

بررسی عوامل موثر در تحول ژئومورفولوژی مخروط افکنه‌ها مطالعه موردی: مخروط افکنه جاجرود

مهران مقصودی^۱ - استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۸۶/۸/۲ تایید نهایی: ۱۳۸۷/۳/۸

چکیده

این تحقیق به بررسی عوامل موثر در تحول مخروط‌افکنه‌ها، به عنوان یکی از پویاترین لندفرم‌های نواحی خشک پرداخته است. به طور کلی در خصوص شکل‌گیری و تحول مخروط‌افکنه‌ها نظرات مختلف و گاه متضادی ارائه شده است که در این مقاله سعی شده تا با بررسی مخروط‌افکنه جاجرود (با هدف شناخت هر چه بیشتر عوامل موثر در شکل‌گیری و تحول آن) نظرات ارائه شده مورد تحلیل قرار گیرد. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای IRS (۲۰۰۲)، عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰، نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ توپوگرافی رقومی، نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی و نرم‌افزارهای تهیه نقشه و پردازش تصاویر رقومی استفاده شده است. در زمینه پردازش تصاویر رقومی از نرم‌افزار ArcGIS و PCI استفاده گردید. همچنین بمنظور تهیه نقشه‌های مورد نیاز از نرم‌افزارهای Microstation، Freehand و ArcGIS استفاده شد. در عین حال در بسیاری از موارد با عملیات میدانی و مشاهده ترانسه‌های طبیعی و مصنوعی موجود بر سطح مخروط‌افکنه و تهیه عکس و لوگ نسبت به تهیه شواهد مستدل و دقیق جهت کنترل و گردآوری اطلاعات تکمیلی، اقدام گردید. در نهایت نیز با استفاده از فرمول‌های تجربی smf^2 و vf^3 نسبت به تعیین اثر حرکات تکتونیکی در منطقه اقدام گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تحول مخروط‌افکنه جاجرود حاصل عملکرد عوامل طبیعی شامل تغییرات اقلیمی، حرکات تکتونیکی و تغییر سطح اساس (در دراز مدت) و عوامل انسانی (در کوتاه مدت) بوده است.

واژه‌های کلیدی: مخروط‌افکنه‌ها، تغییرات اقلیمی، حرکات تکتونیکی، ورامین، جاجرود

مقدمه

به طور کلی اصطلاح مخروط‌افکنه برای اولین بار توسط درئو (Drew) در سال ۱۸۷۳ در ارتباط با عوارض علیای حوضه سند بکار برده شده است (Lecce, 1990, 5). تعاریف زیادی از مخروط‌افکنه‌ها شده است که نکات مشترک زیادی بین این تعاریف وجود دارد. یکی از این تعاریف به شرح ذیل می‌باشد "مخروط‌افکنه توسط رسوب جریان‌ها بعد از عبور از آبراهه و پخش شدن بر روی یک دشت باز تشکیل می‌شود" (فرهنگ و بستر ۱۹۶۶) (به نقل از Rachoki, 1981 3).

1-E-mail: maghsoud@ut.ac.ir

نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۳۹۰۶۰۱۹

2- Mountain front sinuosity

3- Valley- floor width- to- height ratio

مخروط‌افکنه‌ها از جمله عوارضی می‌باشند که در نواحی خشک و سایر نواحی کره زمین مانند نواحی یخچالی و نواحی اطراف مخروط‌های آتشفشانی دیده می‌شوند. بسیاری از محققان معتقدند که تشکیل مخروط‌افکنه به محیط اقلیمی ارتباطی ندارد و بسیاری دیگر نیز آن را عمدتاً عارضه مناطق خشک دانسته و در توجیه آن باران‌های دوره‌ای و تخلیه رسوبات انباشته شده در حوضه آبخیز به وسیله جریان‌های حاصل از باران‌های فوق را عنوان می‌نمایند.

ایران از جمله کشورهایی است که قسمت اعظم آن در نواحی خشک و نیمه خشک قرار دارد. به طور کلی حدود دوسوم از وسعت کشور در قلمرو مناطق خشک قرار دارد. گسترش قلمرو نواحی خشک و نیمه خشک سبب شده تا تمام عوارض شناخته شده نواحی خشک در ایران نیز دیده شود. مخروط‌افکنه‌ها از جمله این عوارض می‌باشند که در مناطق مختلف دیده شده‌اند. در حال حاضر بسیاری از مراکز جمعیتی و کاربری‌های مختلف فعالیت‌های انسانی بر روی مخروط‌افکنه‌ها شکل گرفته‌اند (به علت وجود شرایط مناسب). جالب توجه این که بسیاری از استقرارگاه‌های انسانی (در تاریخ شکل‌گیری تمدن انسانی) نیز بر روی همین مخروط‌افکنه‌ها شکل گرفته‌اند.

مخروط‌افکنه جاجرود بعلت نزدیکی به تهران و استقرار شهرها و آبادی‌های بسیاری بر روی آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. وجود کاربری‌های مختلف و گسترش روزافزون فعالیت‌های انسانی بر روی این مخروط شناخت ابعاد مختلف آن را ضروری می‌سازد. تحقیق حاضر اگرچه در زمره تحقیقات بنیادی محسوب می‌شود اما می‌تواند در شناخت مخروط موثر واقع شده و در تحقیقات کاربردی نیز مورد استفاده قرار گیرد. به طور کلی تحقیقات زیادی در مورد مخروط‌افکنه‌ها در سطح جهان انجام شده است و در هر یک به یکی از ویژگی‌های مخروط‌ها توجه شده است. در این خصوص هاروی و همکاران (Harvey and et al, 1999, 1) در تحقیقی تاثیر تغییرات اقلیمی سطح اساس در کوتاه‌تر را بر تحول مخروط‌افکنه‌های ساحل جنوب شرق اسپانیا مورد بررسی قرار دادند. این تحقیق رسوب‌گذاری را منطبق با دوره یخچالی و بالا بودن سطح آب دریا و مرحله فرسایش را منطبق با دوره بین یخچالی و پائین بودن سطح آب دانسته است.

همچنین سوئینی و لوپ (Sweeney and loope, 2001, 31) در مطالعات خود، رسوبات بدون ساختمان مشخص و ماسه‌های لایه لایه را حاصل سیلاب‌های صفحه‌ای و جریان‌های پر رسوب ناهمگن دانستند. ضمناً محققان فوق ایجاد مخروط‌ها را به شروع اقلیم مرطوب نسبت دادند. در پژوهشی دیگر در خصوص سطوح فعال و غیر فعال مخروط‌افکنه‌ها و تاثیر کاربری‌های مختلف در منطقه پیرنه ایتالیا (Gomez-Villar and Garsia Ruiz, 2000, 127) به کاهش حدود سطوح فعال اشاره شده است. اسکالی و اوونز (Sally and Owens, 2005, 46) در تحقیقی پیرامون فرایند رسوب‌گذاری، جریان پر رسوب ناهمگن را عامل اصلی ایجاد رسوبات سطحی مخروط‌افکنه‌ها می‌دانند. در تحقیقی دیگر توسط ریتز و همکاران (Ritter and et al., 2000, 63) به نقش غالب تغییرات اقلیمی در تحول مخروط‌افکنه‌ها اشاره شده است. در این تحقیق تأثیر تکتونیک، تغییرات سطح اساس و سنگ شناسی حوضه در تحول مخروط‌افکنه ناچیز دانسته شده است. هاروی (Harvey, 2002, 67) در تحقیقی

نقش تغییرات اقلیمی سطح اساس در تقطیع مخروط افکنه ها را مورد توجه قرار داده و بریده شدن قاعده مخروط افکنه ها را ناشی از پائین رفتن سطح اساس ذکر می کند.

فیلد (Field, 2001, 93) تغییر مسیر کانال ها و متروک شدن جریان های گیسویی را از طریق فرایند تصرف جریان می داند. همچنین سوریسو والوو و همکاران (Sorrison-Valvo and et al., 1998, 169) در مقاله ای ایجاد مخروط های بزرگتر را حاصل سیلاب های صفحه ای و دائمی دانسته اند. در تحقیقی ویسراس (Viseras and et al., 2003, 181) تأثیر بالاراندگی و فرونشست بر تحول مخروط افکنه را مورد تحلیل قرار داده است. همچنین هاروی و همکاران (Harvey, 2003, 151) با بررسی سیستم مخروط افکنه ها و دریاچه جنوب اسپانیا تحول مخروط افکنه ها را نتیجه عملکرد توامان فعالیت های تکتونیکی و اقلیمی می دانند.

