سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS

سال دوم، شماره یکم، بهار ۱۳۸۹
Vol.2, No.1, Spring 2010

۶۵-۷۶

تلفیق مستقیم سیستم‌های مدیریت پایگاه داده مکانی با سیستم‌های فتوگرامتری، به‌منظور تولید اطلاعات سازگار و ساختاریافته برای GIS

سحر حسینیان*[۱]، حمید عبادی[۲]، فرشید فرنود احمدی[۳]

۱. کارشناس ارشد مهندسی فتوگرامتری، معاونت شهرسازی و معماری شهرداری شیراز
۲. دانشیار دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۳. استادیار گروه نقشه‌برداری، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۵/۲۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۱۱/۲

چکیده

امروزه به‌منظور سازماندهی و مدیریت داده‌های مکانی از سیستم‌های مدیریت پایگاه داده مکانی استفاده می‌شود. استفاده از این سیستم‌ها امکان تلفیق داده‌های جمع‌آوری شده از منابع مختلف، حفظ اعتبار داده‌ها، بهنگام‌رسانی و پالایش داده‌ها و ارائه تولیدات گوناگون در مقیاس‌های مختلف را فراهم می‌سازد. به‌همین دلیل تلاش‌های زیادی برای استفاده از این سیستم‌ها و تلفیق آنها با سیستم‌های جمع‌آوری داده‌های مکانی صورت گرفته است. تلفیق مستقیم سیستم‌های مدیریت پایگاه داده مکانی با سیستم‌های فتوگرامتری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تولید داده‌های مکانی مورد نیاز برای سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، سبب می‌گردد تا علاوه بر تولید و حفظ داده‌های بهنگام در پایگاه داده مکانی، عملیات کنترل صحت روابط میان عوارض همزمان با ورود داده‌های مکانی به پایگاه داده و به‌صورت اتوماتیک امکان‌پذیر گردد. برای این منظور در این تحقیق، سیستمی طراحی و پیاده‌سازی گردید که قادر است ضمن کنترل کیفیت پایگاه داده مکانی، صحت و سازگاری داده‌های تولید شده را همزمان با عملیات رقومی‌سازی داده‌ها به‌منظور ورود به پایگاه داده GIS به‌طور هوشمند، کنترل و حفظ کند. آزمایش سیستم و بررسی نتایج نشان می‌دهد که اطلاعات تولید و ذخیره شده به‌وسیله این سیستم، صحیح‌اند و به‌خوبی ساختاردهی شده‌اند. همچنین حجم عملیات مختلف ویرایشی پس از رقومی‌سازی عوارض کاهش یافته و در مدت زمان تولید اطلاعات مکانی برای پایگاه داده GIS با استفاده از این سیستم بسیار صرفه‌جویی شده است.

کلیدواژه‌ها: پایگاه داده مکانی، تلفیق، فتوگرامتری، GIS، کنترل کیفیت.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: شیراز، خیابان رودکی، معاونت شهرسازی و معماری شهرداری شیراز. تلفن: ۲۳۵۰۷۶۳-۰۷۱۱

Email: saharhoseinian@yahoo.com

۱- مقدمه

استفاده از سیستم‌های مدیریت پایگاه داده مکانی برای حفظ و مدیریت اطلاعات مکانی، امکان تلفیق داده‌های جمع‌آوری شده از منابع مختلف، بهنگام‌رسانی و پالایش داده‌ها و ارائه تولیدات مختلف در مقیاس‌های گوناگون و با خصوصیات متنوع را فراهم می‌سازد. بهمین دلیل تلاش‌های زیادی برای به‌کارگیری این سیستم‌ها و تلفیق آنها با سیستم‌های جمع‌آوری داده‌های مکانی، از جمله سیستم‌های فتوگرامتری و سنجش از دور، صورت گرفته است. از مهم‌ترین سیستم‌های جمع‌آوری داده‌های مکانی به‌ویژه در حجم بالا، که در زمینه تلفیق با پایگاه داده مورد توجه قرار گرفته، سیستم‌های فتوگرامتری‌اند. این سیستم‌ها قادرند اطلاعات مکانی بسیار دقیقی را از تصاویر استخراج کنند. با تلفیق مستقیم دو سیستم فتوگرامتری و پایگاه داده مکانی تمام اطلاعات جمع‌آوری شده به روش فتوگرامتری با همان دقت تولید شده به پایگاه داده منتقل می‌گردند و در آنجا ذخیره می‌شوند و امکان آنالیزهای آنی GIS، تلفیق داده‌های جمع‌آوری شده با داده‌های دیگر منابع، دسترسی به مرجع داده‌ها و کنترل مستقیم صحت داده‌ها فراهم می‌شود. این امر حجم عملیات مختلف ویرایشی و زمان و هزینه مورد نیاز را نیز کاهش می‌دهد (Heipke, Pakzad, Straub, 2000; Heipke, 2004).

امروزه روش‌های مختلفی برای تلفیق سیستم‌های فتوگرامتری و پایگاه‌های داده GIS مورد استفاده قرار می‌گیرد که آنها را می‌توان براساس نحوه انتقال داده‌ها به دو گروه روش‌های تبادل داده‌ها بین دو سیستم فتوگرامتری و پایگاه داده GIS به‌صورت فایل و ارتباط مستقیم دو سیستم فتوگرامتری و پایگاه داده GIS با ارزیابی off-line خطا طبقه‌بندی کرد.

روش اول، یعنی تبادل داده‌ها بین دو سیستم فتوگرامتری و پایگاه داده GIS به‌صورت فایل، ساده و بسیار متداول است؛ اما در صورت استفاده از این روش ممکن است بخشی از اطلاعات در طول فرایند انتقال داده از دست برود. در عین حال، به‌دلیل نیاز به جست‌وجوی کل مجموعه داده تولید شده به روش فتوگرامتری، ممکن است اولویت‌ها در فرایند تصحیح در نظر گرفته نشود و لازم به انجام دوره‌های بازبینی مجدد خطا باشد؛ که در این صورت دقت اطلاعات تولید شده کاهش می‌یابد و زمان و هزینه مورد نیاز برای آماده‌سازی داده‌ها و ذخیره آنها در پایگاه داده GIS زیاد خواهد بود (Woodsford, 2004).

