



## Modifying Annual Precipitation Mean in Iran Concerning the Effects of Heteroscedasticity; Part 2: Catchment Spatial Scale

S. Safikhani<sup>1</sup> and A. Holisaz<sup>2\*</sup>

### Abstract

Iran is a very rugged country with a fairly high variation of climate. These different climates can affect the heteroscedasticity of precipitation data. Because, precipitation is a missing variable in heteroscedastic. To investigate the spatial and seasonal variation of heteroscedasticity in this study, building on the catchment scale and investigating the precipitation data from 146 synoptic stations -the effect of heteroscedasticity on mean precipitation was investigated by the Levene test. The results show that precipitation data on the catchment scale are also heteroscedastic. Also, the current network of synoptic stations cannot help decrease heteroscedasticity in precipitation data on the catchment scale. The most heteroscedasticity and homoscedasticity are located in the Mazandaran Sea and the Central Plateau catchments. Hence, heteroscedasticity of precipitation data challenges the efficiency of mean precipitation on the catchment scale, like the climatic zoning scale. Therefore, to achieve an efficient mean of annual precipitation in the country, it is necessary to do practice to enhance the calculated mean precipitation, by avoiding calculating the mean precipitation in the 2<sup>nd</sup> grade catchment and climatic regions. Also, heteroscedasticity is reduced by determining the cause of heteroscedasticity of precipitation data errors and the selection of the best model that can consider the heteroscedasticity on the small catchment scale (3, 4, 5, 6 and 7 grades).

**Keywords:** Homoscedasticity, Inequality of Error Variance, Levene's Test, Precipitation.

Received: February 8, 2022

Accepted: May 17, 2022

## کاهش اثر ناهم‌واریابی در محاسبه میانگین بارش سالانه ایران؛ بخش دوم: مقیاس مکانی حوزه آبخیز

ساجده صفی‌خوانی<sup>۱</sup> و ارشک حلی‌ساز<sup>۲\*</sup>

### چکیده

ایران کشوری ناهموار با تنوع اقلیمی بسیار زیاد است. این اقلیم‌های مختلف بر ناهم‌واریابی داده‌های بارش تأثیر دارند، زیرا رفتارهای بی‌قاعده‌ی بارش باعث ایجاد ناهم‌واریابی می‌شوند و بارش متغیری گم‌شده در ناهم‌واریابی است. بنابراین در این پژوهش با مینا قراردادن مقیاس مکانی حوزه‌ی آبخیز و بررسی داده‌های بارش ۱۴۶ ایستگاه همدید، اثر ناهم‌واریابی بر میانگین بارش کشور در مقیاس زمانی فصلی از طریق آزمون لوین مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که داده‌های بارش در مقیاس حوزه‌ی آبخیز نیز ناهم‌واریانس هستند و اثرگذاری مفهوم ناهم‌واریابی بر داده‌های بارش را می‌توان به‌وضوح در حوزه‌های آبخیز دریای مازندران و فلات مرکزی مشاهده کرد. به‌طوری که هم‌واریانس‌ترین و ناهم‌واریانس‌ترین زیرحوزه‌ها در هر چهار مقیاس زمانی، در این دو حوزه‌ی آبخیز قرار دارند. حتی وجود تناسب در پراکنش و توزیع ایستگاه‌های همدید، باز نتوانسته است از بروز ناهم‌واریابی در داده‌های بارش این دو حوزه‌ی آبخیز جلوگیری کند. بنابراین ناهم‌واریابی داده‌های بارش، کاربرد مفهوم میانگین در مقیاس مکانی حوزه‌ی آبخیز را نیز همانند مقیاس مکانی نواحی اقلیمی به چالش می‌کشد. برای نیل به میانگینی کارآ از بارش سالانه کشور لازم است از محاسبه‌ی میانگین بارش در هر دو مقیاس مکانی نواحی اقلیمی و حوزه‌ی آبخیز درجه دو پرهیز کرد. در مرحله‌ی بعدی نیز با تعیین علت ناهم‌واریابی خطاهای داده‌های بارش و انتخاب بهترین مدل یا مدل‌هایی که می‌توانند ناهم‌واریابی داده‌های بارش را در مقیاس حوزه‌های آبخیز درجه‌های ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ در نظر بگیرند، اثر ناهم‌واریابی داده‌های بارش کشور را کاهش داد.

**کلمات کلیدی:** هم‌واریابی، نابرابری واریانس خطاهای آزمون لوین، بارش.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۱۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۲/۲۷

1- Ph.D. Student of Watershed Management Science and Engineering, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. Email: safikhany@yahoo.com  
2- Assistant Professor, Watershed Management Science and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: holisaz@hormozgan.ac.ir

\*- Corresponding Author

Dor: [20.1001.1.17352347.1401.18.1.13.1](https://doi.org/10.1001.1.17352347.1401.18.1.13.1)

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری- دانشگاه هرمزگان.

۲- استادیار علوم و مهندسی آبخیزداری- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

\*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان تابستان ۱۴۰۱ امکانپذیر است.



و توزیع داده‌های بارش آن منطقه را ارائه دهد (Holisaz and Safikhani, 2020). چنانچه (Safikhani, 2020) درخصوص بارش متوسط کشورهای خشک آفریقایی این ادعا را دارند که شاخص‌های نما و میانه نسبت به شاخص میانگین برای بررسی بارش نرمال برتری دارند (Paepe et al., 1990). یا مطالعه موردی (Holisaz and Safikhani, 2020) که نشان دادند تکیه بر «عدد میانگین بارش» و کاربرد «شاخص میانگین» به‌عنوان معیار ایده‌آل شناخت بارش برای نیل به مدیریت بهتر منابع آب، نمی‌تواند شناخت کاملی از وضعیت بارش و توزیع داده‌های بارش را در ایران ارائه دهد و منجر به اخذ تصمیمات نادرست مدیریتی، سیاست‌ها، پیش‌بینی و حتی آموزشی مرتبط با منابع آب در این کشور می‌شود. چراکه کاربرد شاخص میانگین برای بیان میزان بارش کشور، مستلزم هم‌واریانس<sup>۷</sup> بودن داده‌های بارش است و زمانی می‌توان از این شاخص در تحلیل‌ها و مطالعات استفاده کرد که مجموعه داده‌های بارش، تمامی فرضیات هم‌واریانسی را داشته‌باشند. درحالی‌که بیش‌تر نواحی اقلیمی کشور ایران با پدیده ناهم‌واریانسی<sup>۸</sup> روبه‌رو هستند که محاسبه و کارایی میانگین بارش در پهنه سرزمینی ایران را به چالش می‌کشد و باعث بروز خطا در تخمین بارش سالانه و بروز مشکل در مدیریت منابع آب می‌شود (Holisaz and Safikhani, 2020).

علی‌رغم ارزشمندی مطالعه (Holisaz and Safikhani, 2020) اما ممکن است که مطالعه‌ی ناهم‌واریانسی داده‌های بارش از منظرهای متفاوتی مورد انتقاد قرار گیرند. نخستین این انتقادها انتخاب نواحی اقلیمی به‌عنوان مقیاس مکانی مطالعه ناهم‌واریانسی داده‌های بارش است.

در حقیقت، یکی از دلایل افزایش ناهم‌واریانسی، اندازه‌گیری در مقیاس‌های اشتباه است (Downs and Rocke, 1979) و اقلیم دستگاهی<sup>۹</sup> مقیاس‌مند است و هریک از اجزای سازنده‌ی آن بُرد<sup>۱۰</sup> (دامنه مکانی) و بازه‌ی (دامنه زمانی) معینی دارند (Masoodian, 2012). لذا با این‌که پهنه‌بندی اقلیمی مسعودیان نسبت به سایر پهنه‌بندی‌های اقلیمی ارجحیت بیشتری برای بررسی ناهم‌واریانسی داده‌های بارش دارد (Holisaz and Safikhani, 2020) اما اقلیم هر قلمرو جغرافیایی، گذشته از شرایط جوی به وضعیت آب‌شناختی، زمین‌شناختی و بوم‌شناختی نیز بستگی دارد (Masoodian, 2012). به‌عبارتی ساده‌تر، اقلیم دستگاه بسیار بزرگی است که از ارتباط متقابل هوا سپهر<sup>۱۱</sup>، آب سپهر<sup>۱۲</sup>، یخ سپهر<sup>۱۳</sup>، سنگ سپهر<sup>۱۴</sup> و زیست‌سپهر<sup>۱۵</sup> پدید می‌آید و هرگونه تغییر در یکی از این دستگاه‌ها باعث می‌شود که سایر دستگاه‌ها نیز به سرعت یا به آرامی تغییر یابند (Masoodian and Kavyani, 2008). بنابراین از نظر منتقدان، این متفاوت بودن اقلیم‌ها

نقش آب در توسعه ملی و ارزش اقتصادی آن در بازارهای منطقه، لزوم توجه به اهمیت بارش و تأثیری که بر مدیریت منابع آب دارد را بیش‌تر کرده است. در واقع، با بررسی نحوه رفتار و احتمال وقوع بارش است که می‌توان مؤلفه‌های اثرگذار در برنامه‌ریزی، مدیریت بهتر و استفاده بهینه از منابع آب را مشخص کرد. در واقع، بحران آب، مهم‌ترین مسأله‌ای است که جهان امروز با آن روبه‌رو است (Newton, 2016) و در این میان، کشور ایران نسبت به سایر کشورهای منطقه خاورمیانه، بحران آب را به‌طور جدی تجربه کرده است (Madani, 2014)، به‌طوری‌که چندین دهه است که موضوع بحران آب در کشور مورد بحث جوامع و محافل مختلف علمی قرار دارد و برنامه‌های متنوع و متعددی در زمینه مقابله با بحران آبی و ایجاد مدیریت یکپارچه منابع آب در کشور تدوین شده است (Ansari, 2017). شکی نیست که کمبود آب در درجه اول به شرایط آب و هوایی و تغییرات مربوط به پدیده بارش بستگی دارد (Newton, 2016) و بارش باران به‌عنوان عامل اصلی چرخه هیدرولوژی، نقش مهمی را در مدیریت منابع آب ایفا می‌کند (Massari et al., 2020). بنابراین آگاهی از چگونگی روند تغییرات بارش و میزان آن مبنای بسیاری از تصمیمات مهم مدیریتی است و شناخت رفتار بارش و تحلیل پراکندگی بارش، اهمیت زیادی در برنامه‌ریزی‌های جامع مدیریت منابع آب دارد (Holisaz and Safikhani, 2020).

در حقیقت، نوع نگاه به چگونگی تحلیل بارش، به‌خصوص توزیع آن است که روش‌های تحلیل منابع آب را به شکل فنی تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا، نخست و پیش از هر چیز، تسری روش‌شناسی شناخت بارش در طول زنجیره مدیریت منابع آب ادامه پیدا می‌کند و تبدیل به تعیین‌کننده اثرگذار بر ساختار بررسی مدیریت منابع آب می‌شود. از این روست که اثرگذاری «عدد میانگین بارش» و «روش محاسبه» آن، امری ایستا نیست و به‌شدت تحلیل‌های منابع آب و مقادیر عددی مرتبط با آن را متأثر می‌کند (Ibid).

علی‌رغم این‌که در سال‌های اخیر پایگاه‌های داده‌ای مانند پایگاه داده ملی اسفزاری،<sup>1</sup> GPCC،<sup>2</sup> GPCP،<sup>3</sup> CMAP،<sup>4</sup> TRMM،<sup>5</sup> PERSIANN و<sup>6</sup> APHRODITE دسترسی به داده‌های عناصر اقلیمی را آسان‌تر کرده‌اند و با استفاده از منابع مختلف داده‌های بارش را جمع‌آوری کرده و برآوردهایی دقیق‌تری از بارش را نسبت به گذشته از بارش ارائه می‌دهند اما باید توجه کرد که این پایگاه‌های داده‌ای نیز بر کاربرد شاخص میانگین تمرکز دارد. حال آن‌که کاربرد شاخص میانگین در بعضی از مناطق نمی‌تواند شناخت کاملی از وضعیت بارش

است که باعث ایجاد خطا در اندازه‌گیری و بروز پدیده ناهم‌واریانسی در داده‌های بارش شده است و بررسی میزان ناهم‌واریانسی داده‌های بارش مستلزم انتخاب مقیاس مکانی دیگری است که درک صحیح‌تری را نسبت به نواحی اقلیمی از پدیده بارش ارائه دهد. بنابراین در این پژوهش با این فرض که آن‌کا به شاخص میانگین و کاربرد آن در مقیاس مکانی حوزه‌های آبخیز درجه دو نسبت به نواحی اقلیمی راه‌کار مناسب‌تری برای کاهش ناهم‌واریانسی داده‌های بارش است، تلاش می‌شود ضمن پاسخ به نقدهای وارد شده، چگونگی اتخاذ چارچوب روش‌شناسی مدون برای محاسبه میانگین بارش ایران به‌منظور تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی برای تحقق مدیریت جامع منابع آب در واحدهای همگن آب‌شناختی حوزه‌های آبخیز مورد بررسی قرار گیرد.

