ISSN 2345 - 4997

Available online at: www.geo-dynamica.com

GRIB

Geodynamics Research International Bulletin

Vol. (3), No. 04, SN:12, Winter Issue, 2015
12th Article- P. 91 to 99

TCSN 4100 3468

The Determination of Landslide Hazard Zonation of Railway Track in Mountain Region by Using GIS: A Case Study of Khoy Railway Track

Seyed Ali Sahaf[1], Behnam Moradzadeh[2]*, Masood Masoodi[3]

[1] *Assistant professor of Civil Engineering, Department of Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad,Mashhad, Iran.*
[2,3] *MSc Student of Civil Engineering, Road And Transportation Branch, Ferdowsi University of Mashhad,Mashhad,Iran.*

* Corresponding Author (behnam_463@yahoo.com)

Article History:	Received: Mar. 08, 2014	Reviewed: Apr. 16, 2014
Revised: Jul. 10, 2014	Accepted: Nov, 06, 2014	Published: Dec. 16, 2015

ABSTRACT

Landslides is one kind of domain motions phenomenon that can incur some irreparable life and financial losses in railway industries. To recognize the susceptible landslides areas and also to locate the bulk motions are crucially necessary in planning and development of transportation industries. Khoy railway is no exception of subject; because some parts of national territory of Iran had been passed from this area. So identification of zones of potential landslide can help to railway track maintenance planning. In this study, it is tried to identify the potential landslide areas by GIS and Fuzzy logic. Therefore some consider factors such as slope, slope direction, altitude and distance from the major faults, roads and rivers. So information layers were digitized in GIS environment and Digitized maps were converted to fuzzy standard maps using fuzzy membership functions in GIS software. Then, weight of each factor was determined with the contribution of Analytical Hierarchy Process. Finally, the susceptible areas to landslide in the study area were identified using simple additive weighting (SAW) method.

Keywords: Landslide, Analytical Hierarchy process, Fuzzy Logic, GIS.

تعیین مناطق حادثه‌خیزی زمین‌لغزش ریلی در مناطق کوهستانی با استفاده از GIS: مطالعه موردی مسیر راه‌آهن خوی

سیدعلی صحاف[۱]، بهنام مرادزاده[۲]، سید مسعود مسعودی[۳]

[۱] استادیار دانشکده مهندسی، گروه مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.
[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش راه و ترابری دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، نگارنده رابط (behnam_463@yahoo.com).
[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش راه و ترابری دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

تاریخچه انتشار مقاله	تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۷	تاریخ داوری: ۱۳۹۳/۱/۲۷
تاریخ اصلاحات: ۱۳۹۳/۴/۱۹	تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۱۵	تاریخ انتشار: ۱۳۹۴/۹/۲۵

چکیده

در صنعت حمل و نقل ریلی یکی از انواع حرکات دامنه‌ای که می‌تواند خسارات مالی و جانی جبران ناپذیری وارد نماید پدیده زمین‌لغزش است. شناخت مناطق مستعد وقوع لغزش و حرکات توده‌ای از ضروریات صنعت حمل و نقل و برنامه‌ریزی برای توسعه آن است. شهرستان خوی نیز به سبب واقع شدن بخشی از راه آهن سراسری ایران در آن از

All rights reserved for GRIB

این قاعده مستثنی نیست. لذا می‌توان با شناسایی پهنه‌های مستعد زمین‌لغزش از طرق گوناگون کمک بزرگی در جهت نگهداری و برنامه‌ریزی خطوط راه‌آهن در آن انجام داد. در این تحقیق با اعمال معیارها و ضوابطی همچون شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از گسل‌های اصلی، فاصله از جاده‌ها و رودخانه‌ها و غیره سعی شده است که پهنه‌های مستعد وقوع زمین‌لغزش با استفاده از GIS و منطق فازی شناسایی شود. بدین منظور ابتدا لایه‌های مورد نظر در محیط GIS رقومی شده و سپس لایه‌های رقومی شده به نقشه‌های استاندارد فازی تبدیل شدند. پس از آن معیارهای مورد نظر با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی معمولی وزن دهی شده، سپس با استفاده از تابع عضویت فازی خطی لایه‌های مورد نظر ارزش‌گذاری شده و در انتها با همپوشانی لایه‌های ارزش‌گذاری شده با استفاده از روش وزن‌دهی جمعی ساده (SAW)، پهنه‌های مستعد وقوع زمین‌لغزش در منطقه مورد نظر به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: زمین‌لغزش، تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی، GIS.

۱. مقدمه

پدیده زمین‌لغزش همه ساله در بیشتر استان‌های کشور موجب خسارت‌های اقتصادی به راه‌ها، خطوط راه‌آهن، خطوط انتقال نیرو و ارتباطات، کانال‌های آبیاری و آبرسانی، تأسیسات معدنی، تأسیسات استخراج، پالایش نفت و گاز، شبکه شریان‌های حیاتی داخل شهرها، کارخانه‌ها و مراکز صنعتی، سدها و دریاچه‌های مصنوعی و طبیعی، جنگل‌ها و مراتع و منابع طبیعی، مزارع و مناطق مسکونی و روستاها شده یا آنها را مورد تهدید قرار می‌دهد (http://geologist63.blogfa.com).

