

پژوهش های جغرافیایی _ شماره ۵۱، بهار ۱۳۸۴

صص ۱-۱۴

مدل سازی کمی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در زاگرس چین خورده (مطالعه موردی: حوضه آبریز سرخون در استان چهارمحال و بختیاری)

دکتر عبدالامیر کرم* - استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم تهران

دکتر فرج الله محمودی - استاد دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۸۱/۳/۲۵

چکیده

شناخت نواحی مستعد وقوع حرکت های توده ای و زمین لغزه ها یکی از گام های اولیه در مدیریت منابع طبیعی و برنامه ریزی های توسعه ای و عمرانی است. حرکت های توده ای و زمین لغزه ها تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی متعددی رخ می دهند که ارزیابی تأثیر هر یک از این عوامل، نقش بسزایی در پیش بینی احتمال وقوع حرکت های توده ای و پهنه بندی خطر آنها دارد. در این تحقیق از طریق تفسیر عکس های هوایی و بررسی های میدانی، حرکت های توده ای رخ داده در حوضه آبریز سرخون در شهرستان اردل از استان چهارمحال و بختیاری شناسایی و نقشه های توزیع انواع حرکت های توده ای در این حوضه تهیه شده است. سایر ویژگی های محیطی حوضه نیز در قالب نوزده متغیر کمی و چهار متغیر کیفی مورد مطالعه قرار گرفته و برای هر یک از آنها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (ساج-GIS) لایه های نقشه ای جداگانه ای تهیه شده است. برای مدل سازی آماری از سه روش مدل رگرسیون لاجستیک، مدل رگرسیون خطی، و مدل پروبیت استفاده شده و نهایتاً معادلاتی برای پیش بینی و تهیه نقشه های احتمال وقوع حرکت های توده ای ساخته شده است. نقشه های نهایی سپس به دو پهنه با خطر بالا و پایین وقوع زمین لغزش طبقه بندی شده و با ارزیابی ماتریس خطا، درصد دقت و صحت هر یک از مدل سازی ها و پهنه بندی ها مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که مدل سازی به روش رگرسیون لاجستیک دارای بیشترین دقت و صحت پیش بینی می باشد. از نقشه های پیش بینی و پهنه بندی احتمال وقوع حرکت های توده ای می توان در برنامه ریزی های مختلف منطقه ای، ناحیه ای و محلی استفاده نمود.

واژگان کلیدی: زمین لغزش، حرکت توده ای، مدل سازی، پهنه بندی، زاگرس.

مقدمه:

* E-mail: aa-Karam@yahoo.com

زمین لغزه ها^۱ و حرکت های توده ای^۲ خاک و مواد سنگی، فرمی از فرآیندهای دامنه ای و نوع خاصی از سوانح طبیعی هستند که هر ساله در برخی نقاط جهان و ایران رخ داده و خسارات جانی، مالی و زیست محیطی قابل توجهی ببار می آورند. حرکت توده ای شامل گلیه جابجایی ها و جداشتگی های خاک و مواد سنگی به سمت پایین دامنه هاست و دارای انواع مختلفی می باشد. این نوع حرکت ها عمدتاً در اثر نیروی گرانش (ثقل)، عوامل طبیعی مثل بارش های شدید، زلزله، اشباع خاک از آب و همچنین علل انسانی مثل تخریب پوشش گیاهی و عملیات نا صحیح مهندسی بوقوع می پیوندد. ویژگی های طبیعی، زمین شناسی و اقلیمی کشور ایران به گونه ای است که در برخی نقاط کشور هر ساله حرکت های توده ای و زمین لغزه های متعددی بروز می کند و خسارات جانی و مالی زیادی ببار آورد. بر اساس برآوردهای اولیّه، سالانه حدود ۵۰۰ میلیارد ریال خسارات مالی از طریق وقوع زمین لغزه ها بر کشور وارد می شود (کمک پناه ۱۳۷۳). همچنین بررسی های انجام شده نشان می دهد که تا اوایل سال ۱۳۷۸ وقوع حدود ۲۵۹۰ زمین لغزه در کشور باعث مرگ ۱۶۲ نفر، تخریب ۱۷۶ باب خانه، ایجاد خسارات مالی به میزان ۱۸۶۶ میلیارد ریال، تخریب ۶۷۶۳ هکتار جنگل، تخریب ۱۷۰ کیلومتر راه ارتباطی و ایجاد رسوب سالانه ای به حجم ۹۶۳۸۰۷ متر مکعب شده است (میر صانعی و کاردان ۱۳۷۸). نظر به تاثیرات سویی که این پدیده بر روی سیستم های اجتماعی - اقتصادی و طبیعی دارد، شناخت نواحی مستعد حرکت توده ای و زمین لغزش در سطح سرزمین برای توجه به آنها در برنامه ریزی های عمرانی، توریستی، برنامه ریزی های زیست محیطی، برنامه ریزی تعیین مسیر راه ها و خطوط انتقال نیرو و انرژی، برنامه ریزی و مدیریت حفاظت خاک و منابع طبیعی و ... بسیار ضروری است. سابقه مطالعات و پژوهش در مورد مدل سازی و پهنه بندی خطر وقوع حرکت های توده ای و زمین لغزه ها در کشورهای توسعه یافته به دهه ۶۰ میلادی باز می گردد. علیرغم سابقه نسبتاً طولانی این عرصه از پژوهش در کشورهای توسعه یافته، در کشور ما مطالعات انجام شده در این زمینه جوان بوده و شروع جدی آنها عمدتاً به اوایل دهه ۸۰ - ۱۳۷۰ باز می گردد. از جمله آنها کارهای انجام شده در زمینه مدل سازی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در کشور می توان مطالعات حافظی مقدس (۱۳۷۲)، حق شناس (۱۳۷۴)، مهدوی فر (۱۳۷۶) و ایزانلو (۱۳۷۷) را نام برد.

