

پژوهش‌های جغرافیائی - شماره ۳۷، اسفندماه ۱۳۷۸
صص ۷۵-۸۷

مطالعه تطبیقی تغییرات اقلیمی با تغییرات ژئومورفولوژی معاصر «مورد ایران»

دکتر ابراهیم مقیمی - استادیار پژوهش، سازمان مطالعه و تدوین (سمت)

چکیده

در این مقاله تغییرات اقلیمی با تغییرات ژئومورفولوژی معاصر ایران و با استناد به مطالعات تاریخی و عناصر اقلیمی و بررسی‌های کمی بعمل آمده در زاینده‌رود، حوضه چهل‌گزی، رود خوانسار، جازموریان، بم و اردستان و با تحلیل هم‌زمانی و هم‌مکانی جریانها و طرح چند سؤال بطور اختصار مورد بررسی قرار می‌گیرد.

واژگان کلیدی: مطالعات تطبیقی، تغییرات ژئومورفیک، تغییرات اقلیمی، تحقیقات میدانی، جریان آب، بالادست و پایین‌دست آبراهه، شکل زمین، سیلاب

اهمیت مسئله

مسئله شناخت قلمرو وضعیت‌های اقلیمی و تغییرات آن برای ژئومورفولوژیست‌ها اهمیت دارد؛ زیرا می‌خواهند بدانند که اشکال موجود، تحت تأثیر چه وضعیت اقلیمی شکل گرفته‌اند. مهمتر اینکه بدانند چه تغییراتی را پیش‌رو دارند که منتج از تغییرات اقلیمی معاصر است. تغییرات اقلیمی و نوسانات اقلیمی می‌تواند در رابطه با عناصر زیادی نظیر تغییرات درجه حرارت، ریزش جوی، رطوبت، تبخیر، تعرق و نظایر آن باشد؛ ولی اطلاعات اقلیمی درازمدتی از این تغییرات موجود نیست. تنها در یکصد سال اخیر است که در مناطق محدودی از جهان، از جمله ایران، بیشترین و جالبترین اطلاعات کمی (توسط سازمانهای هواشناسی و ماهواره) بدست آمده است. این مقدار برای این که ما را در گذشته اقلیمی به سرانجامی برساند و یا برای وضعیت آینده اقلیمی فروغی داشته باشد، کافی نیست.

وقتی استدلال می‌شود که تغییرات آب و هوایی در تمامی مقیاسهای ممکن مکانی و زمانی و در مجموع، در کل تاریخ زمین موجود بوده است، نه از طریق اطلاعات کمی عناصر کنونی اقلیم؛ بلکه از طریق درک سیستم‌های اکولوژی (بادیکو، ۱۹۷۷) و ژئومرفولوژی تاریخی و معاصر است که مستدل می‌شود. اطلاعات و ارقام اقلیمی در تقویت استدلال تغییرات جدید به متخصص ژئومرفولوژی کمک می‌کند. ولی متخصص ژئومرفولوژی، گذشته اقلیمی و تغییرات آنرا با توجه به شواهد مرفولوژی کشف می‌کند. بنابراین چگونگی تغییرات ژئومرفی همانگونه که برای ژئومرفولوژیست‌ها مهم است، برای اقلیم‌شناسان نیز جالب و مفید خواهد بود.

در ارتباط با ایران

ما امروز نتوانسته‌ایم از تمام ایران اطلاعات اقلیمی کافی مبتنی بر اندازه‌گیری عناصر اقلیمی بدست آوریم. این بدان معنی است که باید از تغییرات ژئومرفی که در هر مقیاسی خود را نشان می‌دهد، در درک تغییرات اقلیمی بهره‌جوئیم؛ با این شرط که به شناخت تغییرات در هر فضایی همت گماریم. تغییرات اقلیمی و تغییرات ژئومرفی به روش پیچیده‌ای عمل می‌کنند، بنابراین دستیابی به مدلی واحد مشکل است. مدل چگونگی تغییرات اقلیمی مشکل‌تر از مدل چگونگی تغییرات ژئومرفی است؛ ولی در جایی که تغییرات ژئومرفی منشاء زمین‌ساختی دارد (آتشفشانها)، آثار گذشته اقلیمی را از خود محو می‌کنند و چون در مقیاس فضایی مختلف عمل می‌کنند، درک تغییرات ژئومرفی متأثر از تغییرات اقلیمی نیز مشکل خواهد بود.

اکنون آگاهی ما راجع به مدت زمانی که اشکال روی زمین در ایران در اثر تغییرات آب و هوایی شکل گرفته‌اند، کم نیست؛ اما هنوز کافی نیست. با وجود این که اطلاعات اقلیمی نسبتاً کاملی از بعضی مناطق آب و هوایی امروزی ایران داریم، از ویژگیهای ژئومرفولوژی آن کمتر مطلع هستیم. در تطبیق این دو با هم، اطلاعات بسیار اندکی داریم. شناخت تغییرات اقلیمی در تطبیق با تغییرات ژئومرفی برخی از سئوالات اساسی را مطرح خواهد کرد.

طرح چند سئوال

اول اینکه چه دوره‌ای از زمان لازم است تا مجموعه اشکال روی زمین با تغییر رژیم‌های آب و هوایی در تعادل باشند؟

در نواحی که بیشترین فرآیندهای فعال ژئومرفی در زمینی با حداکثر مقاومت عمل می‌کند (مثل سطوح مرتفع کوهستانی البرز و زاگرس)، در مقایسه با نواحی که این فرآیندهای فعال، در زمینی با حداقل مقاومت عمل می‌کند (مثل زمینهای شیلی و رسی نواحی مرکزی ایران)، مدت زمان لازم یکسان نیست. این فرض که بیشترین میزان فرسایش، همزمان در جایی صورت می‌گیرد که پوشش گیاهی ناپایدار است؛ بارش، فصلی و شدید است، برای تفسیر میزان فرسایش در رژیم‌های مختلف آب و هوایی کافی نیست. بنابراین نمی‌توان مخروط افکنه‌های عظیم آبرفتی را تنها به استناد اینکه در یک دوره زمانی مرطوبی شکل گرفته‌اند، تفسیر کرد؛ چرا که میزان رسوب آنقدر حجیم است که گاهی فرضهای دیگر دوره مرطوب را مورد انتقاد قرار می‌دهد و نقش هوازدگی شیمیایی سطوحی که در معرض هوازدگی هستند را نادیده می‌گیرد. چه بسا که در دوره مرطوب، هوازدگی شیمیایی، زمین

