



سنگش از دور

GIS ایران



سال دوم، شماره سوم، پاییز ۱۳۸۹  
Vol.2, No.3, Autumn 2010

سنگش از دور و GIS ایران  
Iranian Remote Sensing & GIS

۱-۲۰

## ارائه سرویس‌های مکانی تعامل‌پذیر در نمایش و پردازش مشاهدات سنجنده‌ها (مورد مطالعاتی: سنجنده‌های آلودگی هوای تهران)

محمدابراهیم پورعزیزی\*<sup>۱</sup>، علی اصغر آل‌شیخ<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی GIS، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲. دانشیار گروه مهندسی GIS، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۱۱/۲۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۵/۱۹

### چکیده

حل مشکلات روزافزون زیست‌محیطی به یکی از حساس‌ترین اولویت‌ها در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری تبدیل شده است. امروزه، آلودگی هوا در واقع اصلی‌ترین چالش محیطی در کلان‌شهرها به‌شمار می‌رود. به‌منظور اندازه‌گیری میزان آلودگی و افزایش آگاهی عمومی از خطرهای احتمالی و نیز تصمیم‌گیری بهتر و برنامه‌ریزی شهری متناسب با نیازهای جامعه، طراحی و توسعه سامانه‌های پایش بی‌درنگ ضروری به‌نظر می‌رسد. مقدار روزافزون مشاهدات سنجنده‌ها و داده‌های سامانه‌های سنجنده، و فقدان قابلیت‌های پردازش این حجم داده در کاربردهای مدل‌سازی و آنالیز محیطی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌رو در ایجاد توسعه این سامانه‌ها به‌شمار می‌رود. از لحاظ تکنیکی، فراهم ساختن دسترسی استاندارد به مشاهدات سنجنده‌ها و ایجاد امکانات پردازشی تعامل‌پذیر بر روی آنها، راه‌حلی مؤثر در مدیریت داده‌های ناهمگون سنجنده‌ها به‌شمار می‌آید. در این تحقیق، سازوکاری برای ارائه مشاهدات سنجنده و نیز یک موتور پردازش مکانی در قالب معماری‌ای سرویس‌گرا به‌منظور رفع این مشکلات ارائه می‌گردد. این تحقیق نشان می‌دهد که چگونه معماری پیشنهادی می‌تواند مشکل تعامل‌ناپذیری در سامانه‌های اطلاعات مکانی را برطرف سازد. در این زمینه، یک برنامه کاربردی سرویس‌گرای استاندارد به نام گزارشگر کیفیت هوای تهران به‌منظور ارائه بی‌درنگ اطلاعات کیفیت هوا و تولید و انتشار نقشه‌های آلودگی هوا طراحی شده و شکل گرفته است. از تکنولوژی وب‌سرویس و استانداردهای SWE و WPS در محیط توسعه NET Framework 3.5، به‌منظور پیاده‌سازی مؤلفه‌های مورد نیاز در سمت سرویس‌دهنده استفاده شده است. در سمت سرویس‌گیرنده نیز فناوری‌های جدید وب ۲ به‌منظور ایجاد محیطی متعامل و کاربرپسند به کار رفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده توأم از وب سرویس و چارچوب OGC، سرویس‌های تعامل‌پذیر و استاندارد را فراهم می‌سازد که موجب تسهیل دسترسی به مشاهدات سنجنده‌ها و پردازش و نمایش آنها می‌گردد. به‌علاوه، تحقیق حاضر نقش مؤثر و برجسته فناوری‌های جدید و امروزین وب ۲ را در تکامل فناوری‌های مکانی و نسل جدید سامانه‌های اطلاعات مکانی در قالب Mashup‌ها نشان می‌دهد.

**کلیدواژه‌ها:** تعامل‌پذیری، معماری سرویس‌گرا، چارچوب SWE، WPS، آلودگی هوا.

\* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، خیابان ولی‌عصر، تقاطع میرداماد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، گروه مهندسی GIS، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری

## ۱- مقدمه

توسعه سریع اقتصادی سبب بروز مشکلات متعدد زیست محیطی همچون آلودگی هوا شده است. در کشورهای در حال توسعه، به علت سرعت فزاینده و مقیاس گسترده صنعتی شدن، شهرها با مشکلات زیست محیطی بحرانی روبه‌رو هستند. این مشکلات نه تنها سلامت افراد جامعه را تهدید می‌کنند، بلکه توسعه و رشد شهرها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. تمرکز فزاینده مردم بر فعالیت‌های اقتصادی و گستردگی استفاده از وسایل نقلیه سبب آلودگی بیش از حد و هردم فزاینده هوا در شهرهای بزرگ کشورهای در حال توسعه نظیر تهران شده است.

تهران، پایتخت ایران، با جمعیتی حدود ۷/۵ میلیون نفر با بسیاری از مشکلات اجتماعی و اقتصادی و محیطی روبه‌روست (United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division, 2005). مهم‌ترین مشکل زیست محیطی در تهران آلودگی هواست که جنبه‌های زیادی از زندگی افراد جامعه را تحت تأثیر قرار داده است. وجود مقادیر زیاد آلاینده‌ها در هوای شهر تهران، سبب افت کیفیت زندگی در این شهر شده است و همواره سلامت افراد جامعه را تهدید می‌کند. در سال‌های اخیر، میزان آلودگی هوا گاه به درجه‌ای از خطر می‌رسد که مقامات رسمی به ناگزیر مدارس و ادارات دولتی را تعطیل می‌کنند و به اعمال محدودیت‌های ترافیکی ویژه‌ای می‌پردازند (Atash, 2007).

انتشار اطلاعات زیست محیطی در اینترنت می‌تواند نقش مؤثری در کنترل آلودگی محیطی و کمینه‌سازی مخاطرات سلامتی و بهداشتی ایفا کند (Pummakarnchana et al., 2005). فراهم ساختن دسترسی همگانی به داده‌های بهنگام و روزآمد و در عین حال دقیق و درخور اعتماد، از مؤلفه‌های اصلی و تعیین‌کننده مدیریت موفق محیط زیست محسوب می‌گردد. علاوه بر ارائه داده‌های بهنگام، فراهم ساختن قابلیت‌های پردازش بنا به درخواست<sup>۱</sup> نیز در آنالیز

مشاهدات و انجام تحلیل‌های محیطی ضروری به نظر می‌رسد. طراحی و پیاده‌سازی سامانه‌های پایش محیط زیست<sup>۲</sup> می‌توانند قابلیت‌های یاد شده را فراهم سازند و نقش مؤثری در شناسایی منابع آلودگی، پیشگیری از مخاطرات بهداشتی و سلامتی، و کاهش تأثیرات مخرب آلودگی زیست محیطی ایفا کنند. در این‌گونه سامانه‌ها زمان دارای نقش مهمی است و معمولاً حجم زیادی از داده‌ها و مشاهدات می‌بایست مدیریت گردد. به علاوه، بایستی سازوکاری فراهم آید تا این سامانه‌ها بتوانند داده‌های ناهمگون<sup>۳</sup> از سنجنده‌ها<sup>۴</sup> و شبکه‌های سنجنده<sup>۵</sup> را انتقال دهند و پردازش کنند (Huang et al., 2009).

داده‌های ناهمگون سنجنده‌ها، مشکلاتی را در به اشتراک‌گذاری داده‌های میان سامانه‌های مختلف اطلاعات مکانی ایجاد می‌کنند. در این زمینه، به منظور تسهیل در به اشتراک‌گذاری و تلفیق داده‌های محیطی بایستی ناهمگونی ساختاری<sup>۶</sup> و معنایی<sup>۷</sup> مورد توجه قرار گیرد (Horsburgh et al., 2009). ناهمگونی معنایی به گوناگونی زبان و اصطلاحات توصیف‌کننده مشاهدات اطلاق می‌گردد. جنبه‌های معنایی خارج از حوزه این تحقیق‌اند، و در اینجا تنها ناهمگونی ساختاری مورد بررسی قرار می‌گیرد. ناهمگونی ساختاری به تفاوت در چگونگی سازماندهی و کدگذاری داده<sup>۸</sup> و فراداده<sup>۹</sup> گفته می‌شود. برنامه‌های نرم‌افزاری مختلف، روش‌های پیاده‌سازی اختصاصی و استفاده از قالب‌های داده<sup>۱۰</sup> منحصراً به‌فرد باعث بروز ناهمگونی ساختاری می‌گردد (Horsburgh et al., 2009). استفاده از زبان‌های

1. On-demand
2. Environmental Monitoring Systems
3. Heterogeneous Data
4. Sensors
5. Sensor Networks
6. Syntactic Heterogeneity
7. Semantic Heterogeneity
8. Data Encoding
9. Metadata
10. Data formats

آب‌شناسی و محققان علوم زمین امکان دسترسی به داده‌ها و سرویس‌های موجود در زیرساخت‌های داده‌های مکانی را فراهم می‌سازد. معماری پیشنهادی آنها منطبق بر معماری فنی<sup>۱۶</sup> INSPIRE به منظور تکوین نوعی معماری آزاد و تعامل‌پذیر براساس واسط‌های استاندارد<sup>۱۷</sup> و مؤلفه‌های توزیع یافته است. برنامه کاربردی آنها قابلیت اکتشاف دارد و دسترسی و فراخوانی سرویس‌های پردازشی و نمایشی را به منظور آماده‌سازی و اجرای مدل‌های آب‌شناسی فراهم می‌سازد. امیریان و همکارانش (۲۰۱۰) طراحی و توسعه سرویس‌های استاندارد و تعامل‌پذیر برای دسترسی به داده‌های خدمات شهری را تشریح کردند. آنها به استفاده از فناوری وب‌سرویس و واسط‌های استاندارد OGC به منظور دسترسی به داده‌های مکانی، با روشی کاملاً تعامل‌پذیر در دنیای IT و GIS، پرداختند.

بسیاری از پژوهشگران دیگر همچون (Chang and Lutz, 2006)، (Park, 2006)، (Lemmens et al., 2006) و (2007) نیز راه‌حلهایی را به منظور تلفیق و اجرای سرویس‌های مکانی مؤلفه‌مبنای<sup>۱۸</sup> پیشنهاد کرده‌اند. آنها

نشانه‌گذاری<sup>۱</sup> استاندارد نظیر ESML<sup>۲</sup> (WaterML, (Ramachandran et al., 2005) و (Zaslavsky et al., 2007)، و O&M<sup>۴</sup> (Cox, 2007) به منظور رفع مشکلات مربوط به ناهمگونی ساختاری در زمینه محیط زیست پیشنهاد گردیده است (Horsburgh et al., 2009).

