هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۲۰، سال ۵، پاییز ۱۳۹۸، صص ۲۰-۱
Hydrogeomorphology, Vol.5, No.20, Fall 2019, pp (1-20)

تأثیر تغییرکاربری اراضی و توسعه‌ی فیزیکی شهر بر تغییرات رواناب سیلاب شهری با استفاده از روش NRCS-CN (مطالعه موردی: شهر اسدآباد)

سحر فروتن[۱]، علیرضا ایلدرمی*[۲]، حمید نوری[۳] مهتاب صفری شاد[۴]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر
۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر
۳- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر
۴- دکتری، آبخیزداری دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ساری

وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۲۲ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۰۹

چکیده

تغییر کاربری اراضی یک چالش هیدرولوژیک در آبخیزداری شهری است که با تأثیر بر رواناب سطحی روش‌های مدیریت منابـع آب را تغییر مـی دهد. تکنیک‌های سنجش از دور و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند به بهبود و تسریع در مطالعات منابع طبیعی و مدیریت حوزه‌های شهری بیانجامد. در این تحقیق رابطه‌ی مقادیر گسترش شهری و رواناب حوزه با استفاده از مدل‌سازی هیدرولوژیک، سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور بررسی شد. ابتدا برای تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی شهرستان اسدآباد از داده‌های رقومی سنجنده‌های TM و ETM^+ ماهواره‌ی لندست‌های ۵ و ۷ ماه اردیبهشت در سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۲، ۲۰۱۴ استفاده شد. برای طبقه‌بنـدی نظارت شده از روش حداکـثر احتمال و برای برآورد رواناب سطحی، روش سرویس حفاظت منابع ملی (NRCS-CN) استفاده شد. سپس نقشه‌های کاربری اراضی، شماره منحنی و ارتفاع رواناب محاسبه و ترسیم شد. نتایج نشان داد که با افزایش مساحت کاربری شهری از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۴ به میزان ۴/۹۵ درصد و تغییرات رواناب سطحی تا ۱۵/۸ درصد افزایش داشته است. که حجمی معادل ۳۵۰ مترمکعب خواهد بود که این حجم رواناب در یک شهر کوچک قابل ملاحظه و بعضاً خطرناک است.

کلمات کلیدی: روابط بارش رواناب، مدل‌سازی هیدرولوژیک، رواناب سطحی

* (نویسنده‌ی مسئول) E-mail:Ildoromi@gmail.com

۱- مقدمه

مدیریت نزولات جوی و رواناب‌های سطحی ناشی از آن‌ها در آبخیزهای شهری از موضوعات مهم مدیریت آبخیز شهری است (جانسون[1] و همکاران، ۲۰۱۲: ۸۶). برای اعمال مدیریت منابع محیط زیست شهری شناخت تغییرات فیزیکی و مسائل ناشی از آن اجتناب ناپذیر می‌باشد (لگزیان و حجیپور[2]، ۲۰۱۱: ۱). افـزایش سطوح نفوذ ناپذیر ناشی از توسعه‌ی فیزیکی شهرها، موجب کاهش نفوذپذیری حوضه و در نتیجه افزایش حجم کل رواناب شهری شده است (امیراحمدی[3] و همکاران، ۲۰۱۱: ۹۲). از مسائل مهم توسعه شهری، تغییر وضعیت رواناب سطحی و بروز سیلاب و آب‌گرفتگی معابر شهری است (جانسون و همکاران، ۲۰۱۲: ۸۶). سنجش از دور و فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی از جمله تکنولوژی‌های کارآمد در بررسی تغییرات محیطی و مدیریت منابع است که به علت رقومی بودن، ارائه اطلاعات به‌هنگام و چندزمانه، استفاده از قسمت‌های مختلف طیف الکترومغناطیس برای ثبت خصوصیات پدیده‌ها، پوشش‌های تکراری، از ارزش زیادی در بررسی تغییرات اراضی و توسعه فیزیکی شهرها برخوردارند (سایت تخصصی جی.آی.اس[4]، ۲۰۱۴: ۱).

قیتو[5] (۱۹۹۱) در تحقیقی به مقایسه هیدروگراف‌های NRCS سانتاباربارا پرداخته است. است. نتایج نشان داد که بررسی و برآورد رواناب سطحی حوزه‌های بزرگ با NRCS از دقت بهتری برخوردار است.

وینگ[6] (۲۰۰۱، ۲۰۱۲) در مطالعه‌ی خود به مدلسازی اثرات توسعه‌ی شهری بر رواناب سطحی در ژجیانگ[7] چین، با ادغام تکنیک سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی

1- Janson et al.,
2- Legzian and Hajipour
3- AmirAhmadi et al.,
4- GIS Website
5- ghito
6- weng
7- Zhejiang

پرداخته و دریافت افزایش فضای شهری طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۷، رواناب سطحی را معادل ۸/۱ میلی‌متر در سال افزایش داده است.

دی یو[1] و همکاران (۲۰۱۲)، اثرات توسعه شهری در رواناب و سیلاب شهری در رودخانه‌ی کین هویای[2] چین را مطالعه کرده و بیان داشتند که با گسترش مناطق غیرقابل نفوذ در حوضه‌ی شهری سیلاب تولید شده از ۲/۳ درصد به ۱۳/۹ درصد افزایش یافته است.

ذوالفقاری و همکاران (۲۰۱۲) با مقایسه مدل‌های نفوذ مختلف به منظور تعیین بهترین معادله نفوذ در یک خاک کشاورزی نتیجه گرفتند که مدل NRCS، توانایی بسیار کمی در برآورد صحیح مقدار نفوذ دارد.

دمس[3] و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ی موردی خود در حوزه‌ی آبریز کلین نت[4] در بلژیک با استفاده از تکنیک سنجش از دور پرداخته‌اند که این مطالعه نشان می‌دهد با افزایش سطوح غیرقابل نفوذ رواناب افزایش یافته است.

