

بررسی استقلال خشکسالی‌های هواشناسی از ارتفاع در منطقه‌ی البرز جنوبی

محمود چناری^{۱*}، سید محسن سجادی^۲ و مسلم زنگنه کمالی^۳

*۱- کارشناس ارشد هواشناسی کشاورزی، فارغ التحصیل از دانشگاه تهران mhmd_chenari@yahoo.com

۲- استاد دانشکده‌ی منابع طبیعی بهبهان، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- کارشناس حفاظت و بهره‌برداری از منابع آب، در سازمان آب و برق خوزستان- اهواز

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۷/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۴/۲۸

چکیده

خشکسالی پدیده‌ای است که همه ساله در نقاط مختلف دنیا به فراوانی رخ می‌دهد. بی‌شک با خشکسالی نمی‌توان مبارزه‌ی اساسی کرد ولی می‌توان با برنامه‌ریزی و اقدامات پیشگیرانه، خود را با آن سازگار نمود. برای بررسی خشکسالی‌ها، منطقه‌ی البرز جنوبی که از طرف شمال به رشته‌کوه بلند البرز و در سوی جنوب به کویر مرکزی ایران محدود است، انتخاب شد. ایستگاه‌های مورد مطالعه در ارتفاعات مختلف از حدود ۹۰۰ تا ۲۵۰۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارند. با استفاده از نمایه‌های مختلف خشکسالی، وضعیت‌های مختلف بارشی محاسبه و تحلیل گردید. وجود همه‌ی گروه‌های بارشی در همه‌ی ایستگاه‌ها، در بیش‌تر سال‌ها و تقریباً در همه‌ی نمایه‌های مورد بررسی، به اثبات رسید. از دو روش، مستقل بودن وضعیت‌های بارشی به ویژه خشکسالی‌ها از ارتفاع، به اثبات رسید. این دو روش عبارت‌اند از: برازش مقادیر محاسبه شده توسط نمایه‌ها با ارتفاع و نیز گروه‌بندی مقادیر محاسبه شده‌ی نمایه‌ها و برازش این گروه‌ها با ارتفاع.

کلید واژه‌ها: نمایه‌های خشکسالی، وضعیت‌های بارشی، البرز جنوبی.

مقدمه

مختلف نمایه‌ی ZSI^۱ با نمایه‌ی SIAP^۲ معرفی و به کار گرفت. اشتاینمن^۳ (۷) روش آماری زنجیره‌ی مارکف را برای ارزیابی نمایه‌های خشکسالی به انجام رساند. نامبرده پس از محاسبه‌ی مقادیر نمایه‌های PDSI^۴، PHDI^۵ و SPI^۶ (۳، ۴، ۵ و ۹ و ۱۲ ماهه)، با استفاده از تعریف احتمال تجربی و دامنه‌ی هرکدام از این نمایه‌ها، مقادیر آن‌ها را محاسبه و با در نظر گرفتن یک مدل زنجیره‌ی مارکف شش حالتی مرتبه‌ی اول، ماتریس احتمال انتقال آن را به دست آورد. سپس با استفاده از روابط احتمالاتی و ماتریس احتمال انتقال، دوام، مدت و فراوانی خشکسالی‌های دوره‌ی آماری (۲۰۰۱-۱۹۳۹) را به دست آورد. یکی از مشکلاتی که همواره در بحث خشکسالی یا جبران خسارات ناشی از آن وجود دارد، طرح‌های تخصیص بودجه به مناطق خسارت دیده از خشکسالی می‌باشد. تصور عام بر این است که خشکسالی در مناطق خشک، بیش‌تر روی می‌دهد در حالی که طبق تعریف، خشکسالی می‌تواند در همه‌ی مناطق با آب و هوای مختلف رخ دهد. بنابراین خشکسالی در مناطق

خشکسالی یکی از پدیده‌های زیان‌بخش جوی است که وقوع آن تقریباً در همه‌جا محتمل است. ولی ویژگی‌های آن از منطقه‌ای به منطقه‌ی دیگر، به طور محسوس فرق می‌کند. خشکسالی رخدادی نادر و تصادفی نیست، بلکه حالتی نرمال و مستمر از اقلیم است؛ اما چون به صورت تدریجی ظاهر می‌شود، روند آهسته‌تر و نامحسوس‌تری نسبت به سایر بلاای طبیعی دارد. کمبود آب در دوره‌ی خشکسالی منجر به تحمیل زیان‌هایی برای فعالیتهای کشاورزی، صنعتی، گروه‌های اقتصادی و بخش‌های زیست محیطی می‌شود. برای بررسی خشکسالی‌ها باید برخی شرایط متوسط درازمدت در نظر گرفته شوند. می‌توان گفت که بارندگی یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین متغیرهایی است که از آن در تعریف خشکسالی استفاده می‌شود. در پژوهش‌های گذشته، بذرافشان^(۱) معیارهای آماری درباره‌ی نمایه‌های مختلف خشکسالی را به طور جداگانه در دو گروه‌بندی نمایه‌های استاتیک (ایستا) و دینامیک (پویا) و با دو نگرش ایستگاهی و سراسری مورد بررسی قرار داد و نمایه‌ی مناسب را برای ارزیابی سالانه و هدفمند خشکسالی تعیین نمود. نهایتاً به منظور معرفی یک سنجه‌ی خشکسالی کارآمد برای مقاصد هواشناسی، به یک جمع‌بندی رسید. خلیلی^(۳) با بررسی اقلیم‌های مختلف ایران، دامنه‌ی تازه‌ای را برای وضعیت‌های

1. Z-Score Index
2. Standard Index of Annual Precipitation
3. Steinmann
4. Palmer Drought Severity Index
5. Palmer Hydrologic Drought Index
6. Standardized Precipitation Index

جدول ۱- مقادیر هر نمایه در هر گروه و وضعیت بارشی آن

گروه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
وضعیت نمایه	ترسالی	نرمال	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید
SIAP	> ۰/۲۵	-۰/۲۵ تا ۰/۲۵	-۰/۵۲ تا ۰/۲۵	-۰/۸۴ تا ۰/۵۲	-۰/۸۴ تا ۰/۲۸	≤ -۱/۲۸
PNPI	> ۱۲۰٪	۸۰٪ تا ۱۲۰٪	۷۰٪ تا ۸۰٪	۵۵٪ تا ۷۰٪	۴۰٪ تا ۵۵٪	≤ ۴۰٪
DPI	> ۶۰٪	۴۰٪ تا ۶۰٪	۳۰٪ تا ۴۰٪	۲۰٪ تا ۳۰٪	۱۰٪ تا ۲۰٪	≤ ۱۰٪
RAI	(دهک ۷۸، ۹، ۱۰)	(دهک ۵، ۶)	(دهک ۴)	(دهک ۳)	(دهک ۲)	(دهک ۱)
RAI	> ۰/۳	-۰/۳ تا ۰/۳	-۱/۲ تا ۰/۳	-۲/۱ تا ۰/۲	-۳ تا ۰/۲	≤ -۳
BMDI	> ۰/۹۹	-۰/۹۹ تا ۰/۹۹	-۱ تا ۰/۹۹	-۲ تا ۰/۹۹	-۳ تا ۰/۹۹	≤ -۴
SPI	> ۰/۵	-۰/۴۹ تا ۰/۵	-۰/۹۹ تا ۰/۵	-۱ تا ۰/۴۹	-۱/۵ تا ۰/۹۹	≤ -۲

(مانند بارندگی)، ممکن است نتیجه بهتری عاید سازد (۴). برای بررسی خشکسالی‌ها از نمایه‌هایی که در جدول (۱) آمده است، استفاده می‌شود: ۱- معیار سالانه‌ی بارندگی (SIAP)، ۲- درصد از نرمال (PNPI)، ۳- روش دهک‌ها (DPI)، ۴- ناهنجاری بارندگی (RAI)، ۵- خشکسالی بالم و مولی (BMDI) و ۶- بارش استاندارد شده (SPI)، که در مقیاس ۱۲ ماهه نمایانگر وضعیت سالانه است (۶). متغیر مورد استفاده در این نمایه‌ها، میزان بارندگی سالانه به میلی‌متر و بر اساس تقویم میلادی است. در این جدول، نمایه‌ها در شش گروه مختلف بارشی با وضعیت‌های آن‌ها و نیز دامنه‌ی هر وضعیت آمده است.

