

بهینه‌سازی مشخصه فیزیکی تالاب پیش ساخته به کمک مدل

شبیه‌ساز - بهینه‌ساز MUSIC-GA

مجید منتصری^۱، مهدی حسامی‌افشار^{۱*} و امید بزرگ‌حداد^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۱۷)

چکیده

امروزه شهرنشینی یکی از فرایندهای رایجی می‌باشد که در پی آن سطوح غیر قابل نفوذ جایگزین پوشش‌های گیاهی می‌شوند. این پدیده باعث افزایش بروز سیلاب‌های شهری می‌گردد. روش‌های جدید مدیریت سیلاب شهری با در نظر گرفتن کنترل منبع سعی در گسترش سیستم‌های طراحی شهری متأثر از آب برای کاهش اثرات تغییرات کاربری اراضی در سراسر حوضه‌های شهری دارند. سیستم‌های طراحی شهری متأثر از آب دارای کاربری‌ها و هزینه‌های بخصوصی می‌باشند. تحقیق حاضر با ارائه روشی قانونمند و نظام‌گرا به دنبال یافتن نقطه بهینه اقتصادی تمهیدات کنترل سیلاب شهری می‌باشد. بدین منظور مدل شبیه‌ساز MUSIC و روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک در محیط برنامه‌نویسی متلب به یکدیگر متصل شده‌اند. نتایج کاربری مدل شبیه‌ساز - بهینه‌ساز در بهینه‌سازی تمهیدات کنترلی سیلاب شهری در منطقه‌ای به وسعت ۲/۸ هکتار، در نزدیکی رودخانه روضه‌چای در حوضه دریاچه ارومیه، نشان داد که مدل توسعه یافته کارایی مناسبی در یافتن نقطه بهینه اقتصادی تمهیدات کنترلی سیلاب شهری دارد؛ چنانچه استفاده از تمهیدات کنترلی سیلاب در حالت بهینه باعث گیرش حداقل ۴۵ درصدی آلاینده‌ها گردیده است. همچنین مقدار کم ضریب تغییرات (۰/۰۰۰۰۰۷) نتایج حاصل از اجراهای متعدد مدل بهینه‌ساز بازای سیاست تصادفی انتخاب نشان می‌دهد که همگرایی بسیار مطلوبی مابین نتایج حاصل از مدل شبیه‌ساز - بهینه‌ساز و جواب بهینه مطلق وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: سیلاب شهری، طراحی شهری متأثر از آب، MUSIC، تالاب پیش‌ساخته، الگوریتم ژنتیک

۱. گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه

۲. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mehdi.hafshar@gmail.com

مقدمه

توسعه شهری با ایجاد مناطق وسیعی از سطوح غیر قابل نفوذ، مانع نفوذ مقدار زیادی از بارندگی به درون خاک و تولید مواد مختلف مضر و آلوده کننده محیط زیست می شود (۳). چنین توسعه ای علاوه بر افزایش اثرات تخریبی سیلاب های شهری، سبب کاهش کیفیت آب بسیاری از آب های زیست محیطی در سراسر جهان گشته اند (۵ و ۴۱). سونمن و همکاران (۳۸) در سال ۲۰۰۱ مقایسه اثرات تخریبی سیلاب را بین محیط های روستایی و شهری در حوضه های با محدوده مؤثر غیر قابل نفوذ مشابه را انجام و نشان دادند که حوضه های شهری از لحاظ زیست محیطی تخریب بیشتری را متحمل شده اند (۳۸). بدین منظور نگرش جدیدی در طرح های توسعه شهری و کنترل سیلاب مطرح و استفاده از تأسیسات و سیستم های کنترل رواناب های سطحی و حفاظت از محیط زیست در محیط یا مناطق شهری ارائه شده است.

در طی دهه ۱۹۹۰ میلادی، الگوی جدیدی در طراحی شهری کشور استرالیا به وجود آمد که آن را طراحی شهری متأثر از آب نامیدند. در ایالات متحده نیز اصولی مشابه با این علم به نام توسعه با تأثیر کم گسترش یافت (۴، ۷، ۸ و ۲۲). با گذر زمان بر محبوبیت سیستم های طراحی شهری متأثر از آب در کشورهای دیگر نیز افزوده شد، چنانچه در کشور انگلستان، این الگو با عنوان سیستم های زه کشی شهری پایدار وارد شده و تاکنون رشد به سزایی داشته است (۱۳).

طراحی شهری متأثر از آب، به دنبال کنترل منشاء رواناب و آلودگی می باشد؛ که به موجب آن تأسیسات یا تمهیدات علاج بخشی سیلاب، در سراسر زیر حوضه ها و یا کل حوضه شهری به صورت زیر بخش ها، جهت کاهش اثرات تغییرات کاربری اراضی و حفظ کیفیت آب برای اهداف پایین دست توزیع می شوند. این امر به کمک استفاده از پوشش های گیاهی و سیستم های ذخیره سازی و جایگذاری آنها در اطراف منابع انتشار رواناب سطحی و آلودگی (بام منازل و یا مناطق سنگفرش شده) و همچنین در طول مسیر انتقال فاضلاب

(خطوط لوله و جاده ها) میسر می گردد. این فرایند موجب کاهش ارتباط مستقیم سطوح غیر قابل نفوذ شده با رواناب و به موجب آن دبی اوج و حجم سیلاب های متناوب کاهش یافته و نگهداشت آلاینده ها افزایش می یابد (۲، ۲۰، ۲۲ و ۴۰).

مدیریت سیلاب شهری همواره به دنبال به حداکثر رساندن گیرش های تأثیرات منفی کمی و کیفی سیلاب و به حداقل رساندن هزینه های مدیریتی می باشد (۴۲). کم هزینه بودن اقدامات اجرایی در طراحی شهری متأثر از آب، یکی از مزیت های این الگو بوده و امکان گسترش این الگو را مساعدتر نموده است (۹). اگرچه این الگو روش های مدیریتی کم هزینه ای را فراهم می کند، هزینه های طراحی و ساخت سیستم های علاج بخشی سیلاب شهری و ارزیابی عملکرد آنها همواره یکی از محدودیت های توسعه این تمهیدات یا تأسیسات بوده است.

یکی از بهترین روش های بررسی اثرات تأسیسات علاج بخشی مختلف به منظور مقابله و کنترل سیلاب شهری، استفاده از مدل های شبیه ساز مناسب می باشد که امکان شبیه سازی سیستم را در شرایط طراحی مشخص مختلف را جهت انتخاب طرح مناسب فراهم می نماید. مدل های نرم افزاری متعددی جهت شبیه سازی سیلاب شهری با استفاده از روش ها و تأسیسات علاج بخش مختلف برای مقابله و کاهش اثرات کمی - کیفی سیلاب شهری توسعه داده شده اند. یکی از اولین و کاملترین مدل های مفهومی سیلاب شهری، مدل MUSIC (Model for Urban Conceptualization Stormwater Improvement) می باشد که براساس الگوی طراحی شهری متأثر از آب در سال ۲۰۰۳ و در کشور استرالیا توسعه یافته است. مدل کامپیوتری MUSIC توسط مراکز تحقیقات تعاونی (CRC) استرالیا معرفی و ارائه شده است و تاکنون ارتقاها و متعددی را داشته و هم اکنون نسخه ۱،۱۶، ۵، آن، با داشتن تأسیسات علاج بخش متعددی جهت کاهش تبعات نامطلوب کمی و کیفی زیست محیطی سیلاب شهری در دسترس می باشد (۳۱).

