

تبدیل Shapefile به فرمت داده CityGML و نمایش سه‌بعدی آن

اداره کل سامانه‌های ملی و
زیرساخت‌های اطلاعات مکانی

نگارنده: علیرضا امیری
(کارشناس سامانه‌های اطلاعات مکانی)

تیر ۱۴۰۱

فهرست مطالب

۱- مقدمه	۱
۲- نرم افزار تجاری Safe Software FME Desktop	۲
۲-۱- پیش گفتار و آشنایی با نرم افزار FME	۲
۲-۲- نصب نرم افزار FME	۴
۲-۳- کار با نرم افزار FME	۱۰
۲-۳-۱- مثال ۱: تبدیل shapefile حاوی ساختمان ها به فرمت CityGML	۱۰
۲-۳-۲- مثال ۲: تبدیل shapefile حاوی عوارض آبی به فرمت CityGML	۲۴

۱- مقدمه

تبدیل shapefile به GML (یا CityGML) هنگامی مورد نیاز است که انتقال داده ها از یک جا به جایی دیگر مطرح باشد. Shapefile در مقایسه با GML، سنگین تر است. از طرف دیگر، می توان ادعا نمود که همان کارهایی را که کاربران می توانند با فایل های desktop GIS انجام دهند، با GML (یا CityGML) نیز می توانند انجام دهند.

GML، می تواند انواع عوارض مکانی را تشریح و توصیف کند. این زبان، یک زبان XML مبنا است که شامل دو قسمت است: ۱- شما^۱ که سند GML را شرح می دهد و ۲- سند نمونه^۲ که شامل داده های واقعی است. شما^۳ی GML این امکان را به کاربران و توسعه دهندگان می دهد تا مجموعه داده های مکانی را که شامل نقاط، خطوط و پلیگون ها می باشند، شرح دهند.

شما^۳ یعنی توضیح دادن یک موضوع و اجزای آن در قالب مدل و دیاگرام، بدون اشاره به جزئیات.

هدف این است که ببینیم چگونه shapefile های مورد نظر را با استفاده از نرم افزارهای مختلف مانند FME و ... به عوارضی که با استاندارد CityGML سازگار است، تبدیل کنیم. اما ابتدا نیاز است با استاندارد CityGML آشنا شویم.

City Geography Markup Language (CityGML)

CityGML یک استاندارد بین المللی برای ممکن ساختن نمایش قابل تعامل و تبادل مدل های مجازی سه بعدی شهرها و مناظر است. CityGML، یک مدل داده استاندارد باز است و همچنین یک فرمت تبادل داده نیز محسوب می شود که ذخیره سازی مدل های سه بعدی رقومی شهرها و مناظر را انجام می دهد و توسط OGC ارائه شده است. این مدل شهری، شامل هندسه و توصیفات می باشد و حتی یک مدل شهری معنایی^۳ نیز به حساب می آید. لذا CityGML قابلیت تعامل پذیری داده ها را در زمینه خدمات وب مکانی و زیرساخت های داده های مکانی تسهیل می کند.

^۱- schema

^۲- instance document

^۳- semantic

این مدل داده، هندسه سه بعدی، توپولوژی، معنا و ظاهر اشیای توپوگرافی مربوطه را در محیطهای شهری تعریف می کند. این تعاریف، در سطوح مختلف از جزئیات^۱ (مدل چند رزولوشنی) که به خوبی تعریف شده اند، ارائه می شود. تمرکز CityGML بر جنبه های معنایی مدل های شهری سه بعدی، ساختارها، طبقه بندی ها و تجمیع این جنبه های معنایی است که به کاربران اجازه می دهد از مدل های شهر سه بعدی مجازی برای تحلیل های پیشرفته و ویژوالیزه کردن در حوزه های کاربردی مختلف مانند برنامه ریزی شهری ناوبری، شبیه سازی های محیطی، میراث فرهنگی، و ... استفاده کنند. این، برخلاف مدل های صرفاً هندسی/گرافیکی مانند KML، VRML یا X3D است که جنبه های معنایی را به اندازه کافی ارائه نمی کنند. CityGML بر اساس زبان GML است که یک مدل هندسی استاندارد ارائه می دهد.

CityGML یک شمای مفهومی (طرح مفهومی) برای بسیاری از موجودیت های شهری مانند ساختمان ها، راه ها، راه آهن ها، تونل ها، پل ها، مبلمان شهری، بدنه های آبی، پوشش گیاهی و زمین تعریف می کند. شمای مفهومی این موضوع را مشخص می کند که چگونه و در کدام بخش ها و کدامیک از اشیاء فیزیکی دنیای واقعی باید تجزیه و طبقه بندی انجام گیرد. به عبارت دیگر، این شمای مفهومی، یک مدل مفهومی است که شامل کلاس های عوارض شهری و رابطه میان آنها است و این توضیح، با استفاده از زبان GML – که یک زبان مبتنی بر قوانین XML است – ارائه می گردد تا برنامه نویسان بتوانند در پیاده سازی های خود از آن بهره گیرند. CityGML یک شمای ثابت دارد، بنابراین شما فقط می توانید انواع feature type مجاز را در آن درج کنید.

همه اشیا را می توان با توجه به بعد معنایی؛ هندسه سه بعدی؛ توپولوژی سه بعدی؛ و ظاهر آنها در پنج سطح از پیش تعریف شده از جزئیات، به نمایش گذاشت (LOD 0-4). LOD، مخفف Multiple Level of Detail است. البته هرچند که CityGML برای تبادل و ذخیره مدل های سه بعدی ساختمان ها مناسب است، اما نمی تواند مستقیماً بر روی وب مشاهده شود. مثلاً اگر از نرم افزار Cesium به عنوان یک اپلیکیشن تحت وب استفاده می کنید، نیاز دارید که فرمت CityGML را به فرمت ۳D Tiles تبدیل کنید. برای انجام این تبدیل نیز، FME Workbench بهترین ابزار است یا اینکه می توانید مستقیماً از فرمت ۳D Tiles استفاده کنید. CesiumJS، یک کتابخانه جاوا اسکریپت متن باز برای نقشه های دو بعدی و کره های سه بعدی در یک مرورگر وب است که می تواند عمل رندر کردن مدل های سه بعدی ساختمان ها را انجام دهد.

FME، برای استخراج، پالایش و بارگذاری داده ها در زمان ساخت انبار داده ها استفاده می شوند به این صورت که اطلاعات را از یک یا چند منبع مختلف جمع آوری و پالایش کرده و در نهایت در انبار داده بارگذاری می کنند. در این نرم افزار تمامی عملیات بدون نیاز به کدنویسی و تنها با استفاده از کشیدن و رها کردن قابل انجام هستند و شما می توانید سریع، راحت و بدون نوشتن حتی یک خط کد، بیش از ۴۷۵ نوع از فرمت داده ها از جمله CAD، GIS، Point، Vectors، Rasters، XML، Cloud & Web services، Spreadsheets، Databases & Spatial databases، را بین اپلیکیشن ها و دسکتاپ های مختلف جا به جا کرده، ویرایش و تفسیر کنید.

۲- نرم افزار تجاری Safe Software FME Desktop

۲-۱- پیش گفتار و آشنایی با نرم افزار FME

^۱ Level-of-Detail (Multiresolution model)

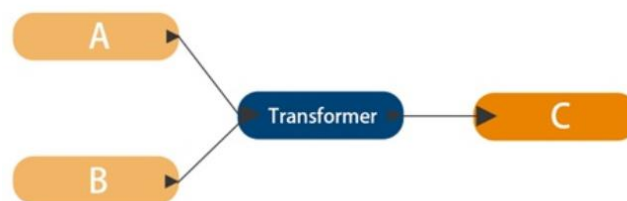
^۲ 3D Globes

FME، مخفف عبارت Feature Manipulation Engine است. تمام تبدیل‌ها و دستکاری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار FME که توسط شرکت کانادایی Safe تولید شده، قابل انجام است.

داده‌ها از منابع مختلف و در فرمت‌های مختلف را می‌توان با استفاده از چیزی موسوم به Readers به FME ایمپورت کرد. سپس این داده‌ها را می‌توان با استفاده از چیزی به نام Transformers دستکاری کرد. پس از تکمیل دستکاری، داده‌های جدید تولید شده را می‌توان با استفاده از به اصطلاح Writer، در فرمت خروجی مورد نظر اکسپورت گرفت.

