مجله علمی - پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیـــزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering
سال دوم - شماره ۵ - زمستان ۱۳۸۷
Vol. 2, No. 5, Winter 2009

گزارش فنی

شبیه سازی و تحلیل ارتباط خشکسالی های آبشناختی و اقلیمی با استفاده از مدل های احتمالاتی (مطالعه موردی: جلگه بابل)

حمیدرضا مرادی[۱]، مجید طائی سمیرمی[۲]، داود قاسمیان[۲]، جواد چزگی[۲] و رضا بهاری[۳]

تاریخ دریافت: ۸۷/۵/۲۹ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۱۴

چکیده

رودخانه ها به عنوان شریان های حیاتی اغلب دشت ها و جلگه های کشور محسوب می شوند. بسته به نوع اقلیم حاکم بر مناطق مختلف، این نوع منابع آبی واکنش های مختلفی در مقابل تنش های محیطی به ویژه خشکسالی نشان می دهند. رخداد خشکسالی های آبشناختی نسبت به خشکسالی هواشناسی دارای تقدم و تاخر می باشند. بر این اساس ارتباط خشکسالی آبشناختی رودخانه بابل رود واقع در جلگه بابل با خشکسالی هواشناسی ایستگاه های سینوپتیک تاثیرگذار بر روی دبی رودخانه بابل رود (قائمشهر و بابلسر) مورد مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش از مدل های استوکاستیک و احتمالی (زنجیره مارکوف)، تئوری Run، میانگین متحرک و نمایه SPI استفاده شد و وقوع خشکسالی ها و ترسالی های آبشناختی و هواشناسی در طی ۱۰ سال آینده شبیه سازی شد. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد خشکسالی را ایستگاه قائمشهر به خود اختصاص می دهد. با استفاده از زنجیره مارکوف مشخص شد بالاترین احتمال ایستا در حالت نرمال با مقدار ۰/۶۳۳ متعلق به رودخانه بابل رود می باشد. وقوع خشکسالی و ترسالی های رودخانه بابل رود بیشتر تحت تاثیر خشکسالی ها و ترسالی های ایستگاه قائمشهر می باشد، به طوری که این ارتباط با استفاده از آزمون آماری t جفتی در سطح معنی داری (p<۰/۰۵) و ضریب همبستگی برابر ۰/۵۷۶ اثبات شد.

واژه های کلیدی: شبیه سازی، خشکسالی آبشناختی، زنجیره مارکوف، تئوری Run، جلگه بابل

مقدمه

رودخانه ها به عنوان شریان های حیاتی اغلب دشت ها و جلگه های کشور محسوب می شوند. بسته به نوع اقلیم حاکم بر مناطق مختلف، این نوع منابع آبی واکنش های مختلفی در مقابل تنش های محیطی به ویژه خشکسالی نشان می دهند. یکی از تحلیل های آماری که امروزه در مورد خشکسالی ها به کار برده می شود، بر اساس تئوری RUN استوار است. در این روش با تقسیم دوره آماری به دو دوره بیشتر و کمتر از میانگین، دوره هایی که مقدار متغیر مورد نظر پایین تر از میانگین است، به عنوان خشکسالی در نظر گرفته می شوند [۱ و ۶]. زنجیره مارکوف یکی دیگر از مدل های تصادفی است که برای بسیاری از متغیرهای آبشناختی استفاده می شود. زنجیره مارکوف در آبشناختی برای مدلسازی بارندگی، جریان رودخانه، رطوبت خاک و ذخیره آب به کار می رود [۳ و ۹ و ۸]. مطالعات زیادی کاربرد مدل های استوکاستیک را در آبشناختی بررسی کرده اند. سلطانی و مدرس [۲] وضعیت خشکسالی و روند آن را در استان زنجان بررسی و با استفاده از روش میانگین متحرک ۳ و ۵ ساله، دوره های خشکسالی در منطقه را تعیین کردند.