بررسی حاضر بر روی منطقه‌ی البرز جنوبی، شامل استان‌های سمنان، تهران، قزوین، زنجان، قم و مرکزی انجام گرفت. این منطقه وسعتی در حدود ۱۹۰۰۰۰ کیلومتر مربع دارد و در ۵۷-۴۷ درجه‌ی طول شرقی و ۳۷-۳۳ درجه‌ی عرض شمالی قرار دارد. شکل (۱) موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی را نشان می‌دهد. این منطقه به گونه‌ای است که از طرف دشت‌های جنوبی به کویر مرکزی ایران و از طرف شمال به رشته‌کوه‌های مرتفع البرز محدود می‌شود. بیست ایستگاه، شامل شش ایستگاه همدیدی شش ایستگاه اقلیم‌شناسی که داده‌های هر دو از سازمان هواشناسی به دست آمد (۵) و نیز هشت ایستگاه تبخیرسنجی وزارت نیرو که داده‌های آن‌ها از سازمان تمام به دست آمد، مورد استفاده قرار گرفت.

بارندگی‌های منطقه‌ی مطالعاتی عمدتاً متأثر از سامانه‌های کم فشار غربی در طول پاییز و زمستان و رگبارهای متأثر از توده هوای شمال غربی در فصل بهار می‌باشد. با توجه به ارتفاع زیاد کوه‌های شمال منطقه‌ی مطالعاتی که در بیش‌تر نقاط آن به بیش از ۳۵۰۰ متر می‌رسد، دامنه‌ی نفوذ بارش‌های خزری در

مرتفع نیز - با وجود بارش بیش‌تر نسبت به مناطق پست- باید بررسی و اثر آن مطالعه گردد. برای این منظور از چند نمایه‌ی مختلف خشکسالی، برای ارزیابی خشکسالی‌ها در ارتفاعات مختلف، استفاده می‌شود.

مواد و روش‌ها

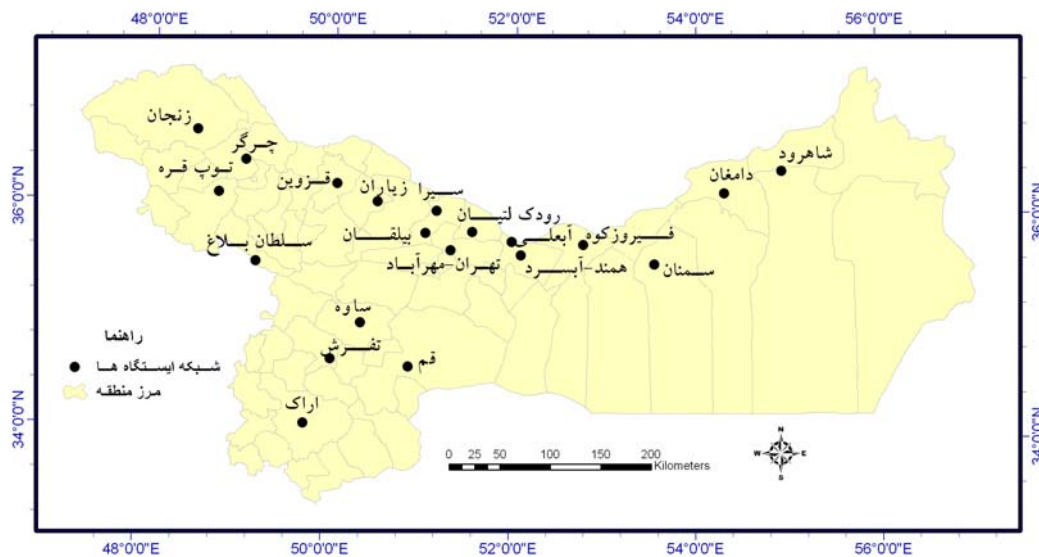
یکی از راه‌های شناخت پدیده‌های مختلف جوی به کمیت در آوردن آن‌ها و مقایسه‌ی شرایط و عوامل مختلف هر پدیده در مکان‌ها و زمان‌های مختلف و سرانجام به خدمت گرفتن دانسته‌های آن در جهت بهره‌وری بهتر یا پیش‌گیری از خسارت بیش‌تر است. از این رو برای پیش‌گیری از خسارت خشکسالی یا کاهش آن در برنامه‌های عمرانی، از معیارهایی استفاده می‌گردد که شاخص‌ها یا نمایه‌های خشکسالی نامیده می‌شوند. هر کدام از این نمایه‌ها، نیاز به داده‌های اولیه برای محاسبه و یا ترسیم دارند. درباره‌ی نمایه‌های خشکسالی بی‌گمان میزان بارش در مقیاس‌های زمانی ویژه‌ای مانند ماهانه و سالانه مد نظر قرار دارد. برخی دیگر از نمایه‌های خشکسالی، علاوه بر بارش از متغیرهای دیگری مانند رطوبت خاک، تبخیر و تعرق و ... نیز استفاده می‌کنند. به نظر می‌رسد که تاکنون نمایه‌های خشکسالی برای آشکار کردن شرایط خشکسالی، از جمله برای پیش و اندازه‌گیری حوادث خشکسالی و برای کاهش ضررهای آن مهم باشند.

نمایه‌هایی که از فاکتورهای هواشناسی و هیدرولوژیکی متعدد برای بررسی خشکسالی استفاده می‌نمایند، مانند نمایه‌ی پالم، مستقیماً این متغیرها را دیده‌بانی نمی‌کنند، بلکه از یک سری فرمول‌های تجربی برای برآورد متغیرهای خود (مثلاً رطوبت خاک، تبخیر و تعرق، رواناب و...) استفاده می‌کنند. برآورد متغیرها با استفاده از فرمول‌های تجربی دارای خطا بوده و افزایش تعداد متغیرها منجر به افزایش خطای کلی محاسبات می‌شود. در نتیجه، فزونی تعداد متغیرهای یک نمایه، دلیلی بر دقت بالاتر آن نیست بلکه استفاده از یک متغیر کارآمد و دقیق

