https://sppl.ui.ac.ir/?lang=en
Spatial Planning
E-ISSN: 2476-3357
Document Type: Research Paper
Vol. 13, Issue 1, No.48, Spring 2023, pp. 1- 4
Received: 17/04/2023 Accepted: 19/06/2023

Estimate Precipitation Changes in the East and West of the Zagros Main Thrust

Gholam Hassan Jafari [1] *, Narges Fuladi [2]

1- Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Human Sciences, Zanjan University, Iran

jafarihas@znu.ac.ir

2- MA, Department of Geography, Faculty of Human Sciences, Zanjan University, Iran

fuladi.narges@yahoo.com

Abstract

In relation to the effect of unevenness and precipitation, two issues have occupied the mind of researchers: First, the effect of altitude on increasing rainfall, and second, the effect of unevenness on the creation of deserts. The combination of these two effects has made it impossible to estimate a regression relationship between Zagros altitude and precipitation with a significant coefficient of explanation. The purpose of the present study is to investigate the precipitation situation in the western (rain-facing) and eastern (rain-sheltered) slopes of the Zagros main thrust and to create wind-sheltered (rain-sheltered) areas. To investigate the effect of the Zagros Mountain Range in the creation of sheltered areas, the function and relationship of the factors of altitude and precipitation were investigated as effective parameters in the creation of different slopes of this mountain range. Maps of both precipitation and altitude were extracted for the Zagros Mountain Range. According to the

*Corresponding Author

Jafari, G. H., & Fuladi, N. (2023). Investigating precipitation changes in the east and west of the Zagros main thrust. *Spatial Planning*, 13 (1), 1 -4 .

https://doi.org/10.22108/sppl.2023.137382.1722 20.1001.1.22287485.1402.13.1.5.2

results obtained from examining the relationship between the maps of precipitation and altitude, it can be said that the increase in precipitation in the windward slopes has significant coordination with the increase in altitude, but the increase in precipitation does not continue until the main thrust of Zagros. In most of the regions, the maximum rainfall occurred before the maximum height of Zagros (corresponding to the main Zagros Thrust). When passing through the Zagros thrust despite the significant height of the region, the amount of precipitation has significantly decreased. In the northern parts of Zagros, the biggest change of precipitation has happened in the wind shelter part, in the vicinity of the highest peak. Considering the high altitude in the sub-basins to the east of the Zagros Thrust, as well as their lower slope compared to the basins located in the west, they receive less rainfall due to their sheltered position. But since they have more receiving surface and because of the high altitude, they receive most of the precipitation in solid form. More penetration of water into the ground is possible during the stages of snow melting. In addition, this phenomenon has considerable ecological effects.

Keywords: Zagros Main Thrust, Wind Sheltered Desert, Dry Areas, Rain Shadow.

Introduction

Iran is a vast mountainous land that covers most of the plateau with the same name (Mahmoudi, 1988). The southwestern mountainous unit of Iran is known as Zagros, which limits the Iranian plateau from the west, southwest, and part of the south. Zagros ranges in the form of regular and similar strands form the largest unevenness unit of Iran (Zomordian, 2006, p. 209).

In the heterogeneous spatial distribution of atmospheric precipitation and the formation of deserts, geographical conditions and especially the altitude factor play an effective role. How unevenness affects the received precipitation in mountainous areas is not a simple matter. Because in the first place, the gradient of precipitation is not the same in all the mountains of the country, and even in a certain mountain, the gradient of precipitation is not the same on the wind-facing (windward) slopes and the wind-back (shelter) ones. Another issue is that in all mountains, precipitation does not increase with increasing altitude, and in areas where the amount of precipitation increases with increasing altitude, this direct relationship does not continue to the top of the mountains and does not increase more than a certain height with the increase in rainfall. Finally, in addition to the complexity of the relationship between precipitation and altitude, there is a lack of measurement in high altitudes. The effect of unevenness on the precipitation situation is a definite principle; however, it cannot be firmly expected that by passing the high peak, the precipitation will decrease to the extent of desert formation. But investigating changes in the amount of precipitation in mountainous areas is always the concern of researchers. This study aims to investigate the precipitation situation in the western (rain-facing) and eastern (rain-sheltered) slopes of the Zagros main thrust and to create wind-sheltered (rain-sheltered) areas.

Materials and Methods

The information sources of this research include 1:50000 topographic maps, 1:100000 geological maps, a digital height model of Iran, and library resources. To conduct this study, the height of Zagros was determined according to its reflected border in Google Earth and ArcGIS. Then, climatic, rain gauge, and hydrometer stations were identified within the area and at a distance of 40 km from the studied area, and the required data were extracted from the recorded information of those stations. In order to investigate and analyze the climatic situation of the region, relationships were estimated between precipitation and altitude in each basin, and based on them, the isohyet of the Zagros Mountains was drawn. In order to investigate the effect of the Zagros Mountain Range in the creation of sheltered areas, the function and relationship of the factors of altitude and precipitation were investigated as effective parameters in their creation in different slopes of the Zagros. Maps of both precipitation and altitude of the study area were extracted for the Zagros Mountain Range. According to the axis of numerous descents and ascents of the Zagros Mountains, those areas that receive little rainfall under their influence were determined and the situation of wind-sheltered areas is also analyzed.

Research Findings

To better understand the variability of precipitation in the studied area, the precipitation and height profiles were drawn perpendicular to the main Zagros thrust line, which connects the highest peak of the Zagros Mountain Range from the north to the south of the Zagros Mountain Range. By drawing precipitation and height profiles, the general state of changes in height and precipitation in the axis of the Zagros Thrust has been depicted. The increase in precipitation in the windward slopes is coordinated with the increase in altitude, and this increase does not necessarily continue to the main thrust of Zagros. After crossing the Zagros Thrust, even without a significant decrease in altitude, the amount of precipitation has decreased to the easternmost part of Zagros. Such a situation indicates that the main thrust of Zagros actually corresponds to the border of the rain shadow areas. The west of it is covered by its rainy core, which is caused by the slope facing the wind. Despite the higher altitude in the east, the rainfall decreases due to the rain shadow.

Discussion of Results and Conclusion

In general, unevenness has a mechanical effect on the incoming air masses. According to the results obtained from examining the relationship between the maps of precipitation and altitude, it can be said that the increase in precipitation in the windward slopes has a significant relationship with the increase in altitude, but the increase in precipitation does not continue until the main thrust of Zagros. In most of the regions, the maximum rainfall occurred before the maximum height of Zagros (corresponding to the main Zagros Thrust). When passing through the Zagros thrust despite the significant height of the region, the amount of precipitation has a noticeable decrease. In the northern parts of Zagros, the biggest change of precipitation has happened in the wind shelter in the vicinity of the highest peak. Due to the high altitude in the sub-basins to the east of the Zagros Thrust, as well as their lower slope compared to the basins located in the west, they receive less rainfall due to their sheltered position. But because they have more receiving surface and due to their high altitude, they receive most of the precipitation in solid form.

برنامه‌ریزی فضایی
سال سیزدهم، شماره اول، (پیاپی ٤٨)، بهار ١٤٠٢، ص ١١٦– ٩٧
تاریخ وصول: ١٤٠٢/١/٢٨   تاریخ پذیرش: ١٤٠٢/٣/٢٩

مقاله پژوهشی

تحلیل تغییرات بارش در شرق و غرب تراست اصلی زاگرس

غلام‌حسن جعفری *، دانشیار، ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ علوم‌انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
jafarihas@znu.ac.ir
نرگس فولادی، کارشناسی‌ارشد، هیدروژئومورفولوژی، دانشکدهٔ علوم‌انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
fuladi.narges@yahoo.com

چکیده

اثر ارتفاع بر افزایش بارش و اثر ناهمواری بر ایجاد بیابان ازجمله مسائلی است که ذهن محقق را درگیر کرده است. هدف از پژوهش حاضر بررسی وضعیت بارش در دامنه‌های غربی و شرقی تراست اصلی زاگرس است. برای دستیابی به این هدف، عملکرد و ارتباط عوامل ارتفاع و بارش به‌عنوان پارامترهای مؤثر در دامنه‌های مختلف زاگرس بررسی و نقشه‌های هم‌بارش و هم‌ارتفاع از محدودهٔ مطالعه‌شده استخراج و تحلیل شده است. نتایج نشان داد که افزایش بارش در دامنه‌های روبه‌باد با افزایش ارتفاع هماهنگی مطلوبی دارد؛ ولی افزایش بارش تا تراست اصلی زاگرس تداوم ندارد. در غالب مناطق، فراوانی بارش قبل از بالاترین ارتفاع زاگرس (منطبق با تراست اصلی زاگرس) اتفاق افتاده است؛ به‌طوری که با عبور از تراست زاگرس (باوجود ارتفاع چشمگیر منطقه) مقدار بارش به‌طور محسوسی روند کاهشی دارد. در قسمت‌های شمالی زاگرس بیشترین تغییر بارش در قسمت بادپناه (در مجاورت بلندترین قله‌ها) اتفاق افتاده است. دامنه‌های شرق تراست اصلی زاگرس، هرچند به‌دلیل موقعیت بادپناهی، بارش کمتری را دریافت می‌کنند، به‌علت شیب سطح‌های ارضی کمتر (نسبت به دامنه‌های غرب تراست اصلی زاگرس)، سطح دریافت‌کنندهٔ بیشتری دارند. همچنین، به‌دلیل مرتفع‌بودن، مقدار زیادی از بارش را به‌صورت برف دریافت می‌کنند؛ درنتیجه با فراهم‌شدن امکان نفوذ بیشتر آب به درون زمین (در طی دورهٔ ذوب برف)، اثرهای اکولوژیکی فراوانی را بر محیط پیرامون می‌گذارند.

واژه‌های کلیدی: تراست اصلی زاگرس، بیابان بادپناهی، مناطق خشک، سایه‌باران.

*نویسنده مسؤول

جعفری، غلام حسن، فولادی، نرگس. (١٤٠٢). تحلیل تغییرات بارش در شرق و غرب تراست اصلی زاگرس *برنامه ریزی فضایی*، ١٣ (١)، ١١٦– ٩٧ .

https://doi.org/10.22108/sppl.2023.137382.1722

مقدمه

قرارگیری رشته‌کوه زاگرس در نیمهٔ غربی ایران باعث تعدیل شرایط آب‌وهوایی در این منطقه شده و شرایط مساعدی را برای زیست فراهم آورده است (غلامی و آب خرابات، ١٣٩٣: ١). کوه‌های زاگرس در غرب کشور، همان نقش اقلیمی را دارند که البرز در شمال کشور دارد (معرفت، ١٣٨١: ٢٨١). یکی از مهم‌ترین اثرهای زاگرس محصورکردن هوای سرد پشته پرفشار سیبری در امتداد غرب و جنوب غرب ناحیهٔ مرکزی است که سامانهٔ غالب در فصل سرد سال است. استقرار توده هوای سرد سیبری در شمال کشور و یا در جنوب شرق ایران برروی اقیانوس هند، امکان عبور سامانه‌های کم‌فشار مؤثر بر آب‌وهوای ناحیهٔ مرکزی را فراهم می‌کند. پشته‌های پرفشاری که در ماه‌های سرد سال در شمال غرب ایران در امتداد زاگرس توسعه می‌یابند، تحت‌تأثیر پوشش برفی و هوای سرد مناطق مرتفع تقویت می‌شوند. در چنین مواردی یا هنگامی‌که پشتهٔ پرفشار در منطقه مرکزی توسعه پیدا کند، سامانه‌های کم‌فشار در غرب و جنوب غرب زاگرس کُند و یا متوقف می‌شود. هرچند یک واچرخند در منطقهٔ زیر پوشش خود می‌تواند باعث خشکی و پایداری هوا شود، با تشدید شیو فشار در مناطق حاشیه‌ای، باعث هم‌گرایی جریان‌های مرطوب و بروز بارش‌های سنگین نیز می‌شود (براتی و همکاران، ١٣٩١: ٩٠؛ خلج، ١٣٨١: ٢).

