تعیین زمان مناسب برای اجرای پروژه‌های بارورسازی ابرها (مطالعه موردی استان یزد)

معصومه محمدی/علی فتح زاده / مهدی حیات زاده / سمانه پورمحمدی

دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری ، ۰۹۳۶۴۷۴۹۶۵۷،دانشگاه اردکان،*m.mohamadi9657@gmail.com*

دانشیاردانشگاه اردکان گروه آبخیزداری،۰۹۱۳۳۵۲۶۸۷۸*fat@ardakan.ac.ir*

استادیار دانشگاه اردکان گروه آبخیزداری،۰۹۱۳۲۵۶۹۵۷۷ ***mhayatzadeh@ardakan.ac.ir***

کارشناس ارشد،مرکز ملی مطالعات و تحقیقات باروری ابرها۰۹۱۳۲۷۴۳۲۹۶ *s.poormohammadi@yahoo.com*

چکیده

موضوع ذخیره باران برای تأمین آب موردنیاز فعالیت‌های متنوع اقتصادی، دارای سابقه طولانی و ریشه در تمدن‌های تاریخ بشری دارد. یکی از راهکارهای مقابله با کاهش آب‌های زیرسطحی و زیرزمینی، استحصال آب از طریق بارورسازی ابرهاست. یکی از چالشها و مشکلات این گونه پروژه ها تعیین درصد اثر بخشی و میزان افزایش بارش حاصل از اجرای پروژه است.بباروری ابر ببه‌عنوان استراتژی مدیریت طولانی‌مدت و قابل‌دوام برای افزایش منابع آب و نه به‌عنوان یک درمان سریع و کوتاه‌مدت جهت رفع مشکلات خشک‌سالی باید در نظر گرفته شود. انجام پروژه بارورسازی ابرها طی مراحل مختلفی صورت می‌گیرد و نیازمند مطالعات همه‌جانبه در زمینه‌های مختلف است که تعیین زمان اجرای عملیات یکی از مراحل مهم درروند اجرای عملییات در بارورسازی ابرها است؛ بنابراین هدف از تحقیق حاضر تعیین زمان مناسب اجرای پروژه‌های عملیات بارورسازی ابر قبل از شروع پروژه بارورسازی ابرها، گامی در جهت افزایش بازدهی و راندمان اجرا و کاهش هزینه‌ها می‌باشد. تعیین زمان صحیح و اصولی بر پایه شاخص‌های مؤثر در این فرآیند می‌تواند تتا حد زیادی از اتلاف منابع مالی، زمانی، نیروی انسانی جلوگیری نماید. برای تعیین زمان‌های مناسب از میانگین پارامترهای اقلیمی به‌صورت ماهانه در طی دوره زمانی ۲۰ ساله استفاده گردید. بعد از گرفتن دوره آماری مشترک و بازسازی آمار داده‌های ناقص ببا استفاده از نرم‌افزار SPSS و تحلیل آماری این پارامترها به‌صورت ماهانه و سالانه با نرم‌افزار اکسل و همچنین دسته‌بندی ماه‌ها ببا استفاده از ککد نویسی در نرم‌افزار متلب گردید. نتایج تحقیق حاضر نشان داد ماه‌های فوریه و مارس در اولویت اول و ماه‌های ژانویه و دسامبر و ننوامبر در اولویت‌های بعدی قرارمی گیرند و برای بارورسازی ابرها در منطقه یزد مناسب می‌باشند.

واژه‌های کلیدی:

بارورسازی ابر، بارش، منطقه عملیاتی، منطقه هدف.