بررسی پدیده ناپایداری دامنه‌ای برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش از یک سو به منظور شناسایی مناطق دارای قابلیت زمین‌لغزش در محدوده فعالیت بشری حائز اهمیت بوده و از سوی دیگر برای شناسایی مکان‌های امن برای توسعه زیست‌گاه‌های جدید و یا سایر کاربری‌های آتی انسان نظیر جاده‌ها، مسیرهای انتقال نیرو و انرژی و غیره در مقیاس‌های مختلف مورد توجه برنامه‌ریزان قرار دارد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۸)

لغزش عبارتست از پایین افتادن یا حرکت یکپارچه و نسبتاً سریع مواد در طول دامنه‌ها (محمودی، ۱۳۸۵) ایران با توپوگرافی کوهستانی در بخش‌های وسیعی فعالیت‌های زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی زیاد، شرایط متنوع اقلیمی و زمین‌شناسی، شرایط مساعدی برای بروز این پدیده دارد و اهمیت آن در مناطق نزدیک به سکونتگاه‌ها و تأسیسات انسانی بیشتر احساس می‌شود (صالحی‌پور، ۱۳۸۰)

با توجه به اهمیت این موضوع تحقیقات بسیاری درباره این موضوع در ایران و جهان انجام شده است که به اختصار می‌توان موارد زیر را نام برد:

خطر زمین‌لغزش در حوضه آبریز سرخون چهار محال بختیاری با استفاده از سه روش رگرسیون لاجستیک، رگرسیون خطی و پروبیت و متغیرهای مختلف انجام و مشخص شد مدل لاجستیک دارای بیشترین دقت است (کرم، ۱۳۸۴)، در مطالعه‌ای پهنه‌بندی خطر حرکات دامنه‌ای در حوضه جاجرود با استفاده از رگرسیون و GIS انجام و ۱۵۰ مورد زمین‌لغزش شناسایی شد (پیریایی، ۱۳۸۵).

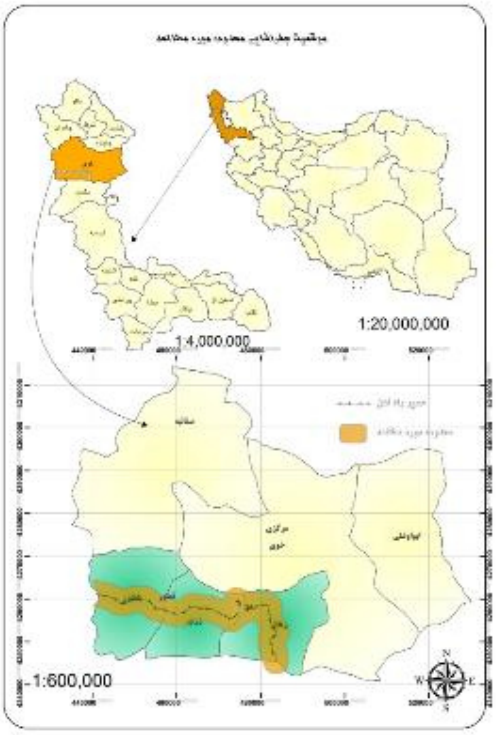
در اروپا در پروژه‌ای تحت عنوان RUNOUT برای کاهش خطر زمین‌لغزش روش‌هایی را مورد مطالعه قرار دادند و به نتایجی دست یافتند که این نتایج اهمیت مطالعه چند زمینه‌ای در مورد خطر زمین‌لغزه، ترکیب مطالب گوناگون ژئومورفولژی، زمین‌شناسی، سنجش از دور، دینامیک سیالات و ویژگی‌های اجتماعی را مورد تأکید قرار داده و همچنین لزوم درک فرآیند فیزیکی حاکم بر زمین‌لغزش، بالا بردن سطح آگاهی عمومی از خطرات زمین‌لغزش و مدیریت صحیح برای کاهش خطر را تشخیص دادند (Christopher ,2003).

۲. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه مسیر راه‌آهن در شهرستان خوی استان آذربایجان غربی است و چون زمینه مورد مطالعه بررسی زمین‌لغزش در اطراف خطوط راه‌آهن است، محدوده‌ای به شعاع سه کیلومتر فاصله از خط ریل راه‌آهن در نظر گرفته شد. این منطقه در محدوده جغرافیایی ″44°19′47.8 تا

All rights reserved for GRIB

´´44°48´45.8 طول شرقی و ´´38°21´25.81 تا ´´38°29´43.76 عرض شمالی قرار دارد و مساحتی حدود ۴۰۰۰۰ هکتار را در دو سوی ریل در بر می‌گیرد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۳. مواد و روش‌ها

در این تحقیق به منظور مکانیابی پهنه‌های مستعد زمین‌لغزش در محدوده مورد نظر با استفاده از قابلیت‌های GIS و منطق فازی نیاز به روشی داشتیم که در طول انجام آن بتوان از این دو قابلیت استفاده کرد بدین منظور روش وزن‌دهی جمعی ساده (SAW) به کار گرفته شد.

