امکان‌سنجی روش‌های اجرایی و پیاده‌سازی سیستم رواناب سطحی در شهر چرمهین

مسعود نصری*[۱]، عبدالرسول مستاجران[۲]، محمدصالح ابراهیمی[۳]، شهاب ثابت راسخ[۴]، امیر قدیمی چرمهینی[۵]

۱*- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان (*dr.nasri.m@gmail.com*)

۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهین‌شهر

۳- عضو هسته‌ی پژوهشی منابع و بازیافت آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهین‌شهر

۴- دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد و شهردار شهر چرمهین

۵- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه و رئیس شورای شهر چرمهین

چکیده

کاهش نفوذ آب باران به زمین و در نتیجه، افزایش حجم و شدت رواناب سطحی به دلیل رشد سریع جمعیت و توسعه‌ی شـــهری بدون رعایت اصول و استانداردهای لازم، در کنار ناکارآمدی سیستم‌های هدایت رواناب سطحی از مشکلات بسیاری از حوزه‌های شهری ایران به شمارمی‌رود. از جمله‌ی این شهرها، شهر چرمهین در ا ستان ا صفهان ا ست که به دلیل فقدان وجود سی ستم کارآمد هدایت رواناب سطحی، همواره در زمان بارندگی دچار آبگرفتگی در معابر و خسارت به ساختمان‌ها می‌شود. رفع این مشکلات بـــا طراحـــی صحیح و تأمین ظرفیت کافی برای شبکه جمـع‌آوری و هدایت آبهای سطحی قابـل تحقـق اسـت. از این رو، در تحقیق حاضر به بررسی امکان اجرای سیستم رواناب سطحی با ا ستفاده از مدل CivilStorm v8i در شهر چرمهین پرداخته می شود. در این را ستا سناریوهای مختلف، طراحی و تحلیل شده و در نهایت با توجه به شرایط موجود، بهترین سناریو که شبکه‌ای تلفیقی از مجاری روباز و مدفون برای هدایت رواناب سطحی به زهکش‌های طبیعی منطقه است به عنوان راه حل رفع مشکلات این شهر جهت اجرا و بهره‌برداری انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی:

