تحلیل ناهنجاری‌های بارش شمال غرب ایران طی دهه‌های اخیر

حسین عساکره[1]، رباب رزمی[2]

1- دانشیار اقلیم شناسی دانشگاه زنجان

2- کارشناس ارشد اقلیم شناسی دانشگاه زنجان

چکیده

به دنبال پدیده گرم شدن جو زمین و وقوع نوسانات و تغییرات در عناصر اقلیمی، تغییرپذیری بارش نیز در ابعاد متنوع زمانی- مکانی رخ داده است. نوسانات بارش به عنوان یکی از نتایج احتمالی تغییرات درون دهه‌ای اقلیم می‌تواند تاثیرات ژرف و شگرفی بر عرصه‌های محیطی و انسانی داشته باشد. در تحقیق حاضر، گونه‌ای از نوسانات بارش در پهنهٔ شمال غرب ایران مورد توجه قرار گرفت. در این راستا با استفاده از داده‌های بارش روزانه 260 ایستگاه طی دوره 40 (2005-1966) ساله، واقع در شمال غرب ایران و با بهره گیری از فن میان یابی کریجینگ، به عنوان فن بهینه میان یابی، در ابتدا داده‌های نقطه‌ای به داده‌های پهنه‌ای تبدیل شد. سپس ضمن ارائه تصویری روشن و حتی الامکان دقیق از وضعیت عمومی بارش، با استفاده از تکنیک جبر نقشه، نقشه‌های انحراف بارش از حالت بهنجار اقلیمی استخراج گردید. نتایج نشان داد که از نخستین دهه تا دهه چهارم، سیر ناهنجاری منفی طی تمامی ماه‌های سال و در نتیجه در متوسط بارش سالانه رو به فزونی نهاده و بارش در گسترهٔ وسیعی از پهنه‌ی مورد بررسی نسبت به کل دوره، روندی کاهشی داشته است. با این حال، دهه سوم (1995-1986) یک فاز بارشی فصلی بوده و دهه چهارم (2005-1996) فاز خشکی محسوب می‌شود.

واژگان کلیدی: شمال غرب ایران، کریجینگ، ناهنجاری بارش، نوسانات درون دهه‌ای، بارش سالانه.

مقدمه

ناهنجاری به شرایط غیرمعمول گفته می شود. از این رو برای شرایط اقلیمی- بارشی، ناهنجاری، وضعیت متفاوت اقلیم بارش نسبت به شرایط معمول است. عموماً میانگین، معیار مناسبی برای ارزیابی ناهنجاری‌ها به شمار می‌رود. ناهنجاری‌های بارش به لحاظ محیطی- انسانی از اهمیت ویژه ای برخوردار می‌باشد. با این وصف عنصر مزبور ناپایسته‌ترین عنصر اقلیمی هم در مقیاس مکانی و هم در مقیاس زمانی است. تغییرات مکانی بارش موجب تنوع مکان‌ها به لحاظ میزان بارش دریافتی می‌شود. تغییرات در الگوهای زمانی بارش در تمامی مقیاس‌های روزانه، ماهانه، سالانه و دراز مدت محتمل است. شناسایی تغییرات درون دهه‌ای (دهه به دهه) بارش سالانه می‌تواند منجر به شناسایی الگوی نوسانات اقلیمی در مقیاس‌های مختلف زمانی- مکانی گردیده و در نتیجه نقش مؤثری در برنامه ریزی‌های خرد و کلان داشته باشد. از این رو تغییرپذیری بارش در مقیاس زمان (طولانی مدت و کوتاه مدت)- مکان، جنبه‌ها و زمینه‌های مطالعاتی زیادی را در بر گرفته و به صورت یک عامل تاثیر گذار مورد توجه بسیاری از دانشمندان علوم مختلف واقع شده است. در این بین، اکثر محققین به تغییر پذیری بارش در مقیاس طولانی مدت توجه وافر داشته‌اند که از جمله به برخی موارد مربوط به سال‌های اخیر می‌توان به شرح زیر اشاره نمود.

مینتی و وارگاس[1] (1997) تغییرات طولانی مدت و جهش در سری زمانی بارش سالانه را در آمریکای جنوبی بررسی نموده و نشان دادند که تغییرات بزرگی در بخش شمالی- مرکزی شیلی و منطقه قاره‌ای آرژانتین اتفاق افتاده است (14). پوبلا[2] و همکاران (1998) الگوهای زمانی و مکانی تغییر پذیری بارش سالانه را در شبه جزیره ایبری در طول 47 سال در 51 ایستگاه استخراج کردند (17). لانا و بورگنائو[3] (2000) الگوی ناهنجاری‌های بارش را در شهر بارسلونا استخراج نمودند (11).

1. Minetti and Vargas

2. puebla

3. Lana and. BurguenÄo

مطالعه نیوو[1] و همکاران در سال 2001 مبنی بر تغییرات بارش جهانی طی قرن بیستم، نشان دهنده افزایش بارش جهانی در حدود 9 میلی متر است. ایشان نشان دادند که بارش جهانی حدود 0/89 میلی متر در هر دهه افزایش داشته است. ماسمن[2] و همکاران (2004) روند بارش تابستانه را در اسپانیا مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعهٔ ایشان نشان داد بارش ماه‌های جولای و آگوست افزایش یافته است(15). انکاسویچ[3] و همکاران (2004) با در نظر گرفتن شاخص‌های انحراف معیار[4]، میانگین قدر مطلق انحرافات[5] و میانگین قدر مطلق تغییر پذیری درون سالانه[6]، به عنوان سنجه های مطلق تغییر پذیری، با استفاده از داده های بارش 35 ایستگاه، تغییرپذیری و احتمال آن در بارش سالانه و مقادیر فرین بارش در صربستان و مونتنگرو را بررسی کردند. نتایج مطالعات آن‌ها گویای این امر است که بین میانگین بارش سالانه و شاخص‌های مذکور رابطه‌ی خطی - افزایشی وجود دارد (22). دوفک و آمبریزی[7] (2008)

تغییر پذیری بارش ایستگاه سائوپائولو در برزیل را با روش ناپارامتریک مان کندال، بررسی کردند (8). مک دونالد[8] و همکاران (2008) نیز با بررسی تغییر پذیری زمانی و مکانی بارش و سازوکار مؤثر در تغییر پذیری بارش طی دوره آماری 2005-1861، در ادینبورگ، به وجود ارتباط قوی بین بارش سالانه و تغییرات جوی- اقیانوسی و پارامترهای جغرافیایی پی بردند (13). هایدالگو[9] و همکاران (2009) تغییرات میانگین ماهانه بارش را در حاشیه مدیترانه ای شبه جزیره ایبری طی نیمه دوم قرن بیستم بررسی نمودند. تحلیل ایشان بیان گرِ تغییر پذیری شدید روند بارش ماهانه در منطقه است (9). نیدزویدز[10] و همکاران (2009)، تغییرات طولانی مدت بارش را در ارتباط با الگوهای چرخشی بزرگ مقیاس در شرق اروپای مرکزی بررسی کردند. مطالعات ایشان نشان داد که اروپا در دهه 1980 و نیمه اول دهه 1990 با کاهش بارش مواجه بوده است (16).