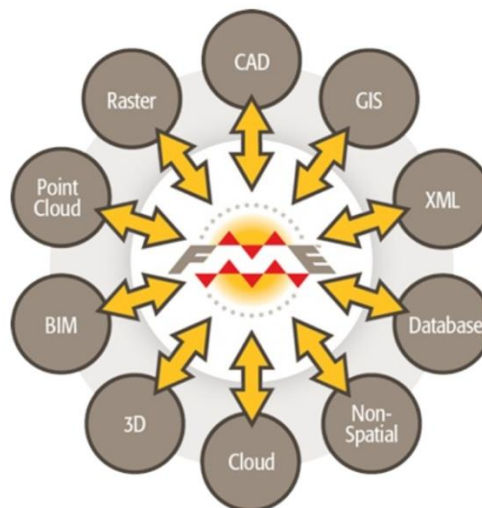
اساساً FME، یک ابزار Data Translation است. منظور از Data Translation، تبدیل داده از یک فرمت به فرمت دیگر است. مثلاً اگر بخواهید داده‌های اکسلی خود را در یک پایگاه داده باز کنید، و یا بخواهید داده‌های وب را استخراج و به فرمت‌های HTML، JSON، و یا XML تبدیل نمایید، (بدون کدنویسی)، بهتر است از FME استفاده کنید که امکان تبدیل فرمت میان انواع فرمت‌های مختلف را مهیا می‌کند.

FME، یک پلتفرم یکپارچه‌سازی (ترکیب) داده‌ها^۱ است که از تمامی داده‌های مکانی پشتیبانی می‌کند. کلمه یکپارچه‌سازی معمولاً برای مواقعی بکار می‌رود که داده‌ها از منابع مختلف با یکدیگر تلفیق می‌شوند.



از قابلیت‌های یکپارچه‌سازی FME می‌توان در تبدیل فرمت فایل‌ها (علاوه بر اعمال تغییرات روی فایل‌ها) استفاده نمود.

موتوری در داخل FME موجود است که از انواع داده‌ها، فرمت‌ها و اپلیکیشن‌ها پشتیبانی می‌کند، مانند: Excel، CSV، XML و پایگاه‌های داده، به علاوه انواع مختلفی از فرمت‌های داده‌های مکانی شامل: GIS، CAD، BIM و ...



نرم‌افزار یا Data Integration Platform ای که در بالا معرفی کردیم و نام آن FME است، ماژولی است که شامل سه قسمت است:

- FME Desktop
- FME Server

^۱ - data integration

• FME Cloud

FME Desktop، امکان کانکت شدن و تغییر روی داده‌ها و تبدیل آنها را فراهم می‌آورد و در این متن، صرفاً به این قسمت پرداخته می‌شود. به عنوان مثال، می‌توان داده‌های اکسل را فراخوانی نموده و آنها را به پایگاه داده MySQL اضافه نمود، یا می‌توان shapefileها یا DWGهایی را به GML تبدیل نمود. در کل، می‌توان امکانات و ویژگی‌های FME Desktop را به صورت زیر لیست کرد:

- کار با تمامی اطلاعات در یک نقطه مرکزی: به شما اجازه می‌دهد داده‌هایی از صد منبع را وارد کنید و به صد منبع خروجی بگیرید
- تبدیل داده‌ها از A به B، انجام یکپارچگی پیچیده
- شامل بیش از ۴۷۵ تبدیل‌کننده داده برای کنترل کامل بر محتوا، ساختار و استایل داده‌های شما
- پشتیبانی از بیشتر فرمت و پروتکل‌ها که به شما اجازه می‌دهد تقریباً هرگونه اطلاعات را از هر سیستم متصل کنید.
- ۴۳ راه جدید برای تبدیل داده‌ها، اضافه شدن ۱۳ تبدیل‌کننده
- ترجمه داده بین سیستم‌ها
- کنترل فایل‌های خروجی یا انواع ویژگی بر اساس یک مقدار مانند صفت توصیفی یا لایه
- ایجاد اسکریپت به صورت خودکار، نشان دادن جداول، اجرای کوئری‌های SQL با استفاده از FME SQL editors
- مشاهده ورودی و خروجی داده‌ها تنها با یک کلیک در هنگام ساخت گردش کار

مراحل کلی که در FME، برای تبدیل نیاز است انجام شود، به شرح زیر است:

- ۱- ایجاد کردن یک Workspace جدید (فرمت داده‌های ورودی و خروجی در این مرحله انجام می‌شود. Workspaceها، قابل تکرار هستند و می‌توانند دوباره اجرا شوند)
- ۲- ذخیره کردن Workspace (معمولاً فایل با پسوند fmw)
- ۳- اجرا نمودن Workspace و شروع شدن عمل تبدیل
- ۴- دیدن نتایج Workspace (برای کنترل صحت انجام کار تبدیل یا انجام نشدن آن)

مرجع: <https://www.safe.com/training/recorded/> (لینک FME Desktop 2019 Basic Training که به یک فایل PDF، ارجاع دارد)؛

<https://www.safe.com/fme/fme-desktop/tour/2019.0>

<https://www.safe.com/webinars/how-to-easily-read-and-write-citygml-data-using-fme/>

<https://gis.stackexchange.com/questions/216263/generating-citygml-file-with-number-of-storey-attribute-values-from-shp-file>

<https://downloadly.ir/software/utility/safe-software-fme/>

<https://p30download.ir/fa/entry/81845/>

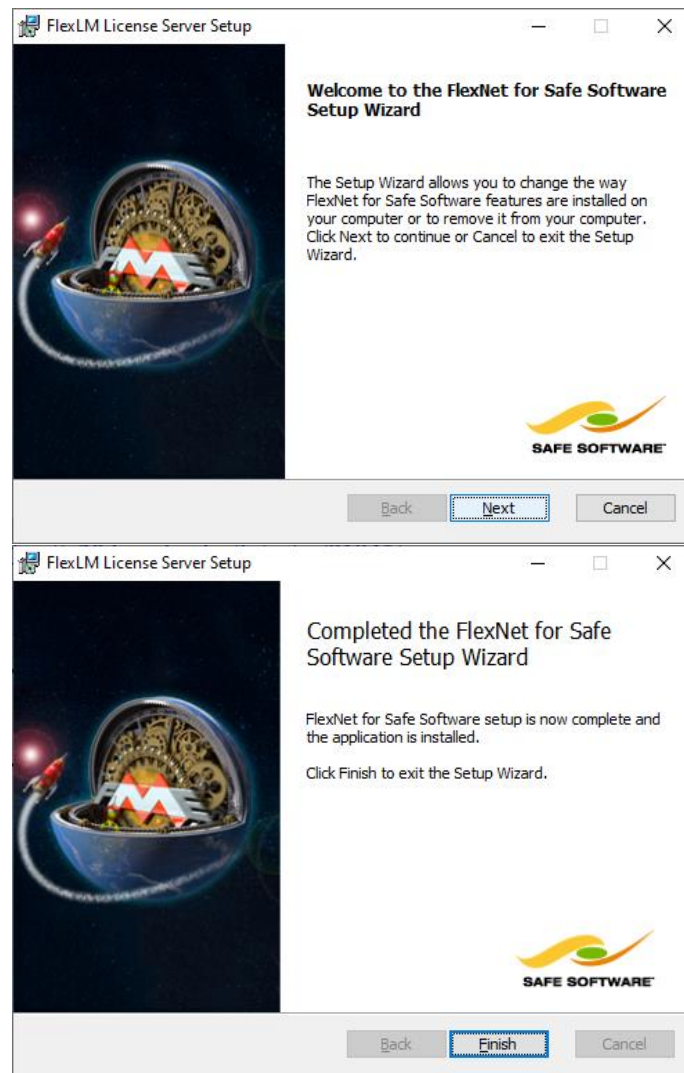
۲-۲- نصب نرم افزار FME

در اینجا، نحوه نصب نرم‌افزار شرح داده می‌شود. نسخه‌ی استفاده شده، نسخه ۲۰۱۹،۲،۱ است که با موفقیت در ویندوز ۱۰، ۶۴ بیتی نصب شده است. نرم‌افزار از طریق وب سایت <https://downloadly.ir/> دانلود شده است.