باتوجه به اهمیت موضوع، مطالعات فراوانی در این حوزه انجام شده است که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود.

Hay et al. (1993) پژوهشی با عنوان «استفاده از مدل‌سازی GIS I بارش کوه‌نگاری زمستانی، حوضهٔ رودخانه گانیسون، کلرادو» انجام دادند. محققان در بررسی بارش اوروگرافیکی زمستانی حوضهٔ رودخانهٔ گانیسون کلرادو نتیجه گرفتند که تعیین توزیع فضایی بارندگی در نواحی کوهستانی به‌دلیل تأثیرهای اوروگرافیک بر توزیع بارش و ثبت داده‌ها در سطح‌های ارضی کم‌ارتفاع در مجاورت مراکز جمعیتی، مشکل و پیچیده شده است.

Singh & Kumar (1997) پژوهشی با عنوان «تأثیر کوه‌نگاری بر بارش در منطقهٔ غربی هیمالیا» انجام دادند. محققان با مطالعهٔ رابطهٔ بارش با ارتفاع در دامنه‌های هیمالیای غربی به این نتیجه رسیدند که شیب بارندگی در دامنه‌های بادگیر ١٠٦ میلی‌متر در هر ١٠٠ متر و در دامنه‌های پشت به باد ١٣ میلی‌متر در هر ١٠٠ متر است. نزدیک‌بودن به اقیانوس هند، رطوبت بسیار زیاد جریان‌های موسمی و درنتیجه، ضخامت زیاد هوای مرطوب، مانع کاهش بارش به ازای ارتفاع در دامنه‌های روبه‌باد هیمالیا می‌شود.

Prudhomme & Duncan (1999) پژوهشی با عنوان «نقشه‌برداری از باران شدید در منطقهٔ کوهستانی با استفاده از تکنیک‌های زمین آماری: مطالعهٔ موردی در سئوتلند» انجام دادند. آنها نتیجه گرفتند که آگاهی کم و ناچیز بین بارندگی و ناهمواری‌ها در مناطق کوهستانی ناشی از پیچیدگی ناهمواری‌ها و کافی‌نبودن اطلاعات موجود برای مطالعهٔ ارتباط در نواحی مرتفع است.

Alijani (2008) پژوهشی با عنوان «تأثیر رشته‌کوه‌های زاگرس بر توزیع فضایی بارش» انجام داد. داده‌ها حاکی از آن است که رشته‌کوه‌های زاگرس بارش‌های پیشانی دورهٔ سرد را به‌ویژه در دامنه غربی تشدید می‌کنند و مانع از ورود توده‌های هوای مرطوب به مناطق داخلی کشور می‌شوند. علاوه بر این، رشته‌های زاگرس در ایجاد روزهای بارانی نقش فرعی دارند؛ اما در تولید بارش در منطقه بسیار مهم هستند؛ بنابراین نبود این رشته‌کوه‌ها باعث کاهش میزان بارندگی در سمت غرب شده است که این خود باعث گسترش اقلیم خشک غرب و شرق این رشته‌کوه می‌شود.

Lundquist et al. (2010) پژوهشی با عنوان «روابط بین ارتفاعات جهت مانع، شیب بارش کوه‌نگاری و جریان در شمال سیرا نوادا» انجام دادند. محققان دربارهٔ اثر ناهمواری بر صعود تودهٔ هوا نتیجه گرفتند که یک رشته‌کوه ممکن است هوای خشک‌تر را مسدود کند و در امتداد توپوگرافی منحرف شود؛ درحالی ممکن است که در همان زمان یک توده هوای مرطوب‌تر مجاور با داشتن گرمای نهان کافی، شناوری تودهٔ هوا را افزایش دهد و به آن اجازه دهد تا برروی توپوگرافی جریان یابد.

Liu et al. **(2015)** پژوهشی با عنوان «اثرات بالاآمدن فلات تبت شمالی و تشکیل بیابان‌های داخلی آسیا بر اقلیم و محیط زیست منطقه» انجام دادند. محققان براساس شواهد زمین‌شناسی، شکل‌گیری فلات تبت شمالی به زمان میوسن و شکل‌گیری بیابان‌های اصلی داخلی آسیا را به اوایل پلیوسن نسبت داده‌اند. قبل از میوسن فلات تبت شمالی یک برآمدگی محدودی داشته است. نتایج شبیه‌سازی اثر افزایش ارتفاع بر خشکی این منطقه از جهان نشان می‌دهد که افزایش ارتفاع فلات تبت شمالی، باعث کاهش چشمگیر بارش سالانهٔ منطقه شده است.

Sun et al. (2017) پژوهشی با عنوان «خشکی شدید از آغاز پلیوسن درحوضهٔ تاریم، غرب چین» انجام دادند. داده‌ها دال بر این است که بیابان‌های آسیای مرکزی و صحرای تکلیماکان ناشی از قرارگیری در سایه‌باران فلات تبت و سایر کوه‌های مرتفع آسیای مرکزی است.

Lu et al. (2019) پژوهشی با عنوان «شکل‌گیری و تکامل بیابان گوبی در آسیای مرکزی و شرقی» انجام دادند. محققان در مطالعه‌ای با ارائهٔ ترکیبی از داده‌های جدید و منتشرشده دربارهٔ شکل‌گیری و تکامل صحرای گوبی در آسیای مرکزی و شرقی نتیجه گرفتند که همراه با سردشدن کرهٔ زمین، اثرهای ترکیبی وضعیت ناهمواری‌ها، تودهٔ هوای غربی در عرض جغرافیایی میانی و تغییرات موسمی آسیایی باعث شکل‌گیری مناظر کواترنری کویر گوبی در اواخر پلیوسن شده‌اند.

باتوجه به اهمیت موضوع، محققان داخلی نیز به مسئلهٔ اثرگذاری ارتفاعات بر آب‌وهوا و به‌خصوص به بارش نواحی داخلی ایران توجه ویژه‌ای داشته‌اند.

علیجانی و کاویانی (۱۳۷٤) در پژوهشی با عنوان «نقش کوه‌های البرز در توزیع ارتفاعی بارش» نتیجه گرفتند که بارش در دامنه‌های بادگیر شمالی البرز با افزایش ارتفاع به‌علت دوری از منبع رطوبتی و جلوگیری از ورود رطوبت دریای خزر به داخل ایران کاهش و در دامنه‌های بادپناه جنوبی با افزایش ارتفاع نیز افزایش می‌یابد.

مجرد و مرادی فر (۱۳۸۲) در پژوهشی با عنوان «مدل‌سازی رابطهٔ بارش با ارتفاع در منطقهٔ زاگرس» نتیجه گرفتند که سیکلون‌های مدیترانه‌ای به‌دلیل عبور از اراضی شرقی مدیترانه بیشتر رطوبت خود را از دست می‌دهند؛ اما سیکلون‌های سودانی گرچه مسیر به‌نسبت طولانی‌تری دارند، در سر راه خود از دریای سرخ و سپس از خلیج‌فارس رطوبت را جذب می‌کنند و به‌علاوه، گرمای بیشتر هوا باعث می‌شود تا ظرفیت رطوبتی هوا به‌خصوص در لایه‌های زیرین افزایش یابد؛ بنابراین نزدیکی به منبع رطوبتی و گرمای هوا به‌عنوان دو خصیصهٔ اصلی در سامانه‌های باران‌زا نقش مهمی را در افزایش بارش نواحی جنوبی دارند. هوای مرطوب سامانه‌های باران‌زای غربی و جنوب غربی پس از رسیدن به دامنه‌های غربی به‌دلیل صعود دینامیکی سرد و متراکم‌شده، بارش را تولید می‌کنند و به همین دلیل، مقدار بارش از پای دامنه‌ها به‌سمت ارتفاعات کاهش می‌یابد.

براتی و همکاران (۱۳۹۱) پژوهشی با عنوان «نقش واچرخندها در رخداد بارش‌های سنگین دههٔ اخیر غرب ایـران» انجام دادند. آنها نتیجه گرفتند که بخشی از رطوبت جریان‌های هوای غربی در حرکت شرق با افـزایش ارتفـاع فـراهم می‌شود.

زرین (۱۳۹۰) در پژوهشی با عنوان «آیا پرفشار جنب حاره‌ای تابستانه برروی ایران زبانه‌ای از زبانه جنب حـاره‌ای آزور است» بیان کرد که کوه‌های زاگرس در ایجاد و تداوم پرفشار جنب‌حاره‌ای تابستانه در ترازهای میـانی وَردسـپهر برروی ایران نقش مهمی داشته است. بررسی‌ها حاکی از آن است که در شرایط حـذف رشـته‌کـوه زاگـرس و کـاهش مقادیر گرمایش برروی منطقه، سرعت قائم بالاسوی ترازهای زیرین به سرعت قائم پایین‌سو تبدیل می‌شود. همچنـین، حذف رشته‌کوه‌ها نه‌تنها منجر به تضعیف گـردش واچرخنـدی در ترازهـای میـانی و فوقـانی وردسـپهر شـده اسـت، ترازهای زیرین را نیز تضعیف و حتی به گردش واچرخندی تبدیل می‌کند.

صفرراد و همکاران (۱۳۹۲) پژوهشی با عنوان «تحلیل مکانی تغییرات بارش در زاگرس میانی ازطریـق روش‌هـای زمین آمار (1995-2004) » انجام دادند. نتایج حاکی از دقت بیشتر روش کریگینگ معمـولی بـا متغیـر کمکـی عـرض جغرافیایی و فاصله از خط‌الرأس است. نتایج دال بر این بود که باوجود هماهنگی نسبی بین بارش و ناهمواری، بیشینه بارش بر بالاترین ارتفاع ناهمواری‌ها منطبق نیست و دامنه‌های بادگیر و پشت به باد در نیمهٔ غربـی و شـرقی زاگـرس میانی ازلحاظ مقدار دریافت بارش ویژگی متفاوتی را دارند.

عزیزی و همکاران (۱۳۹٤) در پژوهشی با عنوان «اثر ارتفاعات در ایجاد بیابـان‌هـای بـاد پنـاهی (شـبیه‌سـازی اثـر کوه‌های کرمان در ایجاد بیابان لوت)» میزان اثرگذاری ارتفاعات را در ایجاد بیابان لوت بررسی کردند. نتایج نشـان داد که منطقهٔ لوت یک ناحیهٔ خشکِ حاصل از گردش عمومی جو است که ارتفاعات استان کرمان با ایجاد اثر سـایه‌بـاران موجب تشدید شرایط خشکی و تبدیل آن به فراخشک شده است.

ستوده و همکاران (۱۳۹۷) پژوهشی با عنوان «اثر کوه‌های زاگرس بر چرخندهای بارش‌زای ایران» انجام دادند. آنها برای شناخت تأثیر رشته‌کوه زاگرس در تغییرات چرخندهایی که از غرب وارد ایران می‌شوند از رویکـرد محیطـی بـه گردشی استفاده کردند. در این الگو، چرخندِ رسیده به کوه‌های زاگرس از زمان شکل‌گیـری تـا زمـان رسـیدن بـرروی عراق و ادغام با سامانهٔ سودانی، به‌لحاظ دینامیکی تقویت می‌شود و به‌هنگام نزدیک‌شدن به زاگرس از تاوایی مثبـت و سرعت قائم هوا کاسته می‌شود؛ اما با عبور از زاگرس بر تاوایی مثبـت آن افـزوده مـی‌شـود. زاگـرس نخسـت باعـث تضعیف و دوقطبی‌شدن چرخند می‌شود. سپس با دورشدن از کوهستان چرخند به‌طور مجدد تقویت می‌شود.

شریفی (۱۳۹۸) پژوهشی با عنوان «قبض و بسط ریگزارهای ایران نمونهٔ مطالعـه: ریـگ زریـن در ایـران مرکـزی» انجام داد. وی به این نتیجه رسید که وجود رشته‌کوه‌های کشیده و مرتفع زاگرس در غرب و البرز در شمال سبب شده است ایران مرکزی به بیابان‌های بادپناهی تبدیل شود.

