

تحلیل مورفومتری و مورفولوژی شبکه زهکشی در مخروط آتشفشانی تفتان

شهرام بهرامی - عضو هیات علمی دانشگاه زنجان

مجتبی یمانی* - دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

سید کاظم علوی پناه - دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

دریافت مقاله ۱۳۸۴/۷/۱۶ تأیید نهایی ۱۳۸۴/۲/۲۶

چکیده

مخروط آتشفشانی تفتان در جنوب شرق ایران و در شمال غرب شهر خاش واقع شده است. با توجه به این که هم اکنون از قله این آتشفشان بخار آب و گازهای گوگردی خارج می شود، ولی وجود دره‌های عمیق و شکل نامنظم شبکه آبراه‌ها در دامنه‌های این مخروط، نشانگر عملکرد درازمدت فرسایش و تکامل شبکه زهکشی در این مخروط می باشد. هدف این تحقیق، بررسی تأثیر مورفومتری و لیتولوژی در تکامل و الگوی زهکشی در دامنه‌های این مخروط آتشفشانی بوده است. برای دستیابی به این هدف، متغیرهای مؤثر از جمله، سنگ شناسی، شیب و جهت دامنه در محیط نرم‌افزاری ILWIS به عنوان ابزار اصلی تحقیق مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که به جز نواحی مخروط‌افکنه‌ای و پادگان‌های، نسبت تراکم زهکشی از سازندهای قدیم به جدید کاهش و از شیب‌های زیاد به کم افزایش می‌یابد. تراکم زهکشی در دامنه‌های با جهات شرق و جنوب شرق، بیشتر از دیگر جهات است. هر چند الگوی زهکشی کلی در تمامی مخروط‌های آتشفشانی به صورت واگراست و تفتان نیز از این قاعده مستثنی نیست ولی مقایسه مستقل هر شبکه در پهلوهای این مخروط نشانگر آن است که در گدازه‌های جدید تر الگوی موازی و در نمونه‌های قدیمی‌تر الگوی شبکه درختی حاکم است. با این وجود بی‌نظمی‌هایی نیز دیده می‌شود. مقایسه مخروط‌افکنه‌های جدید و قدیمی که در نتیجه فرسایش مخروط آتشفشانی در دامنه‌های آن تشکیل شده است در تصاویر ماهواره‌ای، تفاوت زیادی را در الگوی زهکشی نشان می‌دهند. به طور کلی بررسی شبکه زهکشی در مخروط آتشفشانی تفتان نشان می‌دهد که با وجود صحت کلی نظریه محققینی مانند پارکر در زمینه ارتباط تراکم و الگوی زهکشی با گذشت زمان و شیب در این مخروط، پیچیدگی‌هایی در خصوصیات آبراه‌ها به ویژه الگوی زهکشی آن دیده می‌شود. این موضوع تا حدودی به پیچیدگی ذاتی زمان تشکیل مخروط آتشفشانی و درهم ریختگی لیتولوژیکی آن مربوط می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آتشفشان تفتان، تراکم زهکشی، الگوی زهکشی، مورفومتری، ژئومورفولوژی

مقدمه

آتشفشان‌ها به عنوان ساختمانی تعریف می‌شوند که گاهی چشم‌اندازهای کاملاً جدید و در مواردی لندفرم‌های تغییر شکل یافته‌ای را بر اثر فرسایش به نمایش می‌گذارند (بلوم^۱، ۲۰۰۳، ۹۲). بسته به مقدار سیلیس موجود در ماگما

E-mail: m-yamani@ut.ac.ir

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۳۱۹۷۶۸۲

^۱ - Bloom (2003)

و مواد مذاب و آذرآواری و نحوه فعالیت، مخروط‌های مختلفی مانند استراتوولکان (مرکب)، سپری و سایر نمونه‌ها تشکیل می‌شوند. تفاوت هر یک از آن‌ها با دیگری عمدتاً در درصد مواد آذرآواری، خاکستر و گدازه‌های آتشفشانی، دوره‌های مختلف فعالیت آن، مورفولوژی، شیب و استعداد فرسایش پذیری آن‌ها می‌باشد (پورتر^۱، ۱۹۷۲). بعد از تشکیل مخروط‌های آتشفشانی، شبکه آبراهه‌ها به صورت شعاعی بر سطح آن‌ها شکل می‌گیرند.

تراکم زهکشی (مجموع طول آبراهه‌ها در مساحت معین)، تعادل بین نیروهای فرسایشی و مقاومت مواد تشکیل‌دهنده سطح زمین را نشان می‌دهد. تراکم زهکشی به طور مؤثری به لیتولوژی، شیب توپوگرافی و شرایط اقلیمی مربوط می‌شود (سامرفیلد^۲، ۱۹۹۱، ۲۰۸). الگوی کلی شبکه زهکشی در مخروط‌های آتشفشانی، شعاعی^۲ است (استر بروک^۳، ۱۹۹۹، ۱۵۲) اما در آتشفشان‌هایی که مدت زیادی از فعالیت آن‌ها گذشته و اکنون در حالت خاموشی بوده یا نیمه فعال هستند، آبراهه‌ها تکامل یافته و الگوی شعاعی تغییر پیدا می‌کند (جرارد^۴، ۱۹۸۸، ۲۲). بنابراین بررسی الگوی آبراهه‌ها می‌تواند به تبیین وضعیت فرسایشی و تکامل ژئومورفولوژیکی مناطق آتشفشانی کمک نماید. شوم^۵ در سال ۱۹۸۷ تکامل شبکه آبراهه‌ها را در آزمایشگاه تحت بارش‌های مصنوعی مورد آزمون قرار داد. اگرچه مطالعات آزمایشگاهی دارای نقائص زمانی و مقیاسی هستند اما در ارائه مدل‌های تئوریک فرآیندها بسیار مؤثر هستند (ریتز^۶ و دیگران، ۱۹۹۵، ۱۵۹). شکل ۱ (A) تکامل تاریخی سیستم شبکه زهکشی را در آزمایشگاه نشان می‌دهد. فیلیپس و شوم در سال ۱۹۸۷ نشان دادند که در شیب‌های تند، شبکه آب‌ها دارای الگوی موازی و در شیب‌های کمتر، آبراهه‌ها به سوی الگوی شبکه درختی تغییر می‌یابند. آن‌ها همچنین نشان دادند که با گذشت زمان و کاهش شیب، شبکه‌ها از موازی به شبکه درختی تغییر الگو می‌دهند.

