سناریوهای طراحی در استحصال آب باران در مناطق شهری (مطالعه موردی: شهر کوشک)

مسعود نصری[*۱]، محمد لطیفی[۲]، کاظم گمار[۳]، مجید قربانی[۴]، منصور شیشه‌فروش[۵]
۱*- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان (*dr.nasri.m@gmail.com*)
۲- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نائین
۳- دانشجوی دکتری مهندسی عمران-آب دانشگاه تربیت مدرس و عضو هسته‌ی پژوهشی منابع و بازیافت آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهین‌شهر
۴- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد مدیریت و شهردار شهر کوشک
۵- مدیر کل مدیریت بحران استانداری اصفهان

چکیده

با توجه به کمبود منابع آبی در اکثر مناطق کشور، لازم است که استحصال و ذخیره‌ی آب باران به عنوان یکی از راه‌کارهای مدیریت منابع آبی در شهرها مورد توجه قرار گیرد. استحصال آب باران به معنی جمع‌آوری نزولات و سپس ذخیره سازی آن برای استفاده در زمان مورد نیاز است. هدف تحقیق حاضر، استحصال آب باران در شهر کوشک از طریق طراحی سیستم هدایت، جمع‌آوری و ذخیره‌سازی رواناب شهری است. به این منظور توسط مدل CivilStorm V8i به شبیه‌سازی بارش-رواناب پرداخته شده و سناریوهای مختلف برای هدایت، جمع‌آوری و ذخیره‌ی رواناب، طراحی شده و توسط این مدل مورد تحلیل قرار گرفت و در نهایت سناریوی ارجح انتخاب شد. این سناریو شامل استفاده از چندین مخزن برای ذخیره‌ی آب باران در نقاط مختلف آبگرفتگی در سطح شهر است. با اجرای این سناریو، علاوه بر رفع مشکلات آبگرفتگی و مسدود شدن معابر در زمان بارندگی، امکان ذخیره سازی و استفاده از آب باران در زمینه‌های مختلف از جمله آبیاری فضای سبز وجود خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی:
آب باران، استحصال، رواناب، کوشک، مخزن

مقدمه

ایران با متو سط نزولات جوی ۲۶۰ میلی متر در سال جزء ک شورهای خ شـــک جهـــان و دارای منـــابع آبی محدود ا ست. خ شک سالی‌های مکرر توأم با بردا شت بیش از حد آب‌های سطحی و زیرزمینی از طریق شبکه بزرگی از زیر ساخت‌های هیدرولیکی و چاه‌های عمیق، و ضعیت آب ک شور را به سطح بحرانی ر سانده‌ا ست. از ن شانه‌های این و ضعیت، خ شک شدن دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و تالاب‌ها، کاهش سـطح آب‌های زیرزمینی، فرونشسـت زمین، تخریب کیفیت آب، فرسـایش خاک، بیابان‌زایی و طوفان‌های گرد و غبار بیشتر است (Madani و همکاران، ۲۰۱۶). مدیریت بهینه‌ی آب به روش‌های مناسب برای ذخیره‌ی آب در زمان ترسالی و استفاده از آن در مواقع خ شک سالی، جدا سازی آب شرب از غیر شرب، ا ستفاده مجدد از پ ساب و سی ستم پایش **خ شک سالی نیاز دارد** (Seckler و همکاران، ۱۹۹۸). **یکی از روش‌های مقابله با کمبود آب، جمع‌آوری و ذخیره سازی آب باران و رواناب سطحی جهت ا ستفاده بهینه از منابع آبی در د سترس ا ست. این در حالی ا ست که** تاکنون **اقدامات منا سبی** در را ستای ذخیره سازی و حفاظت از منابع آب باران در کشور صورت نگرفته است و تنها حدود ده درصد از آب‌های سطحی کشور **مدیریت می‌شوند**. در این را ستا به منظور جمع‌آوری، تغذیه سفره‌های زیرزمینی و ذخیره‌سازی روانابها در سطوح شهری می‌توان از مخازن نفوذ و ذخیره بهره جست. **این** مخازن متناسب با حجم رواناب به طور کلی در دو حالت طراحی می‌شـوند: **۱)** مخازن تاخیر و نفوذ آب باران[1]، **۲)** مخازن ذخیره و اسـتفاده مجدد از آب باران[2] **(امانپور و همکاران، ۱۳۹۵)**.