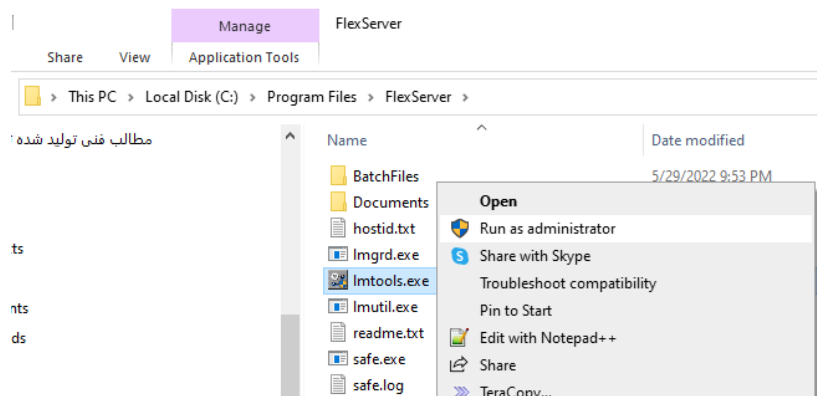
مراحل نصب در فایل Readme.txt که در فولدر Crack موجود است، گفته شده. این مراحل به شرح زیر هستند:

✓ ابتدا باید FlexNET Floating License Manager را که در فولدر Crack وجود دارد، نصب کرد. این کار، پیش‌نیاز نصب نرم‌افزار است که باید انجام شود.

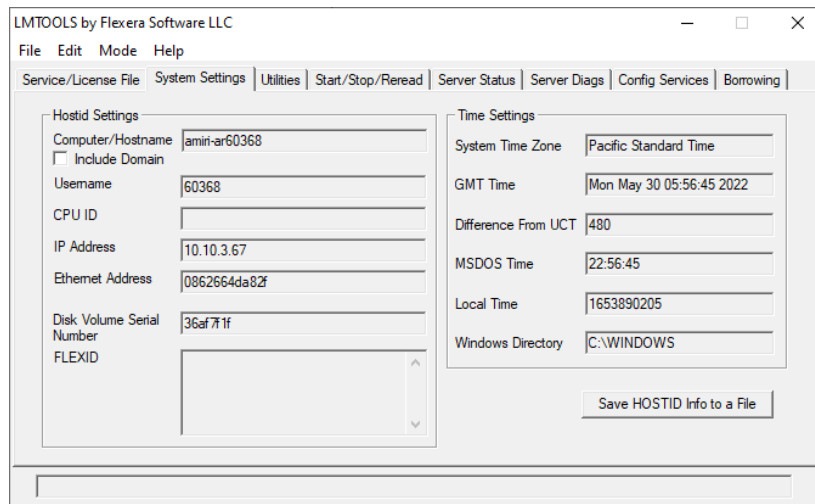
نکته: فایل به نام Imcryptsafe.exe در فولدر Crack وجود دارد که ممکن است آنتی ویروس سیستم شما آن را پاک کند. می‌توانید برای جلوگیری از این امر، فولدر Crack را جزء Trusted Zone آنتی ویروس درج نمایید. شایان ذکر است اگر نرم‌افزار FME از وبسایت فارسی <https://patoghu.com/> اخذ شود، آنتی ویروس سیستم شما، حساسیتی به فایل کرک Imcryptsafe.exe آن نشان نمی‌دهد و نیاز به تنظیمات Trusted Zone آنتی ویروس نمی‌باشد.



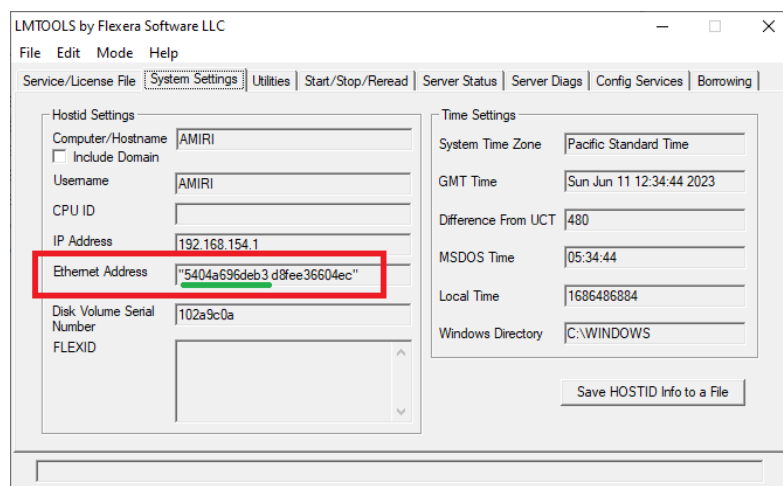
✓ وارد مسیر C:\Program Files\FlexServer\ می‌شویم و فایل Imtools.exe را اجرا می‌کنیم.



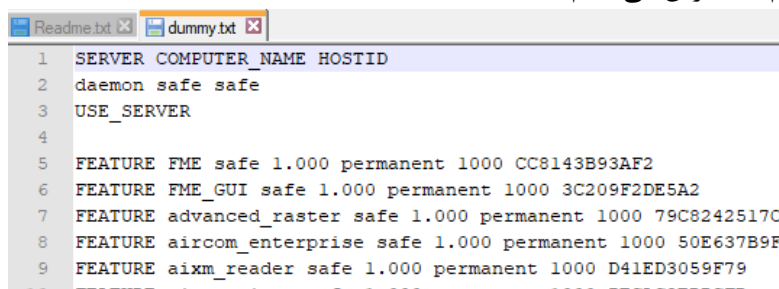
با اجرا کردن فایل Imtools.exe، پنجره شکل زیر باز می‌شود. وارد تب System Settings شده و مقادیر مندرج در فیلدهای Computer/Hostname و Ethernet Address را یادداشت می‌کنیم.



نکته: گاهی اوقات Ethernet Address یا Host ID، یک عبارت دو تکه‌ای است (کادر قرمز شکل زیر). در این صورت فقط تکه اول آن را – که مطابق شکل زیر خط سبزی ذیل آن کشیده شده – بدون علامت دابل کوتیشن، یادداشت می‌کنیم.



✓ فایل dummy.txt را باز می‌کنیم و COMPUTER_NAME و HOSTID را با مقادیری که از مرحله قبل یادداشت کرده‌ایم، جایگزین می‌کنیم.

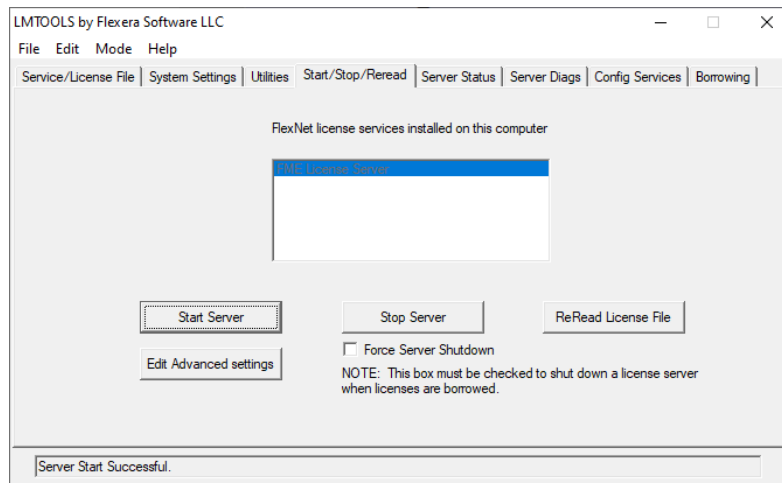


✓ فایل makekey.bat را اجرا می‌کنیم. برای اطمینان از اجرای این فایل، بهتر است، آن را در محیط cmd اجرا کنیم. لذا ابتدا این فایل را در یک محیط Editor باز کنید. یک خط کد در این فایل درج شده است:

`lmcryptsafe.exe -i dummy.txt -o safe.lic`

در محیط cmd، وارد فولدر Crack شوید (که همه فایل‌های کرک، داخل آن قرار دارند) و سپس دستور بالا را اجرا کنید تا فایل به نام safe.lic در داخل فولدر Crack ایجاد شود. سپس این فایل را در مسیر C:\Program Files\FlexServer\ کپی کنید.

