

## گزارش فنی

**کلید واژه‌ها:** تغییرات بارش، سری‌های سالانه، روند صعودی و نزولی، چرخه هیدرولوژیکی

## مقدمه

اقلیم میانگین درازمدت شرایط متغیر جوی می‌باشد. اقلیم در یک منطقه وسیع و برای زمان طولانی میانگین کلی بارندگی، دما رطوبت، تابش، سرعت و شدت باد و پدیده‌هایی نظیر مه، یخبندان و طوفان‌های همراه با رعد و برق و... می‌باشد. [۱]. آبخوان‌ها از منابع مهم و قابل اتکا در مدیریت شرایط خشکسالی و ترسالی و مدیریت نوسانات آبی هستند [۸]. در سال‌های اخیر مطالعات فراوانی درباره آثار احتمالی تغییر اقلیم بر جریان رودخانه‌ها صورت گرفته است که اکثر آنها به بررسی تغییرات میانگین‌های بلندمدت اقلیمی و ویژگی‌های هیدرولوژیکی پرداخته‌اند. متداول‌ترین روش برای تحلیل سری‌های زمانی هیدرولوژی و هواشناسی، بررسی وجود یا عدم وجود روند در آنها با استفاده از آزمون‌های آماری می‌باشد. اصولاً وجود روند در این سری‌ها ممکن است ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم یا اثر فعالیت‌های انسانی باشد. تاکنون روش‌های متعددی برای تحلیل روند سری‌های زمانی ارائه گردیده‌اند که این روش‌ها به دو دسته پارامتریک و ناپارامتریک قابل تقسیم می‌باشند، روش‌های ناپارامتری از کاربرد وسیع‌تری نسبت به روش‌های پارامتری برخوردار می‌باشند [۹]. آزمایشات روند پارامتریک قویتر از روش‌های غیر پارامتریک هستند اما داده‌های زیادی جهت ارزیابی و توزیع عادی بکار می‌برند. از طرف دیگر، آزمایشات غیر پارامتریک به داده‌های غیر وابسته نیاز دارند و می‌توانند داده‌های دور افتاده را در نظر بگیرند. یکی از روش‌های آزمون غیر پارامتریک برای کشف یک روند در سری‌های زمانی هیدروکلیماتیک، آزمون من-کندال (MK) است [۷ و ۵ و ۶ و ۳ و ۲].

## مواد و روش‌ها:

- ۱- ویژگی‌های منطقه مورد بررسی
- ۲-۱- موقعیت جغرافیایی:

حوزه آبخیز رودخانه‌های ساحلی دریای خزر در دامنه‌های شمالی بخش مرکزی رشته کوه‌های البرز قرار داشته و در امتداد ساحل دریا از دلتای سفیدرود تا بندرگز گسترش دارد. حوزه آبریز رودخانه‌های ساحلی دریای خزر بین مختصات جغرافیایی ۴۸°، ۴۹° و ۴۱°، ۵۴° درجه طول شرقی و ۳۶°، ۳۵° و ۱۹°، ۳۷° درجه عرض شمالی واقع شده است. مساحت این حوزه ۲۸۴۶۳ کیلومتر مربع است که حدود ۲۲۹۷۲

بررسی تغییرات زیست محیطی - اقلیمی بر روی روند بارندگی با استفاده از آزمون ناپارامتری من - کندال و آزمون سن در ایستگاه‌های منتخب استان مازندران

عباس غلامی<sup>۱</sup>، محمود حبیب نژاد روشن<sup>۲</sup> و مهدی وفاخواه<sup>۳</sup>  
تاریخ دریافت: ۹۴/۰۷/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۱۷