در زمینه‌ی برر سی و مدل سازی رواناب شهری تحقیقات مختلفی در ک شور انجام شده ا ست. فلاح تفتی و شریفی، شبیه سازی و ارزیابی عملکرد سیستم جمع‌آوری رواناب سطحی قسمتی از حوزه‌ی آبریز شهری در جنوب غربی مشهد را با استفاده از مدل SWMM انجام دادند (فلاح تفتی و شریفی، ۱۳۸۵). ن صری و همکاران، با شنا سایی شبکه م سیل‌های تأثیرگذار بر شهر ارد ستان، راهکارهای مدیریتی و پیشنهاداتی را برای احداث سازه های اجرایی را ارائه دادند (نصری و همکاران، ۱۳۸۶). سلاجقه و همکاران مدل‌های مدیریت رواناب شـهری را به عنوان ابزاری مفید در برنامه‌ریزی، طراحی و توسـعه شـهری بیان نمودند. از جمله مدل‌های تحلیلی احتمالاتی که سعی در فرموله نمودن فرایند فیزیکی تبدیل بارش به رواناب دارند (سلاجقه و همکاران، ۱۳۹۱). ن صری و همکاران با ا ستفاده از نرم افزار Civil storm v8i شبیه سازی هیدرولوژیکی در داخل واحدهای کاری شهر بهار ستان را انجام دادند و سناریوی ا صلاح مقاطع و همچنین پی شنهاد احداث مخازن جمع‌آوری در پایین‌د ست این شهر را را بیان کردند (ن صری و همکاران، ۱۳۹۶). صفامهر و همکاران مدل جدیدی را با ا ستفاده از نرم افزار Civil Storm V8 برای طراحی بهینه شبکه‌ی جمع‌آوری آب‌های سطحی م سکن مهر در شهر گلپایگان ارایه دادند (صفامهر و همکاران، ۱۳۹۶). شی شه‌فروش و همکاران به برر سی تاثیر اجرای بتن و سنگ‌فرش های متخلخل و همچنین فضای سبز در میزان کنترل رواناب سطحی پرداختند (شیشه‌فروش و همکاران، ۱۳۹۶).

در تحقیق حاضر، سناریو و روش‌های مختلف هدایت، جمع‌آوری و ذخیره‌ی آب باران در سطح شهر کوشک مورد بررسی قرار گرفته ا ست. **شیب این منطقه بسیار کم بوده و موجب آبگرفتگی در اکثر نقاط شهر می شود. به این منظور در این برر سی سعی شده که در ابتدا با نگر شی به و ضعیت منطقه، م سائل و م شکلات شنا سایی گردد و سپس با برر سی هوا و اقلیم منطقه و برآورد میزان رواناب‌های منطقه، میزان حجم رواناب حاصـل از بارندگی‌ها محاسـبه گردد و در نهایت، روش‌های هدایت آب باران به منظور جلوگیری از بروز آبگرفتگی و م شکلات عبور و مرور در حین بارندگی و همچنین ذخیره سازی و ا ستح صال آن ارائه شوند. جهت برآورد و شبیه سازی رواناب و طراحی سیستم انتقال و ذخیره آب باران از مدل Bentley CivilStorm V8i استفاده شده است.**

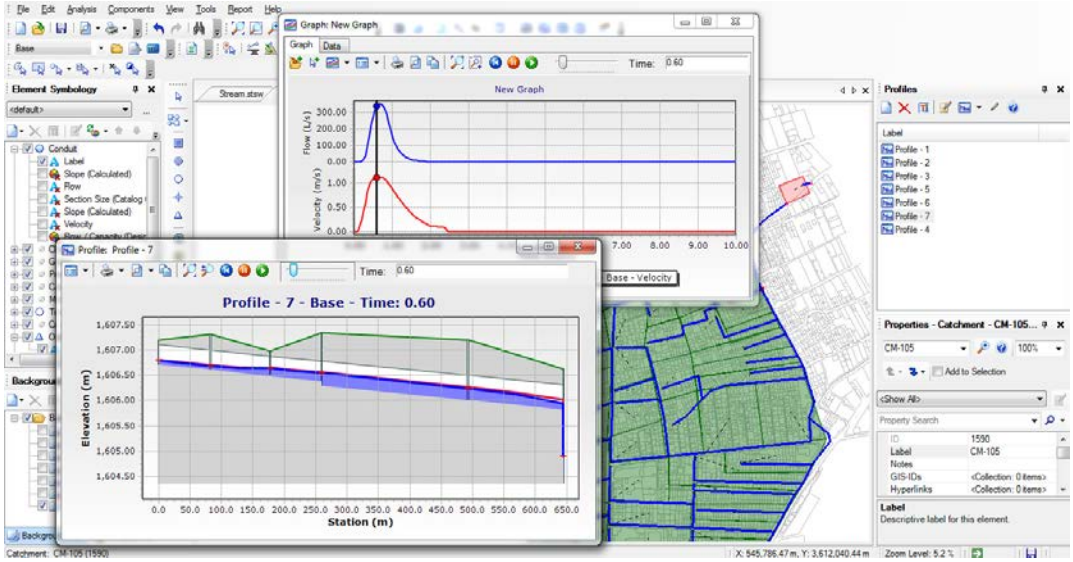
مواد و روش‌ها

نرم افزار Civil storm

نرم‌افزار Bentley CivilStorm V8i تمام سی ستم سیلاب شامل بارندگی، رواناب، جریان سطحی، جریان فا ضلاب، کانال های باز، دریچه‌ها و حو ضچه‌ها را در یک مدل بصری شبیه‌سازی می‌کند. موتور مدل‌سازی آب باران در این نرم‌افزار، قادر ا ست هیدروگراف‌های رواناب را محا سبه و پا سخ هیدرولیکی حو ضه را تحلیل کند. این نرم‌افزار تاثیرات متقابل اجزای مختلف سیلاب را برر سی کرده و نقاط

