پيش‌بيني خطر ناپايداري شيب‌هاي طبيعي با استفاده از عملگرهاي ضرب و جمع جبري فازي در البرز مركزي

محسن شريعت‌جعفري*[١] و رامين حامدپناه[٢]
[١] عضو هيات علمي پژوهشكده حفاظت خاک و آبخيزداري كشور، ايران
[٢] كارشناس پژوهشكده حفاظت خاک و آبخيزداري، ايران
(تاريخ دريافت: ٨٣/٢/٢٢، تاريخ تصويب: ٨۴/١١/١۵)

چكيده

در اين تحقيق نتايج تحليل خطر وقوع ناپايداري شيب‌هاي طبيعي با استفاده از عملگرهاي فازي ارايه شده است. نتايج خروجي مدل‌هاي فازي به‌دليل برخورداري از انعطاف‌پذيري لازم در ارزش‌گذاري گزاره‌ها نسبت به مدل‌هاي كلاسيك با واقعيت منطبق‌ترند. مجموعه اطلاعات ورودي مورد استفاده در ارزيابي پتانسيل خطر لغزش در اين تحقيق شامل شيب، ليتولوژي، لرزه‌خيزي و بارش است. از نقشه ثبت لغزش نيز در ارزيابي نتايج خروجي مدل‌ها استفاده شده است. در مجموع، عملگر ضرب جبري فازي اثر افزايشي داشته است، به بياني ديگر، به‌دليل ضرب مقادير درجات عضويت لايه‌ها در هر پيكسل، امتياز كل به سمت صفر ميل مي‌كند، بنابراين امتياز زياد در پيكسل‌هاي خروجي اين نقشه بيانگر حساسيت زياد از لحاظ ناپايداري شيب‌هاست. براي مقايسه نتايج نقشه‌هاي خروجي پهنه‌بندي خطر رانش زمين، از دو شاخص نسبت دانسيته (Dr) و مطلوبيت(Qs) استفاده شده است. بر اساس شاخص مطلوبيت، نقشه خروجي در مدل ضرب جبري فازي حساسيتي نزديک به دو برابر مدل جمع جبري فازي دارد. بر اساس مقادير شاخص نسبت دانسيته ،كلاس‌هاي خطر بالا در مدل‌هاي مذكور از صحت و دقت بيشتري نسبت به كلاس‌هاي خطر پايين‌تر برخوردارند.

واژه‌هاي كليدي: ناپايداري شيب‌ها، زمين‌لغزش، پهنه‌بندي، عملگرهاي فازي و البرز مركزي

نويسنده مسئول: تلفن: ٠٢١-۴۴٩٠١٢۴٠ فاكس: ٠٢١-۴۴٩٠۵٧٠٩ E-mail: mshariatj@hotmail.com

مقدمه

ارزيابي خطر ناپايداري شيب‌ها و ديگر رخدادهاي طبيعي بر اساس روش‌ها و مدل‌هاي مختلف مبتني بر منطق‌هاي دوارزشي به‌دليل مطلق‌گرايي و عدم انعطاف‌پذيري، با واقع‌گرايي لازم همراه نيست. در اين روش‌ها با توجه به اينكه مرز ارزش‌گذاري گزاره‌ها، قطعي در نظر گرفته مي‌شوند، براي مثال يک درجه اختلاف در مقدار شيب دامنه در مرز دو طبقه از شيب در مواردي ممكن است موجب واقع شدن دامنه در گستره‌اي با يک كلاس اختلاف شود و ارزش گزاره را به اندازه يك طبقه تغيير دهد، در صورتي‌كه در عمل يک درجه اختلاف در شيب، نبايد تأثير تعيين‌كننده‌اي در وقوع يک پديده داشته باشد.

در راستاي دستيابي به انعطاف‌پذيري بيشتر و تحليل واقع‌بينانه در دهه‌هاي اخير، محققان اقدام به تعريف روش‌هاي مبتني بر منطق‌هاي چندارزشي كرده‌اند. منطق‌هاي سه‌ارزشي عسكرزاده، لوكاسويچ[۱]، بوخوار[۲] و هي‌تينگ[۳] (به نقل از گريم اف، بوهام كارتر)، از اين جمله‌اند(۴). بعدها منطق‌هاي چهارارزشي و بيشتر ارائه شدند. پروفسور عسكرزاده در ۱۹۶۵ با ارائه نظريه مجموعه‌هاي فازي، براي اولين بار اقدام به ارائه مباني منطق‌هاي فازي چندارزشي كرد. روش‌هاي مبتني بر اين نظريه همچنان در حال توسعه‌اند و هر سال با ارائه روش‌هاي جديدتري بر مبناي مفاهيم نظريه مجموعه‌هاي فازي اين امكان فراهم مي‌شود تا به استدلال‌هاي غير قطعي مبهم و نامعين ذهن انسان صورتبندي رياضي بخشيده شود. اين منطق توانايي زيادي در صورت‌بندي وجوه تقريبي استدلال دارد و بر خلاف منطق‌هاي دوارزشي كه به بيان قطعيت‌ها مي‌پردازند، بيانگر عدم قطعيت‌هاست. اين نظريه از بهترين الگوها براي ارزيابي و بيان عدم قطعيت‌هاي ناشي از تشخيص و قضاوت انساني و به بياني عدم اطمينان‌هايي از نوع امكاني است. در منطق چندارزشي فازي بر خلاف منطق‌هاي دوارزشي كه حاصل عبارت هر صورت گزاره‌اي در آن به ازاي هر ارزش‌دهي به متغيرهاي آن محدود به دو مقدار صفر يا يك است، حاصل صورت گزاره‌اي به ازاي مقادير مختلف از ارزش‌دهي به متغيرهاي آن مقاديري نامحدود بين صفر و يك خواهد بود، ازاين‌رو حداكثر انعطاف‌پذيري در تصميم‌گيري را مهيا مي‌كند. علاوه بر نظريه مجموعه‌هاي فازي، نظريه‌هاي ديگر در چارچوب مفاهيم مطرح در منطق فازي و براي تحليل عدم قطعيت‌ها تعريف شده‌اند. اين نظريه‌ها اغلب به دليل نوع برداشت‌ها و ساختارهاي منطقي كاملاً از هم متمايزند، ولي در تضاد با يكديگر نيستند و به گونه‌اي نيست كه در حل مسائل علمي نتوان همزمان از تعدادي از آنها استفاده كرد. در اين راستا نظريه‌ها و مدل‌هايي ارائه شده كه ماهيت مشترك و تركيبي بين دو يا چند نظريه منطقي فازي دارند. اغلب جنبه‌هاي تمايز اين نظريه‌ها و مدل‌ها ناشي از نوع نگرش و نگاه به عدم قطعيت‌ها و ارزيابي آنهاست.

