

ساختار دهی آنی داده‌های مکانی ورودی GIS با تأکید بر عارضه راه

شیرین ملیحی^{۱*}، حمید عبادی^۲، فرشید فرنوداحمدی^۳ و مهدی معبودی^۴

^۱ عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد هشتگرد

^۲ دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیر

^۳ دانشجوی دکتری فتوگرامتری دانشگاه صنعتی خواجه نصیر

^۴ دانشگاه آزاد اسلامی واحد هشتگرد

(تاریخ دریافت ۸۷/۷/۲، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۸/۵/۷، تاریخ تصویب ۸۸/۶/۳۰)

چکیده

روش مرسوم تولید داده‌های مکانی ورودی GIS با استفاده از فتوگرامتری آماده‌سازی آنها پس از رقومی‌سازی عوارض است (Off-line approach) که بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بر است و به دلیل در نظر نگرفتن مدل سه‌بعدی فتوگرامتری سبب کاهش اعتمادپذیری داده‌ها می‌گردد. برای رفع این نقایص می‌توان ویرایش و ساختاردهی داده‌ها را همزمان با رقومی‌سازی انجام داد (On-line approach). با توجه به توانمندی‌های ویرایشی محیط‌های CAD و قابلیت‌های مدل‌سازی ساختارهای شیء‌گرا، روش فوق می‌تواند با تلفیق مستقیم سیستم‌های فتوگرامتری و CAD به کمک یک رابط شیء‌گرا اجرا شود؛ به گونه‌ای که ساختاردهی داده‌های مکانی از طریق سیستم رابط با کنترل روابط منطقی بین عوارض در حین رقومی‌سازی انجام گیرد. برای طراحی و پیاده‌سازی سیستم OCBPS2^۱ با تلفیق سیستم‌های PhotoMod و MicroStation به کمک یک رابط شیء‌گرا انجام گرفت. این سیستم ویرایش و ساختاردهی آنی داده‌های مکانی عوارض کلاس راه را با کنترل روابط منطقی این عوارض با یکدیگر و با سایر عوارض انجام می‌دهد. تست موفقیت‌آمیز آن بیان‌گر کم‌نقص بودن روش on-line نسبت به روش مرسوم می‌باشد. علاوه بر این روش فوق ویرایش خطاهای مرتبط با ماهیت عوارض را ممکن می‌کند.

واژه‌های کلیدی: روابط منطقی، ساختاردهی داده‌های مکانی، سیستم شیء‌گرا، عارضه راه، فتوگرامتری، CAD، GIS

مقدمه

(approach). علاوه بر این در روش فوق امکان استفاده از اطلاعات توصیفی در حین رقومی‌سازی عوارض در راستای ساختاردهی به داده‌های مکانی فراهم شده است. جهت عملی کردن روش فوق از تلفیق مستقیم سیستم‌های فتوگرامتری و CAD به کمک یک رابط شیء‌گرا استفاده شده است. دلایل این امر در ادامه شرح داده می‌شود.

سیستم‌های CAD با دارا بودن ابزار توانمند برای ویرایش و نمایش داده‌های مکانی عوارض مسطحاتی و ارتفاعی محیط مناسبی برای ویرایش و ساختاردهی به داده‌های مکانی مورد نیاز GIS محسوب می‌شوند. از این رو این سیستم‌ها در اغلب سیستم‌های فتوگرامتری به عنوان محیط رقومی‌سازی استفاده می‌گردند. از این نظر سیستم‌های فتوگرامتری به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند [۲].

- سیستم‌های فتوگرامتری با محیط رقومی‌سازی داخلی: این سیستم‌ها از یک محیط CAD که خاص آن سیستم است به عنوان محیط رقومی‌سازی

یکی از مهم‌ترین منابع تولید داده‌های مکانی برای ورود به GIS، داده‌های مکانی حاصل از روش‌های فتوگرامتری می‌باشد. در روش مرسوم تولید داده‌های مکانی برای ورود به GIS با استفاده از تکنیک‌های فتوگرامتری، ابتدا این داده‌ها در قالب نقشه‌های رقومی تهیه می‌شوند. سپس به منظور آماده‌سازی آنها برای ورود به GIS، عملیات شناسایی، ویرایش خطا و نیز ساختاردهی داده‌های مکانی انجام می‌گیرد (Off-line approach).

عملیات آماده‌سازی داده‌ها به این روش علاوه بر اینکه زمان‌بر و پرهزینه است، به دلیل در اختیار نداشتن مدل تشکیل شده در سیستم فتوگرامتری که مرجع اصلی اخذ داده محسوب می‌شود، سبب کاهش قابلیت اعتمادپذیری داده‌ها می‌شود [۱]. از این رو در این تحقیق با هدف کاهش معایب فوق‌الذکر از روشی جدید استفاده شده است. در این روش ویرایش و ساختاردهی داده‌های مکانی برای GIS با استفاده از روابط منطقی بین عوارض همزمان با عملیات رقومی‌سازی انجام می‌گیرد (On-line approach).

مورد نیاز است. از آنجایی که بین عوارض موجود در پایگاه داده GIS معمولاً یک سری روابط منطقی برقرار است که به شکل قیود منطقی قابل بیان هستند، تنها توافق منطقی با تکیه بر الگوریتم پذیر بودن این روابط و امکان کنترل آنها توسط کامپیوتر، انجام کنترل کیفیت داده‌ها را برای تشخیص و اصلاح اتوماتیک خطاها میسر می‌سازد [۱].

بر این اساس سیستم رابط باید توانایی بررسی روابط منطقی موجود بین عوارض مدل فتوگرامتری را همزمان با ترسیم عوارض داشته باشد. این موضوع که به مدیریت روابط پیچیده عوارض جهان واقعی در جهان مجازی کامپیوتر مرتبط می‌شود، مسئله پیچیده‌ای است که نیاز به یک ساختار قدرتمند جهت طراحی سیستم رابط را مشخص می‌سازد. ساختار شیء‌گرا با طبقه بندی اشیاء در قالب کلاس [۶] گزینه مناسبی جهت حل این مسأله محسوب می‌شود. در این ساختار خصوصیات حاکم بر یک کلاس که در قالب قیود منطقی قابل بیان هستند از طریق رابطه توارث به اشیاء موجود در آن منتقل می‌شود. وقتی که قیدی نقض شود، رابطه توارث نقض شده و شیء خطا دار در جهت برقراری خصوصیات حاکم بر کلاس اصلاح می‌شود [۶]. از این رو با استفاده از این ساختار عملیات تشخیص و ویرایش خطا بر اساس ماهیت و توصیف عارضه انجام می‌گیرد و خطاهای هندسی و منطقی هر عارضه به طور اتوماتیک ویرایش می‌شوند. با توجه به مطالب ارائه شده استفاده از ساختار شیء‌گرا در طراحی سیستم رابط گزینه‌ای مناسب برای ویرایش اتوماتیک خطای داده‌های مکانی بر اساس روابط منطقی بین عوارض همزمان با عملیات رقومی سازی است.

