پتانسیل­سنجی حساسیت زمین­لغزش با استفاده از مدل آنتروپی

(مطالعه موردی: حوزه آبخیز دیزباد، ارتفاعات جنوبی بینالود)

ملیحه محمدنیا1، حمیدرضا پورقاسمی2

1- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران malihe.mohamadnia@yahoo.com

2- استادیار بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

Email: hr.pourghasemi@shirazu.ac.ir

# چکیده

زمین­لغزش­ها از خطرات طبیعی به شمار می­روند که هر ساله خسارات جانی و مالی فراوانی را به همراه دارند. شناسایی مناطق حساس به خطر زمین­لغزش یکی از اقدامات اساسی در مدیریت منابع طبیعی و کاهش این خطرات است. مدل های مختلفی جهت پهنه­بندی حساسیت زمین لغزش براساس شرایط محیطی و اهداف ارائه شده است. حوزه آبخیز دیزباد یکی از مناطق مستعد وقوع زمین­لغزش در دامنه های جنوبی بینالود به­شمار می­آید. به منظور تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش در منطقه از شاخص آنتروپی شانون در محیط GIS استفاده گردید. بدین منظور عوامل ارتفاع، درجه شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، زمین­شناسی، کاربری اراضی، Plan Curvature، Profile Curvature و شاخص طول شیب تهیه و به‌ فرمت رستر درآمده، سپس ماتریس آنتروپی برای هر یک از عوامل تشکیل و نقشه حساسیت زمین­لغزش منطقه مورد مطالعه تهیه و به چهار طبقه حساسیت کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم گردید. نتایج نشان داد که عوامل ارتفاع، جهت شیب و درجه شیب بیش­ترین تاثیر را در وقوع زمین­لغزش منطقه و عوامل فاصله از آبراهه، فاصله از گسل، زمین شناسی و انحنای توپوگرافی کم­ترین تاثیر را در وقوع زمین­لغزش داشته است.

کلمات کلیدی: زمین­لغزش، شاخص آنتروپی شانون، GIS، حوضه آبخیز دیزباد.

**مقدمه:**

انسان با مسائل زيست­محيطي فراواني مواجه است. بلاياي طبيعي جزئي از اين مشكلات هستند که سالانه موجب كشته و مجروح شدن صدها هزارتن و بي­خانمان شدن ميليون­ها نفر درسراسر جهان مي­شود (مرادي و همكاران ،1391). مخاطرات ژئومورفولوژيک به‌عنوان پديده‌اي بالقوه زيان‌بار مطرح است که مهم‌ترين آن‌ها حرکت‌هاي توده‌اي و زمين‌لغزش‌ها هستند (عابديني و همکاران، 1393). زمین­لغزش عبارت از پایین افتادن یا حرکت یکپارچه و اغلب سریع حجمی از مواد رسوبی اعم از سنگ و خاک در امتداد دامنه­ها است (محمودی 1387). این پدیده زمانی رخ می­دهد که نیروی حاصل از وزن مواد بیش از نیروی مقاومت ناشی از نیروی برشی خاک باشد (علی­پور و ملکیان 1394). زمین­لغزش­های ایران به عنوان یکی از بلایای طبیعی هر ساله نقش مهمی در تخریب جاده­های ارتباطی تخریب مراتع و باغات، مناطق مسکونی و هم­چنین فرسایش خاک در حوزه­های آبخیز کشور دارند (پورهاشمی و همکاران1394). سهم خسارات ناشی از حرکات توده ای در ایران سالانه 500 میلیارد ریال برآورد شده است (صدوق ونینی و همکاران، 1394). وقوع مخاطرات طبيعي (از جمله زمين‌لغزش‌ها) فشار جدي بر روي توسعه اقتصادي كشورها، به­ويژه كشورهاي جهان سوم دارد. به طوري‌كه خسارت­هاي مالي ناشي از مخاطرات طبيعي، رشد و شكوفايي اقتصادي را با ركود مواجه مي‌سازد (حجازی و رنجبریان شادباد، 1393).

