کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه ریزی

دوره سوم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۱

صص ۶۲-۵۳

بررسی پروژه‌های بین‌المللی در مدیریت سیلاب‌های شهری به منظور برنامه‌ریزی و کاربرد در توسعه شهری

علی سلامت‌منش[۱]
a.salamatmanesh@semnaniau.ac.ir

چکیده:

استفاده از تجربه‌های موفق بین‌المللی که بر اساس آخرین دستاوردهای علمی و فنی بدست آمده است در صورتی که کارشناسی شده باشد و با وضعیت اقلیمی و فنی در کشور مطابقت نماید نه تنها الگوی مناسبی جهت حل معضلاب سیلاب‌های شهری موجود می‌باشد بلکه بمنظور بکارگیری در برنامه‌ریزی توسعه شهری میتواند راهکارهای مناسبی را ارائه نماید. بررسی دقیق وضعیت بارش و رواناب‌های ناشی از آن در مناطق شهری بهمراه بکارگیری دستورالعمل‌های فنی و تکنیک‌های مدیریتی یکپارچه در سطح شهرها میتواند سیلاب‌های حجیم شهری را که ابنیه، تاسیسات و زیرساختها را به مخاطره می‌اندازد به حجمی مفید در تامین منابع آب شهرها که امروزه بدلیل افزایش مصارف شهری در پی منابع جایگزین جدید هستند، تبدیل نماید. در این مقاله با مطالعه و بررسی بر روی چهار پروژه مدیریت سیلاب شهری که در کشورهای استرالیا، آلمان و مالزی اجرا شده است و با استفاده از دستورالعملها و توصیه‌های مراکز علمی معتبر بین‌المللی مانند سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و مرکز مطالعات سیلاب‌های شهری جنوب استرالیا سعی می‌شود تا اولا تجربه‌های موفقی را بمنظور مقابله با پدیده سیلاب شهری مطرح نماید و ثانیا راهکارهایی را که برای برنامه‌ریزی در توسعه شهری نیاز است را ارائه کند.

کلمات کلیدی: سیلاب شهری، توسعه شهری، تغییر وضعیت هیدرولوژیکی، GIS.

---

[۱] عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان

۱- مقدمه:

سیلاب یکی از فراوان‌ترین خسارتها را به انسان و محیط زیست وارد می‌کند و باعث بیشترین و پرهزینه‌ترین بلایای طبیعی در جهان می‌باشد. تقریباً از هر پنج بلای طبیعی که در جهان اتفاق می‌افتد یک مورد آن مربوط به سیلاب می‌باشد. سیلابهایی که باعث ایجاد خسارت‌های غیرقابل انتظار می‌شوند به عوامل متعددی وابسته هستند که می‌توان به عواملی مانند تغییرات اقلیمی منطقه، کاربری اراضی و یکی از مهم‌ترین آنها یعنی توسعه شهرنشینی[2] اشاره کرد. توسعه شهرنشینی از یک سو باعث ایجاد رشد اقتصادی و افزایش فعالیت‌های خدماتی می‌شود و از سوی دیگر می‌تواند خطر ایجاد سیلاب را در مناطق شهری افزایش و خسارت‌های ناشی از آن را چندین برابر نماید. برخی از عوامل اولیه که در اثر توسعه شهرنشینی به وجود می‌آیند و بر روی ایجاد سیلاب‌های شهری موثرند عبارتند از: افزایش سطوح غیرقابل نفوذ آب باران، از بین رفتن جنگلها، متراکم سازی خاک و مسطح نمودن ناهمواریها و شیب‌های موجود در زمین. واضح است که با کاهش ظرفیت نفوذ در خاک که از عوامل فوق منجر می‌شود، حجم و دبی ماکزیمم رواناب‌های سطحی افزایش یافته و باعث ایجاد سیلاب‌های غیرقابل انتظار می‌شود. ولی با نگاه دقیقتر می‌توان مهم‌ترین اثرات ناشی از توسعه شهری را به صورت زیر دسته‌بندی نمود. (Stormwater Management Manual for Western Washington, 2005)

۱- تغییر در شرایط گذشته: که با توسعه شهری بوجود می‌آیند مانند از بین رفتن درختان و جنگل ها، پرشدن چاله‌ها و حوضچه‌ها و برکه ها، افزایش فرسایش ناشی از روانابها و همچنین رسوب گذاری در آبراهه‌ها و کاهش سطح مقطع عبور سیلاب، کاهش تبخیر و تعرق بارش که توسط گیاهان انجام می‌شد.

