پيش‌بيني بارش سالیانه بر پايه الگوهاي سينوپتيك پيوند از دور[1] با بهره‌گیری از مدل‌هاي آماري

غلامعباس فلاح‌قالهري *[1]، سيدمحمد موسوي‌بايگي[2]، مجيد حبيبي‌نوخندان[3] و جواد خوشحال[4]
[1] دانشجوي دكتري اقليم‌شناسي دانشگاه اصفهان، ايران
[2] عضو هيات علمي دانشكده كشاورزي دانشگاه فردوسي مشهد، ايران
[3] عضو هيات علمي پژوهشكده اقليم شناسي، ايران
[4] عضو هيات علمي گروه جغرافياي طبيعي - اقليم شناسي، دانشگاه اصفهان، ايران
(تاريخ دريافت: ٨٦/٧/١٤، تاريخ تصويب: ٨٧/٩/٩)

چكيده

تغییرهای اقلیمي جهان و چرخه عمومي جو تحت تاثير پديده‌هاي بزرگ مقياسي است كه درسطح آب‌هاي آزاد جهان رخ مي‌دهد. بسياري از اين پديده‌ها كه به سيگنال‌هاي بزرگ مقياس اقليمي[2] معروف‌اند، از بيش از يک قرن پيش شناخته شده بودند. سيگنال‌هاي نام برده به طورمعمول با بهره‌گيری از شاخص‌هايي مانند فشار و دماي سطح آب اقيانوس‌ها محاسبه مي‌شوند. به منظور بررسي امكان بهره‌گيری از مدل‌هاي آماري براي پيش‌بيني بارش سالیانه بر پايه الگوهاي سينوپتيكي پيوند از دور، منطقه خراسان بزرگ شامل سه استان خراسان شمالي، خراسان جنوبي و خراسان رضوي گزينش شد. پس از بررسي‌هاي لازم و تكميل خلاهاي آماري، شمار ٣٧ ايستگاه همديدي، اقليم شناسي و باران سنجي زير پوشش سازمان هواشناسي كشور، گزينش و آزمون همگني ران تست[3] بر روي داده‌هاي بارش اين ايستگاه‌ها انجام شد. در مرحله پس، در محيط نرم‌افزار Arc GIS، دوره زماني بارش ميانگين منطقه‌اي به روش مدل رقومي ارتفاعي[4] محاسبه شد. با بهره‌گيری از روابط همبستگي به دست آمده بين بارش ميانگين منطقه‌اي و سيگنال‌هاي هواشناسي شاخص در بازه‌هاي زماني مختلف، مدل‌هاي آماري براي پيش‌بيني بارش سالیانه (دسامبر تا مي) بهره‌گيری شده است. نتايج نشان مي‌دهد مدل‌هاي آماري مي توانند براي پيش‌بيني بارش به طور موفقيت آميزي بهره‌گيری شوند. در اين ميان، ريشه ميانگين مربعات خطا براي مدل گام به گام ورود متغيرها[5] ٤٩ ميلي‌متر به دست آمد.

واژه‌هاي كليدي: الگوهاي سينوپتيكي، مدل رقومي ارتفاعي، سيگنال‌هاي هواشناسي، مدل گام به گام

* نويسنده مسئول: تلفن: ٠٩١٣-٢٦٣٩٨٨١ فاكس: ٠٥١١-٣٨٢٢٣١٠
E-mail: ab_fa789@yahoo.com

١- Tele-connection
٢- Large scale climate signals
٣- Run Test
٤- Digitize Elevation Model (DEM)
٥- Stepwise

مقدمه

لیندسي[1] و همکاران در سال ۱۹۸۶، نشان داده اند که در طول النینو مناطق جنوبي آفریقا با خشکسالي مواجه مي‌شود، در حالي‌که بنابه پژوهش‌های فارمر[2] در سال ۱۹۸۸، مناطق استوایي شرقي آفریقا با بارندگي بیشتر از میزان عادی مواجه مي‌شوند (۱۰ و ۸).

روپلوسکي و هالپرت [3] در سال ۱۹۸۹، نشان دادند که لانینا تاثیر متفاوتي بر بخش‌هاي مختلف آفریقا دارد، به طوري که در اثر این پدیده، نواحي استوایي شرقي آفریقا در دوره‌اي که از ماه نوامبر سال لانینا شروع شده و تا ماه مارس سال پس ادامه مي یابد، بارندگي‌هایي کمتر از میزان عادی را تجربه مي‌کنند، در حالي که در مناطق جنوب شرقي آفریقا در زمان همانند و تا ماه آوریل با میزان بارندگي بیشتر از میزان عادی روبرو مي‌شوند (۱۵).

هرزله و ساداورني[4] در سال ۱۹۹۷، ارتباط انسو و بارندگي‌هاي تابستانه هند را بررسي نمودند. نتایج بدست آمده نشان مي‌دهد که سال‌هاي خشک، هم زمان با حالت گرم انسو یعني ال نینو و سال‌هاي تر، همزمان با حالت سرد یعني لانینا رخ داده است (۹).

نیکلسون و سلاتو[5] در سال۲۰۰۰، تاثیر لانینا را بر بارش آفریقا با به کاربردن از روش هارمونیک بررسي نمودند. آنان نیز نتایجي همانند کار روپلوسکي و هالپرت به دست آورده اند، با این تفاوت که بررسی‌های آنان در سطح گسترده‌تری انجام گرفته و همچنین اعتقاد دارند که تاثیر پذیري بارندگي مناطق استوایي و جنوب شرقي آفریقا از لانینا پیچیده تر و با وابستگي بیشتر نسبت به زمان و مکان نسبت به آن چیزي که روپلوسکي و هالپرت پیشنهاد دادند، مي‌باشد (۱۲).

پنگراسز[6] و همکاران در سال۲۰۰۰، بارندگي ماهیانه را در مجارستان با بهره‌گیری از تیپ‌هاي الگوي چرخش هواسپری و شاخص انسو مدل سازي کردند. نتایج آنان نشان مي‌دهد که رابطه آماري ضعیف بین تیپ‌هاي چرخش هواسپری به طور همزمان، انسو تاخیري و بارندگي، کاربرد مدل سازي آماري را براي پیش‌بیني بارندگي محدود مي‌کند (۱۴).

