دانشکده‌ی علوم

پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته تکتونیک

مطالعه الگوهای ساختاری و ژئومورفیکی در طول گسل کازرون

به وسیله ی

فاطمه حمیدی

استاد راهنما

دکتر علی فقیه

بهمن ماه ۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

اظهارنامه

اینجانب فاطمه حمیدی دانشجوی رشته‌ی زمین‌شناسی گرایش تکتونیک دانشکده‌ی علوم دانشگاه شیراز اظهارمی‌کنم که این پایان‌نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. هم‌چنین اظهار می‌کنم که تحقیق و موضوع پایان‌نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین‌نامه‌ی مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: فاطمه حمیدی

تاریخ و امضا: ۱۳۹۰/۱۱/۱۵

مطالعه الگوهای ساختاری و ژئومورفیکی در طول گسل کازرون

به کوشش

فاطمه حمیدی

پایان‌نامه

ارائه‌شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به‌عنوان بخشی

از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی

زمین‌شناسی – گرایش تکتونیک

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزشیابی شده توسط کمیته‌ی پایان‌نامه با درجه‌ی: عالی

دکتر علی فقیه، استادیار بخش علوم زمین(رئیس کمیته).....

دکتر احمد زمانی، استاد بخش علوم زمین.....

دکتر خلیل سرکاری نژاد،دانشیار بخش علوم زمین.....

بهمن ماه ۱۳۹۰

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در

این

سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است.

سپاس فراوان پروردگار یکتا را که هستی‌مان بخشید، به طریق علم و دانش رهنمونمان شد، به هم‌نشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه‌چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

اکنون که آخرین مرحله از دوره‌ی کارشناسی ارشد را سپری می‌کنم بر خود لازم می‌دانم که سپاسگزار تمام عزیزانی باشم که در این مسیر یاری‌ام نمودند. از زحمات استاد راهنمای عزیزم آقای دکتر علی فقیه برای راهنمایی هایشان تشکر می‌کنم. از آقای دکتر زمانی و آقای دکتر سرکاری نژاد، اساتید مشاور این رساله سپاسگزارم. از استاد محترم آقای دکتر مهدی زارعی قدردانی می‌کنم. همچنین از زحمات صمیمانه دوستانم آقایان احمد نوربخش، جعفر سمیعی، نظام زاده و خانم‌ها فریبا طاهری و عاطفه اژدری قدردانی می‌کنم. تشکر ویژه خود را به آقای مهندس مهرداد قدرت و سرکار خانم هیبتی تقدیم می‌کنم.

چکیده

مطالعه الگوهای ساختاری و ژئومورفیکی در طول گسل کازرون

به کوشش

فاطمه حمیدی

مناطقی از زمین که از نظر تکتونیکی فعال می‌باشند به وسیله تعدادی از زمین‌دیس‌ها مشخص می‌شوند که گواه فرآیندهای تکتونیکی موثر در در شکل‌گیری آن‌ها می‌باشند. بررسی این زمین‌دیس‌ها اطلاعات ارزشمندی در ارتباط با ساختارها و همچنین دیدگاه مناسبی در ارتباط با فعالیت تکتونیکی نسبی در طول آن ساختارها در اختیار ما قرار می‌دهد. برای ارزیابی فعالیت تکتونیکی نسبی در طول زون گسلی کازرون(قطعه کمارج)، شاخص‌های زمین‌ریختی نظیر Smf, Vf, Af, Bs, Sl و Hi مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. این شاخص‌ها برای به دست‌آوردن شاخص فعالیت تکتونیکی نسبی (Iat) با هم ترکیب شدند. بر پایه مقادیر به دست‌آمده Iat، منطقه مورد مطالعه به رده‌های تکتونیکی مختلف تقسیم شد. نتایج حاصل با مشاهدات صحرایی همخوانی دارد.

