جغرافیا (فصلنامه علمی ـ پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران)
دوره جدید، سال پانزدهم، شماره ۵۲، بهار ۱۳۹۶

امکان‌سنجی جمع‌آوری رواناب در شبکه بزرگراههای شهر تهران
مطالعه موردی: منطقه ۱ و ۳ تهران

منیژه قهرودی‌تالی،[۱] حسن صدوق[۲] و نگین الماسیان[۳]
تاریخ وصول: ۱۳۹۵/۱۱/۳۰، تاریخ تایید: ۱۳۹۶/۱/۲۵

چکیده

امروزه کنترل و جمع‌آوری رواناب در درون منطقه شهری نسبت به انتقال آن به خارج از شهر اهمیت بیشتری یافته است. منطقه ۱ و ۳ تهران با مساحت ۲۷۲ کیلومترمربع، در شمال‌شرق تهران قرار گرفته است که در هنگام بارندگی حجم زیادی از رواناب علاوه بر مسیل‌ها در خیابانها نیز جاری می‌شوند که مشکلات متعددی را ایجاد می‌نمایند. این پژوهش با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ تهران، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تهران، داده‌های کاربری، و داده ارتفاعی ماهواره استر با پیکسل‌های ۳۰ متری، داده‌های بارش ساعتی ایستگاه شمال تهران در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۴ ، امکان‌سنجی جمع‌آوری و کنترل رواناب را انجام داده است. در این راستا، پتانسیل تولید رواناب با روش جاستین در دو منطقه ۱ و ۳ محاسبه شده است. اتوبان مدرس و خیابان شریعتی برای مکانیابی سیستم ماند بیولوژیکی و جوی باغچه، انتخاب شدند. عمل مکانیابی در راستای این دو شریان با استفاده از روش LID انجام شده است و برای ارزیابی و تصحیح آن از گزارش‌های آب‌گرفتگی بعد از بارش، موجود در مرکز ۱۳۷ شهرداری تهران استفاده شد. محاسبات مربوط به پروفیل‌های طولی با نرم‌افزار SWMM انجام شد. مقایسه نتایج محاسبه رواناب روزانه با شرایط توپوگرافی و شبکه مسیل‌های موجود نشان داد که هنگام بارندگی، بخشی از رواناب تولید شده به‌سمت خیابان‌ها و اتوبان‌ها زهکشی می‌شوند که مکانیابی سیستم‌های جمع‌آوری رواناب در اولویت اول فضای سبز موجود در پارک‌های آب و آتش، ملت و قیطریه را تعیین نمود.

کلیدواژگان: جمع‌آوری رواناب، سیستم ماند بیولوژیکی، تهران، مناطق ۱ و ۳.

---

۱. استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
۲. استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
۳. کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی

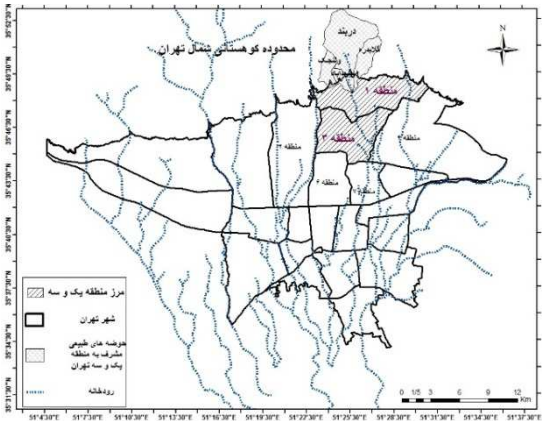
مقدمه

تامین آب برای مصارف خانگی، کشاورزی، صنعت و خدمات در حال حاضر یکی از مهم‌ترین چالش‌های دولت‌ها، در بسیاری از مناطق جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران است. در این مناطق که ریزش‌های جوی علاوه بر ناچیز بودن، دارای پراکنش نامناسب نیز می‌باشد، حجم قابل توجهی از رواناب تولیدی هنگام بارش به صورت تندآب‌ها و جریان‌های سیلابی از دسترس خارج می‌شود. در چنین شرایطی، بهره‌برداری از سیلاب‌ها کلید حل مسائل کم آبی قلمداد می‌شود (تاجبخش و همکاران،۱۳۹۲). نواحی شهری به‌طور متوسط ۹۰ درصد از بارش را به رواناب تبدیل می‌کنند (Shang and Wilson, 2009). شهرسازی خطر سیلاب را به‌علت افزایش اوج و حجم دبی بیش‌تر کرده و زمان رسیدن دبی به اوج را نیز کاهش می‌دهد(Liu et al., 2004, Campana and Tucci, 2001; Nirupama and simonovic, 2007). در این راستا به‌نظر می‌رسد که برنامه‌ریزی برای جمع‌آوری رواناب خطر سیلاب را کاهش می‌دهد و از طرفی بخشی از نیاز آبی شهرها را نیز تامین می‌نماید. سوابق پژوهش متعددی در این خصوص وجود دارد از جمله در حوضه آبخیز دو آبی کلات با بررسی و مطالعه برای مکانیابی مناسب جهت جمع‌آوری رواناب به‌منظور آبیاری، مشخص شد که ۴۶ درصد اراضی فاریاب حوضه را افزوده می‌شود (آبشناسان و همکاران،۱۳۹۴). امروزه با توجه به توسعه شهرها و افزایش سطوح غیرقابل نفوذ که ناشی از تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی و اراضی طبیعی و اختصاص آن به ساخت و ساز واحدهای مسکونی و معابر آسفالته و عمومی است، مسئله رواناب شهری تشدید شده است. از عوارض این تغییرات، کاهش نفوذ آب باران به داخل زمین و درمقابل افزایش رواناب حاصل از بارندگی، از دو منظر حجم و شدت جریان است (دهداری فرو همکاران، ۱۳۹۲). از طرف دیگر، مدیریت حجمی از رواناب که بلافاصله پس از هر بارندگی در سطح شهر ایجاد می‌شود، تاکنون در بهترین حالت تنها محدود به هدایت آب از محدوده شهری بدون هرگونه استفاده مفید از آن بوده است. به‌علاوه پس از خروج این آب از محدوده شهری هیچ نوع تمهیداتی برای کنترل آن اندیشیده نشده است و در بسیاری از موارد همین آب باعث بروز خسارات زیادی در پایین‌دست شده است. در صورتی که امروزه یکی از اهداف مدیریت رواناب‌های سطحی به‌جای انتقال رواناب به خارج، کنترل و جمع‌آوری آن در درون منطقه شهری می‌باشد. چنانچه این بخش از نزولات که به‌عنوان یک ذخیره ارزشمند آبی در شهرها هستند؛ با اهداف جمع‌آوری و استفاده بهینه؛ مدیریت صحیح نشوند؛ از دسترس خارج خواهند شد. پس به‌جای آن که رواناب‌ها کنترل نشده رها شوند و باعث تخریب و فرسایش شوند، آن‌ها جمع‌آوری و مورد استفاده مفید قرار گیرند. یک چارچوب کلی برای این پروژه‌ها تعریف می‌گیرد که آب جمع‌آوری شده هنگام بارش یا مستقیماً به محدوده فضای سبز هدایت می‌گردد یا در مخازنی ذخیره شوند (دستورانی،۱۳۸۷) (Lancaster,2008). بنابراین، تاکید بر جمع‌آوری و استفاده از رواناب حاصله در سطح شهرهای بزرگ مانند تهران، پررنگ‌تر می‌شود. با توجه به مساحت تهران و میزان بارش سالیانه در سطح شهر تهران سالانه ۵۵۰ میلیون مترمکعب رواناب تولید می‌شود که از این مقدار فقط ۲۵۰ میلیون مترمکعب آن توسط مسیل‌ها انتقال و هدایت می‌شوند و بقیه در سطح شهر جاری می‌شوند (قهرودی و درفشی، ۱۳۹۴). این رواناب تولید شده تقریباً یک‌سوم آب‌های شیرین هستند که نمی‌توان از آنها در این بحران کم‌آبی به‌راحتی گذشت. جمع‌آوری آب باران خصوصاً از سطوح آماده شهری و برون شهری (پشت بام‌ها، سطح عایق کارخانجات و انبارها، باند فرودگاه‌ها، سطح معابر، خیابان‌ها و جاده‌ها و ...) روشی است که در بسیاری از مناطق کشور می‌تواند منبع آب پایدار و مناسب را

