



## تعیین عوامل موثر در لغزشهای حوزه برمهان و اولویت بندی آنها با استفاده از روش اثر نسبی

بتول علیمحمدی، مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر [B\\_Alimohamady@Yahoo.com](mailto:B_Alimohamady@Yahoo.com)

محمد غفوری، دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد

حسین صادقی، استادیار دانشگاه فردوسی مشهد

**چکیده:** حوزه آبخیز برمهان در قسمت جنوبی رشته کوههای بینالود واقع شده و بخشهایی از آن دچار لغزش شده است. در این مقاله، از روش اثر نسبی برای تعیین عوامل موثر بر لغزش استفاده شده است که یک روش آماری بر اساس GIS می باشد. این روش بر پایه اصل نسبت درصد لغزش انجام گرفته در واحد؛ به درصد پوشش واحد از کل حوزه قرار گرفته است. تابع مورد استفاده در این روش لگاریتمی بوده که بصورت ریاضی اثبات شده است. مزایای لگاریتمی بودن تابع در تعیین بازه برای اطلاعات خروجی و تساوی بازه اثرات مثبت و منفی می باشد. یکی دیگر از مزایای این روش در نوع تعریف روابط بین سهم لغزش و سهم پوشش منطقه است که منجر به اولویت بندی عوامل گشته که برای مدیریت خطر لغزش در یک منطقه از اهمیت به سزایی برخوردار است.

**Abstract:** Bormahan basin with many landslides is located in Binalood mountainous terrain. Effective parameters on landslide are determined based on quantitative approach by calculating the ratio of landslide percentage in a unit (called unit portion in landslide) and the unit coverage percentage (called unit portion in coverage) in basin. Then the priority of parameters is determined. In this paper Relative Effect method (R.E.), is described which is a statistical method by using GIS soft wares. The function that used in this method is logarithmic. The advantages of logarithmic function are in the domain determination for output data and equality for plus and minus domain of calculated R.E.s.

**مقدمه:** رشد جمعیت و توسعه زیستگاه انسان و پیشرفت آن تا نواحی پر خطر، در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، مسئله بلایای طبیعی را مهمتر جلوه می دهد (Rosenfeld, 1994). خسارات اقتصادی ناشی از زمین لغزه در کشورهای توسعه یافته بیشتر است؛ اما ۹۵ درصد مرگ و میرهای ناشی از آن در کشورهای در حال توسعه اتفاق می افتد (علیمحمدی، ۱۳۸۴). به همین دلیل دانستن عوامل موثر بر لغزش و میزان اهمیت هر کدام از عوامل در بروز یا تشدید و یا تحریک زمین لغزش در هر منطقه برای مدیریت کردن خطر لغزش از اهمیت ویژه ای برخوردار است. نقشه حوزه برمهان در ورقه کلیدر واقع شده است. در بررسی انجام شده بر روی عکسهای هوایی این منطقه، نکته جالب توجه این بود که توزیع لغزش در تمام منطقه بطور یکسان نبوده و در بعضی نقاط، دانسیته آن بالا می رود. این مسئله در حوزه برمهان و نواحی مجاور دیده می شود. بر همین اساس، مطالعات لغزش در این حوزه کمک زیادی به درک عوامل مؤثر در لغزش این مناطق خواهد داشت.

## مشخصات زمین شناسی عمومی و ساختمانی منطقه:

حوزه برمهان در محدوده ای بطول جغرافیائی "۴۱' ۳۷' ۵۸" تا "۳۰' ۴۰' ۵۸" و عرض جغرافیائی "۵۰' ۳۳' ۳۶" تا "۳۸' ۳۶" قرار گرفته است. مساحت حوزه برمهان، ۲۰.۹۶ کیلومتر مربع بوده و با حداقل ارتفاع ۱۷۵۵ و حداکثر ارتفاع ۲۸۳۵ متر دارای ۱۰۸۰ متر اختلاف ارتفاع می باشد. حوزه برمهان از نظر واحد های زمین شناختی و ساختمانی ایران در زون بینالود واقع گشته است. رشته کوههای بینالود با روند تقریبی شمالغرب - جنوبشرق؛ بین صفحه مستحکم توران و خرده قاره ایران مرکزی محاط شده است. این زون بخشی از البرز را شامل می شود که از نظر زمین شناسی اختصاصات ویژه ای دارد. واحد زمین شناسی بینالود را زون تدریجی بین ایران مرکزی و البرز در نظر می گیرند (درویش زاده، ۱۳۷۰).

