

## پهنه بندی حساسیت زمین لغزش با سامانه اطلاعات جغرافیایی و مقایسه ی کارایی روش های رگرسیون لجستیک و نسبت فراوانی در (مطالعه موردی: حوزه ی آبخیز چشمیدر، کردستان)

قربان وهاب زاده<sup>۱</sup>، شقایق میرکی\*<sup>۲</sup>، عطااله شیرزادی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۵/۲۰

صفحات: ۲۱ - ۱۱

### چکیده

هدف از انجام پژوهش، مقایسه ی کارایی دو روش آماری رگرسیون لجستیک و روش احتمالاتی نسبت فراوانی در تهیه نقشه پهنه بندی حساسیت زمین لغزش در حوزه آبخیز چشمیدر واقع در استان کردستان است. در ابتدا با مرور منابع، مصاحبه محلی و پرسشنامه، ۱۷ عامل شامل درصد شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، انحنای شیب، انحنای طولی شیب، انحنای عرضی شیب، لیتولوژی، کاربری ارضی، فاصله از شبکه آبراهه، تراکم آبراهه، فاصله از گسل، تراکم گسل، فاصله از جاده، بارندگی، شاخص حمل رسوب، شاخص توان آبراهه و شاخص رطوبت بر وقوع زمین لغزش مؤثر شناخته شدند. سپس، ۶۰ نقطه زمین لغزشی و نیز ۶۰ نقطه غیر زمین لغزشی در منطقه شناسایی و ثبت شدند. نقشه رگرسیون لجستیک به پنج طبقه با حساسیت خیلی کم (۴۴/۵۷٪)، کم (۱۱/۴۸٪)، متوسط (۱۲/۵۱٪)، زیاد (۱۴/۳۸٪) و خیلی زیاد (۱۷/۰۳٪)، طبقه بندی شد. روش نسبت فراوانی نیز به پنج طبقه با حساسیت خیلی کم (۳۷/۱۵٪)، کم (۳۳/۴۰٪)، متوسط (۱۷/۵۵٪)، زیاد (۹/۱۱٪) و خیلی زیاد (۳٪) تفکیک گردیدند. نتایج نشان داد روش رگرسیون لجستیک با ۸۲/۲٪ گستره زیر منحنی مشخصه عملکرد، در مقایسه با روش نسبت فراوانی با مقدار ۸۰٪، توانایی پیش بینی بالاتری در شناسایی مناطق مستعد و حساس به زمین لغزش در منطقه مورد بررسی دارد. بنابراین، روش آماری رگرسیون لجستیک برای تهیه نقشه پهنه بندی حساسیت زمین لغزش های منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می گردد.

واژگان کلیدی: رگرسیون لجستیک، نسبت فراوانی، زمین لغزش، کردستان.

gh.vahabzadeh@sanru.ac.ir

shilan2150@gmail.com

a.shirzadi@uok.ac.ir

<sup>۱</sup> - استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

<sup>۲</sup> - کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (نویسنده مسئول)

<sup>۳</sup> - کارشناس آموزشی و پژوهشی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج

## مقدمه

زمین لغزش به عنوان یکی از خطرات ژئومورفولوژیکی، معمولاً در مناطق کوهستانی و پر باران به صورت مکرر اتفاق افتاده (خالدی، ۱۳۹۱)، و باعث به خطر افتادن زندگی انسان ها، از بین رفتن محیط زیست و طبیعت می شود. شرایط زمین شناسی، هیدرولوژیکی، توپوگرافی، مورفولوژی، آب و هوا، هوازدگی و فعالیت های انسانی از جمله جاده سازی در مناطق با شیب زیاد (گوزتی، ۲۰۱۲) بر پایداری یک دامنه تأثیر گذاشته و می توانند باعث ایجاد زمین لغزش شوند. از یک طرف ایران، به دلیل فعالیت های زمین ساختی در کمربند زلزله و گسل های اصلی قرار گرفته است، که منجر به افزایش خطر زمین لغزش می شود (رنجبر، ۱۳۹۱) و از طرف دیگر در ردیف ۱۰ کشور بلاخیز جهان نیز قرار دارد. میزان خسارت ناشی از زمین لغزش ها طبق گزارشات بانک اطلاعات زمین لغزش تا پایان شهریور ۱۳۸۶ خسارت مربوط به ۴۹۰۰ نقطه لغزشی، ۱۲۶۸۹۳ میلیارد ریال بر آورد شده است (گروه مطالعه امور زمین لغزش، ۱۳۸۶).

حوزه ی آبخیز چشمیدر نیز منطقه ای کوهستانی در بخش غربی کشور است که در محدوده غربی استان کردستان واقع و دارای ۱۱ منطقه ی مسکونی است، در این حوضه انواع فرسایش های سطحی، شیاری، کناری و توده ای وجود دارد. تعداد زمین لغزش ها در این منطقه به دلیل دخالت های انسانی مخصوصا ساخت جاده رو به افزایش است. بررسی پدیده زمین لغزش جهت تهیه نقشه های پهنه بندی حساسیت زمین لغزش به منظور شناسایی مناطق حساس به زمین لغزش در محدوده فعالیت های بشری حائز اهمیت بوده و از سویی دیگر جهت شناسایی مکان های امن برای توسعه زیستگاه ها و سکونتگاه های جدید و سایر کاربری های آتی انسان نظیر جاده سازی، توسعه مسیرهای انتقال نیرو، نیروگاه ها و غیره در مقیاس های مختلف مورد توجه برنامه ریزان قرار دارد (سفیدگری، ۱۳۸۱).