واژه‌های کلیدی: شاخص زمین‌ریختی، گسل کازرون، قطعه کمارج، فعالیت تکتونیکی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- ریخت‌زمین‌ساخت ۲

۱-۲- ریخت‌سنجی – شاخص‌های ریخت‌سنجی ۵

۱-۲-۱-شاخص طول-گرادیان رودخانه ۶

۱-۲-۲- شاخص پیچ و خم پیشانی کوهستان ۷

۱-۲-۳-شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره ۸

۱-۲-۴- شاخص شکل حوضه ۹

۱-۲-۵- شاخص عدم تقارن حوضه ۱۰

۱-۲-۶- شاخص انتگرال هیپسومتری ۱۱

۱-۳- هدف از پژوهش ۱۲

فصل دوم:خاستگاه زمین‌شناسی و زمین‌ساختی

۲-۱- زمین‌شناسی عمومی ۱۵

۲-۲- موقعیت جغرافیایی، راه دسترسی و اقلیم ۱۷

۲-۳- پیشینه مطالعاتی ۱۸

۲-۴- تشریح واحدهای سنگی ۱۹

۲-۴-۱- واحدهای پرکامبرین – کامبرین ۱۹

۲-۴-۲- واحدهای مزوزوئیک ۲۲

۲-۴-۲-۱- سازند کژدمی(کرتاسه میانی) ۲۲

۲-۴-۲-۲- سازند سروک(کرتاسه میانی) ۲۲

۲-۴-۲-۳- سازند سازند گورپی(کرتاسه بالایی) ۲۳

۳-۴-۲- واحدهای سنوزوئیک ۲۳
۱-۳-۴-۲- سازند پابده(پالئوسن – میوسن) ۲۳
۲-۳-۴-۲- سازند آسماری(الیگوسن پسین – میوسن پیشین) ۲۳
۳-۳-۴-۲- سازند گچساران(میوسن پیشین – پلیوسن) ۲۴
۴-۳-۴-۲- سازند میشان(میوسن پیشین – پلیوسن) ۲۴
۵-۳-۴-۲- سازند آغاجاری(میوسن پیشین – پلیوسن) ۲۵
۶-۳-۴-۲- سازند بختیاری(میوسن پیشین – پلیوسن) ۲۵
۴-۴-۲- واحدهای کواترنری ۲۶
۵-۲- زمین‌ساخت منطقه ۲۸
۱-۵-۲- گسل‌ها ۲۹
۲-۵-۲- چین‌خوردگی‌ها ۳۵

فصل سوم : روش مطالعه

۱-۳- اندازه‌گیری شاخص سینوسی بودن جبهه کوهستان(Smf) ۳۹
۲-۳- اندازه‌گیری شاخص شکل حوضه(Bs) ۳۹
۳-۳- اندازه‌گیری شاخص عدم تقارن حوضه(Af) ۳۹
۴-۳- اندازه‌گیری شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره(Vf) ۴۵
۵-۳- اندازه‌گیری شاخص انتگرال هیپسومتری(Hi) ۴۵
۶-۳- اندازه‌گیری شاخص طول- گرادیان رودخانه(Sl) ۴۵

فصل چهارم : تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری

۱-۴- شاخص سینوسی بودن جبهه کوهستان(Smf) ۵۳
۲-۴- شاخص شکل حوضه(Bs) ۵۶
۳-۴- شاخص عدم تقارن حوضه(Af) ۵۸
۴-۴- شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره(Vf) ۶۰
۵-۴- شاخص انتگرال هیپسومتری(Hi) ۶۲

۶-۴- شاخص طول – گرادیان رودخانه(SI) ۶۴
۷-۴- رده واحد IAT ۶۶
۸-۴- نتیجه‌گیری ۶۹
پیشنهادات ۷۰
منابع و ماخذ ۷۱