امکان‌سنجی، روش‌های اجرایی، رواناب سطحی، چرمهین

مقدمه

از مشخصه‌های توسعه‌ی شهری، افزایش سطوح غیرقابل نفوذ است که به خاطر تغییر کاربری زمین های کشاورزی و اراضی منابع طبیعی و اختصاص آن به ساخت و سازهای مسکونی و معابر عمومی پدید می‌آید. از عوارض این تغییرات، کاهش نفوذ آب باران به زمین و در نتیجه افزایش حجم و شدت جریان رواناب حاصل از بارندگی است. مسئله‌ی دفع آب‌های سطحی از مسائل عمده ایمن‌سازی مناطق صنعتی و مسکونی و تجاری از خطر وقوع سیلاب و نهایتاً رفع خسارات احتمالی از مناطق شهری و صنعتی می‌باشد. بنابراین شناخت الگوهای رشد شهر و نیاز به طراحی مدرن سیستم‌های دفع رواناب در چند دهه گذشته به میزان زیادی مورد توجه قرار گرفته است و مطالعات زیادی در این راستا انجام گرفته است. فلاح تفتی و شریفی در سال ۱۳۸۵، شبیه سازی و ارزیابی عملکرد سیستم جمع آوری رواناب سطحی قسمتی از حوزه‌ی آبریز شهری در جنوب غربی مشهد را با استفاده از مدل SWMM انجام دادند. نصری و همکاران در سال ۱۳۸۶، با شناسایی شبکه مسیل‌های تأثیرگذار بر شهر اردستان، راهکارهای مدیریتی و پیشنهاداتی را برای احداث سازه‌های اجرایی را ارائه دادند. افشین شریفان و همکاران (۱۳۸۷) به شبیه‌سازی یکی از زیر حوضه‌های شهر شیراز پرداختند و به این نتیجه رسیدند که کاهش پیامدهای زیان بار، با طراحی صحیح و تامین ظرفیت کافی شبکه‌های جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی قابل تحقق است و این امر نیازمند شبیه سازی و استفاده از مدل های ریاضی خواهد بود . سلاجقه و همکاران (۱۳۹۱)، مدل‌های مدیریت رواناب شهری، از جمله مدل‌های تحلیلی احتمالاتی را به عنوان ابزاری مفید در برنامه‌ریزی، طراحی و توسعه شهری بیان نمودند. نتایج پژوهش بدیعی‌زاده و همکاران در سال ۱۳۹۴ به منظور تعیین ابعاد بهینه‌ی شبکه زهکشی شهر گرگان با استفاده از مدل هیدرولوژی-هیدرولیکی SWMM نشان داد که این مدل دقت مورد نیاز را برای شبیه‌سازی رواناب ششهری دارد و از این مدل می‌توان برای طرح‌های مدیریت رواناب شهری و طراحی شبکه جمع‌آوری و دفع آبهای سطحی استفاده نمود. نصری و همکاران در سال ۱۳۹۶ با استفاده از نرم افزار Civil storm v8i شبیه‌سازی هیدرولوژیکی در داخل واحدهای کاری ششهر بهارستان را انجام دادند و سناریوی اصلاح مقاطع و همچنین پیشنهاد احداث مخازن جمع‌آوری در پایین‌دست این شهر را را بیان کردند. صفامهر و همکاران (۱۳۹۶) مدل جدیدی را با استفاده از نرم افزار Civil Storm V8 برای طراحی بهینه شبکه‌ی جمع‌آوری آب‌های سطحی مسکن مهر در شهر گلپایگان ارایه دادند. شیشه‌فروش و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی تاثیر اجرای بتن و سنگ‌فرش های متخلخل و همچنین فضای سبز در میزان کنترل رواناب سطحی پرداختند. Aryal و همکاران (۲۰۰۲) افزایش مشکل آلودگی رواناب‌های سطحی را مورد بررسی قرار دادند و بیان نمودند که بیشتر آلودگی رواناب‌ها در طی یک واقعه بارش رخ می‌دهد. شناخت یک منطقه در برابر هر بارش می‌تواند به تخمین دقیق میزان رواناب‌های شهری کمک کند.

ششهر چرمهین که در ۱۸کیلومتری مرکز شهرستان لنجان و در یک دشت آبرفتی میان کوهی در دامنه‌ی کوه رخ از رشته کوه زاگرس قرار دارد، فاقد سیستم کارآمد برای هدایت رواناب سطحی می‌باشد. معابر شهر ظرفیت لازم برای انتقال رواناب سطحی را ندارند که این مشکل در بافت قدیمی شهر با معابر باریک بیشتر نمایان است. آبگرفتگی در معابر و آسیب به ساختمان‌ها در زمان بارندگی و همچنین عدم وجود سیستم جمع‌آوری فاضلاب و جاری شدن فاضلاب خاکستری در معابر از مشکلات موجود در این شهر است. بنابراین در این تحقیق سعی شده که در ابتدا با نگرشی به وضعیت منطقه، مسائل و مشکلات شناسایی گردد و سپس با بررسی هوا و اقلیم منطقه و برآورد میزان روانابهای منطقه، میزان حجم رواناب حاصل از بارندگی‌ها محاسبه گردد و در نهایت به بررسی نحوه جمع‌آوری ، دفع و انتقال رواناب‌های منطقه در قالب ارائه طرح اجرایی پرداخته شود. به منظور مدلسازی بارش-رواناب منطقه و طراحی سیستم هدایت رواناب سطحی از مدل Bently CivilStorm v8i استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

