فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی
سال ۸ (۱۳۹۱)، شماره ۲: ۱۳۲-۱۲۳
www.appliedgeology.ir

پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در محدوده کانال آبرسانی دزکرد (شمال غرب فارس)

قدرت ا... فرهودی[۱]، بابک سامانی*[۲] و افشین کریمی[۳]

۱) استاد گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، gfarhoudi@yahoo.com
۲) استادیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدچمران اهواز، samani.babak@gmail.com
۳) دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز
*) عهده‌دار مکاتبات

دریافت: ۹۰/۸/۱۳ ؛ دریافت اصلاح شده: ۹۱/۶/۱۵؛ پذیرش: ۹۱/۶/۲۰؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۱/۷/۲۰

چکیده

طرح کانال آبرسانی دزکرد، به دلیل اهمیت اجتماعی اقتصادی، یکی از طرح‌های با حساسیت بالا می‌باشد. با توجه به موقعیت محدوده‌ی مورد مطالعه و اثر منفی پدیده لغزش بر عمر مفید و پایداری سازه‌های هیدرولیکی، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش بسیار حائز اهمیت است. این پژوهش بر روی بخش‌های با شیب‌های نسبتاً تند که دارای گسل‌های فعال می‌باشد انجام شد. منطقه مورد بررسی با توجه به میزان بارندگی، دارای پتانسیل وقوع انواع زمین‌لغزش می‌باشد. در این منطقه، عوامل مؤثر در ناپایداری شیب‌ها با توجه به شرایط محیطی، جنس سنگ و خاک، فاصله از گسل، میزان شیب دامنه‌ها، فاصله از محور جاده و پراکندگی آبراهه‌ها تعیین گردید. لایه‌های اطلاعاتی پارامترهای مؤثر در ناپایداری شیب‌ها با استفاده از نقشه‌ها، داده‌های موجود و بررسی‌های میدانی در محیط جی‌آی‌اس (Geographic Information System, GIS) تهیه شدند. این لایه‌ها طبقه‌بندی و وزن‌دهی شده و با یکدیگر تلفیق شدند. در نهایت نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با پنج رده مستعد لغزش تهیه گردید. بر این اساس، طول مسیر کانال از لحاظ استعداد زمین لغزش دارای پتانسیل های متفاوتی است که در هر محدوده نیازمند تمهیدات مهندسی متفاوتی است.

واژه‌های کلیدی: سازه‌های هیدرولیکی، گسل‌های فعال، لایه‌های اطلاعاتی، ناپایداری شیب‌ها.

۱- مقدمه

پدیده لغزش زمین در اکثر فعالیت‌های عمرانی یکی از مشکلات عمده در هنگام اجرا و بهره‌برداری می‌باشد. با توجه به حساسیت سازه‌های هیدرولیکی، بررسی امکان وقوع لغزش‌ها یکی از مراحل اصلی در انتخاب موقعیت ساختگاه سازه و مراحل اجرا و بهره‌برداری است. در این پژوهش با توجه به موقعیت قرارگیری گوه های لغزشی نسبت به محل سازه امکان کاهش عمر مفید و یا عدم موفقیت اجرای طرح کانال آبرسانی وجود خواهد داشت. بررسی دامنه‌های ناپایدار و توده‌های لغزشی به ویژه در مسیر کانال از مراحل اصلی این پژوهش می‌باشد. کانال دزکرد یکی از مهم‌ترین کانال های سنتی منطقه بوده که در انتقال آب کشاورزی به زمین های پایین دست نقش بسیار مهمی را ایفا می نماید. به دلیل موقعیت قرارگیری کانال در پای دامنه‌های پرشیب و ناپایدار، احداث جاده خاکی در راستای محور این کانال و انجام برخی اقدامات غیر کارشناسانه، در سال‌های اخیر رانش‌ها و

لغزش‌های متعددی در امتداد کانال بوقوع پیوسته و مشکلات فراوانی را در انتقال آب ایجاد نموده است.

بر اساس پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش و با در نظر گرفتن عوامل موثر، می‌توان بخش‌های مستعد لغزش را شناسایی نمود (Neaupane & Piantanakulchai 2006). در نتیجه، کنترل و استفاده از روش‌های پایدارسازی با توجه به خصوصیات توده‌های لغزشی را میسر می‌سازد. پایداری دامنه‌ها و پدیده‌های لغزش به عوامل درونی و بیرونی متعددی بستگی دارد. تاکنون روش‌های مختلفی از جمله روش منطق فازی (Vahidiyan et al. 2009)، شبکه‌های سلول‌های عصبی (Graupe 2007) و همچنین نرم‌افزار جی‌آی‌اس (Geographic Information System, GIS) برای شناسایی مناطق مستعد لغزش ارایه شده است. در این مطالعه بر اساس سنگ شناسی، نقشه شیب، گسل ها، تراکم آبراهه‌ها و جاده‌ها و به کار گیری نرم‌افزار جی‌آی‌اس (GIS) و تکنیک ادغام لایه‌های اطلاعاتی، نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در محدوده کانال آبرسانی تهیه گردید. این نقشه در تشخیص مناطق مستعد لغزش جهت انجام تدابیر لازم مهندسی و طراحی سازه های مناسب در مسیر کانال کمک شایانی می نماید. بر اساس بررسی‌های انجام شده، دو عامل اصلی لیتولوژی و فاصله از گسل مهم‌ترین پارامترهای کنترل کننده زمین‌لغزش در ناحیه مورد مطالعه می‌باشند. همچنین شیب دامنه‌ها، فاصله از محور جاده و فاصله از آبراهه‌ها نیز به‌عنوان عوامل مؤثر در لغزش در نظر گرفته شدند.

