دکتر بهلول علیجانی
دانشگاه تربیت معلم تهران
شماره مقاله : ۳۳۲

نقش کوههای البرز در توزیع ارتفاعی بارش

Dr. Buhlul Alijani

Training University of Tehran

The role of Alborzs mountains in altitudinal distribution of precipitation

In order to understand the role of Alborz mountains, thirteen year, annual, seasonal, monthly, and daily precipitation values of 108 raingauge stations were analysed. The correlation coefficients showed a negative relation between altitude and precipitation in the region as a whole and in the northern slope but a positive relation in the southern slope. The Mountains also blocked advection of the Caspian sea vapour into the country.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدّمه

نقش ارتفاعات و سدهای کوهستانی در ایجاد بارش سالهاست که بر دانشمندان معلوم شده است. آنان بارش را از نظر عاملِ صعود به سه گروه دینامیک، همرُفتی و مکانیکی یا کوهستانی تقسیم کرده‌اند. بارش کوهستانی بارانی است که بر اثر صعود اجباری هوا از سدهای کوهستانی ایجاد و یا تشدید می‌شود.

رشته کوههای البرز به صورت سد کوهستانی در امتداد ساحل دریای خزر و با فاصلهٔ بسیار کمی از آن قرار دارد. ارتفاع این سد کوهستانی در همه جا باستثنای چند گذرگاه کوهستانی بیش از ۱۸۰۰ متر است. در نتیجه از حرکت جریانهای هوا؛ بویژه در جهات شمالی و جنوبی جلوگیری کرده و سببِ صعود اجباری آنها می‌شود. این امر در نهایت بارندگیهای کوهستانی را باعث می‌گردد. اگرچه در بیشتر کتابها و منابع علمی بارندگیهای شمال کوههای البرز به‌مکانیسم صعود کوهستانی نسبت داده می‌شود، ولی به جز چند تحقیق موردی، پژوهشی جامع در این زمینه انجام نشده است. در

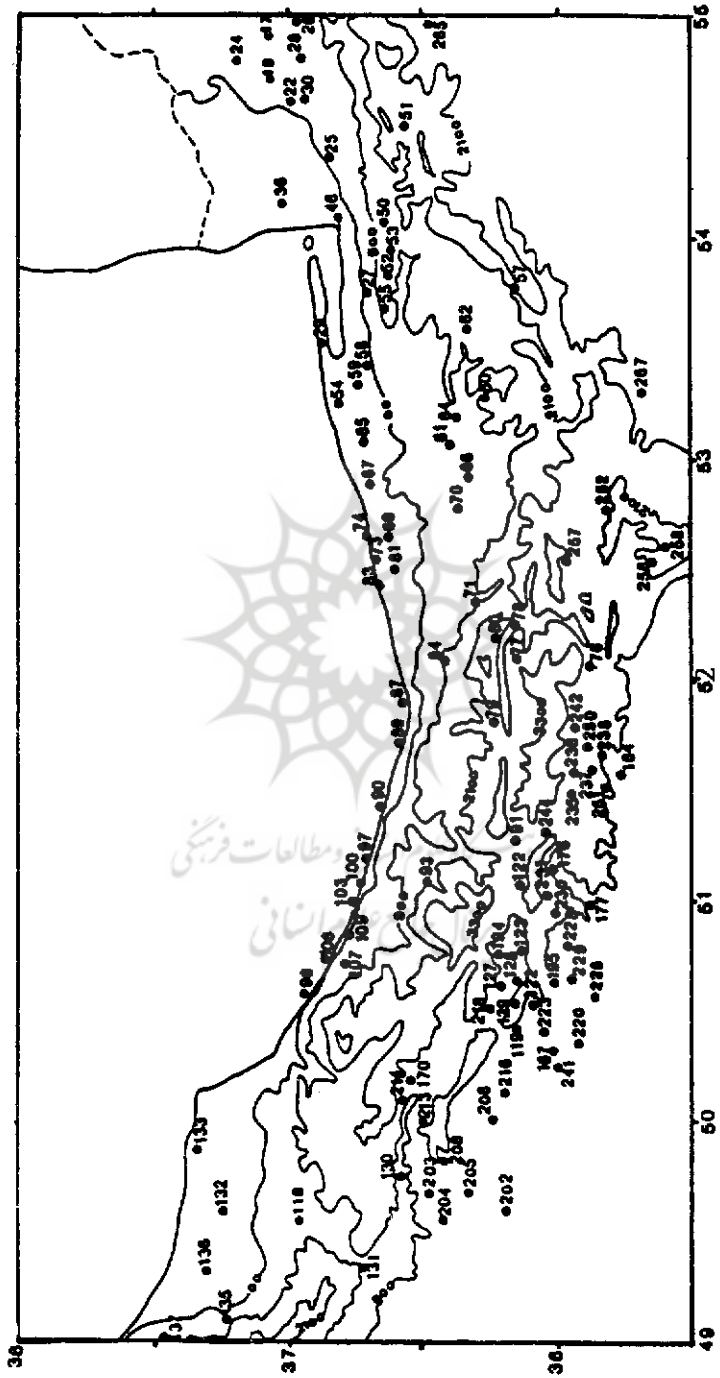
نتیجه اطلاعات کامل و دقیق درباره رابطهٔ تغییرات بارش با ارتفاع وجود ندارد و کار برنامه‌ریزی را بویژه برای نقاط فاقد ایستگاههای هواشناسی با مشکل روبرو کرده است.

در این تحقیق سعی شده است رابطهٔ بین توزیع زمانی و مکانی بارش و ارتفاع شناسایی شده و مدل مناسبی برای پیش‌بینی مقدار بارش ارائه شود.