در این مدل به عوارض مختلف، کلاس‌های متفاوت موجود داده شده و ترکیبات انعطاف‌پذیرتری از نقشه‌ها به دست می‌آید که دامنه‌ای از اعداد را در بردارد.

یکی از ویژگی های این روش که موجب کاربردهای وسیع و گسترده آن می‌شود، لحاظ کردن اوزان شاخص‌های مثبت و منفی در جواب نهایی است (اکبری، ۱۳۸۷).

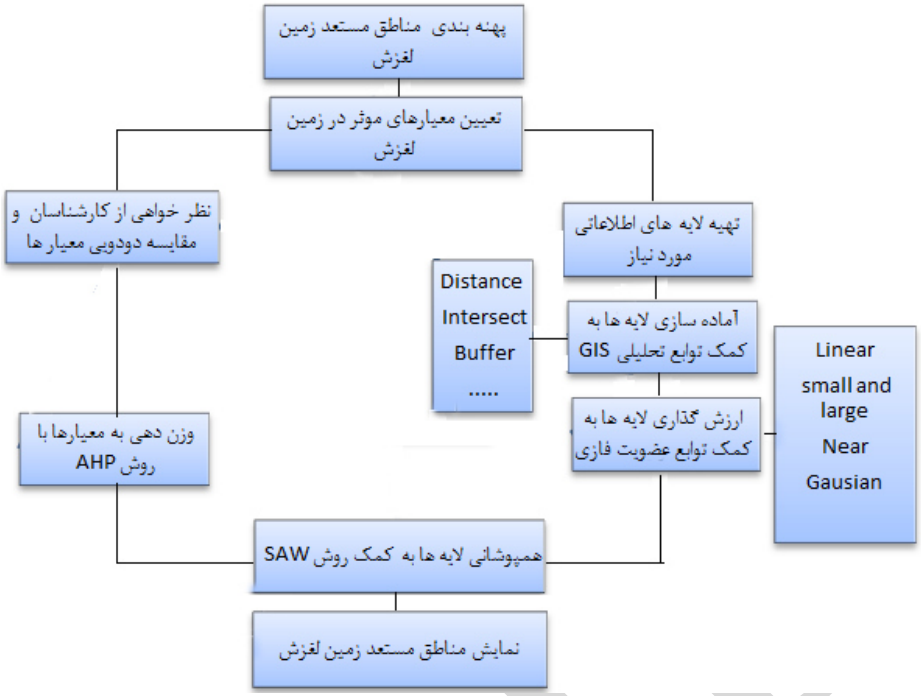
روش‌های وزن‌دهی جمعی ساده (SAW) متداولترین فنون مورد استفاده در کاربرد روی مسائل مرتبط بر تصمیم‌گیری چند صفتی فضایی‌اند. از این فنون تحت عناوین ترکیب خطی وزنی یا روش مبتنی بر نمره‌دهی (امتیازبندی) نیز یاد می‌شود. در این روش تصمیم‌گیری به طور مستقیم وزن‌هایی از اهمیت نسبی را با توجه به روش‌های مختلف وزن‌دهی، اختصاص می‌دهد، سپس وزن اهمیت تخصیص یافته به هر صفت در نمره مقیاس‌بندی شده آن صفت در گزینه مورد نظر ضرب شده و با جمع حاصلضرب‌های مذکور در رابطه با تمامی صفات، امتیاز یا نمره کل در رابطه با هر گزینه به دست می‌آید. بعد از محاسبه امتیازات کل برای تمام گزینه‌ها، گزینه‌ای که دارای بالاترین امتیاز است انتخاب می‌گردد. به طور رسمی در قاعده تصمیم‌گیری برای ارزیابی هر گزینه یا A_i از فرمول ذیل استفاده می‌شود:

$$A_i = \sum_j w_j x_{ij} \qquad (۱)$$

که در آن x_{ij} معرف نمره گزینه iام در ارتباط با صفت jام و w_j وزن استاندارد شده است (انفجاری، ۱۳۸۸).

