

دوین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

The 2nd National Conference on
Geospatial Information Technology (NCGIT)

K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering

18 January 2017



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی نقشه برداری

۱۳۹۵ دی ماه ۲۹

تأثیر توسعه فیزیکی شهر بر تغییرات رواناب 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 مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر
- ۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر
- ۳- استادیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر
- ۴- دانشجوی دکتری، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ساری

چکیده:

تغییر کاربری اراضی یک چالش هیدرولوژیک در آبخیزداری شهری است که با تاثیر بر رواناب سطحی روش های مدیریت منابع آب را تغییر می دهد. تکنیک های سنجش از دور و استفاده از تصاویر ماهواره ای می تواند به بهبود و تسريع در مطالعات منابع طبیعی و مدیریت حوزه های شهری بیانجامد. در این تحقیق رابطه مقادیر گسترش شهری و رواناب حوزه با استفاده از مدل سازی هیدرولوژیک، سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور بررسی شد. ابتدا برای تهیه نقشه کاربری اراضی شهرستان اسدآباد از داده های رقومی سنجنده های TM و ETM⁺ ماهواره ای لندست های ۵ و ۷ ماه اردیبهشت در سال های ۱۹۹۲، ۲۰۰۲، ۲۰۱۴ استفاده شد. برای طبقه بندی نظارت شده از روش حداقل احتمال و برای برآورد رواناب سطحی، روش سرویس حفاظت منابع ملی (NRCS-CN) استفاده شد. سپس نقشه های 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.

واژه های کلیدی: روابط بارش رواناب، مدل سازی هیدرولوژیک، رواناب سطحی

نویسنده مکاتبه کننده: سحر فروتن

آدرس پستی:

تلفن:

آدرس پست الکترونیک: forootan_88@yahoo.com

۱- مقدمه

مدیریت نزولات جوی و رواناب‌های سطحی ناشی از آنها در آبخیزهایی که خود عاملی در جمع آوری و حمل آلاینده‌های خطرناک حین عبور از کوچه‌ها، خیابان‌ها و سایر سطوح شهری هستند [۱۹]، برای اعمال مدیریت ریسک در رابطه با سلامت عمومی و منابع زیست محیطی‌های شهری اجتناب ناپذیر می‌باشد [۹]. افزایش سطوح نفوذ ناپذیر که ناشی از شهرسازی و احداث ساختمان بر خاک‌های نفوذپذیر است، طبعاً از سطوح نفوذپذیر حوضه که قادر به جذب بخشی از بارندگی است کاسته و در نتیجه بر حجم کل رواناب شهر افزوده است [۳]. از مسائل مهم توسعه شهری، تغییر وضعیت رواناب سطحی است [۱۹]، به طوری که زمان تاخیر هیدروگراف و زمان پایه‌ی سیلاب کاهش یافته و در نتیجه با یک حجم مساوی سیل، دبی اوج سیلاب‌ها با توسعه شهری، بیشتر از حالت قبل از توسعه خواهد بود، علاوه بر آن ضریب رواناب نیز افزایش می‌یابد [۴ و ۱۱].

علاوه جمع آوری آب از سطوح شهری و بهره‌برداری از آنها جهت کاهش خسارات ناشی از سیل نیز مهم است. مدیریت کمی و کیفی حوزه‌های آبخیز مجموعه‌ای از تصمیم‌ها را در بر می‌گیرد که جمع آوری و رهاسازی آب در طول زمان را مشخص می‌کند. با توجه به روش‌های مدیریت و بهینه‌سازی حوزه‌های آبخیز، پیش‌بینی دقیق رواناب خروجی می‌تواند در بهینه‌سازی مدیریت آبخیز جهت جلوگیری از طغیان سیلاب‌های منطقه‌ای بسیار موثر باشد. با وجود روابط غیر خطی، عدم قطعیت و عدم صراحت زیاد و ویژگی متغیرهای زمانی و مکانی در سیستم‌های گردش آبی، هیچ یک از مدل‌های آماری و مفهومی پیشنهاد شده به منظور الگوسازی دقیق بارش و رواناب نتوانسته به عنوان یک مدل برتر و تواناً شناخته شوند [۸]. سنجش از دور و فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی از جمله تکنولوژیهای برتر و کارآمد در بررسی تغییرات محیطی و مدیریت منابع است که اطلاعات بروز را برای اهداف مدیریتی فراهم می‌آورند. تصاویر ماهواره‌ای به علت رقومی بودن، ارائه اطلاعات به هنگام، فراهم آوردن دید همه جانبه، استفاده از قسمت‌های مختلف طیف الکترومغناطیس برای ثبت خصوصیات پدیده‌ها، پوشش‌های تکراری، سرعت انتقال و تنوع اشکال داده‌ها از ارزش زیادی برخوردارند [۱۳]. بنابراین می‌توان جهت بررسی توسعه شهری از این ابزار استفاده کرد.

