرمانشاه به ترتیب با ۲۶۰ ماه و ۱۲۲ ماه بیشترین و کمترین تعداد ماه خشک را داشتند. و ماکزیمم شدت نسبی خشکسالی (Y (بدون بعد)) در ایستگاه‌های مراغه و جلفا به ترتیب ۳/۴۷ و ۲/۵۰ محاسبه شد. بیشترین و کمترین مقادیر شاخص خشکسالی (I) در ایستگاه‌های تکاب، سراب، سقز و سرپل‌ذهاب و در ایستگاه‌های استان اردبیل و لرستان رخ داده است. همچنین در پیش‌بینی مقادیر کمبود بارش ماهانه (MMD) با مدل ANFIS با توجه به معیارهای نش، ضریب تعیین و میزان خطا جز در ایستگاه‌های کرمانشاه، میانه و پیرانشهر مدل، عملکرد بهتر را نشان نداد.

کلمات کلیدی: شاخص خشکسالی، کمبود بارش ماهانه (mmd)، مدل ANFIS، شدت خشکسالی، مدت خشکسالی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۵/۲۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۵/۱۹

۱- استادیار، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سنندج، ایران.
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان تابستان ۱۳۹۷ امکانپذیر است.

Technical Note

Evaluation of Drought in Western Synoptic Stations Using Herbst and Neuro-Fuzzy Method

*M. Byzedi[1]**

Abstract

Low rainfall and subsequent periods with low flow has profound effects on water resource management. In addition, growing water demand would raise critical conditions in periods of severe droughts. Drought management and water use restrictions in one location is a direct function of drought severity. In this paper, we evaluated the duration, severity and index of drought using Herbest method and monthly rainfall deficit forecast values with ANFIS model for 27 stations in the west provinces of Iran in a 30-year period (1985-2014). Drought monitoring results showed that the synoptic stations of Sarab and Kermanshah had the highest and lowest number of dry months; 260 and 122 months, respectively. The maximum relative intensity of drought (Y; dimensionless) were calculated in Maragheh and Jolfa stations as 3.47 and 2.5, respectively. The highest and lowest values of drought index (I) were reached in Takab, Sarab, Saghez and Sar Pol Zahab stations and in stations and Lorestan and Ardabil provinces. The model did not show better performance, except in Kermanshah, Mianeh and Piranshahr stations, in projecting mean monthly rainfall deficits (MMD) using ANFIS model based on the criteria Nash, coefficient of determination, and the error rate.

Keywords: Drought Index, Mean Monthly Deficit in precipitation (mmd), ANFIS Model, Drought Severity, Duration of Drought.

Received: August 13, 2016
Accepted: August 10, 2017

1- Assistant Professor, Department of Agriculture Engineering, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran. Email: m.byzedi@gmail.com
*- Corresponding Author

www.SID.ir

Arshive of SID

۱- مقدمه

خشکسالی یکی از خطرات طبیعی بسیار مهم و نگران کننده در مقیاس جهانی محسوب می‌شود. پدیده‌ی خشکسالی در بین خطرات مختلف طبیعی کمتر شناخته شده و در مقایسه با دیگر مخاطرات طبیعی و زیست‌محیطی دارای پیچیدگی‌های بیشتری است. از نظر زیست‌محیطی نیز پدیده‌ی خشکسالی که عموماً با کاهش نزولات جوی و افزایش دما همراه است، سبب شور شدن اراضی می‌گردد (Mishra and Singh, 2010). به طور کلی پدیده‌ی خشکسالی نشان دهنده‌ی گونه‌ای از ناهنجاری اقلیمی است که سبب کمبود منابع آب می‌گردد که این کمبود می‌تواند ناشی از کاهش بارش، توزیع نامنظم بارش، افزایش نیاز آبی و یا ترکیبی از این عوامل باشد (Pirmoradian et al., 2000). دوره خشکسالی از دیدگاه هیدرولوژیکی عبارت است از دوره‌ای که در آن مقادیر جریان از مقدار تثبیت شده‌ای که طی یک سیستم مدیریتی در برگیرندهٔ مصارف آشامیدنی، کشاورزی و صنعت است، به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر باشد (Araghinejad and Karamooz, 2010). پایش مؤثر و به موقع خشکسالی به عنوان گام نخستین در کاهش آسیب‌های خشکسالی محسوب شده و می‌تواند سبب توسعه‌ی سیستم‌های هشدار قبلی شود. از این‌رو ارزیابی کمی و دقیق شرایط خشکسالی در یک منطقه به عنوان قدم اول در مدیریت منابع آب محسوب می‌گردد.