یومونت (Beaumont, 1972, 251) با مطالعه مورفومتری مخروط افکنه های دامنه های جنوبی البرز آن ها را محصول شرایطی می داند که حداقل در ۷۵۰ سال اخیر در ایران وجود ندارد. وی مخروط افکنه ها را در این مناطق جز عوارض فسیل شده می داند. عباس نژاد در تحقیق خود (عباس نژاد، ۱۳۷۶، ۴۷-۳۸) تأثیر تحولات تکتونیکی را بر تحول و ایجاد مخروط افکنه ها بررسی نموده است. یمانی و مقصودی (یمانی و مقصودی، ۱۳۸۲، ۱۰۳-۱۱۳) در مطالعات خود تحول کانال های گیسویی سطح مخروط افکنه تنگویه در حوضه آبریز کویر سیرجان را مورد بررسی قرار دادند و در نهایت عامل تکتونیکی را بعنوان عامل اصلی تغییر مسیر کانال ها معرفی نمودند. در تحقیق دیگری یمانی و مقصودی (یمانی و مقصودی، ۱۳۸۲، ۱۳۷-۱۵۱) به نقش توامان تغییرات اقلیمی و تحولات تکتونیکی در تحول مخروط افکنه های ناحیه مورد مطالعه (کویر سیرجان) اشاره دارند. عابدینی و رجایی (عابدینی و رجایی، ۱۳۸۵، ۷۳-۸۹) ارتباط بین مساحت حوضه و مساحت مخروط را مورد تأیید قرار داده و به رابطه معنی دار بین مقدار رسوب دریافتی و وسعت مخروط افکنه اشاره داشته اند. در پژوهشی دیگر (شایان، ۱۳۸۲، ۹۹-۱۱۳) تغییرات طولی و گستردگی مخروط ها و ارتباط آن ها با فعالیت های زمین ساختی بررسی شده است. نتایج این تحقیق ابعاد و شکل حوضه ها را متأثر از جنس مواد در حوضه ها می داند. و در آخر این که خیام و مختاری (خیام و مختاری، ۱۳۸۲، ۱-۱۰) با مطالعات خود مخروط افکنه ها را شاخص مهمی برای ارزیابی عملکرد فعالیت های تکتونیک می دانند.

به طور کلی هدف از این تحقیق شناخت هر چه بیشتر عوامل موثر بر تحول و شکل گیری مخروط افکنه ها بویژه مخروط افکنه جاجرود که بر سطح دشت ورامین گسترده شده می باشد. در واقع اهداف عمده تحقیق، شناسایی و بررسی شواهد تکتونیکی، اقلیمی و انسانی موثر در تحول مخروط افکنه فوق می باشد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

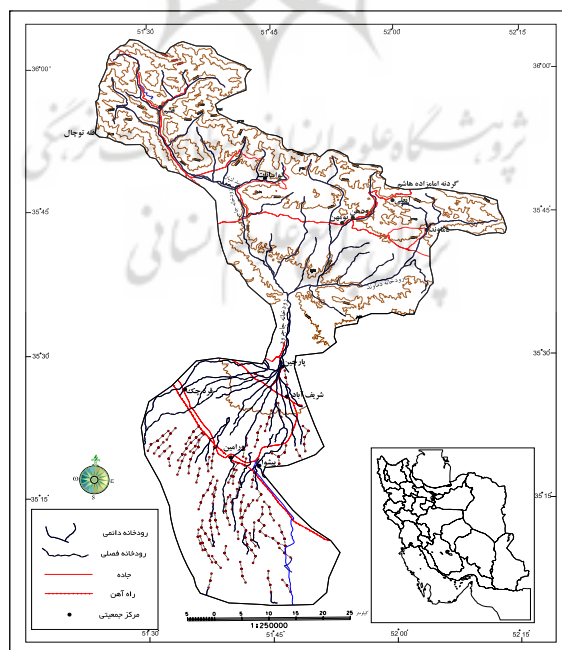
منطقه مورد مطالعه مخروط افکنه جاجرود می باشد که در جنوب شرق شهر تهران و حدود ۴۰ کیلومتری این شهر قرار دارد. از نظر تقسیمات کشوری این عارضه در استان تهران و در محدوده شهرستان های ری، پاکدشت و ورامین واقع شده است. جاده تهران - مشهد از نزدیکی رأس مخروط افکنه، و جاده تهران - قرچک - ورامین -

پیشوا از نزدیکی قاعده مخروط افکنه می‌گذرد. همچنین راه آهن تهران به گرمسار نیز تقریباً به موازات همین جاده و از جنوب آن عبور می‌کند. مخروط افکنه جاجرود بر روی دشت ورامین گسترده شده است و در طول جغرافیایی $51^{\circ}30'$ تا $51^{\circ}49'$ شرقی و عرض جغرافیایی $35^{\circ}10'$ تا $35^{\circ}28'30''$ شمالی گسترش یافته است.

مخروط افکنه جاجرود حاصل رسوب گذاری رودخانه جاجرود بعد از خروج از کوهستان (بعد از پارچین) می‌باشد. حوضه آبریز مخروط افکنه جاجرود شامل رودخانه جاجرود، رودخانه دماوند، چند رودخانه کوچک در شمال لواسان و همچنین شاخه‌های بین رودخانه جاجرود و دماوند (حوالی رود هن و بومهن) می‌باشد که بعد از محل سد لتیان بهم می‌پیوندند. گردنه امام زاده هاشم در شرق و قله توچال در غرب و یکسری ارتفاعات تا مرز ۴۰۰۰ متر خط تقسیم آب حوضه آبریز رودخانه را تشکیل می‌دهند (شکل ۱).

مساحت مخروط افکنه جاجرود ۱۲۱۴ کیلومتر مربع و مساحت حوضه آبریز جاجرود ۱۸۵۸ کیلومتر مربع می‌باشد. نسبت مساحت مخروط به مساحت حوضه آبریز نیز $0/65$ می‌باشد. شیب مخروط افکنه جاجرود نیز از رأس به سمت قاعده مخروط روندی کاهشی داشته و از $1/55$ درصد در رأس مخروط به $1/15$ درصد در بخش میانی مخروط و سپس در قاعده مخروط به $0/61$ درصد کاهش می‌یابد. این در حالی است که شیب کلی مخروط برابر $0/79$ درصد می‌باشد.

با توجه به تقسیم‌بندی بلیسنباخ (Blissenbach, 1954) شیب مخروط افکنه جاجرود در دسته سوم (یا مخروط‌هایی با شیب کم) قرار می‌گیرد. دلیل شیب کم مخروط افکنه جاجرود را می‌توان به طول شعاع نسبتاً طولانی آن (بیش از ۳۵ کیلومتر از رأس تا قاعده مخروط افکنه) و فضای نسبتاً زیادی که در دامنه‌های البرز جهت گسترش آن وجود دارد نسبت داد.



شکل ۱ موقعیت مخروط افکنه و حوضه آبریز جاجرود

مواد و روش ها

در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای IRS (۲۰۰۲)، عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰، نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ توپوگرافی رقومی، نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی و نرم افزارهای تهیه نقشه و پردازش تصاویر رقومی استفاده شده است. در زمینه پردازش تصاویر رقومی از نرم‌افزار PCI و Ilwis استفاده گردید. همچنین به منظور تهیه نقشه‌های مورد نیاز از نرم‌افزارهای Arc\GIS، Freehand، Micro station و استفاده گردید. شایان ذکر این که برای کنترل و گردآوری اطلاعات تکمیلی، عملیات میدانی و به منظور بررسی پیشینه تحقیق و روش‌های مختلف مطالعه بر روی مخروط‌افکنه‌ها از روش کتابخانه‌ای استفاده شد. به طور کلی این تحقیق یک تحقیق بنیادی است که در آن از روش توصیفی و تحلیلی استفاده شده است. ابتدا محدوده مورد مطالعه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی تعیین حدود گردید و سپس جهت تحلیل شیب و توپوگرافی مخروط‌افکنه نیمرخ‌های توپوگرافی مورد نیاز ترسیم شد.

به منظور تعیین سطوح فعال و غیر فعال مخروط از تصاویر ماهواره‌ای IRS بهره گرفته شد که با تهیه ترکیب رنگی کاذب نسبت به جدا سازی سطوح فعال از غیر فعال اقدام گردید. در این قسمت از عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۳۵ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح نیز به منظور تدقیق حدود کار استفاده گردید. به این ترتیب برای جداسازی سطوح فعال از غیر فعال از تفسیر بصری عکس‌های هوایی و تصویر ماهواره‌ای استفاده به عمل آمد.

برای تحلیل آبرفت‌های حوضه و عمق آبرفت‌های سطح مخروط‌افکنه از نقشه‌های موجود و منحنی‌های هم عمق و تهیه نیمرخ عمق آبرفت‌ها بهره گرفته شد. همچنین در این قسمت شواهد ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی کمک موثری برای تحلیل وضعیت عمق آبرفت‌ها بوده اند.

