

## بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر پتانسیل سیل خیزی (مطالعه موردی حوزه آبخیز تنگ بستانک شیراز)

احمد نوحه گر<sup>1</sup>، محمد کاظمی<sup>2\*</sup>، محمد قصردشتی روشن<sup>3</sup>، پیمان رضائی<sup>4</sup>

### چکیده

استفاده از روش های نوین سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی و تغییرات آن در یک منطقه جغرافیایی مشخص (حوزه آبخیز تنگ بستانک) موضوع اصلی این تحقیق را تشکیل می دهد. در این راستا تولید، تلفیق و ترکیب لایه های اطلاعاتی مؤثر از جمله رواناب و شاخص تراوایی سازندها برای شناسایی این پهنه ها با تأکید بر توانمندی سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد توجه قرار گرفته است. در این مطالعه ضمن بررسی تغییرات کاربری اراضی صورت گرفته، به شناسایی و پهنه بندی عرصه های سیل خیز و تغییرات آن در یک دوره 18 ساله پرداخته شده است در این مطالعه چگونگی تبدیل بارندگی به بارندگی مازاد تحت عنوان شماره منحنی (CN) مورد توجه قرار گرفته. در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی صورت گرفته و تأثیر آن بروی تغییرات بالقوه سیل خیزی، طبق نتایج بدست آمده طی این دوره 18 ساله حوزه مذکور 9٪ سیل خیز تر شده است.

### واژه های کلیدی

سیل خیزی، تغییرات کاربری اراضی، تصاویر ماهواره ای، رواناب، سیستم اطلاعات جغرافیایی

1. دانشیار گروه آبخیزداری دانشگاه هرمزگان [Email:Ahmad.nohegar@gmail.com](mailto:Email:Ahmad.nohegar@gmail.com)

2. کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه هرمزگان [Email:Mohamad.kazemi86@gmail.com](mailto:Email:Mohamad.kazemi86@gmail.com)

3. کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه یاسوج [Email:m.r6964@yahoo.com](mailto:Email:m.r6964@yahoo.com)

4. استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه هرمزگان. [Email:Peiman\\_rezaie@yahoo.com](mailto:Email:Peiman_rezaie@yahoo.com)

## Survey of the Effects of Land Use Variation on Flooding Potential in Tang-e-Bostanak Watershed

Nohegar A.<sup>1</sup>, Kazemi M.<sup>2\*</sup>, Roshan M.<sup>3</sup>, Rezaei P.<sup>4</sup>

### Abstract

The use of new methods of Remote Sensing (RS) and Geographical Information System (GIS) in zoning the flooding potential and its variations in a particular geographical area (Tang-e-Bostanak Catchment Area) constitutes the main subjects of this study. In this regard, the production, combination, and composition of effective information layers such as K index and run off in identifying these zones have been noted, highlighting the capacity of GIS. The aim is the identification and percent of flood zoning and their variations within an 18-year period by RS and land use variation maps. In this study, we have observed excess rainfall under the curve number (CN). According to the results, the above mentioned area is experiencing a 15% increase in flooding during the 18-year period.

### Keywords

Flooding potential, Land use changing, Runoff, Satellite image, Geographical Information System

---

1. Associate Professor, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran; [Email: Ahmad.nohegar@gmail.com](mailto:Ahmad.nohegar@gmail.com).

2. M.Sc. in Watershed Management, Hormozgan University, Bandar Abbas, Iran; [Email: Mohamad.kazemi86@gmail.com](mailto:Mohamad.kazemi86@gmail.com).

3. M.Sc. in Soil Science, Yasij University; [Email: m.r6964@yahoo.com](mailto:m.r6964@yahoo.com).

4. Assistant Professor, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran; [Email: Peiman\\_rezaie@yahoo.com](mailto:Peiman_rezaie@yahoo.com).

## مقدمه

در کشور ایران، در طی چندین سال اخیر ۱۲۶۰ سیل با میانگین سالانه ۳۰ سیل رخ داده است، که این آمار حاکی از رشد وقوع سیل در سال های اخیر به میزان ۴۰٪ می باشند (داون، ۲۰۰۰). آمارها حاکی از آن است که سیلاب چه از نظر تلفات جانی و چه از نظر تلفات مالی مقام اول را در میان حوادث دیگر داراست. این امر کشور ایران را به لحاظ سیل خیزی در رتبه هفتمین کشور دنیا قرار داده است (توماس و بنسون، ۱۹۶۸). برای این منظور داده های سنجش از دور (RS) و سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزاری مفید و توانمند برای شناسایی عوامل مؤثر بر پتانسیل سیل خیزی حوزه ها و پهنه بندی حوزه ها از نظر پتانسیل سیل خیزی می باشند. از خسارت هایی که به سختی می توان ارزش پولی آن ها را حساب کرد می توان به تغییرات محیطی که توسط سیل صورت می گیرد مانند آلودگی آب، فرسایش، پر شدن مخازن سدها از رسوب اشاره کرد (اسمیت، ۲۰۰۱). سیل علل مختلفی می تواند داشته باشد، یکی از دلایل جدید و چالش بر انگیز قرن بیست و یکم موضوع تغییرات کاربری اراضی هست، بررسی دقیق مجموعه عوامل زیست محیطی که زمینه ساز این حوادث هستند نشان می دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه های آبخیز (لوکاس، ۲۰۰۰)، کاربری غیر اصولی اراضی (لوراپ و همکاران، ۱۹۹۸)، توسعه سطوح غیر قابل نفوذ (تامی و همکاران، ۱۹۹۸) و امثال آن احتمال سیل خیزی را در مناطق گوناگون افزایش داده است. پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی عبارت از تعیین و توصیف مناطق دارای پتانسیل از نظر رواناب های سطحی است. این عمل بر اساس مشابهت خصوصیات هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی مناطق مورد بررسی صورت گرفته و از این طریق امکانات استفاده از هر زون مشخص و ارزیابی می شود، در واقع با تعیین محل های دارای پتانسیل بالا به نوعی می توان یک ارزیابی کلی از وضعیت سیل خیزی منطقه نیز بدست آورد چرا که وجود پتانسیل بالای سیل خیزی در یک منطقه مقدمه ای بر افزایش احتمال وقوع سیل در آن منطقه می باشد. عوامل گوناگونی در جاری شدن سیل دخالت دارند که از جمله آن: شدت بارندگی، شیب حوزه، نفوذ پذیری زمین، شرایط توپوگرافی، ویژگی های پوشش گیاهی و درجه اشباع شدن خاک را می توان به عنوان عوامل مؤثر در جاری شدن سیلاب نام برد. تغییر کاربری اراضی به عنوان یکی از چالش های عمده در قرن بیست و یکم طرح خواهد بود و برخی حتی اعتقاد به شدیدتر بودن تأثیرات آن نسبت به پدیده تغییر اقلیم دارند (سالا و همکاران، ۲۰۰۰). فعالیت بشر به شکل های گوناگونی احتمال وقوع سیل را افزایش داده که از جمله ساختمان سازی در بستر سیلابی رود و تجاوز به حریم رودخانه که موجب کاهش ظرفیت طبیعی رود شده است (توماس و بنسون، ۱۹۶۸). شناسایی واحدهای هیدرولوژیکی که پتانسیل بالایی در تولید سیل دارند، امکان بهینه سازی عملیات اجرایی را در سطوح کوچک اما مؤثر از نظر تولید سیل فراهم می نماید مدل های بارش-رواناب یکی از روش های تخمین رواناب و ابزاری مناسب برای مطالعه فرآیندهای هیدرولوژیکی و ارزیابی منابع آبی می باشند. عموماً سه ویژگی اولیه حوزه آبخیز شامل خاک و زمین شناسی، پوشش گیاهی و توپوگرافی تغییرات هیدرولوژیک را در قالب فرآیندهای بارش رواناب و فرسایش اداره می کنند. دو ویژگی خاک و توپوگرافی، تغییرات کوتاه مدت ندارند و می توان آنها را جز عوامل ایستا محسوب کرد. لیکن تغییر در واکنش هیدرولوژیک یک حوزه آبخیز در مقیاس زمانی میان مدت و بلند مدت به تغییر در نوع توزیع پوشش گیاهی بستگی دارد (میلر و همکاران، ۲۰۰۲). تأثیرات هیدرولوژیک کاربری اراضی و مدیریت پوشش گیاهی در قالب تغییر در عمق رواناب، دبی حداکثر، دبی حداکثر، رطوبت خاک و تبخیر و تعرق آشکار می شود (سیکا و همکاران، ۲۰۰۳). محققین مختلف از جمله خسروشاهی (خسروشاهی، ۱۳۸۰) اعلام می دارند که در مجموع در بین عوامل مؤثر بر سیل خروجی حوزه در واحدهای هیدرولوژیک مهمترین و در عین حال ساده ترین عامل از لحاظ کنترل و تأثیر آن بر سیل خروجی حوزه عامل CN است که بیشتر به پوشش گیاهی ربط دارد. اولین فرمول های تجربی محاسبه دبی سیل براساس برخی خصوصیات فیزیکی حوزه از جمله مساحت، شیب و زمان تمرکز بنا شده اند. در این نوع برآورد سیل توزیع مکانی بارش و سایر خصوصیات در سطح حوزه در نظر گرفته نمی شود. بنابراین مدل های یکپارچه برای توزیع های مکانی مختلف بارش مازاد، نتایج یکسانی به دست می دهند. به تدریج با معرفی