مطالعات مختلفی در داخل و خارج از کشور در خصوص پهنه بندی حساسیت زمین لغزش ها انجام شده اند. متولی و همکاران (۱۳۸۸) در حوضه آبخیز واز در دامنه های شمالی البرز در جنوب شهر چمستان در استان مازندران به تعیین حساسیت وقوع زمین لغزش با استفاده از رگرسیون لجستیک

پرداختند. شیرزادی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از روش های رگرسیون لجستیک، نسبت فراوانی و شاخص همپوشانی، درصد صحت نقشه پهنه بندی خطر ریزش سنگ برای گردنه صلوات آباد در استان کردستان را به ترتیب ۸۵/۰۹، ۷۶/۷۴ و ۸۱/۴۴ درصد گزارش نمودند. لی (۲۰۰۴) با روش های نسبت فراوانی و رگرسیون لجستیک اقدام به تهیه نقشه پهنه بندی زمین لغزش کردند. نتایج آن ها نشان داد که روش رگرسیون لجستیک از صحت بیشتری برخوردار است. لی و سمبات (۲۰۰۶) به مطالعه کاربرد و مقایسه و آزمایش روش های نسبت فراوانی و رگرسیون لجستیک پرداختند و درصد صحت پیش بینی را برای رگرسیون لجستیک ۸۶/۳۷ و برای نسبت فراوانی ۸۶/۹۷ به دست آوردند.

بنابراین، هدف از این پژوهش، مقایسه ی و ارزیابی صحت روش آماری رگرسیون لجستیک و روش احتمالاتی نسبت فراوانی و تهیه ی نقشه پهنه بندی حساسیت زمین لغزش، شناسایی مناطق بحرانی و مستعد زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه یعنی حوضه آبخیز چشمیدر در غرب استان کردستان، است. با شناسایی عوامل مؤثر و با کمک روش های مناسب می توان با اقدامات پیشگیرانه خسارت ناشی از لغزش را کاهش داد که گامی مهم در مدیریت حوضه ی آبخیز است.

## مواد و روش ها:

## معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با وسعتی برابر با ۶۳۹۹/۸ هکتار، که در منطقه ای با مختصات جغرافیایی ۴۶ درجه، ۲۹ دقیقه و ۵۷ ثانیه تا ۴۶ درجه، ۳۸ دقیقه و ۴۶ ثانیه طول شرقی و ۳۵ درجه، ۵ دقیقه و ۵۶ ثانیه تا ۳۵ درجه، ۱۲ دقیقه و ۳۳ ثانیه عرض شمالی در محدوده ی غربی استان کردستان، قرار گرفته است. حداکثر ارتفاع حوضه ۲۶۶۱ متر و حداقل ارتفاع آن ۱۳۲۴ متر است. اختلاف ارتفاع از سطح دریا و متوسط بارندگی منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۱۳۳۷ متر و ۶۰۰ میلیمتر است. حداقل و حداکثر دمای منطقه مورد مطالعه نیز به ترتیب ۱۲/۹- و ۳۴/۶ درجه سانتیگراد و دارای آب و هوای سرد است. با تفسیر عکسهای هوایی، تصاویر ماهواره ای، پیمایش صحرایی، مشاهده بصری و مصاحبه های محلی صورت گرفته، ۶۰ نقطه لغزشی و همزمان با آن ۶۰ نقطه غیر لغزشی با دستگاه موقعیت یاب

z از  $-\infty$  تا  $+\infty$  احتمال وقوع زمین لغزش به صورت منحنی S از ۰ تا ۱ تغییر می کند.

### پهنه بندی حساسیت زمین لغزش با روش احتمالاتی نسبت فراوانی:

در این روش فرض بر این است که زمین لغزش های آینده در شرایطی مشابه با لغزش های گذشته رخ دهد (جدا، ۲۰۰۹). روش نسبت فراوانی رابطه بین توزیع زمین لغزش ها و هریک از عوامل مربوط به زمین لغزش ها و رابطه بین مکان زمین لغزش ها و عوامل مؤثر در منطقه را آشکار می نماید (شیرزادی، ۲۰۱۷)

### نتایج:

#### ضرایب روش رگرسیون لجستیک

مشاهده جدول ۱ نشان می دهد، که اگرچه ارتفاع از سطح دریا، گسل و جاده ضرایب منفی به خود اختصاص دادند اما به دلیل وجود معنی داری آماری در سطح ۰/۰۵ این عوامل بر وقوع زمین لغزش ها در منطقه مورد مطالعه مؤثر شناخته شده اند. ضرایب منفی بیانگر همبستگی کمتر آن عامل با ایجاد زمین لغزش است. شانس وقوع گسل، جاده و ارتفاع از سطح دریا به ترتیب

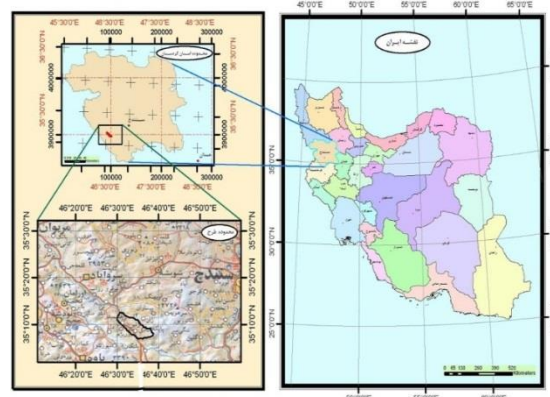
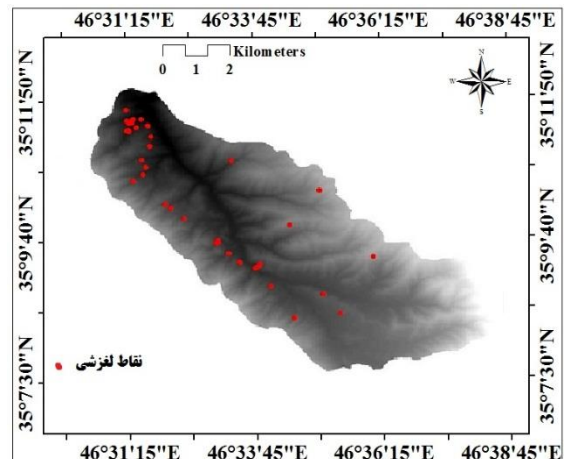
۰/۹۹۸، ۰/۹۹۷ و ۰/۹۹۴ است. باتوجه به ضرایب به دست آمده بر اساس جدول ۱ مشخص می شود که در ارتفاعات پایین تر حوضه و در فاصله های نزدیک به گسل و جاده، امکان وقوع زمین لغزش بیشتر است.

