



دانشگاه گواران و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و چهارم، شماره پنجم، ۱۳۹۶

<http://jwsc.gau.ac.ir>

بررسی توزیع زمانی بارش‌های روزانه حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از شاخص تراکم

*یوسف رضانی^۱، عباس خاشعی‌سیوکی^۲ و محمد ناظری‌تهرودی^۳

^۱استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، ^۲دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند،

^۳دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند

تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: شاخص تراکم (CI) در واقع شاخصی جهت بررسی خصوصیات آماری بارش‌های روزانه می‌باشد. توزیع نامتعادل بارش می‌تواند موجب کاهش عملکرد محصولات زراعی از طریق کاهش ذخیره رطوبت موجود در زمین و افزایش تعداد دوره‌های آبیاری گردد. علاوه بر این که توزیع نامتعادل بارندگی به معنی بروز خشک‌سالی می‌باشد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی تغییرات الگو توزیع بارش روزانه در سطح حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه ۴۲ ایستگاه باران‌سنجی در حوضه دریاچه ارومیه انتخاب و از شاخص تراکم و منحنی غلظت مرتبط با آن که مبتنی بر یک منحنی به نام منحنی لورنز است جهت بررسی تغییرات زمانی - مکانی در سری‌های زمانی بارش روزانه و غلظت آن استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج بررسی شاخص تراکم (CI) در سطح حوضه دریاچه ارومیه در دوره آماری مورد بررسی در فصل بهار نشان داد که در تمامی مناطق، مقدار شاخص تراکم کم‌تر از ۰/۶ بود. اکثر مناطق حوضه دریاچه ارومیه را در این فصل (بهار) مقادیر CI بین ۰/۴ و ۰/۵ تشکیل داده است. در این فصل (بهار) در هیچ‌یک از مناطق حوضه مورد مطالعه بارش‌های تهاجمی و هولناک مشاهده نگردید. در فصل پاییز در منطقه مورد مطالعه همانند فصل بهار در تمامی مناطق شاخص تراکم کم‌تر از ۰/۶ بود. در فصل زمستان نیز همانند دو فصل بهار و پاییز قسمتی از مناطق جنوب و شمال‌شرق دریاچه ارومیه و همچنین منطقه‌ای از شمال‌شرق حوضه مورد مطالعه در دوره آماری مورد بررسی دارای متوسط CI بین ۰/۵ تا ۰/۶ هستند که نشان‌دهنده غلظت بالای بارش روزانه و بی‌نظمی در توزیع بارش روزانه در این مناطق است. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که مقدار بارش روزانه مناطق ذکرشده به‌طور منظم در بین روزهای دارای باران تقسیم نشده است. بیش‌تر مناطق حوضه مورد مطالعه را CI بین ۰/۴ تا ۰/۵ تشکیل داده است. در فصل تابستان مناطق جنوبی حوضه دریاچه ارومیه از شدت نامنظم بارش برخوردار بوده که می‌توان نتیجه گرفت که ۷۰ درصد بارش‌های نزولی در این فصل، فقط در ۲۵ درصد از روزهای بارانی (روزهای دارای بارش) صورت گرفته است. در این فصل مناطق شمال‌شرق و جنوب دریاچه ارومیه، منطقه‌ای در شمال‌شرق حوضه و همچنین یک ایستگاه در

* مسئول مکاتبه: y.ramezani@birjand.ac.ir

جنوب غرب دریاچه ارومیه دارای توزیع تراکم نامنظم در توزیع بارش تابستانه می‌باشند. در مقیاس سالانه بیش‌تر مناطق حوضه دریاچه ارومیه از تراکم متوسط برخوردار می‌باشند.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه شاخص تراکم (CI) به منظور تحلیل پراکندگی و ساختار بارش روزانه در حوضه دریاچه ارومیه (در دوره آماری ۲۰۱۳ تا ۱۹۸۴) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج بررسی شاخص تراکم در سطح حوضه مورد مطالعه نشان داد که بارش روزانه حوضه دریاچه ارومیه در هیچ‌یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه در وضعیت منظم و به شدت نامنظم قرار ندارد. تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در وضعیت نسبتاً منظم، تراکم متوسط و نسبتاً نامنظم از نظر توزیع بارش روزانه قرار دارند. در این بین بیش‌تر ایستگاه‌های مورد مطالعه از نظر توزیع بارش روزانه در طبقه تراکم متوسط قرار دارند. در فصول پاییز، زمستان، بهار، تابستان و در مقیاس سالانه به ترتیب حدود ۷۴، ۸۱، ۹۰ و ۸۴ درصد ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد مطالعه تراکم متوسط بارش را شامل می‌شدند.

واژه‌های کلیدی: الگوی بارش، تراکم بارش، دریاچه ارومیه، منحنی لورنز

مقدمه

تغییرات اقلیمی در عصر حاضر یکی از چالش‌های مهم زیست‌محیطی می‌باشد. درک ما از تأثیرات بشر روی محیط، به‌ویژه آن‌هایی که در ارتباط با گرم شدن ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای هستند، نشان می‌دهد که تعدادی از پارامترها به احتمال زیاد در حال تغییر می‌باشند. تحت‌تأثیر گرم شدن کره زمین الگوهای بارش تغییر کرده و باعث وقوع رویدادهای شدید آب و هوایی مثل سیل، خشک‌سالی، بارش‌های حدی، طوفان و غیره می‌شود. برای نمونه، کاهش قابل‌توجه تعداد روزهای بارانی در بسیاری از نقاط جهان از جمله چین تأیید شده است (۵، ۱۳، ۱۷ و ۱۹).

یکی از مهم‌ترین جنبه‌های تغییر آب و هوا که نیازمند بررسی دقیق‌تر است، بررسی توزیع زمانی بارش و تغییرات تاریخی آن است. با توجه به تأثیرات بارندگی بر منابع آب مانند آب زیرزمینی، ذخایر آب سطحی و برف، استفاده از شاخص‌هایی برای بیان تغییرات آن ضروری به نظر می‌رسد. از جمله این شاخص‌ها می‌توان، به شاخص بارش استاندارد شده

(SPI^1)، شاخص غلظت بارش (PCI^2) و شاخص تراکم (CI) اشاره نمود. شاخص تراکم (CI) در واقع شاخصی جهت بررسی خصوصیات آماری بارش‌های روزانه می‌باشد. توزیع نامتعادل بارش می‌تواند موجب کاهش عملکرد محصولات زراعی از طریق کاهش ذخیره رطوبت موجود در زمین و افزایش تعداد دوره‌های آبیاری گردد. علاوه بر این توزیع نامتعادل بارندگی به معنی بروز خشک‌سالی می‌باشد. در نهایت این امر سبب افزایش تدابیر حفاظتی در حوضه به منظور حفظ سازه‌های آبی خواهد شد.