۲- تغییر در وضعیت هیدرولوژیکی منطقه: که در اثر افزایش حجم رواناب، افزایش دبی ماکزیمم آن، کاهش زمان تمرکز، کاهش نفوذ به آب‌های زیرزمینی، افزایش فراوانی وقوع سیلاب‌های با دبی زیاد (کاهش دوره بازگشت این سیلابها)، کاهش دبی پایه رودخانه در فصول خشک و بیشتر شدن سرعت جریان در آبراهه‌ها را نام برد.

۳- تغییر در کیفیت آب: توسعه شهری و ایجاد فعالیت‌های مختلف در آن می‌تواند انواع آلودگیها و میزان مواد معلق را در روانابها افزایش دهد و همچنین باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی نیز می‌شود.

۴- تغییر در سیستم بیولوژیکی منطقه.

۵- کاربری اراضی و سبک زندگی انسان در مناطق توسعه یافته را میتوان از عوامل مهم و موثر ناشی از توسعه شهری دانست.

مطالعات انجام گرفته در طی سال‌های گذشته توسط نهادها و مراکز علمی معتبر بین‌المللی مانند سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا EPA، آژانس فدرال مدیریت بحران آمریکا FEMA و مرکز مطالعات سیلاب‌های شهری جنوب استرالیا، همواره در تلاش بوده است تا به راهکارهایی جهت دستیابی به محیط

[2] urbanization

زیست شهری با کیفیت بالا برای ارتقاء سازگاری و کارآمدی محیط و زیرساخت‌های مناطق شهری دست یابد به طوری که در آن خطر سیلاب به حداقل ممکن کاهش یابد، آبراه‌ها و مسیرهای انتقال سیلاب‌های ناشی از بارندگی بر سطح شهرها بهداشتی باشد، جریان رواناب ناشی از بارندگی، منابع تأمین آب شهرها را با خطر مواجه ننماید و با ذخیره مناسب و تخصصی، از این منابع ارزشمند جهت تقویت ذخایر آب شهرها استفاده شود. برای دست یافتن به این اهداف مهم، لازم است عوامل متعددی مانند کنترل آلودگی‌های منطقه‌ای، خطی و سطحی، امنیت زیست محیطی، جامعیت طرح‌های زیست محیطی شهری و ساخت فضاها با کاربری چند منظوره، در کنار طرح‌های عمرانی و زیربنایی شهرها مورد توجه قرار گیرد. لازم به یادآوری است که انتخاب راهکارهای مناسب، از میان گزینه‌های متعدد موجود، همواره کار آسانی به حساب نمی آید. اگر چه در مناطق شهری جدیدالاحداث که دارای حجم ابنیه و پروژه‌های عمرانی در دست ساخت کمتری می‌باشند و یا در مناطقی که دارای سیستم‌های کارآمد زهکشی پایاب هستند، انتخاب روش‌های مدیریتی سیلاب دارای مزایای مناسب زیست محیطی و اقتصادی باشد، به مراتب آسان‌تر است اما در مناطق شهری توسعه یافته که با محدودیت شدید زمین، هزینه‌های بالای اراضی و محدودیت‌های فراوان درخصوص اجرای طرح و زیرساخت‌های زیست محیطی مواجه هستند، طیف متفاوتی از راهکارها مورد نیاز خواهد بود. این مقاله سعی دارد با بررسی پروژه‌های مناسب اجرا شده و یا در دست بررسی در بخش‌های مختلف استرالیا، آلمان، مالزی و با در نظر گرفتن آیین نامه‌ها و دستورالعمل‌های معتبر بین‌المللی در سه بعد مهندسی، زیست محیطی و ایمنی نتایج مطلوب کاربردی را از آنها به دست آورده تا در شرایط مناسب خود مورد استفاده و بهره برداری قرار گیرد.

۲- بررسی پروژه‌های مهم بین‌المللی در مدیریت سیلاب شهری

۲-۱ – پروژه سیستم مدیریت سیلاب (Parifitt square) در شهر (charles sturt) استرالیای جنوبی.