#### نقشه پهنه بندی حساسیت زمین لغزش با روش

#### رگرسیون لجستیک

شکل ۲ پهنه بندی نقشه نهایی پهنه بندی حساسیت زمین لغزش حوضه چشمیدر را نشان می دهد. مقادیر احتمال به دست آمده بین ۰ تا ۰/۹۹ متغیر و به بیست طبقه با فواصل احتمال ۰/۰۵، به پنج طبقه با حساسیت خیلی کم و با احتمال وقوع ۰/۰۵ (۰/۴۴/۵۷)، حساسیت کم با احتمال وقوع ۰/۴-۰/۰۵ (۰/۱۱/۴۸)، حساسیت متوسط با احتمال وقوع ۰/۵-۰/۴ (۰/۱۲/۵۱)، حساسیت زیاد با احتمال وقوع ۰/۸۵-۰/۵

جهانی (GPS) ثبت شد و ۱۷ عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش که عبارتند از: درصد شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، بارندگی، سنگ شناسی، فاصله از جاده، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، تراکم گسل تراکم آبراهه، شکل شیب، پروفیل طولی، پروفیل عرضی، شاخص توان آبراهه، شاخص رطوبت، شاخص حمل رسوب، طبقات ارتفاعی، شناسایی شدند.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز چشمیدر در ایران، استان کردستان و نقشه پراکنش زمین لغزش ها

#### پهنه بندی حساسیت زمین لغزش با روش آماری رگرسیون لجستیک

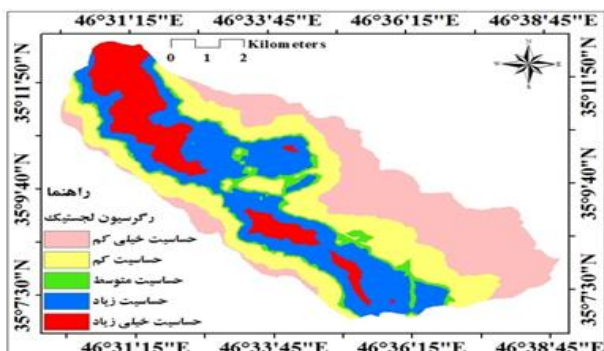
#### رگرسیون لجستیک روش آماری خطی چند متغیره

(ضریب نسبت فراوانی \* هر لایه اطلاعاتی) = شاخص

$$Z = \log \text{it}(p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = c_0 + c_1 x_1 + \dots + c_n x_n \quad (2)$$

C: عرض از مبدا یا ضریب ثابت مدل،  $X_1, \dots, X_n$ : ضرایب مربوط به متغیرهای مستقل  $C_1, \dots, C_n$  هستند. با تغییر مقدار

برای ارزیابی معادله رگرسیون لجستیک از چندین روش استفاده شد. روش اول استفاده از آزمون درصد صحت پیش بینی بر اساس جدول طبقه بندی صفر و یک ( Classification Table) (Error! Reference source not found.)، که برای نقاط مشاهده ای و احتمال پیش بینی شده است. در صورتی که احتمال پیش بینی برای نقاط زمین لغزش بالاتر از ۰/۵ و برای نقاط غیرلغزشی پایین تر از ۰/۵ به دست آید، پیش بینی مدل موفق است. برای یک مدل موفق، نقاط صفر (عدم حضور زمین لغزش) باید به سمت چپ نمودار یا ( $P < 0/5$ )، و نقاط ۱ (حضور زمین لغزش)، در سمت راست نمودار ( $P > 0/5$ )، ظاهر شوند (شکل ۴). روش دیگر ارزیابی صحت، استفاده از شاخص های پیشینه درست نمایی ( $-2 \text{ Log likelihood}$ )، Cox & Nagelkerke  $R^2$ ، Snell  $R^2$  است. دامنه ضریب تبیین ( $R^2$ ) در رگرسیون خطی از صفر تا یک بوده و مقادیر بالا نشان دهنده صحت بیشتر مدل است. پیشینه درست نمایی نیز شبیه مربع کای رفتار می کند و زمانی مدل با داده های مشاهده ای تطابق دارد که مقدار کمتری از این شاخص را به خود اختصاص دهد (موسوی خطیر، ۱۳۸۹) جدول شماره ۲ به ترتیب میزان عددی  $-2 \text{ Log likelihood}$ ، Cox & Snell  $R^2$  و Nagelkerke  $R^2$  را نشان می دهد. Cox and Snell R، مشابه به ضریب تبیین ( $R^2$ ) در رگرسیون خطی عمل می کند (لی، ۲۰۰۵). مقدار ۰/۵۶۳ با توجه به جدول ۲ نشان دهنده مناسب بودن مدل به دست آمده است. Error! Reference source not found. ارزیابی صحت روش رگرسیون لجستیک را بر اساس درصد صحت پیش بینی نشان می دهد. نتایج بیانگر صحت بالای ۸۵/۶٪ است.



حساسیت خیلی زیاد احتمال وقوع ۱-۰/۸۵٪، حساسیت خیلی زیاد (شکل ۳).  
تقسیم بندی شد (۰/۱۷/۰۳٪).

جدول ۱: ضرایب عوامل مؤثر در روش رگرسیون لجستیک

| عوامل مؤثر         | $\text{Exp}(\beta)$ | Si    | Wald   | SE    | B      |
|--------------------|---------------------|-------|--------|-------|--------|
| ارتفاع از سطح دریا | ۰/۹۹۴               | ۰/۰۰۷ | ۷/۳۰۲  | ۰/۰۰۲ | -۰/۰۰۶ |
| فاصله از گسل       | ۰/۹۹۸               | ۰/۰۰۶ | ۷/۴۲۳  | ۰/۰۰۱ | -۰/۰۰۲ |
| فاصله از جاده      | ۰/۹۹۷               | ۰/۰۲۵ | ۵/۰۵۸  | ۰/۰۰۱ | -۰/۰۰۳ |
| ضریب ثابت مدل      | ۰/۲۴۶               | ۰/۰۰۱ | ۱۰/۴۴۵ | ۴/۰۱  | ۱۲/۹۵۹ |

ضریب رگرسیون لجستیک<sup>۲</sup> خطای استاندارد  
آزمون Wald<sup>۴</sup> معنی داری آماری (۹۵٪) شانس وقوع