ناظم السادات و کوردري [7] در سال ۲۰۰۰، تاثیر انسو را بر بارش ۴۱ ایستگاه واقع در ایران بررسي نموده اند. نتایج بدست آمده از بررسی‌ها نشان مي‌دهد در نواحي شمال شرقي ایران، همبستگي بین بارش پاییزه ایستگاه‌هاي مشهد و سبزوار با انسو ضعیف بوده، در حالي که‌این همبستگي براي ایستگاه‌هاي نیشابور و بیرجند قابل توجه مي‌باشد. همچنین در همه ایستگاه‌هاي مورد بررسی لانینا [8] موجب کاهش قابل ملاحظه بارندگي پاییزه مي‌شود (۱۱).

واسکوییز[9] و همکاران در سال ۲۰۰۱، ارتباط بین انسو و چرخه هواسپری زمستانه و دما در ناحیه اقیانوس اطلس شمالي را بررسي نموده اند. نتایج آنان نشان مي‌دهد که در این ناحیه در زمستان هیچ ارتباط آماري معني‌داري بین رخدادهاي گرم انسو و الگوهاي تغییرهای فشار سطح دریا وجود ندارد، در حالي‌که تغییرهای رخدادهاي سرد همانند نوسان‌های مثبت NAO مي‌باشد(۱۳).

آنوپام[10] وهمکاران در سال ۲۰۰۵، از چرخش هواسپری کوچک مقیاس براي پیش‌بیني بارش موسمی در حوضه آبریز آناس[11] هند بهره گرفتند. نتایج آنان نشان مي‌دهد که مدل کوچک مقیاس آماري براي پیش‌بیني بارش بر مبناي الگوي چرخش هواسپری روزانه در مناطق نیمه خشک هند برتري

۱- Lindesay
۲- Farmer
۳- Ropolwski & Halpert
٤- Harzallah & Sadaourny
٥- Nicholson & Selato
٦- Pangracz
۷- Nazemosadat & Cordery
۸- La Nina
۹- Vasqueze
۱۰- Anupam
۱۱- Anas

دارد (٧). مدرس پور در سال١٣٧٣، به بررسي ناهنجاري هاي اقليمي ايران با توجه به داده‌هاي دما و بارش در سال‌هاي النينو در يک دوره٣٠ ساله (١٩٦٠ تا ١٩٨٩) پرداخته است. وي الگوهاي دما و بارش را در ١٥ ايستگاه همديدي، طي شش رخداد ال نينو در دوره مزبور مورد بررسی قرار داده است. بررسي انجام شده توسط وي در پاييز(سپتامبر، اکتبر، و نوامبر) در سال رخداد ال نينو و بهار (مارس، آوريل، و مي) سال پس از رخداد ال نينو، نشان داد که در سال رخداد و در فصل پاييز، مناطق جنوب غرب، جنوب شرق و بخشي از مرکز کشور داراي بارندگي زير ميانگين و مناطق شمال غرب، بخشي از غرب، شمال و تهران داراي بارندگي بالاي ميانگين بوده اند. در فصل بهار و پس از رخداد ال نينو نيز به تقريب بيشتر مناطق ايران داراي بارندگي کمتر از ميانگين مي باشند (۴).

خوش اخلاق در سال١٣٧٧، به صورت آماري ارتباط بين مرحله‌هاي سرد و گرم" انسو "را با بارش ايران بررسي نمودند. نتايج وي که ناشی از همبستگي انسو و بارش مي‌باشد، نشان مي‌دهد که خشکسالي هاي ايران همزمان با لانينا و ترسالي‌ها همزمان با النينو بوده است(٢). ناظم السادات در سال ١٣٨٠ نشان داده است که تغيير دماي سطح آب درخليج فارس تاثير معني‌داري بر تغيير بارندگي در مناطق جنوب و جنوب غربي ايران دارد. بررسی‌های وي نشان مي‌دهد که بارش زمستانه (ژانويه تا مارس) مناطق مزبور با SST خليج فارس نسبت عکس دارد (۵).

کارآموز در سال ١٣٨٥، تاثير سيگنال‌هاي بزرگ مقياس اقليمي بر بارش مناطق غرب کشور را بررسي کرده است. نتايج او نشان دهنده ارتباط معني‌دار بارش مناطق غرب کشور با سيگنال‌هاي بزرگ مقياس اقليمي است. به عنوان مثال، نتايج به دست آمده از اين پژوهش، نشان دهنده ارتباط معکوس اختلاف فشار بين جنوب گرينلند و آزور با بارش مناطق غرب کشور است (۶). خورشيد دوست و قويدل در سال ١٣٨٥، نقش انسو در تغييرپذيري بارش‌هاي فصلي استان آذربايجان شرقي را مورد بررسی قرار داده اند. در بين فصول چهار گانه، ميزان همبستگي تنها در فصل پائيز معني‌دار بوده و در ديگر فصول همبستگي معني‌داري بين بارش و پديده‌هاي ال نينو و لانينا ديده نشده است (١).

فتاحي و صداقت کردار (١٣٨٦)، تاثير پديده انسو بر بارشهاي زمستآنانيران را بررسي نموده اند. بدين منظور، رابطه فراواني تيپ‌هاي هوا با شاخص انسو مورد تحليل قرار گرفته است. نتايج آنان نشان مي‌دهد که نوع‌هاي هواي پر فشار اروپاي شمالي، پرفشار مرکزي، پر فشار اروپاي شرقي و تلفيق سامانه پر فشار سيبري با پرفشار اروپايي در حالت ال نينو از فراواني بيشتري برخوردارند، در حالي که نوع هواي پر فشار سيبري و پر فشار شرقي – شمال شرقي در دوره‌هاي لانينا بيشتر است (٣).