در عین حال در بسیاری از موارد با عملیات میدانی و مشاهده ترانسه‌های طبیعی و مصنوعی موجود بر سطح مخروط‌افکنه و تهیه عکس و لوگ نسبت به تهیه شواهد مستدل و دقیق اقدام گردید. در نهایت نیز با استفاده از فرمول‌های تجربی smf و vf و سایر شواهد نسبت به تعیین اثر حرکات تکتونیکی در منطقه اقدام گردید. شاخص smf یا شاخص سینوسی جبهه کوهستان از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Smf = \frac{Lmf}{Ls} \quad \begin{array}{l} Smf = \text{شاخص سینوسی جبهه کوهستان} \\ Lmf = \text{طول جبهه کوهستان در امتداد پایکوه} \\ Ls = \text{طول خط مستقیم در جبهه کوهستان} \end{array}$$

شاخص Smf برای مناطق بسیار فعال تکتونیکی بین (۱ تا ۱,۶)، برای مناطق با فعالیت متوسط بین (۱,۴ تا ۳) و برای جبهه کوهستانی غیر فعال تکتونیکی از حدود ۱,۸ تا بیشتر از ۵ می باشد
شاخص VF یا شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$VF = 2v_{fw} / [(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})]$$

v_{fw} = پهنای کف دره

E_{ld} = ارتفاع سمت چپ دره

E_{rd} = ارتفاع سمت راست دره

E_{sc} = ارتفاع کف دره

زمین‌شناسی سطحی و ساختمانی مخروط‌افکنه جاجرود

زمین‌شناسی سطحی منطقه بیشتر نهشته‌های پلیوسن و کواترنر است که شامل کنگلومرای معادل سازند هزاردره می‌باشد. این واحد که بیشتر در ارتفاعات شمال مخروط‌افکنه دیده می‌شود تحت عنوان سازند هزار دره نیز شناخته شده‌اند و در محدوده شهر تهران نیز بخوبی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (امینی، ۱۳۵۶، ۱). واحدهای متعلق به کواترنر شامل آبرفت‌های کهن است که بصورت پادگانه‌های آبرفتی در کناره رودخانه‌ها و در پهنه دشت‌ها، گسترش یافته، انباشته‌های بادبزی شکل در دامنه ارتفاعات، مخروط‌افکنه‌های قدیمی، پادگانه‌های جدید، پهنه‌های سولفات سدیم به ویژه در جنوب مخروط و آبرفت‌های جدید را شامل می‌شود.

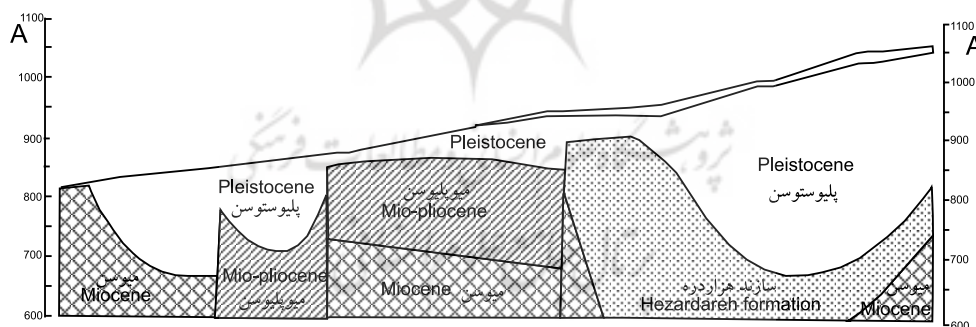
همچنین منطقه از نگاه زمین‌شناسی ساختاری دارای گسل‌ها و طاق‌دیس‌ها و ناودیس‌هایی است که عبارتند از:

- گسل پارچین

- گسل کهریزک

- گسل ایوانکی

ضمناً بر اساس نیمرخ‌های موجود (شکل ۲) می‌توان گفت که سطح مخروط بر روی دو ناودیس گسترش یافته است. بر این اساس در زیر رسوبات کواترنر و پلیوستوسن، سازند هزاردره، رسوبات میوسن و میوپلیوسن گسترش یافته است.



شکل ۲: نیمرخ زمین‌شناسی مخروط‌افکنه ورامین (Anonymous, 1964)

یافته‌های تحقیق

به طور کلی تمام شواهد موجود نشان از تاثیر سه عامل در تحول مخروط‌افکنه جاجرود دارد. از میان این سه عامل، دو عامل به‌عنوان عامل اساسی شناخته می‌شود و عامل سوم (عامل انسانی) جزء عواملی است که بویژه در دهه‌های اخیر تاثیرات مهمی را داشته است. این عوامل و اثرات آن در شکل ۱۳ به‌صورت شماتیک درج شده است. عوامل فوق‌الذکر عبارتند از:

۱- حرکات تکتونیکی

۲- تغییرات اقلیمی

۳- فعالیت های انسانی

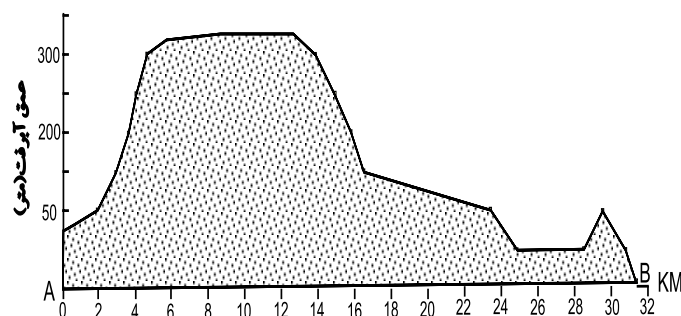
همانگونه که در پیشینه تحقیق نیز گفته شد در بسیاری از تحقیقات بر روی مخروط افکنه ها نقش عوامل اقلیمی و تکتونیکی در تحول مخروط افکنه ها مورد بررسی قرار گرفته است. برخی تنها به نقش تغییرات اقلیمی اشاره نمودند و عده ای دیگر تنها به نقش فعالیت های تکتونیکی بسنده کردند.

نقش حرکات تکتونیکی در تحول مخروط افکنه جاجرود

تأثیر حرکات تکتونیکی بر تحول مخروط افکنه ها توسط بسیاری از محققان مورد تأکید قرار گرفته است. همانگونه که در پیشینه تحقیق نیز ذکر گردید در ایران نیز تأثیر این حرکات بر مخروط افکنه ها مورد بررسی قرار گرفته است. بدون شک در شکل گیری مخروط افکنه جاجرود نیز حرکات تکتونیکی نقش موثری داشته اند. شواهد یافت شده در منطقه نیز نشان دهنده تکتونیک فعال این منطقه می باشد. در ذیل به برخی شواهد تکتونیکی موثر بر تحول مخروط افکنه جاجرود اشاره می گردد.

- ۱- ایجاد تپه ماهورهای وسیع بر روی سازندهای دوران سوم و کواترنری که معرف حرکات اخیر تکتونیکی است
- ۲- وجود رسوبات ضخیم آبرفتی که از ۱۰۰ متر در رأس مخروط شروع شده و تا ۳۰۰ متر در شمال ورامین افزایش می یابد.

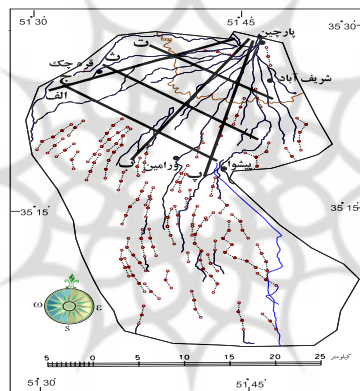
عمق آبرفت های منطقه براساس شواهد موجود و همچنین نیمرخ ترسیم شده از منحنی های هم عمق بخوبی چگونگی توزیع رسوبگذاری بر سطح مخروط افکنه را نشان می دهد. نیمرخ عمق آبرفت (شکل ۳) نشان می دهد که عمق آبرفت ها در راس مخروط نسبتاً کمتر بوده و در وسط مخروط به حداکثر خود می رسد. این درحالیست که ضخامت آبرفت ها در انتهای مخروط افکنه نیز کاهش می یابد. عمق این آبرفت ها از ۱۰۰ متر در حوالی رأس مخروط افکنه شروع می شود و سپس به فاصله کمی به ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، و به بیش از ۳۰۰ متر در اواسط مخروط که در شمال شرق شهر ورامین قرار دارد می رسد و بلافاصله بعد از آن کاهش می یابد و سپس در جنوب شرق ورامین افزایش می یابد. در واقع بیشتر آبرفت ها در محل محور مخروط و در وسط آن برجا گذاشته شده اند. از نیمرخ عمق آبرفت (شکل ۳) به خوبی تغییرات عمق آبرفت مشخص شده است.