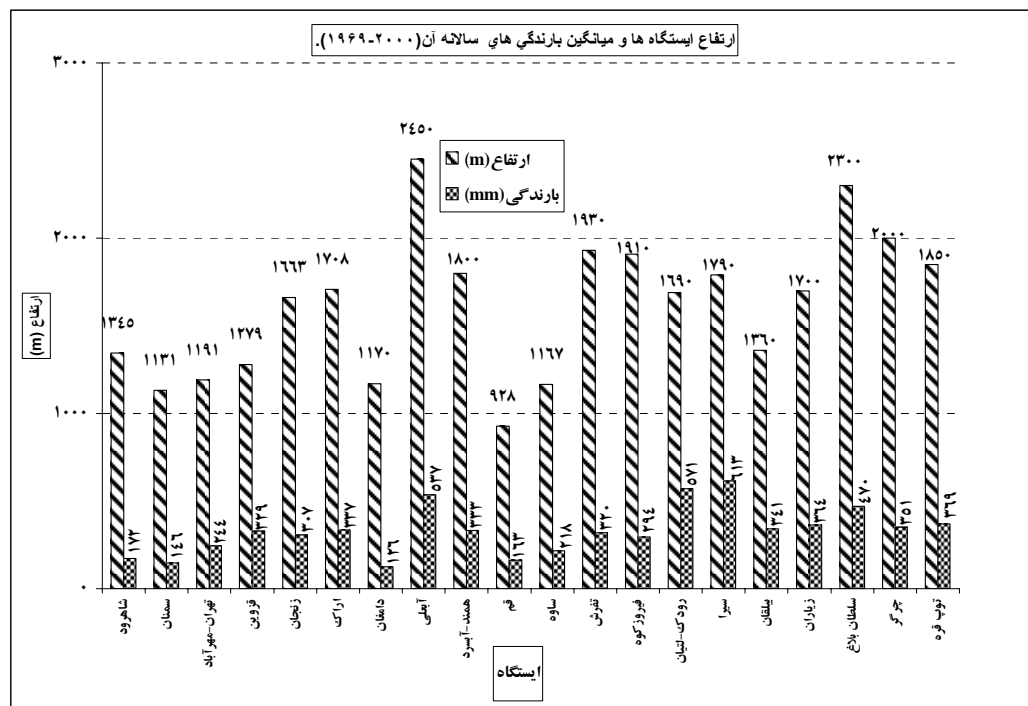
1. Percent of Normal Precipitation Index
2. Deciles of Precipitation Index
3. Rainfall Anomaly Index
4. Bhalme and Mooley Drought Index

منظور داده‌های بارندگی سالانه در تمامی ایستگاه‌ها، جداگانه به برنامه داده شد و مقادیر به دست آمده برای هر نمایه در هر ایستگاه، جداگانه محاسبه و استخراج شدند. جدول (۲) نمونه‌ی محاسبات مقادیر نمایه‌های معرفی شده در جدول (۱) را برای ایستگاه شاهرود نشان می‌دهد. در جدول (۲)، میانگین ۱۲ ماه نمایه‌ی بالم و مولی (A.) BMDI و (۱۲) SPI در ماه دسامبر (DEC) و همه در مقیاس سالانه (ANNUAL) می‌باشند.

شمال رشته‌کوه البرز به جنوب آن نمی‌رسد. رابطه‌ی بارش‌ها با ارتفاع در این منطقه نیز کم و بیش براساس یک قاعده‌ی کلی، بارش سالانه‌ی بیش‌تر در ارتفاعات بلندتر، حاکم می‌باشد. شکل‌های (۲) و (۳)، رابطه‌ی میانگین بارندگی با ارتفاع و دامنه‌ی تغییرات درازمدت بارش منطقه را نشان می‌دهند. در این مطالعه برای محاسبه‌ی مقادیر وضعیت‌های مختلف نمایه‌های معرفی شده در شش گروه و در طول دوره‌ی آماری ۳۲ ساله، برنامه‌های رایانه‌ای نوشته و استفاده گردید. برای این



شکل ۱- نقشه منطقه و موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی



شکل ۲- رابطه میانگین بارندگی با ارتفاع در ایستگاه‌های مورد مطالعه (۱۹۶۹-۲۰۰۰)

جدول ۲- مقادیر نمایه‌های خشکسالی سالانه، ایستگاه همدیدی شاهرود (۱۹۶۹-۲۰۰۰)

شاهرود	ANNUAL	ANNUAL	ANNUAL	ANNUAL	ANNUAL	ANNUAL	Ave.(1 to 12)	DEC
سال	Precip.(mm)	SIAP	PNPI	DPI	RAI	BMDI	BMDI(A.)	SPI(12)
۱۹۶۹	۲۰۹/۵	۰/۶۲	۱۲۱/۶	۹	۱/۷۱	۱/۷۲	۱/۵۹	۰/۷۱
۱۹۷۰	۱۰۰/۶	-۱/۲۰	۵۸/۴	۲	-۳/۲۷	-۳/۳۳	-۱/۲۳	-۱/۳۳
۱۹۷۱	۱۱۷/۸	-۰/۹۱	۶۸/۴	۳	-۲/۴۸	-۲/۸۱	-۱/۶۸	-۰/۹۳
۱۹۷۲	۳۴۳/۳	۲/۸۷	۱۹۹/۳	۱۰	۷/۸۶	۷/۵۴	۳/۰۳	۲/۴
۱۹۷۳	۱۱۳/۳	-۰/۹۹	۶۵/۸	۲	-۲/۶۹	-۳/۰۶	-۱/۴۲	-۱/۰۳
۱۹۷۴	۲۴۸/۵	۱/۲۸	۱۴۴/۳	۹	۳/۵۰	۳/۶۰	۱/۴۵	۱/۲۶
۱۹۷۵	۲۰۰/۴	۰/۴۷	۱۱۶/۳	۸	۱/۲۹	۱/۲۹	۰/۱۲	۰/۵۷
۱۹۷۶	۱۷۹/۶	۰/۱۲	۱۰۴/۳	۶	۰/۳۴	۰/۱۰	-۰/۴۴	۰/۲۴
۱۹۷۷	۱۷۳/۶	۰/۰۲	۱۰۰/۸	۵	۰/۰۶	-۰/۶۲	۰/۳۲	۰/۱۴
۱۹۷۸	۱۳۸/۱	-۰/۵۷	۸۰/۲	۳	-۱/۵۶	-۱/۵۹	-۰/۹۵	-۰/۵۱
۱۹۷۹	۲۰۷/۶	۰/۵۹	۱۲۰/۵	۸	۱/۶۲	۱/۴۱	۱/۰۹	۰/۶۸
۱۹۸۰	۲۰۱/۷	۰/۴۹	۱۱۷/۱	۸	۱/۳۵	۱/۱۴	۰/۰۹	۰/۵۹
۱۹۸۱	۱۷۱/۲	-۰/۰۲	۹۹/۴	۵	-۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۰۲	۰/۱
۱۹۸۲	۱۹۸/۴	۰/۴۴	۱۱۵/۲	۷	۱/۲۰	۱/۳۱	۰/۵۱	۰/۵۴
۱۹۸۳	۹۶	-۱/۲۸	۵۵/۷	۱	-۳/۴۸	-۳/۶۶	-۱/۶۸	-۱/۴۵
۱۹۸۴	۱۸۳/۷	۰/۱۹	۱۰۶/۶	۶	۰/۵۳	۰/۲۶	۰/۰۴	۰/۳
۱۹۸۵	۷۸/۷	-۱/۵۷	۴۵/۷	۱	-۴/۲۶	-۴/۵۰	-۱/۷۹	-۱/۹۲
۱۹۸۶	۱۸۴	۰/۲۰	۱۰۶/۸	۶	۰/۵۴	۰/۷۱	۰/۱۵	۰/۳۱
۱۹۸۷	۱۷۷/۷	۰/۰۹	۱۰۳/۲	۵	۰/۲۵	۰/۸۶	۰/۱۰	۰/۲۱
۱۹۸۸	۱۶۱/۹	-۰/۱۷	۹۴/۰	۴	-۰/۴۷	-۰/۰۶	۰/۷۷	-۰/۰۷
۱۹۸۹	۱۴۸/۹	-۰/۳۹	۸۶/۴	۴	-۱/۰۶	-۱/۳۶	-۱/۰۷	-۰/۳
۱۹۹۰	۱۰۱/۸	-۱/۱۸	۵۹/۱	۲	-۳/۲۱	-۳/۵۸	-۲/۰۰	-۱/۳
۱۹۹۱	۲۷۹/۶	۱/۸۰	۱۶۲/۳	۱۰	۴/۹۳	۴/۶۵	۱/۴۸	۱/۶۶
۱۹۹۲	۲۵۸/۵	۱/۴۴	۱۵۰/۱	۹	۳/۹۶	۳/۵۶	۱/۸۵	۱/۳۹
۱۹۹۳	۲۲۷/۷	۰/۹۳	۱۳۲/۲	۹	۲/۵۵	۲/۳۲	۱/۴۵	۰/۹۷
۱۹۹۴	۱۲۳/۳	-۰/۸۲	۷۱/۶	۳	-۲/۲۳	-۲/۱۳	-۱/۳۲	-۰/۸۱
۱۹۹۵	۱۴۷/۷	-۰/۴۱	۸۵/۷	۴	-۱/۱۲	-۱/۴۸	-۱/۰۲	-۰/۳۲
۱۹۹۶	۱۸۵/۴	۰/۲۲	۱۰۷/۶	۷	۰/۶۰	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/۳۳
۱۹۹۷	۸۵/۵	-۱/۴۵	۴۹/۶	۱	-۳/۹۵	-۴/۰۴	-۲/۱۴	-۱/۷۲
۱۹۹۸	۱۹۲	۰/۳۳	۱۱۱/۵	۷	۰/۹۱	۱/۷۵	۲/۰۸	۰/۴۴
۱۹۹۹	۱۰۹/۲	-۱/۰۶	۶۳/۴	۲	-۲/۸۷	-۲/۲۳	-۰/۶۴	-۱/۱۳
۲۰۰۰	۱۶۶/۹	-۰/۰۹	۹۶/۹	۵	-۰/۲۴	۰/۶۵	۱/۱۲	۰/۰۲

