توسعه یک سیستم اطلاعات مکانی تحت وب برای پیش بینی و پایش آب گرفتگی‌های شهری

هانیه جعفری[1] علی اصغر آل‌شیخ[2]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۵/۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۸/۳

****

چکیده

تغییرات وضعیت سطح زمین و آب و هوا زمینه‌ساز وقوع آبگرفتگی‌های مکرر در مناطق شهری شده است. سیستم‌های پیش‌بینی و پایش آب‌گرفتگی ابزاری مناسب برای اتخاذ سریع تصمیم‌ها و انجام اقدامات لازم در مقابله با این بحران می‌باشند. در این تحقیق یک سیستم اطلاعات مکانی تحت وب توسعه یافت که با دریافت شدت و مدت زمان بارش، قادر به پیش‌بینی و پایش آب‌گرفتگی‌های شهری می‌باشد. این سیستم مکانی مبتنی بر معماری سرویس‌گرا بوده و برای انجام پردازش‌های لازم از وب سرویس‌های پردازشی استاندارد استفاده می‌کند. سیستم ارائه‌شده دارای سه لایه‌ی داده، منطق و نمایش می‌باشد. لایه‌ی داده شامل داده‌های مورد نیاز سیستم است. لایه‌ی منطق شامل دو وب سرویس پردازشی محاسبه‌ی مشخصه‌های هیدرولوژیکی و محاسبه‌ی آب‌گرفتگی می‌باشد. وب سرویس محاسبه‌ی مشخصه‌های هیدرولوژیکی، جهت و انباشت جریان را بر مبنای الگوریتم WASI محاسبه می‌کند. با ورود خروجی حاصل از این سرویس به وب سرویس پردازشی محاسبه‌ی آب‌گرفتگی، موقعیت نقاط آب‌گرفته به همراه خصوصیات حجم، مساحت و عمق آن‌ها تعیین می‌شود. این دو سرویس از طریق یک وب سرویس پردازشی مرکزی زنجیره می‌شوند. همچنین لایه‌ی نمایش وظیفه‌ی دریافت ورودی‌ها از کاربر و نمایش نقشه‌های خروجی را بر عهده دارد. به منظور تست سیستم، بخشی از منطقه‌ی ۲۲ شهر تهران به عنوان منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب شد. بر اساس نتایج، مجموع مساحت مناطق آب‌گرفته برای رویداد بارش انتخاب شده، ۰/۸۱درصد مساحت کل منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد. ارزیابی سیستم با استفاده از روش نظرسنجی کاربران انجام شد و قابلیت‌های شبیه‌سازی آب‌گرفتگی و ارزیابی وضعیت آب‌گرفتگی و نیز واسط کاربری آن مورد نظرسنجی قرار گرفت. واسط کاربری سیستم و قابلیت شبیه‌سازی آب‌گرفتگی به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان رضایت کاربران را به خود اختصاص دادند. پیاده‌سازی این سیستم با استفاده از وب سرویس‌های مکانی استاندارد مبنا، قابلیت استفاده مجدد از این سرویس‌ها را فراهم نموده است.

واژه‌های کلیدی: معماری سرویس‌گرا، وب سرویس‌های مکانی، وب سرویس پردازشی، آب‌گرفتگی، مدل‌های هیدرولوژیکی.

****

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی (GIS)، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی H-jafari 861 @yahoo.com

۲- استاد گروه سیستم مکانی (GIS)، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی Alesheikh@kntu.ac.ir

۱- مقدمه

سیل و آب‌گرفتگی[1] یکی از حوادث طبیعی در بسیاری از شهرها است که چالش‌های زیادی را برای متخصصان ایجاد کرده است *(Apel, et al., 2009; Bonta, 2004; Cheng, 2010)*. در مناطق شهری، سطح زمین اغلب با کاربری‌های نفوذناپذیر پوشیده شده است و به همین دلیل سرعت حرکت رواناب بالا و میزان نفوذ آب باران به خاک اندک می‌باشد؛ بنابراین رگبار شدید در یک منطقه‌ی شهری می‌تواند باعث ایجاد سیلاب و آب‌گرفتگی شود *(Smith, 2006)*. هر ساله با فرا رسیدن فصل بارش در بسیاری از شهرها، شهروندان با مشکلات آب‌گرفتگی مواجه می‌شوند. حجم خسارت‌های واردشده در پی وقوع سیلاب و آب‌گرفتگی به لحاظ خسارت جانی و نیز به دلیل خسارت‌های مالی فراوان، نگران‌کننده است. آنچه امروز در پی وقوع بارش باران، خسارت به بار می‌آورد؛ بیشتر سیلاب و آب‌گرفتگی است، تا آنچه به صورت علمی از آن به عنوان سیل نام برده می‌شود. این امر نشان می‌دهد که مدیریت حوادث هر چند کوچک مانند سیلاب و آب‌گرفتگی به درستی انجام نمی‌شود و با وجود خسارت‌های متعدد در سال‌های اخیر، هنوز قصه تکراری آب‌گرفتگی در بسیاری از شهرهای کشور وجود دارد. به منظور واکنش به بحران آبگرفتگی‌های شهری و آمادگی در برابر آن، ایجاد سیستم‌های پیش‌بینی و پایش آب‌گرفتگی ابزاری مناسب برای تسهیل مدیریت این نوع بحران می‌باشد. با استفاده از این سیستم‌ها سازمان‌های متولی مقابله با بحران آب‌گرفتگی، در حداقل زمان ممکن می‌توانند مناطق آب‌گرفته را مشخص و اقدامات لازم را انجام دهند.

با رشد انفجارگونه‌ی اینترنت و متعاقب آن ایجاد امکان دسترسی به وب از طریق دستگاه‌های مختلف مانند رایانه، تبلت و گوشی‌های هوشمند، بسیاری از توسعه دهندگان نرم‌افزار به استفاده از اینترنت به عنوان سکوی توسعه روی آورده‌اند. امروزه بسیاری از برنامه‌های کاربردی به صورت سرویس‌های قابل دسترس از طریق وب ارائه می‌شوند. وب سرویس‌ها تلفیق و تعامل‌پذیری برنامه‌های کاربردی تحت وب و تعامل بین ماشین‌ها را میسر کرده‌اند. اکنون معماری سرویس‌گرا[2] الگوی اصلی توسعه‌ی برنامه‌های کاربردی GIS [3] محسوب می‌گردد و توسعه‌دهندگان و محققین به توسعه‌ی برنامه‌های کاربردی مکانی بر روی وب و با استفاده از فناوری وب سرویس‌ها روی آورده‌اند. با به کارگیری این فناوری تمامی جزئیات پیاده‌سازی از دید کاربر مخفی بوده و تنها به یک مرورگر وب نیاز دارد *(Delipetrev, et al., 2014)*

تاکنون در تحقیقات زیادی از قابلیت‌های سیستم‌های اطلاعات مکانی تحت وب و سرویس‌های مکانی در حوزه‌ی هیدرولوژی استفاده شده است. وانگ و همکاران یک سیستم پیش‌بینی بلادرنگ سیل پیاده‌سازی کردند. آن‌ها استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی را برای پیش‌بینی سیلاب در محیط وب، مناسب تشخیص دادند. دلیل این امر پیچیدگی سایر روش‌های شبیه‌سازی می‌باشد. همچنین با توجه به حجم زیاد داده‌های مکانی و غیر مکانی مورد نیاز برای پیش‌بینی سیل، از سیستم‌های تحت وب توزیع‌شده استفاده نمودند *(Wang & Cheng, 2007)*. دیاز و همکاران یک ژئوپورتال[4] وب مبنا برای کاربردهای هیدرولوژیکی توسعه دادند که وب سرویس‌های پردازشی را با برنامه‌های کاربردی سمت کاربر برای نمایش داده‌های مکانی، تلفیق می‌کند. هدف از این کار دست‌یابی به واسطی تعامل‌پذیر و کاربر پسند برای محققین حوزه‌ی هیدرولوژی می‌باشد. بخش خادم، مدل‌های هیدرولوژیکی را از طریق کتابخانه‌ای از وب سرویس‌های پردازشی مکانی توزیع شده، فراهم می‌کند. بخش سمت کاربر جستجوی سرویس‌های کاتالوگ را در رسیدن به منبع مناسب تسهیل می‌کند. همچنین این بخش از طریق پارامترهای مدل‌های هیدرولوژیکی، با وب سرویس‌های پردازشی تعامل دارد و نتایج را به کاربر نمایش

[1]-Inundation

[2]-Service Oriented Architecture (SOA)