از جمله مطالعاتی که تغییرات را در مقیاس کوتاه مدت مورد توجه قرار داده اند، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

راموس[11] (2001) تغییرات درون سالانه بارش را در منطقه آلت پندز[12] (در ناحیه مدیترانه) بررسی کرد و نشان داد که طی دهه اخیر فصول بهارهٔ خشک و فصول پاییزهٔ مرطوب فزونی یافته‌اند (20). کریپر و گارسیا[13] (2004)، تغییرپذیری بارش ماهانه را در حوزه آبریز لاپلانی بررسی کردند. نتایج مطالعات ایشان نشان داد که بعد از دهه 1960-1951 تغییرات قابل توجهی در داده‌های بارش ایجاد شده است (10). بودری[14] و همکاران (2005) تغییرات بارش شهر «پراگ» را در مقیاس 10-1 روزه بین سال‌های 2001-1994 بررسی کردند. نتایج مطالعات ایشان

نشان دهنده افزایش در تغییر پذیری بارش می‌باشد. همچنین الگوهای تغییر پذیری، تغییرات شبه فصلی را آشکار ساختند (7). نتایج مطالعات کیان و لین[15] (2005) روی ویژگی‌های شاخص‌های بارش کشور چین، همچون درصدهای بارش و شدت بارش نشان داد که این عناصر دارای تفاوت‌های درون دهه ای هستند (18). ماگت[16] (2006) تغییرات درون دهه ای بارش را طی اواخر قرن بیستم بررسی کرد. مطالعات وی وقوع سال‌های مرطوب در آمریکای شمالی

1. Naveau
2. Mosmann
3. Unkas˘evic
4. standard deviation (SD)
5. absolute mean deviation (AMD)
6. mean absolute interannual variability (MAIV)
7. Dufek. Ambrizzi
8. Macdonald
9. Hidalgo
10. Niedźwiedź
11. Ramos
12. Alt PenedeÁs
13. Krepper and Garcia
14. Bodri
15. Qian and Lin
16. Mauget

طی دوره 1972-1998 و در شمال اروپا طی دوره 1978-1998 را نشان داد (12). کیان و کوین[17] (2008) توأمان تغییرات درون سالانه و روند طولانی مدت بارش را در چین بررسی کردند. یافته‌های ایشان، انتقال درون دهه ای بارش سالانه را از سطح کاهشی به سطح افزایشی در دهه 1980 نشان می‌دهد. همچنین الگوی مکانی ناهنجاری‌های منفی بارش تابستانه و زمستانه بین شمال و جنوب چین حالت عکس دارد (19).

در ایران نیز مطالعات گسترده ای در مقیاس کوتاه مدت و بلندمدت صورت گرفته است که با رعایت اختصار می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

رضیئی و همکاران (1384) تغییرات طولانی مدت بارش سالانه را در بخش‌های مرکزی و شرقی ایران (6)، حجام و همکاران (1387)، تغییرات بارندگی در مقیاس فصلی و سالانه را در مرکز ایران (5)، صبوحی و سلطانی (1387)، تغییرات بارش و سایر عناصر اقلیمی همچون دما، رطوبت نسبی و باد را در مقیاس سالانه (4)، جهانبخش و همکاران (1389) تغییرات میانگین طولانی مدت بارش و دما را در حوزه کرخه (2)، فیضی و همکاران (1389) تغییرات بارش و دما را در سیستان و بلوچستان در مقیاس سالانه، فصلی و ماهانه (1)، خورشید دوست و قویدل (1384) نوسانات بارش بهاره را در استان آذربایجان شرقی مورد ارزیابی قرار دادند (3). نتایج این مطالعات گویای روند کاهشی بارش در مناطق مختلف در مقیاس‌های متفاوت سالانه و فصلی و ماهانه می‌باشد.

در راستای تحقیقات گسترده‌ای که در سرتاسر جهان در زمینه تغییرات عناصر اقلیمی صورت گرفته است، در تحقیق حاضر، ناهنجاری‌های بارش پهنه شمال غرب کشور بر اساس 260 ایستگاه و طی چهار دهه اخیر نشان داده شده است. بدین ترتیب امکان شناسایی الگوی نوسان بارش مهیا خواهد شد و برنامه ریزی‌های مبتنی بر بارش با اتقان بیش تری میسر خواهد بود.

داده‌ها و روش‌ها

در تحقیق حاضر، مجموعاً از داده‌های بارش روزانه 260 ایستگاه (شامل 27 ایستگاه همدید، 6 ایستگاه اقلیم شناسی و 227 ایستگاه باران سنجی) سازمان هواشناسی کشور و وابسته به وزارت نیرو می‌باشند، استفاده گردید. پراکنش مکانی این ایستگاه‌ها در شکل 1 ارائه شده است. ایستگاه‌های مذکور در چهار استان شمال غرب ایران شامل استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل و زنجان پراکنده شده اند. این پهنه با وسعتی برابر 12654/4 کیلومتر مربع، 7/7 درصد از مساحت کشور را در بر داشته و شامل مختصات جغرافیایی زیر می‌باشد.

$N: ۳۵^\circ \ ۳۲' \ ۵۴'' - ۳۹^\circ \ ۴۶' \ ۱۸''$

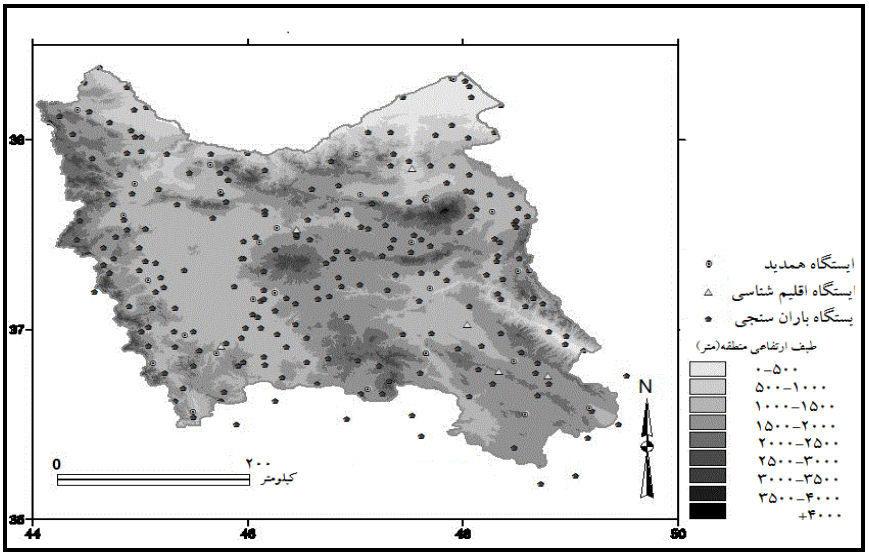
$E: ۴۴^\circ \ ۲' \ ۱۹'' - ۴۹^\circ \ ۱۶' \ ۳۷''$

چنان که در شکل دیده می‌شود، ایستگاه‌های مورد بررسی از توزیع مکانی مناسبی در سرتاسر پهنه برخوردارند. با این وجود بخش‌های مرتفع فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری هستند. به طوری که مرتفع ترین ایستگاه، ایستگاه چهارطاق می‌باشد که در ارتفاع 2325 متری واقع شده است. طیف ارتفاعی پهنه بین صفر تا 4877 متر، نشان دهندهٔ کوهستانی بودن پهنه می باشد. همین عامل باعث شده که عمده پراکنش ایستگاه‌ها در مناطق ارتفاعی متوسط واقع و نواحی پست و خیلی مرتفع دارای تراکم ایستگاهی کم باشند.

به دلیل بازه آماری متفاوت ایستگاه‌ها و به منظور بیشینه استفاده از مشاهدات موجود، داده‌های نقطه ای بر اساس روش زمین آماری کریجینگ به عنوان روش بهینه میان یابی، به داده‌های پهنه ای تبدیل شد. به منظور افزایش دقت میان یابی، 10 ایستگاه موجود در استان‌های مجاور اختیار شد. جهت ردیابی فازهای بارشی دوره 40 ساله (1966-2005) ، بارش پهنه به چهاردوره مستقل ده ساله تقسیم شده است. نقشه‌های بارش سالانه هر دهه به صورت

17. Qian and Qin

مجزا تهیه گردید. بدین منظور ابتدا 220 نقشه ماهانه بارش به ابعاد یاخته‌ای 3 × 3 کیلومتر برای هر دهه تولید شد. پس از حذف یاخته‌های خارج از محدوده، تعداد 1281 یاخته در پهنه باقی ماند. کلیه عملیات محاسباتی بر روی نقشه‌ها صورت پذیرفت. نقشه‌های سالانه نیز بر اساس داده های حاصل از 480 نقشه ماهانه تولید گردید. در ادامه جهت آشکار سازی انحرافات بارش هر چهار دهه از حالت نرمال اقلیمی با استفاده از فن جبر نقشه، میانگین ده ساله برای هر ماه و هر سال از هر دهه نسبت به مقادیر میانگین ماهانه و سالانه کل دوره 40 ساله مقایسه و با تفاضل آن‌ها، ناهنجاری‌های مربوط محاسبه شد.