[1] Detention-Infiltration Tanks
[2] Rainwater Harvesting-Reuse Tanks

بحرانی که منجر به گرفتگی شبکه و آب‌گرفتگی در منطقه می‌شوند را تشخیص می‌دهد و به این ترتیب برای کاربر و کارفرما مشکلات سیل را نمایش داده و روش‌های حل مشکل و بهینه‌سازی سیستم جمع‌آوری رواناب را آنالیز می‌کند. شکل ۱ نمایی از محیط نرم افزار Civil Storm را نشان می‌دهد.

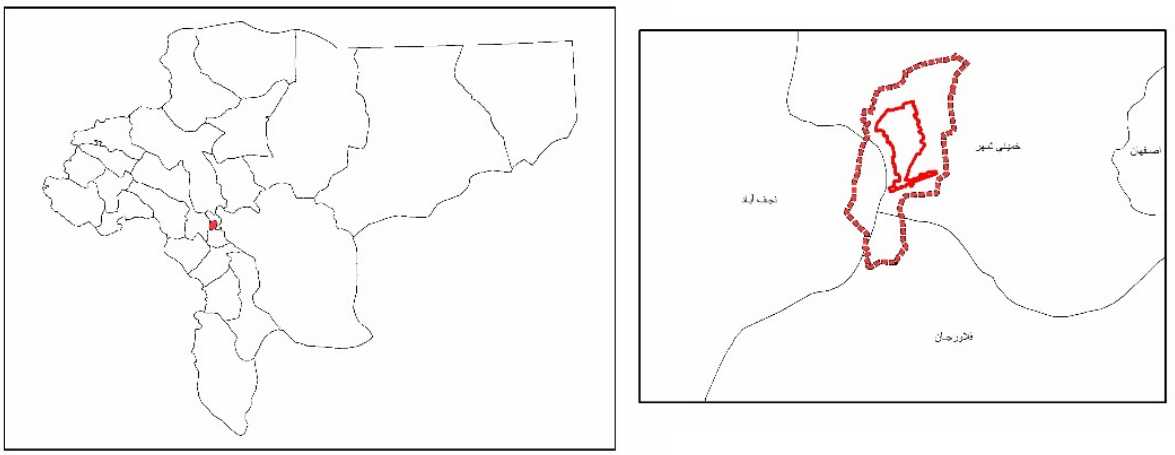


شکل ۱- نمایی از محیط نرم افزار Civil Storm

ابتدا می‌بایست منطقه‌ی مطالعاتی به چندین زیر حوضه تقسیم شود. اطلاعات مورد نیاز هر زیرحوضه با توجه به روش انتخابی در مدل CivilStorm v8i برای برآورد رواناب شامل مساحت، ضریب رواناب، زمان تمرکز و غیره می‌باشد. با وارد کردن اطلاعات بارش، این مدل قادر به برآورد مقدار رواناب خروجی هر زیرحوضه است. با انتخاب اجزای سیستم جمع‌آوری آب باران شامل مجاری انتقال، منهول‌ها، تبدیل‌ها، مخازن، سازه‌های کنترل و تخلیه، چاه جذبی و غیره، مدلسازی و تحلیل جریان در کل شبکه انجام می‌گیرد. روش تحلیل می‌تواند به دو صورت جریان متغیر تدریجی و موج دینامیکی انجام گیرد. با انجام اصلاحات مورد نیاز در شبکه و چندین بار تحلیل سیستم، در نهایت بهترین مشخصات اجزای شبکه مانند ابعاد، جنس و نوع مجاری انتقال، شیب و ارتفاع کف مجاری، حجم و مشخصات سازه‌ی ورودی و خروجی مخازن، شکل و ابعاد منهول‌ها و دیگر مشخصات سیستم هدایت و ذخیره‌ی رواناب سطحی تعیین می‌شود.

