

## تحلیل توزیع مکانی- زمانی بارش با استفاده از روش زمین آمار در حوضه آبخیز بابلرود

رویا مصطفوی<sup>\*</sup>، شعبان علی غلامی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۱/۵/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۷/۹

### چکیده

یکی از بزرگترین مسائل پیچیده زیست‌محیطی، مساله نوسانات غیرمنتظره آب و هوایی و آثار مخرب آن در آینده است. مطالعات تغییرات بارندگی به عنوان اساسی‌ترین متغیر اقلیمی، راه‌گشایی در شناخت بیشتر این مساله است. امروزه روش‌های زمین‌آماری برای میان‌یابی اطلاعات ایستگاه‌های باران‌سنجی و بررسی تغییرات مکانی و زمانی بارش نقش مهمی در برنامه‌ریزی‌های آبی هر کشور دارد. در این مطالعه به کمک تکنیک زمین‌آماری و با اطلاعات بارش ۳۰ ساله ۵ ایستگاه باران‌سنجی حوضه آبخیز بابلرود، خصوصیت اقلیمی بارش مطالعه شد. نقشه‌های رقومی خطوط هم‌بارش به روش کریجینگ و با استفاده از قابلیت ArcGIS در تحلیل- های زمین‌آماری، تهیه گردید. بررسی‌ها نشان داد که تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی کم‌ترین میزان بارش ماهانه را در خرداد ماه دریافت کرده‌اند. بیش‌ترین بارش ماهانه در ایستگاه‌های جنوبی در ماه مهر و در دو ایستگاه میانی و شمالی در آذر ماه بوده است. بدلیل ورود توده‌های هوایی سیبری و مدیترانه‌ای به منطقه بیش‌ترین بارش فصلی در دوره‌های سرد، فصول پاییز و زمستان بوده است. بیش‌ترین و کم‌ترین دامنه تغییرات بارندگی در ماه‌های آبان و بهمن و رژیم بارش در منطقه، نامنظم با ضریب تغییرات سالانه درازمدت بالاتر از ۴۰ درصد بوده است.

**واژه‌های کلیدی:** حوضه آبخیز بابلرود، بارش، پهنه‌بندی، روش زمین‌آمار

<sup>۱</sup> - کارشناس ارشد آب زیرزمینی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، باشگاه پژوهشگران و نخبگان جوان، قائمشهر، ایران.

\* نویسنده مسئول: Email: royamostafavi@gmail.com

<sup>۲</sup> - دکتری مدیریت منابع آب، سازمان تحقیقات جهاد کشاورزی، ساری، ایران.

## مقدمه

گونه‌ای که حداکثر بارندگی در پاییز و حداقل آن در بهار اتفاق می‌افتد (۹ و ۱۵).

بررسی‌های اقلیمی پیشین در استان مازندران نشان می‌دهد؛ منشا عمده بارندگی، منطقه ورود توده پرفشار سیبری است؛ که ضمن پدیده آدوکسینون و تغذیه رطوبتی از بستر دریای خزر، ریزش‌های عمده پاییزه را تشکیل می‌دهد. رژیم پاییزه بارش، تأثیر جبهه نسیم دریا، ورود جریان‌های سیبری و عبور از پهنه معتدل خزری که پس از اشباع بارش‌هایی را بوجود می‌آورد؛ را اثبات می‌کند (۸ و ۱۸).

عامل بعدی بارش منطقه، توده‌های مدیترانه‌ای است (۱). در نواحی شمالی ایران، گرادیان بارندگی منفی است؛ به عبارت دیگر در این منطقه اثر افزایش ارتفاع تأثیر کمتری نسبت به دوری از دریا دارد. از اینرو بخش‌های جلگه‌ای استان که به صورت نوار باریکی در امتداد دریا از غرب به شرق، حد فاصل دریای خزر و ارتفاعات البرز جا گرفته؛ آب و هوای معتدل خزری با تابستان‌ها گرم و مرطوب و زمستان‌ها معتدل و مرطوب دارد. با افزایش تدریجی ارتفاع اراضی جلگه‌ای به سوی ارتفاعات البرز و دوری از دریای مازندران در نواری به ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر شرایط آب و هوای معتدل کوهستانی با زمستان سرد و طولانی و یخبندان و تابستان‌های معتدل و کوتاه است. از ویژگی‌های اصلی این محدوده، کاهش میزان بارندگی سالانه و دمای هوا و افزایش ریزش برف است.

در قله‌های مرتفع دامنه شمالی البرز در ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر، دمای هوا به شدت پایین آمده و یخبندان‌های طولانی ایجاد می‌شود،

اقلیم و پارامترهای آن به ویژه بارش و تغییرات احتمالی آن در دوره‌های زمانی نقش تعیین‌کننده‌ای در زندگی بشری دارد. تغییرات بارندگی، نوسانات غیر منتظره آب و هوایی و آثار مخرب زیان‌بار ناشی از این تغییرات یکی از چالش‌های امروزه زیست‌محیطی است. لذا شناخت آن از طریق به کمی درآوردن و استفاده از مدل‌های آماری و بکارگیری از طرح‌های متناسب با آن راهگشایی در پیشگیری از این مسایل و زمینه‌ساز در بهره‌وری از منابع طبیعی (منابع محیط‌زیست، خاک و آب و هوا) است. یکی از اصلی‌ترین فراسنج‌های اقلیمی موثر بر آب و هوای یک منطقه بارش است. بارش<sup>۱</sup> هر گونه رطوبت متراکم شده‌ای است که به سطح زمین فرو می‌ریزد. افزایش یا کاهش آن سایر عوامل جوی-اقلیمی و نیز امور کشاورزی، دامپروری، شیلات، ساختمان‌سازی، گردشگری را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۳).

مازندران بدلیل موقعیت خاص جغرافیایی خود و همجواری با دریای خزر، در طول سال از اثرات آب و هوایی همسایگانی چون سرزمین پهناور سیبری، دریای مدیترانه، دریای خزر و فلات مرکزی ایران بهره‌مند می‌شود. در نوار ساحلی استان مازندران، میانگین بارندگی سالانه برابر ۹۷۷ میلیمتر، با توزیع مکانی کاهشی از غرب به شرق است. در حالیکه توزیع زمانی آن وضعیت کم و بیش منظمی دارد؛ به

<sup>1</sup> Precipitation

بنابراین زمستان های سرد و طولانی و تابستان-  
هایی کوتاه و خنک دارد (۳).

