تاریخ : ۹۴/۹/۷
شماره : ۹۴/۲۸۲۱
پیوست:

Acceptance

(گواهی پذیرش مقاله)

گواهی می گردد مقاله آقای / خانم : **افسانه ابراهیمی-روزبه شاد-مرجان قائمی**

تحت عنوان " **پیش بینی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل سیستم استنتاج نروفازی تطبیقی (ANFIS) و GIS** " در نخستین همایش و نمایشگاه بین المللی ایمنی، امنیت و مدیریت بحران در سوانح طبیعی در قالب سخنرانی پذیرش گردیده است.

علی سلگی
دبیر همایش

پیش بینی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل سیستم استنتاج نروفازی تطبیقی (ANFIS) و GIS

افسانه ابراهیمی [۱ *]، روزبه شاد[۲]، مرجان قائمی[۳].

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران_ GIS، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد afsanesur@yahoo.com
۲- استادیار گروه عمران دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استادیار مدعو گروه عمران دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

زمین لغزش (رانش) و اثرات آن به عنوان بحران جهانی محسوب می‌گردد. این پدیده اغلب منجر به خسارات جانی (به شکل مرگ، جراحت و مانند آن) و مالی می شود. در راستای حل این مشکل، بحث پیش بینی حساسیت زمین لغزش در محل رخداد از اهمیت بالایی برخوردار می‌گردد. بنابراین دراین پژوهش با هدف ارزیابی عملکرد عواملی چون کاراکترهای زمین شناسی و شرایط آب و هوایی، از ANFIS استفاده شده و عملکرد مدل تولید شده در این سیستم مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بدین منظور، در گام اول موقعیت‌های زمین لغزش منطقه‌ی مطالعاتی با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی و اندازه‌گیری‌های زمینی، شناسایی می‌شوند. در گام دوم، فاکتورهای شرطی زمین لغزش از قبیل، ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از گسل‌ها، فاصله از رودخانه‌ها و زهکش‌ها، فاصله از جاده‌ها و NDVI استخراج می‌گردند. در گام آخر، نواحی حساس به زمین لغزش توسط ANFIS آنالیز شده و بدین ترتیب مدل ساخته شده با استفاده از نمودار مشخصه‌های عامل گیرنده (ROC) ارزیابی می‌گردد و مساحت زیر نمودار (AUC) محاسبه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پیش بینی، زمین لغزش،GIS ، ANFIS، نمودار ROC.

۱- مقدمه

یافتن محل زندگی یکی از چالش‌های اصلی جهت تصمیم‌گیری مدیران، دولت مردان و محققین محسوب می‌گردند. زیرا زمین لغزش‌ها عمده‌ترین مخاطرات زمین شناسی و منابع طبیعی در اطراف جهان هستند. کشور ایران به دلیل قرار گرفتن در منطقه خاص به عنوان ششمین کشور از ده کشور نخست بلاخیز جهان می‌باشد. عواملی همچون: بارش‌های سنگین، زمین-شناسی منطقه، کاراکترهای زمین‌شناسی و بهره‌برداری نامناسب از زمین‌ها مشکل‌ساز بوده و سبب وقوع زمین-لغزش می‌گردند. بعضی از انواع زمین لغزش‌ها ناشی از شرایط آب و هوایی و یا شرایط حاکم بر آن منطقه می باشند. همه ساله پدیده‌ی زمین لغزش در بیشتر استانهای ایران، موجب خسارات اقتصادی به راهها، خطوط راه آهن، بنادر، فرودگاهها، خطوط لوله، خطوط نیرو و ارتباطات، کانالهای آبیاری و آبرسانی و تاسیسات معدنی، تاسیسات استخراج، تصفیه و پالایش نفت و گاز، جنگلها و مراتع و منابع طبیعی، مزارع و مناطق مسکونی شهری و روستایی می‌گردد. بنابراین پیش بینی زمین لغزش به-عنوان یکی از چالش‌های علمی با ارزش به حساب می-آید که اگر به نتایج موفق و علمی نایل شود، پیشرفتی ماندگار به‌حساب خواهد آمد. در تحقیقات انجام شده عوامل موثر بر رخداد زمین‌لغزش توجه پژوهشگران را به خود محصور نموده است. تحقیقات مذکور تنها به جلوگیری از این پدیده معطوف نشده، بلکه شناسایی منطقه‌ی در معرض خطر زمین لغزش، نحوه جلوگیری از ساخت و سازهای غیر مجاز و یا تعیین شیوه بهره برداری مناسب از منطقه را نیز در بر می‌گیرد. برای کاهش خسارت‌ها از سوی این پدیده، می‌توان از مدل-های پیش بینی زمین لغزش استفاده نمود. بدین منظور

عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش از قبیل: ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه ها و زهکش ها، فاصله از جاده ها و NDVI به‌عنوان فاکتورهای اصلی برای نگاشت حساسیت زمین لغزش مورد استفاده قرار می-گیرند.