کیانی و همکاران (۱۳۹۸) پژوهشی با عنوان «واکاوی اثر رشته‌کوه‌های زاگرس بر تغییرات بـارش‌هـای سـودانی در غرب ایران» انجام دادند. مطالعات آنها نشان داد که وزش دمایی گرم و برخورد سامانهٔ سودانی به دامنـه‌هـای غربـی و جنوب غربی زاگرس سبب کاهش ارتفاع ژئوپتانسیل و شکل‌گیری میدان تاوایی مثبت و وزش تاوایی مثبت بـه‌سـمت

دامنه‌های جنوب شرقی و داخلی زاگرس نیز موجب تقویت حرکات صعودی در این دامنه‌ها شده است. نتایج نشان داد که تغییرات بارش بر شیب‌های تند زاگرس بیشتر از سطح‌های دیگر بوده است.

نقوی و همکاران (۱٤۰۰) پژوهشی با عنوان «ارتباط بین شاخص‌های توپوگرافی با بارش‌های فراگیر منطقهٔ کوهستانی البرز» انجام دادند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد آمارهٔ معناداری ازنظر مقیاس زمانی و مکانی بین بارش فراگیر با شاخص‌های توپوگرافی مربوط به بارش فراگیر فصل بهار با ۱۸ مورد و کمترین مربوط به بارش فراگیر فصل زمستان با ۹ مورد بود. در فصل پاییز نیز ۱٤ مورد رابطهٔ خطی معنادار شناسایی شد.

علیجانی و کاویانی (۱۳۷٤) پژوهشی با عنوان «نقش کوه‌های البرز در توزیع ارتفاعی بارش» انجام دادند. آنها دربارهٔ نقش کوه‌های البرز در توزیع مقدار بارش به این نتیجه دست یافتند که بیشترین بارش در منطقهٔ حاره‌ای در ارتفاع ۲۰۰ متری و در مناطق برون‌حاره در قلهٔ کوه‌ها رخ می‌دهد. در کوه‌های مرتفع بیشترین بارش پایین‌تر از قلهٔ کوه است و در کوه‌های پست با ارتفاع کمتر از ۱۰۰۰ متر بارش به دامنهٔ بادپناه نیز گسترش می‌یابد. بررسی تغییرات مقدار بارش در مناطق کوهستانی همیشه دغدغهٔ ذهنی پژوهشگران است؛ از این رو در پژوهش حاضر کوشش شده است تا تغییرات بارش به‌صورت عمود بر تراست اصلی زاگرس تجزیه‌وتحلیل شود.

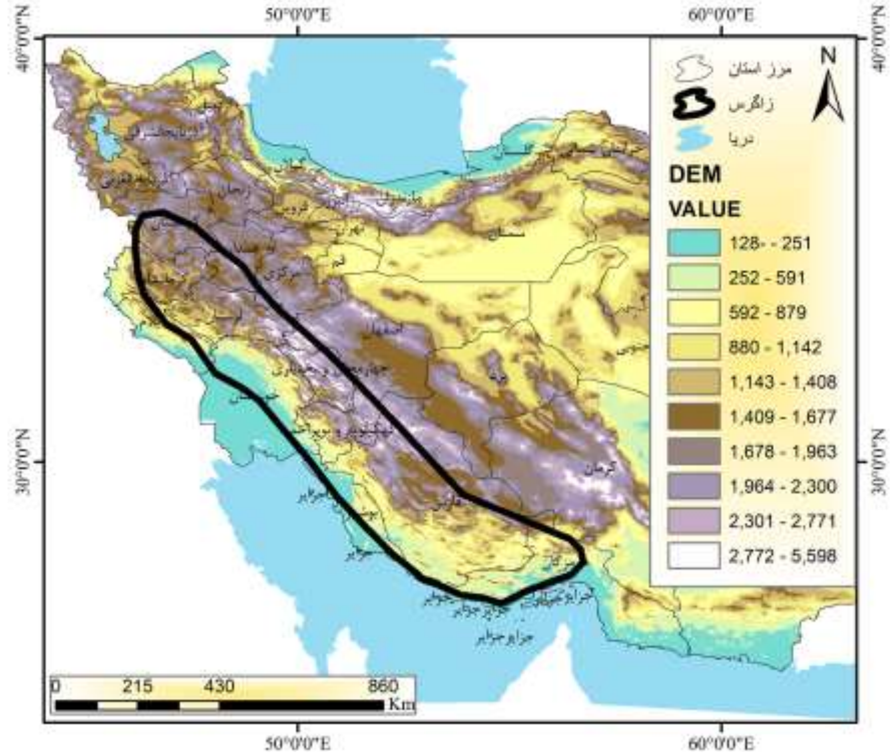
مبانی نظری پژوهش (تعریف‌ها و مفاهیم، نظریه‌ها و دیدگاه‌ها)

کوهستان‌ها علاوه‌بر کاهش دما و افزایش بارش باعث کاهش نوسان‌های بارش در مناطق زیرسلطهٔ خود نیز می‌شوند. واحد کوهستانی جنوب غربی ایران به زاگرس شهرت دارد که فلات ایران را از سمت مغرب، جنوب غربی و قسمتی از جنوب محدود کرده است (زمردیان، ۱۳۸۱: ۲۰۹). کمربند کوهستانی وسیع و پرآبی که بین دشت‌های خشک بین‌النهرین و فلات بیابانی ایران واقع شده است و به‌صورت یک سپر به‌نسبت مؤثر، اقوام آریایی و سامی را از یکدیگر جدا کرده است، از دیرباز در دنیای غرب با نام «کوهستان زاگرس» شناخته شده است (ابرلندر، ۱۳۷۹: ۱۳). زاگرس ازنظر ساختمان طبقات در شکل ظاهر کوه‌ها یکی از انواع مهم چین‌خوردگی‌هاست که در دنیا به نام چین‌خوردگی ژورائی شناخته می‌شود (علایی طالقانی، ۱۳۸۱: ۱۵۳؛ نگارش و خسروی، ۱۳۷۷: ٦٥). بیابان‌ها از جنبهٔ سینوپتیکی به دو گروه با عنوان بیابان‌های دینامیکی و بادپناهی تقسیم می‌شوند. بیابان‌های بادپناهی بیابان‌هایی هستند که در پناه ارتفاعات و کوهستان‌های بزرگ قرار گرفته‌اند. بیابان‌های بادپناهی و دینامیکی در داخل قاره‌ها به یکدیگر ملحق می‌شوند (ایزدی، ۱۳۹۲: ۳٦). شرایط جغرافیایی و عامل ارتفاعات در توزیع مکانی ناهمگون ریزش‌های جوی و شکل‌گیری بیابان‌ها نقش مؤثری دارند. نحوهٔ تأثیر ناهمواری‌ها بر بارش دریافتی در مناطق کوهستانی موضوع ساده‌ای نیست؛ زیرا در وهلهٔ نخست شیو (Gradient) بارش در همهٔ کوهستان‌های کشور یک اندازه نیست و حتی در یک کوهستان معین، شیو بارش برروی دامنه‌های روبه‌باد (بادگیر) و پشت به باد (بادپناه) همسان نیست. همچنین، در همهٔ کوهستان‌ها با افزایش ارتفاع، بارش افزایش نمی‌یابد و در مناطقی که مقدار بارش با افزایش ارتفاع زیادتر می‌شود، این ارتباط مستقیم تا چکاد کوه‌ها ادامه پیدا نمی‌کند و از ارتفاع معینی به بالا با افزایش ارتفاع بارش افزایش نمی‌یابد. درنهایت، درکنار پیچیدگی رابطهٔ بارش و ارتفاع معمول در ارتفاعات بالا، فقر اندازه‌گیری وجود دارد

(عزیزی و همکاران، ۱۳۸۹: ٤٧). درواقع، در برخی موارد بارش تنها تا ارتفاع معینی که «مرز فوقانی حداکثر بارش» نامیده می شود، افزایش می‌یابد و پس از آن ارتفاع مقدار بارش کاهش پیدا می‌کند. این ارتفاع در کوه‌های آلپ فرانسه ۲۵۰۰ متر و در کوه‌های کرمان در حدود ۳۵۰۰ متر برآورد شده است (مهدوی، ۱۳۷٤: ۲۱۹).

روش‌شناسی پژوهش

منطقهٔ مطالعه‌شده در ناحیهٔ کوهستانی زاگرس واقع شده است. این کمربند کوهستانی از آذربایجان غربی آغاز شده است و پس از عبور از کردستان، همدان، کرمانشاه، ایلام، لرستان، خوزستان، چهارمحال و بختیاری، کهکیلویه و بویر احمد، بوشهر، فارس و هرمزگان تا شمال تنگهٔ هرمز ادامه می‌یابد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت زاگرس برروی نقشهٔ ایران (منبع: نگارندگان ١٤٠٢)

Figure 1: Zagros Location on the Map of Iran

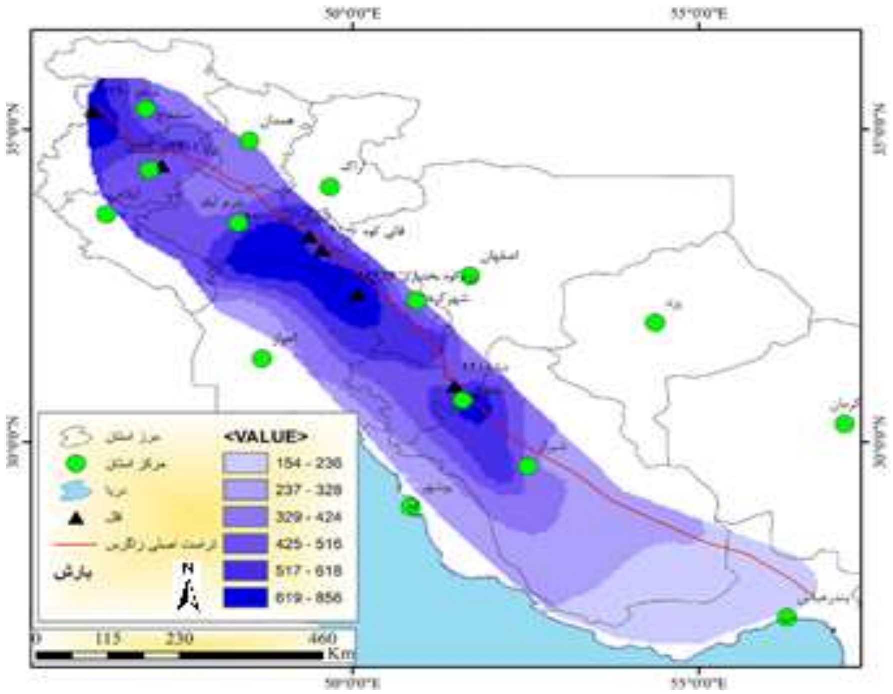
منابع اطلاعاتی پژوهش حاضر شامل نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی، ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی، مدل رقومی ارتفاع ایران و منابع کتابخانه‌ای است. برای نوشتن این مقاله ابتدا حدود ارتفاعات زاگرس باتوجه به مرز منعکس‌شدهٔ آن در Google Earth و استفاده از ArcGIS تحدید شد. سپس ایستگاه‌های اقلیمی، باران‌سنجی، هیدرومتری داخل محدوده و ایستگاه‌های اقلیمی با فاصلهٔ ٤٠ کیلومتری محدودهٔ مطالعه‌شده شناسایی و داده‌های لازم جمع‌آوری شد. برای بررسی و تجزیه‌وتحلیل وضعیت اقلیمی منطقه بین بارش با ارتفاع در هر حوضه روابطی برآورد و براساس آنها خطوط هم‌بارش محدود زاگرس ترسیم شد. باتوجه به محور فرودها و فرازهای متعدّد طاقدیس‌های زاگرس آن دسته

