

بررسی روند تغییرات شاخص‌های حدی هیدرواقليمی در اهواز

چکیده

تغییر اقلیم و افزایش درجه حرارت یکی از مسائل مهم زیست‌محیطی بشر به حساب می‌آید که در سال‌های اخیر مطالعات زیادی را به خود اختصاص داده است. به دلیل تغییراتی که در اقلیم در ایران در دهه‌های گذشته تا به اکنون اتفاق افتاده است، بررسی روندها و تغییرات در شاخص‌های حدی بارش، دما و اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی روند تغییرات متغیرهای هیدرواقليمی در منطقه اهواز است. لذا داده‌های ۱۸ شاخص هیدرواقليمی در طی دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۶۶ از ایستگاه سینوپتیک اهواز دریافت و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد شاخص‌های SU و TNn به ترتیب با $p-value$ ۰/۰۱ و ۰/۰۰۷ دارای روند صعودی و معنی‌دار، $R95Ptot$ با $p-value$ ۰/۰۱ معنی‌دار و دارای روند نزولی و سایر شاخص‌ها نیز بدون روند یا عدم معنی‌داری برآورد شدند. واژه‌های کلیدی: شاخص‌های اقلیمی، روند، اهواز

۱-مقدمه

تغییر اقلیم پدیده‌ای است که بر اساس شواهد موجود، از زمان‌های بسیار دور وجود داشته و اکنون نیز وجود آن بسیار محتمل است. سرعت و ماهیت تغییرات پارامترهای اقلیمی در نیمه دوم قرن بیستم، متفاوت بوده و شتاب بیشتری به خود گرفته است و روند آن با گذشته کمی متفاوت شده است. بنابراین این مسأله می‌تواند تأثیر مهمی در شاخص‌های حدی هیدرولوژیکی، منابع آبی، فعالیت‌های کشاورزی، چرخه‌های اکولوژیکی و زندگی انسان‌ها داشته باشد. عوامل طبیعی و انسان ساخت دلایل اصلی در تغییرات پدیده‌های حدی اقلیمی هستند که باعث رخداد پدیده‌های حدی هیدرولوژیکی می‌شوند [۱].

پی بردن به روند شاخص‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی به خصوص شاخص‌هایی که از بارش، دما و جریان استخراج می‌شوند برای ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیمی و هیدرولوژیکی در مقیاس آبخیز بسیار ضروری به نظر می‌رسد. ایران کشوری در حال توسعه است و طبیعتاً تغییر پارامترهای اقلیمی از جمله دما، رطوبت و بارش می‌تواند پیامد رشد شهرنشینی، افزایش جمعیت، تغییرات کاربری اراضی، آلودگی‌ها و گرمایش سطحی در شهرها باشد [۲]. همچنین اقلیم ایران می‌تواند متأثر از پدیده‌های جوی و الگوهای تغییر فشار قرار گیرد. بررسی‌ها نشان داد، افزایش درجه حرارت از یک سو و کاهش احتمالی بارش از طرف دیگر باعث به وجود آمدن شرایط پیچیده اقلیمی در ایران به‌ویژه در مناطق گرم و خشک خواهد شد [۳].

سری‌های زمانی هیدرولوژیکی اغلب تغییرات ناگهانی و یا روندهای متفاوت و گاهی فاقد معناداری در بازه‌های زمانی مختلف نشان می‌دهند که به دلیل تغییراتی است که در سیستم‌های آب و هوایی در سال‌ها و یا دهه‌های مختلف رخ می‌دهد. این تغییرات گاهی تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی نیز تشدید می‌گردد. به دلیل وجود این عدم قطعیت‌ها بسیاری از محققین از آزمون‌های پارامتریک و ناپارامتریک در بررسی روندها استفاده می‌کنند [۴].