#### ضرایب روش نسبت فراوانی

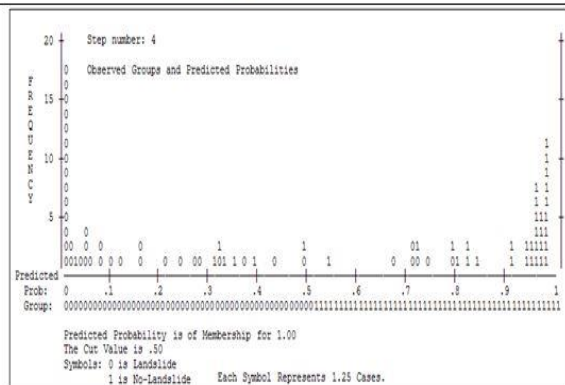
نتایج بیانگر آن است که در روش نسبت فراوانی شیب هایی با جهت شمال شرقی با بیشتر از ۴۰ درصد، در ارتفاع ۱۴۵۰ تا ۱۵۵۰ متری، با بارندگی ۴۲۲ تا ۵۰۰ میلیمتر، در فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ متری از گسل، ۲۰۰ تا ۲۵۰ متری از رودخانه، ۵۰ متری از جاده، با سازندهایی از جنس هاربورژیت سرپانتیتی با پوشش باغی و مناطقی که تراکم گسل بین ۳/۹-۲/۸، تراکم رودخانه ۳۰-۲۰ متری، شاخص رطوبت ۱۸-۱۶، شاخص حمل رسوب < ۱۰۰ و شاخص توان آبراهه < ۱۰۰ دارای ضریب نسبت فراوانی بزرگتر از یک بوده، بیشترین حساسیت را نیز به وقوع زمین لغزش دارا می باشند

#### نقشه پهنه بندی زمین لغزش با روش نسبت فراوانی

شکل ۲ پهنه بندی حوزه ی چشمیدر را نشان می دهد. این نقشه نیز بر اساس روش شکست طبیعی (Natural Breaks)، به پنج منطقه به ترتیب با حساسیت خیلی کم (۰/۳۷/۱۵٪)، حساسیت کم (۰/۳۳/۴۰٪)، حساسیت متوسط (۰/۱۷/۵۵٪)، حساسیت زیاد (۰/۹/۱۱٪) و حساسیت خیلی زیاد (۰/۳٪) تفکیک گردید.

#### ارزیابی روش رگرسیون لجستیک

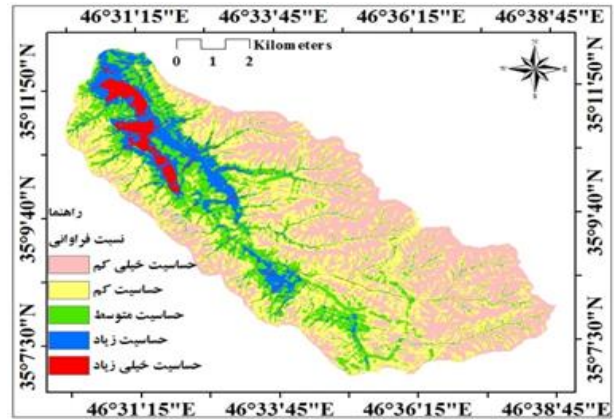
| نقاط مشاهده ای | نقاط پیش بینی شده |              |      | صحت |
|----------------|-------------------|--------------|------|-----|
|                | درصد زمین لغزش    | پیش بینی مدل |      |     |
|                |                   | ۰            | ۱    |     |
| موقعیت         | ۳۹                | ۶            | ۸۶۷  |     |
|                | ۷                 | ۳۸           | ۸۴/۴ |     |
| درصد کلی       |                   |              | ۸۵/۶ |     |



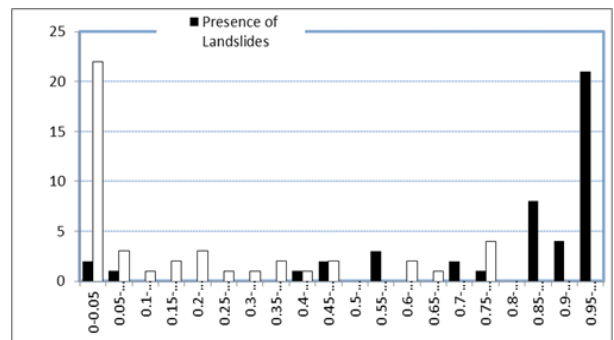
شکل ۴: نمودار فراوانی نقاط وقوع و عدم وقوع لغزش در مقابل احتمال پیش بینی شده

### ارزیابی صحت نقشه های پهنه بندی زمین لغزش با منحنی ROC و شاخص SCAI:

سطح زیر منحنی (AUC) بیانگر مقدار پیش بینی سیستم از طریق توصیف توانایی آن در تخمین درست وقوع زمین لغزش و عدم وقوع آن است. مناسب ترین روش، بیشترین سطح زیرمنحنی را داشته و مقدار AUC از ۰/۵ (خط مرجع) تا ۱ متغیر است که عدد یک بهترین دقت را دارد (پورقاسمی، ۱۳۸۹). در این پژوهش از منحنی مشخصه<sup>۴</sup> (ROC) و شاخص<sup>۲</sup> SCAI برای ارزیابی صحت نقشه های پهنه بندی استفاده شد. Error! Reference source not found. نتایج ROC را نشان می دهد. بر این اساس، مقدار سطح زیرمنحنی منطقه مورد مطالعه برای روش رگرسیون لجستیک (۸۲٪) و روش نسبت فراوانی (۰/۸۰) به دست آمد. بنابراین، روش رگرسیون لجستیک توانایی بهتری در شناسایی مناطق حساس به وقوع زمین لغزش نسبت به روش نسبت فراوانی نشان داد. علاوه بر منحنی ROC



شکل ۲: نقشه پهنه بندی حساسیت زمین لغزش در حوزه آبخیز چشمیدر باروش LR و FR



شکل ۳: هیستوگرام طبقات احتمال و عدم احتمال زمین لغزش در حوزه آبخیز چشمیدر

جدول ۲: ارزیابی صحت روش آماری رگرسیون لجستیک بر اساس شاخص ها

| آماره       | Nagelkerk R <sup>2</sup> | Cox and Snell R <sup>2</sup> | -2Loglikelihood |
|-------------|--------------------------|------------------------------|-----------------|
| مقدار آماره | ۰/۷۵۱                    | ۰/۵۶۳                        | ۵۰/۱۸۵          |