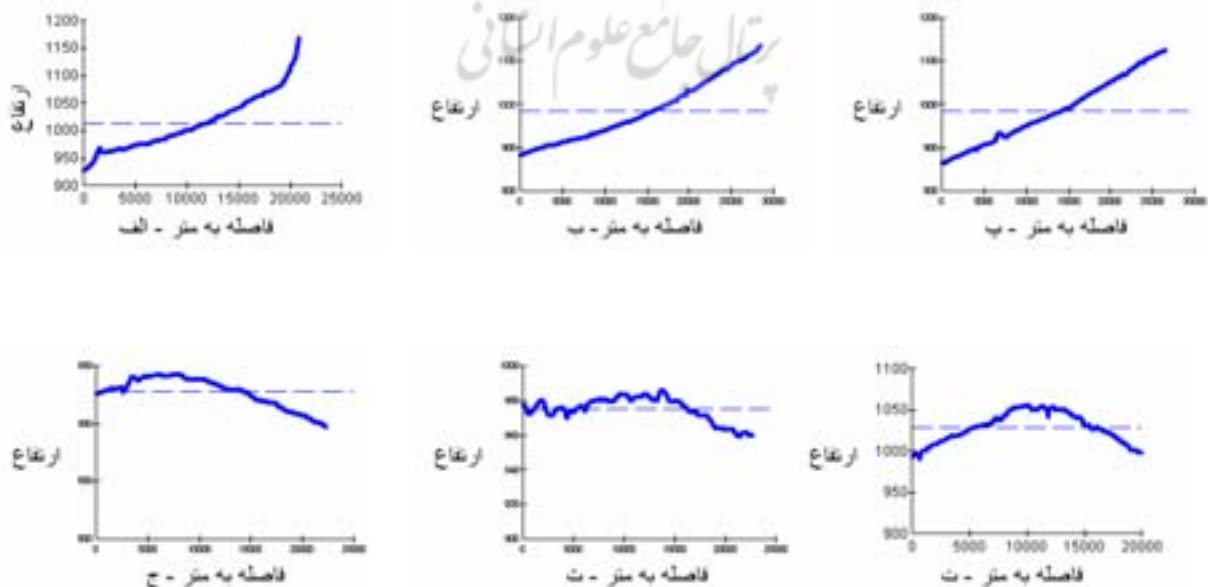
شکل ۳ عمق آبرفت در امتداد محور طولی مخروط افکنه (با استفاده از نقشه Anonymos، 1964)

همانطور که ملاحظه می‌گردد عمق آبرفت از رأس مخروط با یک افزایش ناگهانی به حداکثر خود که بیش از ۳۰۰ متر است می‌رسد و سپس تدریجاً در جنوب غرب ورامین کاهش می‌یابد. بیومونت به وجود ۲۷۵ متر مواد منفصل در ۱۹ کیلومتری جنوب ورامین اشاره می‌کند (Beaumont, 1972, 256). علل افزایش میزان عمق آبرفت در شمال شرق و جنوب شرق شهر ورامین و کاهش آن در شمال و جنوب غرب ورامین را می‌توان این‌گونه ذکر نمود:

- وجود کوه گچی و طاقدیس کوه سرخ در شرق شهر پیشوا. این کوه‌ها جلوی پیشروی جریان‌های موجود بر روی مخروط افکنه و رسوب‌گذاری آنرا در این قسمت از دشت می‌گیرند.
- در جنوب شرق به علت شیب عمومی دشت و وجود فضای لازم برای گسترش مخروط افکنه آبرفت‌ها ضخامت قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌نمایند.
- در قسمت جنوب غرب به علت وجود گسل کهریزک و بالاراندگی قطعه شمالی این گسل امکان گسترش آزاد جریان‌ها و رسوب‌گذاری وسیع وجود نداشته و به همین علت از ضخامت آبرفت کاسته شده است (شکل ۵ نیمرخ‌های ث و ج).



شکل ۴ محل نیمرخ‌های ترسیم شده بر روی مخروط افکنه جاجرود

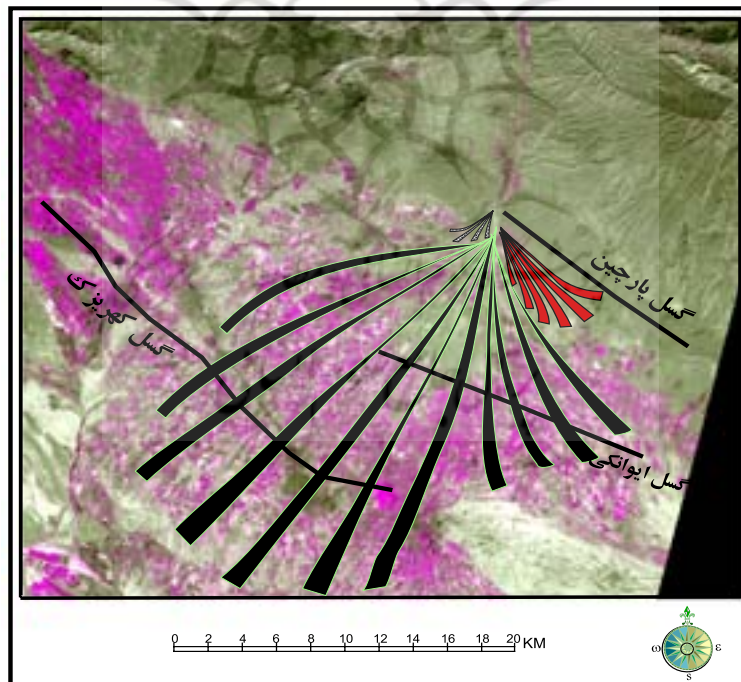


شکل ۵ نیمرخ‌های طولی و عرضی ترسیم شده بر سطح مخروط افکنه جاجرود

- با توجه به مطالب ارائه شده و نظرات موجود در خصوص عمق آبرفت که توسط بول (۱۹۷۲) بیان شده است (کی نژاد، ۱۳۸۲، ۱۶۹) و همچنین اطلاعات به دست آمده از شکل ۱۰ می توان گفت که مخروط افکنه جاجرود از آندسته از مخروط افکنه هایی است که بیشترین ضخامت آبرفت آن در قسمت وسط بوده و به سمت رأس و قاعده از ضخامت آن کاسته می شود. بر اساس نظر بول این مورد ادامه حرکات تکتونیکی را در حین رسوب گذاری نشان می دهد.

۳- بریدگی در قسمت علیای کلیه کانال های اصلی^۱ رودها در هنگام ورود به دشت ورامین مشاهده عکس های هوایی سال ۱۳۳۵، تصاویر ماهواره ای IRS، تصاویر موجود در سایت گوگل، نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و عملیات میدانی نشان دهنده این واقعیت است که قبل از ورود رودخانه جاجرود به دشت ورامین و همچنین در راس مخروط افکنه بستر رودخانه شدیداً حفر شده است. در این قسمت رودخانه دارای فرسایش جانبی زیادی نیز می باشد، این مورد از بریده شدن مسیر قنات های موجود در این بخش به خوبی مشخص می باشد. عمق رودخانه در این قسمت به ۱۲ تا ۱۵ متر نیز می رسد. این حفر حتی تا رأس مخروط افکنه نیز ادامه می یابد. در واقع در این قسمت رودخانه آبرفت های قدیمی را بریده است و بر سطحی که پائین تر از سطح فعلی مخروط افکنه است جریان می یابد. در این بخش از مخروط به هفت سطح مختلف برخورد می کنیم که رودخانه آن را شدیداً بریده است.

۴- وجود مخروط های تقطیع^۲ شده در رأس مخروط (شکل ۶)



شکل ۶ موقعیت مخروط افکنه جاجرود و مخروط های تقطیع شده

1 - Feeder channel
2- Fan segmentation

۵- عدم تقارن سطح مخروط افکنه

۶- وجود گسل‌های فعال (تراستی) پارچین در شمال و کهریزک (در شکل ۵- نیمرخ الف اختلاف ناشی از بالاراندگی قسمت شمالی گسل کهریزک بخوبی مشخص است) در جنوب غرب مخروط افکنه

۷- اعداد و ارقام بدست آمده، حاصل از محاسبه شاخص های V_f و S_{mf} که ادامه حرکات تکتونیکی متوسط را در منطقه نشان می‌دهند. در این خصوص برای محدوده مورد نظر شاخص S_{mf} معادل ۱,۳۳ به دست آمده است. در واقع چنانچه شاخص بدست آمده بین ۱ تا ۱/۶ باشد نشان دهنده فعالیت تکتونیکی زیاد در محل است و شاخص بین ۱/۴ تا ۳ نیز نشان دهنده فعالیت تکتونیکی متوسط و ادامه فعالیت های تکتونیکی می‌باشند.

