



استفاده بهینه بهترین راهکارهای مدیریتی (BMPs) در کاهش خطر سیلاب‌های شهری (مطالعه موردی: حوضه شمال شرقی تهران)

سیدمحمد امین جواهری^۱، سارا نظیف^{۲*}

چکیده

مدیریت رواناب‌های شهری یکی از مباحث روز در زمینه توسعه زیرساخت‌های شهری می‌باشد. عدم مدیریت صحیح این زیرساخت‌ها می‌تواند مشکلات جدی در بخش‌های مختلف به وجود آورد. بهترین راهکارهای مدیریتی (BMPs) از جمله روش‌های نوینی می‌باشند که جهت مدیریت رواناب‌های شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مطالعه حاضر عملکرد سیستم زهکشی اصلی آب‌های سطحی یکی از حوضه‌های شهری شمال شرق تهران در برابر بارش طرح ۱۰۰ ساله مورد بررسی قرار گرفته و برای اصلاح و بهبود نقایص موجود در این سیستم، استفاده از BMPها پیشنهاد شده است. با بررسی فضاهای موجود منطقه برای اجرای این راهکارها، یک مدل بهینه‌سازی جهت مکان‌یابی بهینه BMPها تدوین و به کمک الگوریتم ژنتیک حل شده است. نتایج نشان‌دهنده اثرگذاری مطلوب توسعه این راهکارها در کاهش حجم سیلاب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مدیریت رواناب شهری، سیلاب‌های شهری، BMPs، بهینه‌سازی، الگوریتم ژنتیک