مطالعات متعددی در ایران مبتنی بر تحلیل روند متغیرهای هیدرواقليمی صورت گرفته است. در بررسی روند متغیرهای هیدرواقليمی در آبخیز خلیج فارس و دریای عمان، مشخص شد در بیش از ۵۰٪ آبخیزها رواناب، بارش و تداوم بارش کاهش و دما و شدت بارش افزایش را نشان می‌دهد [۵]. در پژوهشی دیگر با استفاده از روش تحلیل روند من-کندال نتایج نشان داد در مجموع روند

دمایی ایستگاه‌های جنوب ایران همگی افزایشی است [۶]. در بررسی شاخص‌های حدی مرتبط با بارش، تعداد روزهای خشک متوالی در حال افزایش برآورد شد [۷][۸]. در پژوهشی دیگر نیز، شدت بارش ۱۵ دقیقه‌ای روند افزایشی را نشان داد [۵]. همچنین در بررسی تغییرات روند فراوانی و شدت بارش روزانه در ایران اعلام شد، بیشتر ایستگاه‌های واقع در نواحی جنوبی و مرکزی ایران دارای روند افزایشی‌اند [۹]. و مطالعه‌ای دیگر روی مقادیر حدی دما در ایران انجام و مشخص شد که روند مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در تمامی ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی معنی‌دار است [۱۰].

در دنیا نیز تحقیقات متعددی مبنی بر وجود روند در متغیرهای هیدرواقليمی صورت پذیرفته است. از جمله روند متغیرهای هیدروکلیماتیک با استفاده از آزمون من‌کندال در آبخیزهای کشورهای نروژ و لهستان و احتمال سیل‌خیزی، مورد بررسی و نتایج روند افزایشی بارش و جریان را نشان داد [۱۱]. در تحقیق دیگر نیز خدمات اکوسیستم با لحاظ کردن تغییرات کاربری اراضی - اقلیم نشان داد، تغییرات اقلیم به تغییرات کاربری اراضی بسیار حساس است، چرا که تغییرات کاربری اراضی در حفاظت خاک در برابر فرسایش و رسوب تاثیر بسیاری دارد [۱۲]. در بررسی اثر تغییرات کاربری بر تغییرات اقلیمی نشان دادند، تغییرات کاربری می‌تواند سبب افزایش دما، کاهش بارش و افزایش حجم سیلاب گردد [۱۳]. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تغییرات متغیرهای حدی هیدرواقليمی در اهواز هست.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

منطقه مورد مطالعه شده در این پژوهش اهواز می‌باشد که در طول و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی واقع شده است. در پژوهش حاضر، اطلاعات ایستگاه‌های بارانسنجی و تبخیرسنجی برای استخراج شاخص‌های حدی براساس استاندارد *ETCCDI* شامل بارش، دما مورد بررسی قرار گرفت. پدیده‌های حدی می‌توانند بر اساس شدت یا فراوانی وقوع، آستانه‌ای که از آن بیشتر باشد و یا تأثیرات قابل انتظار فیزیکی انتخاب شوند. استفاده از شاخص‌ها برای بررسی تغییرات روندهای هیدرولوژیکی و هواشناسی آبخیز مهم می‌باشد. انتخاب شاخص بستگی به هدف مطالعه و نوع اقدامات مدیریتی آینده دارد. شاخص‌های *ETCCDMI*^۱ برای مطالعه روندها و پدیده‌های حدی اقلیمی در مناطق مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۱۴] جدول (۱) توصیف این شاخص‌ها را ارائه می‌دهد.

آزمون ناپارامتری من‌کندال برای تحلیل روند مورد استفاده قرار گرفت. علاوه بر مقادیر آماره‌ی من-کندال، آماره‌ی پتیت برای تشخیص زمان تغییر شاخص‌ها نیز ارائه گردید.