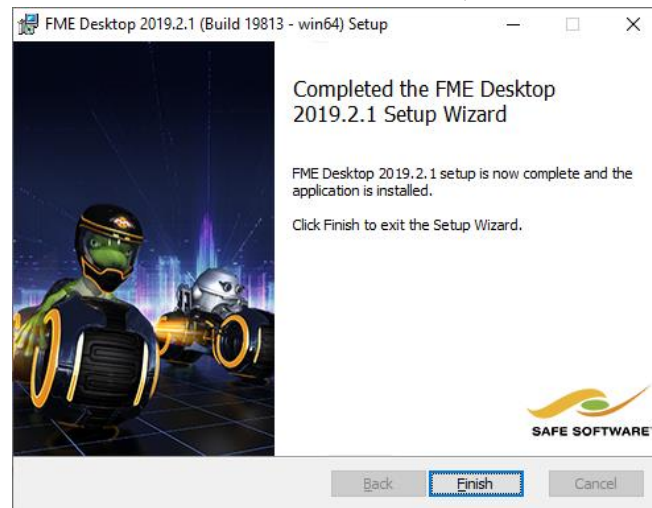
✓ در پنجره Imtools - که قبلاً آن را باز کرده‌اید - و در داخل تب Start/Stop/Reread، دکمه Stop Server و سپس ReRead License File را کلیک کنید و در نهایت دکمه Start Server را کلیک کنید. پیغام Server Start Successful در پایین این پنجره ظاهر می‌شود. اکنون نرم‌افزار FME، آماده اجرا شدن می‌باشد.



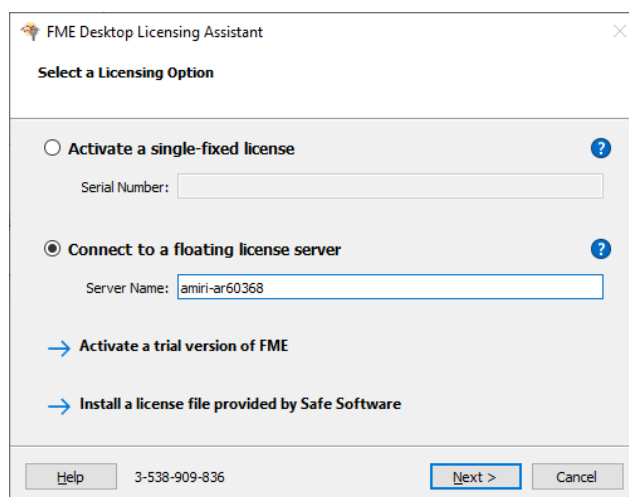
✓ فایل اجرایی نصب نرم‌افزار FME را اجرا کنید.

`fme-desktop-2019.2.1-b19813-win-x64...`

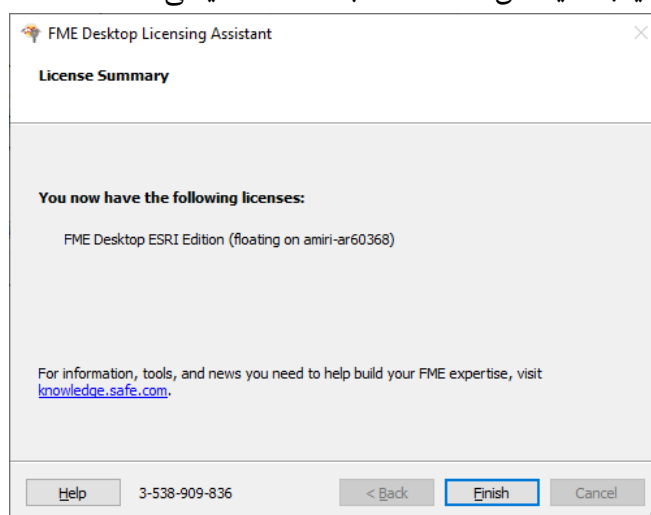
و پنجره‌های ویزاردی نصب را تایید کرده و نرم‌افزار را نصب کنید.



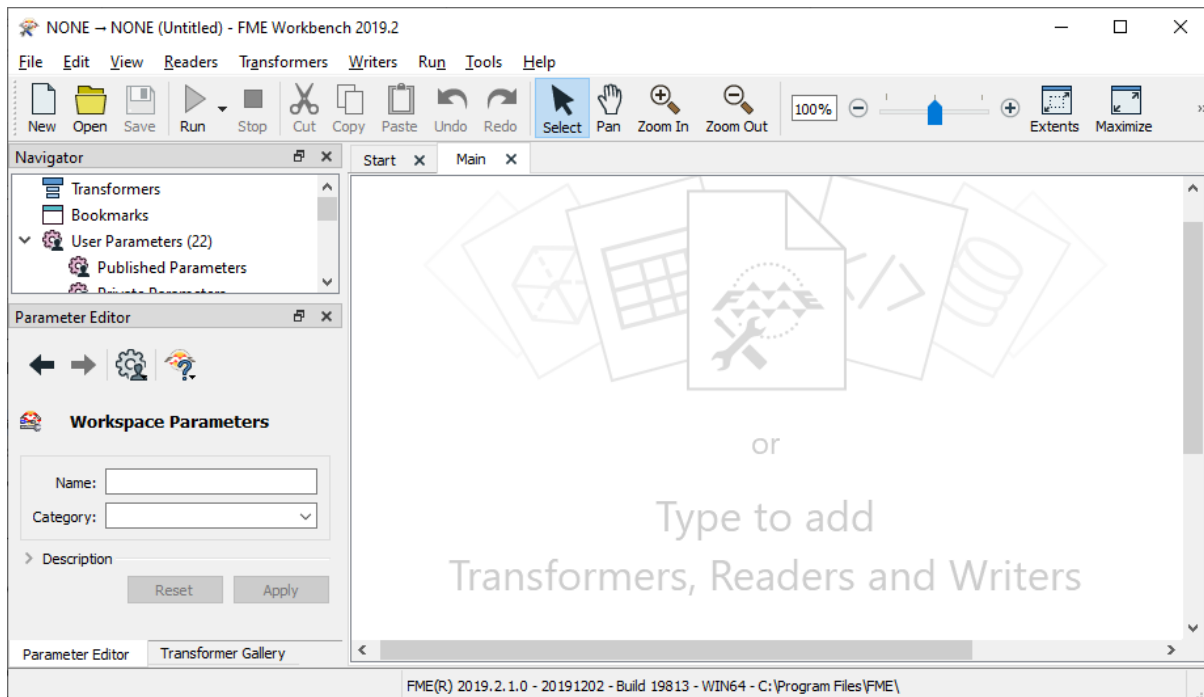
✓ بعد از کلیک روی دکمه Finish، پنجره بالا، پنجره زیر باز می‌شود. نام کامپیوتر خود را در قسمت مربوط به آپشن Connect to a floating license server وارد کنید و دکمه Next را کلیک کنید.



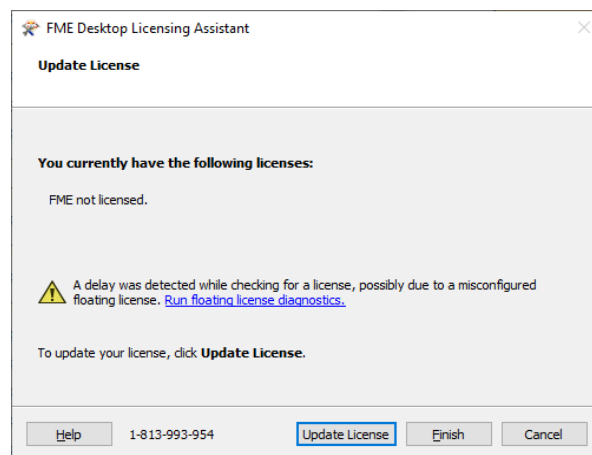
بعد از کلیک روی دکمه Next در پنجره بالا، پنجره دیگری باز می‌شود که لایسنس مدنظر را در آن انتخاب می‌کنید. به عنوان مثال، در اینجا، لایسنس ESRI انتخاب شده است، یعنی FME Desktop ESRI Edition.