شکل 1: نقشه توزیع ارتفاعی و پراکنش مکانی ایستگاه‌های مورد بررسی درشمال غرب ایران

نتایج و بحث

ویژگی‌های عمومی بارش سالانه

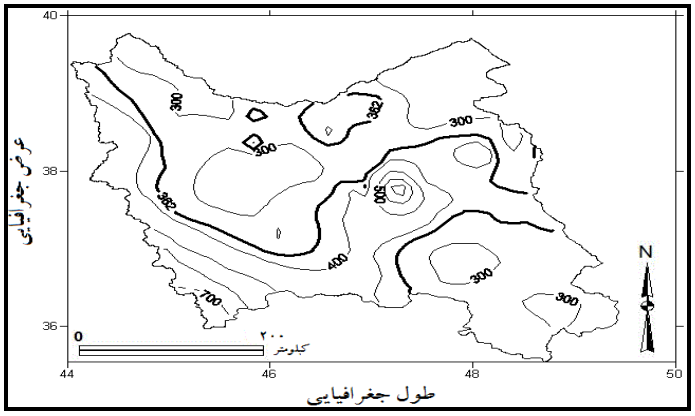
ویژگی‌های عمومی بارش سالانه پهنهٔ مورد مطالعه در جدول 1 و شکل 2 ارائه شده است. دیده می‌شود که بارش دارای توزیع مکانی ناهمگن بوده، بیشینه بارش با بیش از 795 میلی متر در بخش محدودی واقع در گوشه جنوب غربی و کمینه بارش با کم تر از 240 میلی متر، در شمال شرق واقع شده است. به عبارتی محدودهٔ بیشینه بارش چهار برابر محدودهٔ کمینه، بارش دریافت می‌دارد. در کل مجموع بارش سالانه پهنه حدود 362 میلی متر است. براساس جدول 1، فاصله زیاد مد از دو پارامتر مرکزی میانگین و میانه‌ی بارش پهنه، گویای عدم تقارن توزیع فراوانی بارش های فراتر و فروتر از میانگین (توزیع نرمال) می‌باشد. شاخص‌های چولگی و کشیدگی نیز بیان‌گر تمایل بارش پهنه به سمت مقادیر کم‌تر از میانگین بوده و پهنه مقادیر فروتر از میانگین بیش از گسترهٔ بارش‌های فراتر از میانگین است. براساس جدول 1 و شکل 2 بارندگی با دامنه حدود 557/7 میلی متر، هم در زمان و هم در مکان نحوهٔ توزیع نامتقارن بارش را نشان می دهد.

ویژگی‌های عمومی بارش سالانهٔ پهنه طی چهار دهه متوالی

مشخصات مکانی بارش سالانه برای چهار دهه متوالی در جدول 1 ارائه گردیده است. بر اساس این جدول و با توجه به مقادیر میانگین بارش هر چهار دهه، می‌توان گفت که پربارش ترین دهه، دهه دوم (1985-1976) با میانگین حدود 391/2 میلی متر می‌باشد. با توجه به این که میانگین

بارش ابزار اولیه مناسبی برای ردیابی فازهاست، می‌توان گفت دهه دوم یک فاز اوج بارش در این چهار دهه است.

چنان که نقشه‌های ارائه شده در شکل 3 نیز به خوبی نشان می‌دهند، از دهه دوم تا دهه چهارم، میانگین بارش پهنهٔ مورد بررسی سیر نزولی می‌یابد و در دههٔ آخر به کم ترین میزان می‌رسد. کم ترین مقادیر نسبت به میانگین در دهه چهارم به وقوع پیوسته است. در بین دهه‌ها، چهارمین دهه با دامنه 810/5 میلی‌متر متغیرترین دهه از لحاظ توزیع مکانی بارش در پهنه می‌باشد. این موضوع را می‌توان از بیش ترین میزان ضریب کشیدگی مثبت در این دهه دریافت که نشان دهنده افت و خیز شدید بارش و در نتیجه وقوع مقادیر فرین و تصادفی است. در این بین دههٔ نخست با دامنه 406/8 میلی متر دارای کم ترین تغییرات مکانی بارش بوده و در نتیجه همگن ترین دهه از لحاظ توزیع مکانی بارش است.

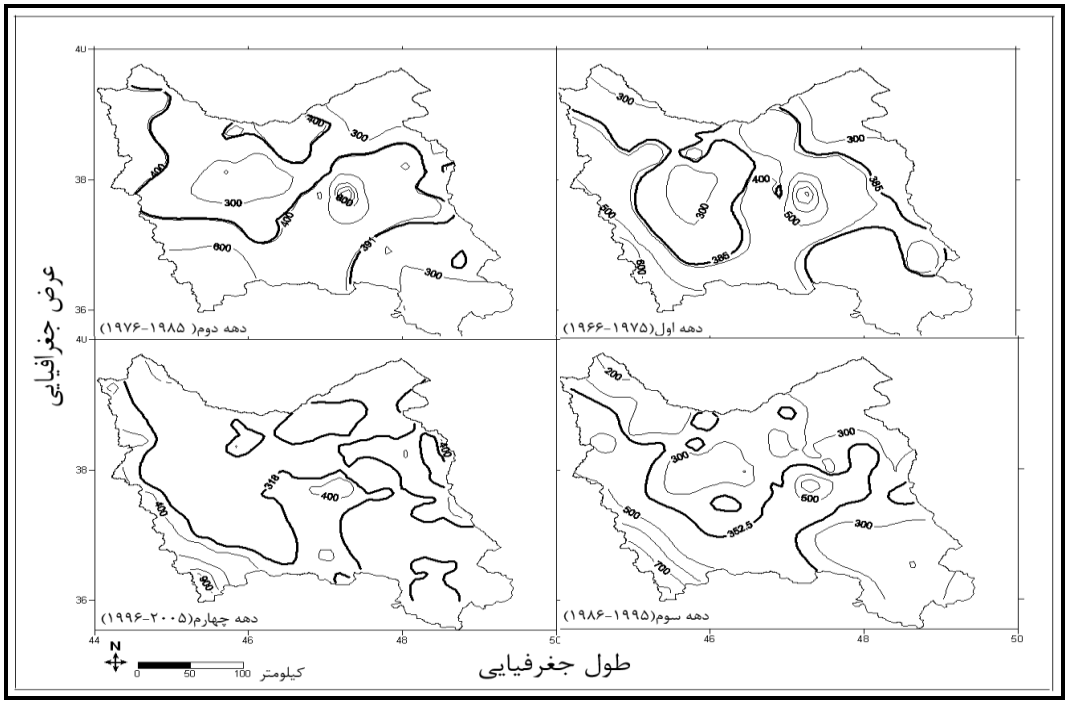


شکل 2: توزیع مکانی بارش سالانه شمال غرب ایران طی دوره 1966-2005.