تناوب دوره‌های فعالیت و سکون آتشفشان‌ها در طول زمان و از طرفی تفاوت در نفوذپذیری و تراوایی گدازه‌ها و مواد آذرآواری و همچنین عوامل اقلیمی و ژئومورفولوژیک باعث می‌شود که فرم شبکه زهکشی و تراکم آن هم به صورت زمانی و هم مکانی تغییر کرده و الگوهای مختلفی را در دامنه مخروط آتشفشانی ایجاد کنند. تراکم زهکشی^۷ به عنوان مجموع طول آبراهه در مساحت معین (هورتون^۸، ۱۹۴۵)، مقدار برش رودخانه را نشان می‌دهد. با استناد به مبانی نظری، تراکم زهکشی به عوامل مختلفی مانند لیتولوژی، شیب، پوشش گیاهی، جهات دامنه و پارامترهای اقلیمی وابسته است (سامرفیلد^۹، ۱۹۹۱، ۴۰۵). حالت فورولی آتشفشان تفتان (خروج گاز، دی‌اکسید گوگرد، گوگرد و بخار آب از دهانه آن) از یک طرف و تغییر شکل اولیه آن در اثر فرسایش به صورت دره‌های متعدد و کلاهیک‌های باقیمانده از گدازه‌های قدیمی و شکل تقریباً نامنظم مخروط از طرفی دیگر، راستای

¹ - Porter

² - Radial

³ - Easterbrook

⁴ - Gerrard

⁵ - Schumm

⁶ - Ritter

⁷ - Drainage Density

⁸ - Horton

⁹ - Summerfield

تحقیق را به سوی تجزیه و تحلیل مورفولوژی و مورفومتری شبکه زهکشی و روابط آن با لیتولوژی، شیب و جهت دامنه‌های این مخروط آتشفشانی سوق داده است.

مواد و روش‌ها

هدف این تحقیق، بررسی متغیرهای مؤثر در مورفومتری آبراهه‌های سطح مخروط آتشفشانی تفتان از جمله، شیب توپوگرافی، لیتولوژی و جهت دامنه‌ها و نیز کشف ارتباط این متغیرها با تراکم و الگوی زهکشی آبراهه‌ها می‌باشد. برای دستیابی به این هدف، ابتدا نقشه‌های توپوگرافی (با مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱) و نقشه زمین‌شناسی (با مقیاس ۲۵۰۰۰ : ۱) تهیه و سپس محدوده تحت بررسی در ابعاد یک چهارگوش که مخروط تفتان را در بر می‌گیرد، در محیط نرم‌افزاری ILWIS رقومی گردیده است. سپس مدل رقومی ارتفاعی^۱، درجه شیب، جهت دامنه‌ها و شبکه آبراهه‌ها استخراج شده است. در مرحله بعد، پس از رستری نمودن نقشه‌های فوق، جداول این نقشه‌ها با هدف تهیه تراکم آبراهه‌ها در لایه‌های مختلف، همتراز^۲ گردیده و تراکم آبراهه‌ها در سازندهای زمین‌شناسی، جهت دامنه‌ای و شیب‌های مختلف بدست آمده است. به منظور بررسی الگوی زهکشی در سازندهای مختلف، سیستم زهکشی از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای IRS استخراج شده و در نهایت داده‌ها از طریق مقایسه الگوی زهکشی در سازندهای مختلف و برقراری ارتباط با مبانی نظری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

محدوده مورد مطالعه

مخروط آتشفشانی تفتان در ۴۲ کیلومتری شمال غرب شهر خاش در استان سیستان و بلوچستان واقع شده است (شکل ۱). این مخروط در مختصات طول جغرافیایی 61° تا 15° 61° شرقی و عرض جغرافیایی 28° $30''$ تا 28° $48''$ شمالی قرار گرفته و $398/98$ کیلومترمربع مساحت دارد. بلندترین قله آن دارای ارتفاع 3943 متر و ارتفاع آن در پای مخروط حدود 1700 متر می‌باشد (نقشه ۲).