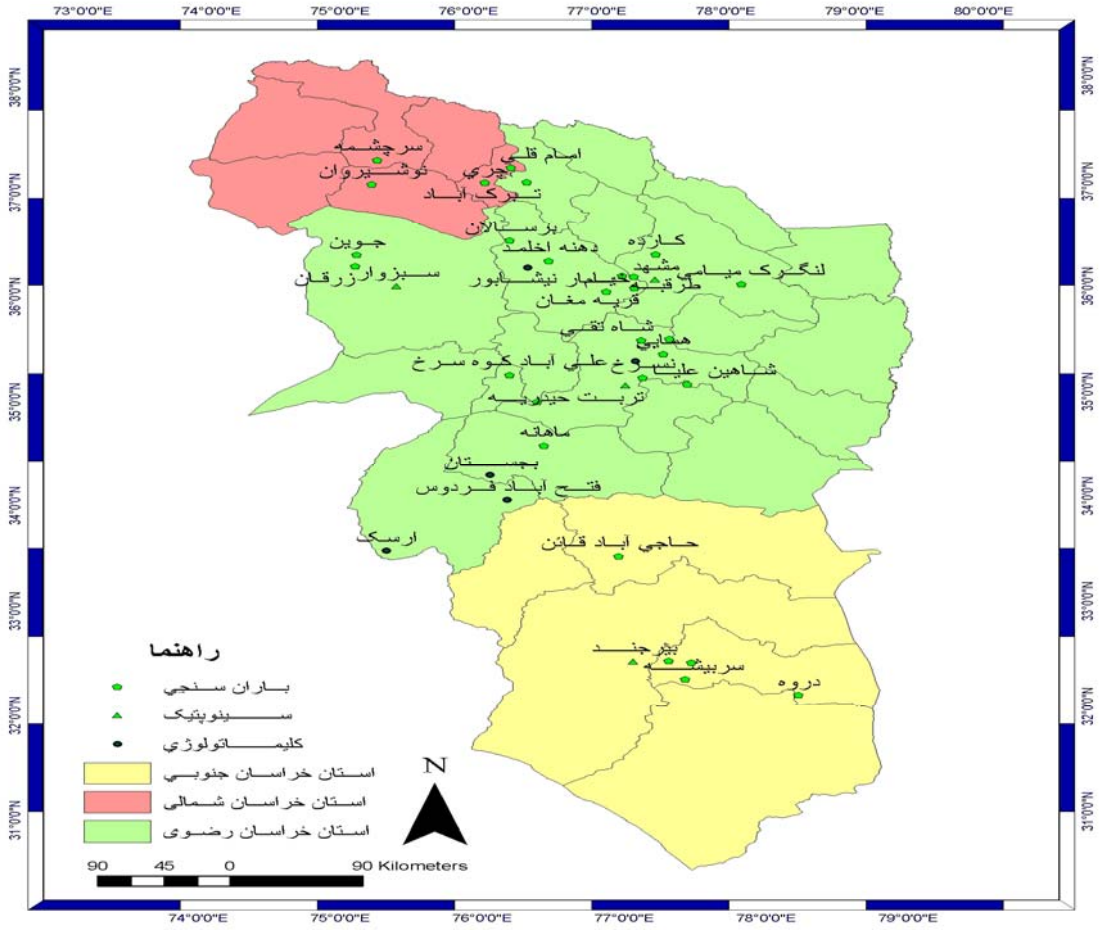
يکي از روش هاي پيش‌بيني آب و هوا، بهره‌گيری از الگوهاي سينوپتيکي پيوند از دور مانند تغيير دوره‌اي فشار سطح دريا، تغيير دوره‌اي دماي سطح دريا و مانند اين ها است که به عنوان سيگنال‌هاي هواشناسي معروف هستند. اين سيگنال‌ها بر پايه فشار سطح دريا، اختلاف فشار سطح دريا، دماي سطح دريا، اختلاف دماي سطح دريا و ديگر مشخصه‌هاي هواشناسي به دست مي آيند. در اين پژوهش سعي شده است با بهره‌گيری از الگوهاي سينوپتيکي فشار سطح دريا، اختلاف فشار سطح دريا، دماي سطح دريا و اختلاف دماي سطح دريا بين نقاط شاخصي که بر آب و هواي ايران تاثير گذارند، پيش‌بيني بارندگي براي بازه زماني بين ماه‌هاي دسامبر تا مي، انجام گيرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی در اين پژوهش خراسان بزرگ شامل سه استان خراسان رضوي، خراسان شمالي و خراسان جنوبي است. دوره زماني مورد بررسی در اين پژوهش، کل بارش ٣٣ ساله آذر تا ارديبهشت (دسامبر تا مي) در فاصله بين سال‌هاي

۱۹۷۰-۲۰۰۲ ميلادي، شامل بارندگي ۳۷ ايستگاه همديدي، اقليم شناسي و باران سنجي كه از سازمان هواشناسي كشور دريافت شده است، مي‌باشد. از اين شمار (۴) ايستگاه همديدي پنج، (۵) ايستگاه اقليم شناسي و بقيه باران سنجي مي باشند. شكل (۱) نقشه محدوده و نام ايستگاه‌هاي مورد بررسی نشان مي‌دهد.



شكل ۱- نقشه محدوده مورد بررسی به همراه‌ايستگاه‌هاي برگزيده

آزمون همگني داده‌ها

در اين پژوهش براي آزمون همگني داده‌ها از آزمون متداول و مورد عمل "ران تست" بهره‌گيری شده است. در اين پژوهش براي تكميل برخي از كمبود داده‌های بارش از روش تفاضل‌ها و نسبت‌ها بهره‌گيری شده است.

محاسبه بارش ميانگين منطقه‌اي

براي به دست آوردن بارش ميانگين منطقه‌اي از مدل رقومي ارتفاعي بهره‌گيری شده است. براي به دست آوردن دوره زماني بارش ميانگين منطقه‌اي با بهره گيری از مدل رقومي ارتفاعي گام‌هاي زير انجام شد:

۱- ساختن دوره‌هاي ورودي نرم‌افزار Arc GIS ۲- به دست آوردن رابطه بارش با ارتفاع با بهره‌گيری از روابط

رگرسيوني ٣- به دست آوردن نقشه رقومي منطقه مورد بررسی ۴- انجام تحليل‌هاي مربوط به مدل رقومي ارتفاعي (DEM) ۵- تحليل و ترسيم تغييرهای مكاني بارش در منطقه براي هر سال ۶- به دست آوردن ميزان ميانگين بارش در منطقه مورد بررسی براي هر سال ۷- ساخت دوره زماني بارش براي منطقه مورد بررسی.

سيگنال‌هاي شاخص مورد بهره‌گيری در پژوهش

سيگنال‌هايي كه در اين پژوهش مورد بررسي قرار گرفته اند. عبارت‌اند از: ١- دماي سطح دريا (SST)[1]، ٢- اختلاف دماي سطح دريا و سطح ١٠٠٠ ميلي باري Δ (SST)، ٣- فشار سطح دريا (SLP)، ۴- اختلاف فشار سطح دريا (ΔSLP).

لازم به يادآوری است براي انجام آزمون‌هاي آماري لازم و به دست آوردن همبستگي بين سيگنال‌هاي شاخص با بارش منطقه از دو نرم‌افزار اكسل[2] و جامپ[3] نسخه ۴ بهره‌گيری شده است.