مرادی و عرفان زاده [۷] وضعیت خشکسالی و ترسالی را در حوزه رود هراز با استفاده از تحلیل منحنی های میانگین متحرک بررسی و اظهار کردند در ایستگاه پلور در اواخر دهه ۴۰ و اوایل دهه ۷۰ با ترسالی و در سالهای ۵۴-۵۳ تا ۷۲-۷۱ با خشکسالی مواجه بوده اند. در ایستگاه کره سنگ نیز ۳ دوره خشکسالی و ۳ دوره ترسالی مشاهده شده است. چن [۱۰] نیز با استفاده از بارندگی روزانه ۲۵ ساله صد ایستگاه ایالات متحده آمریکا، مدل مناسب زنجیره مارکوف را برای بارندگی روزانه جست جو کرد. تامپسون [۱۷] با ترکیب آزمون RUN، زنجیره مارکوف و نمایه پالمر، خشکسالی ایالت مرکزی آمریکا را از سال ۱۸۹۵ تا ۱۹۸۸ بررسی کرد. وی با استفاده از ماتریس ایستا، احتمال وقوع وضعیت های مختلف

۱- نویسنده مسئول و استادیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علم و دریایی دانشگاه تربیت مدرس Morady5hr@Yahoo.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس Davodghasemian@gmail.com
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس

Archive of SID
www.SID.ir

خشکسالی را به دست آورد و با استفاده از این احتمالات، نقشه پهنه بندی احتمال وقوع خشکسالی در ایالت مرکزی آمریکا تهیه کرد.

هدف از این پژوهش، بررسی ویژگی های دوره های خشکسالی هواشناسی و آبشناختی و ارتباط آنها با یکدیگر با استفاده از روش های آماری و تصادفی (زنجیره مارکوف و تئوری (RUN در جلگه بابل می باشد. همچنین وضعیت خشکسالی های آبشناختی و هواشناسی در طی ۱۰ سال آینده با استفاده از روش های مذکور مورد مطالعه قرار گرفت.

روش پژوهش

برای انجام این پژوهش از داده های بارش ایستگاه های سینوپتیک بابلسر و قائمشهر و ایستگاه آب سنجی بابل رود استفاده گردید. برای مطالعه پدیده خشکسالی نمایه SPI به عنوان نمایه هواشناسی استفاده گردید. این نمایه بر اساس نمره Z محاسبه شد. جهت بررسی ارتباط خشکسالی آبشناختی و هواشناسی در جلگه بابل با توجه به آمار موجود پایه زمانی ۲۰ ساله (۲۰۰۳-۱۹۸۴) انتخاب گردید و نمایه SPI سالانه برای بارش ایستگاه های سینوپتیک بابلسر و قائمشهر و دبی متوسط ایستگاه آب سنجی بابل رود محاسبه شد، تا یک سری زمانی کامل از روند سال های خشک و تر مشخص گردد. با استفاده از ترکیب روش های زنجیره مارکوف و تئوری RUN می توان شرایط آینده را از نظر خشکسالی و ترسالی شبیه سازی نمود[۵ و ۱۳ و ۱۴]. با توجه به تئوری RUN، امید ریاضی خشکسالی بر اساس رابطه (۱) بدست آمد.

$$E(D) = P_D.t \qquad (۱)$$

که در آن:

E(D) امید ریاضی خشکسالی و به عبارتی تعداد متوسط خشکسالی مورد انتظار در دوره زمانی شبیه سازی است و P_D احتمال رخداد خشکسالی می باشد که با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید:

