Archive of SID

پژوهشهای جغرافیائی ـ شماره ٤٧، بهار ١٣٨٣
صص ٢٩ـ١٥

اقلیم شناسی بارش در منطقهٔ کرمان جهت انتخاب جایگاه باروری ابرها

دکتر کمال امیدوار ـ استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه یزد

پذیرش مقاله: ٨٠/١١/٢٥

چکیده

کمبود بارش و محدودیّت منابع آب، یکی از موانع عمدهٔ توسعهٔ پایدار بشمار می‌رود که برای مقابله با آن، باروری ابرها به عنوان یکی از راهکارهای جدید تأمین منابع آب مطرح شده است. یکی از عوامل بسیار ضروری در انتخاب مکان مناسب باروری ابرها، اقلیم‌شناسی بارش در منطقهٔ می‌باشد. تحقیق حاضر در منطقه کرمان با استفاده از داده‌های بارش روزانه ایستگاههای منطقه در یک دورهٔ آماری بیست ساله انجام شده است.

نتایج مطالعه نشان می‌دهد که بیش از ٨٠ درصد از بارش سالانهٔ منطقهٔ مورد مطالعه در فصل‌های زمستان و اوایل بهار ریزش می‌کند (آذر تا فروردین) که بیش از ٦٠ درصد از آن متعلّق به زمستان است. توزیع مکانی بارش در منطقه یکنواخت نیست و منحنی‌های همبارش بیش از ٣٠٠ میلی‌متر و حداکثر بارش سالانه بر ارتفاعات بلند مرکزی منطقه از جمله هزار، لاله‌زار و جبال بارز منطبق می‌باشد. حدود ٣٥ درصد از بارش اکثر ایستگاههای منطقه را دوره‌های بارش سنگین (٣٠ـ١٠ میلی‌متر) و استثنائی (بیش از ٣٠ میلی‌متر) به خود اختصاص می‌دهد. بیش از ٦٠ درصد از دوره‌های مرطوب را بارش‌های یک روزه، ٣٠ درصد بارش‌های متوالی دو روزه و کمتر از ١٠ درصد بارش‌ها را دوره‌های متوالی سه روزه و بیشتر تشکیل می‌دهد. دوره‌های بارشی سنگین و استثنائی و بارش‌های متوالی دو روزه و بیشتر نیز منطبق بر ارتفاعات مرکزی منطقه است.

بنابراین ماههای آذر تا فروردین، فاصلهٔ زمانی مناسب‌تر و شیب‌های جنوبی ارتفاعات مرکزی، محدودهٔ مکانی بهتری را برای اجرای پروژه‌های باروری ابرها در منطقه فراهم می‌نماید.

واژگان کلیدی: *اقلیم شناسی بارش ، باروری ابرها، بارش، مکان‌یابی، کرمان*

مقدمه

از جمله مسائلی که حدود شصت سال پیش توجه بشر را به خود جلب نموده واقداماتی توسّط بعضی کشورهای جهان در این زمینه انجام گرفته، باروری ابرهاست. منشأ این فکر، کمبود بارش و خشکسالی و در نتیجه کمبود مواد غذایی و محصولات کشاورزی در بسیاری از مناطق زمین به ویژه در سرزمین‌های خشک و نیمه خشک می‌باشد. یکی از موانع عمدهٔ دستیابی به اهداف توسعهٔ پایدار در بعضی از کشورهای جهان و ایران ، محدودیّت‌های کمّی و کیفی منابع آب است که برای مقابله با آن، اقدامات بزرگی از قبیل احداث آب انبارها،حفر کانالها، ایجاد قناتها و سدّ و بندهای کوچک و بزرگ انجام یافته است. در حال حاضر در بسیاری از کشورها راهکارهای جدیدتری برای مبارزه با این محدودیّت‌ها مورد توجه قرار گرفته که از آن جمله می‌توان به اجرای پروژه‌های باروری ابرها اشاره کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

امروزه این طرحها حتّی جنبهٔ بین‌المللی پیدا کرده و مطالعه و اجرای آن تا حد زیادی می‌تواند باعث تخفیف مقطعی خشکسالی و کم آبی و کاهش خسارات زیانبار ناشی از آن شود. چنین درک جامع و فراگیر از مطالعات می‌تواند موجب ارزیابی بهتر ساز و کارهایی شود که از طریق آن انسان بتواند به صورت آگاهانه و اختیاری وضعیّت هوا را دگرگون سازد (دبل یو. ام . او، ١٩٨٠).

تأثیرگذاری بر فرآیند تکامل و تحوّل ابرها و وقوع بارش در زمان و مکان مناسب به نحوی که تغییرات مفیدی در پی داشته باشد را می‌توان علم افزایش بارش تعریف کرد (گاژین، ١٩٨٥). باروری ابرها به منظورهای مختلفی از جمله افزایش بارش، تعدیل طوفان‌های استوایی، از بین بردن مه و فرونشاندن تگرگ انجام می‌گیرد (دبل یو. ام . او، ١٩٨٧). این اصطلاح برای تشریح کوشش‌های انجام شده در راه تعدیل ابرها (که توسط هسته‌های مصنوعی انجام می‌گیرد) و یا هر هوا ویزه‌ای[1] که برای تغییر ابرها وارد آن می‌گردد، بکار برده می‌شود و تحقیقات مربوط در این راستا به نقش هسته‌های یخ ساز[2] و هسته‌های تراکم[3] مربوط می‌شود (دنیس، ١٩٨٠). برای بارش از ابرها دو نوع سازو کار وجوددارد که روند باران سرد و روند باران گرم نامیده می‌شود (نی برگر، ١٩٦٩). روش‌های متعدّدی که در طرحهای باروری مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتند از: تزریق مواد با استفاده از پرواز هواپیما در درون ابر، تزریق مواد با استفاده از پرواز هواپیما در نزدیکی کف ابر، بذرپاشی از طریق ژنراتورهای زمینی، بذرپاشی با رها کردن مواد از هواپیما از بخش فوقانی ابر، بذرپاشی با استفاده از راکت زمین به هوا و بذرپاشی با استفاده از هواپیما و پرتاب مواد بااستفاده از راکت (جمالی و همکاران، ١٣٧٩).

آگاهی‌های علمی بشر در زمینهٔ باروری ابرها و تعدیل هوا به سال ١٩٤٦ مربوط می‌شود. در سیزدهم نوامبر همین سال «شیفر» به صورت آزمایشی حدوده ١/٥ کیلوگرم از قرص‌های یخ خشک (دی اکسید کربن جامد) را از یک هواپیمای سبک به درون یک ابر استراتوکومولوس عدسی شکل فوق سرد در نزدیکی کوههای «برک شایر» واقع در غرب ماساچوست رها کرد. بعد از ٥ دقیقه ابر موجود به پاره برفهایی تبدیل شد و به دنبال آن حدود ٦٠٠ متر در هوای خشک زیر پایهٔ ابر ریزش نمود. در طی جنگ جهانی دوّم، آزمایش «شیفر» توسط دانشمندان دیگری چون «ونگوت» و «لانگموئر» ادامه پیدا کرد.