مدل MUSIC قابلیت شبیه سازی کمی و کیفی رواناب را در حوضه های شهری کوچک و همچنین حوضه های شهری با

مساحت‌های بیشتر از ۱۰۰ کیلومتر مربع را دارا می‌باشد. طراحی مفهومی کنترل سیلاب شهری در این مدل، امکان ارزیابی عملکرد هر یک از تأسیسات علاج بخش سیلاب یعنی نهرهای گیاهی، نگهدارنده‌های گیاهی، تالاب‌های پیش‌ساخته، حوضچه نفوذ و تانک‌های آب باران و همچنین امکان بررسی استفاده این تأسیسات علاج بخش را به صورت سری و موازی فراهم می‌کند. همچنین یکی دیگر از مزیت‌های مدل MUSIC نسبت به مدل‌های دیگر استفاده از بانک‌های اطلاعاتی موجود مربوط به آمار و اطلاعات مناطق مختلف دنیا بوده که فرایند شبیه‌سازی کمی و کیفی سیلاب شهری و تأسیسات علاج بخش آن را بسیار آسان نموده است (۲۳).

نهرهای گیاهی امکان جریان ورقه‌ای و نفوذ آب به خاک در طول نهر را فراهم نموده و باعث کاهش رواناب، افزایش ذخیره موقتی و تبدیل ذرات رسوب درشت دانه به اندازه متوسط می‌گردد (۳۰). سیستم‌های نگهدارنده گیاهی حوضچه‌هایی کم‌عمق و خشک به‌عنوان باغ‌های بارانی در درون چشم‌اندازهای شهری هستند که با داشتن درختان یا درختچه‌ها باعث افزایش تخلخل خاک و تسهیل فعالیت‌های بیولوژیکی برای پاک‌سازی آلاینده‌ها و همچنین افزایش ذخیره موقت و نفوذ می‌گردند (۲ و ۷). تالاب‌های پیش‌ساخته دارای قابلیت مختلف برای پاک‌سازی آلاینده‌ها نظیر رسوبات، نیترات، فلزات، هیدروکربن‌ها و پاتوژن‌ها را داشته و این مکانیزم شامل ته‌نشینی مقداری از آلاینده‌ها، نفوذ، جذب، فعالیت‌های میکروبیولوژی (نیتروبیفیکاسیون و برعکس) و جذب آلاینده‌های محلول توسط جامعه زندگان (پوشش گیاهی و باکتری‌ها) می‌باشد (۶ و ۲۸). در دهه‌های اخیر، با توجه به شیوه آسان و ارزان تصفیه یا درمان تالاب‌های پیش‌ساخته نسبت به دیگر تأسیسات، بر محبوبیت آنها افزوده شده و در اکثر مطالعات سیلاب‌های شهری، بر دیگر تأسیسات علاج بخش سیلاب‌های شهری ترجیح داده می‌شوند (۳۷).

محققین مختلف محدودیت‌هایی را برای سیستم‌های نگهدارنده ذخیره‌ای شامل گرفتگی و آلودگی بالقوه آب‌های

زیرزمینی (۱۲)، کنترل ضعیف‌تر آلاینده‌های حل شده (۷) و تخریب این سیستم‌ها در طول زمان را که می‌تواند منجر به کاهش بهره‌وری این سیستم‌ها شوند را شمرده‌اند (۱۲، ۲۲ و ۳۶). مدل‌سازی‌های انجام شده نشان داده‌اند که سیستم‌های مختلف طراحی شهری متأثر از آب نسبت به اندازه و ظرفیت ذخیره‌شان، دارای بهره‌وری‌های متفاوتی می‌باشند (۱۵ و ۲۶). الیوت در سال ۱۹۹۸ در کشور نیوزلند، از مدلی بر پایه گرادیان جهت جستجوی ابزارهای مؤثر و کارآمد تأسیسات علاج بخش سیلاب استفاده نمود (۱۱). او با توجه به موقعیت مکانی تأسیسات علاج بخش بیان نمود که آبگیرها و حوضچه‌های نفوذ تأثیر کمی در بهبود کیفیت رسوب داشته و برای کنترل دراز مدت اثرات سمی تجمعی فاضلاب‌های سطحی، حوضه‌های شهری نیازمند به اقدامات کاهش دهنده آلاینده‌ها می‌باشند. لی و همکاران در سال ۲۰۰۵ به کمک روش جستجوی پراکنده، مدل بهینه‌سازی را برای یافتن شرایط بهینه اقتصادی اقدامات کنترلی در شرایط آب و هوایی مرطوب توسعه دادند (۲۴). آنها برای توسعه مدل بهینه‌ساز و ارزیابی عملکرد آن، از داده‌های تولیدی یک مدل شبیه‌ساز استفاده نمودند.

با این وجود، استفاده از الگوریتم‌های سنتی بهینه‌سازی در مواردی که تابع هدف منفصل بوده و یا دارای تغییرات ناگهانی است میسر نمی‌باشد. همچنین الگوریتم‌های سنتی در مسائل کوچک و با تعداد متغیرهای محدود مؤثر هستند و در شرایطی که تعداد متغیرهای تصمیم زیاد باشند، کارایی چندانی نخواهند داشت (۱). با توجه به محدودیت‌های روش‌های سنتی بهینه‌سازی، در سال‌های اخیر روش‌های جدید الگوریتم‌های تکاملی از جمله الگوریتم ژنتیک، الگوریتم کلونی زنبور عسل، الگوریتم رقابت استعماری و غیره، توسعه یافته و به‌طور گسترده و مؤثری در مسایل بهینه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه الگوریتم‌های تکاملی یا روش‌های جستجو نوین در میان محققین به‌دلیل توانایی پیدا کردن جواب در نزدیکی نقطه بهینه با زمان محاسبه مناسب از محبوبیت بالایی

MUSIC و الگوریتم ژنتیک توسعه دادند (۲۹). مدل هیبرید شبیه‌ساز- بهینه‌ساز MUSIC-GA مذکور اولاً زمان محاسبات را به‌طور بسیار زیادی کاهش داده و دوماً نقطه بهینه مطلق مستقیماً حاصل می‌شود. مطالعه موردی کاربرد مدل MUSIC-GA در کشور استرالیا نشان داد که نتایج مدل شبیه‌ساز- بهینه‌ساز در اجراهای مختلف همگرایی بسیار مطلوبی با جواب بهینه مطلق دارد. تحقیق حاضر کاربرد و ارزیابی عملکرد مدل شبیه‌ساز- بهینه‌ساز MUSIC-GA در تحلیل مدیریت و کنترل سیلاب شهری و تعیین مشخصات بهینه تأسیسات علاج بخشی سیلاب در یک منطقه شهری در شهر ارومیه واقع در شمال غربی کشور ایران به‌عنوان اولین نمونه مطالعاتی مدل توسعه یافته مذکور در داخل کشور است.

مواد و روش‌ها

بخش مواد و روش‌ها در این تحقیق در چهار قسمت تنظیم و ارائه شده است. ابتدا مدل شبیه‌ساز MUSIC به‌عنوان یکی از مدل‌های بسیار پیشرفته و محبوب در مدل‌سازی مدیریت و کنترل سیلاب شهری معرفی و ویژگی‌های آن ارائه شده است. در قسمت دوم، مشخصات عمومی روش بهینه‌سازی (الگوریتم ژنتیک) که برای کمینه‌سازی هزینه پروژه‌ها در توسعه مدل شبیه‌ساز- بهینه‌ساز مورد استفاده قرار گرفته، ذکر گردیده است. ساختار و الگوریتم مدل شبیه‌ساز- بهینه‌ساز مدیریت کنترل سیلاب شهری در قسمت بعدی ارائه شده و در قسمت انتهایی، منطقه مطالعاتی جهت آزمون و ارزیابی عملکرد مدل توسعه یافته مذکور در داخل کشور معرفی شده است.