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

۲- استادیار دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

* نویسنده مسئول: s.nazif@ut.ac.ir

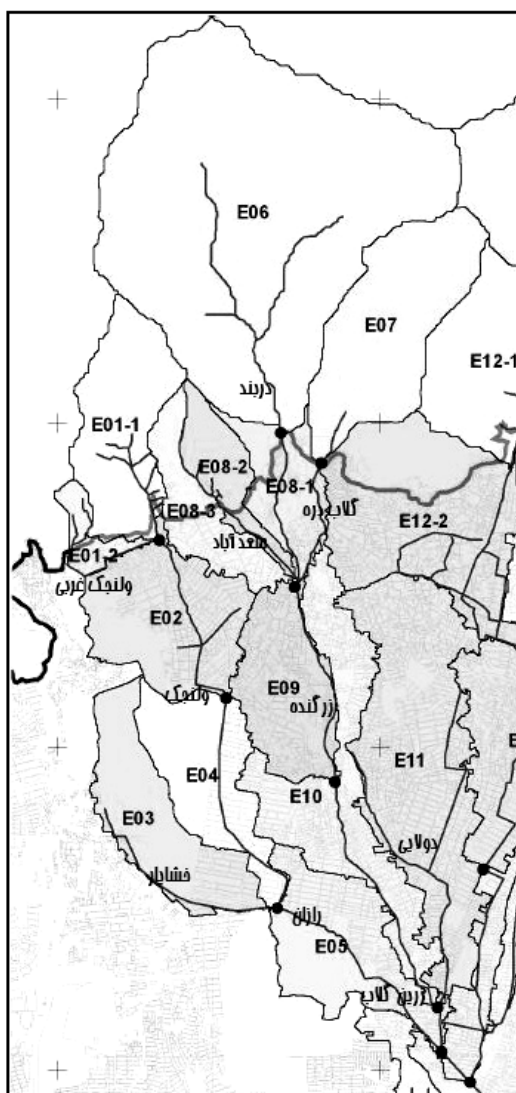
۱- مقدمه

به دلیل توسعه‌ی شهرنشینی، نواحی شهری به‌طور پیوسته دچار افزایش سطوح نفوذناپذیر شده‌اند. افزایش نفوذناپذیری، باعث افزایش حجم و افزایش دبی پیک رواناب‌ها شده است که پیامدهای منفی قابل توجهی را به همراه دارد. به همین جهت مدیریت صحیح این رواناب‌ها یکی از مباحث مهم و به‌روز در زمینه‌ی زیرساخت‌های شهری است. امروزه سعی می‌شود عملکردهای مدیریتی در یک حوضه آبریز به کار گرفته شوند تا اهداف موردنظر در کاهش دبی جریان و آلاینده‌های رواناب قابل دستیابی باشند (فلاحی زرنندی ۱۳۹۲). در مدیریت نوین سیلاب سعی می‌شود تا با توجه به شرایط اقلیمی، کم‌هزینه‌ترین راهکار ارائه شود. این راهکارها که به نام «بهترین راهکارهای مدیریتی» یا BMPs شناخته می‌شوند، در واقع تکنیک‌های طراحی هستند که برای دستیابی به شرایط مطلوب هیدرولوژیکی مناطق توسعه‌یافته استفاده می‌شوند. از جمله BMP های شناخته‌شده می‌توان به سلول‌های ماند بیولوژیکی، حوضچه‌های ماند، جوی باغچه‌ها، ترانشه‌های نفوذ، روسازی نفوذپذیر، بام‌های سبز و بشکه‌های کوچک ذخیره آب باران در منازل اشاره کرد که بر پایه اصول افزایش سطوح نفوذناپذیر، غربالگری، ته‌نشینی و فرایندهای بیولوژیکی همانند جذب و جذب سطحی، علاوه بر کاهش حجم رواناب، باعث افزایش قابل توجه کیفیت آن نیز می‌شود.

مطالعات مختلفی بر روی انواع BMP ها و تأثیر آنها بر روی رواناب‌های شهری انجام گرفته است. Urban Drainage and Flood Control District (2010) نحوه انتخاب، طراحی، اجرا و نگهداری انواع BMP ها را جهت بهبود کمی و کیفی رواناب سطحی بیان کرد. James and Dymond (2012) نشان دادند سلول‌های

ماند بیولوژیکی می‌توانند عملکرد هیدرولوژیکی حوضه را بهبود بخشند. Chahar., Graillot and Gaur (2012) تأثیر ایجاد ترانشه‌های نفوذ در بهبود عملکرد یک سیستم زهکشی شهری را مورد مطالعه قرار دادند. Karamouz., Hosseinpour and Nazif (2011) اثر توسعه فضاهای سبز و ساخت حوضچه‌های ماند را بر روی عملکرد سیستم زهکشی با در نظر گرفتن اثرات تغییر اقلیم مطالعه کردند. Damodaram and Zechman (2013) تأثیر بشکه‌های ذخیره آب باران و روسازی‌های نفوذپذیر را در کاهش دبی پیک رواناب با در نظر گرفتن هزینه ساخت آن‌ها بررسی کردند. Walsh., Pomeroy and Burian (2014) بشکه‌های ذخیره آب باران را در کاهش رواناب سطحی و ایجاد یک منبع تأمین آب مورد مطالعه قرار دادند. Zahmatkesh et al. (2015) اثرات تغییر اقلیم بر روی رواناب سطحی را بررسی کرده و تأثیر اجرای BMP ها در کاهش این اثرات را مورد مطالعه قرار دادند.

در مطالعه‌ی حاضر ابتدا سیستم زهکشی اصلی آب‌های سطحی یکی از حوضه‌های شهری شمال شرق تهران در مدل EPA-SWMM (Rossman 2010) توسعه داده شده، سپس عملکرد این سیستم در برابر بارش طرح ۱۰۰ ساله مورد بررسی قرار گرفته و نقاط ضعف آن شناسایی شده است. در ادامه برای اصلاح و بهبود نقایص موجود در این سیستم، چهار BMP جوی باغچه، سلول ماند بیولوژیکی، روسازی نفوذپذیر و ترانشه نفوذ برای احداث در سیستم در نظر گرفته شده‌اند. سپس یک مدل بهینه‌سازی به منظور حداقل کردن سیلاب در گره‌های سیستم زهکشی و با در نظر گرفتن فضاهای موجود منطقه برای اجرای BMP ها و هزینه احداث آن‌ها توسعه داده شده است. در نهایت مدل بهینه‌سازی فوق به کمک الگوریتم ژنتیک حل شده و مکان و مساحت بهینه هر یک از چهار BMP به دست آمده است.



شکل (۱). سیستم زهکشی منطقه مورد مطالعه

۲- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه به مساحت ۷۲ کیلومترمربع در شمال شرق تهران و در محدوده‌ی مناطق ۱ و ۳ شهرداری واقع شده است. این حوضه از نواحی برون‌شهری و کوهستانی شمال تهران آغاز شده و تا بزرگراه رسالت ادامه می‌یابد.

