

## توزیع مکانی شاخص تمرکز بارش روزانه در شمال غرب ایران

علی اکبر رسولی<sup>۱</sup>  
الناز استادی<sup>۲</sup>  
محمد رضا عزیززاده<sup>۳</sup>

### چکیده

از پیامدهای تغییر اقلیم در مناطق خشکی نظیر ایران، تغییرات زمانی و مکانی توزیع و تمرکز بارش است که می‌تواند منابع آبی را تحت تأثیر قرار دهد. از سوی دیگر افزایش تمرکز بارش می‌تواند موجب وقوع مخاطراتی مانند سیل شود. اهمیت موضوع توزیع و تمرکز بارش پژوهشگران را علاقمند به مطالعه در این زمینه کرده است. شاخص تمرکز (CI) روشی است که به منظور مطالعه توزیع و تمرکز بارش استفاده می‌شود. مطالعه حاضر نیز با هدف محاسبه و تحلیل شاخص تمرکز بارش روزانه ۲۳ ایستگاه شمال غرب ایران طی دوره ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۵ انجام گردید. در این پژوهش دامنه مقادیر CI برای محدوده مورد نظر بین ۰/۵۷ برای ایستگاه خوی تا ۰/۶۷ ایستگاه ماکو و میانگین ۰/۶۱ برای تمام ایستگاه‌ها محاسبه شد. از درونیابی مقادیر محاسبه شده، نقشه CI به دست آمد و نشان داد که قسمت شمال غرب محدوده مورد مطالعه به نمایندگی ایستگاه ماکو از نظر توزیع بارش روزانه در طول سال نسبت به سایر مناطق، بویژه مناطق مرکزی مانند تبریز توزیع یکنواختی ندارد. در مقایسه با میانگین CI کل ایران (۰/۶۴) محدوده شمال غرب با میانگین ۰/۶۱ از توزیع بارش یکنواخت‌تری در طول سال برخوردار است.

۱- عضو هیأت علمی دانشگاه تبریز، گروه آب و هواشناسی

۲- دانشجوی دکتری تغییرات آب و هوایی، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)

Email: <mailto:el.elnaz@yahoo.com>

۳- مربی، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور

واژگان کلیدی: توزیع برابر، شمال غرب ایران، شاخص تمرکز (CI)، ناهنجاری بارش.

### مقدمه

بعد از دما و رطوبت جوی، بارش سومین عامل تفاوت‌های آب و هوایی ایران و پرنوسان‌ترین عنصر اقلیم است (مسعودیان، ۱۳۸۸: ۸۲ و سلیقه و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۳۰). توجه به بارش به ویژه در نواحی مختلف سرزمین کم‌آبی نظیر ایران که منابع آبی آن متکی به بارش و با تقاضای روزافزون جمعیت روبه رو رشد همراه بوده، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به دلیل تنوع زمانی و مکانی بارش عدم قطعیت‌های زیادی درباره تغییرات بارش وجود دارد. از سال ۱۹۰۰ میزان بارش خشکی‌ها حدود ۲ درصد افزایش داشته است. اما این افزایش دارای توزیع یکنواخت زمانی و مکانی نبوده است (کو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۶: ۱ و آرامش و همکاران، ۱۳۹۷: ۲). بطوریکه مطالعات نشان می‌دهند میزان بارش حدی روندی افزایشی خواهد داشت (اسدی و کراکاتور<sup>۲</sup>، ۲۰۱۵: ۸۷۷). از سوی دیگر به دلیل تغییر اقلیم، جهان با مسئله سیل و خشکسالی‌ها روبرو است. پیش‌بینی‌های روزانه و شدید بارش می‌تواند در برنامه‌ریزی برای غلبه بر آن (اثرات تغییر اقلیم) مؤثر واقع شود (شیت و پاتل<sup>۳</sup>، ۲۰۱۵: ۹۱۸ و جوان و همکاران، ۱۳۹۷: ۸۴). براساس گزارشات چهارم هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم، به طور کلی میزان بارش در دنیا در دوره ۲۰۰۵-۱۹۰۰ افزایش یافته است. اما الگوی نسبتاً مشخصی که در عنصر اقلیمی دما وجود دارد، در مورد بارش صدق نمی‌کند. نوسانات بارش افزایش یافته و تمایل بارش بیش‌تر به بارش‌های سنگین‌تر بوده است؛ این موضوع حکایت از آن دارد که بارش در تعداد روزهای کمتر و با شدت بیش‌تر به وقوع می‌پیوندد. مطالعات انجام گرفته در حوزه تغییرات اقلیمی کشور نشان دهنده بی‌نظمی بارش و بویژه روند کاهشی این عنصر اقلیمی هستند (محمدی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۲۵). بارش شمال غرب ایران نیز از طریق مجموعه‌ای از عوامل زمانی و مکانی کنترل می‌شود. از این رو رفتار

<sup>1</sup> Qu

<sup>2</sup> Asadieh & Krakauer

<sup>3</sup> Shete & Patel

زمانی- مکانی بارش این پهنه از کشور یکنواخت و همگون نیست. همچنین فقدان مشاهدات اقلیمی کافی چه در مکان (ایستگاه‌ها) و چه در زمان (مشاهدات گم‌شده، کوتاه بودن دوره‌ی آماری، ناهمگونی مشاهدات و ...) ارایه واقعیت‌های اقلیمی را با دشواری توأم ساخته است (عساکره و رزمی، ۱۳۹۰: ۱۳۸). نتایج بررسی‌ها نشانگر کاهش بارش در محدوده مورد مطالعه می باشد (دومین گزارش ملی تغییر آب و هوا). این میزان کاهش در شمال غرب براساس سومین گزارش ملی تغییر آب و هوا حدود ۱۰ درصد خواهد بود.