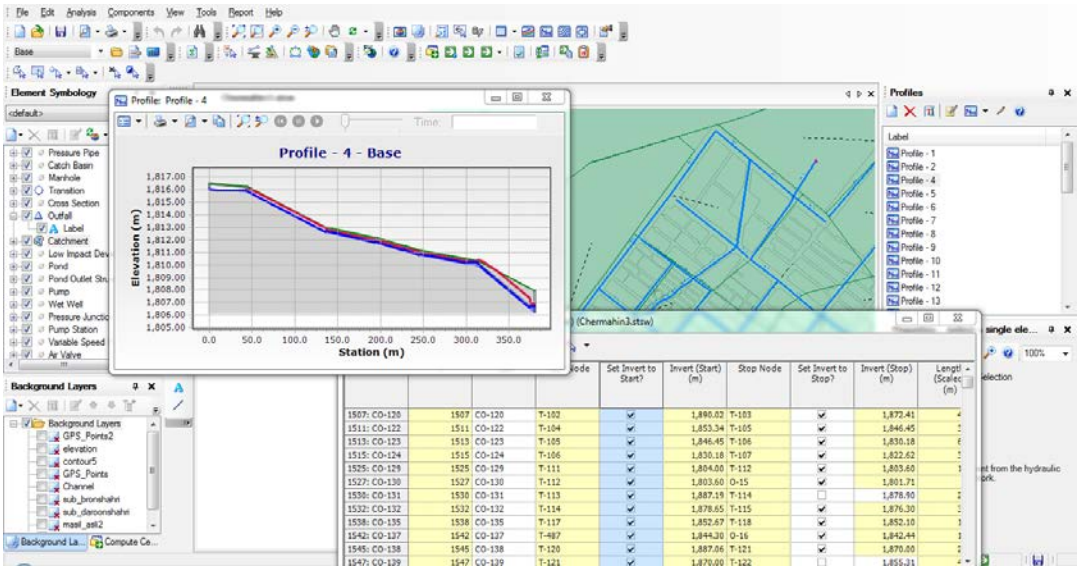
نرم افزار Civil storm

نرم‌افزار Bentley CivilStorm V8i تمام سیستم سیلاب شامل بارندگی، رواناب، جریان سطح، فاضلاب، کانال های باز، دریچه ها و حوضچه ها را در یک مدل بصری شبیه سازی می کند. موتور مدل سازی آب باران این نرم‌افزار، قادر است هیدروگراف های رواناب را محاسبه و پاسخ هیدرولیکی حوضه را تحلیل کند. این نرم‌افزار تاثیرات متقابل اجزای مختلف سیلاب را بررسی کرده و نقاط بحرانی که منجر به گرفتگی شبکه و آب گرفتگی در منطقه می شوند را تشخیص می‌دهد و به این ترتیب برای کاربر و کارفرما مشکلات سیل را

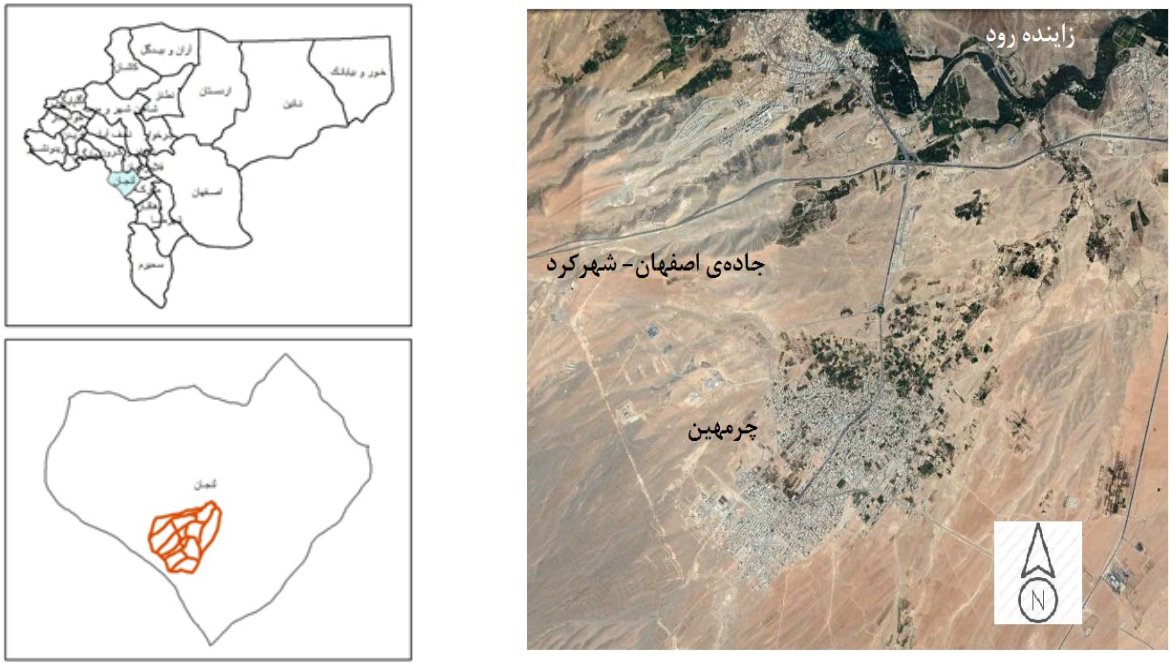
نمایش داده و روش‌های حل مشکل و بهینه‌سازی سیستم جمع‌آوری رواناب را تحلیل می‌کند. شکل (۱) نمایی از محیط نرم افزار Civil Storm را نشان می‌دهد.