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: روش محاسبه شاخصSL..... ۷
شکل ۲-۱: روش اندازه‌گیری شاخص Smf ۸
شکل ۳-۱: روش اندازه‌گیری شاخصVf..... ۹
شکل ۴-۱: نحوه اندازه‌گیری شاخص شکل حوضه (Bs) ۱۰
شکل ۵-۱: نحوه اندازه‌گیری شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی ۱۰
شکل ۶-۱: نحوه محاسبه شاخص انتگرال هیپسومتری..... ۱۲
شکل۱-۲:تقسیم بندی پهنه های ساختاری – رسوبی ایران
(سازمان زمین شناسی کشور)..... ۱۶
شکل ۲-۲- محدوده مورد مطالعه بر روی نقشه ارتفاعی ایران..... ۱۷
شکل ۳-۲-پراکندگی گنبدهای نمکی در منطقه..... ۲۰
شکل۴-۲: نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه (شرکت نفت)..... ۲۱
شکل ۵-۲- نقشه واحدهای زمین‌شناسی موجوددر منطقه و محل گسل کازرون..... ۲۷
شکل۶-۲- گسل کازرون و قطعات گسلی آن..... ۳۱
شکل ۷-۲- ساختارهای Flat iron تولید شده در منطقه بر اثر کارکرد
گسل دشتک..... ۳۴
شکل ۱-۳ - **الگوی آبراهه‌های موجود در منطقه**..... ۳۸
شکل ۲-۳- حوضه‌های مربوط به اندازه‌گیری شاخص Af در منطقه مورد مطالعه ۴۰
شکل ۳-۳- ایستگاه‌های مربوط به اندازه‌گیری شاخصVf..... ۴۳
شکل۴-۳- ایستگاهای اندازه‌گیری شاخص Sl..... ۴۶
شکل ۱-۴- درجه بندی فعالیت حوضه‌ها بر اساسlat..... ۵۰
شکل ۲-۴- تطبیق کانون‌های سطحی زمین لرزه‌ها با شاخص lat در منطقه مورد
مطالعه..... ۶۸

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۳- مقادیر مربوط به شاخص سینوسی بودن جبهه کوهستان در هر حوضه ۴۱
جدول ۲-۳- مقادیر مربوط به شاخص شکل حوضه در منطقه مورد مطالعه ۴۲
جدول ۳-۳- مقادیر مربوط به اعداد مربوط به شاخص عدم تقارن حوضه ۴۴
جدول۴ -۳- مقادیر مربوط به شاخصVf ۴۷
جدول ۵-۳- اعداد مربوط به انتگرال هیپسومتری در هر حوضه ۴۱
جدول ۶-۳- میانگین از شاخصSl در حوضه‌ها ۴۹
جدول ۱-۴- رده‌بندی شاخص‌های ژئومورفیک توسط ۵۴
جدول ۲-۴- مقادیر و رده‌های تعیین شده برای شاخصSmf ۵۵
جدول ۳-۴- رده‌های تعیین شده برای شاخص Bs ۵۷
جدول ۴-۴- رده‌های تعیین شده برای شاخص Af ۵۹
جدول ۵-۴- رده‌های تعیین‌شده برای شاخصVf ۶۱
جدول ۶-۴- رده‌های تعیین شده برای شاخص Hi ۶۳
جدول۷-۴- رده‌های تعیین شده برای شاخص Sl ۶۵
جدول۸- ۴- میانگین از رده شاخص‌های به دست‌آمده و استخراج اندیس واحدlat ۶۷

فصل اول

مقدمه

۱-۱- ریخت زمین‌ساخت(Morphotectonic)

ریخت زمین‌ساخت به معنای دانش مطالعه‌ی اشکال و سیماهای ایجاد شده در زمین بر اثر فرآیندهای زمین‌ساختی ویا به معنای کاربرد اصول زمین‌ریخت‌شناسی در تحلیل مسائل زمین-ساختی است (Keller & Pinter,2002). در تعریف اول بیشتر توجه برروی اشکال و ناهمواری‌های سطح زمین، فرم و منشاء آن‌ها به عنوان توابعی از فرآیندهای زمین‌ساختی متمرکز است در حالی که در تعریف دوم استفاده از زمین‌ریخت‌شناسی به عنوان یک ابزار در ارزیابی قدمت، بزرگی و نرخ فرآیندهای زمین‌ساختی تاکید می‌شود.