از مناطقی که تحت‌تأثیر آنها بارش کمی دریافت می‌کنند، مشخص و وضعیت بیابان‌های بادپناهی نیز تجزیه‌وتحلیل شد. در رشته‌کوه زاگرس عواملی همچون ارتباط تنگاتنگ بارش با ارتفاع، کوه‌های محلی با جهت مشخص و اختلاف ارتفاع زیاد با سطح دشت‌های اطراف و دامنه‌های پشت به باران و رو به باران حوضه‌ها در میزان دریافت بارش اثرگذار هستند. بر همین اساس، برای ارزیابی دقیق‌تر وضعیت اقلیمی زاگرس از داده‌های ایستگاهی بارش و پایگاه داده‌های اسفزازی (بارش) با دورهٔ ٤٩ ساله استفاده شد. همچنین، با گرفتن روابط همبستگی بین داده‌های بارش و دما با ارتفاع ایستگاه‌ها در نرم‌افزار Excel از روابطی استفاده شد که ضریب تبیین آنها بیشتر از ۷۰ درصد باشد. برای ترسیم نقشهٔ هم‌بارش در زاگرس میانی از داده‌های ایستگاهی استفاده شد؛ زیرا تنها در این قسمت از زاگرس، رابطهٔ خطی بین بارش و ارتفاع رگرسیونی، ضریب همبستگی قابل اعتمادی را داشت (رابطهٔ ۱) و به‌دلیل پایین‌بودن ضریب تبیین روابط ارتفاع با بارش برای ترسیم لایهٔ بارش سایر قسمت‌های زاگرس از داده‌های اسفزازی به روش کریچینگ نقشهٔ هم‌بارش استفاده شد (شکل ۲).

$$Y= ٠,١٣٦٦\ x +٩٣ /٢٠٧ \qquad R^2=٠/٨$$ رابطهٔ (۲)

برای درک بهتر تغییرپذیری بارش در منطقهٔ مطالعه‌شده، پروفیل‌های بارش و ارتفاع عمود بر خط تراست اصلی زاگرس از شمال به جنوب و پروفیل‌های بارش و ارتفاع ترسیم شد. بلندترین قله‌های زاگرس در امتداد تراست اصلی زاگرس قرار دارد.

با ترسیم پروفیل‌های بارش و ارتفاع حالت کلی تغییرات ارتفاع و بارش در محور تراست زاگرس به تصویر کشیده شد.

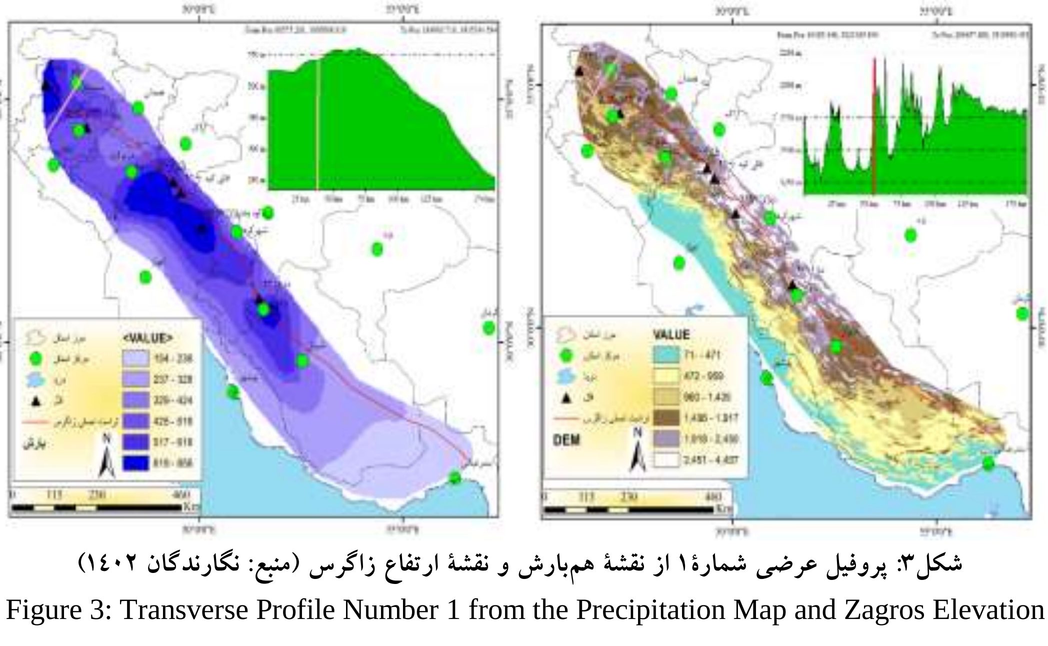


شکل۲: نقشهٔ هم‌بارش به روش کریجینگ (منبع: نگارندگان ۱٤٠۲)

Figure 2: Map of Precipitation Using Kriging Method

یافته‌های پژوهش و تجزیه‌وتحلیل

همان‌طور که در همهٔ پروفیل‌ها مشاهده می‌شود، نیمهٔ غربی زاگرس (دامنهٔ روبه باد) مرطوب‌تر از نیمهٔ شرقی (دامنهٔ پشت به باد) است. قسمت‌های شرقی تراست زاگرس باوجود داشتن ارتفاع متوسط بالاتر، بارش کمتری دریافت کرده است. افزایش بارش در دامنه‌های روبه باد با افزایش ارتفاع هماهنگ است و این افزایش به‌طور قطع تا تراست اصلی زاگرس ادامه نمی‌یابد. با عبور از تراست زاگرس مقدار بارش تا شرقی‌ترین قسمت زاگرس کاهش یافته است. براساس پروفیل ترسیمی در شکل (٣)، هستهٔ بیشترین بارش در خارج از زاگرس ایران و به‌احتمال قوی در زاگرس عراق واقع شده است؛ به‌طوری که ابتدای پروفیل بارش در مناطق شمالی زاگرس با بیشترین مقدار بارش شروع شده است. پروفیل ارتفاعی این منطقه حاکی از آن است مرز ایران با تراست اصلی زاگرس فاصلهٔ چندانی ندارد. براساس این پروفیل، هرچند بالاترین ارتفاع زاگرس در این منطقه با تراست اصلی زاگرس منطبق است، در شرق این تراست سطح‌های ارضی هم‌ارتفاعی وجود دارد؛ به‌طوری که ارتفاع سطح ارضی در شرق تراست بیش از ٢٥٠٠ متر است؛ درحالی وضعیت بارش قبل از رسیدن به تراست به بیشترین میزان رسیده است و مقدار آن از تراست به بعد سیر نزولی دارد. چنین وضعیتی حاکی از آن است که درعمل، تراست اصلی زاگرس با مرز مناطق سایه‌باران انطباق دارد. همچنین، غرب آن را هستهٔ پربارش دربرگرفته که ناشی از روبه بادبودن دامنه است. باوجود ارتفاع بیشتر از غرب تراست زاگرس، سیر بارش در شرق آن به‌دلیل سایه‌باران نزولی شده است.

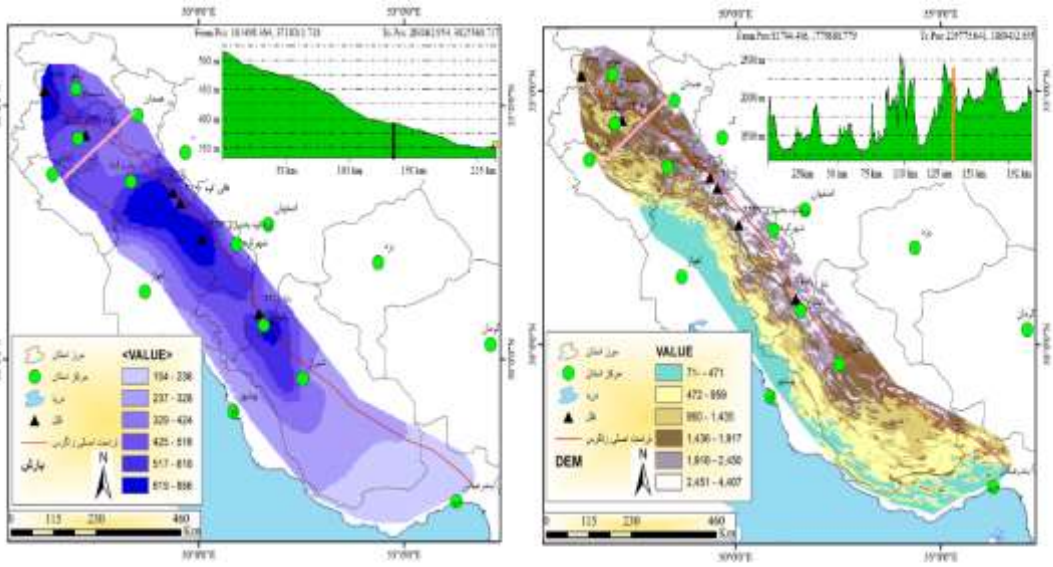


شکل٣: پروفیل عرضی شمارهٔ١ از نقشهٔ هم‌بارش و نقشهٔ ارتفاع زاگرس (منبع: نگارندگان ١٤٠٢)

Figure 3: Transverse Profile Number 1 from the Precipitation Map and Zagros Elevation Map

پروفیل عرضی شکل (٤) نیز در قسمت شمالی زاگرس و در محدودهٔ زاگرسِ مرتفع ترسیم شده است که یکی از نمونه‌های بارز و گویا را در ناهماهنگی بارش و ارتفاع در زاگرس نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشنهٔ بارش در پروفیل هم‌بارش با فاصله زیادی از تراست زاگرس در دامنهٔ غربی و بادگیر زاگرس با بیش از ٥٠٠ میلی‌متر قرار دارد. نکتهٔ مهم این است که بیشترین بارش در ارتفاع ١٠٠٠ ـ٩٠٠ متری صورت گرفته است؛ اما مقدار بارش از

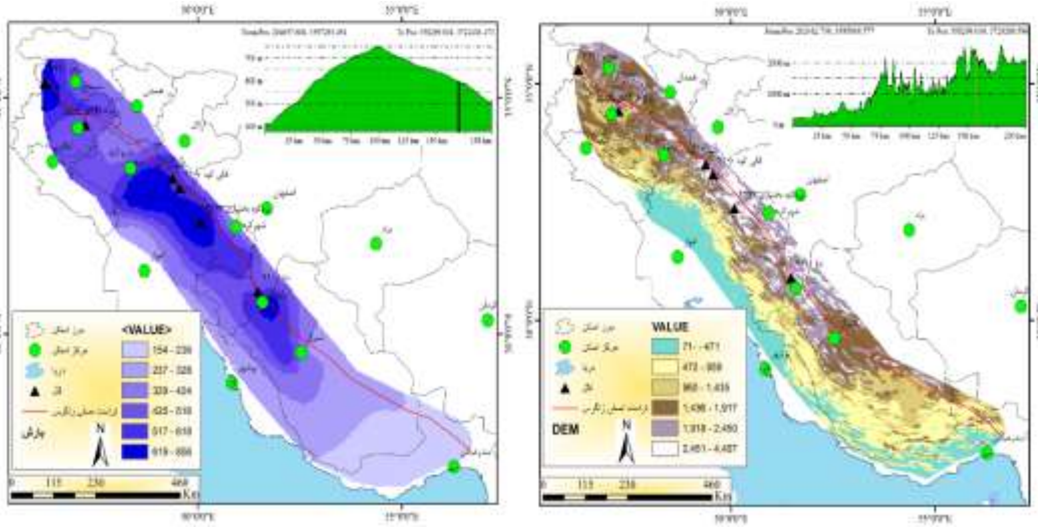
آن مکان به‌سمت دامنۀ شرقی زاگرس با افزایش ارتفاع سیر نزولی پیدا کرده است؛ به‌طوری کـه بـا شـیب زیـاد میـزان بارش کاهش می‌یابد. این درحالی است که بارش در نواحی مرتفع (بیشـتر از ۲۵۰۰ متـر) و در سـطح‌هـای ارضـی بـا ارتفاع بیشتر از ۲۵۰۰ متر که با تراست اصلی زاگرس منطبق است نیز روند کاهشی دارد؛ به‌طوری که تغییر آنچنانی در روند کاهشی بارش صورت نگرفته است. درواقع، ارتباط پروفیل بارش و ارتفاع در این مقطع از زاگرس به‌طور کامـل، گویای پراکندگی مناطق سایه‌باران و گسترش آن در دامنۀ شرقی و پشت به باد ناهمواری‌های زاگرس بـه‌ویـژه بعـد از تراست اصلی زاگرس است.