ساتیش کومار[5] و همکاران (۲۰۱۳) مدلسازی توسعه‌ی شهری و تأثیر آن بر رواناب سطحی در شهر رورکی[6]هند را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که بین توسعه شهری و دبی اوج سیل و زمان تمرکز حوضه‌ی آبخیز، یک رابطه‌ی خطی وجود دارد.

میلر[7] و همکاران (۲۰۱۴) اثرات توسعه شهری بر رواناب در حوضه‌ی آبخیز شهری سویندون[8] انگلستان را بررسی کرده و دریافتند که سطوح غیرقابل نفوذ با توسعه شهری افزایش و مدت زمان وقوع سیل کاهش یافته است.

1- Du
2- Qinhuai
3- Dams
4- Kleine Nete
5- Sathish Kumar
6- Roorkee
7- Miller
8- Swindon

جوادی و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از ابزار ArcCN-Runoff به برآورد ارتفاع رواناب در حوضه‌ی آبخیز آزادرود پرداخته و بیان داشتند که ارتفاع متوسط رواناب محاسبه شده از این روش از دقت بالاتری برخوردار است.

ملکانی[1] و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای موردی، اثرات توسعه شهر تبریز بر سیلاب شهری را با استفاده از تکنیک سنجش از دور مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند با توسعه شهر تبریز، دبی پیک به مقدار۲۰۱ مترمکعب در ثانیه افزایش یافته است.

فاخر [2]و همکاران (۲۰۱۵) در ارزیابی عملکرد مدل‌های مختلف نفوذ تجمعی در کاربری‌ها با استفاده از شبیه‌ساز باران، به این نتیجه رسیدند که مدل‌های کوستیاکوف و NRCS عملکرد دقیق‌تری در برآورد مقادیر نفوذ تجمعی درکاربری‌های مختلف دارند.

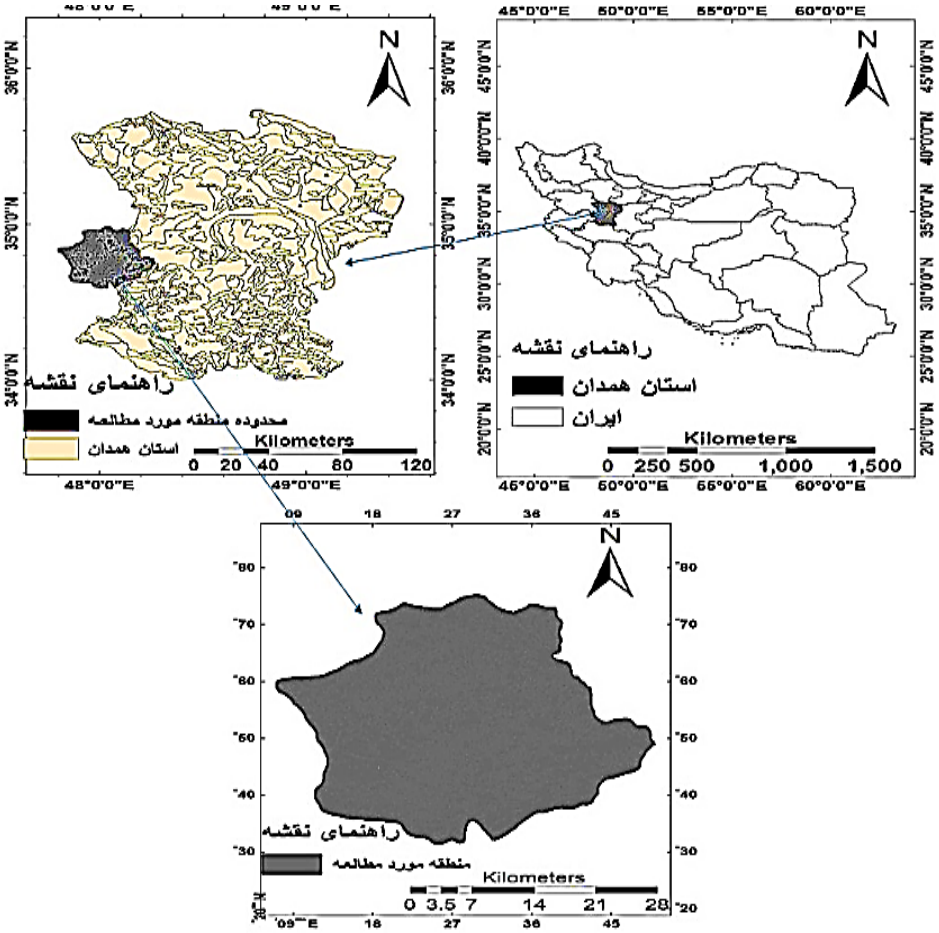
بررسی رواناب شهری تحت تأثیر توسعه‌ی فیزیکی شهر، با استفاده از یک ابزار کارآمد همچون سنجش از دور درکنار مدل‌های هیدرولوژیکی، بسیار حائز اهمیت است. شهرستان اسدآباد در استان همدان در سال‌های اخیر به دلیل توسعه‌ی فیزیکی قابل توجه ناشی از تغییرات کاربری اراضی شاهد بروز سیلاب های مخرب است. فقدان چنین مطالعه‌ای، آن هم در یک حوضه‌ی شهری کوچک جهت مدلسازی هیدرولوژیکی رواناب شهری به منظور برآورد سیلاب ضروری به نظر می‌رسد.

۲- مواد و روش

شهرستان اسدآباد با مساحت ۱۱۹۵ کیلومتر مربع در استان همدان و بین مدار ۳۴ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی و۴۷ درجه و ۹ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۶۰۷متر و میزان

1- Malekani et al.,
2- Fakher et al.,

بارندگی سالیانه آن بین ۳۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر در نوسان است. اقلیم منطقه جز مناطق استپی سرد و نیمه‌خشک سرد کوهستانی است (آکا ایران[1]، ۲۰۱۴: ۱) (شکل ۱).