لازمه تحقیق درریخت‌زمین‌ساخت، شناخت فرآیندهای زمین‌ریختی، فرآیندهای زمین-ساختی، مواد زمین و چگونگی تشکیل، حفظ و گسترش یک چشم انداز است.موریساوا و هک (۱۹۸۵) از ریخت‌زمین‌ساخت به عنوان مشخص کننده رابطه بین زمین‌ساخت و عوارض سطحی یاد کرده‌اند و معتقدند که با داشتن این ارتباط می‌توان حوادث زمین‌ساختی را از طریق مطالعه اشکال و ناهمواری‌های سطح زمین تفسیر کرد. فعالیت زمین‌ساختی درمناطق مختلف را می‌توان با استفاده از مطالعات کمّی و از طریق محاسبه یکسری اندیس‌های زمین-ریختی مورد بررسی و ازریابی قرار داد. اندیس‌های زمین‌ریختی ابزار سودمندی برای تحلیل شکل زمین و ارزیابی فعالیت زمین‌ساختی در نواحی مختلف به شمار می آیند(Guarnieri & Pirrotta,2008).کاربرد این اندیس ها مبتنی بر تحلیل شبکه های زهکشی و جبهه های کوهستانی است(Malik & Mahanty,2007). بر اساس این شاخص‌ها با رویکرد کمی در تحلیل زمین‌ریختی، می‌توان آنومالی‌های موجود در سامانه‌های آبرفتی یا بی‌نظمی‌های امتداد جبهه‌های کوهستان را توجیه کرد.

شاخص‌های زمین‌ریختی درنقاط مختلف دنیا و ایران برای بررسی زمین‌ساخت فعال مورد استفاده قرار گرفته‌اند که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: بول(۱۹۸۴)، در مطالعه تراست‌های رودخانه‌ای به این نتیجه رسید که پادگانه‌های رودخانه‌ای و نیمرخ طولی رودخانه‌ها تحت تاثیر حرکات زمین‌ساختی متحول شده‌اند. کلر و همکاران(۱۹۹۶)، برای اولین بار از علم ریخت زمین‌ساخت به عنوان زمین‌ساخت زمین‌ریخت‌شناسی یاد می‌کنند و شاخص‌های کمی زمین-ریخت را برای بررسی حرکات نو زمین‌ساختی گسترش می‌دهند. لی و همکاران(۱۹۹۹)، به بررسی تاثیر زمین‌ساخت بر زمین‌دیس‌های رودخانه‌ای در شمال غرب چین پرداخته‌اند و دریافتند که حرکات زمین‌ساخت می‌تواند با تغییر سطح اساس رودخانه‌ها موجب تغییر شکل عوارض رودخانه‌ای گردد.

مالیک و همکاران(۲۰۰۶)، به مطالعه تاثیر زمین‌ساخت در تکامل شبکه زهکشی و چشم-اندازها با استفاده از شاخص‌های زمین‌ریختی در هیمالیای هند پرداختند.آنها دریافتند که جنبه‌های اصلی زمین‌ساخت تراست‌های موجود در منطقه نقش مهمی در شکل‌دهی زمین-دیس‌ها دارند.

حمدونی و همکاران(۲۰۰۸)، با استفاده از شاخص‌های زمین‌ریختی و شاخص lat به طبقه-بندی زمین‌ساخت فعال جنوب اسپانیا پرداخته و مناطق فعال را مشخص نمودند.

مددی و همکاران(۱۳۸۳)، برای آگاهی از میزان فعالیت‌های نیروهای درونی و زمین‌ساختی در دامنه شمال غربی تالش از شاخص‌های زمین‌ریختی نظیر سینوسیته جبهه کوهستان، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره، شاخص گرادیان رودخانه و ...استفاده کرده‌اند.نتایج حاکی از آن است که در شمال غرب ارتفاعات تالش از نظر زمین‌ساختی هنوز هم فعالیت وجود دارد، اما در بخش جنوب شرقی منطقه این نیروها دارای شدت بیشتری می‌باشند.

در مطالعه‌ای که رادفر و همکاران(۱۳۸۴)، در مورد ریخت‌زمین‌ساخت گسل کوهبنان در ایران مرکزی با استفاده از شاخص‌های زمین‌ریختی انجام داده‌اند، جابه‌جایی عرضی و ارتفاعی و کج‌شدگی رودخانه‌ها ، آبراهه‌ها و پادگانه‌های رودخانه‌ای را از چشم‌اندازهای ثانویه فعالیت گسل کوهبنان دانسته‌اند.

