بازنگری سیستم جمع آوری رواناب شهری توسط شبیه سازی (مطالعه موردی حوضه اقبال شرقی، مشهد)

محمد تاج بخش ، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد
سعیدرضا خداشناس ، استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد
پست الکترونیکی: mohamadtajbakhsh@gmail.com

چکیده :

کنترل وقایعی مانند آب گرفتگی معابر، اختلال در سیستم عبور و مرور، آلودگی منطقه بواسطه جاری شدن رواناب آلوده و سیل زدگی مناطق مسکونی و تأمین امنیت جانی، مالی و روانی شهروندان همواره دغدغه خاطر طراحان و مهندسین آب بوده است. هدف این تحقیق شبیه‌سازی و ارزیابی عملکرد سیستم زهکشی رواناب سطحی حوضه آبریزاقبال شرقی درجنوب و جنوب شرقی شهر مشهد می‌باشد، این منطقه مساحتی حدود ۷۱/۱۷ کیلومتر مربع داشته و توسط ۴ مسیل اصلی زهکشی می‌شود. در این تحقیق برای انجام محاسبات بارش رواناب و ارزیابی عملکرد هیدرولیکی سیستم از مدل MIKE SWMM استفاده شده است. همچنین از امکانات سیستم GIS برای تعیین پارامترهای فیزیکی زیرحوضه‌ها (شامل مساحت، عرض، ضریب زبری مانینگ، ضرایب نفوذ و ...) و انتقال دهنده‌ها)شامل نوع، ابعاد، جریان اولیه قبل از شروع بارش، طول، فاصله از کف در بالادست و پایین‌دست، ضریب زبری مانینگ و ضرایب افت و.) و انجام محاسباتی ساده و در عین حال وقت گیر مانند گرفتن میانگین وزنی و تهیه نقشه های کاربری، زیرحوضه بندی و استفاده گردید. با توجه به مطالب فوق حوضه مذکور به ۳۴ زیرحوضه تقسیم شد و با کمک بارش شبیه سازی منتخب توسط مدلMIKE SWMM، شبیه سازی بارش رواناب به روش مخزن غیرخطی صورت گرفت که منتج به برآورد هیدروگراف در خروجی زیرحوضه ها گردید و در ادامه روندیابی هیدروگراف های بدست آمده در طول سیستم نهایی منتقل کننده رواناب توسط مدل فوق به روش موج دینامیکی انجام و نقاط ضعف سیستم مشخص گردید. تحلیل شبکه تحت بارش شبیه سازی نشان داد که ۶ انتقال دهنده دچار اشکال بوده و جریان دچار پس زدگی شده و سیلاب رخ داده است. بحرانی ترین نقطه در سیستم شبیه سازی شده مسیل اقبال شرقی پل پایین دست فرودگاه است که موجب پس زدگی و انسداد جریان می شود و جریان به شدت به طرف بالادست آن برگشت کرده و موجب بروز سیلاب می گردد.

کلید واژه‌ها : *سیلاب شهری، شبیه سازی بارش- رواناب، اقبال شرقی، GIS، مدل هیدرولیکیMIKE SWMM*

کد مقاله : ۱۰۴۷۳ - (پوستر)

سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران
۲۳ الی ۲۵ مهرماه ۱۳۸۷ - دانشگاه تبریز - دانشکده مهندسی عمران

بازنگری سیستم جمع‌آوری رواناب شهری توسط شبیه‌سازی

(مطالعه موردی حوضه اقبال شرقی، مشهد)

* محمد تاج بخش : دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی- گروه مهندسی آب - دانشگاه فردوسی مشهد
سعیدرضا خداشناس : استادیار گروه مهندسی آب - دانشگاه فردوسی مشهد
پست الکترونیکی : mohamadtajbakhsh@gmail.com

چکیده

کنترل وقایعی مانند آب گرفتگی معابر، اختلال در سیستم عبور و مرور، آلودگی منطقه بواسطه جاری شدن رواناب آلوده و سیل زدگی مناطق مسکونی و تأمین امنیت جانی، مالی و روانی شهروندان همواره دغدغه خاطر طراحان و مهندسین آب بوده است. هدف این تحقیق شبیه‌سازی و ارزیابی عملکرد سیستم زهکشی رواناب سطحی حوضه آبریزاقبال شرقی درجنوب و جنوب شرقی شهر مشهد می‌باشد، این منطقه مساحتی حدود ۷۱/۱۷ کیلومتر مربع داشته و توسط ۴ مسیل اصلی زهکشی می‌شود. در این تحقیق برای انجام محاسبات بارش _ رواناب و ارزیابی عملکرد هیدرولیکی سیستم از مدل MIKE SWMM استفاده شده است. همچنین از امکانات سیستم GIS برای تعیین پارامترهای فیزیکی زیرحوضه‌ها (شامل مساحت، عرض، ضریب زبری مانینگ، ضرایب نفوذ و...) و انتقال دهنده‌ها (شامل نوع، ابعاد، جریان اولیه قبل از شروع بارش، طول، فاصله از کف در بالادست و پایین‌دست، ضریب زبری مانینگ و ضرایب افت و ...) و انجام محاسباتی ساده و در عین حال وقت‌گیر مانند گرفتن میانگین وزنی و تهیه نقشه‌های کاربری، زیرحوضه بندی و ... استفاده گردید. با توجه به مطالب فوق حوضه مذکور به ۳۴ زیرحوضه تقسیم شد و با کمک بارش شبیه سازی منتخب توسط مدل MIKE SWMM، شبیه-سازی بارش _ رواناب به روش مخزن غیرخطی صورت گرفت که منتج به برآورد هیدروگراف در خروجی زیرحوضه‌ها گردید و در ادامه روندیابی هیدروگراف‌های بدست آمده در طول سیستم نهایی منتقل کننده رواناب توسط مدل فوق به روش موج دینامیکی انجام و نقاط ضعف سیستم مشخص گردید. تحلیل شبکه تحت بارش شبیه‌سازی نشان داد که ۶ انتقال دهنده دچار اشکال بوده و جریان دچار پس‌زدگی شده و سیلاب رخ داده است. بحرانی ترین نقطه در سیستم شبیه سازی شده مسیل اقبال شرقی پل پایین دست فرودگاه است که موجب پس زدگی و انسداد جریان می شود و جریان به شدت به طرف بالادست آن برگشت کرده و موجب بروز سیلاب می‌گردد.

