

نقش گسل‌های راندگی در ایجاد پدیده خزش، روستای زمان‌آباد، جنوب همدان

محمدحسین قبادی^{۱*} و پریا بهزادتبار^۱

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

نویسنده مسئول: amirghobadi@yahoo.com *

دریافت: ۹۳/۹/۹ پذیرش: ۹۴/۵/۴

چکیده

روستای زمان‌آباد با توپوگرافی کوهستانی در جنوب همدان واقع است و در جنوب‌غرب این روستا شواهدی از خزش با پدیدار شدن ترک‌های کششی عمود بر جهت خزش بر روی دامنه و جاده‌ی بین دو روستای زمان‌آباد و کمری ملاحظه می‌شود. مطالعه شرایط زمین‌شناسی، وضعیت لیتولوژی و ساختاری ناحیه مورد پژوهش یک زون متشکل از گسل‌های راندگی را مشخص کرده است. امتداد گسل‌های مذکور عمدتاً NW-SE و جهت شیب آن به سمت شمال‌شرق می‌باشد. جهت بررسی و اثبات خزش در این منطقه از دو روش میله‌گذاری و تغییر شکل ترک‌های کششی استفاده شده است. بر اساس نتایج حاصله متوسط نرخ سالانه خزش در روش اول ۴/۳ سانتی‌متر در سال و در روش دوم ۰/۴۵ سانتی‌متر در سال می‌باشد. در نهشته‌های آبرفتی وجود واحدهای ناهمگن در حال خزش موجب ایجاد نرخ‌های مختلف خزش در ناحیه شده است. جهت غالب خزش به سمت شمال‌شرق است و وجود سطوح گسله همراه با عملکرد آب‌های زیرزمینی بر روی سطوح مذکور نرخ خزش را افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: خزش، گسل‌های راندگی، زمان‌آباد

مقدمه

خزش در مصالح چسبنده و توده سنگ‌های نرم، بر روی شیب‌های تند اتفاق می‌افتد. از خصوصیات اصلی و سطحی خزش، ظهور ترک‌ها به موازات یا عمود بر سطح شیب است [۸].

در این زمینه تحقیقات زیادی صورت گرفته است. ویلیامز [۱۸] جهت ارزیابی میزان خزش خاک از گیج‌هایی برای اندازه‌گیری تغییر شکل مستقیم استفاده کرد. سپس کریکی [۱۴]، بارو و وانستون [۱۲]، اندرسون و کاکس [۹]، اندرسون و فینلاس [۱۰]، یانگ [۱۹] و فینلاس [۱۳] ابزارهایی را جهت اندازه‌گیری خزش خاک پیشنهاد نموده‌اند.

سانادا و آکانیشی [۱۶] به اندازه‌گیری خزش در گرانیتهای هوازده پرداخته‌اند که مقدار آن چند میلی‌متر در سال بوده است. هم‌چنین در منطقه ردوود^۱، شمال غرب کالیفرنیا، نرخ خزشی که وانستون و همکارانش [۱۷] اندازه‌گیری کرده‌اند برابر ۱ تا ۲/۵ میلی‌متر بر سال بوده است.

سازاکی و همکاران [۱۵] با نصب حسگرهای زیر سطحی در شمال کوهستان تسوکوبا^۲، ژاپن، توانستند تغییر شیب در اثر لغزش را پس از یک بارندگی اندازه‌گیری کنند. بر اساس این تحقیق میزان تغییر شیب در دو دامنه‌ی متشکل از گرانیتهای هوازده و لوم از ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۳ درجه بوده است.