Mohan and Rangacharva (1991) در هندوستان پژوهش‌هایی را در زمینه خشکسالی هواشناسی بر اساس جریانات رودخانه‌ای و بارش ماهانه انجام دادند که نتایج نهایی رضایت بخش گزارش شده‌اند. روش به کار گرفته شده توسط آنها، روش اصلاح شده پیشنهادی Herbst et al. (1966) جهت تعیین خشکسالی بود. از دیدگاه اقلیمی، ایران دارای آب و هوای گرم و خشک با بارشی کمتر از یک سوم متوسط بارش دنیا می‌باشد و وقوع دوره‌های خشکی با تواتر زیاد اغلب استان‌های کشور را با مشکل کم آبی بزرگی مواجه نموده است (Alizadeh, 2010). از این‌رو محدودیت آب از مهم‌ترین موانع توسعه‌ی کشاورزی بوده و در عین حال می‌تواند سبب بروز مشکلات زیست‌محیطی متعددی شود. در این بین پایش منابع آب در قسمت‌های غربی کشور از اهمیت بیشتری برخوردار است چرا که این منطقه در سال‌های اخیر در اثر تلفیق عوامل متعددی نظیر کاهش بارش و افزایش تقاضای آب در بخش‌های صنعتی و کشاورزی روند تسریعی در خشکسالی‌ها را در منطقه تجربه نموده که می‌تواند در آینده‌ای نه چندان دور سبب بروز بحران‌های زیست‌محیطی و اجتماعی-اقتصادی شود. بر این اساس پژوهش حاضر با هدف محاسبه‌ی مدت و شدت خشکسالی هواشناسی با استفاده از روش هربست در تعدادی از ایستگاه‌های سینوپتیک غرب کشور در طول دوره‌ی آماری ۲۰۱۴-۱۹۸۵ انجام شده و طی آن تلاش شده تا کارایی مدل ANFIS در پیش‌بینی مقدار کمبود بارش پرداخته شد.

۲- روش تحقیق

۲-۱- روش هربست

روش هربست در سال ۱۹۶۶ برای بررسی شدت، مدت و شاخص خشکسالی داده‌های بارش مورد استفاده قرار گرفت. در این روش تصور بر این است که دوره‌های خشکی فصلی با شدت و مدت معین که از تغییرات میانگین ماهانه بارش ناشی می‌شود، جنبه نرمال یک ناحیه با اقلیم مشخص بوده و خشکی زیان‌آور محسوب نمی‌شود. کمبودهای متوسط طبق فرض هربست سازگار با اقلیم می‌باشند و کمبودهای متجاوز از آن طبق نظر این محقق کمبودهای زیان آور محسوب می‌شوند، زیرا با سازگاری اقلیم منافات دارد. اگر بارش هر ماه از سالی به سال دیگر تغییر یابد تصور بر این است که می‌توان موارد مصرف را با تغییرات متوسط سازگاری داد و تنها آن مقدار کمبود بارش ایجاد خسارت خواهد نمود که متجاوز از متوسط کمبود هر ماه باشد. به‌عبارت دیگر، روش هربست بر مبنای تفکیک خشکی‌های نرمال از خشکی‌های زیان‌آور استوار می‌باشد. جهت تعیین وقایع خشکسالی در یک دوره آماری با استفاده از روش هربست لازم است که پارامترهای مدت، شدت و شاخص خشکسالی مشخص گردند. مراحل محاسباتی آنها به صورت زیر می‌باشد:

الف- ابتدا وزن تأثیر هر ماه در ماه بعدی و بارش مؤثر و کمبود ماهانه برای تمامی ماه‌ها از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$MAR = \sum_{i=1}^{12} M_i \text{ و } W_i = 0.1\left[1 + \frac{M_i}{\frac{1}{12}MAR}\right] \qquad (۱)$$

$$MD_{ij} = E_{ij} + M_i \text{ و } E_{ij} = \left(E_{(i-1)j} - M_{(i-1)}\right)W_i + R_{ij}$$

که در آن MAR میانگین سالانه بارش، W_i فاکتور انتقال ماه iام، R_{ij}: بارش ماه iام، W_i: فاکتور انتقال ماه iام، M_{i-1}: میانگین بارش ماهانه ماه i-1ام از سال jام، $E_{(i-1)j}$ بارش مؤثر ماه (i-1)ام از سال jام، E_{ij}: بارش مؤثر ماه iام از سال jام و MD_{ij}: کمبود ماهانه بارش در ماه iام و سال jام می‌باشند.

کمبود ماهانه متوسط با توجه به MDهای حاصل شده برای هر ماه سال بدست می‌آید. برای محاسبه MMD_i مقادیر $MD_i>0$ که کمبود محسوب نمی‌شود، صفر در نظر گرفته شده و در محاسبات وارد می‌شوند. کمبود متوسط سالانه به صورت زیر بدست می‌آید:

$$MMD_i = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} MD_{ij} = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}(E_{ij} - M_i) \qquad (۲)$$

$$MAD = \sum_{i=1}^{12} MMD_i \text{ و}$$

www.SID.ir

Arshive of SID

MMD_i: کمبود ماهانه متوسط ماه iام و MAD: کمبود متوسط سالانه (mm) می‌باشند.

ج- دوره‌های خشکی با به‌کارگیری روش Herbst et al. (1966) تعیین می‌گردد و شدت نسبی خشکی، مدت و شاخص خشکی از طریق روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$I = Y * D \text{ و } Y = \frac{\sum_{i=1}^{D}[(E_i - M_i) - MMD_i]}{\sum_{i=1}^{D} MMD_i} \quad (۳)$$

D: طول دوره خشکی (بر حسب ماه)، Y: میانگین ماهانه شدت نسبی خشکی (بدون بعد) و I: شاخص خشکسالی می‌باشد.

۲-۲- سیستم استنتاج عصبی- فازی

در این مطالعه به منظور تخمین خشکسالی و مقادیر کمبود، از سیستم استنتاج عصبی-فازی استفاده گردید. برای تخمین خشکسالی با مدل ANFIS، ابتدا داده‌های MMD که مقادیر کمبود ماهانه در روش هربست بوده که با توجه به این مقادیر خشکسالی‌ها را مشخص می‌کردیم، برای ورودی به مدل در هر ایستگاه به صورت سری‌های به طول ۳۶۰ ماه تنظیم شدند. سری‌های زمانی در سه ستون ایجاد شد، ستون اول سال‌های مربوط به سری زمانی، ستون دوم ماه‌هایی که سری زمانی در آن مشاهده شده و ستون سوم مربوط به مقادیر سری‌ها است. از آنجا که پیش‌بینی شاخص در مدل بر اساس ویژگی داده‌ها در گذشته انجام خواهد شد، باید بخشی از داده‌ها به آموزش و آزمایش الگوهای عصبی اختصاص داده شود. اما اکثر مطالعات بخش عمده داده‌ها (بطور معمول ۸۰، ۷۰ یا ۹۰ درصد) را به آموزش و باقیمانده‌ی داده‌ها را به آزمون الگو اختصاص می‌دهند. در این مطالعه از ۷۰ درصد داده‌ها به شروع داده‌ها یا آموزش و از ۳۰ درصد آنها به عنوان داده‌های اعتبارسنجی استفاده شد. قبل از شروع مدل آموزش سیستم استنتاج فازی، باید ساختار اولیه آن تعیین شود. با آزمون ترکیبات مختلفی از معماری مدل، حالت بهینه با توجه به معیارهای کارایی به‌دست می‌آید. برای آموزش سیستم عصبی-فازی دو روش گسسته‌سازی شبکه‌ای ۱ و خوشه‌بندی جزیی ۲ وجود دارد. تفاوت عمده این دو روش در چگونگی تعیین تابع عضویت فازی است. در این تحقیق از روش گسسته‌سازی شبکه‌ای، نوع و تعداد توابع عضویت ورودی و خروجی مشخص شده و پس از آزمون حالت‌های مختلف ساختار، چهار تابع عضویت ۳ (شکل۲) به شکل قوسی ۴ انتخاب شد.