جدول ۳: ارزیابی بر اساس جدول طبقه بندی صفر و یک و احتمال پیش بینی صحت پیش بینی

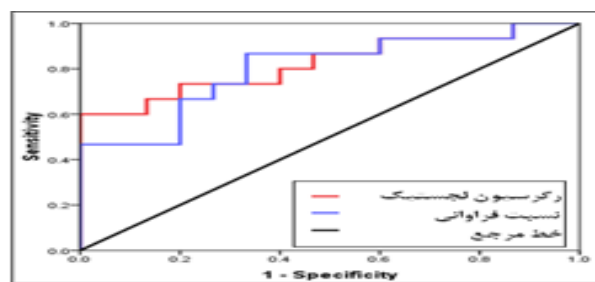
<sup>۴</sup> - Relative Operating Characteristic (ROC) Area Under the Curve (AUC)  
<sup>۲</sup> - Seed cell Area Index (SCAI)

کیفی دو حالت است. در پژوهش حاضر ۱۷ عامل اولیه مؤثر بر زمین لغزش شناسایی و به عنوان متغیرهای مستقل اثرگذار بر وقوع یا عدم وقوع زمین لغزش های منطقه به روش رگرسیون لجستیک با سطح اعتماد ۰/۹۵ وارد نرم افزار spss17 شدند و در نهایت سه عامل به عنوان عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش ها معرفی شدند. جدول ضرایب به دست آمده از روش رگرسیون لجستیک را نشان می دهد. ضرایب منفی، همبستگی ضعیف تری با زمین لغزش داشته و به این معناست که به ازای افزایش یک واحد از عوامل مؤثر، شانس وقوع زمین لغزش بسیار ناچیز افزایش می یابد. با توجه به ضرایب خروجی رگرسیون لجستیک (جدول ۱)، عامل نزدیکی به گسل مهم ترین نقش را در زمین لغزش های حوضه چشمیدر ایفا کرده است. به این معنی که به ازای هر یک متر نزدیکی به گسل ۰/۹۹۸ برابر شانس وقوع زمین لغزش افزایش یافته است و بعد از آن به ترتیب فاصله از جاده و ارتفاع از سطح دریا در وقوع زمین لغزش ها مؤثر بوده اند.

شیرزادی و همکاران (۱۳۸۶): شادفر و همکاران (۱۳۸۶): لی و پرادهان (۲۰۰۶): گرکو (۲۰۰۷)، نزدیکی به گسل را یکی از عوامل مؤثر و عمده در بروز حرکات توده ای در منطقه مورد مطالعه خود معرفی کرده اند. با توجه به ضرایب نسبت فراوانی به دست آمده، مشخص گردید که بیشترین تراکم وقوع زمین لغزش ها در طبقات بارندگی ۵۰۰-۴۲۲ رخ داده است.

ارتفاع از سطح دریا از جمله متغیر هایی است که در اکثر مطالعات حرکت های توده ای جزء عامل اصلی و تأثیر گذار بر وقوع زمین لغزش مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. ارتفاع از سطح دریا؛ جهت شیب، رواناب و میزان تراکم زهکشی را کنترل می کند و در میزان رطوبت خاک و شیب دامنه نیز تأثیر بسزایی دارد (خالدی، ۱۳۹۱). در حوزه آبخیز چشمیدر بیشترین درصد فراوانی زمین لغزش در طبقه دوم ارتفاع حوضه (۱۵۵۰ - ۱۴۵۰ متر) واقع شده و در طبقات بالاتر از ۲۲۵۰ متر، هیچ زمین لغزشی گزارش نشده است به طوری که با افزایش ارتفاع از سطح دریا حساسیت به زمین لغزش کاهش پیدا کرده است. زیرا در ارتفاعات بالاتر ممکن است به دلیل کوهستانی بودن منطقه عمق خاک کم شده و بیرون زدگی سنگی (Outcrop) رخنمون داشته است (رضایی مقدم، ۱۳۹۶) احمدی (۱۳۸۶) معتقد است که در

و درصد مساحت زیر این منحنی، برای دقت بیشتر در ارزیابی صحت نقشه های پهنه بندی، از شاخص SCAI نیز استفاده شد. شاخص SCAI نسبت درصد مساحت هر یک از کلاس های پهنه بندی حساسیت زمین لغزش به درصد لغزش های اتفاق افتاده در هر کلاس است (شیرزادی، ۲۰۱۲). روش مذکور دقت نقشه را به صورت کمی ارائه می کند. منظور از صحت یعنی کاهش مقدار SCAI از کلاس خطر کم به سمت کلاس زیاد است. نتایج ارزیابی صحت نقشه های پهنه بندی در ارائه شده است. مشاهده این جداول نشان می دهد که برای حساسیت خیلی کم این عدد دارای بیشترین مقدار و به سمت حساسیت خیلی زیاد از مقدار آن کاسته شده است.



شکل ۵: منحنی ROC و نقشه پهنه بندی حساسیت زمین لغزش با رگرسیون لجستیک و نسبت فراوانی

جدول ۴: ارزیابی نقشه حساسیت زمین لغزش منطقه مورد مطالعه در نسبت فراوانی و رگرسیون لجستیک با استفاده از شاخص SCAI

| کلاس حساسیت      | نسبت فراوانی         |           | رگرسیون لجستیک       |           |
|------------------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|
|                  | درصد مساحت زمین لغزش | درصد SCAI | درصد مساحت زمین لغزش | درصد SCAI |
| حساسیت خیلی کم   | ۳۷/۱۵                | ۲/۷۸      | ۴۴/۵۷                | ۱۳/۳۳     |
| حساسیت کم        | ۳۳/۴۰                | ۲۰        | ۱۱/۴۸                | ۶/۶۶      |
| حساسیت متوسط     | ۱۷/۵۵                | ۲۶/۶۶     | ۱۲/۵۱                | ۱/۷۲      |
| حساسیت زیاد      | ۹/۱۱                 | ۲۰        | ۱۴/۳۸                | ۰/۷۱      |
| حساسیت خیلی زیاد | ۲/۷۸                 | ۰/۱۳      | ۱۷/۰۳                | ۵۳/۳۳     |

#### بحث و نتیجه گیری:

در این پژوهش برای پهنه بندی خطر زمین لغزش از روش آماری رگرسیون لجستیک و نسبت فراوانی استفاده شد. بر این اساس ۶۰ نقطه زمین لغزشی (حضور) و ۶۰ نقطه غیر زمین لغزشی (عدم حضور) به صورت تصادفی برداشت شد. کاربرد رگرسیون لجستیک تعیین احتمال رخداد سطوح کیفی دو حالت بر پایه متغیرهای مستقل است و متغیر وابسته یک متغیر



کوهستانی، معمولاً" به عنوان منبعی برای وقوع زمین لغزش ها نیز به شمار می روند (ایالو ویاماگاشی، ۲۰۰۵).