روش مبتنی بر SAW را می‌توان برای استفاده از هر سیستم GIS که دارای قابلیت‌های همپوشی است، عملیاتی کرد. فنون همپوشی امکان ترکیب لایه‌های مرتب بر نقشه معیار ارزیابی را جهت تعیین لایه مرکب (نقشه‌های خروجی) فراهم می‌آورند (مالچفسکی، ۱۳۸۵). با توجه به روش مطرح شده برای رسیدن به اهداف مورد نظر در این تحقیق، چهارچوب اصلی و روش کار انجام شده در نمودار زیر نشان داده شده است (شکل ۲):

All rights reserved for GRIB



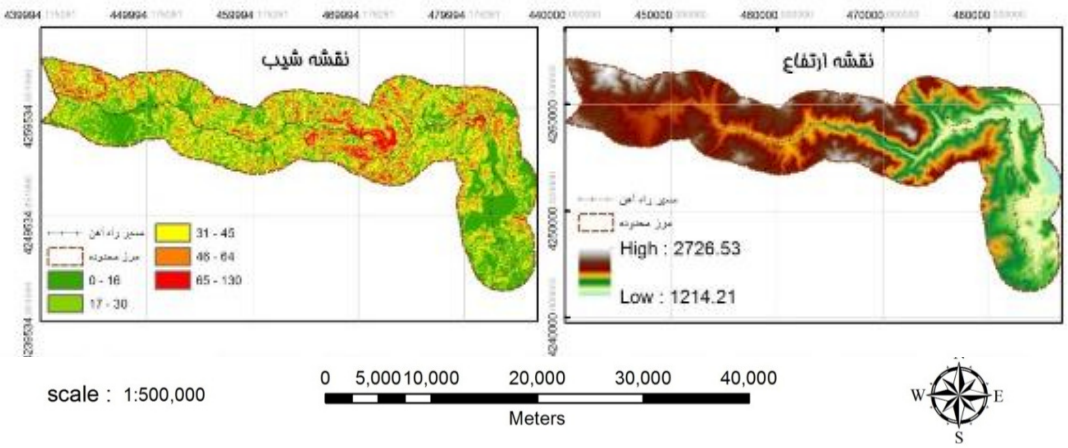
شکل ۲. فرآیند پهنه‌بندی

٤. بحث و نتایج

٤. ۱. معیارهای موثر

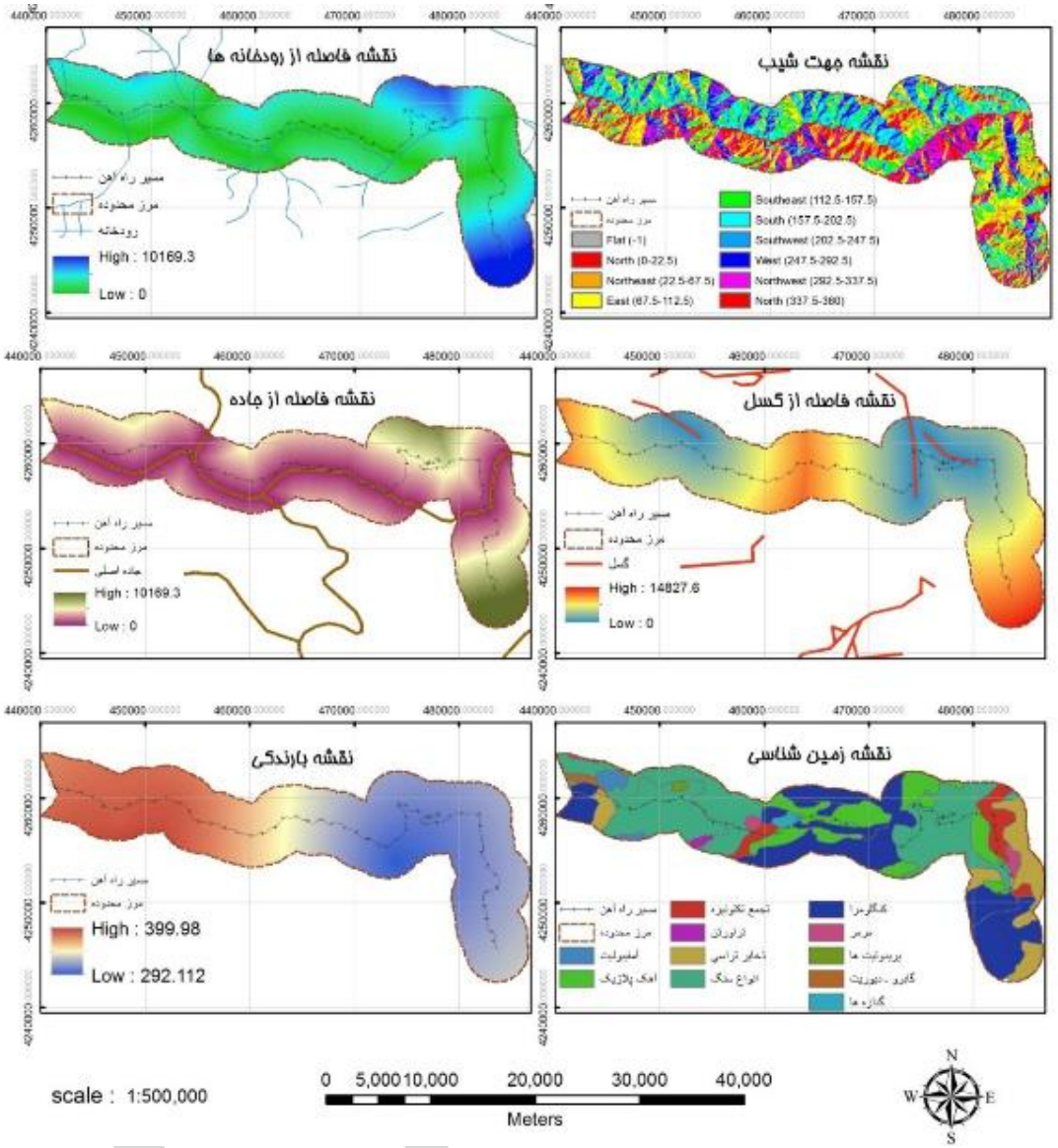
عوامل و معیارهایی بسیاری در بروز زمین‌لغزش مؤثر هستند که با توجه به مطالعات قبلی، منطقه مورد نظر، لایه‌های اطلاعاتی موجود و قابل استفاده در GIS و نظرات کارشناسان مختلف معیارهای زیر انتخاب شدند:

شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، زمین‌شناسی، میانگین بارش که نقشه هر کدام در زیر دیده می‌شود (شکل‌های ۳):



شکل ۳. نقشه معیارهای مورد نیاز (شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، زمین‌شناسی، میانگین بارش)

All rights reserved for GRIB



ادامه شکل ۳. نقشه معیارهای مورد نیاز (شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، زمین‌شناسی، میانگین بارش)

٤. ۲. وزن‌دهی به معیارها

از مشکلات رایج تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، اهمیت متفاوت معیارها و زیر معیارها برای تصمیم‌گیران است. از این رو اطلاعاتی در مورد اهمیت نسبی هر یک از معیارها و زیرمعیارها نسبت به هم مورد نیاز است. استخراج و تعیین وزن گام مهمی در استخراج معیارهای تصمیم‌گیری است. وزن داده شده به صورت یک عدد در ارزیابی دخالت داده می‌شود که این عدد بیانگر اهمیت نسبی آن معیار نسبت به سایر معیارها است. معمولاً وزن‌ها به صورتی که مجموع آنها برابر یک شود، نرمالیزه می‌شوند (کریمی، ۱۳۸۶). در این تحقیق از روش وزن‌دهی مقایسه دوتایی (AHP) استفاده شده است. روش مقایسه دوتایی به دلیل داشتن مبنای تئوریکی قوی، دقت بالا، سهولت استفاده، دارا بودن ارزش اعتبار و درستی و دقت نتیجه، یکی از معتبرترین و پرکاربردترین روش‌ها است (مالچفسکی، ۱۳۸۵).

جهت وزن‌دهی به معیارها نظر کارشناسان وارد نرم‌افزار مربوط به روش AHP با نام Expert Choic شد و خروجی‌های زیر به دست آمد (جدول ۱ و شکل ۴):

All rights reserved for GRIB

جدول ۱. نتایج حاصل از فرآیند وزن دهی معیارها

slope	aspect	dtofault	dtoriver	geology	dtoroad	rain	elevation
	7.0	4.0	2.0	2.0	2.0	3.0	7.0
		3.0	2.0	6.0	3.0	4.0	3.0
			3.0	3.0	3.0	3.0	5.0
				2.0	2.0	3.0	7.0
					1.0	2.0	7.0
						2.0	7.0
							5.0
Incon: 0.09							

شکل ۴. وزن‌های به دست آمده برای هر یک از معیارها

٤. ۳. آماده‌سازی لایه‌ها

در فرآیند مکانیابی، استخراج لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز، اولین مرحله از مراحل عملی تحقیق است که طی آن لایه‌های نقشه‌ای هر یک از معیارها و زیر معیارهای آنها استخراج شده و برای انجام مراحل بعدی وارد پایگاه داده GIS می‌شود. این مرحله شامل رقومی‌سازی، زمین مرجع نمودن و GIS Ready نمودن لایه‌های اطلاعاتی است (احمدی آذری، ۱۳۸۶)

پس از تهیه نقشه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز معیارهای ذکر شده با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS 10.2، در سیستم مختصات WGS_1984_UTM_Zone_38N زمین مرجع شدند. لازم به تذکر است که در تمام محاسبات و آنالیزها در طول این تحقیق اندازه خروجی پیکسل‌های نقشه‌ها(cell output size) برابر ده متر در نظر گرفته شد یعنی کلیه محاسبات و آنالیزها بر روی مربعی به مساحت ۱۰۰ متر مربع در روی سطح زمین انجام می‌شود. هر چند که این مقدار حجم محاسبات را بالا می‌برد ولی از دقت بالاتری نیز برخوردار است.