در این زون گسل سنگ بست - شاندیز، مجموعه دگرگونی پالئوزوئیک و توده های نفوذی جنوب مشهد را از اسلیت ها و ماسه سنگهای سازند شمشک و رسوبات جوانتر مجزا می کند. سازندهای تشکیل دهنده حوزه برمهان عموماً مربوط به ژوراسیک و رسوبات عهد حاضر می باشد. از نظر سنگ شناسی، قسمت های شمالی منطقه را آهکهای توده ای به رنگ نخودی روشن تشکیل داده است که می توان این واحد را معادل آهک لار در البرز دانست. همچنین در این حوزه سنگ آهک و مارن خاکستری روشن گسترش داشته که معادل سازند دلیچای در البرز بوده و در بیشتر نقاط فرسایش یافته بطوریکه در بعضی قسمت ها توده های ماسه سنگی معادل شمشک نیز رخنمون یافته اند. نهشته های کواترنر شامل مواد واریزه ای و پای دامنه ای، رسوبات آبرفتی و تراسبهای رودخانه ای می باشد که در قسمت های مختلف حوزه گسترش دارند. در بعضی قسمت ها این رسوبات با ضخامت زیاد شرایط مناسب برای ایجاد لغزش را فراهم نموده اند.

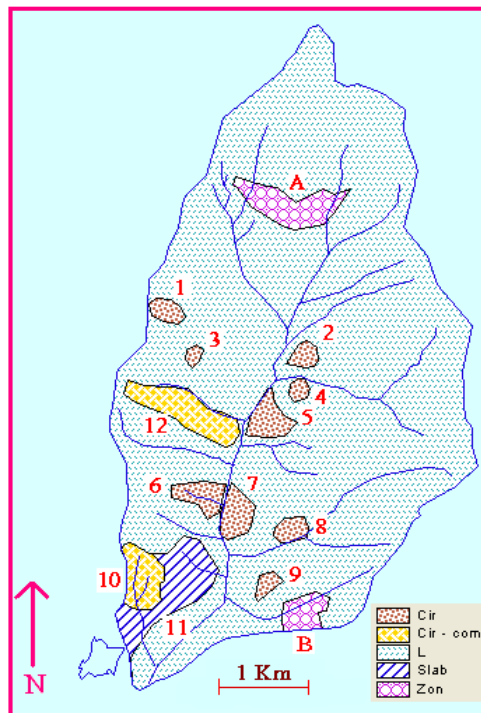
## معرفی لغزشهای منطقه:

با توجه به نقشه تهیه شده لغزشهای منطقه (شکل ۱)؛ مشخص گردید که تعداد ۱۲ لغزش منفرد و دو پهنه لغزشی در حوزه وجود دارد که لغزشهای ۱ تا ۹ از نوع چرخشی، ۱۰ و ۱۲: چرخشی مرکب؛ ۱۱: لغزش تخته ای (Slab Slide) و موارد A و B پهنه لغزشی می باشند. در مجموع ۲.۷۷ کیلو متر مربع یا ۱۴.۲۳٪ از کل مساحت حوزه لغزش یافته است

## روش کار

در این بررسی، نقشه های مختلف منطقه، بطور جداگانه با نقشه لغزشهای منطقه همپوشانی داده شده است. بطور کلی مبنای این بررسی بر این اصل قرار گرفته است که "اگر واحدی از نقشه، بیشتر از سهمی که در پوشش منطقه دارد؛ در لغزش سهیم باشد، در بروز زمین لغزش تاثیر مثبت دارد". بر همین اساس کلیه نقشه های موجود منطقه در این امر دخالت دارند و در نتیجه نقش و اهمیت هر فاکتوری که بتواند به نقشه در آید یا عبارتی دیگر در کل منطقه یکسان نباشد (مثل میزان بارندگی که در یک منطقه کوچک، تفاوت قابل توجهی ندارد)؛ در پدیده لغزش بررسی خواهد شد. این بدان معنا

نیست که عواملی که بصورت نقشه نیستند، مثل تکتونیک، در این مسئله تأثیری نداشته اند؛ بلکه در حقیقت میزان تأثیر آنها برای کل منطقه یکسان بوده و چون تفاوتی در نقاط مختلف، نداشته اند؛ برای تمام نواحی بطور همسان اثر نموده اند.