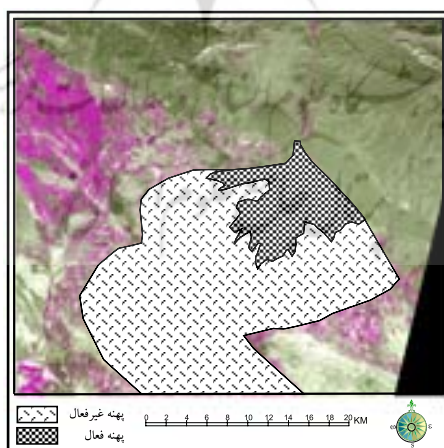
از طرفی شاخص V_f منطقه برابر ۲/۸ می‌باشد (جدول ۱). هر چه شاخص کمتر باشد نشاندهنده فعالیت بیشتر تکتونیکی بوده و نشانه حفر و به عمق رفتن رودخانه است. در واقع هر دو شاخص نشاندهنده فعالیت زیاد تکتونیکی در منطقه می‌باشند.

جدول ۱ مقادیر بدست آمده از محاسبه شاخص های v_f و smf در محدوده مخروط افکنه جاجرود

نوع شاخص	مقادیر بدست آمده
smf	۱/۳۳
v_f	۲/۸

۸- وجود عوارض بدلندی در قسمت علیای حوضه‌ها بر روی سازند هزار دره و مخروط‌های قدیمی که فرسایش قهقرایی و ادامه حرکات تکتونیکی و تغییرات شیب را مسجل می‌سازند.

۹- وجود فرسایش خندقی در انتهای مخروط نشان از عدم فعالیت مخروط و توقف رسوبگذاری در این قسمت از مخروط است (شکل ۷)



شکل ۷: سطوح فعال و غیر فعال مخروط افکنه جاجرود

۱۰- جابه‌جایی مسیر قنات‌های قدیمی موجود بر سطح مخروط افکنه بر اثر حرکات گسلی

۱۱- عمیق شدن و تغییر مسیر کانال‌ها هنگام عبور از گسل کهریزک

۱۲- وجود کانال‌های گیسویی^۵ حفر شده در اواسط و انتهای مخروط افکنه

شکل کلی یک مخروط افکنه نیز می‌تواند الگوی فعالیت تکتونیکی را در نزدیکی پیشانی کوهستان آشکار سازد. بعلاوه اینکه مخروط افکنه شکل مخروطی دارد، خطوط منحنی میزان در عرض یک مخروط افکنه ساده تقریباً دایره‌ای شکل هستند. در جایی که مخروط افکنه ساده نیست و تحت تاثیر عدم تقارن قرار گرفته، خطوط منحنی میزان در عرض مخروط افکنه سطوح بیضوی شکل را تشکیل می‌دهد و در این صورت دایره‌ای نیست. جایی که شرایط مناسب است میزان عدم تقارن را به وسیله منطبق کردن یک بیضوی ایده‌آل بر روی منحنی میزان‌هایی که بر عرض یک مخروط قرار دارند می‌توان محاسبه نمود که بدین ترتیب با اندازه‌گیری طول محور طولی (a) و محور کوچک (b)، بیضی قابل اندازه‌گیری است، در نتیجه میزان عدم تقارن (β) بدست خواهد آمد:

$$\beta = \arccos((b/a)^2 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)^{0.5}$$

در این معادله a شیب مخروط در طول محور کوتاه بیضی می‌باشد (Keller, 1996, 301). بر اساس محاسبات انجام شده مقدار β برابر ۲۲' تعیین شده که مقدار اندک جابجایی ناشی از فعالیت‌های تکتونیکی را نشان می‌دهد.

در انتها با توجه به شواهد فوق، تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی بر تحول مخروط افکنه جاجرود را می‌توان در سه مرحله ذکر کرد:

۱- بالاراندگی بخش کوهستان

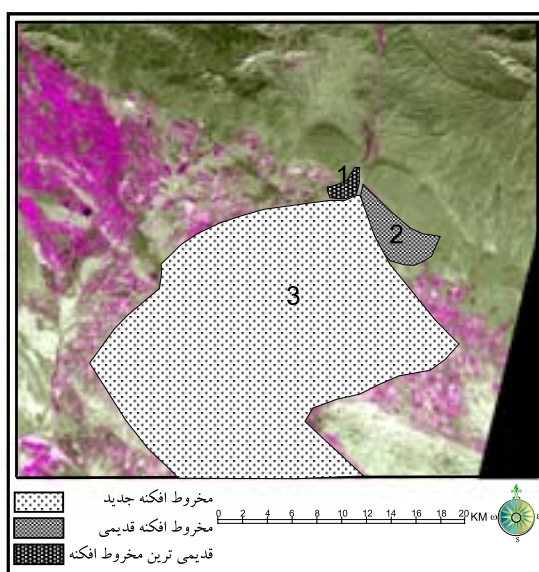
بالاراندگی بخش کوهستان که شواهد آن را می‌توان در اختلاف ارتفاع حاشیه گسل پارچین دید. این عمل موجب ایجاد مخروط‌های تقطیع شده در قسمت رأس مخروط و گسترش بیشتر مخروط بر روی سطح دشت شده است. این شرایطی بوده که در گذشته سبب توسعه مخروط‌های تقطیع شده است (شکل ۸).

۲- فرونشینی قاعده مخروط

فرونشینی قاعده مخروط بویژه بعد از گسل کهریزک سبب ایجاد بریدگی شیب در غرب مخروط افکنه شده و همچنین حفر کانال‌ها را در قاعده مخروط به دنبال داشته است.

۳- بالاراندگی بخش بالایی مخروط افکنه

این بخش که بین رأس مخروط و اواسط مخروط و حد فاصل بین گسل پارچین و گسل کهریزک قرار دارد در حال حاضر در حال بالا آمدن بوده و بخش فعال مخروط افکنه به این قسمت منتقل شده است.

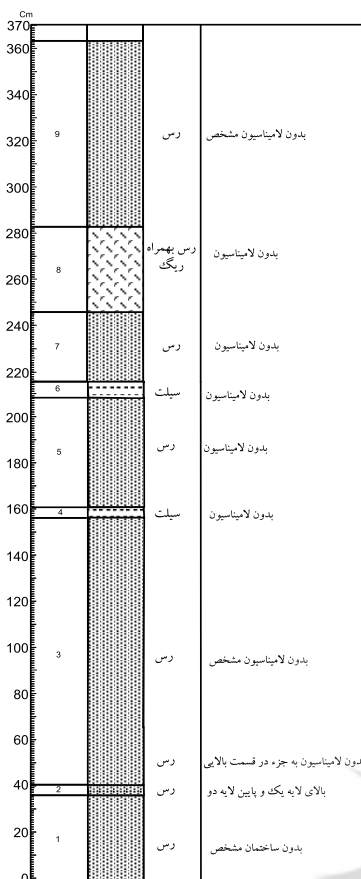


شکل ۸ رتبه بندی زمانی مخروط های تقطیع شده مخروط افکنه جاجرود

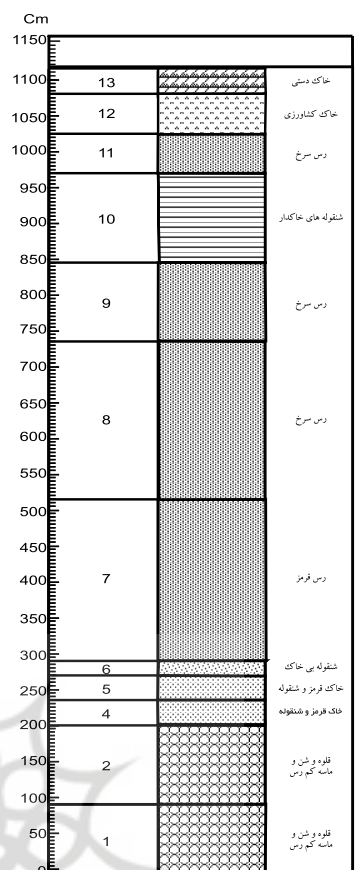
تأثیر تغییرات اقلیمی در تحول مخروط افکنه جاجرود

در خصوص اثر تغییر اقلیم بر مخروط افکنه‌ها نظرات متفاوت و گاه متضادی ارائه شده است. در مورد مخروط افکنه جاجرود شواهد حاکی از آن است که همگام با تأثیر حرکات تکتونیکی تغییرات اقلیمی نیز بر تحول مخروط افکنه به طور موثری نقش خود را ایفاء نموده‌اند.