جهت توسعه فضای سبز ایجاد نماید. سطح جاده‌ها و بزرگراه‌ها با توجه به پراکنش و وسعت قابل توجه‌ای که در سطح یک کشور دارند می‌توانند از سطوح ویژه جهت جمع‌آوری آب به‌شمار روند (دستورانی،۱۳۹۲). در مطالعه انجام شده شهر اردستان در ۳۰۰ هکتار زمین، پتانسیل تولید هرزآب بالا است، لذا برنامه‌ریزی استحصال آب‌های سطحی در ارتباط با نحوه عملکرد شبکه دفع آب‌های سطحی و جمع‌آوری از اهمیت بالایی برخوردار است (مختاری،۱۳۹۴). استحصال آب باران یکی از شاخص‌ترین تکنیک‌های مدیریت بهره‌برداری از آب باران برای مقابله با کم آبی می‌باشد که در مناطق مواجه با کمبود آب به‌سرعت در حال توسعه هستند (بشری و همکاران،۱۳۹۱). این روش بهره‌برداری از آب باران در نزدیکی محل بارش است که به‌وسیله آن می‌توان آب موردنیاز هر مجموعه را بدون اتکا به سیستم‌های متمرکز آبرسانی از سطوح پوشش شده همان مجموعه و اطراف آن تامین نمود. انواع روش‌های استحصال آب بسته به شرایط منطقه از جمله توپوگرافی زمین، نوع خاک، عمق خاک و فاکتورهای اقتصادی و اجتماعی مورد بررسی قرار می‌گیرد (طباطبایی یزدی و همکاران،۱۳۸۵) (قدمی و پورحسن،۱۳۹۱). یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان آب در شهرها، فضاهای سبز هستند به‌طوری که راندمان مصرف آب در این بخش کم‌تر از ۴۰ درصد می‌باشد بنابراین توجه نحوه آبرسانی و آبیاری و استفاده از سیستم‌های نوین می‌تواند در افزایش راندمان آبرسانی و آبیاری موثر واقع شود (بمانیان و همکاران،۱۳۸۷). مهم‌ترین چالش در این میان، نگهداری و استمرار بهره‌برداری از آن‌ها می‌باشد. فن‌آوری‌های نوین در ترکیب و تلفیق با دانش بومی، موجب تکمیل و ارتقا و به‌روزشدن روش‌ها تامین توزیع و مصرف آب شده است (قدوسی،۱۳۸۶). با توجه به این که، نیاز آبی در شهرها به دو گروه نیازهای عمومی و شرب و بهداشت تقسیم می‌شود؛ در گروه نیازهای عمومی بیش‌ترین سهم به آب موردنیاز در آبیاری فضاهای سبز شهری و کمربندهای سبز اطراف آن (۱۳۵ کیلومترمربع از وسعت ۷۳۰ کیلومترمربعی تهران را فضای سبز دربرگرفته است) است؛ با مدیریت و جمع‌آوری رواناب‌های سطحی شهر می‌توان حداقل آب مصرفی در بخش خدمات شهری مانند آبیاری این فضاهای سبز را تهیه کرد. این سیستم در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌منظور استحصال آب باران برای مصارف خانگی، آبیاری گیاهان و تامین آب موردنیاز حیوانات به‌کار می‌رود. رواناب حاصل از بارش‌های منطقه یا در مخازنی ذخیره شده یا مستقیماً به مکانی با نام چاله نفوذ هدایت می‌گردد تا در پروفیل خاک نفوذ کند و ذخیره شود (شاهینی، ۱۳۸۹). بررسی تاثیر به‌کارگیری سیستم‌های جمع‌آوری آب باران در مناطق با اقلیم گرم و خشک، جهت مصارف آبیاری فضای سبز خانگی، نشان داد که آب باران جمع‌آوری شده توسط این سیستم‌ها، تمامی نیازهای آبی باغچه‌های خانگی برای ۵ ماه خشک سال را تامین می‌کند (حیدری و همکاران،۱۳۹۳). در مشهد مناطقی با ارتفاع باران سالانه متوسط تا ۱۵۰ میلی‌متر نیز می‌توان مشروط به استحصال آب باران از زمین‌های اطراف و انجام ۲ نوبت آبیاری تکمیلی، نسبت به کشت گندم در اراضی مستعد اقدام نمود و انتظار داشت که عملکرد گندم تا دو برابر نسبت به شرایط دیم افزوده شود (طباطبایی یزدی و همکاران،۱۳۸۹).