این پروژه که در راستای توسعه مجدد (Parifitt square) می‌باشد به عنوان یک ابداع مهم در مدیریت کمی و کیفی سیلاب محسوب شده و با اهداف زیر در نظر گرفته شده است.

- کنترل کل جریان‌های رواناب ناشی از سیلاب‌های یکصد ساله
- کنترل و مدیریت کل آلودگی‌های سطحی تولید شده در حوضه آبریز در سیلاب‌های با دوره بازگشت یکصدساله.
- تبدیل کل رواناب ناشی از سیلابها به ذخیره سازی در آبخوانها که به صورت اصولی و ضوابط فنی انجام می‌شود.
- بازیافت سیلاب‌های ذخیره شده و تهیه آب جهت آبیاری.
- فراهم نمودن محیط زیست مطلوب برای ایجاد یا فعال نمودن تفریحات غیرفعال.

در اطراف شهرها مناطقی وجود دارد که ترکیبی از کلبه‌های روستایی قدیمی و کارگاه‌ها و کارخانه‌های صنعتی مهم و انبارها و... می‌باشند حوضه آبریز این منطقه که رواناب ناشی از بارش بر روی آن باید زهکشی شود تقریباً یک هکتار بوده که شامل کلبه‌های روستایی قدیمی و سکونتگاه‌های جدید و حدود ۲۰۰ متر نیز پیاده رو می‌باشد. فضای باز در این میدان شامل ۰/۶ هکتار در منطقه‌ای است که قبلاً استادیوم بسکتبال بوده است. (شکل ۱)

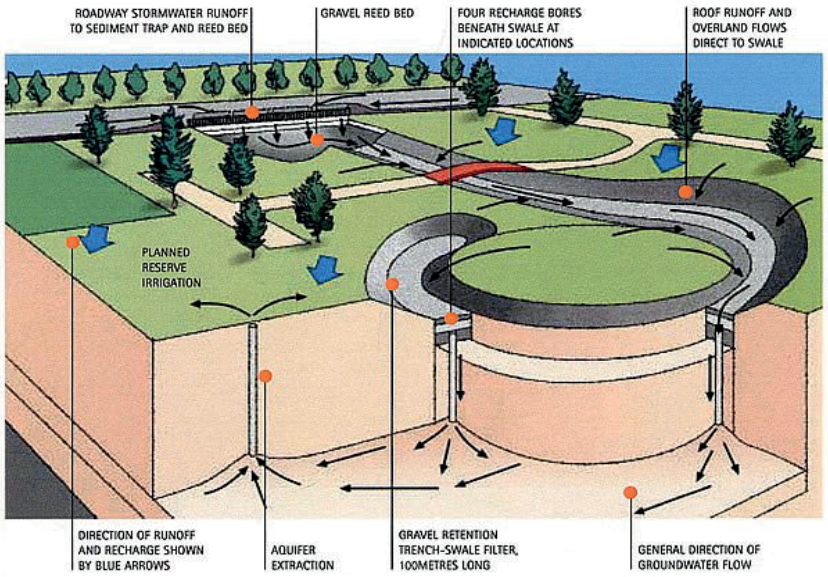
تحت الزامات سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) تغذیه فعال آبخوان این منطقه با رعایت ضوابطی انجام گرفته است. که از جمله این ضوابط تهیه برنامه مدیریت منطقه است. به گونه‌ای که کلیه الزامات (EPA) در آن منظور شده باشد. این برنامه شامل موارد زیر است:

تمامی سیلاب بالا دست این حوضه آبریز به چاله‌هایی در کنار معبری در قسمت شمالی پارک وارد و درآنجا ذخیره شده و سپس از میان بستری شنی عبور داده می‌شود تا رسوبات آن گرفته شده و انتظار می‌رود که اکثر رسوبات حمل شده توسط جریان به صورت غیرمحلول و ته نشین شوند. این سیستم جمع آوری و حذف رسوبات برای ذخیره تمام مواد معلقی که انتظار است در طی یک دوره ۱۰۰ ساله در حوضه به حرکت درآیند طراحی شده است. سپس جریان ورودی از بسترهای شنی وارد یک ترانشه‌ای که پر از شن شده است خواهد شد بطول ۱۰۰ متر ومقطع عرضی ۴ متر مربع که در نهایت سیلاب تصفیه شده به سمت ۴ حلقه چاه تغذیه فرستاده می‌شود و این چاه‌ها نیز که از ضخامت‌های دوبل ژئوتکستال تشکیل شده است صاف نمودن نهایی سیلاب را فراهم می‌سازند.