امروزه در برخی از کشورهای توسعه یافته پروژه‌های باروری با استفاده از تجهیزات مدرن چون هواپیماهای مخصوص و مجهّز سنجندهٔ عناصر هواشناسی و تجهیزاتی چون رادار، کامپیوتر، رادیومتر، سیستم‌های خودکار ارزیابی و ایستگاههای خودکار باران سنجی استفاده می‌کنند و حتّی مطالعاتی در زمینهٔ میکروفیزیک ابرها در آزمایشگاهها و شبیه سازی آنها به صورت مدل‌های رقومی صورت می‌گیرد. حتّی در کشورهای در حال توسعه چون سوریه، گواتمالا، هندوراس، لیبی، مراکش، اردن و فلسطین اشغالی پروژه‌های باروری یا به صورت آزمایشی و یا اجرایی در دست اجراست که میزان موفقیّت آنها به طور متوسط بین ١٠ تا ١٥ درصد و حتی تا ٢٠ درصد افزایش در میزان بارش سالانه آنها ذکر گردیده است.

1- Aerosol
2- Ising Nuclei
3- Cloud condensation Nuclei

www.SID.ir

Archive of SID

در ایران پروژه‌های باروری ابرها تاکنون در حوضهٔ آبریز رودخانه‌های کرج و جاجرود (۱۳۵۷ـ۱۳۵۳) و از سال ۱۳۶۸ تاکنون در استانهای یزد و گیلان به مرحله اجرا در آمده است (مرکز ملّی تحقیقات و مطالعات باروری ابرها، ۱۳۷۶). با توجّه به این که میانگین بارش سالانه در استان کرمان حدود ۱۴۵ میلیمتر است (وزارت نیرو، ۱۳۷۷) و این منطقه از کمبود بارش رنج می‌برد و از طرفی این ناحیه از کشوربا وجود داشتن کوهستان‌های بلند و برخورداری از سیستم‌های مناسب جوّی تاکنون مطالعات گسترده‌ای در زمینهٔ امکان اجرای طرح‌های باروری انجام نشده است. هدف این مطالعه، شناخت وضعیّت بارش و توزیع زمانی و مکانی آن در منطقهٔ کرمان به منظور اجرای عملیّات پروژه‌های افزایش بارش می‌باشد.

روش مطالعه

زمانی پروژه‌های باروری ابرها و افزایش بارش(پی، ای، پی)[1] می‌تواند به مرحلهٔ اجرا درآیند که ابتدا مطالعات وسیعی در زمینهٔ مکان مورد نظر صورت گیرد. اقلیم شناسی بارش و ابر ضروری‌ترین گام در ایجاد یک بنیان علمی مطالعاتی برای اجرای این پروژه‌ها و امکان پذیری آن در یک قلمرو جغرافیایی معیّن است که این خود بخشی از مطالعات زیر ساختاری وسیع‌تری است که تحت عنوان مرحله مکان گزینی (اس، اس، پی)[2] نامیده می‌شود (موزامبانی، ۱۹۸۰).

به منظور فراهم نمودن اطّلاعات مقدماتی در انتخاب جایگاه مناسب باروری، سه عامل عمدهٔ اقلیمی (هواشناسی سینوپتیک، آب و هواشناسی سیستم‌های باران و مطالعهٔ آب و هواشناسی و ویژگیهای بارش) مدّنظر قرار می‌دهند. مطالعه و ویژگیهای بارش شامل شدّت، مدّت، فراوانی، توزیع فضائی، گسترهٔ ناحیه‌ای و حداکثر مقدار بارش می‌شود (جدول شمارهٔ ۱).

جدول ۱ـ عوامل اقلیمی لازم جهت آزمایش در انتخاب جایگاه مناسب باروری (W.M.O, 1979)

عوامل سینوپتیک	ابر	بارش
۱ـ انواع سیستم‌های باران زا	۱ـ نوع ابر	۱ـ فراوانی
۲ـ انواع توده‌های هوا و منابع آن	۲ـ مقدار ابر	۲ـ مدت
۳ـ سمت باد غالب	۳ـ ارتفاع قلّه و پایهٔ ابر	۳ـ حداکثر مقدار بارش
۴ـ چینش قائم باد افقی	۴ـ توزیع قطرات	۴ـ توزیع فضایی
۵ـ پایداری جو	۵ـ بیلان آبی ـ یخی	۵ـ گسترهٔ ناحیه‌ای

یکی از روش‌های کنترل بارش در عملیّات باروری آن است که با استفاده از آمارهای تاریخی و داده‌های باران سنجی در یک دورهٔ نسبتاً طولانی، بارش روزانه، ماهانه، سالانه و یا یک دوره را پیش‌بینی کرده و سپس آن را با

1- Precipitation Enhancement Projects
2- Site selection phase

www.SID.ir

Archive of SID

بارش هم زمان با عملیّات باروری مقایسه می‌کنند. از روشهای دیگری که در این زمینه وجود دارد، اندازه‌گیری بارش روزانه در یک دوره زمانی در مناطق هدف و شاهد و سپس مقایسهٔ بارش آن مناطق قبل از عملیّات باروری و بعد از آن است.

جهت ارزیابی نتایج حاصله از اجرای عملیّات باروری در بعضی از کشورها از جمله در اردن از دو روش ترسیم نقشه های کارآیی بارش و نیز تجزیه و تحلیل مستقیم آماری داده‌های بارش استفاده می‌شود. مقدار کارآیی بارش (پی، ای) [1] از مقایسهٔ مقادیر بارش میانگین و ارقام متوسط آب قابل بارش محاسبه شده و به صورت درصد بیان می‌شود. در تجزیه و تحلیل آماری، داده‌های بارش مربوط به همان مکان‌هایی که قبلاً ارقام کارآیی بارش در آنها محاسبه شده بود از نظر آماری نیز بررسی می‌شود. در این روش از نسبت $\frac{R_1 - R}{R} \times 100$ استفاده گردیده که R میانگین بارش روزانه در طول دورهٔ آماری و R_1 مقادیر واقعی بارش روزانه در طول مدت باروری است (مرکز ملّی تحقیقات و مطالعات باروری ابرها، ۱۳۷۶)

برای اجرای باروری، منطقه‌ای که مقدار بارش آن زیادتر و از یکنواختی بیشتری برخوردار باشد نسبت به منطقه‌ای که بارش کمتری داشته و تغییر پذیری آن زیادتر است، مناسب‌تر خواهد بود. مناطقی که متوسّط بارش سالانه کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر دارند، برای اجرای پروژه‌های باروری مناسب نیستند. از نظر سازمان هواشناسی جهانی در صورت اجرای عملیّات باروری در نواحی نیمه خشک اولویت باید به مناطقی داده شود که میانگین بارش سالانه ۵۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر داشته باشند. در مناطق خشک که میزان متوسّط سالانهٔ بارش آنها بیش از ۳۰۰ میلی‌متر بوده و به طور عمده در طول سه تا پنج ماه از سال ریزش نماید، می‌تواند به عنوان مکانی مناسب جهت اجرای پروژه‌های باروری مورد ارزیابی قرار گیرند و نواحی با بارش متوسّط سالانه کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر در این مناطق برای باروری ابرها مناسب نیستند (دبل یو، ام. او، ۱۹۷۹).