در ايران سابقه استفاده از مدل‌هاي فازي درحل مسائل در زيرمجموعه علوم زمين، اندک است، كه از آن جمله مي‌توان به تحقيقات مهدويفر (۲۰۰۰) و اشقلي فراهاني (۱۳۸۰) درمبحث ناپايداري شيب‌ها اشاره كرد. از نمونه تحقيقات انجام‌شده در بقيه كشورها در بحث ناپايداري شيب‌ها و ارزيابي خطر، تحقيقات لي وشي (۱۹۸۹) ميكائيل (۱۹۹۱) جانگ، لي، شي[۴] (۱۹۹۲)، برسلي، مگالدي و تاليني[۵] (۱۹۹۸) ، نواري ولينگ[۶] (۱۹۹۹)، دوداگدار و وينگام تا چالم[۷] (۲۰۰۰)، و جوادي (۲۰۰۰) را مي‌توان نام برد.

۱- J.Lukasiewicz
۲- Bochvar
۳- A. Heyting
۴- Chung، Lee، Sheu
۵- Borselli ، Magaldi ،Tallini
۶ – Nawari & Liang
۷- Dodagodar & Venkatachalam

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسي

منطقه مورد بررسي از ديدگاه زمين‌ساخت ايران بخشي از البرز مركزي واقع در محدوده‌اي با طول جغرافيايي°٣۵ و ′۵ تا °٣۶ و ′٣٠ و عرض °۵٢ تا°۵٢ و′٣٢ دقيقه شمالي است. اين منطقه مساحتي بالغ بر ١٨٧٧ كيلومتر مربع دارد و به‌دليل حضور گسل‌هاي فعال و آتشفشان دماوند، از مناطق فعال ژئوديناميكي محسوب مي‌شود (چالنكو ١٩٧۴-بربريان ١٩٨٣) (٣).

حداكثر ارتفاع منطقه ۵۶٧٨ متر است و با توجه به حضور قابل توجه مراكز جمعيتي و اقتصادي در محدوده بزرگراه‌هاي هراز و فيروزكوه، آسيب‌پذيري از پديده‌هاي طبيعي زياد است. مهم‌ترين رودخانه منطقه هراز است و پديده لغزش زمين در شيب‌ها و ارتفاعات مشرف بر آن نقش تعيين‌كننده در رسوب و گل‌آلودگي آن دارد.

داده‌ها و منابع تحقيق

پيش‌بيني برآورد پتانسيل خطر ناپايداري شيب‌ها، مستلزم تعيين برايند اثر لايه‌ها يا عوامل مؤثر در وقوع پديده در هر پهنه با روش مناسب است. در اين تحقيق بررسي و تحليل خطر در دستگاه منطقي چندارزشي فازي انجام شده است. در تهيه لايه‌هاي اطلاعات از منابع و نقشه‌هاي ١٠٠٠٠٠: ١ زمين‌شناسي، ۵٠٠٠٠: ١ توپوگرافي، داده‌هاي لرزه‌خيزي دستگاهي و تاريخي، داده‌هاي هواشناسي و بارش ايستگاه‌هاي منطقه و تفسير عكس‌هاي هوايي ٢٠٠٠٠: ١ استفاده شده است. اطلاعات موجود با پيمايش و برداشت‌هاي صحرايي تكميل و اصلاح شدند.

روش تحقيق

فرض لازم در تحقق اهداف پهنه‌بندي خطر رانش زمين در هر منطقه، انطباق عوامل ورودي مدل با شرايط محيطي و زمين‌شناسي مؤثر در ناپايداري شيب‌هاي منطقه است.

در اين تحقيق تحليل خطر بر مبناي چهار عامل عمده مؤثر در ناپايداري شيب‌ها شامل سنگ‌شناسي يا جنس مواد تشكيل‌دهنده شيب (ازعوامل ذاتي)، شيب توپوگرافي (به‌عنوان عامل مؤثر ژئومورفولوژيكي)، شتاب ثقل زمين و بارش باران (از عوامل محرك محيطي) انجام شده است.

بعد از تهيه منابع و اطلاعات لازم، كليه مراحل تحقيق شامل ساماندهي اطلاعات، اجراي مدل‌ها و ارزيابي نتايج در محيط GIS انجام گرفته است. تجزيه و تحليل يا فرايند استنباط و دريافت مفاهيم از داده‌ها با توجه به حجم زياد محاسبات در سيستم GIS انجام شد. كليه اطلاعات تهيه‌شده در فرمت‌هاي رستري و برداري در سيستم اطلاعات جغرافيايي ذخيره مي‌شوند، كه اين عمل با توجه به ماهيت اطلاعات تهيه‌شده به كمك ديجيتايزر و نرم‌افزارهاي كمكي مانند (R to V) انجام شده است.

در محيط GIS تجزيه و تحليل داده‌ها طي سه مرحله انجام شد:

مرحله اول

ساختن پايگاه داده‌هاي فضايي و به بياني ورود و سازماندهي داده‌هاي فضايي مربوط به لايه‌هاي مختلف مورد استفاده در مدل‌ها شامل اطلاعات زمين‌شناسي (ليتولوژي)، توپوگرافي، شتاب ثقل زمين، بارش و پراكنش لغزش‌ها كه در قالب مدل‌هاي رستري و در نهايت برداري در سيستم ساماندهي شدند.

مرحله دوم

مرحله پردازش داده‌ها كه شامل طبقه‌بندي داده‌ها و استخراج نقشه‌هاي مشتق‌شده از لايه‌هاي مختلف است.

اين عمليات با استفاده از مدل‌ها و قوانين مربوط در سيستم انجام مي‌شود، به‌طوري‌كه نتيجه خروجي تابعي از ٢ يا چند لايه يا نقشه ورودي تركيب شده است. مدل ممكن است رابطه منطقي بسيار ساده‌اي باشد يا از روابط پيچيده رياضي و آماري تشكيل شده باشد.