مقاوم را برای فرسایش سهل و آسان وضعیت دیگر آب و هوایی آماده می‌کند و رطوبت، در دوران تسلط هوای مرطوب، شرایط را برای تقویت پوشش گیاهی پایدار که مانع فرسایش است، فراهم می‌کند و بنابراین مانع فرسایش سهل و آسان خواهد شد. علت اینکه ایران فاقد یک پوشش گیاهی پایدار است، در حال حاضر ظهور یک فصل (تابستان) خشک بطور مشخص است، نه کاهش مجموع بارندگی سالانه. ظهور وسیع خاکهای عریان که مستقیماً در معرض عوامل جوی (پرفشار جنب مداری) قرار دارند، شرایط را برای فرسایش بارانی فراهم می‌کند نه هوازدگی. اهمیت اینکه بدانیم چه دوره‌ای از زمان لازم است تا مجموعه‌ای از اشکال روی زمین با تغییر رژیم‌های آب و هوایی در تعادل باشند، ما را قادر می‌سازد که به چهار جنبه بسیار مهم تکیه کنیم:

۱- اهمیت مدت زمان بارش که قدرت عمل جریانهای سطحی است.

۲- اهمیت مدت زمان مقاومت زمین در مقابل رژیم آب و هوایی

۳- شکل و مدت زمان خشکی که در کاهش پوشش گیاهی مؤثر است.

۴- شکل و مدت زمان مرطوب که در گسترش پوشش گیاهی نقش دارد.

از اینرو باید به تعادل دو دسته از اشکال فرسایش کاوشی و تراکمی مرطوب و خشک در مقایسه باهم و در تطبیق با یک شکل بدون فرسایش کاوشی و تراکمی که میزان ماندگاری آن به میزان ماندگاری رژیم آب و هوایی و تغییرات ژئومرفی آن، به قدرت کاوشی و تراکمی اقلیم حاکم و جنس زمین بستگی خواهد داشت، پرداخت. دوم اینکه تا چه مقدار اشکال ژئومرفی امروزی ایران به همراه خود، حاوی مجموعه‌ای از اشکال ناشی از تغییرات اقلیمی هستند؟

در پاسخ به این سؤال، برخی از محققین کوشیده‌اند تا در ایران ویژگیهای ژئومرفی چند چرخه‌ای را نشان دهند (معمد، ۱۳۷۱، ص ۱۱۸) و منطبق با این اصل است که قرارگیری روی هم اشکال، منطبق با تغییرات اقلیمی ای بوده که در دوران سوم و چهارم زمین‌شناسی پدید آمده است.

تغییرات بلند مدت

تپه‌های تثبیت شده ماسه‌ای (دشت کویر - بیرجند، اردستان)، کویرهای مطبق (دشت لوت، چاله دامغان و دق سرخ) و اختلاف در جهت تپه‌های ماسه‌ای ((شرقی - غربی (بیشتر در دشت کویر) شمالشرقی - جنوبغربی (شرق اردستان)) (مقیم، ۱۳۶۸) نمونه‌هایی از تناوب حاکمیت وضعیت اقلیمی خشک در ایران مرکزی است. تناوب لایه‌های ماسه‌ای بادی و رسوبات رسی - سیلابی در انباشته‌های بیشتر چاله‌های داخلی ایران، نشانه مشخصی از تغییرات شرایط اقلیمی است. کاوش شدید آبهای جاری در دره رودشور بیرجند، مخروط افکنه‌های عظیم (رود قمرو، قره‌چای، رودشور)، پادگانه‌های وسیع مطبق یا متداخل (در بلوچستان)، وجود بقایای فسیل شده و ناودیسهای معلق زاگرس جنوبی، نشانه مشخصی از حاکمیت شرایط اقلیمی مرطوب در ایران است (محمودی، ۱۳۶۸).

آثار متراکم یخچالی در کوهستانهای ایران (آذربایجان، کردستان) و مجاور یخچالی (شیرکوه، زردکوه، کوه‌های خراسان) نشانه مشخصی از حاکمیت شرایط اقلیمی سرد در ایران است. استنباط اینکه اشکال ژئومرفی ناشی از وضعیت اقلیمی سرد، در اثر حاکمیت وضعیت اقلیمی مرطوب و

همچنین اشکال ژئومرفی ناشی از وضعیت اقلیمی مرطوب، در اثر حاکمیت وضعیت اقلیمی خشک دستخوش تغییر شده‌اند، دور از انتظار نیست.

بسیاری از نواحی خشک امروزی ایران (البرز) دارای آثار رودخانه‌ای عظیمی هستند که در دوره مرطوب شکل گرفته‌اند و این رودخانه‌ها گاهی واریزه‌های یخچالی (مورنهای آبرفتی) اولیه را قطع کرده‌اند. داخل کوهستانهای نواحی نیمه خشک غرب و شمال ایران دارای سطوح سنگی با بستری ناهموار است که احتمالاً حاصل خارج شدن واریزه‌ها و خرده‌های هوازده ناشی از شرایط اقلیم خشک‌تری در یک دوره اقلیمی مرطوب است.

در دوره‌ای که یخچالها وضعیت ژئومرفی ایران را متحول می‌کردند، ایران (نیمه شمالی و نیمه غربی) تحت تأثیر پرفشار سیبری دارای اقلیمی سرد بوده است. در همین زمان در مرکز و جنوب ایران، اقلیمی گرم و مرطوب حاکم بوده است. بنابراین در این دوره، نیمه شمالی و غربی ایران بر اثر انباشتگی برفی - یخی و در مجاور آن یخ‌زدگی و ذوب مجدد، دستکاری می‌شد و انرژی آبی را برای کانالهای جریانی فراهم می‌کرد؛ بنحوی که این کانالهای جریانی به حسب میزان انرژی و حجم و سرعت و تداوم، قادر به امتداد یافتن به ایران مرکزی بوده‌اند (قمروود). از طرفی حاکمیت اقلیم بارانی در ایران مرکزی و جنوب نیز همزمان به فرسایش ناشی از آبهای سطحی کمک می‌کرد. بنابراین حوضه‌های رسوبی وسیع و ضخیمی خارج از محدوده کوهستانی بصورت تراکمی در سطوح باز و گود بوجود می‌آمد. در این دوره کوهستانها حالت کاوشی و چاله‌ها و دشتهای حالت تراکمی داشتند. بتدریج با تغییرات اقلیمی (پسروی پرفشار سیبری به عرضهای بالاتر، گسترش بیشتر کم‌فشارهای عربستان، پیشروی بیشتر پرفشار جنب مداری، کاهش گسترش کم‌فشارهای غربی)، مناطق کوهستانی از نظر برودت و مدت حاکمیت سرما تغییر چشمگیری یافت؛ در نتیجه هم از میزان گسترش یخچالها کاسته شد و هم از میزان رطوبت ایران مرکزی و جنوبی. بنابراین با افزایش درجه حرارت و کاهش میزان رطوبت، بتدریج شرایط نیمه خشکی در نواحی کوهستانی شمالی ایران (بجز سواحل خزری) و رشته کوههای غربی ایران مستولی شد. هر چه از میزان رطوبت کاسته و بر درجه حرارت افزوده می‌شد، شرایط از حالت نیمه خشک به خشک تمایل پیدا می‌کرده؛ روندی که امروز نیز اقلیم ایران متأثر از آن الگوست (علیجانی، ۱۳۷۲، صص ۸۵-۱۰۰).