منطقهٔ مطالعه

از نظر توپوگرافی، ارتفاعات البرز از دره سفیدرود در شرق تا کوه شاهوار در شمال شاهرود ادامه دارد. بلندی آن در هیچ نقطه‌ای (به غیر از درّهٔ سفید رود) کمتر از ۱۸۰۰ متر نیست. نواری کوهستانی با ارتفاع ۲۱۰۰ متر تمام منطقه را از غرب تا شرق فراگرفته است. مرتفعترین نقاط البرز در قسمتهای مرکزی قرار دارد که در بعضی قسمتها به بیش از ۳۳۰۰ متر می‌رسد (شکل شمارهٔ ۱). شکل قرارگیری این ارتفاعات به گونه‌ای است که به صورت یک سد کوهستانی در برابر جریانهای شمالی یا جنوبی واقع شده است. این نوع جریانها در مسیر حرکت خود اجباراً از دامنه‌های البرز صعود می‌کنند. وجود درّه‌های شرقی - غربی در داخل کوهستان البرز وضع یکنواختیِ دامنه‌ها را به هم زده است. به‌همین جهت اگرچه بعضی ایستگاهها از نظر روند عمومی ارتفاعات در دامنه شمالی یا جنوبی واقع شده‌اند ولی قرارگیری در کف درّه‌ای غربی - شرقی؛ مانند ایستگاه بلده در درّهٔ نور، سبب عدم بهره‌گیری کافی از جریانهای مرطوب دامنهٔ مربوط شده است.

همانطورکه‌از شکل‌شمارهٔ ۱ پیداست؛ توپوگرافی منطقه بسیار پیچیده‌است و پراکندگی مکانی بارش تنوّع چشمگیر دارد. مقدار بارش سالانه اگرچه در مجموع با آرایش توپوگرافی همخوانی دارد (شکل شمارهٔ ۲)، ولی دارایِ بی‌نظمیهای محلّی فراوان است. هسته‌های بیشینه بارش سالانه با مقدار بیش از ۱۸۰۰ میلیمتر در منطقه انزلی و بیش از ۱۳۰۰ میلیمتر در قسمت مرکزی ساحل مشاهده می‌شود و به‌طرف جنوب از مقدار آن کاسته می‌شود. بطوری که در بالای کوههای البرز به حدود ۷۰۰ میلیمتر و در کوهپایه‌های جنوبی به ۲۰۰ میلیمتر و حتی کمتر می‌رسد. فاصله خطوط منحنی در دامنه شمالی البرز به هم نزدیکتر ولی در دامنه جنوبی از هم دورتر است. برعکس نظم شرقی - غربی دامنهٔ شمالی، در این‌جا آرایش متفاوت وعمدتاً شمالی - جنوبی دارند. علی‌رغم ادامهٔ کوههای البرز به طرف مشرق، منحنیهای همباران در ساحل شرقی دریای خزر به طرف شمال بر می‌گردند و روند عمومی موازی خطوط همباران با امتداد توپوگرافی به هم می‌خورد. مشاهدهٔ این وضعیت؛ پراکندگی مکانی و در مجموع ویژگیهای بارش منطقه (جدول شمارهٔ ۲)، سؤال بسیار قدیمی را به ذهن انسان می‌آورد که؛ نقش کوههای البرز در توزیع بارش منطقه چقدر است؟



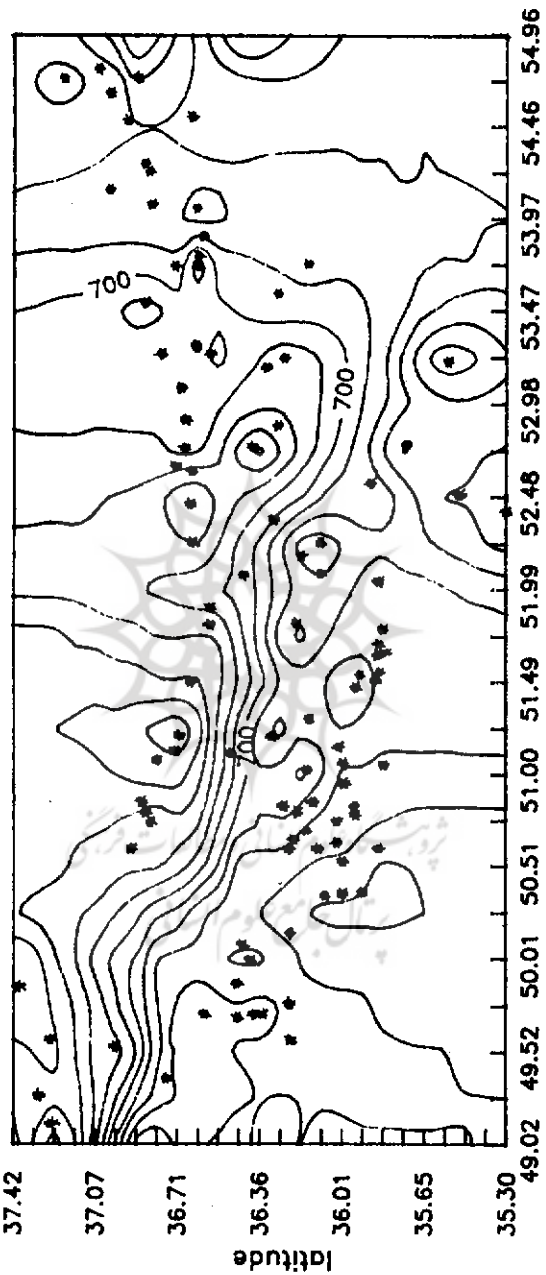
شکل شمارهٔ ۱ : توپوگرافی منطقه و ایستگاههای مورد مطالعه

جدول شمارهٔ ۱ : ایستگاههای مورد مطالعه

شمارهٔ ایستگاه	نام ایستگاه
۱۷	بهلکه‌داشلی
۱۹	سالیان‌تپه
۲۲	سلطان آباد
۲۴	سد گرگان
۲۵	باقی
۲۶	زرین گل
۲۷	نیرتاش
۲۸	فاضل آباد
۲۹	تازه آباد
۳۰	گرگان
۳۶	غفارحاجی
۴۶	سیاه آب
۵۰	بارکلا
۵۱	شاه کوه
۵۲	آوارد
۵۳	سفید چای
۵۴	نوذر آباد
۵۵	پچیم
۵۷	تلارم
۵۸	پایین زرندین
۵۹	آبلو
۶۰	افراچال
۶۱	دارابکلا
۶۲	سلیمان تنگه
۶۴	ریگ چشمه
۶۵	کردخیل
۶۶	شیرگاه
۶۷	تاریم
۶۹	عرب خیل
۷۰	قرانطالار
۷۱	کرسنگ
۷۳	بابلسر
۷۴	میاندشت
۷۶	پلور
۷۷	نمارستاق
۷۸	پنجاب
۷۹	بلده
۸۰	رزن
۸۱	سرخرود
۸۲	محمودآباد
۸۴	تنگ لاویج
۸۷	علمده
۸۹	نوسکانوک
۹۰	نوشهر
۹۱	گرم رودبار
۹۳	کلاردشت
۹۶	کلای بُن
۹۷	کلارآباد
۱۰۰	عباس آباد
۱۰۳	نشتارود
۱۰۶	شیرود
۱۰۷	گانگسر
۱۰۹	هرات بر
۱۱۶	تاریک رود