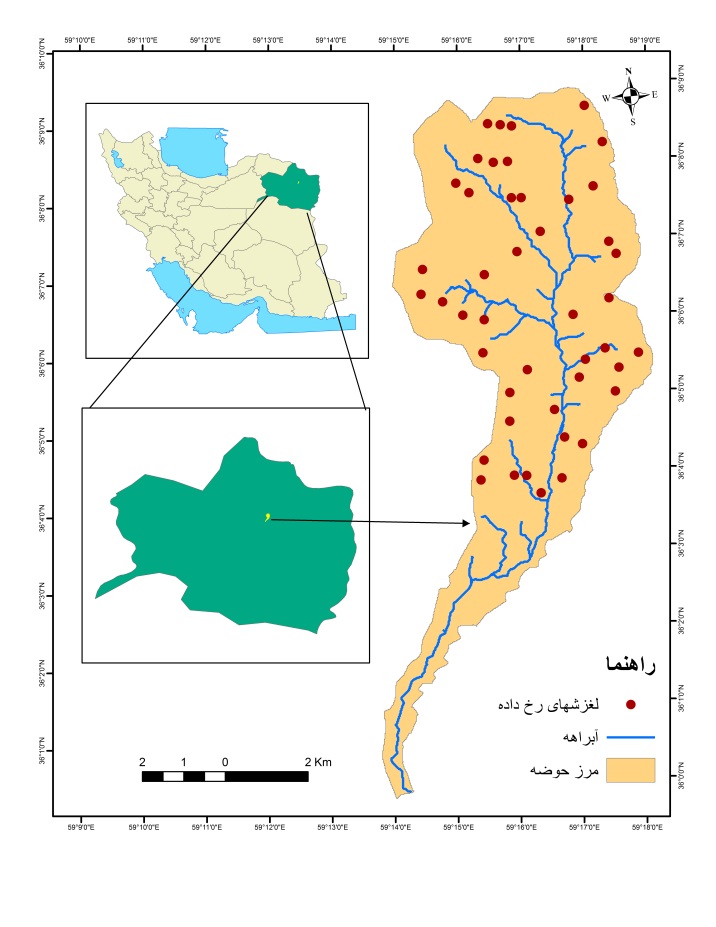
در زمینه پهنه­بندی زمین­لغزش تحقیقات زیادی در ایران و جهان انجام گرفته است. پورقاسمی و همکاران(2013) به مقایسه شاخص­های آنتروپی، رگرسیون لجستیک و مدل نسبت فراوانی در تعیین حساسیت زمین­لغزش­های ایران پرداختند. لایه­های مورد استفاده در این پژوهش درجه شیب، جهت شیب، ارتفاع، انحناء زمین، کاربری زمین، سنگ شناسی، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، شاخص توان آبراهه، شاخص حمل رسوب و شاخص رطوبت توپوگرافی بودند. براساس شاخص آنتروپی، عوامل رطوبت توپوگرافی و کاربری زمین و بر اساس رگرسیون لجستیک شاخص رطوبت توپوگرافی و انحناء زمین، بیش­ترین تاثیر را در وقوع زمین­لغزش­ها داشتند.. نتایج منحنی ROC برای سه مدل رگرسبون لجستیک، نسبت فراوانی و شاخص آنتروپی به ترتیب 8/78 ،2/73 و 2/71 درصد بوده است. دوکوتا[[1]](#footnote-1) و همکاران (2013) نقشه حساسیت زمین­لغزش را با استفاده از شاخص آنتروپی و رگرسیون لجستیک در بخشی از جاده Mugling-Narayanghat در کشور نپال تهیه نمودند. در این مطالعه درجه شیب، جهت شیب، ارتفاع، انحناء زمین، کاربری زمین، سنگ شناسی، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، شاخص توان آبراهه، شاخص حمل رسوب و شاخص رطوبت توپوگرافی به عنوان عوامل موثر در لغزش به­کار گرفته شد. نتایج اعتبار سنجی نقشه تهیه شده با منحنی ROC نشان داد که نقشه حساسیت زمین­لغزش با استفاده از شاخص آنتروپی با 1/90 درصد دارای دقت بالایی می­باشد (دوکوتا و همکاران، 2013). هونگ و همکاران (2016) به­منظور مدلسازی مکانی زمین لغزش در شهر Guanzhou چین از چهار مدل تئوری تابع اطمینان، نسبت فراوانی، ماکزیمم آنتروپی و رگرسیون لجستیک استفاده نمودند. نتایج صحت­سنجی مدل­ها نشان داد که مدل رگرسیون لجستیک با سطح زیر منحنی 82/0 بالاترین دقت را داشته است. یوسف[[2]](#footnote-2) و همکاران (2016) به­منظور تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش در کشور عربستان از مدل­های نسبت فراوانی، وزن واقعه، شاخص آنتروپی و تئوری دمپستر- شیفر استفاده نمودند. میزان دقت مدل­ها بر اساس سطح زیرمنحنی به­ترتیب 95/0، 952/0، 946/0 و 934/0 برآورد گردید.

پورقاسمی و همکاران (1389) با استفاده از مدل احتمالاتی بیزین نقشه­ی حساسیت زمین­لغزش را در حوزه آبخیز هراز تهیه کردند. در این تحقیق عوامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، زمین­شناسی، کاربری اراضی، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه و فاصله از گسل به عنوان عوامل موثر شناسایی و نقشه حساسیت زمین­لغزش برای منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. پورقاسمی و همکاران (1391) نقشه حساسیت زمین­لغزش را با استفاده از تئوری بیزین تهیه در بخشی از استان گلستان نمودند. در این تحقیق عوامل درجه شیب، جهت شیب، شکل شیب، ارتفاع، کاربری اراضی، زمین­شناسی، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل، شاخص توان آبراهه، شاخص حمل رسوب و پهنه­های بارش منطقه به عنوان عوامل موثر در زمین­لغزش مشخص گردید و نقشه­ی پهنه­بندی خطر زمین­لغزش با 14 رویکرد (استفاده از تمام عوامل موثر و حذف تک تک عوامل) تهیه گردید. نتایج نشان داد با حذف عامل شیب از تحلیل­ها دقت نقشه به 3/71% رسید. پورقاسمی و همکاران (1393) از مدل آنتروپی شانون به­منظور تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش شمال شهر تهران استفاده کردند. براي پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، 17 عامل موثر در منطقه شناسایی و نقشه خطر زمین‌لغزش تهیه گردید. اولویت‌بندی عوامل موثر بر اساس شاخص آنتروپی شانون نشان داد که لایه کاربری اراضی بیش­ترین تاثیر و لایه شکل شیب کم­ترین تاثیر را در منطقه داشته است. حسین­پور میل آغاردان و عباسپور (1393) در منطقه توتکابن استان گیلان نقشه حساسیت زمین لغزش را با استفاده از مدل آنتروپی تهیه نمودند. جهت تهیه این نقشه عوامل شیب، ارتفاع، شرایط ژئومورفولوژی، انحناء زمین، نزدیکی به رودخانه و گسل به­عنوان عوامل موثر بر وقوع زمین‌لغزش به­کار گرفته شد. نتایج نشان داد، نقشه خطر تهیه شده با استفاده از مدل آنتروپی دارای دقت بالایی در پیش­بینی خطر لغزش در محدوده مطالعاتی است. یمانی و همکاران (1393) به بررسی پتانسیل زمین­لغزش در تاقدیس سیاه­کوه در غرب ایران پرداختند. در این پژوهش از روش آنتروپی جهت تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش استفاده گردید. نقشه تهیه شده گویای آن بود که منطقه از لحاظ خطر زمین لغزش دارای پتانسیل بالایی بوده و حدود 2/78 درصد از منطقه دارای خطر متوسط و زیاد می­باشد.

