

## مدل سازی اثرهای آب و هوایی کم فشارهای حرارتی در منطقه جنب حارّه

### چکیده

در دوره گرم سال، در جنوب آسیا، کم فشاری حرارتی شکل می‌گیرد که تمایل به حرکت به سمت غرب دارد. کم فشار فوق در شرایط عادی دارای کجی محور در محور قائم خود می‌باشد. این کجی محور به سمت جنوب شرق بوده، بارشهای حاصل از آن بیشتر به سمت شرق و شبه قاره هند تمایل دارد؛ اما زمانی که از کجی محور آن کاسته می‌شود، تأثیرش در جنوب شرق ایران به صورت رگبارهای همرفتی نمایان می‌شود. این رگبارهای شدید در فصل گرم - هنگامی که منطقه از بی‌آبی به شدت رنج می‌برد - باعث پر آب شدن رودخانه‌ها، تأمین آب هوتکها و آبیاری مزارع می‌شود. به همین دلیل، حیات منطقه به شدت به این بارشها بستگی دارد. در این مقاله، سعی شده نحوه نفوذ کم فشار پاکستان به منطقه و اثر آنها در ایجاد رگبارهای همرفتی مدل‌سازی شود.

کلید واژه‌ها: کم فشار حرارتی، رگبارهای همرفتی، آب و هوا، کم فشار پاکستان

### مقدمه

منطقه جنوب شرق کشور دارای آب و هوای گرم و خشک است که به دلیل فقدان بارش، پوشش گیاهی فقیر، زندگی حیوانی و گیاهی، با مخاطرات فراوان همراه می‌باشد. این ویژگیها در فصول گرم سال شدت می‌یابند و بر وخامت اوضاع می‌افزایند. در همین حال، در طی فصل گرم در دوره‌های کوتاه مدت، بارشهایی به صورت رگباری به وقوع می‌پیوندد که سبب بروز طغیان رودخانه‌ها و تخریب محیط طبیعی و انسانی می‌شود. وقوع چنین وضعیتی، شناسایی ابعاد مختلف عوامل بروز چنین ریزشهایی را ضروری می‌سازد تا بتوان بر اساس آن پیش‌بینیها و برنامه‌ریزیهای لازم را در منطقه صورت داد. مطالعه بنیادی پیرامون ساز و کارها و مسیرهای ورودی توده‌های

هوای مرطوب به کشور و شناخت سازوکارهای صعود هوا، ما را در این امر یاری خواهد نمود. از این رو، بر آن شدم تا سازوکارهای چنین بارشهایی را شناسایی و نقش محیطی و انسانی آنها را در منطقه مطالعه نمایم. نتیجه این پژوهش، مقاله‌ای است که پیش روی شماست.

### بیان مسأله

در جنوب کشور آب و هوای گرم و خشک حاکم است و ریزشهای جوئی بسیار کمتر از نیاز زندگی گیاهی و حیوانی است. در چنین محیطی، در خشک‌ترین دوره سال ریزشهای نامنظمی به وقوع می‌پیوندد که نقش مهمی در زندگی گیاهی و حیوانی دارد. ناشناخته بودن سازوکار این ریزشها باعث بهره‌برداری نامناسب از آنها شده است. به همین دلیل، برای برنامه‌ریزیهای بلند مدت، ابعاد مختلف عوامل بروز چنین ریزشهایی را باید شناسایی کرد.

### سؤالهای اصلی تحقیق

۱. مسیرهای ورود رطوبت به منطقه در فصل گرم کدام است؟
۲. نقش سینوپتیکی کم فشار پاکستان در پیدایش این بارشها چیست؟
۳. سازوکارهای صعود هوا با توجه به استقرار پر فشار جنب حاره‌ای در منطقه کدام است؟

### هدفهای تحقیق

هدف اصلی این تحقیق، شناخت نقش کم فشار پاکستان در شکل‌گیری عوامل صعود هوا و نفوذ توده‌های مرطوب به منطقه می‌باشد. شناسایی نقش سیستمهای محلی و منطقه‌ای که شرایطی را به وجود می‌آورد که تحت آن شرایط، صعود هوای گرم و مرطوب سطوح پایینی تروپوسفر تا سطوح میانی آن امکان‌پذیر شود، از هدفهای اصلی این تحقیق است.

شناسایی سازوکارهایی که همرفت‌های محلی را تقویت و شرایط را برای فعال شدن آنها فراهم می‌کنند نیز از هدفهای دیگر این تحقیق به شمار می‌رود. همچنین نواحی از سرزمین ما که بیشتر تحت تأثیر این سیستمها قرار دارند و سازوکارهای همرفت در آنها تأثیرگذارتر است، مورد توجه می‌باشد. با توجه به این موارد، هدفهای فرعی به قرار زیر است:

۱. شناخت پراکندگی مکانی و زمانی بارشهای تابستانه جنوب شرق کشور؛
۲. چگونگی تشکیل و گسترش کم فشار پاکستان؛
۳. بررسی روابط بین گسترش کم فشار و سازوکارهای فعال‌شدن همرفت‌های محلی؛
۴. بررسی چگونگی کاهش نقش پر فشارهای جنب حاره‌ای و عقب‌نشینی آنها؛

۵. مسیرهای ورود رطوبت و نحوه نفوذ آنها.

### فرضیه‌های تحقیق

فرضیه‌های این تحقیق عبارتند از:

۱. ریزشهای تابستانه جنوب شرق کشور با نفوذ رطوبت به وسیله حرکت و اچرخندی کم فشار پاکستان، از سمت شرق به منطقه مطالعه وارد می‌شوند؛
۲. رگبارهای شدید و ریزشهای فراوان لحظه‌ای، با تغییر در محور کم فشار پاکستان هماهنگ است؛
۳. تشدید فعالیت همرفتهای محلی، در اثر رهاشدن سطوح میانی تروپوسفر از نفوذ پر فشار جنب حاره‌ای - ناشی از تقویت کم فشارهای حرارتی - است.

### روش تحقیق

در این تحقیق، کشف علتها یا عوامل بروز رویداد مد نظر بوده است؛ از این رو، از نوع تحقیقات علی به شمار می‌رود. نتایج این تحقیق، شناخت علت و پیش بینی قبلی ایجاد حادثه و آمادگی در مقابل آن است که می‌تواند باعث بهبود بهره‌برداری از آن شود. در این تحقیق، با استفاده از روش کتابخانه‌ای، نخست نظریه‌های تحقیق بررسی شد و مواد و اطلاعات اولیه از طریق نقشه‌های سطوح مختلف جو گردآوری و تنظیم گردید و بر اساس آن فرضیه‌ها شکل گرفت. سپس، محدوده مطالعه - مطابق روشی که بیان شد - معلوم گردید و تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نقشه‌ها و مدلها انجام گرفت و از طریق نتایج حاصل از آن، فرضیه‌های ارائه شده به آزمون گذاشته شد.

