



مقایسه‌ی زمانی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن در افزایش روان آب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در حوضه‌ی آبخیز تنگ سرخ شیراز

پهنه‌بندی عرصه‌های سیل خیز در حوضه‌ی آبخیز تنگ سرخ شیراز



حسین آهنی

کارشناس دانش‌آموخته‌ی دکترای مهندسی آب، دانشگاه شیراز



چکیده

کم بازده به ترتیب ۹۸۶ و ۶۰۳ هکتار است. برای ارزیابی صحت لایه‌های کاربری تهیه شده از ضریب کاپا استفاده شد که به ترتیب برای تصاویر اسپات و لندست ۰/۹۱ و ۰/۸۶ محاسبه شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین افزایش مقدار شماره‌ی منحنی^۴ در تغییر کاربری از مرتع به دیم‌زار و بیش‌ترین کاهش در نمایه‌ی نگه‌داشت خاک در تغییر کاربری دیم‌زار به بایر رخ داده است. نقشه‌ی پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه نشان داد که در طی بازه‌ی زمانی ۱۸ ساله، سیل‌خیزی حوضه ۲۲ درصد افزایش و دبی پیک نیز حدود ۱۰ درصد افزایش داشته است. نتیجه این‌که با کاهش درصد پوشش گیاهی طبیعی عمق روان‌آب افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: تغییر کاربری، سیل‌خیزی، شماره‌ی منحنی، سنجش از دور، سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، استان فارس

برای شناسایی عرصه‌های سیل‌خیز حوضه‌ی آبخیز تنگ سرخ شیراز از دو نوع تصویر ماهواره‌ای اسپات (۱۳۸۴) و لندست (۱۳۶۷) و روش^۱ SCS استفاده شد. ابتدا نقشه‌ی کاربری تهیه و از ترکیب نقشه‌ی گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و کاربری، نقشه‌ی شماره‌ی منحنی برای بازه‌ی زمانی مورد نظر تهیه شد. بر اساس نقشه‌ی شماره‌ی منحنی مقادیر ضریب نگه‌داشت خاک برآورد شد. با استفاده از مدل رقومی ارتفاع^۲ به روش TPSs^۳ و رابطه‌ی گرادیان بارش حداکثر ۲۴ ساعته، نقشه‌ی هم‌باران تهیه شد. از آن‌جایی که امکان دسترسی به بارش‌های ۶ ساعته امکان‌پذیر نبود، برای برآورد عمق روان‌آب از بارش‌های ۲۴ ساعته استفاده شد. مقایسه‌ی نقشه‌های کاربری برای فاصله‌ی زمانی ۱۸ سال نشان داد بیش‌ترین کاهش سطوح کاربری مربوط به مراتع و جنگل‌ها به ترتیب ۱۴۰۲ و ۲۲۴ هکتار و بیش‌ترین افزایش سطوح مربوط به اراضی بایر و دیم‌زارهای

1. Soil Conservation Service (SCS)
2. Digital Elevation Model (DEM)
3. Tin Plate Smoothing Splin (TPSS)
4. Curve Number (CN)