### مواد و روش ها

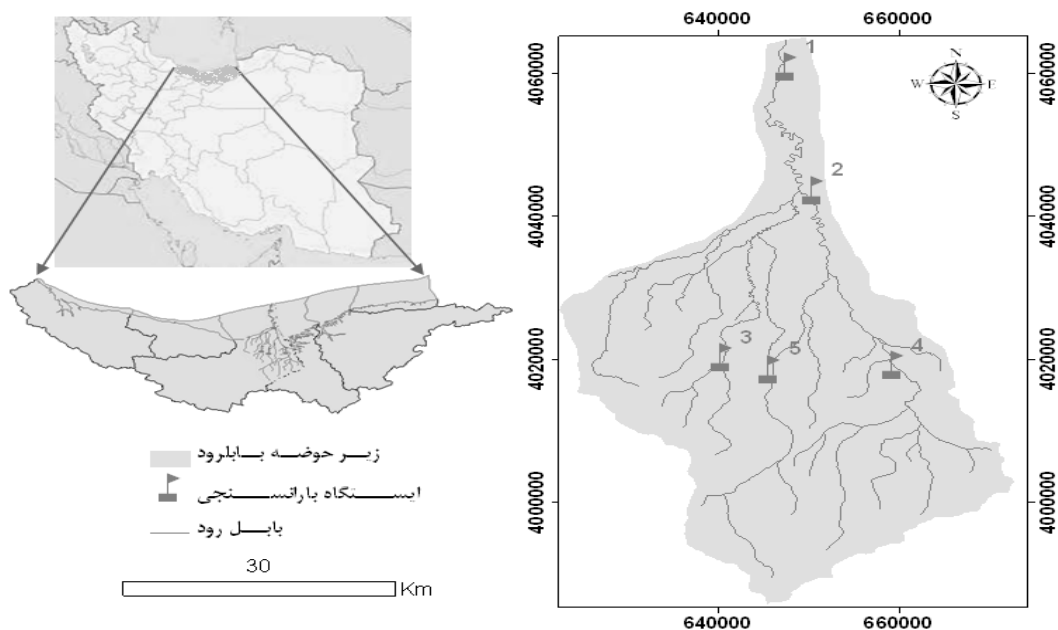
#### منطقه مورد مطالعه:

حوضه آبخیز بابلرود در شمال ایران، قسمت  
میانی البرز بین طول جغرافیائی " ۳' ۳۰' ۵۲° تا  
" ۵' ۵۲' ۵۵° شرقی و عرض " ۱۶' ۰۱' ۳۶° تا  
" ۱۷' ۴۳' ۳۶° شمالی با مساحتی بالغ بر  
۱۶۱۹/۶۰ کیلومتر مربع از شمال به دریای  
خزر، از شرق و جنوب شرق به حوضه آبخیز  
تالار و از غرب و جنوب غرب به حوضه آبخیز  
هراز محدود شده است. بالاترین نقطه ارتفاعی  
منطقه ۳۷۰۱ متر و پست ترین نقطه آن با  
ارتفاع ۱۷- متر از سطح دریای آزاد در نواحی  
ساحلی قرار دارد (شکل ۱).

بر مبنای اطلاعات موجود اطلس شیب ایران،  
در حوضه آبخیز بابلرود، زمین های با شیب  
بیش از ۵۰ درجه در قسمت جنوبی، زمین های  
با شیب ۵۰ تا ۱۵ درجه، از قسمت جنوبی تا  
میانی، زمین های تپه ماهوری شمال با شیب ۳۰  
تا ۳۵ درجه و نواحی با شیب ۱۰ تا ۵ درجه در  
ابتدای دشت تا اراضی ساحل گسترده شده  
است؛ اختلاف زیاد ارتفاع در فاصله طولی کوتاه،  
گویای عدم تعادل مورفولوژیکی و پویایی پوسته  
زمین در راستای تغییر شکل سطح حوضه  
است.

جریان سطحی حوضه، رودخانه دائمی بابلرود با  
رژیم بارانی- برفی با طول شاخه اصلی ۱۰۳  
کیلومتر، عرض متغیر بین ۸۰ تا ۱۵۰ متر و  
عمق ۲ تا ۵ متر می باشد. بستر رودخانه در  
محدوده کوهستانی از رسوبات دانه درشت از  
قبیل قله سنگ، شن و ماسه تشکیل شده و  
دارای عرض نسبتاً زیاد و عموماً با جریان  
سیلابی در معرض تغییرات قرار گرفته است. در  
محدوده دشت، بستر رودخانه از آبرفت های  
دانه ریز، عموماً بدلیل فرسایش ناشی از جریان  
سیلاب ها، از عمق زیاد و کناره های قائم تشکیل  
شده است. میزان آبدهی سالانه رودخانه از ۲۵۰  
تا ۶۰۰ میلیون متر مکعب متغیر بوده و متوسط  
آبدهی لحظه ای آن ۹ متر مکعب در ثانیه  
اندازه گیری شده است (۱۶).