### ساز و کار تشکیل کم فشار پاکستان

در آغاز فصل گرم نیمکره شمالی، بتدریج خورشید از نیمکره جنوبی به نیمکره شمالی منتقل می‌شود. در پی این جابه‌جایی، استوای حرارتی بتدریج به عرضهای نیمکره شمالی نقل مکان می‌کند و در منطقه‌های دور از استوای جغرافیایی مستقر می‌شود. در این زمان، در منطقه جنب حاره‌ای پرفشارهای دینامیکی منطقه جنب حاره شکل می‌گیرد که باعث ایجاد هوای صاف و بی‌ایر می‌شود. در اثر چنین عواملی، انرژی رسیده به سطح زمین بیش از بقیه ایام سال است که باعث افزایش شدت گرما در سطح زمین می‌شود. این گرمای شدید، در سطح خشکیهای منطقه

جنوب آسیا مراکز کم فشار حرارتی را به وجود می‌آورد. یکی از این کم فشارهای حرارتی، کم فشار پاکستان است.

کم فشار پاکستان یک کم فشار حرارتی است که مرکز آن بر روی جلگه سند مستقر می‌شود. ورود انرژی تابشی خورشید در روزهای بی‌ابر ماههای می و ژوئن، سبب ایجاد یک کم فشار کم ضخامت می‌گردد. چون گرمایش روزانه زمین از تابش شبانه آن بیشتر است، این کم فشار حرارتی به صورت یک سیستم تابستانی دائمی درمی‌آید و در صورت وجود دو شرط زیر، از بین نمی‌رود:

۱. در سطح زمین باید هوای کاملاً خشک وجود داشته باشد، در غیر این صورت به علت صعود هوای گرم و مرطوب، ابر ایجاد خواهد شد. وجود ابر، جذب مقدار انرژی حرارتی روزانه را کاهش می‌دهد و در نتیجه دمای هوا کاهش می‌یابد. با وجود نزدیک بودن به دریای عرب، هوای منطقه مرطوب نمی‌شود.

۲. چنانچه هوای سطح زمین بر اثر فرایند همرفتی تا ارتفاع زیادی صعود کند، سرانجام بخار آب موجود در توده هوا سرد و متراکم می‌شود و ابر تشکیل می‌گردد (بوشر، ۱۳۷۳، ۱۴۳). وجود یک وارونگی دمایی در ارتفاع ۲ کیلومتری، مانع بالارفتن هوا تا ارتفاع زیاد می‌شود. بالاتر از این ارتفاع، فرو نشستن هوا از مرکز پر فشار جنب حاره در تروپوسفر میانی، سبب واگرایی هوای گرم و خشک می‌گردد. در نتیجه، اگر هر نوع ابری هم وجود داشته باشد، به سرعت در این هوای گرم و خشک تبخیر می‌شود و از بین می‌رود. (پرونده، ۱۳۷۰، ۵۵)

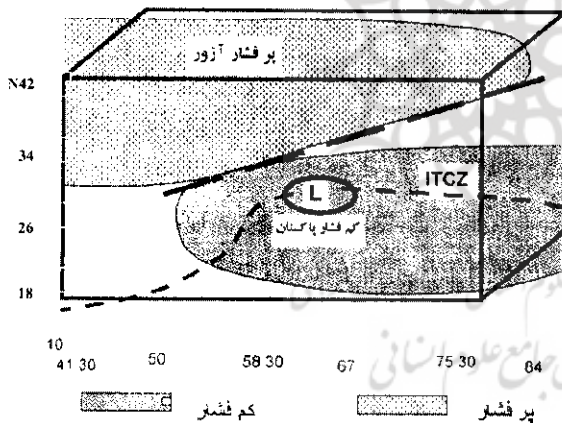
کم فشار پاکستان همیشه با هوای گرم و صاف همراه است. در ماه آوریل و می، چون جهت وزش باد از روی دریای عربی مستقیماً به سمت آن صورت نمی‌گیرد، ابر ناکی در آن در حداقل است. به همین دلیل، تابش مداوم آفتاب و جذب آن توسط زمین عاری از گیاه، سبب افزایش دمای سطوح پایینی تروپوسفر می‌گردد. در این حالت، یک کم فشار حرارتی و کم ضخامت شکل می‌گیرد. با گذشت زمان و گرم شدن تدریجی هوا به سمت تابستان، بر وسعت و گستردگی این کم فشار افزوده می‌شود. با آغاز ماه جولای، رودباد غربی به سمت شمال هیمالیا منحرف می‌شود و فضا را برای گسترش هر چه بیشتر این سیستم کم فشار در جنوب کوههای هیمالیا فراهم می‌کند. در این زمان، با نفوذ رطوبت از خلیج بنگال و اقیانوس هند، کم فشار پاکستان بتدریج به یک سیکلون جنب حاره‌ای تغییر شکل می‌دهد. برخی اقلیم‌شناسان، شکل‌گیری این کم فشار را به جابه‌جایی منطقه همگرایی حاره‌ای به نیمکره شمالی نسبت می‌دهند و اظهار می‌دارند، هنگامی که منطقه همگرایی حاره‌ای بر روی پاکستان واقع می‌شود، شرایط برای تشکیل این کم فشار فراهم می‌گردد.

کم فشار پاکستان بتدریج با گسترش زبانه‌های خود تمام جنوب شرق آسیا را پوشش می‌دهد و به مرکز سیستم موسمی تبدیل می‌شود. سیستم موسمی در یک چرخند بزرگ، رطوبت اقیانوس هند را به داخل خشکیها می‌کشاند و رطوبت تابستانی را تأمین می‌کند.