داده‌هاي مورد نياز

داده‌هاي مورد نياز از سايت نوا[4] در شبكه‌هايي با توان جداپذيری ٢/٥ × ٢/٥ درجه در فاصله بين سال‌هاي ٢٠٠٢-١٩٧٠ ميلادي استخراج شده است.

بررسي ارتباط سيگنال‌هاي شاخص با بارش منطقه مورد بررسی

به منظور بررسي ارتباط سيگنال‌ها با بارش منطقه مورد بررسی، نقاطي تحت عنوان نقاط شاخص در مناطق مختلفي از دریاها مورد بررسي قرار گرفته است. اين نقاط شامل نقاطي در درياي مديترانه، خليج فارس،درياي عمان،خليج عدن، درياي عرب، درياي سرخ، درياي سياه، درياي آدرياتيک، درياچه آرال، اقيانوس هند، اقيانوس اطلس، درياي شمال و سيبري مي باشندكه مختصات اين نقاط در جداول(١) و (۴) نشان داده شده است. در اين پژوهش، بر پايه آزمون‌هاي آماري و ضريب همبستگي بين تغييرهای سيگنال‌ها و بارش در منطقه مورد بررسی سيگنال‌هايي كه سطح اطمينان آنان كمتر از ۵ % و ميزان ضريب همبستگي آنان در سطح ۵% بزرگتر يا برابر ٠/٣۴ بود($r \geq$٠/٣۴) از لحاظ آماري معني‌دار بوده و در مدل پيش‌بيني مورد بهره‌گيری قرارگرفته است.

نتايج

نتايج مربوط به بررسي ارتباط تغييرهای فشار سطح دريا(**SLP**[5]) با تغييرهای بارش منطقه مورد بررسی

به منظور محاسبه سيگنال‌هاي SLP براي هر سيگنال۴ بازه زماني در هر سال در دوره زماني سيگنال شامل بازه‌هاي ژوئن تا نوامبر، سپتامبر تا نوامبر، اكتبر تا نوامبر و نوامبر در نظر گرفته شده است. همان طور كه ديده مي‌شود، چون در اين پژوهش هدف پيش‌بيني بارندگي در بازه دسامبر تا مي مد نظر بوده است، فصل بندي سيگنال‌ها طوري گزينش شده است كه فصول بارندگي را شامل نشود. خلاصه مشاهده‌های اثر فشار سطح دريا در مناطق شاخص در جدول (٢) آورده داده شده است.

نتايج مربوط به بررسي ارتباط تغييرهای اختلاف فشار **SLP** نقاط شاخص با تغييرهای بارش منطقه

در اين پژوهش ارتباط تغييرهای اختلاف SLP در نقاط شاخص گزينش شده با تغييرهای بارش منطقه بررسي شده است. به منظور بررسي ارتباط اختلاف SLP در نقاط شاخص گزينش شده نيز، ۴ بازه زماني در هر سال در دوره زماني

١- Sea Surface Temprature

٢- EXELL

٣- JMP 4

٤- Noaa

٥- Sea Level Pressure

سیگنال شامل بازه‌هاي ژوئن تـا نـوامبر، سـپتامبر تـا نـوامبر، اکتبر تا نوامبر و نوامبر در نظر گرفته شده است. گرادیان فشار بین نقـاط نـام بـرده در جـدول(۱) در بـازه‌هـاي زمـاني بـالا محاسبه شده است. خلاصه مـشاهده‌هـای اثـر اخـتلاف هـاي فشار سطح دریا بین نقاط شاخص بر بارش منطقه در جـدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۱- نام و مختصات نقاط مورد بهره‌برداری در تحلیل‌هاي فشار سطح دریا*

نام نقاط مورد بهره برداری	عرض جغرافیایي	طول جغرافیایي	نام نقاط مورد بهره‌برداری	عرض جغرافیایي	طول جغرافیایي
دریاي آدریاتیک	۴۲/۵	۱۵	غرب مدیترانه	۴۰	۵
گرینلند	۶۵	۳۳۰	شرق مدیترانه	۳۵	۳۰
خلیج عدن	۱۲/۵	۴۵	دریاي سیاه	۴۵	۳۵
دریاي عرب	۲۰	۶۵	مرکز اطلس	۳۰	۳۲۰
آرال	۴۵	۶۰	دریاي شمال	۵۵	۵
آزور	۴۰	۳۳۰	اقیانوس هند	۵-۱۵	۶۰-۷۰
جنوب خلیج فارس	۲۵	۵۵	شبکه‌ایسلند	۵۵-۷۰	۳۰۰-۳۵۰
شمال خلیج فارس	۲۷/۵	۵۰	دریاي لابراور	۶۰	۳۱۰
جنوب دریاي سرخ	۱۵	۴۰-۴۲/۵	شبکه سوران	۱۵-۲۵	۰-۵۵
شمال دریاي سرخ	۲۵	۳۵	دریاي عمان	۲۲/۵	۶۵
شمال دریاي خزر	۴۵	۵۰	بایکال	۵۵	۱۰۵-۱۰۷/۵
جنوب دریاي خزر	۴۰	۵۰	سودان	۱۰	۳۰
سیبري	۵۰	۹۰	شبکه سیبري	۵۰-۶۰	۹۰-۱۳۰

* به توضیحات زیر جدول ۴ مراجعه شود.

جدول ۲ - خلاصه مشاهده‌های اثر فشار سطح دریا در مناطق شاخص گزینش شده بر بارش منطقه*

نام نقاط گزینش شده	فصل	**P-Value**	ضریب همبستگی	میانگین< بارش	میانگین> بارش
خلیج عدن	ژوئن تا نوامبر	۰/۰۰۱	۰/۵۲	SLP> ۰/۹	SLP< -۱
غرب دریای مدیترانه	نوامبر	۰/۰۰۵	۰/۴۷	SLP> ۰/۹	SLP< -۰/۵
جنوب خلیج فارس	ژوئن تا نوامبر	۰/۰۲	۰/۳۷	SLP> ۰/۸	SLP< -۱
شمال دریای سرخ	ژوئن تا نوامبر	۰/۰۰۷	۰/۴۶	SLP> ۱	SLP< -۱
جنوب دریای سرخ	ژوئن تا نوامبر	۰/۰۰۰۶	۰/۵۶	SLP> ۱/۱	SLP< -۰/۶

* ستون پنجم و ششم جدول‌های ۲، ۳، ۵ و ۶ بالا میزان‌هایي را نشان مي‌دهند که به ازاي آنان بارش بیشتر یا کمتر از میانگین بلند مدت است.