[3]- Geospatial Information System

[4]- Geoportal

می‌دهد (Díaz, et al., 2008). جیا و همکاران یک سیستم تحت وب مکانی برای پیش‌بینی بارش-رواناب توسعه دادند که از یک مدل مفهومی توزیع‌شده استفاده می‌کند. مدل هیدرولوژیکی به‌کاررفته در این تحقیق، نیاز به داده‌های با جزئیات بالا ندارد و قادر به تعیین مساحت و مرز حوزه‌های آبریز می‌باشد (Jia, et al., 2009). نالین و همکاران سیستمی توزیع یافته برای پیش‌بینی آب و هوا توسعه دادند. این سیستم قادر به تشخیص خطر وقوع آب‌گرفتگی در جاده‌ها می‌باشد و از برآوردهای بارش استفاده می‌کند. این سیستم برای یک منطقه محدود تست شده و در نهایت به کل منطقه مورد مطالعه در جنوب فرانسه گسترش داده شد (Naulin, et al., 2013). کاستروناوا و همکاران یک سرویس مدل‌سازی بر مبنای استاندارد WPS [1] طراحی کردند. این رویکرد بر روی یک مدل هیدرولوژیکی تست شد. آنها نشان دادند چگونه یک مدل هیدرولوژیکی به عنوان یک سرویس پردازشی مکانی پیاده شده و در روال کاری استفاده می‌شود (Castronova, et al., 2013). لوئه و همکاران یک وب سرویس مکانی توزیع‌شده، تعامل پذیر و استاندارد مبنا توسعه دادند که قادر به استخراج خودکار شبکه‌ی آبراهه‌ها[2] از DEM[3] می‌باشد. در این وب سرویس با قرار دادن حد آستانه بر روی نقشه‌ی انباشت جریان، آبراهه‌ها استخراج می‌شوند. این سرویس نیز مطابق با استاندارد WPS پیاده شد. (Luo, et al., 2014)

FIM[4] یک سیستم مکانی تحت وب برای واکنش به سیل و آب‌گرفتگی و تخفیف مشکلات ناشی از آن است که توسط USGS[5] ایجاد شده است. این سیستم نقشه‌های مکانی سیلاب گرفتگی را به همراه عمق مناطق آب‌گرفته نمایش می‌دهد. FIM از داده‌های تاریخی و آنی، اطلاعات پیش‌بینی و برآوردهای تأثیرات بحران استفاده می‌کند. این سیستم اطلاعات کلیدی را برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های اضطراری فراهم می‌کند. تمایز FIM با سیستم ارائه‌شده در این تحقیق نوع سیلاب است. سیلاب‌ها معمولاً به دو دسته‌ی سیلاب‌های فاقد منشأ[6] و سیلاب‌های دارای منشأ[7] تقسیم می‌شوند (Liu & Liu, 2002). در سیلاب‌های فاقد منشأ تمام نقاط پست که دریافت یکسانی از میزان بارش داشته باشند، دارای احتمال آب‌گرفتگی هستند. در مقابل در سیلاب‌های دارای منشأ علاوه بر سطح عوارض زمین، پیوستگی جریان نیز در نظر گرفته می‌شود. آبگرفتگی‌های شهری ناشی از رگبار به دسته‌ی سیلاب‌های فاقد منشأ تعلق دارند.(Zhang & Pan, 2014a)

FIM سیلاب‌های دارای منشأ را شامل می‌شود؛ اما در تحقیق حاضر به سیلاب‌های فاقد منشأ پرداخته شده است.

در این تحقیق از وب سرویس‌های مکانی برای شبیه‌سازی آب‌گرفتگی، استفاده شده است. مشارکت تحقیق پیاده‌سازی یک مدل شبیه‌سازی آب گرفتگی در قالب دو وب‌سرویس پردازشی براساس استانداردهای OGC[8] می‌باشد. این سرویس‌ها شامل سرویس محاسبه‌ی مشخصه‌های هیدرولوژیکی و سرویس محاسبه‌ی آب‌گرفتگی می‌باشند. سرویس محاسبه‌ی مشخصه‌های هیدرولوژیکی در محیط NET. توسعه یافت و برای ایجاد سرویس محاسبه‌ی آب‌گرفتگی از ترکیب برنامه‌نویسی در محیط NET. و ابزار Model Builder استفاده شد. این دو سرویس با استفاده از ArcGIS For Server 10.2 منتشر و در سیستمی که برای پیش‌بینی و پایش وضعیت آب‌گرفتگی توسعه یافته، به کار گرفته‌شدند. استفاده از معماری سرویس‌گرا و فناوری وب سرویس‌ها در این تحقیق قابلیت استفاده‌ی مجدد از سرویس‌های توسعه‌یافته را فراهم کرده است.

۲- معماری سرویس‌گرا، وب سرویس‌های مکانی و سرویس استاندارد WPS

معماری سرویس‌گرا راه‌حلی برای تلفیق سیستم‌های

[1]-Web Processing Service
[2]- Streams
[3]- Digital Elevation Model
[4]- Flood Inundation Mapper
[5]-United States Geological Survey
[6]- Un Source flooding
[7]- Source flooding
[8]-Open Geospatial Consortium

ناسازگار ارائه می‌کند *(Zhang, 2010)*. این معماری به صورت ترکیبی از همکاری میان استفاده‌کنندگان و سرویس‌های مختلف تعریف می‌شود *(Bean, 2008)*. معماری سرویس‌گرا بر اساس قواعدی خاص طراحی شده و برای پیاده‌سازی آن از استانداردها استفاده می‌شود. در حالت کلی معماری سرویس‌گرا یک معماری مفهومی[1] برای طراحی و پیاده‌سازی سرویس‌ها به صورت تعامل‌پذیر، استاندارد مبنا، قابل جستجو و مستقل از سکوهای محاسباتی می‌باشد *(Erl, 2008)*. در اساس معماری سرویس‌گرا یک سیستم نرم‌افزاری شامل سرویس‌های مستقل است که دارای اتصال سست[2] بوده و از طریق یک شبکه‌ی کامپیوتری قادر به تبادل داده بین یکدیگر هستند. در سرویس‌گرایی از شبکه نه تنها برای انتقال اطلاعات از ماشین به انسان بلکه برای انتقال اطلاعات بین ماشین‌ها نیز استفاده می‌شود *(Goodall, et al., 2011)*. سرویس‌گرایی به عنوان راه حلی برای حل مشکلات مؤلفه‌گرایی ارائه گردید. در واقع سرویس‌گرایی تکامل یافته مؤلفه‌گرایی می‌باشد *(Papazoglou & Heuvel, 2007)* برنامه نویسان با استفاده از عناصر اصلی سرویس‌گرایی (سرویس، عملکرد و پیام) بر روی منطق کسب و کار[3] تمرکز شده و قابلیت‌های نرم‌افزاری را از طریق سرویس‌های تعامل‌پذیر ارائه می‌دهند. هر سرویس به عنوان یک مؤلفه عمل کرده و یک هستنده‌ی خودمختار[4] و قادر به پاسخگویی به درخواست هستنده‌های خارجی می باشد *(Goodall, et al., 2011)*. از سوی دیگر استفاده کنندگان از سرویس تنها از طریق واسط استاندارد سرویس با آن سرویس ارتباط برقرار می‌نمایند. به عبارت دیگر، برقراری ارتباط با سرویس مستقل از فناوری مورد استفاده در پیاده سازی سرویس، سکو و سیستم عامل میزبان آن می‌باشد *(Bean, 2008)*. استفاده کننده از سرویس با به کارگیری پیام‌های استاندارد از طریق واسط استاندارد سرویس با آن سرویس ارتباط برقرار می‌نماید. علاوه بر واسط استاندارد سرویس، فراهم کننده سرویس فراداده مربوط به سرویس را نیز در دسترس استفاده کنندگان قرار می‌دهد تا بدین ترتیب استفاده کنندگان سرویس از تمامی قابلیت‌های آن سرویس آگاه کردند *(Marks & Bell, 2006)*.

سرویس‌های تشکیل دهنده یک برنامه کاربردی سرویس‌گرا می‌توانند متعلق به یک یا چند شرکت بوده و توسط یک یا چند فناوری و سکوی نرم‌افزاری پیاده‌سازی شده و به صورت مستقل از هم تکامل یافته باشند. از این جهت است که سرویس‌گرایی مزیتی فراتر از تعامل‌پذیری ایجاد می‌نماید.اکنون معماری سرویس‌گرا الگوی اصلی توسعه‌ی برنامه‌های کاربردی مکانی محسوب می‌شود.