بررسی عامل کاربری ارضی نشان دهنده این موضوع بود که ۵۵/۵۵٪ از زمین لغزش ها در مناطق باغی رخ داده اند که می توان دلیل آن را تغییر در کاربری ارضی منطقه مورد مطالعه دانست و چون در شیب های کم واقع شده اند از دسترس بشر نیز دور نبوده و همواره دستخوش تغییر می شوند. این شرایط زمانی تشدید شده که ویژگی های فیزیوگرافی نظیر درجه شیب نیز مزید بر علت گردیده و حرکت های توده ای از نوع زمین لغزش را در نبود ریشه درختان، تشدید کرده است. از طرف دیگر خاک اراضی که دارای درخت هستند با جذب زیاد آب و در صورت مساعد بودن سایر شرایط، باعث تشدید خطر وقوع زمین لغزش در منطقه می شوند (فروزانفر، ۱۳۹۲). نتایج به دست آمده با مطالعه شادفر و همکاران (۱۳۸۶)، فاطمی عقدا و همکاران (۱۳۸۴) مطابقت دارد.

بررسی صحت مدل با فاکتورهای  $R^2$  Nagelkerk،  $R^2$  Cox and Snell و  $2 \text{ Log Likelihood}$  مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که اشاره شد، دامنه تغییرات  $R^2$  از صفر تا یک بوده و منفی دو برابر لگاریتم درست نمایی نیز شبیه مربع کای رفتار می کند و زمانی مدل با داده های مشاهده طوری که با افزایش فاصله از جاده ها، میزان وقوع زمین ای تطابق دارد که مقدار کمتری از این شاخص را به خود اختصاص دهد. نتایج ارزیابی صحت مدل در جدول ۲، نشان داد که فاکتور  $2LL$  در آخرین تکرار مدل (چهار تکرار) برابر با  $50/185$  و ضرایب  $R^2$  ناگلکرک و  $R^2$  کوکس و اسنل به ترتیب  $0/751$  و  $0/563$  می باشند، که نشان دهنده تطابق مناسب مدل با داده های مشاهده ای و معنی داری آماری متغیرهای مستقل در مدل با وقوع زمین لغزش های منطقه است. از طرفی، درصد صحت پیش بینی مدل نیز  $85/6$  درصد بوده که صحت آن مورد تأیید است. برای بررسی صحت نقشه از شاخص  $SCAI$  (Seed Cell Area Index) و ROC استفاده شد. ارزیابی و نتایج منحنی ROC نشان داد که پهنه بندی خطر زمین لغزش با روش رگرسیون لجستیک با درصد صحت  $82/2$ ٪ نسبت به روش نسبت فراوانی با  $80$ ٪ از صحت بالاتری در منطقه مورد بررسی برخوردار بوده است. این نتایج با نتایج به دست آمده از پژوهش های شیرزادی (۱۳۸۹) و لی (۲۰۰۷) مطابقت دارد و با نتایج لی و سمبات (۲۰۰۶) مغایرت دارد.

ارتفاع  $2100$  تا  $2500$  متری و شیب های  $40$  درجه رخساره توده سنگی مشاهده می گردد. بنابراین، اکثر زمین لغزش هادر ارتفاعات کم و مناطق پایین دست حوضه به دلیل سست شدن جنس سازندها و تغییرات کاربری شدید و دخالت های انسانی صورت گرفته است و در شیب های بالاتر از  $40$  درصد با جهت شمال شرقی و با افزایش شاخص رطوبت، تعداد زمین لغزش ها بیشتر شده است. شیب های شمالی به دلیل دریافت کمتر انرژی خورشید و پتانسیل بالای رطوبت برای ایجاد زمین لغزش ها مستعد هستند.

بیلیفارد و همکاران (۲۰۰۳) معتقدند که گسل ها و تراست ها (ساختارهایی با مقیاس بزرگ) از عوامل نگران کننده برای شکست و ناپایداری های دامنه ها به شمار می آیند. از آن جا که گسل ها یکی از عوامل اثر گذار بر وقوع زمین لغزش در حوضه مورد مطالعه هستند، با همپوشانی لایه های مربوط به لیتولوژی منطقه و خطوط گسل مشخص شد که در محل تغییر جنس و سختی سازندها، پدیده گسل مشاهده می شود. به این معنی که دو سازندی که دارای مقاومت متفاوتی هستند، یکی از آن ها دارای مقاومت خیلی بیشتری از سازند دیگر است. به عنوان مثال، در منطقه مورد مطالعه در محل تقاطع و شکستگی ها، سازند هارزبورژیت سرپانتیتی سنگی آذرین درونی و الترامافیک با ترکیبی از الیوین و پیروکسن که تحت تاثیر فعالیت هوازدهی و گسل ها مستعد فرسایش شده اند، وجود دارد.