است. دیده می‌شود که مقادیر مربع ضریب همبستگی با ارتفاع به دست آمده برای هر نمایه، در هر سال عمدتاً کم‌تر از ۰/۴ است و نیز برای سال‌هایی که خشکسالی تقریباً در همه‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه رخ داده، مقدار همبستگی مذکور کم‌تر از ۰/۱۵ است.

در روش دوم با برنامه‌نویسی رایانه‌ای مقادیر گروه‌بندی شده‌ی وضعیت‌های بارشی بر اساس گروه‌های شش‌گانه برای همه‌ی ایستگاه‌های مطالعاتی، در طول دوره‌ی آماری (۱۹۶۹-۲۰۰۰)، شمارش و درصد احتمال وقوع هر وضعیت، برای هر نمایه و در هر گروه محاسبه گردید. نمونه‌ی نتایج محاسباتی مربوط به ایستگاه همدیدی شاهرود در جدول (۶) آمده است که به آن جدول شمارش مشاهدات تجربی گفته می‌شود. گرچه نمایه‌های

مقادیر نمایه‌های محاسبه شده برای همه‌ی ایستگاه‌های مطالعاتی، براساس دامنه‌ی نمایه‌ها گروه‌بندی گردید. نمونه‌ی محاسبات ایستگاه همدیدی شاهرود در طول دوره‌ی آماری در جدول (۳) نشان داده شده است. جهت مقایسه‌ی مقادیر سالانه‌ی نمایه‌ها در همه‌ی ایستگاه‌ها، مقادیر مربوط به سال ۱۹۶۹ در جدول (۴) آمده است.

نتایج و بحث

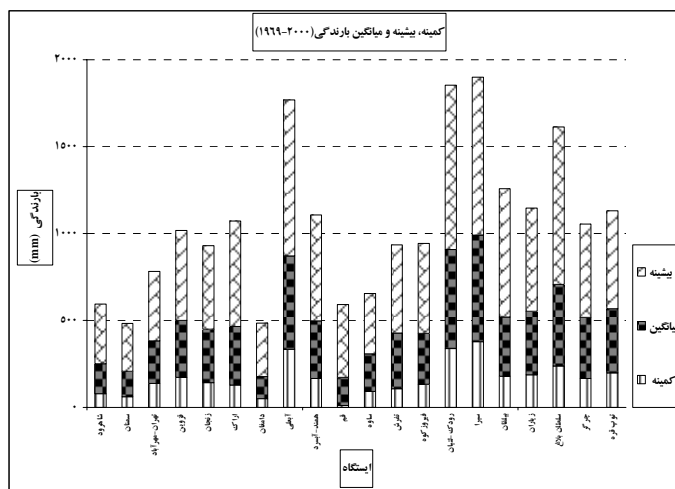
در روش نخست رابطه‌ی ارتفاع با مقدار هر نمایه در طول دوره‌ی آماری محاسبه گردید. مقادیر مربع ضریب برازش ارتفاع ایستگاه‌ها با مقدار هر نمایه در جدول (۵) و شکل (۴) ارائه شده

باهم همخوانی دارند. جدول (۶) این شمارش را برای ایستگاه شاهرود نشان می‌دهد.

مختلف استفاده شده در این تحقیق دارای فرمول‌های متفاوت هستند ولی شمارش وضعیت‌های بارشی و درصد احتمال وقوع به دست آمده برای هر وضعیت بارشی، در همه‌ی این نمایه‌ها

جدول ۳- نمایه‌های مختلف در شش گروه در مقیاس سالانه، در ایستگاه شاهرود (۱۹۶۹-۲۰۰۰)

شاهرود سال	ANNUAL Precip.(mm)	ANNUAL SIAP	ANNUAL PNPI	ANNUAL DPI	ANNUAL RAI	ANNUAL BMDI	Ave.(۱ to ۱۲) BMDI(A.)	DEC SPI(۱۲)
۱۹۶۹	۲۰۹/۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱۹۷۰	۱۰۰/۶	۵	۴	۵	۶	۵	۳	۴
۱۹۷۱	۱۱۷/۸	۵	۴	۴	۵	۴	۳	۳
۱۹۷۲	۳۴۳/۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱۹۷۳	۱۱۳/۳	۵	۴	۵	۵	۵	۳	۴
۱۹۷۴	۲۴۸/۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱۹۷۵	۲۰۰/۴	۱	۲	۱	۱	۱	۲	۱
۱۹۷۶	۱۷۹/۶	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۲
۱۹۷۷	۱۷۳/۶	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۹۷۸	۱۳۸/۱	۴	۲	۴	۴	۳	۲	۳
۱۹۷۹	۲۰۷/۶	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱۹۸۰	۲۰۱/۷	۱	۲	۱	۱	۱	۲	۱
۱۹۸۱	۱۷۱/۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۹۸۲	۱۹۸/۴	۱	۲	۱	۱	۱	۲	۱
۱۹۸۳	۹۶	۵	۴	۶	۶	۵	۳	۴
۱۹۸۴	۱۸۳/۷	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۲
۱۹۸۵	۷۸/۷	۶	۵	۶	۶	۶	۳	۵
۱۹۸۶	۱۸۴	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۲
۱۹۸۷	۱۷۷/۷	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۹۸۸	۱۶۱/۹	۲	۲	۳	۳	۲	۲	۲
۱۹۸۹	۱۴۸/۹	۳	۲	۳	۳	۳	۳	۲
۱۹۹۰	۱۰۱/۸	۵	۴	۵	۶	۵	۴	۴
۱۹۹۱	۲۷۹/۶	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱۹۹۲	۲۵۸/۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱۹۹۳	۲۲۷/۷	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱۹۹۴	۱۲۳/۳	۴	۳	۴	۵	۴	۳	۳
۱۹۹۵	۱۴۷/۷	۳	۲	۳	۳	۳	۳	۲
۱۹۹۶	۱۸۵/۴	۲	۲	۱	۱	۲	۲	۲
۱۹۹۷	۸۵/۵	۶	۵	۶	۶	۶	۴	۵
۱۹۹۸	۱۹۲	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۲
۱۹۹۹	۱۰۹/۲	۵	۴	۵	۵	۴	۲	۴
۲۰۰۰	۱۶۶/۹	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۲