در مطالعات مکان‌یابی پروژه‌های باروری ابرها در کشورهای مختلف دنیا، اقلیم شناسی بارش جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص می‌دهد. تغییرات ماهانه و فصلی بارش، فراوانی توزیع ماهانه و فصلی بارش، فراوانی دوره‌های بارانی به وسیلهٔ طبقه‌بندی بارش در ماههای مختلف، فراوانی انواع مختلف بارش،مدّت دوره‌های مرطوب توزیع فضایی و گسترهٔ ناحیه‌ای بارش مورد مطالعه قرار می‌گیرند (دبل یو. ام. او، ۱۹۷۸). در این مقاله از همین روش که از طرف سازمان هواشناسی جهانی در کشور اسپانیا کار شده، استفاده گردیده است.

برای نمایش توزیع زمانی و مکانی بارش از داده‌های بارش روزانهٔ ایستگاهها در دورهٔ آماری مورد نظر، توزیع و پراکنش زمانی و مکانی آن مشخّص و نقشهٔ خطوط همبارش منطقه ترسیم گردید. سپس خطوط همبارش بیش از ۳۰۰ میلیمتر جدا گردید، زیرا از نظر سازمان هواشناسی جهانی در مناطق خشک که میزان متوسّط سالانهٔ بارش آنها بیش از ۳۰۰ میلیمتر بوده و به طور عمده در طول سه تا پنج ماه از سال ریزش نماید،می‌تواند به عنوان مکانی مناسب جهت اجرای پروژه‌های باروری، مورد ارزیابی قرار گیرند.

1- precipitation Efficiency

www.SID.ir

Archive of SID

برای بررسی وضعیّت بارش از جنبه‌های مختلف زمانی ،مکانی، رخداد گروههای کمّی ودوره‌های مرطوب از داده‌های بارش روزانهٔ ایستگاههای موجود در داخل و یا در مجاورت منطقه (۵۳ایستگاه) در یک دورهٔ آماری بیست ساله (۱۳۷۴ـ۱۳۵۵) مورد استفاده قرار گرفته است.

برای بررسی رخداد گروههای کمّی بارش دوره‌های مرطوب با استفاده از تعداد موارد روزهای دارای بارش بیش از ۰/۱ میلی‌متر در ایستگاههای منطقه، بارش‌ها براساس تعاریف سازمان هواشناسی جهانی به دوره‌های گوناگون بارشی (ضعیف، ملایم، سنگین و استثنائی) تقسیم گردید و درصد میانگین فراوانی وقوع هر یک از دوره‌های بارشی مذکور در هر ایستگاه و در کلّ منطقه تعیین و نقشه‌های همبارش آنها ترسیم گردید. سپس میانگین ماهانه فراوانی رخداد بارش‌های یک روزه تا پنج روزهٔ متوالی در ایستگاههای منطقه مورد بررسی قرار گرفت و نقشه‌های دوره‌های تداوم باران ترسیم شد و جنبه‌های زمانی و مکانی رخدادهای مذکور مورد توجّه قرار گرفت.

سرانجام با توجّه به وضعیّت بارش، نواحی مستعدّ باروری در منطقهٔ مورد مطالعه ازنظر زمانی و مکانی شناسایی شد.

یافته‌های تحقیق

۱ـ توزیع زمانی بارش

در مطالعات مکان‌یابی پروژه‌های باروری ابرها از دیدگاه اقلیم شناسی، توزیع زمانی بارش (فصل، ماه وسال) از اهمیّت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا با در نظر گرفتن تکنولوژی بسیارپیشرفته و پیچیدهٔ مورد استفاده برای اجرای این پروژه‌ها، از نظر اقتصادی این پروژه‌ها باید در مناسب ترین زمان به اجرا درآیند.

۱ـ۱ـ توزیع ماهانهٔ بارش

از نظر توزیع ماهانه، پراکنش بارش در نواحی کوهستانی و دشت یکسان نیست. دورهٔ بارش در مناطق دشتی کوتاه‌تر از نواحی مرتفع است، امّا در مجموع و به طور میانگین در طول دورهٔ آماری مورد نظر میزان بارش در مهر و آبان ماه ناچیز بوده و تقریباً بارش‌های قابل ملاحظه از آذر آغاز شده و تا فروردین ماه ادامه می‌یابد. سپس از اردیبهشت به بعد و به تدریج مقدار بارش‌ها کم شده و در تیر و مرداد و شهریور به کمترین مقدار خود می‌رسد. بیشترین درصد میانگین بارش آذر مربوط به ایستگاه‌های قطب آباد، ابراهیم آباد و گوغر به ترتیب ۲۳/۲ درصد، ۲۲/۵ درصد و ۲۱/۶درصد است. در دی بیشترین درصد بارش متعلّق به ایستگاه‌های سیرچ، چهریگان، بهادرآباد، ساردوئیه و چترود (به ترتیب ۳۹/۸ درصد، ۲۳/۹درصد، ۲۳/۲ درصد، ۲۱/۶ درصد و ۲۱ درصد) می‌باشد. در بهمن بیشترین درصد بارش را ایستگاه‌های طاشکوئیه (۲۹/۴ درصد)، دهرود و بهادرآباد (۲۶/۵درصد)، دولت آباد (۲۵ درصد) دارند. بیشترین بارش اسفند ماه به ایستگاه‌های سیرچ و گوغر (۳۰درصد)، سعادت آباد (۲۹/۳ درصد) و چترود (۲۷ درصد) تعلّق دارد و بیشترین درصد بارش فروردین ماه را ایستگاه‌های خرّمشاهی (۲۶/۹ درصد)، بم، کرمان، خان خاتون و راین (۲۱درصد) به خود اختصاص داده‌اند (جدول شمارهٔ ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٢ـ میانگین درصد ماهانهٔ توزیع بارش در ایستگاه‌های منطقهٔ مورد مطالعه (١٣٧٤ـ١٣٥٥)

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
رابر	١/١	٣/٦	١٥/٥	١٩/٦	١٨/٢	٢٧/٧	٧/١	٥/٢	٠/٣	١/٢	٠/٩	٠/٥
راین	٤/٨	٦/٧	٥/٦	١٢/٢	١٠/٩	١٧/١	٢١/٨	١٣/٨	٣/٧	١	١/٦	٠/٣
شاهرود	٠/٢	١/٧	١٦/٣	١٦/٩	٢٥/٦	٢٢/٣	٦/٤	٠/٤	٠	٦/٩	٥/٨	٤
شاهماران	٦/٢	٣/٣	١٥/٧	١٦/٥	١٠/٨	١٩/٨	٩/٥	٤/٣	١/٢	٤/٣	٤/٧	٣/٨
ابراهیم آباد	١/٣	٤/٨	٢٢/٥	١٩	١٨/٧	٢٤/٢	٧/٣	١/١	٠/٥	٤/٣	٣	١/٤
دولت‌آباداسفندقه	٢/٧	٠/٨	٨/٥	١٦/١	١٨/٧	١٧/٨	٩/٤	٤/٩	١/٥	٥/٩	٧/٧	٦/٢
ساردوئیه	٠/٤	١/٩	١٤/٤	٢١/٦	٢٣/٥	٢٣/٥	٧/٥	٣/٣	٠/٣	٢/١	٢/٣	٠/٦
سنگ صیاد	٠/٨	٣/٥	١٠/٦	١٦/٦	١٨/٨	٢٥	١٤/٥	٨/٣	٠/٧	٠/٣	٠/٣	٠/٣
دهسرد	١/٣	٢/٧	١١	١٧/٢	٢١/٥	١٥/٩	٨/٤	٤/٩	١/٤	٦/٨	٦/٦	١/٤
خرمشاهی	٢/٣	١/٤	١٢/٣	٤/٦	١٠/٦	١٩/٥	٢٦/٩	١٨/٩	١	٠/٢	١/١	١
دلفارد	١/٧	١/٨	٩	١٨/٣	٢٢/١	٢١/٨	١٢/٢	٥/٥	١/٧	٠/٦	٢	٣/١
دهرود	٢/٨	١/٥	١٢/١	١٨/١	٢٦/٩	٢٣	٩/٢	٣/٩	٠/٩	٠/٧	٠/٦	٠/٦
کرمان	١/٧	٣/٧	١٧/٥	١٩/١	١٤/٦	٢٧/٩	١٠/١	٦/٩	٠/٧	٠/٣	٠/٥	٠
گوغر	١/٦	٤	٢١/٦	١٨/٧	٢٤/٣	٣٠/٥	٧/٩	١/٤	٠/٩	٣	٠/٥	٠/١
لاله زار	٢/٦	٤/٢	١٠/٦	١٣/٨	١٦/٥	١٩/٧	١٥/٤	٩٠/٦	٣	١	١/٨	١/٨
قریه العرب	٣/٦	٣/٩	٨/٦	١٣/٩	١٣/٨	١٧/٤	١٤/٩	١٤/٢	٥/٢	٠/٨	٣/٣	٠/٤
بافت	/٩١	٢/٥١	١٠/٨٣	٢٠/٦٦	١٨/١٢	٢١/٣٢	١٠/٤٣	٥/٧٣	١/٦٨	٢/٣٦	٤/٦١	١