از طرف دیگر، به علت وجود سکوه‌های<sup>۵</sup> محاسباتی مختلف و تکنولوژی‌های ارتباطی گوناگون برای دسترسی به داده‌ها و مشاهدات سنجنده، فراهم ساختن دسترسی استاندارد و تعامل‌پذیر<sup>۶</sup> به مجموعه داده‌های سنجنده ضروری به نظر می‌رسد. در این زمینه Mineter و همکارانش [۲۰۰۳] استفاده از مؤلفه‌ها و سرویس‌های توزیع‌یافته<sup>۷</sup> را به منظور تسهیل در دسترسی به داده‌های مکانی و پردازش آنها پیشنهاد کردند. آنها از تکنولوژی وب‌سرویس<sup>۸</sup> و گرید<sup>۹</sup> در قالب معماری سرویس‌گرا<sup>۱۰</sup> به منظور آنالیز و مدل‌سازی در کشاورزی استفاده کردند. آنها در معماری پیشنهادی‌شان، بر ساختار نرم‌افزاری مؤلفه‌مبنا با قابلیت استفاده مجدد<sup>۱۱</sup> تأکید ورزیده‌اند. هر چند روش پیشنهادی آنها می‌تواند نقش مؤثری در فراهم ساختن تعامل‌پذیری در دنیای IT<sup>۱۲</sup> ایفا کند، اما استفاده نکردن از استانداردهای OGC<sup>۱۳</sup>، برقراری تعامل‌پذیری مکانی در جامعه GIS<sup>۱۴</sup> را با مشکل مواجه می‌سازد. Gao و همکارانش (۲۰۰۹) نوعی معماری تعامل‌پذیر سرویس‌گرا را براساس استانداردهای OGC به منظور به اشتراک‌گذاری اطلاعات مکانی زمان‌مند طراحی کردند. آنها روشی را به منظور تسهیل در پردازش، به اشتراک‌گذاری و نمایش برخط اطلاعات بهداشتی با استفاده از سرویس‌های OGC و HERXML<sup>۱۵</sup> ارائه کردند. روش پیشنهادی آنها یکی از روش‌های جدید ارائه داده و پردازش مبتنی بر وب اطلاعات بهداشتی، با در نظر گرفتن خصوصیات معنایی و هندسی و گرافیکی به‌شمار می‌رود.

Granel و همکارانش [۲۰۰۹] برنامه کاربردی سرویس‌گرایی را ارائه کردند که به متخصصان

1. Markup Languages
2. Earth Science Markup Language
3. Water Markup Language
4. Observations and Measurements
5. Platforms
6. Interoperable
7. Distributed services
8. Web Service Technology
9. Grid
10. Service-Oriented Architecture (SOA)
11. Reusability
12. Information Technology
13. Open Geospatial Consortium
14. Geospatial Information System
15. Health Representation XML (eXtensible Markup Language)
16. Infrastructure for Spatial Information in the European Community
17. Standard InterfaceComponent-based
18. Component-based

معماری سرویس‌گرا را در برنامه‌های کاربردی تعامل‌پذیر و پویای GIS مبتنی بر وب ارائه کرده و به بررسی مسائل مربوط به تلفیق و تعامل‌پذیری در سامانه‌های توزیع‌یافته پرداخته‌اند.

هدف اصلی در این تحقیق، ارائه معماری‌ای سرویس‌گرا به منظور پیاده‌سازی سامانه پایش محیط زیست براساس Sensor Web تعامل‌پذیر است. تأکید عمده در توسعه این سامانه بر تعامل‌پذیری و طراحی مؤلفه‌مبنای اجزای سامانه است. در این تحقیق، یک برنامه کاربردی سرویس‌گرا براساس تکنولوژی وب‌سرویس و استانداردهای OGC به‌منظور رفع مشکلات یاد شده و با هدف ارائه اطلاعات کیفیت هوا و نقشه‌های آلودگی هوا ارائه گردیده است. برای این کار از مجموعه استانداردهای SWE<sup>۱</sup> و WPS<sup>۲</sup> به منظور ارائه دسترسی به‌صورت باز و استاندارد به مشاهدات سنجنده‌ها و قابلیت‌های پردازش مکانی توزیع‌یافته استفاده شده است. در این تحقیق، کوشش بر این بوده است تا با استفاده از تکنولوژی وب‌سرویس و استانداردهای OGC در قالب معماری سرویس‌گرا، مشکل تعامل‌ناپذیری داده و سرویس<sup>۳</sup> در سامانه‌های اطلاعات مکانی مبتنی بر وب مرتفع گردد.

هدف اصلی در این تحقیق، ارائه معماری‌ای سرویس‌گرا به منظور پیاده‌سازی سامانه پایش محیط زیست براساس Sensor Web تعامل‌پذیر است. تأکید عمده در توسعه این سامانه بر تعامل‌پذیری و طراحی مؤلفه‌مبنای اجزای سامانه است. در این تحقیق، یک برنامه کاربردی سرویس‌گرا براساس تکنولوژی وب‌سرویس و استانداردهای OGC به‌منظور رفع مشکلات یاد شده و با هدف ارائه اطلاعات کیفیت هوا و نقشه‌های آلودگی هوا ارائه گردیده است. برای این کار از مجموعه استانداردهای SWE<sup>۱</sup> و WPS<sup>۲</sup> به منظور ارائه دسترسی به‌صورت باز و استاندارد به مشاهدات سنجنده‌ها و قابلیت‌های پردازش مکانی توزیع‌یافته استفاده شده است. در این تحقیق، کوشش بر این بوده است تا با استفاده از تکنولوژی وب‌سرویس و استانداردهای OGC در قالب معماری سرویس‌گرا، مشکل تعامل‌ناپذیری داده و سرویس<sup>۳</sup> در سامانه‌های اطلاعات مکانی مبتنی بر وب مرتفع گردد.

برخلاف سامانه‌های اطلاعات مکانی رومی‌زی<sup>۴</sup>، سکوها مکانی وب<sup>۲</sup> قابلیت‌های محدود و اولیه GIS را در اختیار عموم قرار می‌دهند. گرچه تمرکز بر نیازمندی‌های کاربران معمولی و در اختیار عموم بودن آنها از نکات برجسته و عامل موفقیت این سرویس‌ها محسوب می‌گردد، اما به‌دلیل قابلیت‌های محدود آنالیز و مدل‌سازی و ابزارهای آنها، نمی‌توان آنها را GIS واقعی برشمرد. این نقاط ضعف با استفاده از وب‌سرویس‌ها و تلفیق آنها به‌وسیله تکنولوژی Mashup برطرف‌شدنی است. در این تحقیق، از وب‌سرویس‌های مکانی به‌عنوان راه‌حلی تعامل‌پذیر به‌منظور دسترسی، پردازش و نمایش داده‌های مکانی بر روی وب استفاده شده است.

## ۲-۲- سرویس‌گرایی

امروزه، معماری سرویس‌گرا الگوی اصلی توسعه برنامه‌های کاربردی GIS محسوب می‌گردد (Graneli et al., 2009). ظهور معماری سرویس‌گرا به نوعی

1. Sensor Web Enablement
2. Web Processing Service
3. Data and Access non-Interoperability
4. Web 2.0
5. Light weight
6. Asynchronous JavaScript And XML
7. Application Programming Interface
8. Remote
9. Desktop GIS

پیشرفت‌های اخیر در تکنولوژی‌های وب نقش مهمی را در تسهیل تولید و همچنین ویرایش و انتشار اطلاعات ایفا می‌کنند. با ظهور مفاهیم وب<sup>۲</sup>، وب به سکوی توسعه برنامه‌های کاربردی تبدیل گشته است (Programable Web, 2010). ارائه ابزارهای سبک‌وزن<sup>۵</sup> برنامه‌نویسی، تکنولوژی‌های جدیدی چون AJAX<sup>۶</sup>، و امکانات و قابلیت‌های گسترده وب<sup>۲</sup>، سامانه‌های اطلاعات مکانی مبتنی بر وب را تحت تأثیر قرار داده و قابلیت‌های جدید نمایشی و روش‌های امروزین انتشار نقشه و اطلاعات مکانی را ارائه کرده‌اند. سکوها مکانی وب<sup>۲</sup> نظیر Google Maps، Yahoo!

## ۲- ابزارها و استانداردها

### ۲-۱- وب<sup>۲</sup>: سکوی جدید توسعه GIS

پیشرفت‌های اخیر در تکنولوژی‌های وب نقش مهمی را در تسهیل تولید و همچنین ویرایش و انتشار اطلاعات ایفا می‌کنند. با ظهور مفاهیم وب<sup>۲</sup>، وب به سکوی توسعه برنامه‌های کاربردی تبدیل گشته است (Programable Web, 2010). ارائه ابزارهای سبک‌وزن<sup>۵</sup> برنامه‌نویسی، تکنولوژی‌های جدیدی چون AJAX<sup>۶</sup>، و امکانات و قابلیت‌های گسترده وب<sup>۲</sup>، سامانه‌های اطلاعات مکانی مبتنی بر وب را تحت تأثیر قرار داده و قابلیت‌های جدید نمایشی و روش‌های امروزین انتشار نقشه و اطلاعات مکانی را ارائه کرده‌اند. سکوها مکانی وب<sup>۲</sup> نظیر Google Maps، Yahoo!

کاربردی مؤلفه‌ای وب است که سرویس‌هایی را به‌منظور دسترسی استاندارد به داده‌ها و اطلاعات و دانش مکانی ارائه می‌کند (Di et al., 2005).

## ۲-۳- چارچوب OGC

OGC سازمان بین‌المللی استاندارد است که در سال ۱۹۹۴ با دورنمای تلفیق تمام‌عیار داده‌های مکانی و منابع پردازش مکانی در سکوی محاسباتی مستقل و تعامل‌پذیر از طریق زیرساخت داده‌های مکانی تشکیل گردید. خصوصیات<sup>۴</sup> و استانداردهای OGC راه‌حل‌های تعاملی را به‌منظور مکان‌مرجع ساختن وب، سرویس‌های بی‌سیم و مکان‌مبنا، و سرویس‌های IT ارائه می‌کنند (<http://www.opengeospatial.org/ogc>). خصوصیات اشاره شده، این توان را به شکل‌دهندگان و به وجود آورندگان تکنولوژی می‌دهد که سرویس‌ها و اطلاعات مکانی پیچیده را در حوزه‌های گوناگون قابل استفاده سازند و در دسترس قرار دهند (Lanig and Zipf, 2009). از آنجا که سنجنده‌ها و شبکه‌های سنجنده ضمن استفاده از پادمان‌های ارتباطی گوناگون، مشاهدات را در قالب‌های داده‌های اختصاصی ارائه می‌کنند، بایستی سازوکاری فراهم آید تا با بهره‌گیری از واسط‌های استاندارد سرویس و کدگذاری‌های استاندارد داده‌ها، بتوان شیوه‌ای تعامل‌پذیر را به منظور تسهیل در دسترسی و تلفیق و به اشتراک‌گذاری مشاهدات آنها ارائه کرد. در این زمینه، در تحقیق حاضر از واسط‌های سرویس OGC و کدگذاری‌های داده‌های آن، به منظور کشف، دسترسی، پردازش، و نمایش اطلاعات مکانی توزیع‌یافته به روش تعامل‌پذیر استفاده شده است. در بخش‌های آتی، کدگذاری‌ها و خصوصیات OGC به کار رفته در این تحقیق تشریح می‌گردد.

موجب شده است که تکنولوژی سیری تکاملی را ببیماید، به‌طوری‌که باعث تبدیل برنامه‌های کاربردی GIS مستقل به سرویس‌های مکانی توزیع‌یافته شده و چگونگی تبادل داده‌های مکانی و دسترسی به پردازش‌های مکانی را در سامانه‌های اطلاعات مکانی دگرگون ساخته است (Friis-Christensen et al., 2007).