مقدمه

تا چند دهه پیش کشورهای جهان تنها قادر به ایجاد تغییر و تحول در بهره‌برداری از آب‌های سطحی و منابع آب زیرزمینی بودند. اما با پیشرفت علوم مختلف بخصوص پس از جنگ جهانی دوم تحقیقات علمی و توجه به ساخت ابزارهای پیشرفته، این امکان را به انسان داده است تا توسط فن‌آوری نوین باروری ابرها در نحوه و میزان بارش از ابرها نیز دخالت کند و استفاده از منابع آب جوی را تا حدودی تحت کنترل خود درآورد. باوجود چنین تحولاتی و ورود ایران به این عرصه نیاز به تدوین ضوابط جدید داخلی و بین‌المللی جهت بهره‌برداری مناسب و قانونمند کاملاً احساس می‌شود. بحران کم‌آبی و حتی بروز بارندگی‌های سیل‌آسا و ویرانگر بسیاری از کشورها را وادار به ایجاد تغییر در نظام بهره‌برداری از منابع آب جوی نموده است. اقدام به باروری ابرها به‌نوبه خود موجب طرح مسائل حقوقی و سیاسی گردیده است روش حل و ارائه راهکار جهت وضع قوانین مربوط به فعالیت‌های تعدیل آب و که مستلزم طرح این مسائل هوا، داشتن آگاهی و شناخت از ابعاد گوناگون و علمی فن‌آوری تعدیل آب‌وهوا هست. هدف از مطالعات امکان‌سنجی پروژه افزایش بارش تعیین بهترین زمان و مکان بارورسازی ابرها می‌باشد. یکی از چالش‌ها و مشکلات این‌گونه پروژه‌ها تعیین درصد اثربخشی و میزان افزایش بارش حاصل از اجرای پروژه است. به مکان مناسب بارورسازی ابر منطقه عملیاتی گفته می‌شود و منطقه هدف منطقه‌ای است که به مدت دو ساعت پس ازافزودن مواد به داخل یک ابر با توجه به‌سرعت و جهت باد تحت تأثیر مواد باروری قرار می‌گیرد. با مقایسه بارش واقعی و قابل‌انتظار در منطقه هدف میزان آب استحصالی ناشی از اجرای پروژه و درصد افزایش آن نسبت به دوره تاریخی محاسبه می‌گردد. ارزیابی بیشتر پروژه‌های باروری ابرها در دنیا با مقایسه منطقه هدف و کنترل صورت می‌گیرد. انتخاب مناسب و صحیح منطقه کنترل از اهمیت خاصی برخوردار است چراکه در بسیاری از پروژه‌ها به دلیل محدودیت‌های موجود در انتخاب و تعیین منطقه – کنترل، نتایج ارزیابی با تردید و ابهام مواجه گشته و یا حتی باعث عدم امکان استفاده از روش هدف کنترل گردیده است.

مواد و روش‌ها

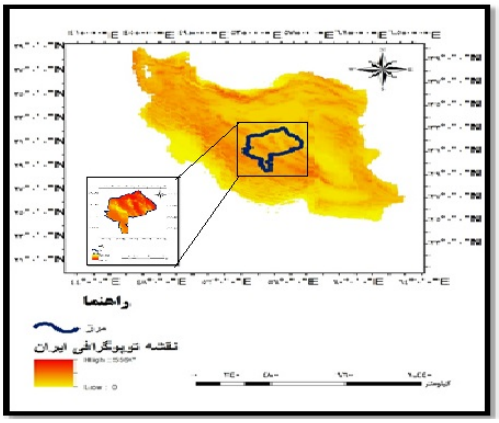
معرفی منطقه مطالعاتی

استان یزد با مساحت ۱۳۰۳۰۴ کیلومترمربع در مرکز ایران و نزدیک به دشت کویر و دشت لـوت قـرار دارد. استان یزد در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۱۶دقیقه طول شرقی و بین عرض‌های ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی قراردارد. آب‌وهوای استان یزد از نوع گرم وخشک است که با توجه به نقش عوامل محلی می‌توان آن را به دونوع فرعی تقسیم‌کرد.

الف) نواحی کوهستانی با تابستان‌های معتدل و زمستان‌های نسبتاً سرد و طولانی

ب) نواحی پست با تابستان‌های بسیار گرم و خشک و زمستان‌های کوتاه

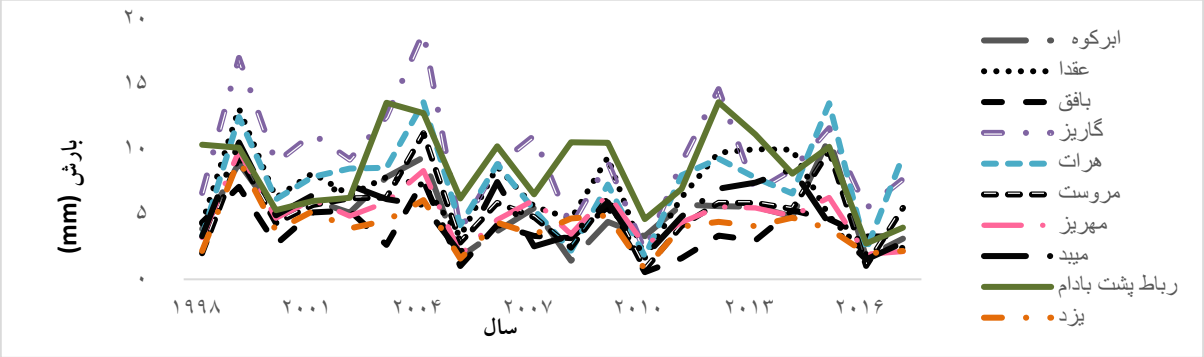
توده‌های هوای مرطوب واردشده به منطقه پس از طی مسافت زیادی بر روی خشکی‌ها، مقدار زیادی از رطوبت خود را از دست می‌دهند و باعث بارندگی محدودی در استان می‌شوند. نزولات جوی استان به علت موقعیت طبیعی و شکل ناهمواری‌ها نوسان زیادی دارد. کمتر از ۵۰ میلی‌متر در مناطق بیابانی است. شمال استان و حدود ۲۵۰ میلی‌متر در ارتفاعات استان است. توزیع فصل ببارش در استان یزد را نشان می‌دهد در شکل ۱ محدوده استان یزد بر روی نقشه توپوگرافی نمایش داده‌شده است.