منطقه‌ی مورد مطالعه

شهر کوشک در ۱۷ کیلومتری غرب اصفهان، در بخش مرکزی شهرستان خمینی شهر و در امتداد جاده‌ی نجف آباد اصفهان قرار گرفته و فاصله‌ی آن تا شهر خمینی‌شهر ۱۶ کیلومتر است. محدوده‌ی طراحی با مساحت ۱۷۴ هکتار و محدوده‌ی پیشنهادی با مساحت ۱۱۴۲ هکتار در محدوده‌ی مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۷ دقیقه و ۲۵ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۳۹ دقیقه و ۶ ثانیه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۹ دقیقه و ۷ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه و ۵۲ ثانیه طول شرقی و در ارتفاع ۱۶۰۷ متری از سطح دریا قرار دارد. شکل ۲ موقعیت مکانی شهر کوشک را نشان می‌دهد. شیب کلی این منطقه در جهت غرب به شرق است. در وضعیت موجود، رواناب سطحی منطقه عمدتاً از طریق مجاری انتقال آب آبیاری به سمت باغات و مزارع کشاورزی هدایت می شود. اختلاف ارتفاع دو طرف شهر در حدود ۱ متر بوده که باعث می‌شود این منطقه دارای شیب اندک (حدود ۰/۰۰۱) باشد و همین امر موجب آبگرفتگی در اکثر خیابان‌ها و کوچه‌های شهر می‌شود.



شکل ۲- موقعیت مکانی شهر کوشک در استان اصفهان

برآورد مشخصات هیدرولوژیکی منطقه مورد مطالعه

با توجه به اینکه در محل مورد مطالعه ایستگاه هیدرولوژی جهت اندازه‌گیری پارامترهای سیلاب وجود ندارد، برای دستیابی به اهداف طرح سعی شد تا با بهره‌گیری از بیشترین اطلاعات هیدرولوژیک رودخانه‌های مجاور و همچنین بهره‌گیری از آمار و اطلاعات ایستگاه های هواشناسی موجود و استفاده از روشهای تجربی، محاسبات لازم صورت گیرد. به این ترتیب، کل منطقه‌ی مطالعاتی به ۱۲ زیرحوضه تقسیم شده و با محاسبه‌ی زمان تمرکز، ضریب رواناب و استخراج رگبار طراحی، مقادیر دبی سیلاب برای این زیرحوضه‌ها محاسبه شد. با تعیین مقادیر دبی سیلابی، مشخصات و اجزای شبکه‌ی هدایت و ذخیره‌ی رواناب طراحی شدند.

سناریوهای طراحی

سناریوهای مختلف مورد بررسی در این طرح شامل موارد زیر هستند: ۱) هدایت رواناب در مسیر مجاری موجود و تخلیه در مزارع و باغات، ۲) هدایت رواناب در سه نقطه و ذخیره‌سازی آن و ۳) ذخیره‌ی رواناب در مخازن کوچک در محل‌های آبگرفتگی در سطح شهر.

$$Q = 0.278\ C\ I\ A \qquad (۱)$$

جدول ۱- رگبار طراحی در منطقه مورد مطالعه (میلیمتر بر ساعت)

زمان تداوم بارندگی (ساعت)	دوره بازگشت (سال)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.25	25.47	36.35	44.57	55.44	63.67	71.89	80.11	90.99
0.50	17.05	24.33	29.84	37.12	42.62	48.13	53.63	60.91
0.75	13.70	19.55	23.97	29.81	34.24	38.66	43.08	48.93
1.00	11.80	16.83	20.64	25.68	29.49	33.30	37.11	42.14
2.00	8.38	11.95	14.66	18.23	20.94	23.64	26.35	29.92
3.00	7.27	10.38	12.58	15.41	17.53	19.64	21.74	24.52
4.00	6.31	9.02	10.93	13.39	15.23	17.06	18.89	21.30
5.00	5.66	8.09	9.80	12.01	13.66	15.30	16.94	19.10
6.00	5.18	7.40	8.97	10.99	12.50	14.00	15.50	17.48
7.00	4.81	6.86	8.32	10.20	11.60	12.99	14.38	16.22
8.00	4.50	6.43	7.80	9.56	10.87	12.18	13.48	15.20
9.00	4.25	6.08	7.37	9.03	10.27	11.50	12.73	14.36
10.00	4.04	5.77	7.00	8.58	9.75	10.93	12.10	13.64
11.00	3.86	5.51	6.68	8.19	9.31	10.43	11.55	13.02
12.00	3.70	5.28	6.41	7.85	8.93	10.00	11.07	12.49

نتایج و بحث

جدول ۱و ۲ به ترتیب رگبار طراحی و مقادیر ضریب رواناب، زمان تمرکز و دبی سیلاب به روش استدلالی[3] را نشان می‌دهند. این روش در سیستم متریک به صورت رابطه‌ی ۱ می‌باشد. در این رابطه، Q دبی حداکثر سیل یک سطح یا حوضه آبریز برحسب m^3/s، I شدت بارش رگبار با تداوم بارش حداقل برابر با زمان تمرکز حوضه بر حسب mm/hr، A مساحت حوضه آبریز بر حسب km^2 و C ضریب رواناب سطح حوضه است.

نتایج حاصل از مدل‌سازی شبکه جمع‌آوری و استحصال آب باران

مشخصات و نتایج حاصل از سه سناریوی مطرح شده در این طرح در ادامه آمده است.

