نشریه علمی- ترویجی مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، دوره پنجم، شماره۲، خرداد ماه ۱۳۹۳

مدیریت آب‌های سطحی در مناطق شهری با استفاده از مدل‌سازی عامل مبنا

امید مهرعلیان*[۱]، محمد سعدی مسگری[۲]، رسول جلالی فر[۱]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی- دانشکده مهندسی نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
{geomid85, grjalalifar}@gmail.com

[۲]دانشیار گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی (عضو قطب علمی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی)
mesgari@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت اسفند ۱۳۹۲، تاریخ تصویب اردیبهشت ۱۳۹۳)

چکیده

مسئله جمع آوری آبهای سطحی و ساماندهی آنها از مسائل مهم در مباحث مدیریت شهری می باشد. اهمیت این مسئله زمانی بیشتر می شود که بر اثر بارندگی با مشکل آب گرفتگی معابر مواجه شویم. یعنی آبراه ها و جوی ها و شبکه هدایت و انتقال آبهای سطحی، با توجه به دبی آب و ظرفیت خود، دیگر توانایی کنترل و انتقال آبهای سطحی را ندارند. در نتیجه با سرریز و خروج آب از شبکه و آب گرفتگی معابر مشکلات زیادی ایجاد می شود. مطالعات زیادی در این زمینه صورت گرفته است که مهم ترین بخش آنها ارائه ی راهکار برای مدیریت رواناب در مناطق شهری با محاسبه ی انباشت جریان است که از الزامات تمام مطالعات بوده است. لذا طراحی و اجرای یک سیستم مکانمند و زمانمند که قابلیت شبیه سازی شرایط بارندگی جهت پیش بینی و مدیریت این گونه مسائل را داشته باشد، بسیار می تواند سودمند باشد. یکی از فناوری هایی که در این زمینه می تواند کارایی بالایی داشته باشد بهره گیری از سیستم های عامل مبنا و شبیه سازی عامل مبنا می باشد. در سیستم های عامل مبنا دو فاکتور زمان و مکان در کنار یکدیگر قابل بررسی و مدل کردن هستند. در مدلسازی عامل مبنا با بهره گیری از تاثیر اجزاء می توان به نتایج کلی دست یافت. بنابراین با استفاده از مدلسازی عامل مبنا می توان سیستمی جهت مدیریت آبهای سطحی با مشخص نمودن نقاط حساس و در معرض خطر و اعلام هشدار در مواقع ضروری، با شبیه سازی شرایط بارندگی، طراحی و اجرا نمود. با نتایج حاصل از این تحقیق می توان در حین بارندگی و یا شبیه سازی شرایط بارندگی مناطق در معرض خطر را شناسایی و پیش بینی نمود و تصمیمات لازم جهت مواجه شدن با بحران را اتخاذ نمود.

واژگان کلیدی : مدلسازی عامل مبنا، عامل، محیط، آبهای سطحی، سیستم اطلاعات مکانی، مدل ارتفاعی رقومی، شدت بارش.

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

در مناطق توسعه یافته ی شهری، سطوح غیرقابل نفوذ مانند آسفالت خیابان ها و سقف ساختمان ها، مانع از مرطوب شدن مستقیم زمین به طور طبیعی و نفوذ آب به داخل آن می شوند، در نتیجه، آبهای حاصل از بارندگی به سرعت به شبکه های فاضلاب، شبکه ی زهکشی، سطح خیابان و ...جریان پیدا می کند و با توجه به عدم وجود ساختارهای مناسب در تمام مناطق شهر، باعث مواردی مانند سیل پایین دستی،فرسایش کناره ی نهر،خسارت بر زیرساخت ها و انتقال آلودگی به رودخانه ها و آب های سطحی دیگر می شود .نتیجه آنکه مدیریت رواناب در حوزه شهری از اهمیت خاصی برخوردار است. بنابراین همانگونه که بیان شد در شرایط بارندگی شدید با مسئله آب گرفتگی معابر شهری بر اثر عدم کشش شبکه انتقال آبهای سطحی مواجه هستیم، که در شرایطی می توان با تشخیص این نقاط و تصمیم گیری در زمینه بهبود آنها از زیانهای ناشی از آن جلوگیری کرد. به عنوان مثال ممکن است در منطقه ای با آب گرفتگی مواجه شویم. در صورتی که در یک منطقه دیگر از تمام ظرفیت شبکه انتقال آب سطحی استفاده نشده است. لذا می توان با برنامه ریزی، توزیع و انتقال آبهای سطحی در سطح شبکه، با هزینه ای اندک از آب گرفتگی معابر و خسارات ناشی از آن جلوگیری نمود. همچنین در صورت عدم امکان انجام چنین کاری می توان سیستمی طراحی کرد که با شبیه سازی بارندگی و انتقال آب در شرایط مختلف بارندگی با شدتهای مختلف، نقاطی را که با این شرایط ممکن است با طغیان آب از شبکه هدایت آبهای سطحی و آب گرفتگی مواجه شوند، را شناسایی نمود و با توجه به محدود بودن امکانات و زمان کم، منابع موجود جهت مهار و کنترل آبهای سطحی را به نقاطی که پیش بینی می شود با شرایط بارندگی موجود، با این مشکل مواجه شون تخصیص داد. و با صرفه جویی در زمان و هزینه بیشترین بهره وری را از منابع موجود کسب کرد. بنابراین با طراحی سیستمی که به صورت مکانمند و زمانمند موقعیت و زمان آب گرفتگی معابر را مشخص کند بسیار دارای اهمیت خواهد بود. لذا با طراحی چنین سیستمی می توان به دو هدف دست یافت. هدف اول بحث برنامه ریزی کوتاه مدت در زمان وقوع حادثه و بارنگی جهت مدیریت تخصیص منابع و نیروی انسانی می باشد. هدف دوم نیز بحث برنامه ریزی بلند مدت و تصمیم گیری در زمینه توسعه و بهسازی شبکه ی هدایت و انتقال آبهای سطحی و اجرای پروژه های عمرانی در این زمینه می باشد.