کلید واژه‌ها : سیلاب شهری، شبیه سازی بارش _ رواناب، اقبال شرقی، GIS، مدل هیدرولیکی MIKE SWMM

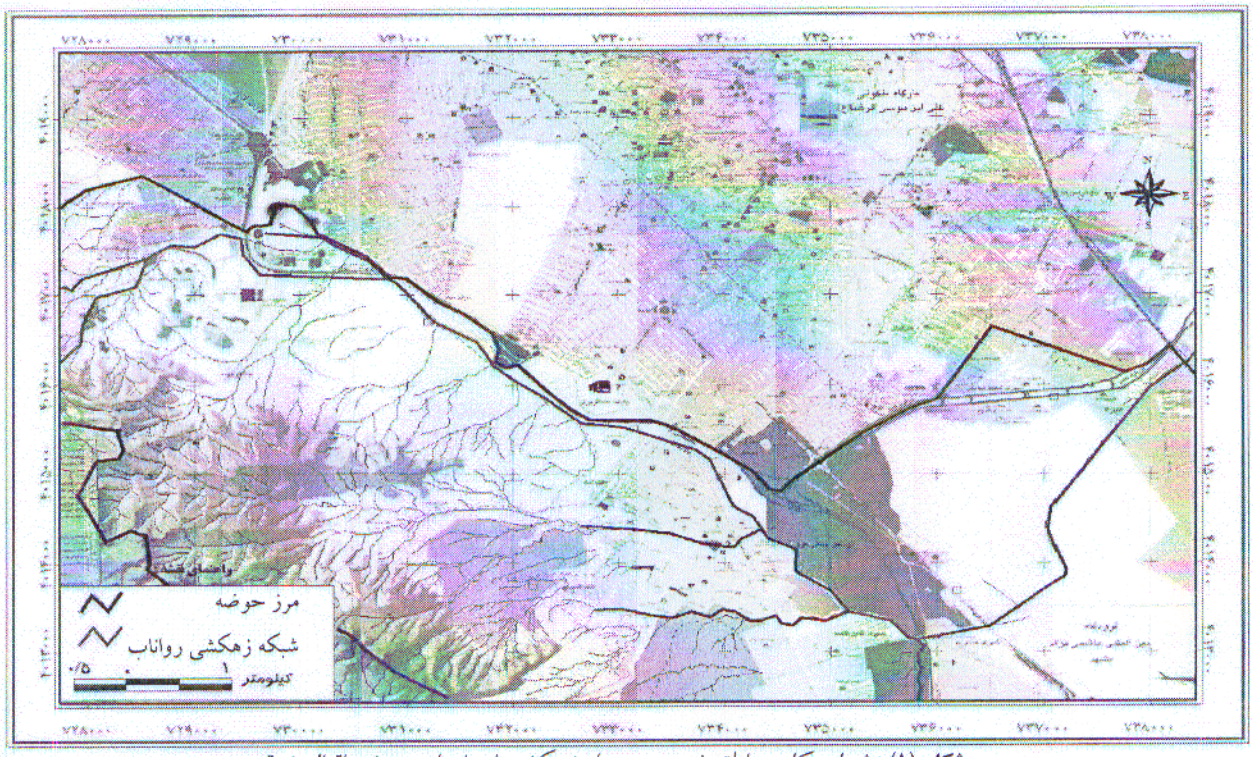
۱- مقدمه

روش‌های نوین در زمینه کنترل رواناب در مناطق شهری مبتنی بر تخلیه سریع سیلاب از محدوده شهری می‌باشند. سیستم‌های زهکشی شهری با این هدف احداث می‌شوند تا سرعت جریان را زیادتر نموده و توان تخلیه سیلاب را افزایش دهند، منتهی عدم طراحی صحیح، اشباع شدن سریع شبکه به علت توسعه شهری، عدم بهره برداری و نگهداری مناسب باعث می‌شود که شبکه قادر به ایفای صحیح وظایف خود نبوده و با بروز بارش‌های فصلی پس‌زدگی آب در نتیجه آبگرفتگی معابر و خیابان‌ها اتفاق افتد. بهترین راه ممکن برای مقابله با عوامل تهدید کننده فوق بررسی وضعیت بارش منطقه و برآورد دقیقی از میزان رواناب ایجاد شده و تحلیل و تصحیح عملکرد زهکش‌های موجود می‌باشد. برای نیل به این هدف، ۲ روش استاندارد وجود دارد، ۱- مشاهده عملکرد کمی و کیفی سیستم ۲- استفاده از فنون شبیه‌سازی. روش اول اطلاعات تاریخی را، جدا از بحث و بررسی تغییرات در سیستم، به دست می‌دهد اما هنگامی که روش مدیریت تغییر کرده و اجزاء جدیدی به سیستم اضافه و یا حتی حذف گردد، ناگزیر باید از روش دوم استفاده شود [۱].