شماره ایستگاه	نام ایستگاه
۱۱۹	کماکان
۱۲۱	گیلوان
۱۲۲	گنه ده
۱۲۳	گلبرود
۱۲۴	دیزان
۱۲۷	ساکرانچال
۱۲۸	زیدشت
۱۲۹	آرموت
۱۳۰	پارودبار
۱۳۱	سد سفید رود
۱۳۲	رشت
۱۳۳	فخرآبادلشت‌نشاء
۱۳۵	قلعه رودخان
۱۳۶	کسما
۱۳۷	شاندرمن
۱۶۷	بهجت آباد
۱۷۰	فشند
۱۷۶	سیرا
۱۷۷	بیلقان
۱۸۴	رودک
۱۹۵	هبو
۲۰۲	کنشکین
۲۰۳	بیجنگ
۲۰۴	پونینک
۲۰۵	اشنجین
۲۰۶	اسماعیل آباد
۲۰۸	ککجین
۲۱۳	زرشک
۲۱۴	میزوج
۲۱۶	پیدستان
۲۱۸	کبریت میان
۲۲۰	صالح آباد
۲۲۲	صمخ آباد
۲۲۳	زیاران
۲۲۵	کریم آباد
۲۲۸	ولیان
۴۲۹	آغشت
۲۳۰	سرهه برغان
۲۳۱	درزان
۲۳۵	فشم
۲۳۶	آهار
۲۳۷	نارون
۲۳۸	لواسان
۲۴۱	فازانچال
۲۴۲	رودبار قطران
۲۴۴	نساء
۲۵۰	افجه
۲۵۱	کند سفلی
۲۵۲	فیروزکوه
۲۵۶	سیمیندشت
۲۵۷	کوه سرلزور
۲۵۸	بنکوه
۲۶۵	بسطام
۲۶۷	خیرآبادسمنان

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل شمارهٔ ۲ : پراکندگی بارش سالانه (فاصله منحنیها ۱۰۰ میلیمتر است)

جدول شمارهٔ ۲ : ویژگیهای بارش منطقه البرز

دوره	میانگین	کمترین مقدار	بالاترین مقدار	ضریب تغییر پذیری
سال	۶۳۸/۳۴	۱۲۹/۱۷	۱۶۸۱/۱۸	۵۲
بهار	۱۳۵/۵	۳۲	۲۸۸/۵	۳۸
تابستان	۹۱/۱۲	۳/۱	۵۰۰/۹	۱۱۰
پاییز	۲۱۹/۱	۲۹/۷	۷۵۵/۸	۷۱
زمستان	۱۸۷/۲	۴۹	۳۸۰	۳۹
ماه پرباران	۱۰۲/۷	۲۲/۹	۳۲۷/۶	۶۲
ماه کم باران	۱۶/۸	۰	۸۶	۱۰۵

پیشینهٔ تحقیق

مطالعات زیادی دربارهٔ رابطهٔ بارش با ارتفاع انجام شده است. برای نمونه آقایان چوآن ولاکوود(۱) ضریب همبستگی بالایی بین مقدار بارش و ارتفاع کوههای پنین شرقی پیدا کردند. لمب(۲) و همکارانش در بررسی مقدار آب قابل بارش کوههای سیرانوادا متوجه شدند که بالاترین تراکم رطوبت هوا در دامنه بادگیر کوهها وجود دارد. بیشترین مقدار ناپایداری هوا از ارتفاع ۱۰۰۰ متری آغاز می‌شود (۳). در اکثر مطالعات نقش سدهای کوهستانی به عنوان تشدید کنندهٔ عامل صعود موجود مطرح شده است. الیوت و هوویند(۴) در مطالعهٔ خود بر روی بارش ارتفاعات کالیفرنیا نشان دادند که صعود کوهستانی حدود ۲۵ درصد مقدار بارش را افزایش داده است. آقایان کوت و کورنیش(۵) در مطالعهٔ بارش جنوب استرالیا متوجه شدند که با افزایش هرصد متر ارتفاع حدود ۱۵ تا ۳۰ درصد بر مقدار بارش افزوده می‌شود. مارتین(۶) و همکارانش به این نتیجه رسیدند که با افزایش ارتفاع، مقدار بارش افزایش می‌یابد و ضریب تغییرپذیری کاهش می‌یابد. در مطالعه‌ای که رایلی(۷) و همکارانش در بارش منطقه راکی انجام دادند، متوجه شدند که صعود اجباری هوای مرطوب اقیانوس آرام از دامنه‌های غربی کوههای راکی سبب بارشهای بعداز ظهری دوره گرم سال شده و بیشینهٔ بارندگی را برروی دامنه تشکیل می‌دهند.