در سیستم فوق، حوضه‌های کوهستانی تا حدودی یک چهره تراکمی ناشی از تناوب درجه حرارت، هیدراتاسیون جزئی، شیب دامنه‌ای، لغزش و ریزش بخود گرفته‌اند. در نتیجه، بیلان کاوش به خارج از حوضه کوهستان کمتر از مقدار تراکم رسوب در داخل کوهستان است.

به همین دلیل، نواحی کوهستانی ایران بتدریج از رسوبات گرد شده (ناشی از آبهای جاری) و زاویه‌دار فراوانی انباشته شده، بنحوی که آب جاری در حال حاضر کمتر قادر به حمل مواد به خارج از حوضه کوهستان (جز در موارد جزئی) است. در نواحی خارج از حوضه کوهستان (ایران مرکزی) سطوح تراکمی بتدریج با کاهش جریانهای سطحی، افزایش انرژی بادی، افزایش درجه حرارت و کاهش میزان رطوبت، شواهد اقلیمی خشک‌تری را در سطح نمایان ساخته، بنحوی که این چرخه اقلیمی آثار خود را بر چرخه قدیمی تر تحمیل کرده است. اینها شواهدی بلندمدت از تغییرات اقلیم - ژئومرفولوژی هستند. شواهد تغییرات کوتاه‌مدت آنها نیز قابل تطبیق است.

تغییرات کوتاه مدت

جالب خواهد بود که ما بتوانیم سه نوع از تغییرات آب و هوایی عمده ایران را از نظر ژئومورفولوژی، در حال حاضر شناسایی کنیم. این سه نوع عبارتند از: تغییرات شرایط متوسط سالانه، تغییرات متوسط ماهانه و تغییرات فصلی. اطلاعات درازمدت تغییرات متوسط سالانه آب و هوایی از طریق پادگانه‌های کوچک رودخانه‌ای و انتقال رسوب (در نواحی که آب سطحی جریان دارد)، جابجایی جزئی خط‌الرأس‌ها، یالهای تپه‌های ماسه‌ای (در نواحی که باد نقش غالب را دارد)، بدست می‌آید. تغییرات فصلی را می‌توان از طریق زمینهای پف کرده، برآمدگیهای نمکی، رفت و روب سطحی ماسه‌های بادی (در ایران مرکزی)، یخ‌زدگی و ذوب مجدد یخ، ترک‌ها و شکافهای ناشی از یخ‌زدگی، تخریب سطحی سنگ بر اثر درجه حرارت، شیارهای ناشی از اثر باد (در رشته کوه‌های مرکزی ایران) تشخیص داد.

تغییرات ماهانه نیاز به بررسی بیشتری دارد. قطعاً می‌توان برای آن نیز شواهدی را شناخت که مهمترین آن، تغییر در داخل کانالهای جریانی است و باز ناچاریم به گذشته اقلیمی ایران برگردیم.

مطالعات تاریخی

در سال ۱۹۵۶ «بوبک» با بررسیهای زمین اطراف دشت کویر و مسیله، در یادداشت خود با عنوان «کویر بزرگ مسیله»، آب و هوای گذشته ایران را نسبت به امروز مرطوب‌تر می‌داند (بوبک، ۱۹۶۵). هوکریده و همکاران در سال ۱۹۶۸ منطقه کرمان و جنوبشرق ایران مرکزی را مورد بررسی قرار داده‌اند و به استناد انواعی از گیاهان و گونه‌ای از دوزیستان، چنین استدلال می‌کنند که در گذشته، آب و هوا در این منطقه نسبت به حال حاضر مرطوب‌تر بوده است (هوکریده، ۱۹۶۸).

معتمد در سال ۱۳۴۷ تا ۱۳۵۰ با بررسی لوت، مشاهده حفره‌های وسیع دره‌های آبرفتی و پرشدگی آنها توسط ماسه‌های امروزی، وجود شرایط مرطوب‌تری را در گذشته این مناطق یادآوری نموده است (معتمد، همان).

«کرینسلی»^(۱) در سال ۱۹۷۲ با مشاهدات خود در دشت کویر و وان زئیست^(۲) در سال ۱۹۷۳ در غرب ایران و ارتفاعات زاگرس، و میمندی‌نژاد در سال ۱۳۴۸ و گروه مطالعات شرکوفسکی و همکاران در منطقه انارک و کوه‌های جنوبشرقی نیز وضع مرطوب‌تری را نسبت به امروز استدلال می‌کنند.^(۳)

قبادیان در سال ۱۳۶۱ بدون شواهد سنی، استدلال می‌کنند که: «در هزار سال پیش مقدار گیاه، رطوبت و آب در یزد نسبت به امروز بیشتر بوده است».

درش در سال ۱۹۷۶ و محمودی در سال ۱۳۶۸ نیز وجود رطوبت بیشتر در فلات ایران را در مقایسه با امروز یادآوری کرده‌اند (درش، ۱۹۷۶) و (محمودی، همان). جعفرپور در سال ۱۳۶۸ در بررسیهای اقلیمی ایران اظهار داشته است که: «مناطق بیابانی خشک شامل کاشان، یزد، طبس، مناطق بیابانی شامل اصفهان، آباد، شاهرود و نیشابور، مناطق با اقلیم مدیترانه‌ای گرم شامل تهران و شیراز، مناطق با اقلیم نیمه بیابانی سرد شامل نواحی

1. Krinsley, 1978.

2. Van zeist, 1973.

۳- مجله علوم دانشگاه تهران، شماره ۳ و ۴ ص ۱۱۷.

