

## بررسی تاثیرات مانسون هند بر روی ایران

فریده حبیبی - مربی مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران

### چکیده

مانسون برگرفته از واژهٔ موسم عربی به معنای فصل است. مانسون‌ها نسیم‌های دریایی شدید هستند که بخصوص در آسیای جنوبی و بخشهایی از افریقا دیده می‌شوند و تقریباً ۶ ماه از سال را از جانب شمالشرقی و ۶ ماه دیگر را از جنوبغربی می‌وزند. مولفهٔ غربی باد در مانسون‌های تابستانی غالب است و آنها گرایش قوی به همگرایی، صعود و ایجاد باران دارند. برعکس، مولفهٔ شرقی باد در مانسونهای زمستانی غالب بوده و اینها گرایش به واگرایی و نشست هوا دارند و سبب خشکسالی می‌گردند. مانسون‌های تابستانی و زمستانی هر دو نتیجه‌ای از اختلافات روندهای سالیانهٔ دمای حاکم بر خشکی و دریا هستند.

سرزمین ایران در خاورمیانه قرار دارد و محدود به دریای عمان، خلیج فارس و دریای خزر است. ایران دارای سرزمینی ناهموار است که دور تا دور آنرا کوهستان فرا گرفته و حوضهٔ مرکزی آن مرکب از بیابانها و کوهها است؛ ایران از سطح دریا ارتفاع داشته و در امتداد سواحل شمالی و جنوبی دارای دشتهای ناپیوستهٔ کوچک می‌باشد. مطالعهٔ مقادیر داده‌های بارش شهرهای مختلف ایران در ماههای ژوئن تا سپتامبر (از ۱۱ خرداد تا ۸ مهر) طی سالهای ۱۹۶۰ لغایت ۱۹۹۰ نشان می‌دهند که منطقهٔ جنوبشرقی ایران بواسطهٔ رشته کوههای بشاگرد، کوه جبال بارز و هامون جازموریان، اقلیم مانسونی دارد. حتی اگر مانسون تابستانی هند قوی باشد، تاثیر آن بر بخشهایی از کویر لوت و دشت کویر مشهود است. بنابراین ایران اساساً دارای اقلیم خشک یا نیمه خشک بوده، اما در امتداد سواحل خزر دارای اقلیم جنب حاره‌ای و در جنوبشرقی دارای اقلیم مانسونی است.

واژگان کلیدی: تاوایی چرخندی، توده هوا، جت استریم، رطوبت نسبی، فرونشستگی، کم فشار حرارتی، مانسون،

وافشاریهای حاره‌ای، واگرایی، وردشهر، همگرایی

### مقدمه

مانسون<sup>(۱)</sup> از کلمه عربی موسم به معنی فصل گرفته شده است. مانسون به بادهایی گفته می‌شود که شبیه به نسیم دریا

بوده، اما سرعت وزش باد در آنها شدیدتر و هماهنگ‌تر می‌باشد و در زمانهای خاصی از سال نیز جریان دارند. این پدیده ممکن است در هر مکانی از کره زمین رخ دهد؛ چنانچه در تابستان و بر روی قاره‌ها، زمانی که جریان هوا به سمت درون و به سوی کم‌فشار حرارتی است و یا برعکس، در زمستان موقعی که هوا از پرفشار حرارتی خارج می‌گردد، این پدیده اتفاق می‌افتد.

شبه قاره هند به لحاظ قرار گرفتن در نزدیکی استوا، پستی و بلندیهای موجود، شکل جغرافیایی و قرار گرفتن در ناحیه اقیانوس هند، دارای مشهورترین مانسون جهان می‌باشد. در این مکان، هوایی که از روی دریای عرب به سمت ساحل مالابار جریان دارد به رشته کوههای واقع در مرز غربی هند برخورد می‌کند. در این پدیده هوای سردتر و چگال‌تر اقیانوس هند به سمت هوای گرم سرزمین شبه قاره هند یورش برده و در نتیجه آن، الگویی از گردش هوا از سمت اقیانوس به طرف خشکی برقرار می‌گردد که شبیه به نسیم دریا می‌باشد؛ اما این جریان شدیدتر و هماهنگ‌تر از نسیم دریا است. در فصل تابستان که پهنه خشکیها داغ بوده و هوای روی آنها به سمت بالا صعود می‌کند، هوای سردتر اقیانوس برای جبران کاهش جرم، با صعود هوای مرطوب در روی خشکی، بخار آب نیز به شکل باران و بعضی از اوقات به صورت برف ریزش می‌نماید. بر اثر جاری شدن جریان مانسونی بر روی کوههای هیمالیا باران بسیار زیادی در این منطقه ریزش می‌کند. بطوریکه میانگین بارندگی سالانه در شهر چراپونجی، ۱۲۹۵۴ میلیمتر است که حتی به ۳۱۷۶۰ میلیمتر طی ۱۲ ماه نیز رسیده است. این شهر بعد از هاوایی دومین شهر پر باران جهان محسوب می‌شود.

به لحاظ اهمیت این پدیده در هواشناسی، اقلیم‌شناسی، هیدرولوژی و ... و همچنین تأثیری که می‌تواند بر منطقه ایران و بخصوص بخشهای جنوبشرقی داشته باشد، شناخت صحیح مانسون هند ضرورت می‌یابد. بدین لحاظ، در این مقاله نگارنده سعی دارد که با استفاده از سایت‌های مختلف شبکه جهانی، جدیدترین مطالب مربوط به این موضوع را استخراج نموده و نگرشی عمیق و دقیق بر نحوه شکل‌گیری آن داشته باشد که امید است مورد توجه محققین قرار گیرد.

### جت‌استریم‌ها و تأثیر آن بر روی آب و هوا

جت‌استریم باریکه‌ای از جریان قوی هوا با ابعاد چند هزار کیلومتر طول، صدها کیلومتر عرض و چند کیلومتر عمق است که معمولاً در نزدیکی «زیرین‌مرز»<sup>(۱)</sup> قرار دارد و با چینش‌های قوی باد در جهت‌های جانبی و قائم مشخص می‌گردد. جت‌استریم انرژی جنبشی خود را از تضاد دمایی مابین نواحی استوایی و نواحی قطبی کسب می‌کند و به همین لحاظ در زمستان که این تضاد دمایی قویتر است، جت‌استریم نیز قویتر بوده و به سمت استوا کشیده می‌شود و برعکس در تابستان با تضعیف این تضاد دمایی، به عرضهای بالا کشیده خواهد شد. بررسیهای دانشمندان نشان می‌دهند که دماهای آب، الگوهای بارش حاره‌ای و حرکت قائم هوا شدیداً تحت تأثیر توزیع گرمایش جوی در مناطق حاره‌ای و جنب حاره‌ای است و این توزیع گرمایش می‌تواند بر قدرت و موقعیت جت‌استریم تأثیر گذارد.

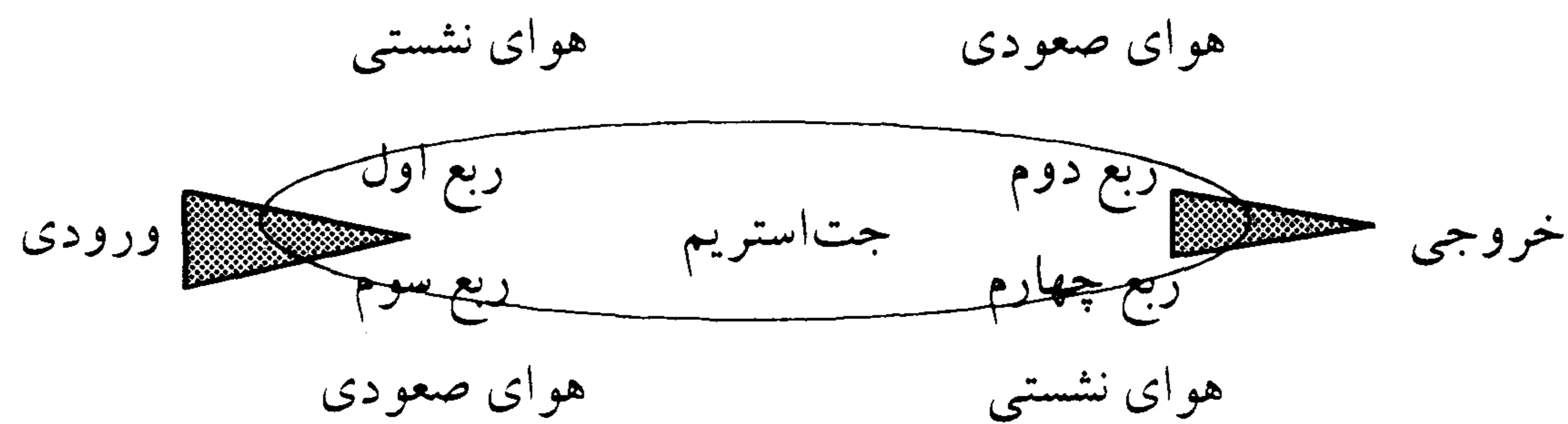
در بررسی جت‌استریم بایستی به چهار ربع واقع در ورودی و خروجی جت توجه نمود. در ربع اول واقع در سمت چپ ورودی، هوای ورودی به داخل جت به سمت ناحیه دارای مقادیر تاوایی<sup>(۲)</sup> چرخندی بزرگتر یا به بیان دیگر تاوایی مثبت بزرگتر حرکت می‌کند؛ یعنی فرارفت<sup>(۳)</sup> تاوایی منفی وجود دارد و در نتیجه هوا تحت جمع شدگی<sup>(۴)</sup> افقی و

1- Tropopause

2- Vorticity

3- Advection

## شمایی ایده‌آل از یک جت‌استریم



بازشدگی<sup>(۱)</sup> عمودی قرار می‌گیرد که منجر به فرایند همگرایی افقی جریان در تراز جت شده و هوا حالت فرونشستگی<sup>(۲)</sup> پیدا خواهد کرد. در ربع دوم یعنی سمت چپ خروجی جت، هوای خروجی به سمت ناحیه کاهش تاوایی چرخندی حرکت می‌کند؛ پس فرارفت تاوایی مثبت در پایین سوی جریان وجود دارد و در نتیجه جریان هوا بطور افقی با باز شدگی مواجه است؛ یعنی فرایند واگرایی رخ می‌دهد و برای جبران کاهش جرم در آن ناحیه، توده هوا بایستی از سطح زمین به سمت بالا صعود کند که این خود منجر به تشکیل ابر و بارش خواهد شد. اما در ربعهای سوم و چهارم واقع در سمتهای راست ورودی و خروجی، بترتیب الگوهای واگرایی و همگرایی حاکم هستند و حرکتهای قائم نیز معکوس می‌باشند. بنابراین جت‌استریم‌ها یک عامل اصلی کنترل‌کننده الگوهای وضعیت جوی هستند و توجه به آنها حائز اهمیت است.

