

گزارش فنی

محدودیت توسعه کاربری سکونتگاهی ناشی از سیلاب و ضریب رواناب در چارچوب آمایش سرزمین، مطالعه موردی: حوزه آبخیز زیارت گرگان

علی عبدالله زاده^۱، مجید اونق^۲، امیر سعدالدین^۳ و رؤف مصطفی زاده^{۴*}

^۱ کارشناس ارشد، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ استاد، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ دانشیار، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و ^۴ استادیار، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۲

چکیده

بر اساس اهمیت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی ضریب رواناب، سیلاب و نیز تاثیر آن‌ها روی توسعه سکونتگاهی، هدف پژوهش حاضر اعمال تاثیر میزان ضریب رواناب آبخیز و پهنه‌های مختلف سیلاب‌دشت در دوره بازگشت‌های مختلف بر توسعه کاربری مسکونی در شرایط کاربری مسکونی فعلی و کاربری مسکونی بر مبنای مدل سیستمی آمایش سرزمین در حوزه زیارت استان گلستان است. نقشه کاربری مسکونی فعلی منطقه مورد مطالعه با استفاده از اطلاعات حاصل از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده TM و بازدیدهای میدانی تهیه شد و سپس برای ارزیابی توان توسعه سکونتگاهی از مدل سیستمی آمایش سرزمین استفاده شد. همچنین، اطلاعات لازم برای تعیین ضریب رواناب شامل نقشه کاربری اراضی، شیب و بافت خاک تهیه و سپس مقادیر ضریب رواناب با استفاده از جدول سه ترکیبی تعیین شد. پهنه‌بندی خطر سیل در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRAS در محیط ArcMap انجام شد. نتایج نشان داد، ۳/۴ درصد از مساحت منطقه در وضعیت فعلی به کاربری سکونتگاهی اختصاص دارد، همچنین، بر اساس مدل سیستمی آمایش سرزمین، حدود نه درصد مساحت منطقه در طبقه مناسب یک و دو توسعه سکونتگاهی قرار دارد. با توجه به نقشه ضریب رواناب، متوسط ضریب رواناب بالقوه برابر ۰/۵۱ درصد است. با تلفیق نقشه ضریب رواناب با سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف (۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله) مشخص شد که در کاربری سکونتگاهی موجود، مناطق امن از خطر سیلاب به ترتیب برابر ۳۱۸/۴۷، ۳۱۷/۴۶، ۳۱۶/۴۴ و ۳۱۶/۴۴ هکتار می‌باشند. بنابراین، با افزایش دوره بازگشت، مساحت مناطق تحت تاثیر سیلاب در هر دو کاربری فعلی و نیز کاربری آمایشی افزایش یافته و این افزایش پهنه سیلاب در دوره بازگشت ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله نسبت به دوره بازگشت‌های پایین‌تر برابر ۳/۵ هکتار بوده است.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی سیلاب، جدول ترکیبی، ضریب رواناب بالقوه، مدل HEC-RAS، مناطق مسکونی

مقدمه

به‌عنوان یک تکنیک، زمینه تصمیم‌گیری در مدیریت فضا و کاربری زمین را از طریق تنظیم روابط انسان، سرزمین و فعالیت‌های انسانی فراهم می‌آورد

آمایش سرزمین یا برنامه‌ریزی کاربری زمین^۱

* مسئول مکاتبات: raoofofmostafazadeh@yahoo.com

^۱ Landuse planning

بارندگی است و امروزه اثر دخالت‌های انسانی در افزایش سیل‌خیزی بسیار چشمگیرتر است (Mostafazadeh و همکاران، ۲۰۱۰؛ Liu و De Smedt، ۲۰۰۵؛ Coeur و Lang، ۲۰۰۸؛ Du و همکاران، ۲۰۱۲؛ Yu و Chen، ۲۰۱۳).

رواناب مزاد بر نفوذ، در دامنه‌ها تشکیل شده و پس از تجمع از طریق شبکه زهکشی آبخیز به سمت رودخانه انتقال می‌یابد و می‌تواند به‌عنوان یکی از عوامل هیدرولوژیک در مطالعات و برنامه‌ریزی مرتبط با کاربری اراضی مورد استفاده قرار گیرد. ضریب رواناب نسبتی از بارش است که در سطح زمین به‌صورت جریان سطحی جاری می‌شود. ضریب رواناب بالقوه^۱ می‌تواند بر اساس جداول سه ترکیبی و ترکیب لایه‌های ارتفاع، بافت خاک و کاربری زمین به‌دست آید (Bahremand و همکاران، ۲۰۰۷).

یکی از راه‌های تعیین ضریب رواناب بالقوه استفاده از نقشه کاربری اراضی، خاک و شیب حوضه در تلفیق با جداول ترکیبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی^۲ می‌باشد (Chow و همکاران، ۱۹۸۸؛ Kirkby، ۱۹۷۸؛ Browne، ۱۹۹۰؛ Bull و همکاران، ۲۰۰۳؛ Bahremand، ۲۰۰۶ و Bahremand و Mahmoodi، ۲۰۱۲). سیل جریانی است که با ارتفاع یا تراز نسبتاً بالای رودخانه که بالاتر از حد معمول بوده و نتیجه آن غرقاب شدن اراضی پست و سیلاب‌دشت ناشی از بارش نسبتاً طولانی مدت و بارش‌های متوالی بیش از ظرفیت نفوذپذیری می‌باشد. این در حالی است که این حریم به‌وسیله انواع فعالیت‌های بشر تغییر کاربری داده شده که با بروز خسارت همراه می‌شود (DiBaldassarre و همکاران، ۲۰۱۳).

با تعیین تناسب کاربری‌های مختلف، طراحی و اجرای دقیق پروژه‌های کنترل سیلاب می‌تواند خسارات ناشی از سیلاب را تا حد زیادی کاهش داد (Mostafazadeh و همکاران، ۲۰۱۰؛ Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۵). پهنه‌های اطراف و نزدیک به رودخانه اصلی معمولاً خطرپذیر از سیل بوده و تاسیسات حساس، خارج از محدوده‌هایی با

(Karamian و همکاران، ۲۰۰۸ و Makhdoom، ۲۰۱۰). مقابله با تخریب محیط و بروز خطراتی مانند سیل و فرسایش نیازمند یک برنامه جامع است که در آن کاربری‌ها در یک چارچوب مشخص به‌صورت منطقی و متناسب با توان محیط انتخاب می‌شوند (Ownegh و Mirkarimi، ۲۰۰۳؛ Karamian و همکاران، ۲۰۰۸) توسعه کالبدی شهرها، نابودی اراضی کشاورزی و گسترش به سمت پهنه‌های آسیب‌پذیر را به دنبال دارد که باعث به هم خوردن تعادل و ایجاد ناپایداری اکولوژیک در شهرها می‌شود (Gharakhlou و همکاران، ۲۰۰۹).

ایجاد شهرهای جدید و توسعه سکونتگاه‌ها در هر مکان و دوره زمانی در پیامد استقرار خود مشکلاتی از قبیل تغییر کاربری اراضی کشاورزی مرغوب، افزایش رواناب و اثرات منفی را در محیط زیست ایجاد نموده‌اند (Kloor، ۱۹۹۹؛ Owraangi و همکاران، ۲۰۱۴). اصولاً ایجاد شهرها به‌منظور پاسخ‌گویی به نیازهایی همچون جذب مزاد جمعیتی، تامین مسکن و بسیاری از عوامل دیگر بوده و به خاستگاه آن‌ها در فرایند توسعه از دیدگاه برنامه‌ریزی و طرح‌ریزی محیطی کمتر توجه شده است (Tabibian، ۲۰۰۷؛ Chiari و همکاران، ۲۰۱۰)، بدین منظور شناخت مزیت‌ها و توان‌های محلی و منطقه‌ای از اصول بنیادین برنامه‌ریزی‌های توسعه و تصمیم‌گیری‌ها محسوب می‌شود (Pourtaheri، ۲۰۰۹). مدیریت جامع و پایدار اراضی شامل فعالیت‌هایی برای توقف یا کاهش اثرات تخریبی استفاده‌های نامطلوب پیشین می‌باشد که به‌عنوان رویکردی موثر برای حفاظت آب، خاک و منابع وابسته دارای اهمیت می‌باشد (Zaree و Bagheri-Neshani، ۲۰۱۰؛ Sadoddin و همکاران، ۲۰۱۰b).

توسعه سکونتگاهی در اراضی شیب‌دار، مناطق با ضریب رواناب بالا، حاشیه رودخانه‌ها و قسمت بالادست آبخیز، بدون شناخت و توجه به شرایط هیدرولوژیکی و دینامیکی رودخانه‌ها موجب افزایش رواناب و سیل و بروز خسارات مالی و جانی ناشی از آن می‌شود. یکی از دلایل بروز سیل‌خیزی در مناطق مسکونی، گسترش توسعه شهری و سطوح نفوذناپذیر و در نتیجه افزایش مقدار رواناب سطحی حاصل از وقایع

¹ Potential runoff coefficient

² Geographic Information System

تغییر پوشش زمین در اثر آتش‌سوزی جنگل افزایش یافته است. Noorazuan و همکاران (۲۰۰۳) تغییر کاربری و پوشش اراضی و تاثیر آن بر رژیم هیدرولوژیکی آبخیز رودخانه لانگت در مالزی را مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تغییر در شدت و حجم سیلاب‌ها ناشی از توسعه شهری و افزایش سطوح غیر قابل نفوذ بوده است.