در اطراف جاده ها تراکم زمین لغزش ها زیاد است به لغزش ها نیز کاسته می شود. در فاصله  $50$  - متری از جاده بیشترین تعداد وقوع زمین لغزش ها مشاهده شده و از آن فاصله به بعد تراکم زمین لغزش ها کاهش یافته است. این قضیه بیانگر آن است که به دلیل جاده سازی غیر اصولی و ایجاد راه های روستایی در منطقه، وضعیت طبیعی و به عبارتی شیب تعادل منطقه بر هم خورده و بریدگی های عمودی در منطقه ایجاد شده و بر بخش پنجه دامنه (مشرف به جاده) بار اضافی وارد شده و باعث افزایش زمین لغزش در نزدیکی جاده ها شده است. بریدگی های جاده معمولاً" محل هایی هستند که در آن، فعالیت های انسانی منجر به ناپایداری شیب می شوند. بخش مشخصی از جاده ها ممکن است به عنوان دالانی برای عبور جریان آب عمل کرده و بسته به موقعیت جاده در مناطق

همان طور که گفته شد SCAI زمانی صحیح است که مقدار آن از سمت کلاس با حساسیت کم به سمت حساسیت بالا، کاهش پیدا کند. با توجه به **Error! Reference source not found.** که برای ارزیابی صحت نقشه نسبت فراوانی استفاده شد، مقدار این شاخص در کلاس حساسیت خیلی کم  $2/78$  بوده و به سمت کلاس حساسیت زیاد مقدار آن کاهش پیدا کرده تا به  $0/13$  رسیده است، که نشان‌دهنده صحت نقشه مورد نظر است. در روش رگرسیون لجستیک نیز همین مطلب صادق است و مقدار شاخص به صورت نزولی از سمت کلاس با حساسیت خیلی کم به سمت کلاس با حساسیت خیلی زیاد از  $3/34$  به  $0/31$  کاهش یافته است. بیشترین زمین لغزش ها در نزدیکی جاده ها و گسل ها رخ داده اند .

نزدیکترین فواصل به جاده بیشترین خطر برای زمین لغزش را دارد، که باید در مدیریت تعریض جاده و ساخت و ساز در این مناطق دقت لازم را اعمال نمود. بنابراین، پیشنهاد می شود که در مناطق باغی به دلیل بالا بودن تعداد زمین لغزش ها و تخریب خاک و نیز در جاده ها به منظور جلوگیری از تلفات انسانی در مدیریت طراحی و تعریض جاده، در این مقطع از جاده دقت و نظارت کافی به عمل آید و به منظور حفاظت خاک منطقه، به شناسایی مناطق مستعد و خطرناک و تثبیت دامنه های ناپایدار لغزشی پرداخت.



## منابع

- شیرزادی، عطا اله.؛ سلیمانی، کریم؛ حبیب نژاد روشن، محمود؛ چپی، کامران (۱۳۸۹). تهیه نقشه خطر ریزش سنگ در طول جاده‌های کوهستانی با استفاده از روش نسبت فراوانی (مطالعه موردی: گردنه صلوات آباد. کردستان). کنفرانس بلایای طبیعی. تهران. ایران. شماره ۱۳. صص ۹۱-۸۳.
- شیرزادی، عطا اله؛ سلیمانی، کریم؛ حبیب نژاد روشن، محمود؛ چپی، کامران (۱۳۹۲). مدل‌سازی خطر ریزش سنگ در طول جاده‌های کوهستانی با تکیه بر مقایسه سه مدل رگرسیون لجستیک، نسبت فراوانی و شاخص همپوشانی. پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، شماره ۹۹. صص ۲۰-۹.
- فاطمی عقدا، سید محمود؛ غیومیان، جعفر؛ تشنه لب، محمد؛ اشقلی فراهانی، عقیل (۱۳۸۴). بررسی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی (مطالعه موردی: منطقه رودبار). مجله علوم دانشگاه تهران، ۳۱(۱): صص ۴۳-۶۴.
- فروزانفر، میلاد؛ وهاب زاده، قربان؛ پورقاسمی، حمیدرضا (۱۳۹۱). تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش با استفاده از منطق فازی و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: بخشی از حوزه آبخیز تالار). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. صص ۱۱۲.
- گروه مطالعه امور زمین‌لغزش‌ها (۱۳۸۶). فهرست زمین‌لغزش-های کشور شهریور ماه ۸۶. سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، معاونت آبخیزداری. دفتر مهندسی و ارزیابی طرح‌ها.
- متولی، صدرالدین؛ اسماعیلی، رضا؛ حسین زاده، محمد مهدی؛ (۱۳۸۸). تعیین حساسیت وقوع زمین‌لغزش با استفاده از رگرسیون لجستیک در حوضه آبریز واز (استان مازندران). فصلنامه جغرافیای طبیعی. سال دوم. شماره پنجم، صص ۸۳-۷۳.
- موسوی خطیر، زهره؛ کاویان، عطاله.؛ سلیمانی، کریم (۱۳۸۹). تهیه نقشه حساسیت به زمین‌لغزش در حوزه آبخیز سجارود با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک. مجله علوم و فنون کشاورزی منابع طبیعی (علوم آب و خاک). سال چهاردهم، شماره پنجاه و سوم، صص ۱۱۱-۹۹.
- Ayalew, L. Ymagishi, H. (2005). "The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakud-Yahiko Mountains, Central Japan", *Geomorphology*, 65, pp.15-25.
- Bilifard, F. Jaboyedoff, M. and Satori, M. (2003). "Rock fall hazard mapping a long a mountainous road in Switzerland using a GIS-based parameter rating approaches", *Natural Hazard and Earth System Sciences*, 3, pp. 431-438.
- Garcia-Rodriguez, M. J. Malpica, J.A. Benito, B. and Diaz, M (2008). "Susceptibility assessment of احمدی، حسن (۱۳۸۶). ژئومرفولوژی کاربردی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران چاپ پنجم. جلد اول. صص ۷۱۴.
- پورقاسمی، حمیدرضا؛ مرادی، حمیدرضا؛ محمدی، مجید (۱۳۸۹). پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از مدل احتمالاتی وزن واقعه. مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، ۳ (۱): صص ۸۰-۶۹.
- خالدی، شهریار؛ درفشی، خه بات.؛ مهرجو، اکبر؛ قره چاهی، سعید (۱۳۹۱). ارزیابی عامل‌های مؤثر در رویداد زمین‌لغزش و پهنه‌بندی آن با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان). مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره اول. چاپ چهارم. صص ۸۲-۶۶.
- رضایی مقدم، محمد حسین؛ نیکجو، محمد رضا؛ ولیزاده، کامران؛ بلواسی، ایمانعلی؛ بلواسی، مهدی (۱۳۹۶). کاربرد مدل شبکه عصبی مصنوعی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش. نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی. سال بیستویکم، شماره ۵۹، صص ۱۱۱-۸۹.
- رنجبر، محسن؛ معمار افتخاری، محمد (۱۳۹۱). پهنه‌بندی پدیده‌ی لغزش با استفاده از روش LNRF در جاده‌ی هراز در امامزاده هاشم تا لاریجان. فصلنامه‌ی علمی - پژوهشی انجمن جغرافیای ایران. سال ۱۰، شماره ۳۳، صص ۱۲۸-۱۰۸.
- سفیدگری، رضا (۱۳۸۱). ارزیابی روش‌های پهنه بندی خطر زمین لغزش در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (مطالعه موردی حوزه آبخیز دماوند)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، صص ۱۲۹.
- شادفر، صمد؛ یمانی، مصطفی؛ قدوسی جمال؛ غیومیان، جعفر (۱۳۸۶). پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز چالکروند تنکابن). مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. شماره ۷۵. چاپ چهارم. صص ۱۲۶-۱۱۸.
- شیرزادی، عطا اله؛ سلیمانی، کریم؛ حبیب نژاد روشن، محمود؛ چپی، کامران (۱۳۸۶). پهنه بندی خطر حرکت‌های توده‌ای در طول جاده‌های کوهستانی با استفاده از ارائه مدل منطقه-ای (مطالعه موردی: کردستان، گردنه صلوات آباد). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، صص ۱۲۹.