پیشینه تحقیق

جوادی و همکاران [۱۵]، در مطالعه‌ی خود با استفاده از ابزار ArcCN-Runoff به برآورد ارتفاع رواناب در حوزه‌ی آبخیز آزادروز پرداختند. نقشه‌ی ارتفاع رواناب منطقه‌ی مورد مطالعه را استخراج کرده و بیان داشتند ارتفاع متوسط رواناب به دست آمده از این روش از دقت بالاتری برخوردار است.

افشاری آزاد و پورکی [۱۱]، در مطالعه خود رواناب سطحی شهر رشت را با استفاده از روش SCS برآورد کردند. و با مقایسه درصد گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و حجم رواناب زیر حوضه‌ها مشخص کردند زیرحوضه‌هایی که درصد مساحت غیرقابل نفوذ را دارا هستند حجم سیلاب بیشتر می‌باشد. ملکانی و همکاران [۱۴]، در مطالعه‌ای موردي اثرات توسعه شهر تبریز بر سیلاب شهری را با استفاده از تکنیک سنجش از دور مورد بررسی قرار دادند، و بیان داشتند با توسعه‌ی شهر تبریز، دبی پیک به اندازه ۲۰۱ مترمکعب در ثانیه افزایش یافته است. وینگ^۱، [۲۲ و ۲۳] در مطالعه خود به مدل‌سازی اثرات توسعه‌ی شهری بر رواناب سطحی در ژیانگ^۲ چین، با ادغام تکنیک سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداخت و دریافت افزایش فضای شهری طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۷ رواناب سطحی را ۸/۱ میلی متر در سال افزایش داده است. دی یو^۳ و همکاران [۱۷]، اثرات توسعه شهر نشینی

1- weng

2- Zhejiang

3- Du

در رواناب و سیلاب شهری در رودخانه کین هویای^۱ چین را مورد مطالعه قرارداده، و بیان داشتند روند تغییرات حجم سیل و دبی اوج با روند تغییرات سطوح نفوذ ناپذیر یک رابطه خطی دارد. و با گسترش مناطق غیرقابل نفوذ در حوزه‌ی شهری از ۳ درصد به ۳۱ درصد رواناب و سیلاب تولید شده از $\frac{2}{3}$ درصد به $\frac{13}{9}$ درصد افزایش داشته است. دمس^۲ و همکاران [۱۸]، در مطالعه موردن خود در حوزه آبریز کلین نت^۳ در بلژیک، به تهیه نقشه سطوح غیرقابل نفوذ با استفاده از تکنیک سنجش از دور، جهت کاربرد در مدل‌سازی‌های هیدرولوژیکی پرداخته‌اند که این مطالعه نشان می‌دهد در توسعه شهری با افزایش سطوح غیرقابل نفوذ به میزان $\frac{25}{4}$ تا $\frac{29}{2}$ درصد، طی ۱۷ سال، رواناب به میزان $\frac{9}{5}$ درصد افزایش یافته است، در صورتی که تبخیر و تعرق $\frac{1}{5}$ درصد کاهش یافته است. ساتیش کومار^۴ و همکاران [۱۹]، مدل‌سازی توسعه شهری و تاثیر آن بر رواناب سطحی در شهر رور کی^۵ هند را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند بین توسعه شهری و دبی اوج سیل و زمان تمرکز حوزه آبخیز مورد بررسی یک رابطه خطی وجود دارد. میلر^۶ و همکاران [۲۰]، اثرات توسعه شهری بر رواناب در حوزه آبخیز شهری سویندون^۷ انگلستان را بررسی کرده، دریافتند در منطقه موردن مطالعه سطوح غیرقابل نفوذ در سال ۱۹۶۰ از ۱۱ درصد درصد به ۴۴ درصد در سال ۲۰۱۰ رسیده است و بیان داشتند با توسعه شهری مدت زمان وقوع سیل کاهش یافته است.

با توجه به مطالعات پیشین و اهمیت پدیده توسعه فیزیکی شهر و افزایش سطوح نفوذ ناپذیر بر روابط بارش رواناب، بررسی رواناب شهری با توجه به روند توسعه شهری با استفاده از یک ابزار کارآمد همچون سنجش از دور در کنار مدل‌های هیدرولوژیکی، بسیار حائز اهمیت است. شهر اسدآباد نیز به دلیل افزایش سطوح نفوذناپذیر در پی گسترش شهر از این قاعده مستثنی نیست موقعیت شهر به گونه‌ای است که در سه حوزه آبخیز گستردگی شده است، و همین شکل از گسترش، همچنین فقدان چنین مطالعه‌ای، ضرورت مطالعه‌ی رواناب شهری و تاثیر توسعه شهری بر رواناب تولیدی در این منطقه را دو چندان می‌کند. مطالعه‌ی حاضر سعی در بررسی توسعه فیزیکی شهر اسدآباد در سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۱۴، ۲۰۰۲ و اثر گذاری آن بر روابط بارش رواناب دارد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان اسدآباد در گستره‌ای به مساحت ۱۱۹۵ کیلومتر مربع ، $\frac{6}{1}$ درصد از وسعت استان همدان را تشکیل می‌دهد و بین مدار ۳۴° و ۳۷° درجه و ۵۰° دقیقه عرض شمالی و ۴۷° درجه و ۹° دقیقه تا ۴۷° درجه و ۵۱° دقیقه طول شرقی نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۶۰۷ متر است. میزان بارندگی سالیانه بین ۳۵۰ تا ۵۰۰ میلی متر در نوسان است . اقلیم منطقه بهطور کلی جز مناطق استیپی سرد است ولی نسبت به همدان و اطراف آن تا اندازه‌ای گرمتر است [۲]. (شکل ۱).