با توجه به پتانسیل وقوع زمین­لغزش در حوضه مطالعاتی و وجود آثار و شواهد وقوع زمین­لغزش­های مکرر در محدوده مذکور، تهیه نقشه پهنه­بندی حساسیت زمین­لغزش و ارائه راهکارهایی جهت مدیریت خطر، ضروری به­نظر می­رسد.

**روش پژوهش:**

حوزه آبخیز دیزباد در استان خراسان رضوی و بخشی از حوضه کویر مرکزی ایران می­باشد. حداقل ارتفاع حوضه 1420 و حداکثر ارتفاع 2860 متر می­باشد. محدوده مطالعاتي بین طول­های شرقی ˝58 ΄45 ˚54 تا ˝20 ΄ 41 ˚ 54 و عرض‌های "55 ΄59 ˚35 تا ˝58΄ 08 ˚ 36 شمالی قرار گرفته است (شکل1).



شکل1- موقعیت منطقه مورد مطالعه(ماخذ: نگارندگان)

در پژوهش حاضر، به­منظور تعیین مناطق مستعد لغزش و پهنه­بندی آن به کلاس­های مختلف خطر از مدل آنتروپی شانون استفاده گردید. برای اجرای این مدل در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نخست نقشه پراکنش زمین­لغزش های منطقه از اداره منابع طبیعی استان خراسان رضوی تهیه و با استفاده از عکس­های هوایی، Google Earth و بازدیدهای میدانی پهنه­های لغزشی تهیه گردید. در گام بعد یازده عامل موثر در وقوع لغزش در منطقه (ارتفاع، درجه شیب، جهت شیب، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، زمین شناسی، کاربری ارضی، Plan curvature ،Profile Curvature و شاخص طول شیب) شناسایی و با استفاده از نقشه­های توپوگرافی 1:50000 و زمین شناسی 1:100000 لایه­ها در محیط ArcGIS10.3 رقومی و به صورت رستر در آمدند. از نرم افزار SAGA-GIS جهت تهیه لایه­­های شکل شیب و شاخص طول شیب استفاده گردید. در مرحله بعد با استفاده از روش آنتروپی شانون نقشه حساسیت زمین لغزش در حوزه آبخیز دیزباد تهیه و ارزیابی گردید.

شاخص آنتروپی شانون

فيزيکدان آلماني، رودلف کلاسيوس[[3]](#footnote-3)، مفهوم آنتروپي را در سال 1848 معرفي کرد و بولتزمن نيز به تشریح آن پرداخت. و شانون و ويور[[4]](#footnote-4) روش آنتروپي را در سال 1974 ميلادي مطرح کردند (ضرابي و همکاران، 1391). آنتروپی، یکی از رویکردهای مدیریتی است که به­منظور برخورد با بی­نظمی، بی­ثباتی، اغتشاش و عدم یقین­های موجود در یک سیستم مورد استفاده قرار گرفته (Yufeng and Fengxiant, 2009) و بيان‌کننده مقدار عدم اطمينان در يک توزيع احتمال پيوسته است (ضرابي و همکاران، 1391). در واقع آنتروپي مفهومي است که پراکندگي و بي‌نظمي را در پديده‌هاي طبيعي تخمين مي‌زند. اين مفهوم که در دانش ترموديناميک کاربرد بسيار دارد، امروزه به ساير علوم نيز راه يافته است (ضميري و همکاران، 1390: 173). برای استفاده از این مدل، ابتدا باید ماتریس تصمیم­گیری ایجاد شود. ماتریس تصمیم­گیری حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می­تواند برای ارزیابی آن به­کار رود و با محاسبه ماتریس آنتروپی و وزن کل عوامل (Wj) میزان Hi به عنوان ضریب حساسیت وقوع زمین­لغزش به­دست می­آید (مقیمی و همکاران،1391).

مدل آنتروپی به­صورت رابطه 1تا 6 ارائه می­گردد:

رابطه 1

که در آن: Ej ارزش آنتروپی و Pij ماتریس تصمیم­گیری است.

رابطه 2

Rij مقدار وزن هر یک از لایه­ها است.

رابطه3

K ضریب ثابت است و m تعداد زمین­لغزش­ها را نشان می­دهد.

پس از تشکیل ماتریس تصمیم­گیری و بدست آوردن مقدار Ej مقدار Vj از رابطه 4 بدست می­آید:

رابطه 4

Vj بیانگر درجه انحراف عدم اطمینان است و سرانجام وزن هر معیار با تابع زیر (رابطه 5) تعیین می­شود (اصغرپور،195:1385):