در ادامه به معرفی اجمالی نسخه اول سیستم فتوگرامتری مبتنی بر CAD، OCBPS که در دانشکده نقشه برداری دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی طراحی شده است، پرداخته می‌شود. سپس نسخه دوم این سیستم شرح داده می‌شود.

سیستم فتوگرامتری مبتنی بر CAD OCBPS 1

از جمله سیستم های فتوگرامتری مبتنی بر CAD که با موفقیت تست شده است می‌توان به OCBPS1 اشاره کرد. این سیستم جهت ویرایش و ساختاردهی داده‌های مکانی و کنترل روابط منطقی مربوط به عارضه ارتفاعی

استفاده می‌کنند.

- سیستم های فتوگرامتری با محیط رقومی سازی خارجی: در این دسته از سیستم ها از یک محیط CAD استاندارد به عنوان محیط رقومی سازی خارجی استفاده می‌شود و مختصات سه بعدی از سیستم فتوگرامتری از طریق یک کد کننده به محیط CAD ارسال می‌شود.
- سیستم های فتوگرامتری با محیط رقومی سازی تلفیقی: سیستم های این دسته امکان استفاده از هر دو محیط رقومی سازی داخلی و خارجی را دارا هستند.

به منظور استفاده بیشتر از توانمندی‌های سیستم های CAD در سیستم های فتوگرامتری، می‌توان این دو سیستم را به کمک یک سیستم رابط با یکدیگر تلفیق نمود. از آنجایی که فتوگرامتری عموماً روش تولید کننده داده مکانی است، این رابط باید بتواند فرمت اطلاعات مکانی سه بعدی ارسال شده از سیستم فتوگرامتری را به فرمت قابل قبول توسط سیستم CAD تغییر دهد و یا دارای قابلیت اضافه کردن توپولوژی به داده‌های مکانی باشد به طوری که سیستم CAD قادر به تشکیل مدل سه بعدی اشیاء گردد [۳]. آن دسته از سیستم های فتوگرامتری که توصیف اشیاء در آنها بر اساس مدل های CAD صورت می‌گیرد، به سیستم‌های فتوگرامتری مبتنی بر CAD² موسوم هستند [۳]. این سیستمها ممکن است تمامی توابع سیستم‌های CAD را نداشته باشند ولی نتایج حاصل از پردازش‌های فتوگرامتری را به صورت یک مدل کامل CAD که شامل هندسه و روابط میان نقاط برای تعریف هندسه عوارض می‌باشد، ارائه می‌دهند [۴]. در ادامه علت استفاده از روابط منطقی بین عوارض جهت ساختاردهی داده‌های مکانی شرح داده می‌شود.

جهت کشف خطاهای موجود در داده‌های مکانی برای ورود به GIS، از کنترل کیفیت این داده‌ها استفاده می‌شود [۵]. استانداردهای متفاوتی برای این موضوع وجود دارد که با توجه به نیازهای متفاوت استفاده کنندگان تعریف شده است. عمومی ترین معیارهایی که در بیشتر استانداردها به آن اشاره شده است شامل معیارهای صحت مکانی، صحت توصیفات، توافق منطقی، کامل بودن و Lineage می‌باشد [۵]. برای مقایسه داده‌های جمع‌آوری شده با واقعیت از حیث معیارهای فوق، وجود عامل انسانی

مکانی استفاده می‌شود. این اطلاعات در جایی که سیستم لزوم استفاده از آنرا تشخیص دهد توسط کاربر وارد می‌شود و پس از ذخیره در تصمیم‌گیری‌های سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از آنجایی که دامنه عوارضی که داده‌های مکانی مربوط به آنها مورد استفاده کاربران GIS است، بسیار گسترده است و امکان تولید اطلاعات ساختاریافته برای کلیه این عوارض میسر نیست، لازم است عارضه مناسبی جهت ساختاردهی انتخاب شود. با مراجعه به سازمان نقشه برداری و مصاحبه با اپراتورهای قسمت‌های مختلف خط تولید فتوگرامتری و نیز اطلاعات توپوگرافی این سازمان، مشخص شد که عارضه راه از جمله عوارضی است که قسمت عمده‌ای از ویرایشات را جهت ورود به GIS به خود اختصاص می‌دهد. نتایج این بررسی و تحقیق در جدول (۱) آمده است.

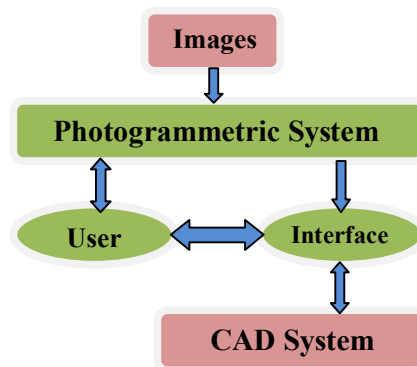
جدول ۱: عوارضی که بیشترین حجم ویرایش را دارند.

| عارضه | درصد میزان ویرایش در نمونه گیری |
|--------------------|---------------------------------|
| ساختمان | ۰/۱۶ |
| راه | ۰/۱۸ |
| دیوار | ۰/۰۸ |
| زراعت | ۰/۱۶ |
| منحنی میزان | ۰/۱۶ |
| آبریز | ۰/۱۲ |
| نقطه کنترل ارتفاعی | ۰/۱۲ |

علاوه بر این عارضه فوق بیشترین حجم داده مکانی را در زیرساختار اطلاعاتی وزارت راه و ترابری دارا می‌باشد. از این رو عارضه راه جهت طراحی و پیاده‌سازی سیستم تلفیقی جدید برگزیده شد. در نسخه جدید علاوه بر بررسی روابط منطقی انواع عوارض راه با یکدیگر، روابط منطقی میان این عارضه و سایر کلاس‌های عوارض مرتبط با آن بررسی و تدوین شده و در طراحی سیستم جدید مدنظر قرار گرفته است. جهت طراحی سیستم تلفیقی جدید از ساختار طراحی نسخه ۱ و نیز از ایستگاه کاری فتوگرامتری رقومی Photomod که دارای محیط رقومی سازی تلفیقی می‌باشد استفاده شده است. لازم به ذکر است که ارتباط با محیط رقومی سازی خارجی این سیستم از طریق ماژول کد کننده Stereolink برقرار می‌شود. در ادامه طراحی و پیاده‌سازی سیستم جدید مورد

منحنی میزان، همزمان با عملیات رقومی سازی عوارض میان سیستم‌های فتوگرامتری از نوع استرنوپلاتر و سیستم Microstation طراحی و پیاده‌سازی شده است.