## چکیده

جهت دستیابی به اهداف این پژوهش از بین بالغ بر ۸۰ ایستگاه رودخانه ای حوزه آبخیز ساحلی شمال (تحت پوشش استان مازندران)، تعداد ۱۷ ایستگاه در سه بخش غربی، مرکزی و شرقی استان انتخاب شدند. با توجه به طول آمار، دوره آماری سال آبی ۴۶-۴۵ تا ۹۰-۸۹ به مدت ۴۴ سال به عنوان دوره مشترک آماری انتخاب شدند. جهت ارزیابی وجود روند از یکی از متداولترین روش‌های ناپارامتریک روند سری‌های زمانی به نام آزمون من-کندال و در صورت وجود روند جهت ارزیابی صعودی یا نزولی بودن این روند از آزمون سن استفاده شد. برطبق نتایج این پژوهش در بین سه ایستگاه بخش غربی استان در سری‌های سالانه روند مشخصی وجود نداشته است و در سری‌های فصلی زمستانه و پاییزه این بخش نیز بعضی از ایستگاهها دارای روند مثبت و بقیه نیز فاقد روند بوده‌اند که نشانه‌ای از تاثیر تغییرات اقلیمی در فصول مخصوصاً سرد بوده است. در مناطق مرکزی استان از بررسی بر روی شش ایستگاه این محدوده مشخص شد که در ایستگاه‌های منطقه دشت مازندران، ایستگاه‌های محمودآباد-هراز و میاندشت- بابل دارای روند صعودی زمستانه و ایستگاه کوهستانی نمارستاق- نمارستاق دارای روند صعودی تابستانه و در ایستگاه بابلرود-قرانظالار نیز دارای روند پاییزه و زمستانه صعودی بوده است. در مناطق شرقی استان نیز تنها ایستگاه عرب خیل- تالار دارای روند بارش سالانه و تابستانه صعودی بوده است و بقیه ایستگاه‌های بررسی شده فاقد روند مشخصی بوده‌اند.

۱. نویسنده مسئول. عضو هیات علمی دانشگاه شمال آمل، پست الکترونیک Gholami@shomal.ac.ir

۲. استاد گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳. دانشیار گروه آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس

کیلومتر مربع آن را مناطق کوهستانی و ۶۴۹۱ کیلومتر مربع آن را کوهپایه و دشت تشکیل می‌دهد. شکل (۱) موقعیت استان مازندران در ساحل دریای خزر و در شمال کشور ایران را نشان می‌دهد.

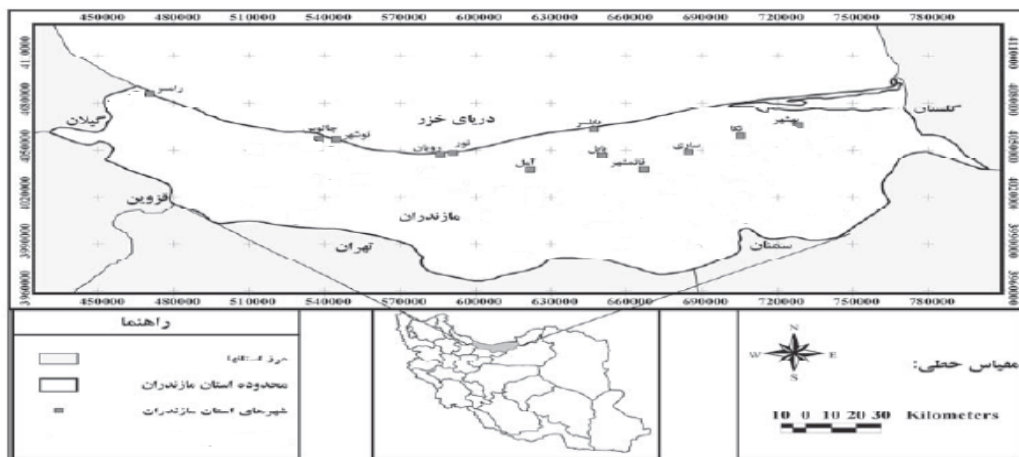
### نتایج:

به منظور دستیابی به اهداف این پژوهش محدوده پوششی سطح استان مازندران به سه ناحیه غرب از رامسر تا آمل، مرکز از آمل تا قائم شهر و شرق از قائم شهر تا بهشهر تقسیم شده و روند تغییرات بارندگی در این سه محدوده بر روی ایستگاه‌های منتخب مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در روی آمار ایستگاه‌های انتخاب شده و با توجه به تاسیس این ایستگاه‌ها در سالیان متفاوت و در نتیجه عدم یکنواختی سال‌های آماری در این ایستگاه‌ها و با توجه به اینکه هدف این پژوهش بررسی روند تغییرات بارشی این ایستگاه‌ها در غالبی یکنواخت بوده است تا امکان مقایسه‌ای بهتر را ممکن نماید و با توجه به اینکه آزمون بکار گرفته شده در این تحقیق نیاز به وجود سری‌های آماری پیوسته بارندگی را دارد لذا سال آماری ۴۶-۴۵ تا سال آماری ۸۹-۸۸ به مدت ۴۴ سال به عنوان دوره مشترک آماری انتخاب شد. ایستگاه‌های منتخب محدوده مرکزی و شرقی استان با توجه به داشتن آمار کامل‌تر، دارای تعداد بیشتری بوده است. نکته دیگری که در انتخاب این ایستگاه‌ها مدنظر قرار گرفت پراکنش این ایستگاه‌ها در ارتفاعات مختلف بوده است تا اثرات بارانی بوده است. بررسی‌های صورت گرفته در این پژوهش در مقیاس‌های فصلی و سالانه بوده است.

### بحث و نتیجه‌گیری:

با توجه به مراحل انجام شده در این پژوهش، روند بارندگی‌های ایستگاه‌های منتخب فوق‌الذکر در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان و در مقیاس‌های سالانه در کلیه ۱۷ ایستگاه منتخب

غرب، مرکز و شرق استان با طول دوره مشترک آماری ۴۴ سال با آزمون ناپارامتری من- کندال مورد بررسی قرار گرفت. جهت تعیین بزرگی این روند نیز از آزمون سن استفاده شد. نتایج این پژوهش از ایستگاه‌های منتخب از غرب به شرق استان در کل به شرح ذیل بوده است: با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در غرب استان در بین سه ایستگاه منتخب این محدوده، سری‌های زمستانه و پاییزه یا دارای روند مثبت بوده و یا فاقد روند بوده‌اند ولی در سری‌های سالانه فاقد روند مشخصی بوده است. جدول (۱) مقادیر آماره Z آزمون من- کندال برای سه ایستگاه منتخب بخش غربی این استان را نشان می‌دهد. در مناطق مرکزی این استان در مجموع شش ایستگاه مورد بررسی تغییرات روند بارندگی قرار گرفت جدول (۲) مقادیر آماره Z آزمون من- کندال برای شش ایستگاه منتخب این بخش استان را نشان می‌دهد. در مناطق شرقی استان به جهت انتخاب ایستگاه‌های دارای پراکنش مناسب اقلیمی و جغرافیایی و با توجه به دارا بودن آمار کامل‌تر این بخش نسبت به مناطق غربی استان، در مجموع هشت ایستگاه از لحاظ روند تغییرات سالانه و فصلی بارندگی مورد بررسی دقیق قرار گرفت. جدول (۳) مقادیر آماره Z آزمون من- کندال برای هشت ایستگاه منتخب بخش شرقی این استان را نشان می‌دهد. از بررسی نتایج این تحقیق در بخش شرقی حوزه مشخص می‌شود که در کل تنها در ایستگاه عرب خیل- تالار در محدوده حوزه آبخیز قائم شهر روند بارش سالانه و تابستانه دارای سیر صعودی بوده است و این موضوع نشان دهنده آن است که اثرات ناشی از تغییرات اقلیمی در بخش شرقی این حوزه در کل تغییرات زیادی نداشته است و تنها دارای تغییرات محدود ناحیه‌ای بوده است. از طرفی دیگر نتایج این پژوهش مشخص‌کننده این موضوع است که پدیده تغییرات اقلیمی طبیعی و انسان‌انگیز ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌تواند دارای تاثیرات ناحیه‌ای زیادی باشد. در این پژوهش تغییرات ناشی از بارندگی در مناطق غرب، مرکز و شرق محدوده استان مازندران با



شکل ۱- موقعیت استان مازندران در ساحل دریای خزر

Figure 1. The location of Mazandaran province in Caspian seaside

مناطق ایران نیز در صورت وجود آمار مناسب، این روش‌ها مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد تا بتوان از نتایج آنها جهت مقابله با چالش آینده بر سر بحران آب، استفاده مناسب را نمود.