¹⁻ Qinhua

²⁻ Dams

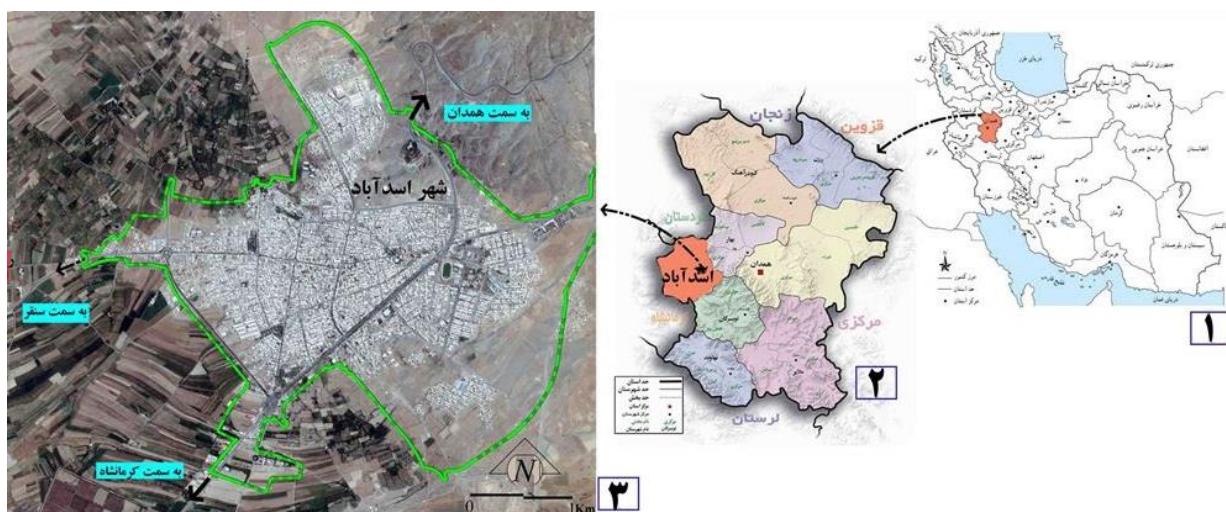
³⁻ Kleine Nete

⁴⁻ Sathish Kumar

⁵⁻ Roorkee

⁶⁻ Miller

⁷⁻ Swindon



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

روش کار

استخراج نقشه تغییرات پوشش زمین: در این تحقیق به منظور ارتباط گسترش شهری با مدل سازی هیدرولوژیکی توزیع شده از رویکرد یکپارچه سنجش از دور^۱ و سیستم اطلاعات جغرافیایی^۲ استفاده شد. از داده‌های ماهواره‌ای لندست برای تشخیص تغییرات پوشش زمین استفاده شد. پس از دریافت تصاویر ماهواره‌ای بر روی آن‌ها افزایش کنترast، تصحیح رادیومتریک و هندسی در محیط نرم افزار ENVI صورت یافت، سپس از روش حداقل احتمال که در مطالعات روشنی دقیق معرفی شده است [۱۶]، به منظور طبقه بندی تصاویر استفاده شد و پس از بررسی صحت سنجی طبقه بندی توسط شاخص کاپا و صحت کلی در نهایت نقشه‌های کاربری اراضی در سه مقطع زمانی ۱۹۹۲، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۴ استخراج شد. سپس نقشه قلمرو شهری در محیط GIS Arc تهیه شد.

روش شماره منحنی سرویس حفاظت منابع ملی (NRCS-CN): روش^۳ SCS رواناب را در حوزه‌های آبخیز اندازه گیری نشده با توجه به بارندگی و مشخصات حوزه‌های آبخیز برآورده می‌کند اصولاً این روش وقتی رواناب ناشی از بارندگی باشد معتبر خواهد بود و موقعی که برخلاف باشد کارایی ندارد [۴ و ۱۵]. روش شماره منحنی (CN) سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS)، اکنون با نام روش شماره منحنی سرویس حفاظت منابع ملی (NRCS-CN) نامیده می‌شود. که از رایج‌ترین روش‌های برآورده و پیش‌بینی حجم سیل و ارتفاع رواناب و سیل می‌باشد [۵ و ۱۵]. شماره منحنی (CN) به نوبه‌ی خود از روی مشخصات خاک، نوع بهره‌وری از زمین و رطوبت قبلی خاک تعیین می‌شود [۱۵]. بنابراین به ابزاری دقیق جهت برآورده آن نیاز است.