منطقه‌ی مورد مطالعه

حو ضه‌ی آبخیز چرمهین با م ساحت ۳۳۵۴۵ هکتار در محدوده مخت صات جغرافیایی "۳۰ ’۱۶ ۳۲ تا "۳۱ ’۲۲ ۳۲ درجه‌ی عرض شمالی و "۲۱ ’۱۴ ۵۱ تا "۴۰ ’۷ ۵۱ درجه‌ی طول شرقی قرار دارد. چرمهین در ۶۵ کیلومتری جنوب غربی از مرکز ا ستان ا صفهان و ۱۸کیلومتری مرکز شهر ستان لنجان (زرین شهر) قرار گرفته و از نظر تق سیمات جغرافیایی جزء شهر ستان لنجان می با شد. متو سط ارتفاع این شهر ۱۸۰۰متر از سطح آبهای آزاد بوده و به سبب کم بودن بارندگی از پو شش گیاهی ناچیزی برخوردار ا ست. راه ا صلی ارتباطی آن از مسیر اصفهان- زرین شهر- شهرکرد می‌باشد. موقعیت مکانی شهر چرمهین در **شکل ۲** نشان داده شده است.



شکل ۱- نمایی از محیط نرم افزار Civil Storm



شکل ۲- موقعیت مکانی شهر چرمهین در استان و شهرستان

شهر چرمهین فاقد شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی و فا ضلاب خانگی می‌با شد و دفع فا ضلاب خانگی در دو بخش تفکیک شده توسط چاه های جذبی برای فاضلاب سیاه و مسیرهای رواناب برای فاضلاب خاکستری انجام می‌گردد. با استناد به نقشه‌ی توپوگرافی و کنترل‌های صحرایی و نیز بازدیدهای انجام گرفته، مشخص شد که مسیر اصلی رواناب شهر از حوضه های بالادست چرمهین در جنوب و جنوب غربی به طرف شهر می‌باشد. چون روند عمومی شیب منطقه از جنوب غربی به شمال شرقی است، بنابراین مسیرهای اصلی زهکشی آبهای سطحی شهر هم در این جهات قرار می‌گیرند.

نتایج و بحث

مشخصات هیدرولوژیکی منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه با تقسیم بندی زیرحوضه‌های بالادست به واحدهای هیدرولوژیکی کوچکتر، ویژگی‌ها و مشخصات آنها نظیر کاربری اراضی، شیب، مشخصات زمین شناسی و مشخصات فیزیکی هر زیرحوضه جهت برآورد پتانسیل سیل‌خیزی تعیین گردید. 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 هوا شنا سی موجود و ا ستفاده از رو شهای تجربی، محا سبات لازم صورت گیرد. به این ترتیب، کل منطقه‌ی مطالعاتی به ۱۵ زیرحو ضه تقسیم شد و با محاسبه‌ی زمان تمرکز، ضریب رواناب و استخراج رگبار طراحی، مقادیر دبی سیلاب برای این زیرحوضه‌ها محاسبه شد. جدول ۱ و ۲ به ترتیب رگبار طراحی و زمان تمرکز زیرحوضه‌ها را نشان می‌دهند. مقادیر ضریب رواناب و دبی سیلاب به روش استدلالی[1] در جدول ۳ نشان داده شده است. روش استدلالی 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.