در روش دوم، فرایند انتقال داده از سیستم فتوگرامتری به پایگاه داده کوتاه‌تر از روش اول است. در نتیجه این روش کارایی بالاتری در قیاس با روش اول دارد و در عین حال از آنجا که داده‌های تولید شده در سیستم فتوگرامتری مستقیماً در پایگاه داده مکانی ذخیره می‌شوند، از دست دادن اطلاعات در طول فرایند انتقال داده رخ نخواهد داد، اما این روش نیز مشکلاتی را به‌همراه دارد (Spiller, 1999). از آنجا که در این روش داده‌ها به‌صورت off-line مورد ارزیابی خطا قرار می‌گیرند، در اینجا نیز ممکن است دوره‌های بازبینی مجدد خطا رخ دهد، که در این صورت دقت اطلاعات تولید شده کاهش می‌یابد و زمان و هزینه مورد نیاز برای تصحیح داده‌ها در پایگاه داده GIS بالا خواهد بود.

با توجه به مشکلات دو سطح موجود برای تلفیق که در اینجا شرح داده شد، سطح سومی از تلفیق پیشنهاد شد تا معایب دو سطح دیگر را نداشته باشد. در این سطح از تلفیق، ارتباط مستقیم دو سیستم فتوگرامتری و پایگاه داده مکانی با قابلیت ارزیابی لحظه‌ای خطا مورد توجه است. در این صورت حجم عملیات مختلف ویرایشی و زمان و هزینه تولید داده‌های مکانی جدید کاهش می‌یابد و در عین حال اعتبار داده‌ها حفظ می‌گردد. پس از طبقه‌بندی سطوح مختلف تلفیق، لازم است روش‌های تلفیق سیستم‌های فتوگرامتری و پایگاه داده مکانی نیز براساس معیار مناسب طبقه‌بندی شوند. از جمله معیارهای طبقه‌بندی این روش‌ها می‌توان به

نحوه ارتباط دو سیستم اشاره کرد. براساس معیار نحوه ارتباط دو سیستم فتوگرامتری و پایگاه داده مکانی، سیستم‌ها به دو گروه عمده ـ ارتباط از طریق رابط داخلی، و ارتباط از طریق رابط خارجی ـ تقسیم می‌شوند. ایجاد سیستم‌های تلفیقی که در آنها سیستم‌های فتوگرامتری و پایگاه داده مکانی با استفاده از رابط داخلی مستقیماً به یکدیگر متصل می‌شوند و ابزارهایی برای این منظور در درون آنها در نظر گرفته شده است، تنها به سازندگان سیستم‌های فتوگرامتری و ایجادکنندگان پایگاه داده محدود می‌شود. در سیستم‌های تلفیقی که در آنها از رابط خارجی برای اتصال دو سیستم فتوگرامتری و پایگاه داده مکانی استفاده می‌شود، مهم‌ترین مقوله تعریف رابط کارآمد بین دو سیستم است که امکان انتقال مستقیم داده‌ها را فراهم کند. در این روش تلفیق، انواع سیستم‌های فتوگرامتری می‌توانند به سیستم‌های پایگاه داده متصل شوند و از مزایای این سیستم‌ها استفاده کنند. رابط‌ها با توجه به کاربرد، ویژگی‌های مختلفی دارند.

مزیت استفاده از روش مذکور، سازگاری رابط و سیستم تلفیقی با نیازهای کاربر، انعطاف‌پذیری و انتخابی بودن سیستم‌های فتوگرامتری و پایگاه داده است؛ بدین معنی که با توجه به‌ویژگی‌های سیستم‌ها می‌توان دو سیستم را که از نظر کارایی در سطح مورد انتظار هستند برای تلفیق انتخاب کرد.

پس از ارزیابی روش‌ها و سطوح مختلف تلفیق، در ادامه این تحقیق به‌منظور ارائه سیستم تلفیقی کارآمدی که قادر به کنترل کیفیت داده‌های مکانی موجود در پایگاه داده مکانی باشد، اصول کنترل کیفیت در پایگاه داده مکانی بررسی می‌گردد.

هسته مرکزی هر سیستم اطلاعات مکانی، پایگاه داده قوی و قابل اعتماد آن است (Shekhar, Chawla, 2001). به‌منظور حفظ اعتبار هر پایگاه داده، لازم است از تکنیک‌های کنترل کیفیت پایگاه‌های مکانی استفاده شود. برای این منظور نیاز است ابتدا اساس کنترل کیفیت پایگاه‌های مکانی مورد بررسی قرار گیرد. کامل بودن، اعتبار، سازگاری منطقی، سازگاری فیزیکی و صحت موقعیتی اساس فرایند کنترل کیفیت پایگاه‌های داده مکانی هستند که در ادامه شرح داده می‌شوند:

- کامل بودن: بدین معناست که همه داده‌های مورد نیاز موجود باشند و با طراحی پایگاه داده توافق و همخوانی داشته باشند. همه داده‌ها باید مطابق استانداردی مشخص برای توپولوژی، سیستم تصویر و جز اینها باشند (Hegde, Hegde, 2007).
- اعتبار: معیار صحت توصیفی پایگاه داده است. هر توصیف باید در دامنه‌ای مشخص تعریف شده باشد (Hegde, Hegde, 2007).
- سازگاری منطقی: معیار هماهنگی در روابط میان دو یا چند ویژگی مرتبط با یکدیگر است. اگر مقدار هر ویژگی تغییر کند، مقادیر سایر ویژگی‌های مرتبط نیز می‌بایست متناسب با آن تغییر کند. برای مثال، در هر پایگاه داده اگر نوع عارضه، عارضه سطحی آبی مثل دریاچه باشد، آن‌گاه شیب آن باید صفر باشد و یا به‌عبارت دیگر نقاط آن هم‌ارتفاع باشند چون هر مقدار دیگری برای شیب غیرمنطقی خواهد بود (Hegde, Hegde, 2007).
- سازگاری فیزیکی: معیار صحت توپولوژیکی پایگاه داده است. برای مثال، در یک پایگاه داده GIS ، عارضه‌ای خاص مثل ساختمان باید در فاصله معیّنی از عوارضی چون نیروگاه‌ها باشد.
- صحت موقعیتی: معیار میزان تطابق موقعیت هر عارضه مکانی در پایگاه داده با واقعیت است. خطاهای موقعیتی ممکن است به روش‌های مختلف ایجاد شوند. این نوع خطاها می‌توانند تصادفی، سیستماتیک و یا تجمعی باشند. صحت موقعیتی باید همیشه پذیرفتنی باشد (Hegde, Hegde, 2007).