اساس معماری سرویس‌گرا منطبق بر تکنولوژی وب‌سرویس است (Fang et al., 2009). تکنولوژی وب‌سرویس تعامل‌پذیری میان سرویس‌های گوناگون را از طریق واسط‌های استاندارد توصیف سرویس (WSDL<sup>۱</sup>)، قالب استاندارد تبادل پیام (SOAP<sup>۲</sup>)، و تعریف استاندارد تبادل داده (XML) فراهم می‌سازد (Yue et al., 2006). با استفاده از این سازوکارهای استاندارد تبادل داده / پیام، سامانه‌های ناهمگون نرم‌افزاری خواهند توانست در تمامی مراحل انتقال و فراخوانی و کشف، با روشی تعامل‌پذیر با یکدیگر ارتباط برقرار کنند (Zhao et al., 2007).

در GIS، از تکنولوژی وب‌سرویس به‌منظور مدیریت، آنالیز و انتشار اطلاعات مکانی استفاده می‌گردد. پورعزیزی و همکارانش [۲۰۱۰] استفاده از تکنولوژی وب‌سرویس را زیرساخت مناسبی برای رفع مشکل عدم تعامل‌پذیری بخش عمده‌ای از سامانه‌های پردازش مکانی عنوان کرده‌اند. امروزه، برنامه‌های کاربردی سرویس‌گرا در GIS از واسط‌های استاندارد به منظور برقراری ارتباط تعامل‌پذیر میان سرویس‌های مکانی با یکدیگر استفاده می‌کنند. استانداردهای OGC المان‌های اصلی راهبرد تعامل‌پذیری در دنیای اطلاعات مکانی به‌شمار می‌روند، به‌طوری‌که اغلب وب‌سرویس‌های مستقر در سامانه‌های اطلاعات مکانی از واسط‌های OGC استفاده می‌کنند (Friis-Christensen et al., 2007; Percivall et al., 2008; Granell et al., 2009). این وب‌سرویس‌ها را غالباً وب‌سرویس‌های مکانی<sup>۳</sup> می‌نامند (Foerster et al., 2009a). به‌طور کلی، وب‌سرویس مکانی همانند برنامه

1. Web Service Description Language
2. Simple Object Access Protocol
3. Geospatial Web Services
4. Specifications

## ۲-۳-۱- WPS

امروزه، سرویس‌های داده مستقر در سامانه‌های اطلاعات مکانی امکان دسترسی همگانی و فراگیر به داده‌های مکانی را از طریق وب فراهم می‌سازند. در چند سال اخیر، این سرویس‌های داده‌ها تکامل یافته‌اند و به صورت استانداردهایی چون<sup>۱</sup> WFS و یا مجموعه سرویس‌های چارچوب SWE در اختیار کاربران قرار گرفته‌اند. با وجود این، داده‌های ارائه شده این سرویس‌ها برای پاسخگویی به نیاز کاربران غالباً نیازمند انجام پردازش‌اند. از آنجا که داده‌ها از طریق وب سرویس‌ها ارائه می‌گردند، لذا پردازش نیز بایستی بر روی وب صورت پذیرد.

در زمینه سرویس‌های پردازش مکانی، OGC واسط WPS را استاندارد کرده است (Pooorazizi et al; Schut, 2007, 2010). این سرویس روشی آسان و متعامل را به منظور انجام پردازش‌های مبتنی بر وب، با استفاده از تکنولوژی وب سرویس ارائه می‌کند. معرفی WPS نقش عمده‌ای در پیشبرد فعالیت‌های سرویس‌های OGC داشته است، به طوری که امروزه سرویس‌های OGC علاوه بر ارائه داده‌های مکانی بر روی وب، اطلاعات مکانی (داده‌های مکانی پردازش شده) را نیز ارائه می‌کنند (Foerster et al., 2009b). بنابراین، وب سرویس‌های مکانی نه تنها برای دسترسی به داده‌های مکانی به کار می‌روند، بلکه در تبدیل و پردازش آنها نیز مشارکت دارند. این نوآوری، امکان توسعه سرویس‌های پیچیده‌تر را با استفاده از واسط‌های استاندارد به منظور فراهم آوردن امکان انجام هرگونه پردازش مکانی بر روی اینترنت فراهم می‌سازد (Lanig and Zipf, 2009).

واسط WPS چگونگی تعامل سرویس گیرنده<sup>۲</sup> و سرویس دهنده<sup>۳</sup> را در اجرای فرایند و تولید نتایج تعریف می‌کند. سرویس گیرنده می‌تواند درخواست‌های خود را به دو روش<sup>۴</sup> KVP از طریق GET HTTP و XML از طریق POST HTTP ارسال کند. سه عملگر اصلی آن DescribeProcess، Execute و Get Capabilities هستند

که ارتباط میان سرویس دهنده و سرویس گیرنده را تعریف می‌کنند (Schut, 2007). عملگر GetCapabilities فراداده سرویس و توصیف مختصری از پردازش‌های WPS را به دست می‌دهد. عملگر DescribeProcess توصیف جزئی پردازش به همراه پارامترهای ورودی و خروجی هر پردازش را ارائه می‌کند. عملگر Execute پردازش مکانی را فراخوانی می‌کند و نتایج را برمی‌گرداند.

## ۲-۳-۲- چارچوب SWE

Sensor Web را برای نخستین بار، گروه تحقیقاتی ناسا در سال ۲۰۰۱ مطرح کرد: «Sensor Web سیستمی است شامل سنجنده‌های توزیع یافته مکانی مرتبط که به منظور پایش و اکتشاف محیط‌های جدید به کار می‌روند» (Delin and Jackson, 2001). تعریف ارائه شده از سوی NASA<sup>۵</sup>، Sensor Web را در محدوده‌ای کوچک و بر روی نوع خاصی از سنجنده‌ها متمرکز می‌سازد. Tao و همکارانش (۲۰۰۳) تعریف جامع‌تری از Sensor Web به دست می‌دهند: «Sensor Web شبکه‌ای از سنجنده‌های مبتنی بر وب، باز، به هم متصل، هوشمند و پویاست که مفهوم جدیدی را در چگونگی جمع‌آوری داده‌ها و استفاده و توزیع اطلاعات مطرح می‌سازد». این سنجنده‌ها در طیف وسیعی از کاربردها همچون اندازه‌گیری میزان سیل، پایش آلودگی هوا، دستگاه‌های تصویربرداری ماهواره‌ای و جز اینها به کار می‌روند (Tao et al., 2003).

چارچوب SWE ارائه شده از سوی OGC نقش برجسته و مهمی در تعریف معماری مرجع و رایج مبتنی بر Sensor Web دارد. مدل‌های داده و واسط‌های سرویس ارائه شده، چارچوب تعامل پذیری را

1. Web Feature Service
2. Client
3. Server
4. Key-Value Pair
5. National Aeronautics and Space Administration



دسترسی به مشاهدات سنجنده‌ها و سامانه‌های سنجنده‌ها - شامل دوردست، در محل<sup>۸</sup>، ثابت<sup>۹</sup> و متحرک<sup>۱۰</sup> - فراهم می‌سازد (Na and Priest, 2007). در واقع، SOS نقش واسطه را میان مشاهدات سنجنده و سرویس‌گیرنده برعهده دارد. سرویس‌گیرنده می‌تواند درخواست خود را براساس نمایه‌های<sup>۱۱</sup> تعریف شده و با استفاده از دو روش ارسال کند: به‌وسیله KVP و از طریق HTTP GET، و در قالب XML و به‌واسطه HTTP POST. نمایه هسته SOS دارای سه عملگر است: DescribeSensor، GetCapabilities و GetObservation. عملگر GetCapabilities سازوکاری را به‌منظور درخواست فراداده سرویس به وجود می‌آورد. توصیف سنجنده و قابلیت‌های آن به‌واسطه DescribeSensor فراهم می‌آید. سند SensorML توصیف‌کننده سنجنده و قابلیت‌های آن در پاسخ به این درخواست به سرویس‌گیرنده ارسال می‌گردد. عملگر GetObservation بخش اصلی SOS محسوب می‌شود و امکان درخواست مشاهدات سنجنده یا سامانه سنجنده را برای سرویس‌گیرنده فراهم می‌سازد. عملگر GetObservation پارامترها و پالونه‌های متعددی را پشتیبانی می‌کند که مطرح شدن پرسش و پاسخ متنوعی را براساس سنجنده، زمان، موقعیت، خصوصیات، و مقادیر مشاهداتی برای درخواست‌کننده ممکن می‌سازد. پاسخ GetObservation در قالب سند O&M ارسال می‌گردد.

به‌منظور تسهیل در دسترسی و بهره‌برداری از سنجنده‌ها و سامانه‌های آنها، با استفاده از پادمان‌های<sup>۱</sup> وب، فراهم می‌سازد. به‌علاوه، SWE چارچوبی را در به‌منظور تلفیق داده‌های بلادرنگ در سامانه‌های اطلاعات مکانی فراهم می‌کند. تلفیق و توزیع داده‌های مکانی - زمانی به‌واسطه وب سرویس‌های مکانی، فرصت‌های جدیدی را برای مطالعه و بررسی عمیق تأثیرات محیطی و مدیریت بحران پدید می‌آورد. سه مدل داده و چهار مشخصه سرویس در معماری SWE شکل گرفته و توسعه یافته است (Chen et al., 2009). مدل‌های استاندارد داده‌ها شامل O&M، SensorML<sup>۲</sup> و TML<sup>۳</sup> است که به منظور کدگذاری مشاهدات سنجنده‌ها، توصیف سامانه‌های سنجنده‌ها و فرایندهای مربوط و نیز توصیف مبدل‌ها استفاده می‌گردند. واسطه‌های سرویس SWE شامل SOS<sup>۴</sup>، SPS<sup>۵</sup>، SAS<sup>۶</sup> و WNS<sup>۷</sup> هستند که برای بازیابی مشاهدات سنجنده، سازماندهی سنجنده‌ها، اعلام هشدار، و ثبت کاربران و ارسال پیام هشدار به آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند. از میان این مجموعه، در این تحقیق از O&M، SensorML، و SOS استفاده شده است.

استاندارد O&M، یکی از مدل‌های مفهومی و کدگذاری XML را برای توصیف مشاهدات و اندازه‌گیری‌ها ارائه می‌کند (Cox, 2007). در واقع، O&M چارچوبی سطح بالا را برای ارائه مشاهدات، اندازه‌گیری‌ها، رویه‌ها و فراداده سامانه‌های سنجنده فراهم ساخته است که به‌وسیله SOS، به‌منظور پیاده‌سازی معماری SWE و پشتیبانی از سامانه‌های منطبق با OGC، استفاده می‌شود. استاندارد Sensor ML، یک مدل اطلاعاتی و کدگذاری مبتنی بر XML برای کشف و سازماندهی سنجنده‌های مبتنی بر وب، فرایندهای مرتبط با سامانه‌های سنجنده، و بهره‌برداری از مشاهدات آنهاست (McCarthy et al., 2008).