اهمیت تمرکز بارش پژوهشگران را علاقمند به مطالعه در این زمینه کرده است. برخی از مطالعات توسط Mayer و همکاران (۲۰۱۷) در اسپانیا، Zubieta و همکاران (۲۰۱۶) در پرو، Benhamrouche و همکاران (۲۰۱۵) در الجزایر، Vyshkvarkova و Voskresenskaya (۲۰۱۴) در اوکراین، Caloiero (۲۰۱۴) در زلاندنو، Sarricolea و Martín-Vide (۲۰۱۴) در شیلی، Syed Jamaludin و Jemain (۲۰۱۲) در مالزی، Cortesi و همکاران (۲۰۱۲) در اروپا، Li و همکاران (۲۰۱۱) در چین انجام شده و در ایران نیز Alijani و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی شدت و تمرکز بارش پرداختند. در این مطالعه نیز سعی شد تمرکز بارش در شمال غرب ایران محاسبه و تحلیل شود.

### مواد و روش‌ها

به منظور محاسبه شاخص تمرکز بارش در محدوده شمال غرب ایران داده‌های روزانه بارش ۲۳ ایستگاه هواشناسی طی دوره آماری ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۵ از سازمان هواشناسی اخذ گردید. شایان ذکر است که داده‌های بارش ایستگاه‌ها در طول دوره‌های مختلف یکسان نبوده است، به طوری که بیش‌ترین دوره‌ی آماری به ایستگاه تبریز (۱۹۵۱ تا ۲۰۱۵) و کمترین دوره آن به ایستگاه سرعین (۲۰۰۳ تا ۲۰۱۵) اختصاص دارد. همگن بودن داده‌ها با استفاده از آزمون ران تست مورد بررسی قرار گرفت و از همگن بودن داده‌ها در طول دوره آماری اطمینان حاصل شد. جدول شماره ۱ مشخصات ایستگاه‌ها و طول دوره آماری را نشان می‌دهد.

دول ۱: موقعیت جغرافیایی، میانگین بارش روزانه (P) و ضریب تغییرات (CV) برای ۲۳ ایستگاه هواشناسی در شمال غرب ایران (۱۹۵۱ تا ۲۰۱۵)

ایستگاه	عرض (°N)	طول (°E)	ارتفاع (m)	دوره آماری	P (mm)	CV (%)
اردبیل	38° 15'	48° 17'	1332	1977-2015	2.84	161.85
ارومیه	37° 40'	45° 3'	1328.0	1961-2015	3.74	165.67
اهر	38° 26'	47° 4'	1390.5	1986-2015	2.65	160
بناب	37° 20'	46° 4'	1290.0	2000-2015	3.35	163.27
پارس آباد	39° 39'	47° 55'	31.9	1984-2015	3.50	160.30
پیرانشهر	36° 40'	45° 8'	1455	1986-2015	7.60	139.47
تبریز	38° 5'	46° 17'	1361.0	1951-2015	2.74	162.04
تکاب	36° 24'	47° 6'	1817.2	1986-2015	3.45	159.91
جلفا	38° 45'	45° 40'	736.2	1986-2015	2.47	157.06
خلخال	37° 38'	48° 31'	1796	1987-2015	3.72	140.76
خوی	38° 33'	44° 58'	1103	1960-2015	2.95	162.36
زنجان	36° 41'	48° 29'	1663	1961-2015	3.75	132.72
سراب	37° 56'	47° 32'	1682.0	1986-2015	2.38	158.43
سرعین	38° 09'	48° 05'	3165.8	2003-2015	3	160.58
سقز	36° 15'	46° 16'	1522.8	1961-2015	6.01	131.77
سهند	37° 56'	46° 7'	1641	1985-2015	2.23	171.35
کلبر	38° 52'	47° 1'	1180	2000-2015	3.59	155.44
ماکو	39° 20'	44° 26'	1411.3	1985-2015	2.5	164.30
مراغه	37° 24'	46° 16'	1477.7	1984-2015	3.68	148.19
مرند	38° 28'	45° 46'	1550	2000-2015	3.52	168.30
مشکین شهر	38° 23'	47° 40'	1568.5	1995-2015	4.01	141.61
مهاباد	36° 45'	45° 4'	1351.8	1985-2015	5.06	141.26
میانه	37° 27'	47° 42'	1110	1987-2015	3.41	148.66

روش بکار برده شده در پژوهش حاضر بر مبنای منحنی لورنس است، از مقایسه منحنی مذکور با خط مستقیم، توزیع یکنواخت که نشانگر میزان تمرکز فراوانی‌ها در یک گروه خاص است، به دست می‌آید و از آن تحت عنوان شاخص تمرکز نیز یاد می‌شود. محاسبه شاخص تمرکز اعدادی بین ۰ تا ۱ را به دست می‌دهد که رقم شاخص ۱ تمرکز مطلق فراوانی‌ها را در یک گروه و شاخص نزدیک به صفر توزیع فراوانی‌ها را در یک گروه ویژه مشابه با توزیع فراوانی‌ها برای کل گروه‌ها را نشان می‌دهد (جباری، ۱۳۹۲: ۵۷). براین اساس شاخصی برای محاسبه تمرکز بارش پیشنهاد شده است. شاخص مذکور CI نامیده می‌شود که علاوه بر محاسبه میزان تمرکز بارش، برآوردی از درجه بارش‌های مهاجم و

بشدت طوفانی را نشان می‌دهد (ساری کولا و مارتین وید<sup>۱</sup>، ۲۰۱۴: ۵۴) و بر اساس روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$Y = aXebX \quad (۱)$$

ثابت  $b$  و در رابطه (۱) با روش کوچک‌ترین مربعات به دست می‌آید، مانند رابطه ۲ و ۳:

$$\ln a = \frac{\sum x_1^2 \sum \ln Y_1 + \sum x_1 \sum x_1 \ln x_1 - \sum x_1^2 \sum \ln x_1 - \sum x_1 \sum x_1 \ln Y_1}{N \sum x_1^2 - N (\sum x_1)^2} \quad (۲)$$

$$b = \frac{N \sum x_1 \ln Y_1 + \sum x_1 \sum \ln x_1 - N \sum x_1 \ln x_1 - \sum x_1 \sum \ln Y_1}{N \sum x_1^2 - (\sum x_1)^2} \quad (۳)$$