ارگان OGC[5] یک چارچوب از سرویس‌ها و دستورالعمل‌های مکانی را بر مبنای اصول معماری سرویس‌گرا ارائه نموده است که راه‌حلی برای رسیدن به تعامل پذیری مکانی در نظر گرفته می‌شود. هر نرم‌افزار و سیستم GIS مبنایی می‌تواند داده‌ها را در هر فرمتی ذخیره، مدیریت و پردازش کرده و برای ارائه‌ی سرویس‌ها به صورت تعامل‌پذیر، از استانداردها و دستورالعمل‌های موجود در چارچوب سرویس‌های مکانی OGC استفاده کند. *(عطازاده، ۱۳۹۰)*

یک سرویس مکانی، سرویسی است که قابلیت دسترسی به داده‌های مکانی و انجام پردازش‌های مکانی را داشته باشد، در پاسخ به درخواست استفاده‌کنندگان که داده مکانی را بر اساس معیاری خاص درخواست کرده، بتواند پیام‌هایی را برگرداند که حاوی داده‌ی مکانی باشد و قابلیت دسترسی به سایر سرویس‌های مکانی را داشته باشد. هر کدام از موارد ارائه‌شده در چارچوب سرویس‌های مکانی OGC به صورت یک یا چند دستورالعمل توسط OGC منتشرشده‌اند. این دستورالعمل‌ها به عنوان راهنمایی برای پیاده‌سازی سرویس‌های استاندارد در دنیای اطلاعات مکانی به‌کاربرده می‌شوند. *(امیریان، ۱۳۸۹)*

[1]- Conceptual Architecture
[2]- Loosely Coupled
[3]- Business Logic
[4]- Autonomous entity
5- Open Geospatial Consortium

سرویس های مکانی تحت استاندارد OGC به سه دسته‌ی داده‌ای، نمایشی و پردازشی تقسیم می‌شوند. WPS یکی از سرویس‌های استانداردی است برای انجام پردازش‌های مکانی ایجاد شده است. این استاندارد نحوه‌ی درخواست اجرای عملیات موردنظر استفاده کننده و نحوه پاسخ سرویس را بیان می کند. پردازشی که توسط این استاندارد تعریف می‌شود می‌تواند طیف وسیعی از پردازش های ساده و پیچیده را در بر داشته باشد. محاسبه‌ی فاصله میان دو نقطه و محاسبات پیچیده مانند مدل‌سازی تغییرات جوّی در کره زمین می تواند توسط این سرویس به صورت استاندارد به شکل یک منبع پردازشی بیان شود. *(عطازاده، ۱۳۹۰)*

تاکنون تولیدات نرم افزاری متن باز و اختصاصی زیادی برای پیاده‌سازی سرویس WPS ایجاد شده‌اند. برخی از تولیدات نرم افزاری اختصاصاً برای پیاده‌سازی WPS توسعه یافته‌اند در صورتی که برخی دیگر برای اهداف مختلفی ایجاد شده‌اند و قابلیت پیاده‌سازیWPS به آنها اضافه شده است. دسته بندی زیر بر اساس عملکرد و نقشی که نرم افزارهای مختلف در پیاده‌سازی WPS دارند، ارائه شده است. *(Evangelidis, et al., 2014)*

- برنامه‌های کاربردی مخدوم، واسط کاربری در اختیار کاربران قرار داده و آنها را قادر می‌سازند که اطلاعاتی راجع به قابلیت‌های یک خادم WPS جستجو کنند، درخواست خود را ارسال کرده و پاسخ درخواست‌ها را دریافت کنند. همچنین این برنامه‌ها محیطی را فراهم می‌کنند که خروجی پردازش‌ها، در آن نمایش داده شود.
- نرم افزار خادم شامل هسته‌ی اصلی عملکردهایی است که برای توسعه و فراهم سازی یک خادم WPS از طریق اینترنت مورد نیاز است. خادم WPS به عنوان یک نقطه‌ی دسترسی[1] عمل کرده که تمامی تقاضاهای مخدوم و پاسخ به آنها را مدیریت می‌کند. در واقع نرم‌افزار خادم WPS با نرم‌افزارهای دیگری مانند کتابخانه‌ها، افزونه‌ها[2] و بخش‌های پردازشی مکانی رومیزی، تلفیق شده تا پارامترهای ورودی که از طریق درخواست کاربر ارسال شده‌اند را پردازش کرده و از طریق ارسال خروجی پاسخ این درخواست‌ها را بدهد.
- کتابخانه‌ها مجموعه‌ای از کلاس‌ها و بخش‌هایی هستند که با استفاده از زبان‌های برنامه‌نویسی ایجاد شده و یا به نرم‌افزارهای موجود، مرتبط شده و بخش‌های پردازشی ایجاد می‌کنند.
- نرم‌افزارهای مکانی رومیزی می‌توانند به عنوان Thick Client عمل کرده و تمامی عملکردهای پردازشی یک WPS را از طریق بخش های پردازشی که دارند، فراهم کنند.

برخی از موارد قابل توجه از نرم‌افزارهای پیاده‌سازی WPS، به طور مختصر در زیر بیان شده است.

North ° 52 نرم‌افزار متن باز و رایگانی است که در سال ۲۰۰٤ متولد شد و توسط اتحادیه‌های تحقیق و توسعه نرم‌افزار و طیف وسیعی از فعالیت‌های مشارکتی توسعه‌ی نرم‌افزار پوشش داده شد. WPS ایجاد شده توسط North ° 52 منطبق بر استاندردهای OGC است. این نرم‌افزار جاوا مبنا بوده و در قالب یک افزونه استفاده می‌شود. *(Evangelidis, et al., 2014)*

ZOO یک پروژه متن باز WPS است که در سال ۲۰۰۹ منتشر شد. ZOO یک WPS بر مبنای OGC ایجاد کرده و چارچوبی کاربرپسند در اختیار توسعه دهنده قرار می‌دهد. این نرم‌افزار امکان ایجاد و زنجیره‌سازی سرویس‌ها[3] را فراهم می‌کند. هدف اصلی آن گردآوری کتابخانه‌های متن باز موجود و استفاده از آن‌ها به شیوه‌ای استاندارد و نیز ساده‌سازی توسعه‌ی WPS با فراهم سازی روشی ساده برای ایجاد وب سرویس‌ها است. ZOO قابلیت مدیریت و زنجیره‌سازی وب سرویس‌هایی که با استفاده از زبان‌های برنامه‌نویسی مختلف ایجاد شده‌اند را فراهم می‌کند. *(Fenoy, et al., 2013)*

PyWPS [4] پروژه‌ای با هدف اولیه‌ی ایجاد پردازش‌های GRASS مبنا و قابل استفاده برای کاربران وب می‌باشد.

[1]- Accwss point
[2]-Plug in
[3]-Service Chaining
[4]- Python Web Processing Service

توسعه‌ی آن از سال ۲۰۰۶ آغاز شد. PyWPS را می‌توان به عنوان یک کتابخانه‌ی ترجمه قلمداد کرد که بر اساس استانداردهای OGC درخواست‌های ورودی را دریافت کرده و آنها را به GRASS و یا هر ابزاری که با استفاده از پایتون[1] توسعه یافته، گسیل می‌کند و نتایج را برمی‌گرداند. ***(Cepicky & Becchi, 2007)***

دو نمونه از راه‌حل‌های تجاری که اخیراً در ایجاد WPS به طور گسترده استفاده شده‌اند شامل APOLLO و ArcGIS Server می‌باشند. در APOLLO یک موتور مدل‌ساز به نام Imagine فراهم شده است که قابلیت طراحی گرافیکی مدل‌ها و الگوریتم‌های پیچیده‌ی مکانی برای ایجاد مدل‌های پردازشی زنجیره شده و انتشار آنها را فراهم می‌کند. Model Builder نیز در سال ۲۰۰۶ توسط ESRI معرفی شد که مشابه موتور مدل‌ساز در APOLLO می‌باشد. ArcGIS Server 10.1 و نسخه‌های بعد از آن، از استاندارد WPS پشتیبانی می‌کنند. مدل‌ها و ابزارهای پردازشی ایجاد شده در ArcGIS قابلیت استفاده توسط هر مخدومی که استاندارد WPS را پشتیبانی کند، دارند.

۳- مدل‌های شبیه‌سازی آب‌گرفتگی

مدل‌های رگبار- آب‌گرفتگی شهری بر اساس الگوریتم محاسباتی در سه دسته قابل تقسیم‌بندی هستند:

مدل‌های هیدرولوژیکی، هیدرودینامیکی و مدل‌های ساده شده ***(Zhang & Pan, 2014a)***. مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرودینامیکی به داده‌های دقیق توپوگرافی و نیز جزئیات سیستم جمع‌آوری سیلاب دارند؛ اما این داده‌ها به سهولت قابل دسترسی نیستند(***Hunter, et al., 2005; Schumann, et al., 2011***) علاوه بر این، محاسبات مربوط به شبیه‌سازی رگبار- آب‌گرفتگی پیچیده بوده و اجرای آن زمانبر است. در نتیجه مدل‌های سریع آب‌گرفتگی[2] توسعه یافتند که آب‌گرفتگی‌های شهری را به صورت ساده شده شبیه‌سازی می‌کنند.

