

# تولید خودکار مدل سه‌بعدی از داده‌های GIS جهت استفاده در نرم‌افزار واقعیت افزوده

فاطمه سعادت‌جو<sup>۱\*</sup>، احسان عابدی<sup>۲</sup>، محمدجواد رضایی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه کامپیوتر - دانشگاه علم و هنر یزد  
saadatjou@sau.ac.ir

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر - گروه کامپیوتر - دانشگاه علم و هنر یزد  
abedi.ehsan@yahoo.com  
mj.rezaei@stu.sau.ac.ir

(تاریخ دریافت آبان ۱۳۹۶، تاریخ تصویب اسفند ۱۳۹۶)

## چکیده

امروزه گسترش شهرها و زیرساخت‌های آن‌ها نظیر شبکه تأسیسات آب و گاز و مانند آن باعث گردیده سازمان‌ها به سمت یکپارچه‌سازی اطلاعات در قالب پایگاه‌های داده GIS حرکت کنند. پایگاه داده GIS می‌تواند به عنوان یک پایگاه داده ذخیره، بازیابی و تحلیل اطلاعات، کارآمد و مؤثر باشد. در این پایگاه داده مکانی داده‌های دارای اطلاعات مکانی و فضای هندسی بهینه‌سازی شده و قادر به نمایش اطلاعات هندسی مانند نقطه، خط، چندضلعی و ساختارهای پیچیده‌تر مانند پدیده‌های سه‌بعدی می‌باشند. یکی از بهترین راه‌های نمایش این اطلاعات، نمایش آنها به صورت سه‌بعدی است. سه‌بعدی‌سازی اطلاعات GIS با کمک نرم‌افزارهایی که برای این منظور طراحی گردیده دارای مشکلاتی مانند حجم بالای این نرم‌افزارها، داشتن دانش و مهارت لازم برای کار با آن‌ها و قیمت خیلی بالای آن‌ها می‌باشد، همچنین در این نرم‌افزارها سه‌بعدی‌سازی به صورت دستی و توسط یک نفر انجام می‌شود. در این مقاله با ارائه یک راهکار جهت بهبود تجسم داده‌های GIS و استفاده و نمایش این داده‌ها توسط تکنولوژی واقعیت افزوده سعی در بهبود و تسهیل روش‌های معمول نرم‌افزارهای سه‌بعدی‌سازی اطلاعات GIS شده است. در این روش در گام نخست پایگاه داده GIS شامل داده‌های ورودی که از نقشه‌های CAD و اطلاعات توصیفی تشکیل شده تولید می‌شود. در ادامه اطلاعات مورد نیاز جهت ساخت مدل سه‌بعدی از پایگاه داده استخراج و سپس با کمک کتابخانه Open Inventor و براساس گراف صحنه مدل سه‌بعدی اطلاعات تولید می‌گردد. در نهایت مدل سه‌بعدی تولید شده توسط این روش به کمک نرم‌افزار واقعیت افزوده طراحی شده برای این منظور، به نمایش گذاشته می‌شود. مدل تولید شده در این روش دارای حجم بسیار کمتری نسبت به مدل‌های تولید شده به روش‌های معمول می‌باشد، همچنین این روش مدل سه‌بعدی را اتوماتیک تولید میکند برای همین مزیت دیگر این روش سهولت استفاده از آن برای هر نوع کاربری بدون در نظر گرفتن دانش خاص در خصوص سه‌بعدی‌سازی اطلاعات GIS می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** واقعیت افزوده، سه‌بعدی‌سازی، GIS، Open Inventor

\* نویسنده رابط

## ۱- مقدمه

وجود هزاران کیلومتر خطوط لوله آب، گاز، مخابرات و دیگر تأسیسات مدفون در زیر زمین در محیط‌های شهری باعث ایجاد یک محیط با تراکم بالا شده است. خطا در تعیین محل حفاری برای نصب تأسیسات جدید و یا تعمیر تأسیسات فرسوده قبلی هزینه‌های زیاد حفاری، تأخیر، خسارت به اموال و در بعضی موارد خسارات جانی را به همراه دارد. در نتیجه داشتن یک سیستم خوب، دقیق و کارآمد جهت یافتن محل مناسب حفاری احساس می‌شود. یکی از روش‌های کاهش خطای حفاری استفاده از پایگاه داده GIS<sup>۱</sup> می‌باشد. تولید مدل سه‌بعدی از داده‌های GIS نیازمند زمان و مهارت لازم برای کار با نرم‌افزارهای سه‌بعدی‌سازی مانند Autocad map 3D و CityEngine می‌باشد. مسئله اصلی تولید خودکار یا تا حدی نیمه‌خودکار مدل سه‌بعدی از پایگاه داده GIS بدون استفاده از نرم‌افزارهای سه‌بعدی‌سازی برای استفاده در نرم‌افزار واقعیت افزوده می‌باشد.

در [۱] عملکرد و معنای ARGIS در معماری را از طریق بیان یک نمونه پروژه ساخت و ساز فرودگاه بیان می‌کند. مراحل اولیه ساخت و ساز پروژه شامل تکنیک 3S<sup>۲</sup>، واقعیت افزوده، واقعیت مجازی و تکنیک‌های پردازش تصویر دیجیتال می‌باشد. در این روش از اطلاعات دنیای واقعی برای حرکت در دنیای مجازی استفاده می‌شود. در [۲] به معرفی سیستمی مبتنی بر مکان و واقعیت افزوده برای شبکه‌های تأسیسات زیرزمینی از طریق GNSS<sup>۳</sup> می‌پردازد. این پروژه تحت افق ۲۰۲۰ اتحادیه اروپا و با بودجه کمیسیون اروپا برای طراحی سیستمی شامل نرم‌افزار و سخت‌افزار با نام LARA است. سیستم LARA ترکیبی از یک تبلت و یک مجموعه سخت‌افزار شامل سنسور موقعیت، شتاب‌سنج، قطب‌نما و ژيروسکوپ است و نرم‌افزار طراحی شده به زبان جاوا را بر روی سیستم عامل ویندوز ۸ اجرا می‌کند. داده‌های ورودی این سیستم بر اساس پایگاه داده GIS سه‌بعدی می‌باشد. در [۳] پروژه‌های را با همکاری شرکت انرژی DTE و دانشگاه میشیگان بر اساس GPS کنومانیک زمانی واقعی که نسبت به GPS