مقدمه

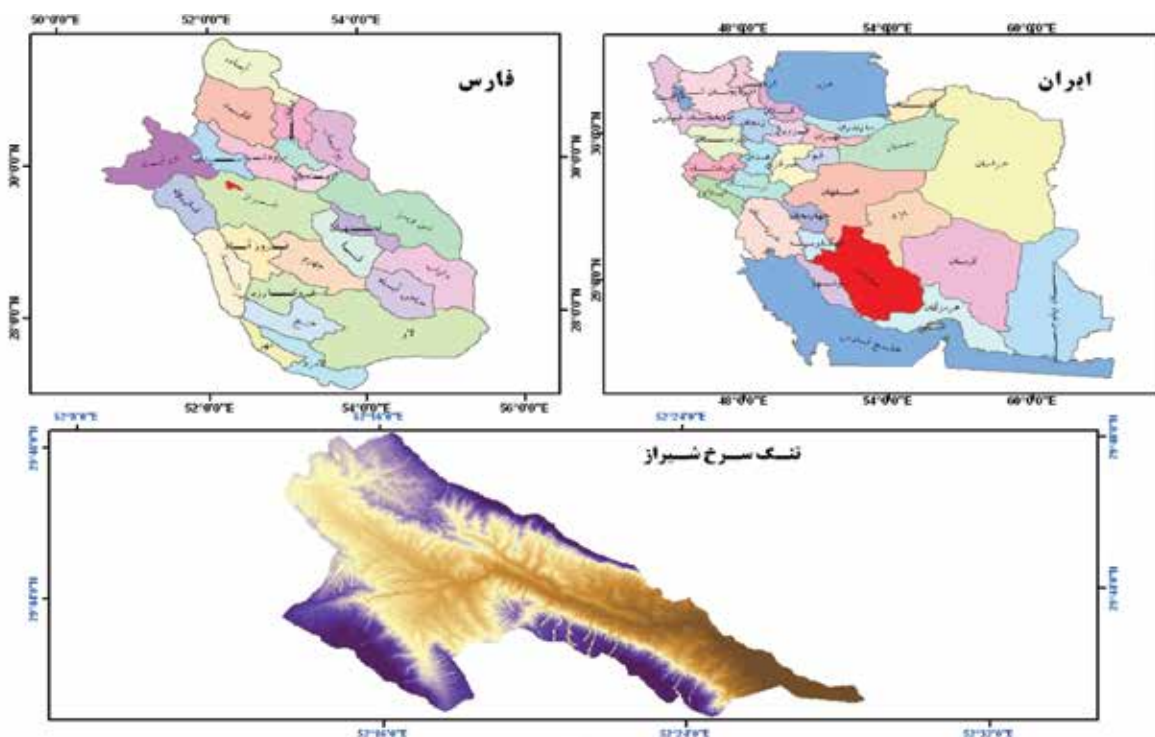
نشان می‌دهد که با تغییر کاربری و کاهش پوشش گیاهی، میزان شماره‌ی منحنی افزایش می‌یابد [ملکیان و همکاران ۱۳۸۲؛ میشرای و همکاران ۲۰۰۳]. نتایج کاربرد SCS نشان داد که نسبت حداکثر پتانسیل نگره‌داشت (S) به مقدار بارش در مقابل مقدار روان‌آب تقریباً معادل میانگین رطوبت فشار مکش مربوط به یک واحد بارش بوده و در واقع، نمایان‌گر ضریب تخلخل است [ملکیان و همکاران ۱۳۸۲]. تحولات هیدرولوژیکی ناشی از تغییر کاربری‌ها را می‌توان به‌طور کلی به چهار دسته: شامل تغییر حجم کل روان‌آب، تغییر میزان تغذیه‌ی ناشی از بارش، تغییر حداکثر آب‌دهی سیلاب و تغییر کیفیت آب تقسیم کرد [لی و هیانی ۲۰۰۳]. رایج‌ترین روش برای ارزیابی تغییرات کاربری، استفاده از فن‌آوری‌های سنجش از دور است [لفسکی و کاهن ۲۰۰۳] که امکان و میزان تغییرات را در گذر زمان نشان می‌دهد. تغییر کاربری معمولاً به دو شکل تبدیل و تغییر اتفاق می‌افتد. تبدیل کاربری (جنگل‌زدایی، شهرسازی و کشاورزی) به‌طور مستقیم با تصاویر ماهواره‌ای قابل مشاهده است. ولی پدیده‌ی تغییر شامل تغییرات در داخل همان کاربری مانند تغییرات ناشی از چرای مفرط دام، بوته‌کشی و تخریب ناشی از باران اسیدی به سختی با تصاویر ماهواره‌ای قابل بررسی است [یوستین ۲۰۰۴]. در این مقاله با بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش SCS، میزان تغییرات شماره‌ی منحنی و تغییرات سیل‌خیزی حوضه‌ی آب‌خیز تنگ سرخ شیراز مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

محدوده‌ی مورد مطالعه در شمال شهر شیراز بین $37^{\circ} 40' 29''$ تا $29^{\circ} 27' 48''$ عرض شمالی و $17^{\circ} 13' 52''$ تا $52^{\circ} 28' 51''$ طول شرقی در زون جغرافیایی ۳۹ با مساحت ۱۴۰ کیلومتر مربع واقع شده است (شکل ۱). حداقل و حداکثر ارتفاع به ترتیب