مرحله سوم

در روش تحقيق شامل وزن‌دهي به لايه‌هاي اطلاعات ساماندهي‌شده و تركيب و همپوشاني لايه‌ها يا نقشه‌هاي وزن‌دارشده و مدلسازي تكميلي است كه در مد عملگرهاي منطقي فازي انجام مي‌گيرد.

تجزيه و تحليل نتايج نهايي

در اين تحقيق عمليات پيش‌بيني و پهنه‌بندي خطر رانش زمين در البرز مركزي با استفاده از عملگرهاي ضرب و جمع

فازي كه در سال ۱۹۹۱ توسط آن و همكاران[1] (۴) به‌عنوان روش‌هاي موفق در تركيب مجموعه‌هاي اطلاعات فازي معرفي شدند، انجام شده است.

نتايج بررسي‌ها

بررسي‌هاي زمين‌شناسي- سنگ‌شناسي

منطقه طرح از ديدگاه تقسيم‌بندي زمين‌ساختي ايران بخشي از البرز مركزي است و در امتداد پهنه لرزه‌خيز آلپ- هيماليا قرار دارد. در منطقه به‌دليل حركات متعدد زمين‌ساختي و پشت سر گذاردن دوره‌هاي مختلف فرسايش و رسوب‌گذاري، حضور اشكال متعدد ساختاري مانند گسل‌ها و پهنه‌هاي خردشده و صور متنوع فرسايشي بسيار بارز است . اين منطقه شامل محدوده وسيعي از سازندها از پركامبرين تا كواترنر است. عمده‌ترين واحدهاي سنگي كه در سطح منطقه رخنمون دارند، شامل نهشته‌هاي آبرفتي كواترنر، توف‌هاي سبز ائوسن، ماسه‌سنگ‌ها و شيل‌هاي ژوراسيك، لاوا و تراكي آندزيت، سنگ آهك، كنگلومرا، آگلومراها، نهشته‌هاي كوهرفتي و گراول‌هايي با تحكيم‌شدگي ضعيف‌اند.

بررسي ارتباط پراكنش زمين‌لغزش‌هاي ثبت‌شده در منطقه با جنس واحدهاي سنگي، بيانگر حساسيت به‌نسبت قابل توجه اين واحدها به ناپايداري و رانش زمين است. نرخ گسيختگي و لغزش در اين واحدها بين صفر تا ۷/۵ درصد در واحد مساحت متفاوت است (جدول ۱). اغلب ناپايداري‌ها در پهنه‌هايي با سنگ‌هاي رسوبي اتفاق افتاده است. حضور لايه‌هاي ضعيف و شكننده مانند شيل و لايه‌هاي كم مقاومت و حساس در برابر حضور آب مانند مارن و نهشته‌هاي كم مقاومت آذر آواري مانند توف بين لايه‌هاي به‌نسبت سخت، ناپايداري و لغزش را به‌طور قابل توجهي افزايش داده است.

بررسي عامل شيب در منطقه

در تهيه نقشه شيب منطقه طرح از نقشه پايه توپوگرافي ۱: ۵۰۰۰۰ كه در فرمت‌برداري رقومي شده و در نهايت از مدل رقومي ارتفاع (DEM) كه در محيط GIS تهيه شده، استفاده شده است. عامل شيب از عوامل مؤثر در ايجاد ناپايداري و گسيختگي دامنه‌هاست. نتايج حاصل از قطع لايه شيب با لايه ثبت لغزش وجود رابطه خطي بين شيب و فراواني لغزش را نشان مي‌دهد. نحوه پراكنش سطوح گسيخته‌شده لغزشي در كلاس‌هاي شيب در جدول ۲ آورده شده است.

بررسي عامل بارندگي در منطقه

اغلب منطقه اقليم كوهستاني و آب و هواي نيمه‌مرطوب دارد. بالاترين نقطه ارتفاعي قله دماوند به ارتفاع ۵۶۷۸ متر از سطح درياست. برآورد متوسط بارندگي با استفاده از رابطه گراديان ارتفاع- بارندگي مبتني بر آمار و اطلاعات ايستگاه‌هاي منطقه (مانند آبعلي، لار و پلور) و با اعمال رابطه بر روي مدل رقومي ارتفاع انجام شد:

$$R = A + B * H \qquad (۱)$$

در اين رابطه R بارندگي بر حسب ميليمتر، A ثابت معادله، B گراديان و H ارتفاع بر حسب كيلومتر است. بر اساس معادله گراديان ارتفاع- بارندگي براي كليه ايستگاه‌هاي منطقه و با استفاده از مدل رقومي ارتفاع، نقشه پارامتريك منحني‌هاي هم باران تهيه شد. بارش در منطقه از معادله ۲ تبعيت مي‌كند:

$$R = -120 + 300H \qquad (۲)$$

بر اساس نقشه همباران تهيه‌شده، منطقه به ۵ كلاس بارش شامل مناطقي با بارش كمتر از ۳۰۰ ميليمتر، ۳۰۰ تا ۵۰۰ ميليمتر، ۵۰۰ تا ۷۰۰ ميليمتر، ۷۰۰ تا ۹۰۰ ميليمتر و بيشتر از ۹۰۰ ميليمتر تقسيم‌بندي شده است. مناطق با بارش كمتر از ۳۰۰ ميليمتر، بخش بسيار اندكي از منطقه را در بر مي‌گيرند. بيشتر منطقه در بخش پرباران واقع مي‌شود.

مقدار بارش بر نحوه پراكنش توده‌هاي ناپايدار تأثير داشته، به نحوي كه بيشتر مساحت‌هاي لغزشي در كلاس بارندگي سالانه ۵۰۰ تا ۷۰۰ ميليمتر واقع شده‌اند. در رده‌هاي ارتفاع بالا درصد وقوع رانش زمين كمتر شده كه مربوط به تغيير رژيم بارش از باران به برف است.