در سال‌های اخیر مدل‌های آماری گوناگونی برای کاوش درخصوص اثراتی که متغیرهای گوناگون از اوایل دهه ۱۹۷۰، بیشتر تلاش محققین بر روی تولید نقشه-های توصیفی توزیع مکانی خطر زمین لغزش برمبنای GIS کاربردی بوده انجام گرفته است. زیرا تولید چنین نقشه‌هایی می‌تواند ابزاری موثر برای تصمیم‌گیرندگان و طراحان باشد[1]. این پژوهش نیز سعی دارد که با استفاده از روشی کارآمد به پیش‌بینی حساسیت زمین-لغزش بپردازد تا بتواند با مدل تولید شده، با صحت بالا، منطقه‌ی خطر را شناسایی کند. تا کنون پژوهش‌های متعددی برای مدلسازی تعدادی از زمین لغزش‌ها، صورت گرفته است تا عوامل موثر بر رخداد زمین لغزش با پیامدهای مختلف (از زیان های مالی گرفته تا مرگ و میر) را شناسایی کنند.

۲-روش بررسی

ساختار این پژوهش را می‌توان بدین صورت است که در مرحله اول، روش‌های مرسوم مدل‌سازی در زمینه نگاشت حساسیت زمین لغزش مطالعه می‌گردد و امکان پیش‌بینی وقوع زمین لغزش‌ها بررسی می‌شود. در مرحله‌ی بعد، نوع داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری شده و سیستم استنتاج نروفازی تطبیقی جهت انجام تحلیل انتخاب می‌گردد. سپس برمبنای نیازسنجی، داده‌های موثرجهت ورود به منظور مدلسازی تحلیل می‌گردند. در گام بعدی، مدل‌سازی‌های مورد نیاز به کمک ابزارها و امکانات برنامه نویسی مانند MATLAB و قابلیتهای برخی نرم افزارهای کاربردی مکانمند انجام می‌گیرد. سپس نتایج تحلیل شده به محیط سیستم اطلاعات مکانی انتقال داده شده و بررسی های تفسیری لازم در این محیط صورت می‌گیرد. در مرحله آخر، نتایج نهایی ارائه و توسط نمودار ROC ارزیابی می‌گردند.

۳-مروری بر تجربیات گذشتگان

ژو و همکارانش(در سال ۲۰۱۴)، به منظور نگاشت حساسیت زمین لغزش رویکردی خبره مبنا با استفاده از GIS و منطق فازی ارائه دادند [2]. در مقاله مذکور، اطلاعات مربوط به ارتباط بین حساسیت زمین لغزش و فاکتورهای شرطی زمین لغزش از نظر کارشناسان استخراج گردیده است و فاکتورهای شرطی زمین لغزش با استفاده از GIS تعیین می‌گردند و سپس پیش‌بینی حساسیت زمین لغزش با استفاده از منطق فازی صورت گرفت. در این مقاله به منظور آزمایش نمودن رویکرد مورد نظر از دو روش احتمالاتی و کاربردی بکار گرفته شد. روش کاربردی در این مقاله آزمون Z-Square بوده است.

کایاشتها و همکارانش (در سال ۲۰۱۳) در زمینه‌ی نگاشت حساسیت زمین لغزش در ناحیه‌ی آبخیز تیناو در غرب نپال از روش AHP با در نظر گرفتن فاکتورهای شرطی زمین لغزش، استفاده نمودند [3]. در این مقاله نقشه‌ی تولید شده با استفاده از روش‌های فیزیکی و آماری ارزیابی گردید. روش آماری بکار رفته در این مقاله آزمون خی اسکور (Chi-Square) بوده است.