### روابط کم فشار پاکستان و پر فشار جنب حاره‌ای

نقشه‌های فشار در فصل گرم، بیانگر این مطلب است که سطوح میانی و بالایی تروپوسفر در این زمان تحت تسلط پر فشار آזור قرار دارد. پر فشار آזור، یک سیستم سینوپتیکی در مقیاس سیاره‌ای است که مرکز آن بر روی جزایر قناری در غرب قاره آفریقا قرار دارد و زبانه‌های این پر فشار به سمت شرق، تا تبت خود را می‌رساند. در این حالت تمام سطوح میانی و بالایی اتمسفر کشور ما نیز در فصل تابستان تحت نفوذ این سیستم قرار می‌گیرد. به همین دلیل، در این زمان هیچ نوع سیستم باران‌زایی نمی‌تواند به داخل کشور ما نفوذ کند. چنان‌که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در سطح زمین مقدار گسترش کم فشار بیشتر است و هر چه به سطوح بالاتر

اتمسفر توجه شود، دیده می‌شود که پرفشار آזור بیشتر به سمت شرق گسترش دارد. در سطوح بالا، یعنی ۴۰۰ هکتوپاسکالی، پرفشار به طور کامل بر روی کم فشار مستقر شده است. در این حالت، فضای لازم جهت صعود هوا و رسیدن آن به نقطه اشباع فراهم است. (نجار سلیقه، ۱۳۸۰، ۱۶)



شکل ۱ مدل نفوذ کم فشار پاکستان در زیر پرفشار جنب حاره‌ای آזור

### روابط کم فشار پاکستان و رودباد شرقی

جریان مونسون جنوب غرب، هنگامی که به رشته کوه‌های هیمالیا می‌رسد در اثر برخورد با دامنه‌های مرتفع این کوه‌ها به دو شاخه تقسیم می‌شود؛ یک شاخه به سمت غرب منحرف می‌شود و به کم فشار پاکستان می‌رسد، و شاخه دیگر بر دامنه رشته کوه‌های هیمالیا بالا می‌رود و از جهت شمال شرق، در ارتفاع دیگر بر دامنه رشته کوه‌های هیمالیا بالا می‌رود و از جهت شمال شرق، در ارتفاع ۱۳ تا ۱۴ کیلومتری به سمت اقیانوس هند باز می‌گردد. این جریان با جریان خروجی از

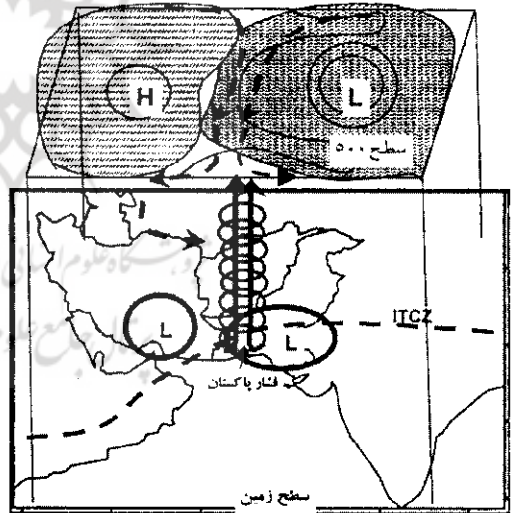
پر فشار تبت در سطوح میانی تروپوسفر که چرخشی در جهت عقربه‌های ساعت دارد یکی شده، بر قدرت و وسعت آن افزوده می‌شود و با تقویت و افزایش سرعت آن، رود باد شرقی شکل می‌گیرد. رود باد شرقی، بتدریج بر بالای عربستان سعودی و شمال آفریقا - به علت کاهش سرعت - همگرایی پیدا می‌کند و سبب فرو نشستن هوا بر بالای بیابانهای منطقه مذکور می‌شود.

عامل دیگری که در شکل‌گیری رود باد شرقی مؤثر می‌باشد، تشکیل پر فشار تبت است. این پرفشار بر روی فلات تبت در ارتفاع ۴ تا ۵ کیلومتری به بالا تشکیل می‌شود. بر اثر تابش مستقیم خورشید به سطح زمین این ارتفاعات بلند و جذب آن، دمای هوا در تروپوسفر میانی بالا می‌رود و در نتیجه یک کم فشار حرارتی کم ضخامت، در سطح زمین و در زیر پر فشار تشکیل می‌شود. چرخش تروپوسفر در پر فشار تبت، در جهت عقربه‌های ساعت انجام می‌گیرد.

رود باد شرقی بر بالای برمه و خلیج بنگال شتابدار شده، واگرایی پیدا می‌کند. در نتیجه، هوا از نزدیکی سطح زمین صعود می‌کند و ابر و بارندگی مناسبی را به وجود می‌آورد.

روابط بین کم فشار پاکستان و رود باد شرقی، در شکل ۲ (کجی محور کم فشار پاکستان) نشان

داده شده است. از آنجا که در رود باد شرقی واگرایی هوا وجود دارد، کم فشار پاکستان در سطوح بالایی به سمت آن کجی پیدا می‌کند و به سمت آن متمایل می‌شود. این تمایل محور، اثرهای اقلیمی خاصی بر جای می‌گذارد؛ به طوری که در اثر تمایل محور کم فشار پاکستان به سمت شرق، ریزشهای جوی که باید بر روی پاکستان صورت گیرد به سمت شرق منحرف و در مرکز هندوستان انجام می‌شود. (نجارسلیقه، ۱۳۸۰، ۱۷)

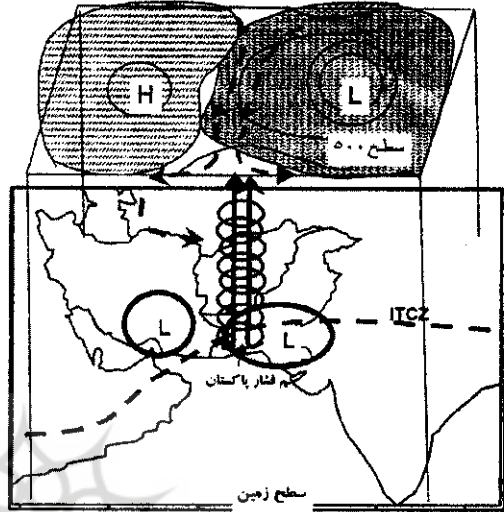


شکل ۲ مدل کجی محور کم فشار پاکستان به طرف جنوب شرقی

### مدل سازی کم فشار پاکستان

خورشید سطح زمین را گرم می‌کند؛ افزایش تدریجی دمای خاک به ایجاد آهنگ افت دمای آدیاباتیکی خشک منجر می‌گردد. این تحول باعث تشکیل و تشدید آرام و آهسته یک کم فشار حرارتی می‌شود. منطقه همگرایی حاره‌ای (ITCZ) که در این زمان در بالاترین مکان

خود در نیمکره شمالی مستقر شده، به ترفاف کم فشار پاکستان، پیوسته با آن یکی می‌شود. هوای مرطوب اقیانوسی شروع به همگرایی بر روی ناحیه کم فشار حرارتی می‌کند. بر روی خشکی، ناپایداری شرطی رشد می‌کند و همرفت مرطوب شروع می‌شود. بارندگی، گرم شدن جو، تشکیل پرفشار تبت و ترفاف مونسونی و سلولی هدلی، به ترتیب وقایع بعدی هستند. به علت انتقال انرژی جنبشی، حرکت‌های نصف‌النهار به حرکت‌های مداری تبدیل می‌شوند و جهت شرقی حاره‌ای، واقع در ترازهای بالایی تروپوسفر، شکل می‌گیرد (شکل ۳).