آب به عنوان مایه‌ی حیات در مواردی به دلیل مدیریت نادرست، حضور و فعالیت‌های انسان را تهدید می‌کند [واین و همکاران ۲۰۰۰]. سیل، طغیان رودخانه‌ها، فرسایش آبی اراضی حاصل‌خیز، رسوب‌گذاری و آلودگی پساب‌های خانگی و صنعتی از جمله‌ی این تهدیدات است که در حوضه‌های آب‌خیز با تغییر و تحول در کاربری اراضی، متراکم شدن خاک، غیر قابل نفوذ شدن اراضی و از بین بردن پوشش‌های طبیعی مضاعف می‌شود [بورتون و پیت ۲۰۰۱]. بررسی عوامل زیستی که زمینه‌ساز این حوادث هستند، نشان می‌دهد دخالت انسان در چرخه‌ی طبیعی آب از طریق تخریب پوشش‌های طبیعی در عرصه‌های آب‌خیز، استفاده‌ی غیر اصولی از اراضی، توسعه‌ی سطوح غیرقابل نفوذ و امثال آن، احتمال سیل‌خیزی را افزایش می‌دهد. در نتیجه، پهنه‌ی جریان سیلاب‌ها گسترش یافته و زمین‌های بیش‌تری را در هنگام طغیان تحت تأثیر قرار می‌دهد [گیل ۲۰۰۴]، [برهیر و همکاران ۲۰۰۴]، [گومز و همکاران ۲۰۰۴] و [آکان ۲۰۰۲]. سطوحی که باعث سیل‌خیزی در حوضه‌های آب‌خیز می‌شود، عموماً اراضی با شیب بالا، خاک‌های سنگین با گروه‌های هیدرولوژیکی D و C و اراضی با پوشش گیاهی کم هستند. قابلیت نگره‌داری رطوبت و نفوذپذیری مربوط به پهنه و عرصه‌های گفته شده به مراتب پایین‌تر از اراضی طبیعی با میزان تاج پوشش بالا و دست‌نخورده است [آکان ۲۰۰۲] و [والکر و هاوکینز ۲۰۰۳]. [آهنی و همکاران ۱۳۸۷ الف].

روان‌آب حاصل از بارش، بخصوص در شرایط خشک و نیمه خشک مانند حوضه‌ی تنگ سرخ شیراز، یکی از عوامل تعیین، تشخیص و پهنه‌بندی عرصه‌های سیل‌خیزی است. با بررسی منابع مختلف [چاو و همکاران ۱۹۸۸]، مدل SCS برای تعیین روان‌آب در سطح کاربری‌های مختلف مدنظر قرار گرفت. بررسی‌ها



شکل ۱. موقعیت حوضه‌ی آب‌خیز تنگ سرخ در استان فارس و ایران



۱۶۴۰ و ۲۹۴۰ متر و اقلیم آن خیلی مرطوب تا مدیترانه‌ای با میزان تغییرات بارش بین ۴۱۰ تا ۱۰۷۰ میلی‌متر در نوسان است. برای تعیین تغییرات کاربری، از تصاویر ماهواره‌ای اسپسات (اچ - آر - جی ۵) ۲۰۰۵ (۱۳۸۴) و لندست (تی - ام ۴) ۱۹۸۸ (۱۳۶۷) در یک بازه‌ی زمانی ۱۸ ساله استفاده شد. با استفاده از نقاط کنترل زمینی و معادله‌ی آفاین (وولبرگ ۱۹۹۰) که یک تابع خطی است برای تصاویر لندست و اسپسات به ترتیب با ۱۷ و ۱۴ نقطه‌ی تصحیح مکانی انجام گرفت. برای تصحیح رادیومتری از الگوریتم مستطیل‌های معادل (متر ۲۰۰۵) استفاده شد. با استفاده از شاخص OIF^۷ (چاوز و همکاران ۱۹۸۲) بهترین ترکیب باندی برای مرحله‌ی تفسیر تصاویر تعیین شد. سپس نمونه‌های تعلیمی (کمپل ۲۰۰۲) تعیین شد. در انتخاب نمونه‌های تعلیمی سعی شد اغلب از مناطق همگن نمونه‌برداری شود تا ارزش‌های طیفی پیکسل‌های تصویر با نمونه‌های آموزشی مقایسه شود (کمپل ۲۰۰۲). به این ترتیب، امکان این که پیکسل‌ها در طبقات قابل تفکیک قرار داده شوند، به مقدار قابل توجهی افزایش پیدا کرد [آهنی و همکاران ۱۳۸۷ ب]. با توجه به اطلاعات موجود از منطقه و تهیه‌ی نمونه‌های تعلیمی به کمک سیستم موقعیت‌یاب جهانی^۸ و با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده به روش بیش‌ترین احتمال، نقشه‌ی کاربری حوضه برای سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۴ تهیه شد. با استفاده از ماتریس درهمی وارینانس - کوواریانس (استهمن ۲۰۰۴)، صحت لایه‌های تهیه شده محاسبه شد. در این ارتباط از دو روش صحت کلی (دلپین و اسمیت ۱۹۹۹) و ضریب کاپا (فودی ۱۹۹۲) استفاده شد. مدل رقومی ارتفاع با الگوریتم TPSs (هاچینسون و داتولینگ ۱۹۹۱) با اندازه‌ی سلول ۵ متری تهیه و با استفاده از گرادیان بارش حداکثر ۲۴ ساعته و الگوریتم یاد شده، نقشه‌ی