Cabuk (۲۰۰۱) روشی را برای برنامه‌ریزی کاربری در برابر خطرات طبیعی در منطقه آداپازاری^۲ ترکیه پیشنهاد داد و با تلفیق نقشه‌های حساسیت اکولوژیکی، کاربری اراضی، جاده‌ها، سازه‌ها، قابلیت اراضی و مناطق حفاظتی، نقشه مناطق مناسب را تهیه نمود. Richert و همکاران (۲۰۱۱) با ارزیابی توان اکولوژیک و نظرات کارشناسی، روشی را برای تلفیق نتایج سناریوهای کاربری اراضی و کنترل سیلاب در آبخیز ساکسونی کشور آلمان ارائه دادند و بر کارایی آن در برنامه‌ریزی کاربری اراضی تاکید نمودند. Nicholson و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهش خود اثرات عملیات کاهش رواناب در یک آبخیز کوچک روستایی را مورد مطالعه قرار دادند و بر کنترل رواناب در جلوگیری از تشدید سیلاب تاکید نمودند. Chang و Hsieh (۲۰۱۳) اظهار نمودند که سازمان‌های مختلف و کشورها تاکید و تمایل بیشتری بر مدیریت ریسک و برنامه‌ریزی فضایی به‌جای استفاده از روش‌های سازه‌ای در کنترل سیلاب دارند.

در فرایند توسعه سکونتگاهی تغییر شکل عمده در محیط طبیعی به وجود می‌آید و توسعه غیر اصولی اثرات منفی زیادی بر اکوسیستم‌های آبی و خشکی و بر کیفیت منابع آب خواهند داشت (DiBaldassarre و همکاران، ۲۰۱۳). پیش‌بینی رفتار هیدرولوژیکی رودخانه جهت کاهش خسارات وارده به سکونتگاه‌ها، سازه‌ها، اراضی زراعی در اطراف رودخانه حائز اهمیت است. استراتژی برنامه‌ریزی کاربری اراضی، دانش و ابزار برای حل مشکل مداوم ظرفیت‌های زیست محیطی به ارتقا نیاز دارد (Schetke و همکاران، ۲۰۱۲). مکان‌یابی مناطق مستعد توسعه سکونتگاهی نیازمند شناخت محیط و توان‌های محیطی است.

خطرپذیری بالا مستقر می‌شوند (Amin و Payrond، ۲۰۰۸). اکثر خطرات محیطی، مولفه‌های طبیعی و انسانی را به صورت توأم دارا هستند. مثلا، خسارات سیل ممکن است بر اثر نوسانات اقلیمی (افزایش فراوانی طوفان)، یا فعالیت‌های انسان (تخریب و نابودی جنگل) اتفاق افتد (Moghimi و Gudarzinejad، ۲۰۰۳؛ Owrangi و همکاران، ۲۰۱۴). دشت‌های سیلابی را می‌توان به‌عنوان مناطقی که در دوره‌های معین به صورت سرریز جانبی عمل می‌کنند در نظر گرفت، همچنین با ارزش‌ترین اکوسیستم برای حمایت محیط زیست و تجارت می‌باشند (DiBaldassarre و همکاران، ۲۰۱۳).

در این راستا، Hosseini (۲۰۱۱)، در پژوهشی در حوضه زیارت‌گرگان با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS^۱ و HEC-GeoRAS پهنه‌های سیلاب را تعیین کرد و نتیجه گرفت که توسعه سکونتگاهی موجود در حریم رودخانه قرار گرفته و سیلاب با دوره بازگشت های ۵۰ ساله به بالا باعث خسارات جانی و مالی می‌شود. Bahremand و Mahmoodi (۲۰۱۲)، پتانسیل سیل‌خیزی مکانی حوضه لتیان را با در نظر گرفتن سه عامل اصلی تاثیرگذار بر ضریب رواناب حوضه شامل خاک، پوشش زمین، شیب مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که به‌دلیل شیب بالا، بیش از ۱۹ درصد از مساحت منطقه، ضریب رواناب بیش از ۶۰ درصد می‌باشد.

Rahimi و همکاران (۲۰۱۲)، برنامه آمایش را با هدف توسعه پایدار در آبخیز چهل‌چای استان گلستان تدوین نمودند و پس از تعیین کاربری‌های مختلف اراضی متناسب با شرایط اکولوژیک نتیجه گرفتند که تطابق پایین میان نقشه آمایش و کاربری فعلی وجود داشته است. بر اساس نتایج تحقیق Symeonakis و همکاران (۱۹۹۹) در حوضه‌هایی از اسپانیا و یونان احیای جنگل باعث کاهش سرعت رواناب و پتانسیل فرسایش به میزان بیش از ۵۰ درصد شده است، ولی در تعدادی از حوضه‌ها میزان رواناب به‌علت تغییر کاربری اراضی و رهاسازی زمین‌های کشاورزی یا

^۱ Hydrologic Engineering Center-River Analysis System

^۲ Adapazari

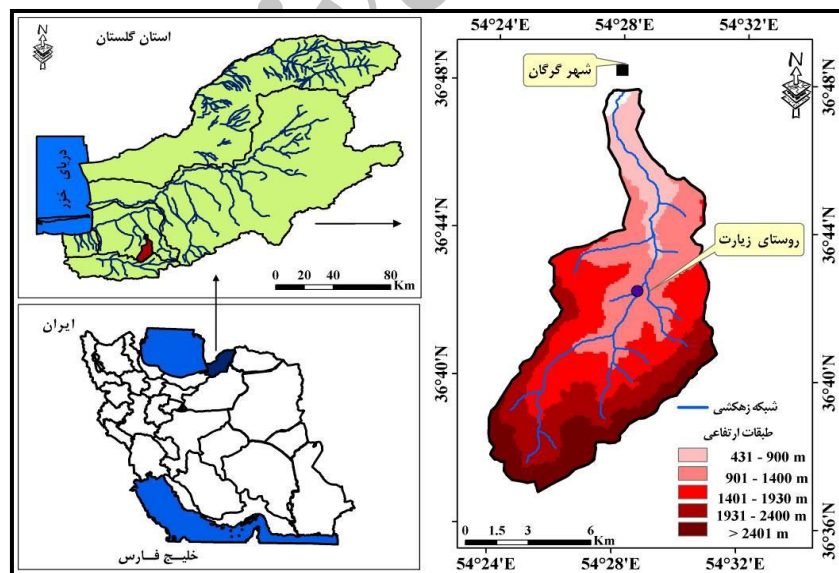
پژوهش حاضر، اثر سیلاب و رواناب سطحی به‌عنوان یک خطر طبیعی در محدودیت توسعه سکونتگاهی مدل سیستمی آمایش سرزمین لحاظ شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: حوزه آبخیز زیارت با مساحت ۱۰۲ کیلومتر مربع، یکی از زیرحوضه‌های رودخانه قره سو می‌باشد. این حوضه در جنوب غربی شهرستان گرگان و محدوده جغرافیایی $36^{\circ} 36'$ تا $36^{\circ} 46'$ عرض شمالی و $54^{\circ} 23'$ و $54^{\circ} 31'$ طول شرقی قرار گرفته است. میانگین بارش و دمای سالانه به‌ترتیب ۵۷۵ میلی‌متر و ۱۷ درجه سانتی‌گراد است. در این مطالعه پل سید مسعود به‌عنوان خروجی منطقه در نظر گرفته شده است. شیب متوسط حوضه ۲۳/۱۸ درصد و ارتفاع پایین‌ترین و بالاترین نقطه منطقه به‌ترتیب ۳۵۶ و ۲۹۵۰ متر می‌باشد. کاربری‌های اراضی منطقه به‌ترتیب مساحت شامل جنگل، مرتع، کشاورزی و مسکونی می‌باشد (Pajouhab Shargh Engineering Consulting Inc, ۲۰۰۹). در شکل ۱، موقعیت منطقه مورد پژوهش نشان داده شده است.

آبخیز زیارت در جنوب غربی شهرستان گرگان و در منطقه کوهستانی و مرتفع واقع شده است که به‌دلیل سازند شیلی‌ذغالی حساس به فرسایش و تغییرات شدید کاربری اراضی در وضعیت بحرانی قرار گرفته است و از طرف دیگر شرایط مساعد آب و هوایی و گردشگری آن باعث شده این حوضه به شدت مورد آسیب و تهاجم انسانی قرار گیرد (Sadoddin و همکاران، ۲۰۱۰a). رژیم هیدرولوژیکی آبخیز زیارت در کنار ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و پوشش زمین موجب شده است که رودخانه زیارت توان سیل‌خیزی بالایی داشته باشد، علی‌رغم حساسیت فوق‌العاده حوضه زیارت از نظر سیل‌خیزی در تمام مسیر رودخانه، فعالیت‌های انسان به شیوه‌های مختلف تغییر کاربری، ساخت و ساز غیر اصولی و توسعه سکونتگاهی در حریم رودخانه وجود دارد.