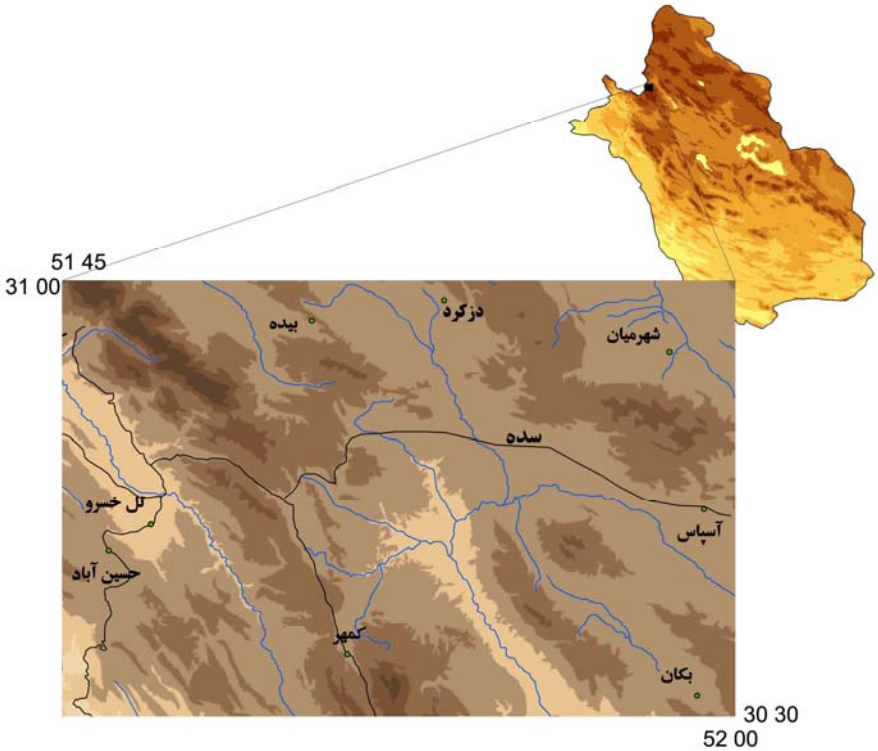
۲- موقعیت جغرافیایی

محدوده مورد مطالعه با وسعتی در حدود ۱۸ کیلومتر مربع بین عرض‌های جغرافیایی ″۳۱ ′۳۷ °۳۰ تا ″٤ ′٤۰ °۳۰ شمالی و ″۲۷ ′۵۲ °۵۱ تا ″۵۰ ′۵٤ °۵۱ شرقی در شمال غرب استان فارس و در فاصله ۱۲۸ کیلومتری شهرستان شیراز واقع شده است. اصلی‌ترین راه دسترسی به منطقه مورد مطالعه جاده شیراز- اقلید می‌باشد. حداکثر ارتفاع محدوده از سطح دریا حدود ۲٦٦۹ متر و حداقل ارتفاع آن ۲۰۵۲ متر می‌باشد.

متوسط میزان بارندگی در این منطقه حدود ٦۰۰ میلی‌متر در سال است. به دلیل مرتفع بودن حوضه نزولات جوی بیشتر به صورت برف می‌باشند. تصویر ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۳- زمین‌شناسی

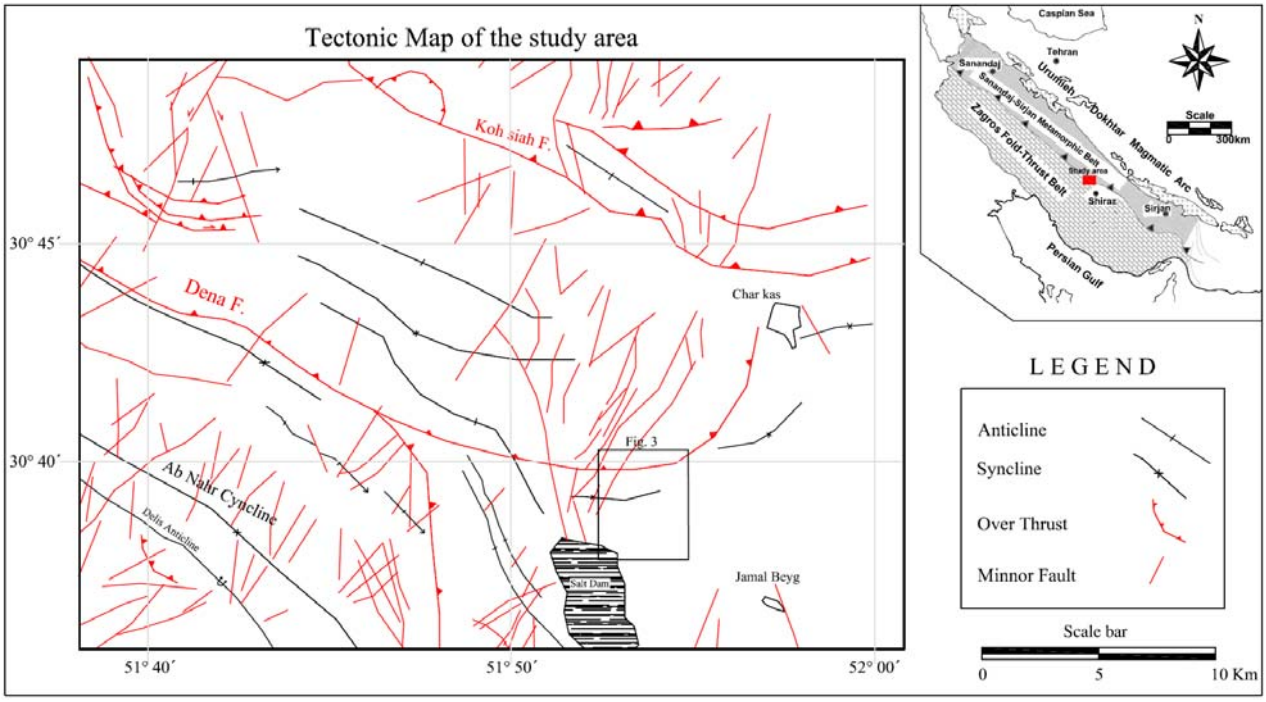
محدوده مورد مطالعه از لحاظ ساختاری و مورفوتکتونیکی در زون ساختاری زاگرس مرتفع قرار گرفته است. این زون با پهنایی در حدود ۱۰ تا ٦۵ کیلومتر، به صورت نواری کم‌پهنا است که بلندترین قسمت کوه‌های زاگرس را تشکیل می‌دهد و به همین دلیل به آن زاگرس مرتفع می‌گویند (Sepehri & Cosgrove 2007). این زون با اسامی زون راندگی‌ها، زاگرس داخلی و زون خرد شده نیز معرفی شده است (فرهودی و همکاران ۱۳۸٦).



