

گزارش فنی

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 ($p < 0.05$) و ضریب همبستگی برابر 0.576 اثبات شد.

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

شبیه سازی و تحلیل ارتباط خشکسالی های آبخاختی و اقلیمی با استفاده از مدل های احتمالاتی (مطالعه موردی: 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 آبخاختی استفاده می شود. زنجیره مارکوف در آبخاختی 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 آبخاختی 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 جستجو 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

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 آبخاختی نسبت به خشکسالی هواشناسی دارای تقدم و تاخر می باشند. بر این اساس ارتباط خشکسالی آبخاختی رودخانه بابل رود واقع در جلگه بابل با خشکسالی هواشناسی ایستگاه های سینوپتیک تاثیرگذار بر روی دبی رودخانه بابل رود (قائم شهر 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 آبخاختی 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 0.633 متعلق به

۱- نویسنده مسئول و استادیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علم و دریایی دانشگاه تربیت مدرس
MoradyShr@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

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 آشناختی 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 آشناختی 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 آشناختی و هواشناسی در جلگه بابل با توجه به آمار موجود پایه زمانی ۲۰ ساله (۱۹۸۴-۲۰۰۳) 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.

$$E(D) = P_D \cdot t \quad (1)$$

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:

$$P_D = {}^*P_N \cdot P_{ND} + P_W \cdot {}^*P_{WD} \quad (2)$$

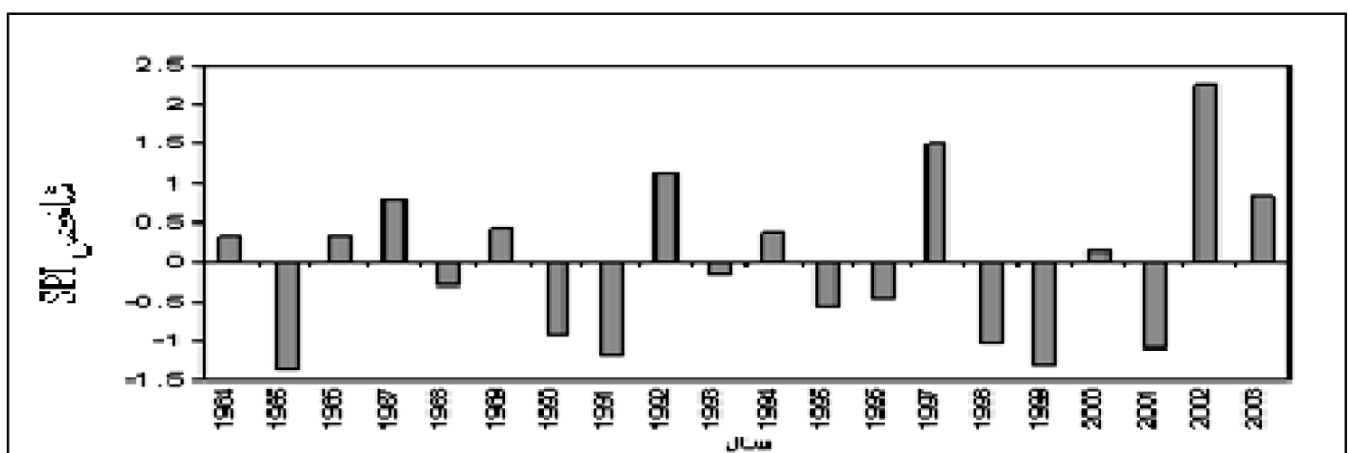
در این رابطه *P_N و *P_W و احتمال ایستای آنها در دوره های نرمال و مرطوب می باشد و P_{WD} و P_{ND} احتمال انتقال از حالت مرطوب به خشکسالی و احتمال انتقال از حالت نرمال به خشکسالی را نشان می دهند [۴ و ۱۶]. برای محاسبه مدت دوام خشکسالی در طی دوره شبیه سازی شده (پیش بینی شرایط آینده) از رابطه (۳) استفاده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

$$E(L) = \frac{{}^*P_D}{P_D} \quad (3)$$

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 سال های ۱۹۸۵ و ۱۹۹۱ و در ایستگاه آب سنجی بابل رود در سال های ۱۹۸۶ و ۱۹۹۸ روی داده است. برای پیش بینی و ارزیابی وضعیت آشناختی 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 آشناختی گردد، با احتمال ۳۳٪ در این وضعیت باقی خواهد ماند. از ضرب n