جدول 1: مشخصات مکانی بارش سالانه طی دوره 40 ساله و چهار دهه متوالی در شمال غرب ایران

فراسنج	ارزش				
	کل دوره (2005-1966)	دهه اول (1975-1966)	دهه دوم (1985-1976)	دهه سوم (1995-1986)	دهه چهارم (2005-1996)
میانگین	361/7	385	391/2	352/5	318
میانه	342/7	378	373/5	335/1	296
مد	236/4	240	222	232/8	181/4
چولگی	1/6	0/6	1/1	1/9	2/4
کشیدگی	4/3	0/5	1/5	6	9/3
دامنه	557/8	406/8	521/4	587	810/5
پراش	6166	3930	6868/8	6364/3	10625
انحراف معیار	78/5	62/7	83	79/7	103
حداقل	236/4	240	222	232/8	181/4
حداکثر	795	646/7	743/4	819/8	992

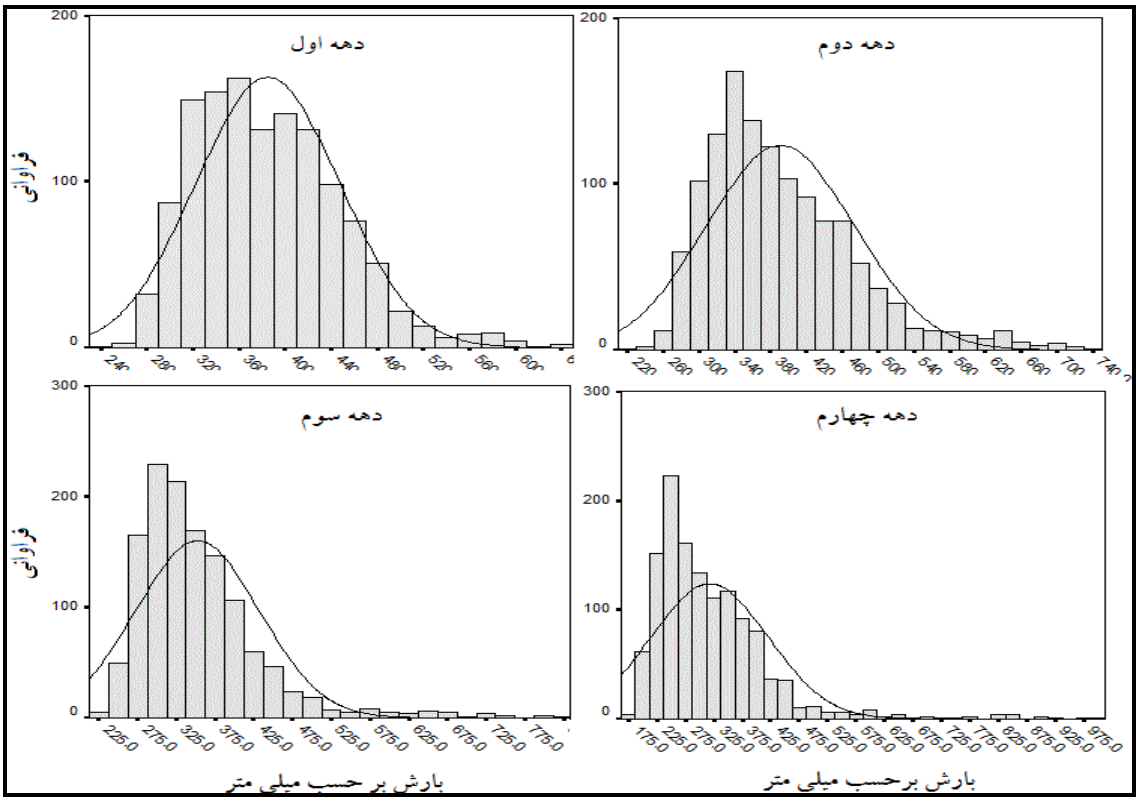
در شکل 4، همگنی بارش دهه اول با مقایسه منحنی نرمال قابل مشاهده است. مقایسه ضریب کشیدگی و نیز انحراف معیار بارش نیز مؤید این امر است که تغییرات مکانی بارش در این دهه کم تر از هر دهه دیگر بوده است. از طرف دیگر، ضریب چولگی مثبت در هر چهار دهه گواهی بر توسعه پهنه‌های کم بارش نسبت به پهنه‌های پربارش می‌باشد. حداکثر چولگی مثبت براساس شکل 3 و جدول 1، در دهه چهارم قابل مشاهده می‌باشد که نشانه‌ای دیگر بر عدم همگنی مکانی بارش در پهنه مورد مطالعه به ویژه طی دهه‌های اخیر است. نقشه‌های بارش سالانه چهار دهه در شکل 4 نشان می‌دهد که دو دهه اول از لحاظ توزیع مکانی دارای بارش همگن بوده و هسته‌های بیشینه بارش تنها در ارتفاعات سبلان تشکیل شده است. این هسته‌ها در مرکز دارای بارش بیش از 800 میلی متر هستند.



شکل 3: نقشه‌های بارش سالانه چهار دهه بر حسب میلی متردر سال (میانگین بارش هر دهه با هم ارزش ضخیم تر ارائه گردیده است).

وجود این هسته‌ها نمایان گر تاثیر افزون ناهمواری ارتفاعات بر بارش دهه‌های مذکور است. با وجود این، تاثیر عوامل بزرگ مقیاس را نیز باید مد نظر قرار داد. زیرا ورود چرخند های بزرگ مقیاس از بخش غربی، خود به عنوان عاملی بارش زا محسوب می گردد. از دهه سوم یعنی از سال 1986 به بعد نقش این عوامل بزرگ مقیاس به ویژه در بخش جنوب غربی و غربی منطقه در بارش پهنه بارزتر گردیده است. بدین ترتیب پهنه‌ی جنوب غربی بیش ترین سهم را در فزونی بارندگی در دهه سوم داشته است. هسته‌های بارشی که طی دو دهه اول منطبق بر ارتفاعات سبلان و بزغوش بود طی دو دهه اخیر به ویژه دهه چهارم به بخش جنوب غربی جابجا شده و با بیش از 900 میلی متر بارش مشخص می‌شوند. در این هنگام ارتفاعات سبلان در رده دوم قرار گرفته و میزان بارش به کم تر از 400 میلی متر رسیده است. به عبارتی می‌توان گفت نقش عوامل محلی و توپوگرافی در بارش این بخش‌ها کاهش یافته است. بدین دلیل همگنی توزیع مکانی بارش در پهنه کاسته شده و در بخش‌هایی خاص متمرکز گردیده است. طی دهه چهارم

بارش بخش‌های غربی ارتفاعات تالش به حد 400 میلی متر افزایش یافته است. این جابجایی که احتمالا حاصل کنش عوامل محلی و کلان مقیاس بوده، همچون بارش‌های سالانه در بارش‌های فصلی نیز هویدا شده است که در بخش‌های بعدی مورد توجه قرار خواهد گرفت.



شکل 4: بافت نگار مجموع بارش سالانه چهار دهه متوالی به همراه منحنی نرمال.

با توجه به یافته‌های هانسن و لبدوف[1] (به نقل از سلوو و برادوس[2] :1989) دمای جهانی طی دهه 1980 و در سالهای 1980، 1981، 1983 و 1987 (اواخر دهه دوم و اوایل دهه سوم) افزایش چشم‌گیری داشته است به طوری که چهار سال مذکور به ویژه سال 1987، گرم ترین سال های دهه 1980 بوده‌اند. این افزایش دما بیش تر به اثر گازهای

گلخانه‌ای نسبت داده می‌شود. سیر صعودی دما، تاثیر فزاینده‌ای بر سایر متغیرهای اقلیمی و به ویژه بارش طی این دهه داشته است (21). ایران و از جمله شمال غرب کشور نیز از این امر مستثنی نبوده و براساس شواهد موجود تحت تاثیر این تغییرات قرار گرفته است. لذا می‌توان با ضریب اعتماد بالایی نوسانات بارش طی دهه دوم و جابجایی مکانی بیشینه بارش (از سبلان به بخش جنوب غربی) در دهه سوم را به این امر نسبت داد.