مدل MUSIC (Model for Urban Stormwater Improvement Conceptualization)

به‌طور معمول روش‌های سنتی تحلیل سیلاب شهری براساس روابط یا معادلات ریاضی حاصل در حوضه‌های توسعه نیافته یا حوضه‌های طبیعی بوده، در حالی که شبیه‌سازی فرایندهایی نظیر نفوذ و گیرش در آنها در مقیاسه با حوضه‌های شهری دارای تفاوت‌های بسیاری می‌باشند (۱۰). از طرف دیگر، در

برخوردار می‌باشند. رانی و موریرا در سال ۲۰۰۹ بیان نمودند که الگوریتم‌های تکاملی مانند الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی ازدحام ذرات، و جفت‌گیری زنبورهای عسل ابزارهای پتانسیلی خوبی برای پرداختن به تحلیل غیرخطی و چند هدفه می‌باشند، علاوه بر آن اکثر آنها می‌توانند به مدل شبیه‌سازی متصل گردند (۳۲).

هازل و همکاران در سال ۲۰۰۳ در کارولین شمالی، با استفاده از رویکرد مدل‌سازی و با در نظر گرفتن الگوریتم ژنتیک به‌عنوان بهینه‌ساز مشخصات بهینه اقتصادی آبگیری را به‌گونه‌ای تعیین نموده‌اند که سیستم آنها بر کاهش غلظت آلاینده‌هایی نظیر مواد جامد معلق، فسفر کل، و نیتروژن کل پاسخگو باشد (۱۹). ریکلد و همکاران در سال ۲۰۱۰ با استفاده از چهارچوب شبیه‌سازی- بهینه‌سازی، روشی را برای یافتن مدیریت بهینه حوضه‌های آبریز با در نظر گرفتن کمترین اثرگذاری بر روی رژیم جریان ارائه نمودند (۳۳). در روش ارائه شده، تغییرات بلند مدت هیدرولوژیکی برای کاربری‌های اراضی مختلف با استفاده از شبیه‌سازی مستمر رواناب و رویکرد بهینه‌سازی ترکیبی براساس الگوریتم ژنتیک و سراسی سیمپلکس، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته می‌شوند. لی و همکاران نیز در سال ۲۰۱۲ مدل بهینه‌سازی جهت مدیریت فاضلاب‌های شهری (SUSTAIN) را در مقیاس حوضه‌ای در کانزاس سیتی، یکی از شهرهای ایالت میزوری در ایالات متحده، مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند (۲۵). نتایج تحقیق آنها منحنی‌های مشخصه اقتصادی جهت کاهش کمی و کیفی جریان می‌باشد.

از آنجایی که در مطالعات کنترل و مدیریت سیلاب شهری، کاهش خسارات کمی و کیفی سیلاب و همچنین کاهش هزینه‌های اقدامات یا تأسیسات علاج بخشی سیلاب شهری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد و از طرف دیگر این امر در مدل‌های شبیه‌ساز سیلاب شهری پیش‌بینی نشده و تنها با استفاده از روش سعی و خطا یا تکرار امکان پذیر می‌گردد. لذا منتصری و همکاران در سال ۲۰۱۵، یک مدل شبیه‌ساز- بهینه‌ساز سیستم مدیریت سیلاب شهری با ترکیب مدل شبیه‌ساز

روش های مذکور استفاده از تأسیسات یا تمهیدات علاج بخش مؤثر جهت کاهش تبعات نامطلوب کمی و کیفی سیلاب شهری مطرح نبوده در حالی که امروزه در گسترش شهرسازی در اکثر شهرهای جهان، حوضه های شهری از جنبه منابع زیست محیطی، زیباشناسی و تفریحی مورد توجه قرار می گیرد و کاهش اثرات نامطلوب کمی و کیفی سیلاب های شهری رل مهمی را در آنها بازی می کند (۱۸). همچنین اهمیت ویژه کاهش هزینه های سیستم های کنترل سیلاب شهری و تأسیسات علاج بخش در آن، ضرورت آنالیز هزینه طرح های مختلف سیستم های کنترل سیلاب شهری (شامل هزینه ساخت، بهره برداری، تعمیرات و نگهداری، و انهدام در انتهای عمر مفید تأسیسات علاج بخش) را جهت ارزیابی اقتصادی طراحی های مختلف و انتخاب طرح مناسب تر نشان می دهد (۹).

الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک (GA) یکی از الگوریتم های تکاملی یا فراکاوشی می باشد که براساس نظریه بقای اصلح توسعه یافته و به عنوان یکی از روش های جستجو تصادفی یا احتمالاتی بهینه یابی شناخته می شود (۳۴). این الگوریتم توسط هولاند (۲۱) ابداع شده و بعدها با تلاش های گولدرگ (۱۷) گسترش یافته و امروزه به واسطه توانایی های قابل توجه اش، جایگاه مناسبی در میان دیگر روش های بهینه یابی کسب نموده است.

الگوریتم ژنتیک به دلیل قابلیت پردازش موازی از سرعت همگرایی بسیار بالایی برخوردار می باشد. از طرف دیگر این روش دارای قابلیت لازم برای مسایل بهینه سازی با تعداد متغیرهای زیاد و گسسته، توابع غیرخطی و توابع مشتق ناپذیر بوده و به دلیل استفاده از قوانین انتقالی احتمالی (حرکت از هر نقطه از الگوریتم کاملاً احتمالی بوده) تمامی فضای ممکن تابع هدف را جستجو کرده و از گیر افتادن سیستم در نقاط بهینه محلی جلوگیری می کند (۱۷، ۳۵). این الگوریتم با مجموعه ای از نقاط تصادفی اولیه که جمعیت نامیده می شوند، جستجوی خود را آغاز می کند. هر عضو از جمعیت کروموزوم نامیده می شود که بیانگر یک جواب مسئله می باشد. کروموزوم ها که در هر تکرار نسل نامیده می شود، متحول می گردند. یک کروموزوم ترکیبی از تعدادی ژن است که خصوصیات والدین را به فرزندان انتقال می دهند.

آنچه که تضمین می نماید GA به سمت جواب بهینه حرکت نماید، اعمال عملگرهای ژنتیکی و تکاملی می باشد. عملگرهای ژنتیکی شامل دو عملگر جهش و ترکیب می باشند. عملگر

روش های مذکور استفاده از تأسیسات یا تمهیدات علاج بخش مؤثر جهت کاهش تبعات نامطلوب کمی و کیفی زیست محیطی سیلاب شهری مطرح نبوده در حالی که امروزه در گسترش شهرسازی در اکثر شهرهای جهان، حوضه های شهری از جنبه منابع زیست محیطی، زیباشناسی و تفریحی مورد توجه قرار می گیرد و کاهش اثرات نامطلوب کمی و کیفی سیلاب های شهری رل مهمی را در آنها بازی می کند (۱۸). همچنین اهمیت ویژه کاهش هزینه های سیستم های کنترل سیلاب شهری و تأسیسات علاج بخش در آن، ضرورت آنالیز هزینه طرح های مختلف سیستم های کنترل سیلاب شهری (شامل هزینه ساخت، بهره برداری، تعمیرات و نگهداری، و انهدام در انتهای عمر مفید تأسیسات علاج بخش) را جهت ارزیابی اقتصادی طراحی های مختلف و انتخاب طرح مناسب تر نشان می دهد (۹).

در این راستا مدل MUSIC براساس الگوی جدید طراحی شهری متأثر از آب برای مدیریت و توسعه پایدار محیط های شهری در کشور استرالیا توسعه داده شده و دولت های محلی در سراسر استرالیا از این مدل برای مدیریت سیلاب شهری استفاده می نمایند (۴۳). مدل MUSIC توانایی شبیه سازی کمی و کیفی رواناب در حوضه های در محدوده یک خانه تک بلوکی الی کیلومتر مربع های زیاد را فراهم می کند. این مدل شبیه ساز یک کمک یا پشتیبان برای تصمیم گیری بوده و امکان ارزیابی عملکرد اندازه و تعداد تأسیسات علاج بخش سیلاب شهری را فراهم می کند (۲۳). مدل MUSIC متشکل از سه قسمت اصلی یعنی مدل بارش- رواناب، مدل تحلیل کیفیت آب و مدل تحلیل هزینه بوده که امکان تحلیل و ارزیابی طرح های مختلف سیستم های سیلاب شهری را از جنبه کمیت رواناب، عملکرد تأسیسات علاج بخش در بهبود کیفیت رواناب در پایین دست و برآورد هزینه سیستم های سیلاب شهری را فراهم می کند.