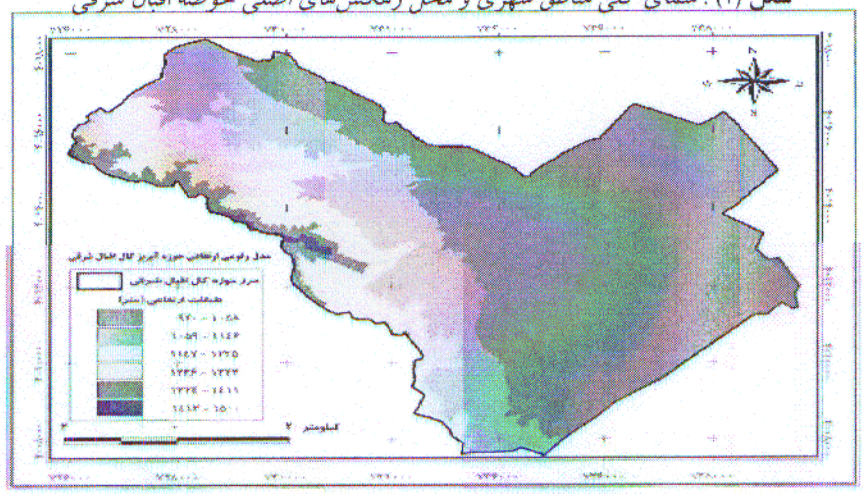
۲- مواد و روش‌ها

حوضه مورد مطالعه : مطالعه‌ی موردی استفاده شده در این مقاله، شامل بررسی حوضه آبریز اقبال شرقی واقع در جنوب و جنوب شرقی شهر مشهد می‌باشد. این حوضه مساحتی حدود ۷۱/۱۷ کیلومتر مربع داشته و شبکه‌ی جمع‌آوری آب‌های سطحی آن، شامل انواع سازه‌های کنترل جریان مانند پل، زیرگذر جاده، پایین افتادگی و دهانه ریزش می‌باشد که در تحلیل شبکه مدنظر قرار گرفته‌اند. زهکش‌های اصلی در این منطقه شامل مسیل شهرک مجاور بهارستان، مسیل اقبال شرقی، مسیل مجاور بزرگراه شهید کلانتری و مسیل مجاور پارک جنگلی طرق هستند. در شکل (۱) شمای کلی مناطق شهری و محل زهکش‌های اصلی موجود در منطقه اقبال شرقی آورده شده است.

شبیه‌سازی شبکه زهکشی آبهای سطحی در محیط GIS : بر اساس نقشه‌های ۱:۲۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان نقشه‌برداری و بازدیدهای میدانی، نقشه رقومی ارتفاعی، نقشه جهت جریان، نقشه تجمع جریان، رقومی سازی نقشه آبراهه‌ها و زیرحوضه‌بندی در محیط GIS انجام شد. مدل رقومی ارتفاعی منطقه تحت بررسی در شکل (۲) نشان داده شده است.