رابطه 5

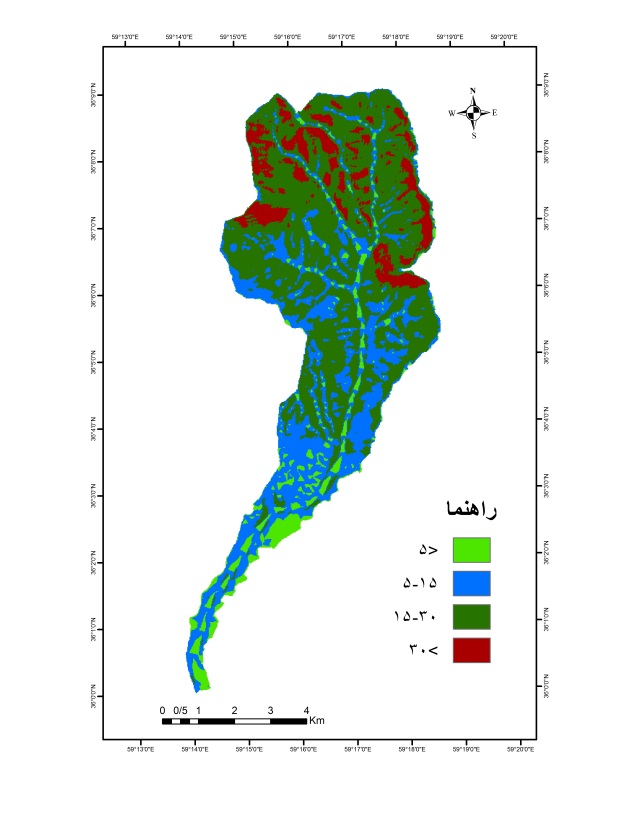
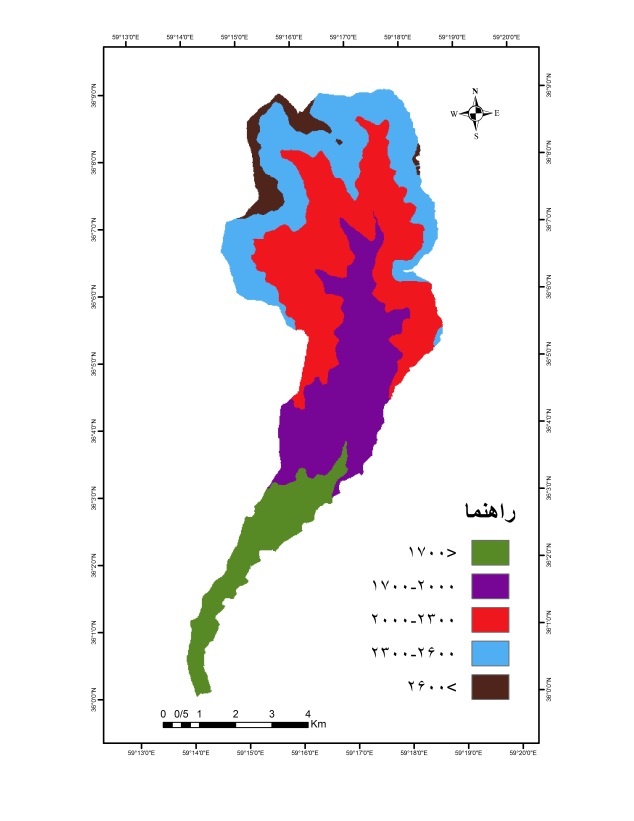
پس از محاسبه وزن کل (Wj)، پهنه­بندی حساسیت زمین­لغزش در حوزه آبخیز دیزباد با استفاده از رابطه 6 به­دست می­آید.

رابطه 6

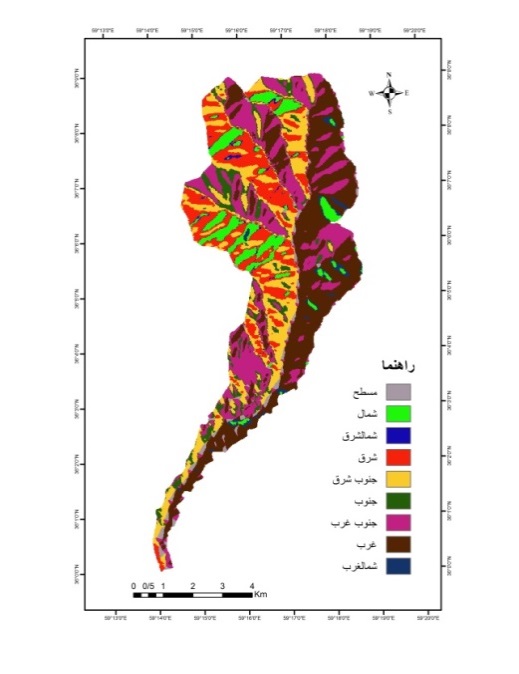
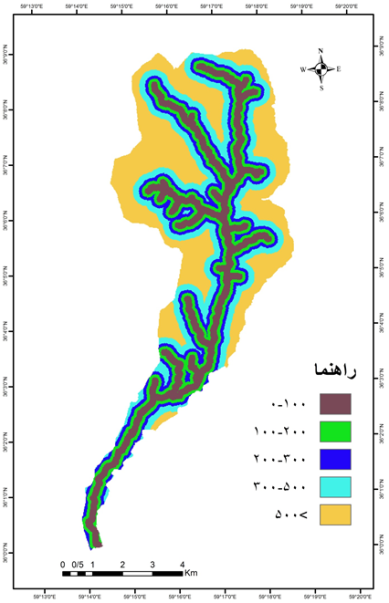
در این رابطه Hi ضریب رخداد زمین­لغزش، Wi وزن نهایی تمام عوامل و rij وزن هر یک از عوامل است(زونگجی[[5]](#footnote-5) و همکاران،1336:2010). این رابطه مدل ناحیه­ای میزان خطر زمین­لغزش در منطقه مطالعاتی است