کوهستانی مرکزی و مناطق با اقلیم سرد استپی شامل زنجان، همدان، اراک است. وی بری بودن ایران مرکزی را بین ۴۰ تا ۶۰ درجه محاسبه کرده است (جعفرپور، ۱۳۶۸). خلیلی در مورد استان یزد تا ۷۳ درصد سطح استان را اقلیم فرا خشک حاکم می‌داند (خلیلی، ۱۳۵۳). اگر همگی اظهارات فوق را صحیح بدانیم، در این صورت باید استدلال کرد که ایران، اکنون نسبت به گذشته در وضع خشک‌تر اقلیمی قرار گرفته است. بنابراین باید به دنبال آن نوع از پدیده‌های ژئومرفی باشیم که در شرایط خشک‌تری خود را متحول خواهند ساخت. این خشکی‌ها معلول سه علت است؛ یکی کمبود بارندگی، دیگری تبخیر شدید و سوم جنس سنگها و مواد سطحی.

انطباق شرایط اقلیمی خشک و نتایج ژئومرفی آن بعلاوه تغییر در میزان بارندگی، میزان تبخیر و جنس سنگها و عامل ناهمواریهای نواحی مختلف ایران یکسان نیست. تعیین حدود نواحی نیز بدلیل اینکه نقشه‌های خوبی که بتواند جزئیات دقیق جوامع گیاهی ایران را نشان دهد، در اختیار نداریم؛ بهتر است بگوییم که کار مشکلی است. تنها می‌توانیم به استناد بعضی نتایج ژئومرفی، برخی از نواحی خشک ایران را تعیین حدود کنیم. این نتایج در حال حاضر عبارتند از:

۱- نتایج حاصل از یخ‌شکافتگی و یخبندان توأم با ذوب مجدد: حاصل یخ‌شکافتگی‌ها، خرده سنگهایی است که در آن قلوه سنگ و قطعه سنگ بیشتر بچشم می‌خورد. حاصل یخبندان توأم با ذوب مجدد یخ، خرده سنگ و خاک سنگها است که تا حدودی علاوه بر اثر عمل یخ‌شکافتگی، تحت تأثیر هیدرولیز نیز قرار دارند، اختلاف درجه حرارت روزانه و شبانه، اختلاف درجه حرارت فصلی و روزهای یخبندان در میزان این نتایج تأثیر دارد. در حال حاضر کلیه مناطق کوهستانی ایران در وضعیت زمستانی، تحت تأثیر این پدیده هستند. شدت آن در شمالغرب کشور و شمال ایران (بجز نواحی خزری) بیشتر است. در نواحی مرکزی و جنوبی، این مقدار به حداقل خود می‌رسد.

۲- نتایج حاصل از میزان بارندگی و رطوبت: در این خصوص تغییر حجم کانیها بخصوص نمکها (در ایران مرکزی) و پدیده هیدرولیز (بجز کویر لوت) در طول مدت ریزشهای جوی، از جمله نتایج ژئومرفی آن است. این موضوع برای رسوب‌شناسان بسیار اهمیت دارد. تناوب دوره‌های کوتاه مرطوب شدن و خشک شدن شدید بعد از آن، بندرت اثر این دورا به اعماق می‌کشاند. گردش کار از انحلال در موقع مرطوب‌شدگی آغاز و سپس انتقال به اعماق بسیار کم یا بسوی چاله‌های توپوگرافی و سرانجام تبلور تحت تأثیر تبخیر شدید است. این چرخش بسته به مدت مرطوب‌شدگی، بصورت روزانه، ماهانه، فصلی و یا حتی سالانه دیده می‌شود. کانیهای نواحی ایران مرکزی تبلور طولانی و گسترده‌تر و نواحی کوهستانی شمال، غرب و جنوب ایران (بجز نواحی ساحلی خلیج فارس و دریای عمان) در مقایسه با نواحی ایران مرکزی، هیدرولیز طولانی‌تری را دارند.

در مورد لوت، با توجه به وجود یاردانگ‌ها، کلوتها و اجتماع تپه‌های ماسه‌ای باید قبول کرد که این حوضه در گذشته دور (پلیوستوسن) دارای آب و هوای بسیار خشک و طوفانی بوده است که طی آن باد قدرت آن را داشته است که توده‌های عظیمی از ماسه‌ها و لیمونها را به حرکت در آورد و آنها را مجتمع سازد؛ ولی اکنون طوفان با شدت سابق را ندارد. اکنون فعالیت بادی جز در تحول یاردانگها و رفت و روب سطحی، نقش دیگری ندارد. اما تأثیر عمل آب و مرطوب‌شدگی در حال حاضر هیچ است. بنابراین در مقایسه با نواحی مجاور و در مقایسه با نتایج ژئومرفی و اقلیمی، ایران در مرحله خشکی شدید قرار دارد.

در لوت جنوبی، «اتفرید وایزه» بر روی سنگهای آتشفشانی پلیوسن، رسوبات کواترنری را مشاهده کرده است که بر سطح آن انواع اشکال ژئومرفی معلول تأثیر توأم آب و باد قرار دارد (وایزه، ۱۹۷۵)، اما به اینکه تحول کنونی آنها تحت تأثیر چه عاملهای دیگری می‌تواند باشد، هیچگونه اشاره‌ای نکرده است. وجود آثار مشترک آب و باد در لوت جنوبی بواسطه اینکه نزدیک به حوضه نفوذ جریانهای موسمی است، دور از انتظار نیست. اکنون نیز می‌توان ادعا کرد که با تغییر جزئی اشکال، تأثیر مشترک توأم آب و باد با شدت کمتر نسبت به گذشته را بتوان یافت و در مقایسه با لوت مرکزی (که تنها باد و درجه حرارت عامل تغییر اشکال است)، در بخش جنوبی لوت عامل مرطوب شدگی را نیز افزود؛ لکن عامل برتر نیست.

