ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

شماره مجوز مجله:۸۰۴۰۰ زمان چاپ:۱۴۰۲/۱۱/۲۰

پهنه بندی جریان واریزه ای ، در کوه عون بن علی و تاثیرات مخاطره آمیز آن بر شهر تبریز

لیلا نبی زاده

کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی(ژئومورفولوژی)

leilanabizadeh1983@gmail.com

چکیده

بکی از حرکات دامنه ای بسیار رایج در نقاط کوهستانی ، جریانهای واریزه ای می باشند. جریان واریزه ای به حرکت توده ای مواد زاویه دار، همراه با هوا و آب حبس شده اطلاق می شود. برخورد دانه به دانه سنگ ریزه ها بهم ، فشار اعمال شده توسط آب حاصل از ذوب برف و یا آب شستگی پایه مخروط واریزه و بطور کلی اثر نیروی ثقل ، از عوامل اصلی وقوع جریانات واریزه ای و از علل عمده تحرک واریزه ها به جابه جایی محسوب می شوند.

گسترش شهرنشینی به سمت کوهپایه ها، مستلزم دخالتهای انسان در مناطق کوهستانی و در نتیجهجایگزینی سیستم های مورفوژنز فعال به جای سیستم های مایدار گشته و این امر نیز ازعمده عوامل تحریکات دامنه ای به شما می آید.

شهر تبریز با داشتن موقعیت کوهستانی با مشکلات پدیده های دامنه ای کاملا آشنا می باشد.این کلانشهر با دامنه های کوههای سهند در جنوب و عون بن علی در شمال محصور گشته و با افزایش جمعیت هر چه بیشتر به سمت پایکوه ها پیشروی می نماید. از اینرو تحقیق پیش رو در نظر دارد تا به شناخت برخی علل و عوامل موثر در تشدید ناپایداری دامنه و بویژه جریان واریزه ای در کوه عون بن علی پرداخته و جهت تحقق این امر از مدل کمیتر و جدیدتری چون sinmap

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

بهره گرفته شد که از انشعابات ARC GISبه شمار می آید.درتحقیق حاضر با استفاده از مدل فوق نقشه ناپایداری عون بن علی استخراج و با استفاده از لایه نقاط جریان واریزه ای موجود بهینه گشته است که نحوه توزیع جریانات واریزه موجود در منطقه را بر روی نقشه ناپایداری بدست می دهدو نتایج حاصل از آن به صورت جدول و نمودار شیب – سطح نمایش داده می شود.

بر طبق نتایج حاصل ، حدود ۹۵ درصد جریانات واریزه در شیب بالای ۲۰-۳۰٪ و حدود ۲۷٪ جریانات واریزه در جهت جنوب و همچنین حدود ۹۰ درصد در مناطق بدون پوشش گیاهی و مرتعی رخ داده اند.

علاوه از عوامل فوق ، نقش برش دامنه بر اثر احداث اتوبان پاسداران و عامل زمین شناسیمنطقه که حدود ۶۵ درصد منطقه از ماسه سنگ و مارن قرمز دوران میوسن بالایی هستند و در اقلیم نیمه مرطوب حساس به فرسایش بوده و مواد دامنه ای مورد نیاز جریانات واریزه را فراهم می نمایند ، نمی توان نادیده گرفت.

کلمات کلیدی: جریان واریزه ، تبریز ، کوه عون بن علی ، مخاطرات ، sinmap

۱-مقدمه

طبیعت همواره در طول زمان دستخوش تغییرات گوناگونی بوده که از عوامل متعدد طبیعی و انسانی ناشی می شده است . اینکه جوامع بشری در بستر طبیعت جریان داشته و بشر همواره برای بهتر زیستن و رفع نیازهای خود ، تمایل به دخل وتصرف بر طبیعت دارد از یک سو، و اینکه این دخالت ها علاوه بر آنکه تعادل طبیعت را بر هم می زند، به دلیل افزایش روز افزون جمعیت و جوامع شهری ، امری اجتناب ناپذیر می نماید از سویی دیگر، علوم و فنون مختلف را برای حل این مسئله مهم به تکاپو واداشته است. علم جغرافیا و شاخه ژئومورفولوژی نیز از جمله علومی است که به این مهم مبادرت و گام های موثری بر داشته است . با تلاش در جهت شناخت ریشه ای علل حوادث طبیعی می توان ، ساز و کارهای مناسب جهت پیشگیری و مدیریت حوادث طبیعی اندیشید.

با توجه به روند رو به رشد جمعیت دنیا ونیز کشور ایران وبا عنایت به موقعیت جغرافیایی ایران به عنوان سرزمینی نا هموار می توان تصور نمود که دخالت های انسان در محیط بیشتر شده واز اینرو بر شدت حرکات دامنه ای وخطرات وهزینه های ناشی از آن افزوده می شود. به ویژه در منطقه شمالغرب ایران که گره کوهستانی ایران به شمار می آید، اهمیت بررسی این حرکات، تاثیر آنها بر محیط های انسانی و تاثیر انسانها بر تحریک آنها مضاعف می گردد.

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

۲- بیان مساله پژوهش

رشد جمعیت درکلان شهر نیز موجب گسترش شهر وبویژه مناطق مسکونی(شهرک باغمیشه ، ارم ،ولیعصر ونیز حاشیه نشینان محروم) به سمت پایکوه های شمالی شهر که شامل ارتفاعات عون بن علی و نیز محدوده بلافصل گسل تبریزمی باشد شده است.

عکس ۱- پیشرفت مناطق مسکونی تا پایکوه های عون بن علی عکس از : پژوهشگر

در این ارتفاعات از یک سو ساختار لایه ها، وجود فعالیت های زمین ساختی وگسل خوردگی، افزایش زاویه شیب و ایجاد شکستگی ها ، درز و شکافهای مستعد و کاهش مقاومت ،شرایط را برای ناپایداری فراهم ساخته و از سویی دیگر شرایط آب وهوایی وفعالیت فرایندهای هوازدگی سنگهای رسوبی ارتفاعات شمالی شهر را به صورت خرد شده و ناپیوسته تبدیل کرده است (کرمی،فریبا، ۱۳۸۴).

از اینرو دامنه این ارتفاعات پوشیده از سنگ های خرد شده می باشد که شرایط لازم برای آغاز حرکات دامنه ای را فراهم می کند. یکی از حرکات دامنه ای عمده در ارتفاعات عون بن علی جریانهای واریزه ای است که علارغم اهمیت زیاد، تاکنون مورد مطالعه قرار نگرفته است.

آنچه مطالعه این پدیده رایج ژئومورفولوژیکی را ضروری می سازد، تاثیر مخاطره آمیز آن بر شهر تبریز است. در سالهای اخیر، انتقال محل احداث بزرگراه شمالی از مسیر قبلی به مسیر فعلی موجب برش دامنه های جنوبی و تشدید حرکات دامنه ای و نیزجریانهای واریزه ای گشته است. که این امر علاوه از تحمیل بار مالی به دولت، جان ومال مردم ساکن در مناطق مسکونی مجاور این ارتفاعات رانیز تهدید می کند. گذشته از این در زمان بارشهای رگباری، مقادیر قابل توجهی از رسوب توسط جریانات واریزه ای وارد شبکه های شهری، سیستم زهکشی شهر، خیابانها وحتی خانه های مسکونی می شود. که هزینه های هنگفتی را بر بودجه

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

شهر تحمیل می کند. به این جهت شناخت این نوع جریان ها در مقابله وکنترل آنها نقش اساسی دارد. بدون آگاهی کامل از ساز و کارحاکم بر این جریانات ونحوه شکل گیری ورفتارهای آن ، کنترل آنها نیز عملا میسر نیست واقدام های اجرایی با شکست مواجه خواهد شد (نجفی نژاد، علی و همکاران، ۱۳۸۵).