SOS یک واسطه وب سرویس استاندارد را برای

1. Protocols
2. Sensor Model Language
3. Transducer Markup Language
4. Sensor Observation Service
5. Sensor Planning Service
6. Sensor Alert Service
7. Sensor Notification Service
8. In-situ
9. Fixed
10. Mobile
11. Profiles

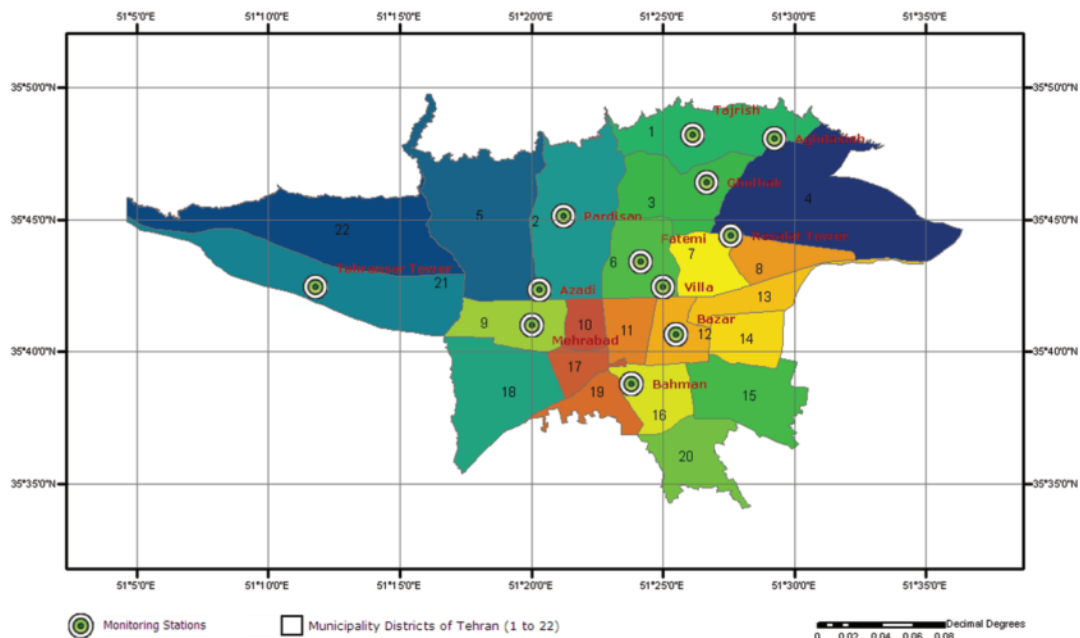
### ۳- منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی منتخب این تحقیق، شهر تهران واقع در محدوده جغرافیایی  $51^{\circ}35'E - 51^{\circ}15'E$  و  $35^{\circ}50'N - 35^{\circ}33'N$  است. تهران، با جمعیت بیش از ۷ میلیون نفر و مساحت بیش از ۲۰۰۰ کیلومترمربع، مرکز سیاسی، بازرگانی، اقتصادی، فرهنگی و آموزشی کشور ایران محسوب می‌گردد (Atash, 2007). تأثیرات تجمعی رشد سریع جمعیت، وسایل نقلیه بزرگ و قدیمی (منابع متحرک)، کارخانجات تجاری و صنعتی (منابع ثابت)، و عوامل جغرافیایی و آب و هوایی اصلی‌ترین عوامل آلودگی هوا در این کلان‌شهر به‌شمار می‌روند.

به‌منظور مشاهده و اندازه‌گیری منابع آلاینده در سطح تهران شبکه سنجنده به کار گرفته شد، و سنجنده‌های در محل، در مناطق آلوده نصب گردیدند. در زمان حاضر، شرکت کنترل کیفیت هوای تهران و سازمان محیط زیست، سازمان‌های مسئول در قبال

کنترل آلودگی هوای تهران‌اند (Atash, 2007). این سازمان‌ها به‌طور مداوم غلظت آلاینده‌های مختلف را به‌وسیله ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا در مناطق مختلف تهران اندازه‌گیری می‌کنند. شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های پایش آلودگی هوای شهر تهران را نمایش می‌دهد.

هر یک از سنجنده‌های مستقر در شبکه سنجنده پایش آلودگی هوای تهران، مجهز به یک پایگاه داده‌های محلی به‌منظور ثبت مشاهدات و تاریخچه آنهاست و به‌صورت منظم داده‌های آلودگی هوا را جمع‌آوری می‌کند. به‌منظور برآورد کیفیت هوا، بایستی شاخص کیفیت هوا براساس پارامترهای مختلف محاسبه گردد. در این تحقیق، از میان شاخص‌های موجود،  $AQI^1$  به‌منظور گزارش آلودگی هوا در ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا استفاده گردید.

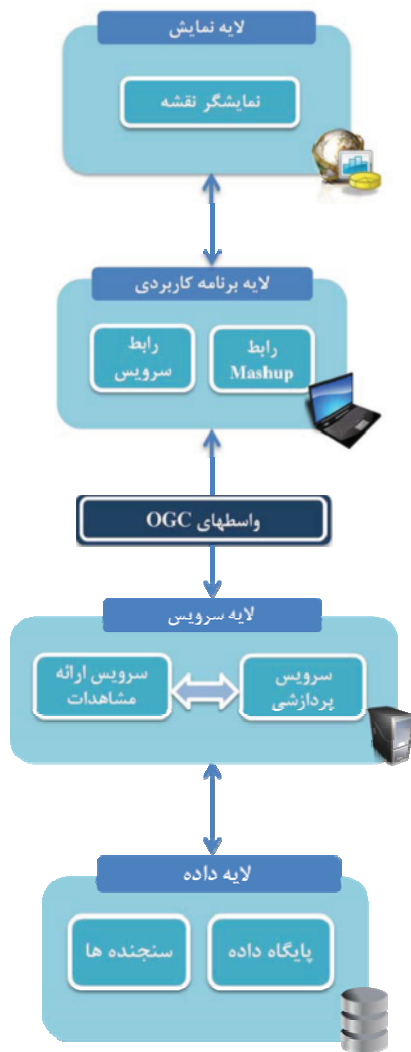


شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های پایش آلودگی هوای تهران

#### 1. Air Quality Index



ارائه سرویس‌های مکانی تعامل‌پذیر در نمایش و پردازش مشاهدات سنجنده‌ها (مورد مطالعاتی: سنجنده‌های آلودگی هوای تهران)



شکل ۲. معماری سامانه گزارشگر کیفیت هوای تهران

مقدار AQI با توجه به میزان مونوکسید کربن<sup>۱</sup>، ازن<sup>۲</sup>، دی‌اکسید گوگرد<sup>۳</sup>، دی‌اکسید نیتروژن<sup>۴</sup>، و ذرات معلق<sup>۵</sup> موجود در هوا محاسبه می‌گردد. پس از محاسبه AQI، کیفیت هوا در شش طبقه‌بندی خوب<sup>۶</sup>، متعادل<sup>۷</sup>، ناسالم برای افراد حساس<sup>۸</sup>، ناسالم<sup>۹</sup>، خیلی ناسالم<sup>۱۰</sup> و خطرناک<sup>۱۱</sup> به همراه رنگ‌های متناسب و هشدارهای بهداشتی مرتبط به اطلاع عموم می‌رسد (Gurjar et al., 2008). در این تحقیق، از مشاهدات سنجنده‌های آلودگی هوای تهران در فروردین ماه ۱۳۸۹ به‌منظور مدل‌سازی و پیاده‌سازی طرح نمونه استفاده شده است.

#### ۴- طراحی معماری سامانه

در این قسمت، معماری سامانه گزارشگر کیفیت هوای تهران بررسی می‌گردد. این معماری، راه‌حلی استاندارد و تعامل‌پذیر را براساس مفاهیم سرویس‌گرایی و با تکیه بر استانداردهای OGC، به‌منظور پایش آلودگی هوا با توجه به شبکه سنجنده موجود مستقر در شهر تهران ارائه می‌کند. مشاهدات سنجنده‌ها و نقشه‌های آلودگی هوا نه تنها به کاربران انسانی ارائه می‌شوند، بلکه سامانه‌های مختلف نرم‌افزاری نیز می‌توانند از این اطلاعات به‌منظور تحلیل و یا تلفیق با سایر اطلاعات استفاده کنند. شکل ۲ معماری سامانه پیشنهادی را نشان می‌دهد. این سامانه دارای معماری چهار لایه شامل اینهاست: لایه نمایش<sup>۱۲</sup>، لایه برنامه کاربردی<sup>۱۳</sup>، لایه سرویس<sup>۱۴</sup>، و لایه داده‌ها<sup>۱۵</sup>. مؤلفه‌ها و سرویس‌های معماری پیشنهادی، تلفیق و فراخوانی نمونه‌های سرویس را تسهیل می‌کند و نمایش سریع و غنی داده را به‌واسطه Mashup مکانی فراهم می‌سازد.

1. CO
2. O<sub>3</sub>
3. SO<sub>2</sub>
4. NO<sub>2</sub>
5. PM (Particulate Matter)
6. Good
7. Moderate
8. Unhealthy for sensitive group
9. Unhealthy
10. Very Unhealthy
11. Dangerous
12. Presentation Layer
13. Application Layer
14. Service Layer
15. Data Layer

#### ۴-۱- لایه نمایش

لایه نمایش قابلیت‌هایی را به‌عنوان واسط کاربر و به‌منظور تعامل و نمایش داده‌ها ارائه می‌کند. همچنین، این لایه به‌عنوان نوعی گذرگاه<sup>۱</sup> عمل می‌کند که ارتباط با سرویس‌های دوردست و دسترسی به آنها را به‌واسطه مخفی کردن قسمتی از پیچیدگی فرایند فراخوانی HTTP<sup>۲</sup> تسهیل می‌کند. لازم به ذکر است که کاربر می‌تواند مستقیماً و بدون نیاز به لایه نمایش نیز به سرویس‌های موجود دسترسی یابد. چنین چیزی در سرویس‌های OGC رایج است و کاربر می‌تواند هم مستقیماً به‌واسطه پرسش و پاسخ<sup>۳</sup> HTTP مبتنی بر استاندارد OGC، و هم از طریق لایه نمایش سرویس مورد نظر خود را فراخوانی کند.

نمایش داده‌ها، به‌وسیله بخش نمایشگر نقشه<sup>۴</sup> انجام می‌گیرد. این بخش شامل مؤلفه سرویس‌گیرنده Mashup مکانی و تکنولوژی‌های سرویس‌گیرنده وب<sup>۵</sup> است. در این تحقیق از میان سکوه‌های توسعه برنامه‌های مکانی مبتنی بر وب، Google Maps API به‌دلیل قدرتمند بودن، استفاده آسان، تعداد کاربر زیاد و فراگیر بودن، و مستندات کافی و مناسب به‌منظور ارائه اطلاعات کیفیت هوا و نقشه‌های آلودگی هوا انتخاب گردید. نمایش لایه‌های اضافی داده (محلی و دوردست) از طریق تکنولوژی‌های سرویس‌گیرنده وب امکان‌پذیر می‌شود. این تکنولوژی‌ها امکان ارائه و نمایش المان‌های گرافیکی را (نظیر Placemarkها) بر روی نقشه و نیز تعامل با آنها، میسر می‌سازند. علاوه بر قابلیت‌های نمایش داده Google Maps، سامانه گزارشگر کیفیت هوای تهران مؤلفه سودمند دیگری را نیز در حوزه محیط زیست، نظیر چارت‌ها و نمودارها فراهم می‌سازد. نمودارها و دیاگرام‌ها در سمت سرویس‌دهنده پردازش می‌گردند و نتایج آن به‌صورت کد HTML<sup>۶</sup> در مرورگر سرویس‌گیرنده نمایش داده می‌شوند.