۲-۳- معیارهای ارزیابی

به‌منظور ارزیابی دقت و کارایی مدل‌ها، از نمایه‌های ضریب تعیین (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) ، ضریب نش- ساتکلیف (NSC) و شاخص توافق (d) استفاده گردید. بهترین مقادیر برای این سه معیار به ترتیب یک، صفر و یک می‌باشند.

۳- محدوده مطالعاتی

محدوده مطالعاتی، استان‌های غربی کشور ایران است که از نظر مختصات جغرافیایی در محدوده ۲۵ درجه و ۳ دقیقه الی ۳۹ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۵ دقیقه الی ۶۳ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی واقع شده است. به منظور انجام این تحقیق، از داده‌های ماهانه بارش ۲۷ ایستگاه سینوپتیک در ۷ استان غربی شامل کردستان، همدان، کرمانشاه، لرستان، ایلام، آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و اردبیل مورد استفاده قرار گرفت. آمار بارش ماهانه در ایستگاه‌ها حداقل ۲۷ و حداکثر ۳۰ سال هستند و تا سال ۲۰۱۴ می‌باشد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های انتخاب شده برای انجام این پژوهش را نشان می‌دهد.

۴- نتایج و تحلیل نتایج

۴-۱- پایش خشکسالی

همانطور که بیان گردید با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲، مقدار کمبود بارش ماهانه (MD) و سپس مقدار متوسط کمبود ماهانه (MMD) محاسبه گردید و در ادامه در کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه شروع و پایان خشکی، تداوم خشکسالی (D) و شدت خشکسالی به صورت نسبتی از کمبود بارش ماهانه بدست آمد. تاریخ‌های شدیدترین رخداد خشکی و پارامترهای خشکسالی برای همه ایستگاه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که ایستگاه بیجار در استان کردستان با ۶۶ ماه طولانی‌ترین دوره‌ی خشکی و سپس ایستگاه‌های تکاب، جلفا، نوژه و مراغه به ترتیب در استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، همدان و آذربایجان شرقی با تداوم خشکی ۴۰ تا ۵۳ ماه در رتبه دوم قرا داشتند. همچنین شدیدترین خشکسالی در ایستگاه مراغه در استان آذربایجان شرقی طی دوره‌ی آماری ۳۰ سال با مقدار شدت خشکسالی ۳/۴۸ رخ داده است. این نتایج با تحقیقات Asadi et al. (2009) و Rasolimajd et al. (2014) که خشکسالی را با روش شاخص SPI در استان آذربایجان بررسی نمودند مطابقت دارد. بر اساس نتایج به‌دست آمده سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۹۸ و ۲۰۰۳-۲۰۰۲ در طول دوره آماری دوره‌هایی بوده‌اند که با خشکسالی مواجه شده‌اند. همچنین در این بررسی مشاهده شد که در ایستگاه‌های سینوپتیک استان‌های اردبیل، همدان و کرمانشاه کمترین تداوم و شدت خشکسالی وجود داشته است. به‌طور کل نتایج نشان داد که تداوم و فراوانی خشکسالی در مناطق شمال‌غرب (ایستگاه‌های سردشت، سراب، اردبیل، جلفا، تبریز، بیجار، تکاب و نوژه) که ضریب تغییرات بارش نسبتاً بالایی دارند،

www.SID.ir

Arshive of SID

نسبت به سایر نقاط غرب کشور بیشتر است. هر چه ضریب تغییرات بارش در منطقه کمتر باشد استعداد خشکی کمتر می‌شود.