ونتیست و همکارانش (در سال ۲۰۱۴) به منظور به روزرسانی نقشه‌ی موجودی چندزمانه‌ی زمین لغزش از آنالیز هوابرد SAR استفاده نموده اند[4]. مکان آزمایشی این مقاله، آلپ واقع در ایتالیا انتخاب شد. مزیت استفاده از این روش در این مقاله به این خاطر بوده است که، به روزرسانی سیستماتیک نقشه‌های موجودی زمین لغزش با نگه داشتن همه‌ی اطلاعات برروی هریک از داده‌های زمین لغزشی انجام می‌گیرد. بنابراین، این روش تبدیل به ابزاری برای تحقق و به‌روز

رسانی نقشه‌های موضوعی مانند نقشه حساسیت زمین لغزش می‌گردد.

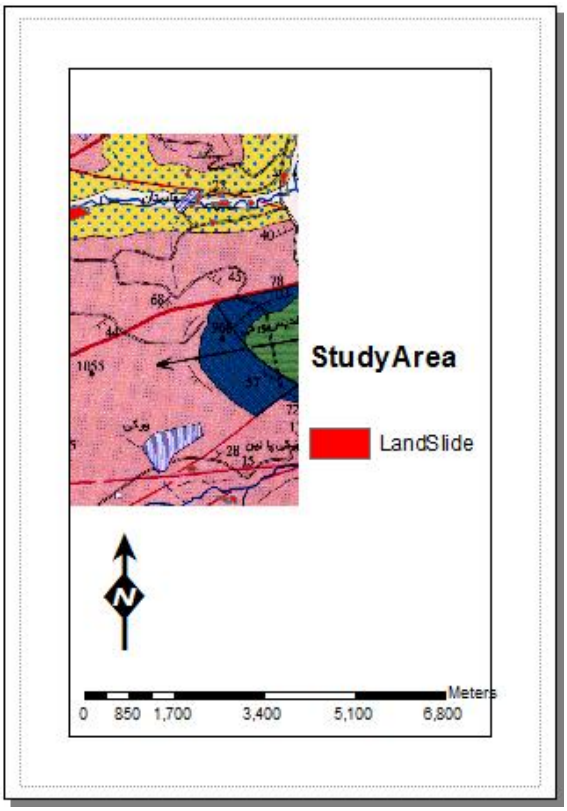
پرادهان و همکارانش (در سال ۲۰۱۴) نگاشت حساسیت زمین لغزش بوجود آمده از زلزله را با استفاده از ترکیب فرکانس نسبی (FR) و مدل رگرسیون منطقی (LR) در غرب استان ساماترا کشور اندونزی ارائه دادند [5]. از آنجائیکه فرکانس نسبی قادر به انجام تاثیر آنالیز آماری کلاس‌های هریک از فاکتورهای شرطی زمین لغزش می‌باشد و ارتباط بین فاکتورها را نادیده می‌گیرد اما رگرسیون منطقی قادر به آنالیز ارتباط بین فاکتورها می‌باشد و قادر به کلاس بندی نمودن هریک از فاکتورهای شرطی زمین لغزش نمی-باشد، به همین دلیل این مقاله روشی کلی از فرکانس نسبی و رگرسیون منطقی را به منظور غلبه و تعیین نقاط ضعیف و خفیف زمین لغزش ارائه نمود.

اما زمین لغزش‌ها به طور چشمگیری در ایران خطرناک هستند و سالیانه خسارات جانی و مالی فراوانی را به بار می‌آورند. یکی از دلایل وقوع این پدیده، توسعه‌ی بالقوه شهری و سازه‌های دست بشر در نواحی مستعد زمین لغزش‌ها می‌باشد که مناطق مورد نظر را تحریک نموده و منجر به وقوع زمین لغزش می‌گردد[6]. دلایل دیگری نیز همانند: بهره برداری نامناسب از مناطق مستعد و همچنین بارش‌های سنگین باران (شرایط آب و هوایی) می‌باشند. اکثر زمین لغزش‌ها بر شیب‌های برشی زمین‌ها یا چاله‌های کنار جاده‌ها و بزرگراه‌ها در مناطق کوهستانی و یا مناطقی با میزان بارندگی فراوان، رخ می‌دهند. با شناسایی و ارزیابی نواحی حساس و آنالیزهای صحیح علمی، کاهش خطر زمین لغزش امکان‌پذیر خواهد شد. برای دستیابی به این هدف، مقاله‌ی پیش رو سعی دارد از ANFIS و GIS کاربردی برای تهیه‌ی نقشه‌های حساسیت زمین لغزش استفاده کند.