جت‌استریم‌هایی که ایران را متأثر می‌سازند عبارتند از: جت‌استریم قطبی توأم با جبهه که در فصل زمستان تا عرضهای ۳۰ درجه شمالی پایین آمده و با سرعتی معادل ۱۵۰ تا ۱۸۰ نات و با حداکثر سرعت ۲۳۰ نات از روی نواحی شمال ایران عبور می‌کند. این جت در شکل‌گیری چرخندها و طوفانها نقش بسزایی دارد؛ جت‌استریم جنب حاره‌ای با حداکثر سرعت ۱۸۰ نات در ایران در ۲۰ تا ۳۰ درجه عرض شمالی دیده می‌شود. این جت در تابستان با سرعت ۴۰ نات بین ۳۵ تا ۴۵ درجه شمالی از روی شمال دریای خزر عبور می‌کند و معمولاً با وضعیت جوئی خوب همراه است. جت‌استریم شرقی حاره‌ای در تابستان با سرعت ۴۰ الی ۶۰ نات از جنوب‌شرقی آسیا و شبه قاره هند به سمت نواحی جنوبی ایران و شمال افریقا کشیده شده است. این جت تشکیل و استمرار مانسون تابستانی هند را تحت الشعاع قرار داده و در دوره‌هایی که ضعیف‌تر باشد، برای مناطق تحت نفوذ خود دوره‌های خشکسالی به ارمغان می‌آورد.

## بررسی موقعیت جغرافیایی و پستی و بلندیهای هند

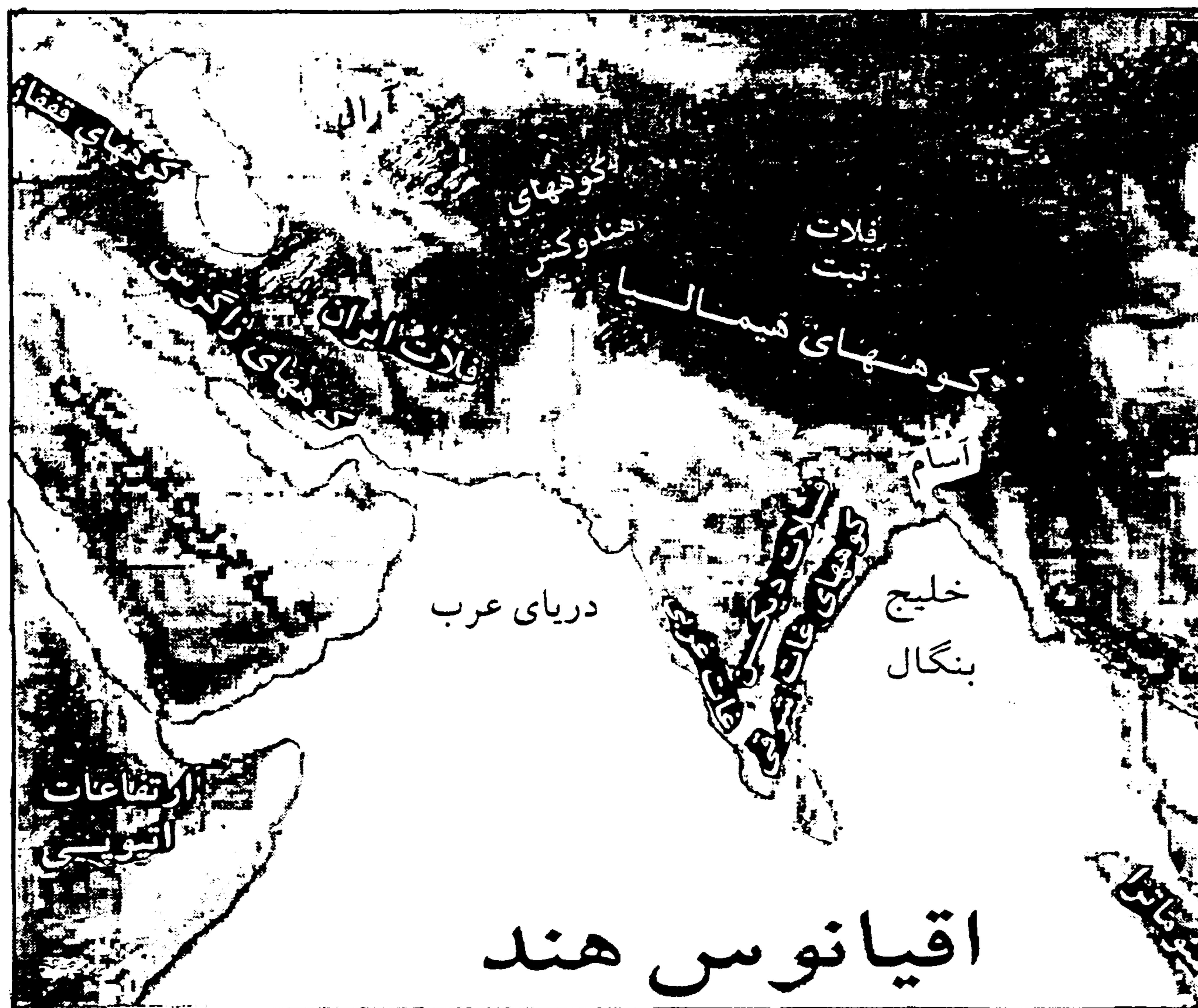
شبه قاره هند ما بین عرضهای جغرافیایی ۷/۵ الی ۳۵ درجه شمالی و طولهای جغرافیایی ۶۷ الی ۹۷ درجه شرقی قرار دارد. این شبه قاره مطابق شکل (۱) تقریباً به شکل یک زبانه مثلثی شکل وارونه از جنوب قاره آسیا به داخل اقیانوس هند کشیده شده است. رشته کوههای غات غربی<sup>(۳)</sup> نیز به موازات سواحل دریای عرب معروف به سواحل مالابار<sup>(۴)</sup> از ۲۲ درجه شمالی تا نوک جنوبی شبه قاره هند کشیده شده است. این رشته کوهها در سمت دریا دارای شیب خیلی تند بوده، اما در سمت رو به خشکی دارای شیبهای ملایم و پهن می‌باشند. بلندیهای آن در ناحیه شمال مابین ۹۰۰

4- Shrinkage  
2- Subsidence  
4- Malabar

1- Stretching  
3- Western Ghats

الی ۱۵۰۰ متر و در ناحیه جنوب به ۲۶۰۰ متر می‌رسد. کوههای غات شرقی که به موازات سواحل خلیج بنگال کشیده شده‌اند، از چندین کوه و تپه مجزا با میانگین ارتفاع ۶۰۰ متر تشکیل شده‌اند که بیشینه قله کوهها و تپه‌های آن به ۱۲۰۰ متر یا فراتر می‌رسد. در شمال شرقی هند، تپه‌های خازی<sup>(۱)</sup> معروف به اسکاتلند شرق در جلگه شیلونگ<sup>(۲)</sup> واقع است که در آن ناحیه چراپونجی<sup>(۳)</sup> دومین شهر پرباران جهان قرار دارد. در مرز شمالی شبه قاره هند، کوههای معروف هیمالیا و هندوکش قرار دارد که مجموعه این ارتفاعات، فلات دکن را در داخل خود محصور ساخته‌اند.

شکل ۱- نقشه پستی و بلندی منطقه مانسون آسیایی



#### مانسون هند

ناحیه نزدیک هند در منطقه استوا از این حیث که تقریباً در طی سال در سطح آن بادهای غربی غالب هستند، بی‌نظیر است. در ماه فوریه (بهمن)، جریانات شرقی سطحی فقط تا عرضهای ۲۰ درجه شمالی می‌رسند و در عرضهای بالاتر، دارای مؤلفه شمالی خیلی قوی هستند. جریانات شرقی در موقع گذر مابین «پایان یک مانسون» و «آغاز مانسون بعدی» به سرعت به سمت شمال برگشته و با این حرکت، تغییرات مؤثر در گردش جو بالا رخ می‌دهد. در اواخر ماه مارس و با آغاز فصل بهار، خورشید نیز به استوا رسیده و از آن پس، به سمت عرضهای شمالی حرکت می‌کند. همراه با این

1- Khasi

2- Shillong plateau

3- Cherrapunji

تحول، ناپایداری جوی و ابرهای همرفتی<sup>(۱)</sup> و باران نیز محو می‌گردند. در این هنگام در طول هند شمالی هنوز جت استریم غربی جنب حاره‌ای است که جریان هوا را کنترل می‌کند و مطابق با شکل (۲) بادهای سطحی، شمالشرقی هستند. در طی ماه آوریل که خورشید بالای استوا قرار دارد و به سمت قطب حرکت می‌کند، منطقه استوا و بخصوص هند، مستعد گرمایش سریع است؛ زیرا مطابق شکل (۱)، سرزمینهای کوهستانی واقع در شمال آن، مانع از هجوم هرگونه هوای سردی هستند. در ماه مه، مانسون جنوبغربی بخوبی روی سریلانکا مستقر شده و در این هنگام در ورسپهر بالا سه منطقه گرم نسبی مجزا از هم وجود دارند که عبارتند از:

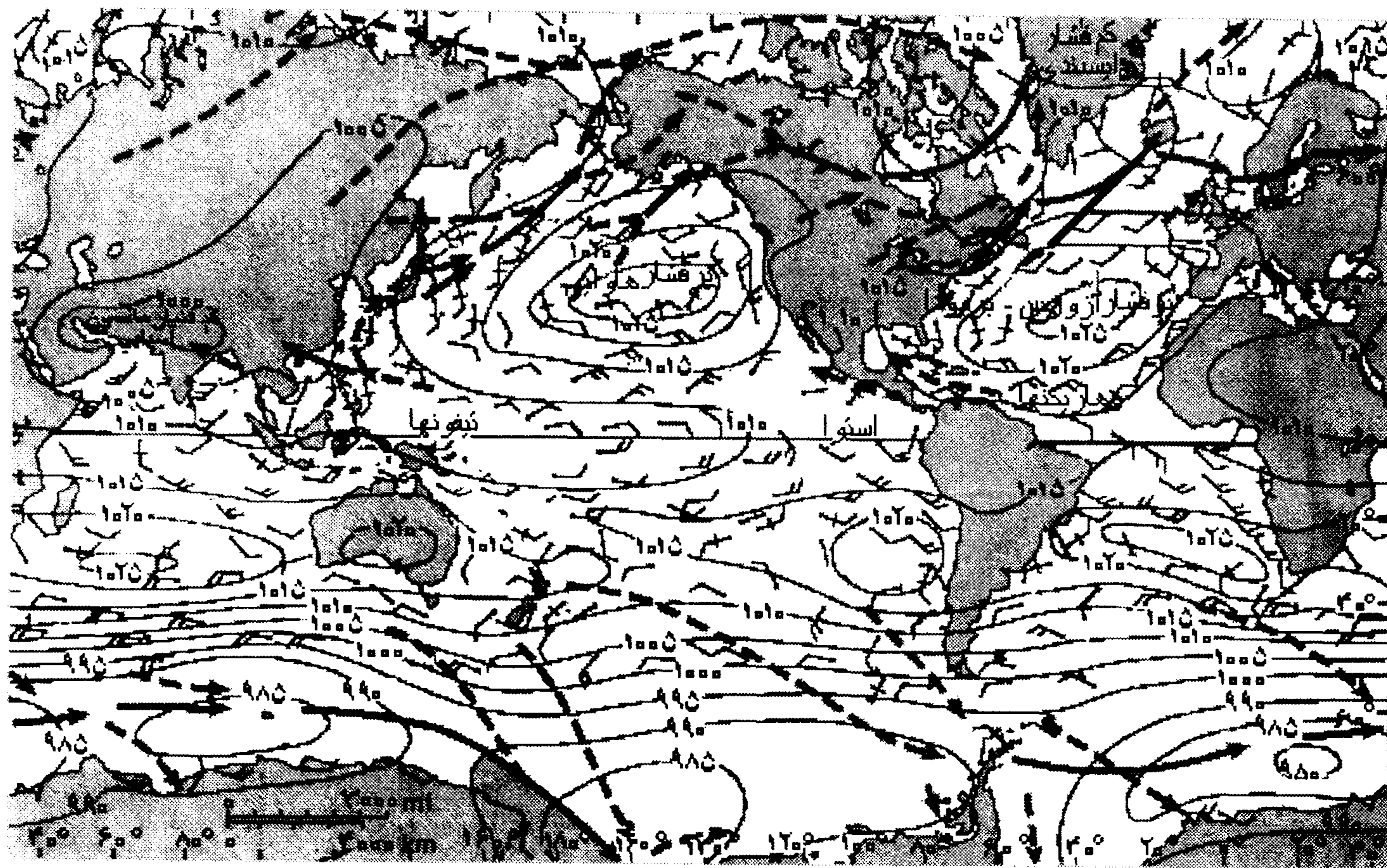
۱- روی جنوب خلیج بنگال<sup>(۲)</sup>

۲- روی سرزمینهای کوهستانی تبت

۳- روی طول باز، خرطومهای خشک شبه جزایر

ناحیه گرم نسبی اولی بیشتر در تراز ۵۰۰ تا ۱۰۰ هکتوپاسکال دیده می‌شود و در تراز پایین تر ظاهر نمی‌گردد و احتمالاً علت بوجود آمدن آن، گرمای میعانی است که در امتداد ناحیه همگرایی میان حاره‌ای پیش‌رونده از قله ابرهای برج‌وار کومه‌ای باران<sup>(۳)</sup> آزاد می‌شود.

شکل ۲- توزیع جهانی فشار در مانسون تابستانی



→ مسیر طوفان اصلی در امتدادیکه ببینینه مرکز طوفان منفرد فرار دارد. ← جهت و سرعت بلا برحسب  
 --- مسیر طوفان فرعی در امتدادیکه متوسط مرکز طوفان منفرد فرار دارد. ← از شمال ← از جنوب ← از غرب  
 ← از شرق ← کوچکتر از ۲۵ نکت ← ۵ نکت ← ۱۰ نکت ← ۱۵ نکت ←

1- Convective

2- Bay of Bengal

3- Cumulonimbus

در ماه مه سطح خشک تبت (بالای ۴۰۰۰ متر) گرما را جذب کرده و به سهولت آنرا به توده هوا منتقل می‌سازد؛ پس، سلول واچرخندی در حدود ۶۰۰۰ متری بوجود می‌آید که بر اثر آن، جریان شرقی قوی روی هند شمالی در وردسپهر بالا جریان می‌یابد. تشکیل این سلول واچرخندی سبب می‌گردد که جت استریم جنب حاره‌ای بطور ناگهانی مسیر حرکت خود را به شمال پشته واچرخند و سرزمینهای کوهستانی تغییر دهد؛ هرچند که احتمال دارد این جت بر حسب تصادف برای دوره‌های خیلی کوتاه در سمت ناحیه جنوبی موقعیت خود، مجدداً ظاهر گردد. روی هند شمالی در وردسپهر بالا این تغییر گردش از جت غربی به جریان شرقی بصورت معکوس باگرادیانهای قائم فشار و دمای ما بین ۶۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال مطابقت دارد. در بسیاری از موارد، جریان شرقی بالا را نیروی جت فرض می‌کنند و انتظار می‌رود که با «شکست ناگهانی»<sup>(۱)</sup>، با شروع فعالیت شدید چند روزه‌ای مانسون سطحی جنوب غربی واقع در فاصله ۱۵۰۰ کیلومتری از جنوب جت همراه باشد؛ هر چند علت دقیق این رابطه منظم قطعی هنوز شناخته نشده است. طی حرکت به سمت شمال خورشید، چون هند دارای شکل مثلث وارونه است، خشکیها نیز بطور تصاعدی گرم می‌شوند. این انتشار شتابدار گرمایش باگردش عمومی گرما ترکیب شده و توسط جریانات باد منتقل می‌گردد و منتج به فعالیت شدیدتر مانسون اولیه روی دریای عرب در اواخر فصل بهار خواهد شد؛ یعنی جایی که اکثر اوقات، موقعیت جبهه حقیقی در آنجاست و سپس از آنجا به روی خلیج بنگال انتقال می‌یابد. رطوبت نسبی بخشهای ساحلی ناحیه هند به بیش از ۷۰٪ افزایش یافته و در این هنگام مقداری باران می‌بارد. هوای روی خشکیهای گرم از سطح زمین تا ارتفاع ۱۵۰۰ متری ناپایدار بوده، اما این ناپایداری توسط جریان فراگیرنده فروکش می‌کند. البته این امر مانع از وقوع طوفانهای تندری در اواخر ماه مه نخواهد شد.

در طی ماه ژوئن (از اواسط خرداد تا اواسط تیر)، جت شرقی باثباتی در ۱۵۰ تا ۱۰۰ هکتوپاسکال مستقر می‌شود که بیشینه تندی آن در موقعیت طبیعی اش در جنوب پشته واچرخندی، تقریباً در عرض ۱۵ درجه شمالی از چین به روی هند کشیده شده است. این جت در عربستان شتاب‌گند شونده داشته و به وردسپهر میانی (۳۰۰۰ متر) نشست می‌یابد. کمربندی از هوای خیلی سرد در پوش سپهر یافت شده که شبیه به قبلی بوده و معمولاً بالای همگرایی بین حاره‌ای نزدیک استوا، بالای پشته واچرخندی در طول آسیای جنوبی بین ۳۰ تا ۴۰ درجه شمالی و بالا تر از ۶۰۰۰ متری (۵۰۰ هکتوپاسکال) رخ می‌دهد. این سیماهای جو بالا که خیلی دور از استوا وجود می‌آیند، در ارتباط با مانسون سطحی بوده و زمانی که جریان مانسونی موجود نباشد، پنهان می‌باشند. موضع جت شرقی، موقعیت بارانهای مانسونی را که در سمت چپ جلوی جت و سمت راست عقب جت می‌بارند، کنترل می‌کند؛ اما جریان سطحی باد قوی است که از جنوبغربی می‌وزد و هوای مرطوب و ناپایداری را که حاوی رطوبتهای بیش از ۸۰٪ است، با خود آورده و رگبارهای سنگین طوفانی را در موقع شکست ناگهانی مانسون ایجاد می‌کند. الگوی کلی، از روند جبهه‌ای منسجمی پیروی می‌کند که حوادث مهم محلی ممکن است بطور قابل ملاحظه‌ای متفاوت باشند. مقدار بارش از سالی به سال دیگر و از مکانی به مکان دیگر متغیر است. در مقابل کوههای غات غربی، ابرهای کومه‌ای با رشد عمودی فوق العاده زیاد شکل می‌گیرند که بارش ایجاد کرده و بسیار تماشایی هستند. در اینجا، نخست جریان هوای مانسونی در مقابل شیبهای تند متوقف گشته و به مرور، هوارویهم انباشته می‌شود که بر اثر بالا رفتن آن از شیب تند کوه، ابرهای تشکیل شده ضخیم و ضخیم‌تر می‌شوند