محققان بسیاری بدون توجه به سیر تکاملی الگوریتم های محاسبه ی روا ناب در مناطق شهری و تحقیقات نوین که به کلی روش های محاسبه و تخمین روا ناب را متحول ساخته، از خروجی های نرم افزارهای تجاری همچون ArcGISو IDRISI ، استفاده کرده اند و خروجی حاصل را به عنوان اصلی ترین داده ی کلیدی برای مراحل بعدی به کار بسته اند.[۱] در تحقیق پیش رو سعی شده است با استفاده از روشی جدید و بهره گیری از فناوری عامل مبنا انباشت جریان محاسبه گردد.

هدف اصلی این تحقیق فراهم آوردن ابزاری است که قادر باشد با ارائه تصویری از نحوه ی جابجایی و جریان یافتن آبهای سطحی ناشی از بارندگی، نقاط حساس و مناطقی که ممکن است دچار آب گرفتگی شوند را در حداقل زمان تشخیص داده و یاری دهنده کارشناسان، برنامه ریزان و سیاست گذاران مسائل مربوط مدیریت شهری باشد. در واقع هدف کلی این تحقیق ارائه ابزار و روشی برای پیش آگاهی و پیش بینی نقاط حساس است. این پیش بینی ممکن است در زمان وقوع بارندگی های شدید با ورود پارامترهای لازم انجام شود. و یا ممکن است با شبیه سازی شرایط بارندگی جهت پیش بینی و تصمیم گیری های آتی برای جلوگیری از وقوع بحران و خسارت انجام شود.

۲- مروری بر روش‌ها و تحقیقات انجام شده

مفاهیم و فناوری های مرتبط با سامانه های اطلاعات مکانی (GIS) به طور گسترده ای در برنامه ریزی و طراحی مهندسی منابع آب مورد استفاده قرارگرفته اند و به نوعی شگفت آور شیوه ی انجام این فعالیت ها را تغییر داده اند.[۲] با توجه به ماهیت مکانی بسیاری از مسائل در مورد منابع آب، GIS با ابزارها و فناوری های خاص خود از جمله پایگاه های داده و امکان تلفیق معیارها و اهداف گوناگون دارای مزایای قابل توجهی است. در واقع GIS به ارائه ی یک چارچوب برای پشتیبانی از تصمیم گیری برای استفاده ی هوشمند از منابع و محیط زیست می پردازد. مدلهای

ارتفاعی رقومی نقش مهمی در بدست آوردن اطلاعات ارزشمندی همچون محاسبه ی جهت جریان و جریان تجمعی، مرزبندی حوضچه ها، محاسبه‌ی رواناب دارند.[۳] از زمان ظهور GIS چالش های بسیاری در توسعه ی الگوریتم های استخراج اتوماتیک عوارض هیدرولوژیکی از DEMوجود داشته است .مطالعات در این حوزه با تحقیقات اوکاگان و مارک در سال ۱۹۸۴ آغاز شد، در تحقیقات آنها از الگوریتم تک جریانی D8 استفاده شد که البته همین نحوه ی محاسبه در بسیاری از نرم افزارهای تجاری همچون ArcGIS و IDRISI اجرا شده است.[۴]

علیرغم پیشرفت های الگوریتم های هیدرولوژیکی شبکه مبنا، کاربرد این دسته از الگوریتم ها به عوارض طبیعی همچون نهروجوی، رودخانه ها و دریاچه ها محدود می باشند. مشکلات استفاده از این الگوریتم ها زمانی مشخص می گردد که عوارضی همچون آبروهای کنار جاده، کانال ها، سدها و زیرساخت های رواناب که راه های هدایت جریان آب طبیعی را تغییر می دهند، دربین هستند. برای فائق آمدن به این مشکل، الگوریتم های پیچیده تری، توسعه پیدا کردند .الگوریتم جریان چند جهتی[۱] که در کارهای فریمن، کین و همکاران، به آن اشاره شده است، از این دسته است .[۵][۶] الگوریتم ۸ نقطه ی تصادفی [۲] فرفیلد و لیمری در سال ۱۹۹۱ و الگوریتم توزیع جریان مکانی[۳] توسط کیم و لی از این الگوریتم ها هستند. [۷] [۸]