**نتایج و بحث:**

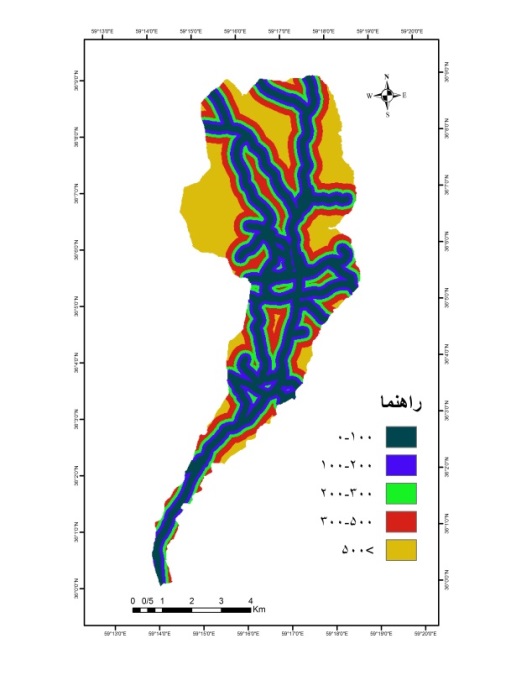
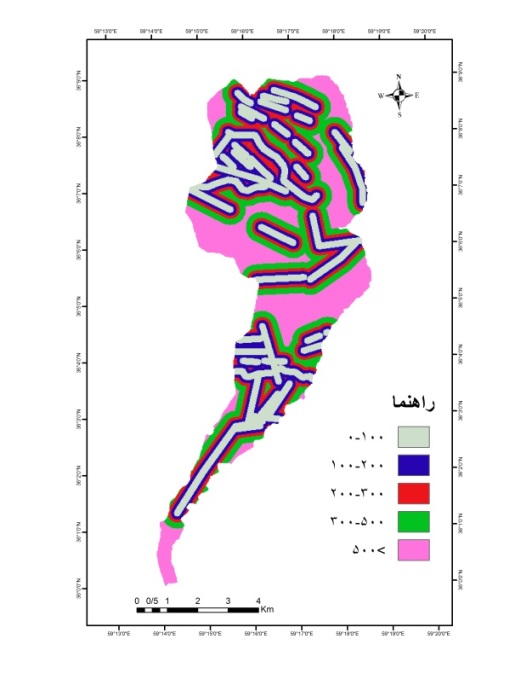
در پژوهش حاضر، ابتدا لایه­های اطلاعاتی ارتفاع، درجه شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، زمین­شناسی، کاربری اراضی، Plan Curvature، Profile Curvature و شاخص طول شیب تهیه و به‌صورت رستر درآمدند (شکل­های 2 تا 12). سپس با توجه به لغزش­­های رخ داده در حوضه مطالعاتی و بر اساس روش آنتروپی شانون (جدول 1) نقشه حساسیت زمین لغزش در حوضه مطالعاتی تهیه و براساس شکست­های طبیعی (Natural Break) به چهار کلاس خطر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم گردید (شکل13) .

****

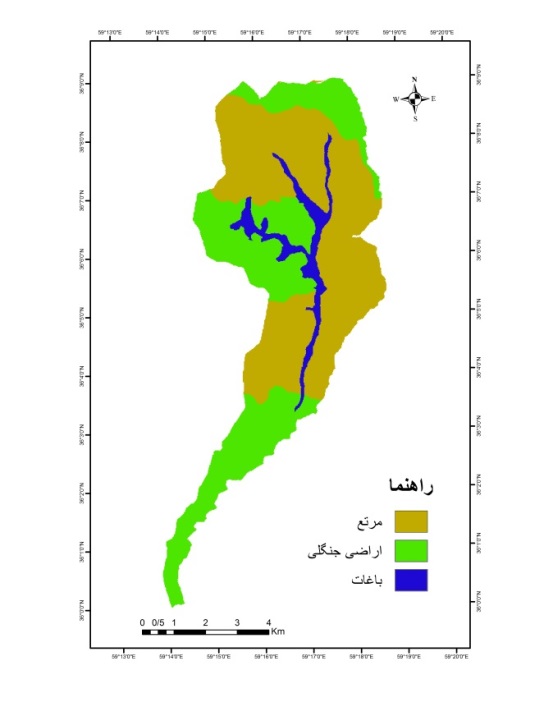
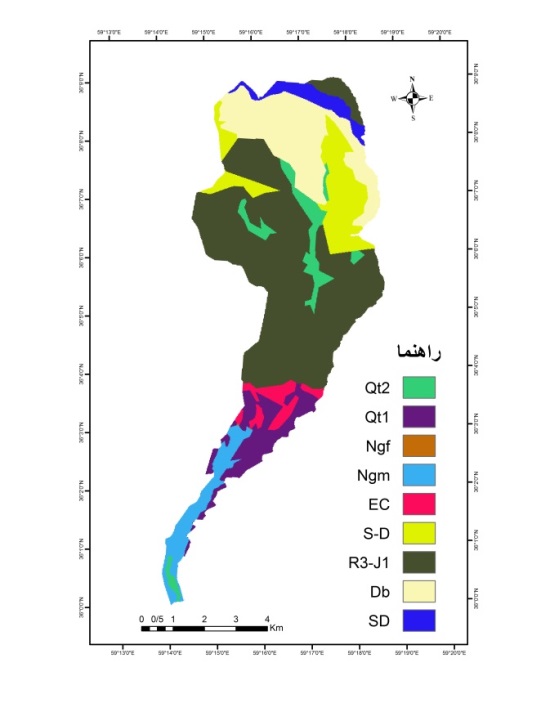
**شکل 2- نقشه طبقات ارتفاعی شکل 3- نقشه درجه شیب**