اگرچه با توجّه به مطالعات انجام شده صعودکوهستانی در دامنهٔ بادگیر سبب افزایش بارندگی می‌شود ولی توپوگرافی محلی ایستگاه نیز در این زمینه نقش مهمی دارد. چه بسا که یک ایستگاه در دامنهٔ بادگیر کوهستان قرار داشته باشد ولی از نظر توپوگرافی محلی سد کوهستانی کوچکی جلوی

بادهای باران‌آور را بگیرد. کار بسیارخوبی در این زمینه آقای هوتون(۸) انجام داده‌اند. ایشان به منظور بررسی دقیق عوامل محلی فاکتورهایی مانند ارتفاع متوسط ایستگاه تا محدودهٔ ۵کیلومتری، ارتفاع نقطه‌ای خود ایستگاه، گرای (ازیموت) سمت باز شدگی برای ورود بادهای باران‌آور، جهت دامنه و ... را انتخاب نمودند و رابطهٔ بین این عوامل و شدت بارش در دوره‌های زمانی متفاوت را محاسبه کردند. براساس مطالعهٔ ایشان در منطقهٔ کوهستانی غرب آمریکا، ۵۲ تا ۸۳ درصد بارش ماهانه و ۶۵ درصد بارش سالانه توسط عامل ارتفاع قابل پیش‌بینی است. کار بسیار مفصلتر و جدیدتر آقای کونراد II (۹) در این زمینه قابل تحسین است. وی بارشهای منطقهٔ کوهستانی بلوریج در آمریکا را به‌سه گروه سبک، متوسط، و شدید تقسیم و اثر عوامل توپوگرافی و جغرافیایی را در فراوانی و شدت آنها مطالعه کرد و نشان داد که در همه موارد افزایش ارتفاع مقدار بارندگی را افزایش داده است. نتیجهٔ مشابهی توسط آقای مارتینزکوب (۱۰) در بررسی بارش نواحی کوهستانی شمال شرق اسپانیا با استفاده از روش ژئواستاتیک (زمین‌ایستایی) حاصل شد.

در مورد رابطه بارش با ارتفاع در منطقه البرز مطالعات کمتری انجام شده است. آقای خلیلی(۱۱) با استفاده از آمار ده سالهٔ نوزده ایستگاه، بارندگی ماهانه و سالانه منطقه البرز را تجزیه و تحلیل نموده و روابط آماری معنی‌داری بین بارش و ارتفاع به‌دست آورده است. براساس کار ایشان همبستگی بین بارش و ارتفاع در دامنه شمالی منفی و در دامنه جنوبی مثبت بوده است. با توجّه به اهمیّت شناخت دقیق پراکندگی مکانی بارش و پیش‌بینی آن در برنامه‌ریزیهای توسعه و عمران منطقه، در این تحقیق سعی شده است رابطه بین بارش و ارتفاع براساس بارش سالانه، فصلی، ماهانه، و روزانه بررسی و مدل مناسبی ارائه شود.

روش کار

به‌منظور رسیدن به هدف تحقیق، تمام ایستگاههای باران‌سنجی وزارت نیرو واقع در محدودهٔ ۴۹ تا ۵۵ درجه طول شرقی و شمال مدار ۳۰ ° ۳۵ عرض شمالی تا ساحل دریای خزرشناسایی شد. براساس طول دوره آماری و همسانی بین ۲۶۷ ایستگاه باران‌سنجی، ۱۰۸ ایستگاه انتخاب شد. با این حال در چند ایستگاه بعضی ماهها یا روزها آمار نداشتند. نواقص آماری براساس آمار کامل ایستگاههای اطراف و با رعایت یکنواختی وضع توپوگرافی و با استفاده از رابطه زیر تکمیل شد:

$$a = b.\frac{\overline{x}_a}{\overline{x}_b}$$

که در آن، a، آمار ناقص؛ b، آمار متناظر ایستگاه کامل؛ $\bar{x}_a$، میانگین بارش ایستگاه a در دوره مشترک با ایستگاه b و $\bar{x}_b$، میانگین بارش ایستگاه b در دوره مشترک با ایستگاه a می‌باشد. محل ایستگاههای باران‌سنجی در شکل شمارهٔ ۱ و نام آنها در جدول شمارهٔ ۱ نوشته شده است.

برای بررسی رابطهٔ بین ارتفاع و بارش ابتدا ضریب همبستگی بین ارتفاع و بارش سالانه، فصلی، و ماههای خشک و مرطوب و روزانه محاسبه و سپس در موارد معنی‌دار بودن ضریب همبستگی در سطح ۹۹٪ اطمینان، معادله رگراسیون نوشته شد. این کار در مورد ضریب تغییرپذیری بارش (به غیر از بارش روزانه) تکرار شد.

به‌منظور بررسی دقیقتر نقش ارتفاع در توزیع بارش، در هر مورد سال، فصل و ماه، هستهٔ بیشینهٔ بارش مشخص شد و سپس همبستگی بین تفاوت ارتفاع ایستگاهها و نیز اختلاف مقادیر بارش آنها از ایستگاه بیشینه محاسبه گردید و در مواردی که ضریب همبستگی در سطح ۹۹٪ اطمینان معنی‌دار بود معادله خط رگراسیون نوشته شد. از این طریق اولاً تطابق هستهٔ بیشینهٔ بارش با میزان ارتفاع‌منطقه معلوم می‌گردد و ثانیاً نقش‌تغییرات ارتفاع درتغییر بارش بهتر اندازه‌گیری می‌شود. نتایج این اندازه‌گیری بر اهمیت نتایج محاسبهٔ رابطه بین مقداربارش و ارتفاع ایستگاه می‌افزاید.

نقش کوههای البرز در جلوگیری از ورود بخار آب دریای خزر به داخل ایران از طریق محاسبه ضریب همبستگی بین بارش ایستگاه و فاصلهٔ آن از ساحل دریای مازندران انجام شد. فاصلهٔ ایستگاهها از ساحل دریای خزر بر روی نقشه‌های ۲۵۰۰۰۰ : ۱ و به‌صورت کوتاهترین فاصلهٔ مستقیم اندازه‌گیری شد.

تمام این محاسبات درکل منطقهٔ مطالعه به عنوان یک منطقه جغرافیایی انجام و سپس در دو دامنهٔ شمالی و جنوبی به عنوان دو ناحیه جدا از هم محاسبه شد. دو دامنه شمال و جنوب بر روی نقشه‌های توپوگرافی و براساس خط تقسیم آبها تفکیک گردیدند.