شکل٤: پروفیل عرضی شمارۀ۲ از نقشۀ هم‌بارش و نقشۀ ارتفاع زاگرس (منبع: نگارندگان ۱٤۰۲)

Figure 4: Transverse Profile Number 2 from the Precipitation Map and Zagros Elevation Map

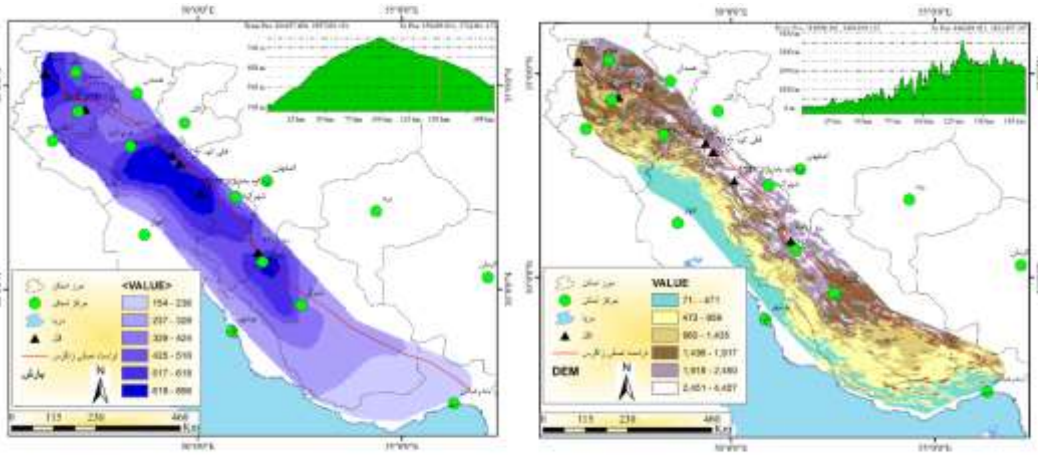
پروفیل شکل (٥) به‌طور دقیق، برروی یکی از هسته‌های قوی بارش درکنار خلیج‌فارس و به‌طـور تقریبـی، درکنـار جلگۀ خوزستان ترسیم شده است؛ به‌طوری که ابتدای پروفیل ارتفاعی نیز با شروع زاگرس چـین‌خـورده انطبـاق دارد. در نگاه اول، پروفیل بارش، منحنی نرمالی دارد؛ اما ناهماهنگی و منطبق‌نبودن آن در مقایسه و ارتباط با پروفیـل ارتفـاع و تراست اصلی زاگرس به‌طور کامل مشهود است. در ابتدا، بارش به‌طور تقریبی، هماهنـگ بـا افـزایش ارتفـاع، رونـد صعودی داشته است؛ اما در اواسط زاگرس و قبل از رسیدن به مرتفع‌ترین قسمت زاگرس، روند کاهشی پیدا مـی‌کنـد. بیشترین مقدار بارش (۷۰۰+ میلی‌متر) به‌طور تقریبی در محـدودۀ ارتفـاعی ۲۰۰۰-۱۵۰۰ رخ داده اسـت؛ درحـالی کـه ارتفاع تراست اصلی زاگرس در این مقطع به حدود ٤۰۰۰ متر می‌رسد؛ اما بارش در ارتفاعـات پـایین‌تـر بـه بیشـترین مقدار خود رسیده است. در اینجا می‌توان این مسئله را مطرح کرد کـه تراسـت اصـلی زاگـرس خـود یکـی از دلایـل به‌وجودآمدن مناطق سایه‌باران در بادپناه است؛ زیرا برای صعود و تراکم توده‌های هوایی در دامنۀ غربی و روبه بـاد بـه ارتفاعی کمتر از آنچه که هست، نیاز است و دراصل توده‌های هوا به‌طور تقریبی تا تراست رطوبـت خـود را از دسـت می‌دهند؛ زیرا بارش قبل از رسیدن به تراست زاگرس سـیر نزولـی را آغـاز کـرده اسـت کـه درنهایـت، فرونشـینی در دامنه‌های شرقی زاگرس باعث گسترش مناطق باران‌پناهی می‌شود (شکل ٥).



شکل٥: پروفیل عرضی شمارۀ٣ از نقشۀ هم‌بارش و نقشۀ ارتفاع زاگرس (منبع: نگارندگان ١٤٠٢)

Figure 5: Transverse Profile Number 3 from the Precipitation Map and the Zagros Elevation Map

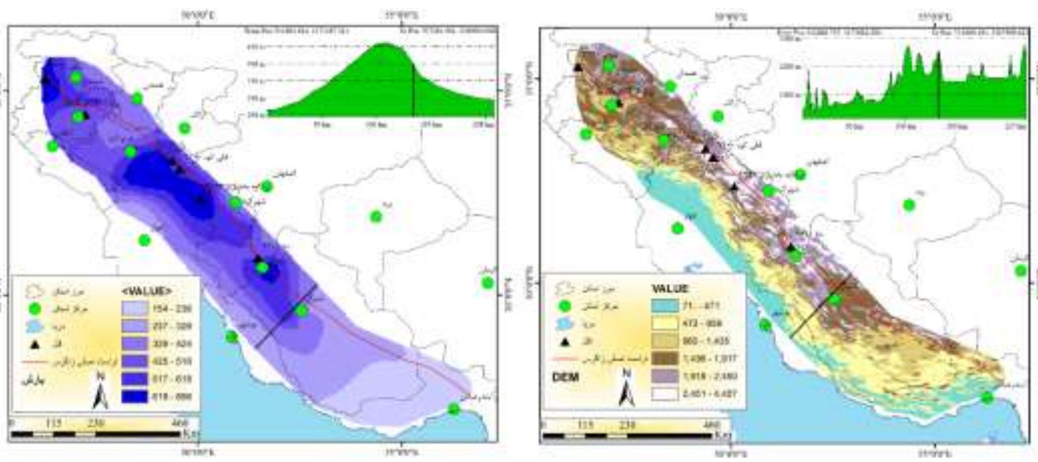
پروفیل شکل (٦) دربخش میانی زاگرس چین‌خورده با پروفیل بارش که برروی یک هستۀ قوی بارشی قـرار دارد، عمود بر تراست اصلی زاگرس و ابتدای آنها برروی خلیج‌فارس قرار گرفته است. در پروفیل بارشی ترسیم‌شده همـراه با افزایش ارتفاع بارش نیز افزایش می‌یابد. بیشینه هستۀ بارش در یک قلۀ ٣٥٠٠ متری در وسط پروفیل رخ داده است. درصورتی که باید در محل تراست اصلی زاگرس که ارتفاع بیش از ٣٥٠٠ متر دارد، رخ داده باشد. همـاهنگی خـوب افزایش بارش در اثر افزایش ارتفاع در این دو پروفیل باید به‌دلیل رطوبت ناشی از خلیج فارس، وجود نـواحی مرتفـع در مجاورت هستۀ بارشی و چگونگی ورود تـوده هـوای ورودی مرطـوب بـه ایـن منطقـه باشـد. رطوبـت ناشـی از خلیج‌فارس به‌عنوان یک منبع تغذیه، رطوبت توده‌هوای واردشده به زاگرس را تقویت می‌کند؛ به‌گونه‌ای که توده‌هـوای تقویت‌شدۀ آمادۀ صعود، قادر است مقدار بارش را تا مرتفع‌ترین قسمت‌های زاگرس افزایش دهـد. اسـتقرار قلـه‌هـای مرتفع در غرب تراست اصلی زاگرس، روند صعود و تراکم را تا مرتفع‌ترین قسمت غربی زاگرس و تا قبـل از کـاهش چشمگیر رطوبت توده‌هوا فراهم می‌کند. مقدار بیشترین بارش بر تراست اصلی زاگرس منطبق نیست و قبل از تراسـت اصلی زگرس در دامنه‌های روبه باد، بیشترین بارش رخ داده است. درصورتی که پیش‌بینی می‌شود که بیشـترین بـارش بر تراست اصلی زاگرس (با بیشترین ارتفاع) منطبق باشد و روند کاهشـی بـارش بعـد از تراسـت اصـلی زاگـرس در دامنه‌های بادپناهی شروع شود.



شکل٦: پروفیل عرضی شمارۀ٤ از نقشۀ هم‌بارش و نقشۀ ارتفاع زاگرس (منبع: نگارندگان ۱٤۰۲)

Figure 6: Transverse Profile Number 4 from the Precipitation Map and the Zagros Elevation Map

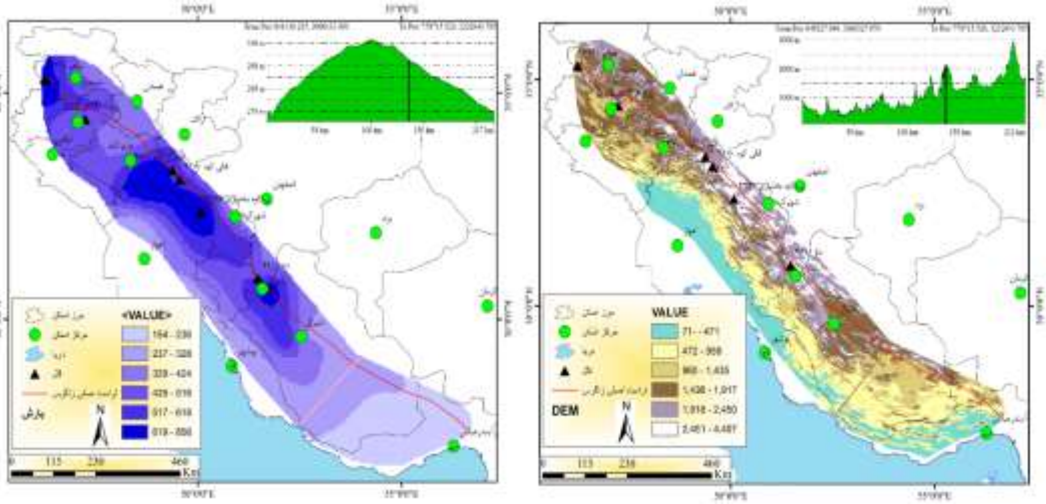
باتوجه به پروفیل‌های ترسیم‌شده در ابتدای زاگرس چین‌خورده، بیشترین ارتفاع و بارش به‌طور تقریبی، در انتهای زاگرس چین‌خورده و عمود بر تراست اصلی زاگرس اتفاق افتاده است. شروع پروفیل‌ها از خلیج‌فارس تا دامنه‌های شرقی زاگرس چین‌خورده ادامه دارد. در پروفیل بارش، ابتدا بارش با کمترین مقدار خود (بیش از ۲۰۰ میلی‌متر) برروی خلیج‌فارس شروع شده است؛ به‌طوری که با عبور از آن و نزدیک‌شدن به ارتفاعات ساحلی روند صعودی بارش شروع می‌شود و بیشترین بارش هماهنگ با افزایش ارتفاع، کمی بیشتر از ٦۰۰ میلی‌متر در ارتفاع۲۵۰۰ متر اتفاق می‌افتد؛ اما درادامه، مسیر و عبور تودۀ هوا از تراست زاگرس و وقوع بیشترین بارش، سیر نزولی درپیش می‌گیرد؛ درحالی که هنوز ارتفاع ناهمواری‌ها در شرق تراست زاگرس افزایش می‌یابد و افزایش‌یافتن ارتفاع تداوم دارد؛ ولی بارش، دیگر روند افزایشی هماهنگ با ارتفاع را ندارد و در مسیر کوتاهی در دامنه‌های شرقی زاگرس نسبت به دامنه‌های غربی سیر کاهشی را آغاز می‌کند. همچنین، بارش باوجود ارتفاع مشابه نواحی شرق تراست (۳۰۰۰ متر) به حدود ۳۵۰–۳۰۰ میلی‌متر می‌رسد که این باعث کم‌شدن بارش در دامنه‌های بادپناه زاگرس می‌شود؛ یعنی بارش در دامنه‌های بادپناه درمقایسه با تراست زاگرس دو برابر کاهش پیدا کرده است (شکل ۷).