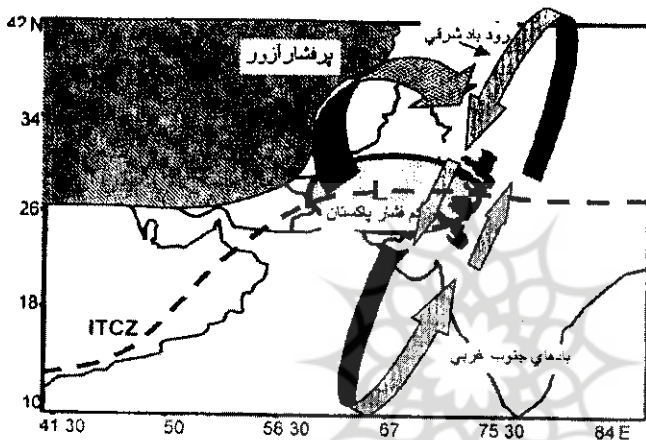
شکل ۳ مدل سازی کم فشار پاکستان

### تأثیر کم فشار پاکستان بر آب و هوای ایران

با یکی شدن کم فشارهای محلی جنوب شرق کشور و سیستم کم فشار پاکستان، یک کم فشار منطقه‌ای وسیع شکل می‌گیرد که باعث انتقال رطوبت می‌شود. در این زمان، پرفشار جنب حاره‌ای به سطوح بالای تروپوسفر محدود می‌شود و رطوبت در سطوح پایینی و میانی تروپوسفر می‌تواند به سمت غرب و در نهایت ایران نفوذ نماید. در این حالت، رطوبت اقیانوس هند و دریای عرب در درون چرخش سیکلونی کم فشار پاکستان، از طریق دامنه‌های جنوب کوه‌های هیمالیا و موازی با این کوه‌ها حرکت نموده، با جهت شرقی غربی، از طریق پاکستان به منطقه مورد مطالعه می‌رسد. پس از نفوذ رطوبت به منطقه، شرایط صعود هوا، تراکم و بارش زمانی فراهم می‌شود که کم فشارهای سطح زمینی به اندازه‌ای قدرت یافته باشند که بتوانند سطح زیرین پرفشار جنب حاره‌ای، مستقر در سطوح میانی جو را به سطوح بالاتر منتقل کنند تا جریان‌های مرطوب بتوانند در زیر این پرفشار به سمت غرب حرکت نمایند.

از ویژگی‌های مهم کم فشار پاکستان این است که محور قائم آن دارای انحراف به سمت جنوب شرق است. در بسیاری از زمانها که کم فشار مزبور در سطح زمین توسعه می‌یابد، یا حتی هنگامی که مرکز آن به سمت غرب جابه‌جا شده و در سواحل جنوب شرق کشور ما مستقر می‌شود؛

به دلیل داشتن این کجی محور در جهت عمودی، اثر صعود و ناپایداری آن در منطقه مورد مطالعه محسوس نبوده و تأثیرهای آب و هوایی آن در شبه جزیره هند قابل مشاهده است. بر اساس مطالعه‌ای که در این تحقیق انجام گرفت، مشخص شد کجی محور فروبار پاکستان، به دلیل اثرهای عمیق رودباد شرقی سطوح فوقانی تروپوسفر می‌باشد، به طوری که واگرایی موجود در رود باد شرقی سطوح زیرین تروپوسفر، سبب صعود هوای لایه‌های زیرین شده، بین همگرایی در سطح زمین و واگرایی در سطوح فوقانی تروپوسفر، هماهنگی برقرار می‌شود.



در مدل خاصی مشاهده می‌شود که کجی محور قائم کم فشار پاکستان، بر اثر توسعه و گسترش پر فشار آزرور و پیوند آن با پرفشار تبت است (شکل ۴).

شکل ۴ مدل کجی محور کم فشار پاکستان به سمت رودباد شرقی و نقش پرفشار آزرور - تبت

در این حالت، پرفشاری وسیع، از تبت تا غرب آفریقا، در سطوح میانی تروپوسفر تشکیل می‌شود و چنانچه کم فشار پاکستان توانایی نفوذ به سطوح میانی تروپوسفر را داشته باشد، بر اثر گسترش پر فشار تبت - آزرور در این سطوح، به سمت جنوب رانده شده، کجی محور عمیقی در آن ایجاد می‌شود. (نجار سلیقه، ۱۳۸۰، ۱۹)

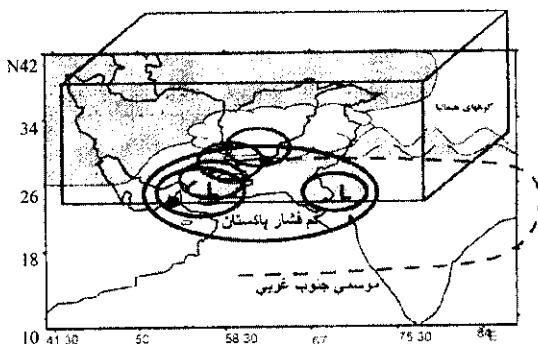
### مدلهای گردش منطقه‌ای جو

بر اساس مطالعات انجام گرفته مشخص شد که انتقال رطوبت به سمت غرب و منطقه مورد مطالعه، به روشهای متفاوتی صورت می‌گیرد، که این روشها به عنوان مدل‌های آب و هوایی به شرح زیر قابل معرفی‌اند:

مدل اول: در این مدل، سیستم کم فشار پاکستان به‌طور مستقیم با حرکت رو به غرب و ترکیب با کم فشارهای سطح زمین منطقه مورد مطالعه، رطوبت را در حاشیه جنوبی کوه‌های هیمالیا به جنوب شرق کشور ما می‌رساند و با توسعه عمودی آن، سیستم‌های پرفشار جنب حاره‌ای به ارتفاعات بالاتر تروپوسفر منتقل شده، فضا برای صعود کافی جهت تراکم فراهم می‌شود. در این



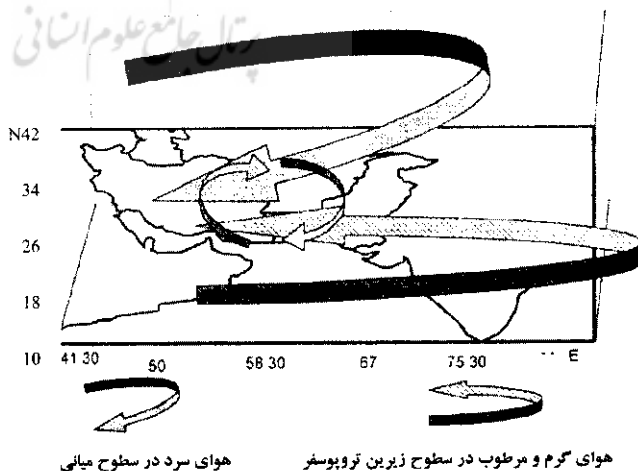
حالت، رطوبت منتقل شده به اندازه کافی صعود نموده، به نقطه شبنم و تراکم می‌رسد و ریزشهای جویّی شدید آغاز می‌گردد (شکل ۵).