تا اینکه جریان هوای سطحی و ابرها روی مانع غلتیده و بعد از چند نوبت جذب مختصر توسط هوای خشک دور از دریا، آبشار کوچکی از هوا را به سمت درون فلات دکن جاری می‌سازد. در فصل مانسون، شیبهای رو به باد از ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ میلیمتر باران دریافت می‌کنند. عوامل متعدد و بویژه پستی و بلندی برای ساختن یک الگوی منطقه‌ای پیچیده با هم ترکیب می‌شوند. هوای اقیانوسی که در زیر ۶۰۰۰ متری به سمت هند جریان دارد، مطابق با اثر کوریولیس منحرف می‌گردد. جریان همگرای نزدیک شونده‌ای که مرطوب نیز می‌باشد، روی خشکی داغ ناپایدار شده و در معرض آشوب یا تلاطم بطور همرفتی قرار می‌گیرد. ابرهای برج‌وار کومه‌ای باران هزاران متر صعود کرده، طوفانهای تندی بسیار شدیدی را ایجاد می‌کنند. در ضمن، این فرایند گرمای نهان را نیز به هوای اطراف آزاد می‌سازد که در نتیجه، کمربند گرم و رده‌سپهر بالا در جهت شمال‌غربی از اقیانوس به روی خشکی مهاجرت می‌کند. توده هوای اصلی در بالای ۹۰۰۰ متری، جریان قوی شرقی را ابقا می‌نماید.

در ماههای ژوئن و ژوئیه (از اواسط خرداد تا اواسط مرداد) که مانسون قوی است؛ ضخامت آن از سطح زمین تا ارتفاع ۶۰۰۰ متری (ارتفاع در شمالی‌ترین قسمت‌ها کمتر است) و حتی تا ۹۰۰۰ متر بخوبی کشیده می‌شود. شرایط جوی روی کل هند، ابری و گرم و مرطوب است. بارش مابین ۴۰۰ و ۵۰۰ میلیمتر متغیر است، ولی پستی و بلندیها اختلافات فوق‌العاده‌ای را در میزان بارش ایجاد می‌کنند. در شیبهای جنوبی تپه‌های خازی فقط در ۱۳۰۰ متری، جایی که جریانات هوای مرطوب بالا برده شده و سپس به سمت دیگر تپه سرازیر می‌شود، شهر چراپونجی در ژوئیه دارای متوسط بارش ۲۷۳۰ میلیمتر می‌شود. مانسون روی دره گنگ<sup>(۱)</sup> توسط مانع هیمالیا منحرف گشته و جریان هوا جنوب‌شرقی می‌شود. آنگاه، کمربند گرم و رده‌سپهر بالا بواسطه میعان در روی هند شمالی بصورت زیگزاک حرکت می‌کند. در طی این ماهها، فشار در سطح زمین در کمینه مقدار خود قرار دارد.

اساساً در ماههای ژوئیه و اوت (اواسط تیر تا اواسط شهریور) است که امواج کم فشار در شکل هوای مانسونی ظاهر می‌شوند و در ماه یک یا دو بار وافشاریهای کاملاً توسعه یافته را ظاهر گردانیده و کم و بیش، هم زمان با امواج شرقی تراز بالا، از شرق به غرب حرکت می‌کنند. شکستهای ناگهانی و تندی جت شرقی سبب تقویت محلی جریان مانسونی تراز پایین گشته و متعاقباً بارش افزایش می‌یابد، بطوریکه توزیع بارش یکنواخت تر است. بعضی از وافشاریهای عمیق تر قبل از آنکه به خشکی برسند، به چرخندهای حاره‌ای تبدیل شده و بارانهای سیل آسا و سیلهای فجیع را با خود به ارمغان می‌آورند.

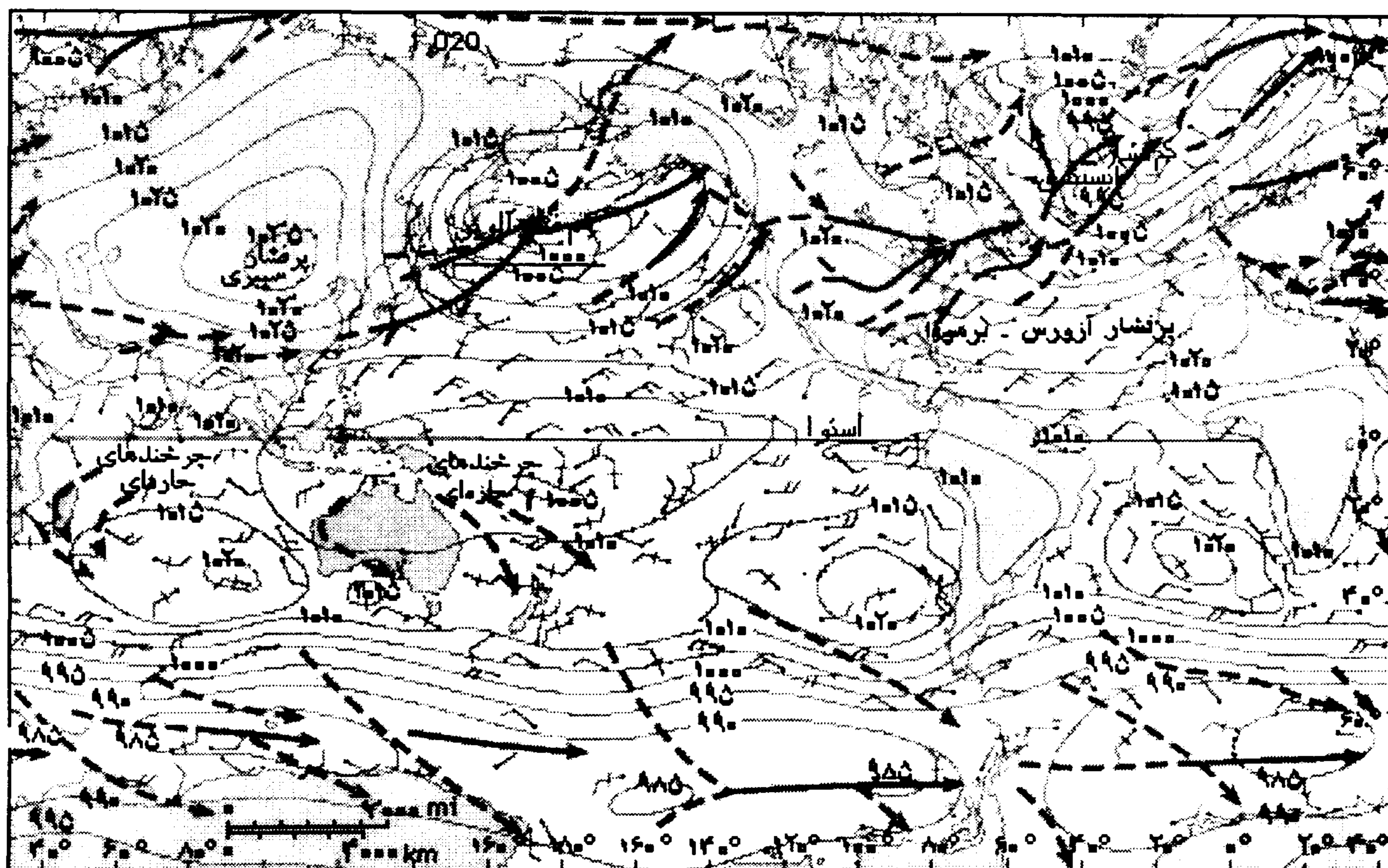
در مجموع، گسترش اختلاف زمانی بوجود می‌آید که جت شرقی بیش از معمول به سمت شمال حرکت کند؛ زیرا افزایش باد مانسونی روی شیبهای جنوبی هیمالیا، بارانهای سنگین و سیلهای محلی را به ارمغان می‌آورد؛ اما وضعیت جوی روی بخشهای مرکزی و جنوبی بطور ناگهانی خشک تر شده و مادامی که انتقال غیرعادی دوام داشته باشد، به همین شکل باقی می‌ماند. انتقال در جهت مخالف نیز ممکن است و در عرض میانی وقتی که جریان جو بالا در امتداد صورت جنوبی هیمالیا است، برای بخشهای شمالی، خشکسالی به همراه دارد. این دوره‌های خشک نیز همانند شکستهای ناگهانی مانسون، ناشناخته هستند. مانسون جنوب‌غربی روی جلگه پایینی ایندوس<sup>(۲)</sup> فقط ۵۰۰ متر ضخامت دارد و رطوبت کافی برای ایجاد باران ندارد؛ به عبارت دیگر جریانات شرقی و رده‌سپهر بالا قویتر می‌باشند و در حقیقت، جت استریم شرقی را

تشکیل می دهند. کشورهای ایران، غرب پاکستان و عربستان احتمالاً به دلیل واگرایی در این جت بصورت خشک باقی می ماند و بنابراین منبع جدید حرارت سطحی محسوب می شوند.

در ماه اوت از شدت و استمرار آفتاب کاهش یافته و دماها نیز شروع به کاهش می کنند و نوسانات هوای جنوبغربی بطور نامنظم کاهش یافته و تقریباً در شمالغربی متوقف می شود. در این هنگام هنوز چراپونجی بیش از ۲۰۰۰ میلیمتر بارش دریافت می کند. اما در سپتامبر (اواسط شهریور تا اواسط مهر) هوای شمالی که خشک و سرد می باشد، شروع به چرخیدن به سمت غرب ارتفاعات هند نموده و بر روی شمالغربی هند گسترده می شود. جت شرقی ضعیف شده و جریانات شرقی و ردسپهر بالا به سمت جنوبی تر حرکت می کنند؛ زیرا در ترازهای پایین تر، جریانات مرطوب جنوبغربی خیلی ضعیف و متغیر هستند و زود عقب نشینی می کنند. در نهایت، بارش در بیشتر منطقه متغیر بوده، اما هنوز بارشهای رگباری بیشتر در ناحیه جنوبشرقی و روی خلیج بنگال می بارند.