تصویر ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه.

مرز شمال شرقی زاگرس مرتفع به راندگی اصلی زاگرس و مرز جنوب غربی آن با یک راندگی مهم محدود می‌شود (Sarkarinejad & Azizi 2008, Alavi 2004). این زون ساختاری شامل گسل‌های تراستی و روراندگی‌های متعددی است. تاریخچه تکاملی زون زاگرس مرتفع، در ارتباط با برخورد (Collision) صفحات قاره‌ای آفرو–عربی و ریزصفحه ایران در اواخر کرتاسه می‌باشد (Berberian 1995, Sarkarinejad et al. 2010). ساختارهای بسیار متداول در این زون شامل ساختارهای دوپلکسی(Duplex structures) و ساختارهای رونده فلسی (Imbricate Fans) می‌باشند (Mohajjel & Fergusson 2000). بررسی‌های صحرایی، تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی نشان داد که محدوده مورد مطالعه بین دو گسل تراستی که شاخه‌هایی از گسل اصلی دنا می‌باشند قرار گرفته است. عملکرد این دو گسل تراستی باعث شکل‌گیری یک منطقه رونده فلسی در محدوده مورد مطالعه شده است. از دیدگاه تکتونیکی این زون ساختاری تحت تأثیر دگرشکلی نسبتاً بالایی قرار گرفته است به گونه‌ای که از لحاظ پایداری جزء مناطق ناپایدار و شدیداً خرد شده طبقه‌بندی می‌شود (Faghih et al. 2012). همچنین می‌توان این زون را بر اساس حرکات در مقیاس ناحیه‌ای و حرکات در مقیاس محلی مورد بررسی قرار داد. حرکات در مقیاس ناحیه‌ای، شامل روراندگی‌ها و کوتاه شدگی‌های بین تراستی می‌باشد که عامل اصلی این حرکات همگرایی بین صفحات آفرو–عربی و ایران است (Sarkarinejad & Alizadeh 2009). مقدار این حرکات، بر اساس اندازه‌گیری‌های شبکه ایستگاه‌های GPS (Global Position System) و مطالعات لرزه‌ای برای بخش‌های اعظم زاگرس محاسبه گردیده است. بر اساس شواهد بدست آمده، به‌طور متوسط سالیانه بین ۲ تا ۱۲ میلیمتر کوتاه‌شدگی در زون ساختاری زاگرس ایجاد می‌گردد (McQuarrie 2004). حرکات محلی در این محدوده عمدتاً شامل زمین‌لغزش‌ها و ریزش‌ها در امتداد سطوح شیب‌دار ناپایدار به واسطه لغزیدن توده‌های خاک و سنگ با خواص مکانیکی ضعیف می‌باشد. بررسی خصوصیات مهندسی خاک در دیواره‌های منتهی به مسیر کانال آب نشان داد که در اکثر مناطق، قسمت اعظم توده‌های خاک شامل رس‌های سیلتی و ماسه‌ای با زاویه اصطکاک داخلی ۲۰<φ<۲۳ و چسبندگی c< ۰/۰۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد.