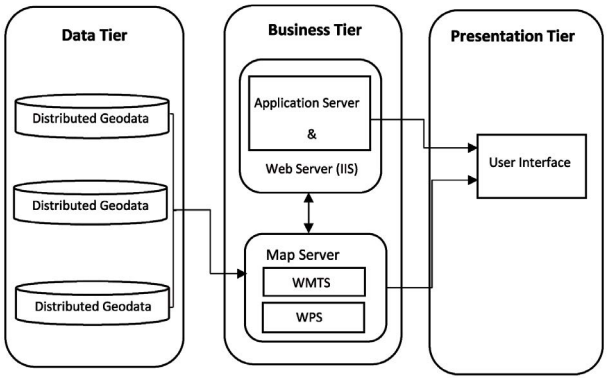
مدل‌های ساده شده‌ی آبگرفتگی در دو دسته قابل تقسیم‌بندی هستند. دسته‌ی اول شامل مدل‌هایی است که بر اساس یک الگوریتم هیدرولیکی ساده‌شده، گسترش تدریجی سیلاب را شبیه‌سازی می‌کنند. این مدل‌ها نیز نیازمند داده‌های ورودی با جزئیات بالا می‌باشند. با این حال این مدل‌ها محدودیت‌های کمتری نسبت به مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرودینامیکی دارند. دسته‌ی دوم شامل مدل‌هایی است که بر اساس یک الگوریتم هیدرولوژیکی ساده‌شده، تنها وضعیت نهایی آب‌گرفتگی را شبیه‌سازی می‌کنند. GUFIM[3] RFSM[4] و FCDC[5] مدل‌هایی از این دست هستند. GUFIM مدلی GIS مبنا و مناسب مناطقی است که پستی بلندی‌های کمی دارند***(Chen, et al., 2009)*** . مدل FCDC با هدف افزایش کارایی مدل‌های شبیه‌سازی آب‌گرفتگی در مناطقی که توپوگرافی پیچیده دارند، ایجادشده است. این مدل از شبکه‌ی نامنظم مثلثی استفاده کرده و سرعت بالایی در شبیه‌سازی دارد ***(Zhang, et al., 2014b)***.

RFSM مدل ساده‌شده‌ای است که بر اساس توپوگرافی، پخش آب در سیلاب دشت را شبیه‌سازی می‌کند. مزیت این مدل نیز زمان کوتاه اجرای آن است ***(Gouldby, et al., 2008)***. مدل‌های RFSM و FCDC بر روی انتشار جریان تمرکز دارند و مناسب شبیه‌سازی آب‌گرفتگی‌های ناشی از بارش نیستند. در این میان مدل USISM[6] ***(Zhang & Pan, 2014a)*** قادر به شبیه‌سازی آب‌گرفتگی‌های ناشی از بارندگی است. این مدل بر مبنای GIS بوده و سرعت بالایی در شبیه‌سازی دارد. این مدل برای برآورد مشخصه‌های هیدرولوژیکی جهت جریان[7] و انباشت جریان[8] ، تأثیر عوارض دست‌ساز بشر را لحاظ نمی‌کند.

مشخصه‌های هیدرولوژیکی در مناطق شهری، متاثر از زیرساخت‌های جمع‌آوری سیلاب هستند. از این رو

[1]- Python
[2]-Rapid flood inundation models
[3]- GIS-based Urban Floos Inundation Model
[4]- Rapid Flood Spreading Method
[5]- Flood- Connected Domain Calculation
[6]- Urban storm Inundation Simulation Method
[7]- Flow direction
[8]- Flow accumulation

می‌بایست در تحلیل‌های هیدرولوژیکی DEM مبنا تأثیر این عوارض را وارد کرد. *(Choi, 2012)*



نگاره ۱: معماری سیستم توسعه‌یافته

ASIISM[1] مدل دیگری بر مبنای سیستم‌های اطلاعات مکانی و روش ساده‌شده‌ای از مدل‌های هیدرولوژیکی است که وضعیت نهایی آب‌گرفتگی را محاسبه می‌کند. در این مدل برای نزدیک کردن نتیجه‌ی شبیه‌سازی به واقعیت، تأثیر زیرساخت‌های جمع‌آوری سیلاب در تحلیل‌های هیدرولوژیکی شبکه مبنا لحاظ شده است. *(جعفری، ۱۳۹۳)* در این تحقیق از این مدل برای ایجاد وب سرویس‌های پردازشی[2] مورد نیاز استفاده شده است.

٤- معماری سیستم

معماری سیستم توسعه‌یافته شامل سه لایه‌ی نمایش، منطق و داده است. لایه‌ی نمایش شامل ابزارهایی است که کاربر با آن‌ها در تعامل می‌باشد و از طریق آن اطلاعات مربوط به رویداد بارندگی را وارد کرده و نتایج حاصل از انجام پردازش‌های مکانی را مشاهده می‌کند.

در لایه‌ی منطق کلیه‌ی پردازش‌های مربوط به سیستم قرار گرفته است. در این لایه در صورت ارسال تقاضا از طرف کاربر، این تقاضا به Web Server ارسال می‌گردد. مهمترین نقش Web Server پاسخ به در خواست کاربر است. در واقع Web Serverشامل مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها برای ارتباط و تبادل داده بین خادم و مخدوم است. هنگامی که Web Server درخواست را دریافت نمود، با استفاده از Application Server آن را ترجمه کرده و به Map Server ارسال می‌کند. Map Server نیز وظیفه‌ی انجام پردازش‌های لازم برای تولید نقشه را بر عهده دارد *(جلالی فر، ۱۳۹۲)* وظیفه‌ی مدیریت داده‌ها بر عهده‌ی لایه‌ی داده است که تأمین داده‌های مورد نیاز لایه‌ی منطق، برای انجام پردازش‌های مکانی را انجام می‌دهد. نگاره ۱ معماری سیستم سه لایه را نمایش می‌دهد.

۵- پیاده‌سازی

۵-۱- منطقه‌ی مورد مطالعه و داده‌های استفاده شده

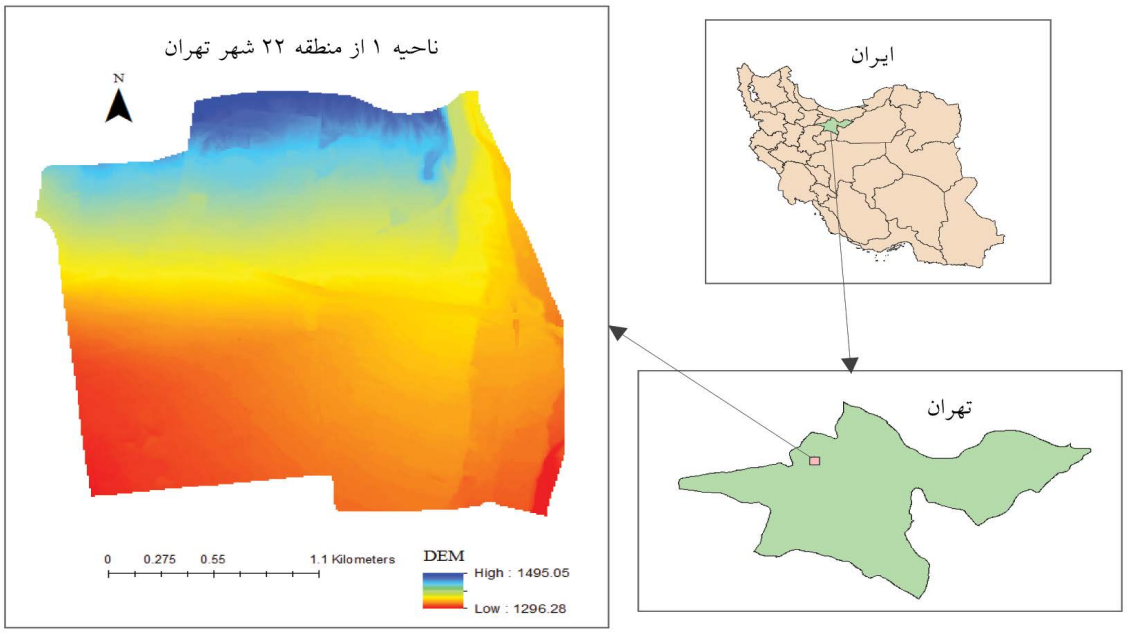
شهر تهران، به طور پیوسته در معرض خطر سیل و آب‌گرفتگی قرار دارد. از دلایل اصلی این مسئله، اختلاف ارتفاع زیاد، شرایط اقلیمی خاص، وجود رودخانه‌هایی مانند کن و وردیج و مسیل‌های متعدد و قرار گرفتن این شهر در پای کوه می‌باشد.