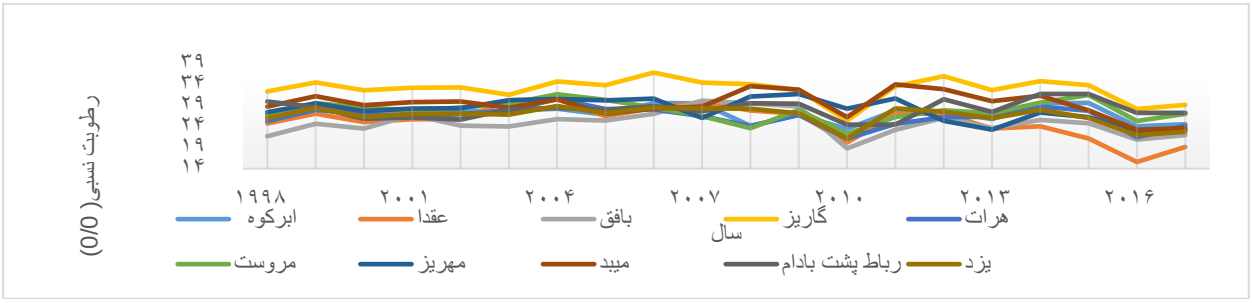
شکل ۱ نقشه توپوگرافی منطقه

بررسی شرایط اقلیمی و موقعیت ایستگاه‌های کلیماتولوژیکی و سینوپتیکی منطقه و تعیین محدوده کاری در نظر گرفتن دوره آماری مشترک بین سال‌ها ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۷ حداقل ۲۰ سال با توجه به ماهیت تحقیق تعیین گردید. یکی از ساده‌ترین و یا شاید بهترین راه‌کارهای بازسازی داده نرم‌افزار **SPSS** می‌باشد.

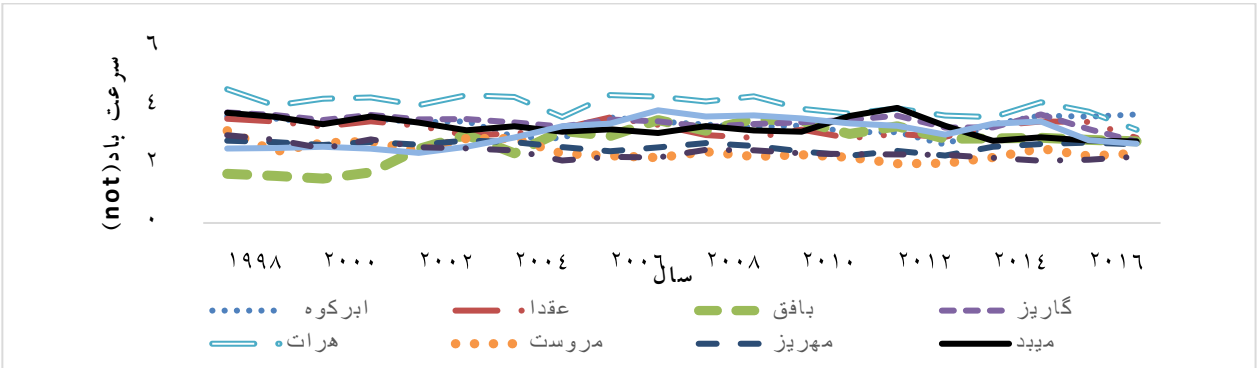
اگر میزان همبستگی بین دو ایستگاه بیش‌تر از ۰,۶ باشد امکان بازسازی وجود دارد.(شیما دادودی فر و همکاران ۲۰۱۳). بعد از بازسازی داده‌ها نمودار میله‌ای ماهانه و خطی سالانه برای پارامترهای اقلیمی هر ایستگاه تهیه شد و تحلیل آماری روی این پارامترها صورت گرفت. بعد برای هر ایستگاه پارامترهای دما، بارش، رطوبت نسبی که مؤثر در تعیین زمان مناسب در پروژه بارورسازی ابرها هستند را هرکدام در ستون‌های جداگانه به ترتیب سال، ماه، بارش، دما حداقل، رطوبت نسبی قراردادیم و کد مربوطه با شرایط بارش بالاتر از یک میلی‌متر، دمای حداقل بالاتر از منفی دو درجه سلسیوس، رطوبت نسبی بالاتر از بیست درصد که در مطالعه و بررسی و امکان‌سنجی استفاده از فناوری بارورسازی ابرها برای استحصال آب در حوضه‌های آبریز ایران انجام‌شده با نظر کارشناس مربوطه در نرم‌افزار متلب کد مربوط به انتخاب این شرایط از بین ماه‌های موجود نوشته و اجرا شد و سپس پارامترهای اقلیمی از قبیل بارش، دما و رطوبت نسبی متناسب با شرایط تعیین‌شده در بیست سال تعیین گردید. نمودار حاصل از میانگین ماهانه و سالیانه ایستگاه ابرکوه از ده ایستگاه نامبرده در پارامترهای دمای حداکثر، دمای حداقل، رطوبت نسبی، بارش، سرعت باد غالب در ذیل مشخص شد.