آب و هوای حوضه آبخیز بابلرود، به تبعیت از  
ویژگی های اقلیمی سواحل جنوبی دریای  
مازندران، در قسمت جلگه ای و دشت دارای آب  
و هوای معتدل و مرطوب و در بخش های  
کوهستانی دارای آب و هوای سرد و مرطوب  
می باشد. وجود عوامل تعدیل کننده هوا در  
منطقه همچون همجواری با دریای مازندران،  
وضعیت توپوگرافی منطقه، پوشش گیاهی انبوه،  
ورود جریان ها و توده هوای مرطوب مدیترانه ای  
از سمت غرب و شمال غرب موجب بروز و  
پیدایش چنین آب و هوایی در منطقه گردید  
(۱۵).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و ایستگاههای بارانسنجی منطقه مورد بررسی

جدول ۱- مشخصات ایستگاههای بارانسنجی منطقه مورد بررسی

نام ایستگاه	علامت	UTMx	UTMy	ارتفاع (m)	نوع	موقعیت
میاندشت	۱	۶۴۷۵۸۴	۴۰۶۱۰۲۵	-۱۸	بارانسنج معمولی	دشتی
محوطه اداره بابل	۲	۶۵۰۵۲۴	۴۰۴۳۷۱۷	۰	بارانسنج ثبات	دشتی
دیوا	۳	۶۴۰۴۹۳	۴۰۲۰۲۸۰	۱۶۰	بارانسنج معمولی	ارتفاعی
قران تالار	۴	۶۵۹۳۶۷	۴۰۱۹۱۸۷	۱۰۲	بارانسنج معمولی	ارتفاعی
گلوگاه بندپی	۵	۶۴۵۸۳۳	۴۰۱۸۶۵۱	۲۰۰	بارانسنج معمولی	ارتفاعی

### روش تحقیق:

آماري نظير ضريب تغييرات بارش، درصد و فراواني بارش برای ایستگاههای مورد بررسی محاسبه شد. در نهایت با استفاده از قابلیت ArcGIS پهنه‌بندی پارامترهای آماری مهم و تحلیلی به روش کریجینگ انجام گردید.

### کریجینگ و درون‌یابی نقاط:

تخمینگر کریجینگ به نام یکی از پیشگامان علم زمین‌آمار به نام D.G. Krige نامگذاری شده است. این روش بر طبق منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار است (۴). روشی محلی-

اطلاعات آماری مورد نیاز تحقیق، داده‌های بارش در محل ایستگاههای بارانسنجی (جدول ۱)، بصورت روزانه مربوط به دوره اقلیمی ۶۱-۱۳۶۰ تا ۹۰-۱۳۸۹ (دوره شاخص ۳۰ ساله) از گروه مطالعات پایه منابع آب سازمان آب منطقه‌ای مازندران اخذ گردید. کمبودها و خلأ آماری با استفاده از ماتریس همبستگی بین ایستگاههای مختلف تکمیل و بازسازی شده و با استفاده از آزمون دنباله‌ها (ران تست) همگنی داده‌ها ارزیابی گردید. در ادامه با توجه به آمار خام بازسازی شده؛ داده‌های روزانه به ماهانه و فصلی و سالانه تبدیل شد. ۵ نمایه‌ی

## نتایج

بررسی شاخص آماری متوسط دراز مدت ماهانه بارندگی، در ۵ ایستگاه بارانسنجی منتخب نشان می‌دهد که ایستگاه دیوا از توزیع بارش یکنواخت‌تر و همگن‌تری برخوردار است. تفاوت حداکثر و حداقل مقدار متوسط ماهانه دراز مدت بارش در این ایستگاه به میزان ۶۲ میلیمتر نمایانگر توزیع همگن آن می‌باشد.

ایستگاه میاندشت با تفاوت مقدار ۱۱۸/۵ میلیمتر از وضعیت نامتعادلی نسبت به سایر ایستگاه‌ها برخوردار است؛ علت همجواری ایستگاه با دریای خزر (فاصله حدوداً ۷ کیلومتر) و نفوذ مستقیم و سریع‌تر توده‌های هوایی از سطح دریا است. رطوبت دریای خزر در مدت کمی پس از صعود، سرد و متراکم شده و سبب ریزش‌های جوی زیادی می‌شود. ابرهای استراتوس که در ارتفاع بسیار پایین تشکیل می‌شوند، با حرکت سریع خود رطوبت دریای خزر را می‌آورند و پدیده‌ای باران ریزه را سبب می‌شوند. در ایستگاه میاندشت، حداکثر متوسط دراز مدت ماهانه بارش و حداقل آن به ترتیب ۱۳۲/۶ میلیمتر در آذر ماه و ۱۴/۱ میلیمتر در خرداد ماه است. حداکثر و حداقل متوسط دراز مدت ماهانه بارش در ایستگاه میانی محدوده، ایستگاه محوطه اداره بابل ۹۸/۶ میلیمتر در آذر ماه و ۲۰/۳ میلیمتر در خرداد ماه است. در سه ایستگاه جنوبی محدوده وضعیت توزیع ماهانه بارش، نشانگر رخداد حداکثر بارش در ماه مهر و حداقل آن در ماه خرداد است. ایستگاه قران‌تالار از حداکثر متوسط دراز مدت بارش ۱۲۷/۵ میلیمتر و حداقل میزان ۵۳/۳ میلیمتر برخوردار است.

احتمالی، رسا و بهترین تخمینگر خطی نااریب می‌باشد؛ چراکه بایستی واریانس تخمین آن حداقل و بدون خطای سیستماتیک باشد [۲]. تخمینگر کریجینگ از رابطه خطی ۱ محاسبه می‌شود:

$$Z_v^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i (Z_{vi})$$

رابطه ۱:

که در آن  $Z_v^*$  مقدار تخمینی،  $\lambda_i$  وزن یا مقدار اهمیت کمیت وابسته به نمونه  $\lambda_m$  و  $Z_{vi}$  مقدار نمونه  $\lambda_m$  است. رابطه ۱، کریجینگ خطی نامیده می‌شود زیرا ترکیب خطی از  $n$  است (۶ و ۱۱). در استفاده از تخمینگر خطی کریجینگ باید متغیر  $Z$ ، توزیع نرمال داشته باشد. در کریجینگ فرض می‌شود که تغییرات مکانی پدیده‌ها دارای سه مولفه همبستگی مکانی، روند و خطای تصادفی است. وجود یا فقدان هر یک از این مولفه‌ها منجر به تکوین انواع روش‌های کریجینگ شده است (۱۷).

مطلق بودن تخمین کریجینگ در درون‌یابی نقاط و ترسیم خطوط هم‌ارزش با استفاده از حداکثر نقاط با مختصات معلوم از مزایای اصلی آن است. تغییر الگوی ساختار فضایی با تغییر تعداد و یا فاصله نقاط، خاصیت جمع‌پذیری مدل کریجینگ<sup>۱</sup> و کاهش نوسانات از دیگر مزایای کاربردی آن است (۳). میان‌یابی کریجینگ با شرط احراز اصول اولیه و لازم می‌تواند بهترین میانگین موزون از یک پهنه را ارائه کند (۷ و ۱۴).