تعداد و مرز زیر حوضه‌ها و تعداد کانال‌ها در منطقه مورد مطالعه، مطابق با مطالعات طرح جامع مدیریت آب‌های سطحی تهران که توسط شرکت مه‌اب قدس (۱۳۹۰) انجام شده، در نظر گرفته شده است. کانال‌های دریاد، گلآبدره، سعدآباد، زرگنده (مقصود بیک)، دولابی، ولنجک، خشایار، رازانو زرین کانال‌هایی هستند که سیستم زهکشی این منطقه را تشکیل می‌دهند. نقطه خروجی این سیستم زهکشی، محل تقاطع کانال‌های زرگنده و زرین در نزدیکی پل سیدخندان است. در شکل (۱) سیستم زهکشی منطقه شامل نحوه تقسیم‌بندی زیر حوضه‌ها و محل کانال‌ها نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، کل منطقه به ۱۴ زیر حوضه تقسیم شده است که زیر حوضه‌های E01-1، E06 و E07 زیر حوضه‌های برون‌شهری و سایر کانال‌ها به ۶۶ کانال با سطح مقطع و ویژگی‌های مختلف تقسیم شده‌اند؛ به‌طوری‌که عمده کانال‌ها به‌صورت روباز با مقطع مستطیلی و با پوشش بتنی یا سنگی با ملات ماسه سیمان می‌باشند.

در شبیه‌سازی منطقه به‌وسیله مدل SWMM، فرایندهای بارش/رواناب و روندیابی جریان در نظر گرفته شده و از فرایندهای ذوب برف، اثر آب زیرزمینی و بحث‌های مربوط به کیفیت آب به دلیل عدم وجود داده‌های مناسب و همچنین تأثیر کم آن‌ها بر روی نتایج و تأکید مقاله بر مدیریت کمی رواناب صرف نظر شده است. روند یابی جریان در کانال‌ها با استفاده از روش موج سینماتیکی صورت گرفته و از روش Curve Number جهت مدل‌سازی تلفات بارش استفاده شده است.

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- محاسبه بارش طرح

تداوم، شدت، توزیع زمانی و توزیع مکانی بارندگی چهار مشخصه بارش طرح هستند که لازم است تعیین شوند (مه‌اب قدس ۱۳۹۰). در این مطالعه بارش طرح ۱۰۰ ساله مدنظر قرار گرفته است. تداوم بارش طرح با تعیین زمان تمرکز زیر حوضه‌ها محاسبه گردید که این مقدار برابر با ۱۰۰ دقیقه به‌دست آمده است. شدت بارش طرح مطابق با گزارش‌های طرح جامع مدیریت آب‌های سطحی تهران (مه‌اب قدس ۱۳۹۰) و الگوی زمانی بارش

۳-۳- مدل بهینه‌سازی

برای مکان‌یابی و به‌دست‌آمده آوردن مساحت بهینه BMP ها در این مطالعه، یک مدل بهینه‌سازی باهدف کاهش حجم سیلاب و با در نظر گرفتن هزینه‌های ناشی از احداث BMP ها به‌صورت زیر توسعه داده شده است:

$$\text{Min } Z = \left(\sum_{k=1}^N \frac{VF_k}{VF'_k} \right) \quad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^V \sum_{i=1}^F C(X_{ij}) \leq \text{Maximum_Cost} \quad (2)$$

$$C(X_{ij}) = X_{ij} \cdot \text{Unit_Cost}_i \forall i, \forall j \quad (3)$$

$$\text{Maximum_Cost} = \alpha \cdot \max C \quad (4)$$

$$\max C = U_{bij} \cdot \text{Unit_Cost}_i \forall i, \forall j \quad (5)$$

$$0 \leq X_{ij} \leq U_{bij} \forall i, \forall j \quad (6)$$

در روابط فوق، VF_k و VF'_k به ترتیب حجم سیلاب در نقطه k ام قبل و پس از اعمال BMP ها، N تعداد کل نقاط سیلابی در حوضه، X_{ij} مساحت BMP شماره i که در زیر حوضه j قرار دارد، $C(X_{ij})$ هزینه اجرای BMP i ام در زیر حوضه j ام، Unit_Cost_i هزینه احداث و نگهداری هر واحد BMP شماره i ، Maximum_Cost حداکثر هزینه‌ای است که برای احداث BMP ها تخصیص داده شده است، $\max C$ بیش‌ترین هزینه ممکن اجرای BMP ها که وقتی اتفاق می‌افتد که تمام BMP ها در همه زیر حوضه‌ها با حداکثر مساحت و طول ممکن قرار می‌گیرند، α ضریبی که بیان می‌کند تا چه میزان از حداکثر هزینه ممکن برای احداث BMP ها می‌تواند هزینه شود، U_{bij} حداکثر مساحت BMP شماره i که می‌تواند در زیر حوضه j قرار گیرد، می‌باشند. اندیس i شماره BMP است که به ترتیب از ۱ تا ۴ بیان‌گر جوی باغچه، سلول ماند بیولوژیکی، روسازی نفوذپذیر، و ترانشه نفوذ می‌باشد. اندیس j شماره زیر حوضه را نشان می‌دهد.