در این تحقیق تصاویر ماهواره ای لندست ۴ (تی - ام / سال ۱۳۶۷ (۱۹۸۸) و IRS سال ۱۳۸۴ (۲۰۰۵) برای تهیه نقشه های کاربری های اراضی گذشته و حال انتخاب گردید. از نقشه های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ (شبکه هیدروگرافی و شبکه راه ها) سازمان نقشه برداری کشور جهت تصحیح خطای ژئومتری استفاده گردید. حداقل نقاط کنترل زمینی برای تصحیح مکانی بر اساس درجه توابع چند جمله ای روش ولبرگ برآورد گردید (ولبرگ، ۱۹۹۰).

$$K=(N+1)(N+2)/2 \quad \text{رابطه (۱)}$$

که:  $K$  - حداقل نقاط مورد نیاز،  $N$  - درجه تابع چند جمله ای

با استفاده از نقاط کنترل زمینی و نیز معادله آفاین<sup>۴۲</sup> که یک تابع خطی است برای تصاویر  $TM$  و  $P6$  به ترتیب با ۱۷ و ۱۴ نقطه تصحیح مکانی انجام گرفت. برای تصاویر مذکور مجذور میانگین مربعات خطا<sup>۴۳</sup> (RMSE) به ترتیب برابر ۰/۳۰۷ و ۰/۱۰۶ بود. برای بارزسازی رادیومتری از الگوریتم مستطیل های معادل<sup>۴۴</sup> بر اساس معادله ۲ استفاده و خطای رادیومتری نیز تصحیح گردید.

$$Y = \frac{X - X \min}{X \max - X \min} * 255 \quad \text{رابطه (۲)}$$

که:  $Y$  = شماره درجات روشنایی خروجی،  $X$  = شماره درجات روشنایی ورودی،  $X \min$  = شماره درجات روشنایی حداقل و  $X \max$  = شماره درجات روشنایی حداکثر است. استفاده از خصوصیات آماری نمونه های تعلیمی<sup>۴۵</sup>، متداولترین روش انتخاب بهترین باندها از مجموع باندهای اخذ شده می باشد (ولبرگ، ۱۹۹۰؛ قربانی و همکاران، ۲۰۰۶؛ لوی و ونگ، ۲۰۰۷) برای این منظور از فاکتور شاخص مطلوب<sup>۴۶</sup> (OIF) استفاده شد (متر، ۲۰۰۵) در این روش ترکیب باندی را که بالاترین مقادیر فاکتور شاخص مطلوب را داشت بعنوان بهترین ترکیب انتخاب گردید.

$$OIF = \frac{\sum_{j=1}^3 SDi}{\sum_{j=1}^3 |CCj|} \quad \text{(۳)}$$

که:  $\sum_{j=1}^3 SDi$  = مجموع انحراف معیار های سه باند،  $\sum_{j=1}^3 |CCj|$  = مجموع قدر مطلق ضرایب همبستگی بین دو باند از سه باند است. پس از انتخاب بهترین ترکیب باندی نمونه های تعلیمی تهیه شدند. در انتخاب نمونه ها سعی شد اغلب از مناطق همگن نمونه برداری گردد تا ارزش های طیفی پیکسل های تصویر با نمونه های آموزشی مقایسه شود و به این ترتیب پیکسل ها در طبقات قابل تفکیک قرار داده شوند. با توجه به اطلاعات موجود از منطقه و تهیه نمونه های تعلیمی به کمک سیستم موقعیت یاب جهانی<sup>۴۷</sup> (GPS) و با استفاده از طبقه بندی نظارت شده به روش بیشترین احتمال، نقشه کاربری برای منطقه مورد نظر در فاصله زمانی بین سال های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۵ تهیه گردید. با استفاده از ماتریس درهمی واریانس - کوواریانس استهمن (استهمن، ۲۰۰۴)، صحت لایه های تهیه شده از پردازش تصاویر ماهواره ای برآورد گردید. ارزیابی صحت کلی از روش پیشنهادی دلپیان محاسبه گردید (دلپیان، ۱۹۹۹).

$$OA = 1/N(\sum P_{ii}) \quad \text{رابطه (۴)}$$

که:  $OA$  = صحت کلی،  $N$  = تعداد کل پیکسل های آزمایشی،  $\sum P_{ii}$  = مجموع پیکسل های درست طبقه بندی شده. برای ارزیابی ضریب کاپا از روش پیشنهادی فودی استفاده شد (فودی، ۲۰۰۴).