١ـ٢ـ توزیع فصلی بارش

تقریباً در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه، توزیع فصلی بارش از الگوی مشابهی تبعیت می‌نماید. از ویژگیهای عمدهٔ رژیم بارش در این منطقه، وجود یک حدّاکثر مشخّص اصلی زمستانه است. بعد از آن بهار و پائیز بیشترین درصد بارش رادارند و کمترین درصد بارش متعلّق به فصل تابستان است. بیشترین میانگین بارش‌های زمستانه را ایستگاه‌های دلفارد، خرمشاهی، گوغر، دهسرد، رابر، دهرود، ساردوئیه و بافت دریافت می‌کنند. در مجموع بیش از ٨٠ درصد ازبارش سالانه در زمستان و بهار ریزش می‌کند که بیش از ۶٠ درصد از آن مربوط به ماه‌های فصل زمستان است(جدول شمارهٔ ٢).

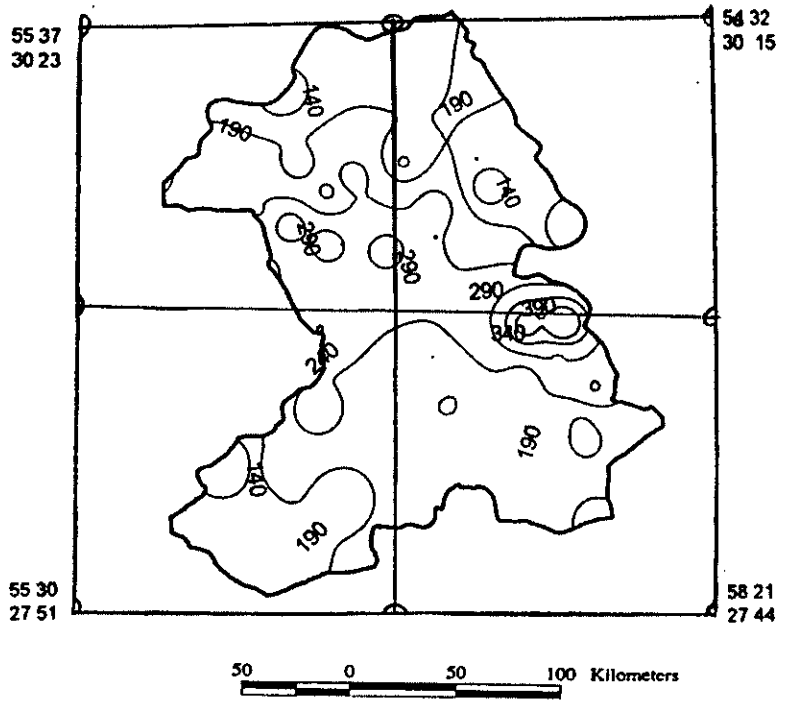
٢ـ توزیع مکانی بارش

چون منطقهٔ مورد مطالعه از نظر جغرافیایی یک موقعیّت بینابینی دارد، یعنی از یک طرف به ارتفاعات بلند رشته کوههای مرکزی و از طرف دیگر به دشتهایی که در شمال و جنوب این کوهستانها واقع شده، محدود می‌گردد؛ بنابراین شرایط اقلیمی و بارش منطقه نیز تحت تأثیر چنین موقعیّتی قرار می‌گیرد. میانگین بارش سالانه در طول دورهٔ آماری مورد نظر در منطقه ٢٠٣/٢ میلی‌متر محاسبه شده است. نقشهٔ خطوط همبارش منطقه (شکل شمارهٔ ١) نشان

www.SID.ir

Archive of SID

می‌دهد که هر چه از کوههای مرکزی به شمال و جنوب منطقه پیش رویم از میزان بارش کاسته می‌شود. منحنی‌های همبارش ۳۰۰ میلی‌متر و بیشتر که در طرحهای افزایش بارش در مناطق خشک و نیمه خشک به عنوان یک ملاک و امتیاز مثبت مورد توجّه قرار می‌گیرد، بر کوهستانهای بلند هزار، لاله زار و جبال بارز انطباق دارد. بخش وسیعی از منطقه که در شمال وجنوب ارتفاعات مرکزی واقع شده، از همبارشهای ۵۰ تا ۲۰۰ میلیمتری می‌گذرد.



شکل ۱ـ نقشهٔ میانگین بارش سالانه در منطقه

۳ـ بررسی توزیع فراوانی رخداد گروههای کمّی مختلف بارش

جهت تشخیص و ارزیابی پتانسیل بارشی منطقهٔ مورد مطالعه با استفاده از داده‌های بارش ایستگاهها در دورهٔ آماری مربوطه، بارش‌ها براساس تعاریف زیر به دوره‌های مختلف تقسیم شده است (دبل یو. ام. او، ۱۹۷۸) پس از آن، درصد میانگین فراوانی وقوع هر یک از این دوره‌ها در هر یک از ایستگاههای منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است.