2-3- ناهنجاری‌های بارش سالانه

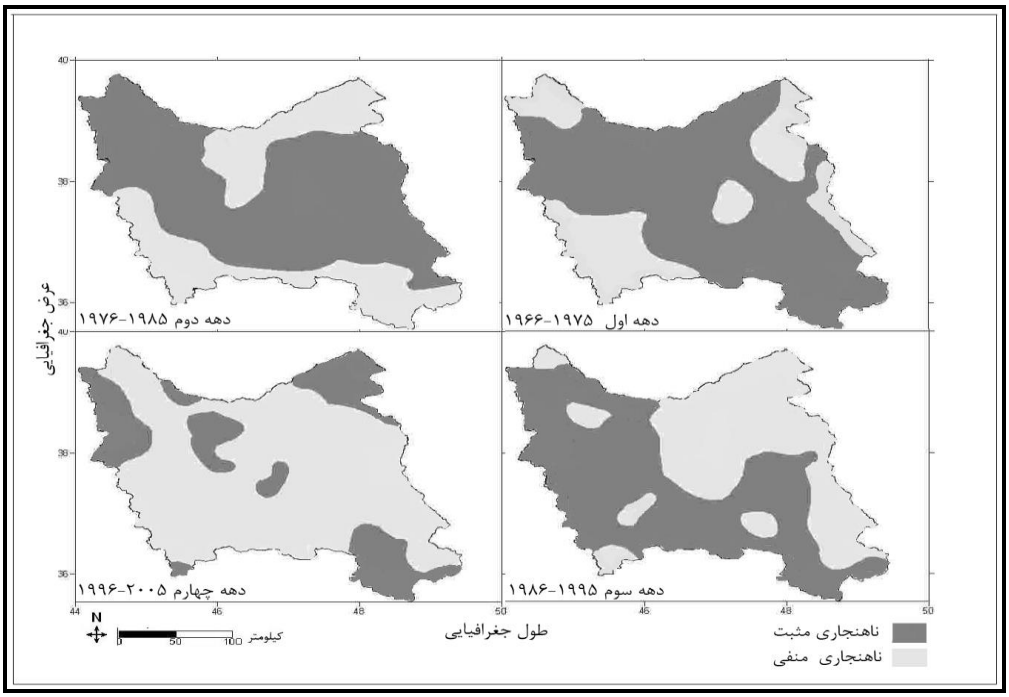
به منظور نمایش ناهنجاری‌های بارش، نقشه‌های مربوط به این مشخصه تهیه و در شکل 5 نشان داده شده است. نقشه‌های ارائه شده در شکل مذکور حاصل تفاضل نقشه‌های میانگین سالانه هر دهه از نقشه میانگین بارش کل دوره است. پهنه‌هایی که در هر دهه نسبت به کل دوره با ناهنجاری مثبت مواجه بودند با رنگ تیره، و پهنه‌هایی که با ناهنجاری منفی مواجه بودند مطابق شکل با رنگ روشن

2. Solow and Broadus

مشخص شده اند. ناهنجاری مثبت نشان دهنده افزایش بارش و ناهنجاری منفی، بیان‌گر کاهش بارش دهه نسبت به کل دورهٔ 40 ساله می‌باشد.

چنان که در این نقشه‌ها و نیز در جدول 2 نمایان است، در سه دهه اول متوسط بارش دهه ای در حدود 58 تا 71 درصد از سطح پهنه مورد مطالعه، بیش تر از میانگین طولانی مدت بوده است. این دهه‌ها، دوره‌های تر محسوب می‌شوند. در دهه اول عموماً حواشی شمال غرب، شمال شرق، بخش جنوب غربی و نیز ناحیه ای در مرکز با کاهش بارندگی مواجه بوده است در حالی که در دهه دوم، بخش‌های شمال غربی، مرکز و شرقِ پهنه با افزایش و حاشیهٔ جنوبی- جنوب شرقی و نیز شمال شرقی و نیمی از حاشیه ی شمالی، با کاهش بارندگی مواجه بوده است. در دهه سوم، شمال غرب ایران به دو نیمه غربی (با افزایش بارش) و ناحیه شرقی (با کاهش بارش) تقسیم شده است. ناحیه شرقی نسبت به ناحیه غربی همگن تر و فاقد تفاوت‌های مکانی بوده است. ولی نیمه غربی با نواحی کم بارش مواجه است. در دهه چهارم بر خلاف دهه‌های قبل، وسعت پهنه‌های کم بارش بیش از پهنه‌های پربارش بوده، با این تفاوت که تقریباً بخش بزرگ نواحی که در دهه اول ناهنجاری منفی را تجربه می‌کرده، در دهه چهارم با ناهنجاری مثبت مواجه بوده اند. این وضعیت به ویژه برای بخش‌هایی در شمال شرق و شمال غرب و نیز قسمتی از جنوب شرق پهنه مورد بررسی صادق است. بدیهی است، از نخستین دهه تا دهه چهارم، سیر ناهنجاری منفی صعودی بوده و بارش گستره وسیعی از پهنه، نسبت به کل دوره، روندی کاهشی داشته است. می‌توان چنین استنباط کرد که عوامل بارش زایی که طی دهه‌های نخست تقویت می‌شدند به سمت دهه‌های آخر رو به تضعیف نهاده اند.

1. Hansen and Lebedeff



شکل 5: ناهنجاری بارش سالانه طی چهار دهه متوالی در پهنهٔ شمال غرب ایران.

جدول 2: درصد مساحت پهنه‌های ناهنجاری بارش سالانه در شمال غرب ایران طی چهار دهه متوالی

ناهنجاری سالانه	دهه اول	دهه دوم	دهه سوم	دهه چهارم
ناهنجاری منفی	28/3	31/4	41/5	72
ناهنجاری مثبت	71/7	68/6	58/5	28

ناهنجاری بارش ماهانه- فصلی

بررسی نقشه‌های ناهنجاری بارش ماهانهٔ دهه‌های مختلف در شکل‌های 6 تا 9، نشان‌گر این است که طی دهه اول، مناطق پربارش در بیش تر ماه‌های سال وسعت زیادی از پهنه را تحت پوشش داشته است. فصل بهار دارای اوج افزایش بارش نسبت به میانگین در دهه اول بوده و طی دهه‌های متوالی بعدی از مقدار این افزایش کاسته شده و در دهه اخیر به حداقل مقدار طی 40 سال گذشته می‌رسد.

چنان که جدول 3 نشان می‌دهد، نکته قابل توجه در مورد بارش ماهانه فصل بهار و تابستان طی چهار دهه، کاهش سهم بارش ماه آوریل از دهه اول به سمت دهه آخر و افزایش ماه به ماه بر سهم ماه‌های بعدی است. به طوری که دهه دوم با افزایش بارندگی ماه می، دهه سوم با افزایش بارش ماه جون و دهه چهارم با افزایش بارش ماه جولای توأم بوده است (به نقشه‌های مربوط به ناهنجاری‌های دهه‌ای نیز توجه شود).