در این سیستم دو سیستم فتوگرامتری و CAD مستقل از یکدیگر عمل می‌کنند و ارتباط آنها از طریق یک سیستم رابط امکان پذیر می‌شود. بنابراین این امکان فراهم می‌آید که پیش از ارسال داده‌ها به محیط ترسیم ویرایش‌ها و کنترل‌های لازم توسط سیستم رابط روی آنها انجام شود. قلب سیستم فوق یک سیستم رابط است که کنترل قیود منطقی مطرح در مورد عارضه منحنی میزان و ویرایش اتوماتیک خطاهای موجود بر روی این عارضه را انجام می‌دهد [۱]. ساختار کلی سیستم OCBPS1 در شکل (۱) آمده است.



شکل ۱: ساختار کلی سیستم تلفیقی OCBPS1.

این سیستم با در نظر گرفتن ماهیت عارضه منحنی میزان، توانایی اعمال قیود منطقی مربوط به این عارضه را از قبیل هم ارتفاعی نقاط واقع بر یک منحنی میزان، عدم تقاطع و بسته بودن منحنی میزان‌ها، یکپارچگی قطعات مربوط به یک منحنی میزان و هماهنگی میان ارتفاع منحنی میزان‌های مجاور با یکدیگر و با نقاط ارتفاعی مجاور را دارا است [۱].

علیرغم توانایی بالای سیستم فوق در ساختاردهی به داده‌های مکانی برای ورود به GIS به دلیل عدم در نظر گرفتن روابط منطقی میان عارضه منحنی میزان و سایر عوارض مرتبط با آن عملکرد آن دچار نقص است.

در ادامه با هدف توسعه سیستم OCBPS1 و برطرف کردن نقص این سیستم، نسخه دوم آن (OCBPS2) طراحی و پیاده‌سازی گردید. علاوه بر این در سیستم فوق از اطلاعات توصیفی نیز در جهت ساختاردهی به داده‌های

بررسی قرار می‌گیرد.

طراحی سیستم شی گرای فتوگرامتری مبتنی بر OCBPS2 CAD

برای طراحی سیستم جدید در ابتدا به بررسی روابط منطقی بین انواع عوارض راه با یکدیگر و نیز روابط منطقی بین این عارضه و سایر عوارض مرتبط با آن پرداخته شد. برای جمع آوری و مستندسازی این روابط به سازمان نقشه برداری و نیز به وزارت راه و ترابری مراجعه شد و پس از پیگیری و جستجوی فراوان مشخص شد، در هیچ یک از این دو آرگان در این زمینه مدرکی مدون وجود ندارد. لذا با توجه به تعریف استاندارد سیستم اطلاعات جغرافیایی وزارت راه و ترابری که متولی تولید و نگهداری نقشه راه‌های کشور می‌باشد و با در نظر گرفتن روابط منطقی بین عوارض در واقعیت به تدوین روابط منطقی ذکر شده پرداخته شد. به منظور تأیید دستورالعمل تدوین شده، روابط منطقی فوق مورد بررسی، اصلاح و تأیید کارشناسان دانشکده نقشه‌برداری قرار گرفت. در ادامه بر اساس روابط منطقی بین عوارض دستورالعمل ویرایش داده‌های مکانی عارضه راه و عوارض مرتبط که در طراحی سیستم OCBPS2 مورد نیاز است، تهیه شد و بر این اساس عملکرد نرم افزار در ویرایش های مختلف به طور دقیق تعیین شد.

برای بررسی روابط منطقی مورد نظر، عوارض مختلف کلاس بندی شدند. به این ترتیب که کلیه راه‌ها در یک کلاس قرار گرفتند و برای سایر عوارض از کلاس‌بندی دستورالعمل و استاندارد اطلاعات توپوگرافی رقومی مقیاس ۱/۲۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری استفاده شد. این کلاس بندی در ضمیمه ۱ آمده است. در ادامه انواع عوارض کلاس راه با توجه به اهمیت، مشخصات هندسی، میزان ترافیک و سرعت مجاز تردد در آنها به زیر کلاس‌های آزادراه، بزرگراه، راه اصلی، راه فرعی، راه روستایی و راه آهن کلاس‌بندی شدند. کلاس‌بندی سایر عوارض، بر اساس روابط منطقی که با عارضه راه می‌یابند، در جدول (۲) ارائه شده است.

سیستم رابط می‌تواند به صورت اتوماتیک و نیمه اتوماتیک ساختاردهی داده‌های مکانی را انجام دهد. در حالت اتوماتیک (LC) تنها بر اساس روابط منطقی بین عوارض ساختاردهی داده‌ها صورت می‌گیرد و در حالت

نیمه اتوماتیک (LCA) امکان استفاده از اطلاعات توصیفی نیز وجود دارد. دریافت این داده‌ها که می‌تواند در قالب کد شناسایی راه و یا نام راه باشد، سبب می‌شود که سیستم قابلیت توافق با معیارهای متفاوت برقراری روابط منطقی و اعمال آنها را بر داده‌های مکانی داشته باشد. این سیستم نسبت به دو نوع داده Point و data Reset دارای عملکرد تعریف شده است. داده Reset زمانی که رقومی سازی یک قسمت از راه به پایان برسد وارد می‌شود.

جدول ۲: کلاس‌ها و زیر کلاس‌های عوارض غیرراه.

| کلاس عوارض | زیر کلاس‌های تشکیل شده بر اساس نوع روابط منطقی که عوارض متعلق به آنها با عارضه راه دارد |
|-----------------------|--|
| پوشش گیاهی | ۱- عوارضی که با عبور راه از آنها داده توصیفی آنها در ۲ طرف راه تغییر نمی‌کند مانند چمنزار ۲- عوارضی که با عبور راه از آنها امکان تغییر داده توصیفی آنها در ۲ طرف راه وجود دارد مانند درختکاری ۳- عوارضی که تفکیک‌پذیری آنها بر اثر عبور راه بستگی به نظر کاربر دارد مانند جنگل |
| عوارض آبی | ۱- عوارض خطی مانند نهر ۲- عوارض سطحی و نقطه‌ای مانند دریاچه ۳- عوارض نقطه‌ای خاص نظیر قنات |
| کلاس هیپسوگرافی | ۱- عوارضی که راه از آنها عبور می‌کند مانند خط الرأس ۲- عوارضی که راه از آنها عبور نمی‌کند مانند ترانشه ۳- عارضه خاص منحنی میزان |
| کلاس ساختمان | - |
| کلاس تأسیسات زیربنایی | ۱- عوارض خطی مانند خط انتقال نیرو ۲- عوارض سطحی و نقطه‌ای مانند چاه نفت و گاز |
| کلاس نقاط کنترل | - |
| کلاس سازه | ۱- عوارض خطی مانند سد ۲- عوارض سطحی و نقطه‌ای مانند برج دیده بانی ۳- عوارض خطی خاص نظیر عوارضی ۴- عوارض نقطه‌ای یا سطحی خاص نظیر معدن |