اعتبار سیستم اطلاعات مکانی بستگی مستقیم به کیفیت پایگاه داده مکانی آن دارد. برای کنترل کیفیت پایگاه‌های داده و تصحیح خطاها و حفظ سازگاری داده‌های موجود در آن از قیود صحت استفاده می‌شود. از جمله قیود صحت می‌توان به قیود توپولوژیکی اشاره کرد. قیود توپولوژیکی شامل قیود ساختاری، هندسی و قیود توپولوژیکی ـ معنایی هستند (Ubeda, Egenhofer, 1997; Egenhofer, Herring, 1990; Cockcroft). قیود توپولوژیکی ـ معنایی به رابطه بین عوارض با توجه به ماهیت آنها مربوط می‌شود. در این تحقیق برای رفع آنی ناسازگاری‌های توپولوژیکی، فرایندهای کنترل و تصحیح خاصی در نظر گرفته شده است که همه این فرایندها در سیستم ارائه شده با هم تلفیق گردیده‌اند.

همه پارامترهای کنترل کیفیت باید مرتباً اندازه‌گیری و ارزیابی شوند (Twumasi, 2002). عملیات مختلف تصحیحی که برای این منظور در سیستم ارائه شده پیاده شده‌اند، مواردی از این دست را در بر می‌گیرند:

- تعریف و شناسایی ناسازگاری‌ها؛
- اختصاص عملیات مختلفی برای تصحیح ناسازگاری‌ها به‌عنوان عملیات مختلف تصحیحی؛ و
- اختصاص عملیات مختلف برای جلوگیری از رخداد ناسازگاری‌ها به‌عنوان انواع عملیات پیشگیری.

در بخش دوم مقاله، نحوهٔ طراحی، پیاده‌سازی و عملکرد سیستم ارائه شده در این تحقیق به‌منظور کنترل کیفیت اتوماتیک پایگاه داده GIS در فرایند انتقال داده‌های استخراج شده در سیستم فتوگرامتری به پایگاه‌های داده مکانی ارائه می‌گردد.

در بخش سوم، سیستم طراحی و پیاده‌سازی شده، به چند روش مورد ارزیابی و آزمایش قرار می‌گیرد و نتایج حاصل از آزمایش سیستم ارائه می‌گردد. در بخش چهارم نیز با توجه به مطالب ذکر شده در بخش‌های گذشته نتیجه‌گیری انجام می‌شود و پیشنهادهایی ارائه می‌گردد. در بخش چهارم، پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی و نتایج عملی ارائه می‌گردد؛ و در نهایت در بخش پنجم نتیجه‌گیری ذکر می‌شود.

۲- طراحی و پیاده‌سازی سیستمی تلفیقی بین پایگاه‌های داده مکانی و سیستم‌های فتوگرامتری

پس از بررسی سیستم‌های تلفیقی موجود و جنبه‌های مختلف کنترل کیفیت پایگاه‌های داده مکانی، در این بخش به تشریح طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم تلفیقی مستقیم به‌عنوان رابطی خارجی بین دو سیستم فتوگرامتری و پایگاه داده مکانی پرداخته می‌شود که دارای امکان ساختاردهی و کنترل روابط منطقی و توپولوژیکی همزمان با عملیات رقومی‌سازی است.

از اساسی‌ترین نیازهای تولید و توسعه هر پایگاه داده مکانی قابل اعتماد، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

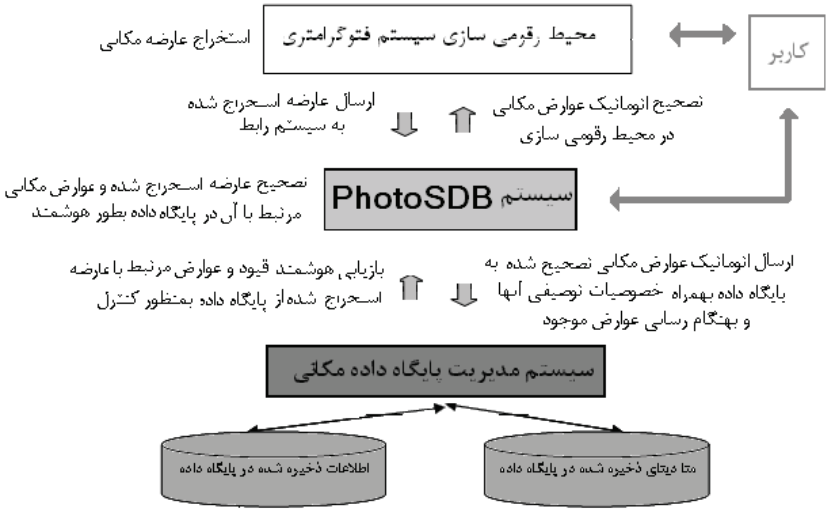
- پایگاه داده متناسب با سیستم؛
- ساختاردهی و کنترل و تصحیح روابط بین عوارض و به‌طور کلی ناسازگاری‌های احتمالی داده‌های مکانی ورودی؛ و
- نمایش اطلاعات موجود در پایگاه داده (Hosseinian, 2008)،

برای برطرف کردن نیازهای یاد شده، در این تحقیق سیستمی با عنوان سیستم تلفیق مستقیم پایگاه داده مکانی و سیستم‌های فتوگرامتری بنام PhotoSDB طراحی و پیاده‌سازی شده است. داده‌های سازگار تولید شده به‌وسیله این سیستم نیازی به ویرایش‌های بعدی ندارند و با ساختار توپولوژیکی صحیح وارد پایگاه داده می‌شوند. در این سیستم ماهیت عوارض و روابط بین آنها در فرایند ارزیابی، کنترل و تصحیح انواع خطاها و ساختاردهی لحظه‌ای مد نظر قرار گرفته است و کلاس‌های مختلف عوارض ـ از جمله راه، راه‌آهن، منحنی میزان، ساختمان، بلوک شهری، عوارض خطی آبی، عوارض سطحی آبی و فضای سبز ـ در سیستم ارائه شده تعریف گردیده است.