#### ۴-۲- لایه برنامه کاربردی

لایه برنامه کاربردی، موجب تلفیق داده و سرویس می‌شود و ارتباط میان کاربر نهایی و سرویس‌های دوردست را برقرار می‌سازد. به‌منظور نیل به این هدف،

مؤلفه‌هایی در این لایه در جهت تلفیق، نمونه‌سازی و فراخوانی سرویس‌ها شکل گرفتند. بخش رابط سرویس<sup>۷</sup>، برقراری ارتباط میان کاربر و نمونه‌های سرویس موجود در لایه سرویس را ممکن می‌سازد. این مؤلفه، پرسش‌های کاربر را گردآوری می‌کند، به کدگذاری آنها بر مبنای استاندارد OGC می‌پردازد، و ارتباط با سرویس دوردست مورد نظر را برقرار می‌کند. از آنجا که SOS و WPS دارای واسط‌های گوناگون سرویس و کدگذاری‌های متفاوت داده‌ها هستند، دو مؤلفه رابط SOS<sup>۸</sup> و رابط WPS<sup>۹</sup> در بخش رابط سرویس پیاده‌سازی گردید.

مؤلفه رابطه Mashup<sup>۱۰</sup> نتایج درخواست GetObservation سرویس SOS را به‌منظور نمایش از داده‌های کدگذاری شده O&M به داده‌های قابل نمایش<sup>۱۱</sup> KML تبدیل می‌کند. سپس، داده‌های آماده نمایش به بخش نمایشگر نقشه لایه نمایش منتقل می‌شود و در Google Maps به نمایش درمی‌آیند. نمایش نتایج پردازش نمودارها در سمت سرویس‌گیرنده نیز به‌وسیله همین مؤلفه انجام می‌گیرد. سپس، نتایج در پنجره اطلاعات Google Maps به‌صورت کد HTML نمایش داده می‌شود.

#### ۴-۳- لایه سرویس

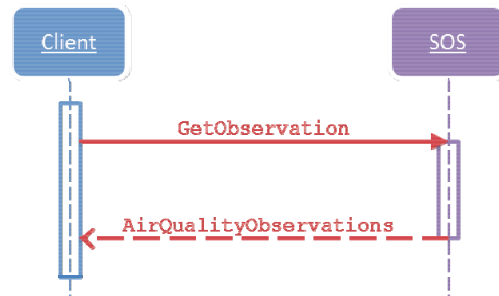
لایه سرویس و سرویس‌های مکانی بخش اصلی معماری پیشنهادی را تشکیل می‌دهند. این لایه شامل سازوکار ارائه مشاهدات سنجنده و موتور پردازش در سمت سرویس‌دهنده است که داده‌ها و قابلیت‌های مکانی و غیرمکانی را مهیا می‌کند.

1. Gateway
2. HyperText Transfer Protocol
3. Query
4. Map Viewer
5. Web Client Technologies
6. HyperText Markup Language
7. Service Adapter
8. SOS Adapter
9. WPS Adapter
10. Mashup adapter
11. Keyhole Markup Language

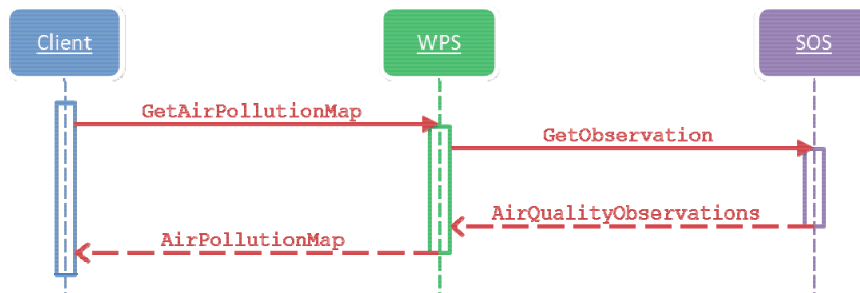
به‌منظور تولید و انتشار نقشه‌های آلودگی هوا از WPS استفاده گردید. شکل ۴ نمودار توالی سرویس‌های درگیر در تولید و انتشار نقشه‌های آلودگی هوا را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، پس از دریافت داده‌های مکانی از SOS، فرایند تولید نقشه انجام می‌گیرد. سپس، نقشه‌های تولید شده به‌وسیله WPS در فایل KML درج می‌شود و به سمت سرویس‌گیرنده ارسال می‌گردد.

به‌منظور تولید نمودار و چارت نیز WPS به کار می‌رود. این فرایند در سمت سرویس‌دهنده انجام می‌پذیرد و به‌وسیله بخش رابط سرویس در لایه برنامه کاربردی مدیریت می‌شود. این سرویس قابلیت نمایش مشاهدات سنجنده را به‌صورت گرافیکی ایجاد می‌کند. همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، پس از دریافت داده از SOS و انجام پردازش‌های لازم، نتایج به سمت سرویس‌گیرنده ارسال می‌گردد.

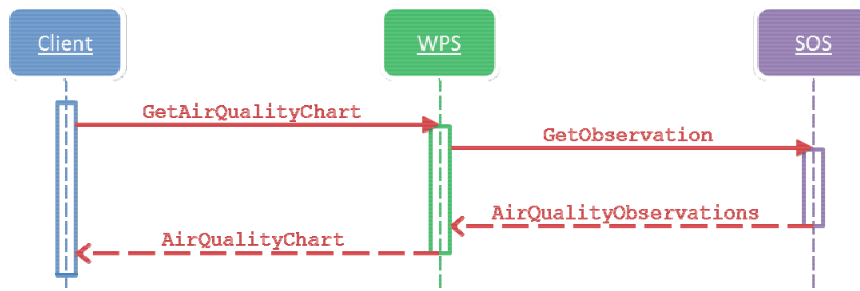
به‌منظور بازیابی مشاهدات سنجنده و انتشار آنها به روش استاندارد، SOS در لایه سرویس پیاده‌سازی گردید. شکل ۳ نمودار توالی سرویس SOS را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌گردد، SOS در پاسخ به درخواست GetObservation، مشاهدات سنجنده را برمی‌گرداند. پس از دریافت پاسخ، نتایج به منظور نمایش بر روی سکوی Google Maps (بخش نمایشگر نقشه) به‌وسیله مؤلفه رابط Mashup در لایه برنامه کاربردی تجزیه می‌گردند و به KML تبدیل می‌شوند.



شکل ۳. نمودار توالی سازوکار ارائه مشاهدات سنجنده به‌وسیله SOS



شکل ۴. نمودار توالی سرویس‌های درگیر در تولید و انتشار نقشه‌های آلودگی هوا



شکل ۵. سرویس‌های درگیر در تولید و انتشار نمودار

#### ۴-۴- لایه داده

تمرکز لایه داده عمدتاً بر روی پایگاه داده، منابع داده (اعم از سنجنده‌ها و سامانه‌های سنجنده)، و بایگانی‌های فراداده‌های سرویس‌هاست. داده‌های گردآوری شده به‌وسیله سنجنده‌ها از طریق سرویس ارائه مشاهدات مستقر در لایه سرویس انتشار می‌یابند. به‌علاوه، کلیه مشاهدات در پایگاه داده‌ها ذخیره می‌گردند و به‌وسیله مؤلفه‌های لایه برنامه کاربردی مدیریت می‌شوند.

#### ۵- پیاده‌سازی طرح نمونه

برای بررسی و اثبات عملکرد معماری پیشنهادی، سامانه‌ای آزمایشی پیاده‌سازی گردید. بدین منظور، یک برنامه کاربردی سرویس‌گرا برای انتشار اطلاعات کیفیت هوا از طریق SOS و ارائه پویای نقشه‌های آلودگی هوا به‌وسیله WPS تکوین و توسعه یافت. در شکل‌گیری این سامانه، از تکنولوژی وب‌سرویس به‌همراه واسط‌ها و کدگذاری‌های OGC به‌منظور برقراری تعامل‌پذیری استفاده گردید. لایه نمایش شامل Google Maps API است که نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای را از سرویس‌دهنده Google بازبازی می‌کند. به‌علاوه، این لایه شامل فرم‌های وب و کنترل‌های کاربر است که واسط کاربر را تشکیل می‌دهند. از تکنولوژی‌های سرویس‌گیرنده وب نظیر HTML پویا،<sup>۱</sup> CSS و JavaScript، به‌منظور شکل‌گیری مؤلفه‌های لایه نمایش استفاده گردید. به‌علاوه، برای داشتن برنامه کاربردی مبتنی بر وب متعامل و پویا از تکنولوژی AJAX نیز در توسعه سرویس‌گیرنده استفاده شد. در پیاده‌سازی مؤلفه‌های لایه برنامه کاربردی و لایه سرویس، چارچوب Microsoft.NET 3.5 به کار گرفته شد و پایگاه داده‌های Microsoft SQL Server 2008 برای نگهداری و مدیریت داده‌های آلودگی هوا مورد استفاده قرار گرفت. واسط کاربر<sup>۲</sup> تا حد ممکن به‌صورت کاربرپسند و شهودی طراحی شده است. شکل ۶ نشان‌دهنده شباهت میان واسط کاربر تکوین و توسعه داده شده و واسط استاندارد Google Maps است. به منظور افزودن

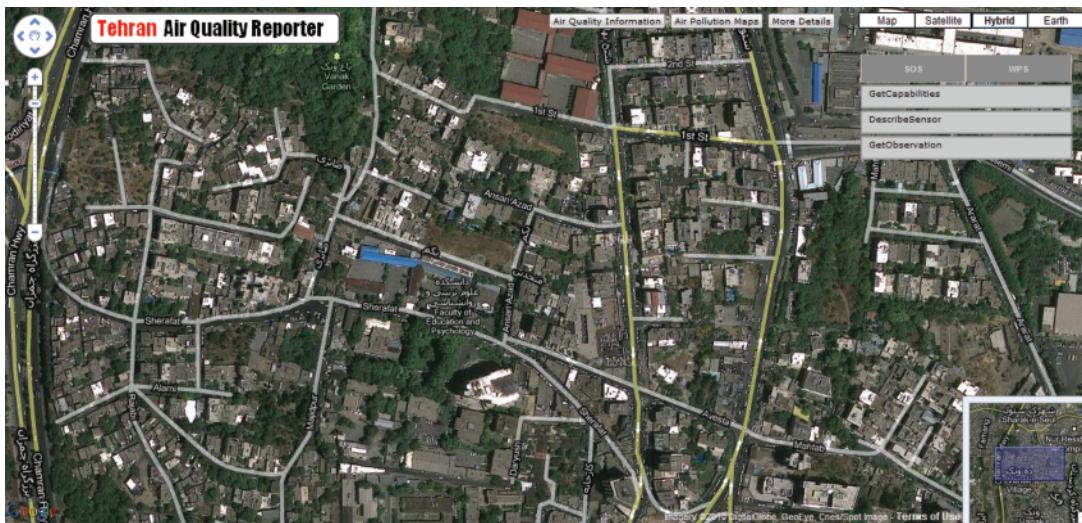
قابلیت بیشتر و تعامل بیشتر، اقلام دیگری به واسط کاربر اضافه گردیدند. ابزار استاندارد کنترل Google Maps است. برای افزایش قابلیت و تعامل هر چه بیشتر، اقلام دیگری به واسط کاربر اضافه گردیدند. ابزار استاندارد کنترل Google Maps قابلیت‌های تغییر بزرگنمایی و ناوش را فراهم می‌سازد و ابزار کنترل نوع نمایش آن، چشم‌اندازهای متفاوتی نظیر نقشه<sup>۳</sup>، تصاویر ماهواره‌ای<sup>۴</sup>، تلفیق نقشه و تصاویر ماهواره‌ای<sup>۵</sup>، و زمین‌سبیدی<sup>۶</sup> را ارائه می‌کند. خصوصیات اضافه شده به محیط برنامه، کنترل SOS و WPS را برای کاربر ممکن می‌سازد. این قابلیت، فراخوانی این سرویس‌ها را به‌واسطه فرم‌های وب و کنترل‌های اضافه شده به واسطه کاربر، تسهیل می‌کند.