تا اوایل ماه اکتبر در همه جای هند بادهای متغیر به دفعات تکرار می شوند. در پایان ماه، منطقه هند یکدست از هوای شمالی پوشیده شده و مانسون زمستانی شکل می گیرد (شکل ۳). جریان سطحی توسط نیروی کوریولیس منحرف گشته و به جریان شمالشرقی تبدیل می شود؛ این امر سبب می گردد تا فصل بارانی از اکتبر تا دسامبر (فصل پاییز) در کرانه جنوب شرقی دکن<sup>(۱)</sup> (شامل ساحل مدرس) و شرق سریلانکا ایجاد شود که تنها با پستی و بلندی آن رانمی توان شرح داد، زیرا بخوبی روی دریا گسترش دارد. وافشاریهای حاره ای و چرخندها عوامل کمک کننده مهم بشمار می آیند.

شکل ۳- توزیع جهانی فشار در مانسون زمستانی



→ مسیر طوفان اصلی در امتدادیکه پیشینه تمرکز طوفان منفرد قرار دارد. جهت و سرعت باد بر حسب  
 ← مسیر طوفان فرعی در امتدادیکه متوسط تمرکز طوفان منفرد قرار دارد. ← از شمال ← از جنوب ← از غرب  
 ← از شرق ← کوچکتر از ۲ نکت ← ۵ نکت ← ۱۰ نکت ← ۱۵ نکت ←



از اینرو بیشتر مناطق هند فصلی را آغاز می‌کنند که وضعیت جوّی آفتابی، خشک و گرد و غباری دارند. در این هنگام خشک‌ترین دوره در ایالت پنجاب در ماه نوامبر (آبان و آذر)؛ هند مرکزی، بنگال و ایالت آسام در ماه دسامبر (آذر و دی)؛ دکن شمالی در ماه ژانویه (دی و بهمن)؛ دکن جنوبی در ماه فوریه (بهمن و اسفند) اتفاق می‌افتد. برعکس، شبیه‌های جنوبی هیمالیا و قراقروروم<sup>(۱)</sup> از آن پس با رسیدن و افشاریه‌های جبهه‌ای از اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه، تحت تأثیر قرار می‌گیرند. این مناطق بارانهای متوسط زمستانی را دریافت می‌کنند، زیرا محل آنها بوضوح خارج از قلمرو مانسونی قرار دارد.

در مناطقی که تهیه آب و محصولات کاملاً به بارانهای مانسونی بستگی دارد؛ ضروری است تا بطور کمی، پیش‌بینی‌های هواشناسی بلند مدت در دسترس باشند. پیش‌بینی بایستی در شروع ماه ژوئن منتشر شود. بررسی‌های روی مانسون هند نشان داده‌اند که در ماه آوریل، بین داده‌های فشار امریکای جنوبی و شرایط باد فوقانی هند، همبستگی مثبت وجود دارد و همچنین در ماه مه، بین بارش در زیمبابوه و جاوه و بادهای شرقی روی کلکته، همبستگی منفی وجود دارد که می‌توان از آنها در پیش‌بینی استفاده نمود.

### روش تحقیق

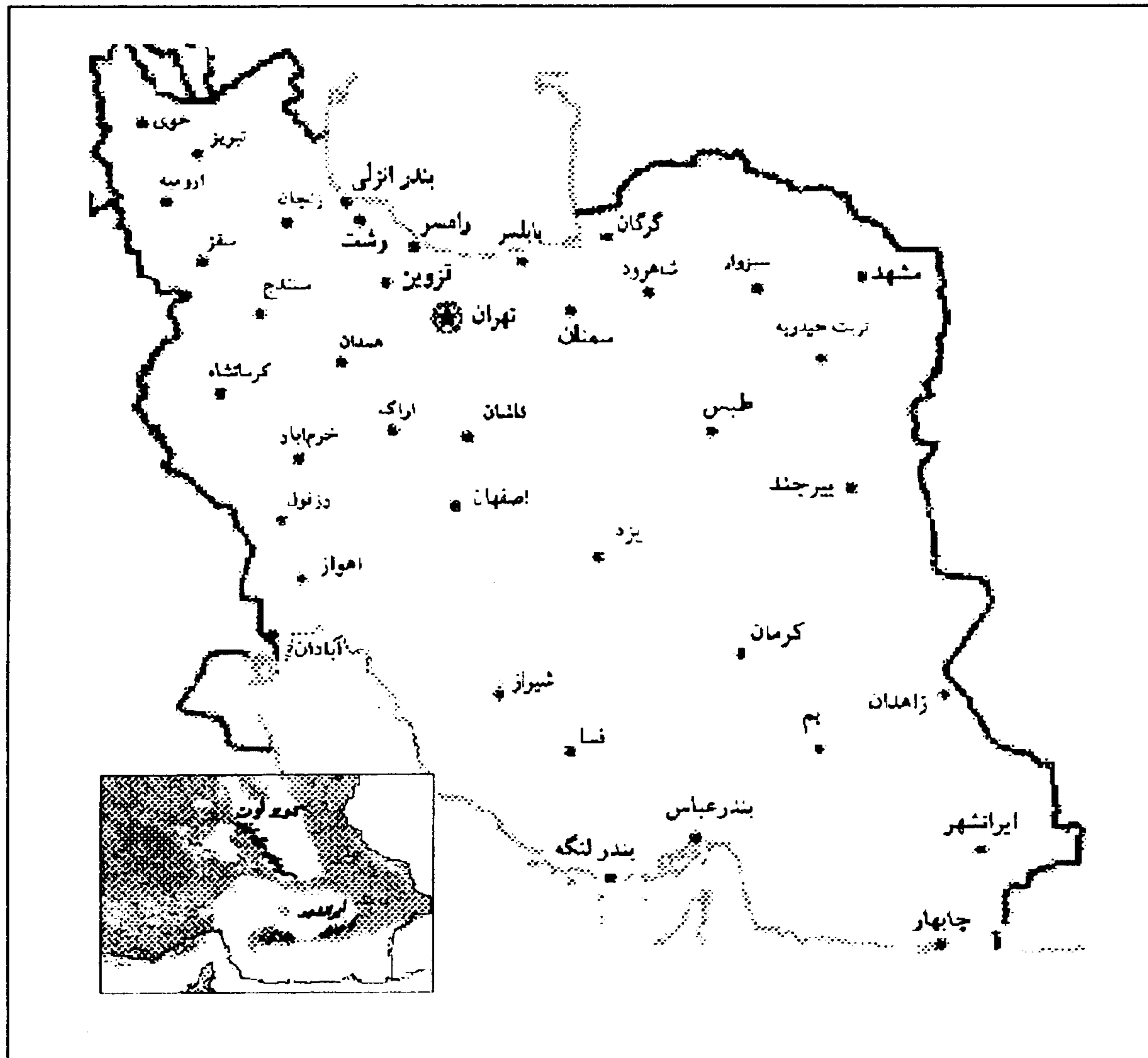
برای بررسی دقیق تأثیر این پدیده بر روی منطقه ایران، علاوه بر مطالعه موقعیت جغرافیایی و پستی و بلندیهای ایران، مقادیر کل بارش و متوسط دمای ماهیانه در طی ماههای ژوئن تا سپتامبر که مانسون هند فعال تر می‌باشد، انتخاب گردیده‌اند. فهرست شهرهایی که آمار و اطلاعات آنها مورد بررسی قرار گرفته همراه با ارتفاع هر یک از سطح متوسط دریا (جدول شماره ۱) درج گردیده و موقعیت جغرافیایی آنها نیز در شکل شماره (۴) با دایره مشخص شده است. البته، ذکر این نکته نیز ضروری است که آمار متعلق به سالهای ۱۹۶۰ لغایت ۱۹۹۰ می‌باشد و شهرهایی که بارش داشته ولی مقادیر بارش آنها بهر علتی در دسترس نبوده و گزارش نشده است، در نمودارهای ۱ تا ۴ با مقدار منفی نمایش داده شده‌اند. برای مقایسه بهینه بارش ۳۸ شهر انتخابی، منطقه ایران به سه بخش غربی، مرکزی و شرقی تقسیم شده است. در اینجا فقط نمودارهای میانگین دمای ماه ژوئیه شهرها به لحاظ بیشینه فعالیت مانسون تابستانی هند طی ماه مذکور ارائه شده است. همچنین از شهرهایی نظیر تبریز، اورمیه و خوی و... که تغییرات یکسان و دمای مشابهی داشته‌اند، به لحاظ بالا بردن کیفیت نمودارهای ارائه شده، تنها یکی انتخاب شده و در نتیجه فقط دمای ۱۹ شهر ملاحظه می‌گردد.

### بررسی موقعیت جغرافیایی و پستی و بلندیهای ایران

ایران در خاورمیانه ما بین عرضهای ۴۰ - ۲۵ درجه شمالی و طولهای ۶۳/۵ - ۴۴ درجه شرقی قرار گرفته و در جنوب و شمال آن آبهای دریای عمان، خلیج فارس و دریای خزر قرار دارند. در شمال، رشته کوههای البرز از شرق به غرب و در سمت غرب آن رشته کوههای زاگرس از شمال به جنوب کشیده شده است. مطابق شکل (۴) ملاحظه می‌شود که رشته کوههای بشاگرد با کوهها و تپه‌های مجزا که از غرب به شرق از ارتفاع آنها کاسته می‌شود، به موازات سواحل جنوبشرقی کشیده شده و نیز در شمال آن، کوههای جبال بارز طوری قرار دارند که شهر ایرانشهر و دریاچه هامون جازموریان بین آنها مسدود شده‌اند. دشت لوت و دشت کویر در شمال کوههای جبال بارز و در سمت شرق رشته

کوههای زاگرس واقع اند. بنابراین و با توجه به مطالب فوق و ارتفاع ارائه شده شهرها در جدول (۱) ملاحظه می شود که ایران دارای سرزمینی ناهموار، کوهستانی؛ مرتفع، بستر مرکزی بیابانی با کوهها و دشتهای ناپیوسته کوچک در امتداد هر دو سواحل است.