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تاثیر میزان ضریب رواناب آبخیز و پهنه‌های مختلف سیلاب‌دشت بر توسعه سکونتگاه در شرایط کاربری فعلی و کاربری حاصل از مدل سیستمی آمایش سرزمین ایران در حوضه زیارت استان گلستان می‌باشد، به‌عبارتی در



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد پژوهش در ایران و استان گلستان

مطالعه با استفاده از اطلاعات حاصل از تصاویر ماهواره‌ای TM ۲۰۱۰ تهیه شد و سپس با بازدیدهای میدانی، تیپ‌های کاربری اراضی تصحیح و در نهایت نقشه نهایی کاربری اراضی در فضای GIS رقومی شد.

تهیه نقشه کاربری سکونتگاهی موجود: کاربری زمین بر اساس تیپ، شدت و مدیریت آن اثرات متفاوتی بر طبیعت و زیست‌بوم منطقه دارد. در این مطالعه نقشه کاربری مسکونی فعلی منطقه مورد

و خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. بر اساس مدل اکولوژیکی مخدوم برای کاربری مسکونی، مراحل شناسایی منابع اکولوژیکی، تجزیه و تحلیل داده‌ها و ارزیابی توان اکولوژیکی انجام گرفت. نقشه هر یک از منابع مندرج در جدول ۱، در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه شد و مطابق طبقات استاندارد، طبقه‌بندی شدند. در ادامه برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مربوط به ارزیابی توان اکولوژیک از روش دو ترکیبی استفاده شد. در این روش لایه‌های اطلاعاتی به صورت دو به دو رویهم‌گذاری و تلفیق شده، سپس محدوده‌های مورد نظر از نقشه تلفیق شده جدا و با لایه دیگری تلفیق شدند و در نهایت طبقه‌های تناسب کاربری سکونتگاهی تهیه شدند. پارامترهای مدل سیستمی آمایش سرزمین در جدول ۱ آورده شده است.

منطقه مسکونی زیارت در بالادست شهرستان گرگان قرار دارد، ولی مناطق مسکونی غیر از روستا نیز در قسمت میانی خصوصاً در اطراف رودخانه زیارت مشرف به شهر گرگان قرار دارد.

مدل اکولوژیکی توسعه سکونتگاهی در مدل سیستمی آمایش سرزمین: از آنجا که نیازمندی‌های زیست محیطی برای توسعه مناطق شهری، خدماتی، بازرگانی و صنعتی تقریباً یکسان هستند، بر اساس مدل سیستمی آمایش سرزمین، تناسب کاربری‌ها برای توسعه شهری، روستایی و صنعتی یک‌جا ارائه می‌شود (Makhdoom, 2010). مدل توسعه شهری، روستایی و صنعتی در سه طبقه مناسب ۱، مناسب ۲ و نامناسب تقسیم‌بندی شده است. در تعیین توان اکولوژیک به‌منظور توسعه سکونتگاهی همه پارامترها هم‌وزن نبوده و پارامترهایی از قبیل کمیت آب، شیب

جدول ۱- ساختار و اجزای مدل سیستمی آمایش سرزمین برای کاربری سکونتگاهی (Makhdoom, 2010)

تراکم پوشش درختی (درصد)	کمیت آب (لیتر در روز به ازای هر نفر)	ساختمان خاک	وضعیت زهکشی	عمق خاک	بافت خاک	سنگ مادر	ارتفاع (متر)	شیب (درجه)
< ۳۰٪	۲۲۵ - ۳۰۰	نیمه تحول یافته تا تحول یافته با دانه بندی متوسط	خوب تا کامل	عمیق	لومی رسی	ماسه سنگ، بازالت، رسوبات آبرفتی	۴۰۰-۱۲۰۰	< ۶
۳۰ - ۶۰٪	۱۵۰ - ۲۲۵	نیمه تحول یافته	متوسط تا خوب	شنی عمیق، شنی لومی کم عمق، لومی کم عمق	سنگ آهک و سنگ رس، گرانیت، گسل، سنگ	۰-۴۰۰ ۱۲۰۰-۱۸۰۰	۶ - ۹	طبقه ۲
> ۶۰٪	۱۵۰ >	کم تحول یافته با دانه بندی ریز	ناقص	شنی کم عمق، رسی سنگین یا نیمه سنگین	سنگ، مادر ماری در لایه‌های زیرین	۱۸۰۰ <	> ۹	نامناسب

(Bahremand و همکاران، ۲۰۰۷؛ Yaghoubi و Bahremand, 2011). جدول مزبور مرتبط کننده و تلفیق کننده اطلاعات هر لایه و تبدیل آن به ضریب رواناب می‌باشد (Liu, 2004؛ Bahremand, 2006). مقدار ضریب رواناب بالقوه برای کل حوضه در یک شبکه سلولی با ابعاد ۳۰×۳۰ متر محاسبه شد و نقشه حاصله در چهار طبقه خیلی کم، کم، متوسط، زیاد طبقه‌بندی شد.

تهیه نقشه ضریب رواناب: پتانسیل ضریب رواناب سطحی حوضه از ترکیب نقشه‌های شیب، کاربری اراضی و تیپ خاک تهیه شد. بر این اساس در ابتدا نقشه‌های مذکور در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (نرم‌افزار ArcGIS 9.3) تهیه و طبقه‌بندی شد. با استفاده از جدول ۲ ضریب رواناب به لایه‌های اطلاعاتی اضافه شد، سپس سه نقشه مذکور با هم دیگر ترکیب و نقشه ضریب رواناب سطحی حاصل شد

جدول ۲- جدول محاسبات ضریب رواناب بالقوه بر اساس نوع کاربری اراضی، شیب و بافت خاک (منبع: دستورالعمل مدل هیدرولوژیکی توزیعی-مکانی WetSpa, Liu, ۲۰۰۴ و Bahremand, ۲۰۰۶)

کاربری اراضی	(رودخانه)	شیب	شیب	شیب	شیب	شیب	شیب	شیب	شیب	شیب	شیب	شیب
جنگل	< ۰/۵	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۱	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۳	۰/۳۷
	۰/۵-۵	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۳۷	۰/۴۱
	۵-۱۰	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۴	۰/۴۳	۰/۴۷
> ۱۰	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۶۲
مرتع	< ۰/۵	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۴	۰/۴۳	۰/۴۷
	۰/۵-۵	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۳۷	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۵۱
	۵-۱۰	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۴	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۵	۰/۵۳	۰/۵۷
> ۱۰	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۶۲	۰/۶۵	۰/۶۹	
زراعت	< ۰/۵	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۴	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۵	۰/۵۳	۰/۵۷
	۰/۵-۵	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۳۷	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۵۱	۰/۵۴	۰/۵۷	۰/۶۱
	۵-۱۰	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۴	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۵	۰/۵۳	۰/۵۷	۰/۶	۰/۶۳	۰/۶۷
> ۱۰	۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۶۲	۰/۶۵	۰/۶۹	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷۹	
زمین بایر	< ۰/۵	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۴	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۵	۰/۵۳	۰/۵۷	۰/۶	۰/۶۳	۰/۶۷
	۰/۵-۵	۰/۳۷	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۵۱	۰/۵۴	۰/۵۷	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۶۷	۰/۷۱
	۵-۱۰	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۵	۰/۵۳	۰/۵۷	۰/۶	۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۷	۰/۷۳	۰/۷۷
> ۱۰	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۶۲	۰/۶۵	۰/۶۹	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۸۹	

GeoRAS از نرم افزار ArcGIS تهیه شد و وارد نرم افزار HEC-RAS شد (USACE, ۲۰۰۲).

برای انجام تحلیل‌های هیدرولوژیکی و تعیین سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف، آمار دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه نهارخوران در سال‌های ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۰ و نرم افزار SMADA استفاده شد. مناسب‌ترین توزیع آماری به روش برازش منحنی بر داده‌های مشاهده‌ای و برآوردی و حداقل مقادیر مجموع مربع خطاها انتخاب شد و از آنجا که بهترین برازش مربوط به توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ بوده است، لذا این روش به‌عنوان بهترین توزیع آماری انتخاب و نتایج محاسبات دوره بازگشت، بر اساس آن استخراج شد.