بسته نرم افزاری مدل MUSIC برای اولین بار در سال ۲۰۰۳ توسط مرکز تحقیقاتی تعاون استرالیا معرفی و ارائه شده است و تاکنون ارتقا متعددی را داشته و در حال حاضر نسخه ۱۶، ۵، آن به وسیله مرکز تحقیقاتی تعاون آب استرالیا با داشتن

می‌کند. این روابط ریاضی در واقع همان قیدها در مدل بهینه‌ساز هستند. به علاوه، قیدها برای تعیین محدودیت متغیرهای تصمیم استفاده می‌شوند و عملکرد سیستم به وسیله یک تابع هدف (مثلاً کمینه کردن هزینه سیستم) ارزیابی می‌شود. در مدل هیبرید MUSIC-GA حداقل یا کمینه کردن مجموع هزینه چرخه عمر تأسیسات علاج بخشی سیلاب شهری به عنوان تابع هدف مطابق رابطه (۱) تعریف شده است:

$$f = \text{Minimize} \sum_{i=1}^n \text{life cycle cost}_i \quad [1]$$

که در آن، life cycle cost هزینه چرخه عمر هر یک از تأسیسات علاج بخشی یعنی مجموع تمام هزینه‌های تنزیل یافته شامل هزینه ساخت، بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری، و خارج شدن با انهدام تمهیدات یا تأسیسات در انتهای چرخه عمر بوده و n تعداد تأسیسات به کار رفته در سیستم کنترل سیلاب شهری است. در مدل هیبرید MUSIC-GA ابتدا مقادیر اولیه نوع، تعداد و اندازه تأسیسات مختلف علاج بخشی سیلاب شهری در مدل بهینه‌ساز GA به عنوان مشخصات اولیه سیستم علاج بخش تعریف می‌شود. سپس سیستم کنترل سیلاب شهری براساس مشخصات اولیه مذکور به وسیله مدل شبیه‌ساز MUSIC شبیه‌سازی می‌شود و عملکرد کمی و کیفی سیستم کنترل سیلاب شهری و مجموع هزینه چرخه عمر تمهیدات برآورد می‌گردد. در مرحله بعد مدل بهینه‌ساز GA براساس نتایج مدل شبیه‌ساز گزینه مناسب یا مطلوب نسبی برای سیستم کنترل سیلاب شهری را جهت شبیه‌سازی مجدد سیستم تعیین و این پروسه تکرار تا رسیدن به ترکیب بهینه مطلوب یعنی کمینه شدن مجموع هزینه تمهیدات کنترل سیلاب شهری ادامه می‌یابد (۲۹). شکل (۱) روند نامی مدل شبیه‌ساز - بهینه‌ساز MUSIC-GA را نشان می‌دهد.

منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

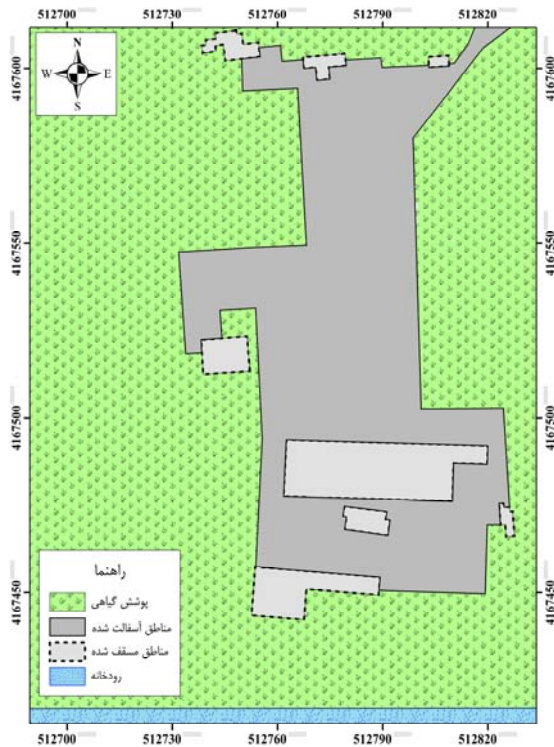
متأسفانه تا آنجایی که نویسندگان مقاله مطلع هستند، اندازه‌گیری و ثبت مشخصات کمی و کیفی سیلاب‌های شهری در کشور

جهش می‌تواند تغییراتی در یک یا چند ژن از یک یا چند کروموزوم به وجود آورد. ترکیب، مهم‌ترین عملگر ژنتیک می‌باشد که در یک زمان بر روی هر دو کروموزوم از والدین و ترکیب آن دو کروموزوم برای ایجاد فرزندان انجام می‌شود. از عملگرهای تکاملی می‌توان به فرایند انتخاب اشاره نمود که یک سیاست تصادفی انتخاب والدین برای ایجاد جمعیت نسل آینده می‌باشد. از جمله قواعد برقراری فرایند انتخاب، قاعده چرخ رولت می‌باشد. براساس این قاعده هر کروموزوم برحسب مقدار تابع هدف مربوطه، یک سطح از یک چرخ را به خود اختصاص می‌دهد. این سطح مشابه یک صفحه دارت عمل نموده و هر چه سطح مربوط به تابع هدف مورد نظر بزرگتر باشد، احتمال برخورد دارت با آن افزایش می‌یابد (۱). عملکرد مدل GA به‌طور بسیار زیادی به انتخاب مقادیر پارامتر آن بستگی داشته و لذا دستیابی به راه حل ایده‌آل یا بهینه نیازمند یک انتخاب دقیق از این مقادیر پارامترها است (۱).

مدل شبیه‌ساز - بهینه‌ساز MUSIC-GA

متنصری و همکاران در سال ۲۰۱۵ یک مدل هیبرید با ترکیب مدل شبیه‌ساز MUSIC و الگوریتم ژنتیک (GA) به عنوان یک مدل شبیه‌ساز - بهینه‌ساز MUSIC-GA جهت طراحی و تحلیل سیستم‌های مدیریت و کنترل سیلاب شهری برای جستجو یا در پی یافتن نقطه مطلوب اقتصادی توسعه داده‌اند (۲۹). در این مدل هیبرید، با استفاده از یک پروسه تکرار مدل شبیه‌ساز خروجی یا نتایج تولید می‌کند که توسط مدل بهینه‌ساز برای یافتن یا جستجوی راه حل بهینه (کمینه کردن هزینه تأسیسات) مورد استفاده خواهد بود. راه حل مدل بهینه‌ساز، ورودی بهتری یا مناسب‌تری برای مدل شبیه‌ساز حاصل نموده و این پروسه تکرار تا رسیدن به نقطه بهینه نهایی ادامه می‌یابد.