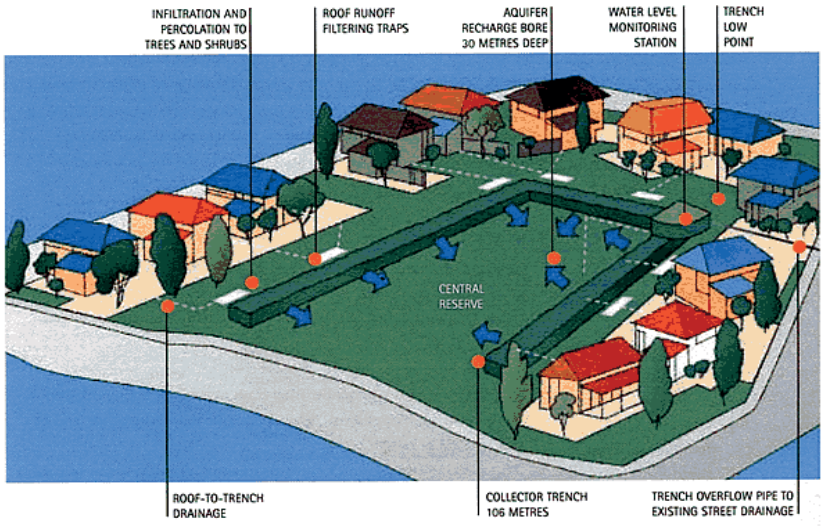
در این پروژه تغذیه سالانه مورد انتظار با در نظر گرفتن تلفات حوضه مانند: تبخیر و تعرق،نشت و غیره در حدود ۱/۵ میلیون لیتر است که برای آبیاری استفاده می‌شود وقتی این آب با آب‌های طبیعی آبخوان مخلوط می‌شود ترکیب آن جریانی است با املاح حدود ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر که برای آبیاری مناسب است (البته تهیه آب آشامیدنی با این آب مورد نظر نیست). از نظر هیدرولیکی آبخوان به گونه‌ای عمل می‌کند که رواناب تزریقی در زمستان به سمت پایین دست حرکت می‌کند و در تابستان گمانه‌ای که حدوداً در مرکز آبخوان حفر شده برای استخراج جریان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۲- پروژه توسعه مجدد املاک شهری در شـــــهر (charles sturt) آدلاید (استرالیای جنوبی)

این پروژه در سال ۱۹۹۱ با هدف مدیریت رواناب بام و خانه‌ها در منطقه مورد نظر انجام گردید. مرکز منابع آب شهری در دانشگاه استرالیای جنوبی سیستمی را برای نگهداری رواناب بر روی منطقه طراحی و توسعه داد که البته از دپارتمان برنامه‌ریزی و محیط زیست نیز حمایتهایی را دریافت نمود. در این طرح همه رواناب‌های بام‌ها از مجاورت خانه‌های موجود در یک ناحیه جمع آوری و به داخل یک ترانشه عمومی و مشترک منتقل می‌شود. این سیستم می‌تواند ۹۸٪ رواناب منطقه را گرفته و در داخل منطقه نگهداری نماید. (شکل ۲)



شکل ۱: اجزاء اصلی در پروژه مدیریت سیلاب parifitt square



شکل ۲: سیستم تغذیه رواناب درشهر (charles sturt) آدلاید (استرالیا ی جنوبی)

۲-۳- پـــــــــــروژه (SMART) در مالزی: (Stormwater Management And Road Tunnel)

در سال ۲۰۰۳ پروژه‌ای به نام مدیریت سیلاب و تونل جاده‌ای (SMART) در مالزی مطرح شد که در سال ۲۰۰۴ شروع و نهایتاً در سال ۲۰۰۶ نیز خاتمه یافت.