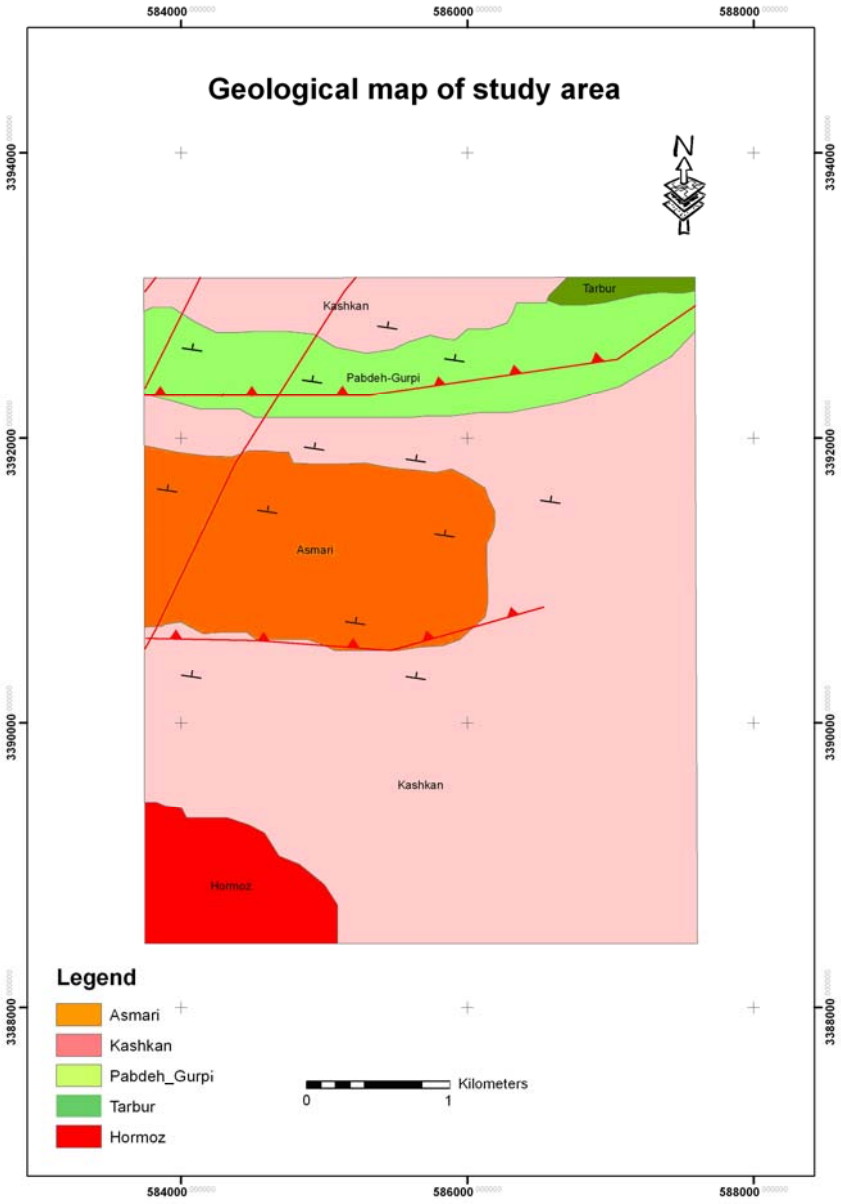
کیفیت نامناسب مهندسی خاک، عوامل زمین‌شناسی، مورفولوژیکی، اقلیمی و انسانی باعث وقوع زمین‌لغزش‌های مکرر در شیب‌های منتهی به مسیر کانال آب شده است. تصویر ۲ نقشه ساختاری محدوده مورد مطالعه و روند عمومی گسل خوردگی و چین خوردگی را نشان می‌دهد. این نقشه بر اساس بارزسازی ساختارهای خطی در محیط GIS تهیه شده است. بیرون زدگی‌های موجود در منطقه، دنباله سلسله جبال زاگرس بوده و سنی برابر چین‌خوردگی آلپ را دارا می‌باشند. لایه‌های بیرون زده (بجز بیرون‌زدگی سری هرمز در جنوب غرب منطقه که متعلق به اینفراکامبرین است) از رسوبات ژئوسینکلینال ناحیه زاگرس تشکیل شده‌اند که سن آنها از اواسط کرتاسه تا میوسن می‌باشد.



تصویر ۲- نقشه ساختاری محدوده مورد مطالعه.

بر اساس نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی ناحیه یاسوج (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور سال ۱۳۷۱)، سازندهای موجود در منطقه از قدیم به جدید عبارتند از:

سری هرمز که به صورت گنبد نمکی در جنوب غربی منطقه دارای بیرون‌زدگی است. سازند تاربور عمدتاً شامل رسوبات آهکی ضخیم لایه و ریفی است و به صورت جزئی در شمال شرق محدوده مورد مطالعه دارای رخنمون می‌باشد. سازند پابده گورپی شامل واحدهای سست شیلی، مارنی و آهک مارنی می‌باشد. این سازند به صورت یک نوار پیوسته در شمال محدوده دارای رخنمون است. سازند کشکان به طور عمده شامل سیلت، ماسه سنگ و کنگلومرا می‌باشد. این سازند در محدوده مورد مطالعه گسترش فراوانی داشته و عمده مسیر کانال آبرسانی در درون این سازند قرار گرفته است. سازند آهکی آسماری قسمت اعظم ارتفاعات منطقه را شامل می‌شود. تصویر ۳، نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در امتداد طرح کانال آبرسانی در منطقه دزکرد، آثار زمین‌لغزش‌های عهد حاضر (با شعاعی در حدود ۵ تا ۱۰۰ متر) در طول شیب‌های ناپایدار به وفور قابل مشاهده می‌باشند (تصویر ٤). در این پژوهش، بر اساس بازدیدهای صحرایی و بررسی تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا و ایجاد لایه‌های اطلاعاتی مؤثر در ناپایداری شیب‌ها با استفاده از نقشه‌های موجود و بررسی‌های میدانی در محیط GIS، مناطق مستعد لغزش و ریزش مشخص شدند.