۱- An et al

جدول ١- درصد گسيختگي و لغزش در واحدهاي مختلف سنگ‌شناسي منطقه در البرز مركزي

واحدهاي سنگ‌شناسي	علامت در نقشه	مساحت واحد Km^2	مساحت لغزش‌ها Km^2
سنگ آهک-دولوميت-مارن و شيل (كامبرين-مياني-بالايي)	EM	٣/٩٩	٠/٣١
نهشته‌هاي كوهرفتي كواترنر	Q2	٢٧/٣	١١/ ۴۵
آگلومرا (ولكانيک دماوند)	Agg	٠ / ۶۶	٠/٠٣
سنگ آهک كينوئيددار تيره رنگ (كربنيفر)	Cm	٢۵ / ١٢	٠/٨٨
كوارتزيت و ماسه‌سنگ قرمز رنگ (كامبرين پايين)	El	١١/۶٢	٠/١۶
گراول با تحكيم‌شدگي ضعيف (كواترنر)	Q3	٢۴/۴۶	٠/٨۶
توف‌هاي سبز كرج (ائوسن)	Ektr	١٧٣/٢٧	۴ / ٧٧
شيل و ماسه‌سنگ (ژوراسيک)	Js	١۴۴/٠۴	۵ / ٣٨
دولوميت و سنگ آهک دولوميتي توده‌اي	TRe1	٩ /٣١	٠/١۵
توف (ولكانيک دماوند)	QT	٢١/٢٢	٠/۶٨
پادگانه‌هاي آبرفتي (كواترنر)	Q1	۴٧٨ / .۶۴	١١ / ٧٢
بازالت (ولكانيک دماوند)	Qb	٩ / ٣١	٠/ ١۵
ژيپس (كرتاسه)	Kgy	٣/٧٨	٠/ ٠۶
سنگ آهک خوب لايه‌بندي‌شده (ژوراسيک)	J1	١۴٢ / ١٢	١ / ٨٧
سنگ آهک اربيتولين‌دار (كرتاسه)	Kt	۴٣/٢۶	٠/ ۴٧
كنگلومرا و آگلومرا (ائوسن)	Ef	٢۵ / ٢٣	٠ / ٢٢
لاوا-تراكي آندزيت	La	٢۴٢/۵٩	١/ ٧٣
سنگ آهک بيوژنيک چرتدار (كرتاسه)	K2	۶٨ /٠٣	٠/ ٣۴
ملافير (كرتاسه)	Km	۶ / ۴۴	٠/ ٠۵
سنگ آهک نازک لايه تريا س	TRe2	۶ / ٧٣	٠/ ٠٣
سنگ آهک تخريبي با لايه‌بندي (ژوراسيک)	Jd	٧ / ٠۶	٠/٠۵
سنگ آهک كنگلومرا و مارن سبز	Ekn	١ / ١۵	٠/٠٠٣
ملافير ژوراسيک	Jm	۴ / ٧١	٠
شيل- دولوميت	Cbt	١ / ٨۴	٠
شيل - دولوميت - ماسه‌سنگ	Cbr	٢٩ / ٢٧	٠
بازالت - آندزيت	Ekb	٠ / ۵	٠
آهک- كنگلومرا	Ez	١٠ / ۴٣	٠
آهک بيوژنيک	K3	٢ / ٩٧	٠
كنگلومرا كرتاسه	K2c	۴ / ٣٩	٠
ماسه‌سنگ- كوارتزيت	Pd	۴ / ٧١	٠

جدول ۲- درصد مساحت گسيخته‌شده لغزشي در رده‌هاي شيب

رده شيب	مقدار شيب(درجه)	درصد مساحت رده شيب	درصد مساحت لغزش يافته
A	<۱۰	۴۱/۲۶	۱/۰۶
B	۱۰- ۲۰	۱۹/۷	۲/۷۶
C	۲۰-۳۰	۲۰/۴۶	۳/۲۶
D	۳۰ - ۴۵	۱۴/۳۶	۲/۸۲
E	> ۴۵	۴/۲۴	۳/۱۳

بررسي عامل لرزه‌خيزي وشتاب زلزله

منطقه طرح جزو مناطق فعال از لحاظ لرزه‌خيزي است. گسل‌هاي لرزه‌زاي بسياري در منطقه وجود دارند كه به‌دليل اهميت آنها كليه گسل‌هايي با بيش از ۱۰ كيلومتر طول در ناحيه‌اي به شعاع ۱۰۰ كيلومتر از منطقه مورد نظر بررسي شدند.

در برآورد بيشينه شتاب افقي زمين از روش آماري- احتمالي استفاده شد (معادله ۳). در اين روش بر اساس يكي از روابط ميرايي مانند رابطه استوا ويلاورد (۱۹۷۳) ، مک گواير، (۱۹۷۴) ، استوا (۱۹۸۴) و دونووان (۲)، بيشينه شتاب افقي زمين براي هر يک از داده‌هاي آماري زلزله در گستره مورد بررسي محاسبه مي‌شود. در اين تحقيق در برآورد شتاب افقي زمين در منطقه طرح و تهيه نقشه هم‌شتاب منطقه، از معادله مک گواير (۱۹۷۴) استفاده شد (معادله ۳).

$$a = 472.3 * 10^{0.278M} / (R+25)^{1/3} \qquad (۳)$$

در اين معادله α شتاب افقي زمين بر حسب ($cm/\sec^2$) ، M بزرگي زلزله بر حسب ريشتر و R فاصله از گسل بر حسب كيلومتر است. در اين روش پس از طراحي شبكه‌اي با ابعاد سلولي ده كيلومتر در ده كيلومتر، بر اساس موقعيت مكاني زمين‌لرزه‌هاي گزارش‌شده در دهه‌هاي گذشته و داده‌هاي بانك اطلاعاتي، بيشينه شتاب زمين براي هر يك از داده‌هاي آماري زلزله در گستره مورد بررسي بر اساس فاصله مكاني كانون هر زلزله از نقاط مختلف شبكه محاسبه شد. سپس از ميان مقادير شتاب محاسبه‌شده براي هر سلول از شبكه بزرگ‌ترين مقدار شتاب در فواصل زماني ۵ ساله انتخاب و در نهايت بر اساس نتايج استخراج شده براي هر سلول از شبكه، نقشه هم‌شتاب منطقه تهيه شد. بر اساس نقشه هم‌شتاب تهيه‌شده، تغييرات شتاب افقي زمين در منطقه طرح بين ۰/۱۶ تا ۰/۵۲ g است. با قطع لايه شتاب و پراكنش زمين‌لغزش‌ها در منطقه، همبستگي بسيار خوبي بين اين دو عامل برقرار است. ضريب تبيين (R2) بين عامل شتاب افقي زمين و درصد مساحت‌هاي لغزش‌يافته در پهنه‌هاي مختلف ۰/۸۵ است.