ترتیب در برآورد زمان تمرکز و زمان پیک استفاده شد. معادله‌ی ۱

$$R = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

در این رابطه، R ارتفاع روان‌آب، P ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته و S ارتفاع مربوط به نمایه‌ی نگاه‌داشت، نفوذ عمقی در خاک و ذخیره‌ی سطحی است که هر سه این پارامترها برحسب میلی‌متر هستند. معادله‌ی ۲

$$S = \frac{2540}{CN} - 25.4$$

معادله‌ی ۳

$$Q_p = \frac{0.0208 AR}{T_p}$$

که در این رابطه Qp دبی پیک؛ A مساحت حوضه‌ی (هکتار)؛ R مقدار روان‌آب (سانتی‌متر)؛ و Tp زمان رسیدن به دبی پیک (ساعت). معادله‌ی ۴

$$t_c = \frac{L^{1.15}}{3080H^{0.38}}$$

که در آن tc زمان تمرکز به ساعت؛ L طولانی‌ترین آبراهی واقع در حوضه بر حسب متر و H اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پایین‌ترین نقطه‌ی در حوضه. معادله‌ی ۵

$$T_p = 0.6 t_c + \sqrt{t_c}$$

که در آن Tp زمان رسیدن به دبی پیک (ساعت).

جدول ۱. پهنه‌بندی طبقات اراضی مستعد به سیل‌خیزی بر اساس مقادیر عمق روان‌آب

تصویر	خیلی کم (mm)	کم (mm)	متوسط (mm)	زیاد (mm)	خیلی زیاد (mm)
	کم‌تر از ۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۸۰	بیش‌تر از ۸۰

بحث و نتایج

ارزیابی تغییرات پوشش‌های طبیعی و کاربری‌های مختلف که از عوامل تأثیرگذار در تغییر و نوسان روان‌آب هستند، میزان تغییرات کاربری در دو مقطع زمانی تعیین و بر اساس آن نوسانات شماره‌ی منحنی‌های هر واحد در دو مقطع زمانی ۱۳۶۷ و ۱۳۸۴ ارزیابی شد. چگونگی تهیه و نتایج نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های بالا به تفصیل، بررسی و صحت آن‌ها مورد آزمون قرار گرفته است، آهنی و همکاران (۱۳۸۷ ب).

مقایسه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۴ نشان داد که تغییر و تبدیل کاربری در سطوح اغلب کاربری‌ها مشاهده می‌شود؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین کاهش سطوح در کاربری‌های مراتع و جنگل‌ها به ترتیب ۱۰/۱ و ۱/۶ درصد که معادل ۱۴۱۵ و ۲۲۲