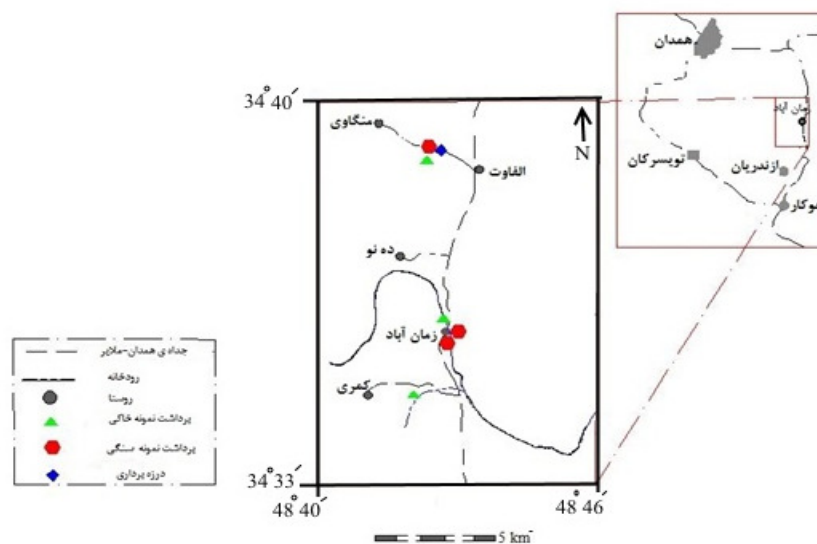
قبل یا بعد از زمین‌لرزه، در امتداد گسل حرکات آرامی صورت می‌گیرد که خزش تکنونیک نامیده می‌شود. این خزش‌ها از چندین میلی‌متر تا چندین سانتی‌متر یا بیش‌تر در هر سال است. ظاهراً این‌گونه خزش‌ها در گسل‌هایی اتفاق می‌افتد که با مواد رسی پر شده‌اند و با جمع شدن انرژی کرنشی در توده‌سنگ و در امتداد گسل رخ می‌دهند. این‌گونه حرکات سرعت رهایی انرژی کرنشی را بر روی یک گسل منعکس می‌کنند [۸]. در این پژوهش سعی بر آن است که عوامل خزش در منطقه بررسی و جایگاه گسل‌های راندگی در ایجاد این پدیده مورد بررسی قرار گیرد.

^۲Tsukuba^۱ Redwood

موقعیت جغرافیایی، شرایط آب و هوایی و زمین‌شناسی

منطقه مورد مطالعه در فاصله ۴۰ کیلومتری از جنوب شهر همدان حد فاصل بین دو روستای منگاو و کمری بین طول‌های جغرافیایی $48^{\circ}40'$ تا $48^{\circ}46'$ و عرض‌های $34^{\circ}33'$ تا $34^{\circ}40'$ واقع شده و دسترسی به آن از طریق جاده همدان به ملایر به راحتی امکان پذیر می‌باشد (شکل ۱).