تهیه‌ی داده‌های ورودی در ArcCN-Runoff: در دهه‌های اخیر توسعه مدل‌های هیدرولوژیکی مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، در جهان مورد توجه محققین و دانشمندان قرار گرفته است. یکی از این ابزارها، ArcCN-Runoff می‌باشد که توسط ژانگ و همکاران [۲۴] جهت تعیین ارتفاع و حجم رواناب بر اساس روش SCS ارائه شده است. محاسبه شماره منحنی و رواناب برای هر پلی گون بصورت جداگانه از ویژگی‌های این ابزار است.

¹- Remote sensing

²-Geographic Information Systems

³- Soil Conservation System

[۶، ۱۲، ۲۳ و ۲۴، ۲۵]. در تحقیق حاضر از ابزار مذکور به منظور محاسبه اثر توسعه فیزیک شهر اسد آباد بر رواناب سطحی برای سه سال میلادی ۱۹۹۲، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ استفاده گردید.

وروودی های این ابزار به شرح زیر است:

- (۱) لایه Landsoil: این لایه با اجرای عملیات تلفیق دو لایه کاربری اراضی و لایه خاک (براساس استاندارد فائو) با اجرای دستور Union در محیط Arc GIS، ایجاد می گردد. در این تحقیق نقشه خاک از اداره منابع طبیعی دریافت شد.
- (۲) جدول شاخص (Index): در این جدول مقدار شماره منحنی (CN) برای هر یک از گروه های هیدرولوژیکی خاک با توجه به نوع کاربری اراضی بر اساس جداول مربوطه از منابع استخراج می شود [۲۲].
- (۳) مقدار بارش (P): مقدار بارش مورد نظر جهت ورود به ArcCN-Runoff بر حسب اینچ می باشد [۶، ۱۱ و ۲۴] می توان مقدار بارش را بر اساس میانگین بلند مدت سالانه، میانگین بلند مدت ماهانه و با روزانه و بر اساس شدت رگبارهای چند ساعته در نظر گرفت [۲۵]. اطلاعات ۸ ایستگاه مورد استفاده برای تهیه نقشه ها هم بارش در جدول (۱) ذکر شده است.

جدول ۱: مجموع بارش سالانه ایستگاه های مورد استفاده

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	بارش سالانه (میلیمتر)		
				۱۹۹۲	۲۰۰۲	۲۰۱۴
۱	نعمت آباد	48.02.10	34.51.49	389	314	320
۲	بوچین	48.02.44	34.48.46	231	416	394
۳	خسرو آباد	48.02.50	34.37.52	389.5	341	320
۴	شهرن آباد	48.06.18	34.36.02	389	314	320
۵	آقامانبلاغی	48.3.16	34.50.44	231	416	394
۶	سرابی	48.28.30	34.31.47	461	349	350
۷	بابا پیر علی	47.20.53	34.37.40	475	460	314
۸	خیرآباد	48.34.10	34.27.58	401	337.5	355

در این تحقیق ابتدا میانگین بلند مدت ماهانه بر حسب اینچ، محاسبه شد. در ادامه لایه نقطه ای بارش در محیط Arc GIS، فراخوانی و رقومی و با استفاده از روش IDW با توان دوم درونی یابی شد. روش IDW دارای حداقل خطای پیش بینی برای داده های بارش است [۲۴]. این لایه با ضریب تفکیک مکانی ۳۰ متر برای شهرستان اسد آباد تهیه شد، در ادامه از آنجا که فقط یک عدد از بارش جهت ورود به ArcCN-Runoff لازم است. جهت پوشش لازم و موثر بارش در کل منطقه، مرکز ثقل بارش در منطقه مورد مطالعه تعیین شد [۵].

^۱. Inverse Distance Weight

جهت برآورد رواناب منطقه مطالعاتی از رابطه زیر اقدام به محاسبه میانگین وزنی ارتفاع رواناب شد. برای این منظور داده‌ها از جدول توصیفی در نرم افزار Arc GIS به محیط اکسل انتقال داده شد، و با استفاده از رابطه زیر [۲۴، ۲۳، ۵] ارتفاع رواناب برای کل منطقه محاسبه شد.