$$P_D = {}^*P_N.P_{ND} + P_W.{}^*P_{WD} \qquad (۲)$$

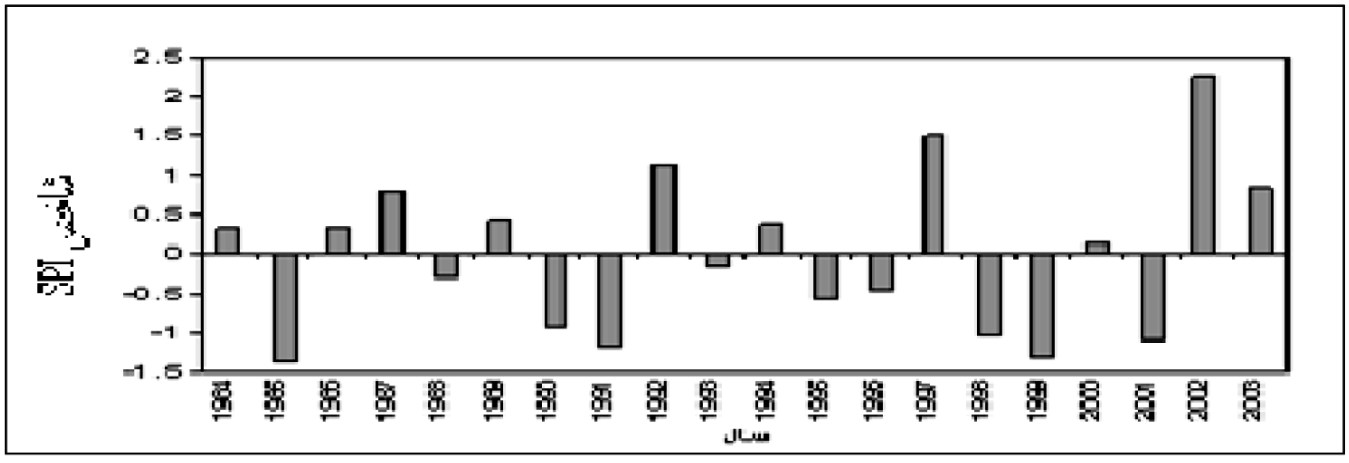
در این رابطه P_N^* و P_W^* و احتمال ایستای آنها در دوره های نرمال و مرطوب می باشد و P_{WD} و P_{ND} احتمال انتقال از حالت مرطوب به خشکسالی و احتمال انتقال از حالت نرمال به خشکسالی را نشان می دهند[۴ و ۱۶]. برای محاسبه مدت دوام خشکسالی در طی دوره شبیه سازی شده (پیش بینی شرایط آینده) از رابطه (۳) استفاده شد.

$$E(L) = \frac{{}^*P_D}{P_D} \qquad (۳)$$

نتایج و بحث

با استفاده از تئوری RUN و در نظر گرفتن نمایه ,SPI سطح آستانه تعیین شده و بدین طریق نمودارهای تغییرات بارندگی در ایستگاه های هواشناسی سینوپتیک قائمشهر و بابلسر و تغییرات دبی در ایستگاه آب سنجی بابل رود ترسیم گردید. شکل (۱) به عنوان نمونه سری زمانی نمایه SPI ایستگاه بابلسر را نشان می دهد.

بر اساس نتایج حاصله، شدیدترین خشکسالی در ایستگاه بابلسر در سال های ۱۹۸۵ و ۱۹۹۹، در ایستگاه قائمشهر در سالهای ۱۹۸۵ و۱۹۹۱ و در ایستگاه آب سنجی بابل رود در سالهای ۱۹۸۶ و ۱۹۹۸ روی داده است. برای پیش بینی و ارزیابی وضعیت آبشناختی رودخانه بابل رود، بارندگی ایستگاه های قائمشهر و بابلسر و ارتباط دبی رودخانه با بارندگی ایستگاه های مذکور از روش زنجیره مارکوف استفاده شد. برای این منظور، ماتریس احتمال انتقال برای ۳ ایستگاه مذکور محاسبه گردید. در این پژوهش جدول استاندارد نمایه SPI به سه کلاس طبقه بندی شد. بدین معنا که وضعیت ترسالی با علامت W، وضعیت خشکسالی با علامت D و حالت نرمال نیز با N نشان داده شد[۱۵]. ماتریس احتمال انتقال ایستگاه های مذکور در جدول (۱) آمده است. قطر ماتریس احتمال انتقال در هر یک از ایستگاه ها، معرف پایداری شرایط محیطی است. در ایستگاه بابل رود معادل ۰/۳۳ می باشد، بدین مفهوم که اگر دبی رودخانه بابل رود دچار وضعیت خشکسالی آبشناختی گردد، با احتمال ۳۳٪ در این وضعیت باقی خواهد ماند. از ضرب n