نتايج بررسي پراكنش زمين‌لغزش‌ها در منطقه

از لايه اطلاعات پراكنش زمين‌لغزش‌ها به‌عنوان ابزاري مهم در قضاوت مهندسي و كارشناسي در وزن‌دهي و طبقه‌بندي عوامل استفاده مي‌شود. همچنين از اين داده‌ها مي‌توان در ارزيابي دقت نسبي نتايج روش‌هاي مختلف پهنه‌بندي خطر زمين‌لغزش استفاده كرد.

منبع اصلي تهيه نقشه پراكنش زمين لغزش‌ها، عكس‌هاي هوايي با مقياس ۲۰۰۰۰: ۱ بوده است. اين نقشه با استفاده از بررسي‌ها و پيمايش صحرايي تكميل شده است. مجموع زمين‌لغزش‌هاي ثبت‌شده ۱۵۰ مورد است (شكل ۱). بيش از ۵۰ درصد سطوح گسيخته‌شده لغزشي در واحدهاي كواترنر و عهد حاضر، توف‌هاي ائوسن و ماسه‌سنگ‌ها و شيل‌هاي ژوراسيك حادث شده‌اند. حدود ده درصد در انواع سنگ‌هاي آهكي و ۳۵ درصد در بقيه واحدها پراكنش دارند كه در جدول ۱ به تفكيک آورده شده‌اند.

در مجموع ۲/۶ درصد مساحت كل منطقه دچار گسيختگي و جابه‌جايي شده است. ۵۸ درصد سطوح

گسيختگي لغزشي مربوط به زمين‌لغزش‌هاي دوراني، انتقالي و سيلان‌ها ، ٢٣ درصد مربوط به بهمن‌هاي خاک و سنگ و ١٩ درصد مابقي سطوح گسيختگي لغزشي مربوط به زمين‌لغزش‌هاي قديمي و دامنه‌هايي با مورفولوژي لغزشي است. لغزش‌هاي قديمي به‌طور تقريب بر اثر فرسايش و مرور زمان فرسوده شده‌اند و تنها آثاري از به‌هم‌خوردگي توده‌اي مانند افرازهاي فرسوده‌شده در آنها به چشم مي‌خورد.

وزن‌دهي به لايه‌ها

وزن‌دهي در چارچوب منطق‌هاي كلاسيك اغلب قطعي، شرطي و شامل دو مقدار مطلوبيت كامل (١) و عدم مطلوبيت كامل (٠) است و در روش‌هاي فازي درجه مطلوبيت هر متغير مانند (x)، داراي بي‌نهايت مقدار در گستره‌اي از صفر تا يك است. وزن‌دهي به لايه‌ها در روش‌هاي مطرح در منطق فازي، با توجه به اينكه عدم قطعيت‌ها از نوع امكاني است، بيشتر مبتني بر دانش تجربي كارشناس خبره[1] است. در مدل‌هاي مشابه ديگر مانند مدل احتمال بي‌سين[2] و نظريه دمپستر-شفرا[3] كه در مواردي همراه سيستم‌هاي خبره كاوش به‌كار برده مي‌شوند نيز وزن‌دهي مبتني بر دانش است (كمپل و همكاران، [4] ١٩٨٢، ردي و همكاران،[5] ١٩٩٢ (۴) ، چانگ و مون ١٩٩١ (۴) چانگ و فابري، ١٩٩٣).

مبناي قضاوت مهندسي كارشناس خبره، تجربيات علمي مبتني بر شواهد حقيقي از وقوع پديده در طبيعت است. رابطه بين فراواني وقوع رانش زمين با عوامل موثر از جمله شواهد حقيقي مورد استفاده در قضاوت مهندسي و وزن‌دهي است.

در مبحث فازي براي وزن‌دهي به عوامل مؤثر در وقوع پديده‌هايي مانند رانش زمين و توصيف خطر، از اصطلاحات زباني فازي[6] استفاده مي‌شود (جدول ٣). به بيان جانگ و همكاران (١٩٩٢)، اين اصطلاحات بيان يا توصيف دقيق‌تر و منطقي‌تر مسائل فازي را براي ما ميسر مي‌كنند (١٠).

براي صورت‌بندي رياضي و كمي كردن اصطلاحات زباني فازي، از مجموعه‌هاي فازي استفاده مي‌شود. براي هر عضو X از يک مجموعه فازي درجه عضويتي معادل μX تعيين مي‌شود. بيشترين مقدار تابع عضويت به عضوهايي با اهميت زياد از لحاظ حساسيت به رانش زمين يا دربرگيرنده بيشترين فراواني وقوع لغزش تعلق مي‌گيرد.

عضوهاي با مقادير بسيار ناچيز به پايين از فراواني وقوع لغزش با عضويت فازي صفر مشخص مي‌شوند. بين اين دو حد يا آستانه، مقادير متفاوتي از تابع عضويت داريم. چنين تابع عضويتي از لحاظ تحليلي به شكل زير تعريف مي‌شود (بونهام- كارتر، ١٩٩۶):

$$\mu(\mathrm{X}) = \begin{cases} 0 & \mathrm{X} \rangle A \\ \dfrac{X-A}{B-A} & A \langle X \langle B \\ 1 & X \rangle B \end{cases} \qquad (۴)$$

در اين رابطه x عضو مجموعه فازي و μX مقدار تابع عضويت به ازاي هر مقدار از x است. هر مقدار از x با مقداري از μX همبستگي دارد. A و B مقادير مربوط به حد بالا و پايين مجموعه‌هاي فازي هستند. تعيين حدود يا آستانه‌ها براي هر تابع كاملاً پيرو اهداف تحقيق و نظر كارشناس خبره است، ازاين‌رو مقادير تابع عضويت براي اعضاي يک مجموعه فازي تابع آستانه‌هاي تعريف شده است. اين تابع الزاماً خطي نيست و ممكن است هر شكل ديگري را با توجه به نوع مسئله داشته باشد. مقادير عضويت فازي علاوه بر اينكه در محدوده صفر و يک براي هر عامل مؤثر در وقوع پديده زمين‌لغزش تغيير كرده و درجات مختلف در هر عامل را مشخص مي‌كنند، همچنين بايد اهميت نسبي هر نقشه يا هر لايه اطلاعات مورد نياز براي پهنه‌بندي خطر را نسبت به ديگر عوامل معين كنند. در جدول ۴ عوامل و مقادير وزن‌هاي مورد استفاده در ارزيابي پتانسيل خطر زمين‌لغزش آورده شده است. تلفيق و تركيب وزن‌هاي مربوط به عوامل مؤثر در رانش زمين براي واحدهاي مختلف نقشه توسط عملگرهاي فازي انجام مي‌شود.