شکل ۳- دامنه‌ی تغییرات بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه (۱۹۶۹-۲۰۰۰)

جدول ۴- مقادیر سالانه‌ی نمایه‌ها در ایستگاه‌های مطالعاتی در سال ۱۹۶۹

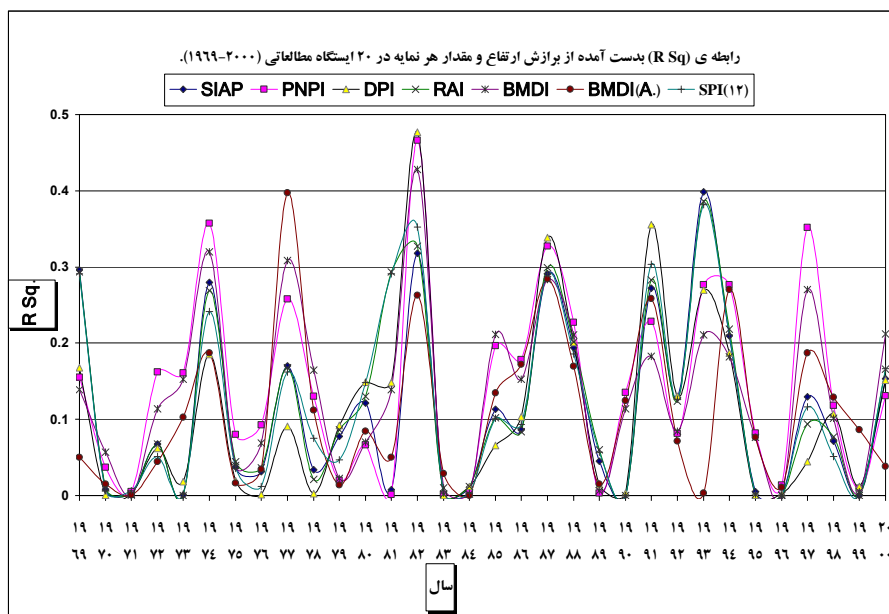
ردیف	ایستگاه	X(° , ')	Y(° , ')	Z(m)	Precip.(mm)	SIAP	PNPI	DPI	RAI	BMDI	BMDI(A.)	SPI(۱۲)
۱	شاهرود	۵۴,۵۷	۳۶,۲۵	۱۳۴۵/۳	۲۰۹/۵	۰/۶۲	۱۲۱/۶	۹	۱/۷۱	۱/۷۲	۱/۵۹	۰/۷۱
۲	سمنان	۵۳,۳۳	۳۵,۳۵	۱۱۳۰/۸	۲۲۹/۲	۱/۵	۱۵۶/۹	۹	۳/۸۷	۴/۷۵	۳/۵۷	۱/۴۱
۳	تهران-مهرآباد	۵۱,۱۹	۳۵,۴۱	۱۱۹۰/۸	۳۹۹/۴	۲/۲۵	۱۶۳/۵	۱۰	۵/۹۵	۵/۱۱	۳/۴۴	۲/۰۱
۴	قزوین	۵۰,۰۳	۳۶,۱۵	۱۲۷۹/۲	۴۴۸/۹	۱/۳۲	۱۳۶/۴	۹	۳/۱۵	۳/۲۸	۲/۳۲	۱/۳
۵	زنجان	۴۸,۲۹	۳۶,۴۱	۱۶۶۳	۴۸۱/۱	۲/۲۳	۱۵۶/۸	۱۰	۶/۰۶	۴/۲۲	۲/۶۷	۱/۹۴
۶	اراک	۴۹,۴۶	۳۴,۰۶	۱۷۰۸	۶۰۶/۶	۲/۵۸	۱۸۰	۱۰	۶/۸۵	۶/۲۶	۴/۲۳	۲/۱۶
۷	دامغان	۵۴,۱۹	۳۶,۱۳	۱۱۷۰	۶۸	-۱/۰۱	۵۳/۹	۲	-۳/۰۵	-۳/۲۱	-۲/۶۹	-۱/۱۶
۸	آبعلی	۵۱,۵۹	۳۵,۴۶	۲۴۵۰	۸۹۶/۴	۲/۴۷	۱۶۷/۱	۱۰	۶/۲۹	۵/۱۶	۳/۳۷	۲/۲۵
۹	همندآبسد	۵۲,۰۵	۳۵,۳۹	۱۸۰۰	۶۰۹	۲/۶۹	۱۸۲/۶	۱۰	۷	۶/۲۷	۴/۱	۲/۳۴
۱۰	قم	۵۰,۵۳	۳۴,۳۸	۹۲۸	۲۶۵	۱/۱۹	۱۶۳	۹	۳/۱۷	۳/۸۷	۳/۸۴	۱/۰۸
۱۱	ساوه	۵۰,۲۱	۳۵,۰۱	۱۱۶۷	۳۰۴/۴	۱/۳۱	۱۳۹/۷	۹	۳/۴۱	۳/۵۷	۲/۷۵	۱/۲۳
۱۲	تفرش	۵۰,۰۲	۳۴,۴۱	۱۹۳۰	۵۰۶/۸	۱/۸	۱۵۸/۶	۱۰	۴/۷	۴/۳۳	۴/۰۳	۱/۵۷
۱۳	فیوزکوه	۵۲,۴۶	۳۵,۴۵	۱۹۱۰	۴۸۱/۳	۲/۰۵	۱۶۳/۸	۱۰	۵/۴۵	۵/۱۳	۳/۳۵	۱/۸۷
۱۴	رودک لیان	۵۱,۳۳	۳۵,۵۱	۱۶۹۰	۹۴۴/۶	۲/۵۵	۱۶۵/۴	۱۰	۶/۴۹	۵/۲۱	۳/۲۵	۲/۲۷
۱۵	سیرا	۵۱,۰۹	۳۶,۰۲	۱۷۹۰	۸۷۴	۱/۷۳	۱۴۲/۵	۱۰	۴/۴۴	۴/۵۲	۲/۸۴	۱/۶۱
۱۶	بیلقان	۵۱,۰۲	۳۵,۵۰	۱۳۶۰	۴۶۲/۵	۰/۹۷	۱۳۵/۷	۹	۲/۵۴	۲/۳۵	۲/۱۲	۱/۰۵
۱۷	زیاران	۵۰,۳۰	۳۶,۰۶	۱۷۰۰	۴۶۵	۱/۰۲	۱۲۷/۶	۹	۲/۷۲	۲/۰۲	۱/۴۷	۱/۰۲
۱۸	سلطان بلاغ	۴۹,۱۱	۳۵,۳۲	۲۳۰۰	۸۵۴	۲/۴۵	۱۸۱/۹	۱۰	۶/۶۴	۵/۳۶	۳/۳۳	۲/۲۷
۱۹	چرگر	۴۹,۰۲	۳۶,۲۶	۲۰۰۰	۴۵۴/۵	۱/۲۴	۱۲۹/۴	۹	۳/۳	۱/۹۴	۱/۲۵	۱/۲
۲۰	توب قره	۴۸,۴۵	۳۶,۰۸	۱۸۵۰	۵۶۴	۲/۱۹	۱۵۲/۹	۱۰	۵/۹۳	۴/۱۷	۲/۰۱	۱/۹۴