## ۲- مواد و روش‌ها

تحقق مدیریت جامع منابع آب مستلزم انتخاب واحدهای همگن آب‌شناختی است (Holisaz and Safikhani, 2020) و مقیاس مکانی آبخیز نسبت به بسیاری از مقیاس‌های دیگر علوم محیطی از قطعیت و چارچوبی محکم در تعریف برخوردار است. در واقع، با این که مقیاس مکانی حوزه آبخیز تعریفی مکانیکی و فیزیکی دارد اما تحدید مکانی آن تنها بر حسب فیزیک و مکانیک نیست، بلکه مقیاس مکانی آبخیز به‌عنوان مفهومی مرتبط با شرایط زیستی است و مجموعه‌ای از عوامل زیستی مرتبط با ساختار طبیعت را نیز نشان می‌دهد (Holisaz, 2010). لذا بخش زیادی از مطالعات و مدیریت منابع آب با انتخاب حوزه آبخیز به‌عنوان یک مرز برای تعیین حدود حاکمیت و اعمال سیاست‌های محیط‌زیستی حکومت مورد توجه قرار می‌گیرد. در این پژوهش نیز حوزه آبخیز به‌عنوان مقیاس مکانی مطالعه هم‌واریانسی و ناهم‌واریانسی داده‌های بارش انتخاب شده است.

بعد از انتخاب حوزه‌های آبخیز درجه ۲ به‌عنوان مقیاس مکانی مورد مطالعه، مقیاس زمانی مطالعه‌ی ناهم‌واریانسی نیز باید مشخص گردد و از آن‌جایی که رژیم بارش نماینده توزیع نسبی بارش در بین ماه‌ها یا فصول مختلف سال است و نسبت به مقدار بارش از ثبات و پایایی زمانی و مکانی بیش‌تری برخوردار است و رژیم بارش هر ناحیه را الگوهای هم‌بندی نسبتاً ثابتی که تأمین‌کننده بارش آن ناحیه هستند، ایجاد می‌کند (Masoodian, 2012) لذا مقیاس فصلی به‌عنوان دامنه زمانی بررسی ناهم‌واریانسی در هر حوزه آبخیز انتخاب گردید.

در مرحله بعدی با استفاده از نقشه‌ی قلمرو حاکمیت رژیم‌های بارش ارائه‌شده توسط (Masoodian, 2005)، رژیم‌های بارشی حاکم در هر

حوزه آبخیز و تمامی ایستگاه‌های هم‌دید مشخص گردید و براساس سهم توزیع بارش در ماه‌ها و فصل‌های مختلف که از پژوهش‌های (Masoodian, 2005)، (Masoodian and Ataei, 2005)، (Masoodian, 2009) و (Movahedi et al., 2012) استخراج شد، داده‌های بارش ماهانه هر ایستگاه در چهار فصل پربارش، نیمه پربارش، پیش بارش و کم بارش طبقه‌بندی شد.

فصل پربارش، بیش‌ترین نسبت بارش سالانه را دارد و شامل ماه‌هایی است که بیش‌ترین تمرکز بارندگی را دارند. به‌عبارتی این فصل از ماه‌هایی تشکیل شده‌است که پربارش‌ترین ماه‌های سال تلقی می‌شوند. نیمه پربارش، بعد از فصل پربارش، بیش‌ترین درصد بارش را به خود اختصاص داده است و فصل پیش بارش بارشی بیش از فصل کم بارش و کمتر از فصل نیمه پربارش را دارد. فصل کم بارش، کم‌ترین مقدار بارش سالانه را دارد و حتی ممکن است صفر نیز باشد (Masoodian, 2003; 2005; 2009; 2012; Masoodian and Ataei, 2005).

لازم به‌ذکر است در این پژوهش از داده‌های بارش ۱۴۶ ایستگاه هم‌دید با طول آماری ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۴ استفاده شده است و از آن‌جایی که تمامی ایستگاه‌هایی که در هر حوزه آبخیز قرار دارند رژیم بارشی یکسانی ندارند، لذا بین ایستگاه‌های موجود نیز آزمون لوین انجام شد. در شکل ۱ و جدول‌های ۱ و ۲ نحوه پراکنش و تعداد ایستگاه‌های هم‌دید در هر حوزه آبخیز و خصوصیات حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه نشان داده شده است.

## ۲-۱- هم‌واریانسی و ناهم‌واریانسی

در مدل‌های رگرسیونی فرض می‌شود که برای هر مقدار ثابت  $X_i$ ، مقادیر مختلف خطاها هم‌دیگر را خنثی می‌کنند و میانگین آن‌ها برابر صفر است. هیچ‌گونه همبستگی خطی بین جملات خطا وجود ندارد ( $\sum u_i = 0$ ) (Shams and Mahdian, 2015) و خطاها از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند و واریانس خطاها برای همه مشاهدات ثابت و برابر  $\sigma^2$  است (Gelfand, 2015). جود تمامی این پیش‌فرض‌ها در مدل رگرسیونی، هم‌واریانسی (یا واریانس ثابت<sup>۶</sup>) نام دارد (Downs and Rocke, 1979).

هنگامی که واریانس خطاها در سرتاسر مشاهدات متفاوت باشند، پدیده ناهم‌واریانسی رخ می‌دهد. به‌عبارتی با تغییر مقادیر  $X$ ، مقادیر واریانس خطاها ثابت نیستند و پراکنده‌گی خطا از مشاهده‌ای به مشاهده‌ای دیگر تغییر می‌کند (Shams and Mahdian, 2015) و در این حالت،

فرضیات مدل رگرسیونی نقض می‌شود (Downs and Rocke, 1979) و هیچ کدام از مجموعه داده‌ها هم واریانسی ندارند (Glen, 2017).  
 ناهم‌واریانسی یا نابرابری واریانس خطاها، مفهومی مخالف هم‌واریانسی دارد (Gelfand, 2015).

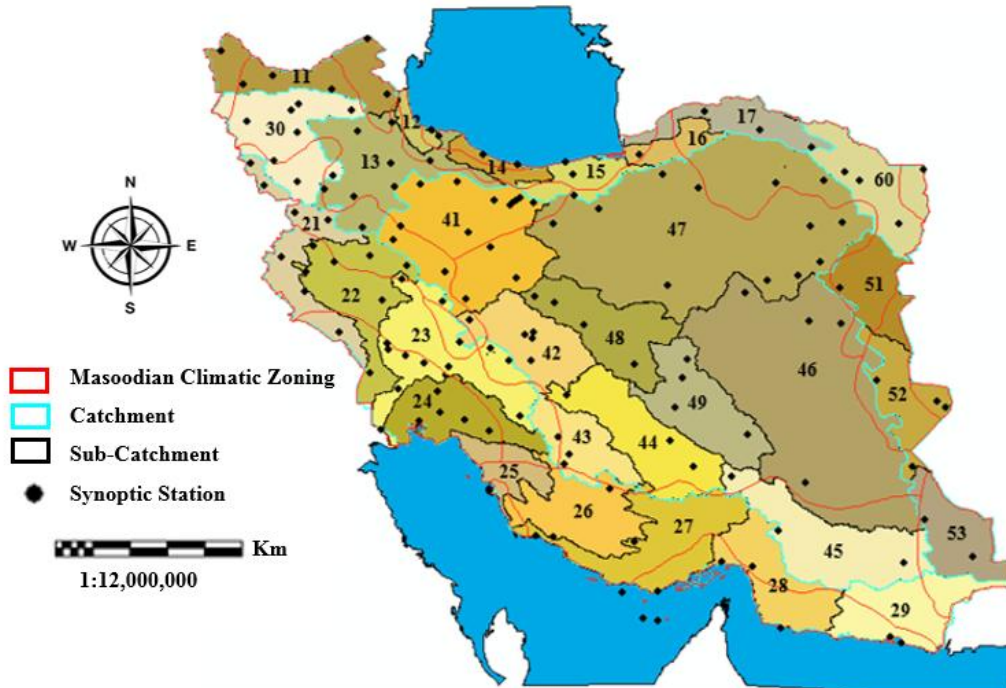


Fig. 1- Spatial distribution of synoptic stations in Masoodian climatic zoning and in catchments  
 شکل ۱- نقشه پراکنش ایستگاه‌های همدید در پهنه‌بندی اقلیمی مسعودیان و حوزه‌های آبخیز

Table 1- Selected characteristics of the study catchments

جدول ۱- خصوصیات حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه

Catchment	Row	Sub-Catchment	Code	Area (Km <sup>2</sup> )	Masoodian Climatic Zoning	Precipitation Regime
Mazandaran Sea	1	Aras River	11	39778/8	Azari, Makouiee, Moghani	Azari
	2	Talesh Rivers-Anzali wetland	12	7036/3	Caspian Coastal, Caspian Sub-Coastal, Azari	Azari, Khazari
	3	Sefid-Rud	13	59194/1	Moghani, Azari, Eastern Zagros, Caspian Coastal, Caspian Sub-Coastal	Azari, Khazari, Kordi
	4	Rivers between Sefid-Rud and Haraz	14	10893/4	Caspian Coastal, Caspian Sub-Coastal, Azari	Azari, Khazari
	5	Haraz Rivers and Rivers between Haraz and Qarasu	15	18774/9	Caspian Sub-Coastal, Azari, Central Iran	Azari, Khazari, Kordi, Western Khorasani
	6	Qarasu and Gorgan Rivers	16	12986/9	Caspian Sub-Coastal, Azari, Central Iran	Western Khorasani, Khazari
	7	Atrak River	17	26395/7	Caspian Sub-Coastal, Azari, Central Iran	Eastern Khorasani, Western Khorasani, Khazari
	1	West boundary Rivers	21	39297/8	Kkouzi, Eastern Zagros, Western Zagros, Azari	Kordi, Kkouzi

Persian Gulf and Oman Sea	2	Karkheh River	22	51912/3	Kkouzi, Eastern Zagros, Western Zagros	Kordi, Kkouzi
	3	Great Karun River	23	66675/9	Kkouzi, Central Iran, Eastern Zagros, Western Zagros, Zagros Highland	Kordi, Kkouzi, Southern Middle
	4	Jarahi Hendijan Rivers	24	40820/8	Kkouzi, Western Zagros	Southern Middle, Farsi, Kkouzi
	5	Helleh River	25	21309/1	Kkouzi, Western Zagros, Southern Coastal, Southern Sub-Coastal	Farsi, Kkouzi
	6	Mand River	26	47820	Western Zagros, Central Iran, Southern Coastal, Southern Sub-Coastal	Farsi, Southern Middle
	7	Mehran-Kal Rivers	27	62895/8	Southern Coastal, Southern Sub-Coastal, Central Iran	Farsi, Hormozi
	8	Rivers between Bandar Abbas and Sedij	28	44792/2	Southern Coastal, Southern Sub-Coastal	Farsi, Hormozi
	9	Southern Balochistan Rivers	29	48523/7	Southern Coastal, Southern Sub-Coastal, Balochi	Hormozi, Balochi
	Urmia Lake	1	Urmia Lake	30	51761/9	Azari, Moghani, Makouiee, Eastern Zagros
Central Plateau	1	Namak Lake (Salt Lake)	41	92884/2	Central Iran, Eastern Zagros, Azari	Azari, Kordi, Northern Middle
	2	Gavkhouni	42	41552/3	Eastern Zagros, Central Iran, Zagros Highland, Western Zagros	Kordi, Northern Middle, Southern Middle
	3	Tashk-Bakhtegan and Maharlu Lakes	43	31451/9	Central Iran, Western Zagros, Southern Sub-Coastal	Farsi, Khuzi, Southern Middle
	4	Abargo Sirjan Desert	44	57125/3	Central Iran, Southern Sub-Coastal	Southern Middle, Farsi
	5	Hamoon Jazmoorian	45	69374/8	Southern Sub-Coastal, Central Iran, Balochi	Southern Middle, Farsi, Sistani, Hormozi, Balochi
	6	Lut Desert	46	206354	Central Iran, Southern Sub-Coastal, Balochi, Major Sistani, Azari	Eastern Khorasani, Northern Middle, Sistani, Southern Middle, Balochi
	7	Central Desert	47	226533/1	Azari, Central Iran	Eastern Khorasani, Kordi, Western Khorasani, Northern Middle
	8	Siah-kuh and Rigezarin Deserts and Sorkh Playa	48	48599/1	Central Iran	Northern Middle, Southern Middle
	9	Saghand and Bafgh Deserts	49	50736/5	Central Iran	Northern Middle, Southern Middle
Eastern boundary	1	Petregan Playa - Khaf saltmarsh	51	33086	Azari, Central Iran, Major Sistani	Sistani, Eastern Khorasani,
	2	Hamoon Hermand	52	33589/6	Major Sistani, Minor Sistani, Central Iran, Azari	Sistani
	3	Hamoon Mashkel	53	36507/6	Balochi, Central Iran, Southern Sub-Coastal	Sistani, Balochi
Karakum	1	Karakum	60	44295/5	Central Iran, Azari	Eastern Khorasani, Western Khorasani

Table 2- Number of synoptic stations in each catchment

جدول ۲- تعداد ایستگاه همدید موجود در هر حوزه آبخیز

Code	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2014
11	1	1	2	6	6	6
12	2	2	2	2	2	2
13	1	1	1	6	8	8
14	1	1	2	2	2	2
15	1	1	1	2	2	2
16	1	1	1	1	1	1
17	0	0	1	3	4	4
21	0	1	1	5	7	7
22	2	2	2	5	7	7
23	3	4	4	9	12	12
24	0	0	0	5	6	6
25	1	1	1	2	2	2
26	0	1	1	1	2	2
27	0	1	2	4	6	6
28	1	1	2	3	3	3
29	1	2	2	2	2	2
30	2	3	3	8	8	8
41	4	6	7	11	15	15
42	1	1	2	3	6	6
43	1	1	1	1	3	3
44	0	0	1	3	3	3
45	0	1	1	1	3	3
46	2	3	3	3	4	4
47	2	4	4	10	13	13
48	1	1	1	1	4	4
49	1	1	1	2	4	4
51	0	0	0	0	1	1
52	1	2	2	3	4	4
53	0	0	0	2	2	2
60	1	1	1	3	4	4

نشان می‌دهد. این آزمون فرضیه آماری یکسانی پراکندگی واریانس‌ها را در تمام سطوح متغیر مستقل را مورد سنجش قرار می‌دهد و رد فرضیه صفر آن نشان‌دهنده تخطی از پیش فرض نابرابری پراکندگی واریانس (پدیده ناهم‌واریانس) است.