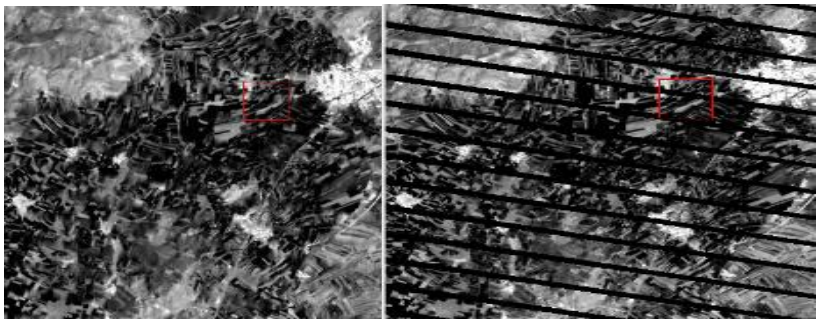
شکل (۱) نقشه‌ی موقعیت شهرستان مورد مطالعه در ایران و استان همدان

Fig (1) Location map of the studied city in Iran and Hamadan province

1- Aka Iran

استخراج نقشه‌ی تغییرات پوشش زمین

به منظور بررسی ارتباط توسعه‌ی فیزیکی شهر اسدآباد با رواناب و مدلسازی هیدرولوژیکی توزیع، از رویکرد یکپارچه سنجش از دور[1] و سیستم اطلاعات جغرافیایی[2] استفاده شد. پس از دریافت تصاویر ماهواره‌ای لندست چندزمانه بر روی آن‌ها افزایش کنتراست، تصحیح رادیومتریک و هندسی در محیط نرم‌افزار ENVI صورت گرفت. جهت تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی، ابتدا اقدام به اعمال تصحیحات مورد نیاز در مرحله پیش‌پردازش شد. به منظور حذف خطاهای اتمسفری برای تمامی تصاویر از روش نسبی (تفریق تیره‌ترین پیکسل[3]) استفاده و ارزش پیکسل‌های تیره در تصویر کاهش داده شد تا فرآیند طبقه‌بندی از صحت بالایی برخوردار باشد. همچنین خطای رادیومتریک تصویر سال ۲۰۱۴ با استفاده از افزونه Gap fill اصلاح شد (شکل ۲). در تصاویر خطاهای دستگاهی قبل از فروش برطرف می‌شود، لذا در این بررسی به اصلاح خطاهای دستگاهی نیاز نبوده، اما با وجود اینکه تصاویر زمین مرجع شده بود (UTM[4]/WGS[5]84) تصاویر با RMSe معادل ۰/۲۷ (سال ۱۹۹۲)، ۰/۵۲ (سال ۲۰۰۲) و ۰/۲۵ (سال ۲۰۱۴) پیکسل به روش Image to map تصحیح هندسی شدند.



شکل (۲) باند شماره‌ی ۳ تصویر سال ۲۰۱۴ قبل و بعد از اعمال تصحیح رادیومتریک
Fig (2) Band 3 image of 2014 before and after radiometric correction

1- Remote sensing
2- Geographic Information Systems
3- Dark subtract
4- Universal Transverse Mercator (UTM)
5- World Geodetic System (WGS)

سپس به کمک نمونه‌های تعلیمی، بر روی تصاویر ماهواره‌ای نمونه‌برداری به صورت نظارت‌شده صورت گرفت. برای انتخاب نمونه‌های تعلیمی از رنگ‌های حقیقی و کاذب، بازدید میدانی، سوال از کارشناسان و از نقشه‌ی توپوگرافی منطقه و تصاویر گوگل ارث، استفاده شد. تعداد پیکسل‌های انتخاب شده به‌عنوان نمونه‌های تعلیمی بر روی تصاویر ماهواره‌ای در هر یک از سال‌های مورد بررسی برحسب وسعت کاربری‌ها با پراکنش مناسب انتخاب شدند. به کمک نرم‌افزار ENVI عمل طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال انجام شد. در این تحقیق ماتریس خطا برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر استفاده گردید (جدول ۱).

جدول (۱) شاخص کاپا و دقت کلی در طبقه‌بندی کاربری اراضی

Table (1) Kappa index and overall accuracy in land use classification

تصویر و سال مورد مطالعه	شاخص کاپا	دقت کلی
۱۹۹۲ TM	0/82	0/86
۲۰۰۲ ETM^+	0/85	0/87
۲۰۱۴ ETM^+	0/85	0/88

ضریب کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده و مقادیر غیرقطری ماتریس خطا را مدنظر قرار می‌دهد (سینگ[1]، ۱۹۸۹: ۹۸۹). این ضریب، اشتباه به وجود آمده از یک طبقه‌بندی را در مقایسه با اشتباه ناشی از یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی کاهش می‌دهد (کانگلتون[2]، ۱۹۹۱: 35). میزان ضریب کاپا بین صفر و یک متغیراست. اگر k<۰/۴، ۰/۴<k<۰/۷۵ و k>۰/۷۵ باشد، طبقه‌بندی به ترتیب ضعیف، نسبتاً خوب و خیلی خوب خواهـد بود. البته بهترین طبقه‌بندی زمانی اتفاق می‌افتد که صحّت کلی و ضریب کاپا هر دو بالا باشند (فودی[3]، ۱۹۹۲: ۱۴۵۹). یکی از معروف‌ترین برآوردهای کاپا با استفاده از عناصر ماتریس خطا عبارت است از:

1- Singh
2- Congalton
3- Foody

$$K = \frac{N\sum_{K} X_{KK} - \sum_{K} X_{K_{\Sigma}} X_{\Sigma_{K}}}{N^{2} - \sum_{K} X_{K\Sigma} X_{\Sigma K}} \qquad (۱)$$

که X_{KK} قطرهای ماتریس خطا، $X_{K\Sigma}$ تعداد پیکسل‌های واقعیت زمینی، $X_{\Sigma K}$ جمع پیکسل‌های طبقه‌بندی شده و N تعداد کلاس‌های واقعیت زمینی می‌باشد. در نهایت نقشه‌های کاربری اراضی در سه مقطع زمانی ۱۹۹۲، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۴ استخراج و نقشه قلمرو شهری در محیط ArcGIS تهیه شد.