اطلاعات کیفیت هوا نظیر AQI، ماده آلاینده و هشدارهای بهداشتی را SOS فراهم می‌آورد. هنگامی که کاربر این اطلاعات را درخواست می‌کند، یک درخواست AJAX آماده می‌شود و در قالب درخواست GetObservation به SOS در سال می‌گردد. توابع Callback در بخش رابط Mashup پاسخ سرویس را تجزیه می‌کنند و نتایج را در قالب علامت‌هایی (Placemark) بر روی Google Maps نمایش می‌دهند. علامت‌های نمایانگر موقعیت سنجنده‌های پایش آلودگی هوا در شکل ۷ نمایش داده شده‌اند. درخواست GetObservation، مشاهدات را براساس پارامترهایی که کاربر در فرم‌های وب واسط تعیین کرده است، بازبازی می‌کند. این پارامترها شامل دوره زمانی، محدوده جغرافیایی، و نام سنجنده است که در درخواست GetObservation به قیود استاندارد تبدیل می‌شوند. آماده‌سازی درخواست براساس پارامترهای مورد نظر کاربر به‌وسیله مؤلفه رابط SOS مدیریت می‌شود.

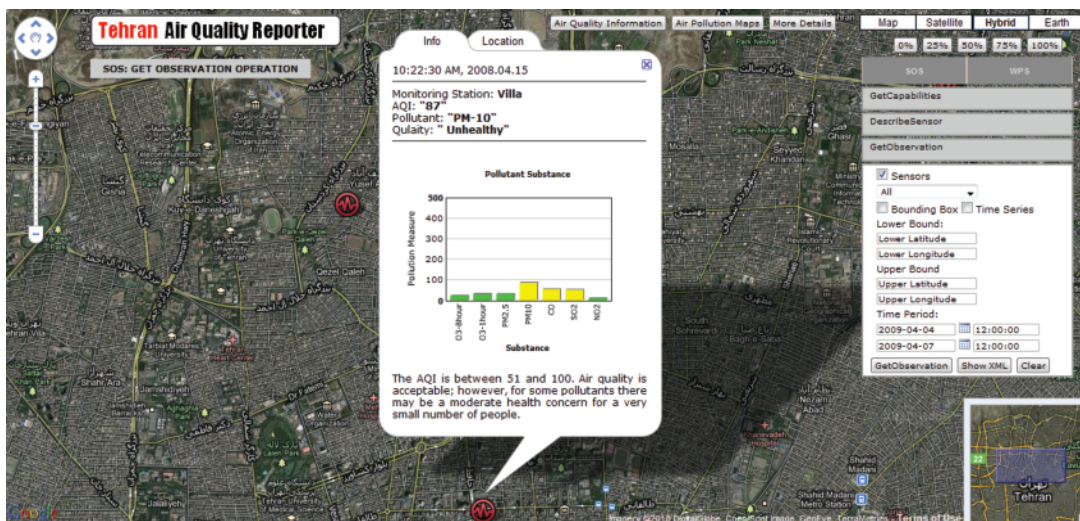
1. Cascading Style Sheet
2. User Interface
3. Map
4. Satellite
5. Hybrid
6. Earth



ارائه سرویس‌های مکانی تعامل‌پذیر در نمایش و پردازش مشاهدات سنجنده‌ها (مورد مطالعاتی: سنجنده‌های آلودگی هوای تهران)



شکل ۶. واسط کاربر گزارشگر کیفیت هوای تهران



شکل ۷. نمایش پاسخ به درخواست GetObservation سرویس SOS، درج شده در پنجره اطلاعاتی Google Maps

WPS پیاده‌سازی شده شامل درون‌یابی<sup>۱</sup>، طبقه‌بندی مجدد<sup>۲</sup>، برش<sup>۳</sup> و تولید خروجی تصویر در قالب KML است. هنگامی که کاربر نقشه آلودگی هوا را درخواست می‌کند، یک درخواست AJAX آماده می‌شود و در قالب درخواست Execute به WPS ارسال می‌گردد.

1. Interpolation
2. Reclassification
3. Clip

اطلاعات بیشتر در مورد سنجنده و مشاهدات آن با کلیک بر روی هر علامت در دسترس قرار می‌گیرد. این فرایند با ارسال درخواست به SOS و WPS به‌منظور دریافت اطلاعات کیفیت هوا و نمودارها صورت می‌گیرد و به‌وسیله بخش رابطه سرویس کنترل می‌شود. سپس داده‌ها در قالب HTML در پنجره اطلاعاتی Google Maps نمایش داده می‌شوند.

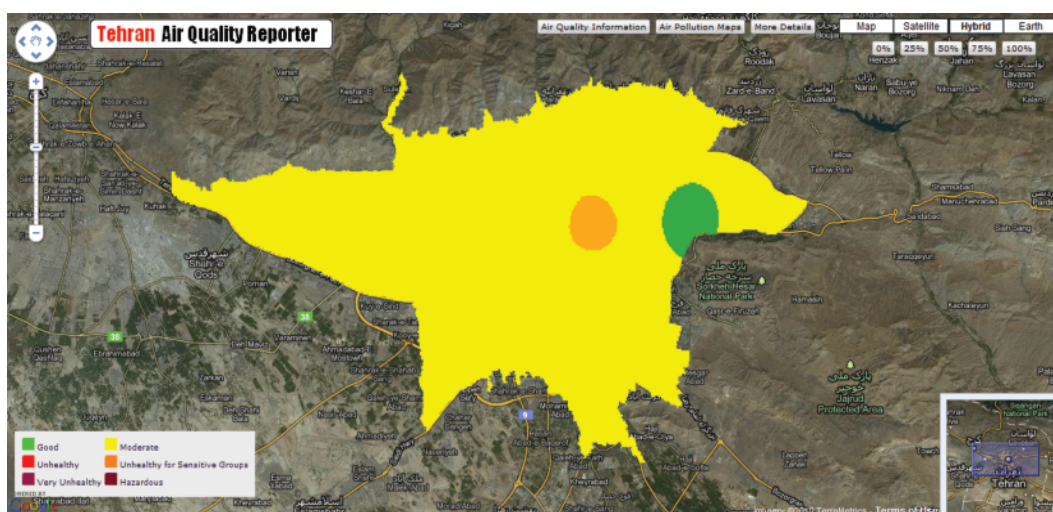
در سوی دیگر، WPS نقشه‌های آلودگی هوا را بنا به درخواست ارائه می‌کند. فرایند تولید نقشه در سرویس

## ۶- بحث و ارزیابی

مسئله اصلی در پیاده‌سازی سامانه‌های پردازش و ارائه اطلاعات مکانی مانند گزارشگر کیفیت هوای تهران، زمان پاسخگویی و حجم داده‌های مبادله شده در فرایندهای بازیابی داده‌ها، پردازش آنها و همچنین ارائه نتایج است. در صورتی که داده‌ها و موتورهای پردازش در شبکه به صورت توزیع یافته ارائه شوند، این خود به یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در زمینه سامانه‌های اطلاعات مکانی توزیع یافته تبدیل می‌گردد. به منظور ارزیابی فنی گزارشگر کیفیت هوای تهران از لحاظ کارایی و انعطاف‌پذیری، آزمونی با استفاده از مشاهدات سنجنده‌های آلودگی هوای تهران در فروردین ماه ۱۳۸۹ صورت پذیرفت. جدول ۱ حجم تبادل داده و زمان مورد نیاز را برای انتشار نقشه آلودگی هوا و ارائه مشاهدات سنجنده‌ها در این سامانه نشان می‌دهد. در این آزمون، متوسط نتایج مربوط به ۱۰۰ فراخوانی تصادفی در ۱۲ ایستگاه پایش آلودگی هوا در نظر گرفته شده و نتایج براساس نام سنجنده، محدوده جغرافیایی، زمان مشاهده، و ترکیبی از آن دو ارائه گردیده‌اند. مشاهدات سنجنده‌های مستقر در این ایستگاه‌ها در پایگاه داده محلی مجزا ذخیره می‌شوند و از طریق پادمان‌های وب در دسترس خواهند بود.

سپس، WPS درخواست بازیابی مشاهدات SOS از پایگاه داده را در قالب درخواست GetObservation به آن می‌فرستد. پس از دریافت داده‌ها از SOS و انجام محاسبات AQI، فرایند درون‌یابی مکانی انجام می‌گیرد (مختصات X و Y سنجنده به عنوان پارامترهای یکم و دوم درون‌یابی، و مقدار AQI به عنوان پارامتر سوم آن در نظر گرفته می‌شود). در مرحله بعد، به منظور ارائه نقشه‌های آلودگی براساس استاندارد AQI، نقشه تولید شده براساس مقادیر مشخص (۵۰-۰: سبز، ۱۰۰-۵۱: زرد، ۱۵۰-۱۰۱: نارنجی، ۲۰۰-۱۵۱: قرمز، ۳۰۰-۲۰۱: ارغوانی، ۵۰۰-۳۰۱: زرشکی) طبقه‌بندی مجدد می‌گردد.

سپس، نقشه به دست آمده با استفاده از نقشه منطقه مورد مطالعه (تهران) بریده می‌شود و در مرحله آخر نقشه‌های تولید شده در قالب استاندارد تصویر نظیر PNG<sup>۱</sup> آماده می‌گردد و آن‌گاه در فایل KML درج می‌شود. فایل KML به صورت دوردست و به واسطه WPS و از طریق HTTP GET در دسترس خواهد بود. مؤلفه نمایشگر نقشه در لایه نمایش می‌تواند تصاویر را همراه با خصوصیات آنها نشان دهد. در شکل ۸ ارائه نتایج پردازش WPS در Google Maps مشخص شده است.