سناریوی شماره ۱) هدایت رواناب در مسیر کانال‌های موجود:

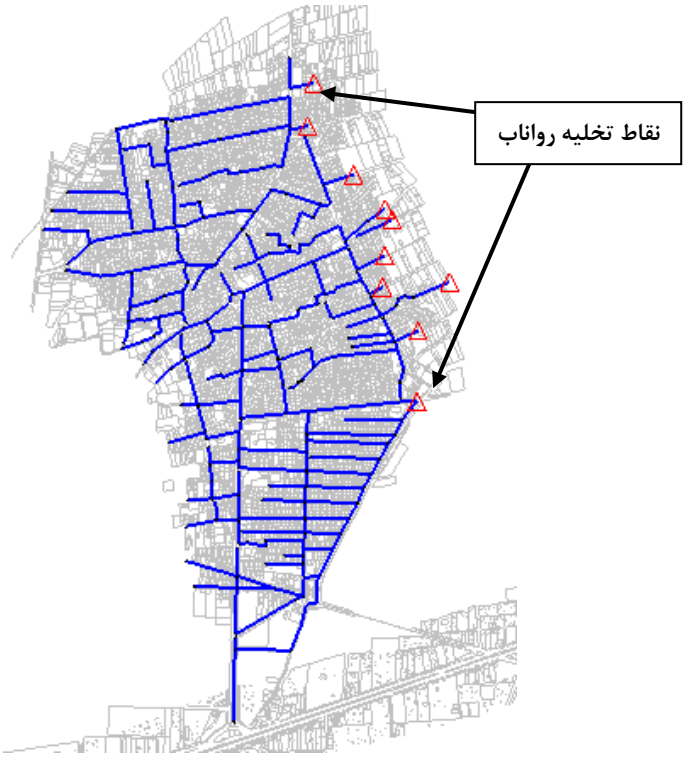
در این سناریو، سیستم جمع‌آوری و هدایت رواناب سطح شهر مبتنی بر مسیر مجاری و کانال‌های موجود در شهر طراحی شد. به این ترتیب با تقویت شبکه مجاری موجود و افزایش ظرفیت کانال‌های آب‌بر، رواناب سطحی به سمت مزارع و باغات حاشیه‌ی شهر هدایت شده و به مصرف کشاورزی خواهد رسید. تصویر سیستم طراحی شده در این سناریو در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲- مقادیر دبی سیلابی به ازای ضریب رواناب و دوره بازگشت‌های مختلف در زیر حوضه‌ها

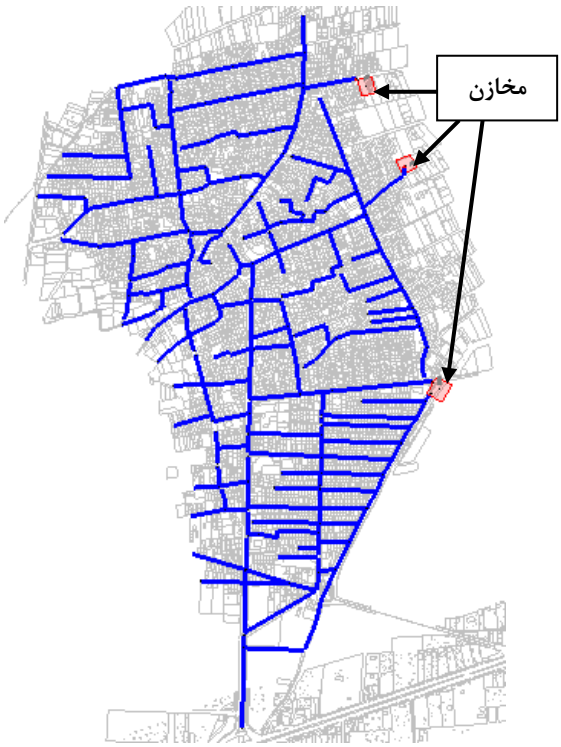
زیر حوضه	مساحت (هکتار)	ضریب رواناب	زمان تمرکز (ساعت)	دوره بازگشت (سال)						
				2	5	10	25	50	100	200
CM-1	22.40	0.35	0.72	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7
CM-2	14.03	0.34	0.62	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1
CM-3	14.70	0.32	0.567	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
CM-4	9.04	0.38	0.417	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
CM-5	14.11	0.35	0.717	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1
CM-6	15.00	0.32	0.617	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1
CM-7	13.81	0.36	0.467	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1
CM-8	15.01	0.34	0.63	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1
CM-9	15.20	0.34	0.45	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.2
CM-10	10.19	0.32	0.462	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7
CM-11	16.24	0.35	0.443	0.4	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.3
CM-12	15.07	0.34	0.568	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1