$$Q= 0.278\ C\ I\ A \qquad (۱)$$

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

زیر حوضه	دوره بازگشت (سال)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
G1	31.87	44.87	55.02	68.44	78.60	88.75	98.90	112.32
G2-1	16.90	23.79	29.17	36.28	41.67	47.05	52.43	59.55
G2-2	13.44	18.92	23.20	28.86	33.14	37.42	41.71	47.37
G2	22.62	31.84	39.04	48.57	55.77	62.98	70.18	79.71
G3-1	14.63	20.60	25.26	31.42	36.09	40.75	45.41	51.57
G3	19.45	27.39	33.58	41.77	47.97	54.17	60.36	68.56
G4-1	18.09	25.47	31.23	38.85	44.61	50.38	56.14	63.76
G4	22.36	31.48	38.61	48.02	55.15	62.27	69.39	78.81
G5-1	17.34	24.41	29.93	37.24	42.76	48.28	53.81	61.11
G5	25.29	35.60	43.65	54.30	62.35	70.41	78.46	89.11
G24	26.35	37.09	45.48	56.58	64.97	73.36	81.75	92.85
G6	28.75	40.47	49.62	61.73	70.89	80.04	89.20	101.30
G	31.03	43.69	53.57	66.64	76.52	86.41	96.29	109.36
Gpol	25.28	35.59	43.64	54.29	62.34	70.40	78.45	89.10
Gt	31.27	44.02	53.98	67.15	77.11	87.07	97.03	110.20

[1] Rational method

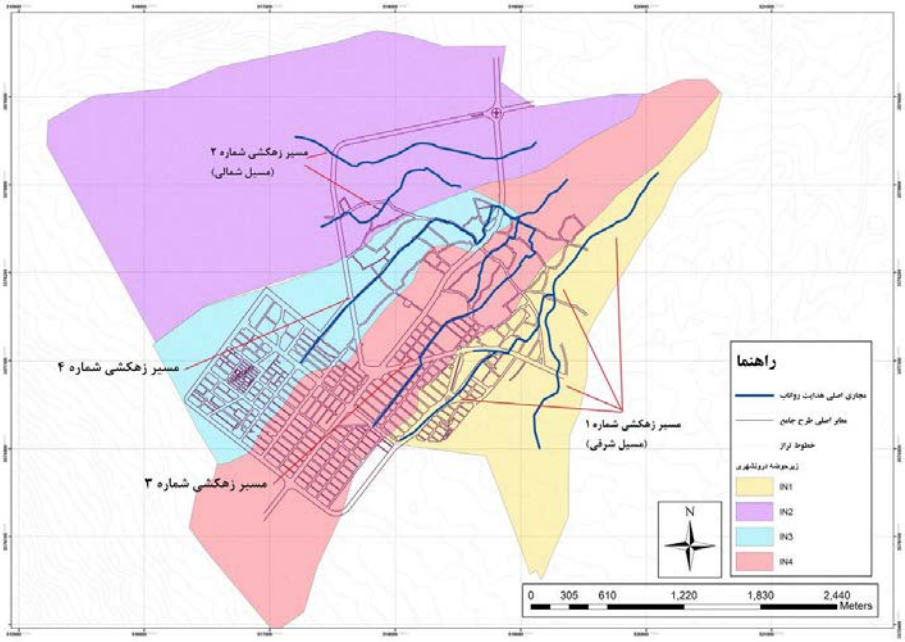
نتایج حاصل از مدل‌سازی شبکه هدایت و جمع‌آوری رواناب

در طراحی محدوده‌ی ششهر چرمهین، اقدامات و پیش بینی های علمی و صحیح در ارتباط با عبور ایمن سیلاب زیرحوضه‌های بالادست از داخل بافت شهری و در انتهای مسیل‌ها و همچنین رواناب ایجاد شده در سطح شهر صورت نگرفته است. با استفاده از نقشه‌های ارتفاعی و شیب منطقه، شهر چرمهین به ۴ واحد اصلی مجزا تقسیم بندی شد و با این پیش فرض مدل اولیه‌ی رواناب اجرا شد. واحدهای کاری در شکل ۳ نشان داده شده‌اند.

شبکه‌بندی سیستم جمع آوری رواناب سطحی توسط مدل CivilStorm در سناریوهای مختلف انجام گرفت. این مدل به منظور طراحی شبکه‌ی رواناب، قادر است که هر گونه مقطع را طراحی کرده و آن را مورد تحلیل قرار دهد. به این ترتیب در هر سناریو مشخصات و ابعادِ اجزای سیستم هدایت رواناب سطحی به طور جداگانه طراحی و محاسبه شد. شرح این سناریوها در ادامه آمده است.