روش شماره منحنی سرویس حفاظت منابع ملی (NRCS-CN)

این روش از رایج‌ترین روش‌های برآورد و پیش‌بینی حجم سیل و ارتفاع رواناب می‌باشد (جوادی و همکاران،۲۰۱۱: ۵۶ و مهدوی، ۲۰۰۹: ۸۵). شماره‌ی منحنی (CN) از روی مشخصات خاک، نوع بهره‌وری از زمین و رطوبت قبلی خاک تعیین می‌شود (مهدوی، ۲۰۰۹ :۸۵). مدل NRCS اثر تغییر کاربری اراضی را بر پاسخ هیدرولوژیک در طی یک دوره‌ی زمانی بخوبی بررسی و عملکرد خوبی در برآورد دقیق‌تر مقادیر تجمعی و رواناب حوضه دارد (کاووسی و وفاخواه، ۲۰۱۳: ۴).

تهیه داده‌های ورودی در ArcCN-Runoff

در دهه‌های اخیر توسعه مدل‌های هیدرولوژیکی مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، در جهان مورد توجه محققان و دانشمندان قرار گرفته است. یکی از این ابزارها، ArcCN-Runoff می‌باشد که توسط (ژانگ [1] و همکاران، ۲۰۱۲: ۶۵)، جهت تعیین ارتفاع و حجم رواناب بر اساس روش SCS ارائه شده است. محاسبه‌ی شماره‌ی منحنی و رواناب برای هر پلی‌گون بصورت جداگانه از ویژگی‌های این ابزار است (جوادی [2] و همکاران،۲۰۱۱: ۵۹؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۵۶). از جمله کارایی این ابزار محاسبه CN برای هر پلی‌گون می‌باشد که تأثیر مستقیم در محاسبه‌ی ارتفاع رواناب دارد. با تغییر نوع کاربری از جمله

1- Zhang et al.,
2- Javadi et al.,

تغییر مساحت در هر پلی‌گون، مقادیر محاسبه شده CN تغییرات ارتفاع رواناب نیز متغیر خواهد بود. ورودی‌های این ابزار به شرح زیر است:

لایه‌ی Landsoil: این لایه با اجرای عملیات تلفیق دو لایه‌ی کاربری اراضی و لایه‌ی خاک (براساس استاندارد فائو) ایجاد می‌گردد.

جدول شاخص (Index): مقدار (CN) برای هر یک از گروه‌های هیدرولوژیکی خاک با توجه به نوع کاربری اراضی از منابع استخراج می‌شود (وینگ، ۲۰۱۲ :۳۹).

مـقدار بارش (P): مقدار بارش مورد نظر جهت ورود به ArcCN-Runoff بر حسب اینچ می‌باشد (جوادی و همکاران، ۲۰۱۱: ۵۹. ژانگ و همکاران، ۲۰۱۲: ۶۷).

در این تحقیق ابتدا میانگین بلند مدت ماهانه بر حسب اینچ، محاسبه و در ادامه لایه‌ی نقطه‌ای بارش در محیط ArcGIS، فراخوانی و رقومی و با استفاده از روش IDW[1] با توان دوم درونی‌یابی شد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۴ :۱۶۰). این لایه با ضریب تفکیک مکانی ۳۰ متر برای شهرستان اسدآباد تهیه شد. از آنجاییکه فقط یک عدد از بارش جهت ورود به ArcCN-Runoff لازم است. جهت پوشش لازم و موثر بارش در کل منطقه، مرکز ثقل بارش منطقه تعیین شد (جوادی و همکاران، ۲۰۱۱ :۳۰). برای انتخاب روش درون‌یابی مناسب نیاز به انتخاب بهترین تابع نیم تغییرنما برای برازش بر داده‌ها می‌باشد. اصولاً مناسب‌ترین روش درون‌یابی، با روش اعتبارسنجی تقاطعی[2] مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این روش با هر یک از نقاط اندازه گیری شده که معمولاً تنها ابزار مقایسه می‌باشد، عملیات میان‌یابی مجدد انجام می‌گیرد و تفاوت مقدار برآورد شده و مقدار واقعی به عنوان معیاری از خطا محاسبه می‌شود (صادقی‌راد[3]، ۲۰۱۵ :۷). نتایج روش‌های زمین آماری مورد استفاده با استفاده از دو معیار میانگین خطای مطلق[4] (MAE) و ریشه‌ی میانگین مربعات

1- Inverse Distance Weight
2- Cross Validation
3- Sadeghi Rad
4- Mean Absolute Error

خطا[1] (RMSE) در جدول (۲) ذکر شده است. از آنجایی‌که آماره MAE هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد و RMSE هر چه دارای مقدار کمتری باشد دقت روش میان یابی بالاتر است. همانطور که نتایج حاصل از جدول (۲) نشان می‌دهد، از بین دو روش درون‌یابی با توجه به شاخص‌های میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطای مطلق (MAE) روش IDW به دلیل داشتن دقت بیشتر و خطای کمتر نسبت به روش کریجینگ معمولی، به عنوان روش درون یابی انتخاب شد.

جدول (۲) مقایسه روش‌های درون یابی براساس معیارهای خطا سنجی

Table (2) Comparison of Interpolation Methods Based on Error Criteria

روش میان یابی	RMSE	MAE
معکوس فاصله وزنی	۵/۲۷۳	۴/۲۱
کریجینگ معمولی	۸/۰۱۲	۶/۱۱

سپس جهت برآورد رواناب منطقه مطالعاتی اقدام به محاسبه میانگین وزنی ارتفاع رواناب شد. با استفاده از رابطه‌ی زیر ارتفاع رواناب برای کل منطقه در سه مقطع زمانی ۱۹۹۲، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۴ محاسبه و بر حسب میلی‌متر بازیابی شد. سعی شد از نتایج ۱۹۹۲ و ۲۰۱۴ جهت بررسی تغییرات و از ۲۰۰۲ جهت صحت سنجی استفاده شود (جوادی و همکاران، ۲۰۱۱: ۶۰. وینگ، ۲۰۱۲: ۳۶ ؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۶۰).