نتایج

نقش ارتفاع : ضرایب همبستگی مقادیر بارش سالانه و فصلی ایستگاهها با ارتفاع در جدول شمارهٔ ۳ آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مقدار بارش در کل منطقهٔ البرز و در دامنه شمالی با ارتفاع همبستگی معکوس دارد. البته در هیچ‌یک از منطقه‌ها میزان تأثیر یا کنترل ارتفاع قابل ملاحظه نیست. اما در دامنهٔ جنوبی ضریب همبستگی در طول سال و همه فصول مثبت است. بدین‌معنا که؛ در این دامنه با افزایش ارتفاع مقدار بارندگی افزایش می‌یابد. بعلاوه میزان کنترل ارتفاع در این دامنه بیشتر است. برای نمونه میزان کنترل آن در فصل بهار ۵۶٪ است؛ در صورتی که نقش

ارتفاع در دورهٔ گرم سال در دامنه شمالی مهم نیست. با توجه به شکل شمارهٔ ۲ چون مقدار بیشتر بارش در دامنهٔ شمالی است؛ در نتیجه وضع همبستگیهای منطقه البرز تحت تأثیر دامنه شمالی قرار دارد و دامنه جنوبی نقش مهمی در کل منطقه نشان نمی‌دهد. اما همبستگی فصل بهار در دامنه جنوبی نسبتاً بالاست و در نتیجه در کل منطقه هم مثبت شده است.

جدول شمارهٔ ۳ : ضریب همبستگی بین بارش با ارتفاع ایستگاه و فاصله از ساحل دریای خزر*

ضریب همبستگی با ارتفاع ایستگاه			ضریب همبستگی با فاصله از ساحل دریای خزر		
بارش	البرز	دامنه شمالی	دامنه جنوبی	البرز	دامنه شمالی	دامنه جنوبی
بارش سالانه	-۰/۵۱	-۰/۳۷	۰/۷۰	-۰/۶۸	-۰/۳۶	-۰/۴۴
بارش فصل بهار	۰/۲۵	-	۰/۷۵	-	-	-۰/۴۳
بارش فصل تابستان	-۰/۶۶	-	۰/۵۳	-۰/۶۹	-	-۰/۳۴
بارش فصل پاییز	-۰/۶۲	-۰/۴۵	۰/۶۲	-۰/۷۴	-۰/۵۳	-۰/۴۵
بارش فصل زمستان	-۰/۲۹	-۰/۳۸	۰/۵۷	-۰/۴۷	-	-
بارش ماه پر باران	-۰/۵۱	-۰/۴۳	۰/۷۰	-۰/۶۹	-۰/۵۵	-۰/۴۳
بارش ماه کم باران	-۰/۶۱	-	۰/۵۴	-۰/۶۵	-	-
ضریب تغییر پذیری						
سال	-	-	-	-	-	-
بهار	-	-	-	-	-	-
تابستان	۰/۴۷	-	-۰/۴۷	۰/۶۷	-	۰/۳۸
پاییز	-	-	-۰/۴۶	۰/۲۵	-	-
زمستان	-	۰/۳۹	-۰/۳۴	-	-	-

* فقط ضرایب معنی‌دار نوشته شده است.

رابطه بین ارتفاع و ضریب تغییرپذیری در دامنهٔ جنوبی چشمگیرتر است و در مجموع با افزایش ارتفاع از مقدار آن کاسته می‌شود؛ اما در کل منطقه و در دامنه شمالی نقش چندانی ندارد.

در مجموع، ارتفاع در دامنهٔ جنوبی نقش مؤثر دارد. با افزایش ارتفاع، مقدار بارش افزایش می‌یابد؛ ولی از بی‌ثباتی آن کاسته می‌شود؛ اما در دامنه شمالی با افزایش ارتفاع از مقدار بارش کاسته می‌شود.

به منظور بررسی بیشتر نقش ارتفاع در هر کدام از دوره‌های زمانی هستهٔ بیشینه بارش شناسایی و همبستگی تغییرات بارش و ارتفاع نسبت به آنها محاسبه شد که نتایج در جدول شمارهٔ ۴ نوشته شده است. اطلاعات این جدول نشان می‌دهد که در کل منطقهٔ البرز هسته‌های بیشینه در نوار ساحلی دریا قرار گرفته‌اند و ارتفاع همه آنها از سطح دریا صفر است. وجود ضرایب همبستگی منفی (که با ضرایب جدول شمارهٔ ۳ یکسان هستند) نشان می‌دهد که در کل منطقه و در دامنه شمالی با افزایش ارتفاع نسبت به هستهٔ بیشینه، بارندگی کاهش می‌یابد.

جدول شمارهٔ ۴: ضریب همبستگی تفاوت بارش ایستگاهها از هستهٔ بیشینه با تفاوت ارتفاع آنها از هسته بیشینه

بارش	البرز		دامنه شمالی		دامنه جنوبی	
	هسته بیشینه	r	هسته بیشینه	r	هسته بیشینه	r
بارش سالانه	قلعه رودخان	-۰/۵۱	قلعه رودخان	-۰/۳۷	دیزان	۰/۷۰
بارش بهار	قلعه رودخان	۰/۲۵	قلعه رودخان	۰/۵	کوه سرلزور	۰/۷۵
بارش تابستان	قلعه رودخان	-۰/۶۶	قلعه رودخان	-۰/۲۹	کوه سرلزور	۰/۵۳
بارش پاییز	فخرآباد لشت‌نشاء	-۰/۶۲	قلعه رودخان	-۰/۴۵	گته ده	۰/۶۴
بارش زمستان	تازه آباد	-۰/۲۹	تازه آباد	-۰/۳۸	دیزان	۰/۵۷
بارش ماه پرباران	عباس‌آباد	-۰/۵۱	عباس‌آباد	-۰/۴۳	گته ده	۰/۷۰
بارش ماه کم‌باران	قلعه رودخان	-۰/۶۱	قلعه رودخان	-۰/۱۹	کوه سرلزور	۰/۵۴

در دامنهٔ جنوبی هسته‌های بیشینه در ارتفاع ۲۰۰۰ تا ۲۶۰۰ متری قرار دارند و هر اندازه ارتفاع ایستگاهها کمتر می‌شود، بارش آنها نیز کاهش می‌یابد. وجود هسته‌های بیشینه وضعیت ضرایب همبستگی را تأیید می‌کند. در دامنهٔ شمالی، هسته‌های بارش دور از مناطق مرتفع و در ساحل دریا واقع شده‌اند در صورتی که در دامنهٔ جنوبی، نقاط مرتفع بیشترین بارش را دارند و به طرف زمینهای پست مقدار آن کاهش می‌یابد.