ساختار آماری بارش روزانه را می‌توان با استفاده از منحنی‌های غلظت بارش که مربوط به درصد بارش تجمعی نسبت به درصد تجمعی روزهایی که در آن باران صورت گرفته است، نشان داد. شاخص تراکم (CI) یک منحنی است که کنتراست و یا غلظت مقادیر مختلف روزانه بارش را تعریف می‌کند. شاخص تراکم (CI) و منحنی غلظت مرتبط با آن در حقیقت برای تعیین میزان کمیت نابرابری یک پارامتر از یک متغیر خاص می‌باشد. شاخص تراکم توسط

1- Standard Precipitation Index

2- Precipitation Concentration Index

زمانی که سهم بارش به یک طبقه بارش نسبت داده شود و منحنی نمایی به خط $Y=0$ تبدیل شود، مقدار شاخص CI برابر یک خواهد شد.

میشلز و همکاران (۱۹۹۲) پراکندگی بارش‌های سالانه و فصلی اسپانیا را با استفاده از شاخص PCI مورد بررسی قرار دادند (۱۱). مارتین-واید (۲۰۰۴) شاخص تراکم را برای بارش‌های روزانه شبه‌جزیره اسپانیا محاسبه و نتایج را به صورت دو منطقه با بالاترین پراکندگی و پراکندگی منظم بارش تقسیم کرد (۱۰). علیجانی و همکاران (۲۰۰۸) شدت بارندگی‌های ایران را در ۹۰ ایستگاه سینوپتیک مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که پراکندگی بارش در کل ایران نامنظم بوده و ایستگاه‌های حاشیه دریای خزر، کوه‌های زاگرس و شمال غرب کشور بیش‌ترین سهم بارش را داشته و در معرض بارش‌های شدید قرار دارند (۲). ژانگ و همکاران (۲۰۰۹) شاخص تراکم را برای سری بارش حوضه رودخانه Pearl محاسبه کردند (۱۸). نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان داد که بخش‌های جنوب غربی و شمال شرقی حوضه رودخانه مورد بررسی با کاهش مقادیر CI و مناطق شمال غربی و جنوبی حوضه رودخانه مورد مطالعه با افزایش مقادیر CI مواجه بوده است. آن‌ها این تغییرات بارش را از عواقب ناشی از گرمایش جهانی دانستند.

لی و همکاران (۲۰۱۰) مقادیر CI را در سرتاسر سین‌کیانگ چین در دوره آماری ۲۰۰۸-۱۹۶۱ محاسبه کردند (۸). نتایج نشان داد که کم‌ترین مقدار CI در ایستگاه‌های جنوبی و بیش‌ترین مقادیر CI در ایستگاه‌های شمالی سین‌جیانگ دیده می‌شود. لويس و همکاران (۲۰۱۱) مقادیر متوسط سالانه، فصلی و بازه‌های مرطوب و خشک از PCI را در مجاورت اسپانیا برای دو دوره زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۶ و ۱۹۷۵-۱۹۶۴ مورد مطالعه قرار دادند. تحلیل‌های دو زیر بازه،

یک منحنی غلظت (منحنی لورنز) تعریف می‌شود. در این منحنی محور X ها برابر با درصد تجمعی از نمونه می‌باشد که توسط مقادیر مشخصی رتبه‌بندی می‌شود و محور Y ها نیز در این منحنی برابر با درصد تجمعی حاصل ضرب میانه دسته‌ها در تعداد مشاهدات هر دسته می‌باشد.

در واقع منحنی لورنز یک مفهوم مورد استفاده در نظریه‌های اقتصادی است که جهت بررسی تغییرات زمانی- مکانی در سری‌های زمانی بارش روزانه و غلظت آن استفاده شده است. منحنی لورنز یک نمایش گرافیکی از درصد تجمعی بارش سالانه کل فراهم می‌کند. علاوه بر این، استخراج داده‌ها در این منحنی با استفاده از ضریب جینی و ضریب عدم تقارن لورنز جهت اندازه‌گیری پارامتر غلظت بارش صورت می‌گیرد. روش محاسبه شاخص تراکم (CI) بر این اصل استوار است که به‌طور کلی سهم روزهای دارای بارش به کل بارش توسط یک توزیع نمایی منفی قابل تنظیم می‌باشد (۳ و ۱۰). با توجه به خصوصیات جغرافیایی و دوره زمانی، احتمال مقدار کم بارش روزانه، بیش‌تر از مقادیر زیاد بارش خواهد بود. بنابراین با شروع طبقه‌بندی بارش با پایین‌ترین کلاس، فرکانس مطلق نهایی کاهش می‌یابد (۱۰).

به‌طور کلی شاخص تراکم این واقعیت را نشان می‌دهد که سهم واقعه بارش در مقابل کل مقدار بارش عموماً به‌خوبی توسط یک توزیع نمایی منفی توصیف شده است یا خیر. این روش متشکل از جمع‌آوری بارش روزانه با افزایش ۱ میلی‌متر و دسته‌بندی و تعیین تأثیر نسبی طبقات مختلف با تجزیه و تحلیل سهم نسبی (یک درصد) بارش است. اصولاً مقادیر CI بین ۰ و ۱ قرار دارند و به‌طور هندسی درصد منطقه مثلث بین خط $X=Y$ و منحنی نمایی را نشان می‌دهد. زمانی که سهم هر طبقه بارش نسبت به کل بارش یکسان باشد، CI به صفر نزدیک می‌شود و

بازه ۲۵ ساله مورد بررسی قرار دادند (۷). نتایج بیانگر بی‌نظمی شدید بارش در مناطق مرکزی و جنوبی کشور، از جمله ایستگاه‌های کرمان، بندرعباس، یزد، زاهدان، شهرکرد، بیرجند، بوشهر، اهواز و اصفهان می‌باشد.

دانشمندان بر این باورند که تغییر در غلظت گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی منجر به تغییرات شدید در برخی از مؤلفه‌های چرخه هیدرولوژی از جمله بارش در نقاط مختلف جهان شده است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی تغییرات الگو توزیع بارش روزانه در سطح حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: دریاچه ارومیه که کانون تجمع جریان‌های سطحی مازاد بر مصرف همه رودخانه‌های حوضه بسته ارومیه می‌باشد، با وسعت تقریبی ۵۷۵۰ کیلومترمربع و رقوم متوسط ۱۲۷۶ متر از سطح دریا، در میانه ناحیه شمالی حوضه قرار دارد. حوضه آبریز دریاچه ارومیه بین مختصات ۱۴-۴۴ تا ۵۳-۴۷ طول شرقی و ۴۰-۳۵ تا ۳۰-۳۸ عرض شمالی واقع شده است. تغییرات بارندگی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۲۲۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر و متوسط بارش ۲۶۳ میلی‌متر می‌باشد و از مناطق مرکزی حوضه به سوی مناطق مرتفع پیرامونی بر مقدار بارندگی افزوده می‌شود. در این پژوهش از داده‌های بارش روزانه ۴۲ ایستگاه باران‌سنجی در دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۸۴ استفاده شده است. موقعیت دریاچه ارومیه و ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد مطالعه در حوضه دریاچه به شرح شکل ۱ و مشخصات مکانی ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد استفاده به شرح جدول ۱ می‌باشد.