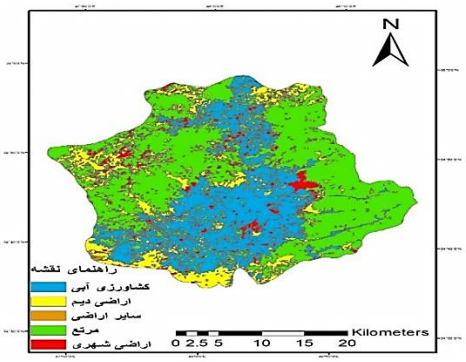
$$\bar{Q} = \frac{\sum Q_i A_i}{A} \qquad (۲)$$

۳- بحث و نتایج

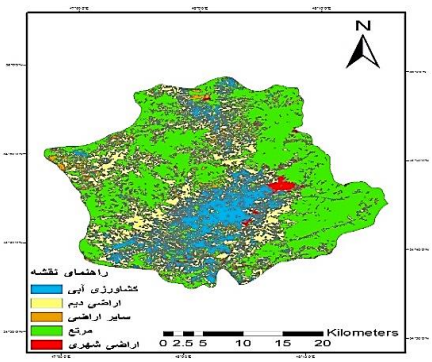
- بررسی کاربری اراضی

پس از استخراج کاربری اراضی در بازه‌های زمانی مورد مطالعه مساحت هر کاربری محاسبه شد (جدول ۴) (اشکال ۲ و ۳).

1- Root Mean Square Error



شکل (۳) نقشه‌ی کاربری اراضی ۱۹۹۲
Fig (3) Land use map 1992



شکل (۴) نقشه‌ی کاربری اراضی ۲۰۱۴
Fig (4) Land use map 2014

با توجه به جدول (۳)، اراضی شهری بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۴ به میزان ۴/۹۵٪ افزایش یافته است. با توجه به اشکال (۳ و۴) بیشترین افزایش این کاربری مربوط به توسعه‌ی صنایع در غرب شهرستان و در حاشیه جاده اسدآباد-کرمانشاه و ساخت و ساز ساختمان‌ها به سمت شمال و شمال‌شرقی شهر و توسعه‌ی راه‌سازی بیشتر مربوط به راه‌های ارتباطی روستاها، به سمت غرب و جنوب غربی شهرستان مـی‌باشد. اراضی‌کـشاورزی آبی بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۴ به میزان ۱۷/۵٪ افزایش داشته‌که به دلیل استفاده از منابع آب زیر زمینی در بخش دشت مرکزی اسدآباد و اصلاح الگوی کشت در بخش شمالی شهرستان بوده است. بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۴ اراضی کشاورزی دیم به میزان ۳۱/۶٪ کاهش داشته که در بخش مرکزی دشت اسدآباد به دلیل اصلاح الگوی کشت، روش‌های آبیاری و توسعه‌ی کشاورزی آبی و در سمت غرب و شمال غرب به دلیل بازده کم اراضی و تبدیل به مراتع فقیر بوده است. اراضی مرتعی بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۴ به میزان ۱۴/۵٪ افزایش یافته که دلیل آن کاهش نزولات جوی و وقوع خشکسالی، رهاسازی دیمزارها و تبدیل آن به مراتع فقیر بوده است. اما بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ اراضی مرتعی به میزان ۲/۵٪ کاهش یافته که به دلیل توسعه‌ی شهری و کشاورزی بوده است.

مساحت سایر کاربری‌ها شامل: سنگ، خاک، کوه، آب و ... بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۴ به میزان ۵,۴۵ ٪ کاهش یافته که دلیل آن تبدیل این اراضی به مرتع و دیمزارها بوده است.

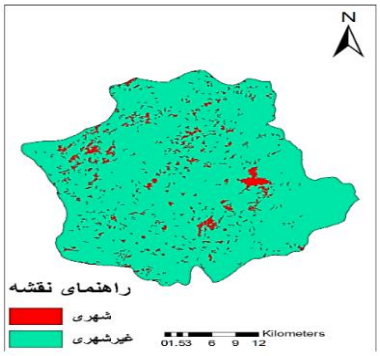
جدول (۳) مساحت کاربری اراضی شهرستان اسدآباد

Table (3) Land use area of Asadabad city

نام کاربری‌ها	مساحت ۱۹۹۲		مساحت ۲۰۰۲		مساحت ۲۰۱۴	
	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد
شهر	۱۲/۲۶	۱/۰۴۶	۲۹/۹۳	۲/۵۵	۷۰/۰۴	۵/۹۷
کشاورزی آبی	123/50	۱۰/۵۳	۱۷۵/۴۰	۱۴/۹۶	۳۲۸/۳	۲۵/۰۱
کشاورزی دیم	524/63	۴۴/۷۶	۲۸۳/۰۱	۲۴/۱۴	۱۵۶/۹۹	۱۳/۳۹
مرتع	۴۳۹/۳۴	۳۷/۴۸	۶۳۸/۸۱	۵۴/۵۰	۶۰۸/۳۱	۵۱/۹۰
سایرکاربری‌ها	۷۲/۲۳	۶/۱۶	۴۴/۸۲	۳/۸۲	۸/۳۳	۰/۷۱
مجموع	۱۱۷۱/۹۷۹۳۸۸					

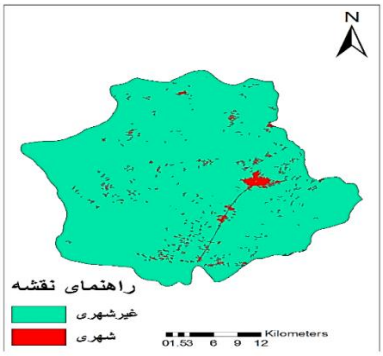
نقشه‌ی قلمرو شهری (کاربری شهری و غیرشهری)

در این بررسی ابتدا نقشه‌ی کاربری اراضی در سه مقطع زمانی ۱۹۹۲، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۴ در محیط ArcGIS تهیه و سپس نقشه کاربری شهری و غیرشهری، استخراج و مساحت و درصد تغییرات محاسبه شد (اشکال ۵ و ۶)، (جدول ۴).