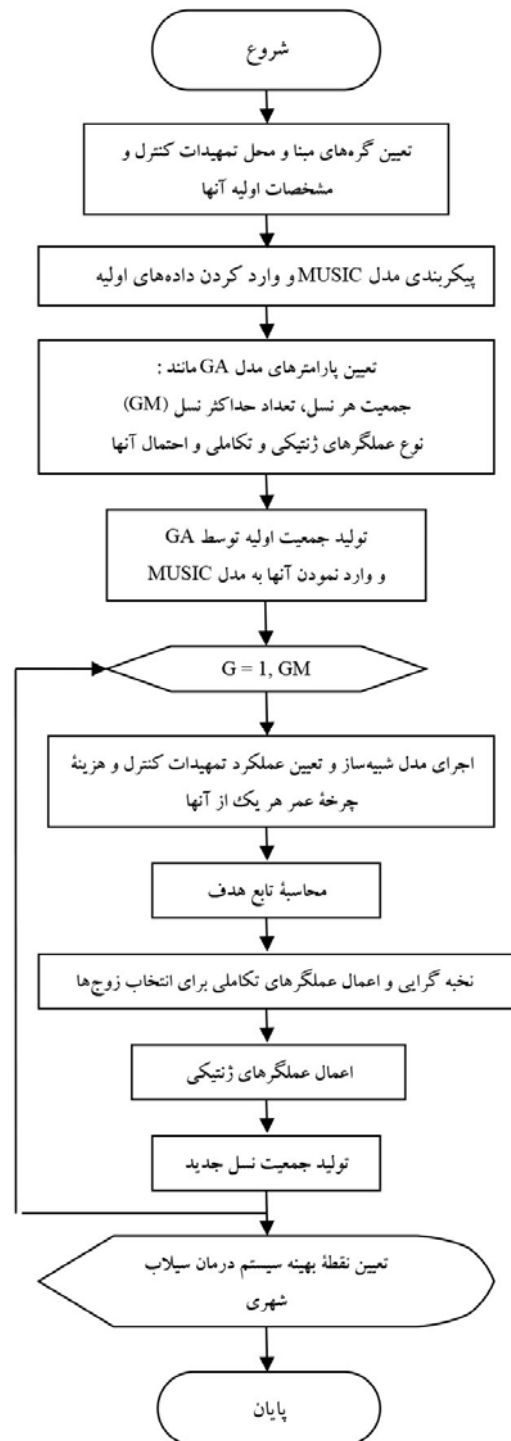
یک مدل بهینه‌ساز مانند GA پارامترهای طراحی را به‌طور اتوماتیک تغییر می‌دهد و سیستم را با روابط ریاضی تعریف می‌کند. GA دارای روابط ریاضی است که سیستم و پاسخ آن به ورودی‌های سیستم برای پارامترهای مختلف طراحی را توصیف



شکل ۲. پلان منطقه مورد مطالعه

لذا در این تحقیق یک مطالعه میدانی برای اندازه گیری و جمع آوری داده های کمی و کیفی سیلاب شهری در یک سطح محدود در طول یک سال آبی (فصول بارندگی در منطقه) انجام پذیرفته است. محدوده مطالعاتی براساس شرایط لازم زیر انتخاب و تعیین شده است: - ثابت بودن مشخصه های فیزیکی مانند درصد پوشش های سطحی مختلف، - داشتن شرایط پوششی و ترافیکی مشابه مناطق شهری، - حفاظت شده از شرایط غیرعادی آلودگی و - محصور و مستقل بودن محدوده از اراضی اطراف به عنوان یک حوضه آبریز مستقل با یک نقطه خروجی در انتها.

نتیجتاً منطقه مورد مطالعه تحقیق حاضر شامل مناطقی با پوشش گیاهی، مناطق سنگ فرش شده، مناطق مسقف و آسفالت شده واقع در یکی از شهرک های صنعتی شهر ارومیه با مساحت ۲/۸ هکتار در استان آذربایجان غربی می باشد. شکل (۲) پلان منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. رواناب حاصل از بارندگی در این منطقه وارد رودخانه روضه چای شده و رودخانه مذکور



شکل ۱. روندنمای مدل شبیه ساز- بهینه ساز MUSIC-GA

به طور مدون انجام پذیرفته و هیچ گونه آمار و اطلاعاتی از مشخصات مذکور در نقاط مختلف کشور در دسترس نیست.

جدول ۱. مشخصات بارش و رواناب گره شهری

درصد مناطق نفوذپذیر	۵۰
درصد مناطق نفوذ ناپذیر	۵۰
میزان بارش سالانه	۳۱۸ mm
نوع خاک	رس- لومی
آستانه بارش	۱ (mm/day)
ظرفیت ذخیره خاک	۴۰ mm
ظرفیت زراعی	۲۵ mm

جدول ۲. مشخصات غلظت آلاینده‌ها در جریان پایه و سیلابی

آلاینده	مواد جامد معلق (log mg/L)		فسفر کل (log mg/L)		نیتروژن کل (log mg/L)	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
غلظت جریان پایه	۱/۲	۰/۱۷	-۰/۸۵	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۱۲
غلظت جریان سیلابی	۲/۱۵	۰/۳۲	-۰/۶	۰/۲۵	۰/۳	۰/۱۹
نوع برآورد	تصادفی	تصادفی	تصادفی	تصادفی	تصادفی	تصادفی
ضریب تبیین	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر

مشخصات خاک رس- لومی در مطالعات مک لئود و همکاران (۲۷) در صنعتی بودن اراضی منطقه و مشخصات غلظت آلاینده‌های مناطق صنعتی در مطالعه فلتچر (۱۴) و اندازه گیری‌های میدانی، تطبیق و مشخص شده و به ترتیب در جداول (۱ و ۲) آورده شده‌اند. فرایند تولید غلظت آلاینده‌ها نیز، فرایندی تصادفی و کاملاً مستقل فرض شده است، به طوری که ضریب تبیین تولید اعداد تصادفی آلاینده‌ها برابر با صفر در نظر گرفته شده است. همچنین در مطالعه حاضر برای ایجاد شرایط توسعه یافته فرض شده است که بام مناطق صنعتی و محوطه با پوشش آسفالتی ۱۰۰ درصد نفوذ ناپذیر، پیاده‌روها ۵۰ درصد نفوذ ناپذیر (به دلیل کوچک بودن در نقشه پلان نیامده) و مناطقی که پوشش آنها گیاهی می‌باشد ۵ درصد نفوذ ناپذیر می‌باشند. لذا با توجه به درصد‌های کاربری‌های مختلف (مناطق مسقف شده، مناطق آسفالت شده، و مناطقی که دارای پوشش گیاهی می‌باشند) منطقه مورد مطالعه، درصد مناطق نفوذپذیر گره شهری در مدل شبیه‌ساز ۵۰ درصد در نظر گرفته شده است.

به دریاچه ارومیه منتهی می‌گردد. دریاچه ارومیه در طی دهه‌های گذشته به علت کاهش شدید سطح آب و افزایش شوری، با شرایطی بحرانی مواجه شده است. تمامی این مسائل و مشکلات بر اهمیت شرایط زیست محیطی این منطقه می‌افزاید. لذا کیفیت رواناب خروجی مناطق و اراضی شهری منجمله محدوده مورد مطالعه نباید از کیفیت مجاز مورد نظر یا استاندارد بدتر باشد. براساس متون راهبردی منتشر شده در ایالت‌های مختلف کشور استرالیا (۱۶ و ۳۰) در رابطه با توسعه کاربری اراضی شهری، استفاده از تمهیدات یا تأسیسات علاج بخشی و کنترلی طراحی شهری متأثر از آب باید غلظت مواد جامد معلق را به مقدار ۸۰ درصد، غلظت فسفر کل را به مقدار ۶۰ درصد، و غلظت نیتروژن کل را به مقدار ۴۵ درصد کاهش دهد. ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه شامل درصد مناطق نفوذپذیر و نفوذ ناپذیر، پارامترهای مربوط به فرایند بارش و رواناب با توجه به رس- لومی بودن نوع خاک منطقه مورد نظر و

جدول ۳. توابع هزینه تالاب پیش ساخته

تابع هزینه	هزینه (دلار)
هزینه ساخت	$0.6435 \times (\text{مساحت تالاب [متر مربع]})^{1.911}$
هزینه نگهداری سالانه	$0.1834 \times (\text{هزینه ساخت})^{0.6/831}$
هزینه بازسازی سالانه	۵۲ درصد هزینه ساخت در سال
هزینه انهدام	۴۲ درصد هزینه ساخت

است که میزان هزینه آنها حداقل گردد. عملکرد مدل GA به انتخاب مقادیر پارامترهای آن وابسته می باشد. بنابراین لازم است تا پارامترهای آن جهت اجرای بهتر مدل، واسنجی گردند. در این تحقیق پس از انجام تحلیل حساسیت احتمال جهش برابر ۰/۴ و احتمال ترکیب برابر با ۰/۶ منظور گردیده است. انتخاب کروموزوم های برتر نیز، به منظور تولید نسل جدید، براساس روش چرخ رولت انجام گرفته است.