این سیستم توانایی ویرایش داده‌های مکانی و کنترل روابط منطقی بین عوارض موجود در کلاس راه و سایر عوارض مرتبط با این عارضه را همزمان با عملیات رقومی‌سازی از روی مدل فتوگرامتری داراست. ویرایش‌هایی که این سیستم توانایی انجام آنرا دارد شامل موارد زیر است:

کشف و اصلاح اتوماتیک خطاهای overshoot، undershoot، dangle و duplication، حذف المان‌های خطی کوچک و پلیگون‌های پایبونی موجود در عوارض کلاس راه، یکپارچه‌سازی راه‌های مشابه از لحاظ نوع و داده‌های توصیفی، ذخیره و جستجوی داده‌های توصیفی، اعمال ویرایش edge matching. لازم به ذکر است که ویرایش خطاهای overshoot و undershoot در فضای دو

جدول ۳: پارامترهای ورودی سیستم OCBPS2.

| نام پارامتر |
|--|
| تلورانس مسطحاتی |
| تلورانس خطای ارتفاعی کاربر |
| تلورانس مساحت جهت حذف خطای پلیگون پایبونی |
| ماکزیمم اختلاف ارتفاع مجاز تقاطعهای هم سطح و غیرهم سطح |
| مینیموم اختلاف ارتفاع مجاز تقاطعهای هم سطح و غیرهم سطح |
| عرض آزادراه و بزرگراه |
| تلورانس کنترلی برای ترسیم کنترل شده خط دوم آزادراه و بزرگراه |
| حریم تأسیسات زیربنایی و معدن |
| ماکزیمم اختلاف ارتفاع مجاز سقف تونل از راه |
| مینیموم اختلاف ارتفاع مجاز سقف تونل از راه |
| ماکزیمم اختلاف ارتفاع مجاز کف دره از راه |
| مینیموم اختلاف ارتفاع مجاز کف دره از راه |
| داده توصیفی مربوط به راه ترسیمی |

جدول ۴: عملکرد سیستم رابط در قبال تبدیل تقاطع سه طرفه به چهار طرفه.

| عملکرد سیستم رابط | زیرکلاس عارضه مقاطع با راه | زیرکلاس راه ترسیمی |
|--|---|-----------------------------|
| از آنجایی که هیچ راهی امکان تقاطع هم سطح ۴ طرفه با آزادراه را ندارد، اعلام خطا می‌شود و از کاربر خواسته می‌شود نقطه مناسبی در سمت دیگر عارضه وارد کند. | تمامی زیرکلاسها ی راه | آزادراه |
| از آنجایی که هیچ راهی امکان تقاطع هم سطح ۴ طرفه با آزادراه را ندارد، اعلام خطا می‌شود و از کاربر خواسته می‌شود نقطه مناسبی در سمت دیگر عارضه وارد کند. | آزادراه | تمامی زیرکلاسها ی راه |
| از آنجایی که بزرگراه امکان تقاطع ۴ طرفه با راه فرعی و روستایی و امکان تقاطع ۴ طرفه هم سطح با راه آهن را ندارد، اعلام خطا می‌شود و از کاربر خواسته می‌شود نقطه مناسبی در سمت دیگر عارضه وارد کند. | راه فرعی، راه روستایی، راه آهن | بزرگراه |
| از آنجایی که راه فرعی امکان تقاطع ۴ طرفه با بزرگراه را ندارد، اعلام خطا می‌شود و از کاربر خواسته می‌شود نقطه مناسبی در سمت دیگر عارضه وارد کند. | بزرگراه | راه فرعی |
| از آنجایی که راه روستایی امکان تقاطع ۴ طرفه با بزرگراه را ندارد، اعلام خطا می‌شود و از کاربر خواسته می‌شود نقطه مناسبی در سمت دیگر عارضه وارد کند. | بزرگراه | راه روستایی |
| از آنجایی که راه آهن امکان تقاطع ۴ طرفه هم سطح با بزرگراه را ندارد، اعلام خطا می‌شود و از کاربر خواسته می‌شود نقطه مناسبی در سمت دیگر عارضه وارد کند. | بزرگراه | راه آهن |

چند نمونه از روابط منطقی استخراج شده بین عوارض در جدول (۱) و (۲) ضمیمه ۲ آمده است. نحوه عملکرد سیستم OCBPS2 و اجزای آن در شکل‌های (۲) تا (۵) نشان داده شده است.

بعدی و نیز در بعد ارتفاع با استفاده از تلورانس مسطحاتی و ارتفاعی خطای مجاز کاربر انجام می‌شود. تلورانس مسطحاتی، خطای مجاز رقومی‌سازی عوارض در راستای X و Y است و تلورانس خطای ارتفاعی، خطای مجاز رقومی‌سازی عوارض در راستای Z است.

کنترل روابط منطقی که این سیستم انجام می‌دهد شامل موارد زیر است:

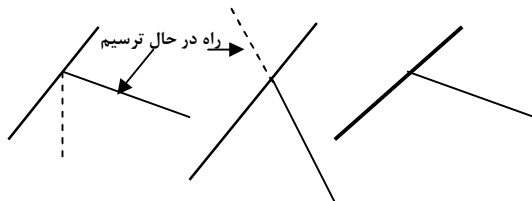
- در تقاطعات انواع عوارض راه با یکدیگر و نیز با عوارض نقطه‌ای، سطحی و خطی کلاس‌های دیگر، قابلیت انجام ویرایش‌های لازم و برقراری توافق منطقی بین عوارض را به ترتیب زیر داراست:

تشخیص تقاطعات هم‌سطح و غیر هم‌سطح انواع عوارض راه با یکدیگر همچنین تقاطع ۳ طرفه و ۴ طرفه - تشخیص وجود تونل در کوه یا تپه و پل ارتباطی بر فراز دره - تفکیک انواع عوارض راه در نقاط تقاطع تنها بر اساس روابط منطقی بین آنها و یا بر اساس روابط منطقی و داده‌های توصیفی وارد شده توسط کاربر - تفکیک عوارض مسطحاتی تفکیک‌پذیر متعلق به کلاس پوشش گیاهی بر اساس روابط منطقی بین عوارض و داده‌های توصیفی وارد شده - کنترل ارتفاعی راه ترسیمی در عبور از عوارض مسطحاتی متعلق به کلاس عوارض آبی ۲ و نیز تفکیک این عوارض در صورت تأیید کاربر، همچنین تشخیص اسکله و پل ارتباطی که در عوارض فوق واقع شده‌اند - عدم عبور راه از عوارض مسطحاتی کلاس ساختمان و عوارض کلاس‌های سازه ۱ و ۲ - هشدار به کاربر در مورد رعایت ارتفاع مجاز راه عبوری از قنات و عوارض کلاس تأسیسات زیربنایی ۱ و نیز رعایت فاصله مجاز در عبور راه از حریم عوارضی نظیر معدن و عوارض کلاس تأسیسات زیربنایی ۲

- ترسیم اتوماتیک خط دوم آزادراه و بزرگراه، همچنین کنترل خط دوم این عوارض در حین ترسیم بر اساس تلورانس. در این حالت فاصله نقاط وارد شده نسبت به خط دوم پیش فرض سیستم نباید از حد تلورانس بیشتر باشد.

- امکان snap و ختم انواع راه به یکدیگر و به عوارض سایر کلاس‌ها بر اساس روابط منطقی بین آنها پیش از شروع به کار سیستم لازم است پارامترهای موجود در جدول (۳) به سیستم معرفی شوند.

برای اصلاح نقطه وارد شده به کاربر هشدار می‌دهد. سپس به مدیریت اعمال ویرایش‌ها و برقراری روابط منطقی بین عوارض می‌پردازد. جدول (۴) عملکرد این زیرسیستم را در قبال تبدیل تقاطع ۳ طرفه به ۴ طرفه عوارض کلاس راه نشان می‌دهد. در ادامه فلوجارت‌های دو زیرسیستم A و B زیرسیستم فوق (شکل های ۲ و ۳)، این زیرسیستم (شکل ۴) و عملکرد کلی سیستم رابط (شکل ۵) ارائه شده است. لازم به توضیح است که اگر به دلیل ورود نقطه وارد شده توسط کاربر تقاطع ۳ طرفه راه در حال ترسیم با عارضه راه متقاطع با آن به تقاطع ۴ طرفه تبدیل شود، روابط منطقی راه در حال ترسیم باید مورد بررسی قرار گیرد. زیرا بعضی از عوارض راه امکان تقاطع ۴ طرفه با یکدیگر را ندارند. در این حالت نقطه وارد شده باید به گونه ای تصحیح گردد که تقاطع ۴ طرفه تولید نشود. نمونه ای از این تصحیح در شکل (۶) آمده است. در این شکل تقاطع ۴ طرفه و ۳ طرفه نیز ترسیم شده است.



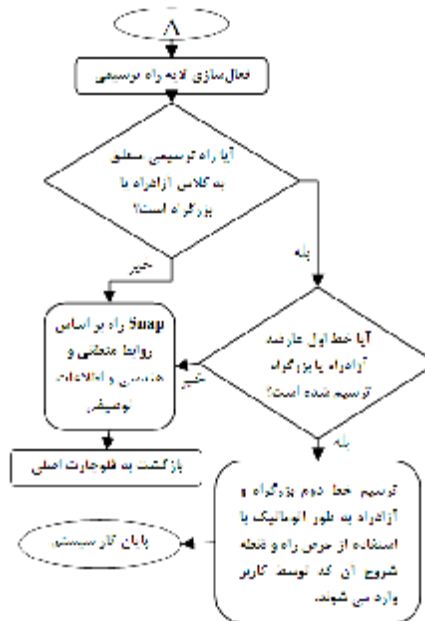
شکل ۶: تقاطع ۳ طرفه، ۴ طرفه و تصحیح تقاطع ۴ طرفه.

قسمت سوم زیرسیستم فوق به طریق زیر عمل می‌کند:

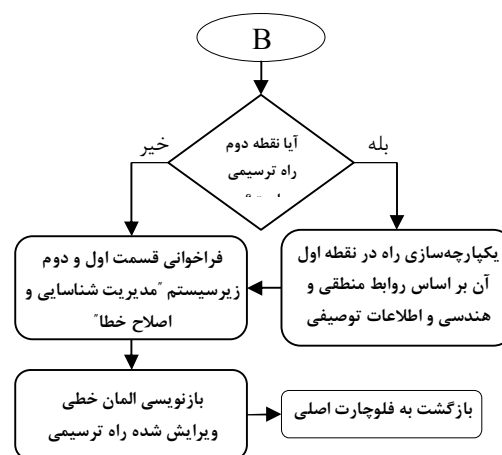
- یکپارچه‌سازی راه ترسیمی در نقطه آخر با عارضه راه مناسب بر اساس کلاس ۲ عارضه، فاصله و اطلاعات توصیفی آنها و نیز اعمال ویرایش edge matching بر عوارض موجود در لبه مدل‌های فتوگرامتری

پیاده‌سازی سیستم OCBPS2

سیستم OCBPS2 با استفاده از زبان شیء‌گرایی Visual Basic و بهره بردن از قابلیت‌های برنامه‌نویسی شیء‌گرایی محیط نرم‌افزار Microstation نسخه ۸/۱ پیاده‌سازی گردیده است. در این راستا الگوریتم کلیه ویرایش‌ها و کنترل‌ها با توجه به توانمندی‌های برنامه‌نویسی Microstation تهیه گردید. در سیستم حاضر شناسایی عوارض با استفاده از لایه‌های محیط Microstation انجام می‌شود. به این ترتیب که هر یک از زیرکلاس‌های راه و نیز کلاس‌های سایر عوارض،



شکل ۲: فلوجارت زیرسیستم A.

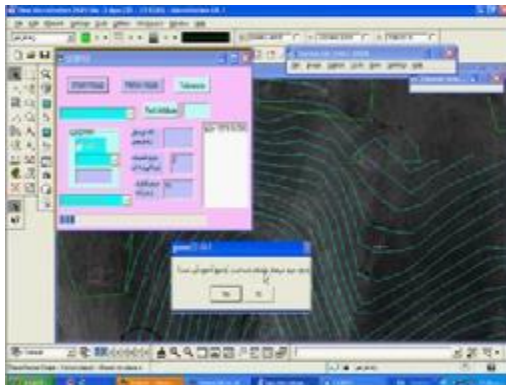


شکل ۳: فلوجارت زیرسیستم B.