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 \quad \text{هم‌واریانس}$$

$$H_a: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \dots \neq \sigma_k^2 \quad \text{ناهم‌واریانس}$$

اگر متغیری مانند Y با اندازه نمونه N به K زیرگروه تقسیم شود و  $N_i$  اندازه نمونه هر زیرگروه i باشد، آماره آزمون لوین به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$W = \frac{(N-K) \sum_{i=1}^k N_i (\bar{Z}_i - \bar{Z})^2}{(K-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{N_i} (Z_{ij} - \bar{Z}_i)^2}, \quad Z_{ij} = |Y_{ij} - \bar{Y}_i| \quad (1)$$

که در آن، N تعداد کل مشاهدات، k گروه یا جامعه مستقل،  $N_i$  مشاهدات مربوط به گروه i،  $\bar{Z}_i$  میانگین زیرگروه‌ها از زیرگروه i تا زیرگروه j،  $\bar{Z}$  میانگین کل داده‌ها،  $Z_{ij}$  فاصله مشاهدات گروه i از

موجب پیچیده‌تر شدن تجزیه و تحلیل‌ها می‌شود (Glen, 2017) و مانعی برای تخمین‌های صحیح است (Downs and Rocke, 1979) و انجام هرگونه تحلیل رگرسیونی با داده‌هایی که ناهم‌واریانس دارند باعث ناکارایی نتایج می‌شود (Glen, 2017).

پدیده ناهم‌واریانس تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله کاربرد شکل میانگین مشاهدات ایجاد می‌شود. به عبارتی، ناهم‌واریانس تابع متغیرهای توضیحی و میانگین داده‌ها است (Shalabh, 2019). لذا آماردان‌ها با تبدیل و تغییر متغیرهای مستقل و ساده‌سازی روابط بین این متغیرها، آن‌ها را با فرضیات مدل رگرسیونی متناسب می‌کنند تا ناهم‌واریانس را اصلاح کنند (Downs and Rocke, 1979).

## ۲-۲- آزمون لیون (یون)<sup>۱۷</sup>

آزمون لوین که یکی از روش‌های آماری است که با فرض صفر یکسان بودن واریانس‌ها میزان همگنی واریانس‌ها (هم‌واریانس) را

میانگین آن گروه  $(\bar{Y}_i)$  و  $Y_{ij}$  نمونه‌ها و مشاهدات حاصل از گروه یا جامعه مستقل  $k$  هستند.

مقایسه‌ها، فرض صفر آزمون لوین پذیرفته می‌شود و اکثر حوزه‌های آبخیز در فصل پربارش نسبت به یکدیگر هم‌واریانس هستند (جدول ۴).

### ۳- نتایج

واریانس داده‌های بارش نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان واریانس در حوزه‌های آبخیزی مشاهده می‌شود که در هر دو مقیاس مکانی (اقلیم مرطوب) و زمانی (فصل پربارش) بیش‌ترین میزان رطوبت و بارش را دارد. چنانچه فصل پربارش حوزه‌های آبخیز کد 12 و 14 که دارای اقلیم‌هایی با ویژگی بارز رطوبتی و بارشی بسیار بالا هستند، بیش‌ترین واریانس را نسبت به سایر فصل‌ها و حوزه‌های آبخیز دارند (جدول ۳).

در این فصل، هم‌واریانس‌ترین زیرحوزه‌ها در حوزه آبخیز دریای مازندران و ناهم‌واریانس‌ترین زیرحوزه‌ها در حوزه آبخیز فلات مرکزی قرار دارند، چراکه زیرحوزه‌های کد ۱۶ و ۱۷ با ۲۵ زیرحوزه هم‌واریانس هستند و زیرحوزه‌های کد ۴۱ و ۴۸ با ۱۹ زیرحوزه ناهم‌واریانس هستند.

با این حال باید توجه کرد که هم‌واریانسی زیرحوزه کد ۲۴ با ۲۵ زیرحوزه و ناهم‌واریانسی زیرحوزه کد ۲۸ با ۱۹ زیرحوزه نیز باعث شده است که حوزه آبخیز خلیج فارس و دریای عمان دارای هم‌واریانس‌ترین و ناهم‌واریانس‌ترین زیرحوزه‌ها در فصل پربارش باشد (شکل ۲).

نتایج آزمون لوین در فصل پربارش نشان می‌دهد که در بیش‌تر

**Table 3- Heavy precipitation season, semi heavy precipitation season, pre-precipitation season and low precipitation season variance in each sub catchment**

جدول ۳- واریانس فصل‌های پربارش، نیمه پربارش، پیش بارش و کم بارش در هر زیرحوزه

Code	Heavy precipitation	Semi Heavy precipitation	Pre precipitation	Low precipitation
11	1922.30	734.64	432.84	339.41
12	55531.43	16986.81	13818.18	5986.34
13	3616.09	890.36	812.71	289.79
14	45182.26	7217.89	10361.62	3682.68
15	14331.78	3584.74	4241.48	1967.43
16	8141.56	6006.24	2985.54	2415.90
17	5876.28	2794.58	1661.70	721.08
21	7034.13	4386.56	1689.10	41.39
22	3023.23	4931.44	1681.27	19.24
23	6173.23	3160.51	197.41	10.58
24	4425.24	3150.31	230.94	1.52
25	8422.50	8250.11	596.81	170.11
26	11697.80	3705.69	677.28	78.50
27	4956.44	438.17	325.57	212.87
28	7513.46	354.23	92.09	353.39
29	3251.33	1395.05	-	1450.46
30	2920.15	1051.71	1117.43	166.94
41	991.45	759.30	682.48	54.73
42	6757.76	5243.13	297.89	75.62
43	14142.63	3836.35	281.45	19.49
44	1564.49	575.77	190.86	13.00
45	2625.43	694.01	130.77	493.16
46	397.84	397.33	128.30	22.63
47	1414.22	454.28	189.96	32.05
48	474.53	386.66	238.53	16.40
49	1047.08	853.52	268.59	40.61
51	1016.85	1427.58	75.96	26.61
52	806.32	508.03	158.47	21.91
53	2148.95	1002.77	321.44	210.02
60	1260.31	1622.31	817.44	44.63

Table 4- Levene test for heavy precipitation season in each sub catchments (% 99)

جدول ۴- نتایج آزمون لوین در فصل پر بارش در هر زیر حوزه (سطح اطمینان ۹۹ درصد)

Code	11	12	13	14	15	16	17	21	22	23	24	25	26	27	28
11	1	0.593	0.467	0.134	0.877	0.071	0.061	0.393	0.455	0.002	0.019	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.593	1	0.914	0.423	0.686	0.208	0.231	0.722	0.250	0.01	0.154	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.467	0.914	1	0.452	0.570	0.223	0.228	0.837	0.158	0.01	0.140	0.00	0.00	0.035	0.001
14	0.134	0.423	0.452	1	0.181	0.563	0.567	0.635	0.029	0.052	0.399	0.001	0.001	0.00	0.00
15	0.877	0.686	0.570	0.181	1	0.085	0.085	0.471	0.388	0.002	0.045	0.00	0.00	0.00	0.089
16	0.071	0.208	0.223	0.563	0.085	1	0.990	0.342	0.016	0.203	0.804	0.004	0.004	0.755	0.414
17	0.061	0.231	0.228	0.567	0.085	0.990	1	0.359	0.041	0.261	0.814	0.017	0.016	0.001	0.336
21	0.393	0.722	0.837	0.635	0.471	0.342	0.359	1	0.142	0.027	0.250	0.00	0.428	0.00	0.00
22	0.455	0.250	0.158	0.029	0.388	0.016	0.041	0.142	1	0.002	0.006	0.00	0.002	0.021	0.00
23	0.002	0.01	0.010	0.052	0.002	0.203	0.261	0.027	0.002	1	0.398	0.069	0.054	0.013	0.502
24	0.019	0.154	0.140	0.399	0.045	0.804	0.814	0.250	0.006	0.398	1	0.038	0.034	0.003	0.078
25	0.00	0.00	0.00	0.001	0.00	0.004	0.017	0.00	0.00	0.069	0.038		0.807	0.716	0.973
26	0.00	0.00	0.00	0.001	0.00	0.004	0.016	0.428	0.002	0.054	0.034	0.807	1	0.942	0.598
27	0.00	0.00	0.035	0.00	0.00	0.755	0.001	0.00	0.021	0.013	0.003	0.716	0.942	1	0.132
28	0.00	0.00	0.001	0.00	0.089	0.414	0.336	0.00	0.00	0.502	0.078	0.973	0.598	0.132	1
29	0.051	0.00	0.502	0.00	0.00	0.128	0.086	0.00	0.506	0.014	0.479	0.011	0.009	0.093	0.004
30	0.833	0.639	0.567	0.164	0.970	0.077	0.070	0.463	0.324	0.001	0.033	0.00	0.00	0.00	0.00
41	0.387	0.215	0.123	0.00	0.334	0.012	0.008	0.114	0.961	0.00	0.003	0.00	0.00	0.00	0.00
42	0.00	0.00	0.001	0.00	0.00	0.498	0.00	0.00	0.00	0.003	0.001	0.553	0.803	0.834	0.818
43	0.00	0.048	0.049	0.195	0.012	0.531	0.577	0.103	0.001	0.483	0.772	0.015	0.013	0.001	0.051
44	0.001	0.013	0.01	0.510	0.002	0.212	0.243	0.030	0.109	0.915	0.360	0.149	0.122	0.035	0.00
45	0.001	0.004	0.004	0.017	0.001	0.072	0.118	0.010	0.757	0.466	0.194	0.337	0.073	0.155	0.00
46	0.055	0.217	0.227	0.624	0.075	0.894	0.889	0.364	0.010	0.138	0.687	0.003	0.002	0.00	0.00
47	0.022	0.097	0.101	0.339	0.028	0.760	0.789	0.186	0.003	0.301	0.996	0.007	0.006	0.00	0.00
48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.003	0.00	0.00	0.027	0.010	0.907	0.870	0.772	0.00
49	0.002	0.008	0.009	0.036	0.002	0.130	0.194	0.020	0.001	0.717	0.302	0.160	0.127	0.055	0.00
51	0.159	0.419	0.423	0.812	0.209	0.827	0.820	0.571	0.054	0.228	0.663	0.025	0.024	0.002	0.00
52	0.001	0.001	0.001	0.009	0.00	0.054	0.090	0.004	0.00	0.506	0.164	0.207	0.156	0.066	0.00
53	0.699	0.00	0.660	0.00	0.001	0.005	0.010	0.00	0.529	0.068	0.021	0.885	0.942	0.867	0.001
60	0.085	0.286	0.305	0.761	0.111	0.763	0.766	0.459	0.017	0.095	0.578	0.001	0.001	0.00	0.00

Homoscedasticity= sig>0.01

Heteroscedasticity= sig<0.01

Table 4 (continued)