پهنه بندی خطر حرکت های توده ای و زمین لغزش، سطح زمین را به نواحی ویژه و مجزایی از درجات بالفعل یا بالقوه خطر از هیچ یا بسیار کم تا بسیار زیاد تقسیم می کند. این فرآیند که بر مبنای شناخت ویژگی های طبیعی و مدل سازی کمی بر پایه داده های ناحیه مورد مطالعه صورت می گیرد، می تواند مبنایی برای اقدامات بعدی و برنامه ریزی های آتی توسعه و عمران در مقیاس منطقه ای، ناحیه ای و محلی محسوب گردد.

هدف از پژوهش حاضر آن است که با بررسی کامل ویژگی های طبیعی ناحیه مورد مطالعه، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱ (ساج - GIS) و داده های سنجش از دور و بکارگیری روش های آماری، مدلی کمی برای پیش بینی وقوع احتمال زمین لغزه ها در حوضه سرخون ساخته شود. این مدل نهایتاً می تواند در سیستم ساج برای کل ناحیه مورد مطالعه برون یابی و تعمیم داده شود. پهنه بندی حوضه مورد مطالعه به نواحی با درجات متفاوت خطر، از دیگر اهداف این پژوهش است.

1- Landslides

2- Mass Movements

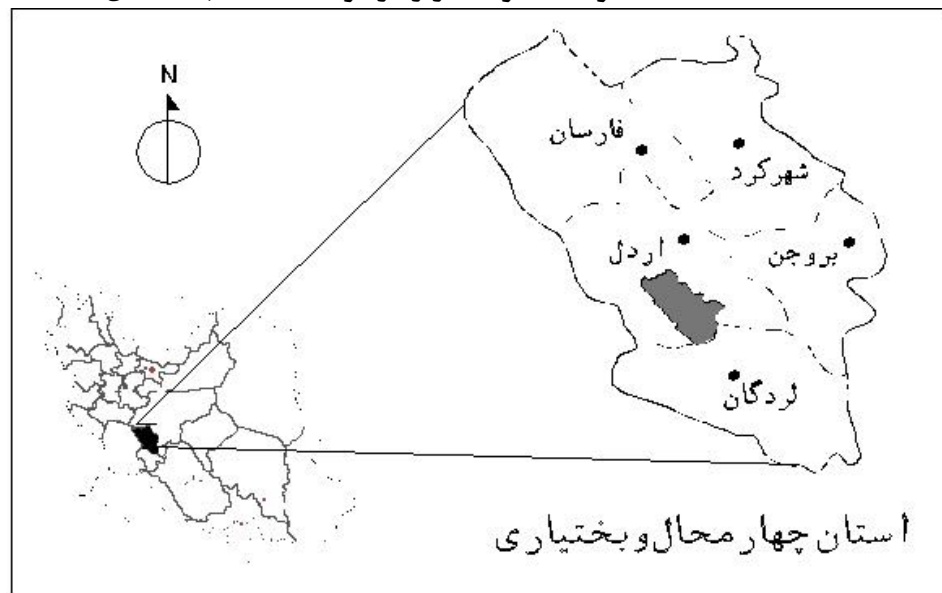
1- Geographic Information System

معرفی محدوده مورد مطالعه

حوضه آبریز سرخون یکی از زیر حوضه های رودخانه کارون است که در ارتفاعات زاگرس چین خورده استان چهارمحال و بختیاری قرار دارد. این حوضه با مساحت حدود ۳۴۰ کیلومتر مربع در مختصات ۳۱ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۳۱ درجه ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۳ دقیقه طول شرقی در شهرستان اردل و ۱۴۰ کیلومتری شهرکرد در مرکز استان واقع است. این حوضه دارای بیست نقطه روستایی و جمعیت عشایری کوچنده می باشد. محور اصلی ارتباطی شهرکرد- اهواز از درون این حوضه می گذرد.

با توجه به ویژگی های طبیعی و انسانی محدوده مورد مطالعه، فرآیندهای ناپایداری دامنه ها و وقوع حرکت های توده ای بنا به دلایل خاص، در حال حاضر یکی از اصلی ترین فرآیندهای شکل شناختی در حوضه است. براساس بررسی های انجام شده بیش از ۴۴ مورد حرکت توده ای و زمین لغزه بزرگ و اصلی در سطح حوضه شناسایی شده است (نقشه شماره ۱). از این میان، بیست مورد به حرکت های ریزشی، چهارده مورد به حرکت های لغزشی و ده مورد به حرکت های جریانی اختصاص دارد.

نقشه ۱- موقعیت حوضه آبریز سرخون در استان چهارمحال و بختیاری



ابزار و مواد پژوهش

در این پژوهش از نقشه های مبنایی و دیگر اطلاعات مختلف مربوط به حوضه شامل نقشه های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ حوضه مورد مطالعه، نقشه زمین شناسی مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ ناحیه، عکس های هوایی با مقیاس تقریبی ۱:۵۰۰۰۰ سال ۱۳۳۴ و عکس های هوایی با مقیاس تقریبی ۱:۴۰۰۰۰ سال ۱۳۷۲ منطقه، داده های رقومی تصاویر ماهواره ای سنجنده لندست (TM) در هفت باندهای مربوط به سال ۱۹۹۸ و اطلاعات اقلیمی ایستگاه های پیرامونی حوضه استفاده شده است. در بررسی حاضر برای ورود و ذخیره سازی اطلاعات، تحلیل ها و پهنه بندی خطر وقوع حرکت های توده ای از سیستم اطلاعات جغرافیایی (ساج - GIS) استفاده شده است. بدین منظور از سه نرم افزار اصلی اتو کد، آرک اینفو^۱

و ایدرسی^۲ برای ورود و ذخیره و طراحی پایگاه اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. شکل شماره (۱) مراحل گردآوری اطلاعات، تحلیل، مدل سازی و پهنه بندی خطر وقوع حرکت های توده ای را در پژوهش حاضر نشان می دهد. نقشه توزیع زمین لغزه ها (نقشه شماره ۲) و انواع آنها از طریق تفسیر عکس های هوایی منطقه و بازدیدهای میدانی تهیه شده و نقشه پوشش - کاربری زمین نیز از طریق پردازش داده های رقومی ماهواره ای از روش طبقه بندی حداکثر احتمال^۳ (MLC) در نه طبقه (شامل زمین های کشاورزی، جنگل های درجه یک، درجه دو و درجه سه، مراتع مشجر، مراتع درجه دو و سه، زمین های بایر و برونزدهای سنگی) تهیه شده است.