۴-مواد و روشها

۴-۱-وضعیت زمین لغزش در استان مازندران

منطقه‌ی مورد مطالعه، شهر پل سفید روستای واستان، واقع در استان مازندران با مساحت ۳۴۶×۲۲۷ کیلومترمربع می‌باشد (مطابق شکل۱). منطقه‌ی مورد نظر در نقشه‌ی توپوگرافی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ است. این منطقه در عرض جغرافیایی ۳۷,۵ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳,۵ درجه شرقی قرار دارد.



شکل۱: نقشه زمین شناسی منطقه مطالعاتی [7]

استان مازندران به دلیل کوهستانی بودن، شرایط آب و هوایی و جنگل‌های انبوه، در معرض خطر زمین لغزش می‌باشد. متاسفانه بشر با استفاده‌های نادرست و بی‌رویه از جنگل و بهره‌برداری‌های نابجا از منطقه‌ی مورد نظر، خطر زمین **لغزش را تشدید می‌کند.** براساس مطالعات انجام شده استان مازندران در پهنه‌ی خطر نسبی متوسط قرار دارد. با اطلاعات موجود، حدوداً ۸۰

زمین لغزش موجود برای شهرستان سوادکوه و حومه‌ی آن، به عنوان داده‌های معلوم در این پژوهش در نظر گرفته شدند.

بارش‌های سالیانه استان مازندران به دلیل معتدل بودن هوا و دارا بودن اقلیم مدیترانه‌ای، خیلی بالا و حدوداً بین ۶۱۴ تا ۱۱۸۴ میلی‌متر در سال می‌باشد. روزهای خشک سال کمتر از ۱۵۰ روز و بیشتر از ۱۰۰ روز است. بدین ترتیب شدت بارش باران یکی دیگر از فاکتورهای موثر برروی زمین لغزش می‌باشد. مشاهدات زمینی انجام شده در منطقه مطالعاتی مورد نظر در سال ۲۰۱۴ انجام گرفته و اخذ گردیده است.

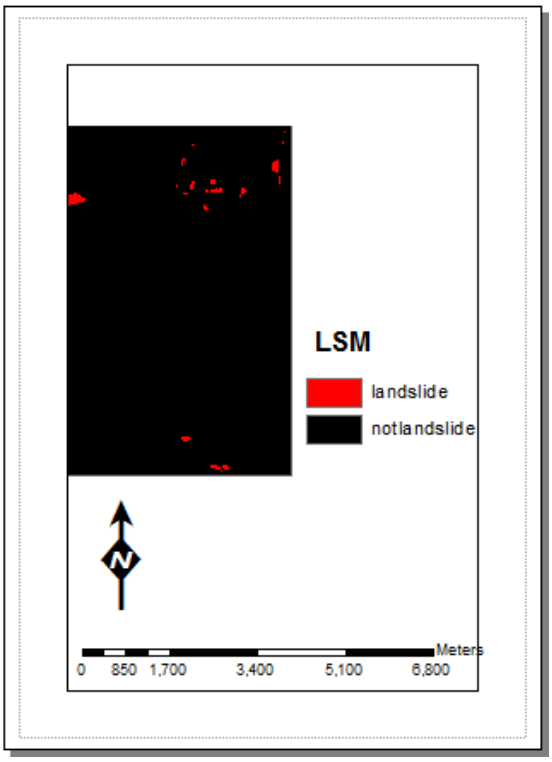
۴-۲- آماده سازی داده‌ها

داده‌های استفاده شده در این مقاله در فرمت، مقیاس، صحت و هندسه‌ی متفاوتی قرار دارند و به‌طور مستقیم برای این مقاله غیرقابل استفاده می‌باشد. بدین منظور این داده‌ها به داده‌ی ورودی مناسب برای آنالیز و مدلسازی نروفازی تبدیل می‌گردند. در جدول(۱) داده-های مورد نیاز، نوع داده‌ها و منبع جمع‌آوری داده‌ها آورده شده است.