با استفاده از روش بلوک‌های متوالی (رضیئی ۱۳۷۹) تعیین شده‌اند. در این مطالعه به علت کوچک بودن مساحت حوضه مطالعاتی، توزیع بارش در سرتاسر حوضه یکسان در نظر گرفته شده است.

۳-۲- بهترین راهکارهای مدیریتی (BMPs)

تحقیقات قبلی صورت گرفته در حوضه مورد مطالعه (فلاحی زرنندی ۱۳۹۲، مه‌باب قدس ۱۳۹۰، سلطانی ۱۳۸۸)، استفاده از چهار نوع BMP شامل جوی باغچه، سلول ماند بیولوژیکی، روسازی نفوذپذیر و ترانشه نفوذ را در این حوضه پیشنهاد داده‌اند و به همین دلیل در مطالعه حاضر از این BMP ها جهت کاهش سیلاب ناشی از بارش طرح استفاده شده است. جوی باغچه‌ها^۱ آبراهه‌هایی با پوشش گیاهی، کانال‌هایی عریض و کم‌عمق می‌باشند که سبب کاهش سرعت و حجم رواناب می‌شوند (بهروزی، نظری‌ها و نیک ۱۳۹۲). سلول‌های ماند بیولوژیکی^۲ گودرفتگی‌های سطحی کم‌عمقی شامل لایه سطحی بیولوژیکی، لایه خاک ماسه‌ای و لایه نگهداشت هستند که سبب کاهش حجم رواناب و حذف آلاینده‌ها از آن می‌شوند (فلاحی زرنندی ۱۳۹۲). روسازی نفوذپذیر^۳ یک سیستم غربالگری است که در آن رواناب از طریق یک لایه نفوذپذیر سطحی به اعماق زمین انتقال می‌یابد (اورعی زارع، تقفیان و شمسایی ۱۳۹۲). ترانشه نفوذ^۴ یک ترانشه طویل و کم‌عرض، پر شده با ذرات درشت‌دانه و قطعات سنگ است که با نگهداشت موقت رواناب در خود، زمان لازم برای نفوذ آن به داخل زمین را فراهم می‌کند (مه‌باب قدس ۱۳۹۰). میزان استفاده از هر کدام از چهار BMP فوق در حوضه مورد مطالعه، با توجه به نحوه اثرگذاری آن‌ها بر اساس مدلی که در ادامه توضیح داده خواهد شد تعیین می‌گردد.

- 1- Grassed Swale
- 2- Bio Retention Cells
- 3- Porous Pavement
- 4- Infiltration Trench

برآورد جوی‌های کنار پیاده‌روهای با عرض بیش‌تر از ۳ متر به جوی باغچه، پیاده‌روها و پارکینگ‌های روباز به روسازی نفوذپذیر، کنارگذر بزرگراه‌های ۴ باندها به بالا به ترانشه نفوذ و فضاهای خالی موجود در اطراف ساختمان‌ها، پایانه‌ها، نمایشگاه‌ها و پارک‌ها به سلول ماند بیولوژیکی اختصاص داده شده‌اند. با توجه به فضاهای موجود در هر زیر حوضه برای اجرای هر نوع BMP و همچنین با استفاده از مدل بهینه‌سازی شرح داده شده، اولویت استفاده از هر کدام از BMP‌های گفته شده مشخص می‌گردد.

مدل بهینه‌سازی فوق توسط الگوریتم ژنتیک حل شده است. در این الگوریتم، جمعیت کروموزوم‌ها در هر نسل ۱۰۰ در نظر گرفته شده است. برای انتخاب کروموزوم‌های والد از عملگر انتخاب قطع سر (Jebari and Madiafi 2013)، برای تزویج آن‌ها از عملگر تزویج مسطح (Radcliffe 1991) و برای اعمال جهش از عملگر جهش یکنواخت (تولید عدد تصادفی با استفاده از توزیع یکنواخت) استفاده شده است. معیار همگرایی الگوریتم نیز عدم تغییر مقدار برازش بهترین کروموزوم در ۵۰ نسل متوالی تعریف شده است.