جدول ٣- خلاصه مشاهده‌های اثر اختلاف‌هاي فشار معني‌دار در مناطق شاخص گزينش شده بر بارش منطقه

اختلاف فشار	فصل	P-Value	ضريب همبستگی	ميانگين< بارش	ميانگين> بارش
بين آدرياتيک و جنوب خليج فارس	ژوئن تا نوامبر	٠/٠١	٠/۴١	ΔSLP< -٠/١	ΔSLP< ٠/٢۵
بين آرال و شمال خزر	ژوئن تا نوامبر	٠/٠۴	٠/٣۶	ΔSLP> ٠/٢۵	-٠/۵ <ΔSLP<-٠/٣
بين دريای عمان و جنوب خليج فارس	ژوئن تا نوامبر	٠/٠٢	٠/۴	ΔSLP< ٠	ΔSLP> ٠
بين جنوب خليج فارس و دريای عرب	ژوئن تا نوامبر	٠/٠١	٠/۴٣	ΔSLP> ٠/٢	ΔSLP< ٠/٢
بين جنوب خليج فارس و جنوب درياى سرخ	ژوئن تا نوامبر	٠/٠٢	-٠/٣٩	-١/۵ <ΔSLP<-٢	ΔSLP< ٠/٢

نتايج مربوط به بررسي ارتباط تغييره‌هايی دماي سطح دريا با بارش منطقه مورد بررسی

به منظور محاسبه سيگنال‌هاي SST و اختلافSST براي هر سيگنال۶ بازه زماني در هر سال شامل بازه‌هاي ژوئن تا نوامبر،ژولاي تا نوامبر،اوت تا نوامبر،سپتامبر تا نوامبر، اکتبر تا نوامبر و نوامبر در نظر گرفته شده است. همان طور که ديده مي‌شود، در محاسبه سيگنال‌هاي SST و اختلاف SST از بازه‌هاي زماني بيشتري بهره‌گيری شده است. دليل آن با مراجعه به جدول‌های(۵) و (۶) به طورکامل مشخص است. همان طور که در اين جدول‌های ديده مي‌شود، بيشترين همبستگي ها بين بارش ميانگين منطقه‌اي و سيگنال‌ها در بازه‌هاي زماني اوت تا نوامبر و ژوييه تا نوامبر به دست آمده است. بنابراين به دليل نبود همبستگي بين بارش منطقه و سيگنال‌ها در بعضي بازه‌هاي گزينش شده براي فشار و اختلاف فشار سطح دريا، از بازه‌هاي زماني بيشتري براي تحليل ارتباط بين تغييرهای دما و اختلاف دماي سطح دريا با بارش منطقه بهره‌گيری شده است که نتايج آن نيز رضايت بخش بوده است، اما در تحليل ارتباط بين بارش منطقه و سيگنال‌هاي فشار و اختلاف فشار سطح دريا، بيشترين همبستگي ها در بازه زماني ژوئن تا نوامبر به دست آمده است. خلاصه مشاهده‌های اثر دماي سطح دريا در مناطق شاخص در جدول (۵) آورده داده شده است. همان طور که ديده مي‌شود، ضريب همبستگي بين تغييره‌های دماي سطح دريا با بارش منطقه در بازه‌هاي زماني سپتامبر تا نوامبر درياي سياه، اوت تا نوامبر شبکه‌ايسلند، ماه نوامبر شمال خليج فارس، اکتبر تا نوامبر درياي شمال، اوت تا نوامبر جنوب درياي سرخ، ژوئن تا نوامبر شبکه سيبري و اوت تا نوامبر غرب درياي مديترانه منفي بوده و ارتباطي را با رخداد دوره‌هاي بالاتر و پايين تر از ميانگين نشان مي دهند و مي توانند به عنوان شاخصي براي پيش‌بيني رخداد دوره‌هاي کم بارش و پر بارش در منطقه به کار برده شوند. همان طور که در جدول(۵) ديده مي‌شود، ضريب همبستگي بين دماي سطح دريا و بارش منطقه در بازه زماني اوت تا نوامبر غرب درياي مديترانه،اکتبر تا نوامبر درياي شمال و ژوئن تا نوامبر

شبكه سيبري از ديگر سيگنال‌ها بيشتر بـوده و در سـطح ۱٪ معني‌دار است.

جدول ۴- نام و مختصات نقاط مورد بهره‌گیری در تحلیل‌هاي دماي سطح دريا*

نام نقاط گزينش شده	عرض جغرافيايي	طول جغرافيايي	نام	عرض جغرافيايي	طول جغرافيايي
درياي آدرياتيک	۴۳	۱۵	شمال درياي خزر	۴۵	۵۰
خليج عدن	۱۲/۵	۴۵	شمال خليج فارس	۲۷	۵۰
درياي عرب	۱۴-۲۰	۶۰-۷۰	شمال درياي سرخ	۲۵	۳۵
آرا ل	۴۵	۶۰	درياي شمال	۵۴	۵
شبكه آزور	۲۰-۴۱	۳۰۰-۳۳۹	درياي عمان	۲۴	۶۵
آزور	۴۱	۳۳۰	جنوب درياي خزر	۳۹	۵۰
درياچه بايكال	۵۴	۱۰۷	جنوب درياي سرخ	۱۴	۴۰
درياي سياه	۴۵	۳۴-۳۵	شبكه سيبري	۵۰-۶۰	۹۰-۱۳۰
مركز اقيانوس آرام	۳۰	۳۲۰	غرب مديترانه	۴۱	۵
گرينلند	۳۵	۳۰	شبكه‌ايسلند	۵۴-۷۰	۳۰۰-۳۵۰
اقيانوس هند	۵ -۱۴	۶۰-۷۰	درياي لابرادور	۶۰	۳۰۹

* در جدول بالا، نقاطي كه با خط فاصله از هم جدا شده اند، منظور يك محدوده مي‌باشد. به عنوان مثـال، شـبكه آزور در محـدوده ۴۱-۲۰ درجـه عـرض شمالي و ۳۳۹-۳۰۰ درجه طول جغرافيايي قرار دارد. همان طور كه مي دانيم طول جغرافيايي از ۱۸۰-۰ طول شرقي و ۱۸۰- ۰طول غربي تغيير مي‌كند كه در اين مقاله براي پرهيز از واژه طول غربي و شرقي، با توجه به‌اين موضوع كه محيط زمين از ۳۶۰-۰ درجه تغيير مي‌كند، براي سادگي، محيط زمين با مبدا طول جغرافيايي۰ درجه به طرف شرق پايه گزينش نقاط قرار گرفته است.