عکس ۲- توسعه شهر به سمت دامنه های تند شیب عون بن علی و حریم گسل تبریز و دستکاری های فراوان انسانی در

دامنه های آن و باتوجه به مخاطرات ناشی از ناپایداری های دامنه ای و نیز بررسی راهکارهای مقابله وکنترل آن، لزوم مطالعات کارشناسانه و پایه ای به وضوح روشن می گردد.

امروزتوسعه استفاده از کامپیوتر و نرم افزار های مختلف در زمینه های محیطی و از جمله GIS، انجام مطالعات پایه ای به راحتی ممکن گشته است.

۳- اهداف تحقیق

از آنجا که هر تحقیق وپژوهشی برخواسته از اهداف چندی است و ارزش هر پژوهشی به اهداف مورد نظر در آن است . لذا انتخاب دقیق اهدافی که منجر به شناخت چارچوب تحقیق گردد ، لازم به نظر می رسد. از اینرو اهداف عمده تحقیق حاضر به صورت سوالهای ذیل مطرح می گردند:

۱- آیا احداث بزرگراه پاسداران در وقوع ، شدت و سرعت جریان های واریزه ای در کوه عون بن علی موثر است؟

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

۲- آیا جریان های واریزه در عون بن علی، با شیب زیاد دامنه ها ارتباط دارد؟

۴- فرضیات تحقیق

فرضیه به نتایج احتمالی قبل از تحقیق، که از شناخت ها و تئوری های اولیه در باره موضوع حاصل می گردد ، اطلاق می شود که رد یا قبول آن پس از اتمام تحقیق قابل بررسی است. فرضیات به هدفدار شدن موضوع نیز کمک می کند. باتوجه به تمام مطالب ارائه شده در بیان مسئله و نتایج حاصل از مطالعات پیشین به نظر می رسد :

۱- احداث شتابزده بزرگراه پاسداران و برش دامنه های جنوبی به این منظور، موجب تشدید جریان های واریزه ای در دامنه جنوبی کوه عون بن علی گردیده است.

۲- شیب های تند ارتفاعات عون بن علی(۳۰ - ۴۰ ٪) ، در تولید مواد دامنه ای جریان های واریزه ای موثر می باشند.

۵- موقعیت جغرافیایی منطقه

شهر تبریز در بخش مرکزی شهرستان تبریز در آذربایجان شرقی و در شمال غرب ایران قرار گرفته است .مساحت این شهر در حدود ۲۵۰۰۰ هکتار بوده و در مختصات جغرافیایی ۲۳-۴۶ تا ۱۱-۴۶ طول شرقی و ۹-۳۸ تا ۱-۳۸ عرض شمالی گسترش یافته است و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۳۴۰ متر میباشد (دانشگاه تبریز، ۱۳۸۴).

به لحاظ توپوگرافی ، شهر تبریز بین ارتفاعات کوه عون بن علی در شمال و پای کوههای توده ی سهند در جنوب قرار دارد. شهر در کنار مهران رود و بر سینه ی توف های آتشفشانی آبرفتی (ولکانو سدیمانتر[1])نشسته است (فرید ، نقل ازمنبع ۳). عموما زیر چینه آبرفتهای جدید چاله ی تبریز ، رسوبات دریاچه پلیوسن می باشد و این رسوبات از مارن و رسهای خاکستری رنگ همراه با ماسه های بسیار نرم تشکیل شده است (خیام ، نقل از منبع ۳).

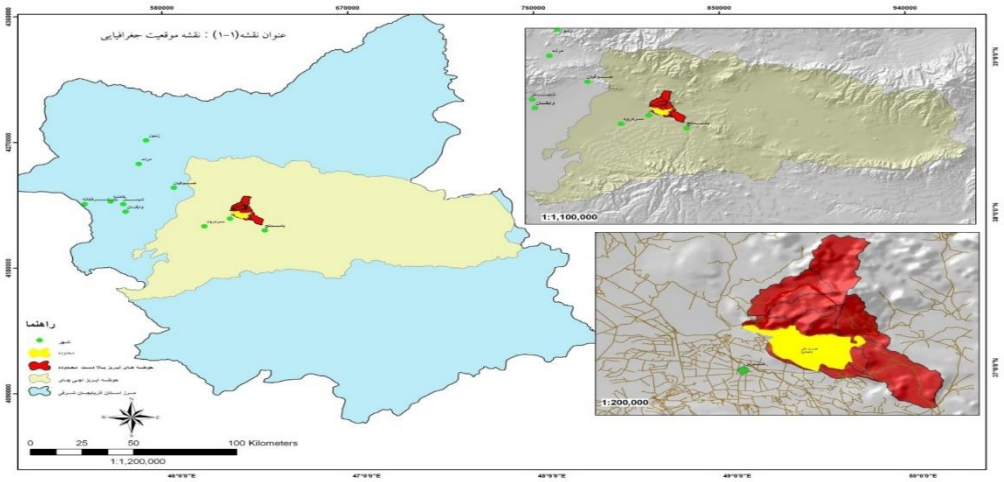
کوه عون بن علی نیز که در واقع محدوده ی اصلی مطالعه حاضر می باشد با شیبی نسبتا زیاد (۳۰ -۴۰درصد) و بیش از ۲۰۰۰ متر ارتفاع ، دارای روند شمال غربی – جنوب شرقی می باشد (خیام،مقصود،۱۳۶۷). و از واحد های میوسن شامل ، رسوبات مارنی سبز خاکستری و قرمز با درون لایه هایی از مارن های گچ دار و نمک دار و تناوبی از ماسه سنگ و مارن قرمز تشکیل شده است (اسدیان، نقل از منبع ۴).

محدوده ی ارتفاعات عون بن علی مطالعه شده در این پژوهش در مختصات جغرافیایی (۴۲۲۰۹۰۸,۶۱۸۱۲۲ و ۴۲۱۴۳۹۹,۱۷۲۳۲۲ عرض شمالی) و (۶۱۲۹۹۵,۱۵۷۰۹۳ و ۶۲۳۷۶۶,۴۵۳۸۹۳ طول جغرافیایی) واقع شده است که از شمال به رودخانه ی آجی چای و از جنوب به شهر تبریز محدود می شود.

[1] - Volcanocedimanter

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶



نقشه۱- نقشه موقعیت جغرافیایی عون بن علی(بر گرفته از طرح سازمان عون بن علی)

۶- متدولوژی sinmap

به منظور کمی کردن پتانسیل جریان واریزه در کوه عون بن علی مدل کامپیوتری sinmap[۲] که برپایه پردازشهای عددی و پارامترهای فیزیکی می باشند را انتخاب نمودیم ،که از مدل های عددی و مفروضات هیدرولوژیکی در شرایط ماندگاراستفاده می کند. تا میزان تاثیر گذاری توپوگرافی بر روی فشار منفذی را تعیین و محاسبه کند(معماریان،هادی،۱۳۸۸).