همچنین مدل شبیه ساز- بهینه ساز برای انجام فرایند بهینه سازی تمهیدات کنترل سیلاب شهری ۵ بار اجرا شده است. نتایج مربوط به هر یک از پنج اجرا در جدول (۴) آورده شده اند. با توجه به پنج اجرای انجام شده مدل شبیه ساز- بهینه ساز، لازم است تا نتایج به دست آمده از اجراهای مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. یکی از معیارهای مناسب در این راستا ضریب تغییرات می باشد که مقادیر کم این ضریب (۰/۰۰۰۰۷) نشان می دهد که در اجراهای مختلف جواب های حاصل شده به یکدیگر نزدیک بوده و بین نتایج به دست آمده و جواب بهینه مطلق همگرایی مناسبی وجود دارد.

با توجه به مشخص شدن مساحت بهینه تالاب پیش ساخته، جهت ارزیابی کارایی مدل شبیه ساز- بهینه ساز، مدل شبیه ساز با در نظر گرفتن مساحت تالاب پیش ساخته با مقادیر اطراف نقطه بهینه نیز اجرا گردید. نتایج مربوط به اجراهای مختلف مدل شبیه ساز در شکل (۳) آورده شده است. با توجه به (شکل ۳) می توان مشاهده نمود که مدل توسعه یافته شبیه ساز- بهینه ساز از کارایی خوبی برخوردار می باشد، چنانچه با در نظر گرفتن مساحت تالاب پیش ساخته با ۱۶۸/۶۶ مترمربع، علاوه بر برقراری شرط های متون راهبردی مختلف مبنی بر کاهش

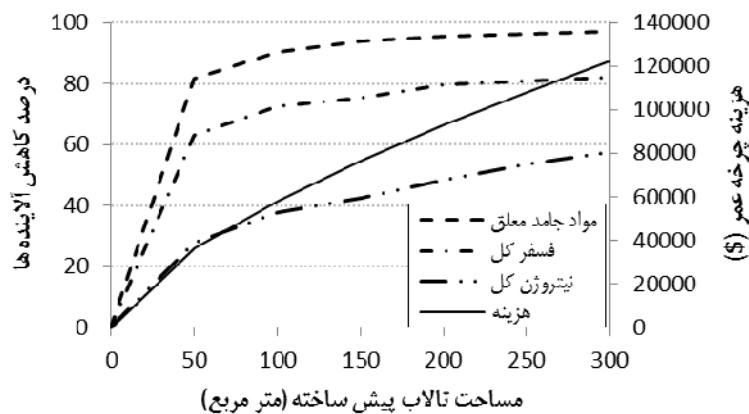
با توجه به موقعیت، وسعت و کاربری های اراضی محدوده مطالعاتی، از میان تمهیدات یا تأسیسات علاج بخشی (کنترل) سیلاب شهری، تالاب پیش ساخته به عنوان تنها جزء مدیریتی طراحی شهری متأثر از آب وارد مدل سازی شده است. حداکثر مقدار مساحت تالاب پیش ساخته در مدل بهینه سازی برابر با ۲۰۰۰ مترمربع در نظر گرفته شده و با توجه با برابری عمق نگهداشت آب تالاب پیش ساخته با ۱ متر، حداکثر حجم تالاب پیش ساخته برابر با مقدار حاصل ضرب مساحت آن در عمق نگهداشت آب آن در نظر گرفته شده است. توابع هزینه چرخه عمر تالاب پیش ساخته مورد استفاده در این تحقیق در جدول (۳) آورده شده اند. این توابع به همراه توابع هزینه های چرخه عمر تمهیدات مختلف کنترل سیلاب شهری توسط تیلور (۳۹) در سال ۲۰۰۵ توسعه داده شده اند و در مدل شبیه ساز MUSIC نیز جهت محاسبه هزینه چرخه عمر تمهیدات مختلف موجود می باشند. همچنین با توجه به مقادیر پیش فرض مدل MUSIC، سال ۲۰۱۴ به عنوان سال مبنای محاسبات، نرخ تنزیل و نرخ تورم به ترتیب برابر با ۲ و ۵/۵ درصد، و نهایتاً تعداد سال های چرخه عمر برابر با ۲۵ سال در نظر گرفته شده است.

نتایج و بحث

استفاده از تالاب پیش ساخته در نزدیکی منابع رواناب و آلودگی، مشخص نمود که به کارگیری تمهیدات طراحی شهری متأثر از آب به طور مؤثر در کاهش غلظت آلاینده ها اثرگذار می باشد. اما به دلیل متفاوت بودن توابع هزینه و نقش های هر یک از تمهیدات کنترلی، در تحقیق حاضر مشخصات فیزیکی تمهیدات طراحی شهری متأثر از آب به گونه ای تعیین گردیده

جدول ۴. مقادیر تابع هدف و عملکرد سیستم در اجراهای مختلف

اجرا	متغیر تصمیم	تابع هدف	درصد کاهش آلاینده‌ها		
			مواد جامد معلق	فسفر کل	نیترژن کل
۱	۱۶۸/۶۶۳	۸۲۶۷۱/۸۳۷	۹۴/۵۸۴	۷۶/۹۴۲	۴۵/۰۰۰
۲	۱۶۸/۶۹۹	۸۲۶۸۴/۰۳۷	۹۴/۵۸۵	۷۶/۹۴۶	۴۵/۰۰۵
۳	۱۶۸/۶۹۱	۸۲۶۸۱/۱۲۴	۹۴/۵۸۵	۷۶/۹۴۵	۴۵/۰۰۴
۴	۱۶۸/۶۶۳	۸۲۶۷۱/۸۴۹	۹۴/۵۸۴	۷۶/۹۴۲	۴۵/۰۰۰
۵	۱۶۸/۶۶۳	۸۲۶۷۱/۸۰۸	۹۴/۵۸۴	۷۶/۹۴۲	۴۵/۰۰۰
بیشینه	۱۶۸/۶۹۹	۸۲۶۸۴/۰۳۷	--	--	--
میانگین	۱۶۸/۶۷۷	۸۲۶۷۶/۶۴۳	--	--	--
کمینه	۱۶۸/۶۶۳	۸۲۶۷۱/۸۰۸	--	--	--
ضریب تغییرات	۰/۰۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۰۰۷	--	--	--



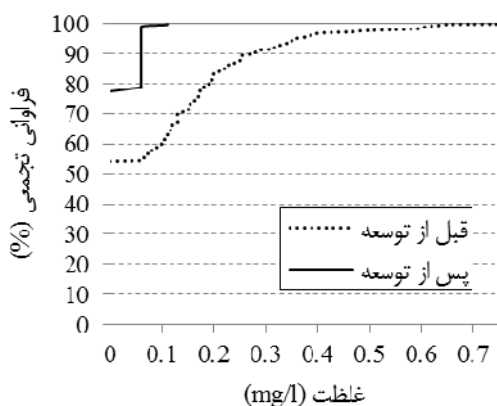
شکل ۳. نتایج اجراهای مختلف مدل شبیه‌ساز در اطراف نقطه بهینه اقتصادی و کنترلی سیلاب شهری

جدول ۵. نتایج شبیه‌سازی غلظت آلاینده‌ها

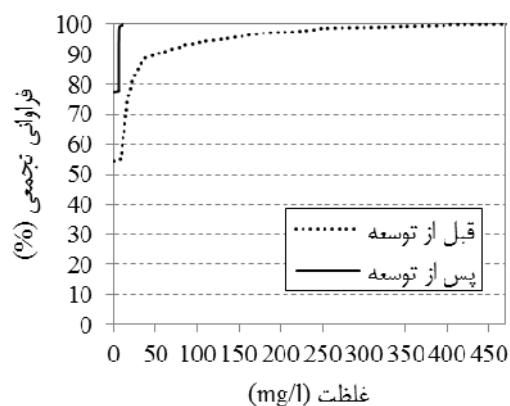
غلظت سالانه آلاینده (kg/year)			سناریو
نیترژن کل	فسفر کل	مواد جامد معلق	
۴/۰۸	۰/۵۶۳	۳۲۴	قبل از توسعه
۲/۲۴	۰/۱۳	۱۷/۵۰	بعد از توسعه
۴۵/۰	۷۶/۹	۹۴/۶	کاهش آلاینده (درصد)