با توجه به شکل (۱) و این که حوضه‌های E01-1، E01-2، E06، E07، E08-1، E08-2 و E08-3 عموماً در قسمت برون‌شهری و کوهستانی واقع شده‌اند، امکان احداث و اجرای BMP‌ها در آن مناطق بسیار کم وجود دارد. به همین دلیل در این مطالعه از احداث BMP‌ها در آن زیر حوضه‌ها صرف‌نظر شده و صرفاً زیر حوضه‌های E02، E03، E04، E05، E09، E10 و E11 برای این منظور در نظر گرفته شده‌اند. هزینه احداث و نگهداری هر مترمربع از ۴ نوع BMP گفته شده، در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱). هزینه کلی هر مترمربع BMPs

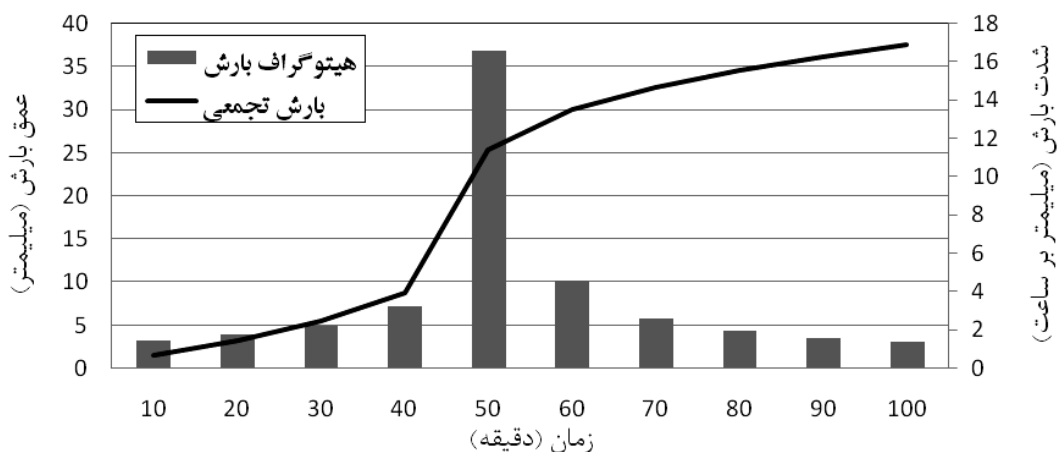
نوع BMP	هزینه (تومان)
جوی باغچه	۲۵۹۵۶
سلول ماند بیولوژیکی	۶۵۰۷۶
روسازی نفوذپذیر	۳۴۴۲۰
ترانشه‌های نفوذ	۴۹۸۳۲

منبع: فلاحی زرنندی ۱۳۹۲

حداکثر مساحت ممکن برای احداث BMP‌ها در هر زیر حوضه با بررسی نقشه‌های هوایی و همچنین مشاهدات میدانی به صورت تقریبی تعیین شده‌اند. در جدول (۲)، مقادیر تعیین شده حداکثر مساحت ممکن برای احداث BMP‌ها در هر زیر حوضه آورده شده است. در این

جدول (۲). مقدار حداکثر مساحت هر BMP در هر زیر حوضه (مترمربع)