۴۲- Affin

۴۳- Root Mean Squar Error (RMSE)

۴۴-Histogram Equalization

۴۵ - Training area

۴۶- Optimum Index Factor (OIF)

۴۷- Global Position System

$$K = (OA - 1/q) / (1 - 1/q) \quad \text{رابطه ۵}$$

که:  $K$  = ضریب کاپا،  $q$  = پیکسل های درست طبقه بندی نشده است. در نهایت حدود اطمینان کلاس های طبقه بندی شده براساس روش جنسن در سطوح آماری ۱ و ۵ درصد بر اساس معادله ۶ برآورد گردید (جنسن، ۱۹۹۶).

$$S = P - (Z(PQ/N)^{0.5} + (50/N)) \quad \text{رابطه ۶}$$

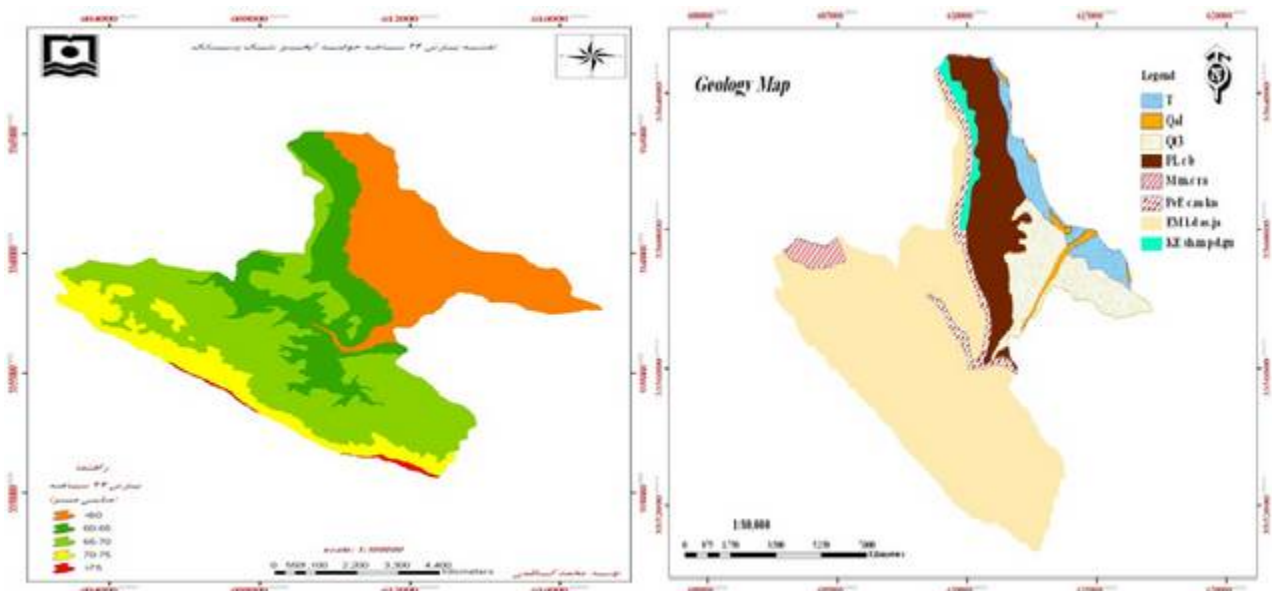
که:  $r$  = درصد سطوح آماری،  $P$  = درصد نمونه های درست طبقه بندی شده،  $Q$  = درصد نمونه های غلط طبقه بندی شده که از رابطه (۷)،  $Q = (100 - P)$  برآورد گردید (افشین نیا، ۱۳۷۲).  $S$  = درصد حداقل اطمینان می باشد. بررسی صحت، ارزیابی میزان تطابق نقشه حاصل از طبقه بندی با واقعیت زمینی می باشد. در صحت کلی که یک معیار ارزش گذاری صحت طبقه بندی است و با استفاده از ماتریس درهمی پیشنهادی دلپیان و اسمیت (دلپیان، ۱۹۹۹) که از مجموع پیکسل های صحیح طبقه بندی شده تمامی طبقات به مجموع پیکسل های تصویر استفاده می شود و در نتیجه این معیار فقط به عنوان صحت کلی لایه تولید شده خواهد بود. ضریب آماره کاپا نیز از معیارهای ارزیابی صحت نقشه است. این ضریب نشان دهنده توافق حاصل طبقه بندی با واقعیت زمینی می باشد و بین صفر تا یک متغیر است. با استفاده از این دو روش، صحت لایه های کاربری تهیه شده از سنجنده های مذکور به ترتیب ۰/۸۷، ۰/۸۵، ۰/۸۴ و ۰/۸۳ برآورد گردید (شکل ۳ نقشه کاربری اراضی را نشان می دهد).

جدول ۱- حداقل درصد قابل اطمینان در سطح ۱ و ۵ درصد برای انواع کاربری اراضی سالهای ۱۹۸۸ و ۲۰۰۵

ارزیابی آماری حداقل درصد اطمینان طبقات پردازش شده				نوع کاربری
حداقل درصد اطمینان (سال ۲۰۰۵)	حداقل درصد اطمینان (سال ۱۹۸۸)	سطوح آماری ۱٪	سطوح آماری ۵٪	
82.28	83.4	62.83	66.07	اراضی بایر
84.18	85.2	92.7	93.1	برونزد سنگی
56.38	58.6	55.88	58.47	جنگل با زیر اشکوب دیم
84.4	85.1	74.08	75.09	دیم
79.7	80.8	81.4	82.45	باغ
86.57	87.06	86.6	87.1	جنگل با زیر اشکوب مرتع متوسط
80.66	81.23	83.2	83.7	جنگل با زیر اشکوب مرتع ضعیف
71.81	73.55	83.3	84.7	منطقه مسکونی
75.37	76.22	83.95	84.5	مرتع مشجر متوسط
76.74	77.8	86.79	87.4	مرتع مشجر ضعیف
90.7	91.02	89.9	90.3	زراعت آبی

برای تهیه مدل رقومی بارندگی ابتدا یک شبکه منظم نقاط در محدوده ی حوزه آبخیز و اطراف آن تهیه گردید. هرچه این شبکه متراکم تر انتخاب گردد دقت میانگین بارندگی محاسبه شده افزایش میابد. با استفاده از شبکه نقاط تهیه شده (ایستگاههای باران سنجی) و مدل رقومی ارتفاع منطقه می توان عدد ارتفاع را به هر یک از نقاط شبکه تخصیص داد، و با استفاده از گرادیان بارش منطقه مقدار بارش را محاسبه کرد در این راستا نقشه DEM با الگوریتم TPSS (لایه های آبراهه، مرزحوزه، نقاط ارتفاعی و خطوط ارتفاعی به شکل رقومی در ساخت این نوع مدل رقومی ارتفاع دخیل هستند) درونیابی شد که نسبت به دیگر روش های تهیه مدل رقومی ارتفاع مناسب تر است (قهر رودی، ۱۳۸۴). همچنین استفاده از پارامترهای تن، الگو و بافت تصویر ماهواره ای جهت

تهیه نقشه سازندهای زمین شناسی حوزه انجام گرفت، در محاسبه این پارامتر از بارزسازی بروش مستطیل های معادل بهره برده شد. قابل ذکر است که از الگوی تراکم و زهکشی آبراهه ها جهت جدا کردن سازندهای های زمین شناسی استفاده شد و نیز به منظور جداسازی سازند ها از فیلتر بالا گذر بهره برده شد تا لبه هر سازند از سازند دیگر باز شناخته شود. یکی از مراحل کار در این مطالعه تعیین تراوایی سازندها جهت تعیین سیل خیزی می باشد. در این راستا بعد از تهیه نقشه زمین شناسی، با استفاده از نقشه رقومی توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و عکس های هوایی و مشاهدات صحرایی، جنس و نوع سنگ های حوزه بر اساس تیپ های سازندهای موجود نیز مشخص گردید. سپس با کمک نقشه زمین شناسی میزان نفوذپذیری هریک از سازندهای موجود تعیین گردید. با توجه به اینکه هر سازند دارای یک تراوایی مشخصی است و هر میزان تراوایی نیز باعث ایجاد سیل خیزی معینی می گردد لذا این لایه نیز بعنوان جزئی از کار در نظر گرفته شد. با توجه به نقشه فوق واحد های سنگ شناسی آسماری جهرم و بختیاری دارای تراوایی کم، واحد های سنگ شناسی کشکان، پابده گورپی و رازک دارای تراوایی متوسط و واحدهای سنگ شناسی پشته های رسی سیلتی، رسوبات دوران حاضر و تراس ها دارای تراوایی زیاد ارزیابی شدند.