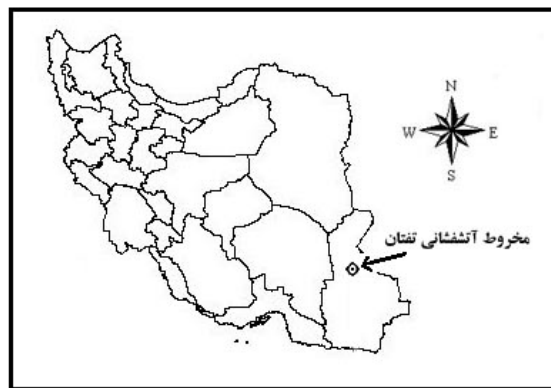
تکامل زمین ساختی تفتان با فرورانش پوسته عربی (پوسته عمان) به زیرکوه‌های مکران در ارتباط است. به طوری که با زیرراندگی پوسته عمان به زیر حوضه رسوبی مکران و ذوب پوسته در اعماق زیاد، آتشفشان‌هایی مانند تفتان و بزمان تشکیل شده‌اند (خسرو تهرانی، ۱۳۷۵). فعالیت اولیه تفتان را به پلیوسن^۳ نسبت می‌دهند که در 12 کیلومتری شمال غربی قله اصلی کنونی صورت گرفته است (علائی طالقانی، ۱۳۸۱، ۲۱۵). پیکره اصلی آتشفشان تفتان در اوایل کواترنر بوجود آمده است. با این حال هنوز روزانه چندین تن گاز SO_2 (دی‌اکسید گوگرد) از آن خارج می‌شود (درویش‌زاده، ۱۳۸۳). از قعر دهانه‌های آتشفشانی آن صدای انفجارات آتشفشانی به گوش می‌رسد و دائماً بخار آب و گازهای گوگردی متصاعد می‌شود (گانسر^۴، ۱۳۶۸، ۷).

¹ - Digital Elevation Model (DEM)

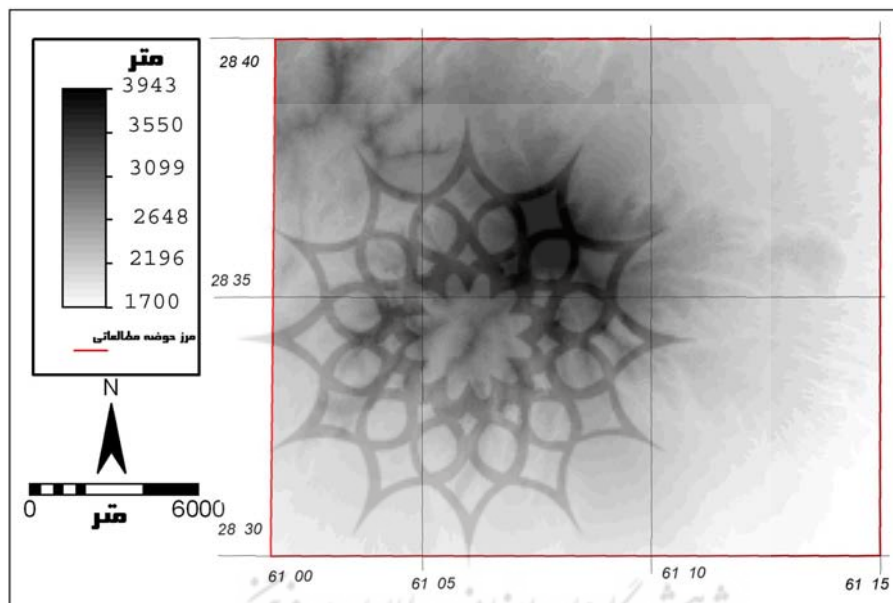
² - Cross

³ - Pliocene

⁴ - Ganser



شکل ۱ نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه



شکل ۲ مدل ارتفاعی رقمی مخروط آتشفشانی تفتان

نقشه ۳ وضعیت لیتولوژیکی تفتان را نشان می‌دهد. براساس این نقشه واحدهای چینه‌ای از ائوسن (در شمال شرق) تا کواترنر (گدازه‌های جدید تفتان و پادگانه‌های آبرفتی) گسترش دارند که عبارتند از:

qt2 پادگانه‌های آبرفتی و مخروط‌افکنه‌های جوان (هولوسن)^۱

qt1 مخروط‌افکنه‌های قدیمی و پادگانه‌های مرتفع (پلیستوسن بالایی)^۲

qa3 آندزیت جدید تفتان (پلیستوسن بالایی)

qa2 جریان‌های آندزیتی قدیمی و گنبد‌های آذرین با برش‌های آواری ریزدانه (پلیستوسن)

qag توف فانگلومریت^۳ و لاپیلی^۴ با اجزاء آندزیتی و داسیتی (پلیستوسن)