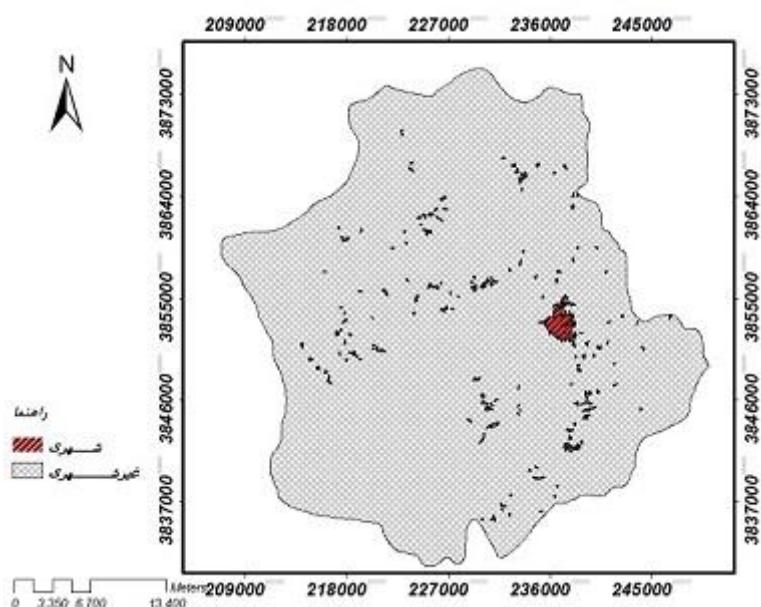
$$\bar{Q} = \frac{\sum Q_i A_i}{A} \quad (1)$$

پس از محاسبه ارتفاع رواناب کل، مقادیر به دست آمده بر حسب میلی‌متر بازیابی شده در جداول و نمودار مربوط تدوین شد. در این تحقیق تمامی موارد فوق در سه مقطع زمانی ۱۹۹۲، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۴ انجام و محاسبه شد، سعی شد از نتایج ۱۹۹۲ و ۲۰۱۴ جهت بررسی تغییرات و از ۲۰۰۲ جهت صحت سنجی تغییرات استفاده شود. بنابراین نتایج هر سه مقطع زمانی ارائه می‌شود.

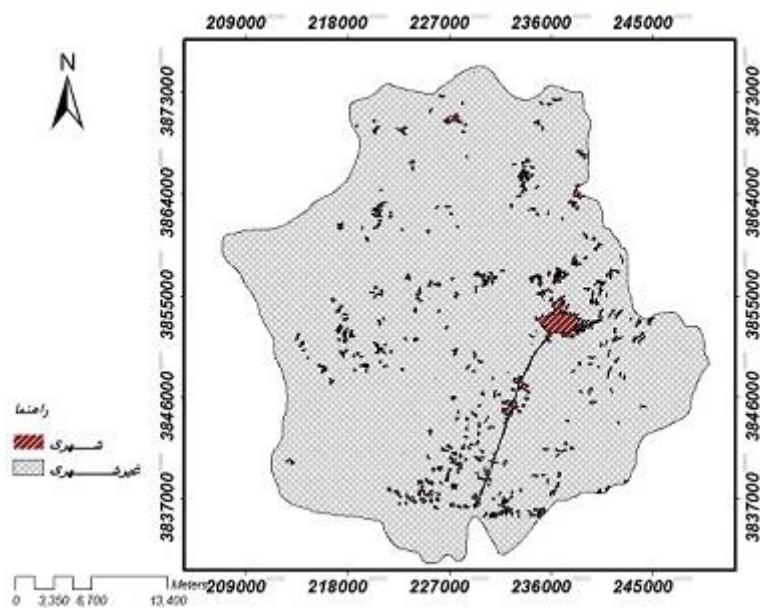
یافته‌ها

نقشه قلمرو شهری

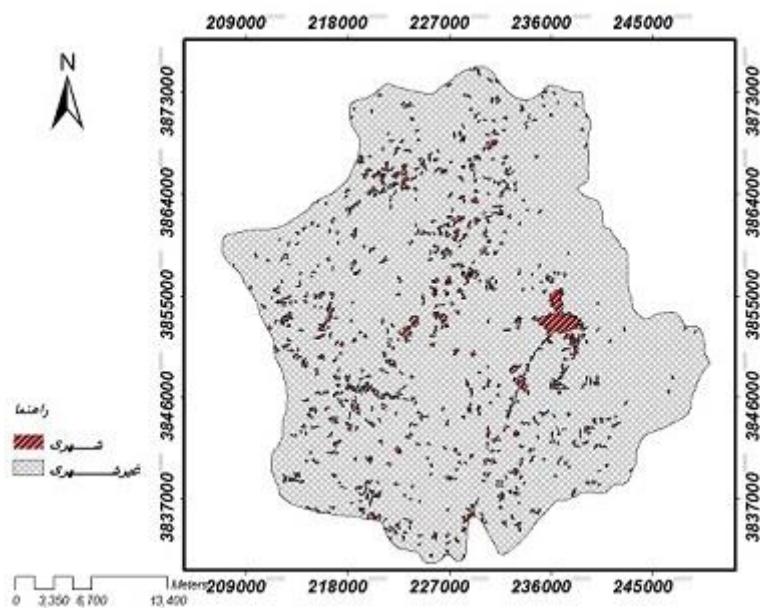
شامل نقشه کاربری شهری و غیر شهری، در سه مقطع زمانی ۱۹۹۲، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۴ که در محیط Arc GIS به دست آمد، از نقشه طبقه‌بندی شده کاربری اراضی در سه مقطع زمانی مورد مطالعه استخراج شد که در شکل (۲) ارائه شده است.