این پروژه که دارای تکنولوژی بسیار پیشرفته می‌باشد طولانی‌ترین تونل در مالزی است. بطوریکه قطر تونل ۱۳/۲ متر و گذرگاه سیلاب بطول ۹/۷ کیلومتر را در آن شامل می‌شود که در داخل این تونل حدود ۴ کیلومتر راه عبور وسایل نقلیه به صورت دوبانده نیز تعبیه شده است. (شکل ۳)

هدف اصلی این پروژه حل مشکل سیلاب‌های ناگهانی در کوالالامپور و البته کاهش ترافیک فشرده ناشی از ازدحام ترافیک روزانه می‌باشد جاده برای عبور وسایل نقلیه سبک مناسب است. کارفرمای این پروژه دولت مالزی است. حدود ۳۰۰۰۰ اتومبیل در روز از آن استفاده می‌کنند و چندین مرتبه سیلاب را نیز انتقال داده است. این تونل سیلابها را از تلاقی دو رودخانه اصلی که در سراسر مرکز کوالالامپور جریان دارد منحرف می‌کند. خطر ریسک شهر در مقابل سیل گرفتگی یک بار در ۱۰۰ سال تخمین زده شده است.

پروژه همچنین شامل یک مخزن ذخیره و کالورت جعبه‌ای دوتایی برای انحراف هر سیلابی در نظر گرفته شده است. این پروژه در سه حالت زیر عمل می‌کند.

حالت اول یا وضعیت نرمال وقتی است که بارندگی کم بوده و بدون طوفان می‌باشد که بخش عبور وسایل نقلیه باز و عبور و مرور برقرار است.

حالت دوم یا وضعیت متوسط که سیستم (SMART) فعال شده و سیلاب به داخل گذرگاه تونل در قسمت پایین کانال منحرف می‌شود و در بالای کانال هنوز عبور و مرور برقرار است.

حالت سوم یا وضعیت طوفانی که در آن سیر عبور و مرور بسته شده و تمامی وسایل نقلیه از تونل خارج می‌شوند و بطور اتوماتیک دریچه‌هایی که مانع ورود سیلاب هستند باز شده و اجازه عبور از داخل تونل به سیلاب داده می‌شود.

از نظر زیست محیطی و ایمنی مُفَّر و تهویه‌های هوای تازه در هر کیلومتر تونل در نظر گرفته شده است که باعث جا به جایی هوای تازه در هنگام عبور و مرور وسایل نقلیه می‌باشد.

شکل ۳: مقطع عرضی از تونل پروژه SMART

۲-۴- پروژه (15/15) در آلمان غربی

در غرب آلمان رودخانه (Emscher) بعلت افزایش فعالیت‌های صنعتی در مجاورت آن به یک مشکل

مهمی دچار شده بود و در اثر افزایش رو به رشد مناطق شهری در مجاورت رودخانه و افزایش جریان‌های رواناب ورودی به رودخانه ناشی از کاهش مناطق نفوذ پذیر و افزایش سطوح غیرقابل نفوذ حجم و پیک جریان آن در طی ۵۰ سال گذشته افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته (بیش از ۱/۵ برابر) که این مسئله خود باعث تشدید مشکلات قبلی شده است. لذا در این راستا پروژه‌های مدیریت سیلاب در این منطقه مطرح و پروژه معروف (15/15) نیز تعریف شده است. در این پروژه بایستی ۱۵٪ از رواناب ناشی از بارش که به جریان رودخانه اضافه می‌شود در طی ۱۵ سال کاهش یابد. برای رسیدن به آن برنامه‌های زیر انجام گرفت. (Sieker *et al.*,2006)

۱- مسیر آب باران:

در سال ۱۹۹۲ سیستم ترانشه‌های گود جهت جمع آوری آب باران ساخته شده بود. اما در سال ۲۰۰۰ با انجام مطالعات وسیع به صورت کاربردی و اجرایی و با در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی و مسائل عمومی پروژه‌های تفکیک مسیر آب باران شروع و به انجام رسید. و نتایج بسیار سودمندی نیز در پی داشت.