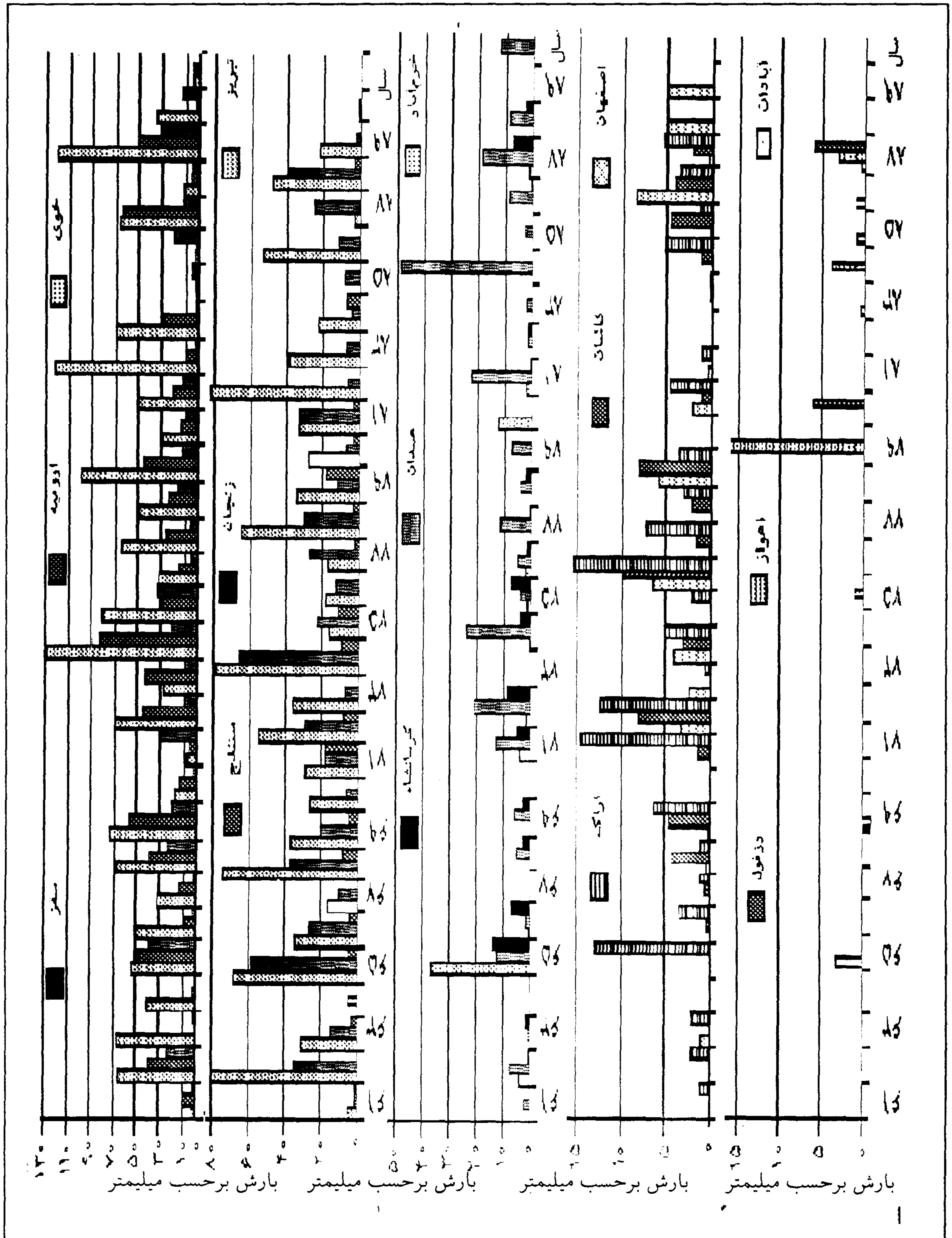
شکل ۴- موقعیت شهرهای مورد بررسی و نقشه پستی و بلندی منطقه جنوبشرقی ایران



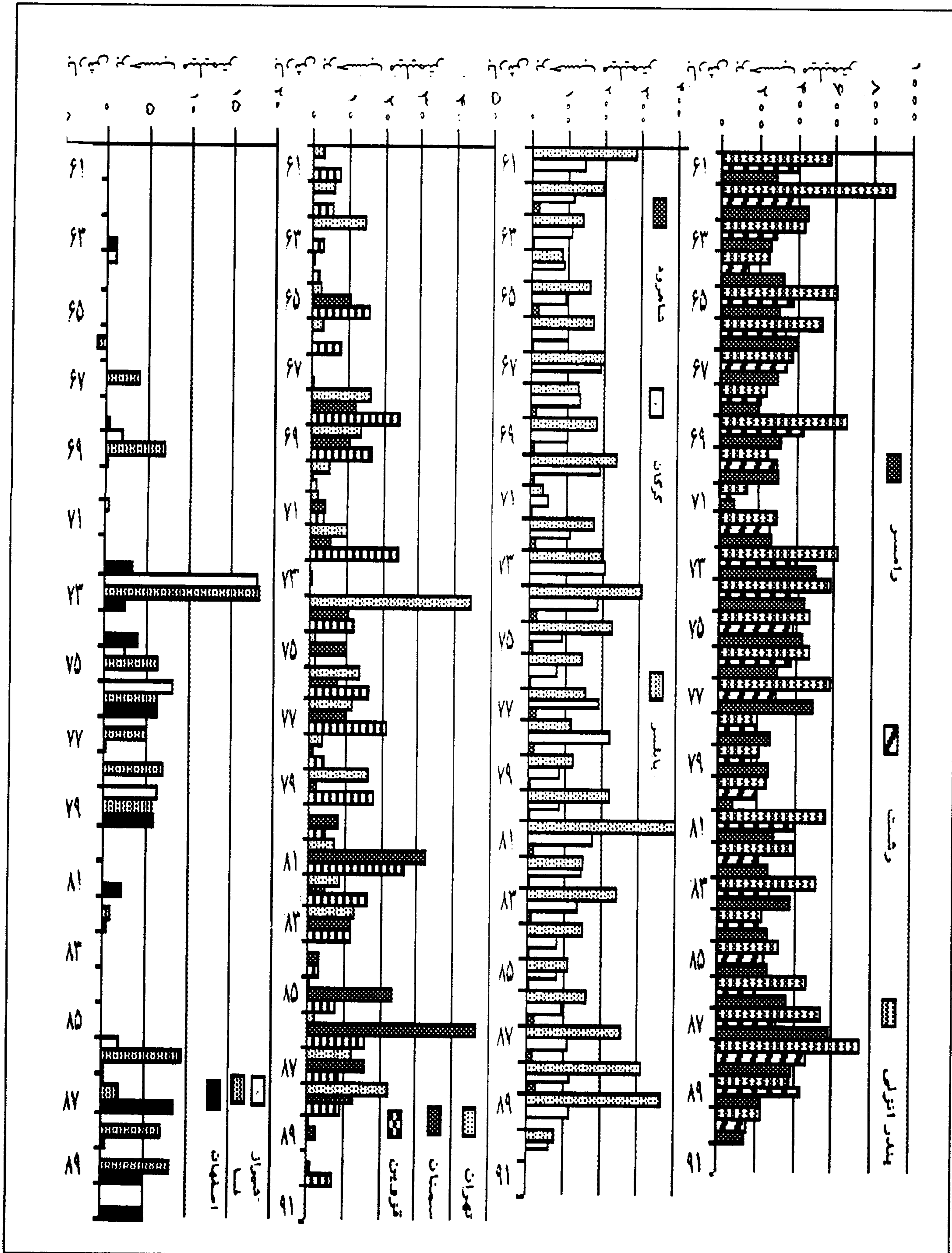
جدول ۱- فهرست شهرهای مورد بررسی و ارتفاع آنها از سطح متوسط دریا برحسب متر

شهر	ارتفاع	شهر	ارتفاع	شهر	ارتفاع	شهر	ارتفاع
آبادان	۶/۶	بندرلنگه	۱۴/۲	زابل	۴۸۹/۲	فسا	۱۲۸۸/۳
اراک	۱۷۰۸/۰	بم	۱۰۶۶/۹	زاهدان	۱۳۶۹/۹	قزوین	۱۲۷۸/۳
ارومیه	۱۳۱۲/۵	بیرجند	۱۴۹۱/۰	زنجان	۱۶۲۰/۰	کاشان	۹۸۲/۳
اصفهان	۱۵۹۰/۰	تبریز	۱۳۶۴/۰	سبزوار	۹۷۷/۶	کرمان	۱۷۵۳/۰
اهواز	۲۲/۵	تربت حیدریه	۱۴۵۰/۸	سقز	۱۵۲۲/۸	کرمانشاه	۱۳۲۲/۰
ایرانشهر	۵۹۱/۱	تهران	۱۱۹۱/۰	سمنان	۱۱۷۱/۰	گرگان	۱۳/۳
بابلسر	-۲۱/۰	خوی	۱۱۰۷/۰	سنندج	۱۳۷۳/۴	مشهد	۹۹۰/۰
بندر انزلی	-۲۶/۲	دزفول	۱۴۳/۰	خرم آباد	۱۱۲۵/۰	همدان	۱۶۷۹/۷
بندر چابهار	۷/۰	رامسر	-۲۰/۰	شاهرود	۱۳۴۵/۳	یزد	۱۲۳۰/۲
بندرعباس	۱۰/۰	رشت	-۶/۹	شیراز	۱۴۹۱/۰	طیس	۷۱۱/۰