جدول ۵- خلاصه مشاهده‌های اثر دماي سطح دريا در نقاط شاخص گزينش شده بر بارش منطقه

نام نقاط بهره‌برداری شده	فصل	**p-value**	ضريب همبستگي	ميانگين> بارش	ميانگين< بارش
درياي سياه	سپتامبر تا نوامبر	۰/۰۵	-۰/۳۳	۰/۱SST>	-
شبكه‌ايسلند	اوت تا نوامبر	۰/۰۳	-۰/۳۶	۰/۲SST>	-۰/۶SST<
شمال خليج فارس	نوامبر	۰/۰۳	-۰/۳۷	۰/۶SST>	-۱/۵SST<
درياي شمال	اكتبر تا نوامبر	۰/۰۰۱	-۰/۵۳	۰/۵SST>	-۰/۶SST<
جنوب درياي سرخ	اوت تا نوامبر	۰/۰۵	-۰/۳۳	۰/۹SST>	-
شبكه سيبري	ژوئن تا نوامبر	۰/۰۰۸	-۰/۴۵	۱SST<۰/۱<	-۱/۵SST<
غرب مديترانه	اوت تا نوامبر	۰/۰۰۰۳	-۰/۵۸	۰/۴SST>	-۱/۶SST<

نتايج مربوط بـه بررسـي ارتبـاط تغييرهـاى اخـتلاف دماي سطح دريا و سطح ١٠٠٠ ميلي باري با بارش

خلاصه مشاهده‌های اثر اختلاف هـاي دمـاي سـطح دريـا و سطح ١٠٠٠ ميلي باري در نقاط شاخص بر بارش منطقـه در جدول (۶) نشان داده شده است. همان طور كه ديده مي‌شود، ضريب همبستگي بـين اخـتلاف دمـاي سـطح دريـا و سـطح ١٠٠٠ ميلي باري در بازه‌هاي زماني ژوييه تـا نوامبرگرينلنـد، ژوئن تا نوامبر شبكه‌ايسلند، اوت تا نوامبر دريـاي لابـرادور بـا بارش منطقه مثبت و ضريب همبستگي بـين اخـتلاف دمـاي سطح دريا و سطح ١٠٠٠ ميلي باري در بازه زماني اكتبـر تـا نوامبر شـمال خلـيج فـارس بـا بـارش منطقـه منفـي بـوده و ارتباطي را با رخداد دوره‌هاي كم بارش و پر بارش در منطقـه نـشان مـي دهنـد و مـي تواننـد بـه عنـوان شاخـصي بـراي پيش‌بيني رخداد دوره‌هاي كم بارش و پر بارش در منطقه بـه كار برده شوند. در اين ميان،ضريب همبـستگي بـين اخـتلاف دماي سطح دريا و سطح ١٠٠٠ ميلي باري با بارش منطقه در بازه‌هاي زماني اوت تا نوامبر درياي لابرادور و اكتبر تـا نـوامبر شمال خليج فارس از ديگر سيگنال‌ها بيشتر بوده و در سـطح ١٪ معني‌دار است.

جدول ۶- خلاصه مشاهده‌های اثر اختلاف هاي دماي معني‌دار در مناطق شاخص گزينش شده بر بارش منطقه

اختلاف دما*	فصل	p-value	ضريب همبستگي	بارش<ميانگين	بارش> ميانگين
جنوب گرينلند	ژولاي تا نوامبر	۰/۰۲	۰/۳۹	-۳/۳ΔSST> -۴ΔSST<-۵<	-۵ΔSST< -۳/۴ΔSST<-۴<
شبكه‌ايسلند	ژوئن تا نوامبر	۰/۰۵	۰/۳۳	۰/۵ΔSST>	۰/۵<ΔSST<۰/۱ -۰/۴ΔSST<
درياي لابرادور	اوت تا نوامبر	۰/۰۰۲	۰/۵۰	۰/۴ΔSST>	-۰/۴ΔSST<
شمال خليج فارس	اكتبر تا نوامبر	۰/۰۱	-۰/۴	-۰/۷ΔSST<	۰/۵ΔSST<۰<

* منظور از اختلاف دما، اختلاف دما بين سطح دريا و سطح ١٠٠٠ ميلي باري مي‌باشد. .

پـيش‌بينـي بـارش سـالیانه بـا بهـره‌گيـری از روش رگرسيوني خطي چند متغيره

با بهره‌گيری از معادله‌های رگرسيون خطي چند متغيره، اثر متغيرهاي مستقل به صورت همزمان بـر روي متغيـر وابـسته بررسي شد. براي بدست آوردن مدل رگرسـيوني از نـرم‌افـزار SPSS بهره‌گيری شده اسـت. بـراي انجـام عمليـات از روش ورودي[1]،روش ورود تدريجي متغيرها[2]، روش گام به گـام ورود متغيرها[3] و روش حذف تدريجي متغيرهـا[4] بهـره‌گيـری شـده است كه در اين پژوهش نتايج روش گام به گام ورود متغيرها كه خطاي كمتري را در پيش‌بيني بارش داشته اسـت، شـرح داده مي‌شود.

در اين پژوهش متغير وابسته، بارش ميـانگين منطقـه‌اي در سـال‌هـاي متـوالي بـوده و متغيرهـاي مـستقل دوره زمـاني سيگنال‌هاي شاخص در بازه‌هاي زماني مختلف مي‌باشد. مدل