همچنین نقشه های شاخص تراکم پوشش گیاهی^۴، شاخص سبزیگی^۵ و شاخص رطوبت^۶ نیز از طریق عملیات تبدیل^۷ با استفاده از داده های رقومی ماهواره ای تهیه شده اند.

1- Arc/Infon

2- Idrisi

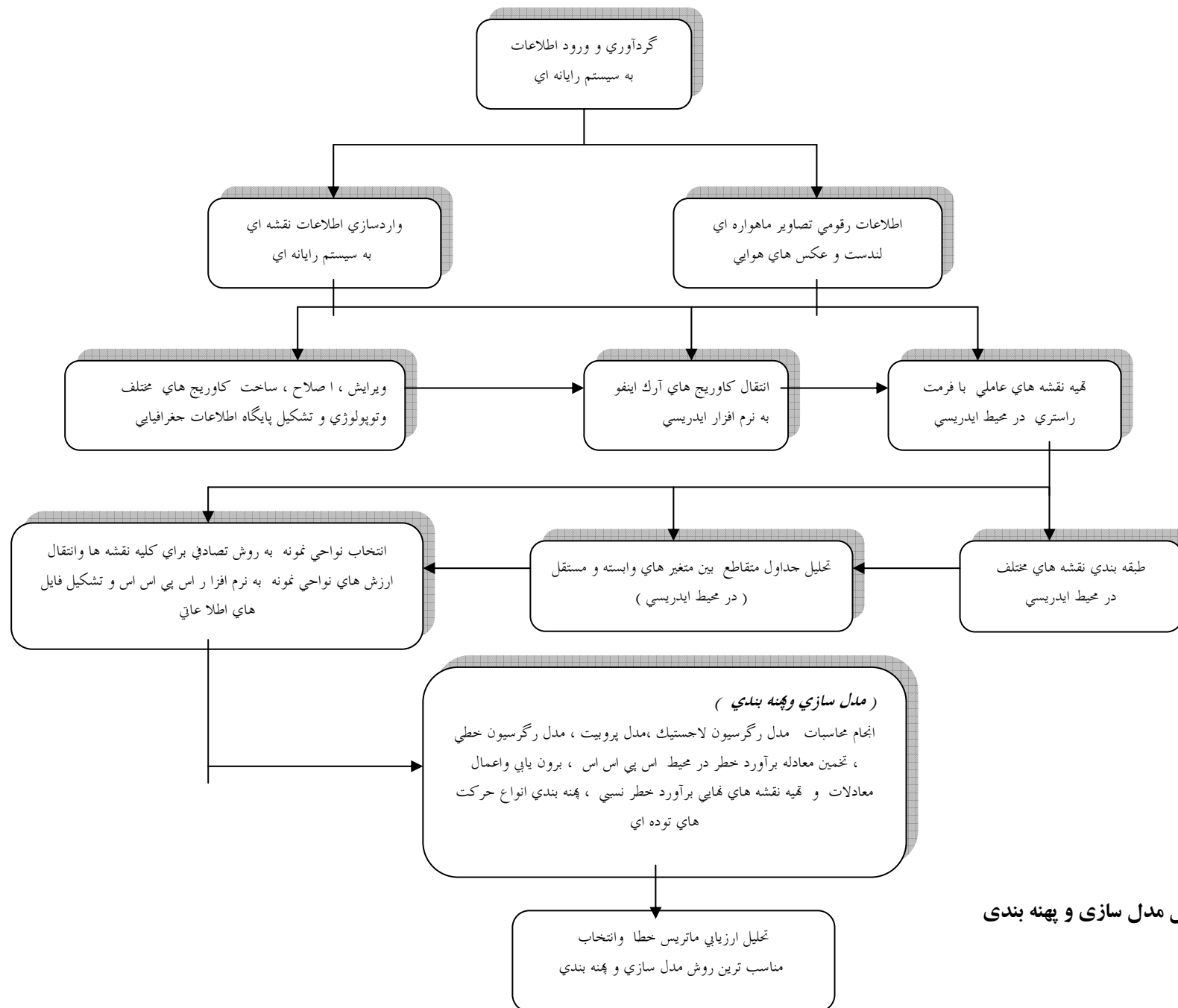
3- Maximum Likelihood Classification

4-NDV

5- Greenness

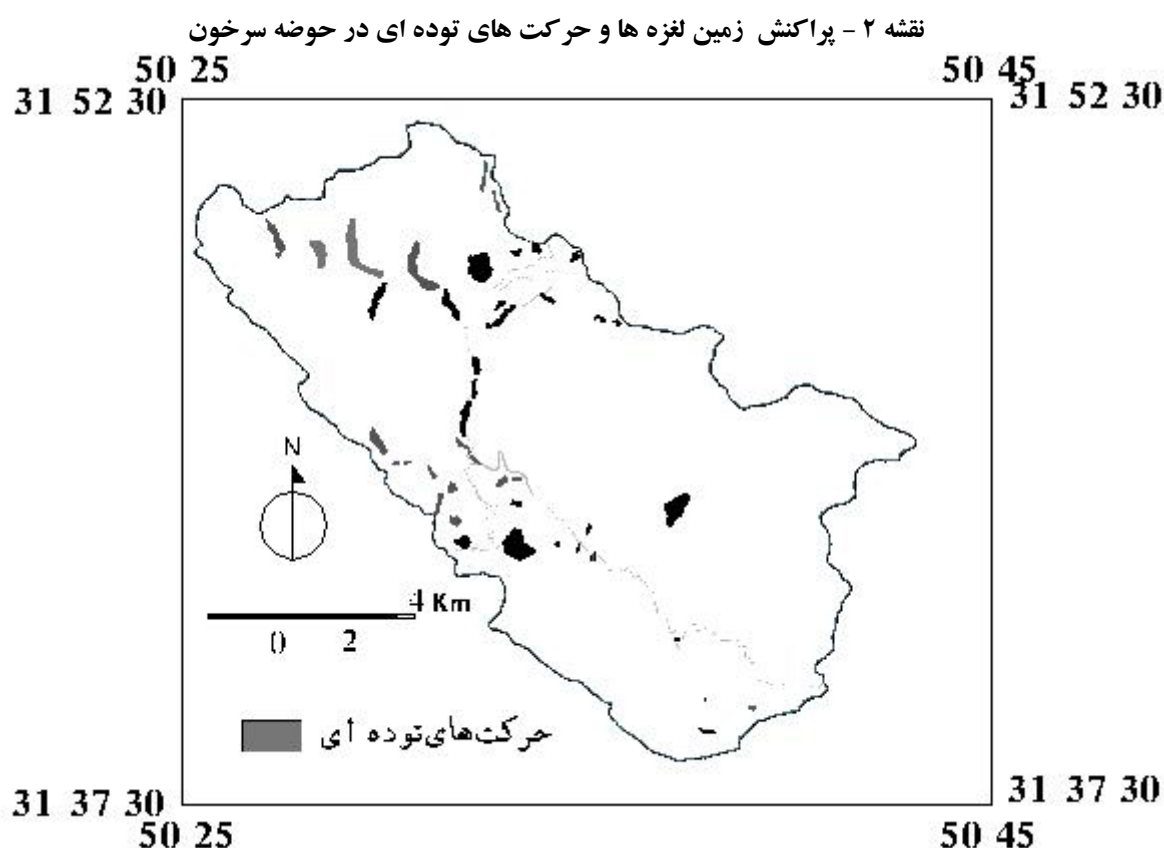
6- Wetness

7-Tassled Cap



شکل ۱- نمودار مراحل مدل سازی و پهنه بندی

مدل رقومی ارتفاعی^۱ (DEM) حوضه با استفاده از رقومی سازی منحنی میزان ها از نقشه توپوگرافی ناحیه و درون یابی در محیط نرم افزاری ایدرسی تهیه گردید و سپس از آن طریق نقشه های شیب دامنه ها، دسته بندی ارتفاعی و جهت دامنه ها نیز تهیه شده است. همچنین سایر نقشه های مورد نیاز دیگر از طریق رقومی سازی و در محیط نرم افزاری آرک اینفو تهیه شده و سپس به محیط نرم افزاری ایدرسی انتقال داده شده اند. برای برخی از نقشه های مورد نیاز نیز مدل رقومی زمینی^۲ (DTM) تهیه شده. برای کلیه نقشه ها سیستم مختصات واحد UTM انتخاب شده است. نقشه ها در محیط ایدرسی دارای فرمت راستری^۳ بوده و ابعاد پیکسل ها $28/5 \times 28/5$ متر می باشد.



روش شناسی

روش های سنتی و اولیه مدل سازی و پهنه بندی خطر وقوع حرکت های توده ای عمدتاً بر اساس همپوشانی^۴ نقشه های عامل (متغیرهای مؤثر) و وزن دهی یا امتیاز دهی با توجه به قضاوت های کارشناسی (تجربی) یا وزن دهی های