مدلهای پیش‌بینی بارش براساس ارتفاع در جدول شمارهٔ ۵ نوشته شده‌اند. طبق این مدلها روند افزایش یا کاهش بارندگی در اکثر دوره‌ها بسیار کند است. شیب خط رگراسیون در بیشتر مدلها بجز بارش سالانه که مقدار آن حدود ۲٪ است کمتر از ۸٪ است؛ یعنی با افزایش ۱۰۰ متر بلندی

ایستگاه مقدار بارش آن حداکثر ۸ میلیمتر کمتر یا زیادتر می‌شود. این مقدار در مورد بارش سالانه حدود ۲۰ میلیمتر است و مقدار آن در مورد ماه کم باران به ۰/۴ میلیمتر در هر ۱۰۰ متر می‌رسد.

وضعیت همبستگی بارش با ارتفاع در مقیاس روزانه نیز تا اندازه‌ای مشابه روند سالانه و ماهانه است. در مجموع در تمام البرز رابطهٔ منفی وجود دارد. در دامنهٔ جنوبی همبستگی مثبت دارد. فقط در دامنه شمالی همبستگی برخلاف روند سالانه و فصلی است (جدول شمارهٔ ۶).

البته می‌توان استدلال کرد که وضعیت سالانه و فصلی نتیجه ترکیب هزاران روز است، در صورتی که روزهای مورد مطالعه در این تحقیق فقط ۷۶ روز است. معادلات رگراسیون روزهایی که همبستگی بیش از ۵۵ درصد داشتند در جدول شمارهٔ ۷ نوشته شده است. نتایج این جدول نیز روند کندِ تغییرات بارش با ارتفاع را نشان می‌دهد.

جدول شمارهٔ ۵ : معادله‌های پیش‌بینی بارش و ضریب تغییرپذیری آن براساس ارتفاع ایستگاه*

بارش	البرز	دامنه شمالی	دامنه جنوبی
بارش سالانه	P = ۸۱۶/۱ - ۰/۱۸ H	P = ۸۹۵ - ۰/۲ H	P = ۷۱ + ۰/۲۲ H
بارش فصل بهار	P = ۲۱۰ + ۰/۰۱ H	-	P = ۱/۷ + ۰/۰۸ H
بارش فصل تابستان	P = ۱۶۳ - ۰/۰۷ H	-	P = -۱۰/۰۲ + ۰/۰۱۶ H
بارش فصل پاییز	P = ۳۲۵/۷ - ۰/۱ H	P = ۳۵۸ - ۰/۱۲ H	P = ۲۷/۸ - ۰/۰۵ H
بارش فصل زمستان	P = ۲۱۰/۹۶ - ۰/۰۲ H	P = ۲۳۱ - ۰/۰۵ H	P = ۳۸ + ۰/۰۷ H
بارش فصل پرباران	P = ۱۳۳/۵ - ۰/۰۳۴ H	P = ۱۴۷/۴ - ۰/۰۵ H	P = ۱۰ + ۰/۰۳ H
بارش فصل کم‌باران	P = ۲۹ - ۰/۰۱۲ H	-	P = ۳/۷ + ۰/۰۰۴ H
ضریب تغییر پذیری بارش			
سال	-	-	-
» » بهار	-	-	-
» » تابستان	C.V. = ۶۴/۷ - ۰/۰۲ H	-	C.V. = ۱۹۳/۷ - ۰/۰۴ H
» » پاییز	-	-	C.V. = ۶۵ - ۰/۰۰۹ H
» » زمستان	-	C.V. = ۳۱/۴ - ۰/۰۱ H	C.V. = ۴۲/۷ - ۰/۰۰۵ H

* معادلاتی نوشته شده است که معنی‌دار بوده‌اند.

جدول شمارهٔ ۶ : تعداد روزهای دارای همبستگی معنی‌دار

ایستگاه	با ارتفاع			با فاصله از ساحل		
	کل	مثبت	منفی	مجموع	مثبت	منفی
البرز	۴۴	۱۸	۲۶	۳۲	۶	۲۶
دامنه شمالی	۹	۸	۱	۲	-	۲
دامنه جنوبی	۱۷	۱۴	۳	۲	-	۲

جدول شمارهٔ ۷ : معادلهٔ رگراسیون روزهایی با همبستگی بیشتر از ۰/۵۵ = r*

ارتفاع ایستگاه	روز	معادله
البرز	۶۵/۵/۲۵	P = ۳۰ - ٪۱۴ H
	۶۵/۸/۷	P = ۴۳/۶ - ٪۲ H
	۶۵/۱۲/۱۲	P = ۱/۲۹ + ٪۱H
	۶۰/۴/۲۷	P = ۲/۱۵ - ۰/۰۰۱ H
	۶۰/۴/۳۰	P = ۱۹/۸ - ۰/۰۱ H
	۶۴/۹/۲۹	P = -۲/۶ + ۰/۰۱ H
دامنهٔ شمالی	۶۶/۵/۳	P = ۰/۹ + ۰/۰۰۶ H
	۶۰/۶/۳۱	P = ۰/۸۲ + ۰/۰۰۴ H
	۶۰/۴/۲۶	P = ۱/۳۶ + ۰/۰۰۵ H
	۶۱/۷/۱۲	P = ۲/۶۹ + ۰/۰۰۶ H
	۶۴/۹/۲۹	P = ۰/۵۹ + ۰/۰۰۲ H
	۶۴/۹/۳۰	P = ۱/۳ + ۰/۰۰۶ H
دامنهٔ جنوبی	۶۴/۱۲/۱۲	P = -۸/۶ + ۰/۰۱۸ H
	۶۳/۱/۷	P = ۱/۸ - ۰/۰۰۱ H
	۵۹/۱۲/۷	P = ۲۳/۸ - ۰/۰۱ H
	۶۲/۶/۲۰	P = -۴/۵ + ۰/۰۲ H
	۶۴/۹/۲۳	P = -۵/۳ + ۰/۰۰۷ H
	۶۴/۹/۲۶	P = -۱/۲ + ۰/۰۰۱ H
	۶۴/۹/۲۷	P = -۳/۷ + ۰/۰۰۵ H
	۶۴/۹/۲۹	P = -۱۱/۳ + ۰/۰۱۸ H
فاصله از ساحل دریا	روز	معادله
البرز	۶۳/۱/۷	P = ۳۳/۲ - ۰/۳۲ D
	۶۱/۷/۱۸	P = ۱۴ - ۰/۱۱ D
دامنهٔ شمالی	ندارد	
دامنهٔ جنوبی	۶۴/۹/۲۶	P = ۴/۵ - ۰/۰۳۷ D