جدول ۱- لیست داده‌ها و منبع داده‌های مورد استفاده در این مقاله

لایه‌های داده	نوع داده	منبع داده‌ها	سال اخذشده
نقشه اولیه	پلیگونی	عکس هوایی	۱۳۹۴
نقشه توپوگرافی	خطی، پلیگونی ، نقطه‌ای	سازمان زمین-شناسی استان مازندران	۱۳۹۳
NDVI	گریدی	لندست ۸	۱۳۹۳

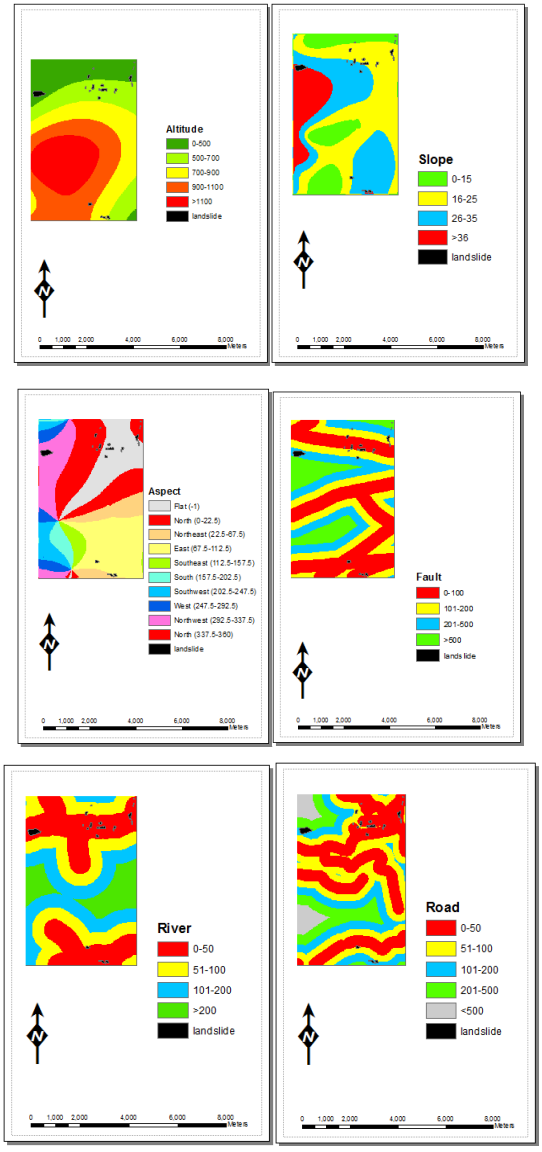
اندازه سلولی تمامی تصاویر و نقشه‌ها ۲۰ متر انتخاب گردید. تمامی داده‌های اخذ شده از سازمان زمین شناسی استان، در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ بوده است. نقشه‌ی اولیه‌ی زمین لغزش کمک موثری به فهم و تشخیص مناطق خطر و درستی پیش بینی زمین لغزش‌ها با استفاده از روش‌های گوناگون می‌نماید (شکل ۲).

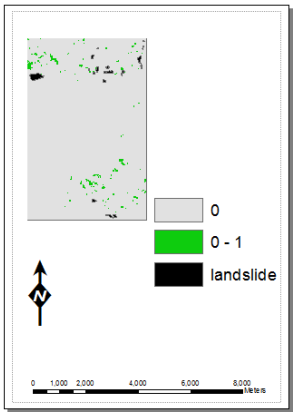


شکل ۲. نقشه‌ی اولیه‌ی وجود زمین لغزش در منطقه مطالعاتی

همانطور که قبلاً ذکر گردید، در این مقاله، هفت فاکتور شرطی زمین لغزش همچون ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از گسل‌ها، فاصله از جاده‌ها، فاصله از رودخانه و زهکش‌ها و نقشه پوشش گیاهی نرمالایز شده در نظر گرفته شد. در مشاهدات زمینی انجام گرفته مشاهده شده است که بین زمین لغزش و فاصله از رودخانه‌ها و زهکش‌ها ارتباط نزدیکی وجود دارد. در این پژوهش، نقشه NDVI به‌عنوان پارامتر شرطی زمین لغزش به منظور مشخص نمودن پوشش زمینی منطقه مطالعاتی لحاظ گردید. همه‌ی فاکتورهای بکاررفته در این پژوهش با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی تبدیل به پایگاه داده‌ی مکانی، برداری می‌گردند. به منظور تهیه-ی نقشه‌ی ارتفاعی منطقه مطالعاتی، با استفاده از داده-های ارتفاعی به صورت نقطه‌ای، مدل ارتفاعی رقومی (DEM) با منحنی میزان‌های ۲۰ متر تهیه گردید. با استفاده از نقشه ارتفاعی منطقه، شیب و جهت شیب منطقه نیز مشخص می‌گردد. نقشه شیب با استفاده از