شکل ۱- نقشه لغزشهای منطقه

روش بررسی اینگونه است که در ابتدا کلیه نقشه ها بصورت تک تک با نقشه لغزش همپوشانی داده می شوند. سپس مساحت کلیه واحدهای همسان در هر نقشه با هم جمع می شود: ((a)) که بیانگر مساحت کل یک واحد در نقشه است. در مرحله بعد درصد پوشش هر واحد، ((C)) نسبت به مساحت کل حوزه محاسبه می شود.

$$C = \left( \frac{a}{A} \right) \times 100$$

مجموع مساحت واحدهائی که دچار لغزش شده اند و در واحد خاصی از نقشه قرار گرفته اند، محاسبه می گردد: (sld). درصد کل لغزش (SLD)، از کل حوزه، با استفاده از نقشه لغزش، محاسبه شده و برای هر واحد، نیز درصد لغزش تعیین می گردد:

$$S = \left( \frac{sld}{SLD} \right) \times 100$$

سپس تابع اثر نسبی (Relative Effect Function) بصورت زیر بیان می شود:

$$R.E = \text{Log} \left( \frac{S}{C} + \varepsilon \right) = \text{Log} \left[ \left( \frac{sld}{SLD} \right) \left( \frac{A}{a} \right) + \varepsilon \right]$$



۴ عددی بسیار کوچک بوده که صرفاً برای صفر نشدن رابطه داخل پرانتز آمده است. چون صفر مطلق در طبیعت وجود ندارد.

سه حالت در مورد اثر نسبی ممکن است پیش آید:

۱ -  $(R.E < 0)$ : این حالت در مواقعی پیش می آید که واحد، کمتر از سهمی که در پوشش داشته، دچار لغزش شده است. بعبارتی، در بروز لغزش، تأثیری منفی داشته است.

۲ -  $(R.E = 0)$ : اگر برای واحدی درصد پوشش و درصد لغزش با هم برابر باشد؛ بدان معناست که آن واحد در لغزش هیچ تأثیر و نقشی نداشته است و درست به میزان سهم خودش دچار لغزش شده است.

۳ -  $(R.E > 0)$ : وقتی واحدی بیشتر از سهم خودش در پوشش حوزه، دچار لغزش شده باشد؛ بر اساس اصل مذکور در ابتدای فصل، در بروز زمین لغزش تأثیر مثبتی داشته است.

با توجه به این سه حالت می توان گفت هر چه عدد R.E از حالت دوم دورتر باشد، اثر نسبی واحد بیشتر خواهد بود. بر همین اساس، در مورد عوامل لغزش نیز می توان قضاوت نمود. اثر نسبی هر عامل در پایداری و ناپایداری دامنه ها بصورت زیر بیان می شود:

$$\text{Parametric R.E} = \sum \text{abs (R.E)}$$

هرچه این عدد بزرگتر باشد اهمیت عامل بیشتر شده و در اولویت قرار می گیرد.

## بحث و نتیجه گیری:

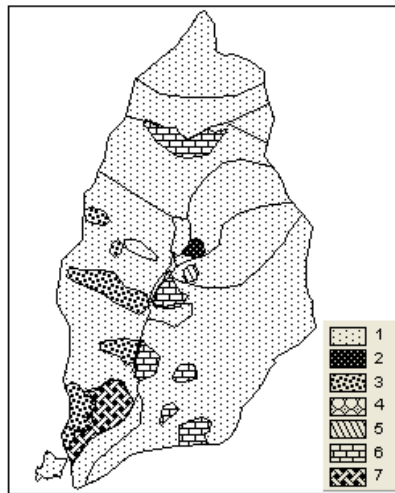
به عنوان نمونه ای از کارهای انجام شده در منطقه، نتایج حاصل از همپوشانی نقشه بافت خاک و لغزشهای منطقه آورده شده و در مورد دیگر عوامل، تنها به ذکر نتایج بسنده می شود.