شکل ۲- نقشه های بارش ۲۴ ساعته و زمین شناسی حوزه آبخیز تنگ بستانگ

نقشه ی زمین شناسی حوضه ی مطالعاتی در شکل ۲ و همچنین کلاس آنها در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- سطوح سنگی، کلاس و درصد آنها در حوضه ی تنگ بستانک

درصد موجود در منطقه	کلاس	سطوح سنگی موجود در منطقه
15	2b	سازند بختیاری (pLcb)
1/6	4d	(M m c ra) سازند رازک
4/8	5e	(T) تراس
61/5	2b	(Em ld as ja) سازند آسماری جهرم
3/7	3c	(peE cm kn) سازند کشکان
1/2	5e	(Qal) رسوبات دوران حاضر
10/2	5e	(Qt3) پشته های رسی سیلنی
2	4d	(KE shm pd gu) سازند پابده گورپی

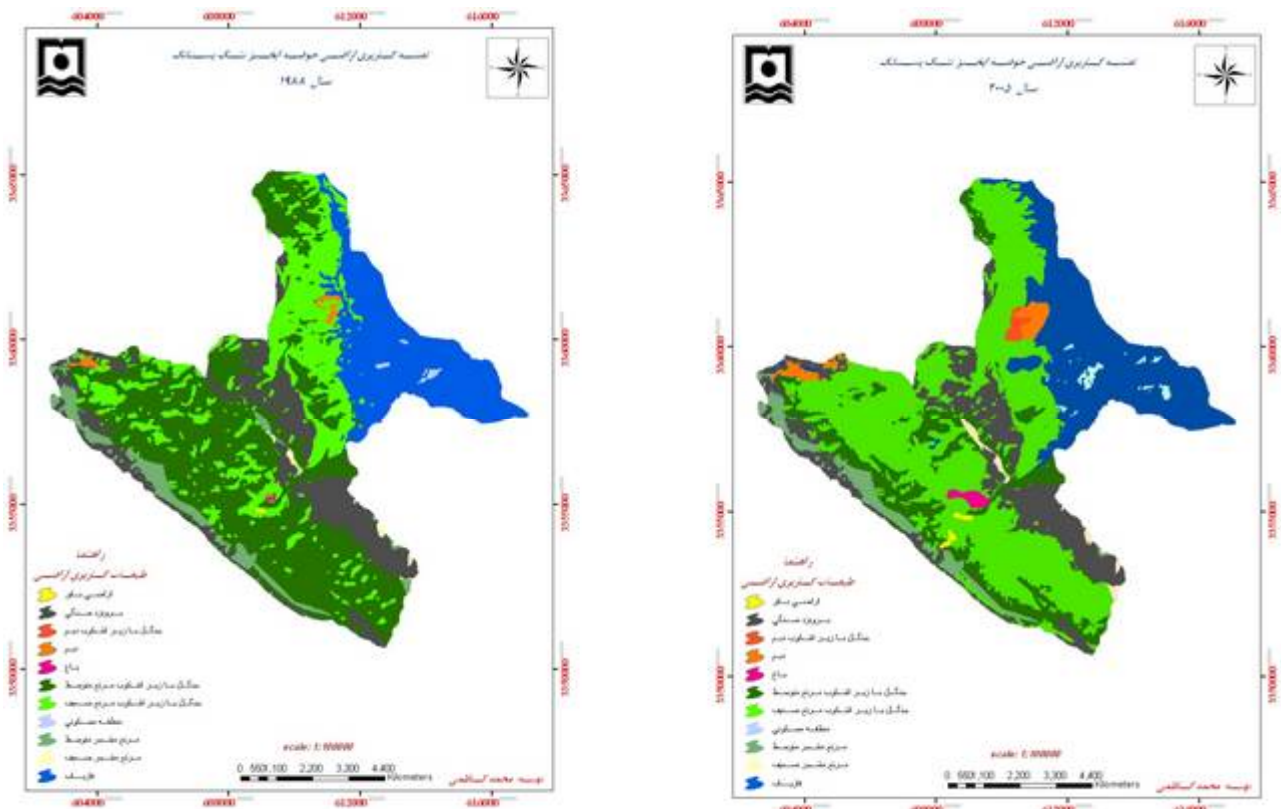
سازند کنگلومرای بختیاری که این سازند شامل کنگلومرا و ماسه سنگهای آهکی چرتی است که به صورت همساز و گاهی ناهمساز بر روی سازندهای قدیمی تر در مناطق مختلف قرار می گیرد.

در کتاکت زیرین آن، معمولاً سازند آجاجاری با دگر شیبی زاویه دار یا فرسایشی دیده می شود. در ضمن برخی مواقع رسوبات قدیمی تر را به حالت دگر شیب می پوشانند. در کتاکت فوقانی آن در بعضی نقاط رسوبات آبرفتی جوان تری وجود دارد. از نظر گسترش جغرافیایی، کوهزایی میوسن- پلیوسن موجب چین خوردگی و خروج از آب ناحیه زاگرس شده است. سازند رازک در لرستان به سن بوردیگالین تا میوسن بالایی، در ناحیه فارس مرکزی از بوردیگالین تا میوسن میانی، در بندر عباس الیگوسن تا میوسن پیشین و در حوالی سی سخت از آکی تاین تا میوسن پیشین است. با توجه به تغییرات زیاد ویژگی زیست چینه ای و زمان چینه ای، این باور وجود دارد که سازند رازک رسوبات آواری حوضه تبخیری سازند گچساران و به احتمال سکوه های کربناتی سازند آسماری است. سازند کشکان، کنگلومرا، ماسه سنگ و سیلتستون، واحدهای اصلی سنگی و طبقه بندی مورب عدسی و مسطح فراوانترین ساختمان رسوبی این سازند است. قابل ذکر است که با استفاده از تصاویر ماهواره ای و تشخیص تیپ های خاک و نفوذسنجی با استفاده از استوانه مضاعف اقدام به تولید نقشه گروه های هیدرولوژیک خاک شد، نقشه گروه هیدرولوژیک خاک با استفاده از ۳۶ نقطه از سراسر حوزه بطور یکنواخت و همگن از طریق استوانه مضاعف و نمونه برداری، تهیه شد. از ترکیب گروه هیدرولوژیک خاک و نقشه کاربری اراضی تهیه شده از تصاویر ماهواره ای و فنون سنجش از دور و تشکیل جدول دو طرفه و تبدیل آن به نقشه، نقشه ی شماره منحنی مربوط به سالهای ۱۹۸۸ و ۲۰۰۵ تهیه شد. اکنون با داشتن نقشه شماره منحنی و اجرای رابطه (۹)، 
$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$
 در محیط نرم افزار ARCGIS (ضریب نگهداشت خاک بر اساس میلیمتر است)، در محیط رستری نقشه