عادی دارای دقت بیشتری می‌باشد و پایگاه داده مکانی پیاده‌سازی گردیده است. سیستم مورد نظر برای استفاده بر روی بیل مکانیکی مجهز به سنسورهای مکان‌نما و مانند آن طراحی شده است. روش کار این پروژه به این صورت می‌باشد که ابتدا نقشه‌های طراحی شده در فرمت CAD توسط نرم‌افزار ArcGIS به فرمت فایل Shape تبدیل می‌گردد، سپس این Shape توسط نرم‌افزار Google SketchUp به صورت دستی به مدل سه‌بعدی تبدیل می‌شود. مدل تولید شده توسط نرم‌افزار واقعیت افزوده بر روی نمایشگری که بر روی کابین راننده نصب گردیده قابل نمایش است. در [۴] تمرکز اصلی بر روی ادغام GPS و INS جهت کاهش خطا می‌باشد. INS مجموعه‌ای از کامپیوتر و سنسورهای شتاب‌سنج و ژيروسکوپ می‌باشد که به طور مداوم در حال محاسبه موقعیت می‌باشد، این مجموعه با کمک RTKGPS باعث افزایش دقت در تعیین موقعیت می‌گردد. مدل سه‌بعدی طراحی شده برای استفاده در نمایش واقعیت افزوده یک نمونه ساده می‌باشد که به صورت دستی و توسط نرم‌افزارهای سه‌بعدی‌سازی تولید گردیده است. در [۵] سیستمی با نام Multi-View AR در حوزه علوم زیست محیطی و مانند آن برای نظارت بر سایت‌های مورد نظر طراحی شده است. داده‌های مورد نیاز محققین از طریق سنسورها و تجهیزات نصب شده در سایت بدست می‌آید. سپس از این داده‌ها برای شبیه‌سازی و مدل‌سازی سایت استفاده می‌گردد. این شبیه‌سازی در بعضی موارد درک درستی را در اختیار محققین قرار نمی‌دهد و این کار مستلزم حضور محققین در مکان سایت می‌باشد. وجود مشکلاتی چون مستقر بودن سایت در نقاط حادثه‌خیز باعث گردیده تکنیک طراحی شده از کارایی خوبی برخوردار گردد. در این تکنیک از چندین دوربین ثابت و متحرک برای ایجاد دیدهای مختلف از سایت استفاده شده است. مدل‌های تولید شده توسط محققین به صورت بلادرنگ<sup>۴</sup> توسط نرم‌افزار واقعیت افزوده بر روی هر یک از دیدهای سایت نمایش داده می‌شود. شکل ۱ نمایی از این نرم‌افزار را نشان می‌دهد.

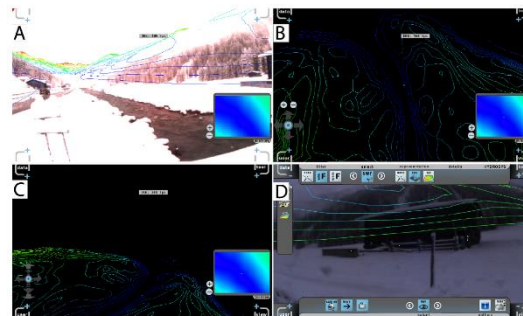
<sup>۱</sup> Geographic Information System

<sup>۲</sup> RS, GIS and GPS

<sup>۳</sup> GPS – GLONASS - Galileo - BeiDou

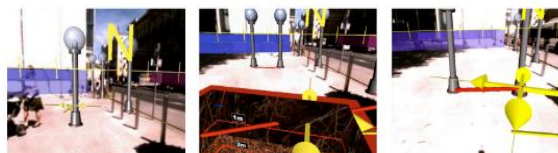
<sup>۴</sup> real-time

فرآیند اضافه کردن اطلاعات مجازی اضافی به یک شیء دنیای واقعی می‌باشد. این مقاله یک طبقه‌بندی برای حاشیه نویسی پیشنهاد می‌دهد، توصیف آنچه حاوی حاشیه نویسی است و ابعاد مختلف آن که در آن حاشیه نویسی می‌تواند متفاوت باشد. با استفاده از این طبقه‌بندی می‌توان مشخص کرد چه سبک‌هایی از حاشیه نویسی در انواع مختلف برنامه‌ها و زمینه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این طبقه‌بندی دو دسته‌بندی اولیه وجود دارد. برخی از حاشیه نویسی‌هایی که به طور مستقیم مربوط به شیء حاشیه نویسی می‌باشد در حالی که برخی دیگر تنها به صورت غیر مستقیم می‌باشند. همچنین حاشیه نویسی در این روش به صورت آنلاین می‌باشد. در [۹] به بررسی واقعیت افزوده، نرم‌افزارها، چالش‌ها و کارهای آینده این تکنولوژی می‌پردازد. در این مقاله ابتدا به مقایسه تکنولوژی واقعیت افزوده و واقعیت مجازی پرداخته و شباهت‌ها و تفاوت‌های این دو تکنولوژی مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه به ذکر حداقل ۱۲ کلاس مجزا برای دامنه کاربردهای واقعیت افزوده پرداخته شده است. این کلاس‌ها شامل: پزشکی، نظامی، تولیدی، سرگرمی، تجسم، رباتیک، آموزش، بازاریابی، زمین شناسی، برنامه‌ریزی ناوبری و مسیر، گردشگری، برنامه‌ریزی شهری، و مهندسی عمران هستند. چالش‌ها و مسائل از بعد فناوری، پذیرش اجتماعی و قابلیت استفاده و محدودیت‌هایی که در این زمینه وجود دارد بررسی گردیده است. این مقاله چشم‌انداز این تکنولوژی را در گرو پیشرفت‌های سخت‌افزاری مانند باطری و نمایشگر می‌داند و آینده خوبی را برای این تکنولوژی پیش‌بینی کرده است. در کلیه روش‌های بیان شده به جز سیستم LARA و ARGIS تمامی مدل‌های سه‌بعدی استفاده شده در نرم‌افزار واقعیت افزوده توسط نرم‌افزارهای طراحی سه‌بعدی، طراحی و ساخته شده‌اند. برای رفع این مشکل در این مقاله فرایند ساخت یک مدل سه‌بعدی به صورت خودکار یا نیمه خودکار انجام شده است به طوری که هیچ‌گونه نیازی به نرم‌افزارهای طراحی سه‌بعدی نداشته باشیم. سیستم LARA و ARGIS برای ساخت مدل سه‌بعدی از پایگاه داده GIS سه‌بعدی استفاده می‌کند که تولید و نگهداری این‌گونه پایگاه داده هزینه بیشتری نسبت به پایگاه داده‌های دو بعدی دارد. از طرفی اکثر سازمان‌ها در ایران یا از پایگاه داده GIS دو بعدی استفاده