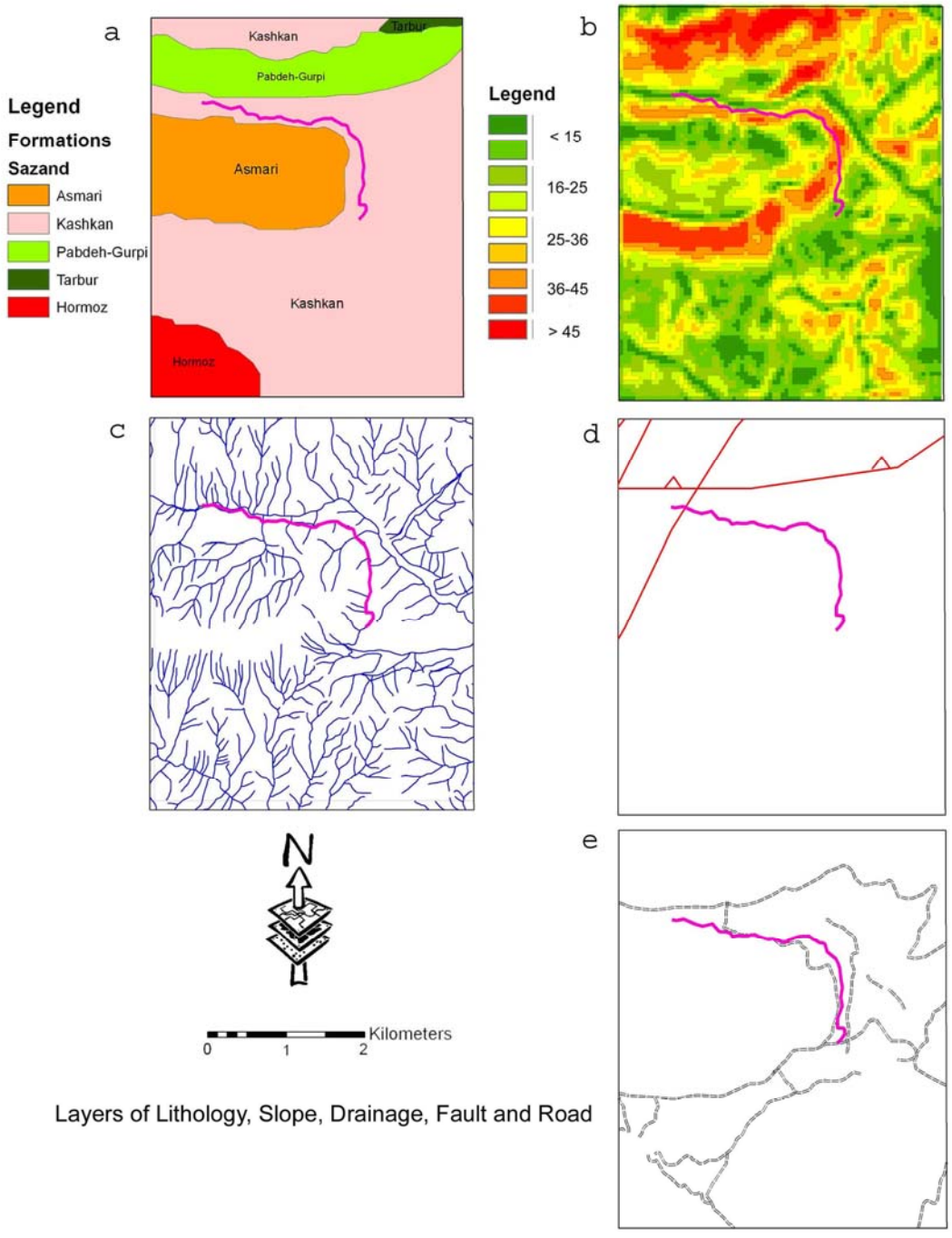
تصویر ۳- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه.

تصویر ٤- نمایش سطوح لغزشی و سطوح مستعد لغزش در امتداد کانال دزکرد (دید عکس به سمت جنوب غرب).

۴- بحث

نیروی گرانش زمین به طور دائم بر توده‌های سنگ و خاک دامنه‌ها اثر می‌گذارد. تا زمانی که مقاومت توده سنگ یا خاک مساوی یا بزرگتر از نیروی گرانشی باشد، نیروها در حال تعادل بوده و حرکتی رخ نمی‌دهد، در غیر این صورت دامنه گسیخته شده و به یکی از اشکال خزش، ریزش، لغزش و جریان جابجا می شود (Charlton 2008). در یک توالی از سنگ‌های رسوبی شیبدار، اگر لایه‌ها دارای شیبی خلاف جهت شیب دامنه باشند، دامنه پایدارتر از حالتی است که شیب لایه‌ها هم جهت با شیب توپوگرافی است (Charlton 2008). در حوضه دزکرد، برداشت‌های انجام شده در پاشنه دامنه و افزایش شیب، ناپایداری را افزایش داده و باعث ایجاد لغزش در منطقه شده است. لازم به ذکر است که درزه‌های کششی نیز در ایجاد لغزش در

منطقه نقش مهمی را ایفا کرده‌اند. در امتداد مسیر کانال آب دزکرد، لغزش عمدتاً از نوع دایره‌ای یا چرخشی می‌باشد که این نوع لغزش عمدتاً در دامنه‌های خاکی و خرده سنگی طبیعی و مصنوعی قابل مشاهده است. در این نوع لغزش، توده‌ای قاشقی شکل از رسوبات بر اثر لغزش در امتداد سطحی استوانه‌ای گسیخته می‌شود. به منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، ابتدا عوامل مؤثر بر وقوع ناپایداری‌های منطقه به صورت لایه‌های اطلاعاتی تهیه شدند. برای تهیه این لایه‌ها از تصاویر ماهواره‌ای Google Earth، نقشه‌های زمین‌شناسی و نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ استفاده گردید. زاویه شیب دامنه‌ها، لیتولوژی، عوامل ساختاری، فاصله از آبراهه‌ها و فاصله از محور جاده به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در ناپایداری دامنه‌ها شناسایی شدند. بر این اساس ۵ لایه اطلاعاتی شامل شبکه آبراهه، ساختار زمین شناسی، جاده‌های دسترسی، سنگ‌شناسی و شیب دامنه‌ها با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در محیط GIS تهیه شدند (تصویر ۵).