کنترل و پیش بینی زمین لغزشها و تهیه ی نقشه های پهنه بندی خطر زمین لغزش ، نیازمند تحلیل های هیدرولوژیکی و آماری مرتبط با آن است. در این راستا مدلها و نرم افزارهای مختلفی جهت پیش بینی و پهنه بندی خطر زمین لغزش ارائه شده است، که ازجمله این مدلها ، مدل فیزیکی sinmap است ، که با استفاده از بانک اطلاعات داده های زمین لغزش ، خاک و هیدرولوژی و همچنین مدل رقومی ارتفاع ، ساختار مدل حوضه را به لحاظ پایداری یا ناپایداری شیب ایجاد می نماید. (Brayshaw,Drew,2009)

۶-۱- آشنایی با مدل

[2] . Stability INdex MAPping

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

SINMAP نام اکستنشن یا انشعابی در محیط نرم افزار شناخته شده Arc View و ARC GIS است که به کمک داده های حاصل از مدل رقومی ارتفاع به نگاشت شاخص پایداری شیب پرداخته و این نمایه را در محیط GIS تحلیل می نماید.

اصول نظری SINMAP ترکیبی از مدل عددی نا محدود پایداری شیب و رطوبت (فشار منفذی آب در داخل خاک) بدست آمده از توپوگرافی بر اساس مدل های هیدرولوژیک و در شرایط ماندگار می باشد. در اینجا در روشهای خاصی جهت استخراج داده های مورد نیاز (شیب و سطح ویژه حوضه بالا دست[۳]) از مدل رقومی ارتفاع ، استفاده می شود.در این مدل همچنین عدم قطعیتی برای پارامترهای مورد مطالعه در نظر گرفته شده که این عدم قطعیت باعث می گردد پارامتر های مد نظر بین حدود از قبل تعریف شده توسط کاربر تغییر کرده و دارای توزیع یکنواختی باشند. بر اساس داده های زمین شناسی ، پوشش گیاهی یا خاک نیز می توان حدود تعریف شده ی قبلی را برای مناطق جغرافیایی[۴] مختلف در حوضه ، واسنجی[۵] نمود. همچنین می توان همزبان با دیدن و بررسی زمین لغزش های مشاهده ای حوضه مورد مطالعه برروی صفحه ی نمایشگر ، عمل وا سنجی را نیز به صورت بصری به انجام رساند . یعنی تعریف و تصحیح پارامتر ها به صورت بصری همزمان با اجرای مدل امکان پذیر است.عمل واسنجی در این مدل به گونه ای انجام می گیرد که ، محدوده های دارای شاخص پایداری پایین ، حدکثر تعداد زمین لغزش های مشاهده ای را در بر می گیرند، البته همزمان با کمینه سازی وسعت این محدوده ها ، در حالیکه محدوده هایی که در آنها زمین لغزشی مشاهده نمی گردد بایستی در منطقه ای با حدکثر شاخص پایداری واقع شوند.لازم به ذکر است که هر دو مدل از نرم افزارهای ArcView GIS به عنوان بستری برای ورود داده ها ، سازمان دهی آنها و نمایش و خروج اطلاعات استفاده می کند.همچنین SINMAP بر پایه ی پردازش های سلولی استوار بوده و جهت اجرا به نرم افزار ArcView ۳,۰ یا بالاتر و اکستنشن Spatial Analyst ۱,۰ a نیاز دارد) . Brayshaw,Drew,2009)

۶-۲- تئوری پایداری شیب

مدل ها بر اساس مدل عددی نامحدود پایداری شیب[۶] پایه گذاری شده اند (هموند و همکاران،۱۹۹۲- دتریچ و مونت گومری ۱۹۹۴) که این مدل مولفه های ناپایدار کننده (نیروی ثقل) و پایدار کننده (نیروی اصطکاک وچسبندگی خاک) شیب را بر روی یک سطح شکست[۷] به موازات سطح زمین و البته با چشم پوشی از اثر مرزی ، موازنه کرده و شبیه سازی می نماید .فشار منفذی با توجه به رطوبت موجود، تنش طبیعی موثر خاک را کاهش داده که این تنش از طریق زاویه ی اصطکاک داخلی با نیروی برشی خاک مرتبط می باشد. در این مدل فشار منفذی آب توسط یک مدل هیدرولوژیک و با فرض ماندگار بودن جریان محاسبه می گردد . همچنین عمق خاک اشباع شده نیز محاسبه می شود تا بتوان جریان جانبی آب را متناسب با سطح ویژه ی حوضه آبریز(مساحت حوضه بالا دست تقسیم بر طول واحد خط تراز ارتفاعی یا همان اندازه ی تفکیک شبکه ی سلولی) بدست آورد. مدلها با استفاده از داده های ورودی یعنی شیب، سطح ویژه ی حوضه ی ابریز، ویژگی های خاک (استحکام) و خصوصیات اقلیمی (رطوبت هیدرولوژیک) عمل طبقه بندی زمین را بر اساس میزان پایداری انجام می دهند.هر یک از این پارامتر ها بر روی یک شبکه ی سلولی بیان میگردند

[3] Specific Catchment Area
[4] Calibration Region
[5] Calibration
[6] Infinit e slope stability model
[7] Failure plane

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

تا قابل استفاده در محاسبات عددی نرم افزار باشند.در واقع خروجی اصلی این مدلها ، شاخص پایداری است که با استفاده از این شاخص ، نرم افزار ، عمل طبقه بندی زمین را بر اساس میزان پایداری در سطح هر سلول از شبکه انجام می دهد . متغیر های وابسته به توپوگرافی بصورت خودکار از مدل رقومی ارتفاع استخراج می شوند. سایر متغیر های ورودی دارای یک نوع عدم قطعیت می باشند، بنابر این به صورت حدود بالا و پایین یا دامنه ای در نرم افزار تعریف می شوند.با فرض یکنواخت بودن توزیع پارامترها در دامنه ی عددی تعریف شده از جانب کاربر ، نمایه پایداری یا SI[8] به صورت یک احتمال تعریف می شود که نشان دهنده ی پایداری مکان یا پیکسل مورد مطالعه است. این دامنه ی عددی بین صفر و یک متغیر است که عدد صفر نشان دهنده ی حدکثر ناپایداری و عدد یک نشان دهنده ی حداقل ناپایداری است. جایی که ناپایدار کننده ترین مجموعه از پارامترهای مدل هنوز قادربه ناپایدار کردن شیب نیستند، ارزش عددی شاخص پایداری بیشتر از یک خواهد بود و در این حالت این شاخص به عنوان ضریب ایمنی یا اطمینان تعریف می شود. یعنی نسبت نیروهای پایدار کننده شیب به نیرهای نا پایدارکننده آن.

در جدول شماره (۱) از واژه های پایداری[9]، نیمه پایدار[10] و شبه پایدار[11] برای طبقه بندی مناطقی استفاده شده که بر اساس تئوری مدل حتی با وجود حداکثر پارامترهای ناپایدار کننده ، بازهم دچار شکست شیب نمی شوند.بنابراین SI در این موارد به صورت ضریب اطمینانی تعریف می شود که برآوردی است از شدت و بزرگی عوامل ناپایدار کننده شیب (بعنوان مثال افزایش رطوبت در پای شیب به علت احداث جاده ، بار گذاری بر روی شیب و یا افزایش فشار منفذی خاک بعلت اثرات لوله ای در آن). اما عبارات آستانه پایینی[12] و آستانه ی بالایی[13] نیز نشان دهنده ی مناطقی هستند که در آنها احتمال ناپایداری شیب به ترتیب کمتر و بیشتر از ۵۰ درصد می باشد. در این مناطق نیازی به وجود عوامل خارجی تشدید کننده جهت ناپایداریشیب نیست ونا پایداری می تواند به سادگی با تغییر در ارزش پارامترهای داخلی مدل بدست آید. واژه شیب حفاظتی[14] نیز برای مناطقی بکار برده می شود که هرگونه تغییر در دامنه عددی پارامترهای ورودی نمی تواند از ناپایداری آنها جلوگیری کند. چنین شیب هایی بوسیله ی نیروهایی حفاظت می شوند که در SINMAP مدل سازی نمی شود و یا اینکه این مدل برای شبیه سازی آنها مناسب نیست (مانند بر آمدگی های سنگی با شیب بسیار بالا در حوضه).