شکل (۵) نقشه‌ی کاربری شهری ۱۹۹۲

Fig (5) Urban Map 1992



شکل (۶) نقشه‌ی کاربری شهری ۲۰۱۴

Fig (6) Urban Map 2014

جدول (۴) مساحت کاربری شهری و غیرشهری شهرستان اسدآباد

Table (4) Urban and non-urban land use area of Asadabad city

نام کاربری‌ها	مساحت ۱۹۹۲		مساحت ۲۰۰۲		مساحت ۲۰۱۴	
	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد
شهری	۱۲/۲۶	۱/۴۶	۲۹/۹۳	۲/۵۵	۷۰/۰۴	۵/۹۷
غیرشهری	۱۱۵۹/۷۲	۹۸/۹۶	۱۱۴۲/۰۴	۹۷/۴۵	۱۱۰۱/۹۳	۹۴/۰۲
مجموع	۱۱۷۱/۹۷۹۳۸۸					

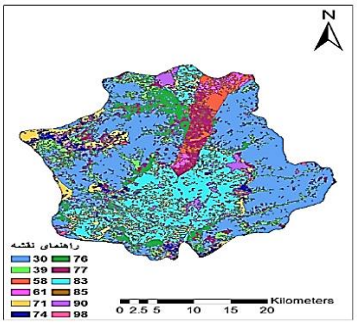
ارتفاع بارش و رواناب

با توجه به نقشه‌ی بافت خاک،گروه‌های هیدرولوژیک خاک تعیین و نقشه‌ی CN تهیه و ارتفاع بارش و رواناب محاسبه شد (جداول ۵ و۶) (اشکال ۷ و ۸).

جدول (۵) شاخص مربوط به شماره منحنی

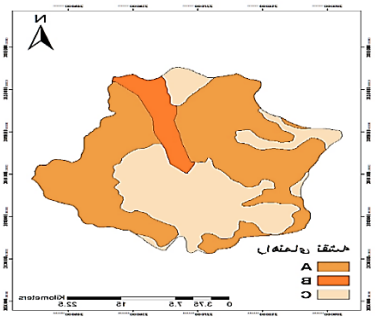
Table (5) Index for Curve Number

نوع کاربری	شماره منحنی			
	A	B	C	D
مسکونی	۷۷	۸۵	۹۰	۹۲
کشت آبی	۷۶	۷۷	۸۳	۸۷
کشت دیم	۳۹	۶۱	۷۴	۸۰
مرتع	۳۰	۵۸	۷۱	۷۸
سایر	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸



شکل (۷) گروه‌های هیدرولوژیک خاک منطقه

Fig (7) Soil hydrological groups of the area



شکل (۸) نقشه‌ی CN ۲۰۱۴ منطقه

Fig (8) CN map of the 2014 area

جدول (۶) شماره‌ی منحنی و ارتفاع رواناب با توجه به کاربری اراضی شهرستان اسدآباد

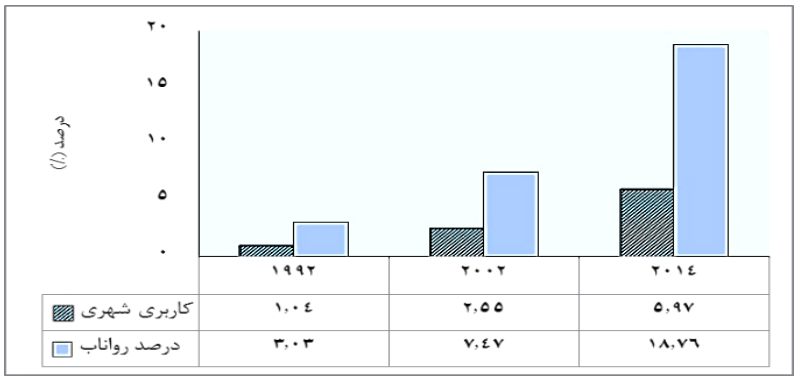
Table (6) Curve number and runoff height according to the land use of Asadabad city

نام کاربری	گروه هیدرولوژیک	شماره منحنی	ارتفاع بارش (میلی‌متر)			ارتفاع رواناب (میلی‌متر)		
			۱۹۹۲	۲۰۰۲	۲۰۱۴	۱۹۹۲	۲۰۰۲	۲۰۱۴
شهر	B	۸۵	۲۴/۴	۳۱/۵	۳۱	۴	۸	۷
	C	۹۰				۷	۱۲/۴۴	۱۲
	D	۹۲				۹	۱۵	۱۴
کشاورزی آبی	B	۷۷	۲۴/۴	۳۱/۵	۳۱	۱	۳	۳
	C	۸۳				۳	۶	۶
	D	۸۷				۵	۹	۹
کشاورزی دیم	B	۶۱	۲۴/۴	۳۱/۵	۳۱	۰	۰	۰
	C	۷۴				۰/۵	۲	۲
	D	۸۰				۲	۴/۳	۴
مرتع	B	۵۸	۲۴/۴	۳۱/۵	۳۱	۰	۰	۰
	C	۷۱				۰	۱	۱
	D	۷۸				۱/۲	۳/۳	۳
سایر کاربری‌ها	B	۹۸	۲۴/۴	۳۱/۵	۳۱	۱۹	۲۶	۲۵
	C	۹۸				۱۹	۲۶	۲۵
	D	۹۸				۱۹	۲۶	۲۵
ارتفاع رواناب کل (میلی‌متر)						۲	۴	۴