توسعه یافته با در نظر گرفتن تمهیدات طراحی شهری متأثر از آب با شرایط بهینه نیز اجرا شده است. مقادیر شبیه‌سازی شده غلظت آلاینده‌ها (مواد جامد معلق، فسفر کل و نیترژن کل) برای هر دو سناریو (قبل و بعد از توسعه) در جدول (۵) آورده

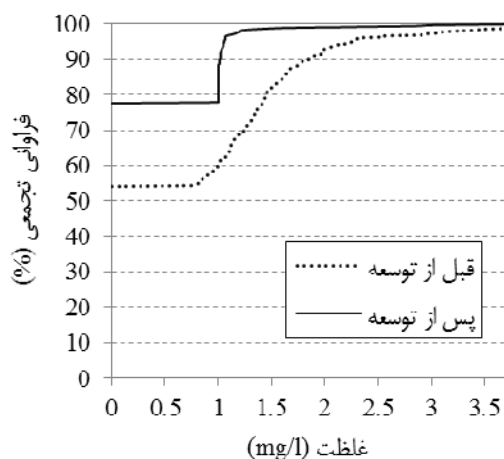
غلظت آلاینده‌ها (مواد جامد معلق به مقدار ۸۰ درصد، فسفر کل به مقدار ۶۰ درصد، و نیترژن کل به مقدار ۴۵ درصد)، نقطه بهینه هزینه چرخه عمر نیز به دست آمده است. با به‌کارگیری مدل GA به‌عنوان بهینه‌ساز، سناریوی



شکل ۵. فراوانی تجمعی روزانه غلظت فسفر کل در دو سناریو قبل و بعد از توسعه



شکل ۴. فراوانی تجمعی روزانه غلظت مواد جامد معلق در دو سناریو قبل و بعد از توسعه



شکل ۶. فراوانی تجمعی روزانه غلظت نیتروژن کل در دو سناریو قبل و بعد از توسعه

نیافته می‌باشد. این امر، استفاده از مقادیر بهینه شده مشخصات فیزیکی تمهیدات کنترلی سیلاب شهری را توجیه کرده و بیانگر این مطلب می‌باشد که در بین صدک‌های نام برده با شروع بارندگی، مدیریت سیلاب با موفقیت اجرا خواهد شد.

نتیجه گیری

هدف از این تحقیق توسعه کاربرد و ارزیابی عملکرد مدل شبیه ساز- بهینه ساز MUSIC-GA برای مدیریت و کنترل سیلاب شهری و تعیین مشخصات بهینه تأسیسات علاج بخشی سیلاب در یک منطقه شهری در داخل کشور است. بدین منظور

شده‌اند. جدول (۵) همچنین مقدار گیرش آلاینده‌ها و عملکرد سیستم کنترل سیلاب را نشان می‌دهد. لازم به ذکر می‌باشد که عملکرد تالاب پیش ساخته شبیه سازی شده با تقسیم اختلاف غلظت‌های دو سناریو بر مقدار غلظت سناریو اول به دست آمده است. همچنین منحنی‌های فراوانی تجمعی هر یک از آلاینده‌ها در شکل‌های (۴ الی ۶) آورده شده‌اند.

با توجه به منحنی‌های فراوانی تجمعی آلاینده‌ها مشخص می‌شود که مقدار غلظت‌های مواد جامد معلق، فسفر کل و نیتروژن کل در سناریو توسعه یافته، به ترتیب در بین صدک‌های صفر تا ۶۰، صفر تا ۴۰، و صفر تا ۷۰، کمتر از سناریو توسعه

توسعه یافته (احداث تأسیسات علاج بخشی)، به ترتیب کاهش ۹۴، ۷۶ و ۴۵ درصدی غلظت مواد جامد معلق، غلظت نیترژن کل، و غلظت فسفر کل را با حداقل هزینه سرمایه گذاری نشان می دهد. نهایتاً براساس نتایج این مطالعه، کاربرد مدل شبیه ساز- بهینه ساز MUSIC-GA دستیابی به نقطه مناسب و بهینه مشخصات تمهیدات کنترلی طراحی شهری متأثر از آب را آسان تر نموده و می توان با توجه به کاربردها و توابع هزینه هر یک از تمهیدات مدنظر، طراحی ها و مدیریت مناسبی را در حوضه های شهری کشور اجرا نمود.

یک منطقه صنعتی در اطراف شهر ارومیه به عنوان مطالعه موردی انتخاب و داده های کمی و کیفی سیلاب شهری در طول یک سال آبی اندازه گیری و ثبت شده است. سپس مدل شبیه ساز- بهینه ساز MUSIC-GA برای تعیین مشخصات بهینه تأسیسات علاج بخشی سیلاب جهت کاهش غلظت آلاینده های رواناب خروجی منطقه مورد مطالعه به حد استاندارد بکار گرفته شده است. نتایج مطالعه بیانگر عملکرد بسیار مطلوب مدل شبیه ساز- بهینه ساز MUSIC-GA در تعیین مشخصات بهینه تأسیسات علاج بخشی سیلاب در محدوده مطالعاتی بوده است. به نحوی که مقایسه نتایج دو سناریو توسعه نیافته (وضع موجود) و

منابع مورد استفاده

۱. بزرگ حداد، ا.، س. خسروشاهی اصل، م. زارع زاده و پ. جوان. ۱۳۹۲. توسعه مدل شبیه سازی- بهینه سازی در حفاظت مناطق سیل گیر، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۷(۳): ۴۷۱-۴۲۶.
2. Argue, J. R. 2002. A new stormwater 'source control' handbook for Australian practice: An outline. Global Solutions for Urban Drainage. Proceeding of the Ninth Int. on Urban Drainage. Sept 8-13 2002. Portland, OR.
3. Arnold, C. L. and J. C. Gibbons. 1996. Impervious surface coverage: The emergence of a key environmental indicator. J. of the American Planning Association 62(2): 243-258.
4. Barrett, M. E., P. M. Walsh, J. F. M. Jr. and R. J. Charbeneau. 1998. Performance of vegetative controls for treating highway runoff. J. of Environ. Eng. 124(11): 1121-1128.
5. Booth, D. SB. and C. R. Jackson. 1997. Urbanization of Aquatic Systems: degradation thresholds, stormwater detention, and the limits of mitigation. J. of the Aerican Water Resour. Association 22(5): 1-20.
6. Brix, H. 1994. Use of constructed wetlands in water pollution control: historical development, present status, and future perspectives. Water Sci. and Technol. 30(8): 209-224.
7. Davis, A. P., M. Shokouhnia, H. Sharma and C. Minami. 2006. Water quality improvement through bioretention media: Nitrogen and phosphorus removal. Water Environ. Res. 78(3): 284-293.
8. Dietz, M. E. 2007. Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions. Water, Air, and Soil Pollution 186(1-4): 351-363.
9. Donofrio, J., Y. Kuhn, K. McWalter. and M. Winsor. 2009. Water-Sensitive Urban Design: An Emerging Model in Sustainable Design and Comprehensive Water-Cycle Management. Environmental Practice 11(3): 179-189.
10. Egodawatta, P. K. 2007. Translation of small-plot scale pollutant build-up and wash-off measurements to urban catchment scale.
11. Elliott, A. H. 1998. Model for preliminary catchment-scale planning of urban stormwater quality controls. J. of Environ. Managem. 52(3): 273-288.
12. Ellis, J. 2000. Infiltration Systems: A Sustainable Source-Control Option for Urban Stormwater Quality Management? Water and Environ. J. 14(1): 27-34.
13. Eriksson, E., A. Baun, L. Scholes, A. Ledin, S. Ahlman, M. Revitt, C. Noutsopoulos. and P. S. Mikkelsen. 2007. Selected stormwater priority pollutants—a European perspective. Sci. Of The Total Environ. 383(1): 41-51.
14. Fletcher, T. D., Deletic, A. B., and Hatt, B. E. 2004. A review of stormwater sensitive urban design in Australia. Australian Water Conservation and Reuse Research Program.
15. Fletcher, T. D., L. Peljo, J. Fielding, T. H. Wong and T. Weber. 2002. The performance of vegetated swales for urban stormwater pollution control. Bridges 10(40644): 51.
16. Gold Coast City Council. 2005. Policy 11 - Land Development Guidelines.
17. Goldberg, D. E., B. Korb and K. Deb 1989. Messy genetic algorithms: Motivation, analysis, and first results. Complex Systems 3(5): 493-530.
18. Goonetilleke, A and E. C. Thomas. 2005. Water quality impacts of urbanisation: Relating water quality to urban form.
19. Harrell, L and S. Ranjithan. 2003. Detention pond design and land use planning for watershed management. J. of