در شکل ۲ نقشه حاصل از همپوشانی دو نقشه لغزش و بافت خاک مشاهده می گردد. در نمودار ۱، درصد لغزش در بافتهای مختلف خاک و اثر نسبی آنها ملاحظه می شود. در جدول ۱ نیز درصد پوشش هر یک از بافتهای خاک، درصد لغزش انجام گرفته در آنها، اثر نسبی آنها در لغزش و اثر نسبی واحد و عامل بافت خاک نشان داده شده است.

در شکل ۲، کد ۱ مربوط به Polygon هائی است که اصلاً دچار لغزش نشده اند. کد ۲ به Polygon هائی اختصاص دارد که هم در واحد CL (رس) قرار دارند و هم دچار لغزش شده اند و با جمع بستن مساحت آنها می توان کل مساحت واحد CL را که دچار لغزش شده است؛ محاسبه نمود ((sld مربوط به واحد CL)) که با تقسیم آن به SLD (مساحت کل لغزشهای حوزه)، درصد لغزش در این واحد ((S مربوط به واحد CL))، به دست خواهد آمد. از تقسیم مجموع مساحت Polygon های تحت پوشش این واحد بر کل حوزه نیز درصد پوشش این واحد ((C مربوط به واحد CL))، محاسبه خواهد شد. اکنون با تقسیم S بر C، اثر نسبی این واحد تعیین خواهد شد.

کد ۳ مربوط به Polygon هائی است که هم در واحد L (لومی) قرار دارند و هم دچار لغزش شده اند. با توجه به نمودار مربوطه، مشاهده می شود که درصد لغزش در این واحد بالا بوده و اگر قرار بود تنها بر اساس درصد لغزش تصمیم گیری کرد؛ باید این واحد، سهم بیشتری در لغزش به خود اختصاص می داد.

اما با در نظر گرفتن مقدار پوشش و سهم مربوطه در کل حوزه، ملاحظه می گردد که اثر نسبی آن خیلی پائین آمده است. این مطلب را به مساحت بالای این واحد می توان نسبت داد. کد ۴، لغزشهایی است که در مسیل صورت گرفته اند. البته عملاً منطقه تحت پوشش این کد آنقدر کوچک است که قابل مشاهده نیست و همین امر باعث شده تا از این میزان خطا بتوان چشمپوشی نمود. با توجه به جدول مربوطه نیز این مقدار تنها ۰/۸۴ درصد لغزشهاست اما چون مساحت ناحیه مسیل، کوچک است، اثر نسبی واحد مسیل بجای ۴ به ۰/۴۹ رسیده است.

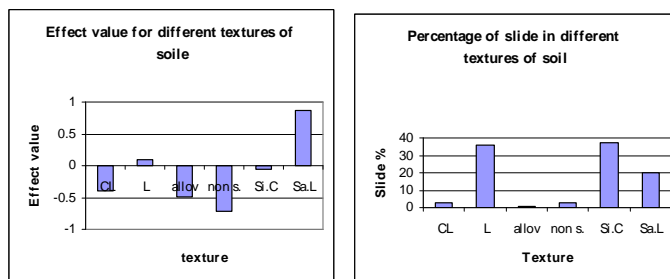


شکل ۲: نقشه حاصل از همپوشانی دو نقشه بافت خاک و لغزش

کد ۵ مربوط به Polygon هائی است که هم در ناحیه فاقد خاک قرار دارند و هم دچار لغزش شده اند. اگرچه

درصد لغزش در این واحد بالاست؛ اما با توجه به مساحت زیاد واحد، اثر نسبی آن کاهش یافته و باعث شده که از این خطا صرفنظر گردد. این مطلب در نمودار مربوطه بخوبی قابل مشاهده است.

کد ۶ به لغزشهایی نسبت داده شده که در واحد (Silty Clay) SIC به وقوع پیوسته اند. نکته جالب توجه در این زمینه این است که بیشترین درصد لغزش در حوزه در این واحد اتفاق افتاده است و بنا بر نظریه مذکور در پیشگفتار، باید مهمترین فاکتور نیز می بود. اما ملاحظه می شود که با در نظر گرفتن درصد پوشش، اثر نسبی آن به میزان بسیار زیادی کاهش یافته و نه تنها بالاترین اثر مثبت را دارا نیست؛ بلکه اثر نسبی آن منفی هم شده است که با توجه به نمودار این تفاوت فاحش بیشتر قابل درک است.