شکل ۵ مدل اول، توسعه عمودی و جا به جایی رو به غرب کم فشار پاکستان

مدل دوم: در مدل دوم، هوای گرم و مرطوب به وسیله کم فشار به همان طریق به سمت غرب جابه‌جا می‌شود و در طبقات پایینی تروپوسفر مستقر می‌گردد. در سطوح میانی تروپوسفر نیز با گردش آنتی‌سیکلونی هسواوی سرد عرضهای بالای جغرافیایی، به سمت جنوب ریزش می‌نماید و در سطوح میانی تروپوسفر مستقر می‌شود. در این مدل، هوای گرم و مرطوب در سطح پایین و هوای سرد در سطوح میانی بر روی آن جای می‌گیرد؛ و چون هوای سرد از هوای گرم و مرطوب زیرین سنگین‌تر است، جابه‌جایی بین این دو باعث سازوکار صعود هوا می‌شود. این مدل، تحت عنوان مدل همرفت وزشی نام گرفت. در این مدل، بر اثر تفاوت وزن هوای سرد میانی و هوای گرم و مرطوب زیرین، شدت صعود و جابه‌جایی زیاد است، که به ریزشهای شدید همراه با طوفان منجر می‌گردد.

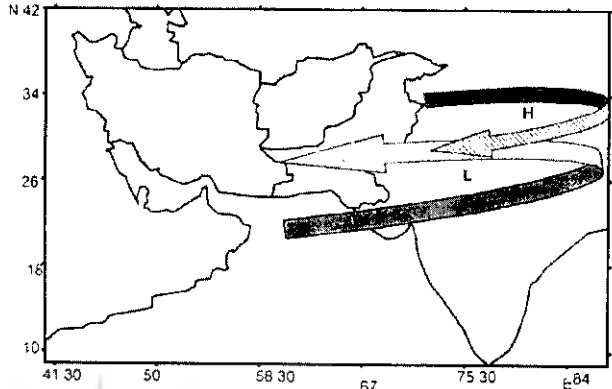
نفوذ هوای سرد در سطوح میانی به وسیله جریانهایی صورت می‌گیرد که از سمت غرب وارد کشور ما شده‌اند، که یاسیکلونهای مدیترانه‌ای و یا فرود بلندبادهای غربی هستند (شکل ۶).



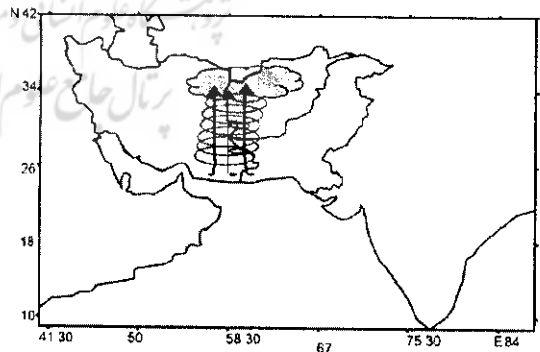
شکل ۶ مدل دوم، ریزش هوای سرد سطوح میانی بر روی هوای گرم و مرطوب

مدل سوم: در مدل سوم، جابه‌جایی و انتقال رطوبت به سمت غرب، از طریق همسویی بین کم فشار پاکستان و پر فشار تبت صورت می‌گیرد. در این مدل، زبانهٔ پر فشار تبت به صورت یک سیستم بسته، به سمت غرب گسترش می‌یابد و چون دارای حرکت آنتی‌سیکلونی است با حرکت سیکلونی کم فشار پاکستان یکی شده، همگرایی بین این دو سیستم برقرار و انتقال رطوبت به سمت غرب با انرژی بیشتری صورت می‌گیرد (شکل ۷).

شکل ۷ مدل سوم، هماهنگی کم فشار پاکستان و پر فشار تبت



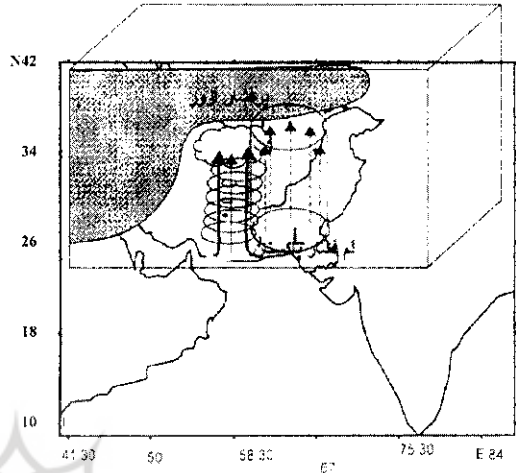
مدل چهارم: در مدل چهارم، ریزشهای جوی بر اثر نفوذ قبلی سیستم کم فشار پاکستان انجام می‌گیرد. در این مدل که به عنوان مدل ثانوی نام گذاری می‌شود، ابتدا به وسیلهٔ سیستم کم فشار پاکستان ریزشهای جوی به وقوع می‌پیوندد و آب حاصل از آنها سبب مرطوب شدن سطح زمین و به دنبال آن، افزایش بخار آب موجود جو می‌شود. در این هنگام، چنانچه شرایط سطوح میانی آمادگی برای ناپایداری توده‌های هوای سطوح پایینی را فراهم کند، چون مقدار رطوبت نسبی بالاست، بر اثر مقدار ناچیزی صعود هوا، ریزشهای جوی به وقوع می‌پیوندد. در این مدل، ریزشهای جوی در اثر عوامل صعود همرفت محلی انجام می‌شود؛ که بر اثر آن مقدار از زیادی آب به وسیلهٔ رگبارهای محلی فراهم می‌شود. این بارشها همرفت محلی در اطراف نیک شهر و قصر قند، بیش از بقیهٔ نواحی اثر خود را به جای می‌گذارد و در واقع هستهٔ اصلی مناطق همرفت محلی این منطقه می‌باشد (شکل ۸).



شکل ۸ مدل چهارم، فعالیت همرفتهای محلی بعد از نفوذ کم فشار پاکستان

مدل پنجم: در مدل پنجم، نقش غیرمستقیم کم فشار پاکستان را می‌توان مشاهده نمود. در این مدل، کم فشار پاکستان در سطوح میانی تروپوسفر گسترش می‌یابد و بساعت عقب‌نشینی پر ارتفاع

می‌شود. این ویژگی در مدل روز دوم، اوج بارش، بارش فراگیر اول مرداد ۱۳۵۵، کاملاً مشخص است. اگر چه کم‌فشار مستقیماً در صعود هوا و ریزشها دخالت دارد، اما به طور غیر مستقیم باعث عقب‌نشینی مرکز پر ارتفاع در سطوح میانی جو شده است. در این حالت همرفتهای حرارتی سطح زمین خواهند توانست به اندازه کافی صعود نموده، ریزشهای جوی را به وجود آورند (شکل ۹).