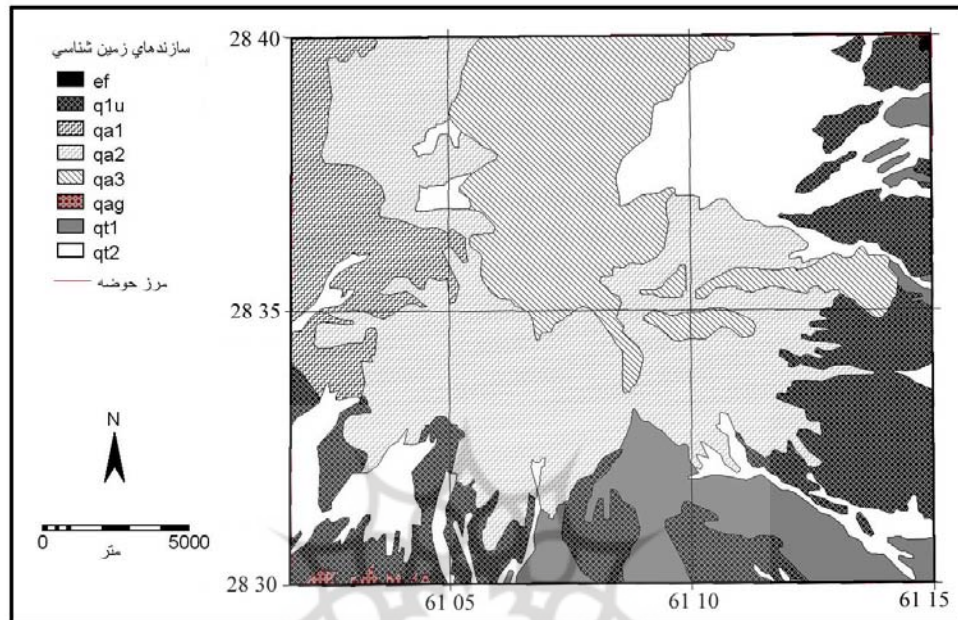
¹ - Holocene

² - Upper Pleistocene

³ - Fanglomerate

⁴ - Lapilli

qlu سیلت استون و گل سنگ با میان لایه‌های توف آندزیتی (پلیستوسن)
 qa1 جریان‌های آندزیتی قدیمی با آندزیت بازالتی ریزدانه و بازالت الیوین^۱ (پلیستوسن پایینی)
 ef ماسه‌سنگ و شیل دارای کمی آهک (ائوسن)



شکل ۳ لیتولوژی مخروط آتشفشانی تفتان

از نظر سنگ‌شناسی گدازه‌های قدیمی و جدید تفتان ترکیب مشابهی داشته و مقادیر زیادی مواد آذر آواری را شامل می‌شوند. مورفولوژی مخروط آتشفشانی تفتان شامل دو قله است که به صورت زین اسب به هم متصل شده‌اند (سیستانی، ۱۳۶۶، ۱۹). قله شمال‌غربی، یک آتشفشان قدیمی به شدت فرسایش یافته با حاشیه بریده بریده است که فرم دهانه آن تا اندازه‌ای حفظ شده و در بعضی نقاط، جریان‌های غلیظ گدازه آندزیتی به خوبی حفظ شده‌اند. قله جنوب شرقی تا اندازه‌ای شکل مخروطی خود را حفظ کرده و بوسیله جریان گدازه آندزیتی ضخیم و جوان‌تر پوشیده شده است. در قسمت جنوبی قله قسمت‌هایی از دهانه با شیب تند باقیمانده و حاشیه جنوبی آن به وسیله انفجار شدید و فرسایش‌های بعدی تخریب شده است. از دیواره‌های پرشیب، فوران‌های متعدد سفیدرنگ با صدای سوت زدن بالا می‌آید و ابر سفیدرنگی را ایجاد می‌کند که از فاصله ۱۰۰ کیلومتری قابل رؤیت است (گانسر، ۱۳۶۸، ۷). روی قله پهن جنوب شرقی فعالیت شدیدی از خروج گاز دیده می‌شود که همراه با بخار آب و بخار غلیظ سولفور می‌باشد (تصویر ۱- الف). علاوه بر این، در دامنه جنوبی دهانه، در شیب‌های تند پایین قله در چند نقطه خروج گاز و بخار آب دیده می‌شود. به‌طور کلی فرسایش روی گدازه‌های جدید ناچیز است در حالی

^۱ - Olivin

که دره‌های متعدد و عمیق (عکس شماره ۱ قسمت ب) در گدازه‌های آندزیتی قدیمی در غرب مخروط دیده می‌شود.



شکل ۴ خروج بخار آب و گاز غلیظ از دهانه آتشفشان (الف) و دره‌های عمیق فرسایشی (ب)

تجزیه و تحلیل متغیرهای مؤثر در شبکه زهکشی

مخروط آتشفشانی استراتوولکان تفتان از تناوب گدازه و مواد آذرآواری تشکیل شده است. نوع ماگما و مواد آذرآواری و خاکسترهای آتشفشانی و درصد هر کدام از آن‌ها نقش مهمی در شکل‌گیری مخروط، شیب و همچنین قابلیت فرسایش‌پذیری آن ایفا کرده‌اند. بعد از تشکیل مخروط، فرآیندهای فرسایشی توانسته‌اند به سرعت شکل ساختمانی آنرا تغییر دهند. مقدار این تغییر شکل تابعی از میزان مقاومت مواد آتشفشانی در مقابل فرسایش بوده است. با این وجود، شکل اولیه ایجادشده توسط آتشفشان و شیب کلی دامنه مخروط همچنان پابرجاست. طول زمان سپری شده بعد از خاموشی آتشفشان از دیگر پارامترهایی است که نقش تعیین‌کننده‌ای را در مقدار فرسایش و تکامل آبراهه‌ها ایفا نموده است. این ویژگی (فرسایش) در نمونه‌های دیگر از جمله آتشفشان‌های هاوایی که اکنون فعال هستند به طور بسیار محدود دیده می‌شود در حالی که در روی دامنه مخروط آتشفشان جزیره کوای^۱ (از جزایر هاوایی) که فعالیت آن از حدود ۴ میلیون سال پیش متوقف شده، دره‌های عمیق فرسایشی ایجاد شده است (سامرفیلد، ۱۹۹۱، ۱۱۵).