به علت استفاده از شبکه‌ی مجاری موجود، هزینه‌ی اجرای این سناریو حداقل خواهد بود، اما شیب اندک منطقه باعث می‌شود که ظرفیت این مجاری تکافوی انتقال رواناب با دوره بازگشت بیش از ۵ سال را نداشته باشند. از سوی دیگر، هدررفت رواناب در دوره‌هایی از سال که مزارع کشاورزی و باغات نیاز به آبیاری ندارند از مضرات این سناریو است. بنابراین امکان ذخیره، کنترل و مدیریت بهینه‌ی آب باران به عنوان یک منبع آب در دسترس در این سناریو وجود نخواهد داشت. محاسبات نشان داد که کل حجم رواناب قابل ذخیره در یک بارندگی با دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله برابر با ۶۱۷۳ متر مکعب خواهد بود. به این ترتیب می‌توان با ایجاد امکان ذخیره‌ی رواناب، از آن به عنوان یک منبع آب سالم و کم هزینه در جهت رفع نیازهای آبی شهر از جمله آبیاری فضای سبز و یا کشت گلخانه‌ای بهره‌مند شد. بنابراین دو سناریوی دیگر با هدف ذخیره‌سازی رواناب منطقه مطرح شدند.

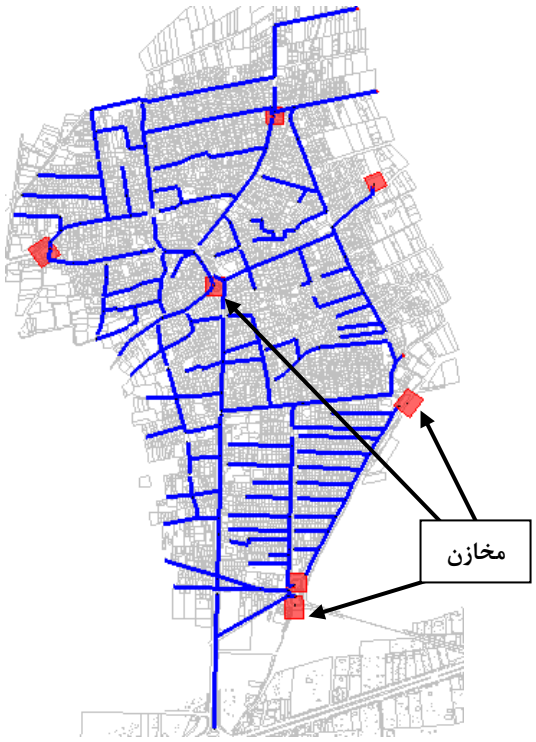
[3] Rational method



شکل ۳- سیستم هدایت رواناب سطحی (سناریوی شماره ۱)



شکل ۴- سیستم هدایت رواناب سطحی (سناریوی شماره ۲)



شکل ۵- سیستم هدایت رواناب سطحی (سناریوی شماره ۳)

سناریوی شماره ۲) هدایت و ذخیره‌سازی رواناب در چندین مخزن کوچک در سطح شهر:

سناریوی شماره۲) هدایت و ذخیره‌ی کل رواناب در سه مخزن:

در این سناریو، سیستم جمع‌آوری و هدایت رواناب به نحوی طراحی شد که کل رواناب منطقه به سه بخش تقسیم شده و هر بخش به سمت یک نقطه هدایت ششده و در یک مخزن ذخیره نگهداری ششود. در این سسناریو امکان مدیریت مصرف آب باران از طریق

ذخیره سازی رواناب قابل د سترس ا ست. با توجه به شیب اندک منطقه، برای آنکه مجاری بتوانند رواناب را با شیب و سرعت کافی تا محل تخلیه انتقال دهند، لازم است که مجاری به صورت زیرسطحی اجرا ششوند. در این صورت، عمق کف مجاری انتقال در نقاط تخلیه‌ی انتهایی بین ۱/۵ تا ۲ متر زیر سطح زمین خواهد بود. این بدین معنی است که عمق ۱/۵ تا ۲ متر در بالای مخازن، که بالاتر از کف مجرای ورودی است، بلااستفاده خواهد بود. شکل ۴ شمای این سیستم را نشان می‌دهد.

با توجه به نقاط ضعف سناریوی شماره‌ی ۲، به جهت کاهش عمق حفاری مجاری و حتی الامکان استفاده از مجاری روباز و در نتیجه کاهش هزینه‌های اجرا، سناریوی شماره‌ی ۳ به این صورت مطرح شد که از چندین مخزن کوچک در سطح شهر و در مناطقی که دچار آبگرفتگی شده‌اند ا ستفاده شود. این امر منجر به کاهش طول مجاری انتقال و در نتیجه کاهش عمق حفاری و امکان ا ستفاده از مجاری روباز به جای مجاری زیر سطحی می‌گردد. هزینه‌ی اجرایی این سناریو نسبت به سناریوی شماره ۲ به دلیل کاهش طول و ابعاد مجاری، کمتر شده و همچنین مدیریت مخازن به دلیل استفاده از تعداد بیشتری از مخازن، ساده‌تر شده و انعطاف پذیری بیشتری خواهد داشت. شمای این سیستم در شکل ۵ نشان داده شده است.