جدول ۲- زمان تمرکز زیرحوضه‌ها

ردیف	زیر حوضه	روش محاسبه زمان تمرکز (ساعت)				
		کرپیچ	برانسی	کالیفرنیا	چاوو	SCS
1	G1	1.10	1.09	1.11	0.36	3.01
2	G2-1	0.45	0.68	0.46	0.44	1.24
3	G2-2	0.31	0.56	0.31	0.39	0.85
4	G2	0.71	0.90	0.72	0.58	1.95
5	G3-1	0.28	0.49	0.28	0.38	0.77
6	G3	0.44	0.62	0.44	0.47	1.21
7	G4-1	0.42	0.64	0.42	0.53	1.14
8	G4	0.63	0.79	0.64	0.63	1.74
9	G5-1	0.41	0.66	0.42	0.55	1.13
10	G5	0.82	0.93	0.82	0.72	2.24
11	G24	0.99	1.11	0.99	0.69	2.70
12	G6	1.13	1.03	1.14	0.57	3.09
13	G	1.23	1.29	1.23	0.79	3.35
14	Gpol	0.87	0.99	0.87	0.61	2.38
15	Gt	1.23	1.32	1.23	0.79	3.35



شکل ۳- واحدهای کاری اصلی شهر چرمهین

جدول ۳- ضریب رواناب و مقادیر دبی سیلاب به روش استدلالی (m^3/s)

ردیف	زیر حوضه	ضریب رواناب	دوره بازگشت (سال)					
			2	5	10	25	50	100
1	G1	0.22	19.8	28.2	34.6	43.0	49.4	55.8
2	G2-1	0.26	12.3	17.5	21.5	26.7	30.7	34.7
3	G2-2	0.27	11.2	16.0	19.6	24.4	28.0	31.7
4	G2	0.23	32.5	46.4	56.9	70.8	81.3	91.8
5	G3-1	0.24	4.4	6.3	7.8	9.7	11.1	12.6
6	G3	0.21	5.8	8.3	10.2	12.6	14.5	16.4
7	G4-1	0.23	10.3	14.7	18.0	22.4	25.7	29.1
8	G4	0.22	12.6	17.9	22.0	27.4	31.4	35.5
9	G5-1	0.24	17.3	24.7	30.3	37.7	43.3	48.9
10	G5	0.21	23.9	34.1	41.8	52.0	59.8	67.5
11	G24	0.25	66.1	94.3	115.7	143.9	165.2	186.6
12	G6	0.21	12.2	17.5	21.4	26.6	30.6	34.5
13	G	0.23	115.3	164.4	201.7	250.8	288.0	325.3
14	Gpol	0.21	32.2	45.9	56.3	70.0	80.4	90.8
15	Gt	0.22	140.9	201.0	246.5	306.6	352.1	397.6

سناریوی شماره ۱- پیکره بندی شبکه جمع‌آوری با استفاده از مقاطع مستطیلی روباز:

شبکه جمع آوری و هدایت رواناب غالباً بصورت مقاطع مستطیلی طراحی و اجرا می‌شود و طراحی اینگونه مجاری منطبق با شیب طبیعی زمین می‌باشد و می بایست بگونه‌ای طراحی شود که در کوتاه‌ترین مسیر به مسیل‌ها و آبراهه‌های طبیعی سرریز شوند. در این سناریو با استفاده از مدل‌سازی نرم‌افزار، شبکه‌ی رواناب شهری بصورت مجاری روباز و منطبق با شیب طبیعی معابر طراحی گردید.

سناریوی شماره ۲- پیکره بندی شبکه جمع‌آوری با استفاده از مقاطع دایره‌ای مدفون:

در این سناریو مدل‌سازی شبکه‌ی رواناب درون شهری با استفاده از مقاطع دایره‌ای انجام شد. احداث دریچه های بازدید و منهول‌ها در این سناریو از ملزومات شبکه است. مقاطع دایره‌ای معمولاً در زیر سطح زمین طراحی می شوند و می بایست نکات اجرایی، اقتصادی و بهره‌برداری در این مقاطع به درستی بررسی و کنترل گردد.