در حال حاضر ایران کمتر تحت تأثیر فعالیتهای شیمیایی و بیوشیمیایی حاصل از بارندگی و رطوبت قرار دارد (بجز سواحل جنوب، خزر و پهنه‌های کویری) و بیشتر تحت تأثیر فرآیندهای مکانیکی شدیدی قرار دارد که این خود دلیل مطابقت نتایج اقلیمی خشک به نتایج ژئومورفولوژی است. عمل آبهای جاری در تمام نواحی ایران (بجز لوت) در مقیاسهای فضایی و زمانی متفاوت، بعنوان یک حاصل مشترک برای کلیه پدیده‌های ژئومرفی شناخته می‌شود. نقش جریان سطحی آن از جریانهای زیرزمینی چشمگیرتر است. تأثیر شرایط اقلیمی و احتمالاً روند تغییرپذیری اقلیم، بیش از همه بر جریانهای سطحی که بطور مستقیم تغییرات ژئومرفی (درازمدت و کوتاه مدت) را دنبال دارد، ظاهر می‌شود. درست است که عامل خشکی اقلیمی بعنوان عامل مشترک مؤثر بر ضریب جریان همه کانالهای جریانی ایران است، لکن از نظر ژئومرفی نمی‌توانیم عامل مشترکی را پیدا کنیم که بر ضریب جریان همه کانالهای جریانی مؤثر باشد؛ چرا که ایران از نظر عامل جنس سنگها، قابلیت تخلخل، رخنمون‌های سنگی و شیب توپوگرافی یکسان نیست. میزان بارش، درجه حرارت، شدت باد و میزان تبخیر، چهار عامل مؤثر تغییرات ژئومرفی هستند و همگی عناصر اقلیمی می‌باشند، نه عناصر ژئومرفیکی. بنابراین باید به عناصر ژئومرفی که در استقلال کانالهای جریانی نقش دارند و با توجه به عناصر اقلیمی آنها را متحول می‌کنند، بیشتر تأکید کرد. مثلاً غیربومی بودن یک جریان (مثل سفیدرود در شمال ایران) تنها به معنی وابستگی آن به عناصر اقلیمی متفاوت محلی نیست. آن بخش که به حوضه خزری مربوط است، عمکرد یکسانی با بخش علیای خود (بخش دیگر که به حوضه مرتع و سنگی کردستان مربوط است) ندارد.

زاینده‌رود ایران

در مقیاس ملی یک رود غیربومی است که از ترکیب شدن کانالهای جریانی شهرگرد بسمت گاوخونی با امتداد شمالغربی - جنوبشرقی کشیده شده است. بتدریج به سمت گاوخونی، عنصر اقلیمی (درجه حرارت زیاد و تبخیر شدید) و هم عنصر ژئومرفی (جنس زمین و شیب) مانع از تداوم کاوشی آن است. بتدریج بسمت سرچشمه‌ها، عنصر اقلیمی (کاهش درجه حرارت، کاهش میزان تبخیر و افزایش میزان بارندگی) و هم عنصر ژئومرفی (شیب توپوگرافی، جنس زمین) بصورت فزاینده‌ای قدرت تخریبی آنرا می‌افزایند. بین این دو محدوده، یک حالت میانه هم وجود دارد. هر تغییری که در عناصر اقلیمی علیای رود بوجود آید، نه تنها موجب تغییر در اشکال ژئومرفی کوچک مقیاس (بستگی به میزان و شدت تغییر عناصر اقلیمی) علیای رود می‌شود، بلکه در اشکال ژئومرفی حدود میانی و انتهایی رود نیز تغییر ایجاد می‌کند. در طول این رود، ایستگاههای اقلیم‌شناسی پیوسته‌ای وجود ندارد که ما را به میزان تغییر در عناصر اقلیمی آگاه کند؛ اما جریان انرژی آب رود بطور پیوسته

(برعکس ایستگاههای اقلیم‌شناسی ناپیوسته) می‌تواند شواهد ژئومرفی را ایجاد کند که ما را به میزان تغییرات اقلیمی آگاه نماید. تغییرات قابل ملاحظه میزان آب زاینده‌رود و کیفیت رسوب و شوری، از جمله اثر عناصر ژئومرفی هستند که با اثر عناصر اقلیمی رابطه مستقیم خواهد داشت. طی ۷ سال (۱۳۶۷-۷۳) از ۱۲ ایستگاه میزان شوری آب این رود اندازه‌گیری شده است (کلباسی، ۱۳۷۳) که تغییرات قابل ملاحظه‌ای در افزایش میزان شوری آب این رود مشاهده می‌شود.

علت این تغییرات را ورود آب شور اراضی پایین دست، کاهش آب زاینده‌رود و تبخیر زیاد عنوان کرده‌اند. در این علتها، کاهش میزان آب زاینده‌رود نقش غالب را دارد؛ که هم معلول کاهش بارندگی و هم معلول افزایش تبخیر بدلیل افزایش درجه حرارت است. آب اراضی شور پایین دست نیز تحت تأثیر این دو عامل تغییر می‌کند. با کاهش میزان بارندگی، شوری آن زیاد و با افزایش میزان بارندگی، شوری آن کم می‌شود. میزان رسوب نیز تحت تأثیر شدت و مدت جریان و حجم آب تغییر می‌کند. افزایش میزان شوری و یا کاهش میزان رسوب، تنها دلیل تغییر عناصر اقلیمی نیست، دلیل مهمتر، تغییر امتداد یافتگی جریان آب رود است. در صورتیکه یک عامل زمین ساخت دخالت نداشته باشد، یا موضوع اسارت و تصرف طبیعی و انسانی علت کاهش یا افزایش آب این رود نباشد، آن وقت می‌توان به این تئوری دست یافت که هر میزان بارش بیشتر و اقلیم مرطوب‌تر باشد، امتداد جریانی آب رود مطولتر خواهد شد. به همین دلیل بسیاری از کانالهای جریانی در شرایط مرطوب تا سطوح پایانی تراکمی خود (چاله‌ها، فرورفتگیها) امتداد داشتند و حوضه نفوذ خود را متحول می‌ساختند؛ ولی در شرایط اقلیمی خشک کنونی، به محدوده کوهستانی خود تحدید شده‌اند. با توجه به بررسیهای بعمل آمده، کاهش آب زاینده‌رود دلیلی بر افزایش تدریجی میزان خشکی اقلیمی ایران است. رود زاینده‌رود از این جهت مثال زده شد که هم به مناطق کوهستانی غرب ایران مربوط است و هم به شرایط حرارتی ایران مرکزی. از طرفی تحت تأثیر یک عامل فراملی (آبهای آزاد، رشته کوههای خارج از محدوده سیاسی ایران) قرار ندارد.