تاثیر ممکن فاکتورهای مدل نشده	دامنه پارامتر	حالت پیش بینی شده	طبقه	وضعیت

[8] Stability Index
[9] stable
[10] stable moderately
[11] quasi-stable
[12] lower threshold
[13] upper threshold
[14] defended slope

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

عوامل ناپایدار کننده مهمی جهت ناپایدار سازی شیب مورد نیاز است	در این دامنه عددی ، مدل قادر به شبیه سازی عدم پایداری شیب نمی باشد	Stable slope zone	۱	SI > ۱/۵
عوامل ناپایدار کننده متوسط اهمیتی جهت ناپایدار سازی شیب مورد نیاز است		Moderately stable zone	۲	۱/۲۵< SI <۱/۵
عوامل ناپایدار کننده ناچیز هم می توانند منجر به ناپایداری شیب شوند.		Zone Quasi-stable slope	۳	۱/۰ < SI < ۱/۲۵
عوامل ناپایدار کننده ای برای ناپایداری شیب مورد نیاز نیست	برای ناپایدار سازی شیب بایستی از نیمه خالی یا بدبینانه دامنه عددی ارزش های ورودی کمک گرفت	Lower threshold slope zone	۴	۰/۵ < SI < ۱/۰
عوامل پایدار کننده شاید به پایداری شیب کمک کند	برای پایدار سازی شیب بایستی از نیمه پر یا خوش بینانه دامنه عددی ارزش های ورودی کمک گرفت	Upper threshold slope zone	۵	۰/۰ < SI < ۰/۵
برای پایداری شیب لزوما باید از عوال پایدار کننده بهره گرفت	در این دامنه عددی مدل قادر به شبیه سازی پایداری شیب نمی باشد	Defended slope zone	۶	SI < ۰/۰

جدول۱- طبقات پایداری شیب حاصل از مدل SINMAP

۶-۳- مدل عددی پایداری شیب

Sinmap بر پایه شکل عددی شیب از قانون شکست موهر کلمب معادله ای که عموما به عنوان بخشی از مدل پایداری شیب در محیط ARC GIS بکار برده می شود، بنا شده است.(همند وهمکاران ۱۹۹۲،نقل از منبع۵).

این روش به مدل سازی ضریب اطمینان (همند و همکاران ، ۱۹۹۲) پرداخته که این ضریب به صورت نسبت نیروهای پایدارساز به نیروهای ناپایدار کننده شیب تعریف می شود.

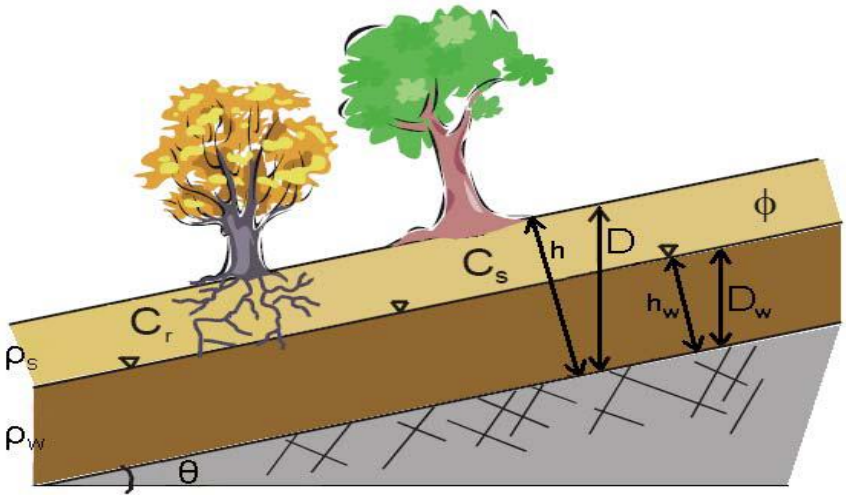
$$FS= \frac{C_r+C_s+\cos^2\theta[\rho_s g(D-D_w)+(\rho_s g-\rho_w g)D_w]\tan\emptyset}{D\rho_s g\sin\theta\cos\theta} \quad (۱)$$

که در این مدل Cr چسبندگی حاصل از ریشه ی گیاهان $[N/m^2]$ ،Cs چسبندگی خاک $[N/m^2]$،

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

θ زاویه ی شیب ، ρ_sوزن مخصوص خاک مرطوب $[kg/m^3]$ ، ρ_w وزن مخصوص آب $[kg/m^3]$ ، g شتاب جاذبه ی زمین.$[۹/۸۱m/s^2]$ ، D عمق خاک در حالت عمودی $D_w[m]$ ارتفاع عمودی سطح آب درون خاک [m] و Ø زاویه ی اصطکاک داخلی خاک می باشند.در این معادله θ آرکتانژانت شیب (s) می باشد.



شکل۱- نمایی شماتیک از هندسه مدل عددی پایداری شیب

در این مدل ضخامت خاک بصورت عمود بر صفحه ی شیب محاسبه می گردد. اما عمق خاک عمود بر صفحه ی شیب اندازه گیری نمی شود. در نتیجه ضخامت (h بر حسب متر) و عمق خاک (D) را می توان به شکل معادله زیر با یکدیگر مرتبط نمود:

$$h = D\cos\theta \quad (۲)$$

با این تغییر FS بشکل معادله زیر درمی آید:

$$FS = \frac{C + \cos\theta[1 - Wr]\tan\phi}{\sin\theta} \quad (۳)$$

که در این معادله :

$$W = D_W / D = h_w / h \quad (٤)$$

W رطوبت نسبی است.

$$C = (C_r + C_s)/(h\rho_s g) \quad (٥)$$

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

کوهیژن یا چسبندگی ترکیبی خاک نیز نسبت به ضخامت خاک یک ضریب بدون بعد را در این معادله ایجاد می نماید.

$$r = \rho_w / \rho_s \quad (٦)$$

که r نسبت چگالی آب به چگالی خاک می باشد.

در عمل مدل SINMAP با محاسبه ی شیب و رطوبت در هر نقطه شبکه اجرا می شود ، اما فرض مدل این است که سایر پارامترها بر روی سطوح بزرگتر ثابت بوده اند و یا به عبارتی دیگر دارای توزیع احتمال ثابتی می باشند.