کور استوار بوده که، از جمله روش های مذکور می توان به روش براب (۱۹۷۲) و نیلسن (۱۹۷۹) اشاره کرد (وارنز ۱۹۸۴). ویژگی دیگر روش های سنتی بکارگیری تعداد کمی از متغیرهای مؤثر در مدل سازی و پهنه بندی و عدم استفاده از رایانه و اطلاعات حاصل از پردازش تصاویر ماهواره ای است.

1-Digital Elevation Model

2-Digital Terrain Model

3- Raster

4-Overlay

در کشور ما استفاده از مدل های آماری، سیستم های اطلاعات جغرافیایی و همچنین داده های سنجش از دور برای مدل سازی و پهنه بندی خطر وقوع حرکت های توده ای اخیراً مورد توجه برخی از محققان قرار گرفته است. به عنوان نمونه ایزانلو (۱۳۷۷) برای پیش بینی و پهنه بندی خطر وقوع حرکت های توده ای در حوضه آبریز رودخانه بیدواز از مدل آماری رگرسیون لاجستیک بهره گرفته است. وی همچنین از سیستم اطلاعات جغرافیایی و داده های سنجش از دور نیز استفاده کرده است. ایزانلو با استفاده از شش متغیر زمین شناسی، پوشش زمین، شاخص تراکم پوشش گیاهی، فاصله از گسله ها، شیب و جهت دامنه ها پیش بینی و پهنه بندی خطر وقوع حرکت های توده ای را انجام داده است (ایزانلو ۱۳۷۶).

در بررسی حاضر، برای مدل سازی پیش بینی خطر وقوع حرکت های توده ای از نوزده متغیر کمی و چهار متغیر کیفی (جدول شماره ۱) استفاده شده و پس از نمونه گیری تصادفی از داده ها و انتقال آنها به محیط نرم افزاری اس پی اس اس^۱ مدل سازی آماری انجام شده است.