* H ، ارتفاع ایستگاه برحسب متر؛ D ، فاصله از ساحل دریا برحسب کیلومتر؛ P ، بارش برحسب میلیمتر.

جلوگیری از ورود بخار آب دریای خزر

برای این منظور رابطهٔ بین بارش ایستگاهها و فاصله آنها از ساحل دریای خزر محاسبه شد که نتایج آن در جدول شمارهٔ ۲ درج شده است. در کل البرز و در هر دو دامنه با افزایش فاصله از ساحل مقدار بارش کاهش می‌یابد. البته در دامنهٔ شمالی فقط در مورد بارش سالانه، فصل پاییز و ماه پرباران صدق می‌کند. مقدار بارش فصل پاییز درصد بیشتری از بارش سالانه را تشکیل می‌دهد و از طرف دیگر ماه پرباران نیز در فصل پاییز است. در نتیجه در هر سه دوره فاصله از دریا نقش مهمی دارد. اما در دامنه جنوبی به غیر از زمستان و ماه کم‌باران، دوری از ساحل اهمیت دارد و سبب کاهش بارندگی می‌شود.

مدلهای پیش‌بینی مندرج در جدول شمارهٔ ۸ نشان می‌دهد که نقش فاصله از دریا مهمتر از ارتفاع ایستگاه است. شیب خط رگراسیون در همه موارد نزدیک به یک و یا بیشتر است؛ بدین‌معنی که، با فاصله کمی از ساحل مقدار بارندگی بسیار کاهش می‌یابد. این وضعیت در مقیاس روزانه صادق است (جدول شمارهٔ ۶). اکثر روزها مقدار بارش با دوری از ساحل همبستگی منفی دارد و کمتر می‌شود. بنابراین کوههای البرز جلو ورود بخار آب دریا را به داخل ایران می‌گیرند. معادلات رگراسیون بارش روزانه (جدول شمارهٔ ۷) نشان می‌دهد که نقش فاصله در تمام البرز و دامنه جنوبی مهمتر است ولی در دامنه شمالی بارش روزانه با فاصله دریا چندان وابستگی ندارد.

جدول شمارهٔ ۸: معادلات پیش‌بینی مقدار بارش براساس فاصله از ساحل دریای خزر*

بارش	البرز	دامنه شمالی	دامنه جنوبی
بارش سالانه	P = ۹۳۹/۴ - ۵/۲ D	P = ۹۵۱/۴ - ۴/۶ D	P = ۶۹۴ - ۲/۸ D
بارش سالانه بهار	-	-	P = ۲۲۴ - ۰/۹۹ D
بارش سالانه تابستان	P = ۱۸۵/۴ - ۱/۶ D	-	P = ۳۶/۷ - ۰/۲۲ D
بارش سالانه پاییز	P = ۳۷۸ - ۲/۷ D	P = ۴۰۵/۶ - ۳/۳۶ D	P = ۱۹۷/۴ - ۰/۸۴ D
بارش سالانه زمستان	P = ۲۳۶ - ۰/۸۴ D	-	-
بارش ماه پر باران	P = ۱۵۷ - ۰/۹۸ D	P = ۱۶۸/۶ - ۱/۴ D	P = ۱۰۶/۶ - ۰/۴۴ D
بارش ماه کم باران	P = ۳۳ - ۰/۲۸ D	-	P = ۸/۵ - ۰/۰۵ D
ضریب تغییر پذیری سال	-	-	-
" " " بهار	-	-	-
" " " تابستان	C.V. = ۴۲/۶ + ۰/۸۱ D	-	C.V. = ۶۰/۲ + ۰/۷۱ D
" " " پاییز	C.V. = ۳۸/۵ + ۰/۱ D	-	-
" " " زمستان	-	-	-

* فقط معادلاتی که معنی‌دار هستند نوشته شده است.

تفسیر نتایج

۱- نقش ارتفاع در میزان بارش دامنه شمالی منفی ولی در دامنه جنوبی مثبت است.

۲- بارش فصل بهار در هر دو دامنه همبستگی مثبت دارد؛ یعنی مقدار بارندگی این فصل در ارتفاعات بیشتر است.

۳- نقش فاصله از ساحل دریای خزر در دامنهٔ جنوبی مؤثرتر از دامنه شمالی است.

۴- ارتفاع در بارش دورهٔ گرم دامنهٔ شمالی نقش مهمی ندارد.

۵- افزایش ارتفاع سبب افزایش ضریب تغییرپذیری بارش در دامنهٔ جنوبی و کاهش آن در دامنه شمالی می‌شود.

همه این یافته‌ها به طریقی با ارتفاع کوههای البرز رابطه دارند. در دامنهٔ شمالی بیشتر سیستمهای بارانزا رطوبتِ خود را از دریای خزر دریافت می‌کنند. از طرف دیگر سیستمهای فشار اکثراً به صورت پرفشار هستند که سبب می‌شوند هوای سرد در روی دریا جهت شمالی یا شمال شرقی پیدا کند. این بادها ضمن عبور از روی دریا ناپایدار و مرطوب شده، هنگام رسیدن به ساحل، باران ایجاد کرده و رطوبت کمتری به طرف کوهها حمل می‌کنند. اما در دامنه جنوبی بیشتر وقتها سیکلونهای مدیترانه و یا موجهای غربی رطوبت دریای مدیترانه را با خود حمل می‌کنند. این هوای مرطوب در ارتفاعات متراکمتر می‌شود و در نتیجه بارندگی زیاد تولید می‌کند.