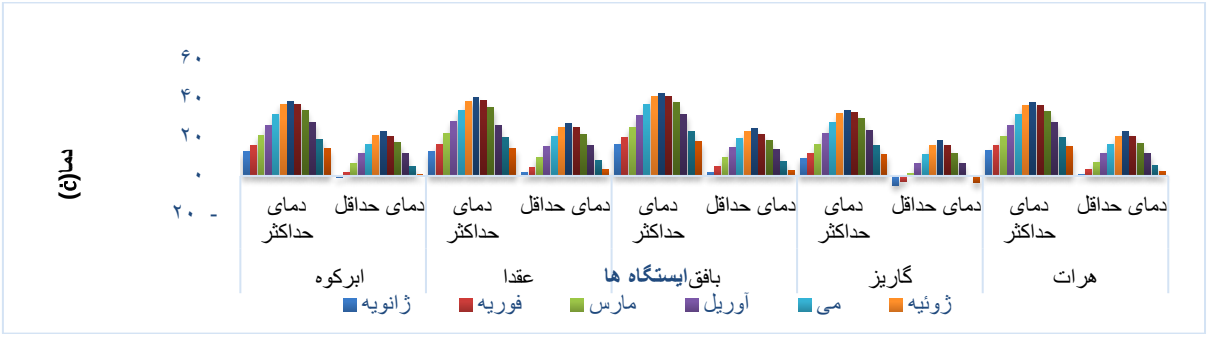
شکل ۲ میانگین تغییرات بارش سالانه دردوره آماری ۲۰ ساله ایستگاههای سینوپتیک استان یزد

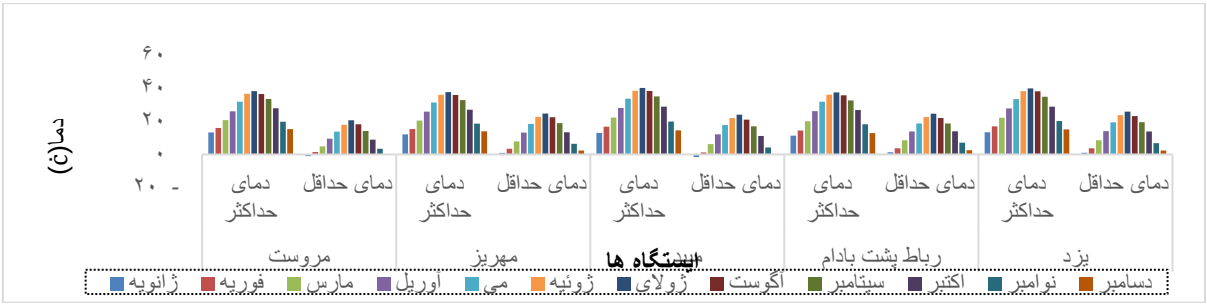


شکل ۳ میانگین تغییرات رطوبت نسبی سالانه دردوره آماری ۲۰ ساله ایستگاههای سینوپتیک استان یزد