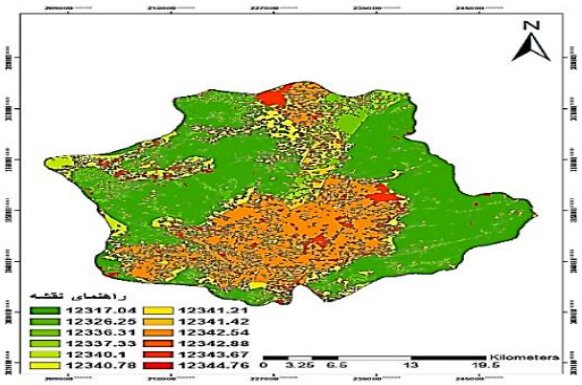
بررسی تأثیر توسعه‌ی شهری بر رواناب

با توجه به شکل‌های (۵ و ۶) و نتایج جدول (۴) مشخص شد که بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۴ اراضی شهری به میزان ۴/۹۵ ٪ (معادل ۵۷/۷ کیلومتر مربع) افزایش و در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ به میزان ۳/۴۲ ٪ (معادل ۴۰/۱۲۷ کیلومتر مربع) افزایش یافته که در این بازه‌ی نرخ افزایش ساخت و ساز بیشتر از بازه زمانی قبل بوده است. با توجه به بازدید میدانی در منطقه مشخص شد که توسعه‌ی شهری در این بازه‌ی زمانی در جهت شمال و شمال شرق با افزایش ساخت و سازها و در جهت غرب و جنوب غربی با توسعه‌ی

صنایع و راه‌سازی همراه بوده است. با توجه به جدول (۶) بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲ ارتفاع بارش افزایش یافته که علت آن را می‌توان در افزایش نزولات جوی دانست. بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ ارتفاع بارش به دلیل کاهش نزولات و وقوع خشکسالی کاهش یافته، با این حال رواناب حاصل از کاربری شهری در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ نسبت به بازه‌ی زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲ به میزان ۱۱/۲۹ درصد افزایش داشته است (اشکال ۹و ۱۰). که بیانگر نقش توسعه‌ی فیزیکی شهر علاوه بر بارش بر رواناب می‌باشد. بنابراین روند توسعه شهری تنها در کلان‌شهرها مطرح نیست، بلکه در شهر کوچکی همچون اسدآباد نیز دارای اهمیت است. چرا که بر روابط بارش رواناب تأثیر خواهد داشت. اگر ارتفاع رواناب که عدد کوچکی است در مساحت شهر در نظر گرفته شود، حجمی معادل ۳۵۰ مترمکعب خواهد بود که این حجم رواناب در یک شهر کوچک قابل ملاحظه و بعضاً خطرناک است.



شکل (۹) درصد رواناب و مساحت کاربری شهری، در سال های (۱۹۹۲، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۴)
Fig (9) Percentage of urban runoff and land use (1992, 2002 and 2014)



شکل (۱۰) نقشه رواناب ۲۰۱۴ منطقه مورد مطالعه

Fig (10) Runoff Map 2014 Study Area

۴- نتیجه گیری

از جمله چالش‌های اساسی هیدرولوژی، پیش‌بینی و تعیین مقدار رواناب سطحی حوزه‌ی آبخیز شهری است. افزایش جمعیت شهرها و توسعه‌ی فضای شهری، تغییر درپارامترهای هیدرولوژی به ویژه نفوذ ناپذیری را موجب شده است. در این مطالعه مقادیر رواناب حاصل از توسعه‌ی شهری تحت تأثیر تغییر کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک، توسط ابزار ArcCN-Runoff، با استفاده از سنجش از دور و تلفیق آن با سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۴ اراضی شهری افزایش اما در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴، نه تنها افزایش بلکه در این بازه‌ی نرخ افزایش ساخت و ساز بیشتر از بازه‌ی زمانی قبل بوده است که با بازدید میدانی مشخص شد، توسعه‌ی شهری در این بازه‌ی زمانی در جهت شمال و شمال شرق با افزایش ساخت و سازها و در جهت غرب و جنوب غربی با توسعه‌ی صنایع و راه‌سازی همراه بوده است. بررسی‌ها بیانگر این است که بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲ ارتفاع بارش افزایش یافته که علت آن را می‌توان در افزایش نزولات به صورت باران دانست. اما در بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ ارتفاع بارش به دلیل کاهش نزولات جوی و وقوع خشکسالی کاهش یافته است. با این حال رواناب حاصل از توسعه‌ی کاربری شهری در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ نسبت

به بازه‌ی زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲ به میزان ۱۱/۲۹ درصد افزایش داشته که بیانگر نقش توسعه‌ی فیزیکی شهر علاوه‌بر بارش بر رواناب می‌باشد که با تحقیقات (ملکانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۴)(وینگ[1]،۲۰۰۱: ۷۳۸؛ ۲۰۱۲: ۳۴)(میلر[2] و همکاران، ۲۰۱۴: ۵۹) و (ساتیش کومار[3] و همکاران ،۲۰۱۳: ۱۲۴) مشابه و قابل مقایسه با نتایج تحقیق حاضر است. بررسی نقشه‌های ارتفاع رواناب و تغییرات CN نشان می دهد که در سه بازه زمانی مورد مطالعه، توسعه‌ی فیزیکی و تغییرکاربری اراضی شهر اسدآباد موجب افزایش شماره‌ی منحنی و رواناب شده است که در مطالعه (دو[4] و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۲۷)، نیز به این موضوع اذعان شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اگر ارتفاع رواناب که عدد کوچکی است در مساحت شهر در نظر گرفته شود، حجمی معادل ۳۵۰ متر مکعب خواهد بود، که این حجم رواناب در یک شهر کوچک قابل ملاحظه و بعضاً خطرناک است. لذا پیشنهاد می‌شود از روش‌های دیگر برآورد رواناب و مدل هیدرولوژیکی جهت بررسی روابط بارش رواناب و مقایسه‌ی آن‌ها با نتایج دیگران، جهت بررسی بهتر تغییرات کاربری اراضی و توسعه‌ی شهری در سال‌های مختلف، از یک فرمت داده ماهواره‌ای آن هم در یک تاریخ اخذ شده و از داده‌های بارش با دور بازگشت بلندمدت استفاده شود تا بتوان مدیریت منابع آب و سیلاب شهری را به شکل بهینه و با آگاهی بهتر اعمال نمود.