شکل ۱- سری زمانی نمایه SPI ایستگاه سینوپتیک بابلسر

بار ماتریس احتمال انتقال در خودش، ماتریس ایستا محاسبه شد. هر کدام از درایه های ماتریس ایستا معرف درصد دوره هایی است که منطقه در دراز مدت در آن باقی می ماند که به عنوان مثال برای رودخانه بابل رود در حالت نرمال معادل ۶۳٪ می باشد. بدین معنا که دبی در سال های آینده ۶۳٪ دوره ها را در وضعیت نرمال به سر خواهد برد.

نتیجه گیری

در این پژوهش، روش های 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 آشناسازی برای ۱۰ سال آینده شبیه سازی شد. نتایج حاصل از شبیه سازی حاکی از این است که بیشترین تعداد خشکسالی در طی ۱۰ سال آینده مربوط به ایستگاه قائمشهر می باشد که دلیل آن کوتاه بودن مدت دوام خشکسالی در این ایستگاه است. ایستگاه بابلرود از حیث دوام خشکسالی با ۱/۲۵ سال بیشترین دوام را دارد. در این زمینه باید بالا بودن دامنه تغییرات و انحراف معیار داده های بارش را دخیل دانست. به علت این که خشکسالی های آشناسازی با شدت کمتر و تاخیر بیشتری نسبت به خشکسالی های هواشناسی رخ می دهند، کمترین مدت متوسط خشکسالی شبیه سازی شده در ۱۰ سال آینده متعلق به رودخانه بابل رود می باشد.

بر اساس نتایج حاصل از ماتریس ایستای ایستگاه های مورد مطالعه، بالاترین احتمال ایستا در حالت نرمال با مقدار ۰/۶۳۳ متعلق به رودخانه بابل رود می باشد که حالت پایداری این نوع منابع آبی را در مقابل خشکسالی نشان می دهد. یعنی در طی ۱۰ سال آینده حدود ۶/۵ سال وضعیت در حالت نرمال می باشد 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 زمان های خشکسالی منبع قابل اطمینانی به حساب می آید 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 جبهه های باران ساز مشترک، خشکسالی ها و ترسالی ها در دو ایستگاه قائمشهر و بابلرود از تطابق خوبی برخوردار هستند، چنان که شدیدترین خشکسالی ها و ترسالی ها به طور کامل منطبق بر هم می باشند و در دوره های زمانی یکسانی رخ می دهند. نتایج بررسی ارتباط خشکسالی ها و ترسالی های این دو ایستگاه با یکدیگر نشان داد که ضریب رگرسیون (R) آنها برابر با ۰/۸۶۱ می باشد. براساس نمایه SPI ارتباط خشکسالی های آشناسازی و ترسالی های رودخانه بابل رود با ایستگاه های مذکور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که خشکسالی ها و ترسالی های رودخانه بابل رود بیشتر تحت تاثیر ایستگاه قائمشهر می باشد. ضریب معادله همبستگی (R) بین خشکسالی ها و ترسالی های ایستگاه قائمشهر با