جدول (۱) - تعریف شاخص‌های حدی هیدرواقليمی مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه

شاخص	توضیح
<i>FD</i>	تعداد روزهایی که <i>TN</i> (حداقل دمای روزانه) کمتر از صفر درجه سانتیگراد است.
<i>SU</i>	تعداد روزهایی که <i>TX</i> (حداکثر دمای روزانه) بیشتر از ۲۵ درجه سانتیگراد است.
<i>TR</i>	تعداد روزهایی که (حداقل دمای روزانه) $TN > 20$ درجه سانتیگراد است.
<i>TXx</i>	بیشینه ماهانه دمای حداکثر روزانه

^۱ Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI)

بیشینه ماهانه دمای حداقل روزانه	TN_x
کمینه ماهانه دمای حداکثر روزانه	TX_n
کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه	TN_n
درصد روزهایی که دمای حداقل کمتر از صدک دهم باشد	$TN10p$
درصد روزهایی که دمای حداکثر کمتر از صدک دهم باشد	$TX10p$
درصد روزهایی که دمای حداقل بیشتر از صدک نودم باشد	$TN90p$
درصد روزهایی که دمای حداکثر بیشتر از صدک نودم باشد	$TX90p$
حداکثر بارش یک روزه	$RX1day$
تعداد روزهای با بارش سنگین، تعداد روزهای با مقدار بارش مساوی یا بیشتر ۱۰ میلی متر	$R10mm$
تعداد روزهای با بارش بسیار سنگین، تعداد روزهای با مقدار بارش مساوی یا بیشتر ۲۰	$R20mm$
تعداد روزهای بارشی با مقدار تعریف شده (روزهای با بارش مساوی یا بیشتر از ۲۵ میلی متر)	$Rnnmm$
هنگامی که بارندگی کل سالانه بیشتر از صدک نود و پنجم باشد.	$R95pTOT$
هنگامی که بارندگی کل سالانه بیشتر از صدک نود و نه ام باشد.	$R99pTOT$
روزهایی که مقدار بارندگی آنها (RR_{ij}) مساوی یا بیشتر از یک میلی متر است	$PRCPTOT$

۲-۲-آزمون روند من - کندال و پتیت

برای تجزیه و تحلیل و پی بردن به میزان روند در این شاخص‌های حدی از آزمون ناپارامتریک من کندال استفاده شد [۱۵] [۱۶] کاربردی بودن این آزمون در تعیین وجود روندهای معنی‌دار آماری در سطوح آماری مختلف مورد تأیید قرار گرفته است [۱۷]. در این مطالعه سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ به عنوان آستانه‌ها برای طبقه‌بندی میزان معنی داری روندهای مثبت و یا منفی در نظر گرفته شد. چنانچه مقادیر p -value بزرگتر از ۰/۰۵ باشد، روند تغییرات معنی‌دار نبوده و اگر بین ۰/۰۵ تا ۰/۰۱ باشد، روند تغییرات در سطح اطمینان ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. در نهایت p -value کمتر از ۰/۰۱ دارای روند تغییرات معنی‌داری در سطح اطمینان ۱٪ می‌باشد. در این آزمون، اگر $x1, x2, \dots, xn$ مشاهدات مورد نظر باشند، آنگاه داریم:

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \operatorname{sgn}(x_j - x_k) \quad (۱)$$

$$\operatorname{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (۲)$$

از طرفی در این آزمون هر داده با تمامی داده‌های پس از خود مقایسه می‌گردد. در این مرحله می‌توان به جای استفاده از مقادیر اصلی داده‌ها، از مرتبه داده‌ها در مجموعه مورد نظر (سری زمانی) استفاده نمود و مرتبه‌ها را با همین روش مقایسه کرد. با فرض اینکه داده‌ها مستقل بوده و توزیع یکنواخت دارند، میانگین و واریانس S از روابط (۳) و (۴) بدست می‌آید.

$$E(S) = 0 \quad (۳)$$

$$\operatorname{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (۴)$$

در رابطه بالا n : تعداد داده، m : تعداد گره‌ها، و t : تعداد داده‌ها در هر گره می‌باشد. گره به این معنی است که اگر از یک مقدار داده، بیش‌تر از یکی موجود باشد، این مقادیر مساوی، یک گره را تشکیل می‌دهند و تعداد این مقادیر مساوی در گره m ام برابر t می‌باشد. آماره این آزمون (Z) دارای توزیع نرمال بوده و از رابطه‌ی (۵) بدست می‌آید.