با توجه به نقش ضریب زبری در محاسبه افت انرژی، تراز آب و سرعت جریان، تعیین آن بر اساس شرایط واقعی رودخانه، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. روش‌های مختلفی برای تعیین ضریب زبری مانینگ وجود دارد که در این پژوهش از بین این روش‌ها از روش Cowan برای تعیین ضریب زبری

پهنه‌بندی سیل: به‌منظور بررسی سیلاب‌دشت، نقشه توپوگرافی شاخه اصلی رودخانه قره‌سو که به‌وسیله شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان در مطالعات تعیین بستر و حریم رودخانه قره‌سو نقشه‌برداری شده بود، به‌عنوان نقشه‌های پایه برای بازه‌های رودخانه زیارت استفاده شد. در محیط ArcGIS نقشه TIN منطقه تهیه و با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRAS در محیط نرم‌افزار مذکور خط مرکزی جریان و سواحل اصلی^۱ و همچنین مسیر جریان^۲ ترسیم شدند. برای نمایش شکل کلی رودخانه، مقطع عرضی در فواصل مناسب از کناره چپ به سوی کناره راست بر روی TIN رسم شد که مراحل مدل‌سازی به‌ترتیب زیر بوده است. پلان رودخانه از طریق تعیین مختصات و ترسیم مقاطع عرضی رودخانه شامل (طول، عرض و ارتفاع هر نقطه در امتداد هر مقطع) با استفاده از HEC-

¹ River banks

² Flowpath

رواناب بالای ۷۵ درصد در عرصه‌های طبیعی برای توسعه سکونتگاهی نامناسب خواهند بود. البته در این خصوص می‌توان گفت که آستانه انتخابی تا حدی انتخابی بوده و می‌توان این مقدار بیشتر یا کمتر از مقدار مذکور باشد. سپس به مناطق مسکونی در کاربری سکونتگاهی فعلی و حاصل از نتایج مدل سیستمی ارزش یک و به مناطق غیرمسکونی ارزش صفر داده شد. به این ترتیب نقشه‌های قابلیت (کاربری موجود و توان مدل سیستمی) با نقشه‌های محدودیت (ضریب رواناب و سیلاب) با استفاده از الگوریتم حاصل ضرب با هم ترکیب شده و مناطقی که در نقشه های قابلیت مسکونی واقع شده‌اند و در پهنه پرخطر از نقشه محدودیت قرار گرفته‌اند، صفر شده و بنابراین از مساحت مناطق مسکونی در نقشه‌های جدید کم شده و به مساحت مناطق غیر مسکونی اضافه شد (شکل ۷ و ۸).

منظور از پهنه پرخطر، طبقات با خطر زیاد از نقشه محدودیت می‌باشد، که ارزش صفر به آن داده شده و در هنگام همپوشانی لایه‌ها، عملیات ضرب باعث صفر شدن ارزش پیکسل‌های نقشه‌های دیگر می‌شود (Abdollahzadeh و همکاران، ۲۰۱۳). در واقع توسعه سکونتگاهی در مناطق سیل‌گیر در کاربری سکونتگاهی موجود نشان از کاربری غیر اصولی در منطقه است، همچنین از ضعف‌های اصلی مدل سیستمی آمایش سرزمین ایران نیز لحاظ نکردن خطرات طبیعی تهاجمی است که در این پژوهش به آن توجه شده است. همچنین، در خصوص دلیل استفاده از مدل مذکور باید ذکر شود که جهت تعیین مناطق مسکونی از مدل اکولوژیکی سیستمی آمایش سرزمین (مدل مخدوم) استفاده شد، از آنجا که مدل مرسوم خطرات فعال طبیعی را مدنظر قرار نمی‌دهد، در این پژوهش نتایج حاصل از مدل سیستمی با نتایج حاصل از تلفیق پهنه‌های سیلاب و ضریب رواناب در تعیین مناطق مسکونی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است.

نتایج و بحث

کاربری اراضی سکونتگاهی وضعیت موجود و مدل سیستمی آمایش سرزمین ایران: تعداد ۸۵۴

رودخانه زیارت استفاده شده است (Cowan، ۱۹۵۶؛ McCuen، ۱۹۹۸)، چون در این روش، شرایط زبری و شکل سطوح بستر و رسوبات، وجود پوشش گیاهی و موانع، نامنظمی سطوح و مسیر آبراهه و سیلاب‌دشت در نظر گرفته می‌شود. در مرحله بازدید میدانی بر اساس جداول موجود، ضریب مانینگ اولیه تخمین زده شده و سپس با توجه به دیگر شرایط حاکم بر رودخانه در مقاطع مختلف، تاثیر دیگر عوامل همچون درجه ناهمواری، وجود موانع، پوشش گیاهی و شکل مسیر اعمال و ضرایب مانینگ مطابق رابطه (۱) محاسبه شد.

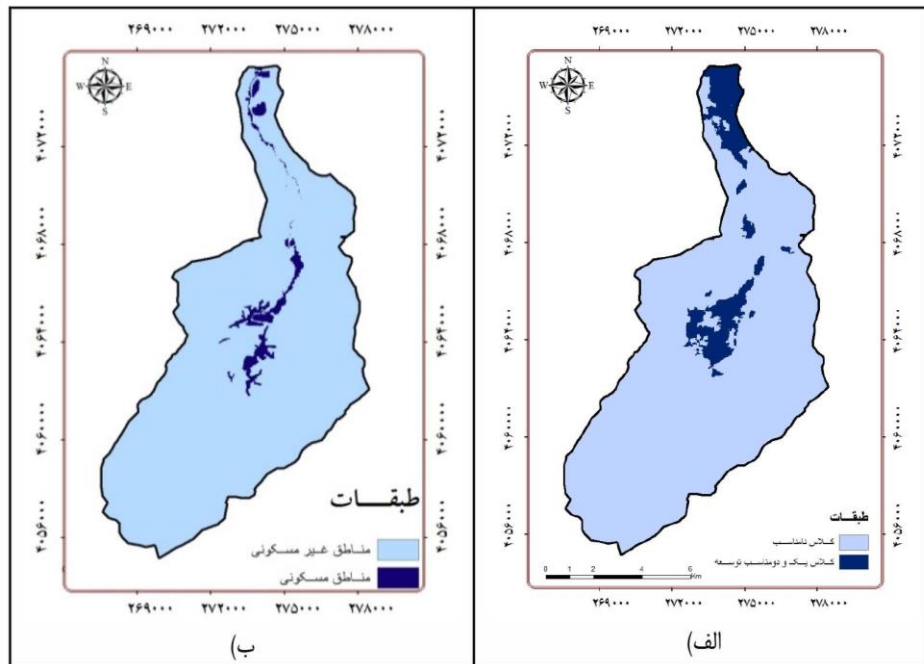
$$n = k(n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \quad (1)$$

که در آن، n ضریب زبری مانینگ، n_0 ضریب مواد تشکیل دهنده بستر رودخانه، n_1 ضریب ناشی از بی‌نظمی بستر، n_2 ضریب تغییرات سطح مقطع، n_3 ضریب موانع بستر، n_4 ضریب پوشش گیاهی و k انحنای رودخانه می‌باشد (McCuen، ۱۹۹۸؛ Mostafazadeh، ۲۰۰۹). جهت اجرای نرم‌افزار علاوه بر اطلاعات مربوط به مسیر رودخانه به اطلاعات دیگر از قبیل شرایط مرزی و دبی جریان رودخانه نیاز است. در مرحله سوم، نتایج مدل‌سازی انجام شده با نرم‌افزار HEC-RAS به وسیله فایل مربوطه مجدد به محیط ArcGIS وارد شده و در نهایت پهنه‌های سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف تهیه شد (USACE، ۲۰۰۲).

تاثیر ضریب رواناب و سیلاب روی توسعه سکونتگاهی: در این پژوهش جهت ارزیابی تاثیر ضریب رواناب و سیلاب در کاربری سکونتگاهی موجود و نتایج حاصل از مدل اکولوژیکی آمایش سرزمین ایران، ابتدا نقشه ضریب رواناب با نقشه‌های پهنه‌بندی سیل در دوره بازگشت‌های مختلف ترکیب شده و سپس نقشه‌های حاصله به حالت بولین (صفر و یک) تبدیل شد. یعنی به ضریب رواناب بیشتر از ۷۵ درصد و پهنه‌های سیلاب ارزش صفر و به بقیه مناطق ارزش یک داده شده است (شکل ۶)، و به این ترتیب نقشه بولین از ترکیب سیلاب و ضریب رواناب تهیه شده است. معمولاً مناطقی با ضریب رواناب بالای ۷۰ درصد در شیب‌های زیاد، کاربری کشاورزی و خاک نفوذناپذیر قرار دارند و بنابراین در تحقیق حاضر این فرض مدنظر قرار گرفته است که مناطقی با ضریب

برای مدل توسعه شهری، روستایی و صنعتی در شکل (۲-الف) و همچنین نقشه کاربری سکونتگاهی موجود در شکل (۲-ب) نشان داده شده است. همچنین در جدول ۳ توزیع طبقه‌های توان توسعه سکونتگاهی مدل سیستمی در منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

واحد زیست محیطی از تلفیق واحدهای نهایی شکل زمین، تیپ خاک و تراکم پوشش حاصل شد که نقشه حاصل از مدل سیستمی کاربری مسکونی ۳۴۷ هکتار از مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است که برابر ۳/۴ درصد مساحت منطقه است. نتایج ارزیابی



شکل ۲- الف) نقشه طبقه توان توسعه سکونتگاهی آبخیز زیارت گرگان بر اساس مدل سیستمی آمایش سرزمین ایران، ب) نقشه طبقه توسعه سکونتگاهی موجود آبخیز زیارت گرگان

جدول ۳- توزیع طبقه‌های توان توسعه سکونتگاهی آبخیز زیارت گرگان

ردیف	توان	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
۱	نامناسب	۹۳۲۲/۷۶	۹۱/۷۶
۲	مناسب ۲	۴۶۲/۹۵	۴/۵۲
۳	مناسب ۱	۴۵۲/۵۲	۴/۴۶
مجموع	-	۱۰۲۸۶	۱۰۰