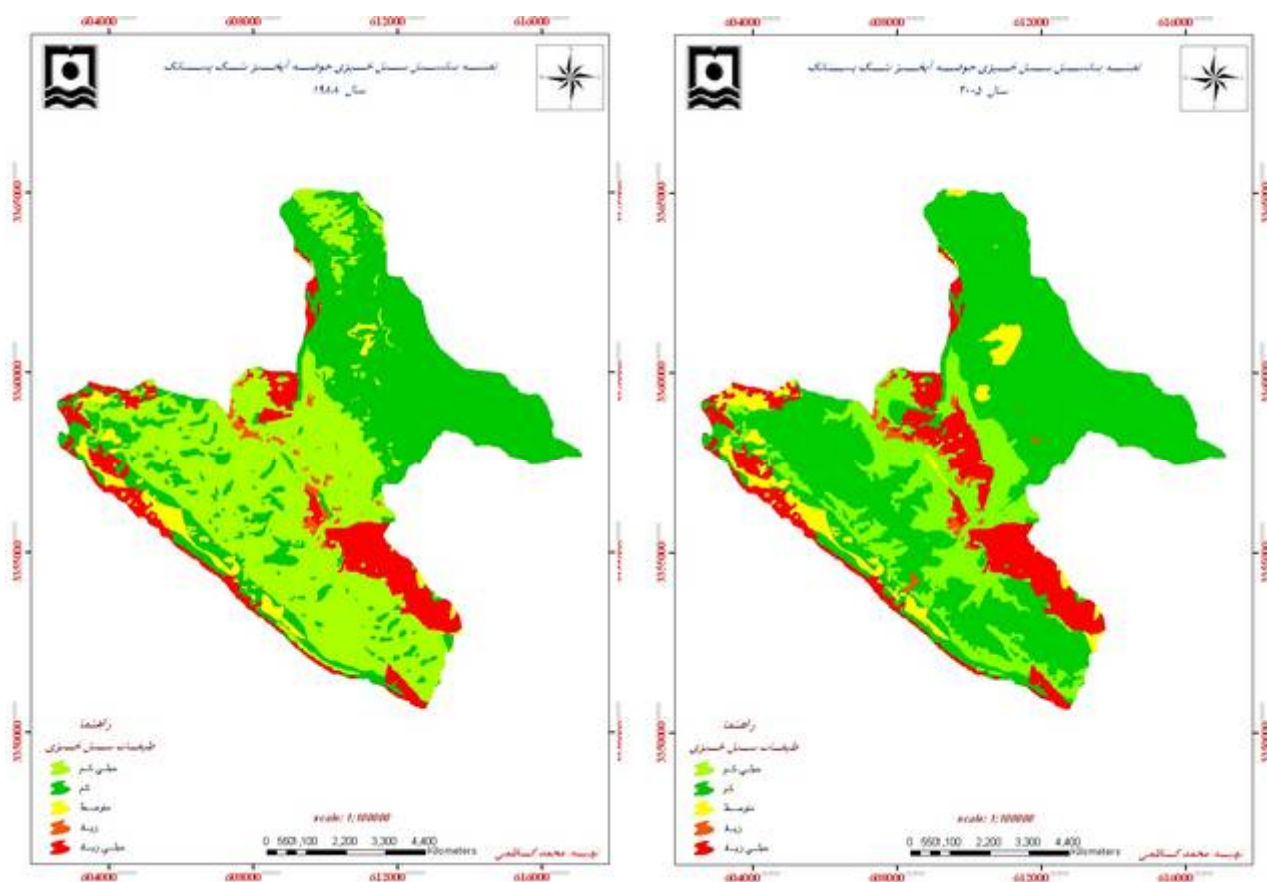


ضریب نگهداشت خاک برای سال های مربوطه تهیه شد. سپس این مقادیر در رابطه (۱۰). 
$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$
 مدل شد و

پیکسل به پیکسل مقدار رواناب بدست آمد یعنی در نقشه رستری هر پیکسل مقدار رواناب خاصی را به خود اختصاص داد. بطوریکه در بانک اطلاعاتی و پایگاه اطلاعاتی داده رستری ارزش و مقدار و تعداد پیکسل ها و مساحتی که هر طبقه از این مقادیر به خود اختصاص داده است مشخص و معلوم می باشد. لذا می توان کمترین و بیشترین میزان رواناب و سطح اختصاص داده شده به آنها را در محیط رستر مشاهده کرد. همچنین ارتفاع متوسط رواناب در سطح حوزه با تحلیل رستری محاسبه کرده و از ضرب ارتفاع رواناب در سطح حوزه حجم رواناب خروجی از حوزه را برای سالهای ۱۹۸۸ و ۲۰۰۵ بدست آمد و با هم مقایسه شد. همچنین می توان علاوه بر رواناب متوسط خروجی از حوزه رواناب کلی را نیز محاسبه کرد. در نهایت با توجه به نقشه شیب منطقه و نیز نقشه رواناب که در بطن خود گروه های هیدرولوژیک خاک و انواع کاربری ها (که با توجه به نقشه پوشش گیاهی تولید شده از تصویر ماهواره ای از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و نمونه برداری میدانی، کلاس بندی شده) و نیز نقشه زمین شناسی و در نظر گرفتن ویژگی های خاص هر سازند و شاخص تراوایی و ادغام این نقشه ها مناطق و پهنه های سیل خیز در کلاس های مختلف طبقه بندی شدند (شکل ۴). این کلاس ها که مقادیر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد را به خود اختصاص داده اند. اکنون با داشتن نقشه پتانسیل سیل خیزی برای سالهای مذکور به مقایسه آنها پرداخته و تغییرات آنها را با توجه به تغییرات کاربری اراضی مورد محاسبه قرار گرفت. همچنین قابل ذکر است که ضریب رواناب پارامتری است که تعیین می کند از هر بارندگی بطور متوسط چه میزان به رواناب تبدیل می شود و می تواند گویای این موضوع باشد که منطقه مورد مطالعه از نظر تولید رواناب و سیلاب چه شرایطی را دارا می باشد در این مطالعه با داشتن نقشه رستری بارش و رواناب می توان نقشه ضریب رواناب را تهیه نمود و در تحلیل ها از آن بهره جست.