منطقه ۲۲ شهرداری تهران، با وسعتی حدود ٦۰۰۰ هکتار محدوده شهری و ۱۸۰۰۰ هکتار حریم شهری، یک هفتم مساحت شهر تهران را تشکیل می‌دهد. این منطقه در شمال غربی شهر تهران و در پایین‌دست حوزه‌ی آبریز رودخانه کن و وردیج واقع شده است. ناحیه‌ی یک از این منطقه به عنوان منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب شد. نگاره۲،DEM این ناحیه و موقعیت آن را در استان تهران و کشور نمایش می‌دهد.

در DEM مورد استفاده ارتفاع ساختمان‌ها لحاظ نشده است. همچنین از نقشه‌های کاربری اراضی، شبکه‌ی جمع‌آوری آب‌های سطحی، نقاط ورودی و خروجی آب به کانال‌های زیرسطحی و ظرفیت جریان در آنها و نیز اطلاعات مربوط به ظرفیت سیستم فاضلاب منطقه‌ی مورد مطالعه استفاده شده است.

این داده‌ها از بخش‌های مختلف سازمان شهرداری تهران جمع‌آوری شدند.

[1]-Adaptive Stormwater Infrastructure Inundation Simulation Method
[2]- Web Processing Services (WPS)



نگاره ۲: DEM مربوط به منطقه‌ی مورد مطالعه و موقعیت این منطقه در استان تهران و کشور

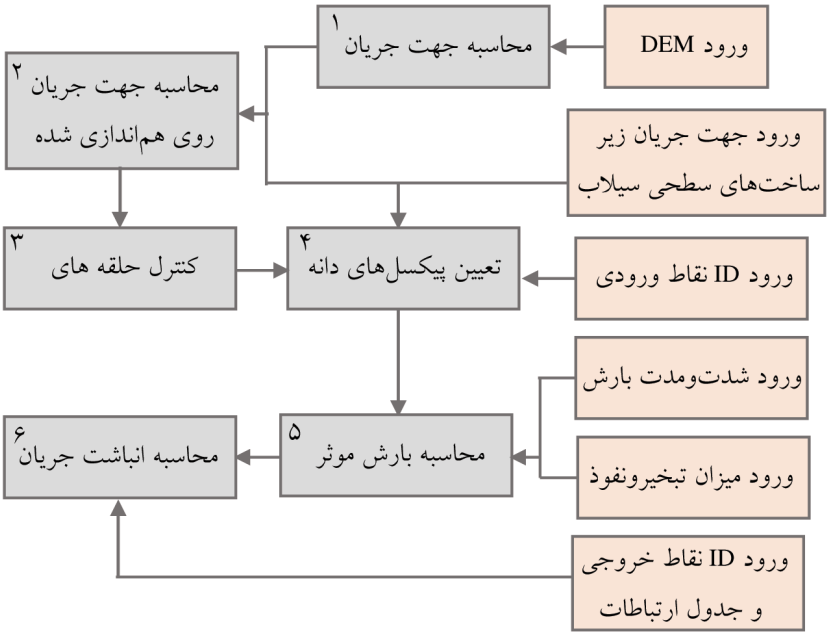
۵-۲- پیاده‌سازی سرویس‌های پردازشی و برنامه‌ی کاربردی مخدوم

Visual Studio 2012 به عنوان محیط برنامه‌نویسی انتخاب گردید. از Model Builder ، ArcObjects و زبان برنامه‌نویسی C#.NET به منظور ایجاد سرویس‌های پردازشی مکانی استفاده شد. همچنین از ArcGIS for Server 10.2 به عنوان Map Server استفاده شده است. داده‌های مورد نیاز سیستم طراحی‌شده، شامل نقشه‌های پایه، نقشه‌های DEM، کاربری اراضی و داده‌های مربوط به کانال‌های سطحی و زیرسطحی می‌باشد. این لایه‌ها پس از آماده سازی بر روی ArcGIS for Server 10.2 قرار گرفتند.

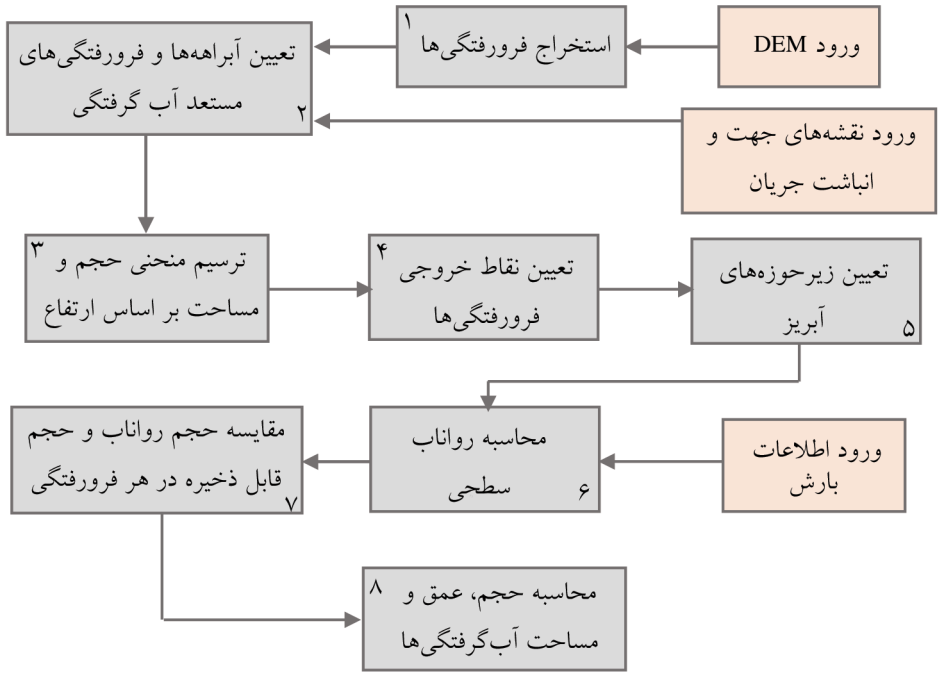
مدل ASIISM در قالب دو سرویس پردازشی مکانی پیاده‌سازی شد. سرویس‌های پردازشی پیاده‌سازی شده شامل سرویس محاسبه‌ی مشخصه‌های هیدرولوژیکی و سرویس محاسبه‌ی آب‌گرفتگی می‌باشند. در سرویس محاسبه‌ی مشخصه‌های هیدرولوژیکی، از الگوریتم WASI [1] استفاده شده است. این الگوریتم تأثیر زیرساخت‌های جمع‌آوری سیلاب [2] را در محاسبات لحاظ می‌کند و از این رو مناسب مدل‌سازی‌های هیدرولوژیکی در مناطق شهری می‌باشد *(Choi, 2012; Choi, et al., 2011)*. نگاره ۳ روال کاری استخراج نقشه‌های جهت جریان [3] و انباشت جریان [4] را از سرویس پردازشی محاسبه‌ی مشخصه‌های هیدرولوژیکی نمایش می‌دهد.

مراحل استخراج نقشه‌های جهت و انباشت جریان از این وب سرویس پردازشی به این شرح می‌باشد: در گام اول نقشه‌ی جهت جریان حاصل از توپوگرافی زمین، با استفاده از DEM تهیه می‌شود. اگر ارتفاع هر هشت همسایه‌ی پیکسل، از خود پیکسل بزرگ‌تر باشد، کد نامشخص به پیکسل اختصاص داده می‌شود که نمایانگر چاهک [5] جریان است. گام دوم، روی هم‌اندازی جهت جریان حاصل از شبکه‌ی سطحی جمع‌آوری سیلاب بر روی جهت جریان حاصل از DEM است. خروجی این گام، جهت جریان تغییر یافته است که در آن جهت جریان شبکه‌ی سطحی جمع‌آوری سیلاب، با جهت جریان حاصل از DEM ترکیب شده است. در گام سوم، سرویس پردازشی پیشنهادی چک می‌کند

[1]- Weighted Adaptive Stormwater Infrastructure
[2]- Stormwater infrastructure
[3]- Flow direction
[4]- Flow Accumulation
[5]- Sink



نگاره۳: روال کاری استخراج نقشه‌های جهت و انباشت جریان از سرویس پردازشی محاسبه‌ی مشخصه‌های هیدرولوژیکی