۴-۲- تخمین کمبود بارش ماهانه (MMD)

در بحث مربوط به ارزیابی توان مدل سیستم استنتاج فازی-عصبی در تخمین مقدار کمبود بارش ماهانه (MMD) دوره ۱۰۸ ماه، از دسامبر ماه سال ۲۰۰۶ تا آوریل سال ۲۰۱۴، به عنوان دوره اعتبارسنجی در نظر گرفته شد و پس از اجرای مدل ANFIS، معیارهای ارزیابی مدل‌سازی با توجه به مقادیر مشاهده‌ای و محاسباتی تعیین شد که در شکل ۳ ارائه شده است.

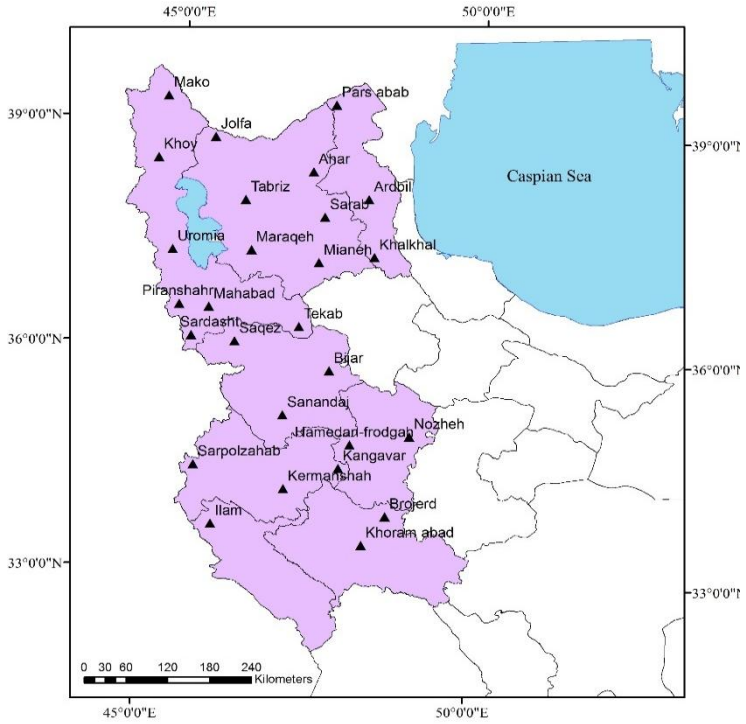

Fig. 1- Location of the studied stations

شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

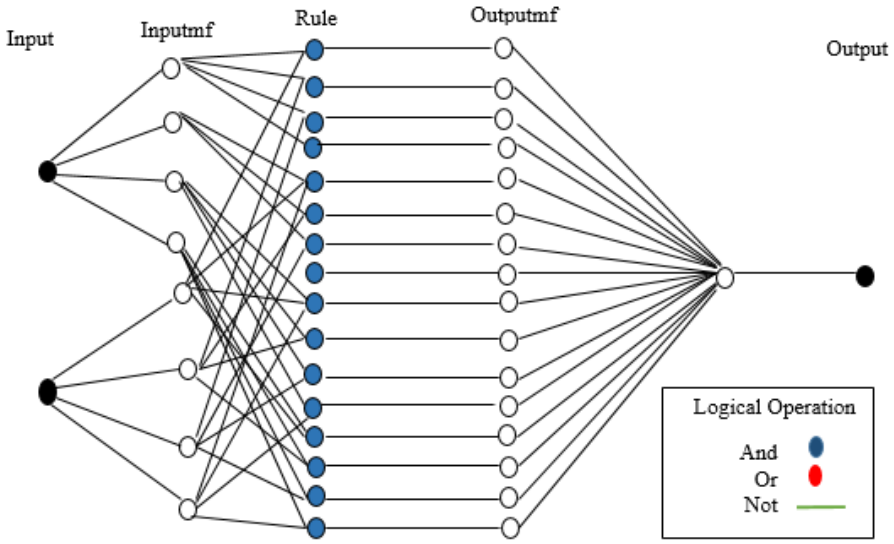

Fig. 2- The structure of the input and output of the Neuro-Fuzzy model in this study