با وجود همه این پیشرفت ها، این الگوریتم ها در یک موضوع اشتراک دارند و آن، وابستگی شدید دقت اطلاعات هیدرولوژیکی به قدرت تفکیک مکانی DEM مورد استفاده است. [۹][۱۰] در مجموع، نتیجه ی تحلیل های بر مبنای شبکه، زمانی که عرض ساختار زهکش کمتر از رزولوشن DEM است نمی تواند نمایش دهنده ساختار زهکشی موجود باشد، این مسئله تحت عنوان مشکل مقیاس[۴] مطرح می شود.[۱۱] برای غلبه بر مشکل مقیاس، تکنیک های اجرایی هیدرولوژی به منظور ترکیب اطلاعات اولیه و موقعیت ساختار های زهکشی مرتبط با DEM توسعه داده شده اند. تکنیک هایی همچون بدست آوردن آبراهه های[۵] ساندرز در سال ۲۰۰۰ ، یا اعمال زهکشی سازگار[۶] که در کارهای ترکوت، کنی و متیوس، و ژانگ و هانگ در سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۹ دیده شده اند، یا بدست آوردن مجدد DEM در کار گتیرانا در سال ۲۰۰۹ ، ازاین دسته اند [۱۲] [۱۳] [۱۴] [۱۵].

شاید این دسته از الگوریتم ها با وارد کردن اطلاعات کمکی به تحلیل های هیدرولوژیک شبکه مبنا و ترکیب داده های فرعی با داده های شبکه بتوانند مشکل مقیاس هیدرولوژیک را مرتفع کنند و به دقت هایی بهتر از دقت DEM برسند، اما هنوز هم، کاربرد این گونه الگوریتم ها به مناطق طبیعی با عوارضی همچون آبراهه، رودخانه و دریاچه محدود می شوند.[۱] در واقع مشکلات با اضافه شدن عوارض دست ساز بشر آغاز خواهد شد.[۱۶] در پاسخ به این محدودیت، الگوریتم های فراوانی توسعه داده شده است. دوک در سال ۲۰۰۳ الگوریتم دخالت دادن جاده[۷]، که جریان زهکشی سطح در دو طرف جاده را کمی بالاتر قرار می دهد و سپس به تخمین روا ناب می پردازد، معرفی کرد. او ۳ سال بعد الگوریتم دخالت دادن کانال[۸] که الگوهای تقسیم جریان را اجرا می کند را پیشنهاد کرد.[۱۷] گاربرچ و مارتز ۱۹۹۷، هولم گرن ۱۹۹۴، جنسون و دومینگو ۱۹۹۸، اورلندینی و همکاران ۲۰۰۳، شوان گارت و کوهن ۲۰۱۰، تربوتون ۱۹۹۷ ، ویز و همکاران ۲۰۱۰ از دیگر محققین این حوزه هستند که هرکدام به نوبه ی خود به بررسی راهکارهای محاسبه ی دقیق تر جریان تجمعی پرداخته اند. [۱]

الگوریتم های ذکرشده از روندی تحت عنوان روی هم اندازی[۹] استفاده می کنند که جهت جریان حاصل از عوارض مصنوعی در راستای ساختارهای حمل آب را با جریانی که از توپوگرافی DEM حاصل می شود جایگزین کند. [۱۲] عموماً الگوریتم های مورد بحث برای محاسبه ی جریان تجمعی و مشخص کردن حوزه های آبریز از مجموعه داده های روی هم انداخته شده ی جهت جریان، منطبق با الگوریتم هایی بر مبنای جریان قراردادی D8 بهره می برند. با روند روی هم اندازی می توان جریان های عوارض رو سطحی را مدل نمود، اما آن ها در مواقعی که

۱ Multiple Flow Direction(MFD)
۲ Random eight-node algorithm
۳ Spatially Distributed Flow Apportioning(SDFA)
٤ Scale problem
٥ Stream burning

٦ Adaptive drainage enforcement
۷ Road Enforcement Algorithm(REA)
۸ Canal Enforcement Algorithm(CEA)
۹ Superimposition

جریان سطحی در زیر سطح وجود داشته باشند نمی توانند مفید باشند، در واقع این الگوریتم ها محدود به محاسبه ی جریان های سطحی هستند.[۱]

بنابراین می توان گفت، مطالعه ی قبلی جامعی برای استفاده کامل از داده های اولیه با توجه به هر دو نوع داده ی رو سطحی و زیرسطحی که بتوان به آن اعتماد کرد، انجام نگرفته است و همچنین آن چیزی که به شکل کاملاً صحیحی به آن پرداخته نشده است، بحث زمان است. زیرا در جریانهای سطحی علاوه بر مکان و جهت جریان عامل زمان نیز به عنوان یک فاکتور مهم در انباشت رواناب و شکل گیری جریان تجمعی و مشخص کردن حوزه های آبریز نیاز به بررسی و مدلسازی دارد. اگر این مدلسازی به صورت توام صورت گیرد یعنی زمان و مکان در یک قالب و با هم مدل شوند می توان به نتایج بهتری در مقایسه با دیگر روشها دست یافت.