حوضه چهل کزی

این حوضه از توابع استان کردستان - شهرستان سنندج، با ارتفاع متوسط ۱۹۷۹ متر و متوسط بارندگی ۵۲۰ میلیمتر در سال است که میزان فرسایش آن با استفاده از «مواد رادیواکتیو سزیوم ۱۳۷» محاسبه شده است (خالدان، ۱۳۷۴). این میزان ۰.۷۶٪ کیلوگرم بر مترمربع در سال بدست آمده است. با توجه به جنس زمین که تا حدودی میزان فرسایش را به تأخیر می‌اندازد، این میزان به چه عواملی ممکن است بستگی داشته باشد؟ طبیعی است که رگبارهای ناگهانی و تند و کوتاه مدت که نشانه‌ای از تغییرات عناصر اقلیمی است، جایگاه ویژه‌ای در افزایش میزان فرسایش ذکر شده دارد. میزان فرسایش بدست آمده این حوضه (۰.۷۶٪)، در مقایسه با میزان فرسایش بدست آمده از حوضه رودخانه آجی چایی (۰.۴۴٪)، در عین حال که میزان بارندگی حوضه چهل کزی (۵۲۰ میلیمتر) بیش از دو برابر حوضه آجی چایی در ایستگاه ونیار (۲۵۳ میلیمتر) است، اما میزان فرسایش آن کمتر از دو برابر حوضه آجی چایی است. انتظار این بود که با افزایش میزان بارندگی، میزان رسوب نیز افزایش یابد. اما جنس زمین و پوشش گیاهی که با افزایش رطوبت زیاد می‌شود، با آن تضاد دارد و میزان فرسایش را تا حدود زیادی کاسته است.

رودخانه خوانسار

در مرداد ماه سال ۱۳۶۶ در شهر خوانسار از توابع استان اصفهان سیل مهیبی جاری شد که خسارات زیادی را برای مردم در پی داشت. میانگین بارش سالانه مرداد ماه خوانسار طی سالهای ۱۹۷۱ تا ۱۹۸۹ (به مدت ۱۸ سال)، ۰/۳ میلیمتر اندازه گیری شده است (مهاجر، ۱۳۷۴). هم زمان با طغیان رودخانه خوانسار، یک حوضه آبریز با وسعتی نه چندان زیاد که در پایین دست خود دارای یک مخروط افکنه قدیمی و واقع در جنوب غربی خوانسار است، دستخوش رگبار شدیدی شد. مدت بارش در این ریزحوضه ۷ دقیقه بطول انجامید. نگارنده در آن زمان شاهد چنین رگباری بوده است. بعد از فروکش شدن سیلاب در این حوضه کوچک، برای اولین بار، مشاهده نمود که سنگهای عظیم به قطر ۰/۵ تا ۲ متر توسط این سیل مهیب بصورت غلطان به تعداد ۸ قطعه به طول حدوداً ۴۸۰ متر جابجا شده است. همچنین مواد تخریبی ریز (ماسه، قلوه سنگ، سنگ ریزه و شن) تا ۱۲۰۰ متر حمل و بخشی از باغات زیر دست این مخروط از رسوبات ریز و درشت به ضخامت حداقل ۲۰ سانتیمتر و حداکثر ۲ متر پوشیده شد. جالب آنکه این که سیلاب این حوضه به هنگام طغیان، هرگز به رودخانه اصلی که تنها ۳/۵ تا ۴ کیلومتر با مخروط افکنه فاصله دارد، نرسید. چنین حادثه‌ای در اطلاعات و آمار عناصر اقلیمی ایستگاه مربوطه ثبت نشده است تا بتوان آنرا در داده‌های آماری یا تأثیر آنرا در میزان متوسطها دید. حجم زیادی از آب این سیلاب به رودخانه طغیانی خوانسار نیز وارد نشده است تا بتوان آنرا در اندازه گیری دبی مایع و جامد روخانه محاسبه کرد. بنابراین جز از طریق تفسیر تغییرات ژئومرفی ایجاد شده در سطح این مخروط، بنحو دیگری قابل بررسی نیست. این مخروط افکنه قدیمی که اکنون در سطح آن جدیدترین آبرفتها دیده می شود، روی اسلیت‌های سیاه رنگ قرار دارد.^(۱)

شیرکوه

در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی یزد با میزان بارندگی ۱۰۰ میلیمتر (در پای کوه)، با ارتفاع بیش از ۴۰۰۰ متر با زیربنای گرانیتی و با پوشش آهکی و دولومیت به ضخامت بیش از ۱۰۰۰ متر از کرتاسه (هاک دورن و فوستر، ۱۹۷۲، ص ۱۳)،^(۲) فرسایش رودخانه‌ای در مقایسه با گذشته مرطوب که قادر به حمل تخته سنگهای گرانیتی بوده است، اکنون قدرت خروج از حوضه کوهستان را ندارد. از بین پدیده‌های ژئومرفی موجود، تراسهای قدیمی رودخانه‌ای چشمگیر است. در ضلع جنوبی شیرکوه، دامنه‌های منظمی دیده می شود که در حال حاضر تحت شرایط اقلیم خشک، در حال توسعه و تکامل است. رفت و روب بادی و سطوح قلوه سنگی و ریگی، چشم انداز زیادی دارد.

بم

«وایز» در بم تحقیقاتی داشته است. وی در گزارش خود از دو تپه نزدیک به هم، دو نوع شیب را در نظر می گیرد. یک شیب تند با زاویه حداکثر ۶۰ درصد روی شیب اصلی و زاویه حداکثر ۱۳ درصد روی دشت و یک شیب ملایم با زاویه حداکثر ۳۴ درصد روی شیب اصلی و زاویه حداکثر ۵ درصد روی دشت. اختلاف شیب این دو را ناشی از اختلاف ارتفاع سنگ مادر (ژپس) می داند. وی اظهار داشته است که هر دو دارای سطحی بدون

۱- نقشه زمین شناسی گلپایگان، مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰، سازمان زمین شناسی کشور، ۱۹۹۱.

۲- مشاهدات ژئومرفولوژی شیرکوه، هاگ دورن و فوستر، گروه تحقیقاتی دانشگاه آخن و ورستبورگ، ۱۹۷۲، ص ۱۳.

عارضه‌اند. ارتفاع این دو شیب از ۳۰ متر تجاوز نمی‌کند؛ ولی آبراهه چشمگیری در سطح ندارد (وایزه، ۱۹۷۵). این موضوع از دو نظر اهمیت دارد، یکی اینکه جریانهای سطحی معمولی نه تنها از محدوده کوهستان خارج نمی‌شوند، بلکه در داخل کوهستان نیز به کندی جریان می‌یابند. دوم این که تسطیح شیب، حداقل در این نقطه از ایران (بم) بوسیله جریان آب سطحی صورت نمی‌گیرد، بلکه باد در این خصوص نقش دارد و این نیز خود دلیل دیگری بر روند تغییر اقلیم ایران بسمت خشک‌شدگی بیشتر است.