استاندارد کلاس‌بندی به چهار کلاس به ترتیب: ۱) <۱۵°، ۲) ۱۵°-۲۵°، ۳) ۱۶ °-۳۵° و ۴) ۲۶ °-۳۶° > تقسیم شدند. از طرفی همانطور که قبلاً ذکر گردید یکی از فاکتورهای مهم در ناپایداری دامنه‌ها فاصله از رودخانه و زهکش‌ها می‌باشد.از طرفی گسل‌ها شکست-های تکتونیکی هستند که باعث کاهش فشار برروی سنگ می‌گردند ولی با جابجایی گسل‌ها اثر منفی دارند. جاده‌ها نیز یکی از عوامل محرک می‌باشند که با بهره-برداری از راه‌ها و یا عبور و مرور از مسیر، سبب تحریک منطقه به منظور حرکت کردن خاک و اجسام از دامنه-ها به سمت جاده می‌شوند. بنابراین ساخت جاده برروی مناطق شیبدار سبب ناپایداری دامنه‌ها می‌گردد[8].

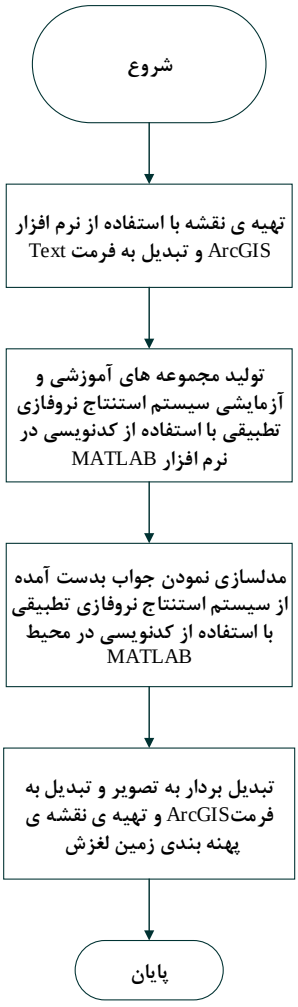




شکل۳- نقشه‌های تهیه شده از فاکتورهای شرطی زمین لغزش(به ترتیب از چپ به راست): نقشه ارتفاعی، نقشه شیب، جهت شیب، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده و NDVI.

در طی این فرآیند، همه‌ی فاکتورهای شرطی زمین لغزش به منظور به‌کارگیری در سیستم استنتاج نروفازی تطبیقی، با اندازه سلولی ۲۰ متر با ۲۲۷ ستون و ۳۴۶ سطر در محیط سیستم اطلاعات مکانی تبدیل به رستر می‌گردند.

شکل ۴ نحوه‌ی انجام کار در این پژوهش نشان داده است.



شکل ۴- فلوچارت اجرای ANFIS.