موسوی نژاد،۱۳۹۰، پروژه‌ای برای چگونگی بهره‌وری صحیح از آب باران در فضای سبز مناطق شهری و جلوگیری از آب‌گرفتگی معابر در هنگام بارندگی در سطح شهر سمنان، اجرا نمود که با انجام عملیات اجرایی و مدیریتی در سطح شهر هزینه‌های آبیاری فضای سبز داخل شهر را به یک‌سوم مقدار آب مصرفی کاهش داد. مدیریت آب‌های سطحی منابع آب اقدام به جمع‌آوری، هدایت و استفاده مجدد از رواناب‌های سطحی شهرک سجادیه تهران به‌وسیله سیستم

CVF[1] اقدام کرده است. مخازن نفوذ، ذخیره‌سازی و استفاده مجدد که به‌طورکلی مخازن CVF نامیده می‌شوند، به‌منظور جمع‌آوری، تغذیه سفره‌های زیرزمینی، ذخیره‌سازی رواناب‌ها در سطوح شهری و نیز ذخیره‌سازی آب مازاد بر مصرف گیاهان و فضای سبز مورد استفاده قرار می‌گیرند (شرکت مانا صنعت). مقدار رواناب سالیانه در یکی از حوضه‌های اطراف پارک پردیس مشهد ۴۵۰۰۰۰ مترمکعب برآورد شده است که قابلیت کاربرد در فضای سبز در فصول کم باران را دارد که با توجه به این ویژگی مطالعه استحصال آب‌های سطحی جهت آبیاری زیباسازی فضای پارک برنامه‌ریزی شد (واحدی و قطبی راوندی ،۱۳۹۱). منطقه یک و سه تهران با مساحت ۲۷۲ کیلومترمربع، در شمال‌شرق تهران قرار گرفته است که در هنگام بارندگی حجم زیادی از رواناب علاوه بر مسیل‌ها در خیابان‌ها نیز جاری می‌شود. شکل ۱، موقعیت منطقه یک و سه را در شهر تهران نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت منطقه یک و سه

منطقه مورد مطالعه در انتهای حوضه‌های طبیعی بالادست (گلابدره، دربند، سعدآباد، ولنجک) قرار گرفته است که سابقه تولید سیلاب‌های شهری را نیز دارد؛ در هنگام بارندگی، حجم قابل‌توجهی از رواناب‌ها، در خیابان‌هایی با جهت شمالی‌جنوبی مانند ولی‌عصر، شریعتی، پاسداران، مدرس جاری می‌شود. جاری شدن رواناب، مشکلات متعددی بر فضای شهری این مناطق تحمیل می‌کند. لذا استفاده از سیستم نگه‌دارنده در این منطقه می‌تواند کارایی بالایی در جهت جمع‌آوری و کنترل رواناب تولید شده و استفاده مجدد و بهینه از آن را در مصارفی چون آبیاری فضای سبز شهری داشته باشد.

داده و روش

به‌صورت‌کلی داده‌های موردنیاز پژوهش نقشه‌های پایه، شامل نقشه توپوگرافی۱:۲۵۰۰۰ تهران، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تهران، نقشه کاربری اراضی مستخرج از طرح تفضیلی شهرداری تهران ۱۳۸۶، نقشه وضعیت مسیل‌های درون شهری مستخرج از طرح جامع مدیریت آب‌های سطحی،۱۳۹۲، و داده ارتفاعی استر با پیکسل‌های ۳۰ متری می‌باشند. پارامترهای طبیعی شیب طولی خیابان، ضریب ناهمواری سطح و برای مکانیابی سیستم‌های جمع‌آوری

1. Composite Void Former

رواناب انتخاب شده است.

داده‌های بارش ساعتی ایستگاه شمال تهران در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۴ به صورت تصادفی از روزهایی که در ۲۴ ساعت متوالی بارش بوده، انتخاب شده است. رواناب در این زیرحوضه‌ها به روش جاستین (جدول ۱) با محاسبه هر کدام از پارامترهای دخیل در آن روش بدست آمد. حوضه‌های طبیعی بالادست شهر تهران (دربند، سعدآباد، گلابدره و ولنجک) و دو حوضه شهری مقصودبیک و ولجک پایین، بر منطقه مورد مطالعه منطبق بودند که رواناب در راستای این حوضه‌ها محاسبه شد. روش جاستین به شرح زیر است (علیزاده،۱۳۹۱).

$$R = 0.28 * Sh^{0.155} * \frac{P^2}{(1.8*T+32)}$$

$$Sh = \frac{\Delta H}{A^{0.5}}$$

P و R برحسب میلی‌متر، T برحسب سانتی‌گراد، Sh شیب حوضه، ΔH حداکثر اختلاف ارتفاع حوضه برحسب متر و A مساحت حوضه آبریز برحسب مترمربع می‌باشد. محاسبه زمان تمرکز به روش کرپیچ برای هر حوضه محاسبه شد (شکل ۲). کرپیچ در سال ۱۹۴۰ میلادی، براساس اطلاعات جمع‌آوری شده توسط رامسر، معادلاتی را جهت برآورد زمان تمرکز در حوزه‌های آبخیز کوچک ارائه داد که در آن L طول آبراهه به متر، S شیب آبراهه برحسب متر بر متر و T_Cزمان تمرکز به دقیقه می‌باشد (رزمجوئی و همکاران، ۱۳۹۱).

$$T_C = 0.195L^{0.77} \times XS^{-0.385}$$

برای محاسبه مقدار رواناب تولیدی در سطح شهر و خیابان از روش SWMM استفاده شد. این مدل برای شبیه‌سازی و مدیریت رواناب و بارش در حوضه‌های شهری به‌کار می‌رود. در این روش هر حوضه آبریز به زیرحوضه‌های کوچک‌تر تقسیم شده و خصوصیات فیزیکی هر زیر حوضه، مشخصات زهکشی حوضه و مشخصات بارش به‌عنوان اطلاعات ورودی در نظر گرفته شده است و هر حوضه به‌عنوان مخزن غیرخطی شبیه‌سازی و با توجه از مشخصات داده شده، هیدروگراف واحد آن محاسبه شده است. مشخصات فیزیکی از شکل‌های ۳ و ۴ که مربوط به کاربری و شرایط زهکشی مسیل‌ها و خیابان‌هاست، استخراج شده است. همچنین شکل ۵ شماتیک حوضه‌بندی و زهکشی منطقه در نرم‌افزار SWMM را نشان می‌دهد.