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad (5)$$

آزمون من‌کندال، یک آزمون دو طرفه می‌باشد. بنابراین در صورتی که $|Z| \leq Z_{\alpha/2}$ باشد، در سطح اطمینان α فرض صفر پذیرفته می‌شود و در غیر این صورت، فرض صفر رد خواهد شد. در حالت رد فرض صفر (وجود روند)، در صورتی که $s > 0$ باشد، سری زمانی دارای روند مثبت (صعودی) و در صورتی که $s < 0$ باشد، سری زمانی دارای روند منفی (نزولی) خواهد بود [۱۷].

آزمون پتیت (۱۹۷۹) نیز برای بررسی سال جهش یا تغییرات در سری زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این آزمون فرض نرمال بودن سری زمانی نمی‌باشد. این آزمون بطور گسترده در تعیین زمان تغییر در سری‌های زمانی اقلیمی و هیدرولوژیکی در سراسر جهان مورد استفاده شده قرار گرفته است و یکی از مهمترین روش‌های آماری در تشخیص یک شیفت ناگهانی در سری زمانی می‌باشد. دنبال‌ها از متغیرهای تصادفی هیدروکلیما تولیک X_i را در نظر بگیرید که $i=1, \dots, \tau$ باشد. زمانی آزمون پتیت تغییر در نقطه τ را معنی‌دار می‌داند که X_t برای $(i=1, \dots, \tau)$ دارای تابع توزیع $F_1(x)$ و x_1 برای $t=\tau+1, \tau+2, \tau+3, \dots$ باشد. این آزمون دو فرض $H_0: \tau = T$ برای عدم وجود تغییر و $H_1: \tau \neq T$ برای وجود روند را مقابل هم و آماره K_T را برای تست دو نمونه $(X_1, \dots, X_t)$ و $(X_{t+1}, \dots, X_T)$ از یک جامعه در نظر می‌گیرد:

$$K_T = \text{Max} |U_{t,T}|, 1 \leq t < T \quad (6)$$

که در آن

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T \text{sgn}(X_i - X_j) \quad (7)$$

احتمال اهمیت تقریبی K_T با P_{OA} تعیین می‌گردد و به صورت رابطه ۸ محاسبه می‌شود.

$$P_{OA} = 2 \exp \left\{ \frac{-6(K^+)^2}{(T^3 + T^2)} \right\}; \quad T \rightarrow \infty \quad (8)$$

به طوری که P_{OA} احتمالی از تشخیص نقطه تغییر است. اگر ارزش عددی P_{OA} کمتر از 0.05 باشد مشخص کننده تغییر قابل توجه در سری زمانی با توجه به سطح معنی‌داری 0.05 است.

۳- بحث و نتایج

در این مطالعه روندهای متغیرهای اقلیمی با استفاده از شاخص‌های ETCCDIM معرفی شده در جدول (۱) اهواز مورد بررسی قرار گرفت. آماره‌ی من-کندال و پتیت برآورد شده برای شاخص‌های هیدرو اقلیمی مختلف در جدول ۲ ارائه گردید. براساس نتایج من-کندال، شاخص‌های $TN90p$, $TX90p$, TR , TNn , SU دارای روند صعودی که از این بین فقط شاخص SU و TNn به ترتیب با p -value ۰,۰۰۷ و ۰,۰۱ معنی‌دار، و $R95Ptot$ و $TN10p$ دارای روند نزولی که از آنها فقط شاخص $R95Ptot$ با p -value ۰,۰۱ معنی‌دار و سایر شاخص‌های بدون روند برآورد شدند. براساس نتایج پتیت، شاخص‌های TNn , $R95Ptot$ و SU به ترتیب از سال ۱۹۸۷، ۱۹۹۵، ۱۹۹۸، به بعد دارای تغییر ناگهانی و معنی‌دار بوده است.