فرمول محاسبه‌ی ضریب همبستگی مراجعه شود، یعنی همبستگی میان مقادیر آن مطلقاً صفر است. همانگونه که ملاحظه می‌شود مقادیر مربع ضریب برازش در همه‌ی وضعیت‌های بارشی کمتر از ۰/۴ و عمدتاً کمتر از ۰/۲ می‌باشد.

برای همه‌ی ایستگاه‌ها و در شش گروه به صورت جداگانه، رابطه‌ی بین ارتفاع و مقادیر شمارش شده‌ی هر وضعیت بارشی محاسبه گردید. نتایج در جدول (۷) و شکل (۵) آمده است. درباره‌ی معادلاتی که ضریب زاویه‌ی آن‌ها صفر می‌باشد، مربع ضریب همبستگی به صورت #N/A نشان داده شده است (به

جدول ۵- مربع ضریب همبستگی ارتفاع و مقدار هر نمایه در منطقه‌ی مورد مطالعه (۱۹۶۹-۲۰۰۰)

نمایه سال	SIAP R-Sq.	PNPI R-Sq.	DPI R-Sq.	RAI R-Sq.	BMDI R-Sq.	BMDI(A.) R-Sq.	SPI(۱۲) R-Sq.
۱۹۶۹	۰/۲۹۶۹	۰/۱۵۴۹	۰/۱۶۷۷	۰/۲۹۳۸	۰/۱۳۹۲	۰/۰۵۰۱	۰/۲۹۱۱
۱۹۷۰	۰/۰۰۸۲	۰/۰۳۶۸	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۹۸	۰/۰۵۶۷	۰/۰۱۵۱	۰/۰۰۶۴
۱۹۷۱	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۶۳
۱۹۷۲	۰/۰۶۷۳	۰/۱۶۲۲	۰/۰۶۲۲	۰/۰۶۷۶	۰/۱۱۳۹	۰/۰۴۴۶	۰/۰۵۱۶
۱۹۷۳	۰/۰۰۰۸	۰/۱۶۰۶	۰/۰۱۸۲	۰/۰۰۰۲	۰/۱۵۲۹	۰/۱۰۲۵	۰/۰۰۲۰
۱۹۷۴	۰/۲۷۹۷	۰/۳۵۷۱	۰/۱۸۵۱	۰/۲۶۹۱	۰/۳۱۹۶	۰/۱۸۷۳	۰/۲۴۱۶
۱۹۷۵	۰/۰۳۷۶	۰/۰۸۰۴	۰/۰۱۹۵	۰/۰۴۴۴	۰/۰۳۹۵	۰/۰۱۶۲	۰/۰۳۵۹
۱۹۷۶	۰/۰۳۱۲	۰/۰۹۲۸	۰/۰۰۱۰	۰/۰۳۶۰	۰/۰۶۸۹	۰/۰۳۴۲	۰/۰۱۱۶
۱۹۷۷	۰/۱۶۹۹	۰/۲۵۷۷	۰/۰۹۰۵	۰/۱۶۷۵	۰/۳۰۸۵	۰/۳۹۷۲	۰/۱۶۲۱
۱۹۷۸	۰/۰۳۳۷	۰/۱۳۰۳	۰/۰۰۲۸	۰/۰۲۱۵	۰/۱۶۴۸	۰/۱۱۲۲	۰/۰۷۵۰
۱۹۷۹	۰/۰۷۷۳	۰/۰۱۹۹	۰/۰۹۲۲	۰/۰۸۶۴	۰/۰۲۲۶	۰/۰۱۳۹	۰/۰۴۷۲
۱۹۸۰	۰/۱۲۱۱	۰/۰۶۶۴	۰/۱۴۸۹	۰/۱۳۰۳	۰/۰۷۰۰	۰/۰۸۴۴	۰/۱۴۸۰
۱۹۸۱	۰/۰۰۷۵	۰/۰۰۱۵	۰/۱۴۸۰	۰/۲۹۳۸	۰/۱۳۹۲	۰/۰۵۰۱	۰/۲۹۱۱
۱۹۸۲	۰/۳۱۷۶	۰/۴۶۶۵	۰/۴۷۶۷	۰/۳۳۷۰	۰/۴۲۷۸	۰/۲۶۳۰	۰/۳۵۲۵
۱۹۸۳	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۲۱	۰/۰۱۰۳	۰/۰۲۸۹	۰/۰۰۳۰
۱۹۸۴	۰/۰۱۰۹	۰/۰۰۳۹	۰/۰۱۱۷	۰/۰۱۲۱	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳۳
۱۹۸۵	۰/۱۱۳۱	۰/۱۹۶۲	۰/۰۶۵۵	۰/۱۰۲۱	۰/۲۱۱۶	۰/۱۳۴۷	۰/۱۰۱۴
۱۹۸۶	۰/۰۸۶۵	۰/۱۷۸۵	۰/۱۰۳۲	۰/۰۸۴۰	۰/۱۵۲۹	۰/۱۷۲۴	۰/۰۹۳۱
۱۹۸۷	۰/۲۹۱۲	۰/۳۲۷۳	۰/۳۳۸۳	۰/۲۹۹۳	۰/۲۸۳۵	۰/۲۸۴۲	۰/۲۹۱۱
۱۹۸۸	۰/۱۹۴۰	۰/۲۲۷۳	۰/۲۰۰۹	۰/۲۰۱۸	۰/۲۱۱۰	۰/۱۶۹۳	۰/۱۸۶۱
۱۹۸۹	۰/۰۴۵۲	۰/۰۰۳۴	۰/۰۱۴۳	۰/۰۶۰۲	۰/۰۰۶۱	۰/۰۱۵۰	۰/۰۵۷۲
۱۹۹۰	۰/۰۰۰۵	۰/۱۳۵۰	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۰۰	۰/۱۱۳۹	۰/۱۲۴۷	۰/۰۰۰۰
۱۹۹۱	۰/۲۷۲۵	۰/۲۲۸۷	۰/۳۵۵۳	۰/۲۸۲۶	۰/۱۸۳۰	۰/۲۵۸۵	۰/۳۰۳۲
۱۹۹۲	۰/۱۲۸۴	۰/۰۸۱۵	۰/۱۳۰۴	۰/۱۲۳۸	۰/۰۸۴۳	۰/۰۷۱۵	۰/۱۲۶۷
۱۹۹۳	۰/۳۹۸۷	۰/۲۷۶۴	۰/۲۶۹۶	۰/۳۸۶۱	۰/۲۱۱۰	۰/۰۰۲۹	۰/۳۸۱۶
۱۹۹۴	۰/۲۰۹۶	۰/۲۷۶۴	۰/۱۸۷۴	۰/۲۱۸۷	۰/۱۸۲۱	۰/۲۷۰۴	۰/۲۱۰۹
۱۹۹۵	۰/۰۰۵۰	۰/۰۸۲۰	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱۵	۰/۰۷۶۲	۰/۰۷۶۳	۰/۰۰۱۷
۱۹۹۶	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۳۷	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۱۰۸	۰/۰۰۰۰
۱۹۹۷	۰/۱۲۹۸	۰/۳۵۱۴	۰/۰۴۴۵	۰/۰۹۳۷	۰/۲۷۰۱	۰/۱۸۷۲	۰/۱۱۶۴
۱۹۹۸	۰/۰۷۱۴	۰/۱۱۸۰	۰/۱۰۷۱	۰/۰۷۶۸	۰/۱۰۱۱	۰/۱۲۹۲	۰/۰۵۱۶
۱۹۹۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۹۴	۰/۰۱۱۸	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۵۳	۰/۰۸۶۰	۰/۰۰۰۸
۲۰۰۰	۰/۱۵۳۶	۰/۱۳۰۸	۰/۱۵۱۳	۰/۱۶۵۷	۰/۲۱۱۹	۰/۰۳۸۳	۰/۱۶۶۷