شکل ۱- نمای سیستم Multi-View AR

در [۶] به شرح AR در مهندسی عمران و نقشه‌برداری پرداخته است. در آن مقاله سه هدف تعریف گردیده است: ۱- اطلاعات تجسم باید به راحتی قابل تغییر باشند. ۲- آرایش و چیدمان سازه‌های واقعی و مجازی باید قابل فهم باشد. ۳- تغییرات ایجاد شده در پایگاه داده با تجسم AR سازگار باشد. در ساخت و توسعه این نرم‌افزار از فریمورک دانشگاه گراتس با نام Studierstube استفاده شده است. این پروژه شامل قسمتی با نام Transcoding برای تولید مدل از داده‌های پایگاه داده بر اساس تعریف و ساخت یک گراف صحنه به خصوص می‌باشد. مدل تولیدی توسط فریمورک مربوطه برای نمایش واقعیت افزوده مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل ۲ نمایشی از این نرم‌افزار را در دنیای واقعی نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمایی از AR در مهندسی عمران

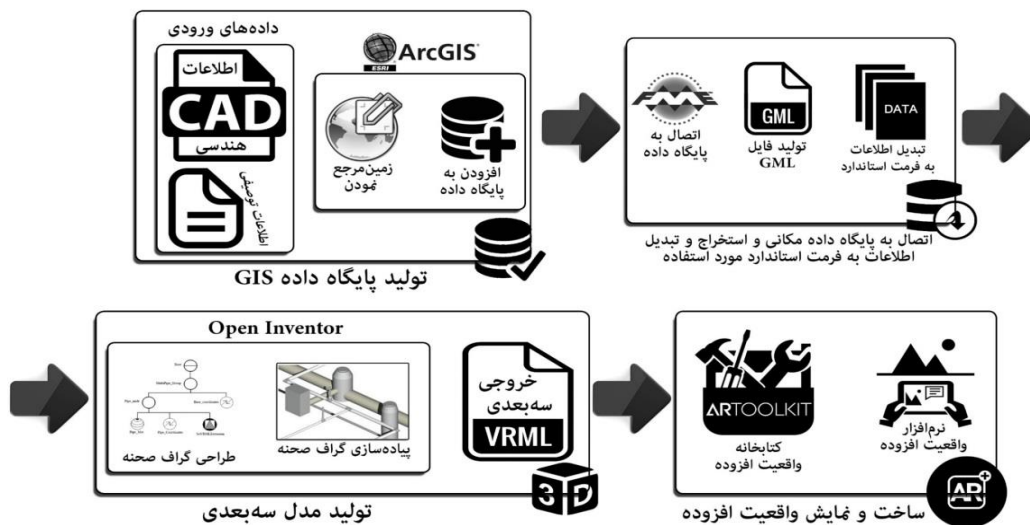
در [۷] تمرکز اصلی بر روی واقعیت افزوده در محیط باز و همچنین طراحی دستگاه واقعیت افزوده قابل حمل می‌باشد. این مقاله سه چالش را مورد توجه قرار داده است: ۱- سیستم باید قابلیت محاسباتی کافی را بر روی یک پلتفرم ارائه دهد که اجازه کار با باتری تا چند ساعت را بدهد. ۲- ارگونومیک دستگاه باید به گونه‌ای باشد که اجازه کار کردن برای دوره‌های طولانی، بدون خستگی را برای کاربر به همراه داشته باشد. ۳- این سیستم باید دارای ردگیری با ۶ درجه آزادی در زمان واقعی باشد. در این مقاله ارگونومیک خاصی به نام Vesp'R برای دستگاه واقعیت افزوده طراحی گردیده است. در [۸] به حاشیه نویسی در واقعیت افزوده پرداخته است. حاشیه نویسی

## ۲- روش پیشنهادی

همانطور که قبلاً بیان گردید هدف اصلی تولید مدل سه بعدی بصورت خودکار یا نیمه‌خودکار است. اطلاعات GIS درایران بر روی پایگاه داده‌های موجود در سازمان و شرکت‌های بخصوصی می‌باشد که معمولاً این اطلاعات را در اختیار عموم قرار نمی‌گیرد. به همین دلیل ما فرآیند تولید پایگاه داده و انتقال اطلاعات را خود طراحی و اجرا می‌کنیم. چارچوب رویکرد پیشنهادی این مقاله مطابق دیاگرام شکل ۳ در چند گام صورت می‌گیرد:

- گام ۱: طراحی و ساخت پایگاه داده GIS
- گام ۲: ارتباط با پایگاه داده GIS، تولید فایل GML و تبدیل اطلاعات فایل GML به فرمت استاندارد
- گام ۳: تولید مدل سه‌بعدی با کمک کتابخانه Open Inventor بر اساس گراف صحنه
- گام ۴: ساخت و نمایش واقعیت افزوده با استفاده از کتابخانه واقعیت افزوده

در ادامه هر یک از این مراحل رابه تفضیل شرح می‌دهیم.