شکل ۹ مدل پنجم، فعالیت همرفتهای محلی در اثر بالارفتن کف پرفشار آزور

در نهایت، متذکر می‌گردد که اگر چه فضای کشور ما در فصل گرم در سطوح میانی و فوقانی تروپوسفر تحت تسلط پر فشار جنب حاره‌ای آزور قرار دارد و هیچ‌گونه هوایی قادر به صعود و تراکم نیست، اما در منطقه جنوب شرق کشور، کم‌فشارهای حرارتی محلی با کمک کم‌فشار پاکستان قادرند تا سطوح میانی تروپوسفر نفوذ نمایند و شرایط صعود را فراهم سازند. بدین ترتیب، رگبارهایی تولید می‌شود که می‌تواند در زندگی و حیات این منطقه خشک مثر ثمر باشد.

### تأثیر بارشهای تابستانی در زندگی انسانی منطقه

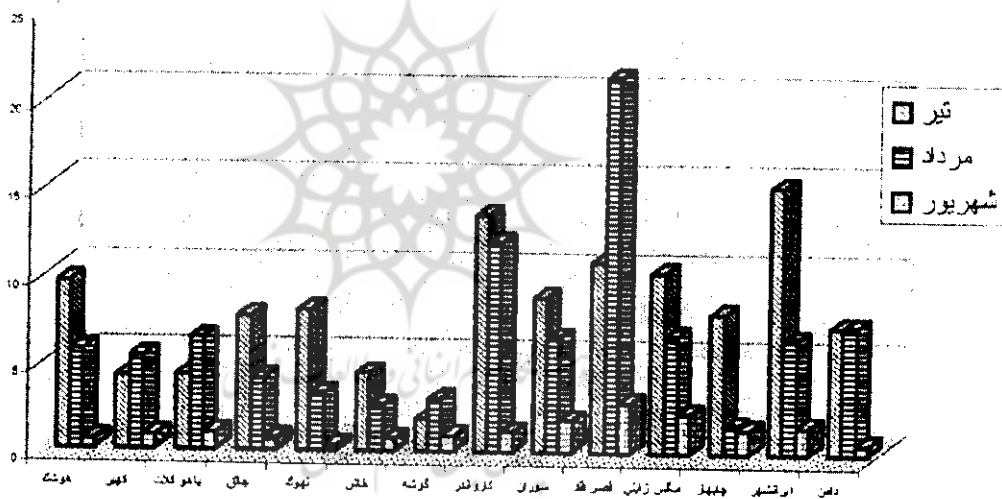
منطقه بلوچستان از خشک‌ترین مناطق ایران محسوب می‌شود. مشخصات اقلیمی این منطقه به شرح زیر است:

بارندگی در این ناحیه نه تنها بسیار کم، بلکه نامنظم هم هست. مقدار بارندگی در سالهای مختلف متفاوت است و اغلب امکان دارد چندین سال باران کم ببارد و حتی ممکن است چندین ماه و حتی چندین سال بارندگی صورت نگیرد. میزان بارش سالیانه منطقه کم و ضریب تغییرپذیری آن بالاست (نمودار ۱).

پراکندگی باران نامنظم است و بیشتر آن بدون بهره‌برداری در سطح زمین جاری می‌شود و سرانجام هدر می‌رود. میزان بارش در بعضی ایستگاهها و در برخی مواقع طی ۲۴ ساعت، از میزان بارندگی سالانه برای یک دوره دراز مدت، بیشتر است. در این منطقه، مقدار بارندگی برای زراعت دیمی کافی نیست و زراعت با ضریب اطمینان کم صورت می‌گیرد. تبخیر به علت خشکی هوا، گرمایش

زیاد و جریان بادها شدید بوده و میزان آن به طور سالیانه به بیست تا چهل برابر میزان باران سالیانه می‌رسد. رطوبت نسبی هوا کم است، به طوری که در نواحی داخلی بین ۱۵ تا ۳۰ درصد می‌باشد. میزان رطوبت نسبی در فصل گرم بسیار پایین است. درجه حرارت در منطقه بالاست. استقرار پر فشارهای جنب حاره‌ای در فصل گرم، آسمان صاف و بدون ابری را به وجود می‌آورد که سبب افزایش ساعات آفتابی می‌شود و چون زاویه تابش در منطقه بالاست، میزان جذب تابش افزایش می‌یابد و شدت گرمایش بسیار زیاد می‌شود. مجموعه عوامل فوق، باعث شده است که مراکز تجمع انسانی بسیار پراکنده باشد و زندگی عشایری متکی بر دامداری، رواج یابد.

#### بارندگی به میلیمتر



ایستگاههای منطقه مطالعه

نمودار ۱ بارش ماههای تابستان منطقه مورد مطالعه

بارشهای ناشی از توسعه کم فشار پاکستان در منطقه مورد مطالعه در فصل گرم، نقش بسیار حیاتی در توسعه فعالیتهای انسانی داشته است. از آنجا که این بارشها به صورت رگباری و شدید هستند، اغلب باعث افزایش دبی رودخانه‌ها شده و به سرعت از دسترس خارج می‌گردد. لزوم برنامه‌ریزی از این منابع بالقوه آبی، ضروری به نظر می‌رسد.

### روشهای سنتی استفاده از منابع آبی ناشی از بارشهای تابستانه

از گذشته‌های دور، ساکنان مستقر در این منطقه با حفر گودال، چاله، هوتک و برکه، از آب بارشهای تابستانه استفاده می‌کنند. به علت خشکی منطقه و کمبود بارش، اکثر روستاها قادر به تأمین آب آشامیدنی خود نیستند و آب مصرفی‌شان را از طریق هوتک تهیه می‌کنند. هوتک، چاله وسیعی است که توسط مردم ساخته می‌شود و آب بارشهای اتفاقی تابستانی به آن هدایت و جمع‌آوری می‌گردد؛ که در تمام سال، بویژه هنگام خشکسالی، در طی چند سال جهت آشامیدن انسان و حیوان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بارشهای منطقه در فصل گرم شدید است. طی این رگبارهای شدید، میزان قابل توجهی بارش در طی زمان کوتاه به زمین می‌ریزد. با توجه به عدم مقاومت جنس زمین، میزان زیادی از رسوبها با این جریانها انتقال می‌یابد. جمع‌آوری آب حاصل از بارشهای تابستانه در این منطقه، اغلب غیربهداشتی است. از آنجا که حتی این منابع با ذخایر کوچک آبی می‌تواند نقش بسیار مهمی در زندگی مردم مناطقی که از هرگونه آب قابل استفاده محروم هستند، داشته باشد، باید به آنها توجه ویژه‌ای داشت تا با اصلاح روش جمع‌آوری آب و همچنین نگهداری صحیح آب جمع‌آوری شده، از آلودگی آن جلوگیری نمود. در این جهت، برنامه‌ریزی دقیق می‌تواند از آلودگی آب جلوگیری کند و حجم آب جمع‌آوری شده را نیز بیشتر نماید. بدین منظور، روشهای زیر را می‌توان پیشنهاد نمود.