اردستان

در شرق اردستان کویری بنام کویر دق‌سرخ وجود دارد. مطابق با طبقه‌بندی کوپن و با استفاده از داده‌های اقلیمی، اردستان دارای اقلیمی بیابانی با زمستان سرد و تابستان گرم است. ارتفاعات دو طرف کویر (شمال - جنوب) از گسلهای آتشفشانی دازیت، ریودازیت ایگنمبریت، پیرکلاستک، ماسه سنگ و کنگلومرا است (مقیم، ۱۳۶۸). در نواحی کوهستانی جنوب این کویر، هیچگونه آثاری از جریان یافتگی جدید آب سطحی علیرغم اینکه بارش اردستان سالانه حدوداً ۲۰۰ میلیمتر گزارش شده است، مشاهده نمی‌شود.

هم زمانی جریانها

وقوع بارندگی گسترده و شدید و کاملاً هم زمان در یک ناحیه نسبتاً وسیع بنحوی که جریان طغیانها از طریق محاسبه دبی کانالهای جریانی مختلف، قابل محاسبه باشد و همچنین میزان بارندگی آن از طریق ایستگاههای متعدد اقلیمی بطور هم زمان قابل اندازه‌گیری باشد، اکنون در ایران دیده نمی‌شود. به همین دلیل طغیانها هرگز به همدیگر اضافه نمی‌شوند؛ هر چند پیوستگی در فراوانی دارند (یکی بعد از دیگری ظاهر می‌شود)، اما هم زمانی ندارد. تنها در سال ۱۳۷۳ دوازده استان کشور بطور پیوسته، ولی غیر هم‌زمان و با فاصله‌های زمانی کوتاه دچار سیلابهای شدید شدند. خوب است که در مورد علت آن تحقیق شود و تحقیق شود به اینکه چرا سیلابهای ایران هم‌زمانی ندارند.

هم مکانی جریانها

هم مکانی جریانها نیز دیگر موضوع جالب تحقیقی می‌تواند باشد. «ژان تریکار» در خصوص مقیاس فضایی جریانهای رودخانه‌ای اظهار می‌دارد که: «از نظر ژئومورفولوژی، جریان رودخانه‌ای موقعی ظاهر می‌شود که بتوان بین آبریزها و اعماق دره‌ها وجه تمایزی را تشخیص داد و آبراه، دره‌ای را در پیش گیرد». وی حداقل این سطح را در حدود ده کیلومتر می‌داند (تریکار، ۱۳۶۴، ص ۱۸۳). البته این ویژگی تا حدودی با حوضه‌های جریانی ایران مطابقت ندارد و می‌توان در ایران حوضه‌های با سطح کمتر از ده کیلومتر را یافت. این مورد (هم‌زمانی و هم‌مکانی جریانها) نیاز به بحث جداگانه‌ای دارد.

همه این شواهد گویای خشک‌تر شدن وضعیت اقلیمی ایران، حداقل در یک دوره کوتاه مدت است. ما هیچگونه شواهد ژئومرفی که نشانی از مرطوب‌شدگی اقلیمی برای یک دوره کوتاه مدت باشد، نمی‌یابیم. تغییر آب و هوا از هر نوع که باشد، سبب تحریک ناگهانی و تدریجی اشکال زمین خواهد شد. این مسئله در حقیقت واکنش اشکال سطحی زمین به تغییرات اقلیمی است و با اندازه‌گیری این واکنشها است که تغییرات اقلیمی کشف می‌شوند. دیدگاههای ژئومرفی برای تعقیب این موضوع، نیازمند کار بیشتری است و باید تقویت شود. بررسی تأثیر مستقیم تغییرات این دو عامل به انسان و عمران با بهره‌گیری دوگانه علمی و عملی قابل دفاع است و حداقل

آن عبارت است از:

الف - بهره علمی:

- ۱- دیدگاههای جدیدی را در اقلیم‌شناسی ایران به ما ارائه خواهد کرد.
- ۲- دانش ژئومرفولوژی را پایدارتر خواهد ساخت و میدان تحقیق وسیعی را در کشور خواهد گشود.
- ۳- با مقایسه این تغییرات، این دو دانش به هم نزدیکتر خواهند شد.

ب - بهره عملی:

ایران یکی از مهمترین صحنه‌های فعالیت ژئومرفی و اقلیم است؛ لذا باید از اعمال غیرجامع و غیرعلمی عمرانی پرهیز کرد. چراکه هر اشتباهی ممکن است به سهولت به فاجعه‌ای بزرگ در این زمینه تبدیل شود. طبیعی است که آشنا نمودن مردم از نظر فرهنگی به آثار تطبیقی تغییرات اقلیمی و تغییرات ژئومرفی، یکی دیگر از جنبه‌های کاربردی شناخت این تغییرات است. ماهیت این تغییرات وقتی برای مردم جالب و ارزشمند خواهد بود که در این خصوص «فرهنگ سازی» شود. مردم^(۱) با درک این تغییرات به راحتی خواهند توانست تا از آسیبهای احتمالی ناشی از این تغییرات در امان باشند. وقتی مردم در درک و شناخت این گونه تغییرات، ارتقاء فرهنگی یابند، خود راه صحیح را بر خواهند گزید.

محور فضایی مطالعه در داخل ایران با جهت شمالغرب - جنوبشرق است که با ترسیم خط فرضی نقشه ذیل، آنرا مشاهده خواهید نمود.