از لایه‌نگاری مقاطع موجود چنین بر می‌آید که جریان‌های با انرژی زیاد و کم، به طور متناوب سطح مخروط افکنه را تحت تأثیر قرار داده است. وجود چندین متر عناصر ریزدانه (رس و سیلت) بدون لایه‌بندی مشخص نشان از یک دوره آرامش و جریان‌های صفحه‌ای با انرژی کم دارد (شکل ۹ و ۱۰). چنین شرایطی همراه با بارش‌های متناوب و اعتدال هوا بوده که گسترش مخروط افکنه را نیز به دنبال داشته است. از طرف دیگر وجود لایه‌های کم ضخامت تر به همراه عناصر درشت‌دانه تر و رنگ قرمز رسوبات نمایش‌دهنده جریانی با انرژی بیشتر است که در شرایط آب هوایی خشک بیشتر دیده می‌شود (شکل ۹). چنین جریانی دارای قدرت فرساینده‌گی بیشتر بوده و قادر به حفر بستر نیز می‌باشد. در واقع وجود هوازدهگی فیزیکی شدید در حوضه آبریز در اثنای دوره خشک و همچنین باران‌های دوره‌ای شدید که خاص دوره‌های اقلیمی خشک بوده، چنین جریان‌های پر انرژی را سبب می‌شده است. در بعضی موارد نیز لایه‌هایی مشاهده شد که حاکی از وجود جریان پر رسوب ناهمگن بوده که نشان‌دهنده نسبت بالای رسوب به آب بوده و شواهدی از دوره‌های طولانی فراهم شدن رسوبات در قسمت‌های علیای حوضه‌ها در دوره خشک می‌باشد.



شکل ۱۰ لوگ منطقه فریدیس شهر قرچک (ترسیم توسط نگارنده)



شکل ۹ لوگ ترسیم شده از اطلاعات مربوط به حفاری های باستان شناسی شهر پیشوا (ترسیم توسط نگارنده)

با بررسی های انجام شده از مقاطع موجود و همچنین بهره گیری از مطالعات انجام شده باستانشناسی می توان تا حدودی ویژگی آبرفت های موجود در سطح مخروط افکنه را تجزیه و تحلیل نمود. در مقاطع بررسی شده، آبرفت هایی با ضخامت ها، دانه بندی و به طور کلی خصوصیات متفاوت مشاهده گردید. مسلماً لایه هایی با ضخامت متفاوت، دانه های تشکیل دهنده همگن یا ناهمگن، درشت دانه یا ریز دانه و دارای لامیناسیون^۶ و رنگ متفاوت نشان از شرایط متفاوت رسوب گذاری دارد. بررسی لوگ های ترسیم شده (شکل ۷ و ۸) می تواند اطلاعات ارزشمندی را در این خصوص در اختیارمان قرار دهد. توجه به لوگ های ترسیم شده در درجه اول متفاوت بودن اندازه دانه ها را نمایش می دهد. و در نهایت اینکه چه عواملی در این تغییرات نقش اساسی را ایفا می نمایند. وجود دوره های خشک یا کم باران و دوره های بارانی یا با رطوبت بیشتر شرایط متفاوت رسوب گذاری را بوجود آورده است. لوگ های ترسیم شده نمایش دهنده لایه های ضخیمی از عناصر ریزدانه رس و سیلت است.

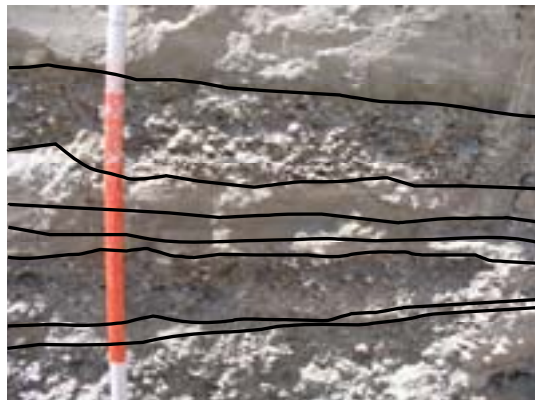
به طور کلی نرخ رسوب‌گذاری در دو بررسی جداگانه بر روی مخروط‌افکنه ورامین (در پیشوا و فردیس قرچک) در حدود ۲ متر برای هر هزار سال ذکر شده است (با استفاده از روش چینه‌شناسی و لومیناسانس^۷). پدramی به کاهش این نرخ رسوب‌گذاری در بخش فرارو گسل کهریزک در حوالی ورامین و قرچک اشاره دارد (پدramی، ۱۳۶۴، ۱۷) نامبرده کاهش ضخامت آبرفت‌های هولوسن را از ۱۶ به ۱۰ متر در حوالی ورامین ذکر می‌نماید. شایان ذکر اینکه نرخ رسوب‌گذاری آبرفت‌های هولوسن در همه جای ایران ثابت نبوده و متفاوت است. به عنوان مثال در دریاچه مهارلو این نرخ حدود ۱،۴ متر در هر هزار سال برآورد شده است (پدramی، ۱۳۶۴، ۸). در حوضه غرب کرمانشاه این نرخ به ۱،۵۴ متر در هر سال و در خصوص دشت دهلران ۱ متر در هر هزار سال بیان شده است (Kirkby, 1977, 251-288).

جالب توجه این که قسمت اعظم رسوبات مشاهده شده بدون ساختمان و لایه‌بندی مشخص می‌باشند. این مورد شامل آن دسته از رسوبات رسی و سیلتی می‌باشد که به صورت جریان وری ساحل^۸ و سیلاب‌های صفحه‌ای مخروط‌افکنه را تحت تأثیر قرار داده است. در واقع همان گونه که پیش‌تر گفته شد رسوبات ریزدانه مقارن با انرژی کم رودخانه و حاصل جریان وری ساحل بوده و این در حالیست که در مسیر کانال‌ها، نهشته‌های درشت‌دانه‌تر که نیاز به انرژی بیشتری داشته‌ته‌نشین می‌شده است. پدramی (پدramی، ۱۳۶۴، ۵) وجود افق هوازده و قرمز رنگ را نشانه اقلیم خشک بعد از دوره بین یخچالی (۴۰۰۰ تا ۸۰۰۰) و در واقع اواخر این دوره که حدود ۴ تا ۵ هزار سال قبل (اواخر عصر گرمگهان) می‌داند که همراه با کاهش سرعت رسوب‌گذاری و ایجاد سطح فرسایش بوده است.

به طور کلی تقریباً در تمام نیمرخ‌های مشاهده شده لایه‌های ضخیم رس و سیلت و لایه‌های قرمز رنگ کم ضخامت که هوازگی و شرایط خشک (و سطح خاک‌زایی) را نشان می‌دهد، دیده می‌شود. به طور کلی تغییرات اقلیمی به سه صورت در تحول مخروط‌افکنه جاجرود نقش داشته‌اند.

۱- دوره‌های خشک

در دوره‌های خشک با کاهش بارندگی و پوشش گیاهی شرایط برای ایجاد سیل و افزایش رواناب فراهم می‌آمده است. افزایش رواناب باعث عمل حفر مخروط و جابجایی نقطه تقاطع در سطح مخروط و در نهایت کمک به تشکیل مخروط‌های تقطیع شده می‌شده است. این نظر با نظر بول (۱۹۹۱، ۱۹۷۹) نیز مطابقت دارد (Parsons and Abrahams, 1994, 596). شایان ذکر اینکه جریان پایه رودخانه جاجرود در هنگام ورود به دشت نمی‌تواند تأثیر چندانی در رسوب‌گذاری و یا فرسایش و حفر بستر داشته باشد بلکه این جریان سیلابی است که دارای چنین توانایی می‌باشد. سیلاب‌هایی که در اثنای دوره‌های خشک اتفاق می‌افتاده است.



شکل ۱۱: مقطع قسمتی از رودخانه جاجرود که لایه‌های متفاوت آبرفتی حاصل جریان‌های متفاوت را نشان می‌دهند (لایه‌های سیلت و رس به هم‌رمان لایه‌های نازکی از ماسه و لایه‌های ضخیم با آبرفت‌های درهم ناهمگن)

۲- دوره‌های مرطوب

دوره‌های مرطوب که با بارندگی‌های بیشتر بر سطح حوضه و مخروط افکنه همراه بوده است بعلت وجود شرایط تجزیه فیزیکی شیمیایی در حوضه با افزایش بار جریان و بار رسوبی ریزدانه رودخانه جاجرود همراه بوده است. تحت این شرایط رودخانه جاجرود با تداوم و دبی بیشتری که حالت طغیانی کمتری داشته وارد دشت ورامین می‌شده است. همین امر در این دوره موجب گسترش بیش از پیش مخروط افکنه جاجرود را فراهم می‌کرده است.