شکل ۲- ساختار ورودی و خروجی از مدل عصبی-فازی در این پژوهش

www.SID.ir

Arshive of SID

Table 1- Period (D), intensity (Y) and drought index (I) in the most severe event for all stations
جدول ۱- دوره (D)، شدت (Y) و شاخص خشکی (I) در شدیدترین رخداد برای همه ایستگاه‌ها

Number	Station	History of the most severe event	I (Drought Index)	D (Drought Period)	Y (Drought Intensity)	Number of Dry Months
1	Uromia	1992Nov-1989Sep	2.36	38	0.06	184
2	Khoram abad	2001Jan-1998Dec	69.16	38	**1.82**	176
3	Kermansha	2003Jun-2001Sep	24.71	34	0.73	122
4	Nozheh	2013Aug-2010Feb	0.28	43	0.01	210
5	Tabriz	2011Oct-2007May	27.68	42	0.66	221
6	Takab	2002Jul-1998Mar	32.6	53	0.62	238
7	Sarpole Zahab	2009May-2007Mar	24.07	27	0.89	231
8	Sardasht	2001Jul-1998Apr	16.99	40	0.42	**252**
9	Sarab	2002Nov-2000Dec	8.36	24	0.35	**260**
10	Sanandaj	2009Jun-2007May	13.1	26	0.5	222
11	Saqez	2001Aug-1998Apr	27.26	41	0.66	248
12	Pars abad	2002Jan-2000Dec	22.43	26	0.86	249
13	Piranshahr	2001Jul-1998Mar	23.77	41	0.58	196
14	Mahabad	2000Apr-1998Apr	22.33	25	0.89	206
15	Maku	2002Jan-2000Oct	17.69	36	0.49	162
16	Maragheh	2002Nov-1998Apr	152.65	44	**3.47**	181
17	Mianeh	2004Aug-2003Jan	16.13	24	0.67	203
18	Khoy	2002Oct-1999Jul	6.65	28	0.24	165
19	Khalkhal	2014Dec-2012May	7.44	21	0.35	180
20	Ilam	2013Jan-2010 May	28.22	32	0.56	217
21	Jolfa	2002Oct-1999Feb	125.2	50	2.5	220
22	Kangavar	2000Jul-1998May	64.53	27	2.39	198
23	Hamadan	1991Jul-1990Nov	8.35	21	0.44	182
24	Ahar	2002Nov-2000Aug	18.92	19	1	190
25	Ardebil	2001Jun-2000Dec	0.12	19	0.01	224
26	Borujerd	1991Aug-1988Jul	9.58	38	0.25	**253**
27	Bijar	2001Jan-1998Feb	17.84	66	0.27	228

نتایج ارزیابی مدل نشان داد که بیشترین ضریب همبستگی بین مقادیر مشاهده‌ای و محاسباتی مربوط به ایستگاه‌های پیرانشهر، میانه و کرمانشاه و به ترتیب برابر ۰/۶۱، ۰/۶۰ و ۰/۶۰ بوده است. همچنین بیشترین مقدار مجذور خطا مربوط به ایستگاه‌های سرپل‌ذهاب و سردشت بود. با توجه به معیار نش–ساتکلیف در ایستگاه‌های کرمانشاه، تبریز، میانه، ایلام، پیرانشهر و بروجرد قابل قبول بوده و عملکرد مناسبی را نشان می‌دهد ولی بقیه ایستگاه‌ها از نظر این معیار دارای عملکرد مناسبی نبوده‌اند.