برای مدل سازی آماری، سه روش اصلی تحلیل رگرسیونی چند متغیره لاجستیک^۲، مدل پروبیت^۳ و مدل رگرسیونی خطی چند متغیره^۴ مورد استفاده قرار گرفته است. پس از مدل سازی، معادلات ساخته شده در محیط نرم افزاری ایدرسی برای کل حوضه برون یابی شده و نقشه های پیش بینی احتمال وقوع حرکت های توده ای و زمین لغزه ها تهیه شده است.

در مدل رگرسیون لاجستیک متغیر وابسته که وقوع یا عدم وقوع حرکت توده ای است، به صورت دو حالت صفر (عدم وقوع) و یک (وقوع) بیان می شود. در این مدل احتمال وقوع حرکت توده ای و زمین لغزش در هر سلول یا شبکه نقشه ای با $P(i|X)$ نشان داده می شود که مقادیر آن به عنوان تابعی از متغیرهای مستقل برآورد می گردد. چنانچه X معرف برداری از داده های طیفی و محیطی یک سلول یا شبکه نقشه ای باشد، مدل همبستگی به صورت زیر بیان می شود:

$$Y(X) = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \text{ (رابطه یک)}$$

1- SPSS

2- Logistic Regression Model

3- Probit Model

4- Linear Regression Model

جدول ۱- فهرست متغیرها و لایه‌های نقشه‌ای تهیه شده برای تحلیل و مدل‌سازی پیش‌بینی خطر حرکت‌های توده‌ای

نوع متغیر				متغیرها	
کیفی	کمی	وابسته	مستقل		
	×		×	۱- ارتفاع	توپوگرافیکی
	×		×	۲- شیب دامنه	
	×		×	۳- جهت دامنه	
	×		×	۴- مساحت دامنه	
	×		×	۵- طول دامنه	
	×		×	۶- محیط دامنه	
×	×		×	۷- سنگ‌شناسی	زمین‌شناختی
	×		×	۸- فاصله از گسله اصلی	
	×		×	۹- تراکم گسله‌ها	
	×		×	۱۰- مجموع بارش سالانه	اقلیمی
	×		×	۱۱- شدت بارش‌های ۲۴ ساعته	
	×		×	۱۲- میانگین دمای سالانه	
	×		×	۱۳- تعداد ماه‌های دارای نوسان دما حول صفر درجه	
	×		×	۱۴- فاصله از آبراهه اصلی	هیدروگرافی
	×		×	۱۵- تراکم آبراهه‌ها	
	×		×	۱۶- رطوبت دامنه	
×	×		×	۱۷- کاربری - پوشش زمین	پوشش - کاربری زمین
	×		×	۱۸- شاخص تراکم پوشش گیاهی	
	×		×	۱۹- سبزینگی	
	×		×	۲۰- فاصله از جاده اصلی	
	×		×	۲۱- تراکم راه‌ها	
×	×		×	۲۲- واحدهای اراضی	خاک‌شناسی
×	×		×	۲۳- بافت خاک	
×		×		انواع حرکت‌های توده‌ای	حرکت توده‌ای

که در آن X_n ($i = 1, 2, \dots, n$) معرف ویژگی‌های طیفی و محیطی مربوط به هر سلول یا شبکه نقشه‌ای است. پس از محاسبه $Y(X)$ برای هر یک از شبکه‌های نقشه‌ای، مقادیر مربوط به احتمال وقوع حرکت توده‌ای و زمین لغزش در دامنه‌ای از صفر (عدم وقوع) تا یک (وقوع) برای هر شبکه نقشه‌ای از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P(i | X) = \text{EXP} (B_1 + B_2X_i + \dots + B_nX_i) / 1 + \text{EXP} (B_1 + B_2X_i + \dots + B_nX_i)$$

(رابطه دو)

که در آن B ضریب متغیر و X متغیر مستقل است. در این مدل مقادیر تخمین به صورت منحنی لاجستیک (منحنی S شکل) می‌باشد. برای بکارگیری این مدل ابتدا از نقشه توزیع زمین لغزه‌ها و حرکت‌های توده‌ای (به صورت صفر و یک) نمونه

گیری تصادفی بعمل آمده و مقادیر ارزشی آن به عنوان متغیر وابسته به محیط نرم افزار اس پی اس منتقل گردیده و سپس برای سایر متغیرهای مستقل نیز ارزش های طیفی و محیطی متناظر با شبکه های نمونه گیری به نرم افزار مذکور منتقل شده و در مرحله بعد با ساخت متغیرهای موهومی¹ برای چهار متغیر کیفی، عملیات مدل سازی² انجام گردیده است. سپس با برون یابی معادلات در نرم افزار ایدرسی، نقشه های پیش بینی احتمال وقوع حرکت توده ای در دامنه ای از صفر تا یک تهیه شده است. مدل پروبیت نیز برای توضیح رفتار یک متغیر وابسته منقسم به دو گروه (صفر معادل عدم وقوع حرکت توده ای و یک معادل وقوع حرکت توده ای) بکار می رود. تفاوت این مدل با مدل لاجستیک در آن است که در این مدل برای تخمین از یک تابع توزیع تجمعی³ (CDF) نرمال استفاده می شود. ساختار داده های مورد استفاده در این مدل شامل تعداد موارد مشاهده شده از وقوع حرکت توده ای در یک محدوده مشخص (مثلاً زیر حوضه ها) و تعداد کل موارد مشاهده شده حالت های صفر و یک است. مقادیر متغیرهای مختلف نیز به صورت میانگین وزنی محاسبه می شوند. در این مدل نیز دامنه پیش بینی احتمال وقوع مابین صفر و یک خواهد بود.