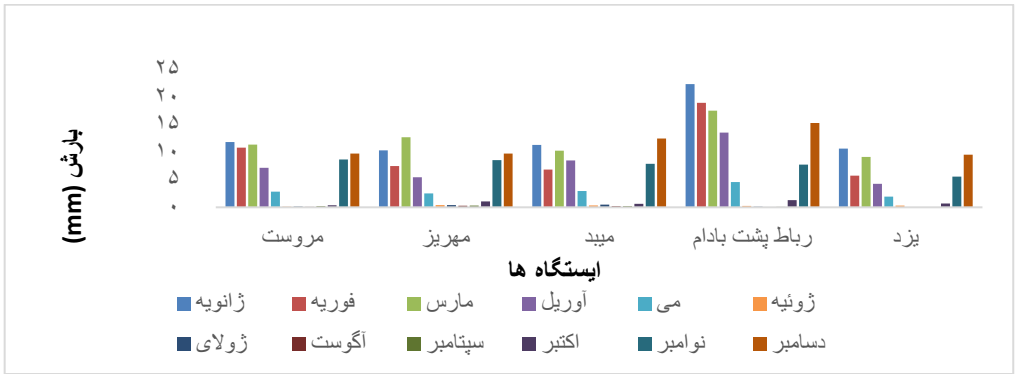


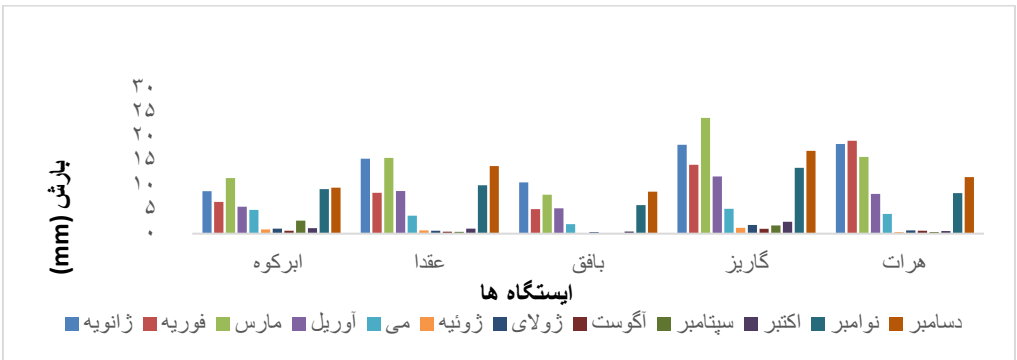
شکل ۴ میانگین تغییرات سرعت باد سالانه دردوره آماری ۲۰ ساله ایستگاههای سینوپتیک استان یزد



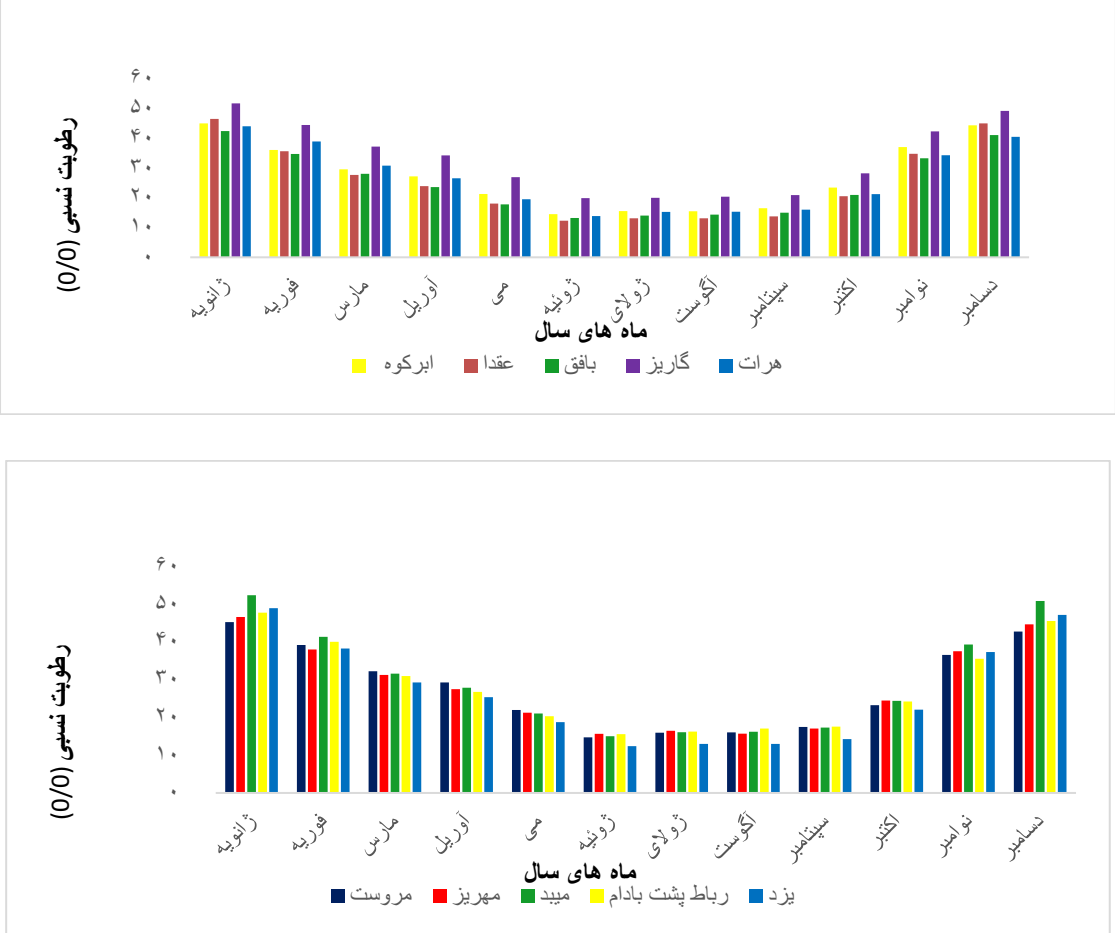


شکل ۵ میانگین تغییرات دمای حداقل و حداکثر ماهانه در دوره آماری ۲۰ ساله ایستگاههای سینوپتیک استان یزد