پورکرمانی و همکاران(۱۳۸۲)، در تحقیقی جابه‌جایی و قطع‌شدگی آبراهه‌ها را از پدیده‌های زمین‌ریخت‌شناسی گسل تبریز دانسته‌اند.

مختاری(۱۳۸۵)، با استفاده از داده‌های حاصل از تحلیل‌های توپوگرافی، بررسی سامانه‌های رودخانه‌ای منطقه و شواهد زمین‌ریخت‌شناختی حاصل از مشاهدات میدانی نشان می‌دهد که دست کم در اواخر پلیوستوسن و هولوسن، حرکات مورب‌لغز با مولفه افقی راستگرد گسل نسبت به حرکات بالاآمدگی و فعالیت گسل در میشوی باختری بیشتر از میشوی خاوری بوده است.

گورابی و نوحه‌گر(۱۳۸۶)، در تحقیقی به بررسی شواهد زمین‌ریخت‌شناختی زمین‌ساخت فعال حوضه آبریز درکه با استفاده از شاخص‌های زمین‌ریختی پرداخته و دریافته‌اند که مقادیر کمی این شاخص‌ها حاکی از تکتونیک فعال منطقه می‌باشد.

زرگرزاده و همکاران(۱۳۸۶)، در بررسی رشته‌کوههای زاگرس با استفاده از شاخص‌هایی چون Smf, Vf,Sl و نقشه‌ی پهنه‌بندی تکتونیک فعال در ۵ رده را تفکیک کرده‌اند. نقشه پهنه‌بندی تهیه شده افزایش میزان فعالیت زمین‌ساختی را از جنوب‌غرب به سمت شمال شرق نشان می‌دهد.

یمانی و همکاران(۱۳۸۹)، به بررسی نقش نوزمین‌ساخت در تحول شبکه‌ی زهکشی حوضه آبخیز رودخانه چله با استفاده از شاخص‌های زمین‌ریختی و شواهد زمین‌ریخت‌شناسی پرداختند.نتایج به دست‌آمده از این شاخص‌ها حاکی از فعال بودن نوزمین‌ساخت منطقه و تاثیر این فعالیت بر الگوی شبکه زهکشی و ریخت‌شناسی بستر رودخانه چله می‌باشد.

درنواحی که لرزه‌خیزی در ارتباط با گسل‌های فعال سطحی است مانند ایران مرکزی و البرز، گسل‌های دارای توان لرزه‌زایی روی عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و در بررسی‌های صحرایی قابل تشخیص هستند. ولی در مناطقی مانند ناحیه زاگرس جایی که لرزه‌خیزی طرح پراکنده‌ای دارد و گسل‌های پی‌سنگ فعال توسط رسوبات فانروزوئیک(پیدازیستی) پوشیده شده‌اند، تشخیص گسل‌های لرزه‌ای دشوار می‌باشد(Berberia,1995). بررسی عوارض و شواهد ریخت‌زمین‌ساختی ساختمانی و شاخص‌های مورفومتری رودخانه‌ها و پیشانی کوهستان‌ها از بهترین روش‌های ارزیابی زمین‌ساخت فعال و نوزمین‌ساخت می‌باشد(Keller & Pinter,1996). به طور کلی شاخص‌های زمین‌ریختی چون می‌توانند برای ارزیابی سریع مناطق وسیع به کار گرفته شوند و اغلب داده‌های ضروری آنها به سرعت از نقشه‌های رقومی و تصاویر ماهواره‌ای به دست می‌آید، در بررسی‌های تکتونیکی مفید هستند.