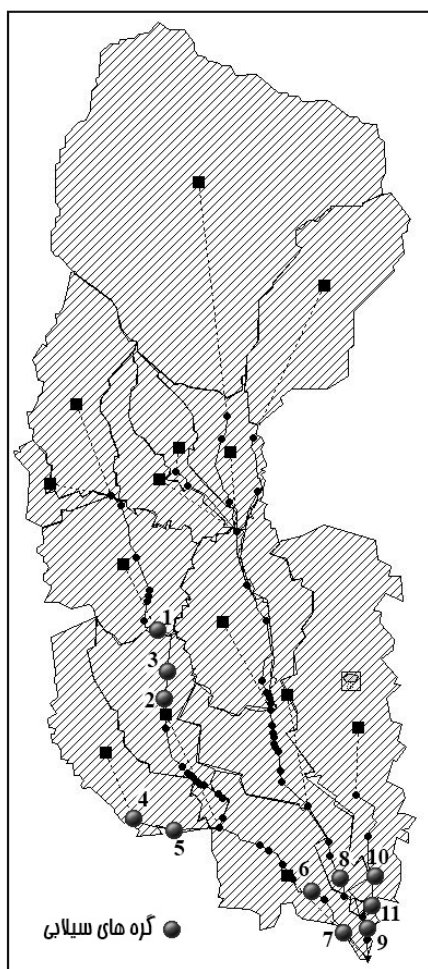
	E02	E09	E10	E11	E04	E03	E05
جوی باغچه	۱۱۰۰۰	۷۰۰۰	۱۱۰۰۰	۲۲۰۰۰	۸۰۰۰	۹۰۰۰	۷۰۰۰
سلول ماند بیولوژیکی	۱۳۰۰۰	۱۰۰۰۰	۸۰۰۰	۱۹۰۰۰	۱۴۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۱۰۰۰
روسازی نفوذپذیر	۱۶۰۰۰	۱۱۰۰۰	۱۷۰۰۰	۲۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۱۰۰۰
ترانشه نفوذ	۸۰۰۰	۹۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۵۰۰۰	۹۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۳۰۰۰
کل BMPs	۴۸۰۰۰	۳۷۰۰۰	۴۶۰۰۰	۸۱۰۰۰	۴۶۰۰۰	۴۹۰۰۰	۴۲۰۰۰
مساحت زیر حوضه	۴۷۰۰۰۰۰	۳۶۰۰۰۰۰	۵۴۰۰۰۰۰	۸۶۰۰۰۰۰	۳۷۰۰۰۰۰	۳۹۰۰۰۰۰	۴۱۰۰۰۰۰
درصد کل BMPs در هر زیر حوضه	۱/۰۲	۱/۰۳	۰/۸۵	۰/۹۴	۱/۲۴	۱/۲۶	۱/۰۲



شکل (۲). هیتوگراف و عمق تجمعی بارش طرح ۱۰۰ ساله توسعه داده شده

۴- نتایج

مطابق با آنچه که در بخش ۳-۱ توضیح داده شد، بارش طرح ۱۰۰ ساله حاکم بر محدوده مورد مطالعه محاسبه گردید. در شکل (۲) هیتوگراف و عمق تجمعی این بارش نشان داده شده است. سپس عملکرد سیستم زهکشی حوضه بر اثر این بارش مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده شده است، در ۱۱ نقطه از این سیستم حجم رواناب به وجود آمده از ظرفیت کانال‌ها بیش‌تر بوده و در نتیجه سیلاب به وجود آمده است. در جدول (۳) در ردیف سوم، حجم سیلاب رخ داده در هر کدام از این نقاط بیان شده است. مدل بهینه‌سازی توسعه داده شده در بخش ۳-۳ به منظور تعیین مساحت بهینه BMPها با در نظر گرفتن هزینه‌های ناشی از احداث آنها و باهدف کاهش حجم سیلاب به کمک الگوریتم ژنتیک حل شده است. ضریب α در این مطالعه برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شده است.



شکل (۳). گره‌های سیستم زهکشی که بر اثر وقوع بارش طرح سیلابی شده‌اند.

جدول (۳). حجم سیلاب رخ داده در گره‌های سیلابی قبل و پس از اعمال BMPs

شماره گره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
حجم سیلاب قبل از اعمال BMPs (هزار مترمکعب)	۲۰/۱۰۱	۳/۶۱۲	۸/۴۴۵	۲/۱۷۰	۱/۲۸۲	۴۴/۴۰۹	۲۶/۰۷۱	۱۰/۹۱۰	۲۳۶/۲۳۰	۶/۹۸۷	۳/۲۹۷
حجم سیلاب پس از اعمال BMPs (هزار مترمکعب)	۰/۳۰۱	۲/۰۷۳	۳/۴۸۱	۰	۰	۱۱/۲۱۳	۲۱/۴۳۹	۰	۱۵۰/۳۶۴	۰	۰
درصد کاهش حجم سیلاب (%)	۹۹	۴۳	۵۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	۱۸	۱۰۰	۳۶	۱۰۰	۱۰۰

جدول (۴). مساحت بهینه BMPs در زیر حوضه‌ها (مترمربع)