نتیجه گیری

شناخت تغییرات اقلیمی برای ژئومرفولوژیست‌ها که می‌خواهند بدانند اشکال موجود تحت تأثیر چه وضعیت اقلیمی‌ای شکل گرفته‌اند و تغییر می‌کنند، اهمیت دارد و مهمتر اینکه علاقمندند بدانند چه نوع از تغییرات ژئومرفی را پیش رو دارند که منتج از تغییرات اقلیمی است. وقتی استدلال می‌شود که تغییرات آب و هوایی در تمام مقیاسهای کره زمین موجود است، نه تنها از طریق اطلاعات کمی عناصر اقلیمی، بلکه از طریق درک سیستم‌های اکولوژی و تغییرات ژئومرفی نیز استدلال می‌شود. بنابراین تغییرات ژئومرفی همانگونه که برای ژئومرفولوژیست‌ها مهم است، برای اقلیم‌شناسان نیز مهم است. جالبتر اینکه با استناد به تغییرات ژئومرفی در هر مقیاس و دوره‌ای می‌توانیم در درک تغییرات اقلیمی موفق‌تر باشیم. مهمتر آنکه شناخت تغییرات اقلیمی در تطبیق با تغییرات ژئومرفی برخی سؤالات اساسی هم برای ژئومرفولوژیست‌ها و هم برای اقلیم‌شناسان از جمله دوره‌های متغیر رژیم‌های آب و هوایی و ژئومرفی را مطرح خواهد کرد. اهمیت این که بدانیم چه دوره‌ای از زمان لازم است تا مجموعه‌ای از اشکال سطحی ایران با رژیم‌های آب و هوایی متغیر معاصر در تعادل باشند، ما را قادر می‌سازد که به چهار جنبه بسیار مهم تکیه کنیم:

- ۱- اهمیت رطوبت و بارش که منشاء عمل جریانهای سطحی است.
 - ۲- اهمیت جنس زمین با مقاومت حداکثر یا حداقل و یا حد بین این دو در مقابل رژیم آب و هوایی
 - ۳- شکل دو دوره خشکی که در کاهش پوشش گیاهی مؤثر است.
 - ۴- شکل و دوره مرطوب که در گسترش پوشش گیاهی نقش دارد.
- اشکال ژئومرفی چند چرخه‌ای موجود ایران که از تغییرات چند چرخه‌ای اقلیمی تاکنون تأثیر پذیرفته‌اند، در تطبیق با هم، مجموعه‌ای از تغییرات اقلیمی و ژئومرفی ایران را در طول زمان ارائه خواهند کرد که بصورت یک روش مستقل برای درک تغییرات اقلیمی کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌تواند معرفی شود. در این مقاله با استدلالهایی که از مطالعه رود آجی چایی، کردستان، خوانسار، اردستان، یزد، زاینده‌رود، کرمان، بم، جازموریان و کویر لوت بعمل آمده است و به استناد عناصر اقلیمی، از جمله درجه حرارت، میزان بارش، تبخیر، تعرق، رطوبت و باد نتیجه‌ای که بدست آمده است، نشان نمی‌دهد که ما در آینده تغییرات اقلیمی مرطوبتر از حال حاضر داشته باشیم، چه ممکن است نسبت به امروز شرایط خشک‌تری را نیز پیش‌رو داشته باشیم. در بررسی تأثیر مستقیم تغییرات این دو عامل به انسان و عمران، نتیجه علمی و عملی فراوانی را مطرح خواهد ساخت.

از نظر علمی به ارائه دیدگاههای جدید، پایداری دانش ژئومرفولوژی و اقلیم‌شناسی و از نظر عملی احتیاط‌های همه جانبه و دوری جستن از هزینه‌های سنگین هیدرولیکی و ارتقاء فرهنگ مردم مورد تأکید است.

منابع و مآخذ:

- ۱- تریکار، ژان؛ اشکال ناهمواری در نواحی خشک، ترجمه مهدی صدیقی و پورکرمانی، انتشارات آستان قدس، ۱۳۶۴.
- ۲- جعفرپور، ابراهیم؛ درجه بری بودن ایران، مجله پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۲۳، دانشگاه تهران، ۱۳۶۸.
- ۳- خالدان، حسین؛ استفاده از مواد رادیواکتیو سزیم ۱۳۷ در مطالعات فرسایش خاک، جهادسازندگی استان کردستان، ۱۳۷۴.
- ۴- خلیلی، علی؛ اقلیم‌های استان یزد، مجله محیط‌شناسی، شماره ۱۱، ۱۳۵۳.
- ۵- درش، ژان؛ مقایسه حوضه‌های بسته ایران، کنگره جغرافیدانان ایران، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۹۷۵.
- ۶- علیخانی، بهلول؛ مکانیسم‌های صعود بارندگی ایران، فصلنامه دانشکده ادبیات دانشگاه تربیت معلم تهران، ۱۳۷۲.
- ۷- کلباسی، م؛ تغییرات کیفی آب زاینده‌رود در طول مسیر، مجله علمی کشاورزی ایران، جلد دوم، وزارت کشاورزی، ۱۳۷۴.
- ۸- مجموعه مقالات مدیریت منابع آب، دانشگاه اصفهان، ۱۳۷۴.
- ۹- محمودی، فرج‌الله؛ تحول ناهمواریهای ایران در کواترنر، مجله پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۲۳، دانشگاه تهران، ۱۳۶۸.
- ۱۰- معتمد، احمد؛ نگاهی به شرایط آب و هوایی ایران، مجله دانشکده علوم، ش ۱۱، دانشگاه تهران، ۱۳۷۱.
- ۱۱- مقیمی، ابراهیم؛ تحول ژئومورفولوژی شرق اردستان، مجموعه مقالات سمینار بررسی مسایل مناطق کویری و بیابانی، دانشگاه تهران، ۱۳۷۲؛ همچنین تحول ژئومورفولوژی اردستان، پایان‌نامه، گروه جغرافیای دانشگاه تهران، ۱۳۶۸.
- ۱۲- مهاجر، حمید؛ ژئومورفولوژی حوضه آبخیز رود خوانسار با تأکید بر مسئله فرسایش، دانشگاه شهید بهشتی، پایان‌نامه، ۱۳۷۴.
- ۱۳- نقشه زمین‌شناسی گلپایگان، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی، ۱۹۹۱.
- ۱۴- وایزه، اُتفرید؛ تشکیل دشتهای کوهپایه‌ای ایران، سومین کنگره جغرافیدانان ایران، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۹۷۵.
- ۱۵- هاگ دورن و فوستر، مشاهدات ژئومورفولوژی شیرکوه، گروه تحقیقاتی دانشگاه آخن و ورترسبورگ، ۱۹۷۲.
- ۱۶- Otfried R. Weise سومین کنگره جغرافیدانان، تهران، دانشگاه شهید بهشتی؛ ۱۹۷۵.
- 17- Bobek. H. features sand formation of the great kavir and massileh, 1950.
- 18- Budyko, M. I, Climatic changes, American eophysical, union, 1977.
- 19- Dresh. J. Le. Lut-Iran, Aul, centre geographique, france, Non 21, 1976.
- 20- Huckoride. R. and all, Geology of kerman rigional, zurich suitzerland, 1968.
- 21- Richard. J. Chorley, stanley. A. Schumm, David. E. suopen, geomorphology, Methuen & co, New york, 1984.