### جمع‌آوری آب باران

ریزشهای جوی حاصل از توسعه کم فشار پاکستان به سمت غرب در فصل گرم سال، اثرهای بسیار مهمی در منطقه خشک بلوچستان دارد. ده میلی‌متر باران، با صد هزار لیتر آب شیرین در یک هکتار برابر است (موسوی، ۱۳۶۴، ۱۳). جمع‌آوری این آب باران، می‌تواند آب مورد نیاز نقاطی را که منابع آب از آن جا خیلی دور یا خیلی گران است، یا نقاطی که هزینه حفاری چاه به دلیل نامساعد بودن زمین از لحاظ زمین‌شناسی بالاست، فراهم کند. جمع‌آوری آب باران بخصوص برای روستاهای کوچک پراکنده منطقه، مدارس، مصارف خانگی و باغهای کوچک بویژه احشام و حیوانات وحشی، می‌تواند مفید واقع شود. ساکنان باستانی منطقه بلوچستان از قدیم آب بارانهای تابستانی را با هدایت کردن آنها به مزارع یا هوتکها جمع‌آوری می‌کردند. اما کشاورزان امروزی بیشتر به آبهای زیر زمینی و آب سدهای احداث شده متکی‌اند.

نظر به این که این ریزشها رگباری و شدیدند، عموماً قبل از آن که بتوانند نفوذ کنند در سطح

حوضه‌های آبریز به صورت رواناب درمی‌آیند و از دسترس خارج می‌شوند؛ از این رو، پیشنهاد می‌شود در انتهای حوضه‌های آبریز منطقه چاله‌هایی حفر شود که با توجه به آب و هوای منطقه، غیر قابل نفوذ و عمق آنها زیاد باشد تا از میزان تبخیر کاسته شود. با سرپوشیده نمودن این چاله‌ها می‌توان از میزان تبخیر آنها کاست و برای مدت بیشتری با کمترین آلودگی آنها را حفظ نمود. در مناطقی که منابع آبهای زیرزمینی قابل استفاده وجود ندارد، می‌توان با ایجاد نهرچه‌هایی با دیوارهای صخره‌ای در طول خطوط تراز و پاک‌سازی حوضه آبخیز از سنگها و گیاهان، روانابها را افزایش داد. همچنین، با تراکم کردن خاک و آبخیزداری، می‌توان از فرسایش خاک و پرشدن سریع حوضچه‌های انتهایی جلوگیری کرد. در این سیستم‌های ساده، مسأله اصلی، فرسایش خاک است. وقتی فرسایش زیاد نباشد، این روشهای جمع‌آوری آب باران، راههایی مقرون به صرفه در مناطق خشک به شمار می‌روند.

#### استفاده از آب بارشهای تابستانه برای توسعه دامداری منطقه

ظرفیت تغذیه احشام در بسیاری از مراتع منطقه بلوچستان به علت کمبود آب آشامیدنی محدود است. جمع‌آوری آب باران در حوضچه‌های بسته که بتواند از آلودگی در امان بماند، تنها راه تهیه آب اضافی است. بهبود تأمین آب مشروب در مراتع نقاط خشک منطقه یا نقاط دور دست حوضه‌های آبخیز، ارزش چراگاهی این زمینها را بالا می‌برد و امکان استفاده کاملتر از مراتع منطقه را فراهم می‌کند. در اغلب نقاط این منطقه، دولت سعی می‌کند به وسیلهٔ تانکر، آب آشامیدنی مردم را تأمین کند. با خشک‌شدن و یا غیر قابل استفاده نبودن آب این مخازن کوچک، وضعیت دامداری به مخاطره می‌افتد و دامداران مجبور به ترک محل می‌شوند. بدیهی است، در چنین وضعیتی، علاوه بر این که سلامت مردم تهدید می‌شود و خسارتهای زیادی به دامداری وارد می‌آید، امکان استفاده از پوشش گیاهی منطقه نیز وجود نخواهد داشت.

#### کشاورزی با استفاده از رواناب حاصل از بارشهای تابستانه

بررسیها نشان می‌دهد که کشاورزان قدیمی منطقه، رواناب حاصل از این بارشها را در مصارف کشاورزی مورد استفاده قرار می‌داده و با ساختن نهرها در طول خطوط، آبهای حاصل را به نخلستانها و باغها منتقل می‌کرده‌اند. این سیستمها باعث شد که تمدن کشاورزی در این منطقه به حیات خود ادامه دهد؛ چنان که امروزه فقط جمعیتی کوچک را تحت پوشش دارد و محصولات بسیار معدودی می‌دهد.

در عین حال، فنون کشاورزی با رواناب، امروزه هم قابل استفاده‌اند. مزارع آبیاری شده به وسیله رواناب می‌توانند با استفاده از فناوری جدید و واریته‌های گیاهی انتخاب شده برای شرایط محلی، نقاط صحرائی را بهره‌مند سازند. محصولات کشاورزی منطقه، خرما، مرکبات، شالی، خربزه درختی، موز، غلات و انبه است که از گیاهان مهم برای کشاورزی با رواناب هستند. در سالهایی که ریزشهای جوی بیشتر است، میزان برداشت محصول نیز در فصل گرم بیشتر خواهد بود.

### استفاده از آب بارشهای تابستانه برای تقویت و احیای مراتع

در منطقه بلوچستان بارشهای تابستانه معمولاً شدید و کوتاه مدت است و آب حاصل به سرعت در داخل آبراهه یا بریدگیهای سطح زمین - ناشی از فرسایش - جریان می‌یابد و به کویرها، چاله‌ها و یا دریاها تخلیه می‌شود و از دسترس خارج می‌گردد. پخش این سیلابها با روش صحیح در سطح مناطق مرتعی، می‌تواند تأثیر بسیار زیادی در تقویت پوشش گیاهی مراتع و بالابردن آنها داشته باشد. علاوه بر این، بخش که سیلابها با روش صحیح در سطح مناطق مرتعی، می‌تواند تأثیر زیادی در تقویت پوشش گیاهی و افزایش بهره‌مندی آنها داشته باشد. در این روش، علاوه بر این که سیلاب کنترل می‌شود و مانع از فرسایش خاک می‌گردد، ظرفیت مراتع منطقه نیز افزایش می‌یابد.