آزمون ناپارامتری من-کندال مورد بررسی قرار گرفت و وجود روند مشخص که در صورت وجود آن، همه آنها دارای روند صعودی بودند، مخصوصاً در بخش غربی و بخشی نیز در قسمت مرکزی استان در سری‌های سالانه و هم‌منطور قسمتی به صورت فصلی مشخص شد. از این رو پیشنهاد می‌شود از نتایج این پژوهش جهت برنامه‌ریزی مدیریت آب منطقه‌ای استان استفاده شود و در سایر

جدول ۱- مقادیر آماره Z آزمون من- کندال برای فصول مختلف سال و همچنین مقدار سالانه آن برای سه ایستگاه منتخب بخش غربی استان مازندران

Table1. Amounts of Z statistical parametre in Man-Kendall test for different seasons of the year and its annual amount for three selected stations in western part of Mazandaran province

		ایستگاههای منتخب بخش غربی استان مازندران (Selected stations in western part of Mazandaran province)		
		پل ذغال- چالوس Polezoghhal-chalooos	چالکروود- گانگسر Chalekrood-gangsar	پلنگ آبرود-کلاردشت Palangabrood-kelardasht
مقادیر آماره Z فصلی و سالانه (Amounts of seasons and yearly Z statistical parametre)	سالانه (yearly)	-0.74	-1.88	1.16
	پائیز (Autumn)	-1.29	-2.58	0.70
	زمستان (Winter)	-1.37	-1.75	-2.37
	بهار (Spring)	-0.52	0.78	1.62
	تابستان (Summer)	1.93	-0.23	1.68

جدول ۲- مقادیر آماره Z آزمون من- کندال برای فصول مختلف سال و همچنین مقدار سالانه آن برای شش ایستگاه منتخب بخش مرکزی استان مازندران

Table2. Amounts of Z statistical parametre in Man-Kendall test for different seasons of the year and its annual amount for six selected stations in central part of Mazandaran province

		ایستگاههای منتخب بخش مرکزی استان مازندران (Selected stations in central part of Mazandaran province)					
		محمودآباد - هراز Mahmoodabad-haraz	کره سنگ - هراز Karesang-haraz	نمارستاق - نمارستاق Namarestagh-Namarestagh	بابرود - قران تالار Babolrood-ghrantalar	محوطه اداره بابل - بابلرود office area of Babil-Babolrood	میاندشت - بابلرود Miandash-Babolrood
مقادیر آماره Z فصلی و سالانه (Amounts of seasons and yearly Z statistical parametre)	سالانه (yearly)	-0.48	0.21	0.54	-3.01	0.03	0.19
	پائیز (Autumn)	-0.28	-0.09	0.30	-2.02	-0.74	-0.55
	زمستان (Winter)	-3.26	-0.53	1.48	-4.24	-1	-2.22
	بهار (Spring)	1.19	0.59	-1.17	-1.45	0.87	1.41
	تابستان (Summer)	1.20	0.62	2.04	-1.53	1.67	1.87

جدول ۳- مقادیر آماره Z آزمون من- کندال برای فصول مختلف سال و همچنین مقدار سالانه آن برای هشت ایستگاه منتخب بخش شرقی استان مازندران

Table3. Amounts of Z statistical parametre in Man-Kendall test for different seasons of the year and its annual amount for eight selected stations in eastern part of Mazandaran province