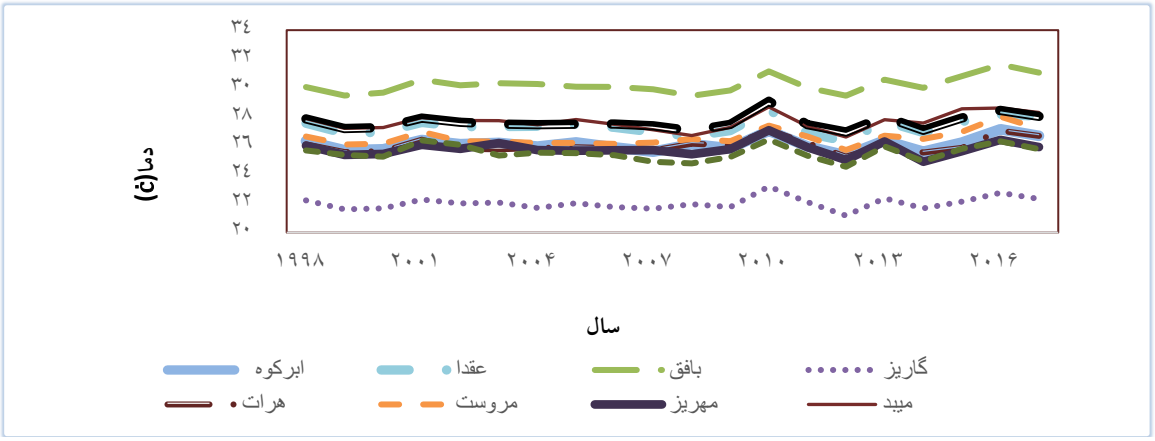




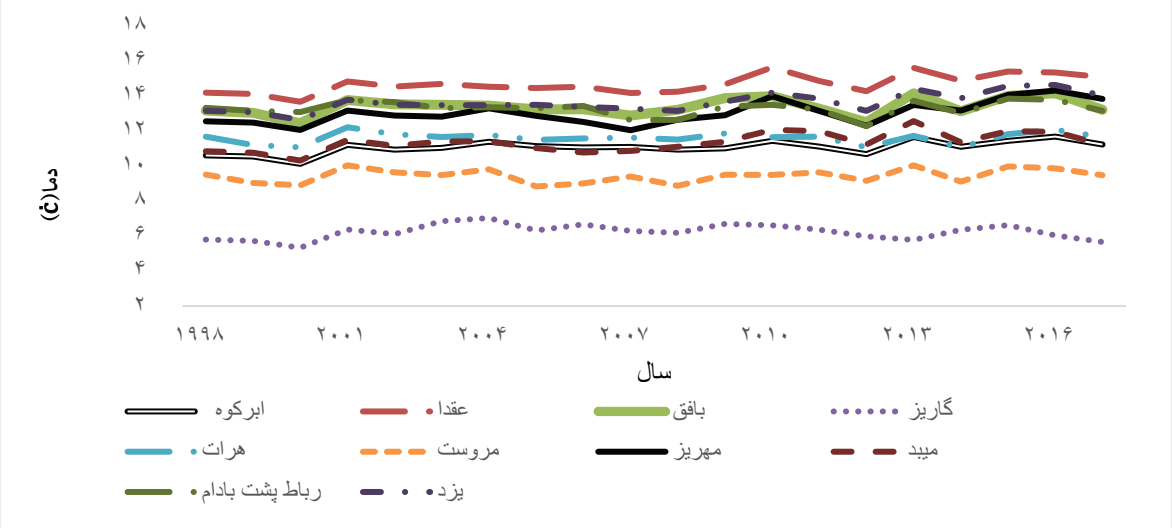
شکل ۶ میانگین تغییرات بارش ماهانه در دوره آماری ۲۰ ساله ایستگاههای سینوپتیک استان یزد



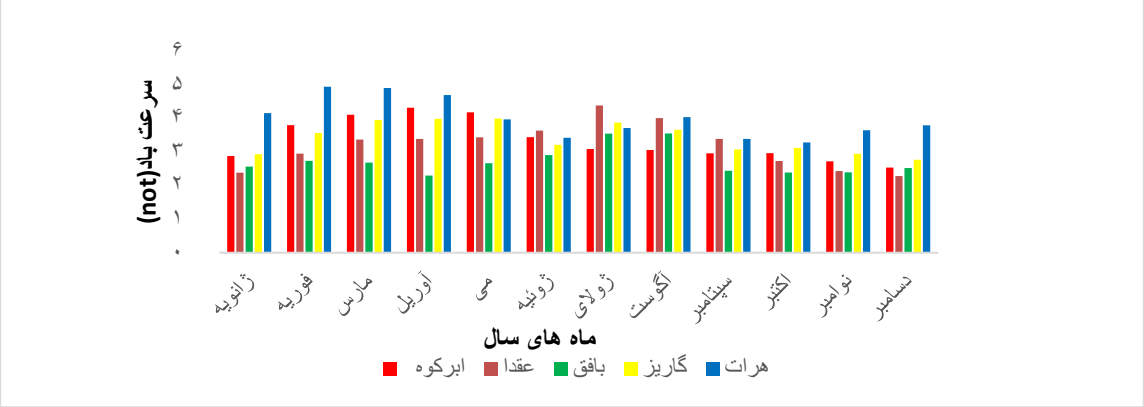
شکل ۷ میانگین تغییرات رطوبت نسبی ماهانه در دوره آماری ۲۰ ساله ایستگاههای سینوپتیک استان یزد