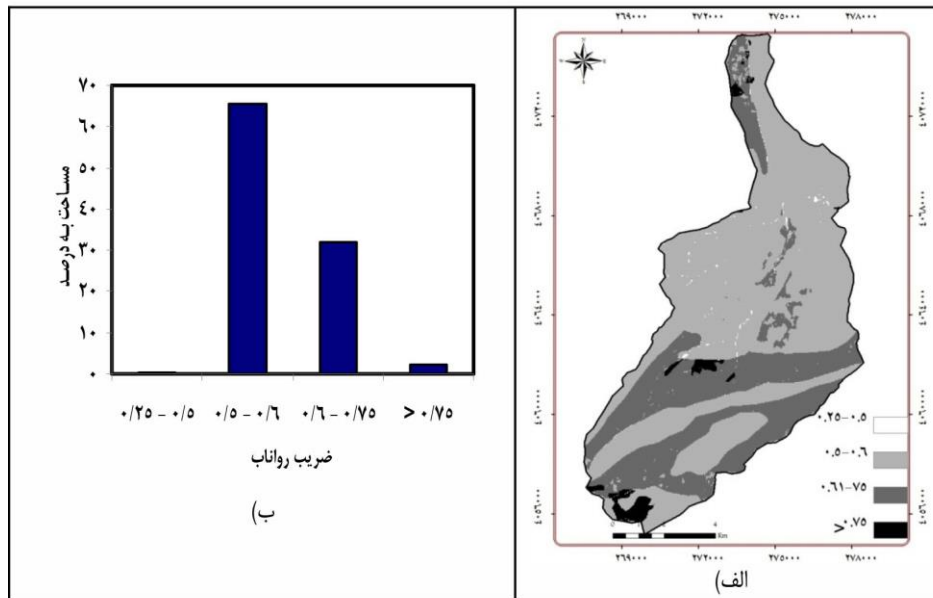
پهنه‌های سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف: نتایج تحلیل آماری دبی حداکثر لحظه‌ای سالانه در (جدول ۴) ارائه شده است، همچنین نتایج ضریب زبری با استفاده از روش کاون در (جدول ۵) ارائه شده است. همچنین یک مقطع عرضی رودخانه نیز در (شکل ۴) به‌عنوان نمونه آورده شده است. تلفیق نقشه ضریب رواناب و سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف با نقشه‌های کاربری

نقشه توزیع مکانی ضریب رواناب بالقوه: همان‌طور که در روش تحقیق ذکر شد، نتایج محاسبه ضریب رواناب بالقوه ترکیبی، در (شکل ۳-الف) ارائه شده است. همچنین، درصد توزیع مساحت بر اساس مقادیر ضریب رواناب در شکل (۳-ب) ارائه شده است. نتایج نشان داد که حدود سه درصد منطقه دارای ضریب رواناب بالقوه بیشتر از ۰/۷۵ درصد و متوسط ضریب رواناب پتانسیل در کل حوضه ۰/۵۱ درصد است.

مسکونی: ترکیب نقشه‌های ضریب رواناب و پهنه‌های خطر سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف در (شکل ۵) ارائه شده است.

همچنین، نتایج تلفیق نقشه‌های حاصله با کاربری سکونتگاهی موجود و کاربری سکونتگاهی مدل

سیستمی در (شکل‌های ۶ و ۷) ارائه شده است. نتایج تلفیق نقشه‌های ضریب رواناب-سیلاب و کاربری اراضی در دو حالت کاربری موجود و کاربری مدل سیستمی در (شکل‌های ۶ و ۷) و نیز (جدول ۶)، ارائه شده است.



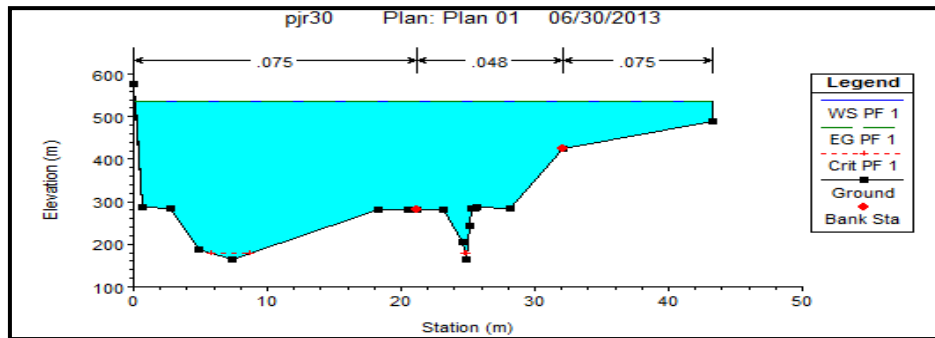
شکل ۳- الف) نقشه ضریب رواناب پتانسیل حوضه زیارت گرگان، ب) نمودار ستونی ضریب رواناب-درصد مساحت آبخیز زیارت گرگان

جدول ۴- مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای در دوره‌های بازگشت مختلف بر اساس توزیع آماری لوگ پیرسون تیپ ۳ در ایستگاه نهارخوران

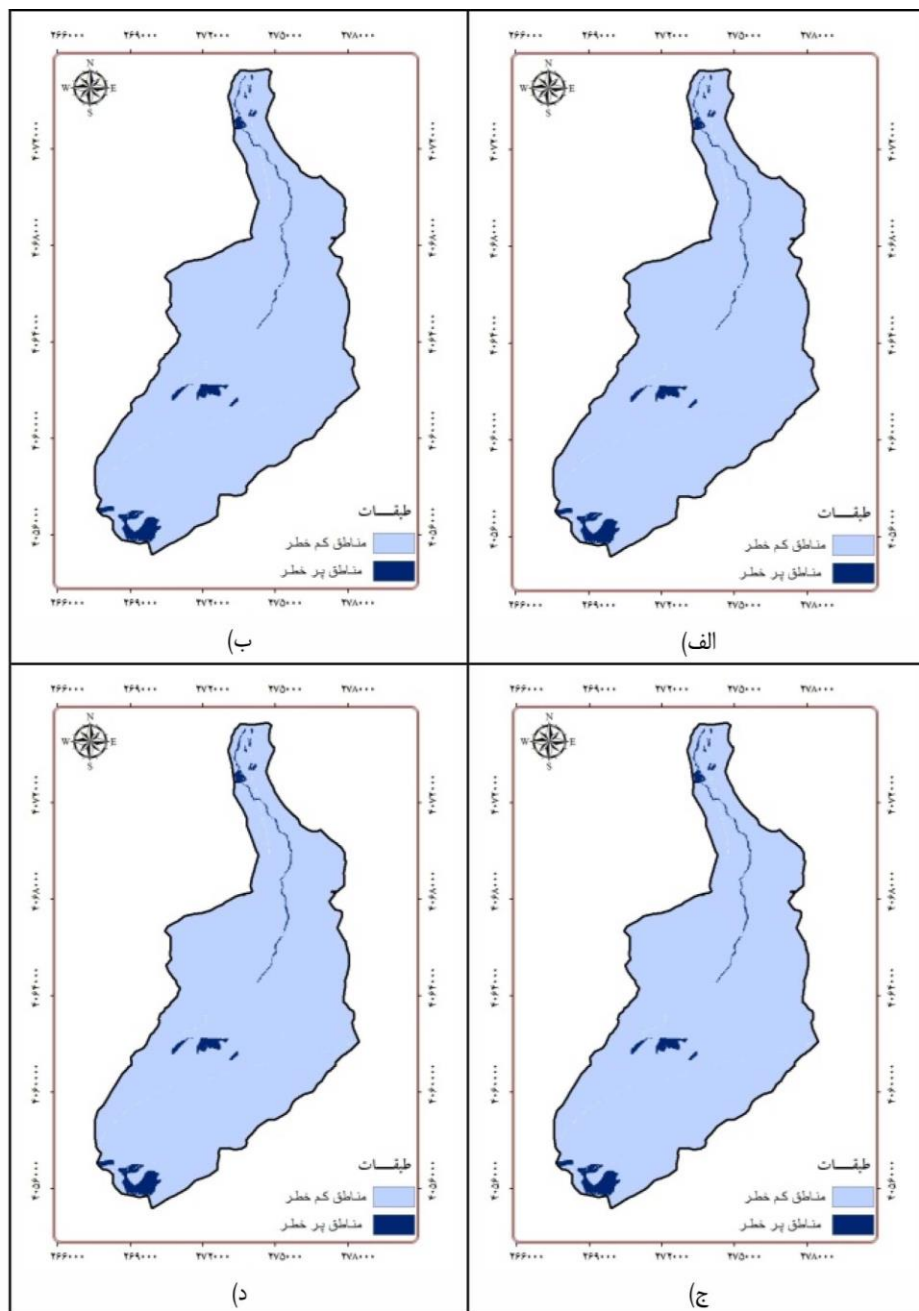
دوره بازگشت (سال)	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
دبی سیلاب مترمکعب بر ثانیه	۴	۹	۱۷	۳۵	۵۹	۹۸	۱۶۰