ادامه جدول ۴

Code	29	30	41	42	43	44	45	46	47	48	49	51	52	53	60
11	0.051	0.833	0.387	0.00	0.00	0.001	0.001	0.055	0.022	0.00	0.002	0.159	0.001	0.699	0.085
12	0.00	0.639	0.215	0.00	0.048	0.013	0.004	0.217	0.097	0.00	0.008	0.419	0.001	0.00	0.286
13	0.502	0.567	0.123	0.001	0.049	0.01	0.004	0.227	0.101	0.00	0.009	0.423	0.001	0.660	0.305
14	0.00	0.164	0.00	0.00	0.195	0.510	0.017	0.624	0.339	0.00	0.036	0.812	0.009	0.00	0.761
15	0.00	0.970	0.334	0.00	0.012	0.002	0.001	0.075	0.028	0.00	0.002	0.209	0.00	0.001	0.111
16	0.128	0.077	0.012	0.498	0.531	0.212	0.072	0.894	0.760	0.001	0.130	0.827	0.054	0.005	0.763
17	0.086	0.070	0.008	0.00	0.577	0.243	0.118	0.889	0.789	0.003	0.194	0.820	0.090	0.010	0.766
21	0.00	0.463	0.114	0.00	0.103	0.030	0.010	0.364	0.186	0.00	0.020	0.571	0.004	0.00	0.459
22	0.506	0.324	0.961	0.00	0.001	0.109	0.757	0.010	0.003	0.00	0.001	0.054	0.00	0.529	0.017
23	0.014	0.001	0.00	0.003	0.483	0.915	0.466	0.138	0.301	0.027	0.717	0.228	0.506	0.068	0.095
24	0.479	0.033	0.003	0.001	0.772	0.360	0.194	0.687	0.996	0.010	0.302	0.663	0.164	0.021	0.578
25	0.011	0.00	0.00	0.553	0.015	0.149	0.337	0.003	0.007	0.907	0.160	0.025	0.207	0.885	0.001
26	0.009	0.00	0.00	0.803	0.013	0.122	0.073	0.002	0.006	0.870	0.127	0.024	0.156	0.942	0.001
27	0.093	0.00	0.00	0.834	0.001	0.035	0.155	0.00	0.00	0.772	0.055	0.002	0.066	0.867	0.00
28	0.004	0.00	0.00	0.818	0.051	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.00
29	1	0.653	0.00	0.004	0.00	0.021	0.329	0.00	0.001	0.00	0.00	0.001	0.00	0.214	0.00
30	0.653	1	0.264	0.00	0.009	0.001	0.001	0.064	0.023	0.00	0.002	0.183	0.00	0.00	0.100
41	0.00	0.264	1	0.00	0.001	0.00	0.006	0.002	0.00	0.00	0.00	0.036	0.00	0.00	0.012
42	0.004	0.00	0.00	1	0.00	0.012	0.077	0.00	0.00	0.593	0.020	0.00	0.024	0.724	0.00
43	0.00	0.009	0.001	0.00	1	0.457	0.179	0.416	0.733	0.003	0.314	0.465	0.166	0.014	0.319
44	0.021	0.001	0.00	0.012	0.457	1	0.588	0.136	0.294	0.071	0.829	0.948	0.633	0.116	0.098
45	0.329	0.001	0.00	0.077	0.179	0.588	1	0.046	0.104	0.232	0.717	0.123	0.873	0.413	0.030
46	0.00	0.064	0.006	0.00	0.416	0.136	0.046	1	0.637	0.00	0.091	0.893	0.031	0.002	0.855
47	0.001	0.023	0.002	0.00	0.733	0.294	0.104	0.637	1	0.001	0.192	0.631	0.086	0.006	0.513
48	0.00	0.00	0.00	0.593	0.003	0.071	0.232	0.00	0.001	1	0.090	0.006	0.117	0.948	0.00
49	0.00	0.002	0.00	0.020	0.314	0.829	0.717	0.091	0.192	0.090	1	0.186	0.804	0.170	0.062
51	0.001	0.183	0.036	0.00	0.465	0.948	0.123	0.893	0.631	0.006	0.186	1	0.090	0.015	0.997
52	0.00	0.00	0.00	0.024	0.166	0.633	0.873	0.031	0.086	0.117	0.804	0.090	1	0.191	0.402
53	0.214	0.00	0.00	0.724	0.014	0.116	0.413	0.002	0.006	0.948	0.170	0.015	0.191	1	0.001
60	0.00	0.833	0.012	0.00	0.319	0.098	0.030	0.855	0.513	0.00	0.062	0.997	0.402	0.001	1

Homoscedasticity= sig>0.01

Heteroscedasticity= sig<0.01



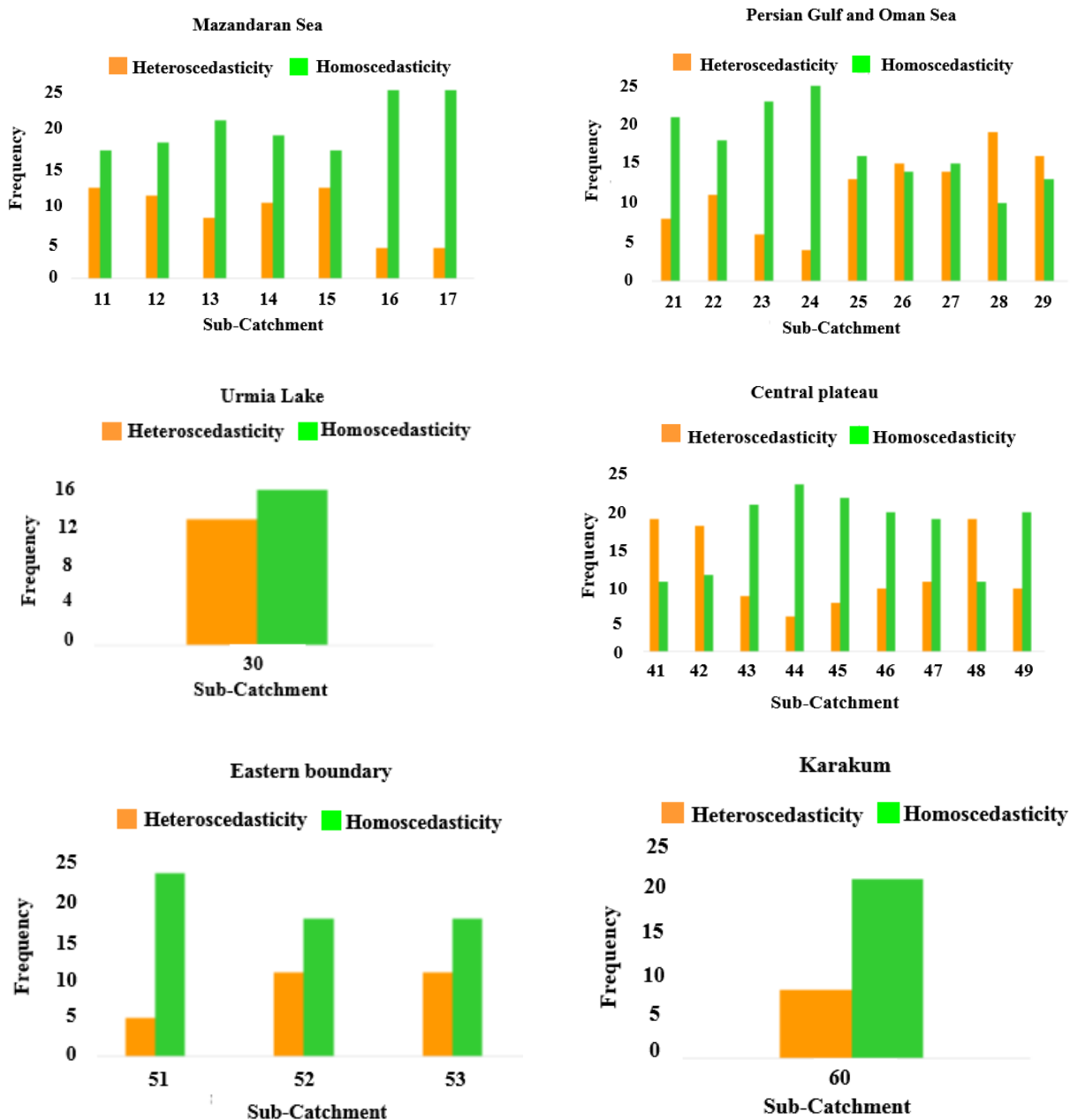


Fig. 2- Frequency of homoscedasticity and heteroscedasticity for heavy precipitation season in each catchment

شکل ۲- نمودار فراوانی هم‌واریانسی و ناهم‌واریانسی فصل پربارش در هر زیرحوزه

زیرحوزه هم‌واریانسی دارند و زیرحوزه کد ۴۳ و ۴۲ به ترتیب با ۲۳ و ۲۲ زیرحوزه ناهم‌واریانسی هستند (شکل ۳).

نتایج آزمون لوین در فصل پیش بارش نشان از بیش‌ترشدن پدیده ناهم‌واریانسی در این فصل، نسبت به فصل‌های پربارش و نیمه پربارش است (جدول ۶).

علی‌رغم این‌که پدیده هم‌واریانسی در فصل نیمه پربارش نسبت به فصل پربارش کم‌تر شده است اما این فصل نیز در بیش‌تر مقایسه‌ها، فرضیه صفر آزمون لوین را می‌پذیرد (جدول ۵). در فصل نیمه پربارش نیز همانند فصل پربارش هم‌واریانسی‌ترین زیرحوزه‌ها در حوزه آبخیز دریای مازندران و ناهم‌واریانسی‌ترین زیرحوزه‌ها در حوزه آبخیز فلات مرکزی قرار دارند. چنانچه زیرحوزه کد ۱۱ و ۱۳ به ترتیب با ۲۰ و ۱۹

Table 5- Levene test for semi heavy precipitation season in each sub catchment (% 99)

جدول ۵- نتایج آزمون لوین در فصل نیمه‌پربارش در هر زیر حوزه (سطح اطمینان ۹۹ درصد)

Code	11	12	13	14	15	16	17	21	22	23	24	25	26	27	28
11	1	0.092	0.307	0.808	0.006	0.463	0.855	0.574	0.235	0.00	0.00	0.00	0.00	0.166	0.032
12	0.092	1	0.773	0.976	0.191	0.034	0.132	0.455	0.601	0.00	0.001	0.005	0.00	0.00	0.00
13	0.307	0.773	1	0.508	0.076	0.113	0.325	0.785	0.909	0.00	0.00	0.00	0.00	0.030	0.003
14	0.808	0.976	0.508	1	0.169	0.033	0.119	0.429	0.563	0.00	0.005	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.006	0.191	0.076	0.169	1	0.003	0.019	0.100	0.074	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.463	0.034	0.113	0.033	0.003	1	0.665	0.250	0.081	0.021	0.082	0.002	0.026	0.00	0.00
17	0.855	0.132	0.325	0.119	0.019	0.665	1	0.547	0.261	0.011	0.042	0.003	0.018	0.00	0.00
21	0.574	0.455	0.785	0.429	0.100	0.250	0.547	1	0.706	0.00	0.005	0.00	0.001	0.00	0.00
22	0.235	0.601	0.909	0.563	0.074	0.081	0.261	0.706	1	0.309	0.512	0.555	0.401	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.021	0.011	0.00	0.309	1	0.601	0.393	0.844	0.00	0.00
24	0.00	0.001	0.00	0.005	0.00	0.082	0.042	0.005	0.512	0.601	1	0.246	0.731	0.00	0.00
25	0.00	0.005	0.00	0.00	0.00	0.002	0.003	0.00	0.555	0.393	0.246	1	0.332	0.00	0.00
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.026	0.018	0.001	0.401	0.844	0.731	0.332	1	0.00	0.00
27	0.166	0.00	0.030	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.448
28	0.032	0.00	0.003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.448	1
29	0.155	0.00	0.421	0.00	0.008	0.001	0.00	0.00	0.001	0.00	0.002	0.002	0.007	0.014	0.002
30	0.228	0.663	0.865	0.630	0.104	0.079	0.257	0.678	0.950	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.00
41	0.009	0.296	0.119	0.270	0.740	0.005	0.027	0.141	0.124	0.00	0.00	0.00	0.00	0.032	0.003
42	0.00	0.003	0.00	0.00	0.00	0.342	0.00	0.00	0.142	0.002	0.143	0.036	0.002	0.00	0.00
43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.643	0.379	0.00	0.00	0.00	0.002	0.002	0.042	0.002	0.00	0.00
44	0.001	0.00	0.393	0.00	0.00	0.033	0.017	0.001	0.00	0.167	0.780	0.314	0.930	0.158	0.026
45	0.976	0.00	0.418	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.016	0.00	0.00	0.167	0.031
46	0.081	0.001	0.006	0.00	0.00	0.424	0.226	0.039	0.003	0.054	0.216	0.010	0.046	0.892	0.493
47	0.955	0.071	0.263	0.060	0.004	0.468	0.884	0.524	0.196	0.001	0.004	0.00	0.001	0.909	0.356
48	0.123	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.053	0.031	0.347	0.044	0.952	0.343
49	0.621	0.00	0.768	0.00	0.00	0.004	0.005	0.00	0.00	0.680	0.391	0.643	0.561	0.063	0.008
51	0.058	0.00	0.005	0.00	0.082	0.353	0.189	0.045	0.002	0.223	0.433	0.086	0.286	0.00	0.00
52	0.083	0.00	0.012	0.00	0.00	0.001	0.002	0.00	0.00	0.201	0.147	0.656	0.00	0.677	0.809
53	0.794	0.00	0.744	0.00	0.004	0.002	0.00	0.00	0.001	0.001	0.001	0.006	0.005	0.184	0.054
60	0.664	0.031	0.140	0.026	0.001	0.697	0.875	0.342	0.097	0.002	0.014	0.00	0.004	0.001	0.00