برای بررسی فرسایش‌پذیری بخش‌های مختلف مخروط تفتان از شاخص تراکم آبراهه و الگوی زهکشی استفاده شده است. به این منظور جهت تعیین تراکم آبراهه‌ها و الگوی زهکشی^۲ در متغیرهای شیب، لیتولوژی و جهات دامنه، بعد از رقومی کردن نقشه‌های توپوگرافی و لیتولوژی، نقشه‌های DEM، شبکه آبراهه‌ها، شیب (درجه)، جهات دامنه و نقشه زمین‌شناسی منطقه تهیه گردید. نقشه ۲ مدل ارتفاعی رقومی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

^۱ -Kauai

^۲ - Drainage Pattern

نقشه‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ به ترتیب وضعیت لیتولوژی، شبکه آبراهه، شیب و جهات دامنه‌ای مخروط تفتان می‌باشند. تراکم آبراهه‌ها، با استفاده از کراس دادن جدول مربوط به نقشه شبکه آنها با جداول مساحت سازندها، شیب و جهات دامنه‌ای محاسبه گردید.

جدول ۱ تراکم آبراهه‌ها را در سازندهای مختلف زمین‌شناسی نشان می‌دهد. براساس این جدول بیشترین تراکم آبراهه‌ها مربوط به سازند ef با سن ائوسن با مقدار ۷/۵۶ کیلومتر در کیلومتر مربع است که بخش کوچکی را در حاشیه شمال شرقی مخروط آتشفشانی تفتان شامل می‌شود. واحد لیتولوژیکی Qa1 با تراکم زهکشی ۶/۶۴ کیلومتر در کیلومتر مربع در رده بعدی قرار دارد. کمترین تراکم زهکشی مربوط به واحد Qa3 (آندزیت جدید تفتان) است که مقدار آن ۴/۴۳ کیلومتر کیلومتر مربع است.

جدول ۱ تراکم آبراهه‌ها در سازندهای مختلف زمین‌شناسی تفتان

نام سازند	طول آبراهه (کیلومتر)	مساحت هر سازند (کیلومتر مربع)	تراکم آبراهه (کیلومتر در کیلومتر مربع)
Qt1	۱۶۱/۴۵	۳۱/۷۲	۵/۰۸
Qt2	۳۶۷/۹۵	۷۲/۰۵	۵/۱
Qa3	۳۰۳/۳۵	۶۸/۴۱	۴/۴۳
Qa2	۶۰۴/۵۵	۱۱۸/۰۶	۵/۱۲
Q1U	۴۲۸/۱۵	۷۷/۱۸	۵/۵۴
Qa1	۲۰۱/۷	۳۰/۳۶	۶/۶۴
Qag	۶	۰/۹۹	۶/۰۳
ef	۱/۴	۰/۱۸۵	۷/۵۶
مجموع	۲۰۷۴/۵۵	۳۹۸/۹۸	۵/۱۹

جدول ۲ تراکم زهکشی را در طبقات شیب مخروط تفتان نشان می‌دهد. بررسی داده‌های این جدول نشان می‌دهد که تراکم زهکشی از شیب‌های کم به زیاد کاهش می‌یابد.

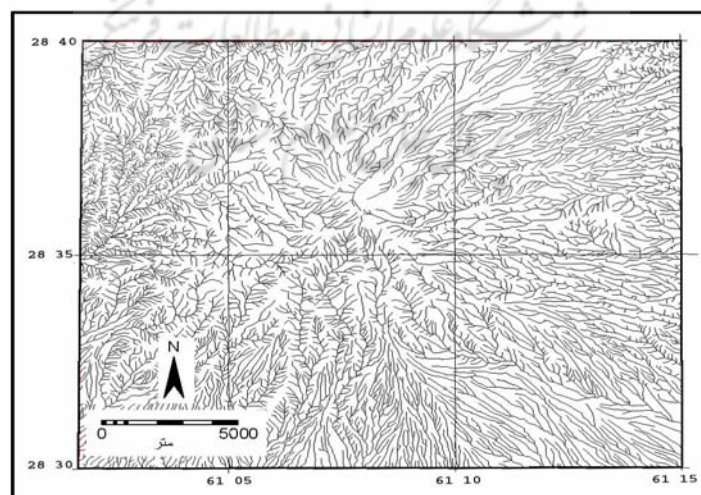
جدول ۲ تراکم آبراهه‌ها در طبقات شیب مخروط تفتان

رده شیب (درجه)	مساحت رده شیب (کیلومتر مربع)	طول آبراهه (کیلومتر)	تراکم آبراهه (کیلومتر در کیلومتر مربع)
۰-۱۰	۱۷۲/۲	۹۵۸/۳	۵/۵۶
۱۰-۲۰	۱۱۳/۷	۶۰۵	۵/۳۲
۲۰-۳۰	۶۲/۷۹	۳۰۲/۷	۴/۸۲
۳۰-۴۵	۴۱/۰۲	۱۷۲/۸۵	۴/۲۱
۴۵-۹۰	۹/۱۶	۳۴/۸۵	۳/۸
مجموع	۳۹۸/۹۸	۲۰۷۴/۷	۵/۱۹