در مدل رگرسیون خطی با در دست داشتن مقادیر X_i معین (متغیر مستقل) مقدار Y_i یا متغیر وابسته را می توان به صورت خطی برآورد نمود. مدل کلی تابع رگرسیون به صورت معادله زیر است:

$$Y_i = B_1 + B_2X_i + \dots + B_jX_j \quad (\text{رابطه سه})$$

که در آن Y_i تخمین متغیر وابسته، B_1 ضریب ثابت یا عرض از مبدأ، B_2 ضریب متغیر X_i و X_i متغیر مستقل یا توضیحی است. معیار خوبی برازش یا تخمین در مدل رگرسیون خطی، ضریب تعیین تعدیل شده⁴ می باشد که دامنه ای بین صفر و یک داشته و مقادیر نزدیک به یک آن دال بر خوبی برازش است. در روش رگرسیون خطی از نسبت سطوح گسیخته شده در هر زیر حوضه به عنوان متغیر وابسته استفاده شده است. پس از ساخت معادلات پیش بینی و تهیه نقشه های پیش بینی احتمال وقوع بر اساس روش های سه گانه مذکور، با استفاده از دو روش پهنه بندی یعنی روش کمترین فاصله از میانگین⁵ (MDC) و روش آستانه ها، پهنه بندی خطر⁶ برای محدوده مورد مطالعه انجام گردیده است.

در روش اول با استفاده از نمونه های مشاهده ای (آموزشی) حرکت های توده ای، ابتدا میانگین دو کلاس (وقوع و عدم وقوع) محاسبه شده و سپس فاصله هر شبکه ناشناخته (X_i) از میانگین هر کلاس محاسبه شده و شبکه مذکور به کلاسی تعلق می گیرد که دارای کمترین فاصله نسبت به میانگین آن کلاس باشد. بدین طریق نقشه های پیش بینی احتمال وقوع حرکت های توده ای به دو طبقه با خطر بالا و پایین دسته بندی شده اند. در روش آستانه ها، ابتدا پهنه بندی به دو کلاس خطر بالا و پایین با آستانه های مختلفی از صفر تا یک انجام می گیرد و سپس با ارزیابی ماتریس خطا⁷، مناسب ترین آستانه برای پهنه بندی مشخص می شود. برای مقایسه درصد دقت و صحت مدل سازی ها و پهنه بندی ها چنانکه ذکر شد از روش

-
- 1-Dummy variables 2- Modelling 3- Cumulative Distribution Function 4- Adjusted R2
5-Minimum Distance to Means 6- Thresholds 7- Risk Zonation 8- Error Matrix

ارزیابی ماتریس خطا در نرم افزار ایدریسی استفاده شده است. ماتریس خطا متشکل از جدولی است که با استفاده از اطلاعات زمینی و نقشه پهنه بندی، مقادیر خطای پیش بینی و پهنه بندی را در رده های صفر و یک نشان می دهد.

نتیجه گیری و بحث

نتایج بررسی حاضر نشان می دهد که از میان روش های سه گانه مدل سازی، روش مدل سازی رگرسیون لاجستیک مناسب ترین روش برای پیش بینی و تخمین احتمال وقوع حرکت های توده ای در این ناحیه است. پس از آن که بر اساس هر یک از روش های مدل سازی پیش گفته، معادلات پیش بینی با ضرایب و متغیر های مختلف ساخته شد و نهایتاً پهنه بندی خطر بر روی نقشه های پیش بینی شده انجام گردید، با ارزیابی ماتریس خطا بین نقشه های پیش بینی شده و نقشه های وضعیت موجود حرکت های توده ای (اطلاعات زمینی)، درجه صحت و دقت هر یک از پیش بینی ها و پهنه بندی ها مورد تدقیق قرار گرفت. بر این مبنا جدول شماره (۲) بدست آمده که میزان درصد خطای آمیشن^۱ را در ارزیابی ماتریس خطا نشان می دهد. این درصد خطا گویای آن است که در هر یک از رده های یک (وقوع) و صفر (عدم وقوع) نقشه ای، چند درصد از اطلاعات زمینی صحیح موجود، در پیش بینی به غلط به گروه دیگری اختصاص یافته اند. این جدول میزان خطا را بر حسب روش مدل سازی و روش پهنه بندی نشان می دهد. چنانکه ملاحظه می شود، مقدار خطا در روش مدل سازی رگرسیون لاجستیک و پهنه بندی از طریق MD در رده یک (یعنی وقوع) حداقل مقدار و برابر ۲۳ درصد بوده و نسبت به سایر روش ها بهترین میزان دقت و صحت را دارا می باشد. بدین مفهوم که بر اساس مدل و پهنه بندی مذکور ۲۳ درصد از موارد مشاهده شده وقوع حرکت های توده ای (حالت یک بر اساس اطلاعات زمینی) در پیش بینی و پهنه بندی، به غلط در پهنه بندی با خطر پایین (رده صفر) گروه بندی شده و ۷۷ درصد موارد مشاهده شده موجود از گروه یک (وقوع حرکت توده ای) به درستی در پهنه با خطر بالا قرار گرفته اند. با این وجود پهنه بندی از روش آستانه نیز در این مدل سازی از درصد دقت نسبتاً بالایی برخوردار است (۳۶ درصد خطا در رده یک). در روش های مدل سازی رگرسیون خطی و پروبیت و پهنه بندی MDC نیز میزان دقت مدل سازی و پهنه بندی در درجه بعدی اهمیت قرار می گیرد. در پهنه بندی به روش آستانه ها نیز در دو مدل اخیر، درصد خطا در رده یک بالا می باشد (بیش از ۴۰ درصد).