مقدار  $N$  تعداد دسته‌ها می‌باشد. با تعیین دو مقدار ثابت، محاسبه مساحت بین خط توزیع برابر و مقادیر مشاهده شده برای هر ایستگاه، بیش‌ترین و کمترین تمرکز بارش روزانه مشخص می‌شود. به این منظور محاسبه انتگرال معین منحنی نمایی ۰ تا ۱۰۰ بین سطح و هر منحنی ضروری است، محور افقی و عرض ۱۰۰ با رابطه زیر (۴) محاسبه می‌شود:

$$S = \left[ \frac{a}{b} e^{bx} \left( x - \frac{1}{b} \right) \right]_0^{100} \quad (۴)$$

جهت تعیین مساحت بین هر منحنی مقدار ۵۰۰۰ از عدد به دست آمده از فرمول کم می‌شود. خط توزیع برابر و عرض ۱۰۰ ( $S'$ ) نامیده می‌شود.

$$S' = 5000 - S \quad (۵)$$

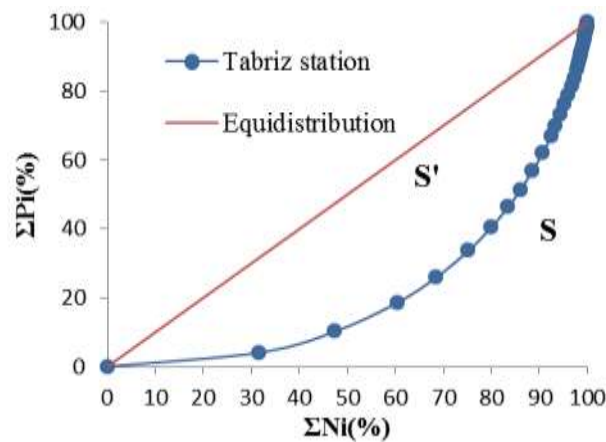
بنابراین شاخص تمرکز بارش (CI) از رابطه زیر (۶) محاسبه می‌شود (مایر سوتارز و مارزول جان<sup>۲</sup>، ۲۰۱۴: ۴۶۵)

$$CI = \frac{S'}{5000} \quad (۶)$$

<sup>۱</sup> Sarricolea & Martín-Vide

<sup>۲</sup> Mayer Suarez & Marzol Jaen

مقادیر عددی حاصل از رابطه (۶) نشان دهنده‌ی میزان تمرکز بارش در هر ایستگاه است، به این ترتیب که CI با ارزش بالا به مفهوم تمرکز بیش‌تر بارش در تعداد روزهای اندکی از سال بوده و برعکس مقادیر با ارزش پایین‌تر دلالت بر توزیع بارش در منطقه را دارد. قبل از محاسبه CI نیاز هست که برخی عملیات آماری و ریاضی بر داده‌ها اعمال شود. به این منظور ایستگاه تبریز (۲۰۱۵-۱۹۵۱) به عنوان نمونه موردی در جدول ۲، که در آن طبقه‌بندی داده‌ها، محاسبه فراوانی و ... این ایستگاه را نشان می‌دهد، آورده شده است. در نهایت شاخص تمرکز بارش این ایستگاه به مقدار (CI = ۰/۵۹) محاسبه شد. مقدار عددی این شاخص جهت تحلیل ناهنجاری توزیع بارش نسبت به توزیع برابر مورد استفاده قرار می‌گیرد. می‌توان جهت مشاهده بصری این ناهنجاری، آن را بصورت نمودار نیز رسم کرد که در این صورت محور افقی نمودار به فراوانی نسبی تجمعی ( $\sum Ni (\%) = X$ ) و محور عمودی متناظر به درصد تجمعی بارش ( $\sum Pi (\%) = Y$ ) اختصاص می‌یابد. شکل ۱ این نمودار را برای ایستگاه تبریز نشان می‌دهد.



شکل ۱- منحنی تمرکز برای ایستگاه تبریز (۱۹۵۱ تا ۲۰۱۵)

جدول ۲: توزیع فراوانی در دسته‌های با فاصله ۱ میلی‌متر، فراوانی نسبی تجمعی (X) و درصد مجموع بارش متناظر (Y) برای ایستگاه تبریز در دوره آماری ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۵