شکل ۳- مقایسه کاربری اراضی سالهای ۱۹۸۸ و ۲۰۰۵ حوزه آبخیز تنک بستانک

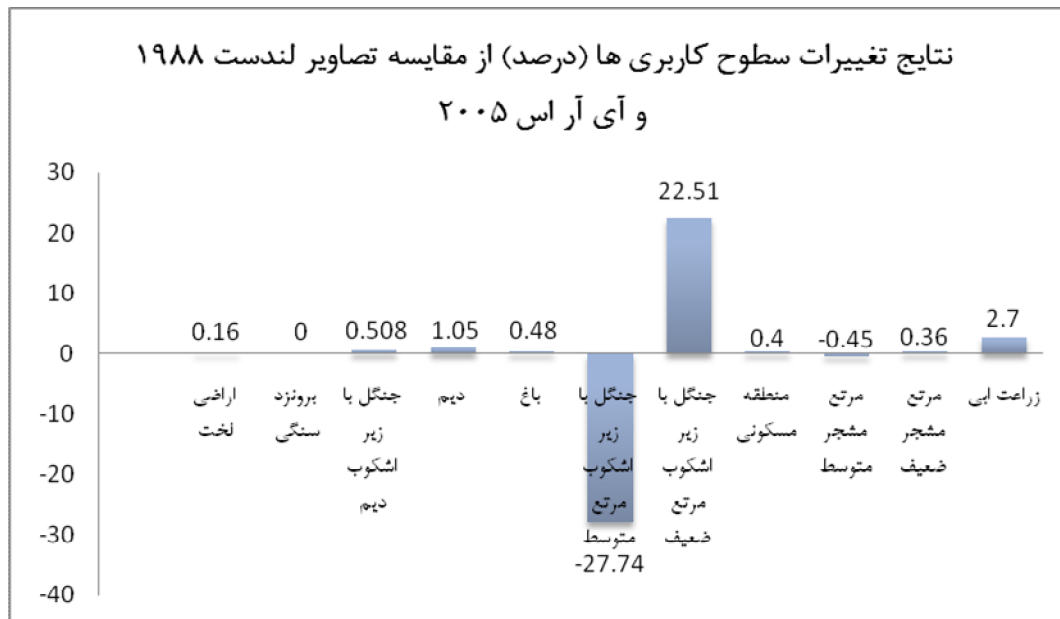


شکل ۴- مقایسه پتانسیل سیل‌خیزی سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۵ حوزه آبخیز تنگ بستانک

## نتایج و بحث

امروزه رایج‌ترین روش برای تهیه نقشه کاربری اراضی استفاده از فناوری‌های سنجش از دور می‌باشد که مکان و میزان تغییرات را در گذر زمان نشان می‌دهد. در این تحقیق با بررسی میزان تغییرات کاربری اراضی و مخصوصاً پوشش گیاهی و تراوایی سازندها که نقش اساسی در تولید رواناب دارند عرصه‌های سیل‌خیز تعیین گردیده است. آنچه در تهیه لایه‌ها از طریق سنجش از دور مهم است، ارزیابی صحت لایه‌هاست که در جدول به آن اشاره شد. در بررسی صحت هدف ارزیابی میزان تطابق نقشه با واقعیت زمینی می‌باشد، بطوریکه در صحت کلی که یک معیار ارزش‌گذاری صحت طبقه‌بندی با واقعیت زمینی است با استفاده از ماتریس درهمی پیشنهادی دلایان (۱۹۹۹) که از مجموع پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده تمامی طبقات به مجموع پیکسل‌های تصویر استفاده می‌شود. مدل سازی بارش-رواناب در حوزه آبخیز تنگ بستانک با روش شماره منحنی SCS نشان داد که تلفیق RS و GIS روش مناسبی برای تعیین توزیع ارتفاعی رواناب در حوزه‌های فاقد آمار می‌باشد. نتایج نشان داد که اراضی بایر از ۰/۰۵٪ از سطح حوزه به ۰/۲۱٪ افزایش داشته است و نیز دیم زارها از ۰/۵۱٪ از سطح حوزه به ۱/۶۵٪ حوزه افزایش داشته که اگر جنگل با زیر اشکوب دیم را نیز در نظر قرار دهیم ۰/۰۲٪ از سطح حوزه به ۰/۵۱٪ از سطح حوزه را به خود اختصاص داده و این آنالیزها حکایت از رشد اراضی بایر و زراعت دیم دارد. در مقابل سطوح جنگلی مخصوصاً جنگل با زیر اشکوب مرتع متوسط ۴۰/۷٪ از سطح حوزه به ۱۲/۳۳٪ سطح حوزه کاهش سطح داشته است که این کاهش سطح معادل ۲۷/۷۴٪ از سطح حوزه که معادل ۲۲۶۷/۳۸ هکتار از سطح حوزه است و همچنین مراتع مشجر (مستقل) متوسط از ۴/۰۶٪ از سطح حوزه به ۳/۶۱٪ از سطح حوزه رسیده است که یک رشد منفی را نشان می‌دهد که این رشد منفی معادل ۰/۴۵٪ از سطح حوزه که معادل ۳۶/۳۸ هکتار از سطح

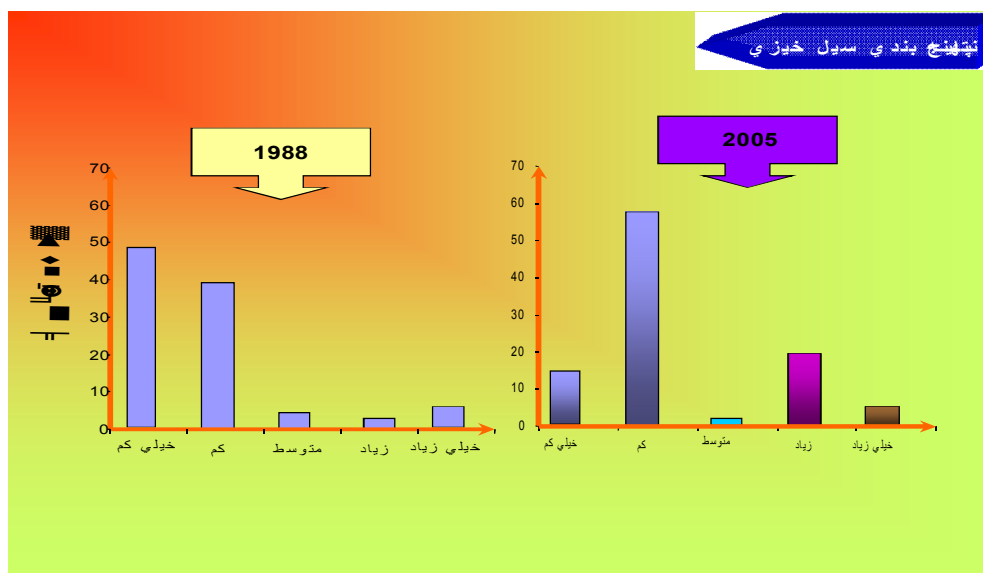
حوزه می‌باشد. در برابر این کاهش سطح از مراتع با پوشش گیاهی متوسط به پوشش مراتع ضعیف تبدیل شده اند و نیز جنگل با زیراشکوب مرتع متوسط به جنگل بازیر اشکوب مرتع ضعیف تبدیل گشته اند. بطوریکه وسعت مراتع ضعیف از ۰/۳۹٪ از سطح حوزه به ۰/۷۵٪ از سطح حوزه و جنگل بازیر اشکوب مرتع ضعیف از ۳۰/۷۷٪ از سطح حوزه به ۴۳/۲۸٪ از سطح حوزه تبدیل گشته است. یعنی اینکه در سال ۱۹۸۸ بیشترین سطح حوزه را جنگل بازیر اشکوب مرتع متوسط به خود اختصاص می‌داده است و در حال حاضر جنگل بازیر اشکوب مرتع ضعیف بیشترین سطح حوزه را به خود اختصاص داده و در کل از سطح مراتع با پوشش گیاهی متوسط کاسته شده است. بیشترین کاهش سطح مربوط به جنگل بازیر اشکوب مراتع متوسط بوده و بیشترین افزایش سطح مربوط به جنگلها بازیر اشکوب مرتع ضعیف است که در واقع نوعی تبدیل صورت گرفته است.