تصویر ۵- لایه‌های اطلاعاتی شامل: سنگ‌شناسی (a)، شیب (درجه) (b)، شبکه آبراهه (c)، ساختار زمین‌شناسی (d) و جاده‌های دسترسی(e).

سپس از نظر لغزش برای هر یک از لایه‌ها ۵ رده ارزشی خطر لغزش بسیار کم، خطر لغزش کم، خطر لغزش متوسط، خطر لغزش بالا و خطر لغزش بسیار بالا در نظر گرفته شد. میزان و نحوه رده‌بندی لایه‌های اطلاعاتی در جداول ۱ تا ۵ ارائه شده است. ابتدا لایه‌های شیب و لیتولوژی با توجه به ساختار چندضلعی با یکدیگر تلفیق گردیدند. لایه‌های آبراهه، جاده و ساختار زمین‌شناسی (فاصله از گسل) نیز با استفاده از روش فاصله‌بندی (Buffering) ایجاد شدند. در مرحله بعدی این لایه‌ها با لایه‌های قبلی تلفیق شده (تصویر ٦) و در نهایت نتایج حاصل به‌صورت جداول همراه با اطلاعات توصیفی ارائه شدند.

جدول ۱- رده‌های ارزشی بر اساس فاصله از گسل.

رده بندی	فاصله از گسل(m)	امتیاز
F1	1000-1500	1
F2	750-1000	2
F3	500-750	3
F4	250-500	4
F5	<250	5

جدول ۲- رده‌های ارزشی بر اساس نوع لیتولوژی.

رده بندی	سازند	امتیاز
L1	تاربور	1
L2	آسماری	2
L3	هرمز	3
L4	کشکان	4
L5	پابده گورپی	5

جدول ۳- رده‌های ارزشی بر اساس مقدار شیب توپوگرافی.

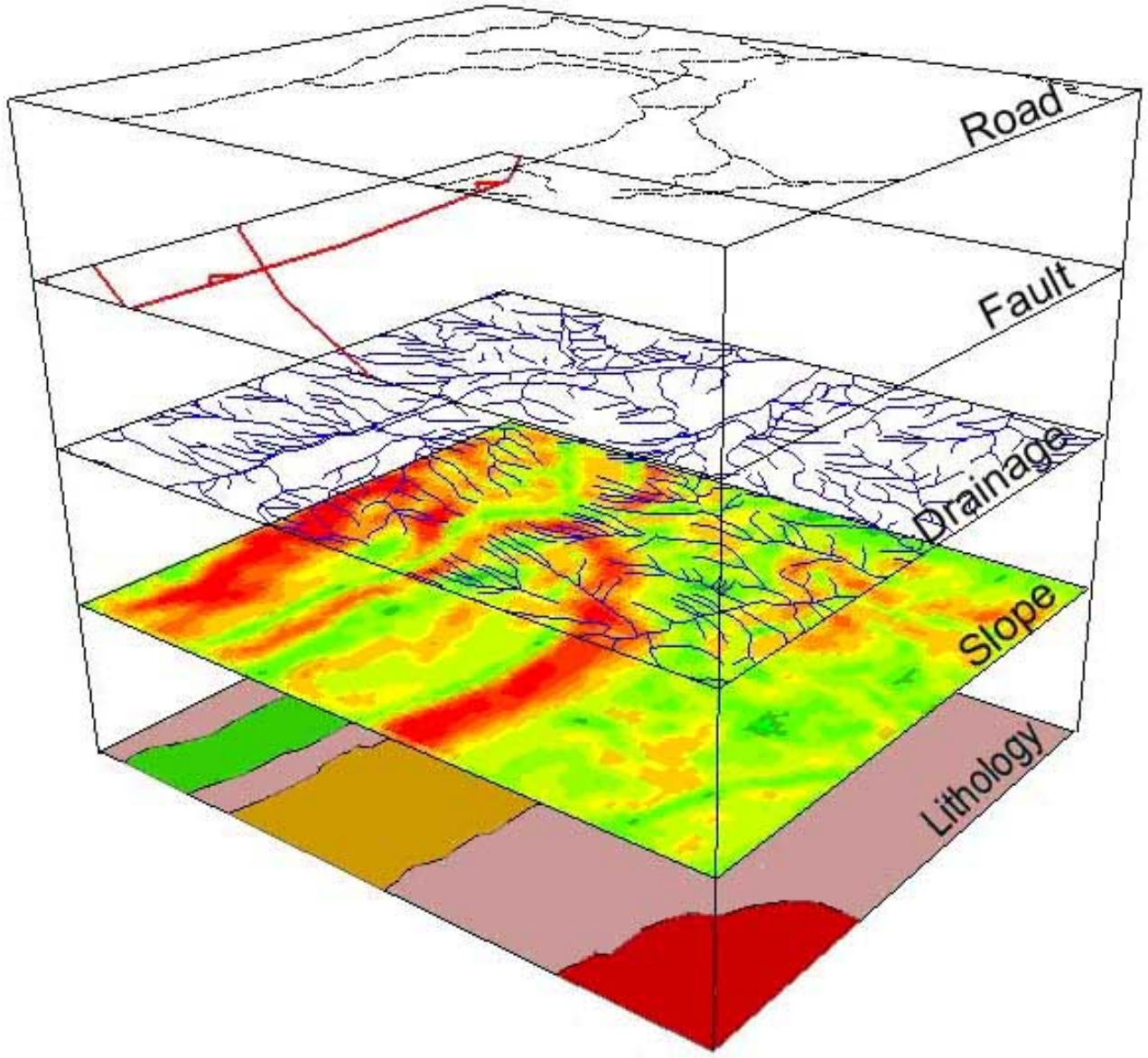
رده بندی	مقدار شیب (درجه)	امتیاز
S1	<15	1
S2	16-25	2
S3	26-35	3
S4	36-45	4
S5	>45	5

جدول ٤- رده‌های ارزشی بر اساس فاصله از آبراهه‌ها.