شکل ۳- دیاگرام مراحل روش پیشنهادی

## ۲-۲- ارتباط با پایگاه داده GIS و استخراج اطلاعات

دسترسی به پایگاه داده و انتقال اطلاعات جغرافیایی معمولاً توسط استاندارد GML انجام می‌گردد. استاندارد GML استاندارد است برای انتقال اطلاعات جغرافیایی بر پایه XML. برای اتصال به پایگاه داده ساخته شده مراحل زیر انجام می‌شود.

می‌کنند یا از نقشه‌های CAD که به صورت دو بعدی می‌باشند. [۱۰-۱۲] لذا در مقاله پیش‌رو به سه‌بعدی سازی اطلاعات دو بعدی موجود در پایگاه داده GIS پرداخته می‌شود.

کار انجام شده در این مقاله استخراج اطلاعات مورد نیاز از پایگاه داده GIS و تولید مدل سه‌بعدی از این اطلاعات به صورت خودکار یا نیمه خودکار می‌باشد. انجام این کار شامل ۳ بخش می‌باشد. بخش اول اتصال به پایگاه داده GIS و استخراج اطلاعات، بخش دوم تولید مدل سه‌بعدی از داده‌های استخراج شده از پایگاه داده GIS و بخش سوم استفاده از مدل سه‌بعدی تولید شده در نرم‌افزار واقعیت افزوده می‌باشد.

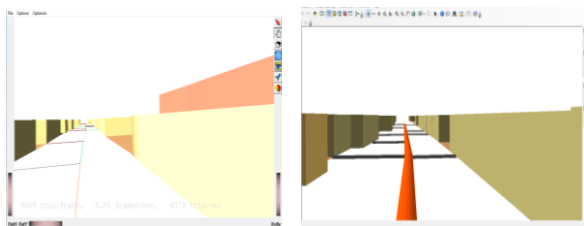
این مقاله در چهار بخش سازمان‌دهی شده است. بخش دوم روش پیشنهادی را شرح می‌دهد. ساخت و نمایش واقعیت افزوده در بخش سوم آمده است و در فصل آخر نتیجه‌گیری و پیشنهادات جهت انجام کارهای آینده بیان شده است.

## ۲-۱- انتخاب پایگاه داده مکانی

پایگاه داده مکانی به کار گرفته شده در این مقاله توسط نرم‌افزار ArcGIS طراحی و ساخته شده است. این پایگاه داده شامل نقشه‌های طرح جامع، خطوط آب و گاز منطقه‌ای از شهر مورد بررسی می‌باشد.

## ۳-۲- تولید مدل سه بعدی

برای تولید مدل سه بعدی می توان از نرم افزار ArcScene موجود در مجموعه نرم افزار ArcGIS استفاده کرد. از معایب این روش می توان گفت که مدل تولید شده فقط در این نرم افزار قابل استفاده می باشد و در صورت گرفتن خروجی VRML<sup>۱</sup> از آن (تنها خروجی سه بعدی موجود در نرم افزار) باعث از دست رفتن اطلاعات توصیفی می شود. همچنین در این روش مدل VRML مورد نظر، از کیفیت خوبی در بخش خطوط لوله برخوردار نمی باشد. شکل ۵ گویای این مطالب می باشد.



شکل ۵- مدل ساخته شده در محیط نرم افزار ArcScene (راست) خروجی VRML تولید شده توسط نرم افزار ArcScene (چپ)

به دلیل اینکه فایل GML یک نمایش دوبعدی را ارائه می دهد و از انعطاف پذیری کمی نیز برخوردار می باشد، در این مقاله از گراف صحنه که دارای انعطاف پذیری بالایی برای تولید مدل های سه بعدی می باشد استفاده می شود. استاندارد GML از گراف صحنه پشتیبانی نمی کند در نتیجه انتخاب ما برای تولید گراف صحنه ابزار Open Inventor می باشد. پس از استخراج اطلاعات مورد نیاز از فایل GML و دسته بندی آنها به اطلاعاتی مکانی و توصیفی نوبت به مدل سازی با کمک ابزار Open Inventor می رسد. ساختار طراحی ما بر اساس گراف صحنه می باشد که شامل تعدادی گره است. هر ویژگی<sup>۲</sup> در فایل GML به یک گره در گراف صحنه تبدیل می شود.

### طراحی گراف صحنه

یک گره عنصر اساسی از یک گراف صحنه است. هنگامی که یک گره ایجاد می شود به صورت خودکار به عنوان یک گره ریشه به پایگاه داده گراف صحنه اضافه می گردد. گره ها به سه دسته اساسی تقسیم می شوند:

- Shape nodes: نشان دهنده اشیاء هندسی سه بعدی

## انتخاب نرم افزار و روش تبدیل داده ها

برای استفاده از اطلاعات موجود در پایگاه داده GIS نیازمند استفاده از نرم افزارهایی می باشد که توانایی ارتباط برقرار کردن با پایگاه داده GIS را داشته باشد. به عنوان نمونه می توان به نرم افزارهای AutoCAD Map 3D و FME Desktop اشاره کرد که علاوه بر توانایی ارتباط با انواع پایگاه داده GIS توانایی تولید فایل GML را نیز دارند. انتخاب ما نرم افزار FME Desktop می باشد. از آنجا که هدف این پژوهش بهبود مکان یابی تأسیسات زیرزمینی از جمله خطوط گاز می باشد لذا از پایگاه داده تنها فایل GML خطوط گاز استخراج می شود. خطوط گاز از تعدادی ویژگی تشکیل شده است.