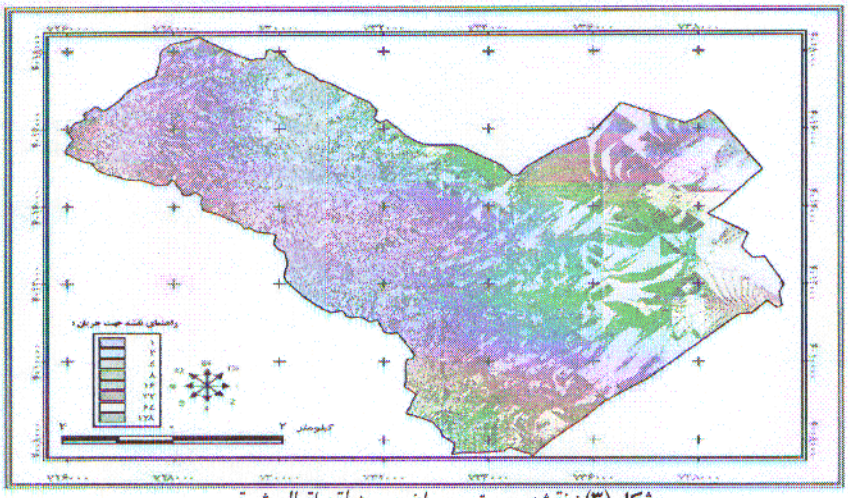


شکل (۱) : *شمای کلی مناطق شهری و محل زهکش‌های اصلی حوضه اقبال شرقی*



شکل (۲) : *نقشه رقومی ارتفاعی منطقه اقبال شرقی*

رقومی‌سازی خودکار شبکه آبراهه‌ها و مرز اولیه زیرحوضه‌ها : برای تعیین خودکار شبکه آبراهه ها و مرز زیرحوضه ها ابتدا باید دو نقشه جهت‌جریان و تجمع‌جریان معرفی شوند. برای تهیه نقشه جهت جریان از الگوریتم *D8* استفاده می گردد که در آن ارتفاع هر نقطه از شبکه با ۸ نقطه اطراف مقایسه شده و جهت جریان در آن نقطه، جهت برداری است که آن نقطه را به یکی از ۸ نقطه اطراف که ارتفاع کمتری دارد، متصل می‌نماید [۲]. در شکل (۳) نقشه جهت جریان منطقه اقبال شرقی تهیه شده بوسیله GIS نشان داده می شود.

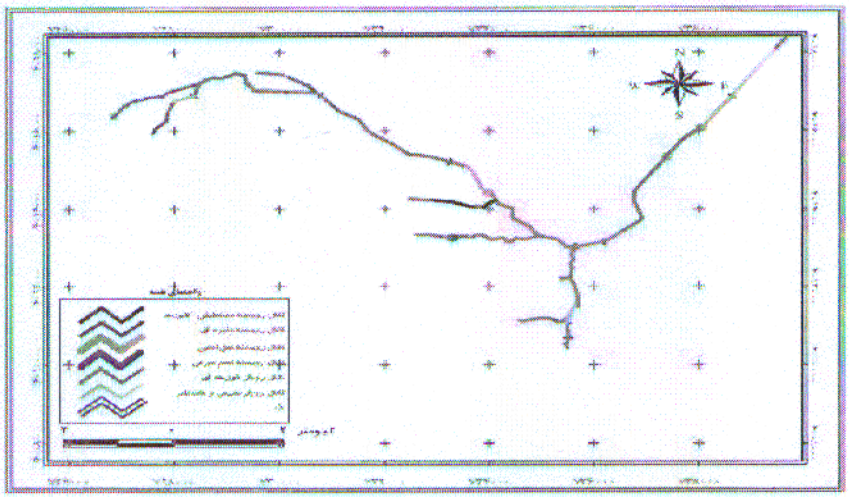


شکل(۳) : *نقشه جهت جریان در منطقه اقبال شرقی*

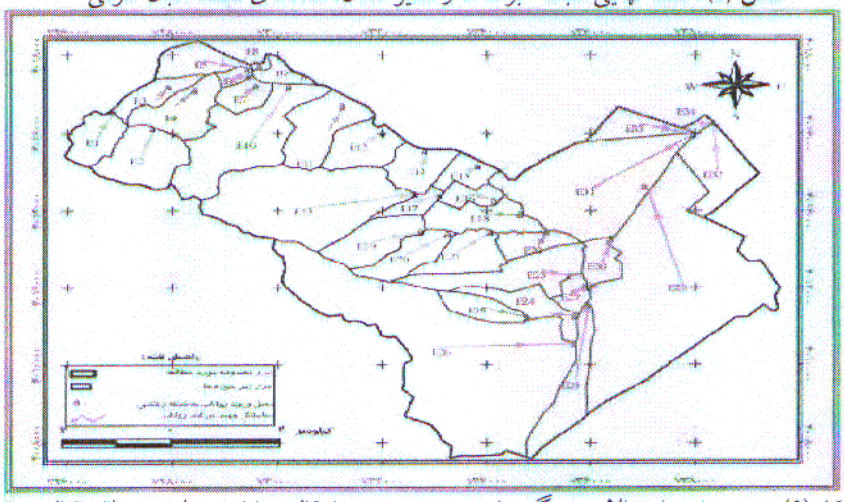
رقومی سازی نقشه آبراهه‌ها : برای تهیه این نوع نقشه توسط GIS، یک حد آستانه تعریف می‌شود که بیانگر مساحت زهکشی یا تعداد سلول‌های زهکش شده‌ی بالادست برای تشکیل آبراهه درجه اول است. از اتصال نقاط مختلف روی آبراهه با درجه یک و بالاتر به هم از سمت بالادست حوضه به سمت پایین‌دست، رودها ایجاد می‌شوند [۴]. درشکل (۴) نقشه آبراهه‌های منطقه صرفاً با توجه به وضعیت توپوگرافی و بدون توجه به عوارض مصنوعی نشان داده شده است.