۵- جمع‌بندی

در این پژوهش ابتدا به پایش خشکسالی در ۱۱ ایستگاه سینوپتیک (در ۸ استان) در منطقه غرب ایران پرداخته شد و در ادامه، امکان پیش‌بینی مقادیر کمبود بارش ماهانه با مدل سیستم استنتاج فازی–عصبی مورد ارزیابی قرار گرفت. مهمترین نتایج حاصل از یافته‌های این مباحث بدین شرح است:

بررسی خشکسالی‌ها با روش هربست نتایج نشان داد که ایستگاه‌های دشت‌های شرقی و جنوب شرقی دریاچه ارومیه در استان‌های آذربایجان شرقی، کردستان و آذربایجان غربی دارای حداکثر شدت خشکی و شاخص خشکی در طول۳۰ سال دوره‌ی آماری بوده‌اند. به‌طوریکه در ایستگاه مراغه (دشت مراغه) مقدار شاخص خشکی ۱۵۲/۶۵، دوره‌ی خشکی ۴۴ ماهه (آوریل ۱۹۹۸ تا ژانویه ۲۰۰۲) و حداکثر شدت خشکسالی ۳/۴۷، در ایستگاه تکاب مقدار شاخص خشکی ۳۲/۵۳ دوره‌ی خشکی ۵۳ ماهه (مارس ۱۹۹۸ تا سپتامبر ۲۰۰۲) و حداکثر شدت خشکسالی ۰/۶۱ و در ایستگاه سقز مقدار شاخص خشکی ۲۷/۲۶ دوره‌ی خشکی ۴۱ ماهه (آوریل ۱۹۹۸ تا اکتبر ۲۰۰۱) و حداکثر شدت خشکی ۰/۶۶ بوده است.

www.SID.ir

Arshive of SID

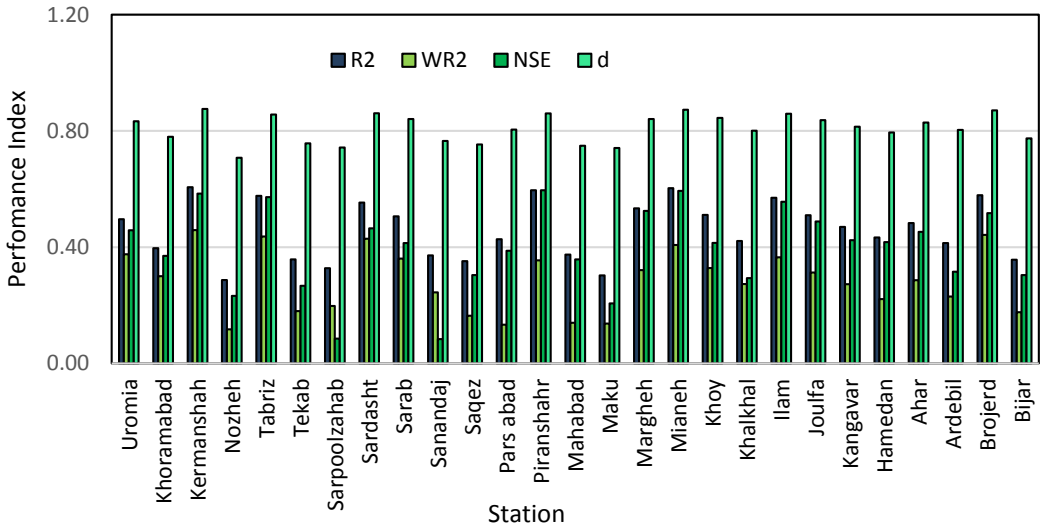

Fig. 3- The bar chart for Performance Indicators
شکل ۳- نمودار میله‌ای شاخص‌های کارایی

در بررسی طولانی‌ترین دوره‌های خشکی مشخص گردید که ایستگاه بیجار در استان کردستان با دوره‌ی خشکی ۶۶ ماهه (از مارس سال ۱۹۹۸ تا آگوست ۲۰۰۳) طولانی‌ترین دوره خشکی را بین ایستگاه‌ها با شدت ۰/۲۷ داشته است. ایستگاه تکاب در استان آذربایجان غربی با دوره‌ی۵۳ ماهه و شدت ۰/۶۲ و ایستگاه جلفا با دوره‌ی ۵۰ ماهه و شدت ۲/۵ به ترتیب در رتبه های بعدی قرار گرفته‌اند.