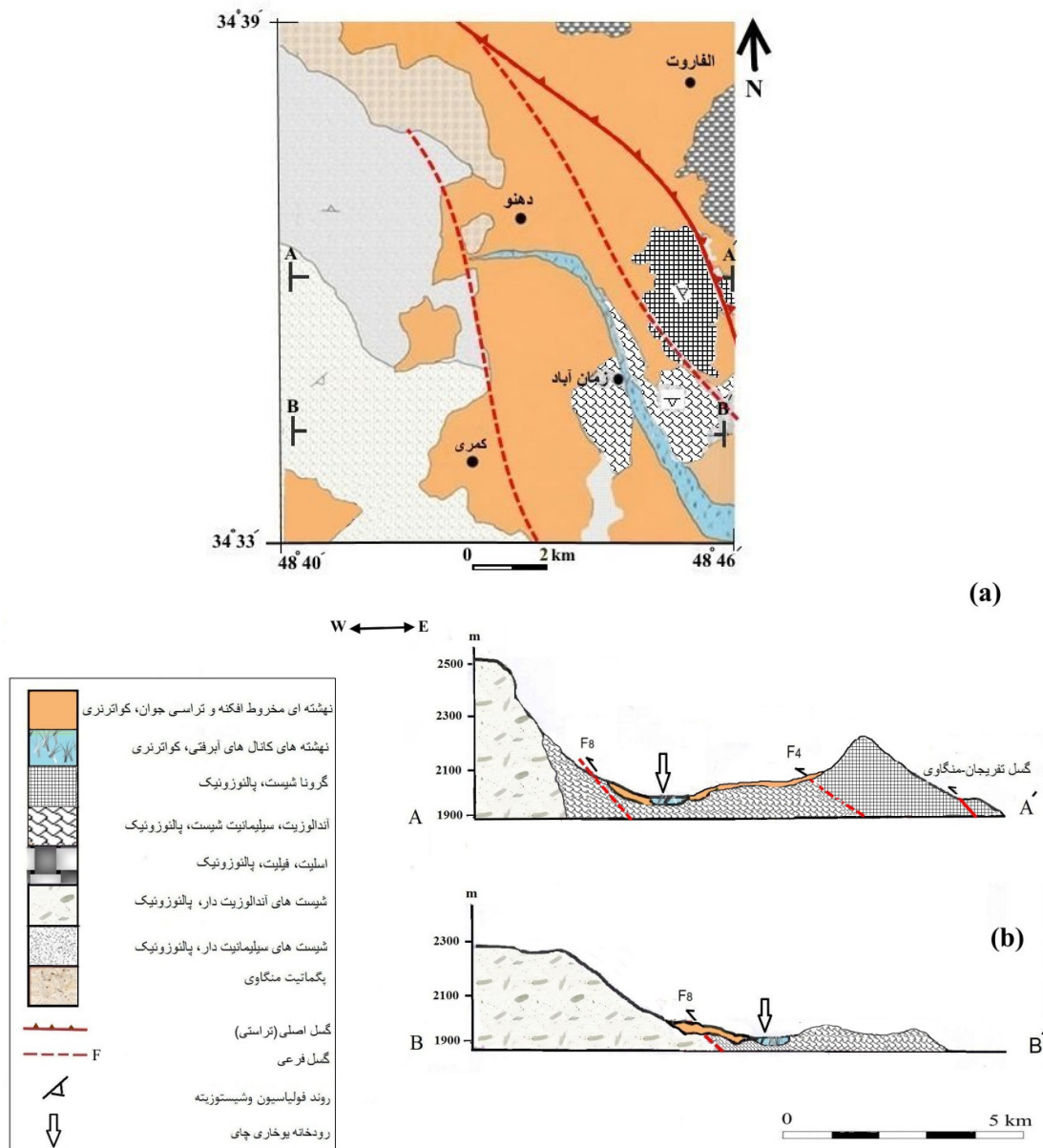
اقلیم استان همدان بخاطر وجود ارتفاعات، رودخانه‌ها و دیگر شرایط محیطی بسیار متغیر است، به طوری که در دامنه‌های شمالی الوند هوا سردتر و در بخش‌های مرکزی آن ملایم‌تر است. در این استان زمستان‌ها سرد با بارش



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و محل نمونه‌برداری

اصلی و ۵۴ گسل فرعی شناسایی گردیده است (شکل ۳). بر اساس مطالعات لرزه‌خیزی، بزرگی متوسط زلزله حاصل از این گسل‌ها بین $4/3$ تا $6/8$ در مقیاس ریشتر و شتاب افقی ناشی از فعالیت این گسل‌ها بین $0/07g$ تا $0/28g$ و شتاب قائم بین $0/03g$ تا $0/14g$ می‌باشد. بیش‌ترین بزرگای حاصل از این گسل‌ها مربوط به گسل سیاه کمر علوی می‌باشد که معادل $6/8$ ریشتر می‌باشد [۲]. همانطور که در شکل (۲-الف) مشاهده می‌شود مرز اکثر واحدها در این منطقه به شکل گسله است، به طور مثال می‌توان به مرز بین گارنت‌شیست و آندالوزیت-سیلیمانیت شیست‌ها (شکل ۲-ب: a) و شیست‌های آندالوزیت‌دار و آندالوزیت سیلیمانیت شیست‌ها (شکل ۲-ب: b) اشاره نمود. جهت شیب اکثر این گسل‌ها به سمت NE می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه جزئی از نوار دگرگونی سندانج - سیرجان می‌باشد و ساختارهای موجود در آن از امتداد کلی زاگرس در غرب ایران تبعیت می‌کند. به دلیل تکتونیک پویا و رژیم فشارشی حاکم بر زون سندانج- سیرجان گسل‌های طولی در منطقه شکل گرفته‌اند. از این رو گسل‌های طولی و راندگی‌های بزرگ در آن قابل مشاهده است. ولی به علت وجود واحدهای اسلیتی و فیلیتی که به صورت شکل‌پذیر عمل می‌کنند گسل‌ها رخنمون ندارند [۱۱]. عمده گسل‌های شیب‌لغز با مولفه راست‌لغز به طول چندین کیلومتر وجود دارند. بیش‌ترین جهت‌یافتگی به صورت همیوغ در دو جهت $N34E$ و $N45E$ و راستای گسل‌های اصلی NW-SE و شیب به طور معمول به سمت NE می‌باشد [۱]. در منطقه مورد مطالعه ۵ گسل