****

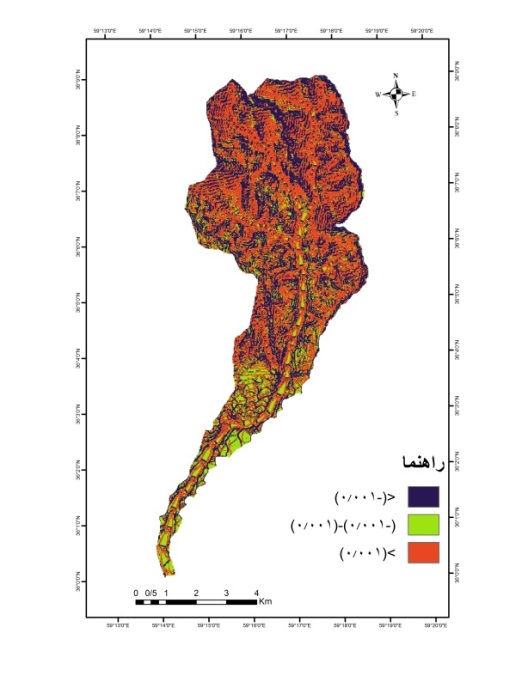
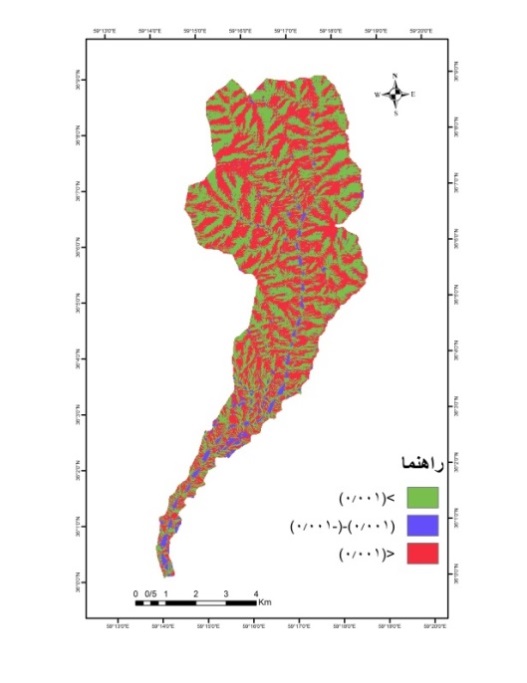
**شکل 4- نقشه فاصله از آبراهه شکل 5- نقشه جهت شیب**

****

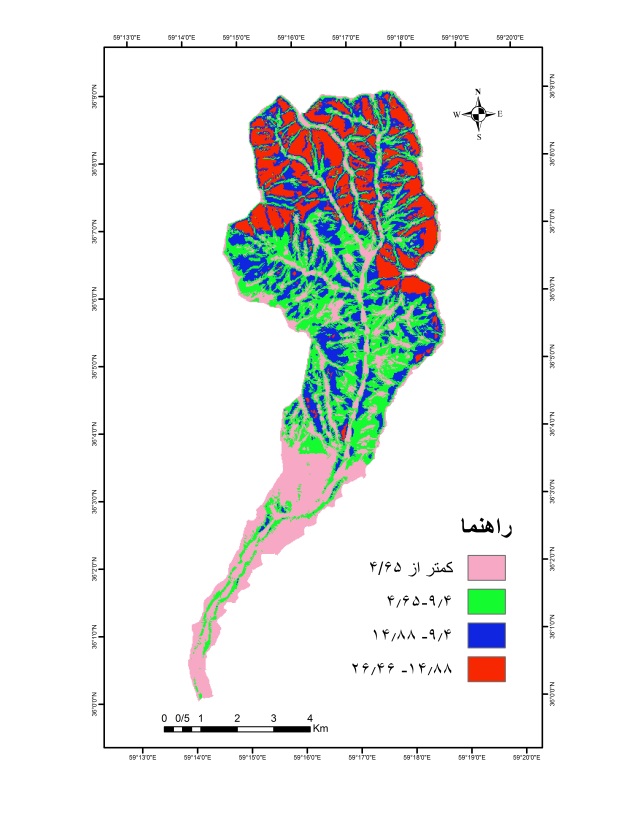
**شکل 6- نقشه فاصله از جاده شکل 7- نقشه فاصله از گسل**

****

**شکل8 - نقشه زمین شناسی شکل 9- نقشه کاربری اراضی**

****

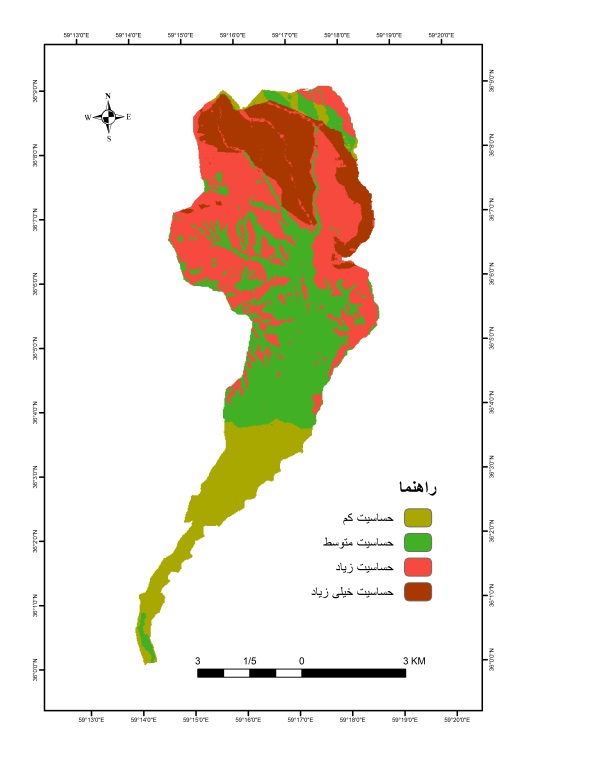
**شکل 10- نقشه Plan شکل 11- نقشه Profile**