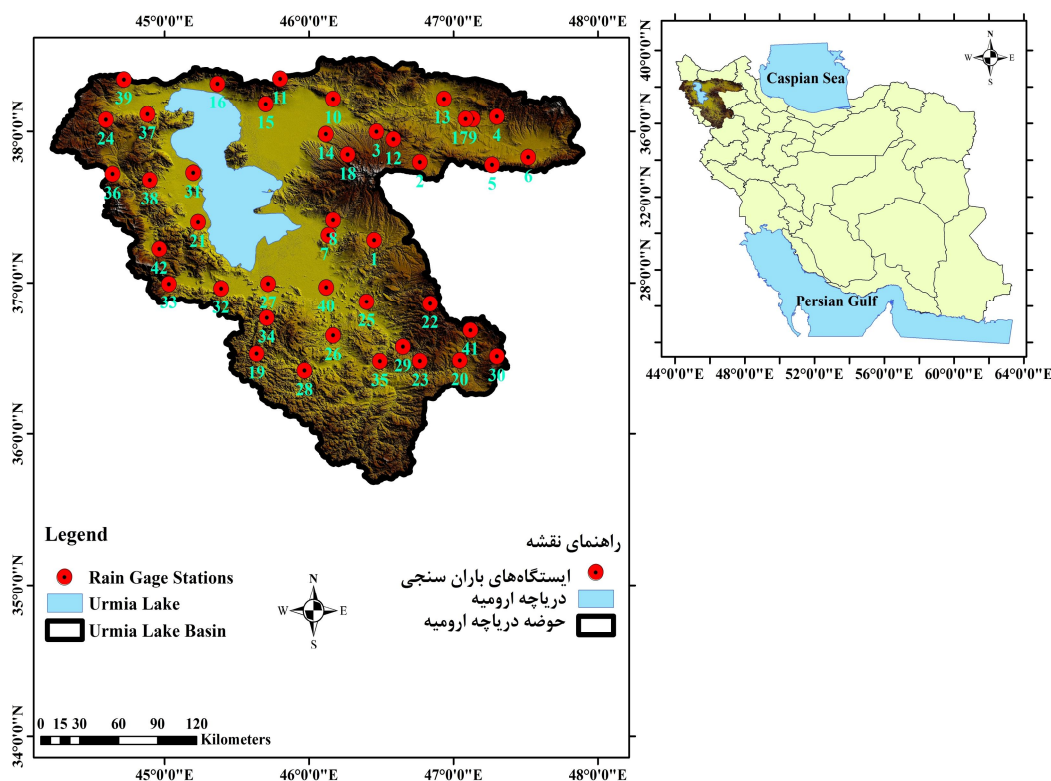
تغییرات قابل توجه باران اتفاق افتاده در اسپانیا از سال ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۵ را نشان داد (۹). کورتزی و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از شاخص CI پراکندگی و الگوی بارش روزانه اروپا را در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۷۱ مورد بررسی قرار دادند (۴). با توجه به مقادیر شاخص تراکم، بالاترین غلظت روزانه و فصلی بارش‌ها در حوضه مدیترانه غربی و عمدتاً در سواحل اسپانیا و فرانسه، شناسایی شد. آدگان و همکاران (۲۰۱۲)، شاخص PCI را در دو مقیاس فصلی و سالانه طی بازه ۲۰۱۱-۱۹۷۴ برای دو منطقه در نیجریه مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج محاسبه PCI برای این منطقه نشان داد که به ترتیب، ۸۷٪ و ۷۱٪ از سال‌های مورد بررسی در منطقه اول و دوم در محدوده تمرکز متوسط قرار می‌گیرند (۱). شی و همکاران (۲۰۱۳) تغییرات زمانی مکانی بارش روزانه ۳۱ ایستگاه باران‌سنجی موجود در حوضه رودخانه لنسنگ^۱ چین را در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۰ را با استفاده از شاخص CI مورد بررسی قرار دادند (۱۵). با استخراج مقادیر شاخص تراکم در سطح منطقه مورد مطالعه مشخص گردید که مقادیر بالای شاخص تراکم در مناطق جنوبی و بارش‌های همگن و مقادیر کم‌تر این شاخص در بالادست حوضه رودخانه لنسنگ اتفاق افتاده است. والی و همکاران (۲۰۱۳)، در بخشی از مطالعه خود، برای نشان دادن الگوی بارندگی در ایالت Pradesh Andhra برای بازه زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۱ در دو مقیاس سالانه و فصلی از شاخص PCI استفاده کردند. نتایج حاصله نشان‌دهنده وجود یک توزیع نامنظم بارندگی (با محدوده مقادیر ۱۶ تا ۳۵) در این منطقه می‌باشد (۱۶). خلیلی و همکاران (۲۰۱۶) پراکندگی بارش ماهانه و سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک ایران طی نیم قرن اخیر در دو

1- Lancang

جدول ۱- مشخصات آماری ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد استفاده واقع در حوضه دریاچه ارومیه در دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۸۴.

Table 1. Statistical properties of rain gage stations that located in Urmia Lake basin in period of 1984-2013.

Station ایستگاه	شماره No	Latitude		Longitude		Station ایستگاه	شماره No	Latitude		Longitude	
		عرض جغرافیایی دقیقه	درجه	طول جغرافیایی دقیقه	درجه			عرض جغرافیایی دقیقه	درجه	طول جغرافیایی دقیقه	درجه
Agchekol آغچه‌کهل	1	16	37	26	46	Badamloo باداملو	22	41	37	28	46
Bashsizojan باشسزواجان	2	47	37	45	46	Bagh باغچه‌میشه	23	39	37	25	46
Basmanj باسمنج	3	59	37	27	46	Chehreq چهریق	24	48	38	40	44
Ghezelche قرلیچه	4	5	38	17	47	Chobchole چوبچوله	25	41	37	7	46
Ghoshchi قوشچی	5	46	37	15	47	Dashband داشبند	26	40	38	56	45
Haris هریس	6	49	37	30	47	Gerdeyaghob گردیعقوب	27	42	38	34	45
Khoshehmehr خوشه‌مهر	7	18	37	8	46	Ghezel Gonbad قرل گنبد	28	52	38	0	46
Khormazard خرمازرد	8	24	37	9	46	Ghezel-Ghaber قرل قبر	29	52	38	42	46
Mehraban مهربان	9	4	38	7	47	Ghoshkhana قوشخانه	30	39	38	51	46
Pardel پردل	10	12	38	9	46	Moshabad موش‌آباد	31	46	38	9	45
Payam پیام	11	20	38	47	45	Naqade نقده	32	42	38	18	45
Saeedabad سعیدآباد	12	56	37	34	46	Pey Ghala پی قلعه	33	42	37	1	45
Saray سرای	13	13	38	55	46	Pole sorkhe پل سرخ	34	40	37	34	45
Isfahlan اسفهلان	14	59	37	6	46	Sari Ghamesh ساری قمیش	35	52	38	32	46
Shabestar شبستر	15	10	38	41	45	Sero سرو	36	46	38	42	44
Tasoj تسوج	16	18	38	21	45	Tamar تمر	37	48	37	54	44
Zarnaq زرنق	17	4	38	4	47	Tapik تپیک	38	46	37	55	44
Zenjanab ذینجناب	18	50	37	16	46	Urban اوربان	39	50	38	46	44
Afan آفان	19	39	37	30	45	Zarineh زرینه	40	56	36	2	46
Alasagel آلاسقل	20	39	37	38	46	Zereshoran زره‌شوران	41	40	38	42	46
Babarood بابارود	21	44	38	11	45	Zharabad ژاراآباد	42	43	37	58	44



شکل ۱- ارتفاعات حوضه دریاچه ارومیه و ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد استفاده.