Classes	Midpoint	Ni	$\Sigma Ni$	Pi	$\Sigma pi$	$\Sigma Ni(\%)=X$	$\Sigma Pi(\%)=Y$	$x_1^2$	$\ln Y_1$	$\ln X_1$	$X_1 \ln x_1$	$X_1 \ln y_1$
0.1-0.9	0.5	1615	1615	807.5	807.5	31.66667	4.090679	1002.78	1.4087	3.4553	109.4	44.61
1 - 1.9	1.5	805	2420	1207.5	2015	47.45098	10.2077	2251.6	2.3231	3.8597	183.1	110.2
2 - 2.9	2.5	660	3080	1650	3665	60.39216	18.56636	3647.21	2.9214	4.1009	247.7	176.4
3 - 3.9	3.5	415	3495	1452.5	5117.5	68.52941	25.92452	4696.28	3.2552	4.2273	289.7	223.1
4 - 4.9	4.5	345	3840	1552.5	6670	75.29412	33.78926	5669.2	3.5201	4.3214	325.4	265
5 - 5.9	5.5	234	4074	1287	7957	79.88235	40.30902	6381.19	3.6966	4.3806	349.9	295.3
6 - 6.9	6.5	186	4260	1209	9166	83.52941	46.43364	6977.16	3.838	4.4252	369.6	320.6
7 - 7.9	7.5	130	4390	975	10141	86.07843	51.37285	7409.5	3.9391	4.4553	383.5	339.1
8 - 8.9	8.5	123	4513	1045.5	11186.5	88.4902	56.6692	7830.51	4.0372	4.4829	396.7	357.3
9 - 9.9	9.5	109	4622	1035.5	12222	90.62745	61.91489	8213.33	4.1258	4.5068	408.4	373.9
10 - 10.9	10.5	92	4714	966	13188	92.43137	66.80851	8543.56	4.2018	4.5265	418.4	388.4
11 - 11.9	11.5	52	4766	598	13786	93.45098	69.83789	8733.09	4.2462	4.5374	424	396.8
12 - 12.9	12.5	52	4818	650	14436	94.47059	73.1307	8924.69	4.2922	4.5483	429.7	405.5
13 - 13.9	13.5	43	4861	580.5	15016.5	95.31373	76.07143	9084.71	4.3317	4.5572	434.4	412.9
14 - 14.9	14.5	37	4898	536.5	15553	96.03922	78.78926	9223.53	4.3668	4.5648	438.4	419.4
15 - 15.9	15.5	34	4932	527	16080	96.70588	81.45897	9352.03	4.4001	4.5717	442.1	425.5
16 - 16.9	16.5	28	4960	462	16542	97.2549	83.79939	9458.52	4.4284	4.5773	445.2	430.7
17 - 17.9	17.5	27	4987	472.5	17014.5	97.78431	86.19301	9561.77	4.4566	4.5828	448.1	435.8
18 - 18.9	18.5	16	5003	296	17310.5	98.09804	87.6925	9623.23	4.4738	4.586	449.9	438.9
19 - 19.9	19.5	16	5019	312	17622.5	98.41176	89.27305	9684.88	4.4917	4.5892	451.6	442
20 - 20.9	20.5	10	5029	205	17827.5	98.60784	90.31155	9723.51	4.5033	4.5912	452.7	444.1
21 - 21.9	21.5	7	5036	150.5	17978	98.7451	91.07396	9750.59	4.5117	4.5925	453.5	445.5
22 - 22.9	22.5	11	5047	247.5	18225.5	98.96078	92.32776	9793.24	4.5253	4.5947	454.7	447.8
23 - 23.9	23.5	12	5059	282	18507.5	99.19608	93.75633	9839.86	4.5407	4.5971	456	450.4
24 - 24.9	24.5	13	5072	318.5	18826	99.45098	95.36981	9890.5	4.5578	4.5997	457.4	453.3
25 - 25.9	25.5	3	5075	76.5	18902.5	99.5098	95.75735	9902.2	4.5618	4.6003	457.8	453.9
26 - 26.9	26.5	3	5078	79.5	18982	99.56863	96.16008	9913.91	4.566	4.6008	458.1	454.6
27 - 27.9	27.5	6	5084	165	19147	99.68627	96.99595	9937.35	4.5747	4.602	458.8	456
28 - 28.9	28.5	3	5087	85.5	19232.5	99.7451	97.42908	9949.08	4.5791	4.6026	459.1	456.7
29 - 29.9	29.5	2	5089	59	19291.5	99.78431	97.72796	9956.91	4.5822	4.603	459.3	457.2
30 - 30.9	30.5	3	5092	91.5	19383	99.84314	98.19149	9968.65	4.5869	4.6036	459.6	458
31 - 31.9	31.5	1	5093	31.5	19414.5	99.86275	98.35106	9972.57	4.5885	4.6038	459.7	458.2
32 - 32.9	32.5	2	5095	65	19479.5	99.90196	98.68034	9980.4	4.5919	4.6042	460	458.7
34 - 34.9	34.5	1	5096	34.5	19514	99.92157	98.85512	9984.32	4.5937	4.6044	460.1	459
46 - 46.9	46.5	1	5097	46.5	19560.5	99.94118	99.09068	9988.24	4.596	4.6046	460.2	459.3
53 - 53.9	53.5	1	5098	53.5	19614	99.96078	99.3617	9992.16	4.5988	4.6048	460.3	459.7
62 - 62.9	62.5	1	5099	62.5	19676.5	99.98039	99.67832	9996.08	4.6019	4.605	460.4	460.1
63 - 63.9	63.5	1	5100	63.5	19740	100	100	10000	4.6052	4.6052	460.5	460.5
<b>SUM</b>		<b>5100</b>		<b>19740</b>		<b>3464.569</b>	<b>2881.451</b>	<b>324808</b>	<b>159.02</b>	<b>170.68</b>	<b>15693</b>	<b>14895</b>

### بحث و نتایج

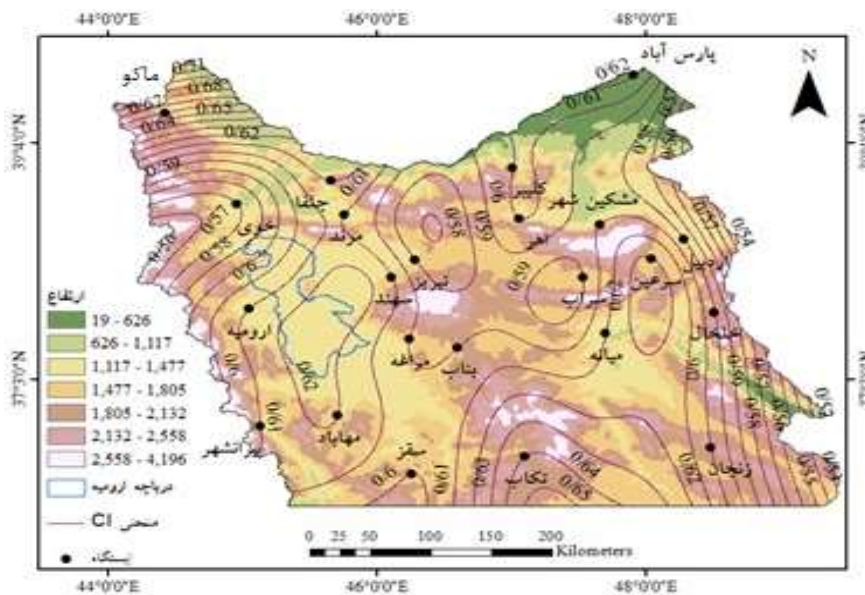
شاخص تمرکز محاسبه شده برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۳ و شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور مشاهده می‌شود دامنه مقادیر بدست آمده بین ۰/۵۷ تا ۰/۶۷ می‌باشد. بیش‌ترین CI (۰/۶۷) متعلق به ایستگاه ماکو و کمترین CI (۰/۵۷) متعلق به ایستگاه خوی می‌باشد.