Homoscedasticity= sig>0.01

Heteroscedasticity= sig<0.01

Table 5 (continued)

ادامه جدول ۵

Code	29	30	41	42	43	44	45	46	47	48	49	51	52	53	60
11	0.155	0.228	0.009	0.00	0.00	0.001	0.976	0.081	0.955	0.123	0.621	0.058	0.083	0.794	0.664
12	0.00	0.663	0.296	0.003	0.00	0.00	0.00	0.001	0.071	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.031
13	0.421	0.865	0.119	0.00	0.00	0.393	0.418	0.006	0.263	0.00	0.768	0.005	0.012	0.744	0.140
14	0.00	0.630	0.270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.060	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.026
15	0.008	0.104	0.740	0.00	0.643	0.00	0.00	0.00	0.004	0.00	0.00	0.082	0.00	0.004	0.001
16	0.001	0.079	0.005	0.342	0.379	0.033	0.00	0.424	0.468	0.00	0.004	0.353	0.001	0.002	0.697
17	0.00	0.257	0.027	0.00	0.00	0.017	0.00	0.226	0.884	0.00	0.005	0.189	0.002	0.00	0.875
21	0.00	0.678	0.141	0.00	0.00	0.001	0.00	0.039	0.524	0.00	0.00	0.045	0.00	0.00	0.342
22	0.001	0.950	0.124	0.142	0.00	0.00	0.00	0.003	0.196	0.00	0.00	0.002	0.00	0.001	0.097
23	0.00	0.00	0.00	0.002	0.002	0.167	0.00	0.054	0.001	0.053	0.680	0.223	0.201	0.001	0.002
24	0.002	0.00	0.00	0.143	0.002	0.780	0.016	0.216	0.004	0.031	0.391	0.433	0.147	0.001	0.014
25	0.002	0.00	0.00	0.036	0.042	0.314	0.00	0.010	0.00	0.347	0.643	0.086	0.656	0.006	0.00
26	0.007	0.00	0.00	0.002	0.002	0.930	0.00	0.046	0.001	0.044	0.561	0.286	0.00	0.005	0.004
27	0.014	0.001	0.032	0.00	0.00	0.158	0.167	0.892	0.909	0.952	0.063	0.00	0.677	0.184	0.001
28	0.002	0.00	0.003	0.00	0.00	0.026	0.031	0.493	0.356	0.343	0.008	0.00	0.809	0.054	0.00
29	1	0.966	0.281	0.00	0.001	0.166	0.157	0.005	0.008	0.006	0.292	0.454	0.005	0.397	0.440
30	0.966	1	0.162	0.00	0.00	0.00	0.075	0.003	0.190	0.00	0.00	0.003	0.00	0.292	0.095
41	0.281	0.162	1	0.00	0.00	0.00	0.532	0.00	0.006	0.00	0.00	0.00	0.00	0.874	0.002
42	0.00	0.00	0.00	1	0.826	0.003	0.00	0.00	0.00	0.198	0.008	0.001	0.120	0.00	0.00
43	0.001	0.00	0.00	0.826	1	0.002	0.00	0.00	0.00	0.254	0.008	0.00	0.147	0.001	0.00
44	0.166	0.00	0.00	0.003	0.002	1	0.951	0.103	0.001	0.040	0.515	0.275	0.179	0.739	0.003
45	0.157	0.075	0.532	0.00	0.00	0.951	1	0.102	0.168	0.123	0.166	0.017	0.089	0.776	0.021
46	0.005	0.003	0.00	0.00	0.00	0.103	0.102	1	0.076	0.00	0.021	0.122	0.00	0.087	0.973
47	0.008	0.190	0.006	0.00	0.00	0.001	0.168	0.076	1	0.00	0.00	0.056	0.00	0.175	0.691
48	0.006	0.00	0.00	0.198	0.254	0.040	0.123	0.00	0.00	1	0.134	0.006	0.675	0.134	0.00
49	0.292	0.00	0.00	0.008	0.008	0.515	0.166	0.021	0.00	0.134	1	0.131	0.365	0.913	0.00
51	0.454	0.003	0.00	0.001	0.00	0.275	0.017	0.122	0.056	0.006	0.131	1	0.053	0.118	0.125
52	0.005	0.00	0.00	0.120	0.147	0.179	0.089	0.00	0.00	0.675	0.365	0.053	1	0.118	0.004
53	0.397	0.292	0.874	0.00	0.001	0.739	0.776	0.087	0.175	0.134	0.913	0.118	0.118	1	0.127
60	0.440	0.095	0.002	0.00	0.00	0.003	0.021	0.973	0.691	0.00	0.00	0.125	0.004	0.127	1

Homoscedasticity= sig>0.01

Heteroscedasticity= sig<0.01

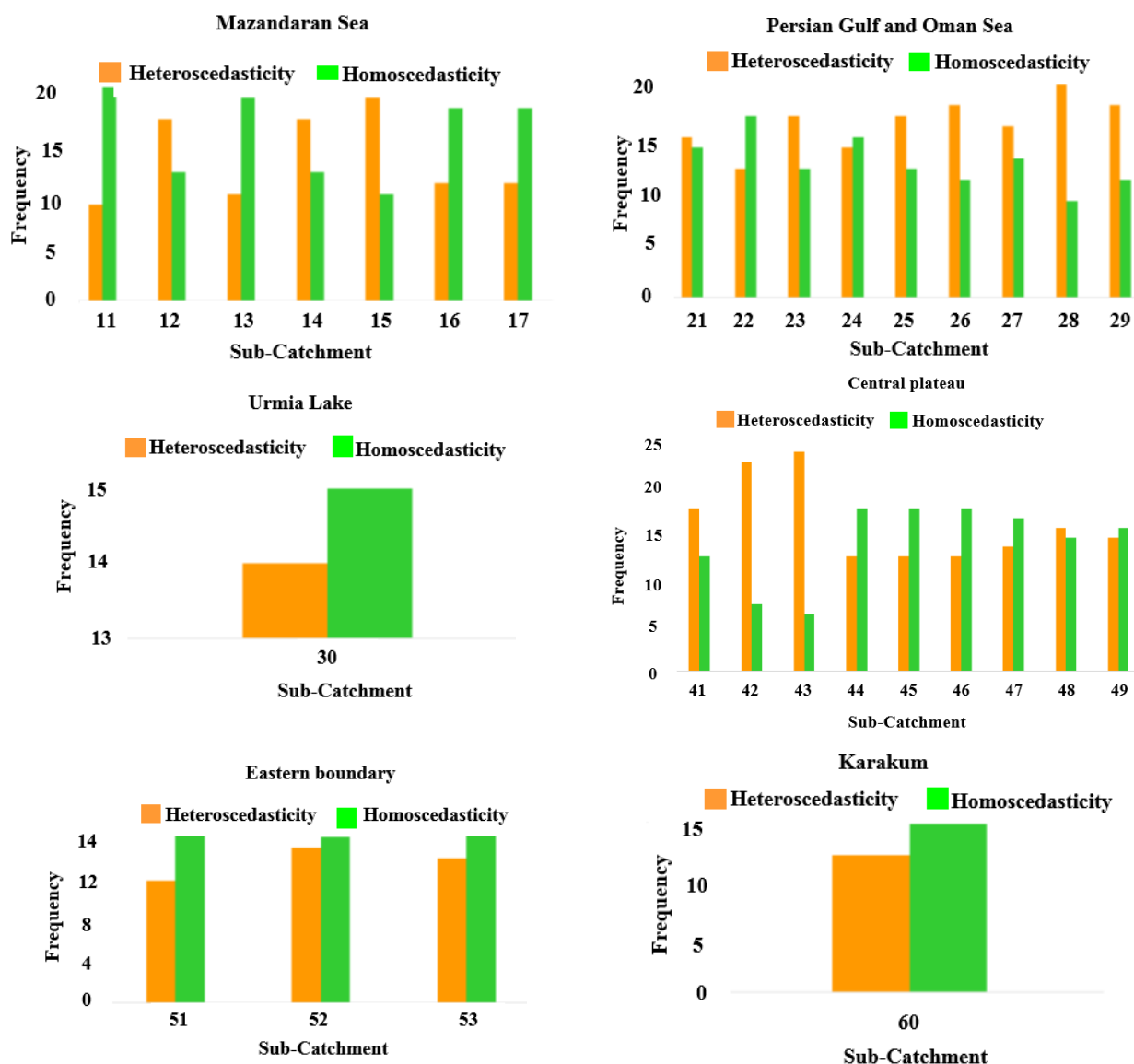


Fig. 3- Frequency of homoscedasticity and heteroscedasticity for semi heavy precipitation season in each catchment

شکل ۳- نمودار فراوانی هم‌واریانسی و ناهم‌واریانسی فصل نیمه پربارش در هر زیرحوزه

بررسی معنی‌داری حاصل از آزمون لیون در فصل کم بارش نشان می‌دهد که فرضیه صفر این آزمون در بیش‌تر مقایسه‌ها پذیرفته نمی‌شود و پذیرش فرض یک یعنی وقوع پدیده ناهم‌واریانسی بیش‌تر مشهود است لذا فصل کم‌بارش بیش‌ترین تعداد و میزان ناهم‌واریانسی را نسبت به سایر فصل‌ها دارد (جدول ۷).

در فصل کم بارش ناهم‌واریانسی‌ترین زیرحوزه‌ها در حوزه آبخیز دریای مازندران قرار دارند. چنانچه زیرحوزه کد ۲۱ با تمامی زیرحوزه‌ها و کدهای ۱۲ و ۱۴ به ترتیب با ۲۸ و ۲۷ زیرحوزه ناهم‌واریانسی هستند (شکل ۵).

در این فصل، هم‌واریانسی‌ترین زیرحوزه‌ها در حوزه آبخیز فلات مرکزی قرار دارند. چراکه زیرحوزه کد ۴۷ و ۴۵ به ترتیب با ۲۲ با ۱۸ زیرحوزه هم‌واریانسی هستند. با این حال باید توجه کرد که هم‌واریانسی زیرحوزه‌های کد ۱۱ و ۲۴ با ۱۸ زیرحوزه و ناهم‌واریانسی شدن زیرحوزه‌های کد ۱۲ و ۱۴ با ۲۵ زیرحوزه، کد ۱۵ و ۲۸ با ۲۴ زیرحوزه نیز باعث شده‌است که دو حوزه آبخیز دریای مازندران و خلیج فارس و دریای عمان هم دارای هم‌واریانسی‌ترین و هم ناهم‌واریانسی‌ترین زیرحوزه‌ها در فصل پیش بارش باشند (شکل ۴).