۳- مدل‌سازی عامل مبنا

سیستم های عامل مبنا و شبیه سازی عامل مبنا با توجه به امکان ترکیب مکان و زمان می توانند ابزاری قدرتمند در زمینه مدیریت آبهای سطحی باشند. بهره گیری از سیستم های عامل مبنا به سرعت در حال گسترش است و فناوری مربوطه به سیستم های مبتنی بر عامل به یک زمینه مطالعاتی و تحقیقاتی رو به رشد تبدیل شده است. تئوری عامل به عنوان ترکیبی از چند زمینه تحقیقاتی جدید و مهم در نظر گرفته می شود و یک روش مهم جهت تصور نمودن و پیاده سازی کاربردهای نرم افزاری می باشد.[۱۸] پیش بینی می شود سیستم های عامل مبنا و فناوری عامل از گونه های اصلی محاسباتی در سال های آتی باشند. در علوم مختلف همیشه سعی بر این بوده است تا با شکستن سیستم ها به اجزا کوچکتر آنها را به صورت جداگانه و جزء به جزء تحلیل نمایند. در واقع در مدلسازی عامل مبنا روشی که در پیش گرفته می شود، به این صورت است که در آن از قرار دادن اجزاء یا عامل های ساده در کنار هم به منظور ایجاد رفتارهای پیچیده استفاده می شود. از این رو مدلسازی عامل مبنا به عنوان یک روش پایین به بالا[۱۰] شناخته می شود.[۱۹] مدلهای عامل مبنا مدلهایی در سطح میکرو[۱۱] هستند که مستقیماً موجودیت های[۱۲] تصمیم گیرنده ای را ارائه می دهند و تعاملات آنها با یکدیگر و با محیط های فیزیکی و اجتماعی شان را نمایش می‌دهند.[۲۰] عامل ها نوعی از سیستم های نرم افزاری هستند که دارای مشخصات و خصوصیات از پیش تعریف شده ای برای رسیدن به یک هدف می باشند.[۲۱] در حالت کلی سیستم های مبتنی بر عامل عبارتند از مجموعه ای از عامل های مستقل که در اجتماع با یکدیگر در رسیدن به یک هدف کلی با برنامه ریزی، همکاری و هماهنگی، امکان حصول به هدف کلی را برآورد می سازند. در سیتم های نرم افزاری مبتنی بر عامل امکان دستیابی به اهداف سیستم با یک عامل یا بدون حضور همه آنها میسر نخواهد بود.[۲۲] در واقع با مشاهده و بهره گیری از تعامل بین عامل ها با یکدیگر براساس پایگاه دانش و منطق حاکم بر عامل ها می توان به هدف یا اهداف مورد نظر دست یافت و با استفاده از یک عامل به تنهایی و بدون تعامل و منطق صحیح نمی توان به نتایج صحیح و دقیقی دست یافت.

۴- سیستم عامل مبنای طراحی شده

سیستم های عامل مبنا مانند هر سیستم هوشمند دارای ساختاری جهت انجام مکانیزم های استدلال و یادگیری بر اساس پایگاه دانش می باشد. از جمله مشخصات اصلی عامل ها به عنوان یک سیستم نرم افزاری، انجام عمل های منطبق بر اهداف در محیط های تعریف شده است.[۲۳] در طراحی سیستم های عامل مبنا با دو مبحث مواجه هستیم. یکی طراحی عامل ها و قوانین مربوط به آنها و همچنین روابط بین عامل ها با یکدیگر می باشد و دیگری طراحی محیطی است که عامل ها در آن به فعالیت می پردازند.

۴-۱- عامل های موجود در سیستم

در سیستم طراحی شده عامل های ما قطره های باران و یا به عبارت دقیقتر جریان آب ناشی از بارندگی است. که بر اساس پارامترهایی همچون شدت بارندگی تولید

۱۰ Buttom-up

۱۱ Micro-level

۱۲ Entities

می‌شوند. مقدار جریان آب حاصل از بارش تحت تاثیر پارامترهایی همچون جذب سطحی، میزان تبخیر و سطحی که در آن جریان می یابند دچار تغییرات می شود. یعنی بخشی از آب ناشی از بارندگی از طریق سطحی که بر آن می بارد و یا در آن جریان می یابد جذب می شود. همچنین ممکن است بخشی از آن بر اثر درجه حرارت سطح تبخیر گردد. همچنین با توجه به سطحی که آب باران بر روی آن جریان می یابد جریان آب دارای سرعت های مختلفی خواهد بود. به عنوان مثال قطرات باران وقتی بر روی سطح ساختمانها و خیابان ها می ریزند، نسبت به زمانی که در داخل جوی ها و یا شبکه انتقال آبهای سطحی هستند دارای سرعت کمتری می باشند. در مناطق توسعه یافته ی شهری، سطوح غیرقابل نفوذ مانند آسفالت خیابان ها و سقف ساختمان ها، مانع از مرطوب شدن مستقیم زمین به طور طبیعی و نفوذ آب به داخل آن می شوند .در خلال یک بارندگی در شهر با٪۷۰ تا ٪۱۰۰ سطح غیرقابل نفوذ ٪۳۰ از حجم بارندگی تبخیر، ٪۱۰ نفوذ سطحی، ٪ ۵ نفوذ عمقی و ٪۵۵ تبدیل به روا ناب می شود. در صورتی که در مناطق طبیعی٪۴۰ از حجم بارندگی به صورت تبخیر، ٪ ۲۵ نفوذ سطحی، ٪ ۲۵ نفوذ عمقی و حجم روا ناب در حدود ٪۱۰ است.[۱] با توجه به مثال مذکور میزان هریک از پارامترهای نفوذ سطحی، سرعت جریان، تبخیر و ... با توجه به بافت شهری و کاربری های مختلف متفاوت خواهد بود.