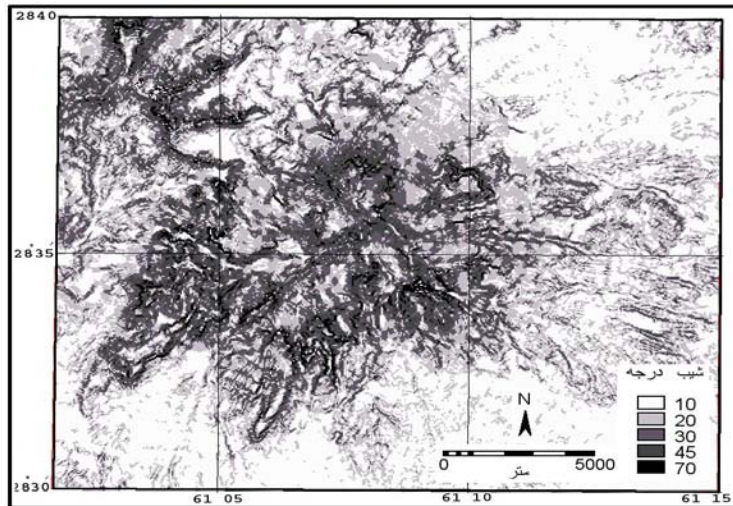
جدول ۳ تراکم آبراهه‌ها در جهات مختلف جغرافیایی مخروط تفتان

تراکم آبراهه (کیلومتر در کیلومتر مربع)	مساحت جهات جغرافیایی (کیلومتر مربع)	طول آبراهه (کیلومتر)	جهت جغرافیایی
۳/۷۱	۶۵/۸۵	۲۴۴/۴	NW
۴/۵۹	۱۸/۰۳	۸۲/۸	N
۴/۰۵	۸۳/۵۴	۳۳۸/۹	NE
۵/۱۱	۱۶/۲	۸۵/۰۵	W
۹/۶۲	۲۸/۶۴	۲۷۵/۷۵	Flat
۶/۵۶	۲۷/۶۳	۱۸۱/۳	E
۴/۹۴	۶۵/۸۹	۳۲۵/۸۵	SW
۷/۷۴	۲۲/۱۳	۱۷۱/۴۵	S
۵/۲۲	۷۰/۶۳	۳۶۸/۷۵	SE
۵/۱۹	۳۹۸/۹۸	۲۰۷۴/۲۵	مجموع

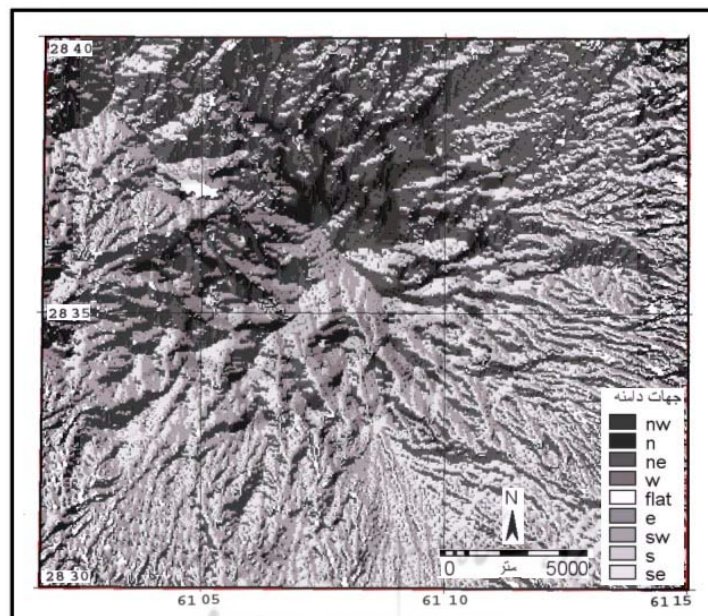
در جدول ۳ تراکم آبراهه‌ها در جهات جغرافیایی ارائه شده است. تراکم آبراهه در جهات شمال، جنوب، شرق و غرب به ترتیب ۴/۵۹، ۷/۷۴، ۶/۵۶ و ۵/۱۱ کیلومتر در کیلومتر مربع است. جهات شمال غرب، جنوب غرب، جنوب شرق و شمال شرق به ترتیب دارای تراکم زهکشی ۳/۷۱، ۴/۹۴، ۵/۲۲ و ۴/۰۵ کیلومتر در کیلومتر مربع است. جهت Flat یا هموار دارای بیشترین تراکم آبراهه (۹/۶۲ کیلومتر در کیلومتر مربع) می‌باشد. بررسی داده‌های فوق بیانگر آن است که جهات جنوب، شرق و جنوب شرق دارای تراکم زهکشی بالاتری از سایر جهات می‌باشند. انطباق نقشه لیتولوژی و جهات جغرافیایی منطقه نشان می‌دهد که جهات شمالی بیشتر منطبق بر آندزیت‌های جدید تفتان (Qa3) و پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌های جوان (Qt2) می‌باشد که از نظر سنی جوان‌تر از سایر واحدهای لیتولوژیک می‌باشند و از اینرو دارای تراکم زهکشی پایین‌تری هستند.



شکل ۵ نقشه شبکه آبراهه‌ها در مخروط آتشفشانی تفتان



شکل ۶ نقشه وضعیت شیب در مخروط آتشفشانی تفتان



شکل ۷ جهت شیب دامنه ها در مخروط آتشفشانی تفتان

جهت جنوبی بیشتر شامل پادگانه‌های آبرفتی قدیمی (واحد Qt1) و لای سنگ^۱ و گل سنگ^۲ پلیستوسن (Q1U) و جریان‌های گدازه‌ای قدیمی (Qa2) هستند که دارای تراکم آبراهه‌ای بیشتری هستند. با این حال جهت جغرافیایی غرب با لیتولوژی Qa1 نسبت به جهت شرقی با لیتولوژی Q1U دارای تراکم زهکشی کمتری است.