در بررسی پیش‌بینی مقادیر کمبود بارش ماهانه برای تعیین خشکسالی‌ها با استفاده از سیستم استنتاج عصبی- فازی مشخص گردید که این روش با توجه به معیار نش-ساتکلیف به جز در ۴ ایستگاه تبریز، کرمانشاه، میانه و پیرانشهر کارایی قابل قبولی ندارد؛ به‌طوریکه ضریب تعیین در ایستگاه‌های کرمانشاه، میانه و پیرانشهر به ترتیب ۰/۶۱ ، ۰/۶۰ و ۰/۶۰ بوده‌اند و ایستگاه‌های سرپل‌ذهاب و سردشت بیشترین مقدار مجذور خطا را داشتند. این روش در پیش‌بینی خشکسالی‌ها با شاخص SPI در استان اردبیل توسط Sobhani and Goldost (2015) در ۴ مقیاس زمانی ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماهه روش مناسبی دانسته نشده است؛ اما در مطالعات Falahqaheri et al. (2008)، در پیش‌بینی بارش بهاره خراسان رضوی بر پایه الگوی سینوپتیک پیوند از دور، و همچنین Azhdarimoqadam et al. (2011) در پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از مدل فازی-عصبی، شاخص‌های اقلیمی، بارندگی و شاخص خشکسالی در استان زاهدان، دقت قابل قبول مدل را تأیید نمودند. با این حال پژوهش حاضر در پیش‌بینی مقادیر کمبود بارش برای تعیین خشکسالی‌ها به روش هربست، کارایی قابل قبولی در مناطق را نشان نداد.

پی‌نوشت‌ها

1-Grid Partitioning
2-Sub-Clustering
3-Number of MFs
4-Gauss

۶- مراجع

Asadi E, Majnoni hris A, Fakherifard A, Sadredini AA (2009) Evaluation drought in East Azarbaijan province using SPI index. 2nd National Conference and the effects of drought management strategies in 25-26 may 2009 in Research Center for Agriculture and Natural Resources in Isfahan

Rasolimajd N, Aliqinia T, Behmanesh J, Mohamadnejad BA (2014) Droughts zoning West Azerbaijan province using SPI index and geographic information system (GIS). 32nd National and 1st International Geosciences Congress January 2014 in Urmia university (In Persian)

Mishra Ashok K, Vijay P Singh (2010) A review of drought concepts. Journal of Hydrology, 391(1):202-216

Sohrabi RA, Sohrabi H, Arab DR (2008) Reviews drought monitoring indicators from the perspective of evolution, nature and function of the proposed selection process is proportional with the regions. Proceedings of 3rd International Conference on

www.SID.ir

Arshive of SID

Sobhani B, Goldost A (2015) Predictability drought monitoring and assessment in Ardabil Province by using SPI index and ANFIS model. Journal of Geographical Research 30(1):135-152 (In Persian)

Falahqaheri GA, Mosavibaigi M, Mehdinokhandan M (2008) Seasonal precipitation forecast is based on synoptic patterns using adaptive neural fuzzy inference system ANFIS 66:121-139 (In Persian)

Karamouz M, Araghinejad Sh (2010) Advanced hydrology. Amirkabir University Press (In Persian)

Pirmoradian N, Shamsnia SA, Bostani F, Shahrokhnia MA (2000) Evaluation of drought return period using the Standardized Precipitation Index (SPI) in Fars province. Crop Ecology (new agricultural science): 4(13):7-21 (In Persian)

Water Resources Management, Tabriz, Iran (In Persian)

Mohan S, Rangacharya NCV (1991) A modified method for drought identification. Journal of hydrological sciences 36:11-21

Herbst PH, Bredenkamp DB, Barker HMG (1966) A technique for the evaluation of drought from rainfall data. Journal of Hydrology 4:264-272

Azhdarimoqadam M, Kosravi M, Hosainporniknam H, Jafarinadoshan A (2011) Prediction of drought by using Neuro-fuzzy model, climate index, rainfall and drought index (Case Study: Zahedan). Geography and Development 26:61-72 (In Persian)

www.SID.ir