شکل ۴ ساختار مقادیر متناظر با یک لوله در فایل GML را نشان می دهد. همان گونه که در شکل ۳ نشان داده شده است هر ویژگی از دو قسمت اطلاعات مکانی و توصیفی تشکیل شده است. اطلاعات توصیفی شامل ID، لایه، نوع لوله، سایز و مانند آن می باشد (خطوط ۱۱ تا ۱۶ شکل) و اطلاعات مکانی نیز مختصات لوله را در سیستم مختصات UTM به صورت XYZ نشان می دهد (خط ۲۰ در شکل).

```

9 <gml:FeatureMember>
10 <fme:Gas_Pipeline gml:id="lda04c187e-e65e-445f-a309-e82cad60326">
11 <fme:OBJECTID_1>1</fme:OBJECTID_1>
12 <fme:Layer>PIPE_gaz</fme:Layer>
13 <fme:OBJECTID>0</fme:OBJECTID>
14 <fme:LABEL>p-31</fme:LABEL>
15 <fme:SIZE>63</fme:SIZE>
16 <fme:MATERIAL>PE</fme:MATERIAL>
17 <fme:Shape_Length>31.6035647798051</fme:Shape_Length>
18 <gml:curveProperty>
19 <gml:LineString srsName="EPSG:32639" srsDimension="3">
20 <gml:posList>486298.9188 3636658.5 0 486312.4473 3636697.0616 0</gml:posList>
21 </gml:LineString>
22 </gml:curveProperty>
23 </fme:Gas_Pipeline>
24 </gml:FeatureMember>
    
```

شکل ۴- فایل GML استخراج شده برای یک لوله

## تبدیل اطلاعات فایل GML به فرمت استاندارد

برای سهولت کار، فایل GML به صورت یک فایل متنی در نظر گرفته می شود. برای استخراج اطلاعات مکانی و توصیفی از این فایل شبه کد زیر در نظر گرفته شده است.

```

Read Gml_Pipe File;
Create UTM_Data File for Write Data;
Do
Get Layer from GML file;
Get Radiuse from GML file;
Get Coords_Point for Pipe from GML file;
While Value is in GML File
Write Layer, Radiuse and Coords_Point to
UTM_Data.
    
```

<sup>۱</sup> Virtual Reality Modeling Language

<sup>۲</sup> Feature

می‌شود. در ابتدا گره ریشه (Root) از نوع Separators ایجاد می‌گردد.

```
SoSeparator *Root = new SoSeparator();
Root->ref();
```

**گام سوم:** ایجاد گروه اصلی برای خطوط لوله. هدف از ایجاد این گروه سهولت کار برای اضافه کردن دیگر گروه‌ها مانند خطوط لوله دیگر تأسیسات، ساختمان‌ها و مانند آن می‌باشد.

```
SoGroup *MultiPipe_Group = new SoGroup;
Root->addChild(MultiPipe_Group);
```

**گام چهارم:** انتقال سیستم مختصات اصلی در Open Inventor مختصات اصلی در نقطه  $X=0$  و  $Y=0$  و  $Z=0$  می‌باشد. برای کاهش سردرگمی و همچنین خوانایی بهتر مدل تولیدی سه‌بعدی نقطه‌ای معمولاً مختصات اولین نقطه در فایل GML به عنوان نقطه مختصات اصلی در نظر گرفته می‌شود. گره SoTranslation از زیر مجموعه Property nodes وظیفه انتقال را برعهده دارد. گره Base\_coordinates ایجاد شده سیستم مختصات در گراف صحنه را به نقطه‌ای مشخص (مختصات UTM اولین نقطه در فایل GML) انتقال می‌دهد. این نقطه، نقطه صفر و مبدأ مختصات سیستم می‌باشد.

```
SoTranslation * Base_coordinates = new
SoTranslation;
Base_coordinates-
>translation.setValue(486298.9188, 3636658.5, 0);
MultiPipe_Group->addChild(Base_coordinates);
```

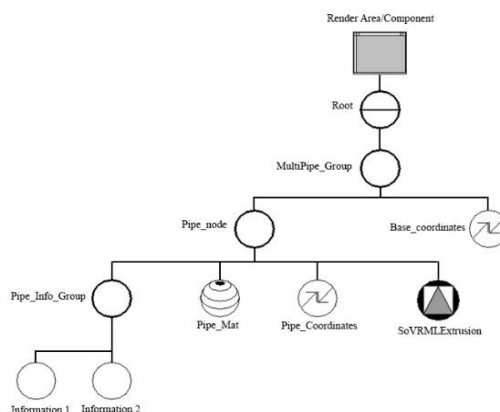
**گام پنجم:** خواندن اطلاعات از فایل اطلاعات استخراج شده از فایل GML در قالب فایلی با نام UTM\_Model.ut ذخیره گردیده است. شبه کد زیر وظیفه فراخوانی تابع PipeExtruder توسط این اطلاعات را بر عهده دارد.

```
Reading coordinate UTM from file:
Open UTM_Model File
Do
First_UTM ← First UTM Point
Read Layer From UTM_Model file
Read Radius From UTM_Modelfile
UTM_POINT ← for any pipe read UTM Point
First_Point_Pipe ← First point from UTM_POINT
Compute size (UTM_POINT)
Pipe_Spine ← UTM_POINT - First_Point_Pipe;
Trans = Local transform;
PipeExtruder(Lay, Radius_Inpute, Pipe_Spine,
LineIndices, Trans);
While Value is in UTM_Model File
```

است. Shape nodes توصیف فیزیکی هستند که تحت تأثیر Property nodes و Group nodes می‌باشند.