١- Enter

٢- Forward

٣- Stepwise

٤- Backward

عمومي رگرسيون خطي مورد بهره‌گیری، مدل رگرسيوني خطي چندگانه بوده و به صورت زير تعريف مي‌شود:

$$(Y=a+ b_1x_1+ b_2x_2 +\ldots\ldots\ldots\ldots+ b_ix_i)$$

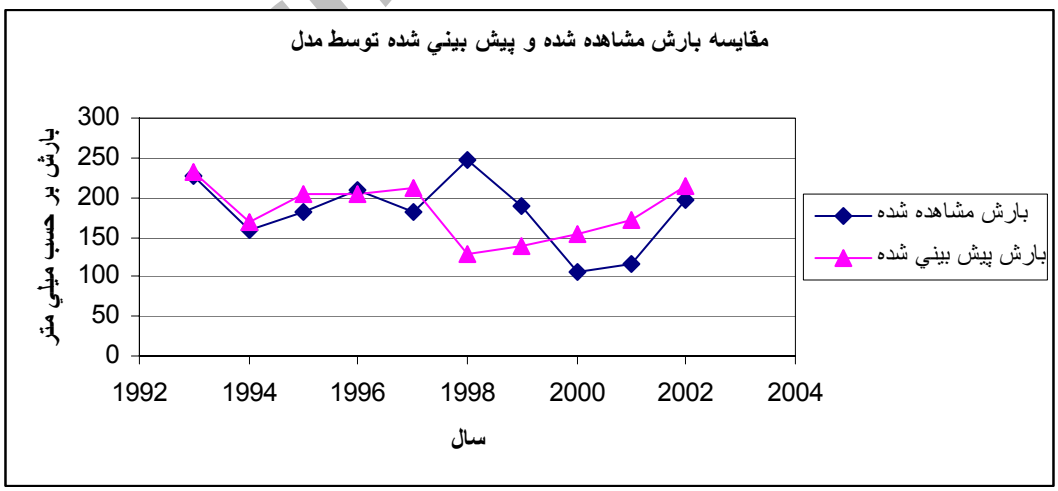
در معادله بالا، a ضريب ثابت و b ضريب رگرسيون يا شيب خط مربوط به هريک از متغيرها، x متغير مستقل و Y متغير وابسته است. همچنين متغيرهاي مستقل عبارت‌اند از سيگنال‌هايي که بر پايه آزمون‌هاي آماري معني‌دار بوده و در جداول (۲، ۳، ۵ و ۶) نشان داده شده اند. لازم به يادآوری است از شمار کل ۳۳ سال دوره آماري، شمار ۲۳ سال براي دوره تنظيم و اصلاح و ۱۰ سال باقي‌مانده براي اعتبارسنجي مدل بهره‌گیری شده است.

نتايج پيش‌بيني بارش سالیانه با بهره‌گیری از مدل گام به گام ورود متغيرها

معادله بدست آمده با مدل گام به گام ورود متغيرها عبارت است از :

$$Y=209.8+28.3x_1-22.2x_2$$

در اين معادله x_1 فشار استاندارد شده خليج عدن در بازه زماني ژوئن تا نوامبر و x_2 دماي سطح درياي استاندارد شده شمال خليج فارس در ماه نوامبر است. همان طور که ديده مي‌شود، تنها ضريب‌های مربوط به فشار استاندارد شده خليج عدن در بازه زماني ژوئن تا نوامبر و دماي سطح درياي استاندارد شده شمال خليج فارس در ماه نوامبر در معادله نهايي معني‌دار شده اند و براي پيش‌بيني بارش فصل پس مورد بهره‌گیری قرار مي گيرند. همان طور که در جدول (۷) ديده مي‌شود، ضريب همبستگي بين متغيرهاي مستقل و متغير تابع (بارش) ۷۰ درصد و ضريب تبيين مدل ۴۹ است. ريشه ميانگين مربعات خطا براي اين مدل ۴۹ ميلي‌متر است. بنابر اين با بهره‌گیری از ضريب همبستگي، ضريب تبيين و ريشه ميانگين خطاي به دست آمده، با خطاي قابل قبولي مي توان بارش فصل پس را پيش‌بيني نمود. خلاصه مشاهده‌های مربوط به‌اين مدل در جدول (۷) آمده است. شکل(۲) بارش ديده شده و پيش‌بيني شده با مدل گام به گام ورود متغيرها را نشان مي‌دهد.



شکل ۲- مقايسه بارش ديده شده و پيش‌بيني شده با مدل ورود گام به گام متغيرها

جدول ٧- خلاصه مشاهده‌های مربوط به مدل گام به گام ورود متغیرها

مدل	R	R^2	R^2 تعدیل شده	انحراف معیار مقادیر تخمینی	آماره‌ها	
					نسبت F	P-value
١	٠/٧٠١	٠/۴٩١	٠/۴۴٠	٣۶/٢٧٠٩	۶/٨۴٧	٠/٠١٧

بحث

مقايسه نتايج به دست آمده از اين پژوهش با نتايج به دست آمده توسط پژوهشگران ديگر مانند پژوهش انجام شده توسط ناظم السادات(١٩٩٨) نشان دهنده ارتباط معني‌دار سيگنال‌هاي فشار سطح دريا، اختلاف فشار سطح دريا، دماي سطح دريا و اختلاف دماي سطح دريا و سطح ١٠٠٠ ميلي باري با بارش منطقه شمال شرق كشور است و چنين استنباط مي‌شود كه مي توان از اين سيگنال‌ها براي پيش‌بيني بارش منطقه شمال شرق كشور بهره گرفت. به عنوان مثال، بنابه نتايج به دست آمده توسط ناظم السادات (١٩٩٨)، بارش زمستانه(ژانويه تا مارس) مناطق جنوب و جنوب غرب ايران با SST خليج فارس نسبت عكس دارد كه نتايج به دست آمده با اين پژوهش نيز اين موضوع را تاييد مي‌كند و نشان‌دهنده ارتباط معكوس SST و اختلاف SST با بارش منطقه شمال شرق ايران است. همچنين نتايج به دست آمده توسط كارآموز و همكاران (١٣٨۴) نيز نشان دهنده ارتباط معني‌دار تغييرهای سيگنال‌هاي فشار و اختلاف فشار سطح دريا با بارش مناطق غرب كشور است كه نتايج به دست آمده از اين پژوهش نيز اين موضوع را تاييد مي‌كند و نشان دهنده ارتباط معني‌دار تغيير سيگنال‌هاي بزرگ مقياس اقليمي با بارش منطقه شمال شرق كشور است. درکل مي توان گفت مدل در بيشتر سال‌هاي مورد بررسی از دقت خوبي برخوردار است. تنها در سال ١٩٩٨ بارش ديده شده و پيش‌بيني شده داراي اختلاف به نسبت بيشتري نسبت به سال‌هاي ديگر است كه شايد يكي از دلايل آن كم بودن سال‌هاي آماري است و اميد است با افزايش سال‌هاي آماري، اين مشكل هم برطرف شود. از كل موارد بالا چنين استنباط مي‌شود كه متغيرهاي مورد بهره گيری در مدل پيش‌بيني بارش، توانسته اند الگوي پراكندگي بارش را در منطقه تشخيص دهند و مي توانند به عنوان پيش‌بيني كننده در مدل‌هاي پيش‌بيني بارش مورد بهره‌گرفت قرار گيرند.