جدول ۵- برآورد ضریب مانینگ با استفاده از روش کاون در مقاطع مورد مطالعه آبخیز زیارت

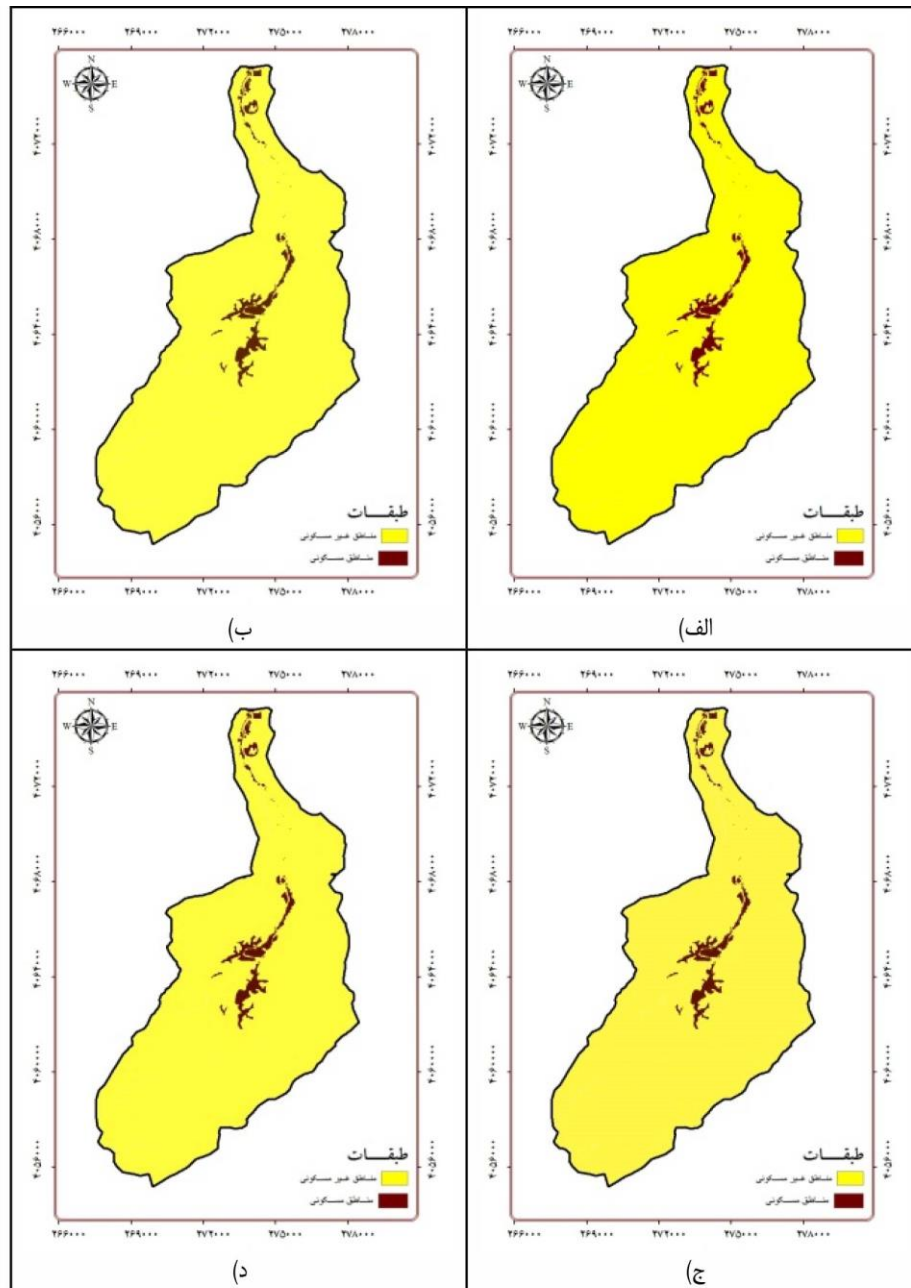
بازه رودخانه	محل	جنس بستر	بی‌نظمی سطح	تغییر سطح مقطع	موانع	پوشش گیاهی	درجه انحنای مسیر	ضریب مانینگ
بازو رودخانه زیارت تا فلکه نهارخوران	چپ	۰/۰۲۵	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱	۱	۰/۰۷۵
	بستر	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۱	۰/۰۴۷
	راست	۰/۰۲۵	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱	۱	۰/۰۷۵
فلکه نهارخوران تا پل سیدمسعود	چپ	۰/۰۲۵	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱	۱	۰/۰۶۵
	بستر	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۱	۰/۰۴۸
	راست	۰/۰۲۵	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱	۱	۰/۰۶۵
فلکه نهارخوران تا پل سیدمسعود	چپ	۰/۰۲۴	۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱	۱/۱۵	۰/۰۳۷۵
	بستر	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۱/۱۵	۰/۰۴۸۳
	راست	۰/۰۲۴	۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱	۱/۱۵	۰/۰۳۷۵



شکل ۴- مقطع عرضی بازه در بالادست روستای زیارت



شکل ۵- نقشه ضریب رواناب بالای ۷۵ درصد و پهنه‌های سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف، الف) ۲۵ساله، ب) ۵۰ساله، ج) ۱۰۰ساله، د) ۲۰۰ساله



شکل ۶- نقشه کاربری سکونتگاهی موجود تلفیق شده با نقشه ضریب رواناب بالای ۷۵ درصد و پهنه‌های سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف، الف) ۲۵ساله، ب) ۵۰ساله، ج) ۱۰۰ساله، د) ۲۰۰ساله

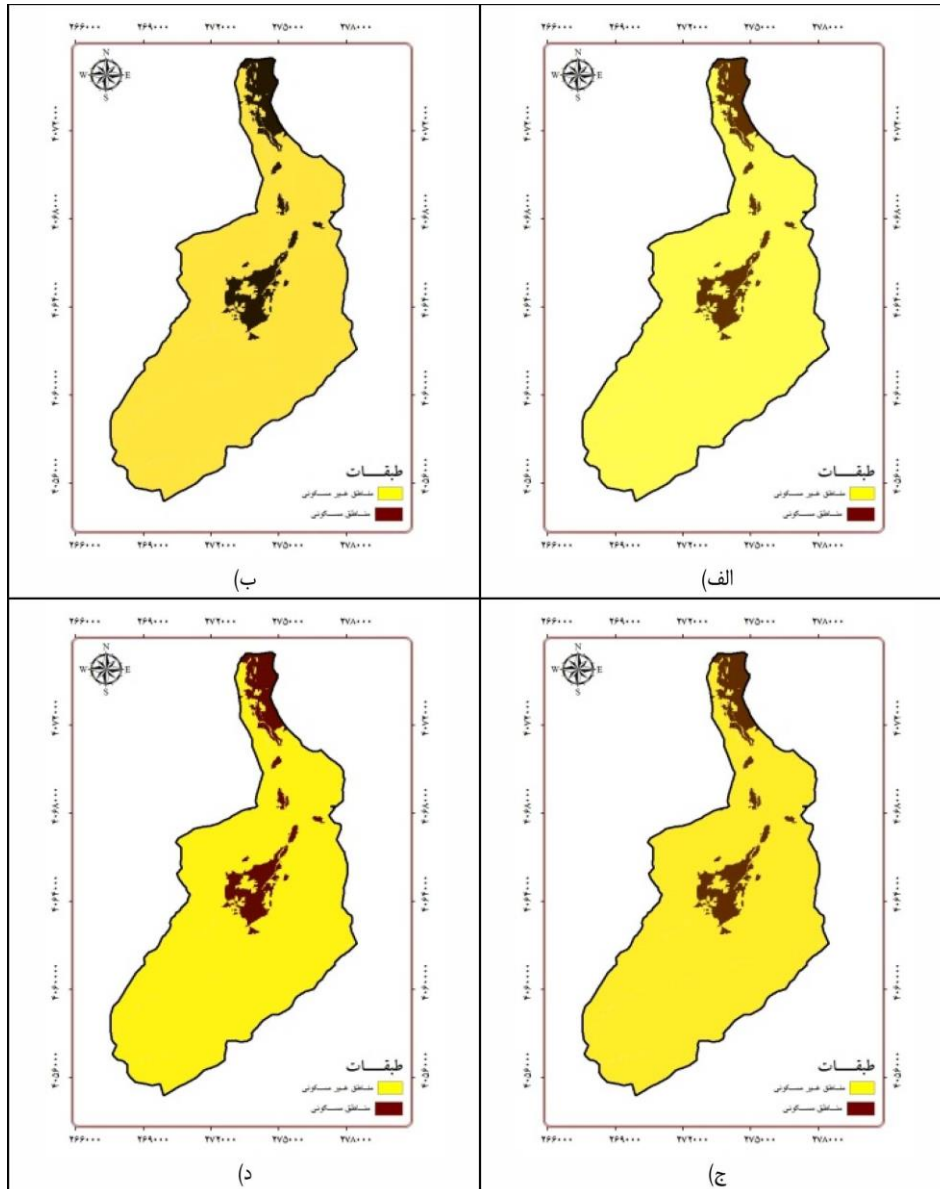
نتیجه‌گیری

یکی از مهمترین تاثیرات عوامل انسانی بر روی سیل تغییر کاربری اراضی و عدم تطابق آن با قابلیت‌های محیطی است. در این پژوهش نقشه پهنه‌های سیلابی و ضریب رواناب تهیه و تاثیر آن‌ها روی کاربری سکونتگاهی موجود و نتایج مدل سیستمی آمایش سرزمین ارزیابی شده است. مکان‌یابی مناطق مستعد توسعه سکونتگاهی نیازمند شناخت محیط و توان‌های محیطی است. با اجرای مدل سیستمی (مخدوم) در