۴-۲- محیط طراحی شده

محیط به فضایی گفته می شود که عامل ها در آن حرکت و فعالیت می کنند و با یکدیگر مراوده می کنند و بر هم اثر می گذراند. عامل محیط را حس می کند و در محیط عمل می کند و بر روی آن تاثیر می گذارد. در طراحی محیط برای سیستمی که امکان شبیه سازی شرایط بارندگی در مناطق شهری را دارا باشد، فاکتور های متعددی تاثیرگذار هستند. یعنی لایه های اطلاعاتی مختلفی نیاز است که باید از منابع مختلف و از طریق آنالیزهای موجود در بحث سیستم اطلاعات مکانی[۱۳] و از طریق نرافزارهایی همچون ArcGIS تهیه و جهت ورود به مدل آماده سازی شوند. در این تحقیق برای طراحی محیط از لایه های اطلاعاتی مختلفی همچون لایه درجه حرارت، نقشه بارش و یا پیش بینی بارندگی، مدل ارتفاعی رقومی زمین[۱۴]، نقشه کاربری اراضی شهری، نقشه شبکه جمع آوری آبهای سطحی و نقشه معابر شهری.

۵- داده های مورد نیاز و آماده سازی داده ها

همانگونه که مطرح شد داده های مورد نیاز در این تحقیق عبارتند از : لایه درجه حرارت، نقشه بارش و یا پیش بینی بارندگی، مدل ارتفاعی رقومی زمین، نقشه کاربری اراضی شهری، نقشه شبکه جمع آوری آبهای سطحی و نقشه معابر شهری.

از لایه اطلاعاتی درجه حرارت برای بررسی میزان تبخیر آبهای جاری شده سطحی حاصل از بارندگی استفاده می شود. از لایه اطلاعاتی کاربری اراضی نیز برای تعیین میزان جذب آب حاصل از بارندگی در مناطق مختلف توسط سطح و همچنین تعیین سرعت حرکت جریان آب استفاده می شود. همانگونه که ذکر شد تمامی آب حاصل از بارندگی جریان نمی یابد و بخشی از آن تبخیر می شود. و بخش دیگری نیز توسط سطوحی که در آن جریان می یابد جذب می شود و این امر باعث کاهش میزان آب جریان یافته و همچنین کاهش سرعت جریان می شود.

از نقشه بارش و یا پیش بینی بارندگی برای تولید عامل ها در سیستم که همان قطرات باران تشکیل دهنده جریان آب هستند، استفاده می شود. نقشه بارندگی در کنار مدت زمان بارندگی تشکیل لایه اطلاعاتی تحت عنوان شدت بارش را می دهند که بیانگر میزان بارندگی در واحد زمان می باشد. زیرا ممکن است بارندگی در مدت زمانی طولانی رخ بدهد ولی به علت کم بودن شدت بارش با مشکل آب گرفتگی معابر شهری مواجه نشویم. همچنین در شرایطی ممکن است بارندگی در مدت زمان کوتاه و با شدت زیادی رخ بده و با همین میزان کم بارندگی در مدت زمان کوتاه، با سریز آب از شبکه جمع آوری آبهای سطحی و آب گرفتگی معابر مواجه شویم. از لایه اطلاعاتی شدت بارش برای تولید عامل ها در واحد زمان و یا همان گام های اجرای مدل استفاده می شود.

۱۳ Geospatial Information System (GIS)

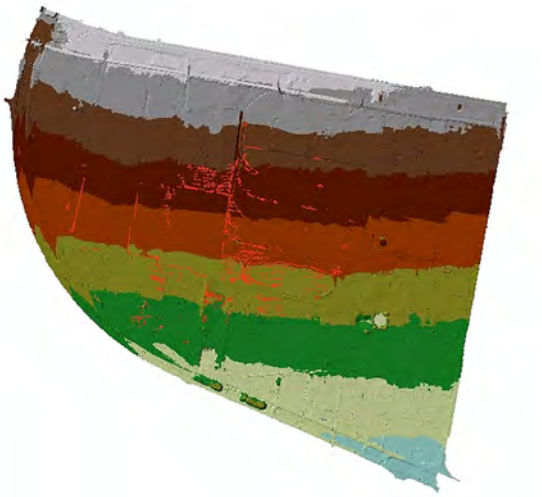
۱۴ Digital Elevation Model (DEM)

از نقشه شبکه جمع آوری و انتقال آبهای سطحی برای تعیین مسیرهای نهایی جریان یافتن آب استفاده می شود. در صورتی که دبی جریان آب ناشی از بارندگی بیش از ظرفیت شبکه باشد با مسئله سرریز آب از آنها مواجه هستیم. همچنین از نقشه مربوط به معابر شهری با توجه به عرض معبر و دبی جریان آب برای تعیین میزان آب گرفتگی معابر و بالا آمدن سطح آب استفاده می کنیم. شکل۱ و ۲ این دو لایه اطلاعاتی را نمایش می دهند.

شکل ۱ - نقشه شبکه جمع آوری آبهای سطحی

شکل ۲- نقشه معابر شهری

از مدل ارتفاعی رقومی زمین نیز برای تعیین جهت حرکت عامل ها استفاده می شود. همچنین از مدل ارتفاعی رقومی زمین به عنوان یکی از پارامترهای تاثیرگذار در سرعت جریان استفاده می شود. و کاربرد دیگر آن در بحث میزان بالا آمدن آب در معابر شهری است. شکل ۳ لایه اطلاعاتی مربوط به مدل ارتفاعی رقومی زمین را نشان می دهد.