جدول ۱- ماتریس احتمال انتقال ایستگاه های قائمشهر، بابلرود و بابل رود

	وضعیت	D	N	W
قائم شهر	D	۰	۰/۷۵	۰/۲۵
	N	۰/۲۷۵	۰/۴۵	۰/۲۷۵
	W	۰/۲۵	۰/۷۵	۰
	وضعیت	D	N	W
بابلرود	D	۰/۲	۰/۴	۰/۴
	N	۰/۲۷	۰/۶۴	۰/۰۹
	W	۰/۳۳	۰/۶۷	۰
	وضعیت	D	N	W
بابل رود	D	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳
	N	۰/۱۹	۰/۷۵	۰/۰۸۳
	W	۰	۰/۵	۰/۵
	وضعیت	D	N	W

خشکسالی ها و ترسالی های رودخانه بابل رود با استفاده از آزمون t جفتی محاسبه گردید و در سطح معنی داری ۵ درصد و ضریب معادله همبستگی (R) برابر ۰/۵۷۶ شد.

منابع

- ۱- رضیعی، ط. شکوهی، ع. و ثقفیان، ب. ۱۳۸۲. پیش بینی شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی با استفاده از روش های 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 منطقه ای شدت خشکسالی هیدرولوژیکی در حوزه های آبخیز استان تهران، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۹ (۱): ۳۹-۲۷
- ۴- عزیزی، ق. ۱۳۸۲. ارتباط خشکسالی های اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین، پژوهش های جغرافیایی، (۴۶): ۱۴۳-۱۳۱
- ۵- علیزاده، ا. ۱۳۸۴. اصول هیدرولوژی کاربردی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۸۱۶ ص.
- ۶- قویدل رحیمی، ی. ۱۳۸۴. آزمون مدل های ارزیابی خشکسالی و ترسالی برای ایستگاه های استان آذربایجان شرقی، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸ (۳): ۵۳۰-۵۱۷
- ۷- مرادی، ح. ر. و عرفان زاده، ر. ۱۳۸۰. بررسی روند خشکسالی ها و ترسالی ها در حوضه رود هراز مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، ۱: ۲۹۳-۲۸۳
- ۸- یمانی، م. حسین زاده، م. و نوحه گر، ا. ۱۳۸۵. هیدرودینامیک رودخانه های تالار و بابل و نقش آن در ناپایداری و

تغییر مشخصات هندسی آنها، پژوهش های 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، پژوهش های جغرافیایی، (۶۰): ۱۲۸-۱۲۱

10. Chin, S. and Edwin, H. 1977. Modeling 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. Thompson, S. 1999. Hydrology for water management, Prentice Hall Inc.

*Abstract (Technical Note)***Simulation and Analysis of Relationship between Hydrological and Climatology
Drought by Probability's Models
(Case Study: Babol Plain)**H.R. Moradi¹, M. Taei Samiromi², D. Ghasemian², J. Chezghi² and R. Bahari³

The rivers account as vital arteries of most plains in Iran. This type of water resources depends on dominant climate types of different regions, represents different reaction versus environmental stresses, especially hydrological drought. The hydrological and climatological droughts have priority and coming next together. Therefore, investigated relationship between hydrological droughts of Babolrood river in Babol plain were compared with climatological drought synoptic station affecting the discharge of Babolrood river. In this research, stochastic and probability models (Markov chain), Run theory, moving average and SPI index were used, so that hydrological and climatological drought and wet year were simulated at 10 years later. Results represent that Ghaemshahr synoptic station will have the most droughts frequency occurred in study period. Using Markov chain showed that the most static probable in normal state belongs to Babolrood river with value of 0.633. The occurrence of drought and wet years in Babolrood river are more under effect of Ghaemshahr station. This relation was established by using paired sample T test with significance level of ($p < 0.05$) and correlation equal to 0.576.

Keywords: Simulation, Hydrological Drought, Markov Chain, Run Theory and Babool Plain.

1- Assistant professor of Faculty Natural Resource of Tarbiat Modares University, Morady5hr@Yahoo.com
2- MSc in Watershed Management, Nat. Res. Fac. of Tarbiat Modares University, Davodghasemian@gmail.com
3- MSc in Range Management, Nat. Res. Fac. of Tarbiat Modares University.