جدول ۳: مقادیر ثابت a و b منحنی‌های نمایی به‌دست آمده در فرمول (۱)، شاخص تمرکز (CI) و درصد بارش ایجاد شده به‌وسیله ۱۰، ۲۵ و ۹۰ درصد بارانی‌ترین روزها برای ۲۳ ایستگاه در دوره آماری ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۵

ایستگاه	a	b	CI	10%	25%	90%
اردبیل	0.041	0.031	0.598	49.5	69	99
ارومیه	0.037	0.032	0.61	49	70	99
اهر	0.043	0.030	0.614	48.5	69	97.5
یناب	0.037	0.032	0.601	49	70.5	99.5
پارس آباد	0.033	0.033	0.622	51	71.5	98
پیرانشهر	0.036	0.032	0.613	49	69	98.5
تبریز	0.049	0.029	0.59	46.5	67	98
تکاب	0.034	0.032	0.64	51	70.5	99
جلفا	0.039	0.031	0.622	51	70	99
خلخال	0.041	0.031	0.596	48.5	68	99.6
خوی	0.047	0.030	0.578	47	68	98.5
زنجان	0.049	0.029	0.60	47	67.5	98.7
سراب	0.045	0.030	0.59	48.5	68.5	98.5
سرعین	0.038	0.031	0.629	50	70	98.6
سقز	0.048	0.029	0.60	46	67	98.5
سهند	0.043	0.030	0.616	49	68.5	98.3
کلبر	0.047	0.029	0.618	45.5	67	98.5
ماکو	0.041	0.031	0.673	49.5	69	98.7
مراغه	0.040	0.031	0.60	48.5	68.5	98
مرند	0.126	0.018	0.618	49.5	69.5	98.5
مشکین شهر	0.044	0.030	0.605	48	68.5	99
مهاباد	0.038	0.031	0.627	49	69	99
میانه	0.043	0.030	0.615	48	68.4	98.7

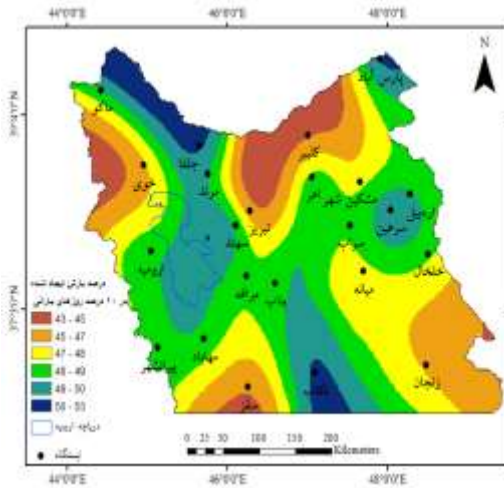


بعد از محاسبه شاخص تمرکز ایستگاه‌ها، با توجه به اینکه نتایج به صورت داده‌های نقطه‌ای می‌باشد که برای هر ایستگاه به دست آمده‌اند و نیاز هست به کل سطح منطقه تعمیم داده شود، نتایج حاصل جهت انجام درونیابی در محدوده مورد مطالعه به محیط نرم افزار ArcGIS فراخوانی شد، بکارگیری روش درونیابی در پهنه‌بندی عناصر اقلیمی بویژه بارش بسیار مورد توجه بوده است و در مطالعات بسیاری جهت تعمیم اطلاعات نقاط معلوم به نقاط مجهول استفاده می‌شود، مانند مطالعاتی که توسط تیموری و بذرافشان (۱۳۹۶)، نظری‌پور (۱۳۹۳) و متکان و همکاران (۱۳۸۶) انجام شده است. در این مطالعه نیز شکل ۲ نقشه DEM و منحنی‌های CI منطقه، شکل ۳ خروجی حاصل از درونیابی شاخص تمرکز بارش و اشکال ۴، ۵ و ۶ به ترتیب درصد بارش باریده در ۱۰، ۲۵ و ۹۰ درصد بارانی‌ترین روزها در شمال غرب ایران را نشان می‌دهند.

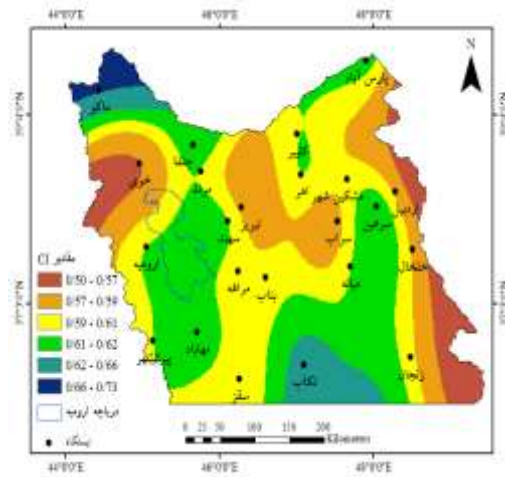


شکل ۲- نقشه DEM و منحنی‌های CI محدوده

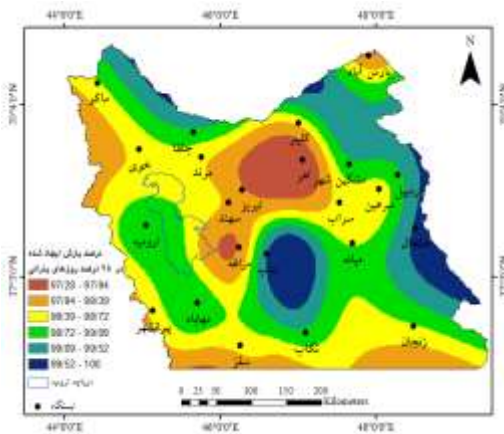
شکل ۲ نقشه ارتفاع رقومی (DEM) محدوده و منحنی‌های هم ارزش CI را نشان می‌دهد، تنوع و تراکم منحنی‌ها در قسمت شمال غرب، شرق و جنوب شرق بیش تر است.