با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته در این تحقیق، برای ارائه سیستم رابطی با قابلیت کنترل و تصحیح

لحظه‌ای خطا، سیستمی با پردازش مبتنی بر قانون با استفاده از تکنولوژی شیءگرا برای کنترل روابط توپولوژیک و منطقی بین عوارض و ناسازگاری‌ها همزمان با عملیات رقومی‌سازی ارائه گردیده است. در عین حال، الگوریتم‌های مورد نیاز برای ساختاردهی لحظه‌ای به داده‌های مکانی نیز در این سیستم فراهم شده است. به‌منظور درک منطق طراحی این سیستم لازم است ساختار آن تشریح گردد. با توجه به نیازهای ذکر شده، در این تحقیق سیستمی مشتمل بر پنج بخش بدین شرح طراحی گردید: (۱) بخش مدیریت که وظیفه مدیریت و تعیین عملکرد سیستم در هر مرحله را بر عهده دارد و به‌صورت سیستم هوشمند rule-based طراحی شده است؛ (۲) بخش کنترل‌کننده خطاهای ساختاری و روابط منطقی و توپولوژیکی بین عوارض، به‌منظور اجرای کنترل‌ها و تصحیحات؛ (۳) بخش تنظیم قیود، به‌منظور جمع‌آوری و ذخیره دانش مربوط به قوانین کنترل داده‌ها؛ (۴) بخش نمایش عوارض ذخیره شده در پایگاه داده مکانی؛ و (۵) بخش پایگاه داده، که شامل (الف) پایگاه داده مکانی، و (ب) پایگاه داده قیود است.

قبل از تشریح مراحل طراحی و پیاده‌سازی بخش‌های مختلف، لازم است نحوه کار سیستم بیان گردد. مراحل کلی در این سیستم به این ترتیب است که ابتدا سیستم فتوگرامتری داده‌های مکانی حاصل از رقومی‌سازی را به‌وسیله کُدکننده (که در اینجا سیستم فتومد stereolink است) به سیستم رابط PhotoSDB ارسال می‌کند. داده‌ها پس از ارسال، مورد پردازش قرار می‌گیرند و قیود مربوط با توجه به ماهیت عارضه از پایگاه داده بازیابی شده و روی عارضه استخراج شده و عوارضی از پایگاه داده که با عارضه استخراج شده با در نظر گرفتن قیود بازیابی شده مرتبط‌اند، اعمال می‌شود. داده‌ها در این مرحله، همزمان با رقومی‌سازی، از لحاظ خطاهای ساختاری، توپولوژیکی، منطقی و روابط‌شان با سایر عوارض کنترل می‌شوند و با استفاده از الگوریتم‌های موجود در سیستم، در صورت نیاز تصحیح می‌گردند. پس از اتمام رقومی‌سازی هر عارضه، اطلاعات مکانیِ تصحیح و ساختاردهی شده به‌همراه اطلاعات توصیفی مربوط به هر عارضه که با اطلاعات موجود در پایگاه داده مکانی نیز سازگار است در پایگاه داده مکانیِ مورد استفاده، ذخیره می‌گردد. افزون بر ان، اطلاعات تصحیح‌شده به محیط رقومی‌سازی نیز ارسال می‌شوند و تصحیحات لازم در آنجا به‌طور اتوماتیک صورت می‌پذیرند. نحوهٔ کار سیستم و ارتباط آن با سایر سیستم‌ها در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱. نحوهٔ کار سیستم PhotoSDB

برای برطرف کردن نیازمندی‌های سیستم که در ابتدا بیان شد، طراحی و پیاده‌سازی سیستم ارائه شده در این تحقیق در چهار مرحله به‌صورت ذیل انجام گردید:

- طراحی پایگاه داده؛
- طراحی بخش کنترل و تصحیح خطاهای ساختاری، شامل الگوریتم‌هایی برای ساختاردهی به داده‌های ورودی؛
- طراحی سیستم مبتنی بر قوانین (Rule-based)، به‌منظور کنترل روابط منطقی و توپولوژیکی میان عوارض و تصحیح ناسازگاری‌های بین آنها؛ و
- طراحی بخش نمایش سیستم برای نمایش اطلاعات مکانی.

در اینجا برای تشخیص و تصحیح خطاها و کنترل سازگاری و کیفیت داده‌های مکانی از قیود صحت استفاده می‌شود. قیود صحت، شروطی هستند که باید برای سازگار بودن داده‌ها در پایگاه داده اعمال شوند.