****

**شکل12- نقشه شاخص طول شیب**

**جدول1- اوزان بدست آمده با استفاده از روش آنتروپی**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **معیار** | **زیرمعیار** | **Pji** | **Ej** | **Vj** | **Wj** |
| ارتفاع  (متر) | کمتر از1700 | 0 | 09/1 | 17/0 | 14/0 |
| 2000-1700 | 68/0 |
| 2300-2000 | 25/1 |
| 2300-2600 | 53/1 |
| بیش­تر از2600 | 65/0 |
| شیب به درجه | کمتر از 5 | 23/0 | 73/1 | 13/0 | 11/0 |
| 5-15 | 54/0 |
| 15-30 | 26/1 |
| بیش­تر از 30 | 48/1 |
| جهت شیب | مسطح | 29/0 | 73/2 | 13/0 | 12/0 |
| شمال | 8/1 |
| شمالشرق | 64/1 |
| شرق | 1 |
| جنوب شرق | 57/0 |
| جنوب | 35/0 |
| جنوب غرب | 18/1 |
| غرب | 13/1 |
| شمال غرب | 30/0 |
| فاصله از جاده (متر) | 0-100 | 55/0 | 19/2 | 05/0 | 05/0 |
| 100-200 | 77/0 |
| 200-300 | 8/0 |
| 300-500 | 08/1 |
| بیش­تر از 500 | 8/1 |
| فاصله از آبراهه (متر) | 0-100 | 91/0 | 31/2 | 003/0 | 003/0 |
| 100-200 | 84/0 |
| 200-300 | 89/0 |
| 300-500 | 08/1 |
| بیش­تر از 500 | 1/1 |
| فاصله از گسل (متر) | 0-100 | 89/0 | 29/2 | 01/0 | 01/0 |
| 100-200 | 89/0 |
| 200-300 | 90/0 |
| 300-500 | 78/0 |
| بیش­تر از 500 | 39/1 |
| کاربری اراضی | مرتع | 12/1 | 54/1 | 02/0 | 02/0 |
| اراضی جنگلی | 76/0 |
| باغات | 33/1 |
| زمین­شناسی | (تراس­های جوان)Qt2 | 13/1 | 29/2 | 01/0 | 01/0 |
| (پادگانه)Qt1 | 005/0 |
| (مارن سبز تا خاکستری)Ngf | 0 |
| (مارن، ماسه سنگ گچ­دار قرمز)Ngm | 0 |
| (کنگلومرا، ماسه سنگ)Ec | 06/0 |
| (سنگ­های متعلق به سیلورین- دونین)S-D | 26/1 |
| (سری مایان)R3-J1 | 02/1 |
| (سازند بهرام)Db | 8/1 |
| (ماسه سنگ، کوارتزیت)SD | 0 |
| Plan | محدب | 06/1 | 52/1 | 03/0 | 03/0 |
| مسطح | 52/0 |
| مقعر | 98/0 |
| Profile | مقعر | 06/1 | 56/1 | 01/0 | 01/0 |
| مسطح | 72/0 |
| محدب | 03/1 |
| طول شیب | <65/4 | 38/0 | 86/1 | 06/0 | 07/0 |
| 65/4- 4/9 | 98/0 |
| 4/9- 88/14 | 30/1 |
| 88/14- 46/26 | 53/1 |

****

**شکل13 - نقشه حساسیت زمین لغزش حوزه آبخیزدیزباد با استفاده از تئوری آنتروپی**

**نتیجه­گیری**

نقشه پهنه­بندی حساسیت زمین­لغزش کاربرد فراوانی در امور زیربنایی احداث و توسعه عملیات سازه­ای، کشاورزی و منابع طبیعی دارد. با توجه به نگرانی­های مطروحه در زمینه وقوع زمین­لغزش و آثار مخرب آن، شناسایی مناطق مستعد وقوع این حادثه اهمیت فراوانی دارد. در پژوهش حاضر به منظور تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش در حوزه آبخیز دیزباد از شاخص آنتروپی شانون استفاده گردید. پس از تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش ها، لایه های اطلاعاتی درجه شیب، جهت شیب، ارتفاع، کاربری اراضی، زمین شناسی، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، Plan، Profile و طول شیب به­عنوان عوامل موثر بر وقوع زمین­لغزش در منطقه مورد مطالعه انتخاب گردیدند. اولویت­بندی عوامل موثر با استفاده از شاخص آنتروپی شانون نشان داد که لایه ارتفاع، جهت شیب و درجه شیب بیش­ترین تاثیر را در وقوع زمین­لغزش منطقه و عوامل فاصله از آبراهه، فاصله از گسل، زمین­شناسی و انحنای توپوگرافی کم­ترین تاثیر را در داشته است. نقشه حساسیت زمین­لغزش تهیه شده با استفاده از شاخص آنتروپی شانون در چهار کلاس خطر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد نشانگر مناطق با حساسیت متفاوت در حوضه مذکور می­باشد. از نتایج این پژوهش می­توان در تصمیم­گیری و مدیریت کاربری زمین و هم­چنین طراحی برنامه ریزی شهری استفاده کرد.