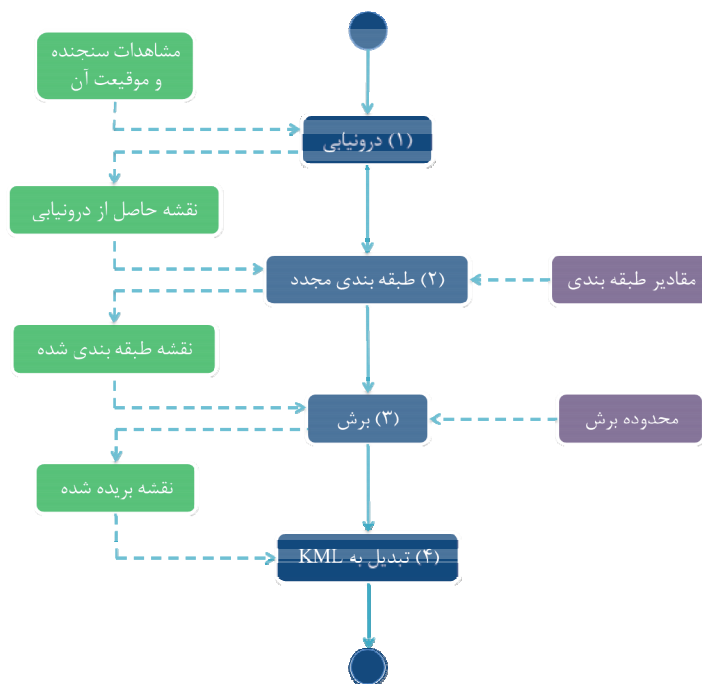
شکل ۸. نمایش نقشه تولید شده به صورت آنی به وسیله WPS



ارائه سرویس‌های مکانی تعامل‌پذیر در نمایش و پردازش مشاهدات سنجنده‌ها (مورد مطالعاتی: سنجنده‌های آلودگی هوای تهران)

جدول ۱. متوسط زمان پاسخگویی و حجم تبادل داده‌ها در گزارشگر کیفیت هوای تهران

عملیات انجام شده	متوسط زمان پاسخگویی در ۱۰۰ فراخوانی (میلی‌ثانیه)	متوسط حجم تبادل داده‌ها در ۱۰۰ فراخوانی (کیلوبایت)
ارائه مشاهدات یک سنجنده	۷۰	۲/۴۸
ارائه مشاهدات تمامی سنجنده‌ها	۴۴۲	۳۱/۶
ارائه مشاهدات بر اساس محدوده جغرافیایی	۱۰۹	۲/۵۱
ارائه مشاهدات بر اساس زمان مشاهده	۷۲	۲/۵۴
ارائه مشاهدات بر اساس محدوده جغرافیایی و زمان مشاهده	۹۳	۲/۷۵
ارائه نقشه	۲۰۱۰۰	۳۷/۴۴



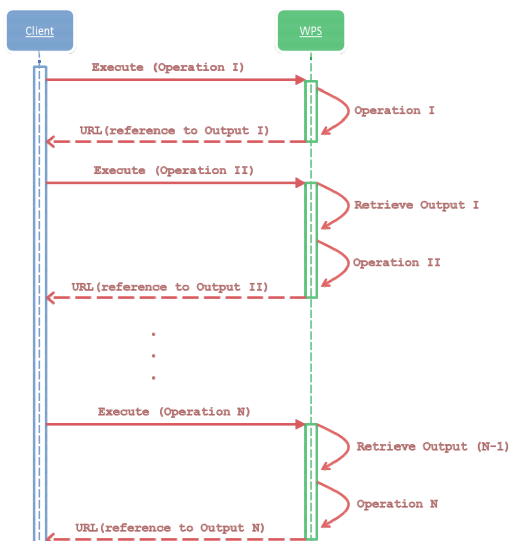
شکل ۹. نمودار توالی جریان کار در فرایند تولید نقشه آلودگی هوا

آماده‌سازی می‌شوند. در مرحله بعد، عملیات پردازش مکانی انجام می‌گیرد و نقشه آلودگی هوا تولید می‌گردد. سپس، تبدیل قالب<sup>۱</sup> و استانداردسازی بر روی نقشه اعمال می‌گردد و در نهایت نقشه خروجی به‌واسطه پادمان‌های استاندارد و روش‌های دسترسی متعامل انتشار می‌یابد.

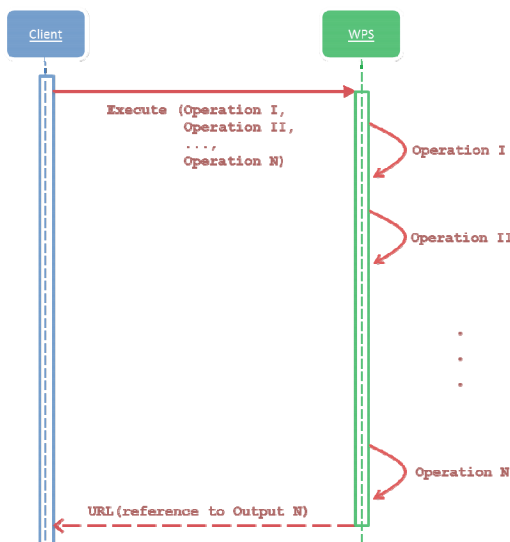
با توجه به نتیجه آزمون، بیشترین زمان و حجم داده‌های مبادله‌شده به فرایند تولید نقشه‌های آلودگی هوا مربوط می‌شود. همان‌طور که در بخش ۵ نیز تشریح گردید، عملیات تولید نقشه، فرایندی چندمرحله‌ای است، شامل پردازش‌های مکانی پایه که در قالب روال کاری<sup>۱</sup> در شکل ۹ بیان شده است. در نخستین مرحله، داده‌های ورودی به‌واسطه پادمان‌های استاندارد و روش‌های دسترسی متعامل بازیابی می‌شوند. سپس، پردازش اولیه<sup>۲</sup> بر روی داده‌ها انجام می‌گیرد و اطلاعات ورودی فرایند تولید نقشه

1. Workflow
2. Pre-Processing
3. Format

داده‌های ورودی به سرویس WPS، زمان پاسخگویی - و در نتیجه زمان ارائه نتیجه نهایی- را افزایش می‌دهد.



شکل ۱۰. زنجیره سرویس به روش شفاف



شکل ۱۱. زنجیره سرویس به روش نیمه‌شفاف

در این تحقیق، به‌منظور پیاده‌سازی آسان‌تر و بهبود کارایی، پردازش‌های مختلف در قالب یک زنجیره سرویس ناشفاف<sup>۱</sup> طراحی و پیاده‌سازی گردید. در زنجیره‌سازی سرویس به روش ناشفاف، این زنجیره در قالب سرویس پردازش مکانی به کاربر معرفی می‌شود و جزئیات مربوط به مراحل مختلف پردازش در اختیار کاربر قرار نمی‌گیرد. در این با ارسال تنها یک درخواست به سرویس WPS، مراحل مختلف پردازش انجام می‌گیرد و نتیجه نهایی به سرویس گیرنده ارسال می‌گردد. هر چند با استفاده از این روش زمان پاسخگویی سرویس کاهش می‌یابد و بر میزان بازدهی و کارایی آن افزوده می‌شود، اما سرویس به موارد کاربردی خاص محدود می‌گردد و انعطاف‌پذیری<sup>۲</sup> و قابلیت استفاده مجدد از آن کاهش می‌یابد.

بسیاری از پژوهشگرانی چون (Alameh, 2003; Stollberg and Zipf, Friis-Christensen et al., 2007; Zhao et al., 2007; Foeister et al., 2009a) بهره‌گیری از روش‌های شفاف<sup>۳</sup> (شکل ۱۰) و نیمه‌شفاف<sup>۴</sup> (شکل ۱۱) در طراحی زنجیره سرویس و پیاده‌سازی سرویس‌های پردازش مکانی را، به منظور افزایش انعطاف‌پذیری و قابلیت استفاده مجدد سرویس، مطرح و پیشنهاد کرده‌اند.

در زنجیره‌سازی سرویس به روش شفاف، کاربر با شناسایی سرویس‌های مکانی مورد نیاز از منابع مختلف، ترکیب سرویس‌ها و ایجاد روال‌های کاری را به‌صورت دستی انجام می‌دهد. روال کار بدین ترتیب است که کاربر با مشخص ساختن توالی یا ترتیب اجرای سرویس‌ها، ورودی‌ها مورد نظر هر سرویس را وارد می‌کند و در انتهای عملیات آن سرویس، خروجی را به سرویس دیگری (به‌عنوان ورودی) انتقال می‌دهد. با استفاده از این روش، بیشترین انعطاف‌پذیری در ترکیب عملگرهای پردازشی به دست می‌آید؛ اما تراکنش پیوسته کاربر و سرویس اجتناب‌ناپذیر است. به‌علاوه، با توجه به اینکه خروجی هر مرحله از پردازش، ورودی مرحله بعدی به‌شمار می‌رود، لذا ارسال پی‌درپی

1. Opaque service chain
2. Flexibility
3. Transparent
4. Translucent

در روش نیمه‌شفاف، امکان تعریف روال کاری و ورودی‌ها و خروجی‌ها در قالب سرویس پردازش مکانی برای کاربر فراهم می‌گردد، به طوری که به واسطه یک درخواست به سرویس WPS، زنجیره سرویس اجرا می‌شود و نیازی هم به تراکنش پی در پی کاربر و سرویس در خلال اجرای درخواست نیست. در واقع، این روش حد واسط روش‌های شفاف و ناشفاف محسوب می‌گردد. از آنجا که با استفاده از این روش امکان فراخوانی سرویس‌های پردازشی پایه مستقر در زنجیره سرویس به صورت مستقل فراهم می‌آید، لذا انعطاف‌پذیری حفظ می‌شود و سرویس‌های پایه قابلیت استفاده مجدد را خواهند داشت. از طرف دیگر، به علت کاهش عملیات فراخوانی و بازیابی متعدد و کاهش حجم تبادل داده، در مقایسه با روش شفاف، کارایی بهبود می‌یابد.

#### ۷- نتیجه‌گیری

آلودگی هوا از مشکلات جدی و اساسی زیست‌محیطی شهرهای پرجمعیت به‌شمار می‌آید. تهران نیز با جمعیتی حدود ۷/۵ میلیون نفر، از این قاعده مستثنی نیست. به منظور مشاهده و اندازه‌گیری آلاینده‌های هوا با استفاده از شبکه‌های سنجنده، سازمان‌های متولی (سازمان کنترل کیفیت هوا و سازمان محیط زیست) سنجنده‌های در محل را در مناطق آلوده مستقر کرده‌اند. شبکه‌های سنجنده چارچوبی را به منظور جمع‌آوری داده‌های زمان‌مند و انتشار اطلاعات گردآوری شده ایجاد می‌کنند. این قابلیت، تصمیم‌گیران و مدیران و عموم مردم را قادر می‌سازد تا در دامنه‌های کاربردی زمان‌مند و بحرانی، به تصمیم‌گیری‌های مؤثر بپردازند. این امر می‌تواند در پیشگیری، کنترل و پاسخ به آلودگی هوا و مخاطرات بهداشتی و سلامتی آن مؤثر واقع گردد.