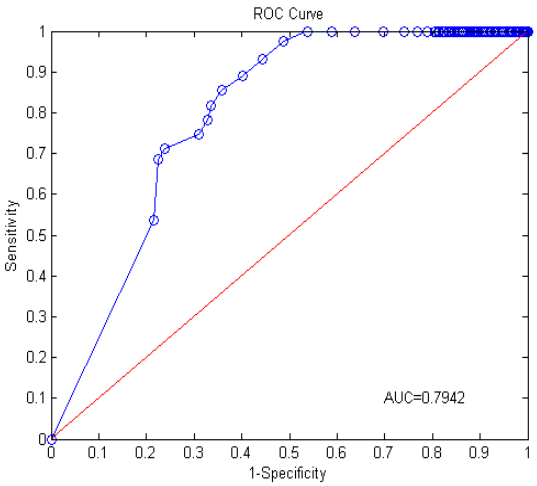
۴-۳- پیش‌بینی زمین لغزش با ANFIS

برای اجرای ANFIS در محیط نرم افزار MATLAB 2013a کدنویسی انجام گرفته شد. البته همانطور که قبلاً ذکر گردید، قبل از ورود داده‌ها به منظور مدلسازی و تعیین کارآیی سیستم استنتاج نروفازی تطبیقی ، بایستی داده‌ها نرمال‌سازی گردند تا داده‌ها یکنواخت گردند و وابستگی بین داده‌ها بوجود نیاید. بعد از آماده سازی داده‌ها و ساخت پایگاه داده و فراخوانی آن، داده-ها آموزش و آزمایش می‌گردند. در این پژوهش ۸۰ درصد از داده‌ها به‌عنوان داده‌های آموزشی و ۲۰ درصد از داده‌ها به منظور آزمایش انتخاب‌گردیدند. همچنین داده‌ها بایستی به منظور اجرای مدل به سه قسمت آموزش، آزمایش و اعتبارسنجی تقسیم شوند. ۱۰ درصد از داده‌های آموزشی به‌عنوان اعتبارسنجی تخصیص یافته است. در این پژوهش باتوجه به داده‌های بدست آمده از محیط سیستم اطلاعات مکانی و انتقال آن به محیط MATLAB ، داده‌های مورد نظر به یک ماتریس با ۸ ستون و ۷۸۵۴۲ سطر ایجاد شد که وارد سیستم استنتاج نروفازی تطبیقی گردید. بعد از آماده-سازی داده‌ها، به منظور اجرای سیستم استنتاج نروفازی تطبیقی، روش‌های مختلفی از فازی‌سازی برای پیاده‌سازی داده‌ها همچون: گریدی، درختی و خوشه‌ای (کلاسترینگ) وجود دارد که در این پژوهش از سیستم استنتاج نروفازی میانگین کلاسترینگ (FCM) استفاده گردید. در این روش نیازی به تعیین نوع توابع عضویت، تعداد توابع عضویت و نوع تابع عضویت خروجی نمی-باشد. سیستم استنتاج نروفازی تطبیقی میانگین کلاسترینگ، تعداد توابع عضویت را همان تعداد فاکتورهای شرطی زمین لغزش در نظر می‌گیرد و نوع توابع عضویت را به طور پیش فرض گوسین و از نوع خطی انتخاب می‌کند. همچنین در الگوریتم مذکور(میانگین کلاسترینگ)، هر داده قادر است که به درجه عضویت‌های مختلفی تعلق گیرد. بنابراین در مدلسازی لازم نیست که تعداد درجات عضویت معرفی گردند. سپس برای یافتن تعداد تکرار به منظور یافتن کمترین خطا در مراحل حل مساله، آزمایش داده‌ها انجام می‌گیرد که در این مقاله تعداد تکرار ۱۰۰ و حداقل خطا ۰,۰۱ در نظرگرفته شد. در نتیجه مقادیر خروجی به‌صورت قابل قبول به منظور مدل ساخته شده ارائه می‌گردند. در برنامه‌ی(کد) نوشته شده، همانطور که قبلاً ذکر گردید، آموزش و آزمایش داده‌ها با استفاده از خوشه بندی میانگین فازی انجام می‌گیرد و خطا، میانگین خطا، کمترین خطای مربعات و انحراف معیار برای خروجی پیش بینی شده‌ی داده‌های آموزشی و آزمایشی، تعیین می‌شوند. در این مقاله،

داده‌ها با استفاده از روش فازی سوگنو آموزش و آزمایش می‌گردند.

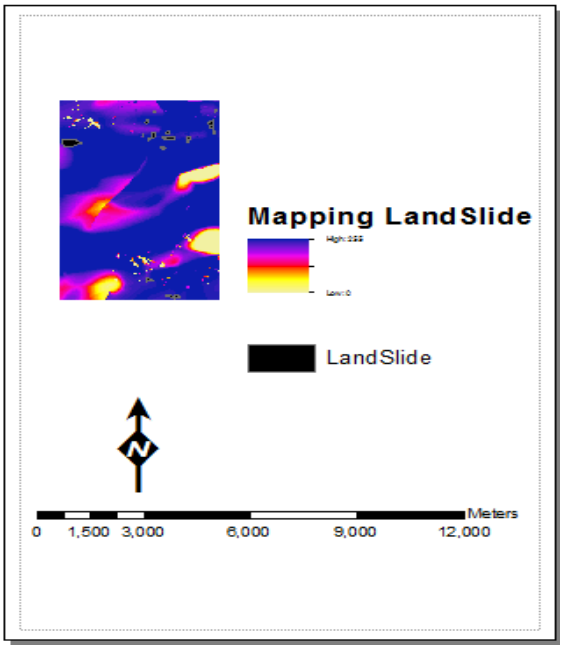
۴-۴- ارزیابی نتیجه پیش بینی خطر زمین لغزش