۶-۴- روش استخراج داده ها از مدل رقومی ارتفاع

ساختار ذخیره داده های توپوگرافی به صورت رقومی از یکی از سه شکل کلی زیر تبعیت می کند:

الف) مدل رقومی ارتفاع رستری (سلولی)

ب)شبکه ی نامنظم مثلث بندی (TIN)

ج)بر پایه ی خطوط تراز ارتفاعی

مدل رقومی ارتفاع در حالت سلولی ، دارای ساختار ماتریسی بوده که ارتفاع هر پیکسل موجود در گره ماتریس ذخیره می شود . در شبکه نا منظم مثلث بندی ، ارتفاع به همراه مختصات x وy هر نقطه ، در رئوس مثلث های شبکه نامنظم مثلث بندی ذخیره می شود. در ساختار برداری کنتور بیس، ارتفاع در طول هر خط تراز ذخیره می گردد. شیب و سطح ویژه حوضه ، در هر یک از این چهار چوب ها قابل محاسبه است و بنابراین تئوری مدل SINMAP نیز بر روی هر یک از این اشکال ذخیره ی داده های توپوگرافی، قابل اجرا می باشد . با توجه به اجرای آسانتر مدل SINMAP در شکل رستری وسازگاری بیشتر این ساختار با اکستنشن Spatial Analyst موجود در نرم افزار ArcView ، ساختار سلولی برای اجرای این مدل انتخاب گردیده است.

چهار گام اصلی ، در پردازش DEM در نظر گرفته شده است:

۱.تصحیح چاله های هیدرولوژیک موجود در DEM

۲.محاسبه ی سطح و جهت جریان

۳. محاسبه سطح ویژه حوضه آبریز

۴. محاسبه ی شاخص پایداری SINMAP

۷- پارامتر های مدلها

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

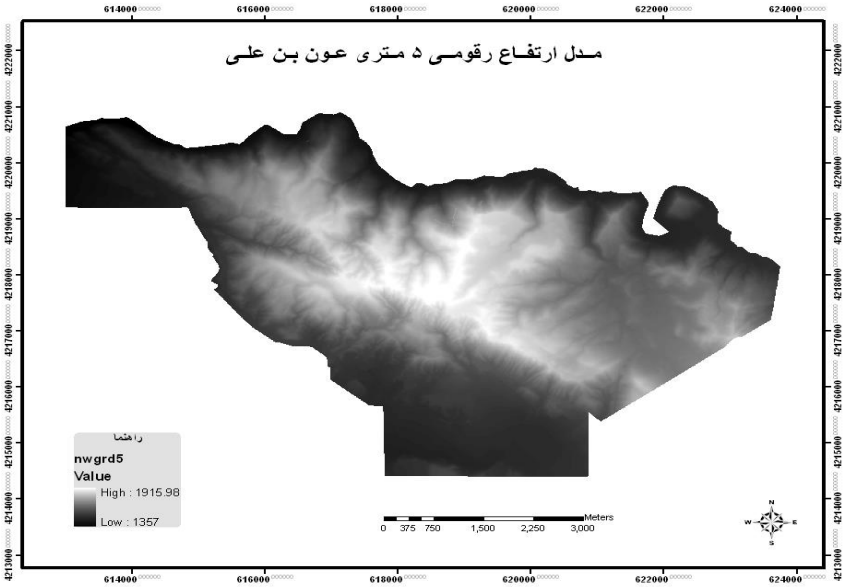
ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

Sinmap پارامترهای ویژه ای برای بهینه سازی مدل های خاک محلی و شرایط آب و هواشناسی وارد برنامه می کند. این مدل به سه عنصر ضروری، شامل : داده های رقومی عوارض زمینی مانند Dem (مدل رقومی ارتفاع) یا دیگر انواع داده های رقومی توپوگرافیکی شبکه ای ، سیاهه یا پایگاه اطلاعاتی زمین لغزش های محلی و داده های ویژه ای از خاک نیاز دارد.(Brayshaw,Drew,2009).

۷-۱- -مدل رقومی ارتفاع

در مدل sinmap , فرض بر این است که کنترل غالب در رخداد جریان های واریزه با توپوگرافی سطحی ، بویژه در تعامل بین شیب و جریانهای همگرای کم عمق زیر سطحی است . برای محاسبه ی توپوگرافی ،این برنامه کامپیوتری نیاز به داده رقومی ارتفاع با کیفیت دارد .

Dem های مورد استفاده در تحقیق حاضر از نقشه ی توپوگرافی رقومی ۱:۲۰۰۰ بدست آمده است که به نظر می رسد از دقت کافی برای وارد نمودن در مدل برخوردار باشد . برای مدل sinmap از Dem ۵متری استفاده شده است.



نقشه ۲- نقشه مدل رقومی ارتفاع ۵ متری استخراج شده از نقشه توپو گرافی ۱:۲۰۰۰

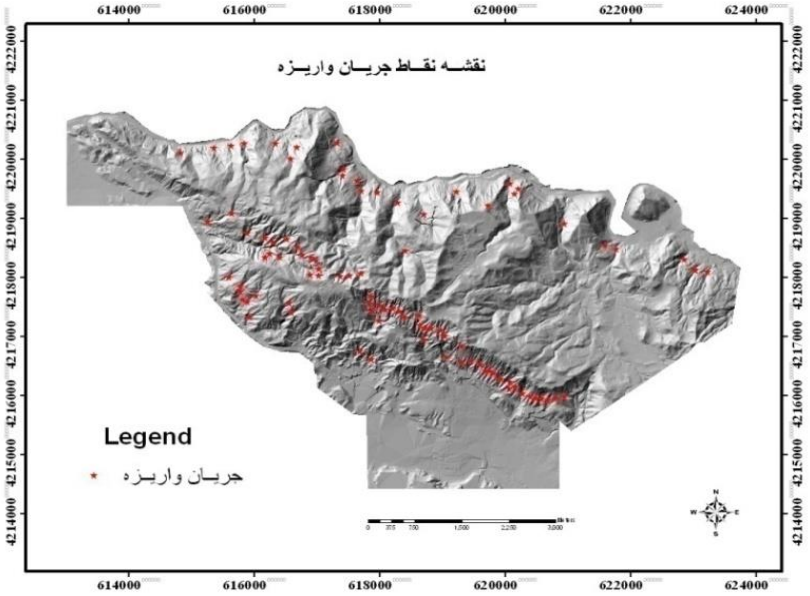
ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

۷-۲- سیاهه ی جریان واریزه

به منظور اجرای کامل مدل sinmap ، نیاز به ورود داده های مربوط به محل لغزش ها جهت مقایسه و تحقیق صحت و سقم نتایج مدل می باشد.(Brayshaw,Drew,2009).

در تحقیق حاضر بتوسط دستگاه GPS در طول مشاهدات میدانی متعدد از کانالهای جریان واریزه نقطه برداری شده و وارد محیط Arc GIS گردید و موقعیت آنها بر روی نقشه تعیین شد تا جهت بهینه سازی مدل و مقایسه نتایج حاصل با واقعیت موجود بکار گرفته شود.



نقشه ۳- نقشه جریانات واریزه استخراج شده از تصویر ماهواره ای و تو پوگرافی

۷-۳- اطلاعات خاک

این مدل به پارامتر های گوناگون خاک مانند چسبندگی ، چگالی و هدایت هیدرولیکی نیاز دارد . اما در تحقیق حاضر به دلیل فقدان داده های مناسب و اصولی از موارد فوق ، از مقادیر Defult خود مدلها استفاده شده است.

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

۷-۴- چگالی خاک

مدل sinmap نیاز به ورود مقادیر چگالی خاک دارد. این مقدار به نمایندگی از چگالی کل توده ی خاک ناحیه بکار می رود .در sinmap مقدار default برای چگالی خاک kg/m^3 ۲۰۰۰ است .