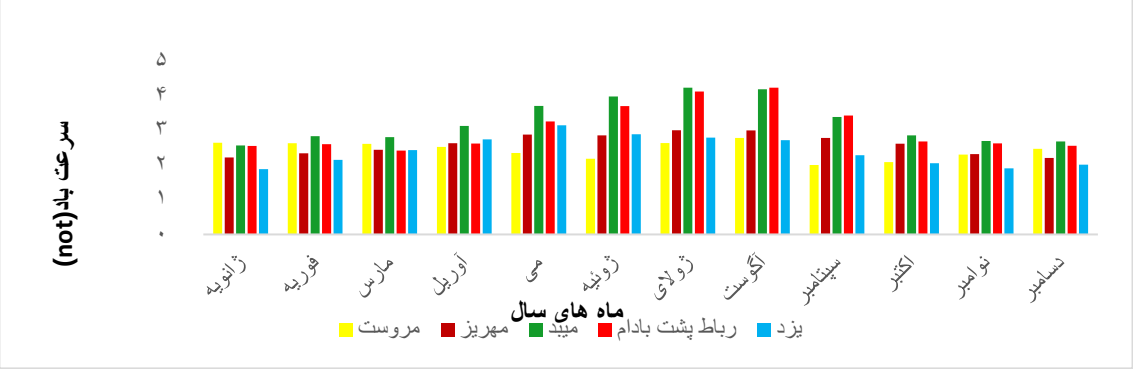


در شکل ۸ میانگین دمای حداکثر سالانه و شکل ۱-۷ دمای حداقل سالانه ایستگاه ها در طی دوره



شکل ۹میانگین تغییرات دمای حداقل سالانه دردوره آماری ۲۰ ساله ایستگاههای سینوپتیک استان یزد





شکل ۱۰میانگین تغییرات سرعت باد ماهانه در دوره آماری ۲۰ ساله ایستگاههای سینوپتیک استان یزد

فراوانی پارامترهای کد نویسی شده برای هر ایستگاه در ماه‌هایی که دارای شرایط تعیین‌ششده توسط سازمان جهانی هواشناسی بودند مشخص شد.

month	abarkuh	aqda	bafq	gariz	harat	marvast	mehriz	mybod	robat	Yazd
JAN	7	12	10	-	6	11	14	8	12	3
FEB	12	15	11	6	3	14	13	13	16	11
MAR	11	14	7	10	3	16	13	16	11	13
APR	-	12	7	9	-	9	14	17	13	11
MAY	-	-	-	8	5	-	-	-	-	-
OCT	6	-	-	8	-	-	-	-	-	-
NOV	12	10	11	16	10	8	11	12	13	4
DEC	9	11	10	-	4	10	10	12	14	5

نتایج و بحث

محور افقی طبقات متغیر ماه‌های سال را نشان می‌دهد است که شامل ژانویه تا دسامبر می‌شود. محور عمودی مققادیر هرککدام از پارامترها را در ماه در یک ایستگاه نشان می‌دهد. مطابق نتایج جوانمرد و همکاران۲۰۱۶ درمناطق مرکزی و شرقی استان ازنظر فراوانی سامانه‌های با تأثیر مثبت در بارش در استان کرمانشاه، سامانه کم‌فشار سطحی همراه با ناپایداری در سطوح میانی در ماه ژانویه بیشینه فراوانی را داشته و دو ماه مارس و اکتبر در مرتبه بعدی فراوانی قرار دارند. سامانه کم‌فشار سطحی همراه با پایداری در سطوح میانی در ماه‌های فوریه و مارس بیش تین فراوانی را داشته است. درنتیجه ازلحاظ فراوانی سامانه‌ها مختلف ناپایدار حاکم در سال‌های پپر ببارش در منطقه مطالعاتی (بیشترین تعداد دفعات تکرار سامانه ناپایدار کننده جوی) به ترتیب در ماه‌های ژانویه، مارس، نوامبر، دسامبر، اکتبر و فوریه رخ‌داده‌اند. همان‌طور که در نمودار ستونی ایستگاه ابرکوه مشاهده می‌گردد میانگین دمای مماکزیمم نمایش ژوللی بیششترین مقدار و دمای حداقل نمایشِ ژانویه کمترین مقدار و بارش نمایشِ مارس بیشترین مقدار رطوبت نسبی در ماه ژانویه بیششترین مققدار و سرعت باد غالب در ماه آوریل بیشترین مقدار رو در ایستگاه ابرکوه طی دوره آماری ۲۰ ساله (۱۹۹۸-۲۰۱۷) به خود اختصاص داده‌اند.