- Water Resour. Plan. Mgmt. 129(2): 98-106.
20. Hogan, D. M. and M. R. Walbridge. 2007. Best management practices for nutrient and sediment retention in urban stormwater runoff. *J. of Environ. Quality* 36(2): 386-395.
 21. Holland, J. H. 1975. Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control and artificial intelligence, University of Michigan Press.
 22. Hunt, W., A. Jarrett, J. Smith and L. Sharkey. 2006. Evaluating bioretention hydrology and nutrient removal at three field sites in north carolina. *J. of Irrig. and Drainage Eng.* 132(6): 600-608.
 23. Imteaz, M. A., A. Ahsan, A. Rahman. and F. Mekanik. 2013. Modelling stormwater treatment systems using MUSIC: Accuracy. *Resources, Conservation and Recycling* 71: 15-21.
 24. Lee, J., J. Heaney. and F. Lai. 2005. Optimization of Integrated Urban Wet-Weather Control Strategies. *J. of Water Resour. Planning and Manage.* 131(4): 307-315.
 25. Lee, J. G., A. Selvakumar, K. Alvi, J. Riverson, J. X. Zhen, L. Shoemaker and F-h. Lai. 2012. A watershed-scale design optimization model for stormwater best management practices. *Environ. Modelling & Software* 37: 6-18.
 26. Lloyd, S. and T. Wong. 2008. Paired Catchment Storm Event Monitoring: Assessing the Performance of a Bioretention System (Rain Garden). *Australian J. of Water Resour.* 12(2): 133.
 27. MacLeod, I., A. L. Savage, O. Pahl and J. Baird. 2008. Decline in microbial activity does not necessarily indicate an end to biodegradation in MSW-biowaste: A case study. *Bioresource technol.* 99(18): 8626-8630.
 28. Matamoros, V., J. García. and J. M. Bayona. 2005. Behavior of selected pharmaceuticals in subsurface flow constructed wetlands: a pilot-scale study. *Environ. Sci. & Technol.* 39(14): 5449-5454.
 29. Montaseri, M., M. H. Afshar and O. Bozorg-Haddad. 2015. Development of simulation-optimization model (MUSIC-GA) for urban stormwater management. *Water Resour. Manage.* 29(13): 4649-4665.
 30. Moreton bay waterways and catchments partnership. 2006. Water Sensitive Urban Design Technical Design Guidelines for South East Queensland, Healthy Waterways.
 31. MUSIC Development Team. 2012. MUSIC BY eWater User Manual, eWater CRC.
 32. Rani, D. and M. M. Moreira. 2010. Simulation-optimization modeling: a survey and potential application in reservoir systems operation. *Water Resour. Manag.* 24: 1107-1138.
 33. Reichold, L., E. Zechman, E. Brill and H. Holmes. 2010. Simulation-Optimization Framework to Support Sustainable Watershed Development by Mimicking the Predevelopment Flow Regime. *J. of Water Resour. Planning and Manage.* 136(3): 366-375.
 34. Reis, L. F. R., F.T. Bessler, G. A. Walters and D. Savic. 2006. Water supply reservoir operation by combined Genetic Algorithm – Linear Programming (GA-LP). *Water Resour Management* 20(2): 227-255.
 35. Renders, J-M. and S. P. Flasse. 1996. Hybrid methods using genetic algorithms for global optimization. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Part B (Cybernetics)* 26(2): 243-258.
 36. Sharkey, L. J. 2006. The performance of bioretention areas in North Carolina: A study of water quality, water quantity, and soil media.
 37. Somes, N., J. Fabian and T. Wong. 2000. Tracking pollutant detention in constructed stormwater wetlands. *Urban Water* 2(1): 29-37.
 38. Sonneman, J. A., C. J. Walsh, P. F. Breen and A. K. Sharpe. 2001. Effects of urbanization on streams of the Melbourne region, Victoria, Australia. II. Benthic diatom communities. *Freshwater Biology* 46(4): 553-565.
 39. Taylor, A. 2005. Structural Stormwater Quality BMP Cost / Size Relationship Information From the Literature. Melbourne, Victoria, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology.
 40. Walsh, C., T. Fletcher and A. Ladson. 2009. Retention Capacity: A metric to link stream ecology and storm-water management. *J. of Hydrologic Eng.* 14(4): 399-406.
 41. Walsh, C. J., A. H. Roy, J. W. Feminella, P. D. Cottingham, P. M. Groffman and R. P. Morgan. 2005. The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Soc.* 24(3): 706-723.
 42. Zhang, G., M. Hamlett and P. Reed. 2006. Multi-Objective Optimization of Low Impact Development Scenarios in an Urbanizing Watershed. Proceedings of the AWRA Annual Conference, Baltimore, Maryland, USA, Curran Associates, Inc.
 43. Zingera, Y., G-T. Bleckenb, T. D. Fletcherc, M. Viklanderb and A. Deletic. 2013. Optimising nitrogen removal in existing stormwater biofilters: Benefits and tradeoffs of a retrofitted saturated zone. *Ecological Engineering.* 51: 75-82.

Optimization of Physical Property of Constructed Wetland Using Simulation-Optimization Model (MUSIC-GA)

M. Montaseri¹, M. Hesami Afshar^{1*} and O. Bozorg Hadad²

(Received: April 27-2014 ; Accepted: Sept. 07-2016)

Abstract

Nowadays, urbanization is a common process which replaces vegetation cover with impervious areas. This process increases urban stormwater. A new tendency in urban stormwater management endorses 'source control', whereby distributed water sensitive urban design systems are built throughout the subdivisions to alleviate the effects of land use changes. Various costs and functions are considered for different urban stormwater treatment measures methods. The present study introduced a legal optimization approach, to minimize the costs of urban stormwater treatment measures. For this purpose, the MUSIC model and Genetic Algorithm were combined in the Matlab environment. The Results of application of MUSIC-GA model, to optimize urban stormwater treatment systems, at 2.8 hectares of industrial areas near Rowzehchay River in Lake Urmia basin, showed that the developed MUSIC-GA model has an efficient performance for finding the optimal urban stormwater control. The results also indicated that the optimized treatment measure in the post development scenario decreased at least 45 percent of pollutants from urban stormwater runoff. Moreover, very small values of coefficient of variation (0.00007) among different results of multiple runs indicated that there was a high convergence between result of MUSIC-GA and the global optimal solution.

Keywords: Urban stormwater, Water sensitive urban design, MUSIC, Constructed wetland, Genetic algorithm.

1. Dept. of Water Eng., Urmia Univ., Urmia, Iran.

2. Dept. of Irrigation and Reclamation Eng., Univ. of Tehran., Karaj, Iran.

*: Corresponding Author, Email: mehdi.hafshar@gmail.com