منطقه مورد مطالعه، هر سه طبقه مناسب ۱، مناسب ۲ و نامناسب برای توسعه سکونتگاهی شناسایی شد، که در آبخیز مورد مطالعه، حدود نه درصد از مساحت منطقه به طبقه مناسب ۱ و ۲ اختصاص دارد. قابل ذکر است که در نقشه آمایشی تهیه شده، مساحت بیشتری از منطقه مورد مطالعه برای توسعه سکونتگاه در دو طبقه مناسب ۱ و ۲ تشخیص داده شده است. پهنه‌بندی ضریب رواناب در این مطالعه نشان داد که ضریب رواناب در بیش از ۳۴ درصد مساحت منطقه،

پتانسیل با با نتایج Bahremand و Mahmoodi (۲۰۱۲)، در خصوص کارایی و دقت روش در تعیین نقشه پتانسیل ضریب رواناب در یک راستا است.

دارای پتانسیل بالای تولید رواناب است که دلیل آن را می‌توان با وجود شیب زیاد در اکثر بخش‌های آبخیز مرتبط دانست. نتایج تهیه نقشه ضریب رواناب



شکل ۷- نقشه کاربری سکونتگاهی حاصل از تلفیق نتایج مدل سیستمی مخدوم با نقشه سیلاب-رواناب در دوره بازگشت‌های مختلف، (الف) ۲۵ساله، (ب) ۵۰ساله، (ج) ۱۰۰ساله، (د) ۲۰۰ساله

جدول ۶- مساحت و درصد مساحت مناطق مسکونی در کاربری سکونتگاهی موجود و مدل مخدوم با تاثیر دادن سیلاب-رواناب آبخیز زیارت استان گلستان

		دوره بازگشت (سال)			
		۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵
کاربری سکونتگاهی موجود	مساحت (هکتار)	۳۱۶/۴۴	۳۱۶/۴۴	۳۱۷/۴۶	۳۱۸/۴۷
	درصد مساحت	۳/۱۱	۳/۱۱	۳/۱۲	۳/۱۳
کاربری سکونتگاهی مدل سیستمی آمایش سرزمین	مساحت (هکتار)	۸۴۴/۵۲	۸۴۴/۵۲	۸۵۴/۶۹	۸۶۴/۸۷
	درصد مساحت	۸/۳	۸/۳	۸/۴	۸/۵

قرار نمی‌گیرند، بر حسب هکتار به ترتیب برابر ۳۱۸/۴۷، ۳۱۷/۴۶، ۳۱۶/۴۴ و ۳۱۶/۴۴ می‌باشند. در حالی که مساحت مناطق امن در نقشه توسعه بر اساس مدل سیستمی، بر حسب هکتار به ترتیب برابر ۸۶۴/۸۷، ۸۵۴/۶۹، ۸۴۴/۵۲ و ۸۴۴/۵۲ می‌باشند. می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش دوره بازگشت، مساحت مناطق تحت تاثیر سیلاب در هر دو کاربری فعلی و نیز کاربری آمایشی افزایش خواهد داشت.

قابل ذکر است که افزایش پهنه سیلاب در دوره بازگشت ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله نسبت به دوره بازگشت‌های پایین‌تر برابر ۳/۵ هکتار بوده است. ملاحظه می‌شود که با افزایش دوره بازگشت تغییر قابل توجهی در پهنه‌های سیل‌گیر ایجاد نمی‌شود که دلیل این امر را می‌توان با مقطع جریان رودخانه زیارت مرتبط دانست. به عبارتی رودخانه زیارت در یک بستر با کناره‌های پرشیب جریان دارد و نیز با افزایش دبی جریان، سرعت جریان سیلابی افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه پهنه‌های سیل‌گیر گسترش چندانی پیدا نمی‌کنند. بنابراین تمرکز و قرارگیری بخش عمده‌ای از مناطق مسکونی و تجاری در پهنه‌های زیر ۱۰۰ سال نشان از کاربری غیر اصولی اراضی در این پهنه‌ها دارد. بر اساس نتایج پژوهش حاضر می‌توان گفت که شناسایی مناطقی با ضریب رواناب بالا و نیز پهنه‌های سیل‌گیر و اعمال آن به‌عنوان یک محدودیت مهم از نوع خطرات طبیعی در برنامه آمایشی و تعیین مناطق مستعد سکونتگاه‌ها می‌تواند در برنامه‌های توسعه شهری و سکونتگاهی مورد توجه قرار گیرد.

بنابراین نقشه تولید رواناب حاصل می‌تواند مبنایی برای اهداف کنترل رواناب در مناطق بالادست باشد که نظرات Nicholson و همکاران (۲۰۱۲)، در خصوص تمرکز فعالیت‌ها در مناطق مستعد تولید رواناب به‌منظور جلوگیری از تشدید سیلاب در یک راستا است. در این پژوهش از نقشه ضریب رواناب به‌عنوان یک عامل محدود کننده در توسعه سکونتگاهی استفاده شد که اظهارات Cabuk (۲۰۰۱)، در خصوص در نظر گرفتن خطرات محیطی در برای برنامه‌ریزی کاربری اراضی را مورد تأیید قرار می‌دهد و همچنین با پیشنهاد Richert و همکاران (۲۰۱۱)، در خصوص تلفیق ارزیابی توان اکولوژیک برای سناریوهای کاربری اراضی و کنترل سیلاب همخوان است. بر اساس نتایج، پهنه سیلاب به ازای دوره بازگشت ۲۵ ساله در برخی نقاط در محدوده بستر اصلی رودخانه قرار دارد و در برخی نقاط از وارد دشت سیلابی رودخانه شده است. با افزایش دوره بازگشت، مساحت مناطق تحت تاثیر سیلاب در هر دو کاربری فعلی و نیز کاربری آمایشی افزایش خواهد داشت.

در نتیجه در توسعه کاربری سکونتگاهی موجود بهتر است، در کنار لحاظ نمودن توان اکولوژیکی منطقه، به خطرات طبیعی توجه شود و در این راستا می‌توان محدودیت‌های ناشی از سیلاب و ضریب رواناب را لحاظ نمود. بر اساس تلفیق نقشه‌های ضریب رواناب و سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف (۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله) با نقشه کاربری مسکونی موجود، مساحت اراضی که در معرض خطر سیلاب

منابع مورد استفاده

1. Abdollahzadeh, A., M. Ownegh and R. Mostafazadeh. 2013. Hazard and risk analysis of soil liquefaction (case study: Gorgan, Golestan Province). *Journal of Emergency Management*, 2(2): 25-32 (in Persian).
2. Bahreman, A. 2006. Simulation the effects of reforestation on floods using spatially distributed hydrologic modeling and GIS. PhD Thesis, Department of Hydrology and Engineering Vrije Universities Brussels, Belgium, 150 pages.
3. Bahreman, A. and E. Mahmoodi. 2012. Flood generation potential analysis based on runoff coefficient map in Lalyan Watershed. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 19: 29-36 (in Persian).
4. Bahreman, A., F. De Smedt, J. Corluy, Y.B. Liu, J. Poorova, L. Velcicka and E. Kunikova. 2007. WetSpa model application for assessing reforestation impacts on floods in Margecany-Hornad Watershed, Slovakia. *Water Resources Management*, 21: 1373-1391.
5. DiBaldassarre, G., A. Viglione, G. Carr, L. Kuil, J.L. Salinas and G. Bloschl. 2013. Socio-hydrology: conceptualising human-flood interactions. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17: 3295-3303.