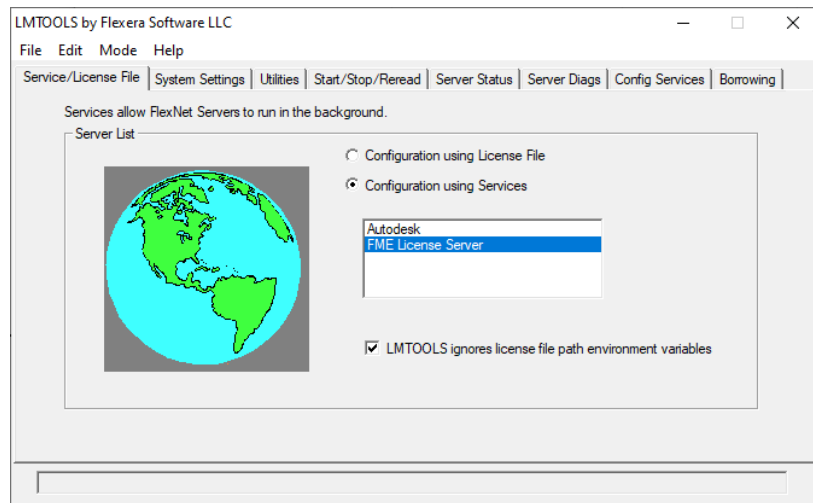
با کلیک روی دکمه Finish پنجره بالا، نرم‌افزار FME، آماده استفاده است. می‌توانید با درج عبارت FME Run در Workbench 2019.2 ویندوز، اقدام به اجرای نرم‌افزار کنید.



نکته: چنانچه بعد از مدتی، هنگام اجرای FME، خطایی مبنی بر لایسنس نرم‌افزار گرفته شد و پیغامی مشابه زیر مشاهده شد،



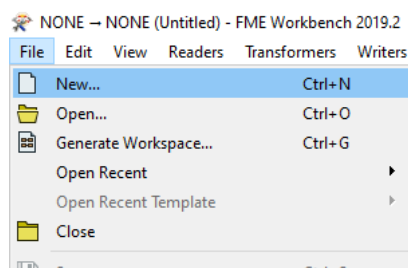
ابتدا با اجرای فایل lmtools.exe (واقع در مسیر C:\Program Files\FlexServer) و باز شدن پنجره زیر، وارد تب Service/License File شوید و گزینه FME License Server را هایلایت کنید. سپس وارد تب Start/Stop/Reread شوید، و دکمه Start Server را کلیک کنید تا فایل لایسنس safe.lic که قبلاً در هنگام نصب FME ایجاد کرده‌اید و در مسیر C:\Program Files\FlexServer کپی کرده‌اید، مجدداً مورد استفاده قرار گیرد و پیغام Server Start Successful در پایین پنجره نمایان شود. با این کار، احتمالاً مشکل برطرف خواهد شد.



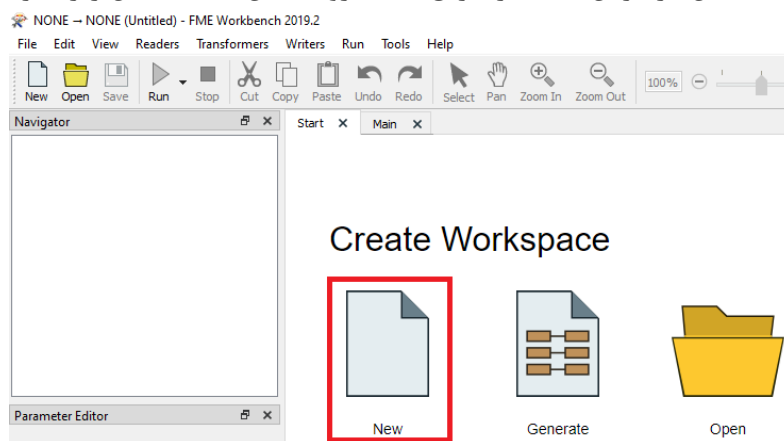
۳-۲- کار با نرم افزار FME

۳-۲-۱- مثال ۱: تبدیل shapefile حاوی ساختمان ها به فرمت CityGML

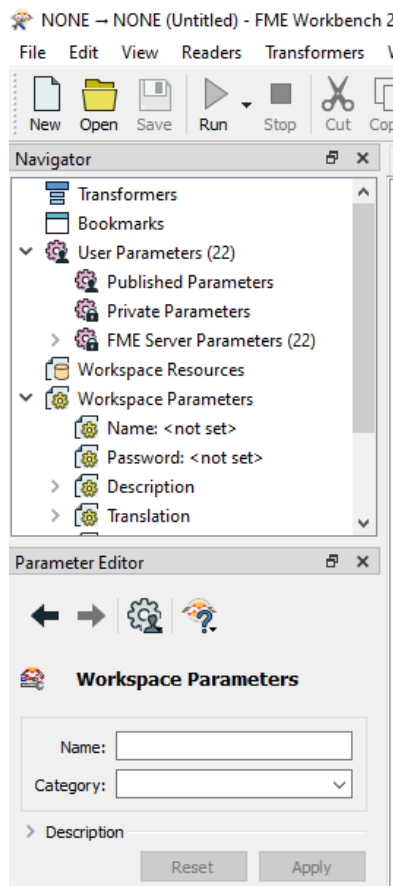
۱- ابتدا باید یک workspace ایجاد کرد. برای ایجاد آن باید از دستور New مطابق شکل زیر استفاده کرد.



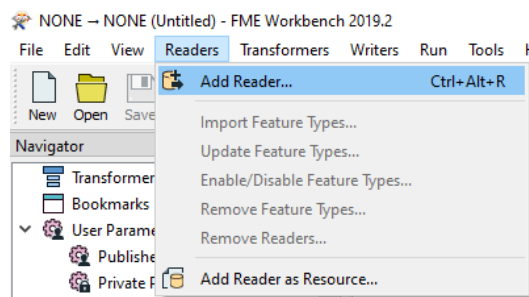
می توان دستور بالا را به محض باز کردن FME از طریق کلیک روی آیکن New (شکل زیر) نیز اجرا کرد.



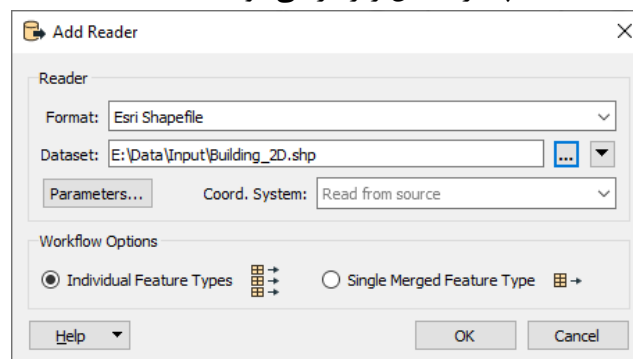
با کلیک روی آیکن بالا، یک workspace جدید ایجاد می شود (شکل زیر). همانطور که در شکل زیر می بینید، هیچ اسمی برای این workspace درج نشده است.



۲- در گام دوم، باید یک Reader را اضافه کرد.

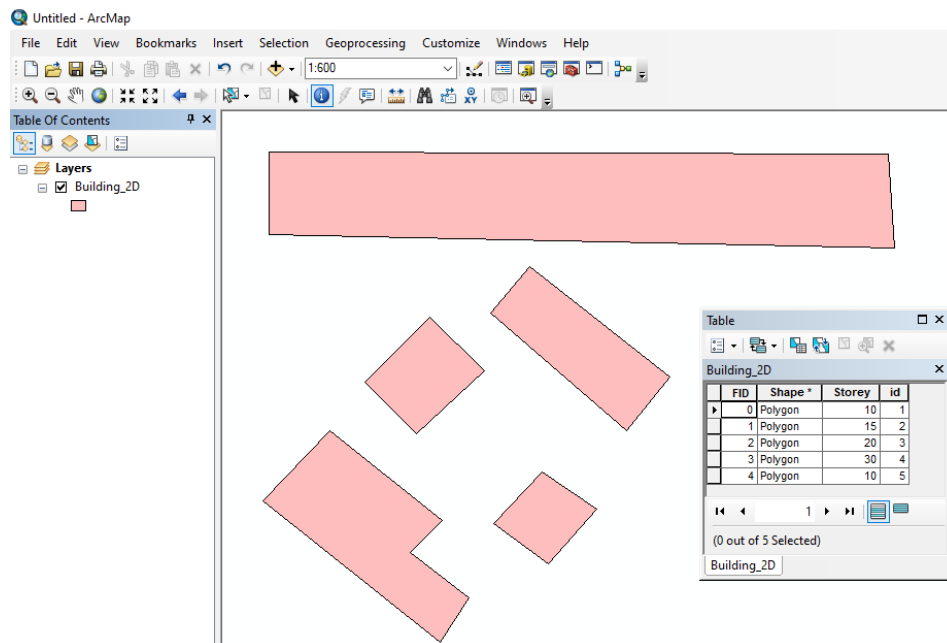


بعد از کلیک روی دستور Add Reader، پنجره شکل زیر باز می‌شود:

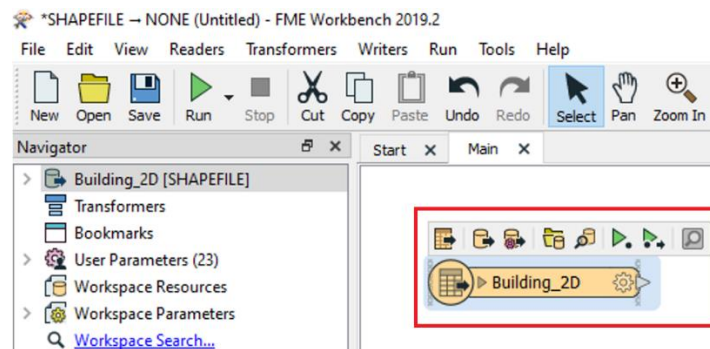


در پنجره شکل بالا، در قسمت Format، فرمت ورودی داده موردنظر را مشخص می‌کنیم. در اینجا، داده ورودی ما از جنس shapefile است، لذا گزینه Esri Shapefile در کامبوباکس Format، انتخاب می‌شود.

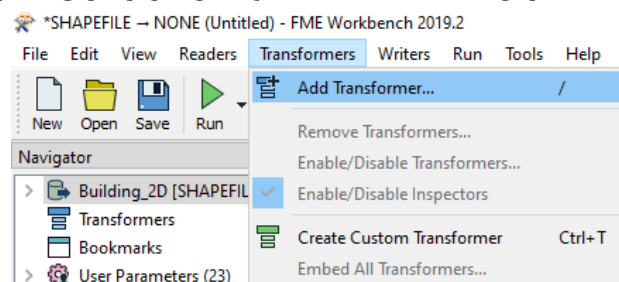
در قسمت Dataset نیز مسیر دسترسی به فایل ورودی یا همان shapefile موردنظر (در اینجا، shapefileی به اسم Building_2D)، مشخص می‌شود. این shapefile، دوبعدی است. Shapefile ورودی، دارای ظاهری مشابه شکل زیر است (شامل ۵ ساختمان). همانطور که در شکل زیر مشخص است، shapefile مذکور، دارای فیلدی به نام Storey است که معادل ارتفاع ساختمان از کف می‌باشد و قرار است از این فیلد برای سه‌بعدی‌سازی ساختمان‌ها استفاده شود.



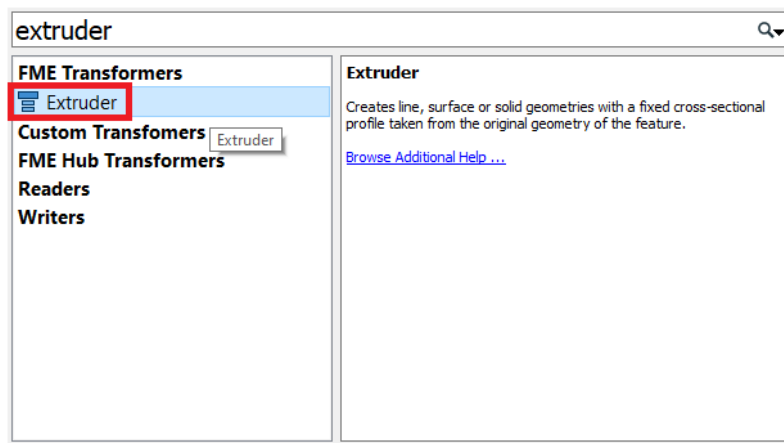
با OK کردن پنجره شکل بالا (پنجره Add Reader)، یک Reader، مطابق شکل زیر به محیط نرم‌افزار اضافه می‌شود.



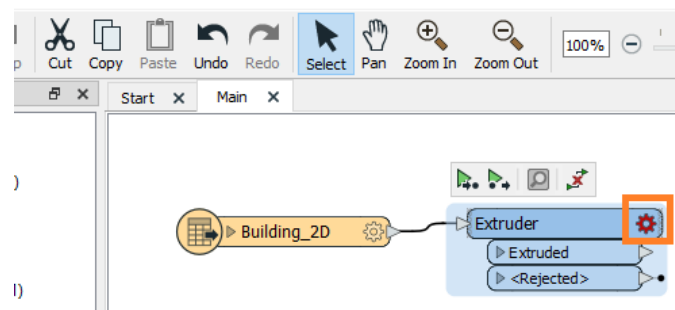
۳- در گام سوم، باید اقدام به اضافه کردن یک Transformer نمود. این کار از طریق دستور شکل زیر انجام می‌شود.



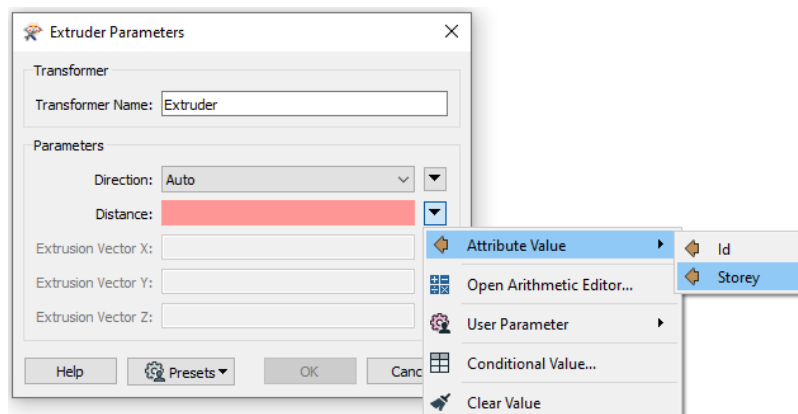
با کلیک روی دستور بالا، پنجره زیر باز می‌شود که با تایپ عبارت extruder، آن را جستجو می‌کنیم. بعد از پیدا شدن این transformer، روی آن (کادر قرمز شکل زیر) دابل کلیک می‌کنیم.



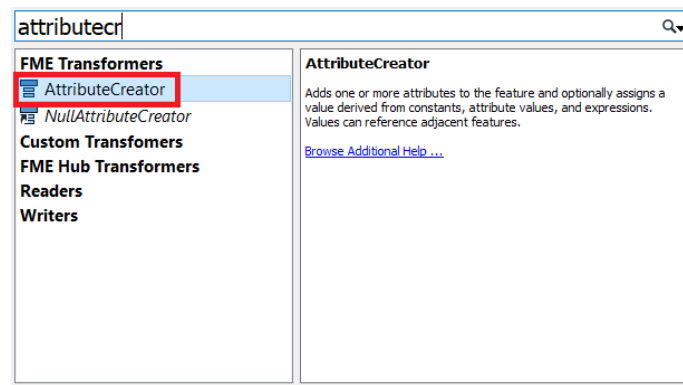
به این ترتیب، مطابق شکل زیر، transformer موردنظر به محیط نرم‌افزار اضافه می‌شود و داده ورودی به طور خودکار به آن متصل می‌شود.



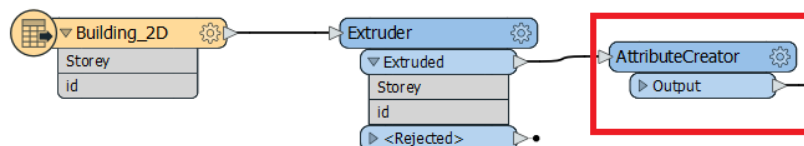
در شکل فوق، روی آیکن چرخ‌دنده (کادر نارنجی رنگ) کلیک می‌کنیم. تا پنجره شکل زیر باز شود. در پنجره زیر، روی گزینه Distance کلیک می‌کنیم و با استفاده از گزینه Attribute Value، نام فیلدی از shapefile ورودی که نمایانگر ارتفاع از پای ساختمان است را انتخاب می‌کنیم. در اینجا، فیلد، Storey، حاوی ارتفاع ساختمان‌ها (بر حسب متر) می‌باشد. پس از انتخاب فیلد مذکور، پنجره شکل زیر، OK می‌شود.