جهت بررسی امکان‌سنجی جمع‌آوری و کنترل رواناب تولید شده در دو خیابان انتخاب شده، از روش LID نیز استفاده شد. در این مدل حوضه آبخیز به زیرحوضه‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شود و خصوصیات فیزیکی هر زیر حوضه، مشخصات زهکش‌ها و مشخصات بارش به‌عنوان اطلاعات ورودی به آن داده می‌شود. روش‌های کنترلی LID امکان مدل نمودن روش‌های مدیریت سیلاب این رویکرد را بدست می‌دهد. انواع مختلفی از رویکرد LID شامل سلول‌های ماند زیستی، روسازی متخلخل، ترانشه نفوذ، مخزن باران و جوی باغچه در این مدل وجود دارد که با دریافت پارامترهای مناسب قابل مدلسازی هستند (Prince George's County, 1999). اصول LID بر پایه کنترل رواناب در مبدا از طریق به‌کارگیری روش‌های کنترلی کوچک مقیاس که در سراسر منطقه توزیع شده‌اند بنا شده است. این برخلاف روش‌های سنتی کنترل رواناب است که معمولاً به انتقال و مدیریت رواناب از طریق به‌کارگیری کانال‌های بزرگی که در حوضه زهکش قرار داشتند، توجه داشتند. این طراحی‌های چندمنظوره روش‌های مختلف مدیریت رواناب از جمله طراحی‌های منظره هدفمند که به عنوان تاسیسات کنترل رواناب عمل می‌کنند، شیب‌های ملایم، ذخیره در نقاط تورفتگی و جوی باغچه‌های زهکش را شامل

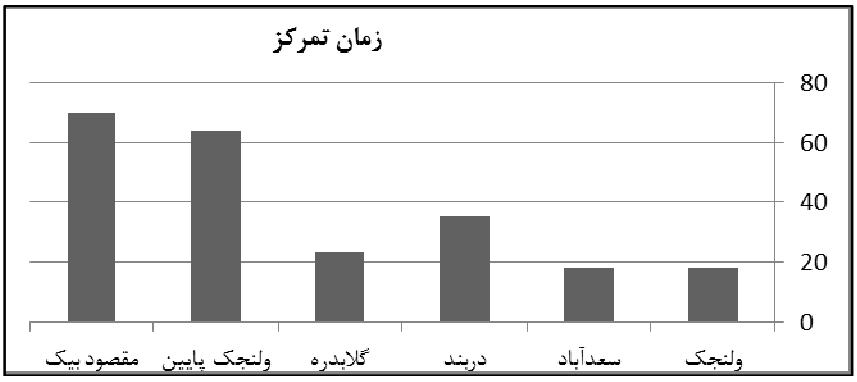
می‌شوند. از مزایای استفاده از تکنیک توسعه کم اثر مقرون به‌صرفه بودن و مزیت‌های زیبایی‌شناختی و زیست‌محیطی دارند. LID ها تغییرات کم‌تری در نواحی توسعه ایجاد می‌کنند، ویژگی‌های طبیعی را حفظ می‌کنند و می‌توانند نسبت به سیستم‌های سنتی کنترل رواناب از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه‌تر باشند (UFC, 2015).

نتایج و بحث

نتایج محاسبه رواناب روزانه با روش جاستین و زمان تمرکز در حوضه‌های مورد مطالعه نشان داد که غیر از حوضه‌های ولنجک و مقصودبیک، حداکثر زمان تمرکز در سایر حوضه‌ها کمتر از ۳۰ دقیقه می‌باشد. مقایسه موارد فوق با شرایط توپوگرافی و شبکه مسیل‌های موجود نشان داد که شبکه هنگام بارندگی، کل رواناب تولید شده به سمت مسیل‌ها زهکشی نمی‌شوند زیرا مسیل‌ها بر خطوط بزرگ‌ترین شیب، منطبق نیستند بلکه، بر خط‌القعرهای قدیمی انطباق دارند. مقایسه خطوط تمرکز منطقه یک و سه، با شبکه مسیل‌ها، حاکی از عدم انطباق خطوط زهکشی با شبکه مسیل‌های فعلی است. هم‌چنین به دلیل گسترش ساخت‌وسازها و تغییر کاربری در سطح شهر و گسترش شبکه کوچه‌ها و خیابان‌ها نظم مورفولوژیکی شهر به‌هم خورده، به‌طوری‌که مشاهده انطباق خطوط زهکشی با شبکه شریان‌های ارتباطی مانند خیابان‌ها و اتوبان‌ها نشان می‌دهد که این شبکه‌ها نیز در هدایت رواناب نقشی به‌عهده دارند. به بیانی دیگر، اتوبان‌های شمالی– جنوبی مانند شهید مدرس، شهید چمران و یادگار امام و خیابان‌های عریض شمالی ـ جنوبی مانند ولیعصر و دکتر شریعتی، منطقه یک و سه تهران را زهکشی می‌کنند و رواناب را به جنوب و جنوب شرق هدایت می‌نمایند، در حالی‌که اتوبان‌ها و خیابان‌هایی با جهت شرقی ـ غربی، مانند میرداماد، دولت، شهید باهنر، سیلاب‌ها و رواناب‌های شهری به مناطقی که در مسیر این جریان‌ها نیستند، را گسترش می‌دهند و باعث افزایش صدمات ناشی از سیلاب‌ها و رواناب‌های شهری می‌شوند.