---

١ - Knowledge-Driven

٢ - Bayesion

٣ - Dempester_Shafer

۴ - Kampel et al

۵ - Reddy et al

۶ - Linguestic Terms

جدول ۳- رده‌بندي اصطلاحات زباني فازي

متوسط مقادير	گستره مقادير فازي	مقياس وزن	اصطلاحات زباني فازي	تعيين سطح وزن
۰/۹۲	۱ - ۰/۸۵	خيلي زياد	فوق‌العاده مهم	A
۰/۸	۰/۸۵-۰/۷۵	زياد	بسيار مهم	B
۰/۶	۰/۷۵-۰/۴۵	متوسط	مهم	C
۰/۳۵	۰/۴۵-۰/۲۵	كم	به نسبت مهم	D
۰/۱۳	۰/۲۵-۰	خيلي كم	كم اهميت	E

جدول ۴- وزن‌دهي زباني و عددي عوامل پهنه‌بندي خطر لغزش زمين در البرز مركزي

معادل عددي وزن نهايي	وزن نهايي زير رده	معادل عددي وزن	وزن زير رده	زير رده‌هاي عوامل اصلي	معادل عددي	وزن رده اصلي	رده اصلي عوامل
۰/۷۲	B	۰/۹	A	واحدهاي سنگ‌شناسي البرز مركزي با علائم Em-Q2-Agg-Cm	۰/۸	B	ليتولوژي
۰/۶۴	C	۰/۸	B	Js-Q3-Ektl-Qt-Q1-Kgy			
۰/۴۸	C	۰/۶	C	Trel-Kgy-Qb-Kt-Ef-Lava-K2-Tre2-Km-Gd-Ekn			
۰/۲۸	D	۰/۳۵	D	M-O-Gm-CCOT- CCC-CCbk- CCz			
۰/۱	E	۰/۱۳	E	D-Ekb-E2-K3-Kd-K2c-Pr-Pd			
۰/۰۸	E	۰/۱	E	$<۱۰^{o}$	۰/۸	B	شيب
۰/۴	D	۰/۵	C	۱۰^{o}-۲۰^{o}			
۰/۴۸	C	۰/۶	C	۲۰^{o}-۳۰^{o}			
۰/۵۶	C	۰/۷	C	۳۰^{o}-۴۵^{o}			
۰/۸	B	۱	A	$>۴۵^{o}$			
۰/۱۸	E	۰/۲	E	$<۳۰۰^{mm}$	۰/۹۲	A	بارش باران
۰/۳۶	D	۰/۴	D	$۳۰۰–۵۰۰^{mm}$			
۰/۵۴	C	۰/۶	C	$۵۰۰–۷۰۰^{mm}$			
۰/۷۲	C	۰/۸	B	$۷۰۰–۹۰۰^{mm}$			
۰/۹	A	۱	A	$>۹۰۰^{mm}$			
۰/۱۸	E	۰/۲	E	<۰/۲g	۰/۹۲	A	شتاب زلزله
۰/۳۶	D	۰/۴	D	۰/۲-۰/۲۷			
۰/۵۴	C	۰/۶	C	۰/۲۷-۰/۳۳			
۰/۷۲	B	۰/۸	B	۰/۳۳-۰/۴			
۰/۹	A	۱	A	>۰/۴			

نتايج پهنه‌بندي خطر لغزش زمين با عملگر ضرب جبري فازي

در عملگر ضرب جبري فازي[1] ، تابع عضويت فازي به شكل زير تعريف مي‌شود (۴):

$$\mu Combination = \prod_{i=1}^{n} \mu_i \qquad (۵)$$

در اين مدل μ_i تابع عضويت فازي براي i امين لايه اطلاعات و n تعداد لايه‌هاي اطلاعات وارد شده در مدل است. مقادير عضويت فازي در واحدهاي نقشه نهايي حاصل از اين اپراتور به مقادير بسيار كوچك ميل مي‌كنند. خروجي در اين اپراتور همواره مساوي كوچك‌ترين مقدار عضويت مشترك است، ازاين‌رو يك مدل كاهشي[2] است. اين مدل حساسيت بسيار زيادي را در پهنه‌بندي‌ها اعمال كرده و عرصه‌هاي واقعاً پرخطر را معرفي مي‌كند. بر اساس نتايج خروجي مدل، منطقه به پنج كلاس خطر تقسيم مي شود. نتايج مربوط به نحوه پراكنش پهنه‌هاي خطر و سطوح گسيختگي لغزشي در اين پهنه‌ها در جدول ۵ آورده شده است.

نتايج پهنه‌بندي خطر لغزش با عملگر جمع جبري فازي

در عملگر جمع جبري فازي[3]، متمم ضرب متمم مجموعه ملاك عمل است، ازاين‌رو نتيجه هميشه بزرگ‌تر يا مساوي بزرگترين مقدار عضويت فازي در هر يك از لايه‌هاست (۴).

$$\mu Combination = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - \mu_i) \qquad (۶)$$

نوع نگرش به عدم قطعيت‌ها در اين مدل كاملاً با مدل ضرب متفاوت بوده و از آن يك مدل افزايشي[4] ساخته است، ازاين‌رو در اين اپراتور مناطقي با حداقل عوامل مؤثر در ناپايداري شيب‌ها نيز جزء مناطق حساس معرفي مي شوند، به همين دليل مي‌توان از آن به عنوان روشي محافظه‌كارانه نام برد. بر اساس نتايج خروجي حاصل از نقشه پهنه‌بندي خطر رانش زمين در اين مدل ، منطقه به پنج كلاس خطر تقسيم مي‌شود. نتايج مربوط به نحوه پراكنش پهنه‌هاي خطر و سطوح گسيختگي لغزشي در اين پهنه‌ها در جدول ۶ آورده شده است.