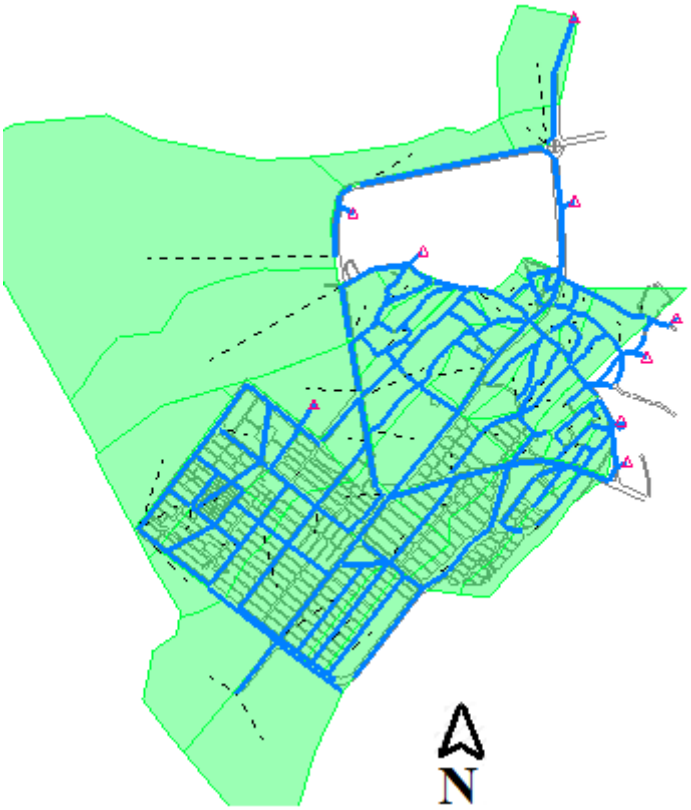
سناریوی شماره ۳- پیکره بندی شبکه جمع‌آوری به صورت تلفیقی:

این سناریو در راستای سناریوی اول قرار دارد با این تفاوت که بخش‌هایی از شبکه‌ی رواناب سطحی بصورت زیرزمینی و دال بتنی طراحی گردیده و در صورت لزوم از مجاری دایره‌ای استفاده شده است. در این خصوص می توان تغییراتی در شیب کانال اعمال کرد بگونه‌ای که هدایت هیدرولیکی جریان به نحو بهتری صورت گیرد.

با توجه به اینکه بخش‌هایی از شهر بدون رعایت اصول شهرسازی و عدم توجه به استانداردها گسترش یافته، از طرفی موجب مسدود شدن مسیرهای زهکش طبیعی منطقه شده و از طرف دیگر، عرض معابر موجود در این مناطق ظرفیت لازم برای اجرای مجاری انتقال رواناب را ندارد. به همین منظور لازم است که سیستم هدایت رواناب این شهر به گونه‌ای طراحی شود که از تجمع رواناب در معابر کم عرض جلوگیری شده و رواناب موجود در این مناطق به صورت انشعابی به سمت زهکش‌های طبیعی بیرون از شهر هدایت شود. همچنین برخی مناطق شهر بخصوص در بافت قدیم، دارای شیب و اختلاف ارتفاع زیاد در معابر است که لازم است مجاری هدایت رواناب در این بخش‌ها بصورت مدفون اجرا گردد. با در نظر گرفتن این شرایط، بهترین سناریو که حصول به نتایج مطلوب را با حداقل هزینه ممکن سازد، سناریوی شماره ۳ است. شمای کلی و مشخصات مقاطع طراحی شده در این سناریو به ترتیب در **شکل ۴** و **جدول ۴** نشان داده شده‌اند. در این سناریو، رواناب منطقه که از سمت جنوب غربی به شمال شرقی جریان دارد، توسط مجاری سطحی و زیرزمینی در چندین نقطه به مسیل زهکش شماره ۱ در شرق شهر تخلیه می‌شوند و به این ترتیب از تجمع رواناب در بافت قدیم شهر جلوگیری می‌شود.