نگاره٤: روال کاری در سرویس پردازشی محاسبه آب گرفتگی

که آیا حلقه پایان‌ناپذیری وجود دارد یا خیر. حلقه‌های بدون پایان در مناطق طبیعی، غیرمعمول است؛ اما عوارض مصنوعی آب، گاهی این‌گونه الگوها را به جهت جریان وارد می‌کنند. برای محاسبه‌ی انباشت جریان، می‌بایست حلقه‌های بدون پایان با استفاده از محاسبات بازگشتی حذف شوند. در گام چهارم، موقعیت ورودی‌های آب به شبکه‌ی زیرسطحی جمع‌آوری سیلاب، از طریق داده‌ی ورودی شبکه‌ای مربوط به این نقاط، جستجو خواهد شد. اگر در پیکسلی ورودی آب وجود داشته باشد، کد تعریف‌نشده[1] به آن اختصاص پیدا می‌کند و در شمار پیکسل‌های دانه[2] قرار می‌گیرد. در گام پنجم با توجه به داده‌های ورودی،

[1]- Undefined
[2]- Depression

میزان بارش موثر محاسبه می‌شود. در این مرحله ارتفاع آب حاصل از بارش، برای هر پیکسل محاسبه می‌گردد. این مقدار با کسر مقادیر آب تبخیر شده و نفوذ یافته به زمین، از میزان بارش تعیین می‌شود. در گام ششم، توابع بازگشتی در محل پیکسل‌های دانه، برای محاسبه‌ی انباشت جریان فراخوانی می‌شوند. محاسبات تکرار می‌شود و نقشه‌ی انباشت جریان به دست می‌آید.

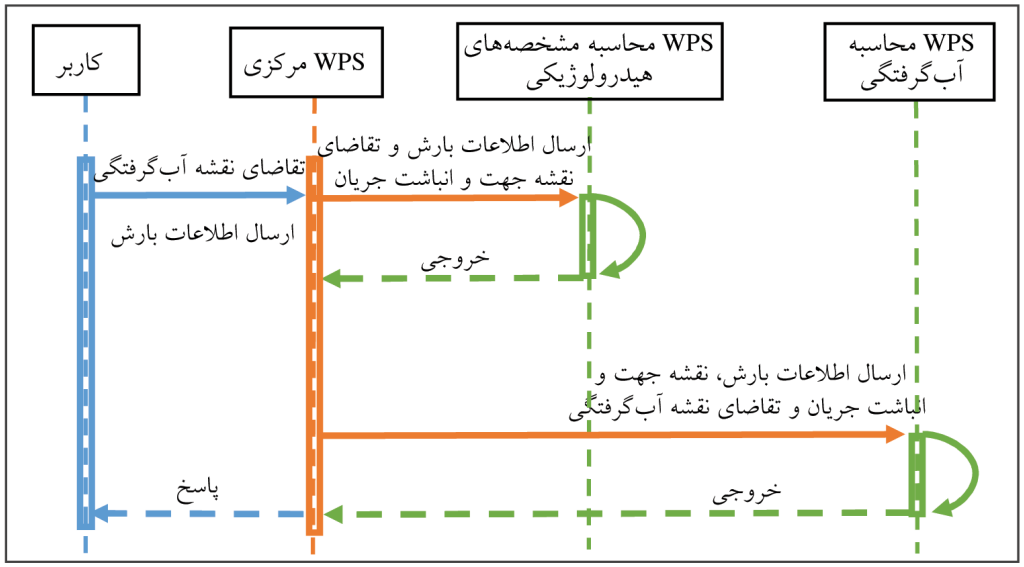
نقشه‌ی جهت و انباشت جریان به دست آمده از سرویس پردازشی محاسبه‌ی مشخصه‌های هیدرولوژیکی وارد سرویس پردازشی محاسبه‌ی آب‌گرفتگی می‌شود. نگاره ٤ روال کاری این وب سرویس را نمایش می‌دهد.

مراحل انجام محاسبات در این سرویس پردازشی به این شرح است: مرحله اول شامل استخراج فرورفتگی‌ها می‌باشد. با توجه به نیروی گرانش وارد بر آب تنها فرورفتگی‌ها می‌توانند آب‌گرفتگی داشته باشند. برای یافتن نواحی فرورفته اختلاف DEM پرشده[1] و DEM اصلی قابل استفاده است. مرحله‌ی دوم، شامل تعیین آبراهه‌ها و انتخاب فرورفتگی‌های دارای پتانسیل آب‌گرفتگی است. با قرار دادن حد آستانه روی انباشت جریان آبراهه‌ها قابل‌استخراج هستند. فرورفتگی‌هایی که آبراهه‌ها به آن‌ها وارد می‌شوند، پتانسیل آب‌گرفتگی را دارند در مرحله‌ی سوم، برای هر یک از فرورفتگی‌های دارای پتانسیل آب‌گرفتگی، با ورود صفحات مبنا با ارتفاعات مختلف منحنی ارتفاع –حجم و ارتفاع– مساحت ترسیم شده و حداکثر حجم قابل ذخیره در هر فرورفتگی تعیین می‌گردد. در مرحله‌ی چهارم، نقطه‌ی خروجی هر فرورفتگی تعیین می‌شود. نقطه‌ی خروجی هر فرورفتگی، پیکسل مرزی است که از طریق آن رواناب سطحی به زیرحوزه‌ی پایین دست منتقل می‌شود. مرحله‌ی پنجم، شامل تعیین زیرحوزه‌های آبریز[2] می‌باشد. برای محاسبه‌ی وضعیت آب‌گرفتگی در هر فرورفتگی، می‌بایست زیرحوزه‌ی آبریز هر فرورفتگی تعیین شود و سپس رواناب سطحی برای هر زیرحوزه محاسبه گردد. مرحله‌ی ششم، شامل محاسبه‌ی رواناب سطحی در هر زیر حوزه است. رواناب سطحی برابر است با حجم رواناب کلی که حجم آب زهکشی شده توسط سیستم فاضلاب از آن کم شده است. در هر زیرحوزه مجموع حجم رواناب کلی محاسبه می‌شود. رواناب کلی شامل حجم کل بارش است که حجم آب نفوذ داده‌شده به زمین از آن کسر شده است. رواناب سیستم فاضلاب با استفاده از متوسط سرعت زهکشی آب در مدت زمان رگبار قابل برآورد است. اگر رواناب سطحی حوزه‌ی بالادست، فرورفتگی جاری را پر کرد آب اضافی به سمت فرورفتگی پایین‌دست حرکت می‌کند؛ بنابراین ارتباط بین فرورفتگی‌ها و ترتیب حرکت جریان در آن‌ها، در محاسبه‌ی میزان آب‌گرفتگی، تأثیرگذار می‌باشد. مرحله‌ی هفتم و هشتم، شامل مقایسه‌ی حجم رواناب سطحی و حداکثر حجم قابل ذخیره در هر فرورفتگی و محاسبه حجم و عمق و مساحت آب‌گرفتگی‌ها است. اگر حجم رواناب سطحی کمتر از مقدار حداکثر باشد، حجم نهایی آب‌گرفتگی در آن فرورفتگی را نشان می‌دهد و عمق و مساحت آب‌گرفتگی با منحنی‌های ارتفاع – حجم و ارتفاع– مساحت قابل محاسبه است. در غیر این صورت فرورفتگی به طور کامل از آب پر شده و آب اضافی مطابق با جهت جریان به فرورفتگی بعدی منتقل می‌شود و عمق و حجم فرورفتگی، وضعیت آب‌گرفتگی آن را مشخص می‌کند.

دو سرویس پردازشی محاسبه‌ی مشخصه‌های هیدرولوژیکی و محاسبه‌ی آب‌گرفتگی با استفاده از روش زنجیره‌سازی نیمه شفاف[3]، زنجیره می‌شوند. در زنجیره‌سازی نیمه شفاف با ارسال یک درخواست به سرویس پردازشگر مرکزی، زنجیره‌ای از سرویس‌ها ایجادشده و نیاز به ارتباط پی‌درپی کاربر و سیستم وجود نخواهد داشت. *(پورعزیزی، ۱۳۸۹)* نحوه‌ی زنجیره‌سازی این دو سرویس توسط وب سرویس پردازشی مرکزی در نگاره ۵ نمایش داده شده است.