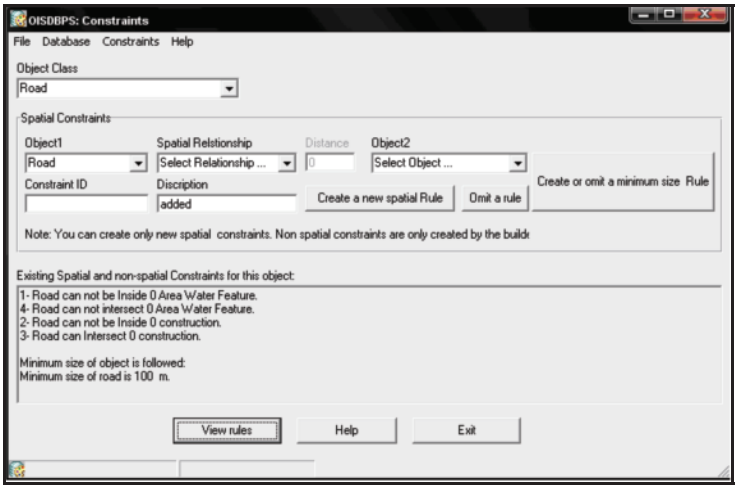
بدین‌منظور، سیستمی مبتنی بر قانون برای آنالیز داده‌ها و کنترل و تصحیح ناسازگاری‌ها و روابط بین عوارض طراحی شده است. این سیستمِ مبتنی بر قانون، وظیفهٔ تعریف، تغییر و اعمال قیود مربوط به کنترل روابط منطقی و توپولوژیکی میان عوارض را برعهده دارد. در این سیستم هوشمند، دانش کنترل روابط بین عوارض می‌تواند به‌راحتی به دست فرد متخصص تولید شود. از آنجا که بسیاری از قیود وابسته به کاربرد هستند، لازم است با توجه به کاربرد، قیود جدید تولید شوند و یا قیدهای موجود تغییر یابند و دوباره در پایگاه داده ذخیره شوند. بنابراین در این سیستم قواعد ذخیره‌شده می‌توانند به‌وسیله یک کاربر متخصص، تغییر داده شوند و یا حتی قواعد جدید تولید گردند. به‌منظور ساده کردن تعریف قواعد، یک رابط کاربر فراهم شده است. این رابط در شکل ۲ نشان داده شده است.

سیستم به‌نحوی طراحی شده است که با استفاده از آن، قوانین مختلف مکانی را می‌توان به‌وسیله کاربر متخصص تعریف کرد. این امکان با به‌کارگیری متغیرهای مختلف برای تعریف قیود مکانی در سیستم فراهم شده است. این متغیرها برای تعریف قیود مکانی دوتایی در این سیستم به ترتیب عارضه اول، نوع رابطه، مجوز و عارضه دوم هستند. به‌طور کلی ساختار عمومی قانون مکانی دوتایی به این صورت است:

قانون: (عارضه دوم، مجاز یا غیرمجاز بودن، نوع رابطه مکانی، عارضه اول)

برای نمونه:

قانون ۱: Road_rule_No.1(Road, Should not, Intersect, Construction)



شکل ۲. رابط کاربر به‌منظور تعریف یا تغییر قیود مربوط به کلاس‌های عوارض در پایگاه قیود

کلاس‌های عوارض موجود در این سیستم براساس «دستورالعمل تهیه نقشه بزرگ‌مقیاس سازمان نقشه‌برداری کشور» تعریف شده‌اند و در تعریف قوانین مکانی دوتایی به‌عنوان عارضه اول و عارضه دوم قابل استفاده‌اند.

روابط مکانی بین عوارض مورد نظر در تعریف قوانین مکانی دوتایی عبارت‌اند از: ۱) Intersect، ۲) Cross، ۳) be Inside، ۴) be in the distance of، ۵) Contains، ۶) Covers، ۷) be Covered by، ۸) Meet.

قوانین هر کلاس عارضه بعد از تعریف و تعیین، در پایگاه داده ذخیره می‌شوند. به‌عنوان نمونه، نحوه ذخیره قوانین مربوط به کلاس عارضه راه در پایگاه داده قیود در شکل ۳ نشان داده شده است.

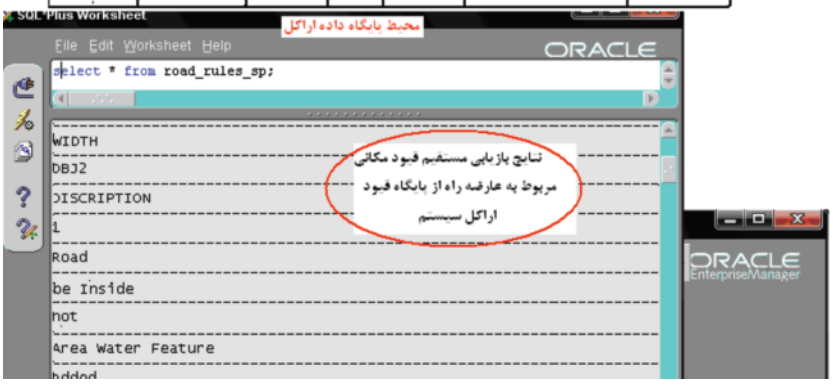
قواعد ذخیره شده با توجه به کلاس عارضه به‌طور هوشمند روی داده‌های ورودی اعمال شوند. در سیستم حاضر فقط کاربران متخصص می‌توانند قواعد را تغییر دهند و یا قواعد جدید تولید کنند. این مسئله امکان استفاده از دانش متخصصان را که در پایگاه داده به‌صورت قواعد ذخیره شده است، فراهم می‌سازد (Ghazanfari, Kazemi, 2003).

در این سیستم، علاوه بر بخش مبتنی بر قاعده که برای کنترل روابط بین عوارض پیاده‌سازی شده است، الگوریتم‌های لازم برای ساختاردهی لحظه‌ای به داده‌های مکانی و از جمله الگوریتم‌های کنترل و تصحیح خطاهای بسته نبودن پلیگون، Overshoot, Undershoot dangle، تفکیک و ایجاد node در محل تقاطعات، زدن پل در محل تقاطعات مجاز رود ـ راه، خودتقاطعی، ثابت بودن ارتفاع برای عارضه‌های خاص مثل منحنی میزان و جز آن نیز فراهم شده است. رفع این خطاها در زمرهٔ تصحیح ناسازگاری‌های توپولوژیکی داده‌ها به‌حساب می‌آید. در شکل ۴ عملکرد سیستم در کنترل روابط بین عوارض نمایش داده شده است.