نمودار ۱- تغییرات کاربری اراضی صورت گرفته در حوزه آبخیز تنک بستانک در یک دوره ۱۸ ساله

در مورد مقدار رواناب که از فرمول SCS بدست آمد میزان تغییرات برای سالهای ۱۹۸۸ و ۲۰۰۵ بدین ترتیب است که: در سال ۱۹۸۸، ۴۱/۹۹٪ از سطح حوزه روانابی کمتر از ۲۰ میلی متر تولید می کرده است و بعد از آن ۳۹/۹ درصد از سطح حوزه روانابی معادل ۲۰ تا ۳۰ میلی متر تولید می کرده است که این مقدارها برای سال ۲۰۰۵ به صورت ذیل تغییر کرده است که، ۵۹/۶۱٪ از سطح حوزه رواناب معادل ۲۰ تا ۳۰ میلی متر تولید می کند و این نشان می دهد که از میزان کلاس کمتر از ۲۰ میلی متر کاسته شده است و بر میزان کلاس ۲۰ تا ۳۰ میلی متر افزوده شده و این میزان معادل ۲۲/۳۴٪ از سطح حوزه برای مقادیر کمتر از ۲۰ میلی متر رشد منفی و برای مقادیر ۲۰ تا ۳۰ میلی متر، معادل ۱۹/۷۱ درصد از سطح حوزه رشد مثبت را نشان می دهد. در تحلیل های رستری ارتفاع رواناب بطور متوسط ۳۱ میلی متر برای کل حوزه با توجه به نقشه حداکثر بارش ۲۴ ساعته برای سال ۲۰۰۵ برآورد شد، که اگر این مقدار در سطح حوزه ضرب گردد حجم رواناب خروجی یا آبدهی که در ۱ روز حاصل می شود را خواهیم داشت (حداکثر دبی روزانه). همچنین مقدار متوسط ۲۹ میلی متر برای سال ۱۹۸۸ بدست آمد. در تحلیل رستری نقشه رواناب حوزه آبخیز تنگ بستانک برای سال ۲۰۰۵ (۱۳۸۵) مقدار ۵۴/۰۴ میلی متر ارتفاع رواناب خروجی از کل سطح حوزه با وجود بارش یکنواخت و یکسان ۲۴ ساعته برآورد شد، در حالیکه برای سال ۱۹۸۸ (۱۳۶۷)، مقدار ۵۰/۰۲ میلی متر ارتفاع رواناب خروجی از کل سطح حوزه است، با وجود همان بارش ۲۴ ساعته (شکل ۲) که حکایت از اختلاف ارتفاع رواناب و میزان دبی ۲۴ ساعته دارد، که از تغییرات کاربری اراضی ناشی شده است، به ازای این تغییرات و توجه به میزان تراوانی سازندها و تهیه نقشه های پتانسیل سیل خیزی، ۴۱/۹۹ درصد از کل حوزه کلاس سیل خیزی خیلی کم، ۳۹/۹ درصد از کل حوزه کلاس سیل خیزی کم، ۳/۳۳ درصد از کل حوزه کلاس سیل خیزی متوسط، ۱/۰۷ درصد از کل حوزه کلاس سیل خیزی زیاد، ۱۳/۶۸ درصد از کل حوزه کلاس

سیل خیزی خیلی زیاد برای سال ۱۹۸۸ مشخص شد که کلاس های سیل خیزی متوسط تا خیلی زیاد ۱۸/۰۸ درصد از کل حوزه را بخود اختصاص داده اند. ۱۴/۰۱ درصد از کل حوزه کلاس سیل خیزی خیلی کم، ۵۹/۶۱ درصد از کل حوزه کلاس سیل خیزی کم، ۱/۲۴ درصد از کل حوزه کلاس سیل خیزی متوسط، ۱۹/۶۵ درصد از کل حوزه کلاس سیل خیزی زیاد، ۵/۴۴ درصد از کل حوزه کلاس سیل خیزی خیلی زیاد برای سال ۲۰۰۵ مشخص شد که کلاس های سیل خیزی متوسط تا خیلی زیاد ۲۶/۳۳ درصد از کل حوزه را بخود اختصاص داده اند. قابل ذکر است که بر اساس تغییرات گسترده پوشش گیاهی در منطقه و تأثیر مستقیم آن بر شماره منحنی نمودار تغییرات این پارامتر برای سال ۱۹۸۸ چوله به چپ بوده در حالیکه برای سال ۲۰۰۵ چوله به راست شده و حکایت از افزایش شماره منحنی دارد. در طی یک دوره ۱۸ ساله با توجه به تغییرات کاربری اراضی صورت گرفته شاهد افزایش ارتفاع رواناب در خروجی حوزه بودیم بطوریکه این ارتفاع رواناب در خروجی حوزه برای سال ۱۹۸۸ معادل ۵۰ میلی متر بوده است که این مقدار برای سال ۲۰۰۵ به ۵۴ میلی متر رسیده است که اختلاف ۴ میلی متری را نشان می دهد که اگر این اختلاف در سطح حوزه ضرب گردد تغییرات حجم رواناب را بیان خواهد داشت با توجه به بالا بودن شیب حوزه، حساسیت سازندهای زمین شناسی و نیز قرار گرفتن خاک حوزه در گروه هیدرولوژیک C و D کوچکترین تغییرات در درصد تاج پوشش گیاهی باعث افزایش عمق رواناب خواهد شد و همچنین طبقات سیل خیزی متوسط تا خیلی زیاد از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۵ چیزی معادل ۹ درصد افزایش نشان می دهد و حکایت از سیل خیز تر شدن حوزه دارد که مطابق با نتایج بارتون (۲۰۰۴) و گیل (۲۰۰۱) و همچنین اکان (۱۳۸۱) می باشد. همچنین آهنی و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی سیل خیزی حوزه آبخیز تنگ سرخ شیراز به افزایش پتانسیل سیل خیزی به میزان ۲۲ درصد در طی یک دوره ۲۰ ساله و در اثر تغییرات کاربری اراضی در حوزه مذکور اشاره دارند، به طوریکه با تغییر کاربری اراضی و تخریب رویشگاه های طبیعی روند سیل خیزی تشدید یافته و از سطوح با پتانسیل کمتر کاسته شده و به سطوح عرصه های سیل خیز افزوده شده است.