۸- نتایج حاصل از نرم افزار SINMAP

۸-۱- نقشه شاخص پایداری [۱۵]

بررسی نقشه پایداری sinmap (۴) و جدول (۲) نشان دهنده این است که ، کلاس پایداری آستانه پایینی[۱۶]، بالاترین میزان جریان های واریزه یعنی ۵۵ مورد را دارا می باشد. که ۵۲/۳۸ درصد از مجموع جریان های واریزه را شامل می گردد . این در حالی است که این کلاس ۲۳/۵درصد از مساحت ناحیه را به خود اختصاص داده و دارای بالاترین تراکم جریان واریزه در واحد سطح می باشد.

در کلاس پایدار stable ، ۲۰ مورد لغزش ثبت شده است. نقطه ی قابل تامل در این زمینه اینست که منطقه پایدار نقشه پس از کلاس آستانه پایینی دارای بیشترین میزان جریان های واریزه ای است .

این نکته ممکن است ناشی از دو دلیل عمده باشد :

۱- دقت موجود در داده های مدل رقومی ارتفاع به گونه ای است که خیلی از شیب های کوچک، اما بحرانی منطقه را مدلسازی نمی نماید .

۲- و خطای کارشناسی.

در طی ارزیابی نقاط جریان واریزه بر روی عکس ماهواره ای ، مشخص شده که برخی از لغزشها بر روی دامنه های پر شیب واقع شده اند ، ولی ، دقت مدل رقومی به گونه ای است که این دامنه ها بر روی آن پر شیب به نظر نمی رسند.

به دلیل فاصله مورد استفاده در میان یابی (۱۰ متر) این دامنه ها در dem ظاهر نشده اند. اگر dem از دقت مکانی بالاتری برخوردار باشد ، خیلی از نقاط لغزشی در کلاس حساس تری به لحاظ شاخص پایداری واقع می شوند.

در وهله ی دوم می توان خطای کارشناس را در این امر دخیل دانست . چراکه نقاط لغزش مورد استفاده ، توسط کارشناس در محیط ARC GIS و از روی تصویر ماهواره ای ، بدست آمده است.

و از آنجایی که نقشه خروجی نرم افزار simmap به صورت پیکسلی می باشد، لذا نقاط در برخی قسمتها با اختلاف بسیار جزئی در پیکسل پایدار ثبت شده است. با اگاهی از این امر، اقدام به اصلاح نقاط گردید و لایه ی جریان های واریزه دوباره به صورت

---

[15] - Stability index

[16] Lower treshold -

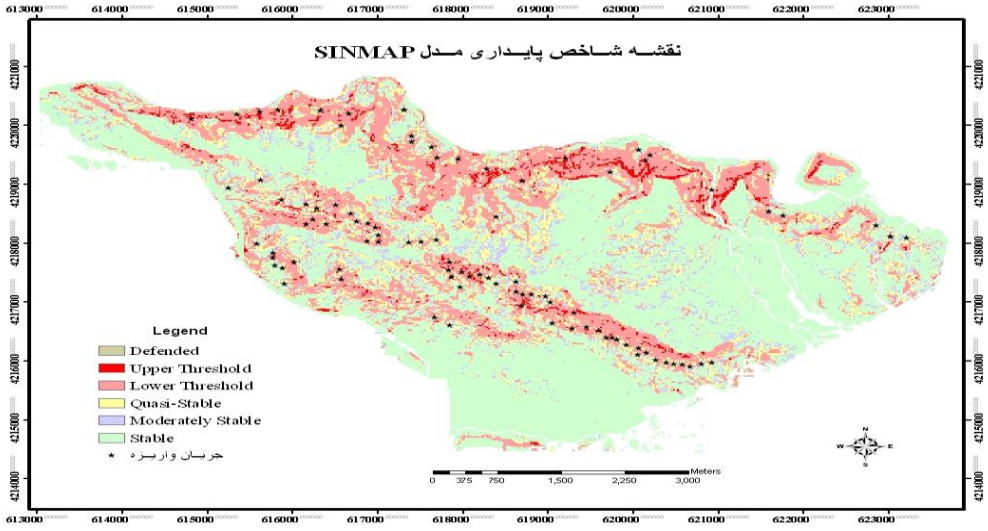
ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

shape file مجزا تعریف گردید که متاسفانه ، سیستم قادر به اجرای دوباره آن نشد و از این رو نقشه حاضر، با پذیرش خطای کارشناس و یا دقت ناکافی dem به صورت فوق بدست آمده است .

کلاس پایدار که شامل ۵۰/۵ درصد از مساحت ناحیه می باشد، کمترین میزان تراکم جریان واریزه که حدود ۱/۱۶ درصد می باشد را داراست.

کلاسهای نیمه پایدارو شبه پایدار که هریک به ترتیب ۹/۷ و ۱۳/۹ درصد از مساحت ناحیه را شامل می شود ، ۱۳ مورد از جریانهای واریزه که ۱۲/۳۸ درصد جریان می باشد را دارا بوده و با توجه به اختلاف مساحت ، هر کدام به ترتیب دارای تراکم جریان ۳/۹۳ و ۲/۷۵ می باشند. کلاس پایداری حفاظتی با هیچ جریان واریزه و کلاس پایداری آستانه پایینی با ۴ مورد جریان واریزه یعنی ۳/۸ درصد و مساحت ۲/۱ درصد از کل منطقه کمترین میزان جریان واریزه را شامل می گردند اما تراکم جریان واریزه در این کلاس پس از آستانه پایینی ، با ۵/۵۸ در رتبه دوم قرار می گیرد.



نقشه۴- نقشه شاخص پایداری عون بن علی از مدل SINMAP در مقیاس ۱: ۵۰۰۰

	ناحیه	پایدار	نیمه پایدار	شبه پایدار	آستانه پایینی	آستانه بالایی	شیب حفاظتی	کل
مساحت KM^2	۱	۱۷/۱۳۸	۳/۳۰۰۴	۴/۷۲۰۸	۸/۰۰۴	۰/۷۱۶۴	۰/۰۴۴	۳۳/۹۲۳۶
درصد از ناحیه	۱	۵۰/۵۱۹۴	۹/۷۲۸۹۲	۱۳/۹۱۵۹۸	۲۳/۵۹۴۱۹	۲/۱۱۱۸۰۴	۰/۱۲۹۷۰۳	۱۰۰

جدول۲ - نتایج کمی حاصل از مدل SINMAP

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

جریان های واریزه	۱	۲۰	۱۳	۱۳	۵۵	۴	۰	۱۰۵
درصد از جریان واریزه	۱	۱۹/۰۴۷۶۲	۱۲/۳۸۰۹۵	۱۲/۳۸۰۹۵	۵۲/۳۸۰۹۵	۳/۸۰۹۵۲۴	۰	۱۰۰
تراکم جریان واریزه KM^2	۱	۰/۵۸۹۵۶	۰/۳۸۳۲۱۴	۰/۳۸۳۲۱۴	۱/۶۲۱۲۹	۰/۱۱۷۹۱۲	۰	۳/۰۹۵۱۹

۸-۲- نمودار شیب - سطح[17]

علاوه بر نمایش جغرافیایی داده های محدوده مطالعاتی در محیط نرم افزار SINMAP ،ARC VIEW به منظور تفسیر بهتر داده ها و واسنجی آنها و با استفاده از داده های منطقه مورد مطالعه، نمودار شیب – سطح را نیز ایجاد کرده و نمایش می دهد. بر روی هر نمودار شیب- سطح ، چهار نوع از اطلاعات را می توان یافت :

۱- داده های طبیعی : نرم افزار از کل سلولهای شبکه که فاقد نقاط لغزشی می باشند در محدوده مطالعاتی نمونه برداری کرده و سطح ویژه حوزه آبریز را در برابر شیب هر پیکسل پلات می نماید. ۲- داده های لغزشی: از سلولهای دارای نقاط لغزشی نمونه برداری کرده و سطح ویژه حوضه آبریز را در برابر شیب نمایش می دهد.