شکل ۴- درجه همبستگی حاصل از برازش ارتفاع و مقدار هر نمایه در ۲۰ ایستگاه (۱۹۶۹-۲۰۰۰)

جدول ۶- شمارش و درصد احتمال وقوع هر وضعیت در ایستگاه شاهرود (۱۹۶۹-۲۰۰۰)

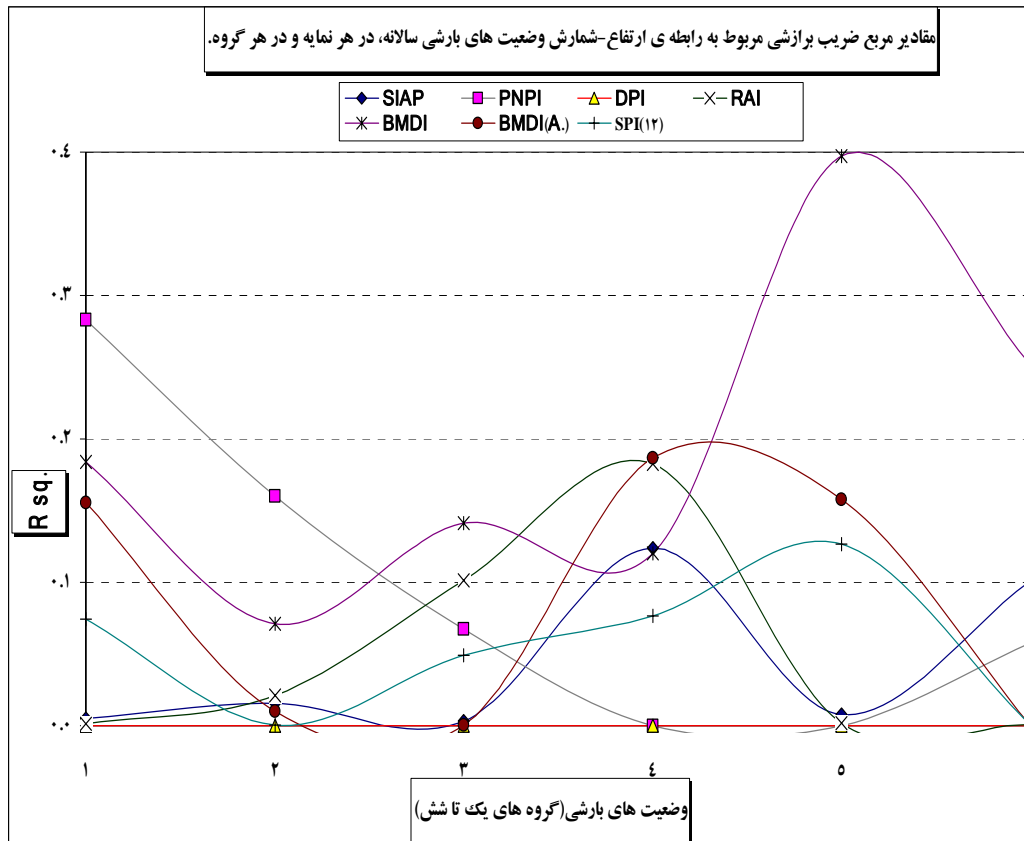
گروه	نماینه	SIAP	PNPI	DPI	RAI	BMDI	BMDI(A.)	SPI(۱۲)
۱		۱۱	۷	۱۲	۱۵	۱۱	۹	۱۰
۲		۹	۱۶	۷	۴	۹	۱۳	۱۲
۳		۲	۱	۳	۳	۳	۸	۳
۴		۲	۶	۳	۱	۳	۲	۵
۵		۶	۲	۴	۴	۴	۰	۲
۶		۲	۰	۳	۵	۲	۰	۰
جمع		۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲

گروه	نماینه	SIAP	PNPI	DPI	RAI	BMDI	BMDI(A.)	SPI(۱۲)
۱		۳۴/۴	۲۱/۹	۳۷/۵	۴۶/۹	۳۴/۴	۲۸/۱	۳۱/۳
۲		۲۸/۱	۵۰/۰	۲۱/۹	۱۲/۵	۲۸/۱	۴۰/۶	۳۷/۵
۳		۶/۳	۳/۱	۹/۴	۹/۴	۹/۴	۲۵/۰	۹/۴
۴		۶/۳	۱۸/۸	۹/۴	۳/۱	۹/۴	۶/۳	۱۵/۶
۵		۱۸/۸	۶/۳	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۲/۵	۰/۰	۶/۳
۶		۶/۳	۰/۰	۹/۴	۱۵/۶	۶/۳	۰/۰	۰/۰
جمع		۱۰۰/۰	۱۰۰/۰	۱۰۰/۰	۱۰۰/۰	۱۰۰/۰	۱۰۰/۰	۱۰۰/۰

جدول ۷- رابطه برازشی (Y) و مربع ضریب برازش (R-Sq) ارتفاع و وضعیت های مختلف بارشی در ۲۰ ایستگاه (۱۹۶۹-۲۰۰۰)

گروه	SIAP		PNPI		DPI		RAI	
	Y	R-Sq.	Y	R-Sq.	Y	R-Sq.	Y	R-Sq.
۱	$-۰/۰۰۰۲X+۱۲/۳۷$	۰/۰۰۵۱	$۰/۰۰۳۱X+۱۰/۷۷۳$	۰/۲۸۳۲	۱۲	#N/A	$-۰/۰۰۰۱X+۱۴/۱۱۹$	۰/۰۰۱۶
۲	$-۰/۰۰۰۰۶X+۷/۹۸۱۶$	۰/۰۰۱۵۴	$-۰/۰۰۱۲X+۹/۴۱۶۱$	۰/۱۶۰۰	۷	#N/A	$۰/۰۰۰۴X+۱/۷۳۸۴$	۰/۰۰۲۱۲
۳	$-۰/۰۰۰۰۲X+۲/۹۱۸۶$	۰/۰۰۳۲	$۰/۰۰۰۱X+۱/۴۳۴۷$	۰/۰۰۶۷۶	۳	#N/A	$-۰/۰۰۰۱۷X+۷/۰۱۲۷$	۰/۰۰۱۰۳
۴	$-۰/۰۰۰۰۲X+۲/۹۱۸۶$	۰/۱۲۴۰	$-۰/۰۰۰۰۰۷X+۳/۹۶۰۹$	۰/۰۰۰۰۰	۳	#N/A	$۰/۰۰۰۱۶X+۰/۵۰۵۶$	۰/۱۸۲۵
۵	$۰/۰۰۰۰۴X+۳/۳۵۱۲$	۰/۰۰۰۷۹	$-۰/۰۰۰۰۰۰۷X+۳/۹۶۰۹$	۰/۰۰۰۰۰	۴	#N/A	$-۰/۰۰۰۰۲X+۴/۱۰۴۵$	۰/۰۰۰۲۰
۶	$-۰/۰۰۰۰۱X+۴/۴۲۳$	۰/۱۰۰۷	$-۰/۰۰۰۰۳X+۰/۶۹۷۸$	۰/۰۰۵۷۹	۳	#N/A	$-۰/۰۰۰۰۰۷X+۴/۵۱۹۹$	۰/۰۰۰۰۷