به علت خطاهای موجود در نقشه‌های توپوگرافی و خصوصاً در مناطق شهری به علت وجود مناطق تحت تاثیر دخالت انسان، رواناب سطحی حتماً در جهت حداکثر شیب جریان نداشته و به جای حرکت در مسیرهای طبیعی از طریق کانال‌ها و لوله‌ها و... به سمت رودخانه هدایت می‌شود. برای تصحیح نقشه شبکه جمع آوری ذکر شده (شکل۴)، از طریق بازدیدهای میدانی مسیر واقعی حرکت رواناب، شناسایی واصلاح شد. همچنین برای تعیین مرز زیرحوضه‌های بالادست گره‌هایی که در آنها رواناب وارد سیستم می‌شود از ترکیب انواع نقشه‌های ۱:۲۰۰۰، نقشه‌های شهری، بازدیدهای میدانی و نقشه‌های شیب وتجمع جریان استفاده گردید. نقشه‌های شبکه آبراهه‌ها و مسیر انتقال‌دهنده‌های منطقه اقبال شرقی شامل ۱۶۱ گره (متشکل از ۳۲ گره ورودی و ۱۲۹ گره شبکه) و ۱۸۰ انتقال دهنده (متشکل ۱۱ ازکانال دایره‌ای،۲ کانال تخم مرغی، ۹ کانال نعل اسبی، ۱۵ کانال مستطیلی یا کالورت، ۱۱۳ کانال ذوزنقه‌ای، ۱۷ کانال طبیعی و نامنظم و ۱۳ پل) وزیرحوضه‌های بالادست گره‌های ورودی سیستم به‌ترتیب در اشکال (۵) و (۶) نشان داده شده‌است.

شکل(۴) : *آبراهه های منطقه بدون توجه به عوارض مصنوعی*

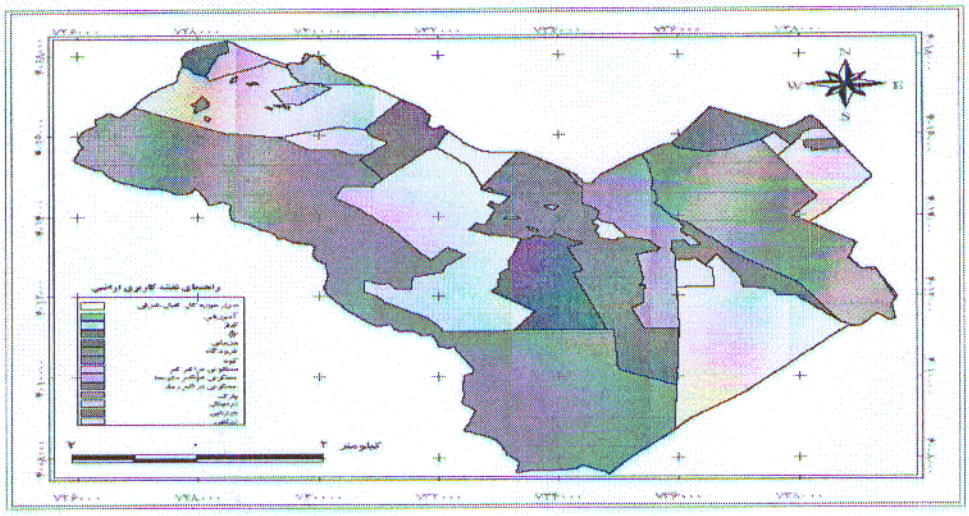


شکل (۵) : *نقشه نهایی شبکه آبراهه‌ها و مسیر انتقال‌دهنده‌های منطقه اقبال شرقی*



شکل(۶) : *زیرحوضه‌های بالادست گره‌های ورودی سیستم انتقال رواناب سطحی منطقه اقبال شرقی*

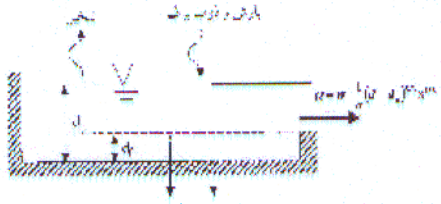
تهیه نقشه کاربری : بعضی از پارامترهای زیرحوضه مانند ضریب زبری و ذخیره چالابی بسته به نوع خاک و پوشش زمین تغییر می‌کنند. برای محاسبه دقیق این پارامترها، ابتدا نقشه کاربری اراضی منطقه تهیه و مقدار هر یک از این پارامترها برای هر کاربری تعریف گردید و بوسیله سیستم GIS، متوسط وزنی پارامتر در زیرحوضه ها محاسبه شد. براساس اطلاعات میدانی، نقشه های شهری و...، نقشه کاربری اراضی منطقه اقبال شرقی تهیه و درشکل (۷) نشان داده شده است.



شکل(۷) : *نقشه کاربری اراضی منطقه اقبال شرقی*

روندیابی جریان و تولید آبنمود در خروجی زیرحوضه ها : در مدل‌سازی، هر زیرحوضه به ۳ زیرناحیه تقسیم می‌شود که شامل سطوح نفوذناپذیر با چالاب سطحی، سطوح نفوذناپذیر بدون چالاب سطحی و در نهایت سطوح نفوذپذیر با چالاب سطحی می‌باشند. جریان از یک زیرناحیه روی زیرناحیه دیگر روند نمی‌شود و از هر زیرناحیه مستقیماً به گره، لوله یا جوی کنار خیابان می‌ریزد. جریان سطحی از هریک از زیرناحیه‌ها با تقریب زدن آنها با مدل مخزن غیرخطی برآورد می‌شود.