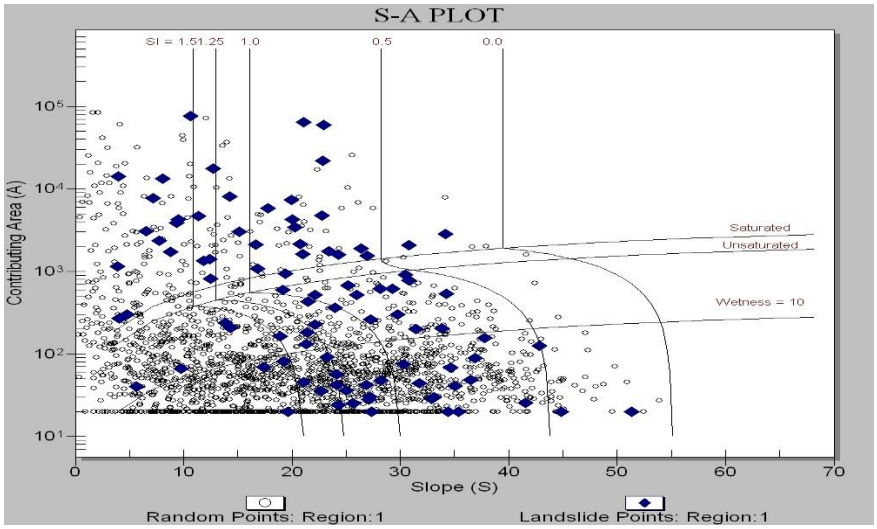
۳- خطوط تفکیک کننده مرزی به لحاظ شاخص پایداری : پنج خطی که به صورت عمود بر نمودارقرار گرفته اند در واقع تفکیک کننده مناطقی هستند که دارای پتانسیل مشابهی جهت پایداری یا ناپایداری شیب می باشند.

۴-خطوط تفکیک کننده مرزی به لحاظ اشباع رطوبتی: در داخل نمودار سه خط افقی وجود دارد که مناطق دارای پتانسیل مشابه رطوبتی را تفکیک می نمایند.

[17] -SLOPE –AREA PLOT

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶



شکل۲- نمودار شیب – سطح از مدل SINMAP

نمودار شیب- سطح (شکل ۲) در واقع نمایش دو بعدی اطلاعات موجود در نقشه شاخص پایداری می باشد.

همانطور که قبلا نیز اشاره شد، کلاس آستانه پایینی با ۵۵ مورد جریان واریزه ۲۳/۵ درصد از مساحت حوضه دارای بالاترین میزان تراکم و بیشترین درصد از جریانهای واریزه یعنی ۵۲/۳۸ درصد می باشد . کلاس پایداری شیب حفاظتی هیچ نقطه جریان واریزه ای دارا نبوده و کلاس آستانه بالایی با ۴ مورد جریان واریزه و با مساحتی حدود ۲/۱ پس از آستانه پایینی بالاترین تراکم جریان را شامل می شود.

۹- نتایج تلفیق نقشه ها ی موجود و لایه جریان واریزه ای منطقه

۹-۱- تلفیق و همپوشانی نقشه شیب و نقاط جریان واریزه

به منظور بررسی کمی ارتباط بین نقاط واریزه ای موجود در ناحیه و فاکتور مهم شیب ، ابتدا در محیط ARC GIS، نقشه شیب تهیه و سپس reclass شده و طبقه بندی مورد نظر اعمال شد. و در نهایت با بهره گیری از فرمان tabulat area دو لایه شیب و نقاط جریان واریزه تلفیق گشتند که حاصل آن جدول ۳ می باشد.

بررسی داده های بدست آمده از جدول نشاندهنده ارتباط بین شیب و جریان واریزه موجود منطقه می باشد.نتایج حاصل بیانگر آن است که کلاسهای شیب (۳۰-۲۰) و (۵۰-۴۰) درجه که به ترتیب ۱۷/۸۸ درصد و ۱۰/۳۳ درصد مساحت منطقه را به خود اختصاص می دهند ، بیشترین تعداد جریان واریزه یعنی ۲۳ مورد یا به عبارتی ۲۵/۵۵ درصد از جریان واریزه را شامل می شوند.که با توجه به مساحتهای متفاوت، به ترتیب دارای تراکم جریان واریزه ۳/۴۲ و ۵/۹۲ می باشند . کلاس شیب (۵۰-۴۰) با ۵/۹۲ بیشترین تراکم را داراست . و پس از آن کلاس شیب (۴۰-۳۰) با ۲۲ مورد، جریان واریزه شامل ۲۴/۴۴ درصد، دارای تراکم

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

۴/۲۲ بوده و ۱۳/۸۸ درصد مساحت حوضه را در بر می گیرد . پس از کلاسهای شیب (۵-۰) و (۱۰-۵) که فاقد جریان واریزه می باشند، کلاس شیب (۲۰-۱۰) درصد با دارا بودن بالاترین درصد مساحت ناحیه شامل ۲۰/۱۶ درصد و ۵ مورد جریان واریزه کمترین میزان تراکم جریان در واحد سطح را شامل می گردد.

کلاس شیب (درصد)	۰-۵	۵-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰	۵۰>	کل
مساحت KM^2	۳/۸۲۲	۴/۸۶۵	۷/۵۷۵	۶/۷۱۵	۵/۲۱۴	۳/۸۸۲	۵/۴۸۱	۳۳/۹۲۳۶
درصد از ناحیه	۱۰/۱۷	۱۲/۹۵	۲۰/۱۶	۱۷/۸۸	۱۳/۸۸	۱۰/۳۳	۱۴/۵۹	۱۰۰
جریان های واریزه	۰	۰	۵	۲۳	۲۲	۲۳	۱۷	۹۰
درصد از جریان واریزه	۰	۰	۵/۵۵	۲۵/۵۵	۲۴/۴۴	۲۵/۵۵	۱۸/۸۸	۱۰۰
تراکم جریان واریزهKM^2	۰	۰	۰/۶۶	۳/۴۲	۴/۲۲	۵/۹۲	۳/۱۰۲	۲/۳۹

جدول ۳- نتایج کمی حاصل از همپوشانی لایه شیب و نقاط جریان واریزه

۹-۲- تلفیق و همپوشانی نقشه جهات شیب و نقاط جریان واریزه

بررسی داده های حاصل از همپوشانی دو لایه جهات شیب و جریان واریزه ای مبین آنست که بیشترین مساحت مربوط به جهت شیب جنوب غرب با ۶/۰۶۷۶ km^2 و ۱۶/۰۹درصد می باشد .اما بیشترین درصد جریان واریزه به جهت شیب جنوب ۲۶/۶۶ درصد که شامل ۲۴ مورد می گردد تعلق دارد.