¹ Siltstone
² Claystone

بررسی الگوی زهکشی

نقشه ۴ شبکه زهکشی مخروط آتشفشانی تفتان را نشان می‌دهد. مطالعه این نقشه نشان می‌دهد که شبکه زهکشی در سازندهای مختلف دامنه‌های تفتان از الگوی یکسانی پیروی نمی‌کند. به طوری که در سطح هر واحد لیتولوژیک می‌توان شاهد تغییرات الگوی زهکشی بود. با توجه به وجوه مشترک مخروط‌های آتشفشانی، الگوی کلی زهکشی در مخروط تفتان نیز عموماً شعاعی است. لیکن در مقیاس‌های بزرگتر، در سطح مخروط‌افکنه‌های قدیمی و جدید و واحدهای لیتولوژیکی لای سنگ و گل‌سنگ الگوی موازی^۱ حاکم است. در آندزیت‌های قدیمی و جدید تفتان، الگوی شبکه درختی^۲ غالب است که از آندزیت‌های جدید به قدیم الگوی شبکه درختی تکامل یافته‌تر می‌شود.

شکل ۱ قسمت B الگوی زهکشی انتخابی را از سازندهای زمین‌شناسی مخروط تفتان نشان می‌دهد. بررسی شکل مذکور نشانگر آن است که با وجود غلبه الگوی موازی به شبکه درختی از سازندهای جدید به قدیم، بی‌نظمی‌هایی نیز در این روند دیده می‌شود. به طوریکه سازند قدیمی QIU دارای الگوی زهکشی تقریباً موازی است در حالی که در سازند Qa2 که جوانتر از واحد قبلی است، الگوی شبکه درختی تکامل یافته‌تری دیده می‌شود.

مقایسه الگوی زهکشی استخراج شده از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای IRS نشان داد که الگوی زهکشی مخروط‌افکنه‌های جدید و قدیمی در تصاویر ماهواره‌ای تفاوت زیادی را نشان می‌دهند در حالی که الگوی زهکشی مخروط‌های جدید و قدیمی در نقشه‌های توپوگرافی تفاوت چندانی ندارند و الگوی زهکشی مخروط افکنه‌های جدید و قدیم به صورت موازی می‌باشند.

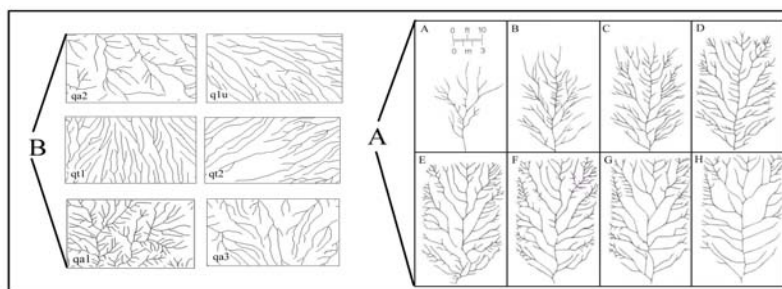
به همین منظور جهت بررسی دقیق‌تر الگوی زهکشی مخروط‌افکنه‌های قدیمی و جدید از تصاویر ماهواره‌ای پانکروماتیک IRS استفاده شد. همچنان که در شکل ۲ مشخص است الگوی زهکشی در مخروط‌های قدیمی به صورت همگرا و در مخروط‌های جدید به صورت واگرا به سمت پایین دست دامنه است. بنا بر عقیده فوکس^۳ (۱۹۸۶، ۱۱۴)، این امر نتیجه غلبه حالت‌های سیلابی در مخروط‌افکنه‌های جوان می‌باشد.

به عقیده محققینی مانند پارکر (۱۹۷۷) گذشت زمان و کاهش شیب باعث تغییر الگوی زهکشی از موازی به شبکه درختی می‌شود. بررسی الگوی آبراهه‌ها در مخروط تفتان نشان می‌دهد که با وجود صحت کلی نظریه فوق در این مخروط، بی‌نظمی‌هایی در الگوی زهکشی مشتق شده از نقشه‌های توپوگرافی دیده می‌شود که متأثر از پیچیدگی ذاتی نواحی آتشفشانی از جمله شرایط زمان تشکیل مخروط و درجه و حجم مواد مختلف، قابلیت فرسایش‌پذیری مواد آذرآواری، گدازه و خاکستر در هر یک از واحدهای چینه‌شناسی و در نهایت مقیاس نقشه‌های توپوگرافی مورد استفاده است، به طوری که امکان انعکاس سیستم دقیق زهکشی در این نقشه‌ها (با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰) وجود ندارد.