پيشنهادها

١- پيشنهاد مي‌شود به منظور بررسي ارتباط سيگنال‌هاي بزرگ مقياس اقليمي با بارش كشور، اين كار در مناطق ديگر كشور به ويژه در مناطق جنوب شرق كشور كه تحت تاثير بارش‌هاي موسمي قرار دارند، همچنين مناطق شمالي كشور انجام گيرد.

٢- پيشنهاد مي‌شود از مشخصه‌هاي ديگر هواشناسي مانند تابش، شار گرماي نهان تبخير، مولفه‌هاي افقي و قايم باد در سطوح مختلف فشاري، شار گرماي محسوس و غيره نيز بهره گيری شده و ارتباط اين مشخصه‌ها نيز با بارش مشخص شود

٣- پيشنهاد مي‌شود در پژوهش‌های پسي از روش‌هايي مانند شبكه‌هاي عصبي، منطق حالتي، شبكه‌هاي عصبي حالتي تطبيقي و غيره نيز بهره‌گيری شود.

منابع

۱- خورشيد دوست، علي محمد، يوسف قويدل رحيمي، ۱۳۸۵. ارزيابي اثر پديده انسو بـر تغييرپـذيري بـارش‌هـاي فـصلي اسـتان آذربايجان شرقي با بهره گيری از شاخص چند متغيره انسو، فصلنامه پژوهش هاي جغرافيايي، سال سي و هـشتم، شـماره ۵۷، پـاييز ۱۳۸۵، ص۱۵.

۲- خوش اخلاق، فرامرز، ۱۳۷۷. "پديده انسو و تاثير آن بر رژيم بارش ايران"، فصلنامه پژوهش های جغرافيايي، شـماره پيـاپي ۵۱، سال سيزدهم، شماره ۴.

۳- فتاحي، ابراهيم، عبدالله صداقت كردار، ۱۳۸٦. تاثير پديده انسو بر بارش‌هاي زمـستآنانيران، دومـين همـايش مقابلـه بـا سـوانح طبيعي، دانشكده فني دانشگاه تهران، ۱۳ ص.

۴- مدرس پور، آزاده، ۱۳۷۳. "ناهنجاري هاي اقليمي ايران و ENSO(ال نينو- نوسانات جنـوبي)"، پايـان نامـه كارشناسـي ارشـد، دانشگاه اميركبير، دانشكده مهندسي عمران و محيط زيست.

۵- ناظم السادات، محمد جعفر، ۱۳۸۰. "آيا باران مي‌بارد؟ خشكسالي و بارندگي مازاد در ايران و ارتبـاط آنـان بـا پديـده ال نينـو- نوسانات جنوبي"، انتشارات دانشگاه شيراز.

۶- كارآموز، محمد، ۱۳۸۵. پيش‌بيني بلند مدت بـارش بـا بهـره‌گيـری از سـيگنال‌هـاي هواشناسـي، پـروژه شـماره ۳۴۲ سـازمان هواشناسي كشور.

7-Anupam, K. Ervin, Z. Andras & B. Franz, N., 2005, Prediction of monsoon rainfall for a mesoscale Indian catchment based on stochastical downscaling and objective circulation patterns, journal Hydrology and Earth System Sciences, 2: 1961–1993.

8-Farmer, G., 1988, Seasonal Forecasting of the Lenya Coast Short Rains , Journal of Climatology, 8: 489-497.

9- Harzallah, A.& Sadourny, R., 1997, Observed Lead-Lag Relationship Between Indian Summer Monsoon and Some Meteorological Variables , Clim. Dn, 13: 637-648.

10- Lindesay, J.A., Harrison, M.S.J. & Haffner, M.P., 1986, The southern
Oscilation and South African Rainfall, South Afraca Journal of Science, 82:197-198

11- Nazemosadat, M.J., & Cordery, I., 2000, On the Relationship Between ENSO and Autumn Rainfall in Iran, Journal of climatology, 1: 47-62.

12- Nicholson, S.E. & Selato, J.C., 2000, The Association Between ENSO and
Winter Atmospheric Circulation and Temperature in the North Atlantic Region, Journal of Climate, 14: 3408-3420.

13- Vasqueze, D., 2001, The Relationship Between California Rainfall and ENSO Events, Journal of Climate, 2: 1258-1269

14- R, pongracz & J, Bartholy, 2006, Regional Effects of ENSO in Central/Eastern Europe,
journal of advances in Geosciences, 6:133-137.

15- Ropelewski, C.F., & Halpert, M.S., 1989, Precipitation Patterns Associated With the High Index Phase of the Southern Oscillation, Journal of Climate, 2: 268-284.

Annual rainfall forecasting based on synoptic patterns of tele-connection using statistical models

Gh. A. Fallah Ghalhary*[1], M. Mousavi Baygi[2], M. Habibi Nokhandan[3] and J. Khoshhal[4]
[1] Ph.D. Student of Meteorology, University of Isfahan, I.R.Iran
[2] Scientific Member, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, I.R.Iran
[3] Scientific Member, Meteorological Research Institute, I.R.Iran
[4] Scientific Member, Natural Geography-climatology Department, University of Isfahan, I.R.Iran
(Received: 06 October 2007, Accepted: 29 November 2008)

Abstract

The research show that global climate changes and atmospheric general circulation are affected by large scale phenomena that occurred in the sea surface. These large scale phenomena are often named "climate large scale signals". These signals are calculated based on criteria such as sea Level Pressure (SLP), Sea Surface Temperature (SST) and so on. A method for weather forecasting is a special approach based on statistical modeling. In this study, data of 37 rainfall stations were used to model the relation between precipitation and Sea Level Pressure (SLP), Sea Surface Temperature (SST), Sea Level Pressure gradient (ΔSLP) and the difference between sea surface temperature and air temperature at 1000 HP. The results show that statistical modeling can successfully predict the amount of annual rainfall. The mean root square error for stepwise model were obtained 49 millimeters.

Keywords: Synoptic pattern, Digital Elevation Model, Meteorological signals, Stepwise model

*Corresponding author: Tel: +98 913 2639881 , Fax: +98 511 3822310 , E-mail: ab_fa789@yahoo.com