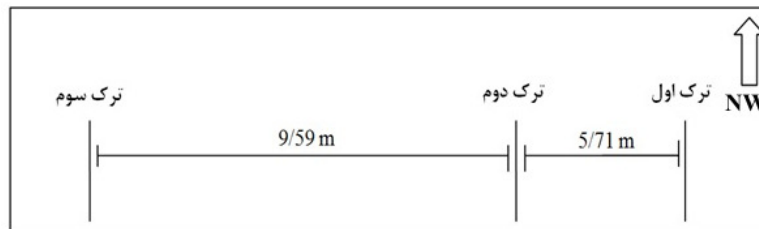
شکل ۲. الف) نقشه زمین‌شناسی (ترسیمی از نگارنده با استفاده از عکس ماهواره‌ای و نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ همدان)، ب) نیم‌رخ‌های منطقه‌ای مورد مطالعه (a: نیم‌رخ در امتداد A-A، b: نیم‌رخ در امتداد B-B)

بررسی پدیده خزش

نرخ خزش از عواملی مانند هندسه شیب، ویژگی‌های تنش-کرنش و فشار منفذی تاثیر می‌پذیرد. میزان خزش اغلب با زمان افزایش می‌یابد. گلدر [۶] این نرخ را برای تعدادی از شیب‌ها در رس‌های پیش تحکیم‌یافته در طول ساحل کالیفرنیا اندازه‌گیری نمود که برای شیب به ارتفاع ۵۰ متر با میانگین شیبی در حدود ۱۰ درجه حدوداً ۰/۳m در سال بوده است. درحالی‌که در شمال کوهستان

تسوکوبا، ژاپن، با شیب متوسط ۱۵ درجه، نرخ متوسط خزش ۰/۷ تا ۲/۱ میلی‌متر بر سال برآورد شده است [۱۵].

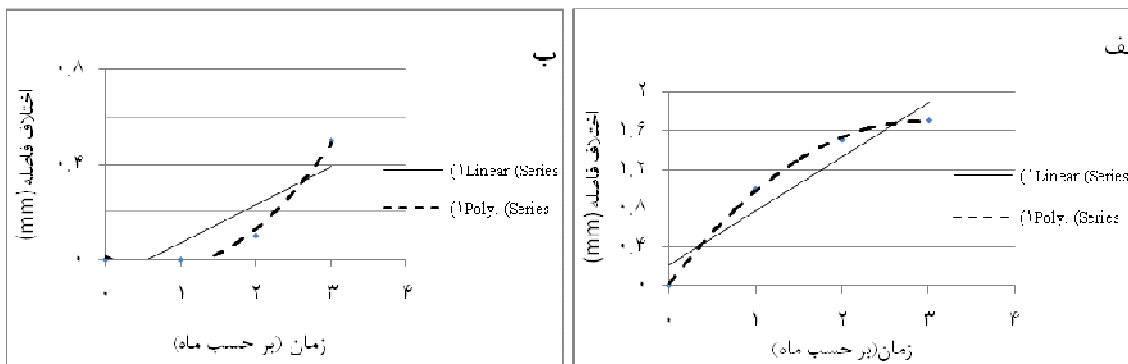
در این بخش از پژوهش، جهت اثبات خزش در منطقه، با اندازه‌گیری ماهانه فاصله بین شاخص‌ها در دو ایستگاه (شکل ۴) و اندازه‌گیری هر ۳ ماهه‌ی بازشدگی و عمق ترک‌های کششی موجود در سه ایستگاه (شکل ۵) به بررسی پدیده خزش در منطقه اقدام گردیده است.