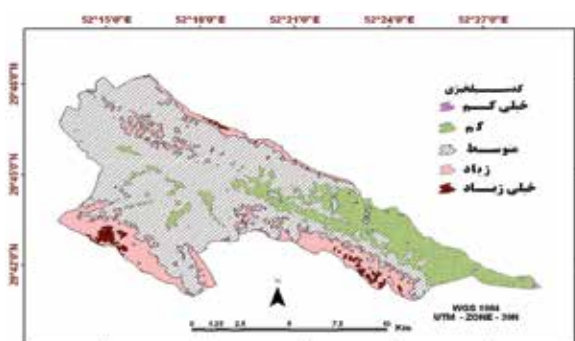
هم‌باران تهیه شد. نقشه‌ی گروه‌های هیدرولوژیکی خاک با استفاده از ۲۵ نقطه که از نظر خاک خصوصیات همگنی داشتند، از طریق استوانه‌ی مضاعف و طی عملیات صحرایی تهیه شد. از ترکیب نقشه‌ی گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و کاربری و تشکیل جدول ماتریس دو طرفه‌ی گروه هیدرولوژیکی و کاربری اراضی در محیط GIS، نقشه‌ی شماره‌ی منحنی تهیه شد. با استفاده از معادله‌های ۱ و ۲ نقشه‌ی مقادیر نمایه‌ی نگاه‌داشت و عمق روان‌آب حوضه برای سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۴ برآورد شد. بر اساس عمق روان‌آب حاصل از پهنه‌های مستعد سیل‌خیزی در ۵ کلاس، شامل خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد بر اساس جدول ۱ تعیین شد. برای برآورد میزان تغییرات دبی پیک ناشی از تبدیل و تغییر پوشش گیاهی از معادله‌ی ۳ استفاده شد. برای این منظور، از معادله‌های ۴ و ۵ به

5. High Resolution Geometry (HRG) SPOT
6. Landsat 4 Thematic Mapper (TM)
7. Optimum Index Factor(OIF)
8. Global Positioning Systems (GPS)

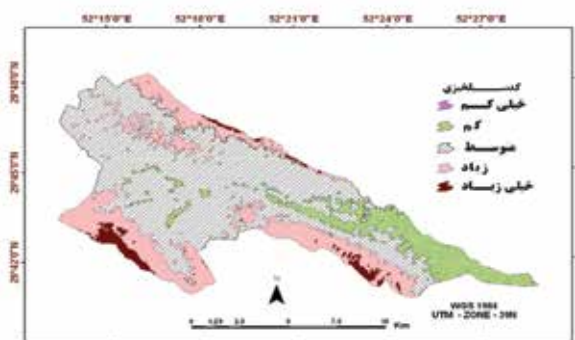


جدول ۲. تغییرات دبی پیک ناشی از تبدیل و تغییر کاربری

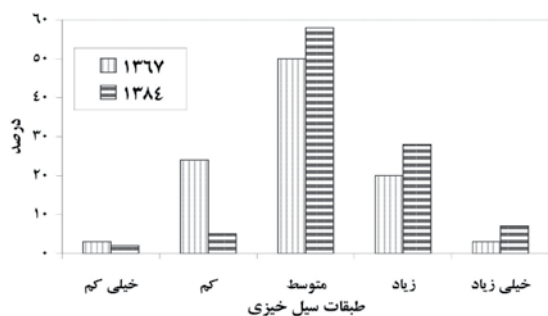
مناطق مسکونی هکتار	برونزدستنگی هکتار	مرتع هکتار	زراعت آبی هکتار	باغ هکتار	جنگل هکتار	دیمزار هکتار	بایر هکتار	سال
۲۵/۵	۱۹۲/۴	۱۸۱۲/۶	۵۱۸۲/۲	۱۵۳	۱۲۳/۶	۴۱۸۹/۵	۱۷۹۹/۹	۱۳۶۷
۲۵/۷	۲۱۳	۱۸۲۵	۳۷۶۶/۹	۱۱۳/۷	۱۳۹	۳۹۶۷/۷	۲۳۹۹	۱۳۸۴
۱۰/۲	۲۱	۱۲/۶	-۱۴۱۵	-۳۹	۱۵/۵	-۲۲۱/۸	۵۹۹/۵	میزان تغییرات
-	-۰/۱۵	-۰/۰۹	-۱۰/۱	-۰/۲۸	-۰/۱۱	-۱/۶	۴/۲۷	درصد تغییرات