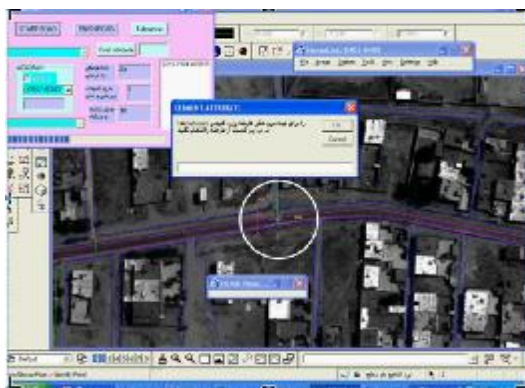
برای سهولت انجام ویرایش‌ها و برقراری روابط منطقی، بین نقطه آخر راه در حال ترسیم و نقطه وارد شده توسط کاربر، یک پاره خط با عنوان "پاره خط تست" تشکیل می‌شود که ویرایش‌ها و کنترل‌ها ابتدا بر آن و سپس به عارضه راه ترسیمی اعمال می‌گردد. در فلوجارت شکل (۴) عملکرد قسمت اول و دوم زیرسیستم "مدیریت شناسایی و اصلاح خطاها" ارائه شده است. این زیرسیستم که در ۳ قسمت طراحی شده در ابتدا عدم نقض روابط منطقی بین عوارض را در صورت تبدیل تقاطع ۳ طرفه به ۴ طرفه راه ترسیمی بررسی می‌کند و در صورت بروز خطا

تقاطع‌های غیر هم سطح و عدم وجود خطاهای overshoot, undershoot و duplication در عوارض راه، بررسی عدم عبور عوارض راه از عوارض کلاس‌های ساختمان و سازه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی‌ها نشان داد که نیازی به ویرایش‌های اضافه برای دستیابی به ساختار مطلوب کاربران مختلف وجود ندارد. در شکل‌های (۷-۹) چند نمونه از اجرای سیستم رابط و هشدارهای آن در حین رقومی سازی عارضه ارائه گردیده است. در شکل‌های (۱۰) و (۱۱) خروجی سیستم OCBPS2 که از روی مدل فتوگرامتری رقومی‌سازی شده است، در فرمت dxf و نیز shape file آن که در محیط ArcView تشکیل شده، ارائه شده است.

در شکل (۷) راه ترسیمی وارد حریم عارضه معدن شده است. سیستم با تشخیص اتوماتیک این مسئله به کاربر هشدار می‌دهد و ادامه ترسیم راه در این امتداد تنها با تأیید کاربر امکان‌پذیر می‌شود.



شکل ۷: عبور راه از حریم عارضه معدن و هشدار به کاربر.



شکل ۸: درخواست سیستم از کاربر برای ورود اطلاعات توصیفی در حالت LCA در تقاطع سه طرفه راه اصلی با بزرگراه.

همچنین گره تقاطع هم سطح و غیر هم سطح، عارضه نقطه‌ای و خطی تونل و پل و راه‌های خاص عوارض نظیر راه عبوری از روی سد در یک لایه جداگانه ترسیم می‌شوند. این سیستم به دلیل اعمال آبی ویرایش‌ها و کنترل آبی روابط منطقی، علی‌رغم گستردگی ویرایش‌ها و کنترل‌های اعمال شده بر عوارض، از بافر استفاده نمی‌کند. از این رو حافظه موقت کامپیوتر توسط اطلاعات اضافه اشغال نمی‌گردد. از آنجایی که داده‌های ورودی به سیستم فوق شامل data point و reset و یا فایل‌های رقومی با فرمت قابل پذیرش در محیط Microstation می‌باشند، این سیستم مستقل از ابزار ورودی است و می‌تواند به عنوان یک سیستم رقومی‌کننده مورد استفاده قرار گیرد.

تست و ارزیابی سیستم OCBPS2

به منظور تست سیستم طراحی شده، ابتدا مدل فتوگرامتری منطقه‌ای متعلق به حومه شهر شیراز که در سال ۱۳۸۲ عکسبرداری شده بود، در سیستم فتوگرامتری رقومی Photomod تشکیل شد. سپس رقومی سازی عوارض غیر راه با استفاده از ماژول Stereolink سیستم فوق انجام گرفت. در ادامه با استفاده از سیستم رابط OCBPS2 رقومی‌سازی عوارض راه در محیط Microstation انجام گرفت و ویرایش‌ها و کنترل‌های مربوط به روابط منطقی بین عوارض به طور همزمان با عملیات رقومی‌سازی توسط سیستم رابط اعمال گردید و داده‌های ساختاریافته بدون اعمال هیچ گونه ویرایشی به محیط GIS وارد شدند. در محیط فوق انواع عوارض راه در لایه‌های مختلف تبدیل به فرمت Shape File شدند و از جهت دارا بودن ساختار توپولوژیک مورد نظر کاربر ارزیابی شدند.

در این ارزیابی از تست عددی استفاده نشده است. زیرا در این روش نیز همانند روش Off-line دقت مختصات عوارض ترسیم شده در حد دقت مدل تشکیل شده در سیستم فتوگرامتری است. در این خصوص از تست منطقی داده‌های مکانی ساختار یافته در محیط GIS استفاده شده است. به این منظور در جاهایی که انتظار داشتیم این عوارض در تقاطع با یکدیگر تفکیک شوند، چگونگی اتصال عوارض راه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین وجود عوارض خطی و نقطه‌ای تونل و پل ارتباطی، بررسی

بزرگراه و نیز عدم وجود خطاهای overshoot و undershoot در تقاطعات ۳ طرفه ارزیابی شده است. همچنین در جایی که راه با منحنی میزان تقاطع داشته است و عارضه تونل و پل در مسیر راه تشخیص داده شده است، وجود دو عارضه فوق و انتقال کامل و بی نقص آنها به فرمت Shape file مورد بررسی قرار گرفته است.

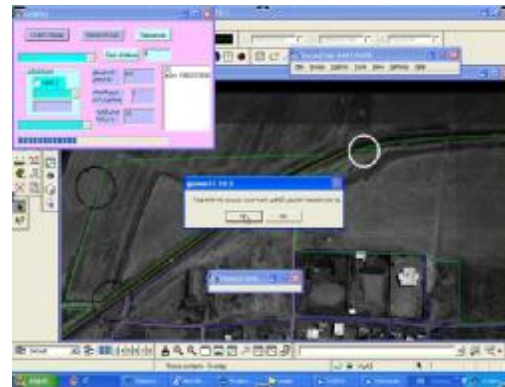


شکل ۱۱: بررسی تفکیک و عدم تفکیک انواع عوارض راه در تقاطع با یکدیگر و با سایر عوارض، بررسی وجود تونل و پل.