استفاده از نوآوری‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی، کمک شایانی به ارزیابی شاخص‌های زمین‌ریخت‌شناسی پیشانی کوهستان، آبراهه‌ها و حوضه‌های زهکشی به عنوان ابزارهای پایه و اساسی به منظور شناخت زمین‌ساخت فعال و نشان دادن تاثیر آنها بر فعالیت‌های زمین‌ساختی در منطقه می‌نماید(سلیمی،۱۳۸۵). GIS ابزاری موثر برای آنالیز داده با ایجاد پایگاه داده به ذخیره، بازیافت و تحلیل داده‌ها پرداخته و به ویژه در مناطق با وسعت زیاد ارتباط موجود را استخراج می‌نماید. این تکنیک مکانیزم قدرتمندی ست که نه تنها قادر به نمایش گسترش پارامترهای مورفومتریک می‌باشد بلکه امکان تحلیل آنها با دیگر داده‌ها را فراهم می‌سازد(Keller & Pinter,1996).

شاخص‌های زمین‌ریختی را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد: یک دسته مربوط به هندسه شبکه زهکشی است که شامل گرادیان طولی رودخانه (Sl).عامل عدم تقارن رودخانه (Af).نسبت شکل حوضه (Bs) و عامل تقارن توپوگرافی(T) می باشند و گروه دیگرشاخص های مربوط به جبهه کوهستان که شامل شاخص سینوسی جبهه کوهستان (Smf)ونسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf) می باشند.

۲-۱- ریخت‌سنجی – شاخص‌های ریخت‌سنجی زمین ساخت فعال

ریخت‌سنجی عبارت است از مطالعه کمی توپوگرافی و شکل زمین‌دیس‌ها. شکل زمین-دیس‌ها را می‌توان بر اساس اندازه، ارتفاع و شیب مشخص نمود(Keller & Pinter,2002).تبدیل توصیف‌های کیفی به اندازه‌گیری‌های کمی این امکان را فراهم می‌کند تا ضمن مقایسه‌ی دقیقتر پارامترها و شاخص‌های زمین‌ریختی، ویژگی‌های خاص یک ناحیه مثل میزان فعالیت زمین‌ساختی آن را نیز محاسبه نمود.

برای مطالعات ریخت‌سنجی به تناسب هدف از شاخص‌های زمین‌ریختی گوناگونی استفاده می‌شود.

از جمله شاخص‌های مورد استفاده در مطالعات زمین‌ساختی به موارد ذیل می‌توان اشاره نمود:

- شاخص طول-گرادیان رودخانه(SL)،(Stream length-gradient index)

- شاخص پیچ و خم پیشانی کوهستان(Smf)، Mountain front sinuosity index)

- شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره(Vf)، The ratio of valley floor width to valley height index)

- شاخص شکل حوضه(Bs)، Basin shape index)

- شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی(Af)، Asymetery factor index)

- شاخص انتگرال هیپسومتری(Hi)، Hypsometery integral index)

۱-۲-۱- شاخص طول-گرادیان رودخانه (Stream Lenght- Gradient Index):

این شاخص برای مشخص کردن تغییرات گرادیان یک آبراهه در امتداد پروفیل طولی آن به‌کار می‌رود. به عقیده هک(۱۹۷۳)، این اندیس مشخص کننده قدرت آبراهه است و در واقع تغییرات ارتفاع را در طول فواصل مختلف در آبراهه نشان می‌دهد. این اندیس به تغییرات شیب کانال بسیار حساس است. شاخص گرادیان طولی رود(SL) برای یک محدوده و مسیر مشخص شبکه زهکشی بر اساس رابطه زیر محاسبه و مشخص می شود:

$$SL= (\Delta H / \Delta L) *L$$

در رابطه‌ی فوق

$\Delta H/\Delta L$ شیب کانال یا گرادیان مسیر مشخص شده می باشد.

SL شاخص گرادیان طولی رود

ΔH اختلاف ارتفاع بین دو نقطه اندازه گیری شده

L طول کل کانال از نقطه مشخص شده

در اغلب مواقع ، این پارامترها از روی نقشه های توپوگرافی اندازه گیری می‌شوند. شاخص SL انطباق خوبی نسبت به قدرت جریان رودخانه دارد. برای محاسبه این اندیس ابتدا لازم است تا آبراهه های اصلی در محدوده شناسایی شود(شکل۱-۱).