- Property nodes: نشان‌دهنده ظاهر و دیگر ویژگی‌های کیفی صحنه است و شامل سه زیرگروه transform یا انتقال، appearance یا خصوصیات گره شامل رنگ و بافت و metrics یا اطلاعات جغرافیایی از قبیل سیستم مختصات در Open Inventor می‌باشد.
- Group nodes: وظیفه جمع‌آوری گره‌ها در نمودار و قرار دادن آنها در یک گروه را برعهده دارد. در این گروه‌ها می‌توان انواع گره‌های دیگر از قبیل Property, Shape و سایر گره‌ها را قرار داد. کلاس پایه برای تمامی گروه‌ها SoGroup می‌باشد.

با ایجاد گروه‌ها و اتصال آنها می‌توان یک گراف صحنه را ایجاد نمود. شکل ۶ گراف صحنه پروژه مربوط به تولید خطوط لوله گاز در این مقاله را بر اساس سمبل‌های Open Inventor نشان می‌دهد.



شکل ۶- گراف صحنه تولید خطوط لوله گاز

- **پیاده‌سازی گراف صحنه**  
چگونگی ایجاد گراف صحنه توسط کتابخانه Open Inventor در ادامه به صورت گام به گام آمده است.

**گام اول:** مقداردهی اولیه Inventor

جهت تخصیص مقدار اولیه از تابع SoWin::init استفاده شده است.

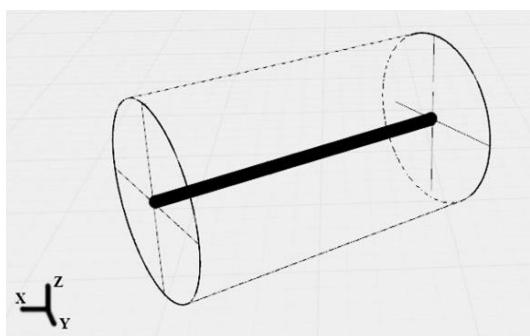
```
HWND window = SoWin::init(argv[0]);
if (window == NULL) exit(1);
```

**گام دوم:** ایجاد Separators

برای ایزوله کردن تأثیرات گره‌ها در گروه از SoSeparator که زیرکلاسی از SoGroup می‌باشد استفاده

در خصوص انجام عمل Extrusion بر روی مختصات خطوط لوله به روش زیر عمل می‌کنیم:

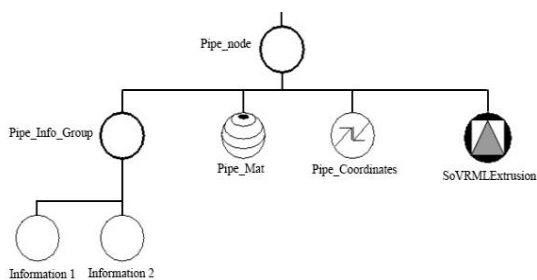
همان‌گونه که گفته شد سطح مقطع باید در صفحه XZ باشد و حول ستونی که در صفحه XY یا ZY می‌باشد Extrude گردد. با توجه به اینکه مختصات لوله‌ها در صفحه XY می‌باشد، به این منظور دایره‌ای را در صفحه XZ به عنوان سطح مقطع در نظر گرفته و آن را حول مختصات لوله‌ها که به عنوان ستون می‌باشد Extrude کرده و شکل سه‌بعدی هر لوله بدست می‌آید. شکل ۹ مدل تولیدی یک لوله را به کمک عمل گسترش نشان می‌دهد.



شکل ۹- مدل تولیدی لوله پس از انجام عمل گسترش

همان‌گونه که در شکل ۵ ساختار کلی گراف صحنه نشان داده شده است باید به این نکته توجه گردد که زیرگراف Pipe\_node به تعداد خطوط لوله به گراف صحنه اصلی، گره اضافه می‌کند. زیرگراف Pipe\_node در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

**گام هفتم:** گسترش سطح مقطع جهت تولید مدل سه‌بعدی جهت ایجاد مدل سه‌بعدی نیاز به گسترش سطح مقطع حول محور Y می‌باشد. برای این منظور از تابع PipeExtruder که در گام پنجم فراخوانی شده است استفاده می‌شود.

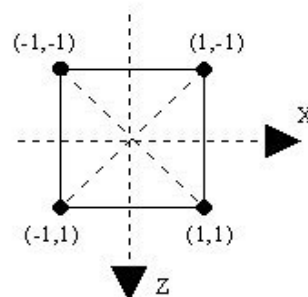


شکل ۱۰- گراف صحنه مربوط به زیرگراف Pipe\_node

### گام ششم: ساخت گره لوله

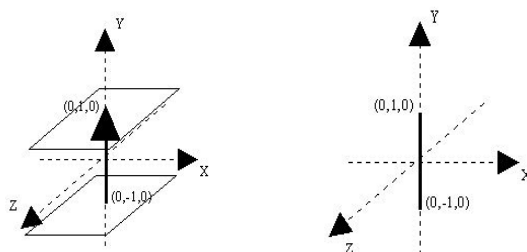
برای سه‌بعدی‌سازی مختصات از روش Extrusion یعنی گسترش دادن استفاده می‌شود. کلاس SoVRMLExtrusion در کتابخانه Open Inventor برای Extrusion مورد استفاده قرار می‌گیرد. در استفاده از کلاس SoVRMLExtrusion باید به نکات زیر توجه کرد:

سطح مقطع<sup>۱</sup> هر شکل، پایه و اساس گسترش آن شکل می‌باشد. به عبارتی دیگر، سطح مقطع مشخص می‌کند که پس از گسترش، شکل به صورت استوانه، چندضلعی و مانند آن گسترش یابد. به عنوان مثال یک مکعب را در نظر بگیرید. سطح مقطع یک مربع می‌باشد که در صفحه XZ قرار دارد. شکل ۷ نمونه‌ای از یک سطح مقطع را نشان می‌دهد.