در این مطالعه دو شریان مهم یعنی خیابان شریعتی و اتوبان مدرس برای مکانیابی جهت کنترل و جمع‌آوری رواناب توسط سیستم‌های زیستی انتخاب شدند. زیرا هم از شریان‌های اصلی و مهم و پرتردد این منطقه هستند و هم با انطباق نتایج نقشه‌های میزان رواناب به روش‌های مختلف در قبل با نقشه شهری منطقه، نشان می‌دهد که مقدار قابل توجه رواناب تولید شده در این دو مسیر را می‌توان هدایت و کنترل و جمع‌آوری کرد.

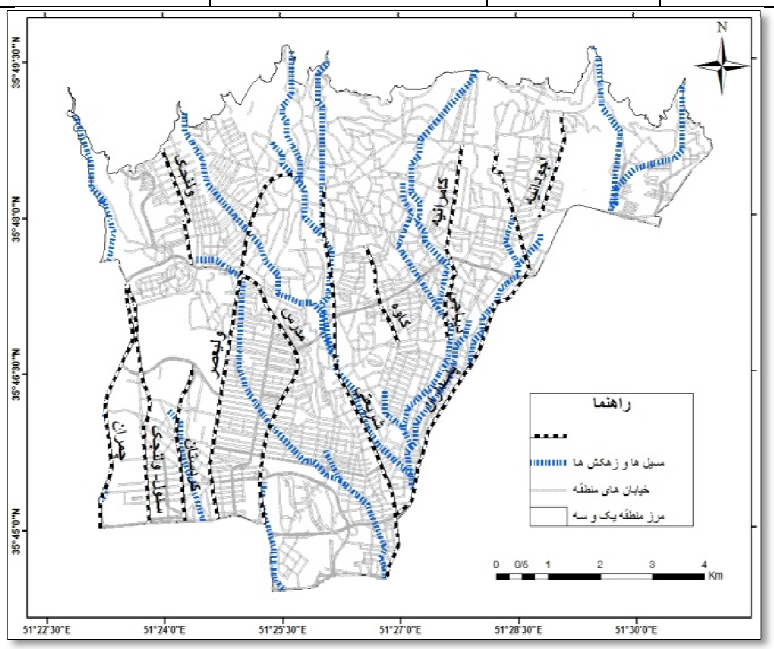
عمل مکان‌یابی در راستای این دو شریان انجام شده است. برای ارزیابی و تصحیح این انتخاب از گزارش‌های آب‌گرفتگی بعد از بارش، موجود در مرکز ۱۳۷ شهرداری تهران استفاده شد. بررسی داده و نقشه‌های موجود در این مرکز که ارتباط مستقیمی با گزارش‌های مردم محلی دارد، نشان داد که منطقه مورد مطالعه یکی از بیش‌ترین آمارهای گزارش آب‌گرفتگی بعد از بارش را دارد. آمارهای این مرکز نشان داد که دو ناحیه از مناطق مورد مطالعه یک و سه بیش‌ترین گزارش آب‌گرفتگی را دارند (شکل۶) که شامل ناحیه ۲ در منطقه سه و ناحیه ۷ در منطقه یک هستند. به‌طور مشخص در منطقه یک محدوده قیطریه از میدان قدس تا پل صدر و پل رومی و در منطقه سه خیابان‌های شریعتی، ظفر، مدرس، اسفندیار، ولیعصر، تقاطع مدرس و صدر بیش‌ترین آب‌گرفتگی را در هنگام بارش دارند. پس انتخاب این دو خیابان از نظر حجم روانابی که در آن‌ها تولید می‌شود؛ برای کنترل و جمع‌آوری آن با سیستم‌های زیستی بسیار مناسب و قابل قبول بود.



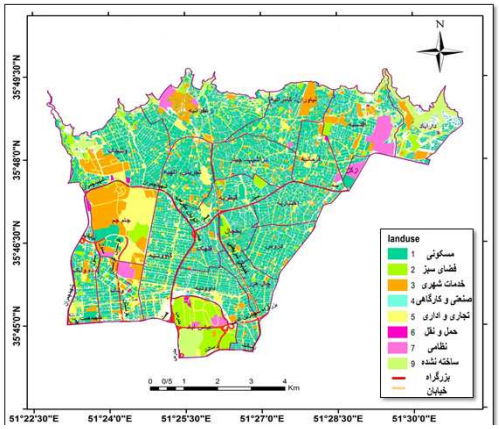
شکل۲: محاسبه زمان تمرکز به دقیقه در زیر حوضه‌های طبیعی و شهری

جدول۱: محاسبه رواناب روزانه با روش جاستین برای حداکثر بارش روزانه

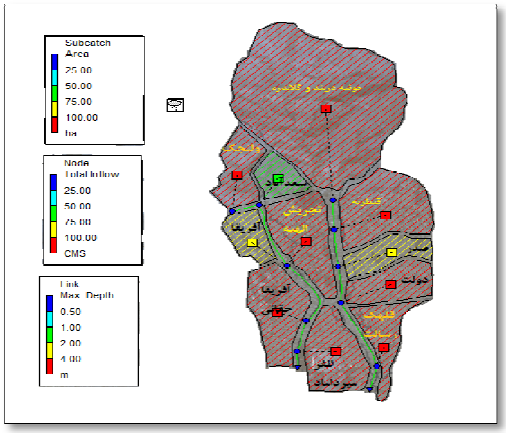
نام حوضه	مساحت (هکتار)	رواناب با بارش ۴۰ میلی‌متر	رواناب با بارش ۵۰ میلی‌متر
ولنجک	۴۴۵/۷۳	۱۹/۷۷	۳۰/۸۹
سعدآباد	۲۳۵/۹۳	۱۹/۵۱	۳۰/۴۹
دربند	۲۳۱۲/۰۳	۱۹/۲۹	۳۰/۱۴
گلابدره	۶۹۲/۶۱	۲۰/۳۰	۳۱/۷۲
ولنجک پایین	۱۸۳۳/۱۱	۱۶/۸۵	۲۶/۳۳
مقصود بیک	۱۶۱۶/۹۵	۱۴/۹۰	۲۳/۲۹