با وجود این، استفاده مؤثر و مفید از مشاهدات سنجنده‌ها، به قابلیت دسترسی و نیز تلفیق و پردازش مجموعه‌های داده سنجنده، بستگی می‌یابد. در این

تحقیق، یک معماری سرویس‌گرا به منظور تسهیل دسترسی و پردازش و نمایش انواع مختلف سنجنده‌ها و مشاهدات ایجاد گردید. همچنین، چگونگی رفع چالش‌های مکانی پیش‌رو با استفاده از وب‌سرویس‌های مکانی و استانداردهای OGC در قالب روشی باز و استاندارد مورد بررسی قرار گرفت. در این زمینه، سرویس‌های استاندارد و تعامل‌پذیری به منظور فراهم آوردن سازوکار ارائه مشاهدات سنجنده و قابلیت پردازش مکانی در زمینه پایش محیطی طراحی شد و پیاده‌سازی گردید. این سرویس‌ها در قالب یک سامانه پایش محیطی به نام گزارشگر کیفیت هوای تهران مستقر گردیدند. این سامانه، اطلاعات بی‌درنگ کیفیت هوا را از طریق SOS و نقشه‌های آلودگی هوا را به واسطه سرویس WPS به صورتی که موسوم است به «بنا به درخواست»، ارائه می‌کند. استانداردهای SWE و WPS و تکنولوژی وب‌سرویس به منظور پیاده‌سازی مؤلفه‌های سامانه مورد استفاده قرار گرفتند. به کارگیری این استانداردها، موجب تعامل‌پذیری در سامانه‌های اطلاعات مکانی می‌شود. از آنجا که مشاهدات سنجنده در قالب O&M و نتایج پردازش نقشه در قالب KML ارائه می‌گردند، تعامل‌پذیری داده‌ها نیز مهیا می‌شود. به علاوه، چون تکنولوژی وب‌سرویس و واسط‌های SOS و WPS به کار گرفته شده‌اند، مشکل تعامل‌پذیری میان سرویس‌ها و سرویس‌گیرنده‌ها نیز برطرف می‌گردد.

معماری پیشنهادی این تحقیق، نه تنها فراهم‌آورنده سرویس‌های مکانی برای ارائه داده‌های مکانی است، بلکه قابلیت پردازش مکانی را نیز به واسطه سرویس‌های دوردست ممکن می‌سازد؛ و این خود می‌تواند در رفع برخی از نیازهای مهم برنامه‌های کاربردی محیطی توزیع‌یافته مؤثر باشد. با استفاده از Google Maps API در پیاده‌سازی نمونه، نشان داده شد که بهره‌گیری از تکنولوژی‌های وب ۲ می‌تواند نقش و تأثیر عمده‌ای در ارائه و نمایش داده‌های مکانی بر روی اینترنت داشته باشد. با به‌کارگیری این تکنولوژی‌ها، واسط کاربری

- Service for Diverse Sensor Data based on Web Service**, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 64 (2), 234-242.
- Cox, S., 2007, **Observations and Measurements, OpenGIS® Implementation Standard**, Open Geospatial Consortium Inc. <<http://www.opengeospatial.org/standards/bp>> (visited on April 2010).
- Delin, K.A., and Jackson, S.P., 2001, **The Sensor Web: A New Instrument Concept**, In Proceedings of SPIE Symposium on Integrated Optics, San Jose, CA, January 2001.
- Di, L., Zhao, P., Yang, W., Yu, G., & Yue, P., 2005, **Intelligent Geospatial Web Services**, In Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Seoul, South Korea, 25-29 July 2005.
- Fang, Y. M., Lin, L. Y., Huang, C. H., & Chou, T. Y., 2009, **An Integrated Information System for Real Estate Agency-based on Service-Oriented Architecture**, Expert Systems with Applications 36 (8), 11039-11044.
- Foerster, T., Lehto, L., Sarjakoski, T., Sarjakoski, L. T., & Stoter J., 2009a, **Map Generalization and Schema Transformation of Geospatial Data Combined in A Web Service Context**, Computers, Environment and Urban Systems 34 (1), 79-88.
- سامانه به خوبی و با کاربرد آسان طراحی گردیده است، به طوری که مشکلات دسترسی عموم به سامانه تکوین و توسعه یافته را برطرف می‌سازد.
- به منظور افزایش بازدهی و کارایی سامانه پیشنهادی، مطالعه بر روی آنتولوژی و استانداردهای آن با هدف رفع عدم تعامل پذیری معنایی و تلفیق داده‌های مکانی و ایجاد سرویس‌های مکانی توزیع یافته تعامل پذیر در قالب یک زنجیره سرویس توصیه می‌گردد. از آنجا که تکنولوژی وب سرویس و وب سرویس‌های OGC مستقیماً سازگار نیستند، بررسی راه‌حل‌های موجود و ارائه راهکار مناسب به منظور برقراری تعامل پذیری کامل میان وب سرویس‌های IT و GIS در چارچوب SWE پیشنهاد می‌شود.
- ۸- منابع**
- Alameh, N., 2003, **Chaining Geographic Information Web Services**, IEEE Internet Computing 7 (5), 22-29.
- Amirian, P., Alesheikh, A.A. & Bassiri, A., 2010, **Standards-based, Interoperable Services for Accessing Urban Services Data for The City of Tehran**, Computers, Environment and Urban Systems 34 (4), 309-321.
- Atash, F., 2007, **The Deterioration of Urban Environments in Developing Countries: Mitigating the Air Pollution Crisis in Tehran, Iran**, Cities 24 (6), 399-409.
- Chang, Y. S. and Park, H. D., 2006, **XML Web Service-based Development Model for Internet GIS Applications**, International Journal of Geographical Information Science 20 (4), 371-399.
- Chen, N., Di, L., Yu, G., & Min, M., 2009, **A Flexible Geospatial Sensor Observation**

- Foerster, T., Schaeffer, B., Brauner, J., & Jirka, S., 2009b, **Integrating OGC Web Processing Services into Geospatial Mass-market Applications**, In Proceedings of the International Conference on Advanced Geographic Information Systems & Web Services, Cancun, Mexico, 1-7 February 2009.
- Friis-Christensen, A., Ostländer, N., Lutz, M., & Bernard, L., 2007, **Designing Service Architectures for Distributed Geoprocessing: Challenges and Future Directions**, Transactions in GIS 11 (6), 799–818.
- Gao S., Mioc D., Yi X., Anton F., Oldfield E., and Coleman D. J., 2009, Towards Web-based Representation and Processing of Health Information, International Journal of Health Geographics 8(3).
- Granell, C., Díaz, L., & Gould, M., 2009, **Service-Oriented Applications for Environmental Models: Reusable Geospatial Services**, Environmental Modelling & Software 25 (2), 182-198.
- Gurjar, B.R., Butler, T.M., Lawrence, M.G., and Lelieveld, J., 2008, **Evaluation of Emissions and Air Quality in Megacities**, Atmospheric Environment 42 (7), 1593–1606.
- Horsburgh, J. S., Tarboton, D. G., Piasecki, M., Maidment, D. R., Zaslavsky, I., Valentined, D., & Whitenack, T., 2009, **An Integrated System for Publishing Environmental Observations Data**, Environmental Modelling & Software 24 (8), 879-888.
- Huang, C. H., Chuang, T. R., Deng, D. P., & Lee, H. M., 2009, **Building GML-native Web-based Geographic Information Systems**, Computers & Geosciences 35 (9), 1802-1816.
- Lanig, S., and Zipf, A., 2009, **Interoperable Processing of Digital Elevation Models in Grid Infrastructures**, Earth Science Informatics 2, 107–116.
- Lemmens, R., Wytzisk, A., de By, R., Granell, C., Gould, M., & van Oosterom, P., 2006, **Integrating Semantic and Syntactic Descriptions to Chain Geographic Services**, IEEE Internet Computing 10 (5), 42–52.
- Lutz, M., 2007, **Ontology-based Descriptions for Semantic Discovery and Composition of Geoprocessing Services**, Geoinformatica 11 (1), 1–36.
- McCarthy, J. D., Graniero, P. A., & Rozic, S. M., 2008, **An Integrated GIS-Expert System Framework for Live Hazard Monitoring and Detection**, Sensors 8, 830-846.
- Mineter, M.J., Jarvis, C.H., & Dowers, S., 2003, **From Stand-Alone Programs towards Grid-Aware Services and Components: A Case Study in Agricultural Modelling with Interpolated Climate Data**, Environmental Modelling & Software 18 (4), 379–391.
- Na, A., and Priest, M., 2007, **Sensor Observation Service**, OpenGIS® Implementation Standard, Open Geospatial

- Consortium Inc. <[http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=26667](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=26667)> (visited on April 2010).
- Percivall, G., Reed, C., Leinenweber, L., Tucker, C., & Cary, T., 2008, OGC Reference Model, Open Geospatial Consortium Inc. <[http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=3836](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=3836)> (visited on April 2010)
- Poorazizi, E., Alesheikh, A. A., Amini, M., 2010, **The Use of Web Services Technology for Mapping and Sharing Environmental Information in Virtual Globe Applications**, International Review on Computers and Software 5 (3). Programmable Web, 2010.<<http://www.programmableweb.com/>>.
- Pummakarnchana, O., Tripathi, N., & Dutta, J., 2005, **Air Pollution Monitoring and GIS Modeling: A New Use of Nanotechnology Based Solid State Gas Sensors**, Science and Technology of Advanced Materials 6, 251–255.
- Ramachandran, R., Christopher, S.A., Movva, S., Li, X., Conover, H.T., Keiser, K.R., Graves, S. J., & McNider, R.T., 2005, **Earth Science Markup Language: A Solution to Address Data Format Heterogeneity Problems in Atmospheric Sciences**, Bulletin of the American Meteorological Society 86 (6), 791–794.
- Schut, P., 2007, **OpenGIS® Web Processing Service**, Open Geospatial Consortium Inc. <<http://www.opengeospatial.org/standards/wps>> (visited on April 2010).
- Stollberg, B., and Zipf, A., 2007, **OGC Web Processing Service Interface for Web Service Orchestration- Aggregating Geoprocessing Services in a Bomb Threat Scenario**, In J. M. Ware and G. E. Taylor (Eds.), Lecture Notes in Computer Science: Web and Wireless Geographical Information Systems (pp. 239-251). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Tao, V., Liang, S. H., Croitoru, A., Haider, Z. M., & Wang, C., 2003, **GeoSWIFT- An Open Geospatial Sensing Service for Sensor Web**, In GeoSensor Network Workshop, Portland, USA, November 2003.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division, 2005 **World Urbanization Prospects: The 2005 Revision**, New York. Accessed on the internet.<<http://esa.un.org/unup/index.asp?panel=1>>. (visited on April 2010).
- Yue, P., Di, L., Yang, W., Yu, G., & Zhao, P., 2006, **Path Planning for Chaining Geospatial Web Services**, W2GIS 2006, LNCS 4295, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 214–226.
- Zaslavsky, I., Valentine, D. & Whiteaker, T., 2007, **CUAHSI WaterML**, OGC Discussion Paper OGC 07-041r1. <<http://www.opengeospatial.org/standards/dp>> (visited on April 2010).
- Zhao, P., Yu, G., & Di, L., 2007, **Geospatial Web Services**, In B. N. Hilton (Ed.), Emerging Spatial Information Systems and Applications. Idea Group Publishing, Hershey, pp. 1-35