نقشه کاربری شهری ۱۹۹۲.



نقشه کاربری شهری ۲۰۰۲



نقشه کاربری شهری ۲۰۱۴

شکل ۲: نقشه‌های کاربری شهری و غیر شهری در سه مقطع زمانی.

محاسبه مساحت کاربری شهری

پس از استخراج کاربری شهری و غیر شهری در بازه‌های زمانی مورد مطالعه مساحت و درصد مساحت کاربری شهری و غیر شهری در نرم افزار اکسل محاسبه شد، که نتایج آن در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲: مساحت کاربری شهری و غیر شهری شهرستان اسدآباد

مساحت ۲۰۱۴			مساحت ۲۰۰۲			مساحت ۱۹۹۲			نام کاربری‌ها
درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع				
۵/۹۷	۷۰/۰۴۰۲۱۶	۲/۵۵	۲۹/۹۲۹۴۵۸	۱/۴۶	۱۲/۲۶۳۳۲	شهری			
۹۴/۰۲	۱۱۰۱/۹۳۹۱۷۴	۹۷/۴۵	۱۱۴۲/۰۴۸۰۰۵	۹۸/۹۶	۱۱۵۹/۷۱۶۰۷۱	غیر شهری			
۱۱۷۱/۹۷۹۳۸۸									مجموع

ارتفاع رواناب و ارتفاع بارش

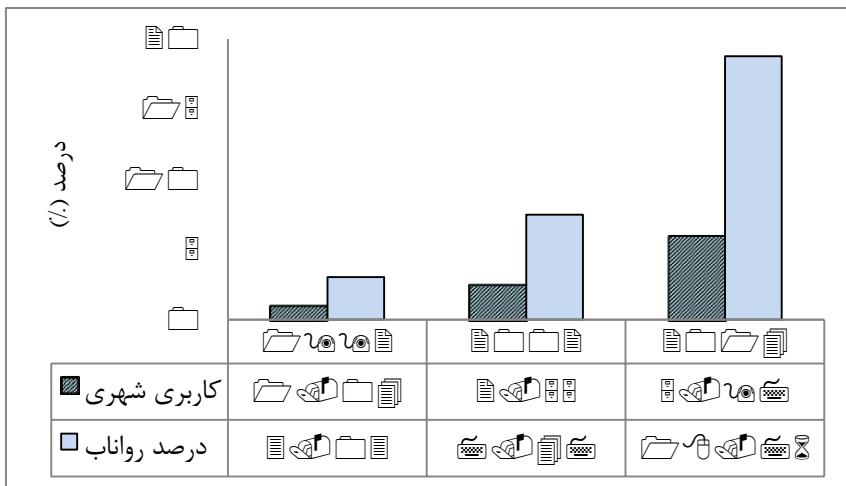
جهت درک بهتر روابط رواناب در منطقه مورد مطالعه مقدار ارتفاع بارش ، ارتفاع رواناب حاصل با توجه به شماره منحنی در جدول (۳) تدوین و ارائه شد.

جدول ۳: شماره منحنی و ارتفاع رواناب با توجه به کاربری اراضی شهرستان اسدآباد

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

بررسی توسعه شهری بر رواناب

نتایج حاصل از بررسی تأثیر توسعه شهری بر تغییرات رواناب، در مقاطع زمانی مورد مطالعه در نمودار (۱) ارائه شده است.



نمودار ۱: درصد رواناب و درصد مساحت کاربری شهری در سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۴ در شهرستان اسدآباد.