۳- تغییر سطح اساس

یکی از اثرات تغییرات اقلیمی در ایران تغییرات سطح اساس در چاله‌های داخلی ایران و حتی دریای خزر بوده است. تغییرات سطح اساس دریاچه‌ها و چاله‌های بسته داخلی توسط برخی محققین مورد توجه بوده است. کرینسلی در این خصوص به افزایش ۵۵ متری آب دریاچه ارومیه (Krinsley, 1970, 311)، افزایش ۳۰ متری در کویر سیرجان (Krinsley, 1970, 230)، توسعه دریاچه‌های زریوار و نیریز، شواهد بالا بودن دریاچه نمک در حوالی جزیره سرگردانی و همچنین شواهد بالا بودن سطح آب در اکثر پلایاهای ایران در دوره سرما (مرطوب در ایران) اشاره دارد. در ضمن نامبرده به شواهد مرطوب‌تر بودن پنجاه و سه پلایا از ۶۰ پلایای مورد مطالعه اشاره داشته است (Krinsley, 1970, 315). خورشید دوست سطح دریاچه ارومیه در پلیوستوسن را ۳۵۰ متر بالاتر از سطح امروزی آن می‌داند (خورشید دوست، ۱۳۶۸، ۱۵۱) در حال حاضر نیز در سال‌های پر آبی پهنه‌های آبی سطح دریاچه بالاتر از سال‌های کم آبی قرار می‌گیرد. با توجه به این که سطح اساس رودخانه جاجرود مسیله می‌باشد، پائین رفتن سطح اساس بدون شک تأثیر خود را بر تحول مخروط افکنه داشته است. شاید مهمترین اثر تغییر سطح اساس بر هم خوردن تعادل رودخانه باشد. در چنین شرایطی رود سعی در ایجاد تعادل در نیمرخ خود دارد. در این مرحله معمولاً رود با حفر بستر خود به تدریج با فرسایش قهقرایی به تعادل دوباره می‌رسد. در واقع وجود خندق‌ها و کانال‌های گیسویی حفر شده در انتهای مخروط می‌تواند از شواهد تغییر سطح اساس در این منطقه باشد.

تأثیر فعالیت‌های انسانی در تحول مخروط‌افکنه جاجرود

نقش انسان در تحول مخروط‌افکنه خیلی به زمان‌های گذشته بر نمی‌گردد. در واقع گسترش فعالیت‌های انسان بر روی مخروط‌افکنه حاصل‌خیز جاجرود که در کنار ابر شهر تهران قرار دارد تأثیر انکار ناپذیری را بر سطح مخروط و عوامل تأثیر گذار بر تحول مخروط داشته است. عوامل انسانی موثر بر تحول مخروط‌افکنه جاجرود به چهار دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

۱- ایجاد سدهای ذخیره ای در حوضه آبریز رودخانه جاجرود (مانند سد لتیان)؛

۲- ایجاد سدهای انحرافی و کانال‌های مصنوعی بر سطح مخروط (شکل ۱۲)؛

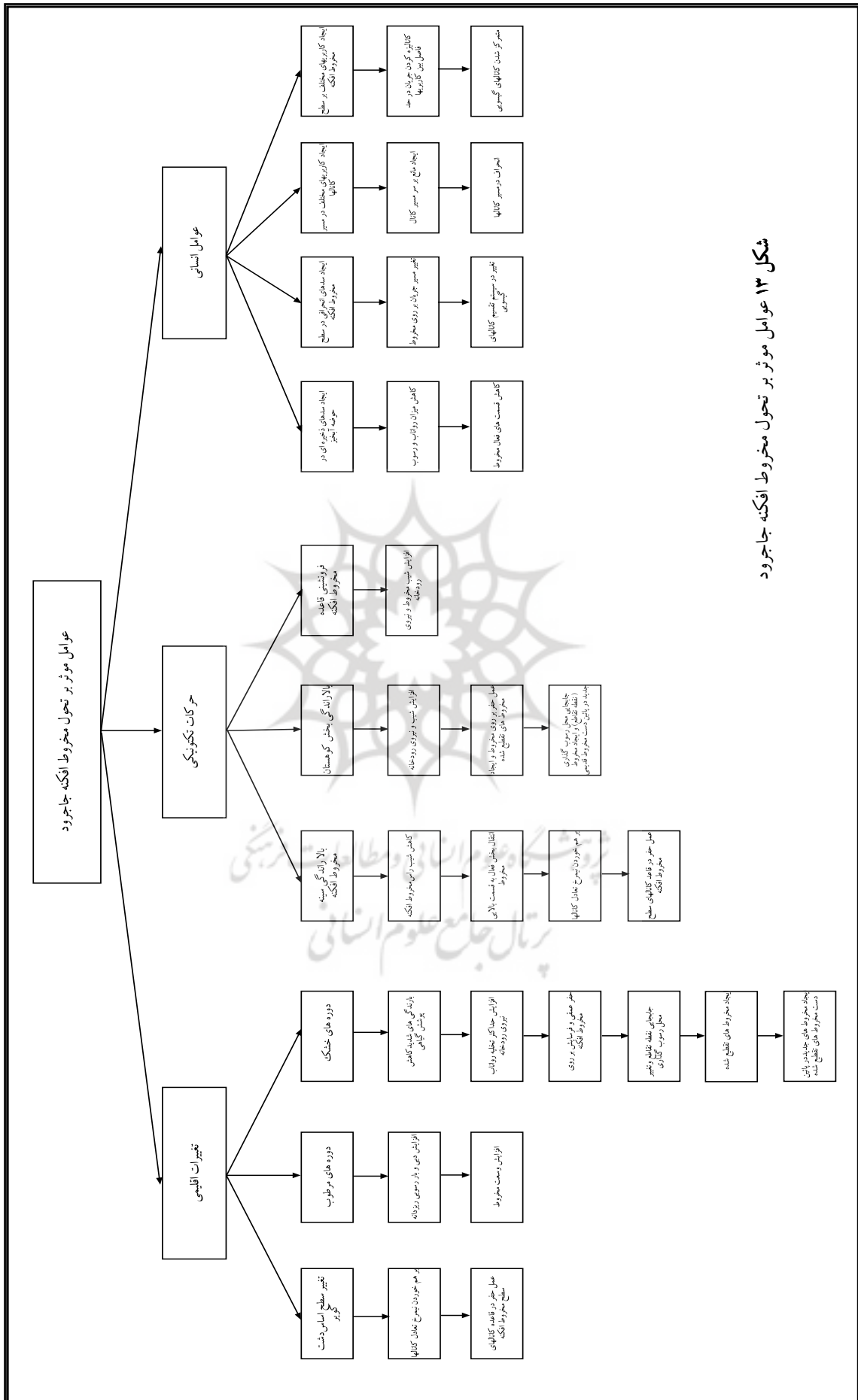
۳- ایجاد کاربری‌های مختلف بر سطح کانال‌ها؛

۴- ایجاد کاربری‌های مختلف بین کانال‌ها؛

هر یک از عوامل فوق بنحوی مخروط را تحت تأثیر قرار داده‌اند. کاهش مقدار رواناب و رسوب در نتیجه ایجاد سدهای ذخیره‌ای در حوضه آبخیز، تغییر در مسیر رواناب و الگوی زهکشی سطح مخروط در نتیجه ایجاد سدهای انحرافی و کانال‌های مصنوعی، ایجاد مانع بر سر مسیر کانال‌های گیسویی در نتیجه ایجاد کاربری‌های جدید در مسیر کانال و تجمع کانال‌ها بر اثر ایجاد کاربری‌ها در سطوح بین کانال‌ها از جمله اثرات فعالیت‌های انسان در تحول مخروط‌افکنه جاجرود می‌باشد. بنابراین فعالیت‌های انسانی نه تنها نرخ رسوب‌گذاری را در سطح مخروط کاهش داده است بلکه الگوی کانال‌ها را نیز تحت تأثیر قرار داده است.