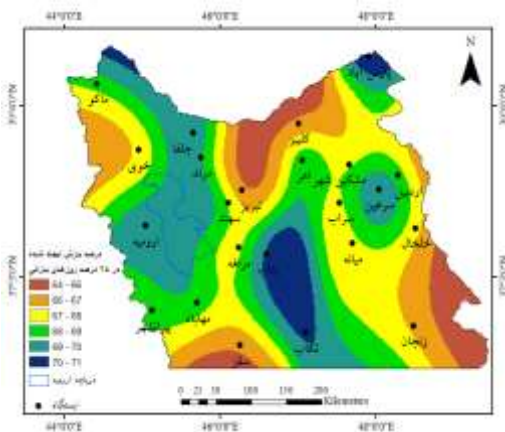
شکل ۴



شکل ۳



شکل ۶



شکل ۵

شکل (۳) نقشه CI محدوده شکل (۴) نقشه درصد بارش ایجاد شده در ۱۰ درصد روزهای بارانی  
 شکل (۵) نقشه درصد بارش ایجاد شده در ۲۵ درصد روزهای بارانی  
 شکل (۶) نقشه درصد بارش ایجاد شده در ۹۰ درصد روزهای بارانی

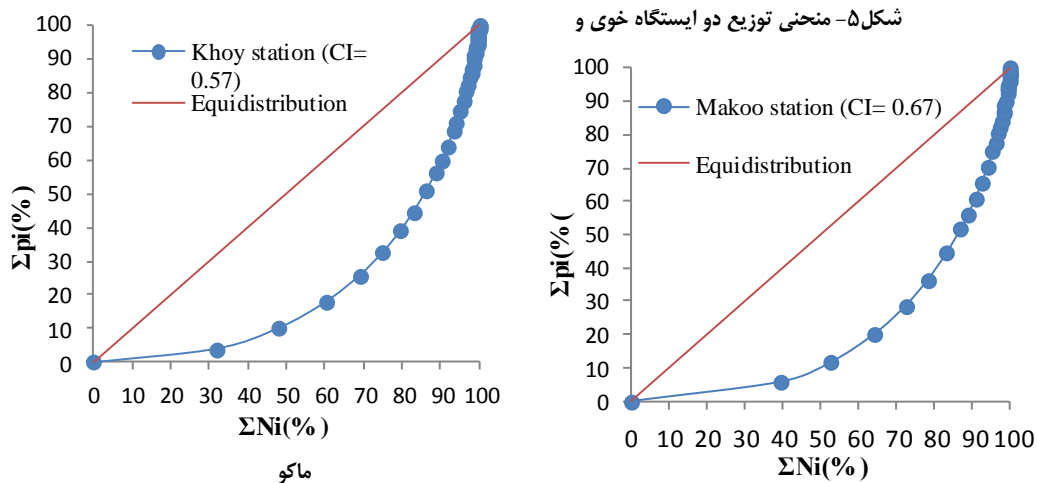
نقشه CI (شکل ۳) در شش کلاس طبقه بندی شد که در گروه اول CI بین ۰/۵۰ تا ۰/۵۷ است و ایستگاه‌های تبریز، خوی، اردبیل، سراب و خلخال را شامل می‌شود. از نظر موقعیت به جز ایستگاه خوی که در شمال غرب دریاچه ارومیه واقع شده، سایر ایستگاه‌های این طبقه در راستای غربی - شرقی بین دریاچه ارومیه در غرب و دریای خزر در شرق با دامنه ارتفاعی بین ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر قرار دارند. این گروه بیش‌ترین میزان توزیع بارش روزانه را نسبت به سایر گروه‌ها دارد، به طوری‌که بارش در تعداد زیادی از روزها پراکنده شده و تمرکز بارش کمتر اتفاق افتاده. شاخص CI حد فاصل بین ۰/۵۹ تا ۰/۶۱ بیش‌ترین وسعت محدوده را دربر گرفته است و در نهایت بالاترین مقدار CI در آخرین دسته قرار گرفته و ایستگاه ماکو را شامل می‌شود. این ایستگاه شمال‌غربی‌ترین نقطه محدوده است و با مقدار شاخص تمرکز ۰/۶۷ بیش‌ترین ناهنجاری در توزیع بارش روزانه را در شمال غرب ایران دارد.

شکل ۴ درصد بارش ایجاد شده در ۱۰ درصد روزهای بارانی را در شش کلاس نشان می‌دهد که ایستگاه‌های پارس‌آباد، تکاب و جلفا بالاترین مقدار (۵۱) را در آن شامل می‌شوند. مقایسه شکل ۴ با نقشه CI نشان می‌دهد که شباهت محسوسی بین دو نقشه وجود دارد. بطوریکه مقادیر بالاتر در هر دو نقشه به بخش‌های تقریباً مشترکی از منطقه اختصاص می‌یابد.

همچنین شکل ۵ در شش کلاس درصد بارش ایجاد شده در ۲۵ درصد بارانی‌ترین روزها را نشان می‌دهد. ایستگاه‌های پارس‌آباد، تکاب، جلفا، ارومیه و سرعین، بالاترین مقدار بارش ایجاد شده در ۲۵ درصد بارانی‌ترین روزها را دارند. بین دو نقشه ۱۰ و ۲۵ درصد بارش بارزترین شباهت‌ها به چشم می‌خورد.