الف ـ دورهٔ بارانی با بارش ضعیف — ۰/۱ ≤ P ≤ ۱ میلیمتر

ب ـ دورهٔ بارانی با بارش ملایم — ۱ ≤ P ≤ ۱۰ میلیمتر

ج ـ دورهٔ بارانی با بارش سنگین — ۱۰ ≤ P ≤ ۳۰ میلیمتر

د ـ دورهٔ بارانی با بارش استثنائی — p> ۳۰ میلیمتر

در دورهٔ بارشی ضعیف (۱-۱/ میلی‌متر) در بیشتر ایستگاه‌ها حدود ۵ درصد بارش را شامل می‌شود و بیشترین درصد بارش در این طبقه را ایستگاه‌های گدار مغک، بم، کرمان و راین به ترتیب ۳۴/۱ درصد، ۳۶/۱ درصد، ۲۴/۵

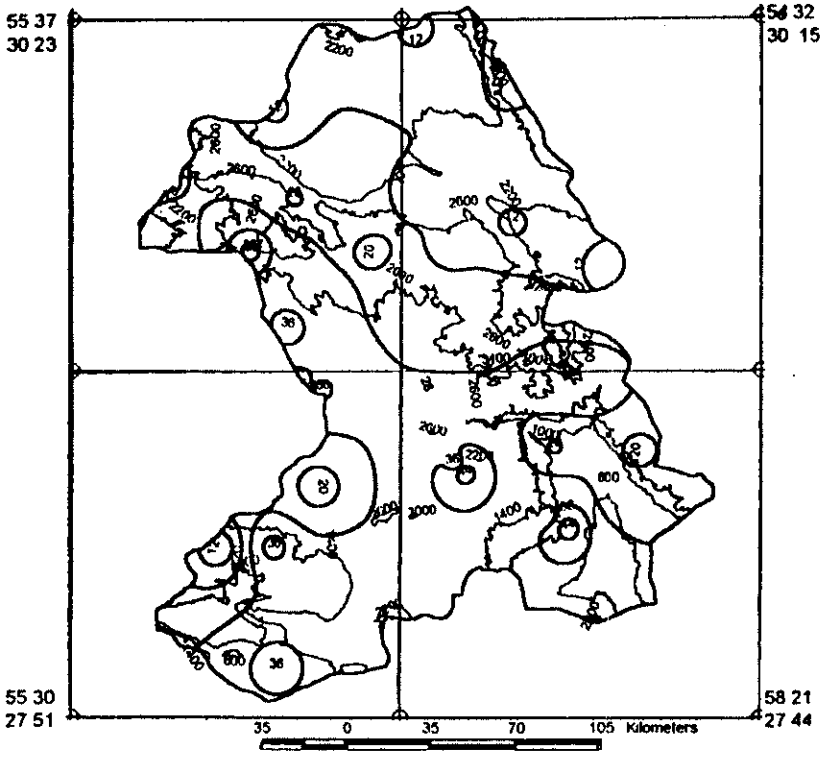
www.SID.ir

Archive of SID

درصد و ۲۷/۱ درصد دارند.

در گروه بارشی ملایم (۱۰-۱/۱ میلی‌متر) حدود ۶۰ درصد ایستگاه‌ها قرار می‌گیرند و بیشترین درصد بارش متوسط این طبقه متعلق به ایستگاه‌های شمالی و اطراف منطقهٔ مورد مطالعه است.

در طبقهٔ بارشی سنگین (۳۰-۱۰/۱ میلی‌متر) حدود ۳۰ درصد بارش اکثریّت ایستگاه‌ها را در برمی‌گیرد و بیشترین آن را ایستگاه‌های فتح آباد، چشمه شاه و ساردوئیه به ترتیب ۵۰/۲ درصد،۴۸/۳ درصد، ۴۶/۷ درصد و ۴۱ درصد دارد (شکل شمارهٔ ۲).



شکل ۲ـ نقشهٔ میانگین درصد فراوانی بارش‌های ۳۰ـ۱۰/۱ میلیمتر در منطقه

در گروه بارشی استثنائی (بیش از ۳۰ میلیمتر) حدود ۵ درصد بارش بیشتر ایستگاه‌ها، در این طبقه قرار می‌گیرد وحداکثر آن متعلق به ایستگاه‌های چشمه شاه (۱۷/۱ درصد)، چهریگان (۱۴/۲درصد)، خرمشاهی (۱۳/۸ درصد)، دهرود (۱۲/۲ درصد) و دلفارد (۹/۱ درصد) می‌باشد (شکل شمارهٔ ۳).

۴ـ بررسی دوره‌های مرطوب

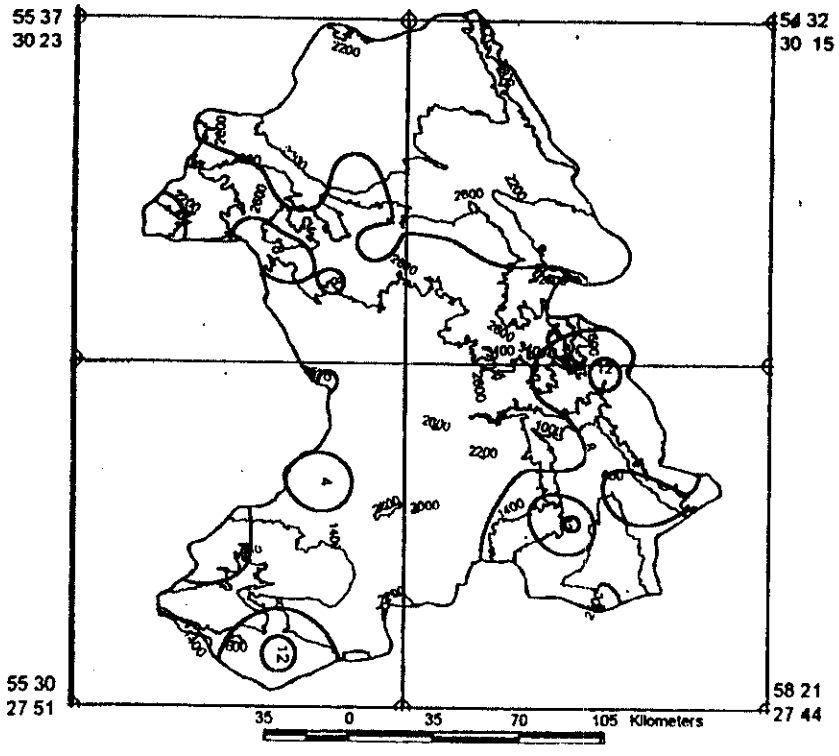
یکی از مهمترین موضوعاتی که در برنامه ریزی و اجرای پروژه‌های باروری مورد توجّه قرار می‌گیرد مطالعه، شناخت وارزیابی روزهای بارانی مداوم و قابل انتظار در منطقه است. این مطالعه به ویژه در مکان‌یابی و استقرار تجهیزات مورد نیاز مثل هواپیما، رادیومتر، رادار،اسکان و سازماندهی نیروی انسانی، توزیع مکانی ـ زمانی رخدادهای دوره‌های مذکور و تعیین مناسب ترین مکان و زمان اجرای پروژه در یک سال آبی از اهمیّت فوق العاده‌ای برخوردار

www.SID.ir

Archive of SID

است (همان، ۱۹۷۸).

با استفاده از بارش‌های بیش از ۰/۱ میلی‌متر در طول دورهٔ آماری مورد نظر، میانگین ماهانهٔ فراوانی رخداد بارش‌های یک روزه تا پنج روزه و بیشتر در ایستگاه‌های منطقه مورد بررسی قرار گرفت تا توان بارشی منطقهٔ مورد مطالعه در رابطه با موضوع مورد بحث نمایان‌تر گردد.