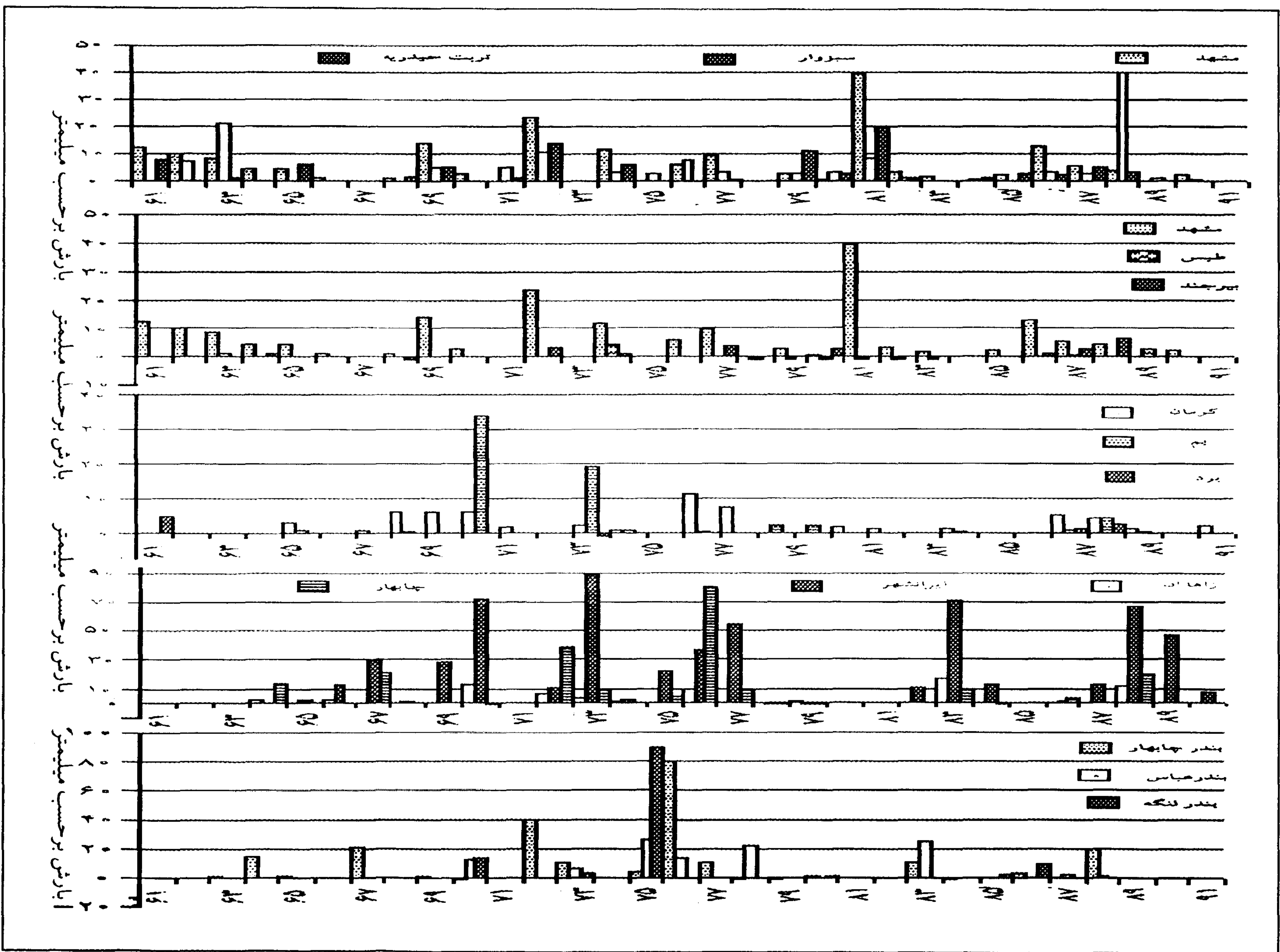
نمودار ۱ - نمودارهای مربوط به کل بارش بر حسب میلیمتر در طی ماههای ژوئن تا سپتامبر برای شهرهای واقع در غرب ایران است. توجه؛ مقدار بارش منفی مؤید نامعلوم بودن مقدار بارش است.



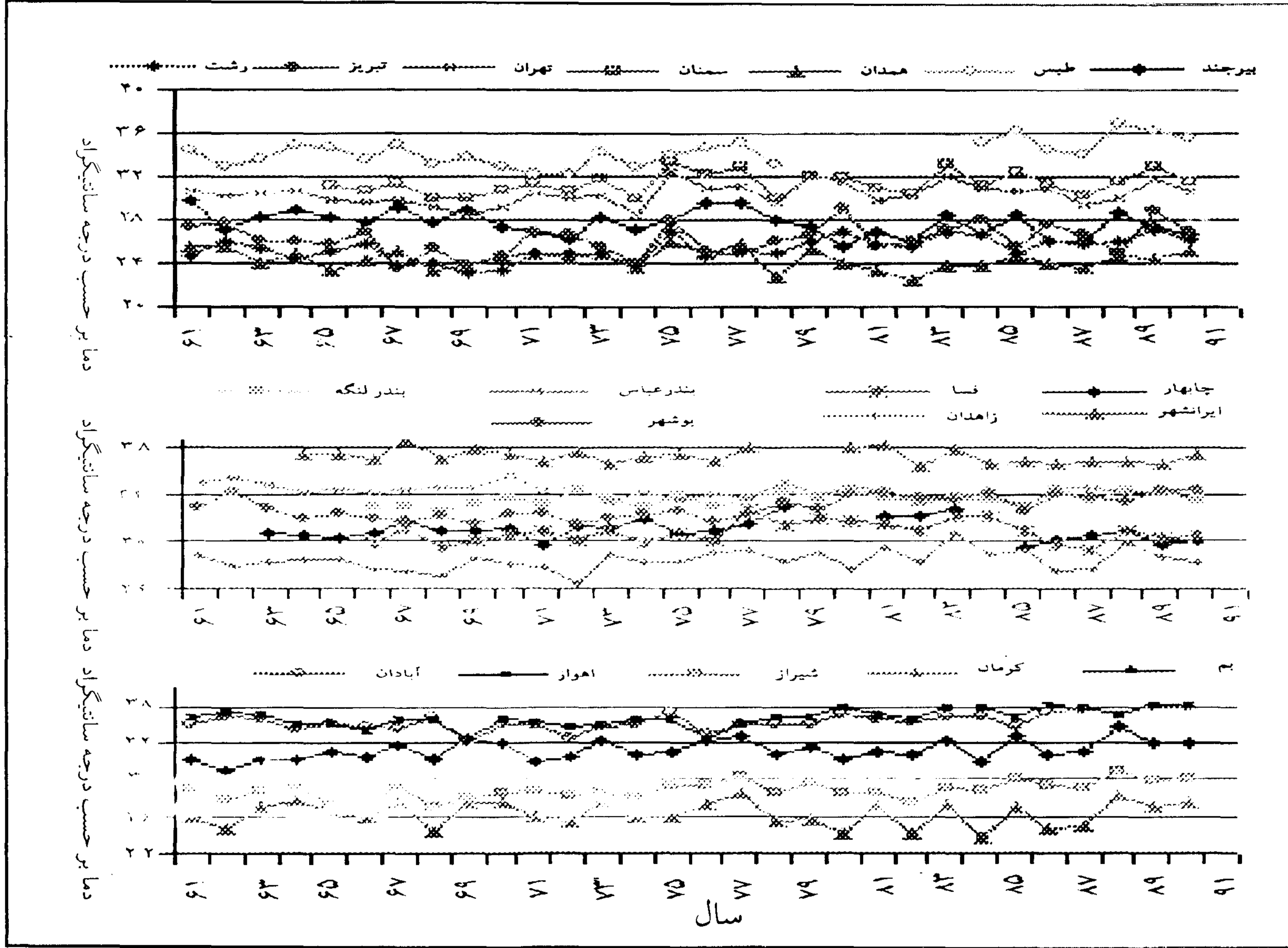
نمودار ۲ - همانند نمودار ۱، برای شهرهای واقع در مرکز ایران