6. Browne, F.X. 1990. Stormwater management, in standard handbook of environmental engineering. ed. by R.A. Corbitt. Chapter 7.1-7.135, McGraw-Hill, New York.
7. Bull, L.J., M.J. Kirkby, J. Shannon and H. Dunsford. 2003. Predicting hydrological response units (HRUs) in semi-arid environments. *Advances in Monitoring and Modelling*, 1: 1-26.
8. Cabuk, A. 2001. A proposal for a method to establish natural-hazard-based land-use planning: the Adapazari case study. *Turkish Journal of Earth Science*, (10): 143-152.
9. Chang, H.S. and H.Y. Hsieh. 2013. An exploratory study on land use planning of disaster prevention: a case study of Kaohsiung New Town. *Procedia Environmental Sciences*, 17: 382-391.
10. Chen, Y.R. and B. Yu. 2013. Impacts of climate and land-use changes on floods in an urban catchment in southeast Queensland, Australia. *Climate and Land Surface Changes in Hydrology Proceedings of H01, Assembly, Gothenburg, Sweden, July 2013 (IAHS Publ. 359, 2013) 23-29.*
11. Chiari, M., G. Angelmaier and J. Hubl. 2010. Urban torrents-the influence of settlements on runoff and flood propagation. In: Ristic, R., M. Medarevic and Z. Popovic. (Eds.): *Ecological Engineering in Protection of Soil and Water*, 178 pages. First Serbian Forestry Congress-Future with Forests, Belgrade, 11-13 Nov. 2010. 8 pages.
12. Chow, V.T., D.R. Maidment and L.W. Mays. 1988. *Applied hydrology*. McGraw-Hill, New York, USA. 572 pages.
13. Coeur, D. and M. Lang. 2008. Use of documentary sources on past flood events for flood risk management and land planning. *Comptes Rendus Geosciences*, 340: 644-650.
14. Cowan, W.L. 1956. Estimating hydraulic roughness coefficients. *Agricultural Engineering*, 37: 473-475.
15. Du, J., L. Qian, H. Rui, T. Zuo, D. Zheng, Y. Xu and C.Y. Xu. 2012. Assessing the effects of urbanization on annual runoff and flood events using an integrated hydrological modeling system for Qinhuai River basin, China. *Journal of Hydrology*, 464-465: 127-139.
16. Gharakhlou, M., H.R. Pourkhabbaz, M.J. Amiri and H.A. Faraji Sabokbar. 2009. Ecological capability evaluation of Qazvin Region for determining urban development potential points using geographic information system. *Urban-Regional Studies and Research (University Of Isfahan)*, 1(2): 51-68 (in Persian).
17. Hosseini, T. 2011. Effects of urban development on river flood zones (case study: Ziarat river, Gorgan). MSc Thesis in Watershed Mangement, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 140 pages (in Persian).
18. Karamian, R., K. Payamani and M. Ownegh. 2008. Preparation of strategic plan for the watershed of Koohdasht in Lorestan by using land use planning process. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 15(2): 33-44 (in Persian).
19. Kirkby, M.J. 1978. *Hillslope hydrology*. Science, 389 pages.
20. Kloor, K. 1999. A surprising tale of life in the city. *Science*, 286:663.
21. Liu, Y.B. 2004. Development and application of a GIS-based hydrological model for flood prediction and watershed management. PhD Thesis, Vrije Universiteit Brussel, Belgium, 315 pages.
22. Liu, Y.B. and F. De Smedt. 2005. Flood modeling for complex terrain using GIS and remote sensed information. *Water Resources Management*, 19(5): 605-624.
23. Makhdoom, M. 2010. *Fundamental of land. Use Planning*, Tehran University Press, 289 pages.
24. McCuen, R.H. 1998. *Hydrologic analysis and design*. Prentice Hall, PTR, 814 pages.
25. Moghimi, I. and Sh. Gudarzinejad. 2003. *Environmental Hazards*. Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Humanities (SAMT) Press, 288 pages (Translated in Persian).
26. Mostafazadeh, R. 2009. Simulating the hydrological effects of checkdams to evaluate structural management scenarios for flood control in Jafar-Abad watershed, Golestan Province-Iran. MSc Thesis in watershed Management, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, 108 pages (in Persian).
27. Mostafazadeh, R., A. Sadoddin. A.R. Bahremand, V.B. Sheikh and H. Nazarnajad. 2010. Assessing hydrologic effects of Jafar-Abad watershed management project in Golestan project using HEC-HMS model. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 2(2): 83-93 (in Persian).
28. Nicholson, A.R., M.E. Wilkinson, G.M. O'Donnell and P.F. Quinn. 2012. Runoff attenuation features: a sustainable flood mitigation strategy in the Belford catchment. *UK. Area*, 44(4): 463-469.
29. Noorazuan, M.H., R. Ruslan, J. Hafizan, M. Sharifuddin and J. Nazari. 2003. GIS application in evaluating land use and cover change and its impact on hydrological regime in Langat River basin. *Malaysia Map Asia Conference, Malaysia*, 14-15.
30. Ownegh, M. and S.H. Mirkarimi. 2003. A model for assessing land use compatibility in Golestan Province: introducing a new phase for the second stage of land use planning. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 10(3): 5-15 (in Persian).

31. Owрани, A.M., R. Lannigan and S.P. Simonovic. 2014. Interaction between land-use changes, flooding and human health in Metro Vancouver, Canada. *Natural Hazards*, DOI:10.1007/s11069-014-1064-0.
32. Pajouhab Shargh Engineering Consulting Inc. 2009. Study Report of the Ziarat watershed. Volume 1 (Fundamental studies), pp.14-25 (in Persian).
33. Payrond, V. and S. Amin. 2008. Flood Insurance, an important way for flood damages reduction and prevent the development of flood prone areas. *Forest and Range Journal*, 79-80: 54-85 (in Persian).
34. Pourtaheri, M. 2010. Application of multi-attribute decision making methods in geography. *The Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Humanities (SAMT) Press*, 244 pages (in Persian).
35. Rahimi, M., M. Ownegh, A.R. Salmanmahiny and A. Sadoddin. 2012. Land use planning for sustainable development of Chehl-Chai Watershed of Golestan Province. 3(6): 27-36 (in Persian).
36. Richert, E., S. Bianchin, H. Heilmeier, M. Merta and Ch. Seidler. 2011. A method for linking results from an evaluation of land use scenarios from the viewpoint of flood prevention and nature conservation. *Landscape and Urban Planning*, 103: 118-128.
37. Sadeghi, S.H.R., R. Mostafazadeh and A. Sadoddin. 2015. Response of sedimentgraphs and sediment rating loops to land use type and spatial pattern. *Watershed Engineering and Management*, 7(1): 15-26 (in Persian).
38. Sadoddin, A., A. Arefi and M. ZareKhoormizi. 2010a. Flood perception and its role in flood management of Ziarat eatershed, Gorgan. *The 5th National Conference on Watershed Management, Gorgan, Iran 22-23 April*, 3174-3182 (in Persian).
39. Sadoddin, A., V.B. Sheikh, R. Mostafazadeh and M.Gh. Halili. 2010b. Analysis of vegetation-based management scenarios using MCDM in the Ramian Watershed, Iran. *International Journal of Plant Production (IJPP)*, 4(1): 51-62.
40. Schetke, S., D. Haase and T. Kotter. 2012. Towards sustainable settlement growth: A new multi-criteria assessment for implementing environmental targets into strategic urban planning. *Environmental Impact Assessment Review*, 32(1): 195-210.
41. Symeonakis, E., S. Koukoulas, A. Calvo-Cases, E. Arnau-Rosalen and I. Makris. 2004. A landuse change and land degradation study in Spain and Greece using remote sensing and GIS. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 20th ISPRS Congress, Istanbul, 16-23 July.
42. Tabibian, M. 2007. Land use, the interaction of economics, ecology, and hydrology. *University of Tehran Press*, 284 pages (Translated in Persian).
43. Yaghoubi, F. and A.R. Bahremand. 2011. Streamflow Simulation using spatially distributed hydrologic model, WetSpa in Chehel-Chai Watershed in Golestan Province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 18(3): 185-205 (in Persian).
44. Zaree, A.A. and A. Bagheri-Neshani. 2010. Sustainable land management (source book). *Iranian Students Booking Agency Press*, 360 pages (Translated in Persian).

Constraints to residential land use development arising from flood and runoff coefficient in a land use planning framework, case study: Ziarat Watershed, Golestan Province

Ali Abdollahzadeh¹, Majid Ownegh², Amir Sadoddin³ and Raof Mostafazadeh^{*4}

¹ MSc, Faculty of Range land and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, ² Professor, Faculty of Range land and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, ³ Associate Professor, Faculty of Range land and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran and ⁴ Assistant Professor, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili

Received: 01 February 2015

Accepted: 26 September 2015

Abstract

Identification the source areas of surface runoff and flood prone zones and their impact on residential expansion are important. The aim of the present study is to consider the impact of potential runoff coefficient and flood inundation for different recurrence intervals in analyzing residential expansion for the current land use pattern as well as suitable land use allocation based on the systemic land use planning of Iran in the Ziarat watershed in Golestan Province. The pre-processed Landsat TM image 2010 was used to determine the land use map of the study area and then a suitability analysis is then carried out to establish the potential residential development area in the framework of Iranian systemic land use planning model. The raster layers of slope, soil type, and land use were prepared and the potential runoff coefficient values were determined using the attributes. Floodplain zonation maps were delineated by integrating HEC-RAS and ArcGIS in different return periods. The results indicate that the residential area covers 3.4% of the study area and 9% of the study area was assigned as 1 and 2 suitability classes, according to land use planning model. On the basis of the potential runoff coefficient map, the average runoff coefficient was 0.51%. Based on the combined flood zone maps and runoff coefficient, the flood prone areas will increase for 25, 50, 100, and 200 year floods for both current and determined residential land uses. The areas of flood-secure regions in current residential land use were 318.47, 317.46, 316.44, and 316.44 ha for different design floods respectively. Increasing the return period from 20-50 to 100-200 years lead to an increase of flood zone extent (3.5 ha).

Keywords: Combined table, Flood zonation, HEC-RAS model, Potential runoff coefficient, Residential areas

* Corresponding author: raoofmostafazadeh@yahoo.com