نمودار ۱: درصد لغزش در بافت‌های مختلف خاک و اثر نسبی آنها در لغزش

جدول ۱: درصد پوشش و لغزش و اثر نسبی بافت‌های مختلف، اثر نسبی واحد و عامل بافت خاک در لغزش منطقه برمهان

Type	% of coverage	% of slide	R.E
CL	6.98	2.76	-0.40
L	29.32	35.86	0.09
مسیل	2.64	0.84	-0.49
بدون خاک	15.56	2.89	-0.72
Si.C	42.70	37.48	-0.06
Sa.L	2.80	20.17	0.86
Sum(abs)	100.0	100.0	2.61

کد ۷ در مورد مناطقی به کار رفته که هم در (Sandy Loam) Sa.L بوده و هم دچار لغزش گشته اند. این مناطق که در ابتدای حوزه برمهان و در کناره مسیل نیز قرار دارند، از مارنهای رنگ روشنی تشکیل شده اند که مقاومت بسیار پائینی در برابر لغزش از خود نشان می دهند. خاک این ناحیه که از شیب نسبتاً بالایی نیز برخوردار است؛ در اثر هوازدگی شیمیائی و برجا تشکیل شده و دارای استعداد لغزش زیادی است و بصورت کم عمق ولی وسیع حرکت می کند. چون در بررسیهای به عمل آمده از حوزه لغزشهای زیادی از این ناحیه ثبت شده بود؛ کل مجموعه بعنوان لغزش انتقالی تخته ای در نظر گرفته شد.

در مورد نقشه زمین شناسی نیز نتایج زیر حاصل شده است: ملاحظه می شود که اثر نسبی لیتولوژی آهک مارنی و مارن، ۰/۰۶ محاسبه شده است که بزرگتر از صفر بوده و در میان حالت‌های اثر نسبی، مشمول بند سوم آن گشته و در نتیجه در بروز زمین لغزش، اثر مثبتی داشته است. علت این مسئله به لیتولوژی این واحد نسبت داده شد که وجود مارن در بین طبقات آهکی باعث کاهش مقاومت این واحد نسبت به حرکات توده ای و به تبع آن، بروز زمین لغزش، گردیده است. همچنین عدد اثر نسبی لیتولوژی آهک توده ای، ۱/۳۰ - محاسبه شده که خیلی کوچکتر از صفر بوده و با توجه به بند اول حالات، تأثیرش در لغزش بصورت منفی بوده است. علت آن هم به توده ای بودن این واحد برمی گردد که چون آهک توده ای از مقاومت بالایی برخوردار است، پدیده لغزش در آن مشاهده نمی شود. نمودار نیز، جزئی بودن



این اثر را نشان می دهد. مطلب بیان شده در مورد رسوبات آبرفتی نیز صادق است. این واحد بدلیل آبرفت بودن، از شیب پائین و نفوذپذیری بالا برخوردار بوده و در لغزش، اثر نسبی منفی داشته است. نیز عدد اثر نسبی برای عامل زمین شناسی،  $2/11$  برآورد گشته است که در بخش اولویت بندی، با سایر عوامل مقایسه گشته و جایگاه این عامل را در بین عوامل موثر تعیین می شود. نتایج حاصل از همپوشانی نقشه کلاسه بندی شده شیب و لغزش نیز از این قرارند: در واحد هائی که در کلاس ۱ شیب ( $0$  تا  $5/6$  درجه) قرار داشته اند؛ به دلیل شیب پائین، شرایط به سمت پایداری بیشتر سوق یافته و در نتیجه اثر نسبی آنها بر پدیده لغزش بصورت منفی ظاهر شده است. واحدهایی که در کلاس ۲ شیب ( $5/6$  تا  $33$  درجه) قرار داشته اند؛ اثر نسبی مثبتی نشان می دهند که بیانگر تاثیر فزاینده این واحدها در لغزش می باشد اما این میزان تاثیر از تاثیر واحدهایی که در ۳ شیب ( $33$  تا  $56$  درجه) قرار دارند؛ کمتر است. در واحدهایی که در کلاس ۴ شیب ( $56$  تا  $78$  درجه) واقعند؛ به دلیل بالا بودن شیب، خاک سطحی فرصت تشکیل نیافته و علاوه بر آن، رواناب نیز نمی تواند در این نواحی نفوذ نماید؛ در نتیجه لغزش کمتر به وقوع پیوسته است و اثر نسبی نیز بصورت منفی ظاهر شده است.