شکل ۳ـ نقشهٔ میانگین درصد فراوانی بارش‌های بیش از ۳۰ میلیمتر در منطقه

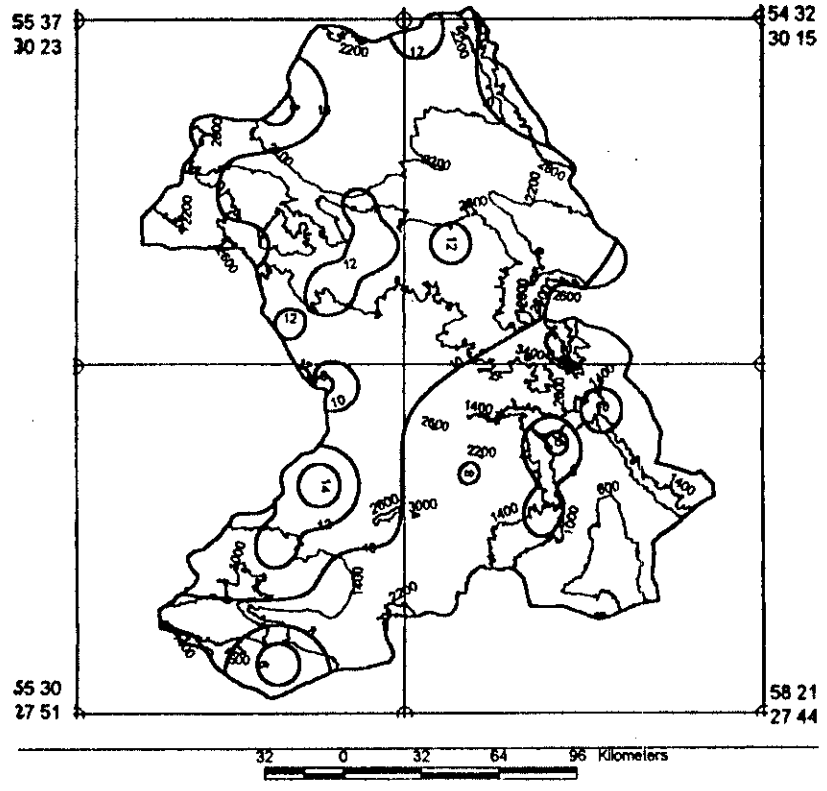
۴ـ۱ـ مدّت دوره‌های مرطوب در طول سال

با مطالعهٔ داده‌های مربوط به بارش سالانه یک تا پنج روزه و بیشتر در منطقه مشخص می‌گردد که بیش از ۶۰ درصد دوره‌های مرطوب‌مربوط به بارش یک روزه است. بیشترین آن مربوط به ایستگاه‌های چشمه شاه (۸۹/۸ درصد)، ابراهیم‌آباد (۷۸/۸ درصد)، خان خاتون (۸۵/۶ درصد)، شاهماران (۸۵/۲ درصد) و جمیل آباد (۸۲/۵ درصد) می‌باشد. حدود ۳۰ درصد بارش اکثریّت ایستگاه‌ها را بارش دو روزه تشکیل می‌دهد که بیشترین درصد آنرا ایستگاه‌های خرّمشاهی، رابر، سیرچ و کرمان به ترتیب با ۳۱/۷، ۳۱،۳۰ و ۲۸ درصد دارند.

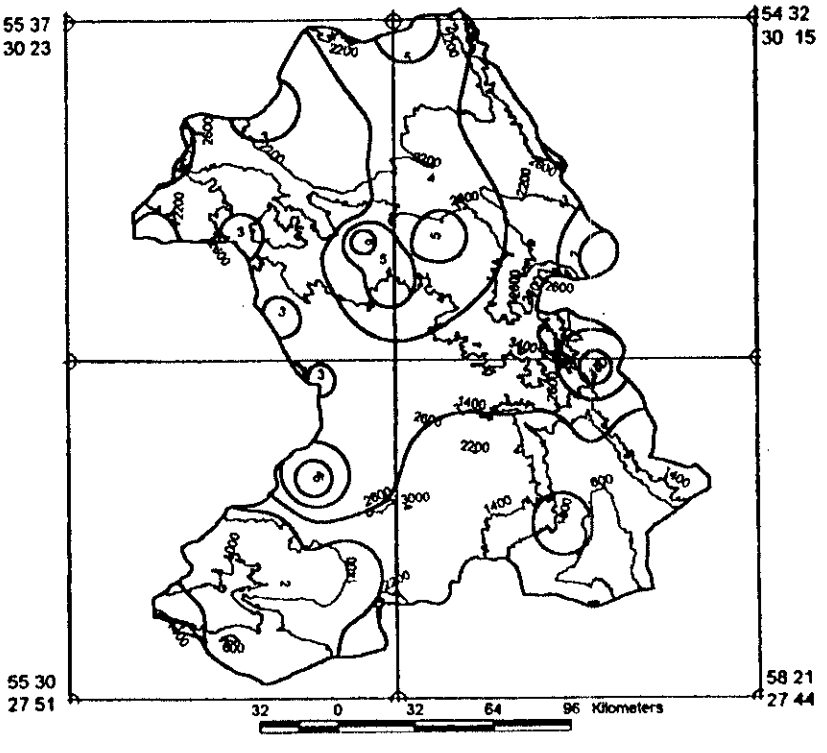
بارش‌های سه روزه و بیشتر حدود ۱۰ درصد بارش اکثر ایستگاه منطقه را تشکیل می‌دهد که بیشترین آنرا ایستگاه‌های چهار طاق (۱۶ درصد)، دلفارد، فیروزآباد و بلوارد (۱۴ درصد)، کبوترخان (۱۳ درصد)، کرمان و میانده (۱۲ درصد) و خرمشاهی(۱۱ درصد) دارند (شکل‌های شمارهٔ ۴، ۵، ۶ و ۷).