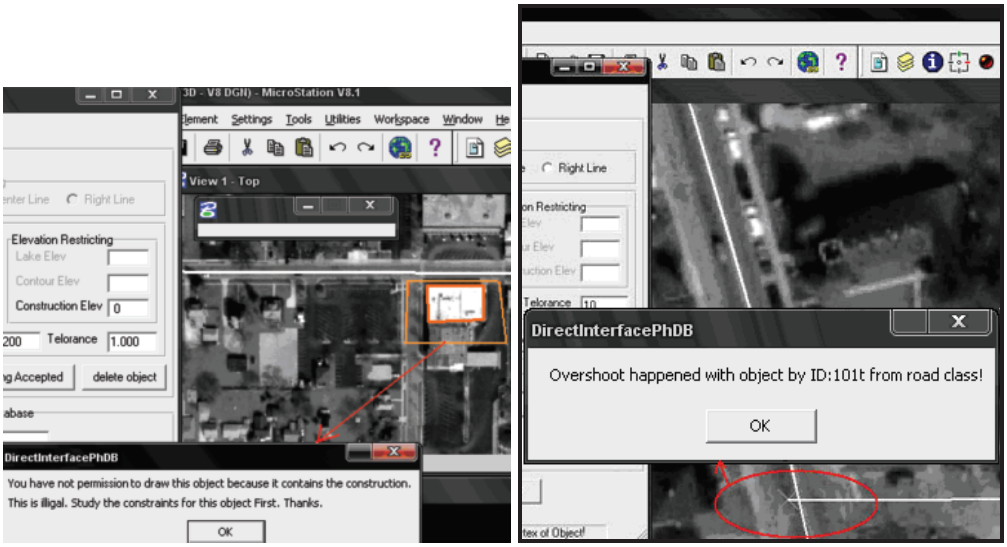
در سیستم حاضر، پایگاه داده اراکل به‌دلیل قابلیت تعامل بالا و توابع قدرتمند آن به‌عنوان سیستم پایگاه داده مکانی و پایگاه قیود انتخاب شده است. همچنین سیستم PhotoSDB از سیستم فتوگرامتری فتومد که دارای محیط استریو سه‌بعدی است، به‌عنوان سیستم فتوگرامتری نمونه استفاده می‌کند. تمامی بخش‌های سیستم PhotoSDB با استفاده از زبان برنامه‌نویسی Visual Basic پیاده‌سازی شده‌اند. به‌منظور بازیابی، تغییر و ذخیره داده‌ها در پایگاه داده Oracle Spatial از دستورات SQL در Visual Basic استفاده گردید. بخش نمایش سیستم نیز با استفاده از Visual Basic و مؤلفه‌های Map Objects پیاده‌سازی شده است. اطلاعات سه‌بعدی ذخیره شده در پایگاه داده مکانی می‌توانند به روش‌های دیگر از جمله با استفاده از ArcSDE و VRML نمایش داده شوند.

جدول مربوط به قوانین کلاس عارضه راه

IDRUL	۱OBJ	RELAT	permit	WIDTH	۲OBJ	DISCRIPTION
۱	road	inside	not	۰	Area water feature	Added



شکل ۳. نحوه ذخیره قوانین مربوط به کلاس عارضه راه در پایگاه قیود سیستم



شکل ۴. عملکرد سیستم در کنترل روابط مکانی بین عوارض

۴- آزمون سیستم و ارزیابی نتایج حاصل از آزمایش

به‌منظور آزمون سیستم از عکس‌های هوایی شیراز در سال ۱۳۸۲ با مقیاس ۱:۵۰۰۰ استفاده گردید و مدل فتوگرامتری منطقه در سیستم فتوگرامتری فتومد تهیه شد. سپس عوارض مکانی تولید و ذخیره شده در پایگاه داده با استفاده از سیستم PhotoSDB مورد ارزیابی قرار گرفت.

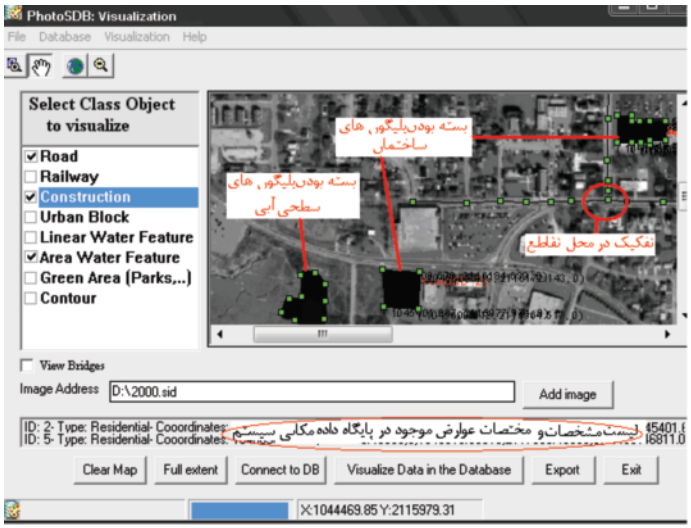
برای ارزیابی این اطلاعات به چندین روش عمل گردید: الف) از آنجا که سیستم باید اطلاعات را در محیط رقومی‌سازی نیز تصحیح می‌کرد، صحت اطلاعات تولید شده در محیط رقومی‌سازی هم مورد بررسی قرار گرفت. همان طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، عوارض ایجاد شده به‌وسیله سیستم PhotoSDB در محیط رقومی‌سازی به‌طور مناسب ساختاردهی شده‌اند و روابط توپولوژیک بین آنها صحیح است. به‌عنوان نمونه کلاس عارضه بلوک شهری می‌تواند شامل عوارض ساختمان باشد اما یک عارضه سطحی آبی مثل استخر و دریاچه یا حوض نباید شامل عارضه ساختمان باشد. این موضوع از طریق اعمال قیود صحت که قبلاً در پایگاه قیود سیستم تعریف و ذخیره شده انجام می‌شود.

ب) اطلاعات ذخیره شده در پایگاه داده مکانی در بخش نمایشی سیستم، نمایش داده شد و بررسی روی عوارض ذخیره شده در پایگاه داده سیستم انجام گرفت. بررسی‌ها در بخش نمایش سیستم نیز نشان داد که روابط توپولوژیک میان عوارض صحیح‌اند و داده‌ها با ساختار مناسب ذخیره شده‌اند (شکل ۶).