Figure 1. Urmia Lake basin highland and studied Rain gauge stations.

مارتین- واید (۱۰) مدل $Y = (a \times X) \exp(b \times X)$ را برای این منحنی توصیه کرد که در آن a و b ضرایب رگرسیون هستند. شاخص تراکم جینی (Gini) $2S/10000$ به‌عنوان یک شاخص اندازه‌گیری غلظت مورد استفاده قرار می‌گیرد که در آن S برابر با مساحت محصور شده توسط نیمساز ربع اول و خط چندضلعی و یا منحنی لورنز است. تراکم بارش در حقیقت برگرفته از ضریب جینی می‌باشد. منحنی لورنز با استفاده از مدل $Y = (a \times X) \exp(b \times X)$ نمایش داده می‌شود که در آن ضرایب a و b توسط روش حداقل مربعات محاسبه می‌شوند (۱۰).

شاخص تراکم (CI): به‌منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف بارش روزانه و بررسی سهم مقادیر بالای بارش نسبت به کل بارش‌ها، درصد بارش تجمعی (Y) و درصد تجمعی روزها (X) در طول رخدادهای Y مطالعه گردید. بر اساس مطالعات (۱۰، ۱۲ و ۱۴) جهت بررسی شاخص تراکم (CI) ابتدا داده‌های بارش روزانه در بازه‌های ۱ میلی‌متر در روز طبقه‌بندی شدند. تعداد روزهای با بارندگی مشخص در هر طبقه مشخص شده و مقدار تجمعی آن نیز محاسبه گردید. در نهایت درصد تجمعی از روزهای بارانی و مقدار ارتباط بارش با روزهای بارانی به‌دست آمد. با توجه به مراحل ذکر شده، یک منحنی نمایی از درصد تجمعی از روزهای بارانی (X) در مقابل درصد تجمعی بارش (Y) به‌دست آمد.

ضرایب a و b را می‌توان از رابطه زیر به‌دست آورد:

$$\ln a = \frac{\sum X_i^2 \sum \ln Y_i + \sum X_i \sum X_i \ln X_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} - \frac{\sum X_i \sum \ln X_i - \sum X_i \sum X_i \ln Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (3)$$

$$b = \frac{n \sum X_i \ln Y_i + \sum X_i \sum \ln X_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} - \frac{n \sum X_i \ln X_i - \sum X_i \sum \ln Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (4)$$

جهت بررسی دقت محاسبات ضرایب a و b باید مقادیر مشاهداتی و محاسباتی احتمال بارش و مقادیر بارش‌ها مورد بررسی قرار داد. مقادیر محاسباتی احتمال و مقدار بارش از داده‌های اصلی و مقادیر محاسباتی احتمال و مقدار بارش از رابطه $Y = (a \times X) \exp(b \times X)$ و ضرایب a و b به‌دست آمد.

نتایج و بحث

با استفاده از داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های باران‌سنجی منتخب در سطح حوضه دریاچه ارومیه در دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۸۴ شاخص تراکم (CI) در مقیاس سالانه و فصلی محاسبه گردید. نتایج بررسی شاخص تراکم در مقیاس‌های زمانی سالانه و فصلی به‌صورت جدول ۲ ارائه گردید.

بعد از تعیین ضرایب a و b ، انتگرال معین از منحنی نمایی بین ۰ و ۱۰۰ سطح زیر منحنی یا S' را نشان می‌دهد.

$$S' = \left[\frac{a}{b} e^{bX} \left(X - \frac{1}{b} \right) \right]_0^{100} \quad (1)$$

بر اساس معادله فوق، مساحت محصور شده توسط منحنی و خط توزیع $X=100$ بین ۵۰۰۰ و مقدار محاسبه شده از رابطه ۶ متفاوت می‌باشد (۱۰). از این مقادیر تراکم بارش که شبیه به ضریب جینی نیز است، می‌توان دریافت که:

$$CI = S' / 5000 \quad (2)$$

بنابراین مقادیر شاخص CI کسری از مقدار S' و سطح مثلث تشکیل شده در پایین نمودار می‌باشد. بر اساس پژوهش‌های مارتین- واید (۱۰) مقادیر بالای CI ($CI > 0.61$) بیانگر غلظت بالای بارش روزانه بوده و در ایستگاه‌های با $CI > 0.61$ تقریباً ۷۰ درصد از بارش‌های نزولی در ۲۵ درصد از روزهای بارانی اتفاق افتاده است.

این موضوع بیانگر وجود بارش‌های تهاجمی و سهمگین در ایستگاه‌های دارای $CI > 0.61$ می‌باشد. مقادیر $CI < 0.61$ نظم بهتری در پراکندگی بارش روزانه دارند و هرچه این عدد پایین‌تر باشد، ایستگاه مورد نظر از نظم بهتری در بارش‌های روزانه و تعداد روزهای بارانی برخوردار است.