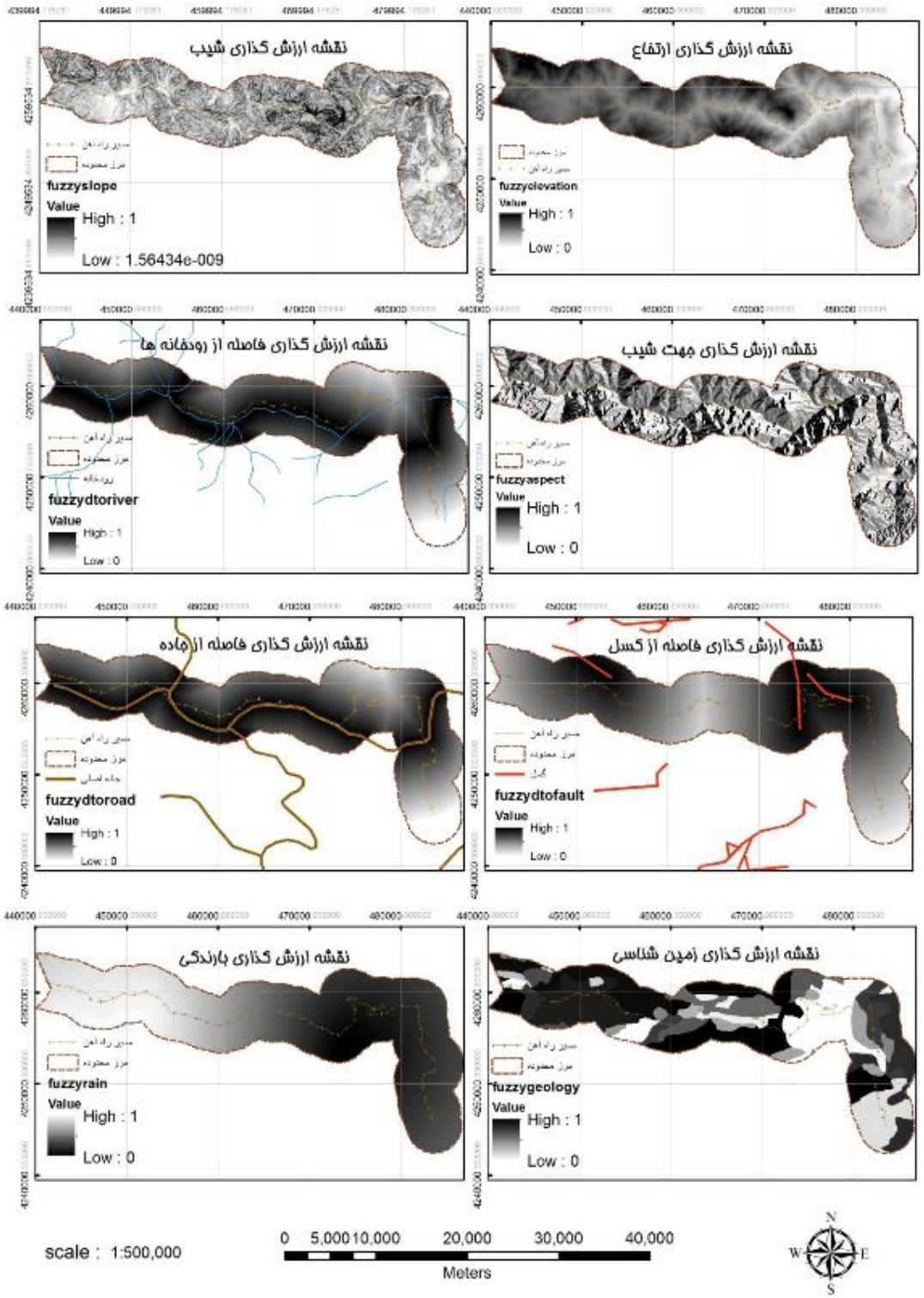
٤. ٤. ارزش‌گذاری و تلفیق معیارها

تا این مرحله اهداف، داده‌های مورد نیاز و شاخص‌های مؤثر در شناسایی پهنه‌های بهینه و وزن هر یک مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در فرآیند تصمیم‌گیری بایستی شرایطی فراهم شود تا جمع کلیه شاخص‌های مؤثر امکان‌پذیر باشد. بنابراین باید ارزش محدوده‌های شهر از لحاظ هر یک از شاخص‌ها به صورت کمی با واحد یکسان با سایر شاخص‌ها مشخص شود.

روش منتخب به منظور ارزش‌گذاری لایه‌های موضوعی، منطق فازی است. در این روش با استفاده از توابع عضویت فازی که برخی از آنها از پیش تعیین شده و دستورات آن در نرم‌افزار وجود دارد و یا توسط کاربر تعریف می‌شود، محدوده مورد مطالعه در هریک از لایه‌ها در فاصله‌ای بین ۰ تا ۱ ارزش‌گذاری می‌شود. جهت تلفیق لایه‌های حاصل با

All rights reserved for GRIB

استفاده از وزن‌های به دست آمده، روش وزن‌دهی جمعی ساده (SAW) مورد استفاده قرار می گیرد.