بحث و نتیجه گیری

از جمله چالش‌های اساسی هیدرولوژی پیش‌بینی و تعیین مقدار رواناب سطحی حوزه آبخیز است. افزایش جمعیت در تمامی نقاط جهان، ایجاد توسعه را به دنبال خود می‌طلبد. این توسعه، به معنی تغییر در ماهیت موجود زمین بوده و به تبع آن تغییر در پارامترهای موجود هیدرولوژی به ویژه نفوذناپذیری را به دنبال خواهد داشت. که مقدار این پارامتر متناسب با رشد جمعیت افزایش می‌یابد. در این مطالعه رواناب حاصل از توسعه شهری محاسبه شد، این مقادیر توسط ابزار ArcCN-Runoff به دست آمد که بستگی مستقیم با نوع کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک داشت. از جمله کارایی این ابزار محاسبه CN برای هر پلی‌گون می‌باشد. این مقادیر تأثیر مستقیم در محاسبه ارتفاع رواناب دارد. با تغییر نوع کاربری از جمله تغییر مساحت در هر پلی‌گون، مقادیر محاسبه شده CN در پلی‌گون متغیر خواهد بود، که تغییرات ارتفاع رواناب را در هر پلی‌گون به همراه دارد. با توجه به شکل (۲) و نتایج جدول (۱) مشخص شد، بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۴ اراضی شهری به میزان ۴/۹۵٪ (معادل ۵۷/۷ کیلومتر مربع)، افزایش و در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ اراضی شهری به میزان ۳/۴۲٪ (معادل ۴۰/۱۲۷ کیلومتر مربع)، افزایش یافته است و در این بازه نرخ افزایش ساخت و ساز بیشتر از بازه زمانی قبل بوده است. با بازدید میدانی در منطقه مشخص شد توسعه 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 راه سازی همراه بوده است. با توجه به جدول (۳) بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲ ارتفاع بارش افزایش یافته است. که علت آن را می‌توان در افزایش نزولات به صورت باران دانست و بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ ارتفاع بارش به دلیل کاهش نزولات و پیدایش خشکسالی کاهش یافته است. با این حال رواناب حاصل از کاربری شهری در بازه‌ی زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲ نسبت به بازه‌ی زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ به میزان ۱۱/۲۹ درصد افزایش داشته است (نمودار ۱) که بیانگر نقش توسعه فیزیکی شهر علاوه بر بارش بر رواناب بوده و تحقیقات ملکانی و همکاران [۱۴]، وینگ^۱ [۲۲ و ۲۳]، میلر^۱ و همکاران [۲۰]، و ساتیش کومار^۲ و همکاران [۱۹] در

¹⁻ weng

بررسی اثر تغییر مساحت کاربری شهری و افزایش سطوح غیرقابل نفوذ بر تغییرات رواناب ، مشابه و قابل مقایسه با نتایج تحقیق حاضر است.

در این بازه‌ی زمانی توسعه‌ی شهری افزایش رواناب را به دنبال داشته است که افزایش شماره منحنی و در نتیجه‌ی آن افزایش سطوح غیرقابل نفوذ دلیل اصلی به نظر می‌رسد که در مطالعه یو^۳ و همکاران [۱۷]، نیز این موضوع اذعان شده است. 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 متر مکعب خواهد بود که این حجم رواناب در یک شهر کوچک قابل ملاحظه و بعض‌ا خطرناک است.

جمع بندی: در تحقیق حاضر سعی شد با استفاده از سنجدش از دور و تلفیق آن با سامانه اطلاعات جغرافیایی، تأثیر توسعه‌ی شهری بر رواناب بررسی شود در نهایت معلوم شد، با استفاده از سنجدش از دور می‌توان تغییرات رواناب متأثر از توسعه‌ی شهری را با دقت مناسبی برآورد نمود. و همینطور مشخص شد با توجه به روند رو به افزایش کاربری شهری که مربوط به توسعه‌ی ساخت و ساز، توسعه‌ی صنایع و توسعه‌ی راه سازی است، توسعه‌ی شهری علاوه بر بارش بر رواناب موثر بوده است. به طور کلی استفاده از سنجدش از دور به دلیل کاهش هزینه عملیات صحرایی و به ویژه به دلیل کاهش زمان مورد نیاز برای تحلیل مسائل، می‌توان جز راهکارهای ممکن به منظور ارتقا سطح مدیریت منابع آب قلمداد گردد. علاوه بر این، با استفاده از این ابزار این امکان برای پژوهشگران و مدیران اجرایی به وجود می‌آید تا سناریوهای مختلف مدیریتی را (که امکان اجرای آن‌ها در زمان کوتاه و بدون صرف هزینه سنگین وجود ندارد) مورد ارزیابی قرار داده و با تحلیل نتایج، بهترین تصمیم را اتخاذ نمود. پیشنهاد می‌شود: از روش‌های دیگر برآورد رواناب، و مقایسه‌ی نتایج آن‌ها با نتایج به دست آمده در این پژوهش و همچنین از یک مدل هیدرولوژیکی جهت بررسی روابط بارش رواناب و مقایسه‌ی نتایج آن با نتایج پژوهش حاضر استفاده شود. جهت بررسی بهتر تغییرات کاربری اراضی (خصوصاً بررسی توسعه‌ی شهری)، در سال‌های مختلف، استفاده از یک فرمت داده‌ی ماهواره‌ای که آن هم در یک تاریخ اخذ شده باشد لازم به نظر می‌سد. جهت بررسی دقیق تر روابط بارش رواناب بازه‌های زمانی مورد مطالعه افزایش یابد. و پیشنهاد آخر اینکه جهت سناریو سازی و درک بهتر تأثیر توسعه‌ی شهری بر تغییرات رواناب از داده‌های بارش با دور بازگشت بلند مدت استفاده شود.