جدول (۲) - آماره من-کندال و پتیت شاخص‌های دما و بارش در منطقه مورد مطالعه

شاخص‌های هیدرو اقلیمی							آزمون
TXn	TNx	TXx	TR	SU	FD	آماره z	من-کندال
0/16	5/44	1/39	7/02	2/45	-1/34	p-value	
0/87	5/15	0/16	2/18	0/01	0/24	آماره k	
28	30	34	20	32	22		پتیت
1	6/15	0/29	3/13	0/01	0/32	p-value	
شاخص‌های هیدرو اقلیمی							آزمون
RX1day	TX90p	TN90p	TX10p	TN10p	TNn	آماره z	من-کندال
-1/17	4/19	7/54	-1/49	-4/22	3/38	p-value	
0/24	2/73	4/68	0/13	2/42	0/0007	آماره k	
22	30	30	30	27	21		پتیت
0/32	6/39	1/45	0/26	2/42	0/004	p-value	
شاخص‌های هیدرو اقلیمی							آزمون
PRCPTOT	R99pTOT	R95pTOT	Rnnmm	R20mm	R10mm	آماره z	من-کندال
-1/50	-2/55	-0/74	-1/70	-0/35	-1/93	p-value	
0/13	0/01	0/45	0/08	0/72	0/52	آماره k	
32	29۲	22	22	27	36		پتیت
0/16	0/03	0/80	0/06	1	0/13	p-value	

*: معنی‌داری در ۹۵٪ ** : معنی‌داری در ۹۹٪

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه روند تغییرات بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر با استفاده از شاخص‌های ETCCDIM مورد بررسی قرار گرفت. هرچند که دوره‌ی آماری کوتاه برای تجزیه و تحلیل وقایع حدی گاهی می‌تواند در تجزیه و تحلیل مشکلاتی بوجود آورد، با این وجود در این پژوهش سعی شده است روند شاخص‌های هیدروکلیماتیک مختلفی در اهواز به منظور مدیریت بهتر منابع آبی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. براساس نتایج من-کندال، شاخص‌های $TN90p$, $TX90p$, TR , TNn , SU دارای روند صعودی که از این بین فقط شاخص SU و TNn به ترتیب با p -value ۰,۰۰۷ و ۰,۰۱ معنی‌دار، و $R95Ptot$ و $TN10p$ دارای روند نزولی که از آنها فقط شاخص $R95Ptot$ با p -value ۰,۰۱ معنی‌دار و سایر شاخص‌های بدون روند برآورد شدند. نتایج آزمون پتیت نیز نشان

داد، شاخص‌های TNn ، $R95Ptot$ و SU به ترتیب از سال ۱۹۸۷، ۱۹۹۵، ۱۹۹۸، به بعد دارای تغییر ناگهانی و معنی‌دار بوده است. در نتایج تحقیقات دیگر نیز افزایش روند شاخص‌های حدی دمایی روند افزایشی در استان هرمزگان گزارش شد [۵] [۶]. همچنین روند شاخص‌های حدی دما در کشور توسط بسیاری از محققین من جمله [۱۸] [۱۹] [۲۰] [۲۱] [۲۲] [۲۳] در بخش‌های مرکزی ایران تأیید گردیده است. در جنوب ایران نیز تحقیقات تأیید کننده‌ی افزایش شدت بارش در آبخیز میناب و ۵۰٪ آبخیزهای جنوب کشور و کاهش زمان تداوم بارش است [۵]. بررسی‌های دیگر نیز این حقیقت را آشکار می‌سازد که شدت بارش‌های روزانه در ایران رو به افزایش و تعداد فراوانی وقایع بارش در حال کاهش است [۸]. در بسیاری از مطالعات [۲۴] و در اروپا [۲۵] و در نیمکره‌ی شمالی [۲۶] نیز افزایش دمای حدی گزارش شد. نتایج این پژوهش به عنوان یکی از تحقیقات کارگشا و راهبردی در بررسی روند تغییرات شاخص‌های حدی هیدرواقليمی در اهواز حائز اهمیت است.