شکل ۳- مدل ارتفاعی رقومی زمین

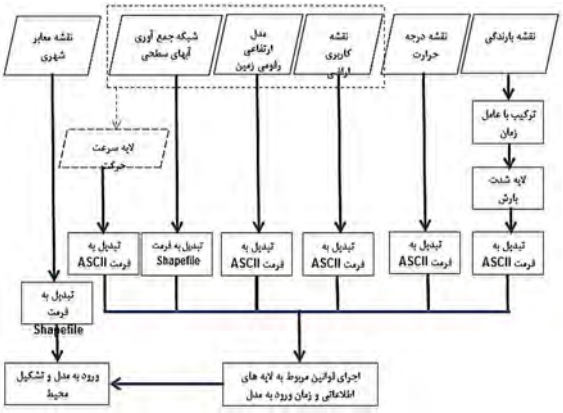
لایه اطلاعاتی دیگری که از ترکیب لایه های مربوط به کاربری اراضی شهری، شبکه جمع آوری آبهای سطحی و مدل ارتفاعی رقومی زمین به دست می آید، برای تعیین سرعت جریان اتفاده می شود. با استفاده از همپوشانی[۱۵] این لایه های اطلاعاتی با وزن مناسب در نهایت موفق به تهیه لایه اطلاعاتی سرعت جریان می شویم که بیانگر سرعت حرکت عامل ها در محیط می باشد. شکل ۴ این لایه اطلاعاتی را نشان می دهد.

شکل ۴- لایه اطلاعاتی سرعت جریان

۱۵ Overlay

۶- طراحی و پیاده سازی مدل

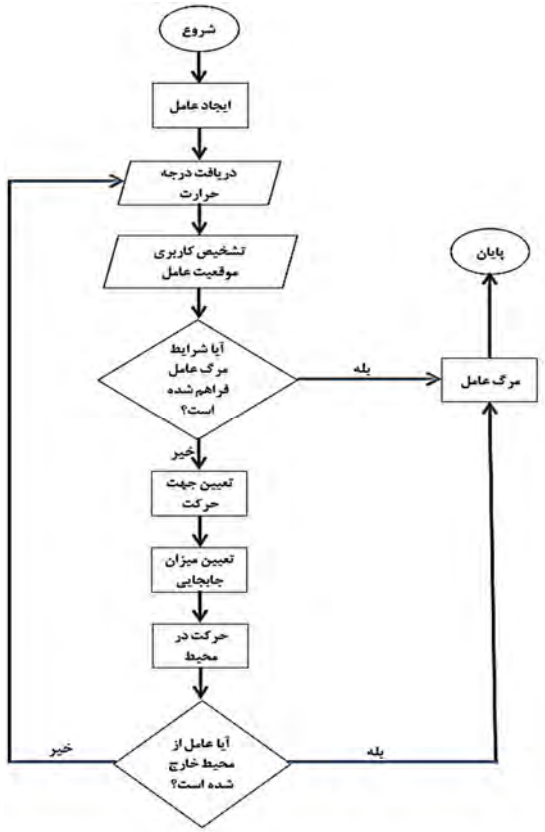
طراحی و پیاده سازی مدل در حقیقت طراحی و پیاده سازی عامل ها و محیط است. در این بخش لازم است که پایگاه دانش شکل گرفته و قوانین مربوط به عامل ها و تعامل آنها با یکدیگر و محیط در یک چهارچوب مشخص تدوین گردد. در این مرحله مشخص می گردد که محیط چگونه شکل می گیرد و عامل ها در سیستم چگونه با یکدیگر و محیط به تعامل می پردازند. یغنی عامل ها چگونه محیط را درک کرده و بر یکدیگر و محیط تاثیر می گذارند. برای پیاده سازی این سیستم از نرم اقزار NetLogo 5.0.4 استفاده شده است که با اضافه شدن بسته[۱۶] ی GIS به آن امکان استفاده از داده های GIS فراهم می گردد. شکل ۵ و ۶ به ترتیب نحوه تشکیل محیط و رفتار عامل در سیستم را نشان می دهد.



شکل۵- فرایند آماده سازی داده ها و تشکیل محیط

۷- سناریو سازی

در بحث سناریو سازی ما با وارد کردن داده های واقعی در زمان بارندگی یا داده های پیش بینی شده و یا داده های شبیه سازی شده به مدل و اجرای مدل به یکسری خروجی دست پیدا می کنیم که شامل نقشه مناطقی است که دچار آب گرفتگی شده اند. با استفاده از این نقشه ها اگر مربوط به داده های واقعی و در حین بارندگی باشند، می توان مناطق در معرض خطر را شناسایی کرد و تصمیم گیری های لازم جهت مدیریت منابع و نیروهای انسانی را انجام داد. و اگر بر اساس داده های پیش بینی شده و یا شبیه سازی شده مدل را اجرا کنیم می توان ظرفیت شبکه جمع آوری و انتقال آبهای سطحی را بررسی و مناطقی که مستعد ایجاد بحران هستند را شناسایی کرد. و در نهایت جهت جلوگیری از وقوع بحران و بهبود زیرساخت های شهری تصمیمات لازم را اتخاذ نمود. شکل ۷ نحوه عملکرد سیستم و شکل ۸ نمایی از سیستم شبیه سازی شده با استفاده از نرم افزار NetLogo را نمایش می دهد و شکل ۹ اطلاعات خروجی حاصل از مدل را نمایش می دهد.