در این پژوهش نقشه مناطق خطر با کد یک و مناطق بی‌خطر با کد صفر نمایش داده می‌شود. سپس به منظور ارزیابی تئوری ANFIS در تحلیل خطر زمین لغزش از منحنی ROC استفاده شده است و روش از نظر صحت و اعتبار نتایج بدست آمده از طریق نمودار ROC مشخص می‌گردد (مطابق شکل ۴). نمودار مورد نظر در محیط MATLAB با استفاده از کدنویسی انجام گرفت و در نهایت سطح زیر منحنی (AUC) که نشان-دهنده‌ی دقت مدل است بدست خواهد آمد. هرچه سطح زیر منحنی بیشتر باشد دقت مدل بدست آمده بیشتر است. در این مقاله نمودار مورد نظر برای روش فازی سوگنو۷۹,۴۲ درصد محاسبه شده است (مطابق شکل ۵).



شکل ۵- نمودار ارزیابی صحت (ROC).

نقشه تهیه شده از پیش بینی خطر زمین لغزش منطقه مطابق شکل ۶ می‌باشد.



شکل ۶- نقشه خطر زمین لغزش منطقه مطالعاتی.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله، نواحی خطر زمین لغزش برای ناحیه واستان واقع در استان مازندران تهیه گردید. مقاله مورد نظر شامل سه گام اصلی همچون نقشه اولیه زمین لغزش، آنالیز و ارزیابی زمین لغزش می‌باشد. داده‌های به‌کار رفته دراین پژوهش، فاکتورهای شرطی زمین لغزش از قبیل: شیب، جهت شیب، انحناء، فاصله از گسل‌ها، فاصله از جاده‌ها، فاصله از رودخانه‌ها، فاصله از زهکش‌ها،کاربری زمین و NDVI می‌باشند. ۷۰ درصد از این داده‌ها برای آموزش و ۳۰ درصد برای آزمایش (تست)می‌گردند. داده‌های مذکور در سیستم اطلاعات مکانی (ArcGIS) پردازش می‌گردند و سرانجام به منظور انجام استنتاج نروفازی در محیط MATLAB کدنویسی انجام شد. الگوریتم فازی در این مقاله از نوع خوشه بندی میانگین فازی انتخاب گردید. نتایج به‌دست آمده از این روش دارای صحت ۷۹,۴۲ درصد ارزیابی گردید. بنابر ارزیابی انجام گرفته نتایج پیش بینی در سطح قابل قبولی قرار دارند.

۷- مراجع

[1] H. A. Nefeslioglu, C. Gokceoglu, and H. Sonmez, "An assessment on the use of logistic regression and artificial neural networks with different sampling strategies for the preparation of landslide susceptibility maps," *Eng. Geol.*, vol. 97, no. 3/4, pp. 171–191, Apr. 2008.

[2] Zhu, X .A., Wang, R., Qiao, J., Qin, Z. C., Chen, Y., Liu, J., Du, F., Lin, Y., Zhu, T. (2014). "An expert knowledge-based approach to landslide susceptibility mapping using GIS and fuzzy logic", Geomorphology.

[3] Kayastha, P., Dhital, M.R., DeSmedt, F. (2013). "Application of the analytical hierarchy process (AHP) for landslide susceptibility mapping: A case study from the Tinau watershed, west Nepal", Computers & Geosciences 52: pp. 398-408.

[4] Del Ventisette, C., Righini, G., Moretti, S., Casagli. N. (2014). "Multitemporal landslides inventory map updating using spaceborneSAR analysis", International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,30: pp. 238-246.

[5] Umar, Z., Pradhan, B., Ahmad, A., Jebur, M. N., Shafapour Tehrany, M. (2014). "Earthquake induced landslide susceptibility mapping using an integrated ensemble frequency ratio and logistic regression models inWest Sumatera Province, Indonesia", Catena 118: pp.124-135.

[6] Mohammad H.Vahidnia , Ali A.Alesheikh, Abbas Alimohammadi, Farhad Hosseinali., (2010). "A GIS-based neuro-fuzzy procedure for integrating knowledge and data in landslide susceptibility mapping". Computers and Geosciences 36, 1101-1114.

[7] سازمان زمین شناسی استان مازندران.

[8] Pradhan, B. 2010. Remote sensing and GIS-based landslide hazard analysis and cross validation using multivariate logistic regression model on three test areas in Malaysia, Advances in space research, 45: 1244-1256.