شکل۷: پروفیل عرضی شمارۀ ۵ از نقشۀ هم‌بارش و نقشۀ ارتفاع (منبع: نگارندگان ۱٤۰۲)

Figure 7: Transverse Profile Number 5 from the Precipitation Map and the Zagros Elevation Map

پروفیل‌های عرضی در قسمت‌های جنوبی زاگرس با ویژگی چین‌های باز و ملایم، امتداد کم و روند متفاوت از روند اصلی زاگرس ترسیم شده است. در این پروفیل‌ها به‌خصوص پروفیل بارش، هستهٔ بارشی قوی در جنوب زاگرس ملاحظه نمی‌شود. هرچند در این محدوده منبع رطوبتی وجود دارد؛ ولی به‌دلیل کاهش ارتفاع زاگرس و نبود سطح‌های مرتفع، صعود توده‌های هوای مرطوب اتفاق نمی‌افتد و درنتیجه، بارش چشمگیری رخ نمی‌دهد. در پروفیل شکل (۸) بارش در ابتدا با نقطهٔ شروع ۲۵۰ میلی‌متر در ارتفاع ۷۰۰ متری رخ می‌دهد؛ درحالی که مقدار روند افزایش بارش با شروع ناهمواری‌ها و ارتفاع‌یافتن مکان بسیار ناچیز است؛ به‌طوری که بیشترین بارش (۳۱۰ میلی‌متر) در ارتفاع ۱۰۰۰ متری و با فاصلهٔ کمی از تراست زاگرس (باوجود کاهش ارتفاع) رخ می‌دهد؛ اما نکتهٔ مهم در دامنهٔ شرقی تراست اصلی زاگرس این است که باوجود ارتفاع بیشتر ناهمواری‌ها، دریافت بارش در این منطقه کمتر می‌شود؛ به‌طوری که در آخرین نقطه از دامنهٔ شرقی پروفیل (در ارتفاع ۲۰۰۰ متری) بارش به کمتر از ٢٦٠ میلی‌متر می‌رسد. به این ترتیب، دامنه‌های بادپناهی در دامنهٔ شرقی زاگرس با شرایط فوق معنی و هویت پیدا می‌کند (شکل ۸).

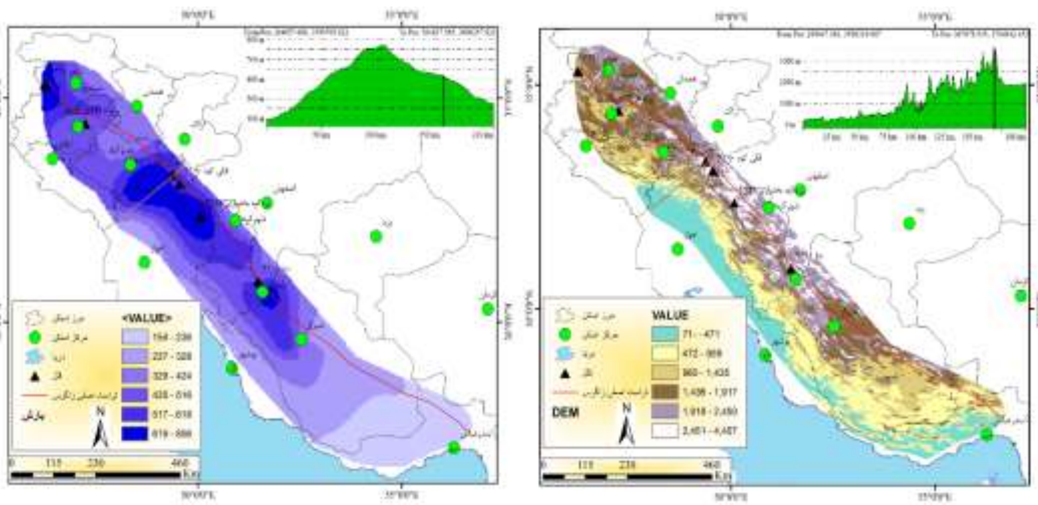


شکل۸: پروفیل عرضی شمارهٔ٦ از نقشهٔ هم‌بارش و نقشهٔ ارتفاع زاگرس (منبع: نگارندگان ١٤٠٢)

Figure 8: Transverse Profile Number 6 from the Precipitation Map and the Zagros Elevation Map

درادامه، سه پروفیل عرضی عمود بر بلندترین قله‌های زاگرس به ترتیب از شمال به جنوب زاگرس، یعنی کوه‌های اشترانکوه، زردکوه و دنا ترسیم شد تا اثر مرتفع‌ترین مناطق زاگرس بر ایجاد مناطق بادپناهی در دامنهٔ شرقی این ارتفاعات بیشتر بررسی شود. دامنه‌های غربی ارتفاعات زاگرس بیشترین بارش توده‌های هوایی واردشده را دارد؛ به‌طوری که بارش را در دامنه‌های شرقی زاگرس کاهش می‌دهد که نتیجه‌ای جزء ایجاد سایه‌باران در دامنه‌های بادپناهی شرق زاگرس ندارد. نکتهٔ مهم در این پروفیل‌ها، منطبق‌بودن هسته‌های قوی بارشی در نقشهٔ هم‌بارش زاگرس بر فراز این قله‌هاست. در پروفیل‌های ترسیمی اشتران کوه مشاهده می‌شود که بالاترین قلهٔ این کوهستان با تراست اصلی زاگرس انطباق دارد. ارتفاع این قله‌ها بیشتر از ۳۵۰۰ متر است. بارش در پروفیل هم‌بارش با تأثیردادن ارتفاع حدود ۲۰۰ میلی‌متر آغاز می‌شود و ادامهٔ روند افزایشی بارش در اثر افزایش ارتفاع تا بارش ۷۲۰ میلی‌متری ادامه پیدا می‌کند. بیشترین بارش قبل از رسیدن به مرتفع‌ترین قله‌های اشترانکوه در ارتفاع ۲۰۰۰ متری و در دامنهٔ غربی تراست

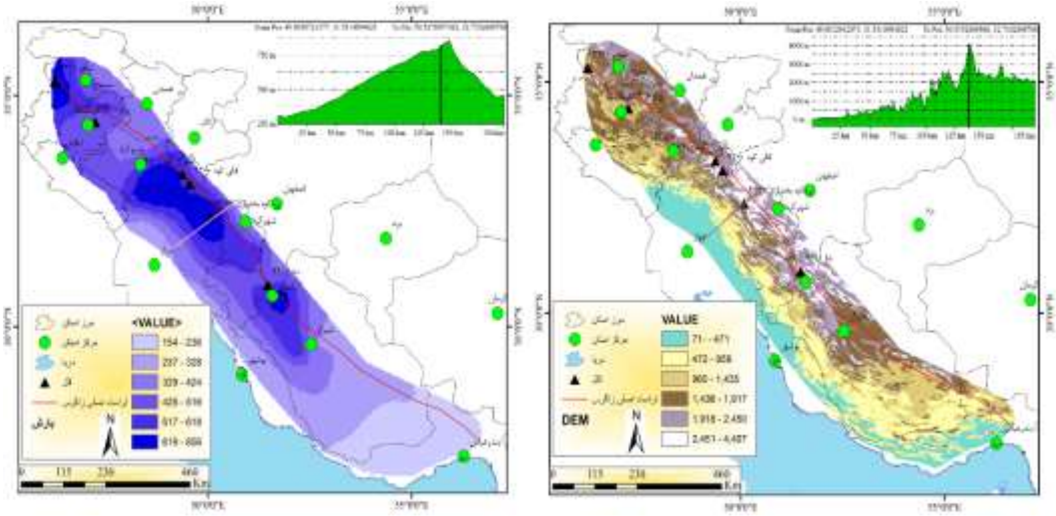
اصلی زاگرس اتفاق افتاده است. بارش از ارتفاع ۲۰۰۰ متر سیر کاهشی دارد؛ به‌گونه‌ای که بارش انجام‌شده در قلهٔ اشترانکوه در حدود ٦۰۰ میلی‌متر است. ناهمواری‌ها در شرق تراست زاگرس، مرتفع‌تر از غرب آن است؛ اما به‌دلیل بادپناهی‌بودن، بارش کمتری دریافت می‌کند. درصورتی که پیش‌بینی می‌شود بارش با افزایش ارتفاع نیز افزایش یابد یا مقدار آن در مسیری که ناهمواری، ارتفاع مشابه‌ای دارد، تغییر چندانی نداشته باشد؛ اما غرب تراست زاگرس به‌علت بادگیربودن، بیشترین بارش‌ها را دریافت می‌کند؛ به‌طوری که بارش‌ها قبل از رسیدن به ارتفاع بالاتر، سیر نزولی پیدا می‌کند. همچنین، با عبور از ارتفاعات اشترانکوه در دامنه‌های شرقی (باوجود بالابودن ارتفاع) کاهش بارش ادامه دارد و در آخرین نقطه از دامنهٔ شرقی با ارتفاع ۲۵۰۰ متر بارش به حدود ۳۰۰ میلی‌متر می‌رسد. درصورتی که این بارش در دامنهٔ غربی در ارتفاع ۸۰۰–۷۰۰ متری رخ داده است.



شکل۹: پروفیل عرضی بر قلهٔ اشترانکوه (منبع: نگارندگان ۱٤۰۲)

Figure 9: Transverse Profile of oshtorankoh Peak

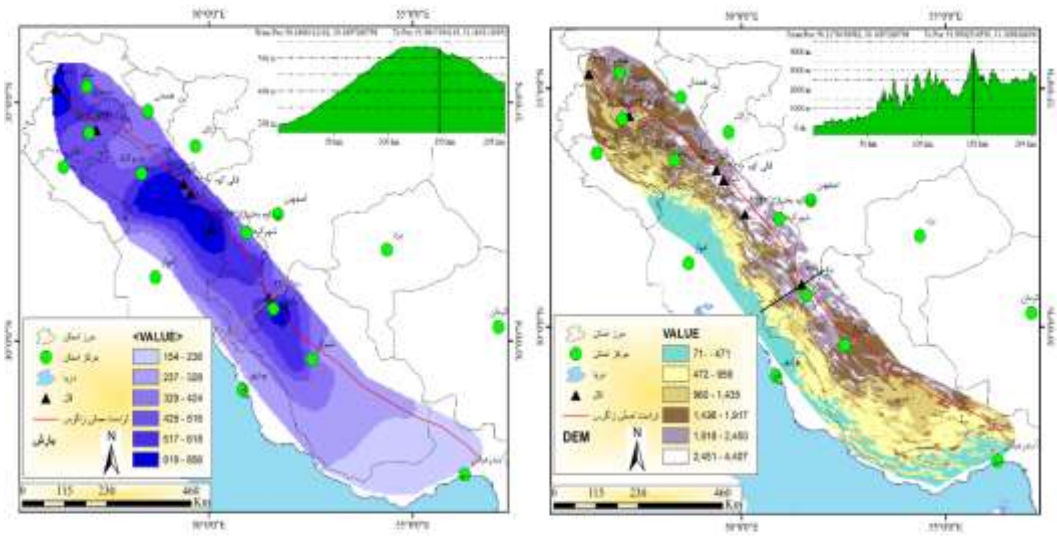
در پروفیل‌های هم‌بارش و هم‌ارتفاع که به‌ترتیب از لایهٔ رقومی ارتفاع و لایهٔ هم‌بارش زاگرس در محل قلهٔ زردکوه ترسیم شده است، می‌توان تفاوت بارش دریافتی دامنه‌های شرقی و غربی تراست اصلی زاگرس را به‌خوبی مشاهده کرد (شکل ۱۰). در دامنهٔ غربی تراست زاگرس که بالاترین ارتفاع در این مقطع عرضی مربوط به قلهٔ زردکوه است، میزان بارش به‌طور تقریبی، با افزایش ارتفاع هماهنگ و همسو بوده و سیر صعودی نیز داشته است؛ به‌طوری که تا رسیدن به بالاترین ارتفاع، یعنی ۳۵۰۰+ متر بیشترین بارش اتفاق افتاده و همچنان سیر صعودی داشته است. چنین سیری از ارتفاع ۲۵۰ متری با بارش ۲۲۰ میلی‌متر شروع و تا ارتفاع ۳۵۰۰+ متر با بارش ۷٦۰ میلی‌متری ادامه داشته است. با عبور از ارتفاع ۳۵۰۰+ در دامنه‌های شرقی تراست زاگرس (با فاصلهٔ کمی از قله) ارتفاع به ۲۵۰۰ متر می‌رسد و این ارتفاع تا پایان پروفیل به‌طور تقریبی، ادامه دارد؛ اما با کاهش شدید بارش، سیر نزولی در آن به وجود می‌آید و بارشی که باید با این ارتفاعات همخوانی داشته باشد، (همانند دامنه‌های غربی) رخ نمی‌دهد؛ به‌طوری که در انتهای پروفیل بارش ٤۰۰ میلی‌متری در ارتفاع ۲۳۰۰ متری اتفاق می‌افتد. به این ترتیب شرایط شکل‌گیری دامنه‌های سایه‌باران در دامنه‌های شرقی و بادپناهی تراست زاگرس در ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ متر فراهم می‌شود.