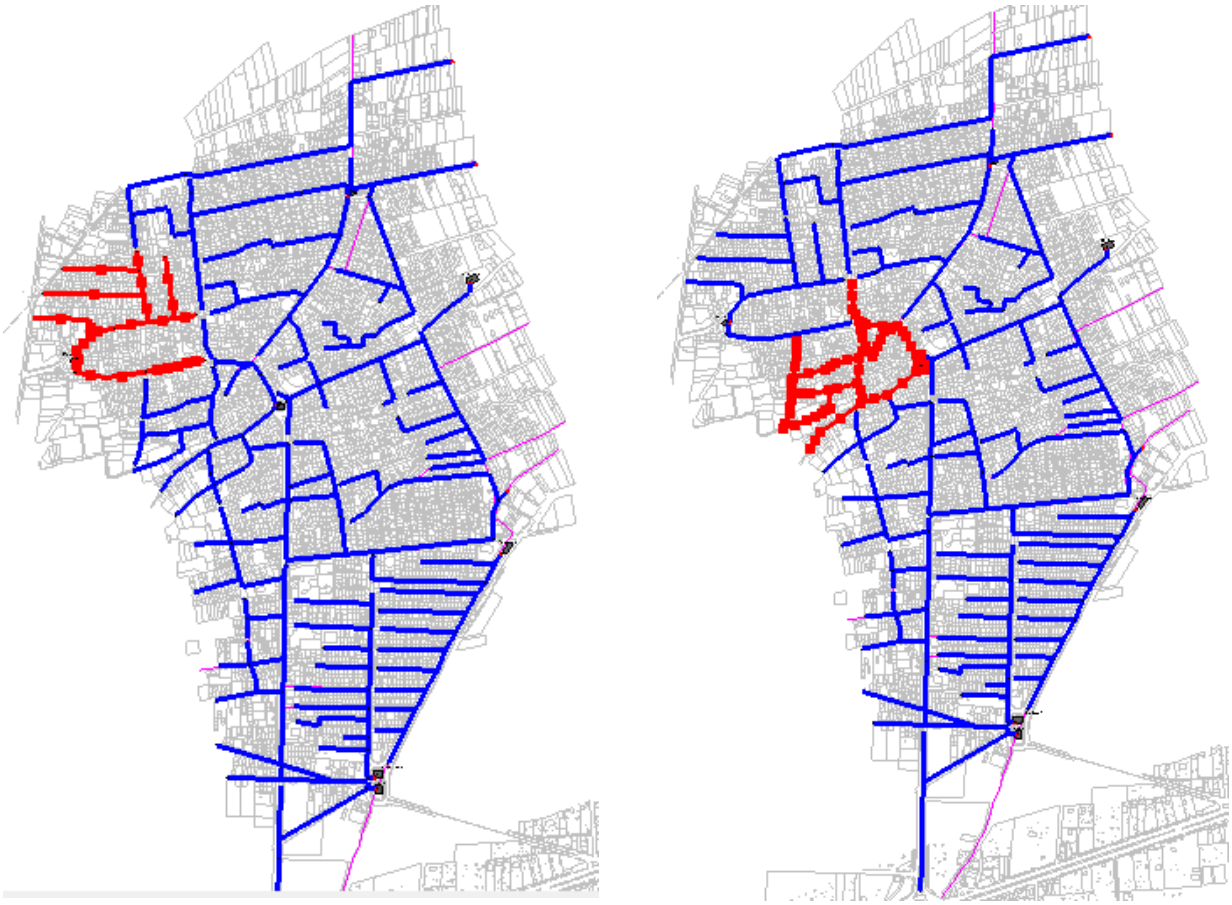
در جدول زیر به مقایسه‌ی سناریوهای پیشنهادی پرداخته شده ا ست. با توجه به امکان ذخیره و ا ستحصال آب باران و همچنین انعطاف بیشتر در مدیریت مخزن در سناریوی شماره‌ی ۳، این سناریو به عنوان سناریوی ارجح معرفی می‌شود. به عنوان نمونه، مساحت تحت پوشش برای مخازن شماره‌ی ۱ و ۲ در سناریوی شماره‌ی ۳ در شکل ۶ نشان داده شده است.