مدل مخزن غیرخطی : در شکل (۸) یک مدل از زیرحوضه به صورت کلی نشان داده شده است که در واقع به شکل خاصی از لحاظ هندسی (پلان) اشاره ندارد [۳].



شکل (۸) : *مدل مخزن غیرخطی زیرحوضه* [۳]

مدل مخزن غیرخطی از ترکیب معادله پیوستگی و معادله مانینگ به‌دست می‌آید. معادله پیوستگی در هر زیرحوضه به‌صورت زیر است:

$$\frac{dV}{dt} \quad A\frac{dd}{dt} \quad A\ i \quad Q \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، V حجم آب در زیرحوضه (m^3)، d عمق آب (m)، t زمان (s)، A سطح زیرحوضه (m^2)، i شدت بارش مازاد که برابر است با شدت بارندگی منهای میزان نفوذ و تبخیر (m/s) و Q جریان خروجی (m^3/s) می‌باشد. جریان خروجی با استفاده از معادله مانینگ از رابطه (۲) به‌دست می‌آید:

$$Q \quad W\frac{1}{n}d \quad d_p{}^{5/3}S^{1/2} \qquad (۲)$$

در رابطه (۲)، W عرض زیرحوضه (m)، n ضریب زبری مانینگ، d_p عمق ذخیره چالابی (m) و S شیب زیرحوضه است. از ترکیب معادلات (۱) و (۲) یک معادله دیفرانسیل غیرخطی حاصل شده که از حل آن می‌توان مجهول

d را به‌دست آورد. این معادله به معادله مخزن غیرخطی معروف است که به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$\frac{dd}{dt} \quad i \quad \frac{W}{A\ n}\ d \quad d_p^{\ 5/3} S^{1/2} \quad i \quad WCON \quad d \quad d_p^{\ 5/3} \quad \text{و} \quad WCON \quad \frac{W\ S^{1/2}}{A\ n} \qquad (۳)$$

معادله (۳) در هر بازه زمانی بوسیله روش ساده‌ای از تفاضل محدود به‌شکل زیر تقریب زده می‌شود:

$$\frac{d_2 \quad d_1}{t} \quad i \quad WCON \quad d_1 \quad \frac{1}{2}\ d_2 \quad d_1 \quad d_p^{\ 5/3} \qquad (۴)$$

t گام زمانی (S) می‌باشد، معادله (۴) بوسیله روش تکراری نیوتن- رافسن به‌منظور تعیین d_2 حل می‌شود. سپس با استفاده از معادله (۲) دبی خروجی متناظر محاسبه می‌گردد. این پارامتر مقدار جریان ورودی به گره‌ها، لوله‌ها و یا جوی‌های کنار خیابان است [۳].

حل معادلات جریان غیردائمی متغییرتدریجی در زهکش‌های شهری : اساس معادلات دیفرانسیل برای سیستم‌های فاضلاب و آبهای سطحی معادلات جریان غیردائمی متغییر تدریجی در کانال‌های باز است که به معادلات سنت و نانت یا معادلات آبهای کم‌عمق معروف می‌باشد. معادله پیوستگی در جریان غیردائمی با متغییرهای مساحت و دبی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\frac{A}{t} \quad \frac{Q}{x} \quad 0 \qquad (۵)$$

در معادله فوق، A مساحت مقطع عرضی، Q دبی لوله، x فاصله در جهت لوله/کانال و t زمان می‌باشد. همچنین اگر دبی و هد (ارتفاع کف به‌علاوه عمق آب) به عنوان متغییر درنظر گرفته شوند، معادله مومنتم به صورت معادله (۶) نوشته می‌شود:

$$\frac{Q}{t} \quad \frac{(Q^2/A)}{x} \quad gA\frac{H}{x} \quad gAS_f \quad 0 \qquad (۶)$$

در معادله فوق g شتاب ثقلی، H هد هیدرولیکی (H=z+h)، z ارتفاع کف، h عمق آب، S_f شیب خط انرژی (فرض می‌شود با شیب کف برابر است) می‌باشد.

با بسط رابطه $\frac{Q^2/A}{x}$ با کمک جملات Q و $\frac{Q}{A}$ خواهیم داشت:

$$\frac{(Q^2/A)}{x} \quad Q^2\frac{(1/A)}{x} \quad \frac{2Q}{A}\frac{Q}{x} \quad Q^2\frac{(1/A)}{x} \quad 2V\frac{Q}{x} \qquad (۷)$$

با جایگذاری رابطه $\frac{Q}{x}$ از معادله پیوستگی، (۵)، در رابطه (۷):

$$\frac{Q^2/A}{x} \quad Q^2 \quad \frac{1/A}{x} \quad 2V \quad \frac{A}{t} \qquad (۸)$$

حال با جایگذاری معادله فوق در معادله مومنتم، (۶)، معادله (۹) که معادله پایه در روش‌های حل صریح ارتقاء یافته است به دست می‌آید:

$$\frac{Q}{t} \quad gAS_f \quad 2v\frac{A}{t} \quad Q^2\frac{(1/A)}{x} \quad gA\frac{H}{x} \quad 0 \qquad (۹)$$