لاریم - سیاهرود Larim-siahrud	ایستگاههای منتخب بخش شرقی استان مازندران Selected stations in eastern part of Mazandaran province								
	عرب- خیل - تالار Arabkhayl-talar	شیرگاه - تالار Shirgah-talar	سلیمان تنگه - تاجن Solaymantangeh-tajan	نوذرا باد - نکا Nozarabad-neka	کردخیل - تاجن Kordkhayl-tajan	ریگ چشمه - تاجن Rigsheshmeh-tajan	تلارم رود - شیرین رود Telarmrood-shirinrood		
سالانه (yearly)	1.22	2.82	-0.08	-0.31	-0.91	0.69	-0.01	-1.56	
مقادیر آماره Z فصلی و سالانه (Amounts of seasons and yearly Z statistical parametre)									
پائیز (Autumn)	-1.83	-0.46	-0.14	0.22	-1.51	-0.74	-0.44	-0.82	
زمستان (Winter)	-1.74	-0.80	-1.01	-1.96	-1.94	-0.51	-1.51	-1.10	
بهار (Spring)	0/0	0.63	0.14	0.80	-0.71	1.06	0.40	-1.81	
تابستان (Summer)	0.37	2.47	0.76	0.69	0.91	1.14	0.76	0.96	

منابع

6. Guo, S.L., Wang, J.X., Xiong, L.H., Ying, A.W., 2002. A macro-scale and semi-distributed monthly water balance model to predict climate change impacts in China. *J. Hydrol.* 268, 1–15.

7. Hirsch, R.M., Slack, J.R., Smith, R.A., 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resour. Res.* 18 (1), 107–121.

8. IPCC Report, 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis* Cambridge University Press, Cambridge, pp. 140–165.

9. Vafakhah, M., Bakhshi Tirgani, Khazaei, M., 2012. Analysis of precipitation and Discharge Trend in kashfrod Watershed, *Geography and Development journal*. 29th Edition. (In Persian).

1. Alizadeh, A., Kamali, Gh., Moosavi, M., Baygi, 2000. *Weather and Meteorology*. Ferdosi university, 9th Edition. (In Persian)

2. Arora, M., Goel, N.K., Singh, P., 2005. Evaluation of temperature trends over India. *Hydrol. Sci. J.* 50 (1), 81–93.

3. Aziz, O.I.A., Burn, D.H., 2006. Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River Basin. *J. Hydrol.* 319 (1–4), 282–294.

4. Burn, D.H., Elnur, M.A.H., 2002. Detection of hydrologic trends and variability. *J. Hydrol.* 255, 107–122.

5. Burn, D.H., Cunderlik, J.M., Pietroniro, A., 2004. Hydrological trends and variability in the Liard river basin. *Hydrol. Sci. J.* 49(1), 53–67.

*Abstract (Technical Note)*

## Environmental Study of Climate Change on Rainfall Trend Using Mann-Kendall Nonparametric and Sen Tests at Selected Stations in Mazandaran Province

A. Gholami<sup>1</sup>, M. Habibnejad roshan<sup>2</sup> and M. Vafakhah<sup>3</sup>

Received: 2015/10/16 Accepted: 2017/05/7

In order to achieve the objectives of this study, among 80 River Watershed of North Shore (covered Mazandaran Province), 17 stations were selected in three western, central and eastern sections. Based on period of records, the 44 water years from 1966-19767 to 2010-2011 were selected as a common period. To evaluate the existence of trends, the most common nonparametric time series called Mann-Kendall test was used. And if there is a trend to assess for ascending or descending time series, Sen test was used. According to the results of the three stations in the western part of the province, there is not a clear trend in the annual series. But for winter and autumn seasonal series, some stations showed positive trends and the rest of stations with no trend, which is an indication of the impact of climate change, particularly in cold seasons. Based on six stations in central part of province, stations in region of plain Mazandaran; Mahmoodabad, Haraz and Miandasht and Babol show ascending winter trend. Namaerstaq- Namarestagh mountainous stations show summer ascending trend and also Babolrood-Qarantalar stations show ascending autumn and winter trend. The only station in the eastern parts, the Arab Khayl- Talar of annual rainfall and summer trend is upward and the rest of the stations show no clear trend.

**Keywords:** *Precipitation variability, Annual series, Ascendant and descendant trend, Hydrologic cycle*

1 Ph.D. from Agriculture and Natural Resources of Sari University and Faculty Member of Shomal University. Corresponding author Email: Gholami@shomal.ac.ir

2 Prof. of Agriculture and Natural Resources of Sari University

3 Associate Prof. of Natural Resources, Faculty of Tarbiat Modarres University