شکل ۱۰: پروفیل عرضی بر قلهٔ زردکوه (منبع: نگارندگان ۱۴۰۲)

Figure 10: Transverse Profile of zardkoh Peak

پروفیل‌های هم‌بارش و هم‌ارتفاع که به‌ترتیب از لایهٔ رقومی ارتفاع و لایهٔ هم‌بارش زاگرس در محل قلهٔ دنا ترسیم شده است، گویای عدم تبعیت بارش از ارتفاع در این مقطع است (شکل ۱۱). سیر صعودی بارش در ابتدا به‌طور تقریبی، هماهنگ با ارتفاع بوده است؛ اما با رسیدن بارش به ارتفاع ۲۹۰۰ متر و قبل از آنکه از قلهٔ دنا با ارتفاع بیش از ۳۵۰۰ متر عبور کند، این ارتباط به‌طور کامل، برعکس می‌شود؛ به‌طوری که در یکسری از ارتفاعات غرب قلهٔ دنا (ارتفاع بین ۲۹۰۰-۲۵۰۰ متر) بیشترین بارش انجام می‌شود (کمی بیشتر از ۵۰۰+ میلی‌متر). به همین خاطر، پیش‌بینی می‌شود بارش بیشتری به‌علت قرارگیری قلهٔ دنا در ارتفاع ۳۵۰۰+ متر اتفاق افتد؛ ولی مقدار بارش باوجود قلهٔ مرتفع دنا روند کاهشی پیدا کرده است و اثری از ارتفاع بیشتر قلهٔ دنا (از دامنه‌های غربی تراست اصلی زاگرس) در افزایش بارش دیده نمی‌شود.



شکل ۱۱: پروفیل عرضی بر قلهٔ دنا (منبع: نگارندگان ۱۴۰۲)

Figure 11: Transverse Profile on Dana Peak

باوجود ارتفاعات بیش از ۲۵۰۰ متر در شرق دنا، بارش به کمتر از ٤٠٠ میلی‌متر می‌رسد و در سیر نزولی پروفیل نیز هیچ تغییری ایجاد نمی‌شود. این همان چیزی است که اثر دامنه‌های بادپناهی زاگرس در شرق تراست اصلی زاگرس را نمایان می‌کند. باتوجه به اینکه دامنه‌های غربی به‌صورت بادگیر بوده و رو به توده‌های هوایی مرطوب قرار گرفته است، بیشترین بارش را دریافت می‌کند؛ درحالی که ازلحاظ ارتفاعی نسبت به دامنه‌های شرقی، ارتفاع کمتری دارد. همچنین، ارتفاع در شرق تراست زاگرس به‌صورت ممتد مرتفع باقی می‌ماند؛ به‌طوری که با عبور از تراست یکباره در ارتفاع کاهش سریعی رخ نمی‌دهد. درنهایت، ناهمواری‌ها با اختلاف ارتفاع کمی از تراست ارتفاع خود را تا انتهای دامنه‌های شرقی حفظ می‌کنند.

در راستای یافته‌های براتی و همکاران (۱۳۹۱) رطوبت توده‌های هوای مرطوب غربی ضمن صعود از ناهمواری‌های زاگرس، تقویت نیز می‌شود؛ ولی تغییرات بارش با تغییرات ارتفاعی در دامنه‌های مختلف زاگرس هماهنگ نیست. باتوجه به ویژگی ناهمواری‌های زاگرس و توده‌هوای مرطوب واردشده به ایران، شرایط محیطی به‌گونه‌ای نیست که بارش بتواند تا تراست اصلی زاگرس افزایش یابد و مقدار بارش قبل از رسیدن به چکادها سیر نزولی پیدا می‌کند. همان‌گونه که مهدوی (١٣٧٤) تأیید می‌کند که در برخی موارد، بارش تنها تا ارتفاع معینی که «مرز فوقانی حداکثر بارش» نامیده می‌شود، افزایش می‌یابد و پس از آن ارتفاع مقدار بارش روبه کاهش می‌رود. در راستای تأیید یافته‌های مجرد و مرادی‌فر (۱۳۸۲) در تمام پروفیل‌های ترسیم‌شده مشاهده شد که هوای مرطوب سامانه‌های باران‌زای غربی و جنوب غربی پس از رسیدن به دامنه‌های غربی به‌دلیل صعود دینامیکی، سرد و متراکم و باعث ریزش بیشتر نزولات جوی می‌شود. به همین علت، مقدار بارش از پای دامنه‌ها به‌سمت ارتفاعات افزایش می‌یابد؛ ولی این افزایش به‌حتم تا تراست اصلی زاگرس ادامه نمی‌یابد؛ به‌گونه‌ای که در تأیید یافته‌های مجرد و مرادی فر (۱۳۸۲) رابطهٔ خطی بارش با ارتفاع در هیچ قسمتی از پهنهٔ زاگرس، ضریب همبستگی معناداری ندارد. بعد از تراست، ارتفاع به یکباره تغییر زیادی نمی‌کند. درصورتی که روند نزولی بارش از قله‌های مرتفع زاگرس به طرف داخل ایران (دامنه‌های بادپناهی) شروع می‌شود و دامنه‌های شرقی تراست اصلی زاگرس باوجود داشتن ارتفاع بیشتر، بارش کمتری نسبت به دامنه‌های غربی تراست اصلی زاگرس دریافت می‌کنند.

نتیجه‌گیری

آب‌وهوای ایران باتوجه به واقع‌شدن در کمربند خشک نیمکرهٔ شمالی به‌طور طبیعی، باید گرم و خشک تا معتدل باشد؛ اما تعامل متنوع و متفاوت متغیرهای ناهمواری هایی همچون البرز و زاگرس با مراکز فشار اثر گذار بر این قسمت از کرهٔ زمین، شرایط استثنایی را برای آب‌وهوای آن رقم زده است؛ به‌گونه‌ای که اکوسیستم‌های آن را از بیابانی و خشک (به‌عنوان تنها اکوسیستم ممکن) تا شرایط مرطوب و نیمه‌مرطوب (با اکوسیستم جنگل و مرتع) به اکوسیستم‌های جنگلی و مرطوب تغییر داده است. در این تغییر اکوسیستمی، تعامل متغیرهای بسیار زیادی دخالت داشته است. متغیرهای ناهمواری (ارتفاع، جهت و مقدار شیب، جهت و وضعیت امتداد ناهمواری، فراز و فرود خط‌الرأس‌ها)، متغیرهای رطوبتی (فاصله از منابع رطوبتی، مقدار رطوبت، ضخامت لایه‌های مرطوب) و متغیرهای

مختلف چرخندها و واچرخندهای اثرگذار بر ایران، بحث‌برانگیزترین آنهاست. سیستم چین‌خوردگی ژورایـی زاگـرس با فراز و فرودهای متعدّد در جهت عرضی، امتداد طولی ۱۲۰۰ کیلومتری شمال غرب–جنوب شرقی به همراه قله‌هـا و خط‌الرأس‌های مرتفع، مانع از عبور تودهٔ هوا، بدون عمل صعود، از غرب و جنوب غربی ایران می‌شوند و گذرگاه‌هایی را برای عبور رطوبت هوا به داخل ایران نیز فراهم می‌کنند. این ویژگی در تعامل با شرایط اثرگذار زاگرس بـر تقویـت واچرخندهای سیبری در فصل زمستان، شرایط صعود بیشتر تودهٔ هوای مرطـوب و ورود بـه نـواحی داخلـی ایـران را فراهم می‌کند. چنین ویژگی‌هایی در تعامل با عوامل محیطی باعث افزایش ریـزش‌هـای جـوی بـه‌نسـبت مطلـوب در دامنه‌های روبه باد زاگرس شده است؛ البته اگر ضخامت لایهٔ مرطوب بـیش از بلنـدای زاگـرس باشـد، بیشـینه بـارش می‌تواند بر محور بیشینه بلندای زاگرس منطبق شود. قله‌آرایی زاگرس برخلاف رشـته‌کـوه‌هـاییماننـد البـرز و راکـی انباشته از قله‌هایی است که دامنه‌های بهم پیوسته ندارد تا به آن پیکره‌ای دیواره‌مانند بدهد، بلکه میان قله‌ها گردنـه‌هـای باز فراوان وجود دارد. به‌اصطلاح، زاگرس رشته‌کوهی دندان‌اسبی است که می‌تواند لایهٔ هوای گذرا را از روی زاگرس به‌جای صعود یکپارچه و هماهنگ با افزایش ارتفاع عمومی رشته‌کوه به انحراف‌ها و نزول‌های اجبـاری در دامنـه‌هـای قله‌هایی وادار کند که چکاد آنها از زاگرس مرتفع‌تر است؛ ولی عمق دره‌هـای آنهـا بسـیار زیـاد اسـت. در بسـیاری از قله‌های مرتفع زاگرس شرایط وقوع فراوانی بارش قبل از چکاد فراهم شده است. بعضـی از فرودهـای طاقدیسـی نیـز شرایط رخنهٔ تودهٔ هوای مرطوب را به دامنه‌های بادپناه و داخل ایران فراهم کرده‌اند. هرچند مقـدار بـارش دامنـه‌هـای بادپناه باتوجه به ارتفاعشان با دامنه‌های قرینهٔ خود در طرف غرب و جنوب غرب مقایسه‌کردنی نیسـت، مقـدار بـارش کاهش چشمگیری دارد؛ ولی شرایط حاد خشکی نیز بر آنها تسلط ندارد؛ درنتیجه کاهش بارش در دامنه‌های بادپنـاهی زاگرس برخلاف راکی و البرز تدریجی است و در نواحی بادپناهی زاگرس برخلاف دامنه‌های بادپناهی راکی و البـرز، شرایط حاد بیابانی وجود ندارد و در بسیاری از موارد به مدد ناهمواری‌های داخلی، شدت خشکی نواحی داخلـی نیـز کاهش یافته است. نتایج پژوهش حاضر برخلاف افکاری است که معتقدند اگر البـرز نبـود، بادهـای مرطـوب خـزری استان‌های تهران، سمنان و قم را مانند گیلان سرسبز می‌کرد و اگر زاگرس نبود یا ناهمواری‌های آن تا منـاطق مرکـزی ادامه می‌یافت، استان‌های یزد، اصفهان، مرکزی و ... سرسبز می‌شدند.

منابع

ابرلندر، تئودور (۱۳۷۹). *رودخانه‌های زاگرس ازدیدگاه ژئومورفولوژی*. ترجمهٔ معصومه رجبـی و احمـد عبـاس‌نـژاد، تبریز: انتشارات دانشگاه تبریز، چاپ اول.