بحث

براي ارزيابي و طبقه‌بندي نقشه‌هاي خطر رانش زمين، از دو شاخص معرفي‌شده توسط Michael (۱۹۹۱)، با عناوين نسبت دانسيته (Dr) و جمع مطلوبيت (Qs) استفاده شد (۱۳). شاخص بدون بعد نسبت دانسيته براي مقايسه كلاس‌هاي خطر در هر يک از نقشه‌ها و به‌طور مستقل مورد استفاده قرار گرفته است:

$$Dr = \frac{\frac{Si}{Ai}}{\frac{\sum_i^n Si}{\sum_i^n Ai}} \qquad (٧)$$

در اين رابطهSi مجموع مساحت زمين‌لغزش‌هاي واقع در هر كلاس خطر وAi مساحتi مين كلاس خطر در يک نقشه پهنه‌بندي و n تعداد كلاس‌هاي خطر است.

در يک نقشه پهنه‌بندي، دانسيته لغزش كلاسي با Dr=١ معادل با متوسط دانسيته لغزش در كل منطقه و كلاس داراي نسبت دانسيته ٢ داراي دانسيته لغزشي معادل با دو برابر دانسيته لغزش منطقه است. بنابراين هر چه تفكيک بين كلاس‌هاي خطر توسط شاخص نسبت دانسيته بهتر صورت گرفته باشد، نقشه از مطلوبيت بيشتر برخوردار است.

مقادير شاخصDr براي نقشه‌هاي پهنه‌بندي تهيه‌شده توسط مدل‌هاي جمع و ضرب جبري فازي در البرز مركزي، در جدول ٧ آورده شده است. بر مبناي نتايج به‌دست آمده، مدل‌هاي مذكور در پيش‌بيني خطر در كلاس‌هاي خطر بالا زياد عمل مي‌كنند.

١- Fuzzy Algebraic Product

٢- Decreasive

٣ - Fuzzy Algebraic sum

۴ - Incrreasive

جدول ۵- پراکنش پهنه‌هاي خطر رانش زمين و سطوح گسيخته‌شده لغزشي در نقشه پهنه‌بندي خطر زمين‌لغزش در مدل ضرب جبري فازي

نحوه پراکنش پهنه‌هاي پتانسيل خطر	مساحت پهنه خطر به km2	مساحت پهنه خطر به درصد	مساحت زمين‌لغزش‌ها به km2	مساحت زمين‌لغزش‌ها به درصد
خيلي زياد	۳۵	۲/۲۴	۴/۲۶	۱۰/۲۱
زياد	۵۸	۳/۷۲	۴/۶۲	۱۱/۰۷
متوسط	۲۰۹/۳۵	۱۳/۴۵	۱۰/۸۱	۲۵/۹۱
کم	۵۲۹/۲	۳۴/۰۱	۱۰/۸۹	۲۶/۱۰
خيلي کم	۷۲۴/۴۵	۴۶/۵۵	۱۱/۳	۲۷/۰۷
جمع	۱۵۵۶	%۱۰۰	۴۱/۷۲	%۱۰۰

جدول ۶ - پراکنش پهنه‌هاي خطر رانش زمين و سطوح گسيخته‌شده لغزشي در نقشه پهنه‌بندي خطر زمين لغزش در مدل جمع جبري فازي

نحوه پراکنش پهنه‌هاي پتانسيل خطر	مساحت پهنه خطر به km2	مساحت پهنه خطر به درصد	مساحت زمين لغزش‌ها به km2	مساحت زمين لغزش‌ها به درصد
خيلي زياد	۵۸۷/۸۳	۳۷/۷۷	۲۶/۳۵	۶۳/۱۵
زياد	۴۱۷/۴۴	۲۶/۸۲	۹/۹۲	۲۳/۷۷
متوسط	۲۳۸/۴۵	۱۵/۳۲	۴/۱	۹/۸۲
کم	۱۸۳/۱۴	۱۱/۷۶	۱/۳	۳/۱۱
خيلي کم	۱۲۹/۸۷	۸/۳۴	۰/۰۵	۰/۱۱
جمع	۱۵۵۶	%۱۰۰	۴۱/۷۲	%۱۰۰

جدول۷ – مقاديرDr در کلاس‌هاي مختلف نقشه‌هاي پهنه‌بندي خطر رانش زمين

مقدار شاخص Dr کلاس‌هاي خطر	مدل ضرب جبري فازي	مدل جمع جبري فازي
خيلي زياد	۴/۵۴	۱/۶۷
زياد	۲/۹۷	۰/۸۸
متوسط	۱/۹۲	۰/۶۴
کم	۰/۷۶	۰/۲۶
خيلي کم	۰/۵۷	۰/۰۱

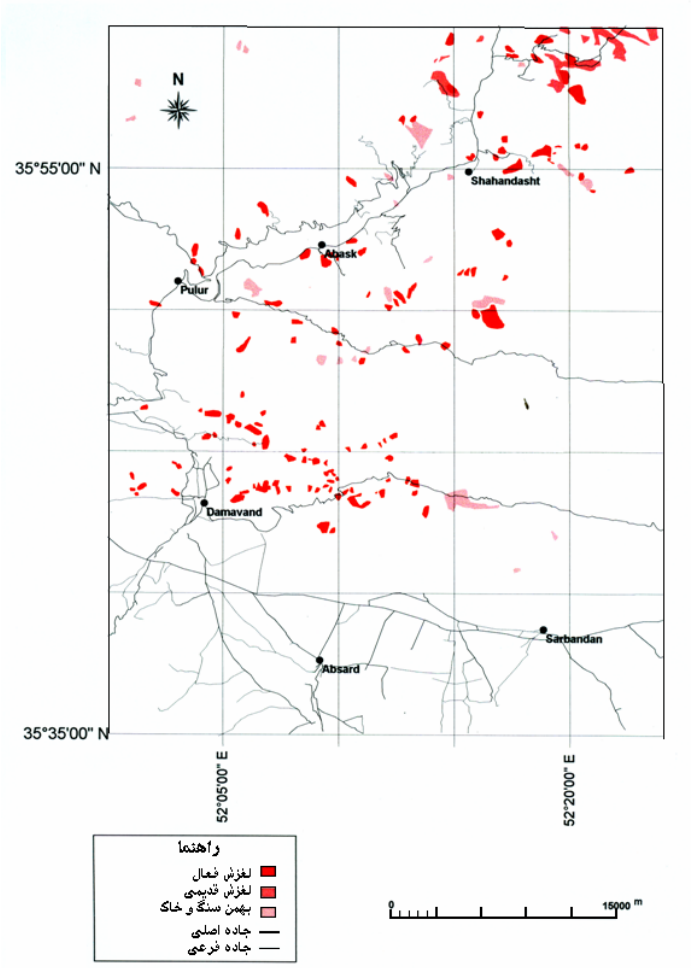
براي مقايسه نتايج خروجي مدل‌هاي پهنه‌بندي خطر لغزش، از شاخص جمع مطلوبيت (Qs) استفاده شد. مقدار (Qs) از رابطه زير براي هر نقشه محاسبه مي‌شود:

$$Qs = \sum_{i=1}^{n}((Dr-1)^{2} * \%Area) \qquad (٨)$$

در اين فرمول i شماره كلاس خطر در يک مدل و n تعداد كلاس‌هاي خطر است.