جدول ۲- خلاصه نتایج درصد خطای آمیشن در انواع مدل سازی ها و روش های پهنه بندی
احتمال وقوع حرکت توده ای در حوضه آبریز سر خون

روش آستانه ها*		روش MDC		روش های مدل سازی
درصد خطا در رده ی صفر	درصد خطا در رده ی یک	درصد خطا در رده ی صفر	درصد خطا در رده ی یک	
۳۷/۷	۳۵/۹	۵۱	۲۳	مدل رگرسیون لاجستیک
۳۰	۵۰/۱۴	۴۰	۳۶	مدل رگرسیون خطی
۴۶/۸	۴۲/۱۳	۳۸/۹۲	۵۰/۹	مدل پروبیت

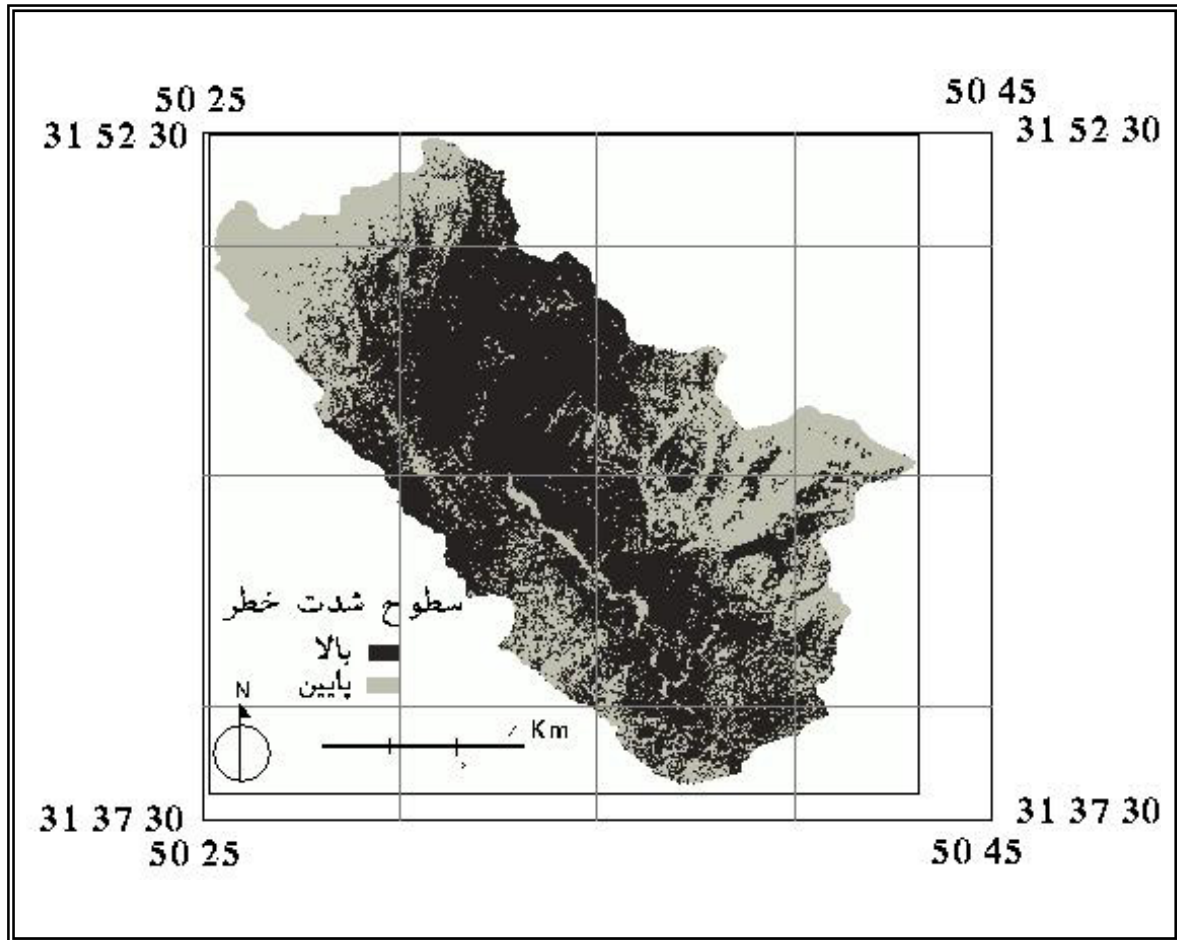
*در این روش آستانه پهنه بندی برای هر یک از روش های مدل سازی به ترتیب شماره در جدول معادل ۰/۷۵، ۰/۷ و ۰/۷ بوده است. محمودی و کرم (۱۳۷۹)

یافته های حاصل از بررسی نشان می دهد که از میان متغیرهای مورد استفاده برای پیش بینی حرکت های توده ای، متغیرهای تعداد ماه های دارای نوسان دما حول صفر درجه در طول سال (معرف اثرات یخبندان و ذوب یخ)، رطوبت دامنه، فاصله از آبراهه های اصلی، تراکم پوشش گیاهی، سبزینگی، فاصله با جاده آسفالته و عامل سنگ شناسی (آبرفت ها) اصلی ترین، مهم ترین و مناسب ترین متغیرها برای ورود به مدل و پیش بینی هستند.

هنگامی که تنهاتغیرهای توپوگرافی مد نظر قرار گیرند، عامل شیب و جهت دامنه ها اصلی ترین متغیرها می باشند. در ارتباط با متغیرهای هیدرو اقلیمی عوامل تراکم زهکشی، تعداد ماه های دارای نوسان دما حول صفر درجه، رطوبت دامنه و فاصله از آبراهه های اصلی متغیرهای مناسب و اصلی برای مدل سازی و پیش بینی هستند. در مورد عوامل زمین شناختی و پوشش - کاربری زمین نیز متغیرهای رسوب های تخریبی و آبرفت، سنگ آهک، رسوب های مارن- شیل، تراکم پوشش گیاهی، سبزینگی و فاصله با جاده آسفالته متغیرهای مناسب برای ورود به مدل و پیش بینی محسوب می شوند.

پس از مدل سازی و ساخت معادلات مناسب برای پیش بینی احتمال وقوع حرکت های توده ای در روش رگرسیون لاجستیک، نهایتاً نقشه ای تهیه شده که حوضه مورد مطالعه را به دو پهنه با خطر بالا و پایین تقسیم می کند. بر این اساس حدود ۲۰۷۹۳ هکتار از مساحت حوضه (۶۱/۷ درصد) در پهنه با خطر بالا و ۱۲۹۰۷ هکتار (۳۸/۳ درصد) از سطح کل حوضه در پهنه با خطر پایین قرار می گیرد (نقشه شماره ۳).