<sup>۱</sup> - انتقال خصوصیات واحدهای بزرگتر به واحدهای کوچکتر با مجموع معادل مقدار اولیه

جدول ۳- طبقه‌بندی منطقه‌ای دامنه تغییرات ماهانه بارش در حوضه بابلرود

گروه	کلاس	حدود دامنه تغییرات (mm)
A	بسیار ضعیف	<۹۰
B	ضعیف	۹۰-۱۲۰
C	متوسط	۱۲۰-۱۶۰
D	شدید	۱۶۰-۲۰۰
E	بسیار شدید	>۲۰۰

بر اساس شکل ۲، بیشترین دامنه تغییرات بارش در آبان ماه، ۱۹۳/۹ میلیمتر بوده است؛ که از نظر طبقه‌بندی در رده شدید، گروه D قرار می‌گیرد. امتداد پهنه‌های دامنه تغییرات بارش، جنوب‌شرقی به شمال است. در ایستگاه دیوا از وضعیت ضعیف به متوسط در ایستگاه گلوگاه بندپی و سپس در ایستگاه قران‌تالار به وضعیت شدید تغییر می‌کند و سرانجام در ایستگاه‌های میانی و شمالی وضعیت بسیار شدید حادث می‌شود.

کمترین دامنه تغییرات ماهانه بارش طی دوره شاخص، بهمن ماه برابر ۲۳/۴ میلیمتر بوده است. که در رده کیفی بسیار ضعیف، گروه A قرار می‌گیرد. در بهمن ماه قسمت اعظم نواحی شامل تمامی ایستگاه‌ها به استثنای میاندشت در وضعیت ضعیف، رده B (۹۰-۱۲۰ میلیمتر) قرار داشته و تنها بخش محدودی پیرامون ایستگاه میاندشت در رده متوسط C (۱۲۰-۱۶۰ میلیمتر) قرار گرفته است.

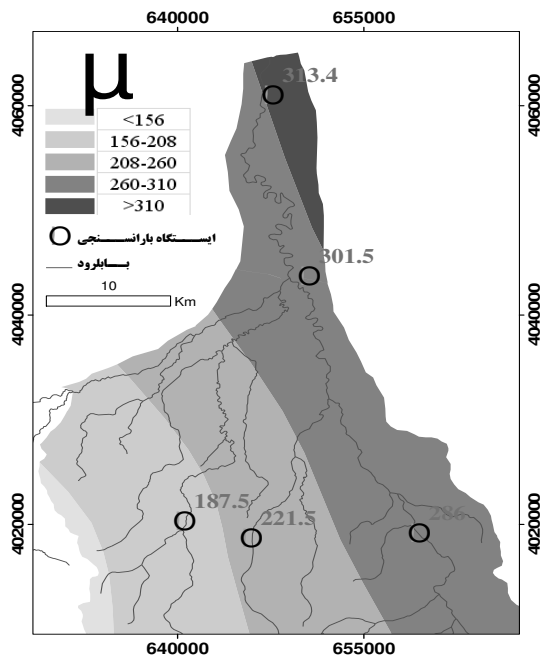
این وضعیت در ایستگاه گلوگاه بندپی ۱۴۰/۹ میلیمتر و ۶۰/۶ میلیمتر و در ایستگاه دیوا، ۱۹۰/۳ و ۴۷/۳ میلیمتر می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین ماهانه و سالانه بارش در ایستگاه‌های حوضه آبخیز بابلرود (دوره شاخص ۶۱-۱۳۶۰ تا ۹۰-۱۳۸۹، بر حسب میلیمتر)

زمان	نام ایستگاه‌ها			
	میاندشت	ادراه بابل	دیوا	قران‌تالار
مهر	۱۲۴/۱	۸۷/۸	۱۰۹/۳	۱۲۷/۵
آبان	۱۲۳/۵	۹۱/۹	۸۲	۹۰/۹
آذر	۱۳۲/۶	۹۸/۶	۸۰/۹	۹۸/۳
دی	۹۱/۴	۶۷/۸	۵۹/۱	۷۰/۷
بهمن	۷۶/۶	۶۳/۲	۶۴/۷	۷۴/۵
اسفند	۵۶/۷	۶۱/۱	۷۷/۳	۸۱/۱
فروردین	۳۶/۲	۴۰/۱	۵۷/۷	۶۳/۷
اردیبهشت	۱۹/۸	۲۸/۴	۶۲/۹	۶۶/۹
خرداد	۱۴/۱	۲۰/۳	۴۷/۳	۵۳/۳
تیر	۲۹	۲۸/۳	۶۱/۷	۶۹/۲
مرداد	۳۴/۸	۲۶	۵۴/۲	۶۴/۳
شهریور	۸۸/۸	۶۳/۴	۹۷/۸	۱۰۰/۴
سالانه	۶۷/۲	۵۶/۴	۷۱/۲	۸۰/۱