آخرین خروجی درونیابی شده (شکل ۶) مربوط به نقشه بارش باریده در ۹۰ درصد روزهای بارانی است که همانند نقشه‌های قبلی در شش کلاس طبقه‌بندی شده و در آن بالاترین مقادیر در ایستگاه‌های بناب و خلخال مشاهده می‌شود. با فرض توزیع مساوی بارش در تمام روزهای سال، مقدار شاخص تمرکز برابر صفر خواهد بود که در این صورت منحنی CI بصورت خط صاف مستقیمی منطبق بر خط توزیع برابر می‌باشد. با وقوع هرگونه

ناهنجاری در توزیع، این منحنی از خط توزیع برابر فاصله می‌گیرد. نمودارهای زیر میزان اختلاف از توزیع برابر دو ایستگاه منتخب شمال غرب را نشان می‌دهند.



در آخرین گام میزان ارتباط برخی پارامترهای مورد مطالعه ۲۳ ایستگاه شمال غرب در نرم‌افزار SPSS محاسبه شد. جدول ۴ خروجی حاصل از این محاسبه می‌باشد که در آن CI بیش‌ترین همبستگی را با درصد بارش ایجاد شده در ۱۰ درصد روزهای بارانی (در سطح ۰/۰۱ معناداری) و کمترین همبستگی را با میانگین بارش دارد. همانطور که در این جدول نیز مشاهده می‌شود بارش ایجاد شده در ۱۰ و ۲۵ درصد روزهای بارانی بالاترین همبستگی را در بین تمام پارامترهای مورد مطالعه دارد.

جدول ۴: جدول همبستگی برخی پارامترهای آماری در این مطالعه، CI (شاخص تمرکز)، P (میانگین بارش)، CV (ضریب تغییرات)، 10% (درصد بارش ایجاد شده در ۱۰ درصد روزهای بارانی) و 25% (درصد بارش ایجاد شده در ۲۵ درصد روزهای بارانی)

		CI	P	CV	10%	25%
CI	Pearson Correlation	1	-.012	.016	.534**	.406
	Sig. (2-tailed)		.955	.943	.009	.055
	N	23	23	23	23	23
P	Pearson Correlation	-.012	1	-.690**	-.195	-.130
	Sig. (2-tailed)	.955		.000	.374	.555
	N	23	23	23	23	23
CV	Pearson Correlation	.016	-.690**	1	.390	.439*
	Sig. (2-tailed)	.943	.000		.066	.036
	N	23	23	23	23	23
10%	Pearson Correlation	.534**	-.195	.390	1	.899**
	Sig. (2-tailed)	.009	.374	.066		.000
	N	23	23	23	23	23
25%	Pearson Correlation	.406	-.130	.439*	.899**	1
	Sig. (2-tailed)	.055	.555	.036	.000	
	N	23	23	23	23	23

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### نتیجه گیری

بارش از مهم‌ترین عناصر آب و هواشناسی است که می‌تواند انواع برنامه‌ریزی‌های محیطی، اجتماعی و اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به اهمیت بارش، هر نوع تغییری در شدت، مدت، نوع و مقدار آن می‌تواند قابل توجه باشد. از ویژگی‌های مهم بارش نحوه توزیع و تمرکز بارش است که بر فعالیت‌هایی مانند کشاورزی و بر پدیده‌هایی مثل

سیلاب تأثیرگذار است. از این‌رو محاسبه تمرکز بارش می‌تواند در شناخت ویژگی‌های بارشی مناطق بسیار مهم باشد. در مطالعه حاضر نیز شاخص تمرکز بارش ۲۳ ایستگاه شمال غرب ایران محاسبه شد که در آن مقدار CI از ۰/۵۷ برای ایستگاه خوی تا ۰/۶۷ برای ایستگاه ماکو به دست آمد. ایستگاه ماکو با بیش‌ترین CI در شمال غرب محدوده مورد مطالعه قرار گرفته است. این قسمت همچنین تراکم منحنی‌های هم‌ارزش CI بالاترین تمرکز و فشردگی را دارند و منطبق بر مناطق دارای اختلاف ارتفاع هستند که با نزدیک شدن به بخش‌های مرکزی از مقدار CI و تراکم منحنی‌ها کاسته می‌شود. میانگین CI در شمال غرب ایران طی دوره ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۵ برای ایستگاه‌ها حدود ۰/۶۱ است، این مقدار در مقایسه با میانگین CI کل کشور ایران (۰/۶۴) و همچنین برخی مناطق دنیا مانند الجزایر (۰/۶۳ در دوره ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۸) و چین (۰/۶۳ در دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۸) نشان دهنده توزیع بیشتر بارش در محدوده است، در حالی که نسبت به اسپانیا (۰/۵۹) در دوره ۱۹۵۱ تا ۱۹۹۰ توزیع کمتری دارد. در ادامه درصد بارش ایجاد شده در ۱۰، ۲۵ و ۹۰ درصد روزهای بارش برآورد و نقشه هر کدام از پارامترها به دست آمد، محاسبه میزان همبستگی برخی پارامترها در این مطالعه نشان داد که شاخص تمرکز بارش در منطقه با بارش ایجاد شده در ۱۰ درصد روزهای بارشی بالاترین همبستگی را دارد.