1- weng
2- Miller
3- Sathish Kumar
4- Du

۵- منابع

-Reference

Aka Iran. (2014). All About Asadabad, Available at: www. irantoorism.akairan.com.

Amir Ahmadi, Abolghasem., Karamati, S., Ahmadi, T. (2011). Flood Risk Mapping in Neyshabur City Urban Development. *Journal of Urban Research and Planning*. 7: 91-110.

Congalton, R. (1991). A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. *Remote Sensing of Environment*. 37: 35-46.

Du, J., Qian, L., Rui, H., Zuo, T., Zheng, D., Xu, Y., & Xu, C.Y. (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.

Dams, J., Dujardin, J., Reggers, R., Bashir, I., Canters, F., Batelaan, O. (2013). Mapping impervious surface change from remote sensing for hydrological modeling. *Journal of Hydrology*. 485: 84-95.

Fakher Nikcheh, A., Vafakhah, M., and Sadeghi, S.H.R. (2014). Evaluation of different cumulative infiltration model performance in different land use and soil texture, using rainfall simulator. *J. Water Soil Know*. 3: 183-193.

Fakher, A., Vafakhah, M., Sadeghi, H. (2015). Evaluation of the Performance of Different Cumulative Influence Models in Different Soil Applications and Textures Using Rain Simulator. *Journal of Water and Soil Knowledge*. 24(1), 183-193.

Foody, G.M. (1992). On the Compensation of Chance agreement in image classification accuracy assessment. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 58(10), 1459- 14600.

GIS Special Website. (2014). Introduction to GIS, Available at: www.gistech.ir

Ghito, R.D. (1991). Runof hydrograph Computation Method, Apaper for stormwater, PhD Thesis.

Javadi, M., Mirdad Harijani, F., Chatrsimab, Z. (2011). Estimation of Runoff Height Using Curve Number Method in ArcGIS with Arc CN-Runoff Tool. *Journal of Remote Sensing and GIS in Planning*. 3: 55-62.

Johnson, T.D., & Belitz, K. (2012). A remote sensing approach for estimating the location and rate of urban irrigation in semi-arid climates. *Journal of Hydrology*, 414–415: 86-98.

Kavoosi, S.M., Vafakhah, M., and Mahdian, M.H. (2013). Evaluation of some equations of infiltration of water into soil in different land use, Kojoor catchments. *J. Irrig. Water Engin*. 4(13), 1-13.

Legzian, R., Hajipour, M. (2013). Urban Watershed Management, A New Approach to Runoff Management for Achieving Sustainable Urban Development, *First National Conference on Rainwater Surface Systems*. Khorasan Razavi: Mashhad.

Malekani, L., Khaleghi, S., Fazuni, S. (2013). Surveying Urban Surface Runoff in Response to Land Use Changes. *First National Conference on Dry Hydrology*, Kurdistan,1-15.

Mahdavi, M. (2009). Applied Hydrology, Volume II. Tehran: Tehran University Press, Issue 9, pp. 86-80.

Miller, J.D., Kim, H., Kjeldsen, T.R., Packman, J., Grebby, S., Dearden, R., (2014). Assessing the impact of urbanization on storm runoff in a peri-urban catchment using historical change in impervious cover. *Journal of Hydrology*. 515: 59-70.

Motavoli, S., Hosseinzadeh, M., Esmaili, R., Ghare-Chahi, S. (2012), The Relationship between Land Use Change and Urban Runoff, Volume (Case Study: Tehran Region 5), Second National Conference on Disaster Management Ab, Tehran: Crisis Management Organization.

Mohammadi, M., Khazaei Moghani, S. (2001). Application of Geographic Information System (GIS) for Estimation of Runoff Height Using Curve Number Method, National Geomatics Conference 89, Tehran: National Surveying Organization.

National Geosciences Database. (2015). *Remote Sensing Technology and Its Applications*, Available at: www.ngdir.ir.

Nikkhou, N. (2014). *Surveying Land Use Changes Using Remote Sensing (Case Study: Malayer City)*, MSc in Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment. *Department of Environment*. University of Malayer, Iran. 140 p.

Sadeghi Rad, R., Akhund, A., Radmenesh, F., Zarei, Heidar., Golabi, M. (2015). Evaluation of Spatial Intermediation Methods in Spatial Distribution of Annual Precipitation (Case Study: Maroon Basin), *Research Journal Applied Water Sciences*, 1: 1-12.

Sathish Kumar, D., Arya, D.S., & Vojinovic, Z. (2013). Modeling of urban growth dynamics and its impact on surface runoff characteristics. Computers. *Environment and Urban Systems*. 41: 124-135.

Singh, A., (1989). Digital change detection techniques remotely- sensed data: *Intl. J. Remote sens*. 10(6): 989-1003.

Weng, Q., (2012). Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: Requirements, methods, and trends. *Remote Sensing of Environment*, 11, 34-49.

Weng, Q. (2001). Modeling Urban Growth Effects on Surface Runoff with the Integration of Remote Sensing and GIS. Springer-Verlag New York Inc. *Environmental Management*. 28(6): 737–748.

Zhang, B., Xie, G., Zhang, C., Zhang, J. (2012). The economic benefits of rainwater-runoff reduction by urban green spaces: A case study in Beijing. China. *Journal of Environmental Management*. 100: 65-71.

Zhang, Y., Zhang, H., & Lin, H. (2014). Improving the impervious surface estimation with combined use of optical and SAR remote sensing images. *Remote Sensing of Environment*. 141:155-167.

Zolfaghari AA, Mirzaee S and Gorji M. (2012). Comparison of different models for estimating cumulative infiltration. *Journal of Soil Science*. 7: 108-115.