www.SID.ir

Archive of SID



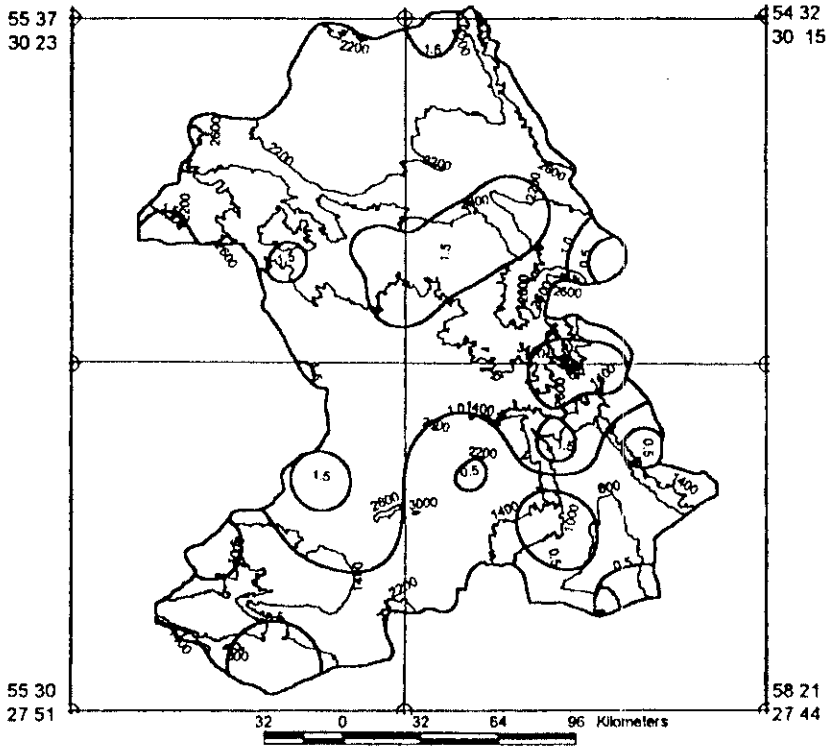
شکل ٤ـ نقشهٔ همبارش یکروزه در منطقه



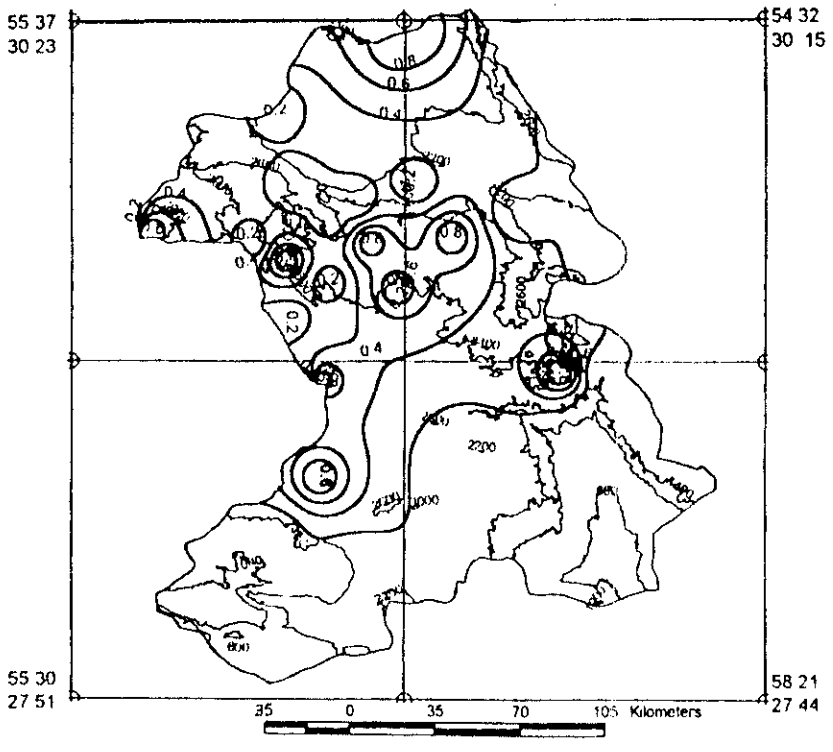
شکل ٥ـ نقشهٔ همبارش دو روزه در منطقه

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦ـ نقشهٔ همبارش سه روزه در منطقه



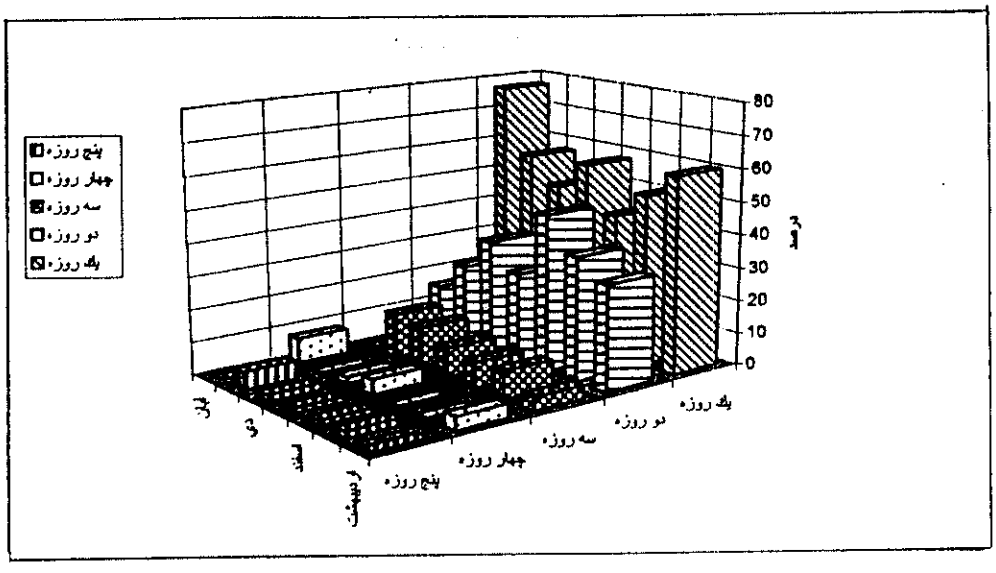
شکل ۷ـ نقشهٔ همبارش چهار روزه در منطقه

www.SID.ir

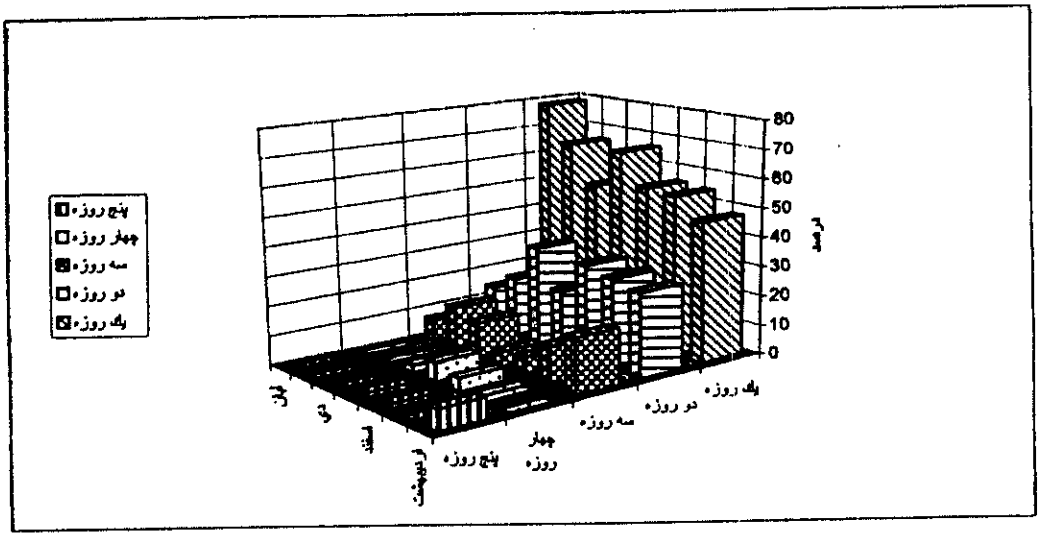
Archive of SID

۲ـ۴ ـ مدّت دوره‌های مرطوب در طول ماههای بارش

همین طبقه‌بندی دوره‌های مرطوب در ماههای بارشی سال (آبان تا اردیبهشت)، در ایستگاه‌های منطقه انجام شده است. نتایج نشان می‌دهند که بارش‌های یک روزه و دو روزه حدود ۹۰ درصد بارش بیشتر ایستگاه‌ها را تشکیل می‌دهد که بیشترین درصد آن متعلّق به ایستگاه‌های ابراهیم آباد، قریّه‌العرب، بم، گلبافت،چشمه شاه آباد و شاهرود فارغان است. میزان درصد بارشهای سه روزه و بیشتر در منطقه بسیار ناچیز است. این بارش‌های متوالی چند روزه که شرایط مناسب‌تری را جهت اجرای عملیّات باروری ایجاد می‌کند، منطبق بر ایستگاه‌های دلفارد، خرّمشاهی، رابر، قریه العرب، لاله‌زار و دهسرد است. (شکل‌های شمارهٔ ۸، ۹ و ۱۰).