مراجع

- [۱] افشاری آزاد، م و پورکی، م. (۱۳۹۱). برآورد رواناب سطحی شهر رشت (مطالعه موردي: خیابان شهید قلی پور تا فلکه یخسازی). *فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر*. ۱۲ (۳۷)، ۱۲۱-۱۳۰.
- [۲] آکا ایران. (۱۳۹۳). همه چیز در باره‌ی شهرستان اسدآباد. قابل دسترسی در آدرس: [WWW.irantoorism.akairan.com](http://irantoorism.akairan.com)
- [۳] امیراحمدی، ا؛ کرامتی، ص و احمدی، ط. (۱۳۹۰). ریز پهنه بندی خط سیلاب در محدوده شهر نیشابور در راستای توسعه شهری. *مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، ۲ (۷)، ۹۱-۱۱۰.

^۱ Miller

^۲ Sathish Kumar

^۳ Du

[۴] اسماعلی، ا و عبدالهی، خ. (۱۳۸۹). آبخیزداری و حفاظت خاک. اردبیل. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی. چاپ اول، ۷۶.

[۵] جوادی، م؛ میرداده‌ریجانی، ف و چترسیماب، ز. (۱۳۹۰). برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی در محیط نرم افزاری Arc GIS با ابزار Arc CN-Runoff. مجله کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه ریزی، ۲ (۳) ۵۵-۶۲.

[۶] خوجینی، ع. (۱۳۷۷). بررسی شماره منحنی(CN) روش SCS در برآورد و بده اوج در حوزه‌های آبخیز معرف سلسله جبال البرز. مجله پژوهش و سازندگی. (۳۸).

[۷] فناوری سنجش از دور و کاربردهای مختلف آن. (۱۳۹۴). پایگاه ملی داده‌های علوم زمین. قابل دسترسی در آدرس: WWW.ngdir.ir

[۸] گودرزی، ا؛ دستورانی، م؛ مرید، ع؛ طالبی، ع. (مرداد ۱۳۸۹). بررسی کارایی مدل بارش-رواناب IHACRES در پیش بینی سیلاب‌های شهری در حوضه آبخیز رودخانه اعظم هرات-یزد، کنفرانس ملی مدیریت سیلاب‌های شهری ۸۹. تهران.

[۹] لگریان، ر؛ حاجی پور، م. (آذر ۱۳۹۲). آبخیزداری شهری، رویکردی نوین در مدیریت رواناب برای دستیابی به توسعه پایدار شهری. اولین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران. خراسان رضوی: مشهد.

[۱۰] متولی، ص؛ حسین‌زاده، م؛ اسماعیلی، ر؛ درفشی، خ و قره‌چاهی، س. (خرداد ۱۳۹۱). رابطه تغییر کاربری اراضی و حجم رواناب شهری (مطالعه موردی: منطقه ۵ تهران). دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران آب. تهران: سازمان مدیریت بحران.

[۱۱] محمدی، ح؛ پناهی، ع. (۱۳۸۵). برآورد رواناب با استفاده از روش SCS و GIS در حوضه قلعه چای(استان آذربایجان). جغرافیا(نشریه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)، ۴ (۱۰ و ۱۱).

[۱۲] محمدی، م؛ خزایی موغانی، س و بردى شیخ، و. (اردیبهشت ۱۳۸۰). کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) جهت برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی. همایش ملی ژئوماتیک ۸۹. تهران: سازمان نقشه برداری کشور.

[۱۳] مقدمه‌ای بر GIS. ۱۳۹۳. سایت تخصصی جی.ای.اس. قابل دسترسی در آدرس: WWW.gistech.ir

[۱۴] ملکانی، ل؛ خالقی، س و فزونی، س. (اردیبهشت ۱۳۹۲). بررسی رواناب سطحی شهری در پاسخ به تغییرات کاربری اراضی. اولین کنفرانس ملی هیدرولوژی مناطق خشک. کردستان.

[۱۵] مهدوی، م. (۱۳۸۸). هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم. تهران: انتشارات دانشگاه تهران. چاپ نهم. ۸۰-۸۶.

[۱۶] نیکخوا، ن. (۱۳۹۳). بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی: شهر ملایر). پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست. دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، گروه محیط زیست. دانشگاه ملایر. ایران.

[17] 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.

[18] 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.

- [19] 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(0), 86-98.
- [20] 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(0), 59-70.
- [21] 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.
- [22] Weng, Q. (2012). Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: Requirements, methods, and trends. *Remote Sensing of Environment*, 111, 34-49.
- [23] 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* Vol. 28(6), 737–748
- [24] 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.
- [25] 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.