یکی از موارد دیگری که جهت ارزیابی سیستم باید در نظر گرفته شود، مدت زمان رقومی سازی عوارض است. مقایسه زمان ویرایش و ساختاردهی داده‌های مکانی با استفاده از روش on-line با روش off-line مستلزم انجام رقومی سازی عوارض مختلف در مناطق مختلف با استفاده از هر دو روش و با کمک کاربران مختلف است. این مسئله زمینه ادامه تحقیقات در این راستا را فراهم می‌آورد. ولی از آنجایی که در روش on-line مراحل ویرایش و ساختاردهی به داده‌های مکانی همزمان با عملیات رقومی سازی انجام می‌گیرد، انتظار داریم که زمان لازم برای انجام مراحل فوق مخصوصاً در حالت اتوماتیک به طرز چشمگیری کاهش یابد. بنابراین نتایجی که در جریان تولید داده‌های مکانی ساختاریافته برای GIS در مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر تهران به دست آمده است، زمان ویرایش و ساختاردهی به داده‌های مکانی ۳۷٪ کل زمان تولید داده‌های مکانی با استفاده از روش فتوگرامتری را دربر می‌گیرد [۱] که زمان قابل توجهی است. بنابراین انتظار می‌رود که استفاده از روش on-line نزدیک به ۳۷٪ زمان تولید داده‌های مکانی برای GIS را کاهش دهد. در روش ارائه شده با کنترل ارتفاعی که بر نقطه ورودی در مراحل انجام ویرایش‌های overshoot و undershoot و نیز

در شکل (۸) راه اصلی در حال ترسیم با راه از پیش ترسیم شده بزرگراه تقاطع ۳ طرفه ایجاد کرده است. به گونه‌ای که عارضه بزرگراه در محل تقاطع با راه اصلی امکان تفکیک دارد. در این اجرا از حالت LCA استفاده شده است. لذا سیستم با دریافت داده‌های توصیفی مربوط به دو قطعه عارضه فوق که در دو طرف راه اصلی قرار دارند، در این مورد تصمیم‌گیری می‌کند.

در شکل (۹) راه ترسیمی به محدوده پوشش گیاهی جنگل وارد شده است. سیستم با هشدار به کاربر، تصمیم‌گیری برای ادامه راه را بر عهده کاربر می‌گذارد.



شکل ۹: ورود راه به محدوده پوشش گیاهی و هشدار به کاربر.



شکل ۱۰: فایل dxf عوارض رقومی شده راه و غیر راه در محیط نرم‌افزار ArcView و چند نمونه کنترل عوارض

در شکل‌های (۱۰) و (۱۱) چند نمونه از کنترل داده‌های مکانی ساختاریافته مربوط به عوارض راه و غیر راه در محیط ArcView نشان داده شده است. در این راستا تفکیک عوارض راه در عبور از بلوک پوشش گیاهی و نیز عدم عبور راه از بلوک ساختمان کنترل شده است. با بررسی اتصالات عوارض راه، تفکیک این عوارض در تقاطعات ایجاد شده نظیر تقاطع راه آهن با راه اصلی و

عارضه خطاهای اختصاصی آن نیز در حین رقومی سازی برطرف می‌شود.

۳- استفاده از داده‌های توصیفی جهت ویرایش و ساختاردهی داده‌های مکانی مربوط به عوارض امکان برقراری بهتر روابط منطقی بین عوارض را فراهم می‌آورد و تفاوت‌های موجود بین معیارهای متفاوت ساختاردهی به داده‌های مکانی را در سیستم وارد می‌نماید.

۴- استفاده از طرح ارائه شده در این مقاله، سبب می‌شود که مراحل واسط بین رقومی سازی عوارض و ساختاردهی به داده‌های مکانی که در حال حاضر در واحدهای مختلف ویرایش، استرئوچک و NTDB سازمان نقشه برداری انجام می‌گیرد، تا حد قابل توجهی کاهش یابد.

با توجه به مطالب بیان شده مهم‌ترین پیشنهادها به شرح ذیل ارائه می‌شوند:

- ۱- توسعه سیستم تلفیقی حاضر برای ویرایش و ساختاردهی عوارض مسطحاتی و ارتفاعی دیگر
- ۲- استفاده از امکانات زبان برنامه‌نویسی Visual Basic برای اتصال پایگاه داده به سیستم رابط و استفاده از داده‌های توصیفی بیشتر در آماده‌سازی داده‌های مکانی در محیط Microstation
- ۳- در سیستم OCBPS2 نوع عارضه توسط کاربر به سیستم معرفی می‌شود. در صورتی که امکان شناسایی ماهیت عوارض به صورت اتوماتیک توسط سیستم به وجود آید تحولی بزرگ در ویرایش و ساختاردهی اتوماتیک داده‌های مکانی به وجود خواهد آمد.

تقاطعات انواع عوارض با عارضه راه اعمال می‌شود، قسمت عمده‌ای از کنترل‌های قسمت استرئوچک سازمان نقشه‌برداری که با مقایسه عوارض رقومی شده با مدل فتوگرامتری انجام می‌گیرد، توسط سیستم رابط انجام پذیر است. مسئله‌ای که در خصوص این سیستم لازم به ذکر است این است که به دلیل پیاده سازی آن به صورت نسخه علمی، قابلیت تعامل با کاربر در حالت نیمه اتوماتیک در نظر گرفته شده است. این امر در مواردی سبب افزایش پرسش‌ها از کاربر و در نتیجه افزایش زمان ساختاردهی به داده‌های مکانی می‌شود. در صورتی که سیستم بالا به صورت تجاری پیاده‌سازی شود، می‌توان تعداد پرسش‌ها را تا حد زیادی کاهش داد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج به دست آمده از این تحقیق به شرح زیر است:

- ۱- با انجام ویرایش و ساختاردهی داده‌های مکانی همزمان با رقومی سازی عوارض، هزینه و زمان ویرایش این داده‌ها کاهش می‌یابد. علاوه بر این به دلیل استفاده از مدل فتوگرامتری در ویرایش داده‌های مکانی قابلیت اعتمادپذیری داده‌ها نسبت به داده‌های ساختاریافته در روش Off-line به مراتب بیشتر است.
- ۲- با استفاده از سیستم تلفیقی طراحی شده، عملیات تشخیص و حذف اتوماتیک خطاها با ترکیبی از روش مبتنی بر تلورانس، قیود منطقی عوارض و اطلاعات توصیفی آنها و بر اساس ماهیت عوارض مدل فتوگرامتری انجام می‌شود. بدین ترتیب علاوه بر خطاهای هندسی هر