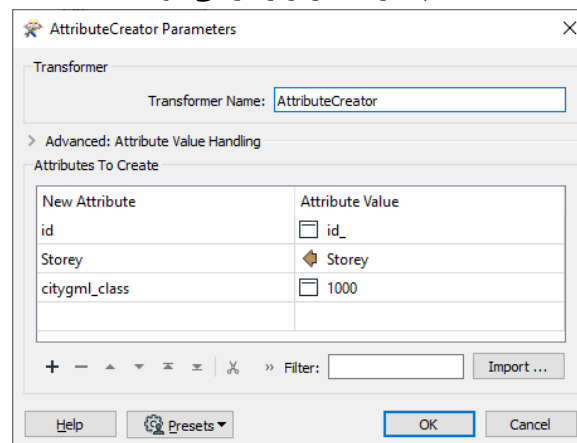
۴- در گام چهارم (مشابه کاری که در گام سوم انجام شد)، Transformer دیگری به نام AttributeCreator را اضافه می‌کنیم.



بعد از اضافه کردن ترانسفورمر AttributeCreator، شکل زیر را خواهیم داشت. این ترانسفورمر برای معرفی فیلدهای توصیفی و نیز اختصاص دادن مقادیر به این صفات، مورد استفاده قرار می گیرد. این فیلدهای توصیفی معرفی شده، در فایل CityGML خروجی، درج خواهند شد.



با کلیک روی ترانسفورمر AttributeCreator، پنجره شکل زیر باز می شود:



نام این ترانسفورمر را در قسمت Transformer Name، تایپ می کنیم که نامی دلخواه است (در اینجا AttributeCreator).

در ستون New Attribute، فیلد id (شناسه) را انتخاب می کنیم و در ستون Attribute Value، "id_" را تایپ می کنیم. به این ترتیب، فیلد جدیدی به نام id_ در فایل CityGML خروجی، ایجاد می شود.

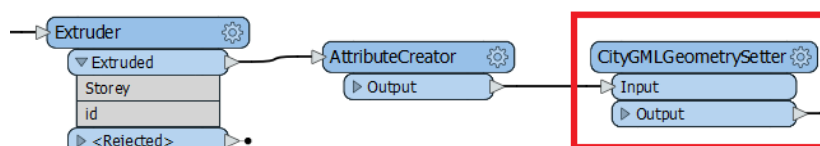
برای ایجاد کردن صفت توصیفی بعدی در فایل CityGML خروجی، در ستون New Attribute، فیلد Storey را انتخاب و در ستون Attribute Value نیز همین فیلد را انتخاب می کنیم.

مجدداً در ستون New Attribute، عبارت citygml_class را تایپ می کنیم و برای مقدار آن در ستون New Attribute، عدد ۱۰۰۰ را درج می کنیم. عدد ۱۰۰۰ را از جدول زیر که در فایل PDF استاندارد CityGML2.0 (صفحه ۲۲۶) آمده، استخراج می کنیم. مقدار citygml_class برای نوع عارضه ساختمان مسکونی، عدد ۱۰۰۰ است.

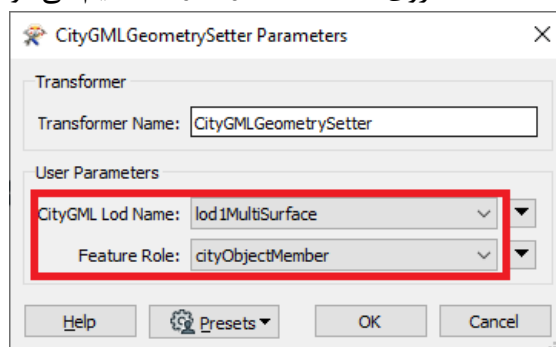
C.1 Building module

Code list of the <i>AbstractBuilding</i> attribute class			
http://www.sig3d.org/codelists/standard/building/2.0/AbstractBuilding_class.xml			
1000	habitation	1100	schools, education, research
1010	sanitation	1110	maintenance and waste management
1020	administration	1120	healthcare
1030	business, trade	1130	communicating
1040	catering	1140	security
1050	recreation	1150	storage
1060	sport	1160	industry
1070	culture	1170	traffic
1080	church institution	1180	function
1090	agriculture, forestry		

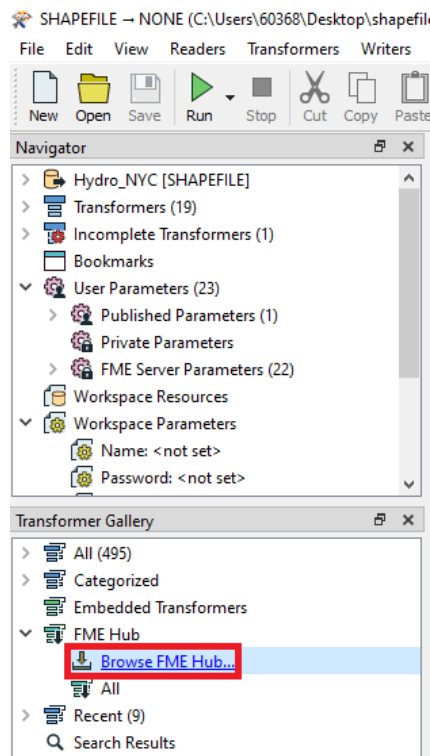
۵- در گام پنجم، در نهایت، با بکارگیری ترانسفورمر CityGMLGeometrySetter، صفات توصیفی مختص CityGML که از نظر هندسی مورد نیاز می‌باشند، انتخاب می‌شوند. این ترانسفورمر، واجب است.



در ترانسفورمر مذکور، تنظیمات را مطابق شکل زیر، انتخاب می‌کنیم. یعنی گزینه CityGML Lod Name روی lod1MultiSurface و گزینه Feature Role روی cityObjectMember تنظیم می‌شود.



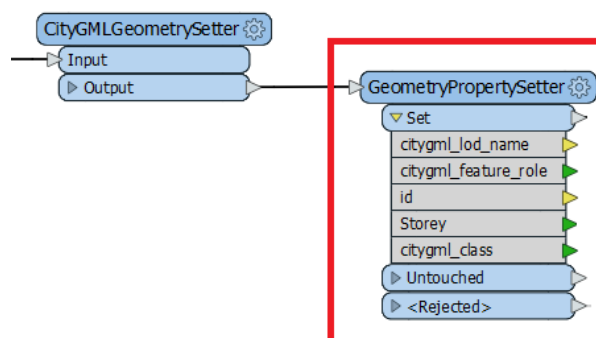
نکته: البته ترانسفورمر فوق در نرم افزار FME یافت نمی‌شود! به عبارت دقیق‌تر این ترانسفورمر باید از FME Hub گرفته شود که وب سایت متعلق به FME است (شکل زیر) و دسترسی به آن از طریق فیلترشکن میسر است.