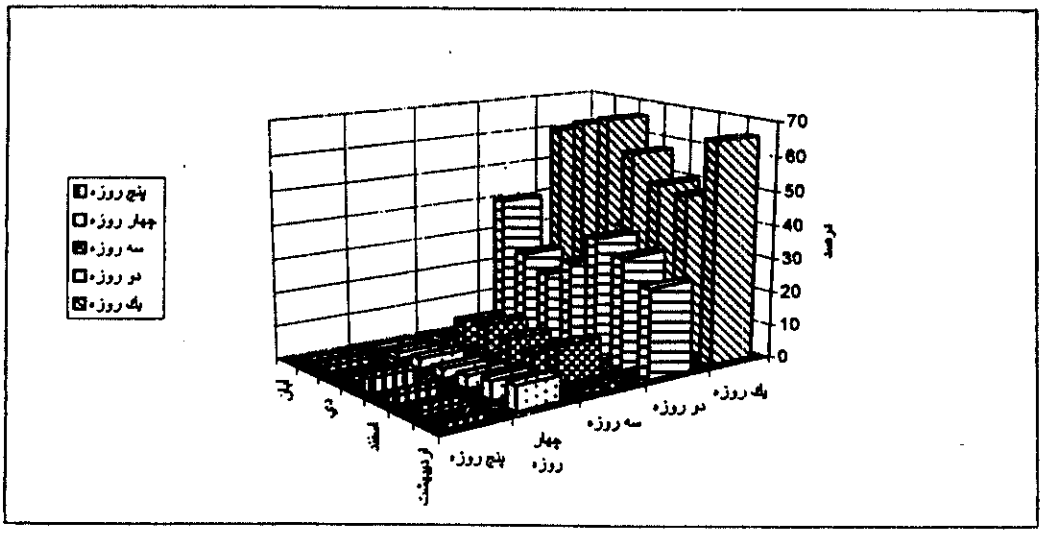
شکل ۸ـ نمودار درصد بارش یک تا پنج روزهٔ ایستگاه خرمّشاهی



شکل ۹ـ نمودار درصد بارش یک تا پنج روزهٔ ایستگاه دلفارد

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۰ـ نمودار درصد بارش یک تا پنج روزهٔ ایستگاه لاله‌زار

نتیجه گیری

با مطالعهٔ وضعیّت بارش که در راستای مکان‌یابی جهت اجرای پروژه‌های باروری ابرها در منطقهٔ مورد مطالعه انجام گرفت، نتایج زیر حاصل می‌گردید:

بیش از ۸۰ درصد بارش سالانهٔ ایستگاه‌های منطقه به فصول زمستان و بهار تعلّق دارد که بیش از ۶۰ درصد از آن در زمستان ریزش می‌کند. با توجّه به اینکه بیشترین مقدار بارش در اکثر ایستگاه‌ها از آذر تا فروردین است، بنابراین این ماهها جهت اجرای عملیّات باروری مناسبت‌تر بنظر می‌رسند.

میانگین بارش سالانه در طول دورهٔ آماری مورد نظر در منطقه ۲۰۳/۲ میلیمتر است. نقشه‌های همبارش منطقه نشان می‌دهد که منحنی‌های همبارش ۳۰۰ میلیمتر و بیشتر منطبق بر کوهستانهای مرکزی منطقه به ویژه شیبهای جنوبی ارتفاعات هزار، لاله‌زار و جبال بارز می‌باشد که بر اساس توصیه‌های سازمان هواشناسی جهانی[1] یکی از امتیازات مثبت منطقه جهت ارزیابی پتانسیل‌های بارشی نواحی خشک و نیمه خشک در ارتباط با اجرای پروژه‌های افزایش بارش محسوب می‌شود.

با مطالعهٔ توزیع فراوانی رخداد گروههای کمّی مختلف بارش، مشخص می‌گردد که حدود ۶۰ درصد بارش‌های منطقه به گروه بارشی ملایم (۱۰-۱/۱ میلیمتر) اختصاص می‌یابد. ۳۰ درصد بارش‌ها در طبقهٔ بارشی سنگین (۳۰-۱۰/۱ میلیمتر) قرار می‌گیرد که می‌توان با افزایش هسته‌های انجماد مصنوعی به درون آنها بارش آنها را افزایش داد. بارش‌های بیش از ۳۰ میلیمتر، ۵ درصد ایستگاه‌ها را در برمی‌گیرد که آن هم منطبق بر شیب‌های جنوبی ارتفاعات بلند منطقه است. گرچه تعداد و درصد بارش‌های استثنائی و سنگین در منطقه کمتر است، ولی این بارش ها برای باروری ابرها مناسب‌ترند؛ زیرا ساختار و خصوصیّات سیستم‌هایی که این بارش‌ها را درمنطقه ایجاد می‌کنند به نحوی است که سبب تشدید ناپایداریها و بارش بیشتر می‌شوند.

1- W.M.O

www.SID.ir

Archive of SID

۶۰ درصد از بارش‌های منطقه در طول سال را بارش‌های یک روزه، ۳۰ درصد دو روزهٔ متوالی و کمتر از ۱۰ درصد بارش‌ها را سه روزهٔ متوالی و بیشتر تشکیل می‌دهد. در طول ماههای بارش نیز وضعیّت چنین است و این بارش‌های متوالی چند روزه منطبق بر ایستگاه‌های ارتفاعات بلند مرکزی است.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع و مآخذ

۱ـ امیدوار، کمال (۱۳۸۰)، امکان سنجی باروری ابرهادر ارتفاعات جنوبی کرمان، رساله دکترای اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.

۲ـ جمالی،جواد و همکاران (۱۳۷۹)، تعدیل آب و هوا با استفاده از فن آوری باروری ابرها،مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی،کرمان، ص ۶۲۱.

۳ـ جعفرپور، ابراهیم(۱۳۷۱)، اقلیم شناسی، انتشارات دانشگاه تهران.

۴ـ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه.

۵ـ سازمان هواشناسی کشور، آمار بارش روزانه منطقه مورد مطالعه برای دوره آماری مربوطه.

۶ـ قبادیان، عطاءالله(۱۳۶۴) ، سیمای طبیعی استان کرمان در ارتباط با مسائل کویری، ص۳۷.

۷ـ مرکز ملی تحقیقات و مطالعات باروری ابرها، باروری ابر در ایران و جهان،۱۳۷۶. گزارش شماره۲.

۸ـ وزارت نیرو، شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان (۱۳۷۷)،ص۱.

9- Dennis. A.S (1980), "weather Modification by cloud seeding" Academic Press PP.5-7.

10- Gagin.A (1985), "Cloud seeding technology" PEP Design Document, No.34. P.30.

11- Mossambani and Austin.G (1982). "Preliminary assessment report of the site selection" PEP report No.28.

12- Neiburger.M(1969) "Artificial Modification of cloud and precipitation" W.M.O. No.249. TP.137.P.7.

13- W.M.O(1980), "precipitation Enhancement project" report No.19.PEP. Site - selection phase 3,1979.P.31.

14- W.M.O (1987), "Weather Modification Programme "PEP Design Document report No.9.PP.13-20.

15- W.M.O (1976) , "Plan for the preciptiation Enhancement project". PEP.NO.3,P.2.

16- W.M.O (1979), "Trainig workshop on weather Modification for Meteorologists" PEP NO. 13. PP. 101-103.

17-W.M.O (1978) , "Survey of the climatology" PEP report NO.10.PP. 17-18.

18- W.M.O (1978), PEP. Report No.10 GENEVA, November. P. 27.

19- W.M.O (1978) "PEP Design doccument" WMP.PEP.No. 9.P.15.

www.SID.ir