**Table 6- Levene test for pre-precipitation season in each sub catchment (% 99)**  
**جدول ۶- نتایج آزمون لوین در فصل پیش بارش در هر زیر حوزه (سطح اطمینان ۹۹ درصد)**

Code	11	12	13	14	15	16	17	21	22	23	24	25	26	27	28
11	1	0.317	0.043	0.265	0.330	0.897	0.179	0.00	0.00	0.022	0.160	0.920	0.266	0.247	0.00
12	0.317	1	0.003	0.819	0.964	0.162	0.004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.043	0.003	1	0.003	0.003	0.032	0.385	0.063	0.051	0.00	0.047	0.021	0.243	0.001	0.00
14	0.265	0.819	0.003	1	0.786	0.127	0.004	0.001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.330	0.964	0.003	0.786	1	0.172	0.005	0.043	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.897	0.162	0.032	0.127	0.172	1	0.138	0.311	0.150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.179	0.004	0.385	0.004	0.005	0.138	1	0.004	0.005	0.00	0.00	0.00	0.007	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.063	0.001	0.043	0.311	0.004	1	0.900	0.00	0.655	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.051	0.00	0.00	0.150	0.005	0.900	1	0.00	0.750	0.00	0.001	0.00	0.00
23	0.022	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.632	0.102	0.002	0.00	0.00	0.00
24	0.160	0.00	0.047	0.00	0.00	0.00	0.00	0.655	0.750	0.632	1	0.338	0.037	0.846	0.00
25	0.920	0.00	0.021	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.102	0.338	1	0.294	0.407	0.00
26	0.266	0.00	0.243	0.00	0.00	0.00	0.007	0.00	0.001	0.002	0.037	0.294	1	0.055	0.00
27	0.247	0.00	0.001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.846	0.407	0.055	1	0.001
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	1
30	0.029	0.00	0.598	0.00	0.00	0.017	0.509	0.004	0.004	0.00	0.001	0.003	0.059	0.00	0.00
41	0.007	0.00	0.843	0.00	0.006	0.00	0.00	0.052	0.044	0.00	0.028	0.186	0.864	0.028	0.00
42	0.321	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.134	0.452	0.498	0.038	0.643	0.00
43	0.097	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.657	0.976	0.00	0.010	0.381	0.00
44	0.028	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.575	0.392	0.227	0.005	0.360	0.006
45	0.008	0.00	0.005	0.00	0.00	0.00	0.007	0.00	0.534	0.086	0.016	0.207	0.003	0.111	0.156
46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002	0.005	0.006	0.00	0.007	0.564
47	0.002	0.00	0.454	0.00	0.00	0.001	0.073	0.198	0.166	0.271	0.115	0.648	0.00	0.171	0.014
48	0.062	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.706	0.898	0.209	0.006	0.729	0.00
49	0.070	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.792	0.863	0.435	0.013	0.709	0.001
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002	0.002	0.011	0.00	0.012	0.858
52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.061	0.059	0.008	0.00	0.056	0.064
53	0.345	0.00	0.012	0.00	0.00	0.00	0.00	0.216	0.266	0.402	0.460	0.518	0.098	0.896	0.001
60	0.002	0.00	0.975	0.00	0.00	0.001	0.150	0.016	0.016	0.00	0.005	0.021	0.252	0.002	0.00

Homoscedasticity= sig>0.01

Heteroscedasticity= sig<0.01

**Table 6 (continued)**

ادامه جدول ۶

Code	30	41	42	43	44	45	46	47	48	49	51	52	53	60
11	0.029	0.007	0.321	0.097	0.028	0.008	0.00	0.002	0.062	0.070	0.00	0.00	0.345	0.002
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.598	0.843	0.00	0.00	0.00	0.050	0.00	0.454	0.00	0.00	0.00	0.00	0.012	0.975
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.006	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001
17	0.509	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.073	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150
21	0.004	0.052	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.198	0.00	0.00	0.00	0.00	0.216	0.016
22	0.004	0.044	0.00	0.00	0.00	0.534	0.00	0.166	0.00	0.00	0.00	0.00	0.266	0.016
23	0.00	0.00	0.134	0.657	0.575	0.086	0.002	0.271	0.706	0.792	0.002	0.061	0.402	0.00
24	0.001	0.028	0.452	0.976	0.392	0.016	0.005	0.115	0.898	0.863	0.002	0.059	0.460	0.005
25	0.003	0.186	0.498	0.00	0.227	0.207	0.006	0.648	0.209	0.435	0.011	0.008	0.518	0.021
26	0.059	0.864	0.038	0.010	0.005	0.003	0.00	0.00	0.006	0.013	0.00	0.00	0.098	0.252
27	0.00	0.028	0.643	0.381	0.360	0.111	0.007	0.171	0.729	0.709	0.012	0.056	0.896	0.002
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.006	0.156	0.564	0.014	0.00	0.001	0.858	0.064	0.001	0.00
30	1	0.370	0.00	0.00	0.00	0.004	0.00	0.121	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.411
41	0.370	1	0.016	0.009	0.002	0.034	0.00	0.517	0.002	0.002	0.00	0.00	0.006	0.817
42	0.00	0.016	1	0.392	0.092	0.014	0.00	0.020	0.296	0.301	0.00	0.002	0.783	0.00
43	0.00	0.009	0.392	1	0.428	0.114	0.002	0.186	0.920	0.873	0.009	0.051	0.707	0.00
44	0.00	0.002	0.092	0.428	1	0.301	0.042	0.658	0.422	0.513	0.023	0.305	0.289	0.00
45	0.004	0.034	0.014	0.114	0.301	1	0.421	0.100	0.080	0.140	0.223	0.00	0.052	0.371
46	0.00	0.00	0.00	0.002	0.042	0.421	1	0.073	0.002	0.005	0.751	0.237	0.005	0.00
47	0.121	0.517	0.020	0.186	0.658	0.100	0.073	1	0.178	0.243	0.068	0.504	0.025	0.340
48	0.00	0.002	0.296	0.920	0.422	0.080	0.002	0.178	1	0.943	0.003	0.040	0.616	0.00
49	0.00	0.002	0.301	0.873	0.513	0.140	0.005	0.243	0.943	1	0.012	0.071	0.613	0.00
51	0.00	0.00	0.00	0.009	0.023	0.223	0.751	0.068	0.003	0.012	1	0.117	0.006	0.00
52	0.00	0.00	0.002	0.051	0.305	0.00	0.237	0.504	0.040	0.071	0.117	1	0.044	0.00
53	0.00	0.006	0.783	0.707	0.289	0.052	0.005	0.025	0.616	0.613	0.006	0.044	1	0.001
60	0.411	0.817	0.00	0.00	0.00	0.371	0.00	0.340	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	1

Homoscedasticity= sig>0.01

Heteroscedasticity= sig<0.01

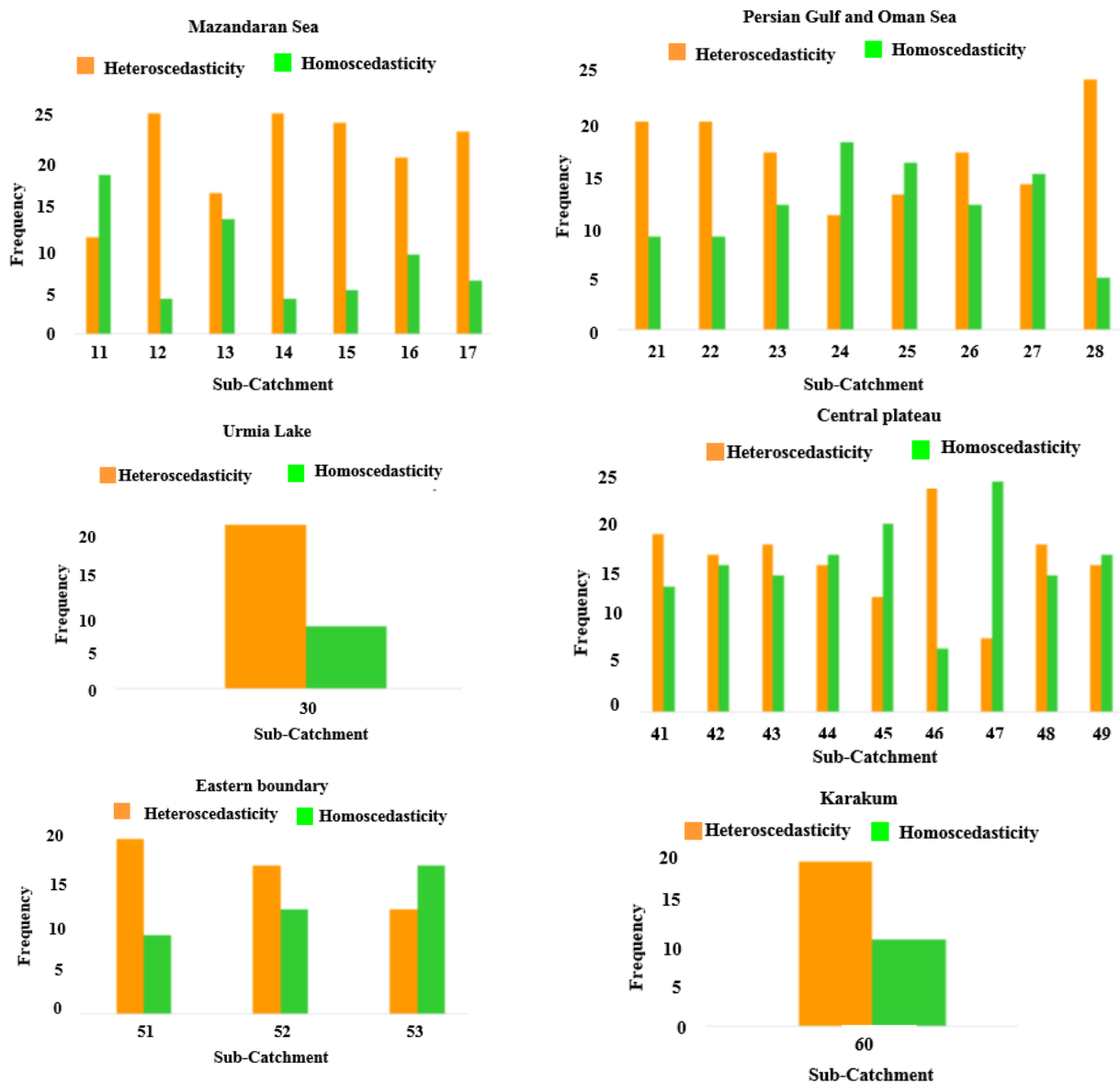


Fig. 4- Frequency of homoscedasticity and heteroscedasticity for pre-precipitation season in each catchment  
 شکل ۴- نمودار فراوانی هم‌واریانسی و ناهم‌واریانسی فصل پیش‌بارش در هر زیرحوزه

همدید، داده‌های بارش فصل‌های مختلف با پدیده هم‌واریانسی روبه‌رو است. مانند زیرحوزه کد ۱۳ که در سه فصل هم‌واریانس است یا زیرحوزه کد ۲۱ که در دو فصل با پدیده هم‌واریانسی مواجه می‌شود.

همچنین زیرحوزه‌های کد ۱۲، ۱۵، ۲۴، ۲۵، ۲۸ و ۴۳ که در تمامی فصل‌ها هم‌واریانس هستند و بیش‌ترین تناسب در پراکنش و توزیع ایستگاه‌های همدید را نسبت به سایر زیرحوزه‌ها دارا می‌باشند (جدول ۸).

نتایج آزمون لوین بین داده‌های بارش ایستگاه‌های همدید هر زیرحوزه، بیان‌کننده ایجاد پدیده ناهم‌واریانسی در بعضی از فصل‌ها به‌دلیل نبود تناسب در پراکنش و توزیع ایستگاه‌ها در برخی از زیرحوزه‌ها است. چنانچه زیرحوزه کد ۲۳، ۴۱ و ۴۷ علی‌رغم اینکه بیش‌ترین ایستگاه‌های همدید را دارند اما داده‌های بارش تمامی فصل‌های زیرحوزه‌های کد ۲۳ و ۴۱ با پدیده ناهم‌واریانسی روبه‌رو هستند و زیرحوزه کد ۴۷ تنها در فصل پربارش هم‌واریانس است. با این حال، باید توجه کرد که وقوع پدیده ناهم‌واریانسی به‌دلیل نبود تناسب در پراکنش و توزیع ایستگاه‌های همدید در تمامی زیرحوزه‌ها صادق نیست و در بسیاری از حوزه‌ها با همین تعداد و نحوه توزیع ایستگاه‌های

**Table 7- Levene test for low precipitation season in each sub catchment (% 99)**  
**جدول ۷- نتایج آزمون لوین در فصل کم بارش در هر زیر حوزه آبخیز (سطح اطمینان ۹۹ درصد)**

Code	11	12	13	14	15	16	17	21	22	23	24	25	26	27	28
11	1	0.00	0.904	0.00	0.057	0.067	0.285	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.012	0.256
12	0.00	1	0.00	0.894	0.008	0.001	0.001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.904	0.00	1	0.00	0.017	0.018	0.179	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.012	0.314
14	0.00	0.894	0.00	1	0.011	0.001	0.002	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.057	0.008	0.017	0.011	1	0.826	0.463	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.067	0.001	0.018	0.001	0.826	1	0.530	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.285	0.001	0.179	0.002	0.463	0.530	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.004	1	0.00	0.001	0.103	0.002	0.009	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.012	0.026	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.012	1	0.032	0.00	0.005	0.001
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.103	0.026	0.032	1	0.771	0.426	0.042
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002	0.00	0.00	0.771	1	0.523	0.057
27	0.012	0.00	0.012	0.00	0.00	0.00	0.00	0.009	0.00	0.005	0.426	0.523	1	0.240	0.001
28	0.256	0.00	0.314	0.00	0.00	0.00	0.001	0.00	0.00	0.001	0.042	0.057	0.240	1	0.001
30	0.048	0.00	0.029	0.00	0.033	0.009	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002	0.010
41	0.466	0.003	0.449	0.005	0.270	0.322	0.702	0.00	0.00	0.00	0.010	0.004	0.153	0.831	0.00
42	0.720	0.00	0.555	0.00	0.006	0.007	0.094	0.00	0.00	0.00	0.799	0.891	0.398	0.022	0.00
43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.279	0.00	0.021	0.434	0.160	0.095	0.004
44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.379	0.544	0.025	0.051	0.00	0.004	0.00
45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.377	0.536	0.004	0.775	0.002	0.020	0.002
46	0.087	0.00	0.038	0.00	0.00	0.00	0.058	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.010
47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.228	0.00	0.00	0.523	0.013	0.031	0.001
48	0.327	0.00	0.184	0.00	0.001	0.001	0.027	0.00	0.029	0.00	0.00	0.070	0.080	0.073	0.002
49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.442	0.004	0.00	0.677	0.003	0.016	0.00
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.047	0.001	0.00	0.727	0.119	0.088	0.003
52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.878	0.154	0.005	0.570	0.034	0.089	0.014
53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.542	0.397	0.020	0.065	0.001	0.005	0.00
60	0.012	0.00	0.223	0.00	0.00	0.00	0.001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.071	0.034	0.314	0.883