جدول 3: درصد مساحت تحت پوشش ناهنجاری‌های مثبت و منفی در ماه‌های مختلف دهه‌ها

ناهنجاری بارش	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	جون	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر

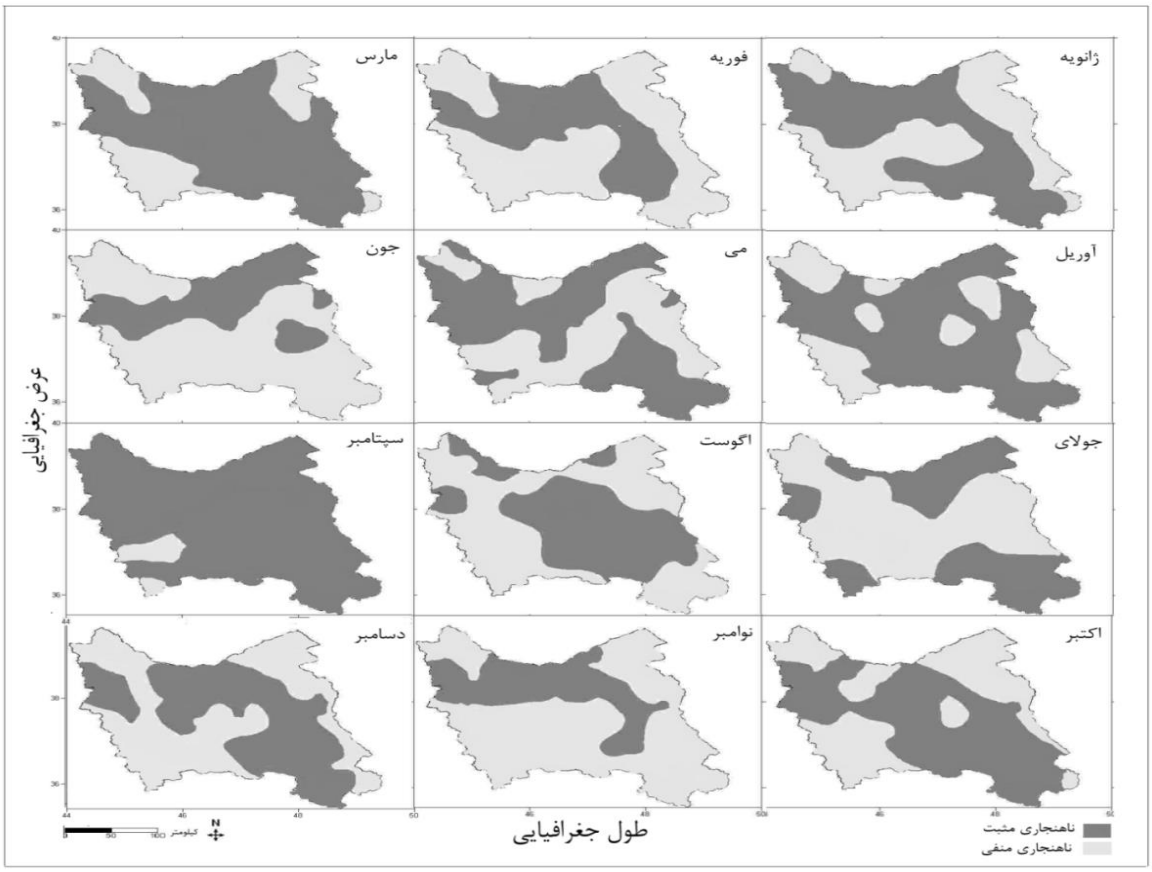
دهه اول	منفی	41/7	51/67	18/4	21	23/3	52/8	46/2	41	2	38/4	66	33/3
	مثبت	58/3	48/32	81/6	79	76/6	47/2	53/8	59	98	61/6	34	66/7
دهه دوم	منفی	31/2	32/6	44/6	57/3	6	33	91	61/8	55/7	17/2	39/5	34/3
	مثبت	68/7	67/4	55/3	42/7	94	67	9	38/2	44/3	82/8	60/5	65/6
دهه سوم	منفی	65/8	40	59	51/8	76	10/8	76	21/3	40/5	11/8	23/5	25/3
	مثبت	34/2	60	41	48/2	24	89/2	24	78/6	59/5	88/2	76/5	74/7
دهه چهارم	منفی	46/3	64/8	59	51/6	65/6	92/3	6/6	64	74/8	92/3	60/2	71/6
	مثبت	53/7	35/2	41	48/4	34/4	7/7	93/4	36	25/2	7/6	39/8	28/3

جدول 3 و نیز شکل 8 نشان می‌دهند که از لحاظ بارش تابستانه و پاییزه، دهه سوم فاز پربارشی بوده است. به طوری که طی این دهه ماه‌های جون با افزایش بارش 89/2 درصد مساحت و اگوست با 78/6 درصد مساحت، شاهد افزایش چشم گیری در بارش دریافتی نسبت به دهه‌های قبل و بعد خود هستند.

بیش‌ترین گسترهٔ ناهنجاری مثبت ماهانه طی دهه سوم قابل رویت است. طی این دهه در مقایسه با دهه‌های دیگر طی ماه جون، آگوست، اکتبر، نوامبر و دسامبر، وسعت ناهنجاری‌های مثبت افزایش آشکاری دارد. در مقابل کم‌ترین گستره این ناهنجاری در دههٔ چهارم نمایان شده است. به طوری که طی 8 ماه از سال و عمدتاً طی ماه‌های تابستان و پاییز، غیر از جولای گستره ناهنجاری‌های منفی فزونی یافته است.

براساس نقشه‌های ارائه شده در شکل‌های 8 و 9 طی دهه سوم ماه جون با افزایش بسیار چشم‌گیر بارش نسبت به میانگین کل روبرو بوده ولی در دهه چهارم با افت ناگهانی مواجه گردیده است. وسعت پهنه‌های با ناهنجاری مثبت به 7/7 درصد کاهش می‌یابد. می‌توان گفت از سهم بارش ماه جون طی دهه سوم کاسته و به سهم ماه جولای افزوده شده است. برعکس، بارش ماه جولای که طی دهه‌های قبلی نسبت به میانگین کل روندی کاهشی داشته است (76 درصد پهنه با ناهنجاری منفی) با افزایش ناگهانی در دهه چهارم (93 درصد پهنه با ناهنجاری مثبت) روبرو گشته است.

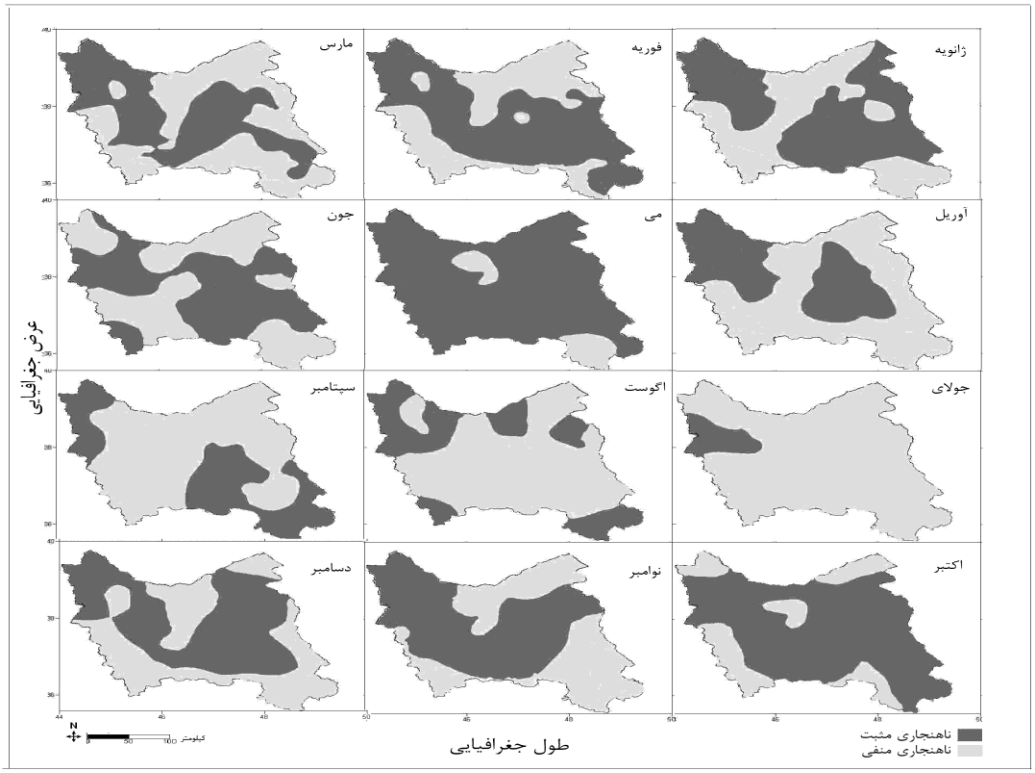
ماه‌های سپتامبر، مخصوصاً اکتبر، نوامبر و دسامبر که طی دهه سوم ماه های پربارشی بودند، طی دهه چهارم با کاهش قابل ملاحظه بارش مواجه شده اند. به عبارتی بارش پاییزه و زمستانه در گستره وسیعی از پهنه کاهش یافته است.