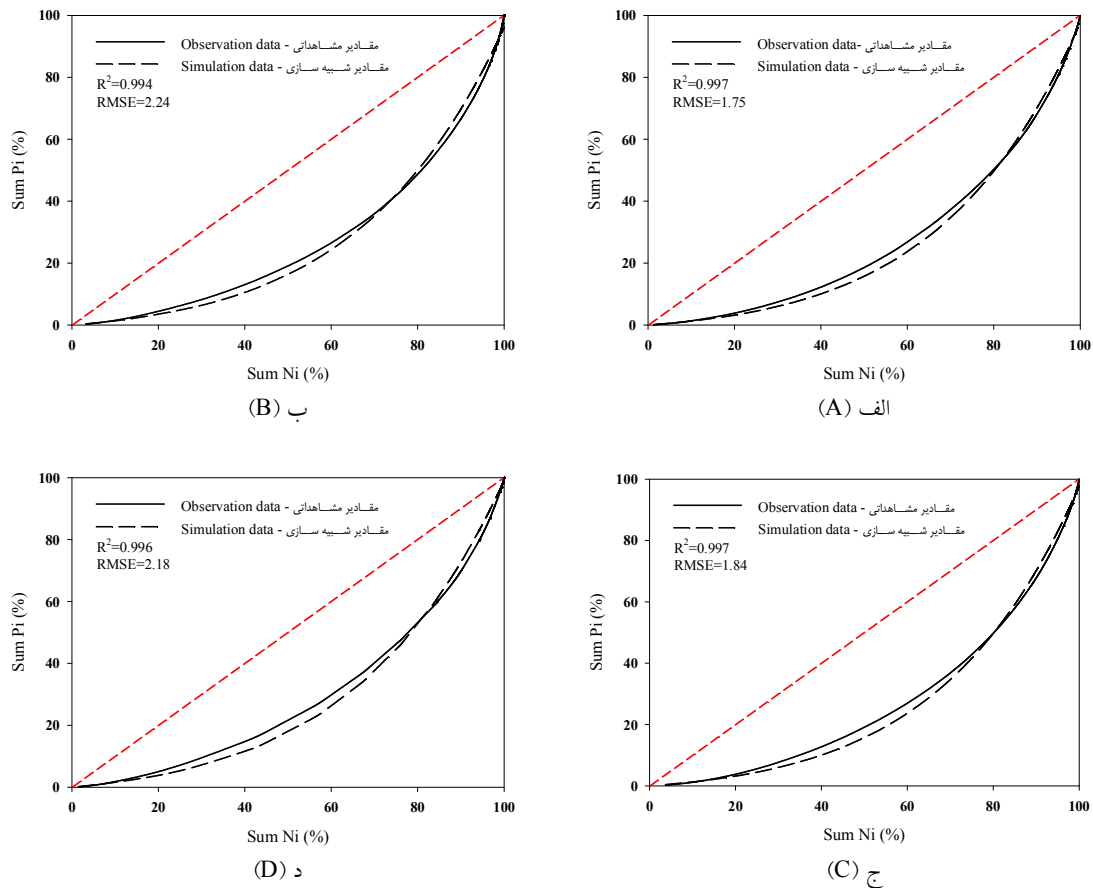
جدول ۲- نتایج محاسبه مقادیر سالانه و فصلی شاخص CI مربوط به ایستگاه‌های باران‌سنجی در دوره آماری ۱۹۸۴-۲۰۱۳.

Table 2. Results of calculation the annual and seasonal CI of rain gage stations in period of 1984-2013.

شماره ایستگاه Station Number	CI سالانه Annual CI	CI پاییزه Autumn CI	CI زمستانه Winter CI	CI بهاره Spring CI	CI تابستانه Summer CI
1	0.41	0.39	0.42	0.41	0.4
2	0.47	0.48	0.47	0.45	0.48
3	0.39	0.4	0.41	0.38	0.4
4	0.39	0.4	0.41	0.38	0.4
5	0.39	0.42	0.4	0.39	0.42
6	0.49	0.47	0.45	0.52	0.55
7	0.41	0.39	0.42	0.41	0.4
8	0.44	0.43	0.4	0.44	0.43
9	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
10	0.47	0.45	0.43	0.49	0.48
11	0.47	0.45	0.43	0.49	0.48
12	0.47	0.48	0.47	0.45	0.48
13	0.54	0.55	0.52	0.53	0.53
14	0.47	0.48	0.47	0.45	0.48
15	0.52	0.5	0.51	0.52	0.56
17	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
17	0.47	0.45	0.43	0.49	0.48
18	0.44	0.43	0.4	0.44	0.43
19	0.48	0.46	0.48	0.48	0.56
20	0.47	0.48	0.47	0.48	0.44
21	0.48	0.47	0.47	0.48	0.54
22	0.42	0.4	0.42	0.44	0.42
23	0.44	0.43	0.46	0.41	0.52
24	0.48	0.5	0.46	0.49	0.45
25	0.42	0.42	0.41	0.41	0.38
26	0.47	0.46	0.47	0.46	0.45
27	0.49	0.51	0.47	0.5	0.48
28	0.44	0.44	0.45	0.41	0.52
29	0.42	0.4	0.42	0.44	0.42
30	0.47	0.48	0.47	0.48	0.44
31	0.47	0.48	0.45	0.48	0.41
32	0.47	0.47	0.46	0.42	0.4
33	0.42	0.44	0.4	0.42	0.4
34	0.57	0.56	0.57	0.56	0.49
35	0.44	0.45	0.44	0.42	0.45
36	0.46	0.47	0.47	0.46	0.44
37	0.39	0.4	0.41	0.38	0.4
38	0.46	0.47	0.46	0.47	0.44
39	0.41	0.42	0.4	0.42	0.48
40	0.47	0.55	0.47	0.46	0.5
41	0.45	0.53	0.46	0.44	0.34
42	0.44	0.44	0.46	0.42	0.42

ارائه گردید. در این نمودارها، Sum Ni برابر با مجموع بارش‌ها و Sum Pi مجموع احتمالات می‌باشد.

جهت بررسی دقت تخمین ضرایب a و b می‌توان از تابع $Y=(aX)\exp(bX)$ و نمودار لورنز استفاده کرد. نمودار لورنز ایستگاه‌های باران‌سنجی آفان، آلاسقل، بابارود و باغچه همیشه جهت نمونه در شکل ۲



شکل ۲- منحنی غلظت یا لورنز برای مقادیر مشاهداتی و محاسباتی CI ایستگاه‌های آفان (الف)، آلاسقل (ب)، بابارود (ج) و باغچه همیشه (د).

Figure 2. Concentration, or Lorenz, curves for observation and estimation CI values of Afan (A), Alasqel (B), Babarood (C) and Baghcheh-Misheh (D) stations.

ایستگاه‌های مورد مطالعه از نظر تراکم بارش روزانه به شرح جدول ۳ ارائه گردید. با توجه به نتایج ارائه شده می‌توان نتیجه گرفت که بیشینه مقدار CI برای تمامی مقیاس‌های مورد مطالعه ۰/۵۷ و ۰/۵۶ می‌باشد.

نتایج بررسی شاخص تراکم نشان داد که متوسط شاخص مورد نظر در مقیاس سالانه و مقیاس فصلی در سطح منطقه مورد مطالعه ۰/۴۵ می‌باشد. در مقیاس سالانه کم‌ترین مقدار CI برابر با ۰/۳۹ و بیش‌ترین مقدار آن ۰/۵۷ به‌دست آمد. نتایج خلاصه وضعیت

بر اساس طبقه‌بندی مارتین- واید (۱۰)، در مطالعه حاضر، در هیچ‌یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه مقادیر $CI > 0.61$ مشاهده نگردید. در مقیاس سالانه ایستگاه‌های باران‌سنجی باسمنج، قزلچه‌سادات، قوشچی‌سراب و تمر کم‌ترین مقدار CI و ایستگاه پل‌سرخ دارای بیش‌ترین مقدار CI می‌باشد.