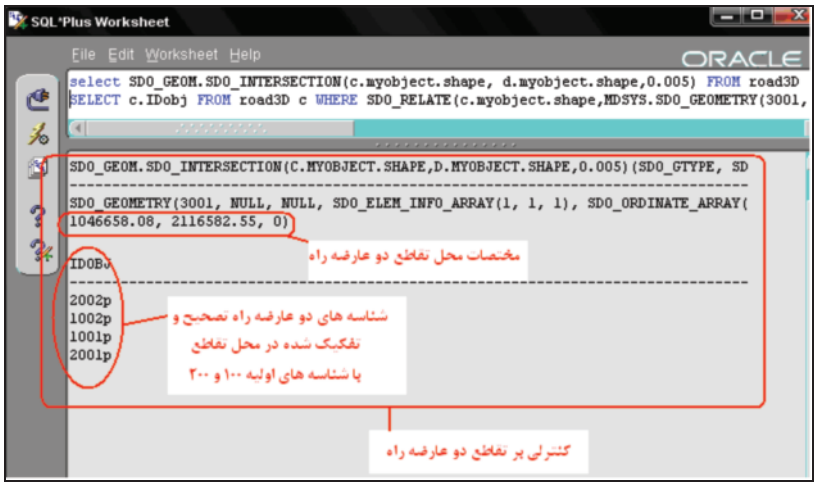
پ) با استفاده از توابع مکانی موجود در پایگاه داده اراکل آموزن دیگری روی داده‌های ذخیره شده به‌وسیلهٔ سیستم PhotoSDB انجام گردید. برای این منظور، روابط و تقاطعات بین عوارض مکانی موجود در پایگاه داده سیستم به‌صورت Query از پایگاه داده اراکل پرسش شدند. سپس پاسخ‌های پایگاه داده به این پرسش‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. شکل ۷ نمونه‌ای از پرسش‌های انجام شده روی پایگاه داده اراکل به‌منظور آزمون سیستم را نشان می‌دهد.

پس از ارزیابی پاسخ‌ها و اطلاعات بازیابی شده از اراکل، مشخص گردید که روابط و تقاطعات بین عوارض مختلف مطابقت لازم را با قوانین تعریف شده در سیستم دارند و این قوانین به‌طور کامل رعایت شده‌اند.

شکل۵. بررسی صحت اطلاعات تولید شده در محیط رقومی‌سازی



شکل۶. نمایش اطلاعات ذخیره شده در پایگاه داده مکانی در بخش نمایشی سیستم و بررسی آنها



شکل ۷. کنترل اطلاعات تولید و ذخیره شده به‌وسیله سیستم PhotoSDB با استفاده توابع مکانی موجود در سیستم پایگاه داده اراکل

بررسی نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های انجام‌شده روی سیستم نشان داد که اطلاعات تولید و ذخیره شده در پایگاه داده به‌وسیله این سیستم، صحیح و با سایر عوارض موجود در پایگاه داده مکانی سازگارند و به‌خوبی ساختاردهی شده‌اند. به‌علاوه، با این روش زمان تولید اطلاعات مکانی ساختاریافته و سازگار برای پایگاه‌های داده GIS بسیار کاهش یافته است. همچنین استفاده از این سیستم برای تولید اطلاعات ساختاریافته و معتبر، با توجه به انعطاف‌پذیری در تعریف قوانینی که روی داده‌های مکانی اعمال می‌گردد در کاربردهای مختلف امکان‌پذیر است. یکی دیگر از موضوعات مدنظر برای ارزیابی سیستم، صرفه‌جویی در زمان و هزینه تولید داده‌های مکانی صحیح و ساختاریافته و ذخیره آنها در پایگاه داده مکانی است. بنابر نتایجی که در جریان تولید داده‌های مکانی ساختاریافته برای GIS در مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر تهران به‌دست آمد، زمان ویرایش و ساختاردهی به داده‌های مکانی ۳۷ درصد کل زمان تولید داده‌های مکانی با استفاده از روش فتوگرامتری و ورود داده‌های مکانی ساختاریافته به GIS را در بر می‌گیرد، که زمان زیادی است. در نتیجه، با در نظر گرفتن اینکه در روش تلفیق مستقیم سیستم فتوگرامتری و پایگاه داده با ارزیابی آنی خطا، مراحل مختلف کنترل و تصحیح داده‌های مکانی به‌صورت اتوماتیک و همزمان با عملیات رقومی‌سازی انجام می‌شود، زمان انجام مراحل یاد شده، در مقایسه با حالت off-line بسیار کاهش می‌یابد.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این تحقیق به‌منظور تلفیق سیستم‌های مدیریت پایگاه داده مکانی و سیستم‌های فتوگرامتری، مسائل مهم مرتبط با این موضوع مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و سپس با توجه به نتایج بررسی‌های صورت‌گرفته، یک سیستم تلفیقی مستقیم طراحی و پیاده‌سازی گردید.

نتایج موفقیت‌آمیز آزمون سیستم PhotoSDB ارائه شده در این تحقیق حاکی از آن است که روش‌های به‌کار رفته در آن برای موضوع تلفیق مناسب‌اند. از جمله این روش‌ها می‌توان به استفاده از سیستم rule-based و تعریف قیود برای کنترل روابط مکانی میان عوارض در سیستم SDBMS و اعمال آنها روی عوارض در زمان رقومی‌سازی، استفاده از قابلیت‌های پایگاه داده از جمله عملیات مختلف مکانی در کنترل روابط بین عوارض برای تسریع و افزایش دقت و استفاده از ساختار شیءگرا به‌همراه پردازش‌های مبتنی بر قانون برای کنترل داده‌های مکانی و رفع خطاها، همزمان با عملیات رقومی‌سازی اشاره کرد.