در فصل بهار دریای خزر خنکترین زمان سال را دارد. اتمسفر نیز سرد است. بادهای غربی کمتر و ضعیفتر شده‌اند؛ به‌گونه‌ای که سیکلونهای کمتری وارد ایران می‌شود. اما به سبب تابش نسبتاً عمودی آفتاب دامنه‌های مرتفع، اختلاف حرارتی شدیدی بین دامنه و اتمسفر مجاور به‌وجود می‌آید که سبب صعود هوا و ایجاد بارش می‌شود. بدین‌جهت بارش فصل بهار در ارتفاعات بیشتر است.

اگرچه در دامنه شمالی هم به‌تناسب دور شدن از دریا از مقدار بارش کاسته می‌شود؛ ولی این رابطه در دامنهٔ جنوبی بهتر به چشم می‌خورد. وجود کوههای البرز سبب شده است که اگر هوای مرطوب دریای خزر به طرف جنوب بیاید به قسمتهای جنوبیتر رطوبت کمتری برسد. این مسأله از تفاوت شدید بارش نقاط مرتفع و پست دامنهٔ جنوبی نیز معلوم می‌شود. بنابراین کوههای البرز مانع بزرگی در مقابل ورود بخار آب دریای خزر به‌داخل ایران است.

سد کوهستانی البرز در بارش دورهٔ گرم سواحل شمالی نقشی ندارد. برای این‌که در اینجا بارش تابستانه توسط همرفت محلی و با استفاده از رطوبت نسیم دریا می‌بارد. چون نسیم دریا نمی‌تواند تا

کوههای البرز نفوذ کند بارندگی تابستانه از ارتفاعات کمتر از جلگه‌های ساحلی است.

با توجه به این‌که هسته‌های بیشینهٔ بارندگی در دامنه شمالی در نوار ساحلی و در دامنهٔ جنوبی در قسمتهای مرتفع قرار دارند، افزایش ارتفاع در شمال سبب افزایش بی‌ثباتی بارش می‌شود. در صورتی‌که در دامنه جنوبی کاهش ارتفاع سبب بی‌ثباتی بارش می‌شود و درجه بی‌ثباتی بارش در قسمتهای پست و در ماه کم باران یا فصل تابستان شدیدتر است.

نتیجه

برای بررسی نقش ارتفاعات البرز در توزیع ارتفاعی بارش، آمار بارندگی ۱۰۸ ایستگاه باران‌سنجی وزارت نیرو برای مدت ۱۳ سال در مقیاس سالانه فصلی، ماهانه، و روزانه بررسی شد. ضرایب همبستگی به‌دست آمده نشان دادند که در کل البرز و در دامنه شمالی بارندگی با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. فقط بارش فصل بهاره با ارتفاع همبستگی مثبت دارد. اما در دامنه جنوبی با افزایش ارتفاع مقدار بارش نیز افزایش می‌یابد. روند تغییر بارش با ارتفاع نسبتاً کند است. فقط مقدار بارش سالانه روند تند دارد. نقش ارتفاع در بارش دوره گرم دامنه شمال و بارش ماه کم باران دامنهٔ جنوب نیز ضعیف است. به‌منظور بررسی بیشتر نقش ارتفاعات، هسته‌های بیشینه بارش را در هر دوره زمانی مشخص نموده و همبستگی بین اختلاف بارش و اختلاف ارتفاع ایستگاهها با این هسته‌ها محاسبه شد که نتایج آن، یافتهٔ قبلی را تأیید می‌کند.

کوههای البرز به عنوان سدی کوهستانی از ورود بخار آب دریای خزر به‌داخل ایران جلوگیری می‌کنند. ضریب همبستگی بارش دامنهٔ جنوبی با فاصله از ساحل دریا منفی است و روند کاهش نیز نسبتاً تند است. در مجموع کوههای البرز سبب شده‌اند که در دامنه شمالی بارندگی با ارتفاع کاهش یابد و در دامنه جنوبی هم با افزایش ارتفاع بر مقدار بارش افزوده شود. از طرف دیگر مانند سدی کوهستانی جلو ورود بخار آب دریای خزر به داخل ایران را می‌گیرند.

منابع و مآخذ

1- Chuan, G. K. and J. A. Lockwood. 1974. An Assessment of Topographical controls on the distribution of rainfall in the central pennines. *Met. Mag.*, 103: 275-87.

2- Lamb, D. etal. 1967. Measurement of liquid water content in winter cloud systems over the Siera Nevada. J. *Appl. Meteo.* 15: 763-75.

3- Douglas, C. K.M. and J. Glasspool. 1947. Meteorological conditions in heavey Orographic rainfall in the British Isles. *Quart. J. R. Met. Sco.*, 73: 11-43.

4- Elliot, R. D. and E.L. Hovind, 1964. The water Balance of Orographic clouds, J. of *Appl. Meteo.*, 3: 235-39.

5- Coote, G. G. and A. Cornish, 1958. The correlation of Monthly Rainfall with position and Altitude of observing stations, Tech. pap. no. 4, 33pp.

6- Martin, E. D. etal. 1973. Elevation effects on Rainfall: A stochastic model. *J. Hydr.*, 18: 21-35.

7- Riley, G. T., etal. 1987. The Diurnal variability of precipitation Across the central Rockies and Adjacent Great plains. *Mon. Wea. Rev.*, 115: 1161-72.

8- Houghton, J. G. 1979. A model for orographic precipitation in the north-central Great Basin. *Mon. Wea. Rev.*, 107: 1462-75.

9- Konrad II, C.E. 1996. Relationship Between precipitation Event Types and Topography in the southern Blue Ridge Mountains of the southeastern USA., *Int. J. Clima.*, 16: 49-62.

10- Martinez-cob, A. 1995. Estimation of Mean Annual precipitation as affected by Elevation using multivariate Geostatics. *Water Reso. Mang.*, : 139-159.

11- Khalili, Ali, 1973. Precipitation patterns of central Elburz. *Arch. Meteo. Geoph. Bioki., Ser. B,* 21: 215-32.