شکل ۵. موقعیت ترک‌های کششی مورد مطالعه (موقعیت جغرافیایی $34^{\circ}35'13''N, 48^{\circ}43'20''E$)

دوم شاخص‌ها (میل‌ها) قرار دارند که موقعیت آن‌ها را نسبت به هم می‌توان در شکل (۵) مشاهده نمود. امتداد این ترک‌ها عمود بر جهت خزش می‌باشند و به طور متوسط در ایستگاه اول نرخ بازشدگی 0.4 cm در سال، ایستگاه دوم 0.26 cm در سال و در ایستگاه سوم 0.7 cm در سال اندازه‌گیری شده است. بنابراین متوسط میزان بازشدگی در سه ایستگاه برابر 0.45 cm در سال است. منحنی‌های ترسیم شده میزان بازشدگی ترک‌ها نسبت به زمان را در شکل (۷) نشان می‌دهند و روابط مربوط در جدول (۲) آورده شده‌اند.

شیب عمومی منطقه ۴ درجه می‌باشد. در ایستگاه اول (شاخص‌ها) متوسط میزان خزش $6/7 \text{ cm}$ در سال می‌باشد. منحنی تغییرات فاصله نسبت به زمان در دو حالت خطی و درجه دوم بسیار نزدیک به هم بوده و ضریب تغییرات (R^2) بالایی را نشان می‌دهند (شکل ۶: الف). این یکنواختی تقریبی خزش می‌تواند ناشی از همگن بودن واحد در حال خزش و یا مسطح بودن ایستگاه باشد. در ایستگاه دوم متوسط میزان خزش $1/9 \text{ cm}$ در سال می‌باشد. در این ایستگاه، منحنی درجه دوم تطابق بیشتری با روند داده‌ها دارد (شکل ۶: ب). ترک‌های مورد مطالعه نزدیک ایستگاه



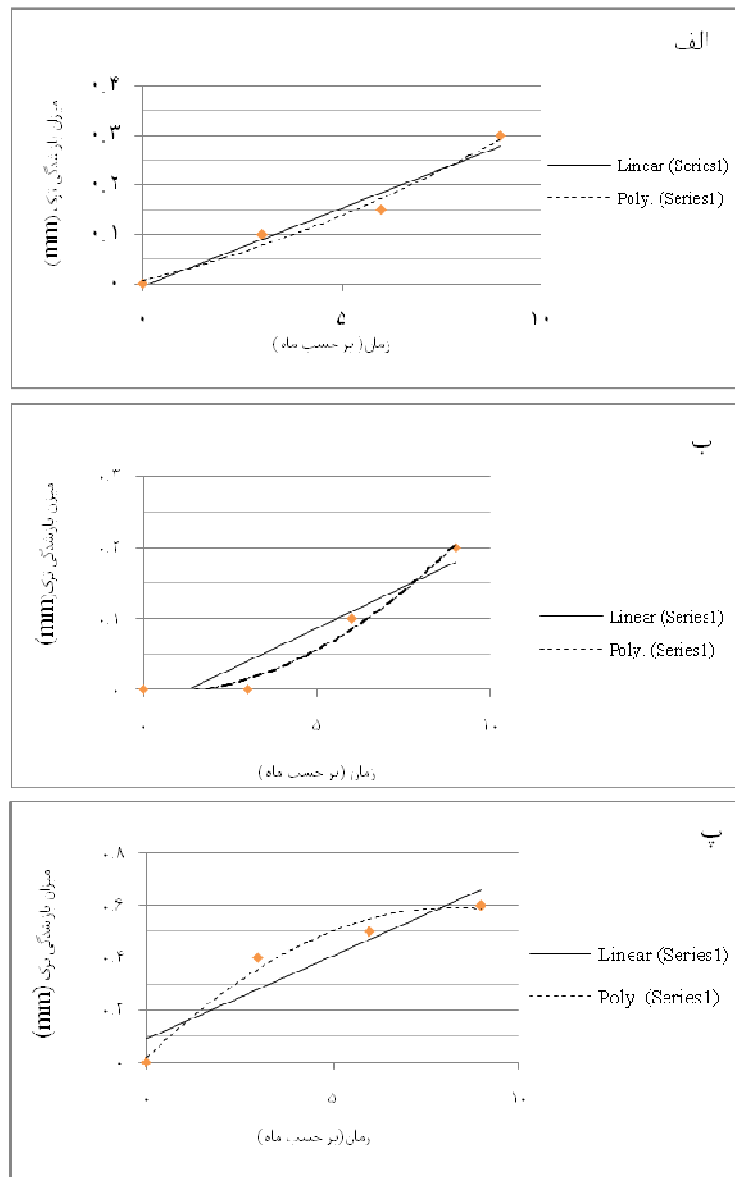
شکل ۶. ارتباط بین زمان و میزان فاصله گرفتن میل‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه (الف) ایستگاه اول، (ب) ایستگاه دوم