- Earthquake triggered landslide Elsalvador using logistic regression", *Geomorphology*, 95, pp.172-191.
- Greco, R. Sorriso –Valvo. Catalano, E (2007). "Logistic regression analysis in the evaluation of mass movement's susceptibility case study: Calabria, Italy", the journal of Engineering Geology. 89, pp. 47-66.
- Guzzetti, F. CesareMondini, A. Cardinali, M. Fiorucci, F. Santangelo, M. Chang, K.T. (2012). "Landslide inventory maps: new tools for an old problem", *Earth-Science Review*, 112, pp. 42-66.
- Jadda, M. Z, Hemi.,shafri, M. Shattri B.Mansor. (2009). "Landslide susceptibility evaluation and factor effect analysis using probabilistic frequency ratio mode", *European Journal of Scientific Research*, (4) 33, pp. 654-670.
- Lee, S. (2007). "Application and verification of fuzzy algebraic operator landslide susceptibility mapping", *Environmental Geology*, 52, pp. 615-623.
- Lee, S. (2005). "Application of logistic regression model and its validation for landslide susceptibility mapping using GIS and remote sensing data journals", *Remote Sensing*, 26(7), pp. 1477–1491.
- Lee, S. (2004). "Application of likelihood ratio and logistic regression models to landslide susceptibility mapping using GIS", *Environmental Management* 34, pp. 223-232.
- Lee, S. and Pradhan, B. (2007). "Landslide hazard mapping at Selangor Malaysia using frequency ratio and logistic regression models", *Landslides* 4, pp. 33-41.
- Lee, S. and Sambath, T. (2006). "Landslide susceptibility mapping in the Damrei Romel area", Cambodia using frequency ratio and logistic regression models. *Environmental Geology*, 50, pp. 847-855.
- Shirzadi, A, Saro, Lee, Hyun-Joo, Oh. Chapi,K (2012). "A GIS-based logistic regression model in rock-fall susceptibility mapping along a mountainous road: Salavat Abad case study, Kurdistan, Iran", *Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*, Volume 64, Number 2, pp. 1639-1656.
- Shirzadi, A. Chapi, K. Shahabi, H. Solaimani, K Kavian, A · Baharin Bin, A (2017). "Rock fall susceptibility assessment along a mountainous road: an evaluation of bivariate statistic, analytical hierarchy process and frequency ratio", *Environ Earth Sci*, 76,pp. 169-152.
- Tsangaratos, T. Ilia, I (2016). "Comparison of a logistic regression and Naïve Bayes classifier in landslide susceptibility assessments: The influence of models complexity and training dataset size", *Catena*, 145, PP. 164-179.
- Chen, W. Pourghasemi, H.R. Zhao, Z (2017). "A GIS-based comparative study of DempsterShafer, logistic regression and artificial neural network models for landslide susceptibility mapping", *Geocarto International*, Vol. 32, NO. 2, pp. 367-385

## Landslide susceptibility mapping with GIS and Comparison of logistic regression, frequency ratio and AHP models in. Case study: the watershed Kurdistan, Chashmidar

-----<sup>5</sup>, -----<sup>6\*</sup>, -----<sup>7</sup>, -----<sup>8</sup>

Received: 2017/06/01

Accepted: 2017/08/11

### Abstract

The aim of this research is to evaluate the efficiency of a statistical model a logistic regression and a probabilistic model- a frequency ratio - in landslide hazard mapping in Chashmidar, Kurdistan. Firstly with study of 60 landslide point cells and 60no-landslide point cells in the study area using field works, local interviews and the literature review, 17 effective factors including the following; slope gradient, slope aspect, slope curvature, plan curvature, profile curvature, elevation above the sea, distance from road, distance from faults, distance from stream, fault density, drainage density, lithology, stream power index, Sediment transport capacity index, wetness index, precipitation and land use are recognized on occurring landslides. Logistic regression was conducted by SPSS 17. Result showed that in the landslide susceptibility map by logistic regression the percentage of areas of very low zone, low, moderate, high and very high zone are 44.57%, 11.48%, 12.51%, 14.38% respectively. The landslide susceptibility map by frequency ratio ,the percentage of areas of very low zone, low, moderate , high and very high zone are 37.15%, 33.40%, 17.55%, 9.11% and 3% respectively. Results also in comparing tow methods showed that the performance of both models are reasonably well for landslide susceptibility maps; however, the logistic regression model had an accuracy of 82.2 percent of the area under the curve (AUC) in ROC in comparing with the accuracy of 80 percent by the probabilistic frequency ratio. Therefore, the logistic regression model can be used to produce landslide susceptibility map in the study area.

**Key words:** : Logistic regression, Frequently ratio, Landslide, Kurdistan

<sup>5</sup> -----  
<sup>6\*</sup> -----  
<sup>7</sup> -----  
<sup>8</sup> -----