محور افقی دوره زمانی ۲۰ ساله از ۱۹۹۸ سال تا ۲۰۱۷ سال رانشان می‌دهد. محور عمودی نمودار مقادیر هرکدام از پارامترها را در سال در ایستگاه ابرکوه نشان می‌دهند. همان‌طور که مشاهده می‌گردد میانگین دمای ماکزیمم در طی بیست سال روند صعودی دارد و در سال ۲۰۱۶ و ۲۰۱۰ دارای بیشترین مقدار هستند. دمای حداقل هم با شیب بیش‌تری رونند صعودی را طلی می‌کنند و در سال ۲۰۰۰ کمترین مقدار را دارد و بارش سالانه در این ۲۰ سال روند نزولی داشته است و سال ۲۰۱۵ دارای بیش‌ترین مقدارمی باشد. ولی میانگین رطوبت نسبی و سرعت باد غالب روند نزولی را با شیب کم طی می‌کند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

ما برای ده ایستگاه سینوپتیکی بر روی استان یزد برای هر ایستگاه مراحل طی شده در تحقیق را انجام دادیم و بعد در نتیجه‌های به‌دست‌آمده ملاحظه شد کد نوشته‌شده با شرایط مناسب برای بارورسازی مناسب از ککل ماه‌های سسال ماه‌های ننوامبر تتا آوریل را مشخص کرد؛ و ماه مارس و آوریل و فوریه و ژانویه به ترتیب بیش‌ترین فراوانی را در شرایط مناسب برای پروژه بارورسازی ابرها را در این شرایط را دارا بودند.

منابع

- خطیبی سرابی. و.(۱۳۹۰). طرح پژوهشی با عنوان بازنگری و اصلاح روش‌های بهره‌گیری از فناوری باروری ابرها باهدف استحصال آب در ایران با کد WRE۱-۸۶۰۷۵
- طهماسبی، ر.(۱۳۷۸)، استحصال آب باران. ترجمه پایان‌نامه دوره دکترای آقای توماس بور (۱۹۹۴). در دست انتشار.
- غضبان. ف.1375 زمین‌شناسی زیست‌محیطی، انتشارات دانشگاه تهران.
- پورمحمدی. س، خلیلی. م، ارزیابی اقتصادی استحصال آب باران به کمک فناوری باروری ابرها (مطالعه موردی: استان همدان). سامانه‌های سطوح آبگیر باران. دوره چهارم. جلد ۱۱. تابستان ۹۵
- طباطبائی بفروئی. س.ح، خطیبی سرابی. و ۱۳۹۵، تعیین مناطق هدف عملیات بارورسازی ابرهای کشور با استفاده از داده‌های

پروازی با روش‌های تحلیلی GIS، ششمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران،۳-۱ اردیبهشت ۹۵

- جوانمرد.س.همکاران.(۲۰۱۶).فصل ششم طرح مطالعه و بررسی و امکان‌سنجی استفاده از فناوری بارورسازی ابرها برای استحصال آب در حوضه‌های آبریز ایران با کد L۳۴۰۸۹۰۶۰۱ ۰۰۱۸۱۳۲۹۸۹۶۲۱
- OYALPacey, A. and Cullis, A. 1986. Rainwater harvesting: the collection of rainfall and runoff in rural areas. Intermediate technology publications.
- Evenari, M. Shanan, L. and Tadmor, N. 1982. *The Negev: the challenge of a desert*. Harvard University Press.
- REIJ, C. CULLIS, A. and AKLILU, Y. (1979). Soil and water conservation in Sub-Saharan Africa; the need for a bottom-up approach. Paper presented at the OXFAM
- Arid Lands Workshop, Cotonou, Benin, 22-27 March, 1987
- Li, W. Zhong, Y. Wang, X. and Cao, Y. 2013. Resource virtualization and service selection in cloud logistics. *Journal of Network and Computer Applications*, *36*(6), pp.1696-1704.
- Meegoda, J.N. Juliano, T.M. Potts, L. Tang, C. and Marhaba, T. 2017. Implementation of a drainage information, analysis and management system. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, *4*(2), pp.165-177.
- Rapaglia, J. Grant, C. Bokuniewicz, H. Pick, T. and Scholten, J. 2015. A GIS typology to locate sites of submarine groundwater discharge. *Journal of environmental radioactivity*, *145*, pp.10-18.