جدول ۱: روابط خطی و درجه دوم بین فاصله‌ی شاخص‌ها (y) و زمان (x)

No.station	Liner	Polyline
1	$y=0.56x + 0.21$ $R^2 = 0/9064$	$y=-0.2x^2 + 1.16x + 0.01$ $R^2 = 0/9988$
2	$y=0.16x - 0.09$ $R^2 = 0/7529$	$y=0.1x^2 - 0.14x + 0.01$ $R^2 = 0/9882$

جدول ۲. روابط خطی و درجه دوم بین زمان (x) و میزان بازشدگی (y) ترک‌های کششی

No. crack	Liner	Polyline
1	$y = 0.031x - 0.005$ $R^2 = 0.962$	$y = 0.001x^2 + 0.019x + 0.007$ $R^2 = 0.976$
2	$y = 0.023x - 0.03$ $R^2 = 0.890$	$y = 0.002x^2 - 0.001x - 0.005$ $R^2 = 0.981$
3	$y = 0.063x + 0.09$ $R^2 = 0.869$	$y = -0.008x^2 + 0.138x + 0.015$ $R^2 = 0.978$



شکل ۷. رابطه بین زمان و بازشدگی الف: ترک اول، ب: ترک دوم پ: ترک سوم

رابطه خزش و گسل‌های راندگی

براساس مشاهدات انجام شده خزش در کل فصول ادامه دارد، بنابراین ایجاد خزش در منطقه باید تحت تاثیر عوامل ثابتی باشد. این عوامل علاوه بر توپوگرافی و اثر آب وجود گسل‌های راندگی در منطقه است که نقش مهمی در افزایش نرخ خزش دارند و امکان خزش را حتی در سطوح شیب بسیار کم مانند ایستگاه شاخص (۱) فراهم می‌سازند. این سیستم گسل‌ها علاوه بر نقشی که در زهکشی آب و انتقال آن به درون دامنه دارند، مانند صفحات صابونی شده عمل کرده و مواد زمین را به سمت