در پیاده‌سازی برنامه‌ی کاربردی مخدوم که با کاربر در ارتباط است، سعی گردیده تا محیطی کاربرپسند و ساده

[1]- Fill DEM
[2]- Subcatchment
[3]-Translucent



نگاره ۵: نحوه‌ی زنجیره‌سازی سرویس‌های مکانی پردازشی سیستم توسط وب سرویس پردازشی مرکزی

طراحی شود تا کاربر به راحتی بتواند با سیستم تعامل داشته باشد و بدون نیاز به داشتن تخصص هیدرولوژی و یا GIS، قادر به تعیین وضعیت موجود آب‌گرفتگی و یا پیش‌بینی آن باشد. برای پیاده‌سازی این برنامه‌ی کاربردی از بستر سمت کاربر[1] سیلورلایت۵[2] موجود در Visual Studio 2012 استفاده شده است. از طریق واسط کاربری طراحی شده کاربر پارامترهای لازم برای اجرای سرویس‌های پردازشی را وارد و درخواست اجرای سرویس‌ها را ارسال می‌کند. پس از انجام پردازش‌های لازم، نتیجه از طریق واسط کاربری به کاربر نمایش داده می‌شود. کاربر از طریق ابزارهای پرس‌وجوی توصیفی و پرس‌وجوی مکانی وضعیت آب گرفتگی را بررسی می‌کند.

۶- تست سیستم و نتایج

به منظور تست سیستم یک رویداد بارش با دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال انتخاب شد. اطلاعات این رویداد از داده‌های ایستگاه هواشناسی مهرآباد تهران به دست آمد. این رویداد، یک بارندگی ۱ ساعته با مقدار بارش ۱۵/۷۴ میلی‌متر است. با ورود اطلاعات بارش و فشردن دکمه‌ی اجرا، وب سرویس زنجیره ساز اطلاعات مربوط به بارش را به همراه تقاضای نقشه‌های جهت و انباشت جریان به سرویس پردازشی محاسبه مشخصه‌های هیدرولوژیکی ارسال می‌کند.

این سرویس اجرا شده و خروجی حاصل از اجرای آن برای سرویس زنجیره ساز ارسال می‌گردد.

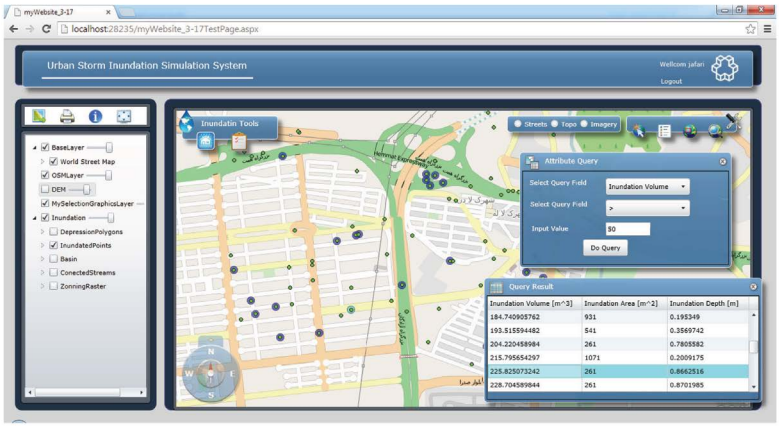
وب سرویس زنجیره ساز این نتایج را به سرویس محاسبه‌ی آب‌گرفتگی ارسال می‌کند. این سرویس اجرا شده و خروجی آن به سرویس زنجیره ساز ارسال می‌گردد. در نهایت خروجی در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. کاربر از طریق ابزارهای پرس‌وجوی مکانی و پرس‌وجوی توصیفی خصوصیات نقاط آب‌گرفته را مشاهده می‌کند. این خصوصیات شامل حجم، عمق و مساحت آب‌گرفتگی برای هر نقطه می‌باشد. بر اساس خروجی سرویس‌های پردازشی برای رویداد بارش انتخاب شده، مجموع مساحت مناطق آب گرفته برابر با ۰/۸۱ درصد مساحت کل منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد. نگاره ۶ نحوه‌ی نمایش خصوصیات نقاط آب‌گرفته را با استفاده از ابزار پرس‌وجوی توصیفی سیستم، نمایش می‌دهد.

[1]- Client Side
[2]-Silverlight

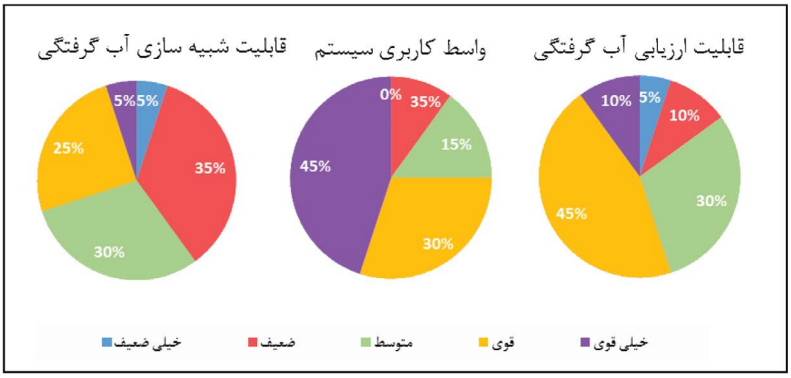
برای ارزیابی، سیستم طراحی شده در اختیار ۱۰ نفر از متخصصین مهندسی آب و ۱۰ نفر از متخصصین GIS قرار گرفت. بعد از اینکه سیستم توسط کاربران استفاده شد، نظرات کاربران راجع به قابلیت‌های مختلف آن، مورد پرسش قرار گرفت. سیستم بر اساس سه قابلیت شبیه‌سازی آب‌گرفتگی، ارزیابی وضعیت آب‌گرفتگی و واسط کاربری ارزیابی گردید. برای ارزیابی قابلیت‌ها از پنج مقیاس خیلی ضعیف، ضعیف، متوسط، قوی، خیلی قوی استفاده شد. نتایج این نظرسنجی در نگاره ۷ آمده است.

نتایج نظرسنجی نشان می‌دهد، واسط کاربری سیستم تا حدود زیادی مورد پسند کاربران قرارگرفته و توانسته رضایت کاربران را جلب کند. دلیل این را می‌توان استفاده از ابزارهای گرافیکی قدرتمند سیلورلایت۵ دانست. قابلیت شبیه‌سازی آب‌گرفتگی نسبت به واسط کاربری به میزان کمتری مورد توجه کاربران قرار گرفت. دلیل این امر می‌تواند عدم شبیه‌سازی فرآیند ایجاد آب‌گرفتگی در طی مدت زمان بارش و بسنده کردن به شبیه‌سازی وضعیت نهایی آب‌گرفتگی باشد. همان طور که آمد، به منظور شبیه‌سازی آب‌گرفتگی در این تحقیق از یک مدل هیدرولوژیکی ساده‌شده استفاده گردیده است و این مدل‌ها تنها امکان شبیه‌سازی وضعیت نهایی آب‌گرفتگی را فراهم می‌کنند. قابلیت ارزیابی وضعیت آب‌گرفتگی نیز توانسته تا حدودی رضایت کاربران را جلب کند. دلیل این نیز می‌تواند قابلیت نمایش مشخصه‌های حجم، عمق و مساحت هر نقطه‌ی آب‌گرفته و استفاده از ابزارهای گرافیکی سیلورلایت۵ باشد.

سیستم توسعه‌یافته با شبیه‌سازی رویداد آب‌گرفتگی قادر به پیش‌بینی وضعیت آب‌گرفتگی و پایش وضع موجود می‌باشد و می‌تواند در جهت مدیریت بحران آب‌گرفتگی در شهرها به کار گرفته شود. نتایج حاصل از آن می‌تواند به مدیران بحران در تصمیم‌گیری‌ها و انجام اقدامات عملی در حداقل زمان ممکن کمک نماید. به طور مثال یکی از اقدامات لازم برای مدیریت بحران آب‌گرفتگی اختصاص نیروهای کمک‌رسان و متخصص به مناطق آب‌گرفته است. معمولاً این نیروها زمانی وارد عمل می‌شوند که شهر را



نگاره ٦: نمایش خصوصیات نقاط آب‌گرفته با استفاده از ابزار پرس و جوی توصیفی سیستم



نگاره ۷: نتایج ارزیابی سیستم طراحی‌شده توسط کاربران

آب‌گرفته باشد و تنها پس از متوقف شدن بارش و کاهش حجم آب به امدادرسانی مشغول می‌شوند؛ درحالی‌که با استفاده از سیستم توسعه‌یافته مناطق بحرانی مشخص‌شده و امکان تجهیز این مناطق به امکاناتی مانند دستگاه‌های تخلیه و مکنده برای تخلیه‌ی آب و استقرار نیروهای امدادی از دقایق نخست پیش‌بینی وقوع بحران سیلاب و آب‌گرفتگی فراهم می‌شود. استفاده از بستر وب در توسعه‌ی این سیستم، به کاربران امکان می‌دهد تا تنها با استفاده از یک مرورگر وب و بدون نصب هیچ‌گونه نرم‌افزار اضافه‌ای به استفاده از سیستم بپردازند. علاوه بر این استفاده از فناوری وب سرویس‌ها برای ایجاد توابع پردازشی مورد نیاز سیستم، مزایایی مانند قابلیت استفاده مجدد از سرویس‌های توسعه‌یافته را فراهم می‌کند.