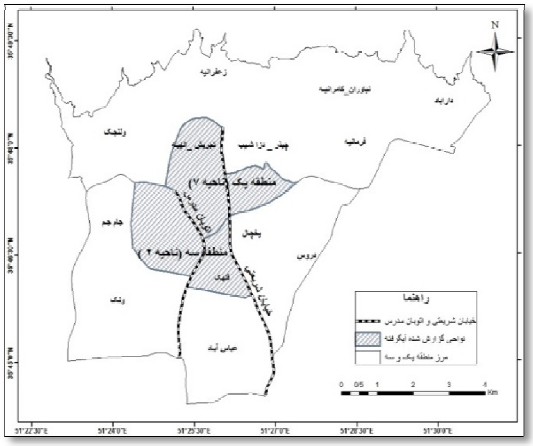
شکل۳: انطباق خطوط زهکشی با خیابان‌های شمالی – جنوبی در منطقه یک و سه تهران



شکل٤: کاربری منطقه یک و سه



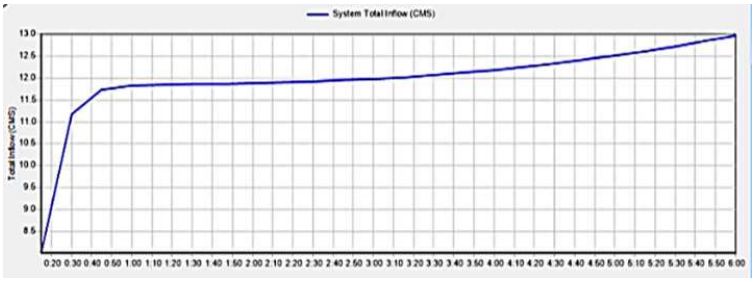
شکل٥: شماتیک حوضه‌بندی و زهکش منطقه در نرم‌افزار SWMM



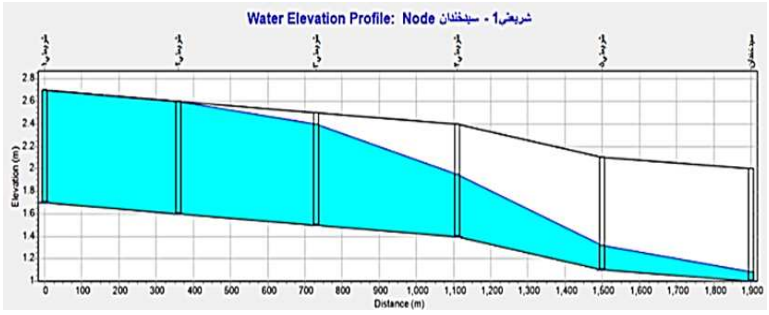
شکل٦: انطباق دو خیابان شریعتی و مدرس با محدوده‌های گزارش آبگرفتگی

در این پژوهش از روش سیستم ماند بیولوژیکی و جوی باغچه، استفاده شد که می‌تواند در جمع‌آوری رواناب قابل توجه و مهم باشد. روش سیستم ماند بیولوژیکی برای یک بارش از سری‌های زمانی تحقیق به‌صورت تصادفی اجرا شده است. به‌منظور بررسی میزان تاثیر عمق ذخیره این سیستم در کاهش دبی پیک رواناب، مدل‌سازی با عمق ذخیره ۷۰ سانتی‌متری مورد ارزیابی قرار گرفت و هم‌چنین از عوامل تاثیرگذار دیگر مانند تاثیر پوشش سطح با تغییر پارامتر ضریب مانینگ سطح حوضه با ضریب مانینگ ۰/۰۱۱ مورد بررسی قرار گرفته است. هیدروگراف نقطه خروجی در هر سری زمانی و پروفیل طولی آبراهه در دو مسیر مطالعه به‌دست آمد. برای نمونه در سری زمانی چهارم در تاریخ ۲۹/۱۰/۲۰۱۱ که در مجموع ۲۴ ساعت ۶۷ میلیمتر بارش اتفاق افتاده ، مقدار دبی پیک برای سری زمانی فوق ۱۵.۸۴ مترمکعب در هر ثانیه است (شکل ۷). شکل ۸ نیز پروفیل طولی خیابان شریعتی و پتانسیل تولید رواناب را نشان می‌دهد. در جدول ۲ میزان دبی پیک با واحد مترمکعب بر ثانیه، درصد مقدار رواناب سطحی و مسیر جریان برای ۶ سری زمانی گردآوری شده است.

نتایج دستور LID در روش سیستم ماند بیولوژیکی و جوی باغچه نشان داد که می‌تواند در جمع‌آوری رواناب، کاهش و حتی در مدیریت رواناب بسیار قابل توجه و مهم باشد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود اجرایLID در کاهش جریان رواناب موثر بوده است. برای مکانیابی ۴ پارامتر اصلی شامل شیب منطقه، ناهمواری منطقه، کاربری منطقه، فاصله از خیابان، دخیل بودند که ابتدا هر پارامتر به‌صورت جداگانه محاسبه و با استفاده از توابع شرطی مکان‌یابی شدند. نتایج حاصل از مکان‌یابی در شکل ۹ ارائه شده است. در اولویت اول، تمام شرطها شامل شیب و ضریب ناهمواری، فاصله از خیابان و کاربری فضای سبز به صورت مطلق، برقرار است و شامل قسمت‌های فضای سبز در پارک‌های آب و آتش، ملت و قیطریه می‌باشند. اولویت‌های بعدی شامل مسیر شریعتی و حوضه‌های بالادست، مکانیابی سیستم زیستی شامل، محدوده میدان تجریش: تعبیه سیستم در ابتدا یا انتهای خیابان‌های شمالی جنوبی فناخسرو و غلام جعفری، خیابان جلالوند، در خیابان سعدآباد و در جنوب میدان تجریش، خیابان‌های مقصودبیک، انتهای خیابان دهقان؛ در محدوده قیطریه تقاطع خیابان قیطریه و شریعتی و حدفاصل آن تا پل رومی؛ محدوده پل‌صدر و اطراف آن؛ در محدوده خیابان‌های رودکی و عطاری مقدم؛ محدوده خیابان دولت- سفارت انگلیس؛ خیابان‌های زرکنده و یخچال؛ بلوار شهرزاد، پارک پایداری می‌باشند.