### استفاده از آب بارشهای تابستانه برای تقویت منابع زیر زمینی

در مناطقی که منابع آبهای زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد، با افزایش ضریب نفوذ به روشهای گوناگون، می‌توان از این بارشها استفاده بهینه نمود. برای این کار، سدهای بتونی کوچکی در مسیر آبراهه می‌توان احداث نمود و یا این که این آبها را به سمت زمینهای نفوذپذیر هدایت کرد. در نهایت، برای استفاده از این بارشها موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

۱. برنامه‌ریزی صحیح به منظور پیش‌بینی احتمال وقوع ریزشهای جوی تابستانی و آمادگی قبلی برای کنترل و بهره‌برداری از آنها در منطقه.
۲. اصلاح سطح حوضه‌های آبریز، کنترل فرسایش خاک و کاهش حمل رسوب به وسیله سیلابهای حاصل.
۳. غیر قابل نفوذ کردن مسیلهها و کانالهای انتقال آب سیلابها.
۴. احداث مخازن جمع‌آوری آب و افزایش عمق هوتکها و مخازن طبیعی برای کاهش تبخیر از سطح این مخازن.

۵. جلوگیری از تبخیر زیاد آب مخازن با استفاده از مواد شیمیایی و یا مسقف نمودن آنها.
۶. ایجاد چاله‌های رسوب‌گیری به منظور رسیدن آب صاف و بدون گل و لای به مخزن.
۷. استفاده از مواد ضد عفونی‌کننده و آموزش افراد محلی برای بهره‌برداری از آنها.
۸. جلوگیری از تماس مستقیم احشام و حیوانات به این گونه منابع آبی.
۹. احداث سیستم کانالهای آبرسانی منظم برای رساندن آب سیلابها به مزارع، مخازن و آب انبارهای منطقه.

### آزمون فرضیه‌ها

در این پژوهش، سه فرضیه ارائه شده است: فرض نخست این که «ریزشهای تابستانه جنوب شرقی کشور با نفوذ رطوبت از طریق حرکت و اچرخندی کم فشار پاکستان، از سمت شرق به منطقه مطالعه وارد می‌شود». در مطالعه انجام گرفته بر روی بارشهای فراگیر، نشان داده شد در بسیاری موارد جابه‌جایی به سمت غرب هسته کم فشار با حرکت و اچرخندی، در این ریزشها مؤثر است. در بعضی موارد نیز اثرهای جابه‌جایی در سطوح میانی مشاهده گردید. از این رو، فرض اول اثبات می‌شود.

فرض دوم این بود که «رگبارهای شدید و ریزشهای فراوان لحظه‌ای با تغییر در محور کم فشار پاکستان هماهنگ می‌باشد». بررسی نقشه‌های سطوح میانی تروپوسفر نشان داد ریزشهایی که به صورت پراکنده در منطقه صورت گرفته، دارای ساز و کار همرفت محلی هستند و با کم شدن کجی محور کم فشار پاکستان ارتباط دارد. و بدین ترتیب، فرض دوم اثبات می‌شود.

و فرض سوم این که «تشدید فعالیت همرفتهای محلی در منطقه مورد مطالعه، با رهاشدن سطوح میانی تروپوسفر از نفوذ پر فشار جنب حاره‌ای - ناشی از تقویت کم فشارهای حرارتی منطقه - ارتباط نزدیک دارد». بررسیهای انجام شده در این تحقیق نشان داد که به دلیل گرمایش بیش از حد سطوح پایین تروپوسفر، کم فشار وسیعی در منطقه شکل می‌گیرد که پایه پر ارتفاع جنب حاره‌ای را به سطوح بالاتر تروپوسفر منتقل می‌کند و همرفتهای محلی در این فاصله صعود نموده، به سطح تراکم و بارندگی می‌رسد. به همین دلیل، فرض سوم مورد تأیید است.

### منابع و مأخذ

۱. بوشر، کیت (۱۳۷۳): آب و هوای کره زمین، مناطق استوایی و جنب استوایی، ترجمه هوشنگ قائمی، انتشارات سمت، تهران.
۲. بوشر، کیت (۱۳۷۳): آب‌وهوای کره زمین، منطقه برون حاره، ترجمه دکتر بهلول علیجانی، انتشارات سمت، تهران.
۳. تقی‌زاده، ح (۱۳۶۶): تحلیلی بر بارندگی مرداد سال ۱۳۶۶، رشد آموزش زمین‌شناسی، سال سوم، شماره مسلسل ۱۰، تهران.



۴. پروند، حسین (۱۳۷۰): اثر مونسون جنوب غربی بر روی ایران (پایان نامه کارشناسی ارشد)، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
۵. جمفر پور، ابراهیم (۱۳۶۷): اقلیم شناسی، انتشارات دانشگاه تهران.
۶. جوانبخش، ح، ع (۱۳۷۴): بررسی سینوپتیکی سیل در شهرستان لار در تاریخ ۱۹۹۵ (پایان نامه کارشناسی ارشد)، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ۱۳۷۴.
۷. سازمان هوا شناسی (۱۳۷۴): داده‌های بارش روزانه، ایستگاههای جنوب شرق کشور، از ۱۳۵۵ تا ۱۳۷۵، تهران.
۸. شهرزاد و دیگران (۱۳۷۳): «یک مدل باروتروپیک».
۹. علیجانی، ب: «مکانیزمهای صعود بارندگیهای ایران»، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت معلم تهران، شماره اول.
۱۰. موسوی، فرهاد و دکتر احمد شایان (۱۳۶۴): آب بیشتر برای مناطق خشک، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
۱۱. وزارت نیرو: داده‌های بارش روزانه ایستگاههای جنوب شرق کشور، شرکت تمام، تهران.
۱۲. نجار سلیقه، محمد (۱۳۸۰): «تأثیر آب و هوایی کم فشار پاکستان بر منطقه جنوب شرق ایران، طرح پژوهشی، معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان.
۱۳. نقشه‌های روسی و ایرانی موجود در مخزن کتابخانه سازمان هواشناسی کشور، تهران ۱۹۷۰ - ۱۹۸۶.
14. Grey, O, Hare (1997). "The Indian Monsoon" Part1. Part2. "The Wind System" Geography, No,356. Vol 82 (3), July 1997. P 218-230.
15. Harris. B. E; (1967) "The Summer Monsoon Over Southeast Asia" In Synoptic Analysis and Forecasting in Tropics of Asia WMO; NO 321. PP, 178 - 269.