۷- نتیجه‌گیری

در این تحقیق سامانه‌ای سرویس مبنا برای پیش‌بینی و پایش آب‌گرفتگی در شهر طراحی و پیاده‌سازی شد. سیستم با دریافت اطلاعات پیش‌بینی بارندگی قادر به پیش‌بینی وضعیت آب‌گرفتگی می‌باشد. همچنین در بارش‌های با شدت زیاد از این سیستم می‌توان برای پایش وضعیت آب‌گرفتگی استفاده نمود. برای انجام پردازش‌های لازم، دو سرویس پردازشی مکانی توسعه یافتند. این سرویس‌ها شامل سرویس محاسبه‌ی مشخصه‌های هیدرولوژیکی و سرویس محاسبه‌ی آب‌گرفتگی می‌باشند. وب سرویس زنجیره ساز پس از دریافت اطلاعات بارش، سرویس‌های پیاده شده را فراخوانی کرده و پس از دریافت نتایج اجرای سرویس‌های پردازشی، این نتایج را برای کاربر ارسال می‌کند. کاربر از طریق واسط کاربری نتایج را مشاهده نموده و می‌تواند بر روی آن‌ها پرس‌وجوهای مکانی و توصیفی انجام دهد و خصوصیات نقاط آب‌گرفته را مشاهده کند. هم‌چنین از این طریق می‌توان مناطقی که وضعیت آب‌گرفتگی آن‌ها بحرانی می‌باشد، تعیین کرده و بر این اساس اقدامات مدیریتی لازم را انجام داد. پیاده‌سازی توابع پردازشی در قالب وب سرویس‌های پردازشی مبتنی بر معماری سرویس گرا، قابلیت استفاده مجدد از این سرویس‌ها و به‌کارگیری در سرویس‌های دیگر را فراهم می‌کند و به این ترتیب از ایجاد منابع تکراری جلوگیری می‌شود. نقشه‌های خروجی سیستم می‌تواند برای تصمیم‌گیری‌ها و انجام اقدامات عملی در حداقل زمان ممکن، در مقابله با بحران آب‌گرفتگی به کار گرفته شود.

منابع و مآخذ

۱- امیریان، پ.، ۱۳۸۹. ارائه روش نوینی در پیاده‌سازی سرویس‌های مکانی بر مبنای معماری سرویس گرا به منظور ارتقا روال کاری مکانی، رساله دکتری، گروه مهندسی GIS، دانشکده‌ی مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

۲- پورعزیزی، م.، ۱۳۸۹. طراحی و پیاده‌سازی سرویس‌های اطلاعات مکانی به منظور پایش بلادرنگ محیطی با استفاده از Sensor Web، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی GIS، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

۳- جعفری، ه.، ۱۳۹۳. توسعه‌ی سامانه‌ای سرویس مبنا برای ارزیابی پهنه‌بندی آب‌گرفتگی در شهر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی GIS، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

٤- جلالی فر، ر.، ۱۳۹۲. طراحی و توسعه‌ی وب سرویس‌های مکانی برای پیش‌بینی و پایش سیل در محیط شهری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی GIS، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

۵- عطازاده، ب.، ۱۳۹۰. طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم ارزیابی چند معیاره گردشگری در محیط موبایل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی GIS، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

6- Apel, H., Aronica, G. T., Kreibich, H. & Theieken, A. H., 2009. Flood risk analyses-how detailed do we need to be?, Natural Hazards. 49, pp. 79-98.

Bean, J., 2008. SOA and web services interface design: principles, techniques, and standards. US: Morgan Kaufmann.

7- Bonta, J. V., 2004. Development and utility of Huff

20- Hunter, N. M. et al., 2005. Utility of different data types for calibrating flood inundation models within a GLUE framework, Hydrology and Earth System Sciences Discussions,. Hydrology and Earth System Sciences. 9, pp. 412-430.

21- Jia, Y. et al., 2009. A webGIS based system for rainfall-runoff prediction and realtime water resource assessment for Beijing, Computers & Geosciences. 35, pp. 1517–1528.

22- Liu, R. Y. & Liu, N., 2002. Study of GIS-based calculation of flood area and visualization of virtual reality. Journalzhejiang university-sciences edition, 29, pp. 573-578.

23- Luo, W., Li, x., Molloy, I. & Di, L., 2014. Web Service for extracting stream networks, GeoJournal. 79, p. 183–193.

Marks, E. & Bell, M., 2006. Executive's Guide to Service Oriented Architecture, John Wiely & Sons Publications.

24- Papazoglou, M. & Heuvel, W., 2007. Service oriented architectures: approaches technologies and research issues, The VLDB Journal. 16, pp. 389–415.

25- Naulin, J., Payrastre, O. & Gaume, E., 2013. Spatially distributed flood forecasting in flash flood prone areas: Application to road network supervision in Southern France, Journal of Hydrology. 486, pp. 88–99.

26- Schumann, G. J., Neal, J. C., Mason, D. C. & Bates, P. D., 2011. The accuracy of sequential aerial photography and SAR data for observing urban flood dynamics, a case study of the UK summer 2007 floods, Remote Sensing of Environment. 115, pp. 2536-25.

27- Smith, M. B., 2006. Comment on 'Analysis and modeling of flooding in urban, Journal of Hydrology. 317, pp. 355-363.

28- Wang, L. & Chang, Q., 2007. Design and implementation of a web-based spatial decision support system for flood forecasting and flood risk mapping, Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS, pp. 4588-4591.

29- Zhang, C., 2010. Develop a Spatial Decision Support System based on Service-Oriented Architecture. In: Decision Support Systems. INTECH, pp. 978-953.

30- Zhang, S. & Pan, B., 2014a. An urban storm-inundation simulation method based on GIS, Journal of Hydrology. 517, pp. 260–268.

31- Zhang, S., Wang, T. & Zhao, B., 2014b. Calculation and visualization of flood inundation based on a topographic triangle network, Journal of Hydrology. 509, pp. 406-415.

curves for disaggregating precipitation amounts, Applied engineering in agriculture. 20, pp. 641-656.

8- Castronova, A. M., Goodall, J. L. & Elag, M. M., 2013. Models as web services using the Open Geospatial Consortium (OGC) Web Processing Service (WPS) standard, Environmental Modelling & Software. 41, pp. 72-83.

9- Cepicky, J. & Becchi, L., 2007. Geospatial processing via Internet on remote servers PyWPS, OSGeo Journal. 1, pp. 39–42.

10- Cheng, X. T., 2010. Urban water disasters and strategy of comprehensive control of water disaster, Journal of Catastrophol. 25, pp. 10-15.

11- Chen, J., Hill, A. A. & Urbano, L. D., 2009. A GIS-based model for urban flood inundation, Journal of Hydrology. 373, pp. 184-192.

12- Choi, Y., 2012. A new algorithm to calculate weighted flow-accumulation from a DEM, Environmental Modelling & Software. pp. 81-91.

13- Choi, Y., Yi, H. & DongPark, H., 2011. A new algorithm for grid-based hydrologic analysis by incorporating stormwater infrastructure, Computers &Geosciences. pp. 1035–1044.

14- Delipetrev, B., Jonoski, A. & Solomatine, D., 2014. Development of a web application for water resources based on open source software, Computers & Geosciences. 62, pp. 35–42.

15- Díaz, L., Granell, C. & Gould, M., 2008. Case Study: Geospatial Processing Services for Web based Hydrological Applications. In: J. T. Sample, K. Shaw, S. Tu & M. Abdelguerfi, eds. Geospatial Services and Applications for the Internet. US: Springer, pp. 31-47.

16- Erl, T., 2008. Soa: principles of service design. New Jersey, US:Prentice Hall.

17- Evangelidis, K., Ntouros, K., Makridis, S. & Papatheodorou, C., 2014. Geospatial services in the Cloud, Computers & Geosciences. 63, pp. 116–122.

Fenoy, G., Bozon, N. & Raghavan, V., 2013. ZOO-Project: the open WPS platform, Geomatics. 5(1), pp. 19–24.

18- Goodall, J. L., Robinson, B. F. & Castronova, A. M., 2011. Modeling water resource systems using a service-oriented computing paradigm, Environmental Modelling & Software. 26. pp. 573-582.

19- Gouldby, B. et al., 2008. A methodology for regional-scale flood risk assessment. Proceedings of the ICE-Water Management. 161, pp. 169-182.