**منابع**

1. اصغرپور، محمدجواد (1385)، تصمیم­گیری­های چندمعیاره، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
2. پورهاشمی، سیما، امیراحمدی، ابوالقاسم، اکبری، الهه(1394)، مدل­سازی و برآورد حجم پهنه­های زمین­لغزش بر پایه مساحت(مطالعه موردی: حوضه بقیع نیشابور)، فصلنامه جغرافیا و برنامه­ریزی محیطی، سال26 ،شماره3 ،صص81-98.
3. پورقاسمی، حمیدرضا، مرادی، حمیدرضا، فاطمی عقدا، سید محمود(1393)، اولویت بندی عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش و پهنه بندی حساسیت آن با استفاده از شاخص آنتروپی شانون، مجله علوم و فنون کشاورزی و منایع طبیعی علوم آب و خاک، سال هجدهم، شماره هفتاد، صص191-181.
4. پورقاسمی، حمیدرضا، مرادی، حمیدرضا، محمدی، مجید، مصطفی زاده، رئوف و گلی­جیرنده، عباس(1391)، پهنه بندی خطر زمین­لغزش با استفاده از تئوری بیزین، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال شانزدهم ،شماره62 ،ص109-123.
5. پورقاسمی، حمیدرضا، مرادی، حمیدرضا و محمدی، مجید (1389)، کاربرد سامانه اطلاعات مکانی و مدل احتمالی weight of Evidence در پهنه­بندی حساسیت زمین­لغزش، مجموعه مقالات هفتمین همایش ملی رسانه­های اطلاعات مکانیGIS89، سازمان نقشه­برداری ایران.
6. حجازی، سیداسدالله، رنجبریان شادباد، مریم (1393)، شناسایی عوامل موثر و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در بخش غربی حوضه آبریز سرندچای، پژوهش­های ژئومورفولوژی کمی، سال سوم، شماره3، صص129-114.
7. زياري، کرامن اله، اسدي، صالح، اشنويي، امير (1393)، تعادل‌سنجي توزيع شهرهاي استان گيلان با استفاده از مدل آنتروپي، فصل نامه جغرافيايي چشم انداز زاگرس، سال ششم، شماره 20، صص 20-7.
8. صدوق ونینی، حسن، ثروتی، محمدرضا، نصرتی، کاظم، اسدی، میترا، صدیق، قربانی(1394)، پهنه بندی زمین لغزش در منطقه کاشتر کامیاران برای کاهش مخاطرات، فصلنامه دانش مخاطرات، دوره2، شماره1، صص105-116.
9. ضرابي، اصغر، ديوسالار، اسداله، کنعاني، محمدرضا (1391)، تحليل فضايي سکونتگاه‌هاي شهري بر اساس توان‌هاي محيطي (مطالعه موردي: استان مازندران)، برنامه‌ريزي و آمايش فضا، دوره شانزدهم، شماره 2، صص 100-78.
10. ضمیری، محمدرضا، نسترن، مهین، محمدزاده تیتکانلو، حمیده (1392)، تحلیلی بر شکل و روند توسعه فضایی و کالبدی شهر بجنورد در دهه 1380 (با استفاده از آنتروپی شانون، ضریب موران و ضریب گری)، آمایش محیط، شماره 23، صص 180-167.
11. عابديني، موسي، قاسميان، بهاره، شيرزادي، عطاا... (1393)، مدل‌سازي خطر وقوع زمين‌لغزش با استفاده از مدل اماري رگرسيون لجستيک مطالعه موردي: استان کردستان، شهرستان بيجار، جغرافيا و توسعه، سال دوازدهم، شماره 37، صص 102-85.
12. علی­پور، حمید، ملکیان، آرش(1394)، پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز جهان اسفراین خراسان شمالی، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره 39 ، صص165-180.
13. محمودی، فرج الله(1387)، ژئومورفولوژی دینامیک، چاپ دوم، انتشارات پیام نور، 283 صفحه.
14. مرادي، حميدرضا، محمدي، مجيد، پورقاسمي، حميدرضا (1391)، حركات دامنه­اي­ (حركات توده اي) با تاكيد بر روشهاي كمي تحليل وقوع زمين لغزش، تهران: انتشارات سمت.
15. مقیمی، ابراهیم، باقری سید شکری، سجاد، صفرراد، طاهر(1391)، پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل آنتروپی(مطالعه موردی: تاقدیس نسار، زاگرس شمال غربی)، پژوهش­های جغرافیای طبیعی، شماره 79 ،صص 77-90.
16. یمانی، مجتبی، گورابی، ابوالقاسم، پیرانی، پریسا، مرادی­پور، فاطمه، شعبانی، عراقی، عارفه (1393)، ارزیابی ژئوموفولوژیکی پتانسیل زمین لغزش تاقدیس سیاه کوه، غرب ایران، فصلنامه برنامه ریزی و امایش فضا، دوره هجدهم، شماره3 ،صص147-170.

K Ch Devkota A D Regmi H R Pourghasemi K Yoshida B radhan I Ch Ryu M R Dhital O F Althuwaynee,2013. Landslide susceptibility mapping using certainty factor , Index of Entropy and Logestic Regression in GIS and their comparison at Mugling- Narayanghat road section in Nepal Himalaya.Natural hazard, 65:135-

H. Hong. Haghibi، S. A. Pourghasemi. H. R(2016), GIS-based landslide spatial modeling in Ganzhou City, China, Arab J Geosci Journal, 9:112.

H R Pourghasemi B Pradhan H R Moradi M mohammadi and M Bednarik,2013.A comparative Assessment Between index of Entropy, Logistic Regression and Frequency Ratio Model for Natural Disasters- causes, effects and Mitigation.

Yufeng, S. and J. Fengxiant. 2009. Landslide Stability Analysis Based on Generalized Information Entropy, International Conference on Environmental Science and Information Application Technology. 83-85. DOI 10.1109/ESIAT.2009.258.

Zongji, Y.  [Jianping](http://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?searchWithin=%22Authors%22:.QT.Qiao%20Jianping.QT.&newsearch=true); Q.  [Xiaogang](http://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?searchWithin=%22Authors%22:.QT.Zhang%20Xiaogang.QT.&newsearch=true).,ZH. (2010). "Regional Landslide Zonation Based on Entropy Method in Three Gorges Area, China", Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), Seventh International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 1336- 1339, Doi:10.1109/FSKD.2010.5569097.

1. Devkota [↑](#footnote-ref-1)
2. Youssef [↑](#footnote-ref-2)
3. Claudius Rudolf [↑](#footnote-ref-3)
4. Shannon & Weaver [↑](#footnote-ref-4)
5. Zongji [↑](#footnote-ref-5)