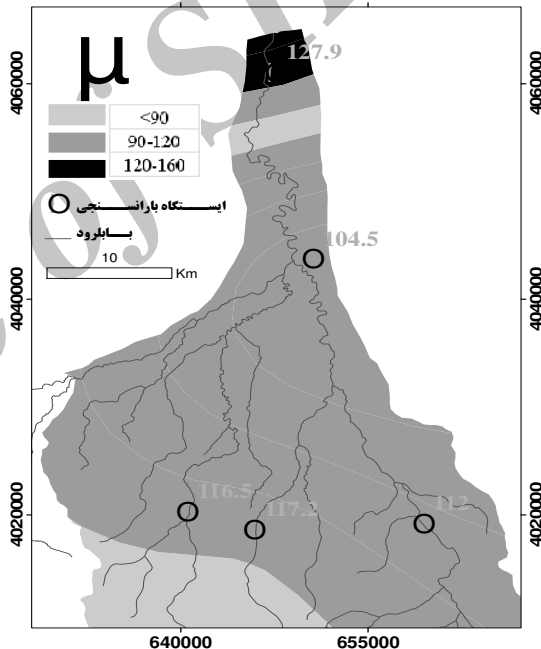
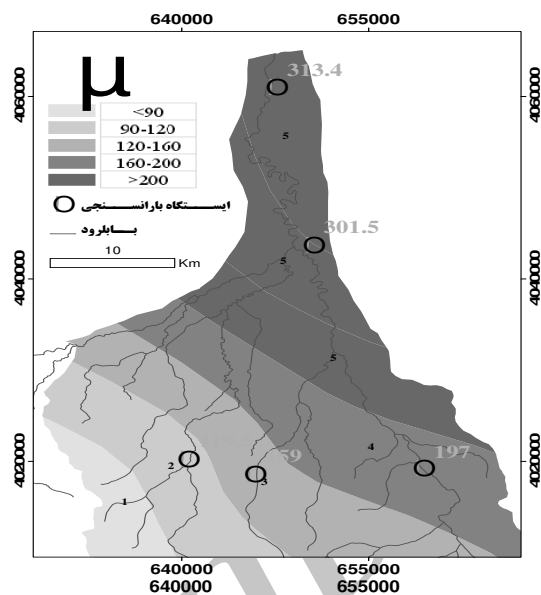
جهت بررسی دامنه تغییرات ماهانه بارش طی دوره شاخص، ابتدا بر اساس میزان بارش و تغییرات آن جدول طبقه‌بندی ماهانه دامنه تغییرات منطقه‌ای تهیه شده است (جدول ۳). بر این اساس بیشترین دامنه تغییرات بارش در آبان ماه و کمترین آن در بهمن ماه بوده است.

شمال به صورت نوارهای منظم NW-SE است (شکل ۳).



شکل ۳- نقشه دامنه تغییرات بارندگی فصل پاییز.

بر اساس طبقه‌بندی منطقه‌ای دامنه تغییرات فصلی بارش در بابلرود (جدول ۴)، بخش‌هایی از جنوب غربی (ایستگاه دیوا) در دامنه تغییرات ۲۰۸-۱۵۶ میلیمتر، رده ضعیف، نواحی پیرامون ایستگاه گلوگاه بندپی در حد متوسط، ایستگاه-های میانی قران تالار و محوطه اداره بابل در حد شدید و ایستگاه میاندشت در قسمت شمالی در حد بسیار شدید (بیشتر از ۳۱۰ میلیمتر) قرار دارد. کمترین دامنه تغییرات به صورت متغیر در فصول زمستان و بهار رخ داده است. ایستگاه‌های قران تالار، محوطه اداره بابل و میاندشت در بهار و ایستگاه گلوگاه بندپی و دیوا در زمستان این وضعیت را دارا هستند.



شکل ۲- نقشه دامنه تغییرات درازمدت ماهانه بارش در حوضه آبخیز بابلرود (حداکثر: آبان (بالا) و حداقل: بهمن (پایین)).

پهنه‌های دامنه تغییرات بارندگی فصلی منطقه نیز تهیه و بررسی شده است. بررسی نقشه چهار فصل مشخص می‌کند؛ پاییز بیشترین دامنه تغییرات بین فصول را دارا است. در این فصل روند تغییر از سمت جنوب شرقی به

جدول ۴- طبقه‌بندی منطقه‌ای دامنه تغییرات فصلی بارش در حوضه بابلرود

گروه	کلاس	حدود دامنه تغییرات (mm)
A	بسیار ضعیف	<۱۵۶
B	ضعیف	۱۵۶-۲۰۸
C	متوسط	۲۶۰-۲۰۸
D	شدید	۳۱۰-۲۶۰
E	بسیار شدید	>۳۱۰

وضعیت بترتیب درایستگاه میانی به ۳۹-۴۳ درصد و نهایتاً در شمال منطقه به حداکثر خود (بیشتر از ۴۳٪) می‌رسد.

درصد بارندگی فصلی، در زمستان ۲۴ تا ۲۸ درصد، در بهار بین ۸ تا ۲۰٪ و در تابستان ۱۷ تا ۲۵ درصد بوده است که در رده طبقه‌بندی A، وضعیت ضعیف (کمتر از ۳۴٪) قرار می‌گیرند.

روند جابه‌جایی پهنه‌های درصد فراوانی بارش در فصل‌های تابستان و بهار کاملاً متضاد با فصل‌های زمستان و پاییز است. همانگونه که در شکل ۴ مشخص است در پاییز و زمستان پهنه از سمت جنوب به شمال افزایش درصد می‌یابند؛ در حالیکه در فصول تابستان و بهار از شمال به جنوب روند افزایشی پهنه‌های درصد بارندگی دیده می‌شود؛ این امر به دلیل قرارگیری ایستگاه‌های جنوبی در حد ارتفاعات است که احتمال بالا بودن نسبی میزان بارش در دوره‌های گرم سال در این ایستگاه‌ها را بدیهی می‌نمایاند.