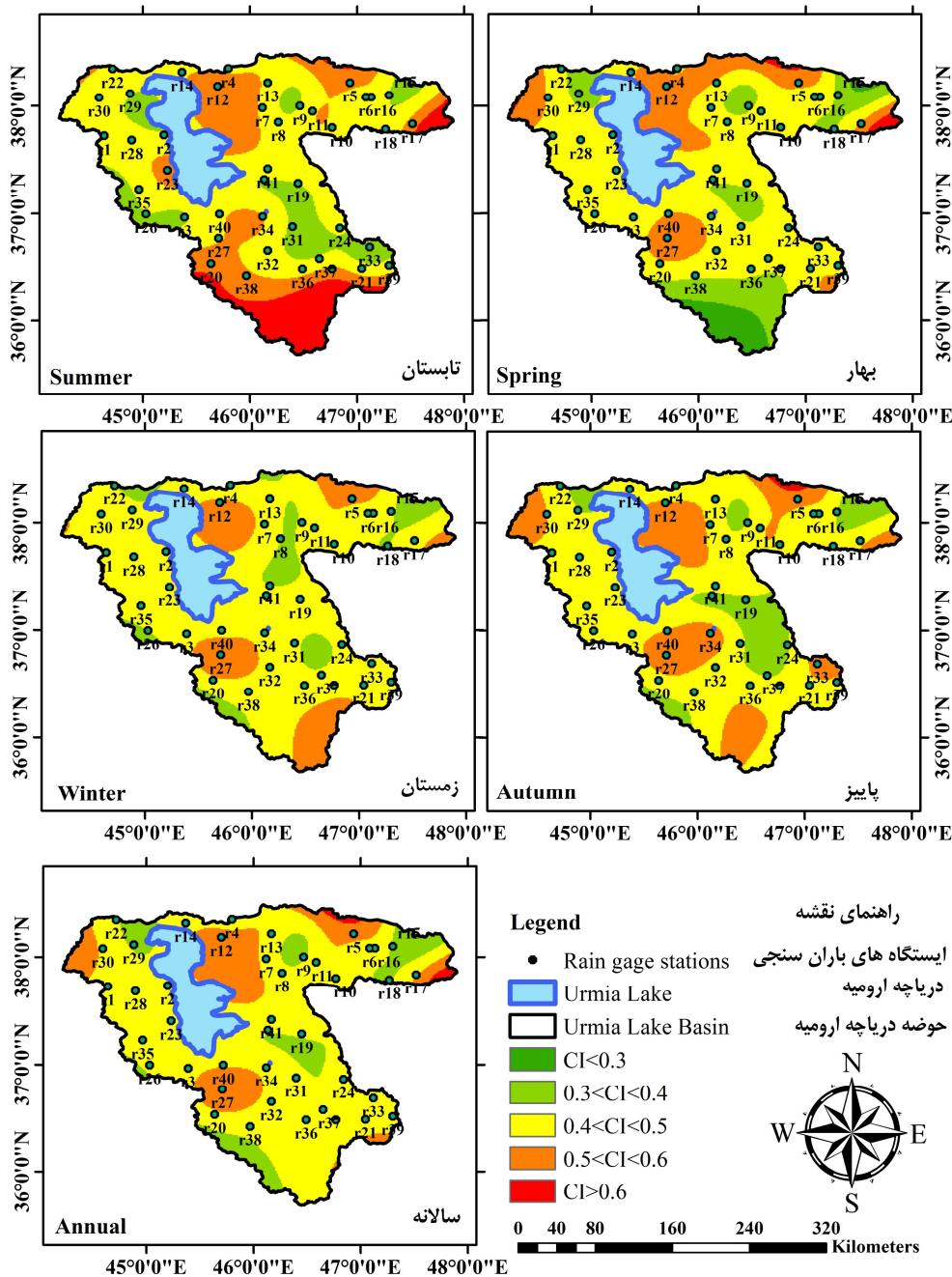
جدول ۳- خلاصه نتایج مربوط به شاخص CI در دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۸۴.

Table 3. Summary results of CI Index in period of 2013-1984.

CI	سالانه Annual	پاییز Autumn	زمستان Winter	بهار Spring	تابستان Summer
بیشینه Max	0.57	x0.56	0.57	0.56	0.56
کمینه Min	0.39	0.39	0.40	0.38	0.34
متوسط Mean	0.45	0.46	0.45	0.45	0.45

در این فصل (بهار) در هیچ‌یک از مناطق حوضه مورد مطالعه بارش‌های تهاجمی و هولناک مشاهده نگردید. در ناحیه شمال‌شرق دریاچه ارومیه و قسمتی از جنوب دریاچه ارومیه مقدار CI بین ۰/۵ تا ۰/۶ داشته که نشان‌دهنده بی‌نظمی در بارش روزانه در این مناطق می‌باشد. مناطق جنوبی دریاچه ارومیه از نظم بهتری در توزیع بارش‌های روزانه برخوردار می‌باشد و داده‌های بارش از توزیع نمایی منظم در بین روزهای بارانی برخوردار می‌باشد. همان‌طور که مشاهده شد در فصل بهار مناطق جنوب حوضه دریاچه ارومیه از نظم بهتری در توزیع بارش‌های روزانه برخوردار می‌باشد.

جهت بررسی منطقه‌ای شاخص تراکم، مقادیر CI در سطح حوضه مورد مطالعه در مقیاس‌های مختلف پهنه‌بندی و به‌صورت شکل ۳ ارائه گردید. لازم به ذکر است که جهت پهنه‌بندی مقادیر شاخص موردنظر در سطح منطقه مورد مطالعه از روش کریجینگ در محیط نرم‌افزار GIS استفاده شد. در استفاده از روش کریجینگ مدل گوسین با دقت (r^2) برابر با ۰/۸۹ انتخاب گردید. نتایج بررسی شاخص تراکم (CI) در سطح حوضه دریاچه ارومیه در دوره آماری مورد بررسی در فصل بهار نشان داد که $CI > 0.6$ در هیچ‌یک از قسمت‌های منطقه مورد مطالعه مشاهده نمی‌شود. اکثر مناطق حوضه دریاچه ارومیه را در این فصل (بهار) مقادیر CI بین ۰/۴ و ۰/۵ (مناطق زرد رنگ) تشکیل داده است.



شکل ۳- پهنه‌بندی مقادیر محاسباتی CI در مقیاس سالانه و فصلی در دوره آماری ۱۹۸۴-۲۰۱۳.

Figure 3. Delineation of calculated CI in annual and seasonal scales in period of 1984-2013.

سایر نقاط برخوردار می‌باشد. نتایج نشان داد که هر دو فصل بهار و پاییز در این مناطق بارش‌های تهاجمی و رگبار مانند در بین روزهای دارای بارش دیده می‌شود و توزیع بارش در بین روزهای بارانی در این مناطق از نظم کم‌تری نسبت به سایر مناطق برخوردار

در فصل پاییز در منطقه مورد مطالعه همانند فصل بهار در هیچ‌یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه $CI > 0.6$ مشاهده نگردید. مناطقی از شرق و جنوب دریاچه ارومیه و همچنین مناطقی از شمال‌شرق و جنوب‌شرق حوضه دریاچه ارومیه از بی‌نظمی بیش‌تری نسبت به

سطح حوضه مورد مطالعه مشاهده نگردید. چند ایستگاه در شمال غرب دریاچه ارومیه و همچنین جنوب شرق و غرب حوضه دریاچه ارومیه توزیع نسبتاً منظم در بارش‌های روزانه دارند.