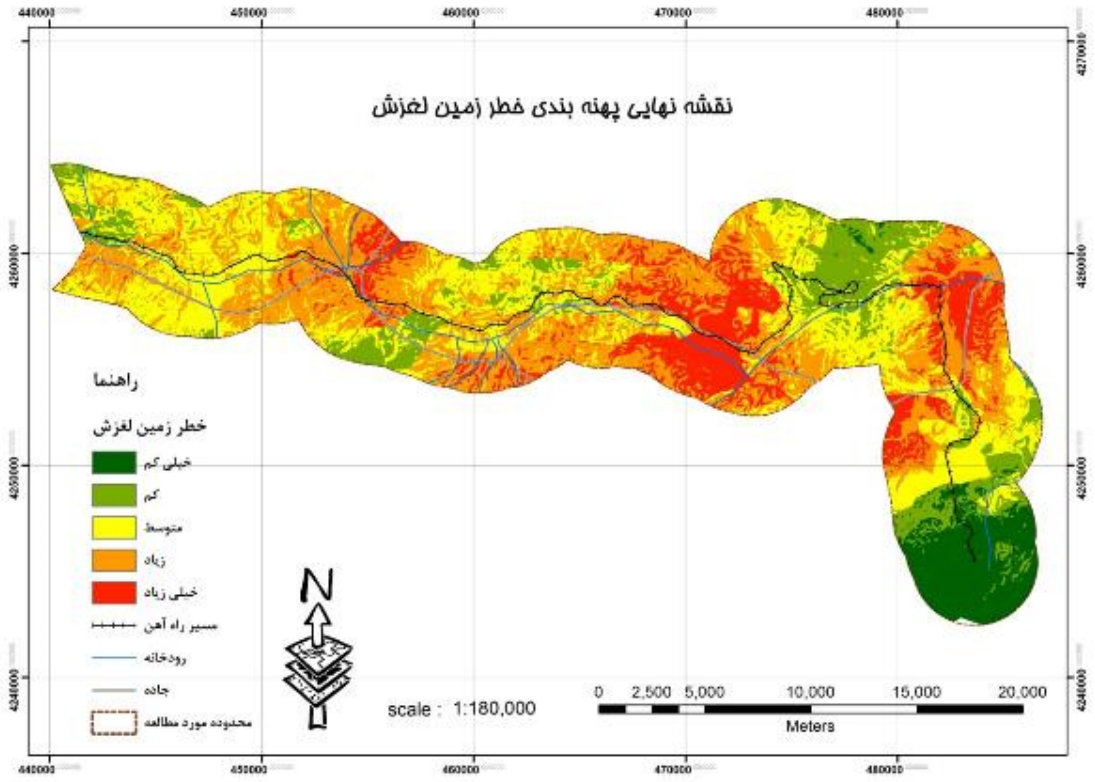
شکل ۵ لایه ارزش گذاری شده متغیرها

All rights reserved for GRIB

پس از ارزش‌گذاری لایه‌ها نوبت به تلفیق لایه‌ها می‌رسد. با توجه به روش انتخاب شده جهت تلفیق، وزن‌های به دست آمده در سطح اول و لایه‌های نهایی ارزش‌گذاری شده (فازی) با ضرب هر یک از ضرایب در ارزش هر یک از پیکسل‌ها در لایه فازی شده، ارزش‌گذاری نهایی پهنه‌های حوزه با اعمال ضرایب اهمیت آنها به دست می‌آید که در نهایت تمام لایه‌های به دست آمده با هم جمع شده و ارزش نهایی هر یک از پیکسل‌ها به دست می‌آید که دامنه این ارزش‌ها بین صفر و یک است.

جهت شناسایی پهنه‌های مستعد بایستی نقشه ارزش‌گذاری شده نهایی طبقه‌بندی شود. در این طبقه‌بندی پیکسل‌هایی که ارزش آنها نزدیک به یک یعنی دارای وضعیت مستعدتر از نظر کلیه معیارها نسبت به سایر محدوده‌ها بوده به عنوان پهنه‌های پر خطر در نظر گرفته شده‌اند. این طبقه‌بندی بر اساس تابع شکست طبیعی (Natural Break) که از توابع GIS است توسط خود نرم‌افزار انجام شده است. توسط این تابع جاهایی که تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر مناطق داشته‌اند به عنوان پهنه‌های بهینه محسوب می‌شوند.

شکل (۶) پهنه‌های مستعد و شناسایی شده را به صورت طبقه‌بندی شده نشان می‌دهد:



شکل ۶. پهنه‌های مستعد زمین‌لغزش

۵. نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از روش وزن‌دهی جمعی ساده (SAW) با به کارگیری منطق‌های تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی در محیط GIS نشان داده شد که مدل ترکیبی به کار رفته از توانایی بالایی در پهنه‌بندی برخوردار است. ویژگی این مدل ترکیبی جدید و به خصوص مبتنی بودن آن بر GIS این امکان را به ما می‌دهد که با تغییرات نسبی برای اهداف مختلف و در شرایط گوناگون جغرافیایی به کار می‌رود.