Homoscedasticity= sig>0.01

Heteroscedasticity= sig<0.01

**Table 7 (continued)**

ادامه جدول ۷

Code	29	30	41	42	43	44	45	46	47	48	49	51	52	53	60
11	0.048	0.466	0.720	0.00	0.00	0.00	0.087	0.00	0.327	0.00	0.00	0.00	0.00	0.012	0.00
12	0.00	0.003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.029	0.449	0.555	0.00	0.00	0.00	0.038	0.00	0.184	0.00	0.00	0.00	0.00	0.223	0.00
14	0.00	0.005	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.033	0.270	0.006	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.009	0.322	0.007	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.702	0.094	0.00	0.00	0.00	0.058	0.00	0.029	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.00
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00	0.279	0.379	0.377	0.00	0.228	0.029	0.442	0.047	0.878	0.542	0.00	0.039
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.544	0.536	0.00	0.00	0.00	0.004	0.001	0.154	0.397	0.00	0.001
24	0.00	0.00	0.00	0.021	0.025	0.004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.005	0.020	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.010	0.799	0.434	0.051	0.775	0.00	0.523	0.070	0.677	0.727	0.570	0.065	0.071	0.546
26	0.00	0.004	0.891	0.160	0.00	0.002	0.00	0.013	0.080	0.003	0.119	0.034	0.001	0.034	0.161
27	0.002	0.153	0.398	0.095	0.004	0.020	0.00	0.031	0.073	0.016	0.088	0.089	0.005	0.314	0.105
28	0.010	0.831	0.022	0.004	0.00	0.002	0.010	0.001	0.002	0.00	0.003	0.014	0.00	0.883	0.004
29	1	0.003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.328	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.00	0.040	0.00
30	0.003	1	0.224	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.067	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.00
41	0.00	0.224	1	0.110	0.00	0.00	0.00	0.002	0.460	0.00	0.065	0.006	0.00	0.008	0.102
42	0.00	0.00	0.110	1	0.118	0.194	0.00	0.677	0.833	0.461	0.799	0.514	0.160	0.002	0.718
43	0.00	0.00	0.00	0.118	1	0.986	0.00	0.046	0.004	0.093	0.009	0.445	0.819	0.00	0.008
44	0.00	0.00	0.00	0.194	0.986	1	0.00	0.043	0.006	0.019	0.019	0.422	0.818	0.00	0.018
45	0.328	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.008	0.00
46	0.00	0.00	0.002	0.677	0.046	0.043	0.00	1	0.276	0.535	0.307	0.473	0.092	0.00	0.252
47	0.00	0.067	0.460	0.833	0.004	0.006	0.00	0.276	1	0.077	0.934	0.157	0.010	0.044	0.807
48	0.00	0.00	0.00	0.461	0.093	0.019	0.00	0.535	0.077	1	0.116	0.698	0.178	0.00	0.093
49	0.00	0.00	0.065	0.799	0.009	0.019	0.00	0.307	0.934	0.116	1	0.206	0.019	0.00	0.881
51	0.001	0.00	0.006	0.514	0.445	0.422	0.00	0.473	0.157	0.698	0.206	1	0.572	0.001	0.186
52	0.00	0.00	0.00	0.160	0.819	0.818	0.00	0.092	0.010	0.178	0.019	0.572	1	0.00	0.002
53	0.040	0.001	0.008	0.002	0.00	0.00	0.008	0.00	0.044	0.00	0.00	0.001	0.00	1	0.001
60	0.00	0.00	0.102	0.718	0.008	0.018	0.00	0.252	0.807	0.093	0.881	0.186	0.002	0.001	1

Homoscedasticity= sig>0.01

Heteroscedasticity= sig<0.01

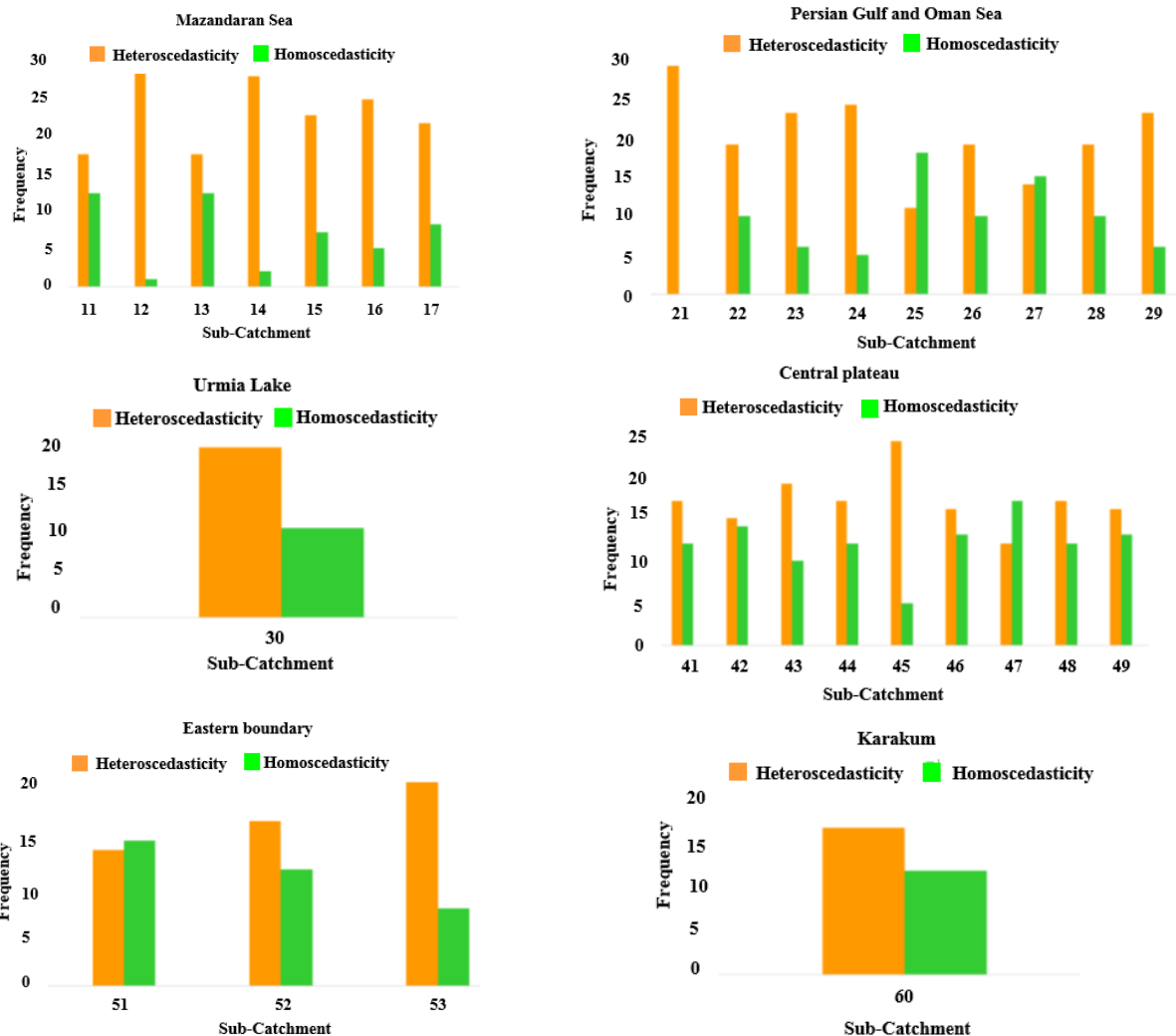


Fig. 5- Frequency of homoscedasticity and heteroscedasticity for low precipitation season in each catchment  
 شکل ۵- نمودار فراوانی هم‌واریانسی و ناهم‌واریانسی فصل کم بارش در هر زیرحوزه

کمبود بارش بر آن حاکم است، محدود کردن مطالعات مدیریت منابع آب به پدیده بارش و تغییرات آن نمی‌تواند درک درستی از برآورد آبی در بلند مدت را ارائه دهد. چراکه پدیده ناهم‌واریانسی مسأله مهم دیگری است که در باب تحلیل داده‌های بارش و تصمیم‌گیری‌های مرتبط با منابع آب وجود دارد و ناهم‌واریانسی داده‌های بارش، محاسبه و کارآیی میانگین بارش را به چالش می‌کشد.

در این زمینه مطالعه‌ای توسط Holisaz and Safikhani (2020) انجام شده‌است که با بررسی اثر ناهم‌واریانسی در محاسبه میانگین بارش سالانه کشور ایران و کارآیی شاخص میانگین برای ارائه شناخت بهتری از رفتار بارشی در ایران به این نتیجه دست یافتند که تحلیل داده‌های بارش در مقیاس مکانی پهنه اقلیمی نمی‌تواند شناخت کاملی از وضعیت بارش و توزیع داده‌های بارش را ارائه دهد.

## ۵- نتیجه‌گیری

در طول چهار دهه گذشته، تلاش‌های قابل توجهی برای مدیریت منابع آب صورت گرفته‌است اما بیش‌تر تحقیق‌های مرتبط با مدیریت منابع آب را می‌توان به‌عنوان تحلیلی از پدیده بارش دانست که چارچوب کلان آن‌ها، به‌طور معمول، حول دو محور است و بیش‌تر مطالعات تلاش می‌کنند که تغییرات بلندمدت (روند) و کوتاه مدت (نوسان) تغییرات بارش را ارائه کنند.

در حالی که باید توجه کرد که در کشور ناهم‌واری مانند ایران که از یک سو، دارای تنوع اقلیمی بسیار زیادی است و در کمربندهای ارتفاعی مختلف آن می‌توان آب و هوای متفاوتی را تجربه کرد و از سوی دیگر، بخش بسیار بزرگی از پهنه سرزمینی آن، آب و هوای خشک دارد و

**Table 8- Levene test for synoptic stations in each sub catchment (% 99)**

جدول ۸- نتایج آزمون لوین بین ایستگاه‌های هم‌دید موجود در هر زیرحوزه (سطح اطمینان ۹۹ درصد)

Code	Heavy precipitation	Semi Heavy precipitation	Pre-precipitation	Low precipitation
11	0.006	0.001	0.019	0.00
12	0.515	0.773	0.088	0.664
13	0.124	0.096	0.00	0.013
14	0.00	0.594	0.883	0.383
15	0.980	0.913	0.215	0.636
17	0.681	0.288	0.078	0.00
21	0.172	0.021	0.00	0.00
22	0.086	0.011	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.878	0.314	0.013	0.011
25	0.970	0.265	0.186	0.255
26	0.603	0.268	0.001	0.084
27	0.077	0.00	0.008	0.00
28	0.589	0.852	0.774	0.329
29	0.002	0.406	-	0.021
30	0.106	0.096	0.00	0.001
41	0.00	0.00	0.00	0.00
42	0.104	0.010	0.00	0.104
43	0.645	0.077	0.370	0.175
44	0.349	0.003	0.386	0.00
45	0.116	0.00	0.854	0.092
46	0.00	0.00	0.659	0.00
47	0.074	0.006	0.00	0.00
48	0.028	0.00	0.822	0.00
49	0.016	0.002	0.001	0.054
52	0.377	0.006	0.006	0.237
53	0.303	0.095	0.001	0.849
60	0.301	0.019	0.00	0.00

Homoscedasticity= sig>0.01

Heteroscedasticity= sig<0.01

حوزه آبخیز) و فلات مرکزی (وسیع‌ترین حوزه آبخیز) مشاهده کرد. چنانچه هم‌واریانس‌ترین و ناهم‌واریانس‌ترین زیرحوزه‌ها در تمامی مقیاس‌های زمانی مورد مطالعه، در این دو حوزه آبخیز قرار دارد. حتی وجود تناسب در پراکنش و توزیع ایستگاه‌های هم‌دید، باز نتوانسته است از بروز ناهم‌واریانسی در داده‌های بارش این دو حوزه آبخیز جلوگیری کند.

به‌عنوان مثال، علی‌رغم اینکه ایستگاه‌های هم‌دید واقع در زیرحوزه‌های کدهای ۱۲، ۱۵ و ۴۳ در چهار مقیاس زمانی نسبت به یکدیگر هم‌واریانس هستند اما در فصل نیمه پربارش زیرحوزه کد ۴۳، در فصل پیش بارش زیرحوزه‌های کد ۱۵ و ۱۲ و در فصل کم بارش

در چنین فضایی لازم است تذکر داده‌شود که حتی اگر حوزه آبخیز درجه ۲ نیز به‌عنوان مقیاس مکانی تحلیل داده‌های بارش انتخاب شود، باز نمی‌توان به درک وسیع و کاملی از برآورد آبی دست یافت. به‌عبارتی، با این‌که ویژگی‌ها و خصوصیات حوزه آبخیز نسبت به پهنه اقلیمی شناخت بهتری از پدیده بارش را نشان می‌دهد اما نمی‌توان ناهم‌واریانسی داده‌های بارش در مقیاس حوزه‌های آبخیز درجه ۲ را نادیده گرفت.