در مقیاس سالانه بیش‌تر مناطق حوضه دریاچه ارومیه از تراکم متوسط (CI بین ۰/۴ تا ۰/۵) برخوردار می‌باشند. در این مقیاس (سالانه) نیز همانند مقیاس‌های فصلی، مناطق شمال شرق و جنوب دریاچه ارومیه از تراکم بی‌نظم‌تری نسبت به سایر مناطق برخوردار می‌باشند. در مقیاس سالانه در هیچ‌یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح حوضه دریاچه ارومیه توزیع بارش روزانه منظم دیده نشد. نتایج مطالعه حاضر با پژوهش‌های خلیلی و همکاران (۲۰۱۴) و خلیلی و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی تراکم و روند بارش ایستگاه‌های سینوپتیک ایران مطابقت دارد (۶ و ۷).

نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های بارش روزانه، ماهانه و یا سالانه حوضه‌های بسته مثل حوضه دریاچه ارومیه از نظر توزیع پراکندگی از نقطه‌نظر اقلیمی اهمیت زیادی دارد. از این‌رو بررسی شاخصی که بتوان این پراکندگی و توزیع را نمایان کند بسیار با ارزش می‌باشد. CI نیز شاخص تراکم بوده که جهت بررسی تراکم روزانه و ساختار آماری بارش مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مطالعه شاخص تراکم (CI) به‌منظور تحلیل پراکندگی و ساختار بارش روزانه در حوضه دریاچه ارومیه (در دوره آماری ۲۰۱۳ تا ۱۹۸۴) مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج بررسی شاخص تراکم در سطح حوضه مورد مطالعه نشان داد که بارش روزانه حوضه دریاچه ارومیه در هیچ‌یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه در وضعیت منظم و به‌شدت نامنظم قرار ندارد. تمامی

مناطق از شرق و شمال شرق منطقه مورد مطالعه (مناطق سبزرنگ) نیز نظم نسبتاً خوبی در بارش‌های روزانه و توزیع آن‌ها دارد. سایر مناطق نیز (زرد رنگ) از توزیع متوسط بارش روزانه برخوردار می‌باشند. تراکم منظم نیز در این فصل مشاهده نگردید.

در فصل زمستان نیز همانند دو فصل بهار و پاییز قسمتی از مناطق جنوب و شمال شرق دریاچه ارومیه و همچنین منطقه‌ای از شمال شرق حوضه مورد مطالعه در دوره آماری مورد بررسی دارای متوسط CI بین ۰/۵ تا ۰/۶ هستند که نشان‌دهنده غلظت بالای بارش روزانه و بی‌نظمی در توزیع بارش روزانه در این مناطق است. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که مقدار بارش روزانه مناطق ذکر شده به‌طور منظم در بین روزهای دارای باران تقسیم نشده است. بیش‌تر مناطق حوضه مورد مطالعه را CI بین ۰/۴ تا ۰/۵ تشکیل داده است. در این فصل توزیع منظم ($CI < 0.3$) و توزیع نامنظم بارش روزانه ($CI > 0.6$) دیده نشد. چند منطقه کوچک نیز در شرق حوضه دریاچه ارومیه از CI بین ۰/۳ تا ۰/۴ برخوردار است که نشان‌دهنده توزیع منظم بارش روزانه در بین روزهای فصل زمستان است. یا به‌عبارت دیگر، مقدار بارش نزولی در این فصل در بین روزهای دارای بارش به‌طور نسبتاً منظمی در مناطق مذکور توزیع شده است.

در فصل تابستان مناطق جنوبی حوضه دریاچه ارومیه از شدت نامنظم بارش برخوردار بوده که می‌توان نتیجه گرفت که ۷۰ درصد بارش‌های نزولی در این فصل، فقط در ۲۵ درصد از روزهای بارانی (روزهای دارای بارش) صورت گرفته است. در این فصل مناطق شمال شرق و جنوب دریاچه ارومیه، منطقه‌ای در شمال شرق حوضه و همچنین یک ایستگاه در جنوب غرب دریاچه ارومیه دارای توزیع تراکم نامنظم در توزیع بارش تابستانه می‌باشند. در این فصل (تابستان) توزیع منظم بارش روزانه در

مورد بررسی به‌عنوان یک شاخص آماری، می‌تواند وزن‌های مختلف بارش اعم از پراکندگی، سهم بارش‌های شدید و توزیع مکانی را نسبت به کل بارش‌های نزولی مشخص کند. یک از مزایای بررسی شاخص‌های خشک‌سالی مانند CI این است که می‌توان پراکندگی بارش را بین ماه‌های یک فصل و یا حتی ماه‌های سال را مشاهده کرد و از توزیع آن اطلاع پیدا کرد و از نتایج حاصله در مواجهه با خشک‌سالی‌ها و یا بارش‌های شدید استفاده کرد.

سیاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی به شماره ابلاغیه ۱۳۹۵/د/۲۴۷۹۲ مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۷ و با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه بیرجند انجام شده است که بدین‌وسیله سیاسگزاری می‌نمائیم.

ایستگاه‌های مورد مطالعه در وضعیت نسبتاً منظم، تراکم متوسط و نسبتاً نامنظم از نظر توزیع بارش روزانه قرار دارند. در این بین بیش‌تر ایستگاه‌های مورد مطالعه از نظر توزیع بارش روزانه در طبقه تراکم متوسط قرار دارند. در فصول پاییز، زمستان، بهار، تابستان و در مقیاس سالانه به‌ترتیب حدود ۷۴، ۹۰، ۸۱ و ۷۴ درصد ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد مطالعه تراکم متوسط بارش را شامل می‌شدند.