مراجع

- 1 - Ebadi, H., Farnood Ahmadi, F., Varshosaz, M., Valadan, M. (2007). "On-Line Integration of Photogrammetric and CAD Based Systems With Emphasis On Logical Relations Among Features." *Scientific Research J. Tabriz Uni.*, Vol. 33, No.3, PP. 49-58
- 2 - Tangelder, j., Ermes, P., Vosselman, G., Van den Heuvel, F. (2003). "CAD-Based Photogrammetry for reverse Engineering of Industrial Installations." *Int. Conf. on Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering*
- 3 - Ermes, P., (2000). *Constraints in CAD Models for Reverse engineering using Photogrammetry*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Amsterdam, Vol.32, Part B5
- 4 - Fraser, C.S., (1988). *State of the Art in Industrial Photogrammetry*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Kyoto, Vol.27, Part B5, pp.166-181
- 5 - Shi, W., Fisher, P.F., and Goodchild, M.F., (2002). *Spatial Data Quality*. Taylor & Francis Pub
- 6 - Meie, B., (1999). *Object-Oriented Software Production*. Scientific Pub

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1 - Object oriented CAD-Based Photogrammetric System
- 3 - Logical Consistency

- 2 - CAD Based Potogrammetry
- 4 - Logical Consistency and Attributes

ضمیمه ۱

| کلاس بندی عوارض در استاندارد و دستورالعمل تهیه نقشه های رقومی مقیاس ۱/۲۰۰۰ سازمان نقشه برداری | | | | | | | |
|---|-------------------|----------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|---------------|
| پوشش گیاهی | تأسیسات زیربنایی | ساختمان | سازه | عوارض آبی | محدوده ها | نقاط کنترل | هیپسوگرافی |
| باغ | انبیاء نفت و گاز | بلوک ساختمانی | استادیوم | آبریز | گمرک | نقاط ترازبایی | بریدگی مصنوعی |
| بوته زار | چاه گاز و نفت | ساختمان | اسکله | استخر | مجتمع صنعتی | نقاط ژئودزی | ترانشه |
| بیشه | حوضچه مواد نفتی | چیلر | برج | باتلاق | محوطه انبار | نقاط فتوگرامتری | خاکریز |
| تپه های شنی | خط انتقال نیرو | تراس | بهمن گیر | تالاب | منطقه آموزشی | | خط الرأس |
| جنگل | خط تلفن و تلگراف | گلخانه | حصار | چاه آب | منطقه اداری | | دپو |
| چمن | خط لوله | مجتمع ساختمانی | دیوار | خلیج | منطقه تجاری | | دره |
| درختکاری | مخزن آب، نفت، گاز | | سد | دریا | منطقه نظامی | | کوه |
| زراعت | | | سیلو | دریاچه | منطقه درمانی | | گودبرداری |
| شنزار | | | عوارضی | رود | ترمینال | | صخره |
| شوره زار | | | معدن | قنات | منطقه باستانی | | منحنی میزان |
| مرتع | | | موج شکن | کانال | قبرستان | | نقاط ارتفاعی |
| | | | باند فرودگاه | مانداب مرداب | منطقه مذهبی | | غار |
| | | | نرده | مسیل | منطقه تفریحی | | |
| | | | کوره | نهر | خرابه | | |

ضمیمه ۲

جدول ۱: چند نمونه از روابط منطقی عوارض موجود در زیر کلاسهای کلاس راه.

| راه در حال ترسیم | عارضه متقاطع با راه | رابطه منطقی |
|------------------|---------------------|--|
| آزادراه | بزرگراه | اگر تقاطع ۴ طرفه باشد از نوع غیر هم سطح است. اگر تقاطع ۳ طرفه باشد از نوع هم سطح است. را و عارضه هر دو امکان تفکیک دارند. |
| بزرگراه | بزرگراه | اگر تقاطع ۴ طرفه باشد از نوع غیر هم سطح باید باشد، ولی امکان تقاطع هم سطح نیز وجود دارد. اگر تقاطع ۳ طرفه باشد از نوع هم سطح است. راه و عارضه هر دو امکان تفکیک دارند. |
| بزرگراه | راه فرعی | اگر تقاطع ۴ طرفه باشد از نوع غیر هم سطح باید باشد، ولی امکان تقاطع هم سطح نیز وجود دارد. اگر تقاطع ۳ طرفه باشد از نوع هم سطح است. راه و عارضه هر دو امکان تفکیک دارند. |
| راه اصلی | بزرگراه | اگر تقاطع ۴ طرفه باشد از نوع غیر هم سطح باید باشد، ولی امکان تقاطع هم سطح نیز وجود دارد. اگر تقاطع ۳ طرفه باشد از نوع هم سطح است. راه و عارضه هر دو امکان تفکیک دارند. |
| راه فرعی | راه روستایی | اگر تقاطع ۴ طرفه باشد از نوع هم سطح است. اگر تقاطع ۳ طرفه باشد از نوع هم سطح است. تنها راه امکان تفکیک دارد. |
| راه روستایی | راه اصلی | اگر تقاطع ۴ طرفه باشد از نوع هم سطح است. اگر تقاطع ۳ طرفه باشد از نوع هم سطح است تنها عارضه امکان تفکیک دارد. |
| راه آهن | آزادراه | در این حالت تقاطع می تواند، تنها از نوع غیر هم سطح باشد. راه و عارضه هیچکدام امکان تفکیک ندارند. |

جدول ۲: چند نمونه از روابط منطقی بین عوارض کلاس راه با عوارض موجود در سایر کلاس ها.

| عارضه متقاطع با راه | رابطه منطقی |
|-------------------------|---|
| پوشش گیاهی - زیر کلاس ۱ | راه از این عوارض با تأیید کاربر امکان عبور دارد. در حالت LC عارضه تفکیک می شود و در حالت LCA با توجه به یکسان بودن attribute ۲ طرف راه، تفکیکی انجام نمی شود. امکان ختم راه به این عوارض با نظر کاربر وجود دارد. |
| هیپسوگرافی، زیر کلاس ۳ | در صورت عدم وجود کوه و دره، راه از روی منحنی میزان عبور می کند. در غیر این صورت عبور راه با شیب ملایم منجر به احداث تونل درون کوه و یا پل ارتباطی بر فراز دره می گردد. در این صورت به محض تشخیص تونل یا پل، در لایه های مربوطه نود زده می شود. اگر طول تونل یا پل از حد تلورانس مسطحاتی بیشتر بود، در لایه خطی ترسیم می شوند. |
| سازه، زیر کلاس ۴ | به دلیل عدم امکان عبور راه از حریم این عارضه، رأسی از راه که به درون پلیگون محدوده آن وارد می شود، جابجا می شود. راه ترسیمی درون حریم این عارضه در لایه راه دسترسی ترسیم می شود. امکان ختم راه به حریم این عارضه با نظر کاربر وجود دارد. |