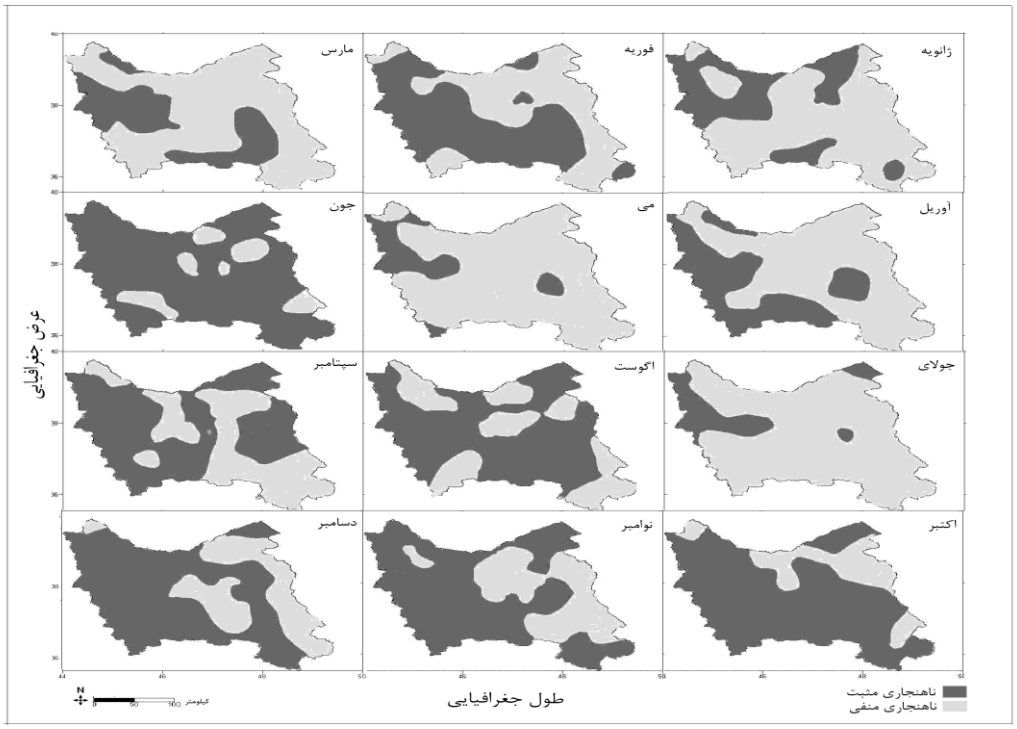
شکل 6: ناهنجاری بارش ماهانه پهنهٔ شمال غرب ایران طی دهه اول (1975-1966).

طی چهار دهه، ماه‌های فصل زمستان نسبت به میانگین بلند مدت شاهد نوسان بوده، به گونه‌ای که دهه دوم یک فاز بارشی فصلی است. به عبارتی فصل زمستان در دهه دوم یک دوره مرطوب را تجربه کرده است که به سمت دهه چهارم بر وسعت نواحی خشک افزوده شده است.

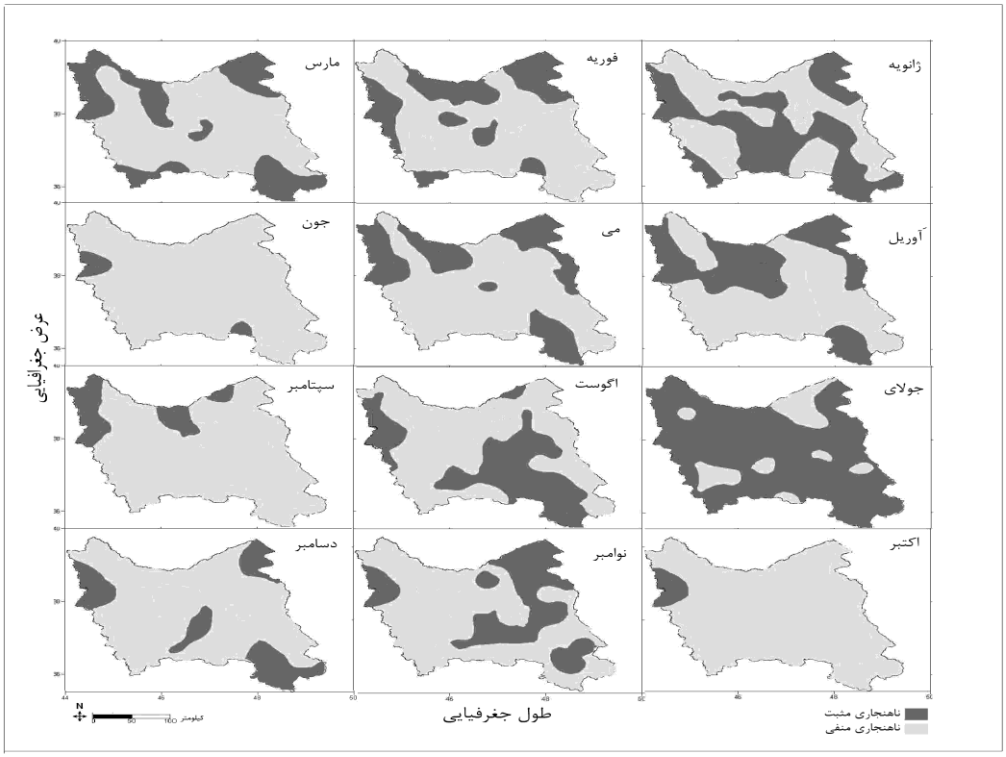
مهم ترین تفاوت بارش دهه چهارم با سایر دهه‌ها در بخش شمال شرقی پهنه قابل مشاهده است. به طوری که بارش زمستانه و بهاره بخش شمال شرقی، در طول سه دهه کم تر از میانگین طولانی مدت بوده، به تدریج به سمت دهۀ چهارم به طرف جنوب غربی بر گسترۀ این پهنه افزوده شده است. در عین حال طی دهۀ چهارم بخش مذکور، بارش بیش از میانگین طولانی مدت را دریافت داشته است. در کل می‌توان گفت دهۀ سوم یک فاز بارشی بوده که در آن میانگین بارش دهه‌ای نسبت به میانگین درازمدت افزایش نسبی داشته است. در این میان، دهه چهارم فاز خشکی محسوب می‌شود که در بیش‌تر ماه‌های سال کاهش چشم گیری در بارش آن دیده می‌شود.



شکل 7: نقشه ناهنجاری بارش ماهانه دهه دوم (1985-1976) در شمال غرب ایران.



شکل 8: نقشه ناهنجاری بارش ماهانه دهه سوم (1995-1986).



شکل 9: نقشه ناهنجاری بارش ماهانه دهه چهارم (2005-1996).

نتایج

در این پژوهش، با استفاده از بیشینهٔ ایستگاه‌های در دسترس از شمال غرب کشور، نقشه‌های بارش ماهانه با بهره‌گیری از فن میان‌یابی تهیه شد. بدین ترتیب علی رغم تفاوت طول دوره آماری ایستگاه‌ها، نقشه‌هایی از چهل سال دوره آماری (2005-1966) حاصل شد. براساس این ن قشه‌ها، وسعت پهنه‌های کم بارش بیش از پهنه‌های پربارش است. اما بارش در مکان متمرکز شده، به نحوی که بارش در نواحی پربارش چهار برابر نواحی کم بارش است.