با تجزیه و تحلیل و بررسی شاخص غلظت تراکم و شاخص غلظت بارش می‌توان رویدادهای شدید، بی‌نظمی و نابرابری بارش‌های روزانه، ماهانه و سالانه را به‌خوبی بررسی کرد. از این‌رو پژوهش‌های بیش‌تری جهت بررسی رابطه بین شاخص غلظت بارش وقوع حوادث شدید از جمله سیل، فرسایش خاک و خشک‌سالی مدنظر می‌باشد. شاخص‌های

منابع

1. Adegun, O., Balogun, I., and Adeaga, O. 2012. Precipitation Concentration Changes in Owerri and Enugu. *Hydrology for Disaster Management, Special Publication of the Nigerian Association of Hydrological Sciences*. Pp: 391-383.
2. Alijani, B., O'Brien, J., and Yarnal, B. 2008. Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran. *Theor. Appl. Climatol.* 94: 107-124.
3. Brooks, C.E.P., and Carruthers, N. 1953. *Handbooks of statistical methods in meteorology*. Meteorological Office, London, CABI Publication, 412p.
4. Cortesi, N., Gonzalez-Hidalgo, J.C., Brunetti, M., and Martin-Vide, J. 2012. Daily precipitation concentration across Europe 1971–2010. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 12: 9. 2799-2810.
5. Gong, D.Y., and Ho, C.H. 2002. Shift in the summer rainfall over the Yangtze River valley in the late 1970s. *Geophys. Res. Lett.* 29: 10. 78-87.
6. Khalili, K., Nazeri Tahrudi, M., and Khanmohammadi, N. 2014. Trend Analysis of Precipitation in Recent Two Decade over Iran. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.* 4: 1. 5-10.
7. Khalili, K., Tahoudi, M.N., Mirabbasi, R., and Ahmadi, F. 2016. Investigation of spatial and temporal variability of precipitation in Iran over the last half century. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 30: 4. 1205-1221.
8. Li, X., Jiang, F., Li, L., and Wang, G. 2010. Spatial and temporal variability of precipitation concentration index, concentration degree and concentration period in Xinjiang, China. *Int. J. Climatol.* Published online. doi: 10.1002/joc.2181.
9. Luis, M., Gonzalez-Hidalgo, J.C., Brunetti, M., and Longares, L.A. 2011. Precipitation concentration changes in Spain 1946–2005. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 11: 1259-1265.
10. Martin-vide, J. 2004. Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in Peninsular Spain. *Int. J. Climatol.* 24: 959-971.

11. Michiels, P., Gabriels, D., and Hartmann, R. 1992. Using the seasonal and temporal precipitation concentration index for characterizing the monthly rainfall distribution in Spain. *Catena*. 19: 1. 43-58.
12. Olascoaga, M.J. 1950. Some aspects of Argentine rainfall. *Tellus*. 2: 4. 312-318.
13. Ren, G.Y., Wu, H., and Chen, Z.H. 2000. Spatial patterns of change trend in rainfall of China. *Quart. J. Appl. Meteorol.* 11: 3. 322-330.
14. Riehl, H. 1949. Some aspects of Hawaiian rainfall. *Bull Am. Meteorol. Soc.* 3: 5. 176-177.
15. Shi, W., Yu, X., Liao, W., Wang, Y., and Jia, B. 2013. Spatial and temporal variability of daily precipitation concentration in the Lancang River basin, China. *J. Hydrol.* 495: 197-207.
16. Valli, M., Shanti, S.K., and Murali Krishna, I.V. 2013. Analysis of Precipitation Concentration Index and Rainfall Prediction in various Agro-Climatic Zones of Andhra Pradesh, India. *Inter. Res. J. Environ. Sci.* 2: 5. 53-61.
17. Zhai, P.M., Zhang, X.B., Wan, H., and Pan, X.H. 2005. Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China. *J. Clim.* 18: 1096-1108.
18. Zhang, Q., Xu, C.Y., Marco, G., Chen, Y.P., and Liu, C.L. 2009. Changing properties of precipitation concentration in the Pearl River basin, China. *Stoch. Environ. Res. Risk. A.* 23: 377-385.
19. Zhang, Q., Xu, C.Y., Zhang, Z.X., Chen, Y.Q., and Liu, C.L. 2007. Spatial and temporal variability of extreme precipitation during 1960–2005 in the Yangtze River basin and possible association with large-scale circulation. *J. Hydrol.* doi:10.1016/j.jhydrol.2007.11.02.



Spatial distribution of a daily precipitation in Urmia Lake basin

*Y. Ramazani¹, A. Khashei Seouki² and M. Nazeri Tahroudi³

¹Assistant Prof., Dept. of Science and Water Engineering, University of Birjand,

²Associate Prof., Dept. of Science and Water Engineering, University of Birjand,

³Ph.D. Student, Dept. of Science and Water Engineering, University of Birjand

Received: 05/06/2017; Accepted: 10/04/2017

Abstract

Background and Objectives: Concentration Index (CI) is actually an index to examine the statistical characteristics of daily precipitation. This concept could be also used in irrigation planning and designing new systems. Unbalanced distribution of precipitation could reduce the agricultural crops yield through reduction of moisture in soil and increment of irrigation periods. Besides, unbalanced distribution of precipitation means drought. The aim goal of this study is evaluation the distribution and concentration of daily rainfall in the basin of Lake Urmia.

Materials and Methods: In this study used the 42 rain gaging station in Urmia Lake basin to evaluation the daily precipitation concentration. Concentration Index (CI) and related concentration curve are in fact used to define inequality quantity of a parameter from a specified variable. For example, it could be used in statistics to determine improved level of health subsidy for poor people in different countries as well as precipitation dispersion in an area or country. Concentration Index is defined by a concentration curve (Lorenz Curve). The Lorenz curve is actually a concept used in economic theories to examine the temporal-spatial changes in time series of daily precipitation and concentration.

Results: The results of CI index in Lake Urmia basin during the statistical period in spring showed that $CI > 0.6$ is not observed in none of the areas under study. Majority of Lake Urmia areas in spring had the CI values between 0.4 and 0.5. In this season (spring), aggressive and terrifying precipitations were observed in none of the basin areas. As spring in the study under area in autumn, $CI > 0.6$ was not observed in any of the stations studied. In winter as well as spring and autumn, a part of the South and the Northeast of Lake Urmia and also an area of the Northeast of basin had average CI between 0.5 and 0.6 in statistical period and show the high concentration of daily precipitation and irregularity in distribution of daily precipitation in these areas. It can be concluded that the amounts of daily rainfall in listed areas were not divide into rainfall days. The CI in most of the areas under study were between 0.4 and 0.5. The southern areas of Lake Urmia basin had severe irregular precipitation in summer and it could be concluded that 70% of rainfalls in this season occurred only in 25% of rainfall days. In this season the Northeast and South regions of Lake Urmia, an area in Northeast of Lake as well as a station in the Southwest of lake had irregular distribution of precipitation in summer. In annual scale, most of the Lake areas had average concentration. In annual scale, similar to seasonal scale, Northeast and South of lake had more irregular concentration compared to other areas.

Conclusion: In this study to evaluation the concentration and pattern of daily precipitation in Urmia Lake basin in period of 1984-2013 used the concentration index (CI). The results of concentration index in basin area showed that daily precipitation in Lake Urmia basin was not in regular and severe irregular situation in none of the stations under study. The entire stations surveyed were in relatively regular, average concentration and relatively irregular situation in terms of daily precipitation distribution. Most of the studied stations were in average concentration category in terms of daily precipitation concentration. In autumn, winter, spring and summer in annual scale, almost 74, 90, 81, 74 and 84% of stream-gaging stations showed average precipitation concentration.

Keywords: Lake Urmia, Lorenz curve, Precipitation concentration, Precipitation pattern

* Corresponding Author; Email: y.ramezani@birjand.ac.ir