ایزدی، زهرا (۱۳۹۲). اکوسیستم بیابانی (مطالعهٔ موردی: ایران). *سپهر*، ۲۲ (۸۵)، ۳۳–۳۹.

براتی، غلامرضا؛ بداق جمالی، جواد و ملکی، ناصر (۱۳۹۱). نقش واچرخندها در رخداد بارش‌های سنگین دهـهٔ اخیـر غرب ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ٤٤ (۲)، ۸۵–۹۸.

خلج، علی (۱۳۸۱). *تحلیلی بر تأثیر رشته‌کوه زاگرس روی سیستم‌های سینوپتیکی مؤثر بر اقلیم ایران مرکـزی*. محمـد خیراندیش و هوشنگ قائمی، گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.

زرین، آزر (۱۳۹۰). آیا پرفشار جنب‌حاره‌ای تابستانه برروی ایران زبانه‌ای از زبانه جنب‌حاره‌ای آزور است؟ (بررسی یک نظریه). *یازدهمین کنگرهٔ انجمن جغرافیدانان ایران*، دانشگاه شهید بهشتی.

زمردیان، محمدجعفر (۱۳۸۱). *ژئومورفولوژی ایران: فرآیندهای اقلیمی و دینامیک‌های بیرونی*. جلد دو، مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ پنجم.

ستوده، فاطمه؛ علیجانی، بهلول؛ سلیقه، محمد و اکبری، مهری (۱۳۹۷). اثر کوه‌های زاگرس بر چرخندهای بارش‌زای ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۰ (٤)، ٦٥٣–٦٣٩.

شریفی، محمد (۱۳۹۸). قبض و بسط ریگزارهای ایران (نمونهٔ مطالعه: ریگ زرین در ایران مرکزی). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۰ (۱)، ۱۲۷–۱۵۰.

شکری کوچک، آخوندعلی و شریفی، محمدرضا (۱۳۹۹). ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های بارش ماهواره‌ای PERSIANN و PERSIANN-CDR و بررسی تأثیر ناهمواری‌ها بر آن (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبریز حله). *اکوهیدرولوژی*، ۷ (۲)، ۵۲۷–۵۱۱.

صفرراد، طاهر؛ فرجی سبکبار عزیزی، قاسم و عباسپور، رحیم‌علی (۱۳۹۲). تحلیل مکانی تغییرات بارش در زاگرس میانی ازطریق روش‌های زمین آمار (۱۹۹۵–۲۰۰٤). *فصلنامهٔ جغرافیا و توسعه*، ۱۱ (۳۱)، ١٦٤–١٤٩.

عزیزی، قاسم؛ آبادی جو، محمدمهدی و کریمی، مصطفی (۱۳۹٤). اثر ارتفاعات در ایجاد بیابان‌های بادپناهی (شبیه‌سازی اثر کوه‌های کرمان در ایجاد بیابان لوت). *کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی*، ۵ (۳۱)، ١٤٥–١٦٥.

عزیزی، قاسم؛ فرجی، حسنعلی؛ عباسپور، رحیم‌علی و صفرراد، طاهر (۱۳۸۹). مدل تغییرات مکانی بارش در زاگرس میانی. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۷۲ (٤۲)، ۵۱–۳۵.

علایی طالقانی، محمود (۱۳۸۱). *ژئومورفولوژی ایران*. تهران: نشر قومس، چاپ اول.

علیجانی، بهلول و کاویانی، محمدرضا (۱۳۷٤). نقش کوه‌های البرز در توزیع ارتفاعی بارش. *تحقیقات جغرافیایی*، ۱۰ (۳)، ۵۲–۳۷.

غلامی، پارسا و آب خرابات، شعیب (۱۳۹۳). تأثیر رشته‌کوه‌های زاگرس بر کاهش نوسانات بارش در غرب ایران. *اولین کنفرانس بین‌المللی مهندسی محیط‌زیست*، تهران.

کاویانی، محمدرضا و علیجانی، بهلول (۱٤۰۱). *مبانی آب‌وهوا شناسی*. تهران: انتشارات سمت، چاپ بیست‌وسوم.

کیانی، مهرداد؛ لشکری، حسن و قائمی، هوشنگ (۱۳۹۸). واکاوی اثر رشته‌کوه‌های زاگرس بر تغییرات بارش‌های سودانی در غرب ایران. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۰ (۳)، ۱۷–٤۰.

مجرد، فیروز و مرادی‌فر، حاجی‌مراد (۱۳۸۲). مدل‌سازی رابطهٔ بارش با ارتفاع در منطقهٔ زاگرس، *مدرس*، ۷ (۲)، ۱۸۲–١٦٣.

محمودی، فرج الله (۱۳٦۷). تحول ناهمواری‌های ایران در کواترنر. *جغرافیا*، *پژوهش‌های جغرافیایی*، ۱ (۲۳)، ٤۳–۵.

مهدوی، محمد (۱۳۷٤). *هیدرولوژی کاربردی*. جلد اول، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.

معرفت، احمد (۱۳۸۱). *کوه‌ها و غارهای ایران*. تهران: انتشارات گلی، چاپ اول.

نقوی مریم؛ علیجانی، بهلول؛ اکبری، مهری و فتاحی، ابراهیم (١٤٠٠). ارتباط بین شاخص‌های توپوگرافی با بارش‌های فراگیر منطقهٔ کوهستانی البرز. *جغرافیا*، ١٩ (٦٨)، ٥١-٦٧.

نگارش، حسین و خسروی، محمود (١٣٧٧). *کلیات ژئومورفولوژی ایران*. زاهدان: انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان، چاپ اول.

References

Alaei Taleghani, M. (2003). *Geomorphology of Iran*. First Edition. Tehran. Qoms Publication [in Persian].

Alijani, B., & Kaviani, M. R. (1995). The role of Alborz Mountains in the altitudinal distribution of precipitation. *Journal of Geographical Research*, *10*(38), 37-52 [in Persian].

Alijani, B. (2008). The effect of Zagros Mountains on the spatial distribution of precipitation. *Journal of Mountain Sciences*, *5*, 218-231.

Azizi, A., Abadi Joo, M. M., & Karimi M. (2014). The effect of altitudes in the creation of shadow wind deserts (simulation of the effect of Kerman Mountains in the creation of Lut desert). *Journal of Geographical Explorations of Desert Areas*, *5*(31), 145-165 [in Persian].

Azizi, A., Faraji Sabukbar, H. A, Abbaspour, R. A., & Safarrad, T. (2001). Model of spatial changes of precipitation in the Middle Zagros. *Journal of Natural Geography Researches*, *72*(42), 35-51 [in Persian]

Barati, G. R., Bodagh Jamali, J., & Maleki, N. (2012). Anticyclones and heavy rainfalls over Western Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, *44*(2), 85-98 [in Persian].

Eizadi, Z. (2013). Desert ecosystem (case study: Iran). *Sepehr*, *22*(85), 33-39 [in Persian].

Gholami, P. A., & Kharabat, Sh. (2013). The effect of the Zagros Mountain Range on the reduction of precipitation fluctuations in the west of Iran. *The First International Conference on Environmental Engineering*. Tehran: Center for Sustainable Development Solutions [in Persian].

Hafezniya, M. R. (2002). *Research method in humanities*. Tehran: SAMT Publication [in Persian].

Hay, L. E., Battaglin, W. A., Branson, M. D., & Leavesley, G. H. (1993). Application of GIS in modeling winter orographic precipitation, Gunnison River Basin, Colorado. *USA HydroGIS*, *93*, 491-499.

Kavyani, M. R., & Alijani, B. (2022). *Basics of Meteorology*. Tehran: SAMT Publication [in Persian].

Keyani, M., Lashkari, H., & Ghaemi, H. (2018). Analyzing the effect of the Zagros Mountain Range on the changes of Sudanese rainfall in the west of Iran. *Journal of Geography and Environmental Planning*, *30*(3), 17-40 [in Persian].

Khalaj, A. (2002). *An analysis of the influence of the Zagros Mountain Range on the synoptic systems affecting the climate of Central Iran*. Ph.D. Thesis. Tarbiat Modares University [in Persian].

Liu, X., Sun, H., Miao, Y., Dong, B., & Yin, Z. Y. (2015). Impacts of uplift of northern Tibetan Plateau and formation of Asian inland deserts on regional climate and environment. *Quaternary Science Reviews*, (116), 1-14.

Lu, H., Wang, X., Wang, X., Chang, X., Zhang, H., Xu, Z., ... & Han, Z. (2019). Formation and evolution of Gobi Desert in central and eastern Asia. *Earth-Science Reviews*, *194*, 251-263.

Lundquist, J. D., Minder, J. R., Neiman, P. J., & Sukovich, E. (2010). Relationships between barrier jet heights, orographic precipitation gradients, and streamflow in the northern Sierra Nevada. *Journal of Hydrometeorology*, *11*(5), 1141-1156.

Ma’refat, A. (2002). *Mountains and caves of Iran*. Tehran: Goli Publication [in Persian].

Mahdavi, M. (1995). *Applied Hydrology*. First Edition. Tehran: Tehran University Press [in Persian].

Mahmoudi, F. (1988). The evolution of Iran's unevenness in the Quaternary. *Journal of Geographical Research*, *23*, 5-43 [in Persian].

Mojarad, F., & Moradifar, H. (2003). Modeling the relationship between precipitation and altitude in the Zagros region. *Modarres, 7*(2), 163-182 [in Persian].

Montazeri, M. (2014). Investigating the role of unevenness in the formation of climatic sub-regions of Kohgiluyeh and Boyer Ahmad provinces. *Journal of Geography and Development*, *13*(40), 1-18 [in Persian].

Nagaresh, H., & Khosravi, M. (1998). *General geomorphology of Iran*. Zahedan: Sistan and Baluchistan University Press [in Persian].

Naghavi, M., Alijani, B., Akbari, M., & Fatahi, A. (2021). The relationship between topographical indicators and widespread rainfall in the Alborz Mountainous region. *Geography*, *19*(68), 51-67 [in Persian].

Oberlander, T. M. (1965). *The Zagros streams: a new interpretation of transverse drainage in an orogenic zone*. Translated by Masoumeh Rajabi. Tabriz: Tabriz University Press [in Persian].

Prudhomme, C., & Duncan, W. R. (1999). Mapping extreme rainfalls in mountainous region using geoestatistical techniques: a case study in Seotland. *International Journal of Climatology*, (19), 1337-1356.

Safarrad, T., Faraji Sabukbar, H. A., Azizi, Q., & Abbaspour R. A. (2013). Spatial analysis of precipitation changes in Middle Zagros through geostatistical methods (1995-2004). *Geography and Development Quarterly*, *11*(31), 149-164 [in Persian].

Sharifi, M. (2018). Billing and expansion of Iran's deposits, case study: Golden sands in central Iran. *Geography and Environmental Planning*, *30*(1), 127-150 [in Persian].

Singh, P., & Kumar, N. (1997). Effect of orography on precipitation in the western Himalayan region. *Journal of Hydrology*, *199*(1-2), 183-206.

Sospedra-Alfonso, R., Melton, J. R., & Merryfield, W. J. (2015). Effects of temperature and precipitation on snowpack variability in the Central Rocky Mountains as a function of elevation. *Geophysical Research Letters*, *42*(11), 4429-4438.

Sotoudeh, F., Alijani, B., Soteh, M., & Akbari, M. (2017). The effect of Zagros Mountains on Iran's rain-producing cyclones. *Natural Geography Research*, *50*(4), 639-653 [in Persian].

Sun, J., Liu, W., Liu, Z., Deng, T., Windley, B. F., & Fu, B. (2017). Extreme aridification since the beginning of the Pliocene in the Tarim Basin, western China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, (485), 189-200.

Zarin, A. (2011). Is the high pressure of the summer tropical front over Iran a part of the Azores tropical front (examination of a theory)?. *The 11th Congress of the Association of Geographers of Iran.* Shahid Beheshti University [in Persian].

Zomordian, M. J. (2002). *Geomorphology of Iran*; *Construction processes and internal dynamics*. Fifth Edition. Mashhad: Ferdowsi University Press [in Persian].