۲- سیستم اطلاعات مدیریت سیلاب:

برای پشتیبانی پروژه (15/15) یک سیستم اطلاعات مدیریت سیلاب تهیه و توسعه یافته بود (SMIS). این سیستم برنامه ریزان را در تشخیص بهتر مناطقی که برای تفکیک مناسب هستند پشتیبانی می‌نمود. (Becker *et al.*, 2005)

انجام قضاوت درخصوص آب و هوا و مناطق مناسب جهت تفکیک به مسائل بسیاری مربوط می‌شود و با در نظر گرفتن فاکتورهای زیاد تحلیل آنرا پیچیده می‌سازد. این قضاوتها نه تنها به روابط و فرمول‌های تئوری بستگی دارد بلکه تجارب کاربردی زیادی نیز به همراه داده‌های در دسترس مربوط، در آن دخالت دارند. برای حل این مشکل یک سیستم ویژه در نظر گرفته شد. و با آن انواع نقشه‌های مختلف مثل: اندازه‌گیری سیلاب در سایت، پتانسیل تفکیک و ارزیابی و... تولید می‌شد. که توسط سیستم اطلاعات جغرافی (GIS) پشتیبانی می‌شوند.(Jin *et al.*, 2005)

۳- پیمانی برای سیلاب منطقه در آینده.

در این پیمان (کل مسئولین محلی) متعهد می‌شدند که ۱۵٪ از رواناب تمیز (آب باران) را از اتصال به سیستم فاضلاب در طی ۱۵سال آینده تفکیک نمایند. (15/15)

۴- به منظور رسیدن به هدف اصلی پروژه‌های دیگری نیز تعریف شد که می‌توان به برخی از آنها اشاره کرد. (Sieker et al., 2006)

الف- کاهش حجم رواناب و همچنین نقطه اوج جریان در اثر تفکیک آب باران با در نظر گرفتن مساحت مناطق مسقف شده در مناطق مسکونی.

ب- احداث مناطق نفوذپذیر در مجاورت جاده‌ها و خیابانها (Pocket wetlands) به منظور هدایت رواناب به آنجا و کاهش بار هیدرولیکی ناشی از ترکیب با سیستم فاضلاب.

ج- سیستم زهکشی و نفوذ که پروژه‌های مدیریت سیلاب و آب‌های زیرزمینی را تلفیق می‌کند.

د- چگونگی ترکیب شدن سیستم‌های جریان آزاد در فضاهای شهری.

این پروژه نشان می‌دهد که موفقیت در این گونه کارها فقط به یک سری تکنیکها وابسته نیست بلکه در نظر گرفتن عوامل اقتصادی واجتماعی نیز بسیار مهم و تأثیرگذار است.

۳- بحث و نتیجه گیری:

از بررسی پروژه‌های فوق و با در نظر گرفتن شرایط محیطی هر کدام از آنها و همچنین با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی و زیست محیطی که در طرح‌های مورد نظر BMP[3] مطرح می‌شود (Christianson *et al.*, 2008) می‌توان به نکات زیر اشاره نمود، که در برنامه‌ریزی و توسعه شهری بسیار مهم و قابل توجه می‌باشد.

۳-۱- توسعه شهری موجود و همچنین توسعه مناطق مجاور شهرها که در غالب شهرک‌های اقماری و مناطق خدماتی و... امروزه در حاشیه بیشتر شهرهای کشور ما اتفاق می‌افتد خود عامل بسیار مهمی در افزایش سیلابهایی دارد که تا پیش از آن سابقه نداشته و یا دوره بازگشت‌های بسیار طولانی داشته اند اما این توسعه باعث شده تا سیلاب‌های شهری غیرقابل انتظار بیش از پیش افزایش یابند. دلایل افزایش رواناب سطحی و ایجاد سیلاب در اثر توسعه شهری مورد بررسی قرار گرفت و در تمامی پروژه‌های بررسی شده نیز اثر این مسئله مشاهده می‌شود لذا به عنوان یک تجربه موفق در این زمینه بایستی به گونه‌ای عمل شود تا از افزایش رواناب جلوگیری کرد. البته این موضوع در شرایط مختلف محیطی راه حل‌های متفاوتی دارد. مثلاً برای شهرهایی که در حال توسعه هستند و شهرکها و مناطقی در حاشیه آنها توسعه می‌یابند باید حتماً مسئله زهکشی مناطق جدید توسعه یافته در پروژه‌های طراحی این شهرکها بگونه‌ای لحاظ شود که نه تنها از ورود رواناب سطحی مناطق توسعه یافته به محدوده‌های قبلی شهر جلوگیری شود بلکه با بکارگیری روش‌های بررسی شده در پروژه‌ها باعث کاهش رواناب سطحی ناشی از توسعه جدید (پروژه (15/15) و پروژه (charles sturt)) و یا حتی حذف کامل روانابها و نفوذ به آب‌های زیرزمینی و استفاده از آنها جهت آبیاری همان مناطق باشد. (پروژه Parifitt square).