رده بندی	فاصله از آبراهه	امتیاز
St1	20-40	1
St2	10-20	2
St3	5-10	3
St4	2-5	4
St5	0-2	5

جدول ۵- رده‌های ارزشی بر اساس فاصله از محور جاده.

رده بندی	فاصله از محور جاده (m)	امتیاز
R1	30-60	1
R2	15-30	2
R3	10-15	3
R4	5-10	4
R5	0-5	5



تصویر ٦- تلفیق لایه‌های اطلاعاتی جهت تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش.

۵- نقشه پهنه‌بندی

براساس بررسی انواع روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (Varens 1978) وزن‌دهی به هر یک از فاکتورهای مؤثر در نظر گرفته شده برای زمین‌لغزش به‌صورت رابطه (۱) می‌باشد.

رابطه (۱) $$X=R+3F+3L+2S+St$$

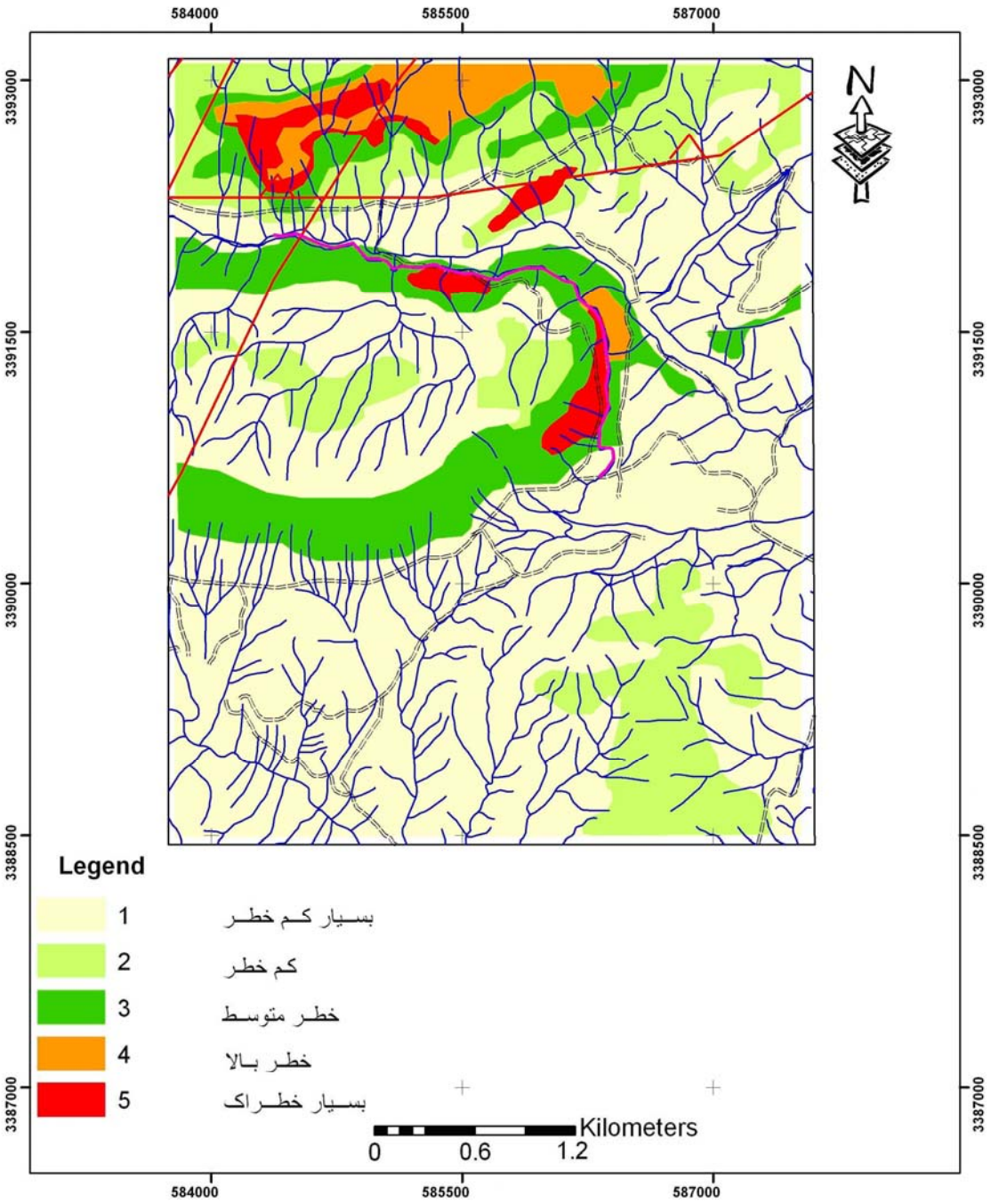
در این رابطه X: عدد شاخص خطر زمین‌لغزش، R: فاصله از محور جاده، F: فاصله از گسل، L: لیتولوژی، S: میزان شیب دامنه و St: میزان فاصله از آبراهه در نظر گرفته شده است. طبق رابطه (۱) و بر اساس ضرایب موجود، فاصله از گسل، نوع لیتولوژی، مقدار شیب دامنه، فاصله از آبراهه و جاده به ترتیب مهم‌ترین تاثیر را بر روی ناپایداری منطقه برجای می گذارند. همچنین تمام پارامترهای موجود به جز عامل جاده پارامترهایی طبیعی می باشند. جاده سازی، به علت خاکبرداری در پای شیب های ناپایدار، مهمترین نقش را در برهم خوردن تعادل مهندسی منطقه دارد.