جدول ۴- مقاطع مورد استفاده در سناریوی ۳

سطح مقطع کانال	طول (متر)
Box - 0.4 x 0.4 m	11,621.1
Box - 0.5 x 0.5 m	7,608.0
Box - 0.5 x 0.6 m	1,536.8
Box - 0.5 x 0.7 m	3,968.1
Box - 0.6 x 0.6 m	46.7
Box - 0.6 x 0.7 m	1,866.6
Box - 0.6 x 0.9 m	526.7
Box - 0.7 x 0.7 m	2,983.8
Box - 0.7 x 0.8 m	838.0
Box - 0.7 x 0.9 m	359.8
Box - 0.8 x 0.8 m	859.0
Box - 0.8 x 0.9 m	721.9
Box - 0.8 x 1.1 m	141.1
Box - 0.9 x 0.9 m	3,059.7
Box - 0.9 x 1.1 m	363.3
Box - 1.0 x 1.0 m	714.5
Box - 1.0 x 1.2 m	3,397.2
Box - 1.0 x 1.5 m	106.6
Box - 1.2 x 1.2 m	426.6
Box - 1.5 x 1.5 m	312.7
Box - 2.0 x 2.0 m	554.2
Circle - 1,200.0 mm	855.2
مجموع	43109.7



شکل ۴- شمای کلی از سیستم هدایت و جمع‌آوری رواناب در سناریوی ۳

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این تحقیق به بررسی امکان‌سنجی اجرا و پیاده‌سازی سیستم هدایت و جمع‌آوری رواناب در شهر چرمهین پرداخته شده است. این شهر فاقد سیستم کارآمد برای هدایت رواناب سطحی بوده و همچنین هیچ‌گونه سیستم جمع‌آوری فاضلاب در آن اجرا نشده است. به این ترتیب، آبگرفتگی در معابر و آسیب به ساختمان‌ها در مواقع بارندگی و همچنین جاری شدن فاضلاب خاکستری در معابر از مشکلات ناشی از عدم وجود سیستم هدایت رواناب سطحی و سیستم جمع‌آوری فاضلاب در این شهر است. پس از جمع‌آوری اطلاعات و انجام مطالعات هوا شنا سی، فیزیوگرافی و هیدرولوژی منطقه، مدل سازی بارش-رواناب با ا ستفاده از مدل CivilStorm انجام شد. به منظور طراحی سیستم هدایت رواناب سطحی در این شهر، سه سناریوی مختلف پیشنهاد شد که شامل موارد زیر هستند: ۱) استفاده از مقاطع م ستطیلی و مجاری رو باز، ۲) ا ستفاده از مقاطع دایره‌ای و مجاری مدفون و ۳) ا ستفاده تلفیقی از مجاری روباز و مدفون. با در نظر گرفتن شرایط منطقه از جمله معابر کم عرض و اختلاف ارتفاع زیاد در برخی مناطق، در نهایت سناریوی شماره ۳ به عنوان سناریوی ارجح انتخاب شد. با اجرای این سیستم، علاوه بر حذف مشکلات موجود اعم از آبگرفتگی و خسارت به ساختمان‌ها در زمان بارندگی، امکان ذخیره و استحصال آب باران جهت مصرف در آبیاری فضای سبز شهر وجود دارد.

منابع

- افشین شریفان، ر.، ا. روشن، م.م. اوجی. ۱۳۸۷. کاربرد مدل SWMM در طراحی وارزیابی شبکه های جمع آوری و دفع آبهای سطحی شهری. هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، تهران، انجمن هیدرولیک ایران، دانشگاه صنعت آب و برق.
- بدیعی‌زاده، س.، ع. بهره‌مند، ا. ا. دهقانی و ن. نورا. ۱۳۹۳. مدیریت سیلاب شهری از طریق شبیه‌سازی رواناب سطحی با استفاده از مدل SWMM در شهر گرگان، استان گلستان. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد بیست و دوم، شماره چهارم، صفحه ۱۷۰-۱۵۵.
- سلاجقه، ع.، ا. فروتن، م. مهدوی، ح. احمدی، ف. شریفی، 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، ع. نصری. ۱۳۹۶. اجرای همزمان سنگ فرش های 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، 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.
- Aryal R., J. Kandasamy, S. Vigneswaran, R. Naidu, and S. H. Lee. 2002. Review of storm water quality, quantity and treatment methods. Part 1: storm water quantity modelling, Korean Society of Environment Engineers, Environ. Engineering Resource, 14(2), 71-78.