به‌کارگیری روش‌های یاد شده در طراحی این سیستم باعث شده است که امکانات بسیاری را، از جمله کنترل و تصحیح روابط توپولوژیکی و منطقی همزمان با عملیات رقومی‌سازی و ذخیره داده‌های مکانی تولید شده و خصوصیات توصیفی آنها به‌صورت یکپارچه در پایگاه داده مکانی، فراهم سازد و به این طریق کیفیت اطلاعات مکانی را در قیاس با سایر روش‌های موجود که در این مقاله نیز به آنها اشاره شد، افزایش دهد. همچنین با توجه به انعطاف‌پذیری و قابلیت سیستم حاضر در تعریف و تغییر قوانین، امکان استفاده از این سیستم برای کاربردهای مختلف فراهم شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایش سیستم، از آنجا که خطاهای توپولوژیکی و ساختاری همزمان با رقومی‌سازی و ایجاد عوارض، کنترل و تصحیح می‌شوند، داده‌های تولید و ذخیره شده در پایگاه داده مکانی به‌وسیله این سیستم دارای سازگاری و دقت زیادی هستند، و در این روش تغییرات ناخواسته و از دست رفتن اطلاعات رخ نمی‌دهد. همچنین این سیستم با کاهش جدّی حجم عملیات ویرایشی مورد نیاز و ورود مستقیم داده‌ها به پایگاه داده مکانی در زمان تولید و ذخیره داده‌های مکانی صحیح و سازگار در پایگاه داده، دست‌کم ۳۷ درصد صرفه‌جویی می‌کند. در عین حال براساس تعرفه‌های استاندارد عملیات تولید نقشه از عکس و بررسی‌های صورت گرفته،

استفاده از سیستم حاضر منجر به کاهش حدود ۱۰ درصد هزینه تولید و ذخیره داده‌های مکانی سازگار و با صحت بالا در پایگاه داده شده است.

با توجه به تحقیق انجام شده، از مهم‌ترین پیشنهادهایی که می‌توان ارائه کرد، اینها هستند:

۱) با تلفیق سیستم PhotoSDB با فرایند استخراج اتوماتیک یا نیمه‌اتوماتیک عوارض، می‌توان علاوه بر استفاده از اطلاعات موجود در پایگاه داده GIS در فرایند استخراج عوارض به یک سیستم اتوماتیک و هوشمند برای توسعه پایگاه‌های داده مکانی دست یافت. افزون بر آن، موضوع یاد شده در استخراج اتوماتیک عوارض مختلف از تصاویر، خصوصیات هندسی و توپولوژیکی آنها نیز می‌تواند مدنظر قرار گیرد و فرایند استخراج عوارض را بسیار تسهیل و تصحیح کند.

۲) در صورت اضافه کردن بُعدِ زمان به این سیستم، امکان بهنگام‌سازی دقیق‌تر پایگاه داده مکانی و انجام آنالیزهای مختلف روی داده‌ها، از جمله آنالیزهای مربوط به بررسی تغییرات که در مدیریت منابع و برنامه‌ریزی‌های شهری بسیار مورد توجه قرار گرفته است، نیز فراهم می‌شود. ۳) توسعه بخش قیود، به‌طوری‌که علاوه بر کلاس عوارض به خصوصیات جزئی عوارض نیز حساس باشد. در این صورت به‌عنوان مثال، قوانینی را بنا به نوع کلاس عارضه راه ـ مانند بزرگراه، آزادراه، راه فرعی و جز اینها ـ می‌توان برای کلاس‌های مختلف عوارض تعریف کرد، تا در زمان رقومی‌سازی به‌طور اتوماتیک روی عوارض اعمال شود.

۵- منابع

Cockcroft, S., 2006, **Modeling Spatial Data Integrity Rules at the Metadata Level**, University of Queensland, Australia.

Ebadi, H., Valadan, M., Varshosaz, M., Farnood, F., 2006, **Direct Integration of Photogrammetric Systems and CAD-based Systems by Using an Object-Oriented Interface with Emphisys on On-line Creation of Logical Relation among Features**, Tabriz University Journal, Vol. 33, No.3.

Egenhofer, M., Herring, J. R., 1990, **A Mathematical Framework for the Definition of Topological Relationships**, International Symposium on Spatial Data Handling, Switzerland.

Gerke, M., C. Heipke, Straub, B. M., 2001, **Building Extraction from Aerial Imagery Using a Generic Scene Model and Invariant Geometric Moments**, IEEE/ISPRS Joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas.

Ghazanfari, M., Kazemi, Z., 2003, **The Principles of Expert Systems**, Elm o Sanat University of Iran Publication, Tehran, Iran.

Heipke, C., 2004, **Some Requirements for Geographic Information Systems: A Photogrammetric Point of View**, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 70, No. 2.

Heipke, C., Pakzad, K., Straub, B.M., 2000, **Image Analysis for GIS Data Acquisition**, Photogrammetric Record.

Hegde, N. P., Hegde, G.L., 2007, **Quality Control in Large Spatial Databases Maintainance**, ISSDQ2007.

Hosseinian, S., 2008, **Direct Integration of Photogrammetric Systems and Spatial Databases for Automotic Control of Logical and Topological Relationships among Features**, M.Sc. Thesis, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran.

Hosseinian, S., Ebadi, H., Farnood, F., 2007, **Evaluation of Integrating Spatial Database Management Systems with Photogrammetric Systems and its Application in Urban Management**, International Conference of Information and Knowledge (IKT2007), Ferdousi University of Mashad, Iran , 2007.

Laurini, R., 1998, **Spatial Multi-Database Topological Continuity and Indexing: A Step towards Seamless GIS Data Interoperability**, International Journal of Geographical Information Science.

Oosterom, P., Stoter, J., Quak, W., Zlatanova, S., 2002, **The Balance between Geometry and Topology**, Springer-Verlag, Germany.

Shekhar, S., Chawla, S., 2001, **A Tour of Spatial Databases**, University of Minnesota publication.

Spiller, R., 1999, **The Z/I Imaging: A New for Photogrammetry and GIS**, Photogrammetric Week '99'.

Twumasi, B. O., 2002, **Modeling Spatial Object Behaviors in Object-Relational Geodatabase**, M.Sc. Thesis, ITC publication, The Netherlands.

Ubeda, T., Egenhofer, M.J., 1997**, Topological Error Correcting in GIS**, Springer-Verlag, Germany.

Woodsford, P.A., 2004, **System Architecture for Integrating GIS and Photogrammetric Data Acquisition**, ISPRS.