جدول ۳- مقایسه‌ی سناریوهای مختلف برای سیستم هدایت و ذخیره‌ی رواناب سطحی

شماره سناریو	کل طول شبکه (متر)	حداکثر مقطع مورد استفاده (cm*cm)	امکان ذخیره‌ی آب باران	توضیحات
۱	۲۷۱۲۸	۹۰*۹۰	ندارد	عدم امکان ذخیره و استحصال آب باران
۲	۲۳۴۵۱	۱۵۰*۱۵۰	دارد	استفاده از سه مخزن بزرگ و مجاری زیرسطحی
۳	۲۱۳۵۸	۷۰*۷۰	دارد	استفاده از ۷ مخزن کوچک در نقاط آبگرفتگی در سطح شهر و مجاری روباز

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در تحقیق حاضر، روش‌های مختلف هدایت و جمع‌آوری و ذخیره‌ی رواناب سطحی شهر کوشک به منظور ذخیره و ا ستحصال آب باران مورد برر سی قرار گرفت. برای مدل‌سازی بارش-رواناب از مدل Bentley CivilStorm V8i ا ستفاده شد. سناریوهای مختلف مورد برر سی در این طرح شامل موارد زیر بودند: ۱) هدایت رواناب در م سیر مجاری موجود و تخلیه در مزارع و باغات، ۲) هدایت رواناب در سه نقطه و ذخیره‌سازی آن و ۳) ذخیره‌ی رواناب در مخازن کوچک در سطح شهر. بررسی‌ها نشان داد که سناریوی شماره‌ی ۳ به جهت امکان ذخیره‌سازی آب باران و همچنین امکان مدیریت بهینه‌ی مخازن برای مصرف آب ذخیره شده در بخش‌های زراعی، فضای سبز و توسعه‌ی گلخانه، سناریوی ارجح می‌باشد. همچنین طول و سطح مقطع مجاری انتقال رواناب در این سناریو کمتر از سناریوهای دیگر است که خود منجر به کاهش هزینه‌های اجرایی می‌شود. وجود مخازن، علاوه بر امکان ذخیره‌ی آب باران و استفاده از آن در زمان‌های لازم، امکان نفوذ و تغذیه سفره‌ی آب زیرزمینی را فراهم می‌کند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که با توجه به کمبود منابع آب در اکثر شهرها و مناطق کشور، مدیریت رواناب سطحی در جهت ذخیره‌سازی و استفاده مجدد از آب باران باشد.



مخزن شماره‌ی (۱) مخزن شماره‌ی ۲۱)

شکل ۶- مساحت تحت پوشش مخازن ۱ و ۲ در سناریوی شماره‌ی ۳

منابع

- امانپور، س.، م. عبیات و م. عبیات. ۱۳۹۵. نقش شبکه زهکش مسطح، کانال و مخازن اکولوژیک در مدیریت رواناب سطحی شهری نمونه موردی: شهرک سجادیه تهران. فصلنامه جغرافیایی سرزمین، دوره ۱۳، شماره ۵۱، صفحه ۹۷ تا ۱۱۷.
- سلاجقه، ع.، ا. فروتن، م. مهدوی، ح. احمدی، ف. شریفی و ب. ملک محمدی. ۱۳۹۱. برآورد رواناب در حوزه‌های آبخیز شهری با استفاده از مدلهای تحلیلی. مجله آب و فاضلاب، شماره یک، صفحات ۵۶-۴۷.
- شیشه فروش، م.، م. نصری و ع. نصری. ۱۳۹۶. اجرای همزمان سنگ فرش‌های متخلخل و فضای سبز به منظور کنترل رواناب سطحی. ششمین همایش ملی سامانه های سطوح آبگیر باران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر.
- صفامهر، م.، ع. نصری، ی. مرادی شاهقریه و م. ا. جمالی. ۱۳۹۶. احداث شبکه‌های جمع آوری رواناب مسکن مهر شهر گلپایگان. ششمین همایش ملی سامانه های سطوح آبگیر باران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر.
- فلاح تفتی، م.، و ا. شریفی. ۱۳۸۵. شبیه سازی شبکه زهکشی رواناب سطحی با استفاده ازمدل تلفیقی SWMM Mike و GIS. حوزه آب و برق مشهد. هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه – دانشگاه چمران اهواز.
- نصری، م.، ج. عمادی، م. شیشه فروش و ی. عیدی. ۱۳۹۶. مدلسازی هیدرولیکی شبکه‌های جمع آوری رواناب سطحی شهر بهارستان با استفاده از نرم افزار Civil storm v8i. ششمین همایش ملی سامانه های سطوح آبگیر باران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر.
- نصری، م.، ع. نجفی، ر. مدرس و س. اسلامیان. ۱۳۸۶. مدل بندی منطقه ای سیلاب در حوزه آبخیز جنوب غربی اردستان. مجلهٔ پژوهشی دانشگاه اصفهان(علوم انسانی)، شماره ۶، جلد بیست و هفتم.
- Madani, K., A. AghaKouchak, and A. Mirchi. 2016. Iran's Socio-economic Drought: Challenges of a Water-Bankrupt Nation. Iranian Studies, 49:6, 997-1016.
- Seckler, D., A. Upali, D. Molden, R. De Silva and R. Barker. 1998. World water demand and supply, 1990 to 2005: Scenarios and Issues. Research Report 19, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, 40pp.