نمودار ۲- نتایج پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی سالهای ۱۹۸۸ و ۲۰۰۵

## نتیجه گیری

استفاده از مدل بارش رواناب طبق توضیحات گذشته می تواند به عنوان یک روش پیشنهادی برای حوضه هایی که در آنها داده های اندازه گیری دبی رواناب وجود ندارد بکار رود. شبیه سازی این اجاره را می دهد که با ثابت نگهداشتن سایر عوامل مؤثر بر تولید رواناب و تنها با تغییر ۱ یا ۲ عامل از جمله پوشش گیاهی یا دیگر کاربری های اراضی، میزان رواناب هر قسمت از پوشش گیاهی را محاسبه کرد (لوراپ، ۱۹۹۸)، که در این مطالعه با ثابت نگه داشتن عامل بارش، تأثیر تغییر کاربری اراضی و پوشش گیاهی

بر حجم رواناب و سیل خیزی محاسبه شد. همچنین استفاده از مدل شبیه سازی می تواند چگونگی اصلاح کاربری مورد نیاز برای رسیدن به حالت بهینه اکوسیستم در جذب و نگهداری آب و جلوگیری از هرز روی آب کمک شایانی کند. استفاده از تصاویر ماهواره ای با دقت بالا می تواند برای تهیه دقیق نقشه های کاربری اراضی و پایش منطقه بکار رود و همچنین برای حوزه های فاقد آمار روش SCS و استفاده از توانمندی سیستم های اطلاعات جغرافیایی روش مناسبی جهت تحلیل رواناب ۲۴ ساعته می باشد و همچنین استفاده از روش ذکر شده جهت شناسایی مناطق سیل خیز و مدیریت آنها در سر منشأ رودخانه ها پیشنهاد می گردد تا با مدیریت کاربری اراضی و جلوگیری از تخریب رویشگاه های طبیعی مانع از تشدید روند سیل خیزی در حوزه های آبخیز باشیم.

## منابع

- ۱- اکان، ع. ۱۳۸۱. هیدرولوژی رگبار در حوزه های شهری. برگردان از سعید برومند نسب، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، چاپ اول، ۳۱۳ صفحه.
- ۲- آهنی، ح. و همکاران، ۱۳۸۷. ارزیابی تغییرات اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای، مطالعه موردی حوزه آبخیز تنگ سرخ شیراز، دومین کنفرانس ملی روز جهانی محیط زیست، دانشگاه تهران، ۱۰ص.
- ۳- آهنی، ح. و همکاران، ۱۳۸۷. ارزیابی پتانسیل سیل خیزی حوزه آبخیز تنگ سرخ شیراز، دومین کنفرانس ملی روز جهانی محیط زیست، دانشگاه تهران
- ۴- آهنی، ح.، ۱۳۸۵. ارزیابی خطر فرسایش آبی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و فنون درونکاوی، مدل جهانی فرسایش در حوزه آبخیز رحیم آباد فسا، پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ۱۲۱ صفحه.
- ۵- افشین نیا، م.، ۱۳۷۲، روش های آماری و کاربرد آن در علوم، انتشارات آتا، شماره ۱۹، چاپ اول، ۶۲۲ صفحه.
- ۶- خسروشاهی، م.، ۱۳۸۰. تعیین نقش زیر حوزه های آبخیز در شدت سیل خیزی حوزه (مطالعه موردی حوزه آبخیز دماوند)، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، رساله دکتری جغرافیا، ۱۷۷ص
- ۷- قهروردی تالی، م.، ۱۳۸۴. سیستم های اطلاعات جغرافیایی در محیط سه بعدی، GIS سه بعدی در Arc GIS، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم.
- ۸- نصرتی، ح.، ۱۳۷۹. پهنه بندی سیل در حوزه آبخیز گاوهرود با استفاده از RS و GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور، گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.
- 9- Burton, A. & B. Pitt. 2001. Storm water effects hand book, a toolbox for watershed managers scientists and engineers, CRC press LLC.924p.
- 10- Dellepiane, S. G. and Smith., P.C.,1999. Quality assessment of image classification algorithms for, land cover mapping: A review and a proposal for a cost based approach. International Journal of Remote Sensing, 20, 8, 1461-1486.
- 11- Dovonce, E. ,2000. A physically based distributed hydrologic model, Master of Science Thesis, the Pennsylvania State University.
- 12- Foody, G.M., E.M. Ghoniem & N.W. Arnell, 2004. Predicting locations sensitive to flash flooding in an arid environment. Journal of hydrology,(ARTICLIEN PRESS).
- 13- Fudey and Schepers.j.,2004.Application of remote sensing in site- specific Adamchuk.V,Perk.R management. Institute of agriculture and natural resources. University of Nebraska Cooperative Extension Precision Agriculture EC 04-702.
- 14- Ghorbani, A., Bruce, D., Tiver, F., and Brien, C. ,2006. Biological soil crusts classification using ground-level spectra. In Proceeding of the 27<sup>th</sup> Asian Remote Sensing Conference, Ulaanbaatar, Mongolia.
- 15- Gill, S. 2004. Impacts of climate change on urban environments. ENTRE FOR URBAN & REGIONAL ECOLOGY, School of Planning & Landscape, University of Manchester. 72 P.

- 16- Jensen, J. R. ,1996. Textbook: Introductory Digital Image Processing: Radiometric and Geometric Correction. New Jersey: Prentice Hall Inc. PP: 107-135.
- 17- Lorup, J. K., J. C., Refsgaard and D. Mazimavi., 1998. Assessing the effect of land use change on catchment runoff by combined use of statistical tests and hydrological modelling: case studies from Zimbabwe, Journal of hydrology, 205, PP: 147-163.
- 18- Loukas, A., L. Vasiliades, N. R. Dalezios., 2000. Flood producing mechanisms identification in southern British Columbia, Canada, Journal of Hydrology, Vol. 227, PP:218-235.
- 19- Lu. D. and Weng. Q., 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. International Journal of Remote Sensing. 28, 5, 823–870.
- 20- Mather, P. M., 2005. Computer processing of remotely-sensed images, 3<sup>rd</sup> Ed, JohWiley&Sons,Ltd.pp319
- 21-Sala, O. E., Chapin, F. S., Armesto, J. J., Berlow, R., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber – Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D., Mooney, H. A., Oesterheld, M. Poff, N. L., Sykes, M. T., Walker, B. H., Walker, M. and Wall, D. H. ,2000. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100, Science, 287: pp. 1770 – 1774.
- 22- Sikka, A. K., Sarma, J. S., Sharda, V. N., Samraj, P. and Lakshmanam, V. ,2003. “Low Flow and High Flow Responses to Converting Natural Grassland into Bluegum (Eucalyptus globules) in Nilgiris Watersheds of South India”, Journal of Hydrology, 270: pp. 12-26.
- 23-Smith,k.,2001. Environmental hazard assessing risk and redusing disaster,Third edition,published by routledge 11 new fetter lane London.
- 24- Stehman, S.V., 2004. A critical evaluation of the normalized error matrix in map accuracy assessment. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 70, 743– 751.
- 25-Tommy, S. W.Wong&Yunjie, L. I., 1998. Assement of changes in overland time of concentration for two opposing urbanization sequences, Hydrological sciences Journal, 43 (1), PP. 115-130.
- 26- Thomas W. O. and M. A. Benson ,1968. uniform flood fregency estimating methods for federal agences water resources geology. P. 891-9080.
- 27- Wolberg. G., 1990. Digital image warping. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, pp 318.