## منابع

- آرامش، محسن؛ خسروی، محمود؛ سلیقه، محمد، ۱۳۹۷، تحلیل تغییرپذیری بارش تابستانه و آشکارسازی ارتباط آن با الگوی دوقطبی اقیانوس هند (IOD) (مطالعه موردی: جنوب شرق ایران)، *نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، شماره ۲۲، صص ۱۸-۱.
- تیموری، فاطمه؛ بذرافشان، ام‌البنین، ۱۳۹۶، تحلیل توزیع زمانی بارش در ایران طی چهار دهه‌ی گذشته، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۴۸، صص ۱۸۸-۱۷۱.
- جباری، ایرج، (۱۳۹۲)، *روش‌های آماری در علوم محیطی و جغرافیایی*، انتشارات دانشگاه رازی، ۲۹۴ ص.
- جوان، خدیجه؛ رسولی، علی‌اکبر؛ عرفانیان، مهدی؛ ساری صراف، بهروز، ۱۳۹۷، ارزیابی تطبیقی روش‌های برآورد مقدار بارندگی در حوضه دریاچه ارومیه، *نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، شماره ۲۲، صص ۱۰۰-۸۳.
- *دومین گزارش ملی تغییر آب و هوا* جهت ارائه به دبیرخانه کنونسیون، گزارش موجودی انتشار گاز گلخانه‌ای، بخش چهارم: ارزیابی آسیب‌پذیری و سازگاری، زیربخش: تغییرپذیری و تغییر اقلیم در ایران (۱۳۹۲).
- سلیقه، محمد؛ ناصرزاده، محمدحسین؛ غفاری، علی، ۱۳۹۷، بررسی بارش‌های همرفتی بهاری شمال غرب ایران با استفاده از شاخص‌های ناپایداری (مطالعه موردی: ایستگاه تبریز)، *نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، شماره ۲۲، صص ۱۴۷-۱۲۹.
- *سومین گزارش ملی تغییر آب و هوا* جهت ارائه به دبیرخانه کنوانسیون، بخش چهارم: ارزیابی آسیب‌پذیری و سازگاری، زیربخش: مدلسازی تغییر اقلیم در ایران، (۱۳۹۳).
- عساکره، حسین؛ رزمی، رباب، (۱۳۹۰)، اقلیم‌شناسی بارش شمال غرب ایران، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۲۵، صص ۱۵۸-۱۳۷.
- متکان، علی‌اکبر؛ شکیبا، علیرضا؛ یزدانی، آزاده، ۱۳۸۶، ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی به منظور تخمین بارندگی روزانه، مطالعه موردی: استان فارس، *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*، شماره ۱۳، صص ۶۸-۵۴.

- محمدی، حسین؛ مقبل، معصومه؛ رنجبر، فیروز، (۱۳۸۸)، مطالعه تغییرات بارش و دمای ایران با استفاده از مدل MAGICC SCENGEN، *جغرافیا (فصلنامه علمی - پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)*، سال هشتم، شماره ۲۵، صص ۱۴۲-۱۲۵.
- مسعودیان، سیدابوالفضل، (۱۳۸۸)، نواحی بارشی ایران، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۳، صص ۹۱-۷۹.
- نظری‌پور، حمید، ۱۳۹۳، نواحی تداوم بارش ایران، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۳۶، صص ۲۰۸-۱۹۵.
- Alijani, B, Brien, J. O, Yarnal, B., (2008), Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran, **Theoretical and Applied Climatology**, Volume 94, Issue 1, pp 107-124.
- Asadieh, N. Y. Krakauer, (2015), Global trends in extreme precipitation: climate models versus observations, **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, 19, 877-891.
- Benhamrouche, D. Boucherf, R. Hamadache, L. Bendahmane, J. Martin-Vide, and J. Teixeira Nery, (2015), Spatial distribution of the daily precipitation concentration index in Algeria, **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, 15, 617-625, 2015.
- Caloiero, T., (2014), Analysis of daily rainfall concentration in New Zealand, **Natural Hazards**, Volume 72, Issue 2, pp 389-404.
- Cortesi, N. Gonzalez-Hidalgo, J. C., Brunetti, M., Martin-Vide, J. (2012), Daily precipitation concentration across Europe 1971-2010, **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, 12, 2799-2810, doi:10.5194/nhess-12-2799-2012.
- Li, X., Jiang, F., Lia, L., Wang, G, (2011), Spatial and temporal variability of precipitation concentration index, concentration degree and concentration period in Xinjiang, China, **International Journal of Climatology**. 31: 1679-1693.
- Máyer Suárez, P., Marzol Jaén, M. V, (2014), Daily Precipitation Concentration and the Rainy Spells in the Canary: Two Risk Factors,



- Boletín de la Asociación de Geografos Espanoles** N.º65- 2014, pags. 463-468.
- Mayer, P., Marzol, M. V., Parreno, J.m (2017), Precipitation trends and daily precipitation concentration index for the Mid-Eastern Atlantic (Canary Islands, Spain), **Geographical Research Letters**, N 43(1), pp. 255- 268.
  - Patel, N.R., Shete, D.T. (2015), Analyzing Precipitation Using Concentration Indices for North Gujarat Agro Climatic Zone, India, **International Conference on Water Resources, Coastal and Ocean Engineering (ICWRCOE 2015)**, **Aquatic Procedia** 4:917 – 924.
  - Qu, Bo., Aifeng, Lv., Shaofeng, J ., Wenbin, Z, (2016), Daily Precipitation Changes over Large River Basins in China, 1960–2013, **Water** 2016, 8, 185; doi:10.3390/w8050185.
  - Syed Jamaludin, S.S., Jemain, A.A., (2012), Spatial analysis of daily rainfall intensity and concentration index in Peninsular Malaysia, **Theoretical and Applied Climatology**, Volume 108, Issue 1, pp 235-245.
  - Vyshkvarkova, E., Voskresenskaya, E, (2014), Precipitation Inequality over Ukraine, **Journal of Scientific Research & Reports** 3(2): 384-396.
  - Zubieta, R., Saavedra, M., Silva, Y. Giraldez, L., (2016), Spatial analysis and temporal trends of daily precipitation concentration in the Mantaro River basin: central Andes of Peru, **Stoch Environ Res Risk Assess**, DOI 10.1007/s00477-016-1235-5.
  - Sarricolea, P., Martín-Vide, J., (2014), Spatial analysis of rainfall daily trends and concentration in Chile, **Investig. -Geogr. Chile**, 47: 53-66.