	E02	E09	E10	E11	E04	E03	E05
جوی باغچه	۲۲۰۰۰	۱۴۰۰۰	۲۲۰۰۰	۳۴۴۱۰	۰	۸۳۳۳	۰
سلول ماند بیولوژیکی	۲۱۷۲۴	۱۸۷۰۴	۹۸۹۵	۳۵۹۱۱	۸۶۲۰	۲۴۰۹۶	۰
روسازی نفوذپذیر	۹۸۵۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ترانشه نفوذ	۱۵۸۷۳	۱۸۰۰۰	۱۸۵۲۰	۱۶۹۲۲	۳۶۴۵	۱۸۹۸۷	۰
کل	۶۹۴۵۵	۵۰۷۰۴	۵۰۴۱۵	۸۷۲۴۳	۱۲۲۶۵	۵۱۴۱۶	۰
مساحت زیر حوضه	۴۷۰۰۰۰۰	۳۶۰۰۰۰۰	۵۴۰۰۰۰۰	۸۶۰۰۰۰۰	۳۷۰۰۰۰۰	۳۹۰۰۰۰۰	۴۱۰۰۰۰۰
درصد کل مساحت	۱/۴۷۷۸	۱/۴۰۸۴	۰/۹۳۳۶	۱/۰۱۴۵	۰/۳۳۱۵	۱/۳۱۸۴	۰/۰۰۰۰

در جدول (۳) حجم سیلاب در گره‌ها قبل و پس از اعمال BMPها آورده شده و درصد کاهش آن نیز در هر گره بیان شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود از ۱۱ گره سیلابی، در ۵ گره به‌طور کامل و در گره شماره یک تقریباً مشکل سیلاب برطرف شده است. در سایر گره‌ها نیز، به نسبت خیلی خوبی کاهش سیلاب داریم. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که سیستم زهکشی حوضه مورد مطالعه در قسمت شمال شرقی تهران جوابگوی بارش طرح منطقه نیست و در اثر وقوع این بارش سیلاب رخ خواهد داد. با اجرای بهینه BMPها در این حوضه، می‌توان با هزینه مناسبی، سیلاب به وجود آمده را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد.

۵- نتیجه گیری

در این مطالعه به منظور بهبود عملکرد سیستم زهکشی اصلی آب‌های سطحی یکی از حوضه‌های شهری شمال

در جدول (۴) جواب بهینه که همان مساحت بهینه هر BMP در هر زیر حوضه است نشان داده شده است. مقدار تابع هدف به ازای جواب بهینه، برابر با ۲/۷۱۲۴ و هزینه احداث این BMPها حدوداً ۱۳ میلیارد تومان برآورد شده است. همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود، در زیر حوضه E05 نیاز به احداث هیچ BMP نیست و حجم سیلاب در این زیر حوضه از طریق BMPهای احداث شده در زیر حوضه‌های بالادست کنترل می‌شود. همچنین در این جدول مشاهده می‌شود که مساحت روسازی نفوذپذیر به مراتب کم‌تر از سایر BMPها به‌دست آمده که نشان می‌دهد روسازی نفوذپذیر تأثیر به مراتب کم‌تری نسبت به سایر BMPها در کاهش حجم سیلاب گره‌ها دارد. هرچند که به نظر می‌رسد با تغییر مشخصات، ابعاد و پارامترهای این راهکار مدیریتی، می‌توان تأثیر آن را افزایش داد.

- شرق تهران، احداث بهترین راهکارهای مدیریتی، BMP ها، پیشنهاد شده است. برای این منظور از چهار نوع BMP شامل جوی باغچه، سلول ماند بیولوژیکی، روسازی نفوذپذیر و ترانشه نفوذ استفاده شده است. سپس با استفاده از یک مدل بهینه‌سازی، مساحت بهینه این راهکارهای مدیریتی جهت حداقل کردن حجم سیلاب ناشی از بارش طرح ۱۰۰ ساله شهر تهران با یک هزینه مشخص به دست آمد.
- نتایج به دست آمده نشان‌دهنده اثرگذاری مطلوب توسعه این راهکارها در کاهش حجم سیلاب می‌باشد. این رویکرد علاوه بر اینکه از فضاها و زمین‌های موجود برای اجرای BMPها استفاده می‌کند (نیازی به اختصاص دادن زمین اضافی برای اجرای آنها نیست)، با طبیعت موجود نیز سازگار است. همچنین در صورت اجرای بهینه BMP ها مطابق با روش گفته شده در این مقاله، هزینه اجرایی مناسبی نیز دارند. در حقیقت می‌توان گفت اجرای بهترین راهکارهای مدیریتی، می‌تواند جایگزین مناسبی به جای افزایش ابعاد کانال‌های زهکشی جهت مقابله با سیلاب ناشی از بارش باشد.
- رضیئی، طیب. ۱۳۷۹. تعیین الگوی توزیع زمانی و مکانی بارش‌های کوتاه‌مدت در استان تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- سلطانی، مریم. ۱۳۸۸. مدل‌سازی کیفی نهرهای درون شهری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.
- شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس. ۱۳۹۰. طرح جامع مدیریت آب‌های سطحی تهران. تهران: معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران، سازمان مشاور فنی و مهندسی شهر تهران.
- فلاحی زرنندی، اصغر. ۱۳۹۲. انتخاب ترکیب بهینه بهترین راهکارهای مدیریتی (BMP ها) با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی در بهبود کیفیت رواناب سطحی شهر تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی.
- Chahar, Bhagu Ram., DidierGraillet, and Shishir Gaur. 2012. Storm-water management through infiltration trenches. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 138(3):274-281.
- Damodaram, Chandana., and Emily Mzechman. 2013. Simulation-optimization approach to design low impact development for managing peak flow alterations in urbanizing watersheds. *Journal of Water Resources Planning and Management* 139(3):290-298.
- James, Matthew. B., and Randel L. Dymond. 2012. Bioretention hydrologic performance in an urban stormwater network. *Journal of Hydrologic Engineering* 17(3):431-436.
- Jebari, Khalid., and Mohammed Madiafi. 2013. Selection Methods for Genetic Algorithms. *International Journal of Emerging Sciences* 3(4):333-344.