شکل ۷- سطح مقطع مربعی

یکی دیگر از مفاهیم مورد نیاز در Extrusion ستون فقرات<sup>۲</sup> می‌باشد. ستون فقرات مسیری را که سطح مقطع برای ایجاد شکل حرکت می‌کند را تعریف می‌کند. در مثال فوق، برای ایجاد یک مکعب، می‌توان با شروع سطح مقطع از  $(0,-1,0)$  و حرکت دادن آن به سمت بالا به مختصات  $(0,1,0)$ ، مکعب را ایجاد کرد. شکل ۸ ستون فقرات و طریقه گسترش دادن یک سطح مقطع را نشان می‌دهد.



شکل ۸- ستون فقرات (راست). طریقه گسترش دادن سطح مقطع حول ستون فقرات (چپ)

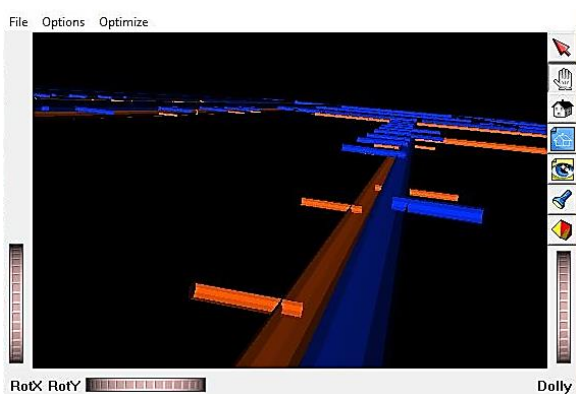
<sup>۱</sup> crossSection  
<sup>۲</sup> spine



سه‌بعدی‌سازی.

- Lineindices: تعداد نقاط مجموعه خطوط لوله.
  - Translation: آرایه انتقال محلی برای هر لوله.
- جهت تولید سطح مقطع دایره از تابع Make\_the\_cross استفاده شده است. خروجی این تابع آرایه‌ای از نقاط موجود بر روی محیط دایره‌ای با توجه شعاع ورودی تابع می‌باشد. خروجی این گام در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

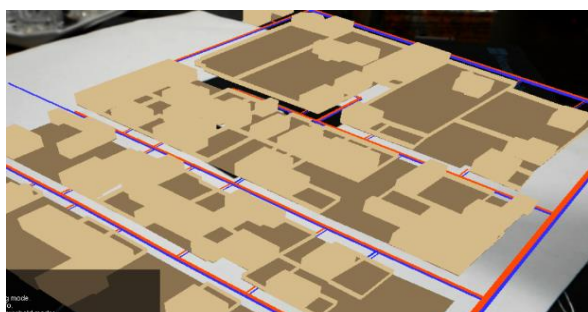
- خروجی گرفتن از مدل تولید شده
- جهت استفاده از مدل تولید شده در نرم‌افزار واقعیت افزوده باید مدل تولید شده ذخیره گردد. کتابخانه Open Inventor توانایی تولید مدل‌های VRML دارد.



شکل ۱۱- مدل سه‌بعدی تولید شده

### ۳- ساخت و نمایش واقعیت افزوده

در این مقاله برای تولید نرم‌افزار واقعیت افزوده از دو روش استفاده شده است. روش اول استفاده از کتابخانه ARToolkit و روش الگو محور این کتابخانه می‌باشد. روش دوم کتابخانه HoloToolkit و روش مبتنی بر دستگاه Hololens Microsoft می‌باشد. شکل ۱۲ خروجی روش الگو محور و شکل ۱۳ خروجی عینک Hololens را نشان می‌دهند.



شکل ۱۲- واقعیت افزوده الگو محور

```
// Extrude Pipe
SoSeparator * PipeExtruder()
{
// Make the array for cross section
Make_the_cross(Radius, numFace);
// Create Group for each pipe
SoSeparator *Pipe_node = new SoSeparator();
// Create Group information for pipe
SoGroup *pipe_Info_Group = new SoGroup;
Pipe_node->addChild(pipe_Info_Group);
// Set material
SoMaterial *Pipe_Mat = new SoMaterial;
// insert information
SoInfo *Pipe_name = new SoInfo;
if (Layer == 1)
{
Pipe_name->string.setValue("Layer = Gaz_pipe");
Pipe_Mat->diffuseColor.setValue(0.992, 0.341, 0.019);
}
else if (Layer == 2)
{
Pipe_name->string.setValue("Layer = Water_pipe");
Pipe_Mat->diffuseColor.setValue(0.019, 0.184, 0.992);
}
pipe_Info_Group->addChild(Pipe_name);
Pipe_node->addChild(Pipe_Mat);
//Transform for each pipe
SoTransform * Pipe_coordinates = new SoTransform;
Pipe_coordinates->translation.setValue(Translation);
Pipe_node->addChild(Pipe_coordinates);
//Extrusion the line for get the pipe
SoVRMLExtrusion *VRMLExtrude = new SoVRMLExtrusion;
VRMLExtrude->crossSection.setValues(0, numFace + 1, Cross_section);
VRMLE->orientation.setValue(0, 0, 1, 0);
VRMLE->scale.setValue(1,1);
VRMLE->solid.setValue(TRUE);
VRMLExtrude->spine.setValues(0, Lineindices, spine);
Pipe_node->addChild(VRMLExtrude);
return Pipe_node;
}
```