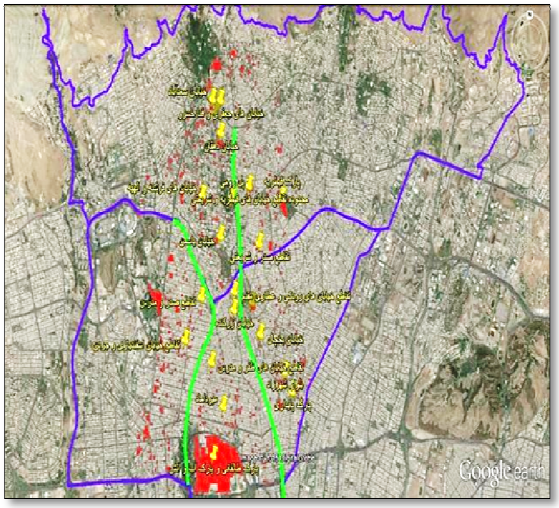
شکل۷: هیدروگراف نقطه خروجی سری زمانی چهارم



شکل۸: پروفیل طولی خیابان شریعتی

جدول۲: کاهش رواناب بعد از اجرای روش سیستم زیستی

	دوره‌های زمانی	پیک رواناب (درصد)	رواناب سطحی(درصد)	کاهش رواناب‌سطحی(درصد)
۱	۲۰۱۴/۰۴/۲۳	۳/۶۶	۰/۰۸	۰/۰۶
۲	۲۰۱۳/۰۱/۲۹	۷/۲	۰/۱۶	۰/۲
۳	۲۰۱۲/۰۳/۲۸	۱۰/۷۸	۰/۰۸	۰/۰۶
۴	۲۰۱۱/۱۰/۲۹	۱۵/۸۴	۰/۱۳	۰/۱
۵	۲۰۱۰/۰۴/۲۹	۳/۶۶	۰/۱۰	۰/۰۴
۶	۲۰۰۷/۱۰/۰۷	۵/۷۴	۰/۱۶	۰/۲



شکل۹: مکان‌های مناسب جهت اجرای روش جمع‌آوری زیستی به‌ترتیب اولویت‌بندی

نتیجه‌گیری

مقدار رواناب در حوضه‌های طبیعی به ترتیب در حوضه‌های ولنجک، سعدآباد، گلابدره و دربند بیش‌ترین مقدار را داشتند و این ترتیب حوضه‌ها، ناشی از ابعاد آن ها می‌باشد. در حوضه دربند به دلیل این‌که مساحت، طول حوضه و کشیدگی بیش‌تری نسبت به بقیه دارد، هم‌چنین پوشش خاکی و گیاهی قابل توجه است، بارش؛ دیرتر نسبت به بقیه حوضه‌ها تبدیل به رواناب شده و دیرتر به نقطه اوج رسیده و سیلابی می‌شود. ولی در حالت کلی، کلیه حوضه‌های بالادست با توجه به ضریب گراولیوس آنها، همه نزدیک به شکل دایره‌ای هستند، پس میزان سیلابی شدن در آن‌ها بالاست. با توجه به این‌که، حوضه‌های گلابدره، سعدآباد و دربند در نقطه خروجی در منطقه میدان تجریش به یکدیگر می پیوندند و تشکیل مسیل مقصود بیک را می‌دهند و وارد منطقه یک و سه می‌شوند؛ علاوه برآن، مرز این حوضه‌های طبیعی، در نقاط متصل به مناطق شهری و حتی بالاتر، بر اثر تسطیح زمین و شهرسازی از بین‌رفته و دارای سابقه رواناب و سیلاب‌های قابل توجهی هستند؛ می‌توان گفت این حوضه‌ها در تولید رواناب در نقاط شهری پایین‌دست خود نقش بالایی دارند به‌طوری که خیابان‌ها علاوه بر رواناب تولید شده در سطح خودشان، رواناب بالادست خود را نیز حمل می‌کنند. یکی از اقدامات جهت جمع‌آوری رواناب، استفاده از سیستم‌های زیستی می‌باشد. تعبیه این سیستم و مشاهده آثار آن بر رواناب شکل گرفته در دو مسیر، خیابان شریعتی و اتوبان مدرس، با نرم‌افزار SWMM انجام شد، بعد از اجرای آن، مشاهده شد که جمع‌آوری رواناب بعد از تعبیه این سیستم‌ها، روند کاهشی دارد و نتایج مثبت در مدیریت رواناب منطقه یک و سه خواهند داشت. سیستم‌های زیستی نیز خود دارای شرایطی هستند از لحاظ ابعاد، نوع و ضخامت گیاه و خاک کاربرده شده در آن‌ها، مقدار فضایی که اشغال می‌کنند و زمینی که باید جز املاک شهری و خصوصی نباشد، بلکه، فضاهایی که زمین از آن شهرداری است، اجرا شوند. رواناب جمع‌آوری شده در مصارف گوناگون و با کیفیت‌های مختلف قابل استفاده است، از جمله آبیاری فضای سبز، خیابان‌ها و اتوبان‌ها به‌ویژه اتوبان مدرس، مخازن آتش‌نشانی، حوضچه‌ها و دریاچه‌های مصنوعی استفاده خواهد داشت. این سیستم‌ها در شیب‌های بین

۵ تا ۲۰ درصد قابل اجرا هستند و فضای موردنیاز آنها از مکان‌هایی چون پارکینگ‌ها، میادین، پیاده‌روها، پارک‌ها، و مسیر زهکش‌ها، سیلاب‌ها و مسیل‌ها قابل تامین می‌باشد.

کتابشناسی

۱. آبشناسان،ز؛ خداشناس، س؛ علیزاده، ا؛ داوری، ک؛ اکبری، م؛ (۱۳۹٤). تعیین مکان مناسب جهت جمع‌آوری رواناب باران در یک حوضه، مطالع موردی: حوضه آبخیز دو آبی کلات. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال پنجم، شماره نوزدهم؛

۲. بمانیان،م؛ متوسلی، م؛ حبیب‌پور، ع؛ (۱۳۸۷). بررسی ضرورت‌ها و اهداف ایجاد سامانه‌های آبرسانی و آبیاری. مجموعه مقالات سومین همایش ملی فضای سبز و منظر شهری، ویژه نامه شماره ۲۷؛

۳. بشری،م؛ کاوسی، م؛ دلفاردی، ص؛ (۱۳۹۱). روشهای سنتی استحصال آب باران در سیستان و بلوچستان. اولین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران. شماره شناسایی **A-10-130-3**؛