۵-مراجع

- [1] IPCC. 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker Qin T.F. D, Plattner G-K, Tignor M, Allen S.K, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V and Midgley P.M (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp 1535.
- [۲] عزیزی. ق، یاراحمدی. د، شمسی پور.ع، بازیابی تغییراقلیم در نیمه غربی کشور با استفاده از تحلیل های آماری چند متغیره. جغرافیای طبیعی شماره ۰ دوره ۶۶ (۴۰): ۱۹-۳۶. ۱۳۸۷.
- [۳] علیزاده. ا، سیاری. ن، حسامی کرمانی. م.ر، بنایان اول. م، فریدحسینی. ع، بررسی پتانسیل اثرات تغییراقلیمی بر منابع و مصارف آب کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه کشف رود). آب و خاک، ۲۴ (۴): ۱۳۸۹.
- [4] Peel MC, McMahon TA. 2006. Continental runoff: a quality controlled global runoff data set. Nature 444: E14. doi:10.1038/ nature05480
- [5] Moradi, M., Bazrafshan, O., Bahreman, A., & Esmaelpour, Y. 2018. Assessment of the Relations between the Trends of Climatic Factors and River Flow in Southern Coastal Watersheds, Iran. Watershed Management Research Journal, 31(2), 79-92.
- [۶] جواهری.س، تراهی.ع، سید محمد توکلی.ص. قابلیت روش تهیه نقشه های کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی: شهرستان کامیاران). فصلنامه کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش ازدور در برنامه ریزی، جلد ۱۰ (۴): ۹۰-۱۰۶.
- [۷] محمدی، عزیزی. قاسم، خوش اخلاق.، ف، رنجبر. ف، تحلیل روند شاخص های حدی بارش روزانه در ایران. پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۴۹ (۱)، ۲۱-۳۷. ۱۳۹۶.
- [۸] حلبیان، ا، کیخسروی کیانی م ص، ارزیابی تغییرات نمایه های فرین بارش در ایران، برنامه ریزی فضایی، دوره ۱۰ (۴): ۲۴-۴۵. ۱۳۷۱
- [۹] ایران نژاد، پ، کتیرایی بروجردی، پ، حجام.س، سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش در ایران طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱. مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۳ شماره ۱، از صفحه ۶۷ تا ۸۳. ۱۳۸۶.
- [۱۰] ورشوایان. و، خلیلی. ع، قهرمان. ن، حجام. س، بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران. فیزیک زمین و فضا، ۳۷ (۱). ۱۳۸۹.
- [11] Meresa H.K, Romanowicz R.J & Napiorkowski J.J. 2017. Understanding changes and trends in projected hydroclimatic indices in selected Norwegian and Polish catchments, Acta Geophys. 65: 829-848. <https://doi.org/10.1007/s11600-017-0062-5>.