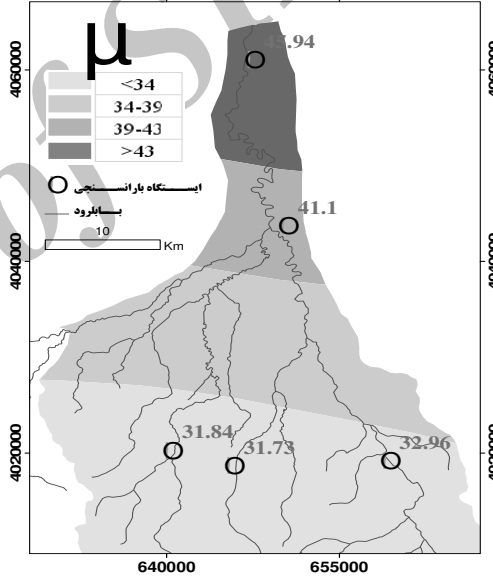
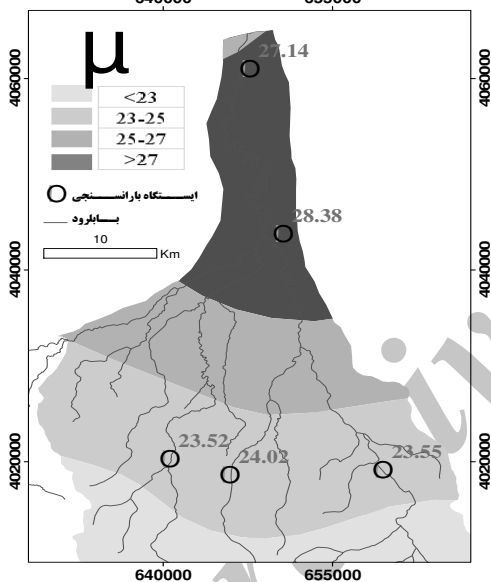
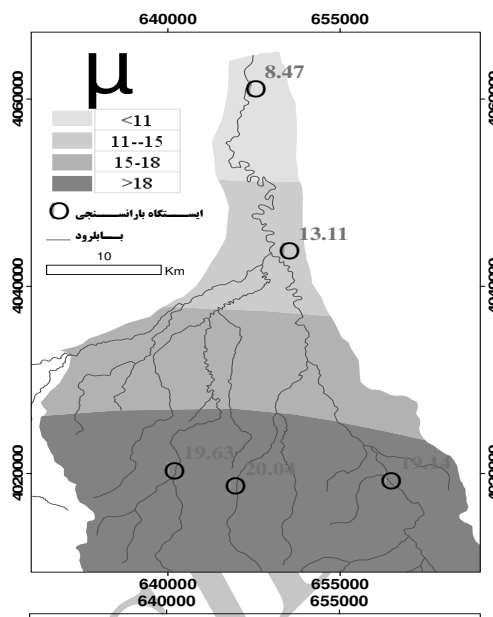
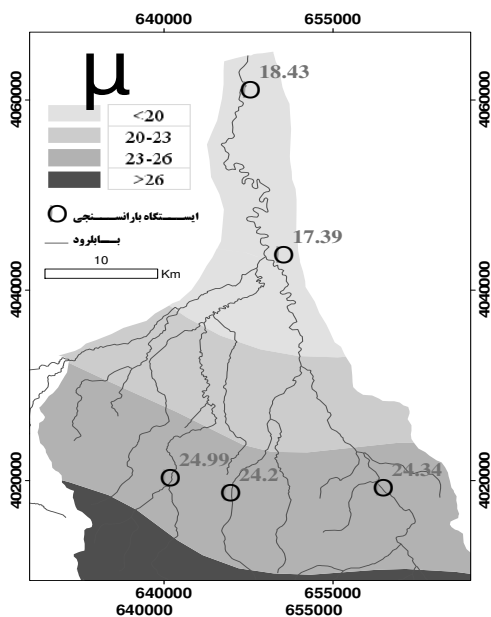
به منظور ارزیابی دقیق درصد بارندگی فصلی، جدول طبقه‌بندی منطقه‌ای درصد بارندگی برای حوضه بابلرود بر اساس آمار دوره شاخص تعریف شده است (جدول ۵). بر این اساس بیشترین درصد بارندگی در تمامی ایستگاه‌ها در فصل پاییز و کمترین آن در فصل بهار بوده است. در این میان ایستگاه میاندشت با ۴۶٪ بارندگی در فصل بهار و ۸۰٪ بارندگی در فصل پاییز کمترین و بیشترین درصد بارندگی را دارا بوده است. این وضعیت در ایستگاه‌های دیگر با میزان متفاوت در فصل پاییز و بهار اتفاق افتاده است.

جدول ۵- طبقه‌بندی منطقه‌ای درصد فصلی بارش در حوضه بابلرود

گروه	کلاس	حدود درصد بارش
A	ضعیف	<۳۴
B	متوسط	۳۴-۳۹
C	شدید	۳۹-۴۳
D	بسیار شدید	>۴۳

بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی درصد بارندگی (شکل ۴)، در فصل پاییز که بیشترین سهم بارندگی فصلی را به خود اختصاص داده؛ سه ایستگاه جنوبی در پهنه کمترین درصد بارش (کمتر از ۴۳٪) قرار داشته؛ به سمت شمال





شکل ۴-ب- نقشه‌های درصد بارندگی در فصول مختلف در حوضه بابلرود (بترتیب پاییز و زمستان)

شکل ۴-الف- نقشه‌های درصد بارندگی در فصول مختلف در حوضه بابلرود (بترتیب بهار و تابستان)

نظیر آنچه که در ایستگاه میاندشت دیده می‌شود. بر اساس مطالعات شادپور آغاز تکوین این هسته پرفشار هوا در مرکز آن تا ۱۰۳۵ میلی‌بار می‌رسد و از اوایل پاییز شروع شده و در اوایل دی ماه حداکثر گسترش و تأثیر خود را در داخل ایران بالاخص نواحی شمالی را دارد. در این بازه زمانی جبهه پرفشار هوایی خشک و سرد و فاقد باران حاصل از تشعشع شدید

درصد بارندگی بترتیب از پاییز به زمستان به تابستان و بهار کاهش می‌یابد. حداکثر بودن درصد بارندگی در دوره‌های سرد سال به دلیل ورود توده سرد سیبری و پیشروی آن به منطقه است. تأثیر این توده در نواحی ساحلی دریای خزر به خوبی محسوس است.