۶- منابع

- اورعی زارع، صادق، بهرام ثقفیان، و ابوالفضل شمسایی. ۱۳۹۲. تبیین راهکارهای سازه‌ای و غیر سازه‌ای جهت کنترل خسارت‌های ناشی از سیل در حوضه‌های شهری با توجه به محدودیت‌ها و خصوصیات هر راهکارها، مقاله ارائه شده در کنفرانس ملی مدیریت سیلاب، تهران.
- بهروزی، امیر، مهرداد نظری‌ها، و محمدحسین نیک سخن. ۱۳۹۲. اثرات بهترین راهکارهای مدیریتی بر روی کمیت و کیفیت رواناب شهری، مقاله ارائه شده در کنفرانس ملی مدیریت سیلاب، تهران.

- Walsh, Thomas. C., Christine A. Pomeroy, Steven J. Burian. 2014. Hydrologic modeling analysis of a passive, residential rainwater harvesting program in an urbanized, semi-arid watershed. *Journal of Hydrology* 508: 240-253.
- Zahmatkesh, Zahra., Steven J. Burian, Mohammad Karamouz, Hassan Tavakol-Davani, and Erfan Goharian. 2015. Low-Impact Development practices to mitigate climate change effects on urban storm water run off: case study of New York City. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 141(1):04014043.
- Karamouz, Mohammad., Ana Hosseinpour, and Sara Nazif. 2011. Improvement of urban drainage system performance under climate change impact: case study. *Journal of Hydrologic Engineering* 16(5):395-412.
- Radcliffe, Nicholas J. 1991. Forma Analysis and Random Respectful Recombination. In *Proc. International Conference on Genetic Algorithms - ICGA*, 222-229.
- Rossman, Lewis. A. 2010. *Storm Water Management Model user's manual*, version 5.0, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Cincinnati, Ohio.
- Urban Drainage and Flood Control District. 2010. *Urban Storm Drainage, Criteria Manual, Volume 3, Best Management Practices*, Water Resources Publications, LLC, Denver, Colorado.

Optimal use of Best Management Practices (BMPs) in Reducing the Risk of Urban Flooding (Case Study: Basin of North East of Tehran)

Seyed Mohammad Amin Javaheri¹, Sara Nazif^{2,*}

Abstract

Urban runoff management is one of the important issues in urban infrastructure development. Mismanagement of these infrastructures will result in serious problems in various parts. Best Management Practices (BMPs) are considered as modern approach used for urban runoff management. In this study main drainage system's performance of surface waters of one of the urban basins of northeast Tehran's is considered during the 100-year design rainfall event, and implementing BMPs is proposed to improve its defects. An optimization model is developed for finding BMP's optimum places, considering possible locations in the region. Genetic Algorithm is used to solve optimization model. Results show the desired effect of the development of these approaches in decreasing flood volume.

Keywords: *Urban runoff management, Urban floods, BMPs, Optimization, Genetic Algorithm*

1- MA Student, Civil Engineering, Pardis Technical Faculties Tehran University

2- Assistant Professor, Civil Engineering, Pardis Technical Faculties Tehran University

* Corresponding Author: s.nazif@ut.ac.ir