شکل ۲. نقشه‌ی پتانسیل سیل‌خیزی سال ۱۳۶۷ حوضه‌ی آبخیز تنگ سرخ



شکل ۳. نقشه‌ی پتانسیل سیل‌خیزی سال ۱۳۸۴ حوضه‌ی آبخیز تنگ سرخ شیراز



شکل ۴. درصد تغییرات عرصه‌های سیل‌خیز از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۴ در حوضه آبخیز تنگ سرخ

شکل ۴. درصد تغییرات عرصه‌های سیل‌خیز از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۴ در حوضه آبخیز تنگ سرخ

هکتار هستند. هم‌چنین بیش‌ترین افزایش سطوح در کاربری‌های اراضی بایر و دیم‌زار به ترتیب ۷/۲ و ۴/۳ درصد که معادل با ۱۰۲۸ و ۶۰۰ هکتار بوده است (جدول ۲).

با توجه به بالا بودن شیب حوضه (شیب وزنی حوضه ۳۴ درصد) و حساسیت سازندهای زمین‌شناسی (کواترنری، گچساران، آغاچاری و بختیاری) و نیز سنگین بودن خاک که اغلب در گروه‌های هیدرولوژیکی C و D قرار گرفته، کوچک‌ترین تغییرات در درصد تاج پوشش گیاهی باعث افزایش عمق روان‌آب شده است. مقایسه‌ی شماره‌ی منحنی‌های به دست آمده از تصاویر سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۴، نشان داد که با تغییر کاربری، چگونگی کشیدگی نمودارها از حالت چوله به چپ به راست تبدیل شده و بیش‌ترین تغییر CN به ترتیب در تغییر کاربری از مرتع به دیم‌زار، جنگل به مرتع و دیم‌زار به اراضی بایر با مقادیر ۱۴، ۱۳ و ۱۱ بوده است.

نتیجه‌گیری

نتایج پهنه‌بندی سطوح سیل‌خیز از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۴ نشان می‌دهد (شکل‌های ۲ و ۳) که با تغییر کاربری و تخریب رویشگاه‌های طبیعی، روند سیل‌خیزی تشدید یافته؛ به طوری که از سطوح با پتانسیل سیل‌خیزی کم‌تر کاسته شده و به سطوح عرصه‌های سیل‌خیز افزوده شده که از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۴ به‌طور متوسط ۲۲ درصد به عرصه‌های سیل‌خیز با طبقات سیل‌خیزی متوسط به بالا اضافه شده است (شکل ۴). نتایج مشابه در مطالعات مختلف از جمله [گیل ۲۰۰۴]، [برهیر و همکاران ۲۰۰۴] و [آکان ۲۰۰۲] تأیید کننده‌ی نتایج به دست آمده هستند که تغییرات کاربری در حالتی که توأم با کاهش پوشش گیاهی و تخریب باشد، باعث تشدید سیل‌خیزی می‌شود. از آن‌جایی که کاهش پوشش گیاهی در اثر تبدیل و تغییر کاربری در طی ۱۸ سال روند افزایشی داشته، بر اساس نتایج جدول ۲ دبی پیک از ۲۵/۵ متر مکعب بر ساعت به ۳۵/۷ متر مکعب بر ساعت افزایش داشته است. از این نتایج چنین می‌توان نتیجه گرفت که با کاهش درصد پوشش گیاهی طبیعی، شدت سیل‌خیزی و عمق روان‌آب در حوضه‌ی تنگ سرخ شیراز افزایش یافته است. این نکته‌ی هشدار دهنده نه تنها در این حوضه، بلکه در سایر حوضه‌ها نیز نگران کننده است که با عدم توجه به تغییر کاربری و تخریب منابع اراضی و کاربری‌های مختلف احتمال سیل‌خیزی این حوضه‌ها افزایش و تهدیدی برای منابع پایین‌دست حوضه‌ها به‌ویژه در حوضه‌های آبخیز شهری است.



منابع

Gill, S. 2004. *Impacts of climate change on urban environments*. Centre For Urban and Regional Ecology, School of Planning and Landscape, University of Manchester. 72 P.

Gomez, F., Jabaloyes, J. and Vano. E. 2004. *Green zones in the future of urban planning*. *Journal of Urban Planning and Development*. 130: 94-100.

Hutchinson, M. F., and T. I. Dowling, 1991, *A continental hydrological assessment of a new grid base*

digital elevation model of Australia, Hydrological processes, 5, 45-58.