شکل ۱ - سری زمانی نمایه SPIایستگاه سینوپتیک بابلسر

www.SID.ir
Archive of SID

بار ماتریس احتمال انتقال در خودش، ماتریس ایستا محاسبه شد. هر کدام از درایه‌های ماتریس ایستا معرف درصد دوره‌هایی است که منطقه در دراز مدت در آن باقی می‌ماند که به عنوان مثال برای رودخانه بابل رود در حالت نرمال معادل ۶۳٪ می‌باشد. بدین معنا که دبی در سال‌های آینده ۶۳٪ دوره‌ها را در وضعیت نرمال به سر خواهد برد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، روش‌های مرسوم برای بررسی خشکسالی شامل روش میانگین متحرک، نمایه SPI، تئوری RUN، زنجیره مارکوف و همچنین ترکیب زنجیره مارکوف و تئوری RUN مورد استفاده قرار گرفت و وضعیت خشکسالی اقلیمی و آبشناختی برای ۱۰ سال آینده شبیه‌سازی شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی حاکی از این است که بیشترین تعداد خشکسالی در طی ۱۰ سال آینده مربوط به ایستگاه قائمشهر می‌باشد که دلیل آن کوتاه بودن مدت دوام خشکسالی در این ایستگاه است. ایستگاه بابلسر از حیث دوام خشکسالی با ۱/۲۵ سال بیشترین دوام را دارد. در این زمینه باید بالا بودن دامنه تغییرات و انحراف معیار داده‌های بارش را دخیل دانست. به علت این که خشکسالی‌های آبشناختی با شدت کمتر و تاخیر بیشتری نسبت به خشکسالی‌های هواشناسی رخ می‌دهند، کمترین مدت متوسط خشکسالی شبیه‌سازی شده در ۱۰ سال آینده متعلق به رودخانه بابل رود می‌باشد.

بر اساس نتایج حاصل از ماتریس ایستای ایستگاه‌های مورد مطالعه، بالاترین احتمال ایستا در حالت نرمال با مقدار ۰/۶۳۳ متعلق به رودخانه بابل رود می‌باشد که حالت پایداری این نوع منابع آبی را در مقابل خشکسالی نشان می‌دهد. یعنی در طی ۱۰ سال آینده حدود ۶/۵ سال وضعیت در حالت نرمال می‌باشد که با نتایج مطالعات دراکاپ و همکاران [۱۱ و ۱۲] که در مناطق گرمسیری و پرباران استوایی انجام شده بود از تطابق خوبی برخوردار است. با توجه به موارد ذکر شده رودخانه بابل رود در زمان‌های خشکسالی منبع قابل اطمینانی به حساب می‌آید و بایستی در مواقع خشکسالی مدیریت بیشتری بر روی عوامل موثر بر تغییر کیفیت آن اعمال گردد. به علت نزدیکی مکانی و تحت تاثیر قرار گرفتن از جبهه‌های باران‌ساز مشترک، خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها در دو ایستگاه قائمشهر و بابلسر از تطابق خوبی برخوردار هستند، چنان که شدیدترین خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها به طور کامل منطبق بر هم می‌باشند و در دوره‌های زمانی یکسانی رخ می‌دهند. نتایج بررسی ارتباط خشکسالی‌ها و ترسالی‌های این دو ایستگاه با یکدیگر نشان داد که ضریب رگرسیون (R) آنها برابر با ۰/۸۶۱ می‌باشد. براساس نمایه SPI ارتباط خشکسالی‌های آبشناختی و ترسالی‌های رودخانه بابل رود با ایستگاه‌های مذکور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که خشکسالی‌ها و ترسالی‌های رودخانه بابل رود بیشتر تحت تاثیر ایستگاه قائمشهر می‌باشد. ضریب معادله همبستگی (R) بین خشکسالی‌ها و ترسالی‌های ایستگاه قائمشهر با

جدول ۱ - ماتریس احتمال انتقال ایستگاه‌های قائمشهر، بابلسر و بابل رود

قائمشهر	وضعیت	D	N	W
	D	۰	۰/۷۵	۰/۲۵
	N	۰/۲۷۵	۰/۴۵	۰/۲۷۵
	W	۰/۲۵	۰/۷۵	.
بابلسر	وضعیت	D	N	W
	D	۰/۲	۰/۴	۰/۴
	N	۰/۲۷	۰/۶۴	۰/۰۹
	W	۰/۳۳	۰/۶۷	۰
بابل رود	وضعیت	D	N	W
	D	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳
	N	۰/۱۹	۰/۷۵	۰/۰۸۳
	W	۰	۰/۵	۰/۵

www.SID.ir

خشکسالی‌ها و ترسالی‌های رودخانه بابل رود با استفاده از آزمون t جفتی محاسبه گردید و در سطح معنی‌داری ۵ درصد و ضریب معادله همبستگی (R) برابر ۰/۵۷۶ شد.