شکل۶- نحوه عملکرد عامل ها در محیط

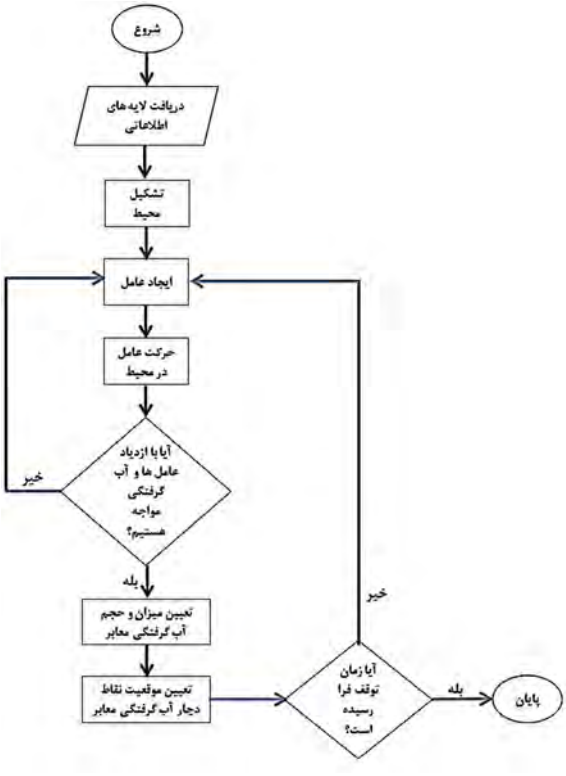
۱۶ Extension GIS

۸- ارزیابی سیستم

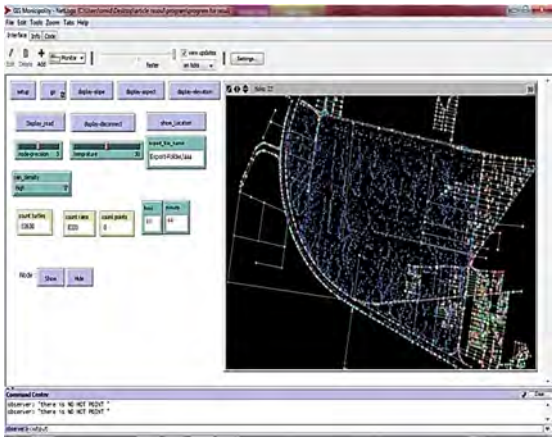
برای ارزیابی سیستم از دو شیوه استفاده شده است. شیوه اول اجرای مدل تحت شرایط مختلف و با استفاده از اطلاعات مربوط به زمانهایی که بحرانهایی به وقوع پیوسته است. ومقایسه نتایج خروجی مدل با داده های واقعی است. که انجام این شیوه به این نتیجه رسیدیم که سیستم در ۸۷٪ موارد جواب صحیح داده است. و در شیوه بعدی با پرسش کارشناسان و بررسی نظر آنها در مورد سیستم طراحی شده به این نتیجه رسیدیم که ۹۱٪ از کارشناسان سیستم طراحی شده را با کارایی زیاد و کارایی فوق العاده می دانند.

۹- نتیجه گیری

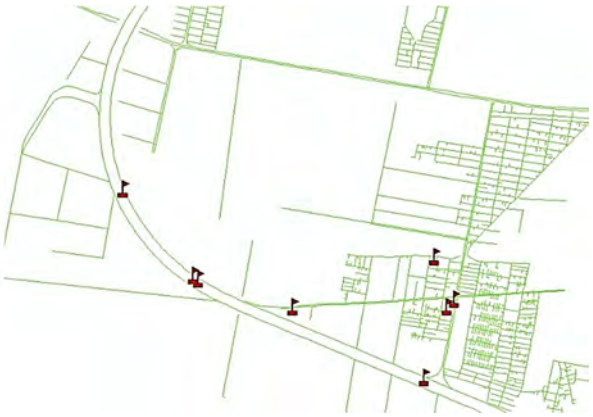
با اجرای سیستم طراحی شده و بررسی اطلاعات خروجی به این نتیجه می رسیم که مدلسازی عامل مبنا و بهره گیری از سیستمهای شبیه سازی عامل مبنا در بحث مدیریت رواناب در مناطق شهری دارای کارایی فراوانی است. و امکان ترکیب و آنالیز اطلاعات مکان مبنای مختلف را با در نظر گرفتن زمان فراهم می کند. در واقع با انجام این تحقیق و در کنار هم قرار دادن دو فاکتور زمان و مکان توانستیم به نتایج خوبی دست پیدا کنیم و نقاطی را که ممکن است با شرایط متفاوت بارندگی با شدتهای مختلف، دچار آبگرفتگی شود را تشخیص دهیم. پس لزوم استفاده از شبیه سازی عامل مبنا به همراه آنالیزهای GIS در کنار سایر روشهای موجود غیر قابل انکار است. بنابراین با تلفیق مدلسازی عامل مبنا با GIS می‌توان ابزاری کارآمد در مدیریت شهری به خصوص در زمینه کنترل آبهای سطحی و رواناب ایجاد نمود، که مدیران را در بحث تصمیم گیری و کنترل بحران یاری دهد. از مواردی که در این تحقیق به آن پرداخته نشده است دخالت دادن عامل انسانی در سیستم است. به گونه ای که با شبیه سازی رفتار انسان و بررسی سناریوهای مختلف می توان بهترین روش را برای کنترل آبهای سطحی و انجام اقدامات لازم جهت جلوگیری از آب گرفتگی معابر در زمان وقوع بحران اتخاذ کرد. لذا این موضوع می تواند زمینه ای برای تحقیقات پیش رو باشد.