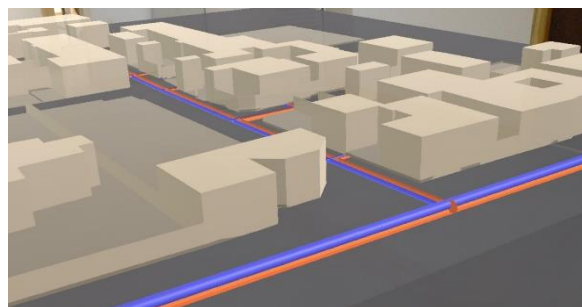
تابع PipeExtruder وظیفه تولید زیرگراف Pipe\_node را برعهده دارد. ساختار این تابع از نوع Separator می‌باشد. ورودی‌های این تابع به ترتیب عبارتند از:

- Layer: تعیین کننده نوع لایه خطوط لوله (گاز، آب و مانند آن).
- Radius: شعاع خطوط لوله.
- Spine: مجموعه نقاط خطوط لوله جهت



ورودی نرم افزار در قالب فایل GML می باشد، می توان نرم افزار را به گونه ای طراحی کرد که اطلاعات GML را از طریق اینترنت دریافت کند و پس از تجزیه و تحلیل داده های مدل مورد نظر را ساخته و به نمایش گذارد. این کار باعث می شود نرم افزار در هر نقطه ای از شهر قادر به ساخت و نمایش اطلاعات باشد.

با توجه به اینکه مدل ساخته شده بر اساس داده های UTM دنیای واقعی می باشد، می توان با کمک تکنولوژی هایی مانند SLAM و DGPS برای افزایش دقت مکان یابی و ردیابی به طراحی نرم افزار واقعیت افزوده محیطی پرداخت. نرم افزار واقعیت افزوده محیطی با دریافت موقعیت دقیق مکانی دستگاه و شناسایی محیط توسط ردیابی تصویر اقدام به نمایش مدل سه بعدی بر روی محیط دنیای واقعی می کند. از ابزارهای ردیابی تصویر می توان به کتابخانه (Parallel Tracking and Multiple Mapping) PTAMM دانشگاه آکسورد اشاره کرد. PTAMM قادر به تشخیص سطوح می باشد که از این قابلیت می توان جهت تشخیص سطح معابر برای قرار دادن دقیق مدل سه بعدی بر روی سطح معابر استفاده کرد.



شکل ۱۳- واقعیت افزوده Hololens

#### ۴- نتیجه گیری

با توجه به پیشرفت روز به روز تکنولوژی به خصوص تکنولوژی واقعیت افزوده و تأثیر آن بر زندگی انسان، بر آن شدیم از این تکنولوژی در جهت تسهیل در انجام تجسم اطلاعات GIS استفاده کنیم.

با توجه به مشکلاتی که در تجسم اطلاعات موجود در پایگاه داده مکانی وجود دارد، در این مقاله روشی طراحی گردیده است تا از طریق دریافت اطلاعات GIS یک منطقه در قالب فایل GML، مدل سه بعدی منطقه مورد نظر به صورت خودکار تولید گردد. مدل تولید شده توسط نرم افزار واقعیت افزوده ای که برای این منظور طراحی گردیده است به نمایش گذاشته می شود. با توجه به اینکه اطلاعات

#### مراجع

- [1] G. Yan, D. Qingyun, X. Lu, L. Yi and Z. Weiwei.(2008). "Application of augmented reality gis in architecture." The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, pp. 331-336.
- [2] E. Stylianidis, E. Valari, K. Smagas, A. Pagani, J. Henriques, A. Garca, E. Jimeno, I. Carrillo, P. Patias, Ch. Georgiadis, A. Kounoudes و K. Michail.(2016). " LARA: A location-based and augmented reality assistive system for underground utilities' networks through GNSS." Virtual System & Multimedia (VSMM).
- [3] Amir H. Behzadan ,Vineet R. Kamat.(2009). " Interactive augmented reality visualization for improved damage prevention and maintenance of underground infrastructure. "Construction Research Congress, American Society of Civil Engineers ,pp. 1214-1222.
- [4] Gethin W. Roberts, Andrew Evans, Alan H. Dodson, Bryan Denby, Simon Cooper, & Robin Hollands.(2002). "The Use of Augmented Reality, GPS and INS for Subsurface Data Visualisation." FIG XXII International Congress.
- [5] V. Eduardo, G. Raphael , K. Ernst and S. Dieter.(2012). "Extended Overview Techniques for Outdoor Augmented Reality." IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, pp. 565-572.
- [6] G. Schall, S. Zollmann and G. Reitmayr.(2013). "Smart Vidente: advances in mobile augmented reality for interactive visualization of underground infrastructure." Personal and Ubiquitous Computing, pp. 1533-1549.
- [7] Schall, G., Mendez, E., Kruijff, E., Veas, E., Junghanns, S., Reitingner, B., & Schmalstieg, D. (2009). "Handheld Augmented Reality for underground infrastructure visualization." Personal and Ubiquitous Computing, 281-291.
- [8] Jason Wither, Stephen DiVerdi, & Tobias Höllerer. (2009). "Annotation in outdoor augmented reality." Computers Graphics, 33(6), 679-689.
- [9] Mehdi Mekni, & Andr'e Lemieux. (2014). "Augmented Reality: Applications, Challenges and Future Trends." Proceedings of 13th International Conference on Applied Computer and Applied Computational Science.

- [10] B. Jamali, A. Sadeghi-Niaraki and R. Arasteh.(2015). "Application of Geospatial Analysis and Augmented Reality Visualization in Indoor Advertising." International Journal of Geography and Geology, 4, pp. 11-23.
- [11] T. L. Chou, and L. J. ChanLin.(2012). "Augmented reality smartphone environment orientation application: a case study of the Fu-Jen University mobile campus touring system." Procedia-Social and Behavioral Sciences, 46, pp. 410-416.
- [12] D.Schmalstieg, and D. Wagner.(2007). "Experiences with handheld augmented reality." 6th IEEE and ACM International Symposium on In Mixed and Augmented Reality, pp. 3-18.