نقشه ۳- پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش در حوضه سرخون به روش رگرسیون لاجستیک



نتایج نشان می دهد که استفاده از عکس های هوایی قدیمی و جدید برای بررسی نواحی گسیخته شده و دارای حرکت توده ای نسبت به تصاویر ماهواره ای لندست ارجحیت بیشتری دارد؛ زیرا وضوح نواحی دارای لغزش در عکس های هوایی بسیار بیشتر است. با این وجود استفاده از داده های رقومی ماهواره ای به صورت تصاویر تراکم پوشش گیاهی، رطوبت و سبزینگی برای بررسی احتمال وقوع حرکت های توده ای، مدل سازی و پهنه بندی آنها بسیار مفید می باشد، زیرا یافته ها گویای آن است که وقوع حرکت های توده ای ارتباط بسیار قوی با تراکم پوشش گیاهی، رطوبت دامنه ها و سبزینگی دارد که همگی این فاکتورها از پردازش تصاویر ماهواره ای حاصل می شوند.

استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (ساج - GIS) برای ورود و ذخیره اطلاعات و نهایتاً مدل سازی و پهنه بندی علاوه بر افزایش دقت، سرعت و کارایی، امکان انجام محاسبات مختلف، تحلیل ها و نتیجه گیری ها را به نحو بسیار مناسبی فراهم می کند و از آنجا که داده های رقومی ماهواره ای نقش با اهمیتی در پیش بینی احتمال وقوع حرکت های توده ای، دارند بنظر

می رسد که استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی با فرمت راستری برای مدل سازی و پهنه بندی این پدیده ها مناسب تر است.

نقشه های نهایی پیش بینی و پهنه بندی خطر وقوع حرکت های توده ای برای بسیاری از سازمان ها و نهادهای مرتبط با مدیریت و برنامه ریزی منابع طبیعی و برنامه ریزی توسعه فیزیکی قابل استفاده است و از آنها می توان به عنوان مبنایی برای برنامه ریزی های آتی مدیریت منابع طبیعی (حفاظت خاک، ممانعت از تخریب جنگل ها و مراتع، درختکاری و ...) ، برنامه ریزی توسعه فیزیکی (شناخت نواحی مستعد ساخت و ساز، نواحی مستعد انتقال و جابجایی روستاها)، نواحی مستعد عبور خطوط و مسیرهای انتقال نیرو (انرژی)، شناخت نواحی مناسب برای راه سازی و همچنین برنامه ریزی های توریستی استفاده کرد.

علاوه بر روش های بکار گرفته شده در پژوهش حاضر، می توان از مدل ها و روش های دیگری نیز برای پیش بینی احتمال وقوع حرکت های توده ای بهره جست. مدل های لگا خطی^۱ و مجموعه های فازی^۲ از جمله روش های دیگری هستند که توصیه می شود در پژوهش های آتی برای مدل سازی و پیش بینی احتمال وقوع حرکت های توده ای و زمین لغزه ها مورد استفاده قرار گیرند.

منابع و مأخذ:

- ۱- ابریشمی، ح. (۱۳۷۸)، مبانی اقتصاد سنجی، جلد دوم، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، صص ۱۳۴-۱۲۲.
- ۲- ایزاتلو، اسماعیل (۱۳۷۶)، بررسی قابلیت داده های از دور و GIS برای پهنه بندی خطر حرکات توده ای در حوضه آبریز رودخانه بیدواز، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، صص ۱۴۴-۱۱۱.
- ۳- کمک پناه، علی (۱۳۷۰)، مجموعه مقالات اولین کارگاه تخصصی راهبردهای کاهش خسارات زمین لغزه در کشور، چاپ اول، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، صص ۷-۵.
- ۴- گلدسته، الف و همکاران (۱۳۷۷)، راهنمای کاربران (6) SPSS، جلد دوم، چاپ اول، انتشارات مرکز فرهنگی - انتشاراتی حامی، تهران، صص ۶۴-۴۰.
- ۵- میر صانعی، سیدرضا و رحمت ا... کاردان (۱۳۷۸)، نگرشی تحلیلی بر ویژگی های زمین لغزش کشور، مجموعه مقالات اولین کنفرانس زمین شناسی مهندسی محیط زیست ایران، چاپ اول، دانشگاه تربیت معلم تهران، صص ۷۱-۷۰.
- ۶- نیک اندیش، ن و رحمت ا... کاردان (۱۳۷۸)، نقش عوامل زمین شناسی و زمین ریخت شناسی وقوع حرکات توده ای (مطالعه موردی حوضه کارون میانی)، مجموعه مقالات اولین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، جلد اول، دانشگاه تربیت معلم، تهران، صص ۸۴-۸۳.
- 7- Chacon, J & C, Irigaray & T, Femondez. 1997. "Large To Middel scale landslide. Inventory, analysis & Mapping with in a GIS". 7th international IAEG Congeress, Balkema, Rotterdam. pp 87-92.
- 8- Dallas, E.J. 1988. "Applied Multivariate Methods for Data Analysis". California, Duxbury Press. pp 120-125.
- 9- Lopez, H,J & J,A. Zinck. 1991". GIS – assisted Modelling of Mass Movements". ITC Journal, 1991-4. pp 20-27.
- 10- Shaw, G & D, Wheeler. 1985. "Statistical Techniques in Geographical Analysis". Dublin. Jhon Wiely & sons Press. pp 55-58.
- 11- Varnes. D,J. 1984. "Landslide hazard Zonation" a review of Principles & Practice. UNESCO, Pragi. Pp 10-13.