شکل ۷- نحوه عملکرد سیستم



شکل ۸- سیستم پیاده سازی شده در NetLogo



شکل ۹- اطلاعات خروجی حاصل از مدلسازی

مراجع

[۱] شاه حیدری. م، (۱۳۹۲)، مدیریت رواناب در مناطق شهری با استفاده از زیرساخت سبز، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نقشه برداری و ژئوماتیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

[2] Johnson, L. E. (2008). Geographic information systems in water resources engineering: CRC Press.

[3] Jana, R., Reshmidevi, T., Arun, P & ,.Eldho, T. (2007). An enhanced technique in construction of the discrete drainage network from low-resolution spatial database. Computers & geosciences, 33(6), 717-727

[4] O'Callaghan, J. F & ,.Mark, D. M. (1984). The extraction of drainage networks from digital elevation data. Computer vision, graphics, and image processing, 28(3), 323-344 .

[5] Freeman, T. G. (1991). Calculating catchment area with divergent flow based on a regular grid. Computers & geosciences, 17(3), 413-422 .

[6] Qin, C., Zhu, A. X., Pei, T., Li, B., Zhou, C., & Yang, L. (2007). An adaptive approach to selecting a flow-partition exponent for a multiple-flow-direction algorithm. International Journal of Geographical Information Science, 21(4), 443-458 .

[7] Fairfield, J., & Leymarie, P. (1991). Drainage networks from grid digital elevation models. Water Resources Research, 27(5), 709-717 .

[8] Kim, S., & Lee, H. (2004). A digital elevation analysis: a spatially distributed flow apportioning algorithm. Hydrological Processes, 18(10), 1777-1794 .

[9] Wolock, D. M., & Price, C. V. (1994). Effects of digital elevation model map scale and data resolution on a topography-based watershed model. Water Resources Research, 30(11), 3041-3052 .

[10] Wang, X., & Yin ,Z.-Y. (1998). A comparison of drainage networks derived from digital elevation models at two scales. Journal of Hydrology, 210(1), 221-241 .

[11] Soille, P., Vogt, J., & Colombo, R. (2003). Carving and adaptive drainage enforcement of grid digital elevation models. Water Resources Research, 39(12) .

[12] Choi, Y., Yi, H., & Park, H -.D. (2011). A new algorithm for grid-based hydrologic analysis by incorporating stormwater infrastructure. Computers & geosciences, 37(8), 1035-1044 .

[13] Turcotte, R ,.Fortin, J.-P., Rousseau, A., Massicotte, S., & Villeneuve, J.-P. (2001). Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network. Journal of Hydrology, 240(3), 225-242 .

[14] Kenny, F., & Matthews, B. (2005). A methodology for aligning raster flow direction data with photogrammetrically mapped hydrology. Computers & geosciences, 31(6), 768-779 .

[15] Getirana, A. C., Bonnet, M. P., Rotunno Filho, O. C., & Mansur, W. J. (2009). Improving hydrological information acquisition from DEM processing in floodplains. Hydrological Processes, 23(3), 502-514 .

[16] Takken, I., Jetten, V., Govers, G., Nachtergaele, J., & Steegen, A. (2001). The effect of tillage-induced roughness on runoff and erosion patterns. Geomorphology, 37(1), 1-14 .

[17] Duke, G. D., Kienzle, S. W., Johnson, D. L., & Byrne, J. M. (2003). Improving overland flow routing by incorporating ancillary road data into digital elevation models. Journal of Spatial Hydrology, 3(2) .

[18] Weiss, G. Ed. (1999). Multiagent system- A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence, MIT Press, MA.

[19] Macal C.M and North M.J. 2008. Agent-Based Modeling and Simulation: ABMS Examples. IEEE, Proceeding of the 2008 winter simulation conference.

[۲۰] جیرانی. الف، (۱۳۹۰)، مدلسازی گسترش بیماری های واگیر با استفاده از عامل، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نقشه برداری و ژئوماتیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

[21] Ovum. (1994). Intelligent Agents: the new revolution in software Ovum Report, Ovum Publications, London.

[۲۲] آخوندی. م، (۱۳۹۰)، مدلسازی هوشمند سیستم حمل و نقل شهری توسط عامل، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نقشه برداری و ژئوماتیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

[۲۳] عبدالله زاده. الف، ب. معصومی و م.آیت الله زاده شیرازی،(۱۳۸۴)، مقدمه ای بر هوش مصنوعی توزیع شده (معرفی عامل و سیستم های چند عاملی)، نشر جلوه.