All rights reserved for GRIB

نتایج به دست آمده از تحقیق، به شرایط منطقه مورد مطالعه و وضعیت لایه‌های تعریف شده بستگی زیادی داشته و روش‌های مختلف مکانیابی در شرایط و مکان‌های مختلف ممکن است نتایج متفاوتی را ارائه کند. بنابراین همیشه بهترین روش روشی است که با توجه به شرایط و محدودیت‌های محلی بهترین نتیجه را ارائه دهد. نتایج حاصله به شدت از شرایط محلی تأثیر می‌پذیرند، این شرایط در واقع همان معیارهای تعریف شده به صورت لایه‌های اطلاعاتی هستند که به عنوان کلاس‌های نامناسب یا محدودیت اعمال می‌شوند. حال می‌توان با جاگذاری حسگر در محل‌های مستعد زمین‌لغزش که در شکل (۶) مشخص شده و اتصال آن به مرکز GIS در هنگام وقوع خطر زمین‌لغزش با آگاه‌سازی قطار در حال حرکت از طریق ماهواره را متوقف نموده و از وقوع خسارات جانی و مالی جلوگیری نمود.

پیشنهادات

روش AHP فازی به علت استفاده از نظر کارشناسان به صورت بازه ای از اعداد، یکی از مشکلات اساسی در روش معمول AHP یعنی اعتماد کامل به نظر کارشناسی را حل نموده است. پس بهتر است در تحقیقات آتی از این روش استفاده شود. در این تحقیق جهت ارزش‌گذاری لایه‌ها از روش فازی‌سازی خطی استفاده شده است، جهت رسیدن به نتایج مطلوب‌تر می‌توان از سایر روش‌های فازی‌سازی (نظیر small and larg , Near, Gaussian و...) استفاده نمود.

منابع

اکبری، ن. ا.. زاهدی‌کیوان، م.(۱۳۸۷)*کاربرد روش‌های رتبه‌بندی و تصمیم‌گیری چند شاخصه*. چاپ اول، وزارت کشور، سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور

انفجاری، ح. (۱۳۸۸) *مکانیابی پارکینگ‌های عمومی شهری با استفاده از GIS فازی (نمونه موردی: حوزه میانی غربی مشهد)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیروان.

روژه کک (۱۳۸۸) *ژئومورفولوژی دینامیک – دینامیک درونی و دینامیک بیرونی*. ترجمه محمودی ، ف. ا.، انتشارات دانشگاه تهران

صالحی‌پور، ع. ر. (۱۳۸۰) *بررسی پارامترهای هیدرومورفیک مؤثر در در حرکات دامنه‌ای حوضه آبریز قموری چای با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی*. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

احمدی آذری، ک. (۱۳۸۶) *مکان‌یابی پارکینگ به کمک پیاده‌سازی الگوریتم تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به روش OWA در محیط GIS*. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد.

محمدی م.، ماردی م. ر.، فیض‌نیا س.، پورقاسمی ح. ر. (۱۳۸۸) اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش و تهیه نقشه خطر آن با استفاده از مدل‌های ارزش اطلاعات و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: بخشی از حوزه آبخیز هراز). *مجله علوم زمین*، ۱۹(۷۴).

کرم، ع. ا.، محمودی، ف. ا.. (۱۳۸۴)، مدل‌سازی کمی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در زاگرس چین خورده (مطالعه موردی: حوضه آبریز سرخون در استان چهارمحال و بختیاری). *مجله پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۵۱.

کریمی، و.، عبادی، ح.، احمدی، س. (۱۳۸۶) *مدلسازی مکانیابی تأسیسات شهری با استفاده از GIS با تأکید بر مکانیابی پارکینگ‌های طبقاتی*. همایش و نمایش ملی ژئوماتیک ۸۶، سازمان نقشه‌برداری کشور.

پیریایی، ز. (۱۳۸۵) *پهنه‌بندی خطر حرکات دامنه‌ای در حوضه جاجرود به روش رگرسیون لوجستیک و سیستم اطلاعات جغرافیایی*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم.

مالچفسکی، ی. (۱۳۸۵) *سامانه اطلاعات جغرافایی و تحلیل تصمیم چند معیاری*. ترجمه پرهیزکار ا.، غفاری گیلانده ع.، چاپ اول، انتشارات سمت.

کرم ا.، تورائی م. (۱۳۹۲) پهنه‌بندی استعداد اراضی نسبت به وقوع لغزش با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: محور هراز از رودهن تا رینه). *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۳ (۲۸).

سایت اینترنتی ،قابل دسترس در http://geologist63.blogfa.com

Christopher R.J. K., Alessandro P. (2003) Major risk from rapid large volume landslide in Europe (EU project RUNOUT). *Geomorphology*, 54.

All rights reserved for GRIB