(SST) با بارش در برخی از ایستگاه‌های شمالی نظیر نوشهر، بابلسر، بندر انزلی، گرگان، گنبد قابوس و آستارا نشان داد که وقوع شرایط گرم در دمای سطح آب دریا، عموماً موجب کاهش ۲۰ درصدی مقدار بارش زمستانه در سواحل شرقی و غربی دریای خزر شده؛ در سواحل مرکزی این نواحی تغییری دیده نمی‌شود. سرد شدن بیش از معمول دمای سطح آب دریا خزر، منجر به افزایش بارش زمستانه در ناحیه غربی و مرکزی استان‌های شمالی شده است و تأثیر آن بر بارش زمستانه بیش از اثر کاهنده دوره گرم بر بارش است. گرم شدن بیش از معمول دمای سطح آب دریای خزر و نیز سرد شدن آن در فصل زمستان موجب افزایش بارش بهاره در اغلب نواحی ساحلی دریای خزر می‌گردد. افزایش بارش و شرایط مناسب برای ذوب برف، احتمال وقوع سیل‌های بهاره افزایش می‌یابد. نتیجتاً، وقوع دوره سرد دمای سطح آب دریا، باعث افزایش بارش زمستانه و بهاره، افزایش منابع آبی و همچنین خطر سیل در این نوار ساحلی خزر (خصوصاً ناحیه غربی) می‌شود. احتمال وقوع ترسالی بهاره در دوران سرد دمای زمستانه دریای خزر، حدود ۵۰ درصد است؛ این احتمال در دوران گرم دریا، بیش از سایر دوران است.

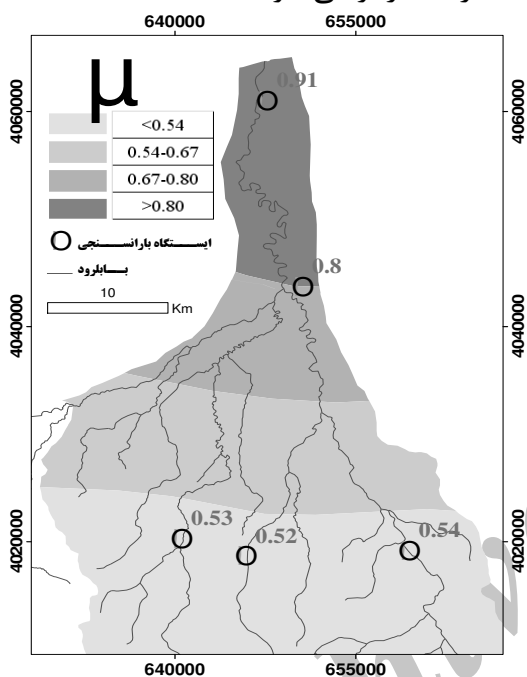
از سوی دیگر، سرد و گرم شدن بیش از معمول دمای سطح آب دریا خزر، توده پرفشار سیبری را بترتیب قوی‌تر و ضعیف‌تر از میانگین دراز مدت فشار می‌کند؛ بنابراین تغییر دوره دمای سطح آب دریای خزر نمایشگر وضعیت پرفشار سیبری بوده و می‌تواند شاخصی از حرکت عمومی جو در بخشی وسیعی از نیمکره شمالی

زمین، به نام آنتی‌سیکلون سیبری که از مناطق خشک کلاهدک قطبی سرچشمه گرفته؛ پس از گسترش به اطراف از شمال کشور وارد فضای ایران می‌شود. در اثر برخورد این توده با توده هوای مدیترانه‌ای که از غرب وارد ایران می‌گردد؛ جبهه‌های گسترده‌ای بوجود می‌آید که نزولات سنگین برف در ارتفاعات و بارندگی در دشت را باعث می‌شود. میزان بارندگی به وضعیت قرارگیری مراکز کم‌فشار، مقدار فشار مرکزی، گرادیان فشار، گرادیان دما و همچنین ناهمواری‌های زمین بستگی دارد. از اینرو توده‌های قطبی قاره‌ای، با عبور از دریای خزر ضمن جذب رطوبت و گرما، ناپایدار شده و موجب افزایش ریزش‌های قابل‌ملاحظه بویژه در فصل پاییز (بدلیل اختلاف زیاد دمای آب با دمای هوا) در استان‌های شمالی می‌شود. بارندگی به دلیل طولانی بودن مسیر حرکت توده‌ها بر دریای خزر، در غرب استان بیش از سایر قسمت‌های استان است. این جریان از اواخر پاییز تا اوایل بهار بر شمال‌شرق کشور تأثیر دارد.

خزر بزرگترین دریاچه جهان با محدوده زهکشی، حدود ۳/۵ میلیون کیلومتر مربع، با طول ۲۵۰۰ کیلومتر (از عرض جغرافیایی ۳۵ الی ۶۰ درجه شمالی) و عرض حدود هزار کیلومتر (از طول جغرافیایی ۴۰ تا ۶۰ درجه شرقی) است. سطح آب دریای خزر به طور متوسط ۲۸ متر پایین‌تر از سطح آزاد آب‌های جهان قرار گرفته و هیچگونه راه خروجی از حوضه وجود ندارد (۱۰).

نتایج مطالعه Nazemossadat (2005) در مورد بررسی ارتباط دمای سطح آب دریای خزر

پهنه‌های ضریب سالانه تغییرات بارش با روند افزایشی از جنوب به شمال با امتداد افقی تغییر می‌کند؛ به نحوی که در بخش جنوبی، میزان تغییرات کمتر از ۵۳ درصد، ایستگاه میانی ۶۷-۸۰٪ و در میاندشت بیش از ۸۰٪ است. بیشترین سطح حوضه بابلرود را پهنه کمتر از ۵۰ درصد در بر می‌گیرد.



شکل ۵- نقشه ضریب تغییرات سالانه بارش در حوضه بابلرود.

### بحث و نتیجه‌گیری

بررسی بارش در ۵ ایستگاه بارانسنجی حوضه بابلرود نشان می‌دهد؛ بر اساس متوسط دراز مدت سالانه بارندگی، میزان بارش در نواحی ارتفاعی حوضه بیش از نواحی مسطح دشت است. روند کاهش بارش در ارتفاعات شرقی- غربی و در دشت شمالی- جنوبی است. متوسط درازمدت ماهانه بارش، نشانگر حداکثر و حداقل همگنی توزیع بارش، بترتیب در ایستگاه ارتفاعی دیوا و ایستگاه دشتی میاندشت بوده است. گرچه نزول حداکثر بارش در نواحی

بخصوص غرب آسیا باشد. در دوره سرد دمای سطح آب دریای خزر؛ زبانه پرفشار سیبری<sup>۱</sup> در جنوب روسیه مستقر می‌شود. استقرار این ناحیه پرفشار در نواحی جنوبی روسیه موجب شده تا هوای سرد سطحی از طریق استان‌های آذربایجان، اردبیل و کردستان به سوی قسمت‌های داخلی ایران نفوذ نماید. در دوره گرم دریای خزر این زبانه ضعیف‌تر شده و نفوذ هوای سرد شمالی به داخل ایران بسیار محدود می‌شود (۱۲). همچنین تأثیر توده‌های عرض‌های میانی که از اروپای مرکزی و دریای سیاه گذشته و از نواحی شمال غرب کشور وارد ایران می‌شوند؛ را نبایستی از نظر دور کرد. این توده، اکثر نواحی شمال ایران (آذربایجان تا خراسان) را پوشش داده و در زمستان بارش‌های نسبتاً خوبی را در کشور باعث می‌شود (۱).