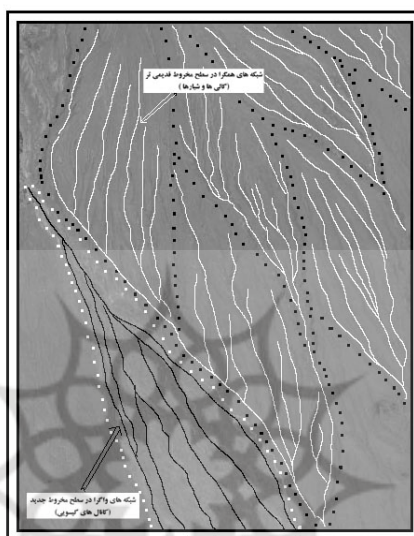
^۱ - Parallel

^۲ - Dendritic

^۳ - Fookes



شکل ۸ تکامل سیستم زهکشی (فیلیس و شوم) A و الگوی زهکشی فعلی مخروط تفتان B



شکل ۹ تکامل شبکه آبراهه ها در مخروط افکنه های جدید و قدیمی تر در جنوب تفتان

بحث و نتیجه گیری

مطالعه و ارزیابی تراکم آبراهه‌ها در سازندهای زمین‌شناسی مخروط آتشفشانی تفتان نشان می‌دهد که غیر از مخروط‌افکنه‌های جدید و قدیم که نواحی رسوبگذاری را نشان می‌دهند، تراکم آبراهه‌ها از سازندهای جدید به قدیم افزایش می‌یابد و با افزایش شیب توپوگرافی، تراکم آبراهه‌ها متقابلاً کاهش می‌یابد. از اینرو، ارتباط معکوسی بین شیب و تراکم زهکشی برقرار است.

بررسی تراکم زهکشی در جهات دامنه‌ای مختلف، نشانگر آن است که در جهات جنوب، شرق و جنوب شرق که با سازندهای قدیمی نیز انطباق دارند، تراکم زهکشی بالاتر و در جهات شمالی (سازندهای جدیدتر) تراکم پایین‌تر است. ارزیابی الگوی زهکشی در ارتباط با لیتولوژی نشان می‌دهد که با وجود گرایش کلی الگوی موازی به شبکه درختی از سازندهای جدید به قدیم، بی‌نظمی‌هایی نیز در الگوی زهکشی سازندهای مختلف دیده می‌شود. به طور کلی بررسی شبکه زهکشی در مخروط تفتان بیانگر آن است که با وجود صحت کلی نظریه محققینی مانند پارکر در زمینه روابط تراکم و الگوی زهکشی با گذشت زمان و شیب در این مخروط، پیچیدگی‌هایی نیز در

خصوصیات آبراهه‌ها بویژه الگوی زهکشی دیده می‌شود. این موضوع تا حدودی به پیچیدگی ذاتی زمان تشکیل مخروط‌های آتشفشانی و درهم ریختگی لیتولوژیکی این نواحی مربوط می‌شود. بدیهی است، بازسازی شکل اولیه مخروط آتشفشانی و برآورد حجم فرسایش در دره‌های مختلف فرسایشی با استفاده از مدل‌های ارتفاعی و به کمک نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس در تحقیقات آتی این مخروط تا حدود زیادی می‌تواند به تبیین دقیق‌تر تکامل شبکه‌های زهکشی و شناخت فرآیند و سیستم فرسایش سازندهای مختلف کمک نماید.

منابع

- خسرو تهرانی (۱۳۷۵) زمین‌شناسی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (۱۳۵۰) نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، شماره ۳-۸۲-۴۷.
- سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۹۹۴) نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوش خاش.
- سیستانی، ایرج افشار (۱۳۶۶) تفتان آتشفشان بالقوه، رشد آموزش جغرافیا، صص ۲۱-۱۸.
- درویش‌زاده، علی (۱۳۸۳) آتشفشان‌ها و رخساره‌های آتشفشانی، انتشارات دانشگاه تهران، صص ۲۵-۲۵۹.
- علائی طالقانی، محمود (۱۳۸۱) ژئومرفولوژی ایران، انتشارات قومس، صص ۲۱-۲۱۴-۲۲۵.
- گانسر، آ، (۱۳۶۸) آتشفشان‌ها و مناطق خروج بخار آب و گاز در ایران، ترجمه اشرف امیری چیمه، رشد آموزش زمین‌شناسی، شماره ۱۸، صص ۱۲-۶.
- Balazs, S., Karatson, D., 2004, DEM Based Morphometry as a Tool for Reconstructing Primary Volcanic Landforms: Examples from the Borzsony Mountain, Hungary: *Geomorphology*, V. 63, pp. 25-31.
- Bloom, A. L., 2003, *Geomorphology*, Pearson Education, pp. 92-115.
- Easterbrook, D. J., 1999, *Surface Process and Landforms*, Prentice Hall, p. 152.
- Fookes, P. G., Vaughan. P. R., 1986, *A Handbook of Engineering Geomorphology*, Chapman and Hall (New York), p. 114.
- Gerrard, A. J., 1988, *Rock and LandForms*, Unwin Hyman, P. 20-23.
- Horton, R. E., 1945, *Erosional Development of Streams and their Drainage Basins*, *Bulletin of the Geological Society of America* 56, p. 275-375.
- Porter, S. C., 1972, *Distribution, Morphology and Size Frequency of Cinder cones on Mauna Kea Volcano, Hawaii* : *Geo. Soc. America Bull*, V. 83, p. 3607-3612.
- Ritter, D. F., Kochel, R. C., Miller, J. R., 1995, *Process Geomorphology*, WCB/NC Graw-Hill, pp. 156-160.
- Summerfield, M. A., 1991, *Global Geomorphology. An Introduction to the Study of Landforms* :Essex. England, Longman Scientific Technical, pp. 115-208-405.