بروز ناهم‌واریانسی در مقیاس مکانی حوزه آبخیز را می‌توان با بررسی و مقایسه نتایج این تحقیق مشاهده کرد. به‌عبارتی، اثرگذاری مفهوم ناهم‌واریانسی بر داده‌های بارش در مقیاس مکانی حوزه آبخیز را می‌توان به‌وضوح در حوزه‌های آبخیز دریای مازندران (مرطوب‌ترین



زیرحوزه کد ۱۲ جزو ناهم‌وابستگی‌ترین زیرحوزه‌هایی هستند که در حوزه‌های آبخیز دریای مازندران و فلات مرکزی قرار دارند.

تأثیر واریانس فصل پربارش حوزه‌های کد ۱۲ که بزرگ‌ترین واریانس در تمامی فصل‌ها و حوزه‌های آبخیز است را نیز نمی‌توان نادیده گرفت. نمونه‌های دیگری از اثرگذاری مفهوم ناهم‌وابستگی را می‌توان در زیرحوزه‌های کد ۲۱ و ۴۱ مشاهده کرد. با این‌که بیش‌ترین پراکنش و توزیع ایستگاه سینوپتیک برای اندازه‌گیری بارش در زیرحوزه کد ۴۱ است اما این زیرحوزه در فصل پربارش جزو ناهم‌وابستگی‌ترین زیرحوزه‌ها است. ۱۵ ایستگاه هم‌دید واقع در آن نیز در تمامی فصل‌ها نسبت به یکدیگر ناهم‌وابستگی هستند. زیرحوزه کد ۲۱ نیز تنها زیرحوزه‌ای است که در فصل کم بارش نسبت به تمامی زیرحوزه‌ها ناهم‌وابستگی است.

از سوی دیگر باید توجه کرد که نمی‌توان حوزه آبخیزی را پیدا کرد که داده‌های بارش یکی از زیرحوزه‌های آن، حداقل در یک مقیاس زمانی نسبت به تمامی زیرحوزه‌ها هم‌وابستگی باشد. بنابراین کاربرد مفهوم میانگین برای انتقال مناسب رفتار بارشی کل پهنه سرزمینی ایران در مقیاس مکانی حوزه آبخیز نیز همانند مقیاس مکانی پهنه اقلیمی مفهومی ناقص است و به دلیل وجود ناهم‌وابستگی کارکرد اصلی خود را از دست می‌دهد. حتی افزایش ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش نیز به معنای کاهش ناهم‌وابستگی و افزایش شناخت پدیده بارش نیست. چنانچه در هر دو مقیاس مکانی پهنه اقلیمی و حوزه آبخیز، افزایش تعداد ایستگاه‌ها به گونه‌ای است که علاوه بر بالا بودن واریانس، داده‌های بارش ایستگاه‌ها نیز با پدیده ناهم‌وابستگی روبه‌رو هستند.

وجود ناهم‌وابستگی در داده‌های بارش هم در مقیاس مکانی پهنه اقلیمی و حوزه‌های آبخیز درجه ۲ کاربرد شاخص میانگین در این دو مقیاس مکانی را به چالش می‌کشد. بنابراین نخست و پیش از هر چیزی لازم است که کشورهایی که تنوع اقلیمی بسیار متفاوتی دارند از محاسبه میانگین بارش در هر دو مقیاس پهنه اقلیمی و حوزه‌های آبخیز اصلی شش‌گانه و همچنین حوزه‌های آبخیز درجه ۲ پرهیز کنند. در مرحله دوم لازم است که تحلیل‌های کوتاه‌مدت و بلند مدت بارش، با در نظر گرفتن اثرات ناهم‌وابستگی محاسبه شود. نگارندگان در حال تکمیل و ارائه‌ی مسیری هستند که آیا اثرات ناهم‌وابستگی را می‌توان با در نظر گرفتن تبخیر و تعرق پتانسیل کاهش داد؟ به این معنا که آیا تبخیر و تعرق می‌تواند برآوردکننده مناسبی برای تحلیل‌های منابع آب باشد؟ لذا در تحقیقات بعدی علاوه بر بارش، تبخیر و تعرق پتانسیل نیز وارد بررسی و تحلیل پدیده ناهم‌وابستگی خواهد شد.

لازم به ذکر است که در این تحقیق علت بروز ناهم‌وابستگی بررسی نشده است و تمرکز اصلی بر اثر ناهم‌وابستگی است. حال آنکه علاوه بر مقیاس مکانی، ناهم‌وابستگی داده‌های بارش تحت تأثیر عوامل دیگری از جمله عوامل مرتبط با بارش (شدت بارش، میزان بارش و تعداد روزهای بارندگی نیز قرار دارد. چنانچه Liu (2015) ناهم‌وابستگی خطاهای داده‌های بارش ایالت‌های اوکلاهام<sup>۱۸</sup>، مونتانا<sup>۱۹</sup> و فلوریدا<sup>۲۰</sup> را تابعی از شدت بارش می‌داند. بنابراین در مرحله سوم لازم است که با بررسی مجموعه عوامل مرتبط با بارش (شدت بارش، میزان بارش و تعداد روزهای بارندگی) مهم‌ترین عامل ناهمگونی تغییر واریانس خطاها و علت ناهم‌وابستگی داده‌های بارش کشور نیز مشخص شود.

وجود ناهم‌وابستگی در داده‌های بارش به این معنی است که نمی‌توان از مدل‌های رگرسیون خطی برای بهبود پیش‌بینی بارش استفاده کرد، لذا در هنگام تحلیل و بررسی داده‌های بارش باید از مدل‌هایی مانند مدل‌های خطی تعمیم یافته<sup>۲۱</sup>، مدل‌های افزایشی تعمیم یافته<sup>۲۲</sup>، یا رگرسیون بتا<sup>۲۳</sup> و مدل‌های سری زمانی ARCH<sup>۲۴</sup> و GARCH<sup>۲۵</sup> استفاده کرد که می‌توانند ناهم‌وابستگی داده‌های بارش را در نظر بگیرند. حال آنکه باید توجه کرد که توزیع ناموزون مکانی و زمانی بارش باعث می‌شود که مدلی که در مناطق خشک استفاده می‌شود را نمی‌توان در مناطق مرطوب نیز استفاده کرد.

چنانچه Messner, Mayr and Zeileis (2016) مدل‌های رگرسیون سانسور شده و کوتاه شده<sup>۲۶</sup> را برای بهبود پیش‌بینی بارش مناسب می‌دانند و کاربرد این مدل‌ها در شهر اینسبروک<sup>۲۷</sup> اثرات ناهم‌وابستگی بارش را کاهش می‌دهد. یا Kustiawan and Adriyansyah (2021) که با بررسی انواع مدل‌های ARCH، SARIMA<sup>۲۸</sup>، ARIMA<sup>۲۹</sup> و GARCH بهترین مدلی که می‌توان در شرق بلیتانگ ریجنسی<sup>۳۰</sup> استفاده کرد را مدل  $ARIMA(0,1,1)(2,1,1)_12$  معرفی می‌کنند که اثر ناهم‌وابستگی داده‌های بارش این منطقه را بسیار کاهش می‌دهد. بنابراین در مرحله چهارم لازم است که با بررسی مدل‌هایی که اثرات ناهم‌وابستگی را کاهش می‌دهند، بهترین مدلی که می‌توان برای تحلیل و بررسی داده‌های بارش کشور در مقیاس مکانی حوزه‌های آبخیز درجه‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ استفاده کرد نیز مشخص شود.

## بی نوشتها

- 1- Global Precipitation Climatology Centre (GPCC)
- 2- Global Precipitation Climatology Project (GPCP)
- 3- Climate Prediction Center (CPC) Merged Analysis of Precipitation (CMAP)
- 4- Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)
- 5- Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks (PERSIANN)
- 6- Asian Precipitation-Highly-Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation of Water Resources (APHRODITE's Water Resources)
- 7- Homoscedasticity
- 8- Heteroscedasticity
- 9- System
- 10- Range
- 11- Atmosphere
- 12- Hydrosphere
- 13- Cryosphere
- 14- Lithosphere
- 15- Biosphere
- 16- Constant Variance
- 17- Levene's Test
- 18- Oklahoma
- 19- Montana
- 20- Florida
- 21- Generalized Linear Models
- 22- Generalized Additive Models
- 23- Beta Regression
- 24- the Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (ARCH)
- 25- Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH)
- 26- Censored or Truncated Regression Models
- 27- Innsbruck (Austria)
- 28- Seasonal Autoregressive Moving Average (SARIMA)
- 29- Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)
- 30- East Belitung Regency

## ۵- مراجع

- Ansari H (2017) Imaginary space of water resources management. *Water and Sustainable Development* 4(2):174-177 (In Persian)
- Downs GW, Roche DM (1979) Interpreting heteroscedasticity. *American Journal of Political Science* 23(4):816-828
- Gelfand SJ (2015) Understanding the impact of heteroscedasticity on the predictive ability of modern regression methods. M.Sc. Thesis, Department of Statistical and Actuarial Science Faculty of Science. Simon Fraser University

- Glen S (2017) Heteroscedasticity: Simple definition and examples. <https://www.statisticshowto.com/heteroscedasticity-simple-definition-examples/>
- Holisaz A, Safikhani S (2020) Modifying annual precipitation mean concerning the effects of heteroscedasticity in different climatic regions of Iran. *Iran-Water Resources Research* 15(4):171-186 (In Persian)
- Holisaz A (2010) Foundations of methodology in ecology and its congruence with watershed concept. Ph.D. Thesis in Watershed Management, University of Tehran (In Persian)
- Kustiawan E, Adriyansya H (2021) Forecasting east belitung regency rainfall data by reviewing heteroscedasticity. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 3rd International Conference on Green Energy and Environment 2021 (The 3rd ICoGEE 2021) 29th-30th September, Bangka Belitung, Indonesia. Vol 926, No. 1, doi:10.1088/1755-1315/926/1/012018
- Liu H (2015) A framework for assessing error heteroscedasticity of satellite estimates and extracting spatiotemporal variability from precipitation data. Doctor of philosophy in Civil engineering, University of California, UC Irvine Electronic Theses and Dissertations, Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/6853x5cq>.
- Madani K (2014) Water management in Iran: What is causing the looming crisis?. *Journal of Environmental Studies and Sciences* 4(4):315-328
- Masoodian SA (2003) Investigation of precipitation geographical dispersion in Iran through rotated factor analysis. *Geography and Development Iranian Journal* 1(1):79-87 (In Persian)
- Masoodian SA (2005) Recognition of precipitation regimes of Iran using cluster analysis. *Geographical Research Quarterly* 37(52):47-59 (In Persian)
- Masoodian SA (2009) Masoodian SA (2009) Precipitation regions of Iran. *Geography and Development* 7(13):79-91
- Masoodian SA (2012) Climate of Iran. Shariee Toos Press (In Persian)
- Masoodian SA, Ataei H (2005) A Cluster analysis of precipitation seasons of Iran. *Research Bulletin of Isfahan University (Humanities)* 18(1):1-12 (In Persian)
- Masoodian SA, Kavyani M R (2008) Climate of Iran. University of Isfahan Press (In Persian)
- Massari C, Brocca L, Pellarin T, Abramowitz G, Filippucci P, Ciabatta L, Maggioni V, Kerr Y,

- Fernandez Prieto D (2020) A daily 25 km short-latency rainfall product for data-scarce regions based on the integration of the global precipitation measurement mission rainfall and multiple-satellite soil moisture products. *Hydrology and Earth System Sciences* 24(5):2687–2710
- Messner JW, Mayr GJ, Zeileis A (2016) Heteroscedastic censored and truncated regression with crch. *The R Journal* 8(1):173-181
- Movahedi S, Asakereh H, Sabziparvar A, Masoodian SA, Maryanaji Z (2012) Assessment of variability of precipitation regime in Iran. *Journal of Water and Soil* 25(6):1434-1447 (In Persian)
- Newton D E (2016) *The global water crisis: A reference handbook*. Greenwood Press
- Shalabh Sh (2019) *Econometric Theory*. [http://home.iitk.ac.in/~shalab/econometrics/Chapter 8-Econometrics-Heteroskedasticity](http://home.iitk.ac.in/~shalab/econometrics/Chapter%208-Econometrics-Heteroskedasticity)
- Shams M, Mahdian B (2015) Multicollinearity, heteroskedasticity and its consequences. 2nd National Conference on Applied Research in Mathematics and Physics, University of Applied Science and Technology-Tehran, 22 Jan, <https://civilica.com/doc/381213> (In Persian)