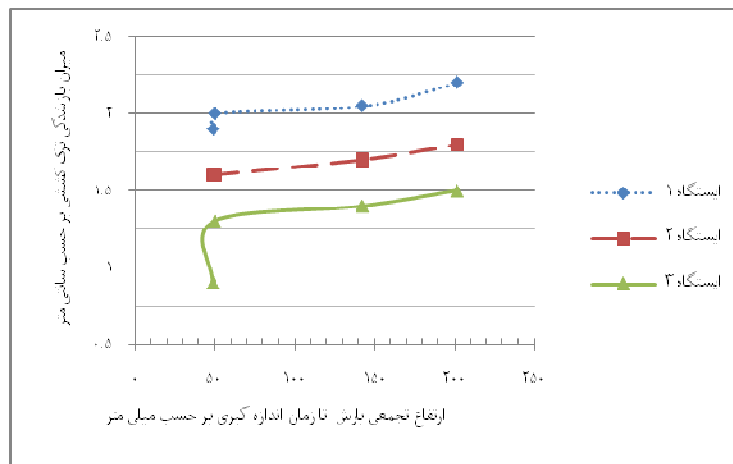
شمال شرق هدایت می‌کنند [۷]. همانطور که اشاره شد وجود مواد رسی در زون گسل موجب حرکت خزشی در حدود چند میلی‌متر تا چند سانتی‌متر در سال می‌گردد. بیش‌تر صفحات گسل‌ها به احتمال زیادی توسط مواد رسی پوشیده‌اند و زیر نهشته‌های کواترنر قرار دارند و بنابراین می‌توان بیان نمود که حرکات سالانه خزش در منطقه به فعالیت گسل‌ها مربوط می‌گردد. از آنجایی که جهت عمومی خزش در این زون با شیب عمومی گسل‌ها تطابق دارد خزش در منطقه از نوع تکتونیکی می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

از عوامل ایجاد کننده خزش در منطقه سیستم گسل‌های راندگی، توپوگرافی کوهستانی، بارندگی، نوع مصالح و اقلیم منطقه است. خزش در مصالح چسبنده و توده سنگ‌های نرم، بر روی شیب‌های تند اتفاق می‌افتد. نوع مصالح خاکی در این زون بیش‌تر ریزدانه می‌باشند و در رده CL، ML قرار می‌گیرد [۴ و ۳]. ظهور ترک‌ها به موازات یا عمود بر سطح شیب از خصوصیات اصلی و سطحی خزش است [۸].

مقدار خزش ایجاد شده با میزان بارش باران و افزایش رطوبت خاک همبستگی مثبت نشان می‌دهد. از آنجایی که منطقه مورد مطالعه دارای آب و هوایی کوهستانی است و خاک در فصول بارندگی معمولاً مرطوب می‌باشد بنابراین لغزش‌های متوالی مشاهده شده در منطقه ارتباط نزدیکی با خزش دارند. میزان بازشدگی ترک‌های کششی با میزان بارندگی رابطه مستقیم دارد به شکلی که بیش‌ترین تغییرات در فصول بارندگی مشاهده می‌شود (شکل ۸).

به دلیل هم راستا بودن جهت شیب گسل‌ها و شیب منطقه، خزش را می‌توان از نوع تکتونیکی دانست ولی خزش فصلی که تحت تاثیر تغییر دما و رطوبت در سنگ یا خاک در لایه‌های سطحی اتفاق می‌افتد نیز در این جابه‌جایی دخیل می‌باشد. خطی بودن رابطه بین زمان و میزان بازشدگی ترک‌ها می‌تواند ناشی از همگن بودن واحدهای در حال خزش باشد. از آنجایی که ترک‌های مورد مطالعه بر روی آسفالت جاده قرار دارد نسبت به شاخص‌هایی که مستقیماً بر روی خاک کوبیده شده است از نرخ سالانه خزش کمتری برخوردار می‌باشند. سهمی بودن منحنی با ضریب تطابق بالا، در ایستگاه‌های مورد مطالعه، می‌تواند ناشی از یکنواخت نبودن نرخ خزش به دلیل ناهمگنی یا قرار داشتن این ایستگاه در دامنه باشد. این نکته را باید در نظر داشت که نرخ خزش در ماه‌های مختلف متفاوت می‌باشد بنابراین سهمی بودن منحنی‌ها، منطقی‌تر به نظر می‌رسد.