و با توجه به مساحت آن که حدود ۴/۷ km^2 یا ۱۲/۷ درصد می باشد، بالاترین میزان تراکم جریان واریزه نیز با عدد ۵/۰۱ به جهت شیب جنوب اختصاص می یابد. جهت شیب جنوب شرق، پس ازکلاس هموار که در تمام موارد کمترین مقدار را شامل می شود ، با ۹/۰۶ درصد از مساحت ناحیه دارای کمترین مساحت می باشد . جهت شیب غربی نیز با داشتن ۳ مورد جریان واریزه که در حدود ۳/۳۳ درصد از جریان می باشد، کمترین میزان جریان واریزه ای را شامل می شود.

و جهت شیب شمال غرب با ۵ مورد جریان واریزه ای در ۴/۵۷ km^2 یا ۱۲/۱۳۱ درصد از مساحت ناحیه ، پاینترین میزان تراکم جریان که ۱/۰۹۳ می باشد را به خود اختصاص میدهد.

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

کلاس جهات شیب	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب	هموار	کل
مساحت KM^2	۵/۲۷۸	۵/۱۶۴	۳/۷۴۵	۳/۴۱۷	۴/۷۹۰۴	۶/۰۶۷	۴/۵۷۵	۴/۵۷۳	۰/۰۸۸۴	۳۷/۷۰۱۲
درصد از ناحیه	۱۴	۱۳/۷	۹/۹۳	۹/۰۶	۱۲/۷	۱۶/۰۹	۱۲/۱۳۶	۱۲/۱۳۱	۰/۲۳	۱۰۰
جریان های واریزه	۱۱	۱۰	۱۲	۱۱	۲۴	۱۴	۳	۵	۰	۹۰
درصد از جریان واریزه	۱۲/۲۲	۱۱/۱۱	۱۳/۱۳	۱۲/۲۲	۲۶/۶۶	۱۵/۵۵	۳/۳۳	۵/۵۵	۰	۱۰۰
تراکم جریان واریزه KM^2	۲/۰۸۳	۱/۹۳	۳/۲۰۴	۳/۲۱۹	۵/۰۱	۲/۳۷	۰/۶۵۵	۱/۰۹۳	۰	۲/۳۸۷۱

جدول ۴- نتایج کمی حاصل از همپوشانی لایه جهات شیب و جریان واریزه

۱۰- نتیجه گیری

از نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر و تحلیل آنها می توان چنین استنباط نمود :

۱-اگرچه بر طبق نتایج حاصل از مدل sinmap حدود ۵۰٪ ناحیه ویژگی پایدار دارند و در کلاس پایدار قرار می گیرند ، اما حدود ۵۰٪ ناحیه نیز در شرایط ناپایدار قرار دارند.

۲-تاثیر عامل شیب بر رخداد و تشدید جریانهای واریزه ای ناحیه غیر قابل انکار می باشد. چناچه شیب های بالای ۲۰ درجه ۹۰درصد جریانهای واریزه ای را شامل می گردند.

۳- نقش فاکتور جهات شیب نیز به عنوان عامل غیرمستقیم بسیار حائز اهمیت بوده و نشاندهنده تاثیر عواملی چون انرژی خورشیدی و میزان رطوبت بر ناپایداری های دامنه ای و به ویژه جریان های واریزه ای منطقه می باشد.

۴- اگرچه در نقش کاربری زمین به عوامل انسانی و دستکاری های طبیعت توسط انسان پرداخته نشده است. اما به هیچ عنوان نمی توان از این عامل مهم چشم پوشید. چنین به نظر می رسد که برش های دامنه ای ، ساخت و سازهای جاده ای و مسکونی ، دستکاری های دامنه ای جهت ایجاد تفرجگاه عون بن علی و بویژه ساخت تله کابین این کوه در ناپایداری دامنه ها بی تاثیر نباشد. از اینرومی توان ناپایداری های دامنه ای را در دامنه های شمالی عون بن علی که منتهی به آجی چای می باشد را عمدتا تحت تاثیر عوامل طبیعی و دامنه های جنوبی را تحت تاثیر هر دو عامل انسانی و طبیعی دانست.

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

۵- جنس زمین که در ناحیه مورد نظر اغلب یک پارچه بوده و تغییرات ناچیزی دارد .عمدتا از ماسه سنگ و مارن قرمز است که در شرایط آب و هوای ناحیه مورد مطالعه بسیار حساس به فرسایش بوده و مواد اولیه ناپایداری های دامنه ای را فراهم می سازد.

۱۱- آزمون فرضیات

۱- همانگونه که بدان اشاره شد ، در این مطالعه بطور مستقیم ارتباط بین احداث بزرگراه پاسداران ومیزان جریانات واریزه ای رخ داده مورد بررسی قرار نگرفت . اما می توان چنین استنباط نمود که احداث بزرگراه پاسداران در دامنه جنوبی عون بن علی ، موجب برش پای دامنه و برهم زدن هندسه شیب شده و مواد فرسایش یافته دامنه ها براثر افزایش نیروی ثقل ناپایدارتر گشسته اند. که دلیل بارز این امر نیز انباشت مواد دامنه ای در کنار جاده احداث شده می باشد که هزینه هایی را برای راهداری منطقه تحمیل می کند.

۲- مدل sinmap که انشعابی از GIS محسوب می گردد. می تواند در پهنه بندی ناپایداری های سطحی دامنه ای و به ویژه جریان های واریزه ای مورد استفاده قرار گیرد. اما باید به خاطر داشت که در اجرای مدل فوق تا حد امکان از مدل رقومی ارتفاع با کیفیت تر ،که پایه دو مدل است و از داده های معتبربهره برده و در بکارگیری نتایج حاصل در فعالیتهای عمرانی از نتایج مطالعات دیگرنیز استفاده شود.

۳- با بررسی های صورت پذیرفته در منطقه مورد مطالعه به قطع می توان ، شیب های تند بالای ۳۰-۴۰ درجه دامنه عون بن علی را در میزان رخداد جریان واریزه ای موثر دانست.

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

مراجع

۱- خیام ، مقصود .۱۳۶۷. نگرشی به تنگناهای ژئوموفولوژیکی شهر تبریز- نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی.دانشگاه تبریز،سال اول شماره ۲۴.

۲- دانشگاه تبریز .۱۳۸۴. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مخاطرات محیطی و اثرات آن در توسعه فیزیکی شهر تبریز.مدیریت امور پژوهشی دانشگاه تبریز.

۳- کرمی ، فریبا .۱۳۸۴. ارتباط گسترش شهرها و وقوع انواع زمین لغزش ها ،مورد نمونه :شهر تبریز. نشریه دانشکده علوم انسانی واجتماعی .شماره ۴.پیاپی ۱۹.

۴- کرمی ، فریبا و هاشم رستم زاده. ۱۳۸۶. ارتباط وقوع حرکات توده ای مواد با احداث شبکه های ارتباطی بزرگراه های شهر تبریز .پژوهشهای جغرافیایی. شماره ۶۰.

۵- معماریان،هادی و علی اکبر صفدری. ۱۳۸۸. پایداری شیب های طبیعی و تحلیل آن در محیط ARC VIEW GIS.آشنایی با مدل SINMAP.انتشارات سخن گستر.

۶- نجفی نژاد ، علی ،سادات فیض نیا ، بنی حبیب ، احمدی .۱۳۸۵ . ویژگی های مکانیک خاک مناطق مستعد تولید سیلاب واریزه ای در حوزه آبخیز زیارت گرگان. مجله منابع طبیعی ایران.جلد ۵۹.شماره ۲.

7- Brayshaw.Drew, Marwan .A.Hassan.(2009)."Debris flow initiation and sediment recharge in gulleies".Geomorphology,109.