شکل ۱۲ تصویری از سد انحرافی و کانال‌های ایجاد شده در مسیر رودخانه جاجرود هنگام گسترده شدن بر سطح مخروط‌افکنه



شکل ۱۳ عوامل موثر بر تحول مخروط افکنه جاجورد

بحث و نتیجه‌گیری

به طور کلی تحقیق حاضر نشان می‌دهد عوامل بسیار زیادی در تحول ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها و بویژه مخروط‌افکنه جاجرود نقش دارند. بررسی‌های میدانی و استفاده از تصویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی و همچنین منابع کتابخانه‌ای و بهره‌گیری از شاخص‌های تعیین فعالیت تکتونیکی، اطلاعات ارزشمندی را فراهم می‌نمایند. نتیجه تحقیق مشخص می‌سازد که عوامل اقلیمی، تکتونیکی و انسانی هر یک نقش موثری در ایجاد و تحول مخروط‌افکنه جاجرود ایفاء می‌نمایند. با وجود این آنچه در این تحقیق می‌توان در خصوص عوامل موثر در تحول مخروط‌افکنه‌ها (علاوه بر تغییرات اقلیمی و حرکات تکتونیکی) اشاره نمود، تغییرات سطح اساس (اگرچه خود ناشی از نتیجه تأثیر تغییر اقلیم است) و اثر فعالیت‌های انسانی است. شواهد موجود تأثیر هر یک از عوامل را بخوبی نشان می‌دهند اما برای اثبات تأثیر دقیق هر عامل نیاز به مطالعه بیشتری می‌باشد. در واقع با مطالعه جزئیات سطح مخروط‌افکنه با تهیه لوگ‌های بیشتر، به همراه تاریخ‌نگاری لایه‌ها و بررسی گرده‌های گیاهی می‌توان شناخت بیشتری از عوامل موثر در تحول مخروط‌افکنه جاجرود به ویژه عوامل اقلیمی موثر به دست آورد. از طرفی چنانچه بتوان از داده‌های جدید و دقیق ژئودتیک استفاده نمود در خصوص حرکات تکتونیکی موثر نیز می‌توان اظهار نظر دقیق‌تری ارائه کرد. نتیجه این که برای مشخص نمودن میزان تأثیر هر یک از عوامل ذکر شده در تحول مخروط‌افکنه جاجرود به بررسی‌های بیشتر و جزئی نیاز می‌باشد. شایان ذکر این که در حال حاضر با توجه به تغییر الگوی کانال‌های گیسویی بر اثر فعالیت‌های انسانی و همچنین کنترل آب و رسوب ورودی در سطح مخروط‌افکنه، عامل انسانی به عنوان یک عامل مهم در تحول مخروط‌افکنه محسوب می‌شود و این عامل به شدت سطوح فعال و غیر فعال مخروط را دستکاری نموده است.

منابع

- امینی، مرتضی و همکاران، ۱۳۵۶، گزارش مقدماتی مطالعات رسوبات آبرفتی اطراف تهران، تهران، سازمان زمین‌شناسی.
- انتظام، ایمان، شمشکی، امیر، ۱۳۸۳، بررسی مکانیسم و علل تشکیل شکاف‌های زمین در منطقه معین آباد - ورامین، تهران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- بروکس، یان، شواهد ژئومورفولوژیک دگرگونی‌های اقلیمی در ایران طی ۲۰ هزار سال گذشته، ترجمه، علی خورشید دوست، رشد آموزش جغرافیا، تهران، وزارت آموزش و پرورش، ش ۴۸، ص ۲۲-۱۲.
- پدرامی، منوچهر، ۱۳۶۴، چینه‌شناسی زمانی حفاری باستانشناسی شهرستان پیشوا، تهران، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- خیام، مقصود، مختاری کشکی، داود، ۱۳۸۲، ارزیابی عملکرد فعالیت‌های تکتونیکی بر اساس ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها، مورد نمونه: مخروط‌افکنه‌های دامنه شمالی میشو داغ، ش ۱۰، ۴۴، ص ۱-تهران.
- خورشید دوست، علی، ۱۳۶۸، مقدمه‌ای بر پالئوژئومورفولوژی و ژئومورفولوژی دریاچه ارومیه، مشهد، تحقیقات جغرافیایی، ص ۱۵۹-۱۴۸.

- شایان، سیاوش، ۱۳۸۲، ویژگی های ژئومورفولوژیک مخروط افکنه حوضه گاماسیاب، پژوهش های جغرافیایی، ش ۴۶، ص ۹۹ تا ۱۱۳، تهران.
- عابدینی، موسی، رجایی، عبدالحمید، ۱۳۸۵، بررسی نقش عوامل موثر در گسترش و تکامل مخروط افکنه های ارتفاعات دره دیز-دیوان داغی با استفاده از روش ها و تکنیک های جدید، ش ۵۵، ص ۸۹-۷۳، تهران.
- عباس نژاد، احمد، ۱۳۷۶، بررسی نو زمین ساختی مخروط افکنه های ناحیه کرمان، فصلنامه علوم زمین، تهران، سازمان زمین شناسی کشور، شماره ۲۶-۲۵.
- کی نژاد، آناهیتا، ۱۳۸۲، بررسی حرکات بلوک ساختاری دشت ورامین به کمک شواهد زمین ساختی و نو زمین ساختی، تهران، بیست و دومین گردهمایی علوم زمین.
- گیوی، جواد، استویز، جرج، ۱۳۷۸، آثاری از تغییر آب و هوای دیرینه در خاک های ایران، دومین کنفرانس منطقه تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور، ص ۴۹-۴۲.
- محمودی، فرج ا...، ۱۳۶۷، تحول ناهمواری های ایران در کواترنر، فصل نامه پژوهش های جغرافیایی، تهران، دانشگاه تهران.
- یمانی، مجتبی، مقصودی، مهران، ۱۳۸۲، نقش بررسی تحول کانال های گیسویی در سطح مخروط افکنه ها، مطالعه موردی: مخروط افکنه تنگویی در چاله سیرجان، پژوهش های جغرافیایی، ش ۴۵، ص ۱۱۳-۱۰۳، تهران.
- یمانی، مجتبی، مقصودی، مهران، ۱۳۸۲، نقش تکتونیک و تغییرات اقلیم در تحول مخروط افکنه ها، مطالعه موردی مخروط افکنه های چاله سیرجان، بیابان، جلد ۸ ش ۱، صص ۱۵۱-۱۳۷، تهران
- Abrahams Athol. D, Parsons, Anthony J, 1994, *Geomorphology of desert environment*, London, Chapman and Hall.
- ANONYMOUS., (1964): *Etude hydrogéologique par prospection électrique de la région de Varamin*. Comp. GQnérale de Géophysique. Paris. 29pp.
- Eaumont, Peter, 1972. Alluvial fans along the foothills of the Elburz mountains, Iran. *Palaeo geography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 12 251-273
- Brookes. Ian A, 1989. The physical geography, geomorphology and late quaternary history of the Mahidasht project area, Qara Su basin central west Iran, ROM. Canada. Ontario
- Burbank, Douglas W., Anderson Robert S., 2001, *Tectonic geomorphology*, USA, Blackwell,
- Coningham. R.A.E., 2006. Socio-economic transformation: settlement survey in the Tehran plain and excavations at Tepe Pardis, *Journal of Persian studies*, 3362
- Field. John., 2001. Channel avulsion on alluvial fans in southern Arizona. *Geomorphology* 37, 93-104
- Gomez-Villar. A, Garcia-Ruiz. J. M., 2000. Surface sediment characteristics and present dynamic in alluvial fans of the central Spanish Pyrenees. *Geomorphology* 34 127-144
- Harvey, Adrian M., 2002. The role of base-level change in the dissection of alluvial fans: case studies from southeast Spain and Nevada. *Geomorphology* 45, 67-87
- Harvey, Adrian M. & Others., 1999. The impact of quaternary sea-level and climatic change on coastal alluvial fans in the Cabo de Gate range, southeast Spain. *geomorphology* 28, 1-22
- Harvey, Adrian M. & Others., 2003. The Tabernas of quaternary alluvial fans and lake system, southern Spain. *geomorphology* 50, 151-171
- Keller A printer, Nicholas, 1996, *active tectonic*, Prentice- Hall
- Kirkby. M. J., 1977. The land and water resources of the Dehloran and Khuzistan plains. *University of Michigan*, no.9, pp. 251-288,
- Krinsley Daniel B, 1970, *A geomorphological and paleoclimatological study of the playas of IRAN*, USA,
- Lecce, Scott A., 1190. The alluvial fan problem. In: Rachocki, A.H., Church, M (Eds.), *Alluvial fans: A field approach*. Wiley, pp. 3-24
- Rachocki, Andezej, *Alluvial fans*, 1981 New York, John Wiley & sons
- Rachocki, Andezej, Church, M, 1990, *Alluvial fans: a field approach*, John Wiley & sons.

- Ritter. John B, & Etc , 2000. Environmental controls on the evolution of alluvial fans Buena Vista Vally, North Central Nevada, during late Quaternary time. *Geomorphology* 36, 63-87
- 32- Scally. F.A de, Owens. I. F., 2005. Depositional processes and particle characteristics on fans in the Southern Alps, New Zealand. *Geomorphology* 69 46-56
- 33- Sorriso-Valvo. Marino, Antronico. Loredana, Le Pera. Emilia., 1998. Controls on modern fan morphology in Calabria, Southern Italy. *Geomorphology* 24, 169-187
- 34- Sweeney. Mark R, Loop. David B., 2001. Holocene dune-sourced alluvial fans in the Nebraska Sand Hills. *Geomorphology* 38, 31-46
- 35- Viseras. Cesar. & Etc 2003. Differential features of alluvial fans controlled by tectonic or eustatic accommodation space. Example from the Betic Cordillera, Spain. *Geomorphology* 50 181-202