- [12] Bai J, Cui Q, Zhang W, & Meng L. 2019. An Approach for Downscaling SMAP Soil Moisture by Combining Sentinel-1 SAR and MODIS Data. *Remote sensing*, 11(23), 2736:1–20.
- [13] Chen Q, Chen H Zhang J, Hou Y, Shen M, Chen J, & Xu C. 2020. Impacts of climate change and LULC change on runoff in the Jinsha River Basin. *Journal of Geographical Sciences*, 30:85-102.
- [14] Soro G.E, Noufe D, Goula B.T.A. and Srohourou B. 2016. Trend Analysis for Extreme Rainfall at Sub-Daily and Daily Time Scales in Côte d'Ivoire. *Climate*, 4 (37). <https://doi.org/10.3390/cli4030037>.
- [15] Mann HB.1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*. <https://doi.org/10.2307/1907187>.
- [16] Kendall MG. 1975. Rank correlation methods. Griffin. London.
- [17] WMO. 1966. WMO Technical Note 79. WMO No. 195, TP-10. Geneva.
- [18] Nassaji Zavareh M, Ghermezcheshmeh B. 2023. Assessment of Spatial and Temporal Variability of Extreme Temperature by ETCCDI Indices (North and West of Iran). *Environment and Water Engineering*, 9(1): 95-108.
- [۱۹] علوی نیا. س.ح ، زارعی. م، آنالیز روند تغییر اقلیم با استفاده از شاخص های حدی داده های بلند مدت بارش و دما در جنوب شرق ایران. فصلنامه علمی برنامه ریزی منطقه ای، ۱۱(۴۴)، ۱۱۹-۱۳۴.۱۳۹۹.
- [۲۰] خورشیددوست.ع ، رسولی.ع ، زنگنه. س، مدل سازی و روندیابی شاخص های حدی دما و بارش حوضه دریاچه ارومیه. مجله مخاطرات محیط طبیعی، پیاپی ۱۶. ۱۷۵ تا ۱۹۴. ۱۳۹۷.
- [21] Pabaghi Z, Bazrafshan O, Zamani H, Shekari M, & Singh V. P. 2023. Bivariate Analysis of Extreme Precipitation Using Copula Functions in Arid and Semi-Arid Regions. *Atmosphere*, 14(2), 275.
- [۲۲] انصاری. م ، نوری. غ، فتوحی. ص، بررسی روند تغییرات دما، بارش و دبی با استفاده از آزمون ناپارامتری من کندال (مطالعه موردی: حوزه آبخیز رودخانه کاجو استان سیستان و بلوچستان). (پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز (علمی-پژوهشی، ۷(۱۴)، ۱۵۸-۱۵۲.۱۳۹۸.
- [۲۳] برنا. ر، جهان. آ، تجزیه و تحلیل روند شاخص تغییرات آب و هوایی شدید در بارش و درجه حرارت در استان بوشهر. فصلنامه جغرافیای فیزیکی جلد ۸(۲۸): ۴۳-۶۴. ۱۳۹۴.
- [24] Das P, Zhang Z, Ghosh S, Lu J, Ayugi B, Ojara M. A., & Guo X. 2023. Historical and projected changes in Extreme High Temperature events over East Africa and associated with meteorological conditions using CMIP6 models. *Global and Planetary Change*, 222, 104068.
- [25] Gallardo V, Sánchez-Gómez E, Riber E, Boé J, & Terray L. 2023. Evolution of high-temperature extremes over the main Euro-Mediterranean airports. *Climate Dynamics*: 1-24.
- [26] Cao C, Guan X, Sun W, Guo S, & Chen B. 2023. Changes of Extreme High Temperature by Global Warming in the Northern Hemisphere. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 62(1): 21-29.

Investigating The Change Trend Of Hydro-Alkali Limit Indicators In Ahvaz

Abstract

Climate change and temperature increase is one of the important human environmental issues that has been the subject of many studies in recent years. is, the investigation of trends and changes in the limit indicators of precipitation, temperature, becomes especially important. Therefore, the aim of the current research is to investigate the changes in the hydro-climatic variables in the mentioned region. Therefore, the data of 18 hydro-climatic indicators were analyzed during the statistical period of 1966-2015. The results showed that SU and TNn indices have an upward and significant trend with p-value 0.01 and 0.0007, R95Ptot with a

significant p-value 0.01 and a downward trend, and other indices have no trend or no significance. They were estimated.

Key words: Climatic indicators, trends, Ahvaz