نمودار ۳ - همانند نمودار ۱، برای شهرهای واقع در شرق ایران



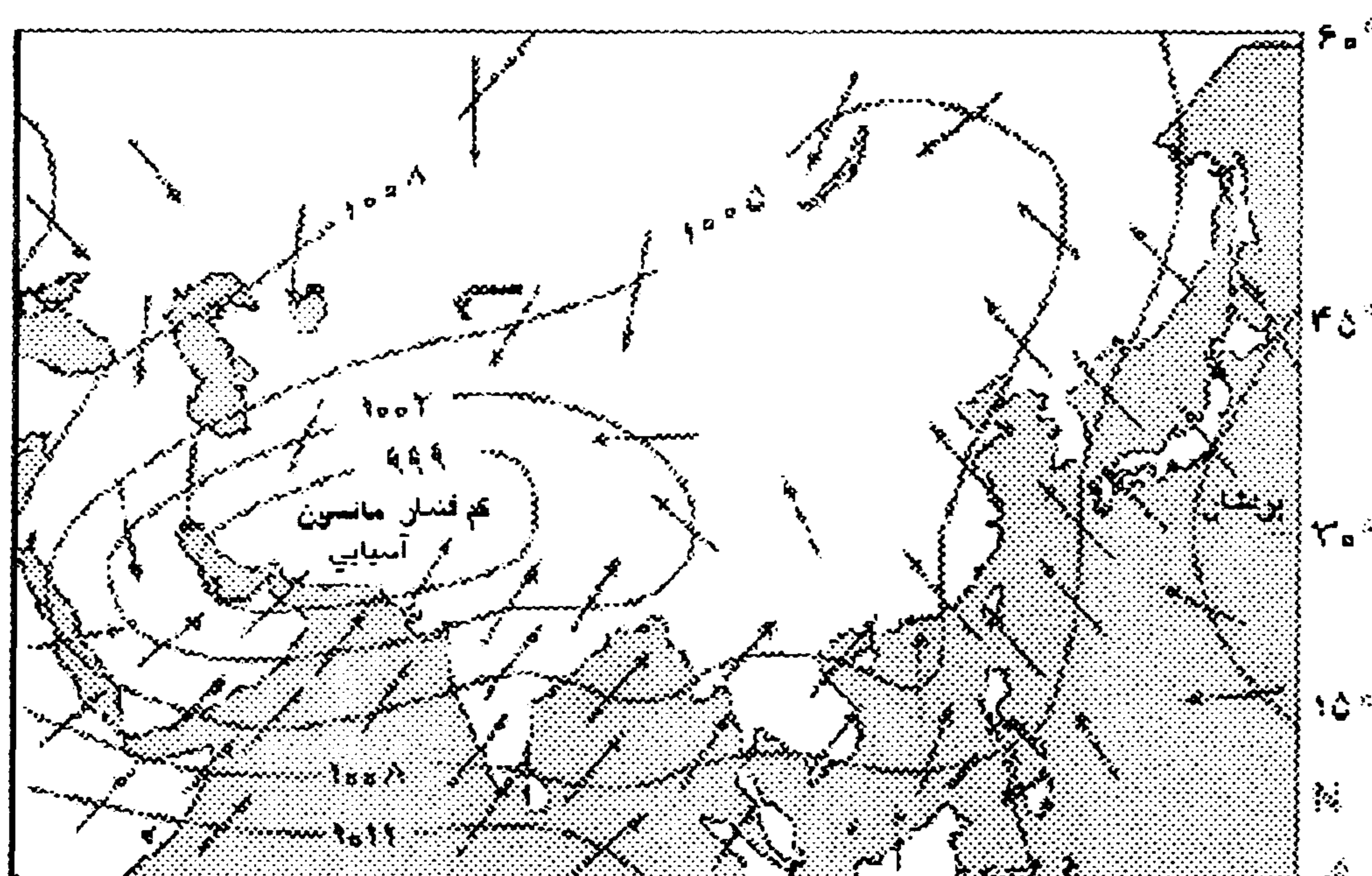
نمودار ۴ - میانگین دمای ماه ژوئیه شهرهای مورد بررسی



## بحث و نتایج

بطوریکه در شکل (۵) مشخص است، در ماه ژوئیه که مانسون تابستانی هند در بیشینه فعالیت خود قرار دارد، مرکز این سیستم در سطح متوسط دریا با میانگین ۹۹۹ هکتوپاسکال با محور جنوب‌غربی - شمال‌شرقی از جنوب‌غربی ایران به سمت شرق و به جانب پاکستان کشیده شده است و در این شرایط، جریانات هوا به سمت مرکز این سیستم حالت همگرایی دارند. توده هوای گرم و مرطوب اقیانوس هند که از سمت شمال وارد مرکز سیستم می‌گردد، به لحاظ عبور از روی سطح وسیعی از قاره آسیا و در اثر مکانیزم تعدیل توده هوا، خاصیت خود را از دست داده و تبدیل به توده هوای قاره‌ای گرم و خشک شده است.

شکل ۵- مانسون تابستانی در ماه ژوئیه



جریاناتی که از سمت جنوب‌غربی وارد کشور می‌شوند، علیرغم اینکه از روی دریای احمر و خلیج فارس عبور می‌کنند و بایستی با خود رطوبت زیادی همراه داشته باشند، اما چون این جریانات در برخورد با ارتفاعاتی که در جنوب شبه جزیره عربستان به موازات دریای احمر کشیده شده‌اند، مجبور به فرازش<sup>(۱)</sup> از روی آن موانع هستند، بنابراین توده هوا در اثر وقوع فرایند میعان و ایجاد بارش، رطوبت خود را روی عربستان از دست داده و سپس در هنگام عبور از روی خلیج فارس مجدداً شروع به کسب رطوبت می‌کند؛ اما از آنجایی که زمان استقرار توده هوا بر روی آبهای خلیج فارس طولانی نیست، لذا حاوی رطوبت کافی برای ایجاد بارش نمی‌باشد و به همین دلیل بعد از عبور از روی جلگه خوزستان و فرازش از روی سلسله جبال زاگرس، بارشی در آن دیده نمی‌شود و این توده هوای گرم و خشک فقط دمای شهرهای واقع در مسیر خود را افزایش می‌دهد.

جریاناتی که از روی اقیانوس هند، دریای عرب و دریای عمان به سمت مرکز سیستم حرکت می‌کنند، در مسیر حرکت خود از عرضهای جنوبی به عرضهای شمالی، بر اثر نیروی کوریولیس به سمت راست حرکت خود منحرف گشته و در نتیجه بخش عظیمی از توده هوای اقیانوسی مرطوب به کوههای غات غربی در هند برخورد نموده و بعد از عبور از روی آنها، بارشهای سیل آسا در فلات دکن را ایجاد می‌کنند؛ اما بخش دیگر جریانات که از سمت جنوب‌شرقی وارد ایران می‌شوند، علیرغم اینکه مرطوب هستند، اما روی بندر چابهار که در مسیر آن قرار دارد ایجاد بارش شدید نکرده، در حالیکه بعد از فرازش از روی رشته کوههای بشاگرد و در شهر ایرانشهر بارش نسبتاً خوبی را به همراه دارد و حتی بعد از

عبور از روی دریاچه هامون جازموریان و کسب اندکی رطوبت، مجدداً در فراز از روی رشته کوههای جبال بارز که به موازات کوههای بشاگرد کشیده شده‌اند، در شهرهای بم، کرمان، یزد و چنانچه سیستم مانسونی هند خیلی فعال باشد و از رطوبت خیلی زیادی برخوردار باشد، در شهرهای واقع در دشت لوت و دشت کویر ایران نیز بارش اندکی ایجاد می‌کند. در مواقع دیگر در این نواحی با ایجاد ابرهای جوششی کم، طوفان گرد و خاک و شن و افزایش نسبی دما پدید می‌آید. مقایسه بارشهای بنادر جنوبی ایران نشان می‌دهند که در تمام سالهای مورد بررسی، بندر چابهار نسبت به بنادر دیگر از بارش خوبی برخوردار است. در سال ۱۹۷۵ که بندر لنگه بارشی معادل ۹۰ میلی‌متر را گزارش نموده است و از آن جایی که شهرهای مجاور آن و بندر بوشهر بارشی گزارش نکرده‌اند و یا بارش آنها اندک بوده است، لذا در صحت مقدار آن جای تردید باقی است.

مقایسه نمودارهای شهرهای مختلف (برای مثال در سال ۱۹۷۳ که ایران شهر ۸۹ میلی‌متر بارش داشته است؛ یعنی بررسی بیشینه بارش در طی ۳۰ سال مشخص می‌سازد که در این سال شهرهای واقع در غرب ایران نظیر خرم آباد، همدان و کرمانشاه و شهرهای جنوبغربی نظیر آبادان، دزفول و اهواز و شهرهای شمالشرقی ایران هیچگونه بارشی نداشته‌اند و در مقابل، شهرهای کرمان، بم، یزد، زاهدان، شیراز، فسا، اصفهان از بارش خوبی برخوردار بوده‌اند.) و مقایسه نمودارهای مربوط به دمای شهرها در این سال نشان می‌دهد که در شهرهایی که بارش رخ نداده، در مقابل آن دما نسبت به سال قبل افزایش چشمگیری داشته است.

بررسی نمودار بارش مربوط به شهرهای شمالغربی و سواحل دریای خزر نشان می‌دهند که بارش این نواحی تحت تأثیر جریانات مانسون تابستانی هند نیستند، بلکه می‌توانند مربوط به جریانات غربی سطوح فوقانی و جت استریم جنب حاره‌ای باشند که در این فصل از سال بین ۳۵ تا ۴۵ درجه عرض شمالی روی شمال دریای خزر با سرعت ۴۰ نات جریان دارند. همچنین پرفشار آژورس (با مرکز بزرگتر از ۱۰۱۶ هکتوپاسکال از شرق امریکا تا غرب دریای مدیترانه کشیده شده) زمانی که زبانه آن به روی دریای خزر گسترش می‌یابد، در برخورد با جریانات مانسونی عرضهای پایین، بر اثر تشکیل ناپایداریهای همرفتی بارش در این مناطق ایجاد می‌کند.

بر همکنش جریانات غربی سطوح فوقانی جو و جریانات گرم مانسونی عرضهای پایین سبب می‌گردند که در موقع ریزش هوای سردی که از قطب به سمت عرضهای پایین کشیده شده است، در برخورد با نیمه شمالی ایران که در اثر جریانات مانسونی، دارای سطحی گرم می‌باشد؛ در این نواحی با وقوع ناپایداریهای شدید، بارش خوبی نیز ایجاد شود. این حالت مربوط به سالهایی است که بارش در شهرهای واقع در نیمه شمالی ایران وجود داشته، اما در نیمه جنوبی ایران بارشی رخ نداده و دمای شهرهای واقع در جنوبغربی ایران حتی به بالای ۵۰ درجه سانتیگراد نیز رسیده است.



## منابع و مآخذ:

- ۱- حبیبی، فریده، (۱۳۷۷)، بررسی و نحوه شناسایی توده‌های هوایی که ایران را مورد تهاجم قرار می‌دهند، نیوار.
- 2- Barry R. G., Chorley R. J. 6th ed ;(1992) Atmosphere , Weather and Climate
- 3- <http://www.junction.net/norac/vbx/jet.htm>, VBX jet stream info
- 4- <http://www.nws.noaa.gov/mhx/monsoong.htm>
- 5- <http://zebu.uoregon.edu/~js/glossary/jet-streams.htm>
- 6- <http://www.Britannica.com>
- 7- <http://www.Britannica.com> , Encyclopdia Britannica 1999-2000
- 8- Indian Express Newspapers (Bombay) Ltd, 1997
- 9- Kurz Manfred; (1998), Synoptic Meteorology
- 10- Mikovitz, G. S. Jenkins ; Jet streams studied for clues to drought . ENN Daily News 6/14/99