٤. تاجبخش،م؛ طباطبایی،ج؛ توسلی،ا؛ صفدری،ع؛ سمیعی، م؛ (۱۳۹۲). استفاده از رواناب‌های سطوح سنگی در آبیاری تکمیلی، مطالعه موردی ارتفاعات جنوبی مشهد. اولین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران. شماره شناسایی **A-10-235-1**؛

۵. حیدری،ه.کاویانپور اصفهانی،م.پورحسن زارع،م.۱۳۹۳. بررسی تاثیر بکارگیری سیستم های جمع آوری آب باران درمناطق با اقلیم گرم و خشک، جهت مصارف آبیاری فضای سبز خانگی. پانزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، شناسه مقاله: **CESC15_576**؛

٦. دستورانی، م. ۱۳۸۷. ارزیابی روش‌های نوین و پایدار در تامین آب برای توسعه فضای سبز، مجموعه مقالات سومین همایش ملی فضای سبز و منظر شهری، ویژه نامه شماره ۲۷ ضمیمه ماهنامه ۸۸؛

۷. دستورانی، م (۱۳۹۲). بررسی امکان جمع‌آوری آب از سطح جاده‌ها و بزرگراهها جهت ایجاد فضای سبز در مناطق خشک و نیمه خشک. مجله سامانه‌های سطوح آبگیر باران ، سال اول، شماره ۳؛

۸. دهداری‌فر، م؛ طاعت‌پور، ف؛ رضایی، ز؛ کاظمی، ب (۱۳۹۲). بررسی مدیریت رواناب شهری در پیشگیری از آلودگی سفره آب زیرزمینی. اولین همایش ملی آلاینده‌های کشاورزی و سلامت غذایی، چالشها و راهکارها. کد مقاله: **ACFS01_120**؛

۹. رزمجوئی،ن؛ مهدوی، م؛ ساروی، م؛ معتمدوزیری، ب (۱۳۹۱). بررسی پاره‌ای از روابط تجربی در برآورد زمان تمرکز (مطالعه موردی: حوضه آبخیز وردیج استان تهران). مجموعه مقالات اولین همایش سطوح آبگیر ایران. شماره مدرک :۳۹۳۷٦۳۱؛

۱۰. شاهینی،غ. (۱۳۸۹).نقش سیستم‌های سطوح آبگیر باران در ایجاد فضای سبز شهری در مناطق خشک. **http://habibies.blogfa.com**؛

۱۱. شرکت مانا صنعت. مدیریت آب‌های سطحی شهرک سجادیه تهران. **www.manasanat.com**؛

۱۲. طباطبایی یزدی،ج؛ قدسی، مسعود؛ حقایقی، ا؛ رهنورد، م؛ (۱۳۸۵). استحصال آب باران، روشی برای مدیریت بر بارندگی در مناطق خشک. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب. کد**I** مقاله: **WRM02_087**؛

۱۳. طباطبایی یزدی،ج.حقایقی مقدم،ا. قدسی،م. افشار،ه. ۱۳۸۹. استحصال آب باران برای آبیاری تکمیلی گندم دیم در منطقه مشهد. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ،۲٤شماره ۲، ص ۲۰۷-۱۹۸؛

۱٤. علیزاده،الف (۱۳۹۱). اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع). چاپ بیست و هشتم . ص۵۸٤؛

۱۵. قدوسی،ج (۱۳۸٦). بررسی روش‌های تامین و بهینه‌سازی مصرف آب برای فضاهای سبز پیرامون شهری. سومین همایش ملی فضای سبز و منظر شهری، کد مقاله: **NCULG03_025**

۱٦. قدمی، م. پورحسن، م (۱۳۹۲). بهره‌برداران از رواناب‌های سطحی محدوده داخل و پیرامون پارک طبیعت پردیس مشهد. مجله سامانه‌های سطوح آبگیر باران ، سال اول، شماره ۳، صفحه:٤۵-۵۳؛

۱۷. قهرودی، م؛ درفشی، خ (۱۳۹٤). بررسی آشفتگی در الگوی خطر سیلاب در تهران. مجله تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دوم،

شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹٤. صفحات ١٦-١؛

۱۸. موسوی نژادم (۱۳۹۰). اجرای طرح چگونگی بهره‌وری صحیح از آب باران در فضای سبز مناطق شهری و جلوگیری از آب گرفتگی معابر در هنگام بارندگی در سطح شهر سمنان. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، کد خبر ۱۷۱۳۳؛

۱۹. مختاری،ع (۱۳۹٤). استفاده از پساب‌ها، رواناب‌ها و بهره‌مندی از سیستم‌های تصفیه فاضلاب محلی جهت آبیاری فضای سبز پایتخت. شهردار آنلاین، پایگاه جامع اطلاع‌رسانی مدیریت شهری، کد خبر:۱۰٤۰۳؛

۲۰. واحدی، س؛ قطبی راوندی، م (۱۳۹۱). استحصال آبهای سطحی جهت آبیاری و زیباسازی فضای پارک پردیس مشهد. اولین کنفرانس ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، **A-10-232-1**؛

21. Lancaster, B. (2008), Rainwater Harvesting for Dryland and Beyond. Rainsource Press. 448 p;

22. Shang J., J. P. Wilson. (2009), Watershed urbanization and changing flood behavior across the LosAngeles metropolitan region. Natural Hazard 48: pp. 41 -57;

23. Liu Y.B., F. De Smedt, F. Hoffmann and L. Pfister. (2004), Assessing land use impact on floodprocesses in complex terrain by using GIS and modeling approach. Environmental modeling and assessment 9: pp. 227-235;

24. Campana N. A. and E. M. C. Tucci. (2001), Predicting floods from urban development scenarios: Case study of the Diluvio basin, Porto Alegre, Brazil. Urban Water 3: pp. 113-124;

25. Nirupama N. and S. P. Simonovic. (2007), Increase of flood risk due to urbanization: A Canadianexample. Natural Hazards. 40, pp. 25-41;

26. Prince George's county, (1999), Low-Impact Development Design Strategies an Integrated Design Approach, Maryland, Department of Environmental Resources, Programs and Planning Division.chapter1. Page (1-3), chapter2. Page (2-4);

27. Unified Facilities Criteria (UFC).(2015), Low Impact Development.Chapter 1.Page (1-5).