منابع

۱- رضیئی، ط. شکوهی، ع. و ثقفیان، ب. ۱۳۸۲ .پیش بینی شدت، تداوم وفراوانی خشکسالی با استفاده از روش‌های احتمالاتی و سری های زمانی، مطالعه موردی: استان سیستان و بلوچستان، بیابان ، ۸ (۲): ۳۱۰-۲۹۲

۲- سلطانی، س. و مدرس، ر. ۱۳۸۵ . تحلیل فراوانی و شدت خشکسالی هواشناسی استان اصفهان، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۹ (۱) : ۲۶-۱۵

۳- سمیعی، م. ثقفیان، ب. و مهدوی، م. ۱۳۸۵ . آنالیز منطقه‌ای شدت خشکسالی هیدرولوژیکی در حوزه‌های آبخیز استان تهران، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۹ (۱) : ۳۹-۲۷

۴- عزیزی، ق. ۱۳۸۲ . ارتباط خشکسالی‌های اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین، پژوهش‌های جغرافیایی، (۴۶): ۱۴۳ - ۱۳۱

۵- علیزاده، ا. ۱۳۸۴ . اصول هیدرولوژی کاربردی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۸۱۶ ص.

۶- قویدل رحیمی، ی. ۱۳۸۴ . آزمون مدل‌های ارزیابی خشکسالی و ترسالی برای ایستگاه‌های استان آذربایجان شرقی، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸ (۳(:ص ۵۳۰ - ۵۱۷

۷- مرادی، ح. ر. و عرفان زاده، ر. ۱۳۸۰ . بررسی روند خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها در حوضه رود هراز مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، ۱ :۲۹۳-۲۸۳

۸- یمانی، م. حسین‌زاده، م. و نوحه‌گر، ا. ۱۳۸۵ . هیدرودینامیک رودخانه‌های تالار و بابل و نقش آن در ناپایداری و تغییر مشخصات هندسی آنها، پژوهش‌های جغرافیایی، (۵۵): ۳۳-۱۵

۹- یوسفی، ن. و حجام، س. ۱۳۸۶ . برآورد احتمالات خشکسالی و ترسالی با استفاده از زنجیره مارکوف و توزیع نرمال، مطالعه موردی: استان قزوین، پژوهش‌های جغرافیایی، (۶۰) :۱۲۸ - ۱۲۱

10. Chin, S. and Edwin, H. 1977. Moleling daily precipitation occurrence process with markov chain, Water Resour.Res.,13(4) : 949-956.

11. Dracup, J. A., Lee, K.S., Paulson, E. G. Jr. 1980a. On the statistical characteristics of drought events, Water Resource. Res., 16(2): 289-296.

12. Dracup, J. A., Lee, K.S., Paulson, E. G. Jr. 1980b. on the definition of droughts, Water Resour. Res., 16(2): 297-302.

13. Haan, C. T, Alen, D.M. and street, J. 1976. Markov chain model of daily rainfall, Water Resource. Res., 12 (2): 443-449.

14. Jackson, Barbra, B. 1975. Markov mixture models for drought lengths, Water Resour. Res., 11(1): 64-75.

15. Pandey, R.P., Mishra, S.K., Singh, Ranvir and Ramasastri, K.S. 2007. Stream flow drought severity analysis of betwa river system (India), water resource management, online at Springer science + Business Media B. V.

16. Smaktin, V.U. 2001. Low flow hydrology: a review, Journal of Hydrology, No. 240: 147-186.

17. Thampson, S. 1999. Hydrology for water management, Prentice Hall Inc.

Archive of SID

www.SID.ir