هر یک از لایه‌های اطلاعاتی بر اساس عدد شاخص خطر و نسبت وزن به پنج رده تقسیم شدند. تقسیم‌بندی محدوده مورد مطالعه از نظر رده‌بندی استعداد خطر لغزش در جدول ٦ ارائه شده است.

در نهایت، بر اساس نتایج حاصل و با تلفیق پنج لایه اطلاعاتی، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با پنج رده (از نظر استعداد بروز لغزش) ارائه گردید. تصویر ۷ نشان‌دهنده نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در محدوده مورد مطالعه می باشد.

جدول ٦- تقسیم‌بندی محدوده مورد مطالعه از نظر رده‌بندی استعداد خطر لغزش.

شاخص خطر	گسترش (کیلومتر مربع)	میزان خطر زمین لغزش	رده بندی
۰-۱۵	۱۰/۷٦	بسیار کم خطر	۱
۱٦-۲۱	٤	کم خطر	۲
۲۲-۳۰	۲/۲۵	خطر متوسط	۳
۳۱-٤۰	۰/٦	خطر بالا	٤
٤۱-۵۰	۰/۵	بسیار خطر بالا	۵



تصویر ۷- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در محدوده مورد مطالعه.

۶- نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعات و شواهد موجود در منطقه دزکرد، لیتولوژی سست، میزان شیب دامنه، مجاورت با گسل‌های فعال و مناطق شکستگی، اصلی‌ترین عوامل ناپایداری دامنه‌ها می‌باشند.

از دیگر عوامل مؤثر در ناپایداری دامنه‌ها می‌توان به اثر منفی جاده‌های دسترسی بر دامنه‌ها، آب‌شویی و شسته‌شدن پاشنه دامنه‌ها توسط زهکش‌ها اشاره نمود. شتاب افقی حاصل از زمین لرزه‌ها در محدوده های خطرناک تا بسیار خطرناک مهم‌ترین عامل لحظه‌ای در ایجاد شوک و ناپایداری دامنه‌ها محسوب می‌شود.

با توجه به شرایط منطقه و اهمیت طرح کانال آبرسانی دزکرد، استفاده از نقشه‌ها با مقیاس کوچک‌تر و جزئیات بیشتر و بررسی‌های ژئوتکنیکی پیشنهاد می‌گردد.

مراجع

فرهودی، ق.، رهنماراد، ج.، رحیمی، ع.، سامانی، ب. و کریمی، ا.، ۱۳۸٦، "زمین‌شناسی مهندسی و رده‌بندی مهندسی توده‌سنگ در ساختگاه سد خاکی قره پیری در شمال شرق شیراز"، *فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، سال ۳ (۱): ٤٤-۳٤.*

صداقت، م.، شاوردی، ط.، ۱۳۷۱، " نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ یاسوج"، *سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.*

Alavi, M., 2004, "Regional Stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution", *American Journal of Sciences, Vol. 304 (1): 1-20.*

Berberian, M., 1995, "Master “blind” thrust faults hidden under the Zagrosfolds: active basement tectonics and surface morphotectonics", *Tectonophysics, Vol. 241 (3-4): 193–224.*

Charlton, R., 2008, "Fundamentals of fluvial geomorphology", *Routledge, 234 pp.*

Faghih, A., Samani, B., Kusky, T., Khabazi, S. & Roshanak, R., 2012, "Geomorphologic assessment of relative tectonic activity in the Maharlu Lake Basin, Zagros Mountains of Iran", *Geological Journal, Vol. 47 (1): 30-40.*

Graupe, D., 2007, "Principles of Artificial Neural Networks", *World Scientific Publishing, 30-44.*

McQuarrie, N., 2004, "Crustal scale geometry of the Zagros fold–thrust belt, Iran", *Journal of Structural Geology, Vol. 26: 519–535.*

Mohajjel, M. & Fergusson, C.L., 2000, "Dextral transpression in Late Cretaceous continental collision, Sanandaj–Sirjan Zone, western Iran", *Journal of Structural Geology, Vol. 22 (8): 1125–1139.*

Neaupane, K. M. & Piantanakulchai, M., 2006, "Analytic network process model for landslide hazard zonation", *Engineering Geology, Vol. 85 (3-4): 281-294.*

Sarkarinejad, K. & Azizi, A., 2008, "Slip partitioning and inclined dextral transpression along the Zagros Thrust System, Iran", *Journal of Structural Geology, Vol. 30 (1): 116–136.*

Sarkarinejad, K. & Alizadeh, A., 2009, "Dynamic model for the exhumation of the Tutak gneiss dome within a bivergent wedge in the Zagros Thrust System of Iran", *Journal of Geodynamics, Vol. 47 (4): 201-209.*

Sarkarinejad, Kh., Samani, B., Fahgih, A. & Grasemann, B. & Moradipoor, M., 2010, "Implications of strain and vorticity of flow analyses to interpret the kinematics of an oblique convergence event (Zagros Mountains, Iran)", *Journal of Asian Earth Sciences, Vol. 38 (1-2): 34-43.*

Sepehri, M. & Cosgrove, J. W., 2007, "The role of major fault zones in controlling the geometry and spatial organization of structures in the Zagros Fold-Thrust Belt", *Geological Society of London, Vol. 272: 419-436.*

Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A. & Alimohammadi, A., 2009, "Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives", *Journal of Environmental Management, Vol. 90 (10): 3048-3056.*

Varens, D. J., 1978, "Landslide Hazard Zonation", *A Review of Principle and Practice, Unesco Paris: 1-55.*