شکل ۸. رابطه میزان بارندگی با میزان بازشدگی ترک‌های کششی

- Technical bulletin - British Geomorphological Research Group, 16: 1-51.
- [11] Barazangi, M., Snyder, D. B (1986) Deep Crustal Structure and flexure of the arabian plate beneath the zagros, tectonics journal, 5: 361-373.
- [12] Barr, D.J., Swanston, D.N (1970) Measurement of creep in a shallow, slide-prone till soil. America journal science . 269: 467-480.
- [13] Finlason, B (1981) Field measurements of soil creep. Earth Surface Processes and Landforms, 6: 35-48.
- [14] Kirkby, M.J (1967) Measurement and theory of soil creep . Journal of Geology, 75: 359-378.
- [15] Sasaki A. Y., Fujii ,B .A., Asai ,c. K (2000) Soil creep process and its role in debris slide generation-field measurements on the north side of Tsukuba Mountain in Japan. journal of Engineering Geology, 56:163-183.
- [16] Sonoda, M., Okunishi, K (1994) Downslope soil movement on a forested hillslope with granite bedrock. In: Proc. Int. Symp. on Forest Hydrology, Tokyo, 479-486.
- [17] Swanston, D. N., Ziemer, R. R., Janda, R. J (1995) Rate and mechanics of progressive hillslope failure in the Redwood Creek basin, northwestern California. Pages E1-16, in: Nolan, K.M.; H.M. Kelsey; D.C. Marron, eds., Geomorphic processes and aquatic habitat in the Redwood Creek basin, northwestern California. U.S. Geological Survey Professional Paper 1454, Washington, DC.
- [18] Williams, P.J (1957) The direct recording of solifluction movements. American journal Science, 255: 705-715.
- [19] Young, A (1978) A twelve-year record of soil movement on aslope. Zeitschrift für Geomorphologie, 29:104-110.
- منابع**
- [۱] اقلیمی، ب (۱۳۷۹) نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ ورقه همدان. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [۲] بهزادتبار، پ.، قبادی، م. ح.، و ایزدی کیان، ل (۱۳۹۱) بررسی مقدماتی لرزه‌خیزی جنوب‌شرق همدان. شانزدهمین همایش زمین‌شناسی ایران، دانشگاه شیراز.
- [۳] بهزادتبار، پ.، قبادی، م. ح.، و خدابخش، س (۱۳۹۱) بررسی خصوصیات ژئوتکنیکی خاک‌های انتقال‌یافته منطقه زمان‌آباد (جنوب‌شرق همدان). شانزدهمین همایش زمین‌شناسی ایران، دانشگاه شیراز.
- [۴] بهزادتبار، پ.، قبادی، م. ح.، و خدابخش، س (۱۳۹۱) بررسی واگرایی خاک‌های باقی‌مانده منطقه زمان‌آباد (جنوب‌شرق همدان). شانزدهمین همایش زمین‌شناسی ایران، دانشگاه شیراز.
- [۵] سایت سازمان کل هواشناسی استان همدان www.hamedanmet.ir.
- [۶] شریعت‌جعفری، م (۱۳۷۵) زمین‌لغزش (مبانی و اصول پایداری شیب‌های طبیعی)، انتشارات سازه. ۲۱۸ص.
- [۷] قبادی، م. ح.، بهزادتبار، پ.، خدابخش، س.، و ایزدی‌کیان، ل.، مطالعه عوامل زمین‌شناسی مهندسی موثر بر وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه زمان‌آباد، جنوب‌شرق همدان، مجله‌ی انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران، زیر چاپ.
- [۸] قبادی، م. ح.، قبادی، آ.، و قبادی، ص (۱۳۹۱) خطرات زمین‌شناسی (راهنمای صحرایی برای مهندسان ژئوتکنیک)، انتشارات دانشگاه بوعلی‌سینا، ۵۸۴ ص.
- [9] Anderson, E.W., Cox, N.J (1978) A comparison of different instruments for measuring soil creep. journal of Catena ,5: 81-93.
- [10] Anderson, E.W., Finlason, B (1975) Instruments for measuring soil creep.