در این معادله، Q دبی لوله، V سرعت جریان، A مساحت مقطع عرضی جریان، H هد هیدرولیکی، z ارتفاع کف و S_f شیب خط انرژی که از رابطه مانینگ به‌صورت زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$S_f \quad \frac{k}{gAR^{\frac{4}{3}}}QV \qquad (۱۰)$$

در رابطه (۱۰)، k برابر gn^2 در سیستم متریک، n ضریب زبری مانینگ، g شتاب جاذبه، R شعاع هیدرولیکی است. با جایگذاری رابطه S_f در رابطه (۵) و بسط فرم تفاضل محدود داریم:

(۱۱)

$$Q_{t\ \ t}\quad Q_t\quad \frac{k\ t}{R^{4/3}}|V_t|Q_{t\ \ t}\quad 2V\quad A/\ t_{,\ t}\quad t\quad Q_t\ _tQ_t\ 1/A_2\quad 1/A_1\ /L\quad t\quad gA\ H_2\quad H_1\ /L\quad t$$

در رابطه فوق t گام زمانی و L طول لوله می‌باشد. از حل رابطه (۱۱) برای $Q_{t\ \ t}$، فرم نهایی تفاضل محدود معادله دینامیکی جریان در روش حل صریح ارتقاء یافته به‌دست می‌آید.

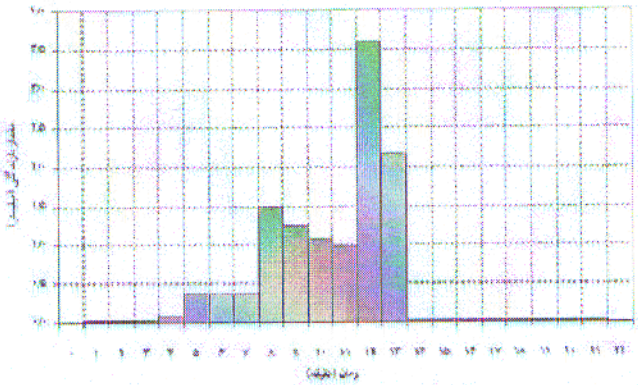
$$Q_{t\ \ t}\quad \frac{Q_t\quad 2\overline{V}(\ A/\ t)_t\quad t\quad g\overline{A}\ H_2\quad H_1\ /L\quad t}{1\quad \frac{k\ t}{\overline{R}^{\frac{4}{3}}}|V|\quad Q_t\ (1/A_2\quad 1/A_1)/L\quad t} \qquad (۱۲)$$

در رابطه فوق A، V و R متوسط وزنی مقادیر بالادست، وسط و پایین دست لوله در زمان t و $(\ A/\ t)_t$ مربوط به گام زمانی قبل است. مجهولات اصلی در رابطه فوق $Q_{t\ \ t}$ و H_2 و H_1 می‌باشند زیرا متغییر های V، R و A با Q و H رابطه دارند. لذا از رابطه پیوستگی در گره ها نیز باید استفاده کرد:

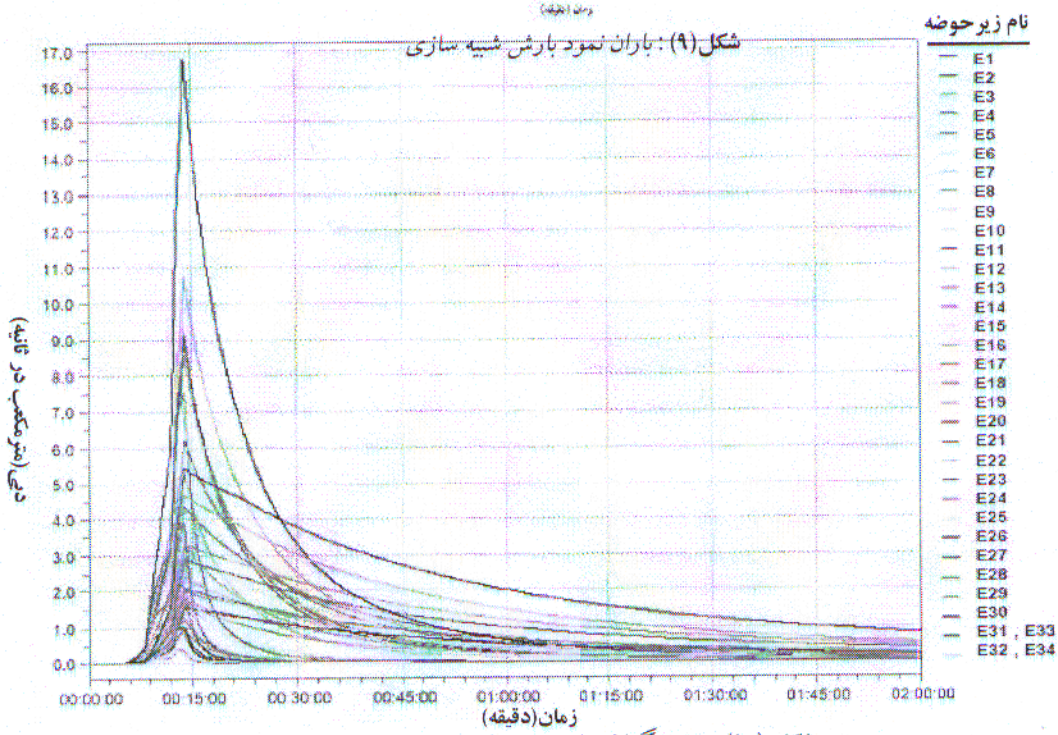
$$(\ H/\ t)_t\qquad Q_t/A_{S_t} \qquad (۱۳)$$

A_S مساحت سطح گره است. معادلات (۱۲) و (۱۳) توسط مدل پشت سر هم حل می‌شوند تا برای گام زمانی t ، دبی در هر لوله و هد در هر گره محاسبه شود. این معادلات به روش اولر اصلاح شده قابل حل هستند، بررسی نتایج حاکی از دقت نسبی و در صورت رعایت حدود مجاز، پایداری نتایج می باشد [۳].