مقدار Qs نشان‌دهنده مطلوبيت عملكرد مدل در پيش‌بيني خطر رانش زمين در منطقه است. به‌طور معمول مقدار اين شاخص براي مدل‌هاي مختلف در گستره صفر و ٧ قرار مي‌گيرد، اگرچه از لحاظ تئوريک حدي براي آن وجود ندارد. اختلاف كمتر از ٠/١ در مقدار اين شاخص بين روش‌ها قابل اغماض است.

مقدار شاخص جمع مطلوبيت(Qs) براي عملگرهاي ضرب و جمع جبري فازي به ترتيب ١٠/٠٣ و ۵/٢۴ به‌دست آمده و در مجموع عملگر ضرب جبري فازي ١/٩ برابر در پيش‌بيني پتانسيل خطر نسبت به عملگر جمع جبري فازي مطلوب‌تر عمل كرده است.



شكل ١ - پراكنش لغزش‌هاي ثبت شده در منطقه طرح در البرز مركزي

منابع

۱- اشقلي فراهاني، عقيل، ۱۳۸۰. ارزيابي خطر ناپايداري دامنه‌هاي طبيعي در منطقه رودبار با استفاده از تئوري فازي، پايان‌نامه كارشناسي‌ارشد زمين‌شناسي مهندسي، دانشگاه تربيت معلم، ص ۱۴۲.

۲- دانشجو، فرهاد، ۱۳۷۸. مباني مهندسي زلزله و آناليز ريسک، نشر دانش فردا.

۳- آقانباتي، سيدعلي،۱۳۸۳. زمين‌شناسي ايران، سازمان زمين‌شناسي كشور، ص۵۸۲.

٤- گريم اف. بوهام كارتر،۱۳۷۹. سيستم‌هاي اطلاعات جغرافيايي براي دانش‌پژوهان علوم زمين، ترجمه گروه GIS سازمان زمين‌شناسي و اكتشافات معدني كشور.

5- Alijawadi,S.M., 2000. Risk Assessment of Landslide Using Fuzzy Theory, Proce of the 8th International Symposium on Landslide, London.

6- Borselli,L., Magaldi,D., and Tallini,M., 1998. Assessment of Hill Slope Instability Hazard Based on Fuzzy Mathematics Methods, 8th Inter. IAEG Congress, Balkema.

7- Campbell, A.N., and et.al. 1982. Recognition of a Hidden Mineral Deposit by an Artificial Intelligence Program: Science, v. 217 (3), p. 927-929.

8- Chung,C.F., and Fabbri,A.G., 1993. The Representation of Geoiscience Information for Data Integration: Nonrenewable Resources, v.2 (2), p. 122-139.

9- Dodagodar,G.R., Venkatachalam,G., 2000. Reliability Analyses of Slop Using Fuzzy Sets Theory, J. Computers and Geotechnics, 27, pp. 101 -115.

10- Jang,C.H., Lee, D.H., & Sheu,C., 1992. Mapping Slope Failure Potential Using Fuzzy Sets, J. of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol 118, No. 3, pp. 475-494.

11- Lee,D.H., Sheu,C., 1989. A Fuzzy Model for the Evaluation of Slope Stability Proc. Of the Japan-China (Taipei) Joint Seminar on Natural Hazard Mitigation Kyoto-Japan.

12- Mahdavifar.M.R., 2000. Fuzzy Information Processing in Landslide Hazard Zonation and Preparing the Computer System, Proceeding of the 8th International Symposium on Landslide London.

13- Michael,D.G., 1991. Classification of Landslide Hazard Zonation Methods and aTest of Predictive Capabilty. Proceeding of the 6th International Symposium on Landslide, Balkema.

14- Nawari,N.O., Liang,R., 1999. Fuzzy-Based Stability Investigation of Sliding Rock Massage, Slope Stability Engineering (Yagi, Yamagami & Jiang, Eds), pp. 355-359, Balkema, Rotterdam.

Predication of Natural Slope Instability Hazard Using Fuzzy Algebraic Product and Sum Operators in Centeral Alborz

M. Shariat jafari[1] and R. Hamedpanah[2]
[1] Research Institute of Soil Conservation and Watershed Management, I. R. Iran
[2] Research Institute of Soil Conservation and Watershed Management, I. R. Iran
(Received 2004 May 11, Accepted 2006 Feb 4)

Abstract

In this research, results of analysis of instability hazard of natural slope using a fuzzy logic functions is presented. Fuzzy models, owing to their flexibility in evaluating propositions are more realistic than conventional models. Input datasets used to landslide hazard potential evaluation include slope map, lithology, seismic and rainfall maps. Landslide inventory maps are also used to evaluate output of models. The fuzzy algebraic product operator has an increasing trend and, in other words, because of the multiplication of the membership degree of layers in each pixel, total point tends to zero. Therefore, the high point in output pixels of the map shows its high resolution in revealing the instability of slopes. To compare the output landslide hazard zonation maps two quantitative indicators named density ratio (Dr) and quality sum (Qs) have been used. Based on Qs, output map of the fuzzy algebraic product model has sensitivity near twice of the fuzzy algebraic sum model. Based on (Dr), high hazard classes in above models have more accuracy precision as compared to low hazard classes.

Key word: Slope instability, landslide, Zonation, Fuzzy operation, Alborz

* Corresponding author: Tel: 021-44901240 , Fax: 021-44905709 E-mail: mshariatj@hotmail.com