در مقیاس دهه‌ای نیز، دهه دوم پربارش ترین دهه از لحاظ بارش دریافتی است. به سمت دهه چهارم میزان بارش سیر نزولی می‌یابد. به حدی که دامنه تغییرات بارش دههٔ فوق به بیش‌ترین میزان می‌رسد. چرا که همگنی بارش از لحاظ توزیع مکانی کاهش می‌یابد. این ناهمگنی طی دههٔ اول بسیار کم‌تر بوده است. از دههٔ سوم، مکان بیشینهٔ بارش از ارتفاعات سبلان- سهند به بخش جنوب غربی جابه‌جا شده است.

هدف از تحقیق حاضر ردیابی و کشف تغییرات و نوسانات موجود در بارش طی چهار دهه متوالی و در نتیجه ناهنجاری‌های بارش در بخش شمال غرب ایران می‌باشد. نتایج نشان داد که روند ناهنجاری‌های منفی طی دهه‌ها از سال 1966 به بعد با شدت و ضعف‌هایی توأم بوده و تا سال‌های اخیر سیر افزایشی پیدا کرده است.

نقشه‌های مربوط به ناهنجاری‌های بارش سالانه چهار دهه نشان می‌دهد که پهنه طی سه دهه اول، دوره پربارشی را داشته است اما بعد از سال 1996 بارش در گستره وسیعی کاهش ناگهانی داشته است. به طوری که وسعت پهنه‌های کم بارش طی دهه اخیر به 72 درصد رسیده است. این در حالی است که طی دهه اول 72 درصد از سطح پهنه با ناهنجاری مثبت مواجه بوده است. در کل، سه دهه اول در مقایسه با دهه چهارم دوره‌های تر محسوب می‌شوند. اما به تدریج به سمت دهه چهارم بر وسعت پهنه‌های خشک افزوده شده است. در واقع عوامل بارش زا طی دهه چهارم رو به تضعیف نهاده اند. این وضعیت به ویژه

برای ماه‌های تابستان ملموس تر است. با این وصف تمامی ماه‌ها به ویژه برای دهه چهارم نمایان تر است. نکته جالب توجه در مورد ناهنجاری‌های ماهانه بارش این است که از دهه اول به سمت دهه آخر از بارش ماه آوریل کاسته و ماه به ماه به سهم ماه‌های بعدی افزوده شده است. تا اینکه طی دهه چهارم سهم بارش ماه جولای افزایش یافته است. در کل دهه سوم یک فاز افزایش بارش فصلی و دهه چهارم یک فاز خشک محسوب می‌شود.

به کارگیری روش ارائه شده در این تحقیق بـرای طـول دوره آماری افزون تر، امکان کشف سازوکار نوسانی بارش را میسر می سازد. بدین دلیل پیشنهاد می شود که طول دوره آماری افزون تر برای کشف این افت وخیزها به کار گرفتـه شود. این آمار تا زمان تحریر این مقاله در دسترس نبود.

منابع

1- فیضی، وحید، فرجزاده، منوچهر، نوروزی، رباب (1389) «مطالعه تغییر اقلیم در استان سیستان و بلوچستان به روش من-کندال» چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ایران، زاهدان، 27-25 فروردین.

2- جهان بخش، سعید، رحیمی بندرآبادی، سیما، حسینی، عباس، رضایی، سمیه، خوش زمان، تورج (1389) «بررسی تغییرات دما و بارش در حوزه کرخه» چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ایران، زاهدان، 27-25 فروردین.

3- خورشید دوست، علی محمد، قویدل رحیمی، یوسف (1384) «مطالعه نوسانات بارش، پیش بینی و تعیین فصول مرطوب و خشک بهاره استان آذربایجان شرقی»، تحقیقات جغرافیایی، شماره 13 صص 47-25.

4- صبوحی، راضیه، سلطانی، سعید (1387) «تحلیل روند عوامل اقلیمی در شهرهای بزرگ ایران» علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال 12، شماره 46، صص 321-303.

5- حجام، سهراب، خوشخو، یونس، شمس الدین وندی، رضا (1387) «تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری» پژوهش‌های جغرافیایی، شماره 64، صص 168-157.

6- رضیئی، طیب، دانش کار آراسته، پیمان، ثقفیان، بهرام (1384) «بررسی روند بارندگی سالانه در مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی و شرقی ایران» آب و فاضلاب، شماره 54، صص 81-73.

7- Bodri, v. Cermak and m. Kresl (2005) " Trends in Precipitation Variability: Prague (The Czech Republic)" climatic change, 72: 151–170.

8- Dufek. A. S, T. Ambrizzi (2008) "Precipitation Variability in Sao Paulo State, Brazil" Theor. Appl. Climatol. 93: 167–178.

9- Hidalgo. Jose Carlos Gonzalez, Joan-Albert Lopez-Bustins, PetrStepanek, Javier Martin-Videb and Martin de Luis (2009) " Monthly Precipitation Trends on the Mediterranean Fringe of the Iberian Peninsula During The Second-Half of The Twentieth Century (1951–2000) " Int. J. Climatol. 29: 1415–1429.

10- Krepper. C. M, N.O. Garcia (2004) "Spatial and Temporal Structures of Trends and Interannual Variability of Precipitation over the La Plata Basin" Quaternary International 114, 11–21.

11- Lana. x and A. BurguenÄo (2000) "Statistical Distribution and Spectral Analysis of Rainfall Anomalies for Barcelona (NE Spain)" Theor. Appl. Climatol. 66, 211±227.

12- Mauget. Steven A (2006) "Intra- to Multi-Decadal Terrestrial Precipitation Regimes at the End of the 20th Century" Climatic Change, 78:317–340.

13- Macdonald. N, I. D. Phillips, and J. Thorpe (2008) "Reconstruction of long-Term Precipitation Records for Edinburgh: An Examination of The Mechanisms Responsible for Temporal Variability in Precipitation" Theor. Appl. Climatol. 92, 141–154.

14- Minetti. Juan. Land Vargas. Walter. M (1997) "Trends and Jumps in the Annual Precipitation in South America.South of the 15 S" Atmosfer. 11, pp, 205-221.

15- Mosmann, A. Castro, R. Fraile, J. Dessens, J. L. Sanchez (2004) " Detection of Statistically Significant Trends in The Summer Precipitation of Mainland Spain" Atmospheric Research 70 , 43–53.

16- Naveau. Philippe, Nogaj. Marta, Ammann. Caspar, Yiou. Pascal, Cooley. Daniel and Jomelli. Vincent. 2005: Statistical Methods for the Analysis of Climate Extremes. C.R. Geoscience. 337: 1013 – 1022.

17- Niedźwiedź & R. Twardosz & A. Walanus (2009) "Long-Term Variability of Precipitation Series in East Central Europe in Relation to Circulation Patterns" Theor Appl Climatol, 98: 337–350.
18- Puebla. C. Rodriguez, a. h. encinas, s. nieto and j. garmendia (1998) "Spatial and Temporal Patterns of Annual Precipitation Variability over the Iberian Peninsula" Int. J. Climatol. 18: 299–316.
19- Qian. W and X. Lin (2005) "Regional Trends in Recent Precipitation Indices in China" Meteorol Atmos Phys 90, 193–207.
20- Qian. W. H, A. Qin (2008) "Precipitation Division and Climate Shift in China from 1960 to 2000" Theor. Appl. Climatol. 93: 1–17.
21- Ramos. M. C (2001) "Rainfall Distribution Patterns and Their Change Over Time in A Mediterranean Area" Theor. Appl. Climatol. 69, 163±170.
22- Solow, Andrew, and james m.broadus, (1989)" On the Detection of Greenhouse Warming" climatic change 15:449-153.
23- Unkasevic. M, I. Tosic, and D. Vujovic (2004) "Variability and Probability of Annual and Extreme Precipitation Over Serbia and Montenegro" Theor. Appl. Climatol. 79, 103–109.