بررسی و مقایسه بارش‌های تاریخی : برای بررسی بارش‌های تاریخی رخ داده در منطقه از آمار بارش ایستگاه باران‌سنج ثبات سازمان آب مشهد وابسته به وزارت نیرو استفاده شده است. به این منظور حدود ۴۵۰ بارش بین سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۷۸مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به تحلیل تمام پارامترهای شدت، مدت و مقدار بارش، تعداد ۱۷ واقعه به عنوان بارش‌های یکتا و ۳ بارش پیوسته (متشکل از ۱۱ واقعه پشت‌سرهم) به عنوان بارش‌های مورد نظر برای شبیه‌سازی انتخاب شدند، با قرار دادن باران نمود این بارش‌ها در مدل MIKE SWMM مشخص شد که در منطقه مورد مطالعه، بارش‌های با مقدار کم و زمان کوتاه مدت ولی با شدت‌های لحظه‌ای زیاد از بارش‌های با مقدار بیشتر و زمان طولانی‌تر ولی با شدت‌های لحظه‌ای کم‌تر، دبی اوج هیدروگراف بزرگتری تولید می‌نماید. در نهایت باران مورخ ۱۳۷۷/۰۳/۰۹ با مقدار ۱۴/۱ میلیمتر و شدت متوسط ۵/۱۷ میلیمتر در ساعت و مدت ۲۲ دقیقه به خاطر ایجاد دبی اوج بزرگتر در تمام زیرحوضه‌ها، برای تحلیل‌های بعدی برگزیده شد. در شکل (۹) و (۱۰) به ترتیب باران نمود مربوطه به این واقعه و هیدروگراف‌های شبیه سازی شده توسط مدل MIKE SWMM در تمام زیرحوضه ها نشان داده شده است.



شکل(۹) : باران نمود بارش شبیه سازی



شکل (۱۰) : هیدروگراف‌های شبیه سازی شده در تمام زیرحوضه ها

۳- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری : با مشاهده شبیه سازی حرکت آب در کانال‌ها در نرم افزار Mike SWMM می‌توان نقاط ضعف سیستم را تعیین کرد. همچنین یک ملاک قضاوت نیز، نسبت دبی حداکثر محاسبه شده به دبی طراحی است. نحوه عملکرد کانال‌های سیلابی در برابر بارش مورد نظر در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱) : نحوه عملکرد کانال‌های سیلابی در برابر بارش شبیه‌سازی

نام محلی	دبی حداکثر (m^3/s)	ملاحظات
مجاور شهرک بهارستان	۵/۷۳	مسیل کنار خیابان است و سیلاب سطح خیابان را می گیرد
مجاور میدان جهاد	۶/۸۰	آب از روی پل روبسته گذشته و وارد بلوار می شود
پایین دست پارک جنگلی طرق	۲/۲۶	آب به سمت بالادست پس می‌زند
بزرگراه شهید کلانتری	۶/۴۴	آب از روی پل روبسته گذشته و وارد بلوار می شود
انتهای کلانتری به سمت شهرک عسگریه	۲/۱۳	آب بالادست زیرگذر لوله ای برگشت کرده و وارد بلوار می شود
پایین دست فرودگاه	۴/۲۱	به علت وضعیت قرار گرفتن پل و زیرگذر در فاصله کم از یکدیگر جریان دچار گرفتگی می شود

با توجه به نتایج بدست آمده از این مقاله می‌توان تاثیر انواع ابزارهای کنترل‌کننده سیلاب از جمله استخرهای نفوذ و نگهداری سیلاب وجعبه‌های نفوذ، سنگفرش‌های نفوذپذیر و ترانشه‌های نفوذ را مورد بررسی قرار داد و با توجه به نقاط حساس و دارای ضعف سیستم راه حل‌های اصلاحی ارائه کرد. همچنین نتایج این تحقیق در طراحی سیستم‌های دفع رواناب، بهینه‌سازی و مدیریت رواناب‌های شهری قابل استفاده می‌باشد.

۵- مراجع

[1] Choi, K-S., Ball, J., 2002 Parameter estimation for urban runoff modeling, Urban Water 4 , pp 31 34 .

[۲] مخدوم، مجید، درویش صفت، علی اصغر، ۱۳۸۰، ارزیابی و برنامه ریزی با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، انتشارات دانشگاه تهران.

[3] William, James, Wayne, H, May 2003, User's Guide to SWMM, Published by CHI, Guelph, Ontario, Canada.