## نتیجه گیری

هر چه عدد R.E برای عاملی بزرگتر باشد، آن عامل اثر بیشتری در پدیده زمین لغزش منطقه داشته است. بنابراین، ترتیب تاثیر عوامل مختلف در بروز زمین لغزش در حوزه، بصورت زیر می باشد:

- ۱- بافت خاک با عدد R.E برابر با  $2/61$  بیشترین نقش را در بروز لغزش در منطقه دارد. بافت خاک با کنترل خصوصیات فیزیکی (مثل سایز ذرات و روابط متقابل بین آنها) و شیمیائی (مثل ترکیبات عناصر مختلف که در واگرایی یا تورم خاک تاثیر دارند) در پارامترهای مقاومتی خاک (C و  $\phi$ )، دخالت نموده و از طریق آنها بر وقوع لغزش در منطقه تاثیر می گذارد.
- ۲- پوشش گیاهی با اثر نسبی  $2/13$  با توجه به تاثیری که در حفاظت خاک منطقه دارد در لغزش دخالت نموده و آنرا کنترل می کند.
- ۳- زمین شناسی با اثر نسبی  $2/11$  که همان عامل لیتولوژی می باشد با تاثیر در نوع خاک حاصله، در لغزش تاثیر می گذارد.
- ۴- عمق خاک با عدد نسبی  $1/91$  در نوع لغزش و حجم توده لغزنده تاثیر دارد.
- ۵- نفوذپذیری خاک با اثر نسبی  $0/68$ : هر چه نفوذپذیری خاک بیشتر باشد، سبب می شود که رواناب سریعتر به اعماق نفوذ یافته و لغزندگی دامنه کاهش یابد اما همیشه مسئله لغزش در جایی مورد انتظار است که یک لایه غیر قابل نفوذ یا با نفوذپذیری کم در شیب قرار بگیرد و بر اثر عدم پوشش گیاهی، بدون حفاظ هم مانده باشد و رواناب به هر طریقی به آن راه یافته و نتواند از آن خارج شود. در اینصورت خود لایه با کم کردن اصطکاک، به لغزش منطقه کمک می کند.
- ۶- میزان زاویه شیب با عدد نسبی  $0/55$ : بررسیها نشاندهنده این است که لغزش ارتباط زیادی با شیب منطقه دارد. در شیبهای خیلی بالا و خیلی پائین وقوع لغزش مورد انتظار نیست.



۷- مشجر یا غیر مشجر بودن اراضی با عدد نسبی  $0/49$ : وجود درختان جنگلی در کاهش زمین لغزش بدیهی است اما پلا (Pla, 1997) با مدلسازی دریافته است که جنگل کاری در مناطق با هدایت هیدرولیکی پائین در حد رسها نه تنها باعث کاهش گسیختگیها نگشته، حتی باعث تحریک زمین لغزشهای انتقالی نیز می گردد. ریشه درختان بایستی تا پائین سطح گسیختگی برسد (Zaitchik and van Es, 2003). پس جنگل همیشه راه حل خوبی برای کاستن لغزش محسوب نمی شود.

## مراجع:

- ۱ - درویش زاده، علی. زمین شناسی ایران. (۱۳۷۰). انتشارات دانش امروز. ۹۰۱ ص.
- ۲ - علیمحمدی. (۱۳۸۴). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد، گروه زمین شناسی، مشهد، ایران.  
1 - Alexander, E.D., 1995. A survey of the field of natural hazards and disaster studies. In: Carrara, A., Guzzetti, F. (Eds.), Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands, pp. 1-19.  
2 - Hutchinson, J.N., Chandler, M.P., 1991. A preliminary landslide hazard zonation of the Undercliff of the Isle of Wight. In: Slope Stability Engineering. Thomas Telford, London, pp. 197-205.
- 3 - Pla, I., 1997. A soil water balance model for monitoring soil erosion processes and effects on steep lands in the tropics. Soil Technology 11, pp. 17-30.
- 4 - Rosenfeld, C.L., 1994. The geomorphological dimensions of natural disasters. Geomorphology 10, 27-36.
- 5 - Zaitchik, B.F., van Es, H.M., 2003. Applying a GIS slope-stability model to site-specific landslide prevention in Honduras. Journal of Soil and Water Conservation 58 (1), pp. 45-53.