گروه	BMDI		BMDI(Ave.)		SPI(۱۲) {ln Dec}	
	Y	R-Sq.	Y	R-Sq.	Y	R-Sq.
۱	$-۰/۰۰۰۱۶X+۱۲/۲۶۵$	۰/۱۸۴۰	$۰/۰۰۰۱۳X+۵/۱۳۹۲$	۰/۱۵۵۴	$-۰/۰۰۰۱X+۱۱/۴۶۵$	۰/۰۰۷۴۵
۲	$۰/۰۰۰۱۶X+۸/۵۲۰۲$	۰/۰۰۷۱۳	$۰/۰۰۰۰۶X+۱۵/۶۳۶$	۰/۰۰۰۹۹	$-۰/۰۰۰۰۱X+۱۲/۳۲۸$	۰/۰۰۰۰۶
۳	$۰/۰۰۰۲۱X+۰/۴$	۰/۱۴۱۵	$-۰/۰۰۰۰۱X+۶/۴۶۴۱$	۰/۰۰۰۰۵	$۰/۰۰۰۱۲X+۲/۶۶۱۳$	۰/۰۰۴۹۲
۴	$۰/۰۰۰۱۲X+۲/۳۷۰۶$	۰/۱۲۰۰	$-۰/۰۰۰۱۴X+۳/۹۵۸۷$	۰/۱۸۶۶	$۰/۰۰۰۱۱X+۱/۵۵۷۳$	۰/۰۰۷۶۵
۵	$-۰/۰۰۰۲۱X+۵/۷۴۱۲$	۰/۳۹۷۳	$-۰/۰۰۰۰۴X+۰/۸۰۲۳$	۰/۱۵۷۶	$-۰/۰۰۰۱۱X+۳/۲۴۸۴$	۰/۱۲۶۵
۶	$-۰/۰۰۰۱۱X+۲/۷۰۲۸$	۰/۲۵۲۰	.	#N/A	$۰/۰۰۰۰۴X+۰/۷۴۰۷$	۰/۰۰۰۰۳



شکل ۵- مربع ضریب برازش مربوط به رابطه‌ی ارتفاع-شمارش وضعیت‌های بارشی سالانه در هر نمایه و در هر گروه در ۲۰ ایستگاه (۲۰۰۰-۱۹۶۹)

۱۹۸۳، ۱۹۸۵، ۱۹۹۰-۹۱، ۱۹۹۵، ۱۹۹۷ و ۲۰۰۰-۱۹۹۹ می‌باشد که با توجه به شکل (۴)، در ۸۷ درصد این سال‌ها، مربع ضریب همبستگی ارتفاع و مقدار هر نمایه، کم‌تر از ۰/۱۵ است. از طرفی برای بررسی‌های دقیق‌تر، براساس شکل (۵) دیده می‌شود که مربع ضریب برازش رابطه‌ی ارتفاع- شمارش وضعیت‌های بارشی گروه‌های شش‌گانه، توسط هر نمایه در طول دوره‌ی آماری ۳۲ ساله، عمدتاً کم‌تر از ۰/۲ است (۲). در نتیجه وقوع وضعیت‌های مختلف بارشی با ارتفاع مرتبط نمی‌باشد. یعنی با توجه به مشکلاتی که در پی خشکسالی‌ها رخ می‌دهد، در جهت برنامه‌ریزی‌های منصفانه‌تر، باید استقلال خشکسالی‌ها از ارتفاع در سال‌های مختلف، مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

از جناب آقای دکتر علی خلیلی، استاد محترم دانشگاه تهران، به خاطر راهنمایی‌های ارزنده‌شان در این تحقیق، سپاسگزاریم.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه ایستگاه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه طبق شکل‌های (۲) و (۳)، دارای اختلاف ارتفاع حدود ۲۰۰۰ متر می‌باشند و میزان بارندگی‌های سالانه‌ی آن‌ها در طول دوره‌ی آماری تا حدود ۱۰۰۰ میلی‌متر متغیر بوده است، بنابراین می‌توان گفت که منطقه‌ی مورد مطالعه، دارای شرایط تنوع ریزش‌های جوی در گستره‌ی قابل توجه پستی و بلندی‌های آن است. اما بنابر شکل (۴)، مشاهده می‌شود که مربع ضریب برازش ارتفاع با مقدار محاسبه شده‌ی هر نمایه، در کل منطقه‌ی مورد مطالعه و در طول دوره‌ی آماری (۲۰۰۰-۱۹۶۹)، به طور میانگین حدود ۰/۲ و حداکثر حدود ۰/۴ می‌باشد که گویای مستقل بودن وضعیت محاسبه شده توسط نمایه‌های گوناگون از ارتفاع می‌باشد. همچنین در طول دوره‌ی آماری، تعداد سال‌های خشکی که میزان بارش متوسط کل ایستگاه‌ها در هر سال از میانگین حداقل بارش همه‌ی ایستگاه‌ها در طول ۳۲ سال، کم‌تر بود شامل سال‌های ۷۱-۱۹۷۰، ۱۹۷۳، ۱۹۸۰-۱۹۷۸،

منابع

- بذر افشان، ج. ۱۳۸۱. مطالعه‌ی تطبیقی برخی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی در چند نمونه‌ی اقلیمی ایران. پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده‌ی کشاورزی کرج، ۱۶۸ صفحه.

۲. چناری، م. ۱۳۸۵. بررسی تغییرات چند نمایه‌ی مختلف خشکسالی با استفاده از زنجیره‌ی مارکف در نمونه‌های اقلیمی البرز جنوبی. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده‌ی مهندسی آب و خاک، گروه آبیاری و آبادانی، بخش هواشناسی، ۱۵۹ صفحه.
۳. خلیلی، ع. ۱۳۸۳. درسنامه‌ی اقلیم‌شناسی. دانشگاه تهران، دانشکده‌ی کشاورزی کرج، ۱۳۵ صفحه.
4. Graeme, J. and S. Harpal. 2004. Agro-meteorology principles and applications of climate studies in agriculture. New York, 1St Edition, 447 pp.
 5. IRIMO (Islamic Republic of Iran, Meteorological Organization). 2005. Statistics data, synoptic and climatology stations [WWW.IRIMET.NET].
 6. NDMC (National Drought Mitigation Center). 2006. What is drought? Drought Indices. The Standardized Precipitation Index. [<http://Droght.unl.edu>].
 7. Steinmann, A. 2003. Drought indicators and triggers: A stochastic approach to evaluation. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA), 39(5):1217-1233.