Lee, J. G. and Heaney, J. P. 2003. *Estimation of urban imperviousness and impacts on storm water systems*. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 129: 419-426.

Lefsky M. A. and Cohen, W.B., 2003, *Selection of remotely sensed data*. In M. A. Wulder and S.E. Franklin (Eds), *Remote Sensing of Forest Environments: Concepts and case studies*, pp. 13-46, Boston: Kluwer Academic Publishers.

Mather, P. M. 2005. *Computer processing of remotely-sensed images*, 3rd Ed, John Wiley & Sons, Ltd. pp319.

Mishra, S.-K., Singh, V.-P. and Sansalone, J., 2003. *A modified SCS-CN method: characterization and testing*, *Water Resources Management*, 17(1): 37-68.

Stehman, S.V., 2004, *A critical evaluation of the normalized error matrix in map accuracy assessment*.

Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 70, 743-751.

Ustine. S. L., 2004. *Remote Sensing for Natural Resource Management and Environmental Monitoring*. Third Edition, Vol. 4, 522p. John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey

Walker, S.-E. and Hawkins, R.-H., 2003. *Application of the SCS curve number method to mildly sloped watersheds*, online accessed Sep. 2006; URL:><http://www3.bae.ncsu.edu/Regional-Bulletins/Modelling-Bulletin/Paper 98-draft 1.html-76k><.

Wayne, C. Z., Solari K. and Young. B. A. 2000. *Drinking Water from Forests and Grasslands*, Chapter

6: *Urbanization*. United States Department of Agriculture, Forest Service. 250 P.

Wolberg. G., 1990. *Digital image warping*. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, pp 318.

- آهني حسين ، ناصر طالب بيدختي ، مهرزاد خرد ، مرضيه رستگار مقدم و اردوان قرباني (۱۳۸۷ الف). *ارزيابي تغييرات کاربري اراضي و تأثير آن در ميزان توليد روان آب حوضه ي آبخيز تنگ سرخ شيراز*. سومين كنفرانس مديريت منابع آب ايران ، دانشگاه تبريز ، ۸ ص.

- آهني حسين ، اردوان قرباني ، مرضيه رستگار مقدم ، سيدرشيد فلاح شمسي و مجيد باقرنژاد. (۱۳۸۷ ب). *ارزيابي تغييرات کاربري اراضي با استفاده از تصاوير ماهواره اي ، مطالعه ي موردی حوضه ي آبخيز تنگ سرخ شيراز ، دومين كنفرانس ملي روز جهاني محيط زيست ، دانشگاه تهران ، ۱۰ ص.*

- آكان ، ع. ۲۰۰۲. *هيدرولوژی رگبار در حوضه های شهری*. برگردان از سعید برومند نسب ؛ انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. چاپ اول. ۳۱۳ صفحه.

- ملكيان ، آر.ش. ، محسن محسنی ساروی ، محمد مهدوی. ۱۳۸۲. *بررسی کارایی و واسنجی روش شماره ی منحنی در برآورد عمق روان آب*، مجله ی منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ی ۴، ۱۳۸۲، صفحه ی ۶۲۱ تا ۶۳۳.

Berhier, E., H. Andrieu and J. D. Creutin. 2004. *The role of soil in the generation of urban runoff: development and evaluation of a 2D model*. *Journal of Hydrology*. 299:252-266.

Burton, A. and Pitt. B. 2001. *Storm water effects hand book, a tool box for watershed managers scientists, and engineers*. CRC Press LLC. 924 p.

Campbell, J.B. (2002) *Introduction to Remote Sensing*, 3 edn. The Guilford Press, New York.

Chavez, P. S., Berlin, G. L. and Sowers, L. B., 1982. *Statistical methods for selecting Landsat MSS ratio*. *Journal of Applied Photogrammetric Engineering*, 8, 1, 23-30.

Chow, V.T., Maidment, D.R., & Mays, L.W. (1998) *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, New York.

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.

Foody, G.M., 1992. *On the compensation for chance agreement in image classification accuracy assessment*. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58, 1459-1460.

Ghorbani, A., D. Bruce & F. Tiver. 2006b. *Stratification: a problem in rangeland monitoring*. In *Proceeding of the 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA)*, July 4-5, 2006, Salzburg, Austria