۳-۲- علیرغم مطالعات هیدرولوژی، در توسعه شهرکها در حاشیه شهرها معمولاً توسعه به سمت مناطق بالا دست و مرتفعتر از اقبال بیشتری برخوردار است در صورتی که این امر موجب تغییر وضعیت هیدرولوژیکی گذشته شهر به خصوص در بالادست می‌شود و خود عامل مهمی در ایجاد سیلاب‌های شهری غیر قابل انتظار می‌گردد. لذا یا بایستی توسعه شهرها به سمت مناطق پست و پایین دست باشد که البته به دلیل اینکه یک توسعه جدید است امکان مطالعه و طراحی و احداث سازه‌هایی که بتوانند مشکلات ناشی از سیلابها را به حداقل برسانند امکان پذیر است و یا اگر به ناچار توسعه در مناطق بالادست شهر اتفاق می‌افتد باید حتماً عوامل مربوط به تغییر وضعیت هیدرولوژیکی منطقه را بررسی و در جهت جبران تغییر وضعیت

[3] Best Management Practice

هیدرولوژِیکی ناشی از توسعه شهری مطالعه و اقدام نمود.

۳-۳- در برخی از شهرها با مسئله توسعه مجدد روبرو هستیم بگونه‌ای که منطقه‌ای در شهر دارای یک بافت سنتی بوده است ولی به تدریج به سمت بافت جدید و ساخت و ساز به شیوه صنعتی تبدیل می‌شود در این گونه مناطق نیز امکان تغییر وضعیت هیدرولوژیکی و افزایش رواناب سطحی ناشی از توسعه مجدد وجود دارد لذا باید در مسائل مربوط به تغییر بافت شهری توجه ویژه‌ای به این رخداد داشته و اقدامات خاصی شبیه پروژه (Charles sturt) را در نظر داشت.

۳-۴- در برخی از شهرها که مشکل سیلاب شهری بسیار حاد بوده و روبه افزایش است استفاده از سیستم‌های سازه‌ای در رفع اینگونه مشکلات به ناچار توصیه می‌شود. احداث سیل بندها، احداث و یا تعریض کانال‌های موجود و... اما ذکر این نکته ضروری است که همیشه بایستی به همراه استفاده از روش‌های سازه‌ای از روش‌های غیرسازه‌ای هم که در بررسی پروژه‌های مذکور ملاحظه شد و باعث کاهش رواناب سطحی در شهرها می‌شود نیز استفاده نمود. زیرا هم باعث اقتصادی‌تر شدن طرح‌های سازه‌ای می‌گردد و هم اثرات نامطلوب زیست محیطی در شهر را کاهش می‌دهد چرا که افزایش رواناب سطحی خود باعث افزایش آلودگی‌های آب و مشکلات ناشی از آن شده و البته در درازمدت هزینه‌های رفع آلودگی‌های زیست محیطی را نیز باید به طرح‌های صرفاً سازه‌ای اضافه نمود.

منابع:

1- Becker M.,Geretshauser G.,Spengler B.,Sieker H.(2005). A Stormwater Management Information System for the Catchment Area of the River Emscher. 10th International Conference on Urban Drainage(ICUD). Copenhagen.
2- Christianson R., Powell M., Hutchinson S., Presley D. July(2008). Stormwater Best Management Practice maintenance. Kansas State University.
3- Jin Z.,Sieker F.,Bandermann S., Sieker H. (2005). Development of a GIS-based Expert System for on-site Stormwater Management. 10th International Conference on Urban Drainage (ICUD). Copenhagen.
4- Sieker H, Bandermann S., Becker M., Raasch U. (2006) Urban Stormwater Management demonstration projects in the Emscher region. First SWITCH scientific meeting university of Birmingham, UK
5- Stormwater Management Manual for Western Washington. February(2005), prepared by: Washington State Department of Ecology Water Quality Program.