اندک بارش دوره‌های تابستان و بهار (دوره‌های گرم سال) به دلیل ناپایداری‌های حاصل از توده‌های پرفشار اطلس شمالی است. این توده جریانات سطحی رطوبتی دریای خزر و دریای سیاه را از اروپای غربی وارد ایران شده و بارانهای موسمی اواخر بهار و اوایل تابستان را فراهم می‌آورد. ضریب تغییرات سالانه بارش، نظم‌پذیری و یا عدم نظم‌پذیری بارش در حوضه را نشان می‌دهد. چنانچه اگر ضریب تغییرات کمتر از ۴۰ درصد باشد رژیم بارش منظم و اگر بالاتر از ۴۰ درصد باشد؛ نشانگر عدم نظم‌پذیری بارش است. ضریب تغییرات تمامی ایستگاه‌ها در حوضه بابلرود بیش از ۴۰ است؛ لذا بارش در این حوضه رژیم نامنظم دارد.

<sup>1</sup> Ridge

متغیر حداقل این وضعیت را طی دوره شاخص داشته‌اند. درصد بارندگی نیز بترتیب از پاییز به زمستان به تابستان و بهار کاهش می‌یابد. روند افزایشی پهنه‌های درصد فراوانی بارش، در فصول بهار و تابستان از شمال به جنوب کاملاً متضاد با فصول زمستان و پاییز بوده است. رژیم نامنظم بارش منطقه، بر اساس ضریب تغییرات درازمدت سالانه بالاتر از ۴۰ درصد، کاملاً مغایر با ضریب تغییرات سالانه بارش ناحیه خزری (۱۸٪) است (۵)؛ از اینرو ناهنجاری غیر قابل- قبول محسوب می‌شود.

ارتفاعی حوضه، آذر ماه و در نواحی دشت، مهر ماه بوده؛ حداقل مقدار آن، در تمامی ایستگاه‌ها در خرداد ماه مشاهده شده است. از اینرو رخداد حداقل بارندگی فصلی در طی فصول بهار و تابستان، با وجود غالب بودن کشاورزی آبی (برنج) در حوضه بابلرود، از معضلات اصلی کشاورزان منطقه است. روند پهنه‌های هم‌میزان دامنه تغییرات ماهانه و فصلی بارش عمدتاً جنوب‌شرقی به شمال‌غربی بوده است. لذا ایستگاه‌های ارتفاعی دامنه تغییرات کمتری نسبت به ایستگاه دشتی داشته‌اند. پاییز حداکثر دامنه تغییرات فصلی و بهار و زمستان بصورت

#### References:

- 1-Alizadeh, A., 2010. Principles of Applied Hydrology, Emam Reza University Publishers, 911 pp.
- 2-Asakere, H., 1999. Application of Kriging Method to Interpolation of precipitation data. Development and Geography Journal(12):12-21.
- 3-Badie, R., 1999. Detailed geography of Iran, Tehran University Publishers, Vol. 1, 272pp.
- 4-Ghohroudi Tali, M., 2002. Evaluation of the kriging interpolation, Geographical Researchs Journal(43):95-108.
- 5-Gourabi, B.R., S. Fahrahi, 2010. The Zoning of Precipitation changes in Anzali Wetland, Natural Ecosystems of Iran(1): 9-17.
- 6-Hasani pak, A. A., 1998. Geostatistics, Tehran University Publishers, 180pp.
- 7-Issaks E.H., R.M. Srinivasta, 1989, Applied Geostatistics, Oxford University Press: Oxford, 201 pp.
- 8-Kamali, Q.A., A.A. Sarafraz, 2000. Assesment Precipitation changes in Mashhad, Geographical Researchs Journal(58):185-199.
- 9-Khairi, H., 2009. Groundwater monitoring network optimization using geostatistical methods (case study: Qaemshahr-Joybar plain), Mazandaran Regional Water Company , 83 pp.
- 10-Kilge, R.M., M.S. Myagkoy, 1992. Changes in the water regime of the Caspian Sea, GeoJournal(27): 299-307.
- 11-Madani, H., 1998. Principles of Geostatistics, Amir-Kabir University Publishers, 659 pp.
- 12-Nazemosadat, M.J., A.R. Ghasemi, 2004. Quantifying the ENSO related shifts in the intensity and probability of drought and wet periods in Iran, Climate 15: 4005-4018.
- 13-Nazemosadat, M.J., A. Shirvani, 2005. Forecast of Winter Precipitation of South Iran by Persian Gulf SEA Surface Temperature, Scientific-Agriculture magazine(29): 2: pp 65-77.

- 14-Noel A. C. Cressie, 1991. Statistics for Spatial Data, A. Wiley-Interscience Publication, A. G. Journal and CH. J. Huijbergts "Mining Geostatistics", Academic Press, 900 pp.
- 15-SazabShargh Consulting Engineering, 2010. Integrating Studies of Water Resources, VOL. 3, No. 1(Climatology Report):304 pp.
- 16-SazabShargh Consulting Engineering, 2010. Integrating Studies of Water Resources, VOL. 3, No. 2(Hydrology Report):200 pp.
- 17-Tabios, G.Q., J.D. Salas, 1985. A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation, Water Resources Bulletin 21:365-380.
- 18-Web site of Municipal Kojour, 2011. Climate Studies report, 7pp.

Archive of SID