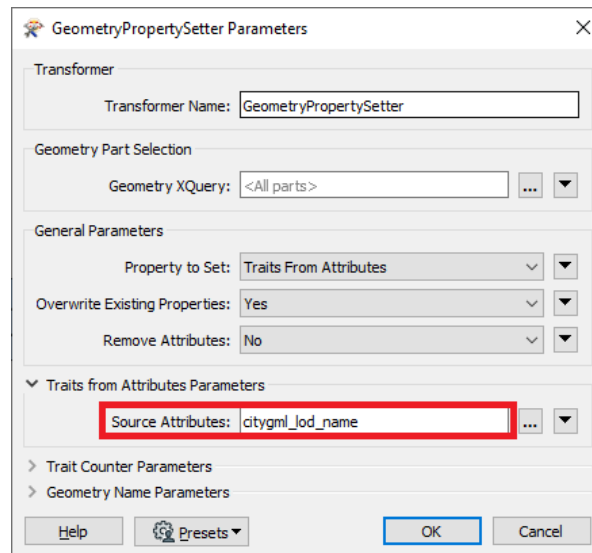
اما می‌توان این ترانسفورمر را بطور جداگانه دانلود کرد (فایلی به نام CityGMLGeometrySetter.fmx) و سپس در مسیری که نرم‌افزار FME نصب شده، در فولدر Transformer، کپی کرد (در مسیر ...\\FME\\transformers) و جواب گرفت. مسیر دانلود این ترانسفورمر در زیر آمده است:

<https://hub.safe.com/publishers/safe-lab/transformers/citygmlgeometrysetter>

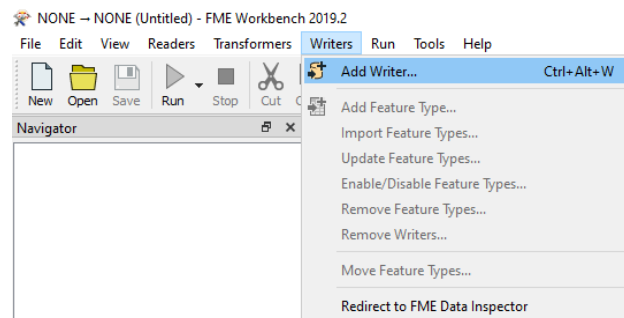
۶- در گام ششم، صفات توصیفی هندسی که تاکنون ایجاد شده‌اند (صفات توصیفی CityGML geometry)، نیاز است که با استفاده از ترانسفورمری موسوم به GeometryPropertySetter اصطلاحاً پیاده‌سازی شوند. این ترانسفورمر، واجب نیست.



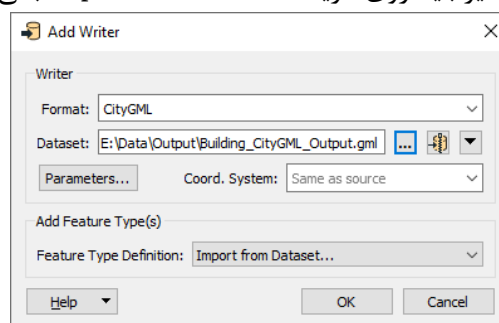
در پنجره باز شده (شکل زیر) با تنظیم کردن source attribute روی حالت citygml_lod_name، عمل پیاده‌سازی انجام می‌شود.



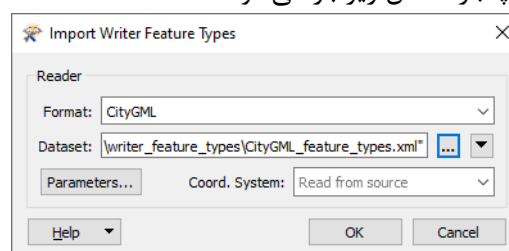
۷- برای تولید فایل CityGML از shapefile این مثال، باید ابتدا اقدام به اضافه کردن یک Writer کرد. برای این امر، از دستور Add Writer استفاده می‌شود (مطابق شکل زیر).



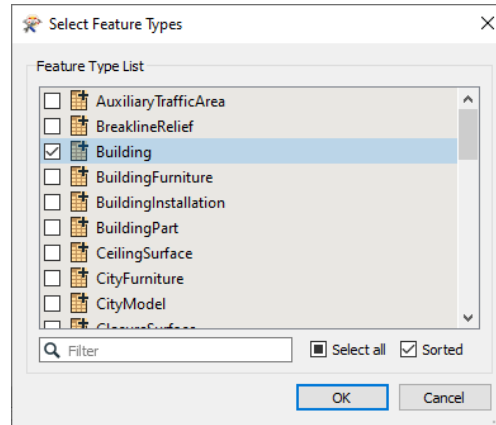
در پنجره‌ای که باز می‌شود (شکل زیر)، در قسمت Format، گزینه CityGML انتخاب می‌شود و در قسمت Dataset، در مسیر موردنظر، نامی مناسب برای فایل خروجی از جنس CityGML (با پسوند gml) تایپ می‌شود. قسمت Feature Type Definition نیز باید روی گزینه Import from Dataset... باقی بماند.



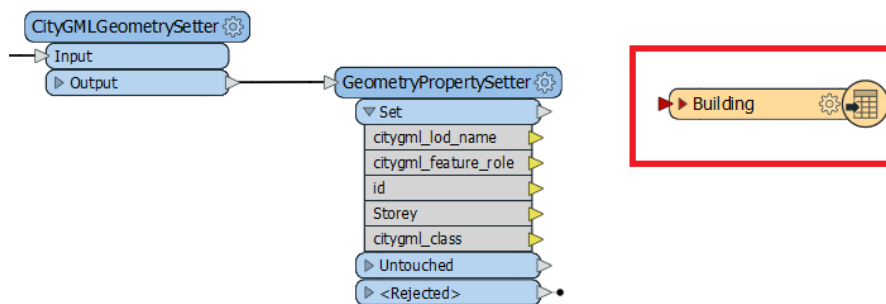
بعد از OK کردن پنجره بالا، پنجره شکل زیر باز می‌شود:



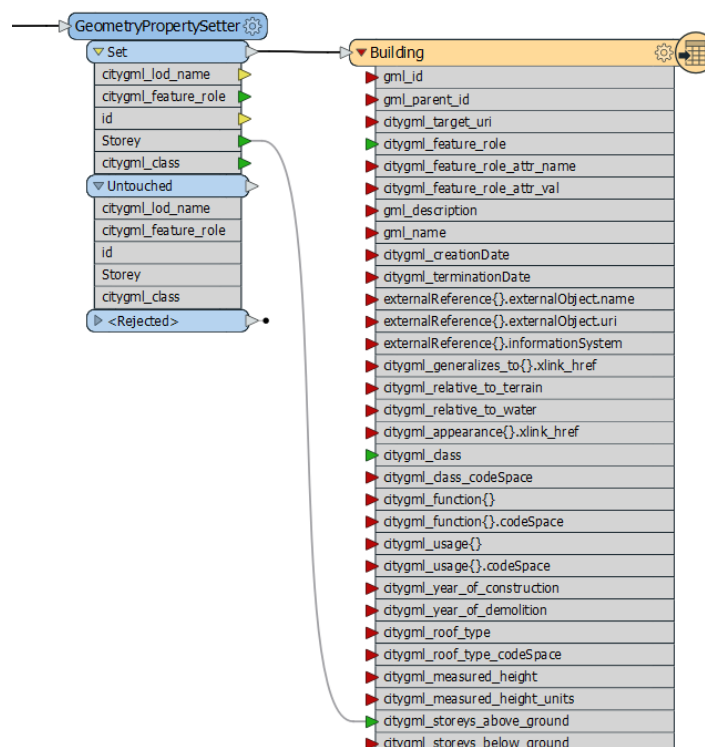
در این پنجره باید Import Feature Type موردنظر را انتخاب کرد که یک فایل با پسوند xml است. این فایل در مسیر نصب نرم افزار FME قرار دارد. مسیر دقیق این فایل عبارتست از:
C:\Program Files\FME\xml\CityGML\writer_feature_types
در مسیر فوق، فایل به نام CityGML_feature_types.xml قرار دارد. این فایل را باید در قسمت Dataset در پنجره شکل بالا، معرفی کرد. با تایید پنجره بالا، پنجره شکل زیر باز می شود:



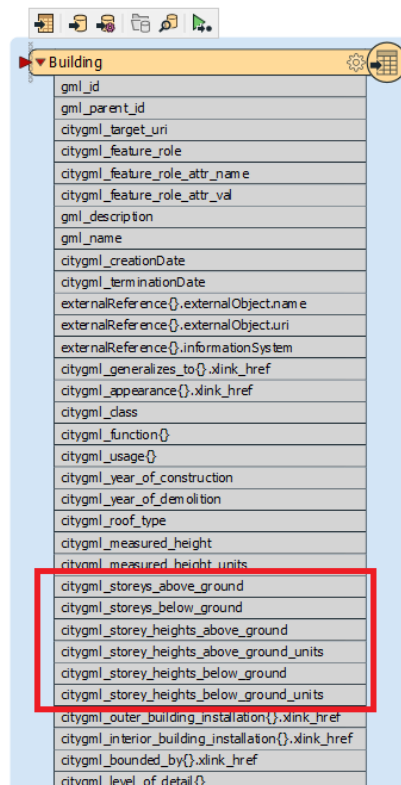
با OK کردن پنجره شکل فوق، ترانسفورمر زیر به مدل اضافه می شود:



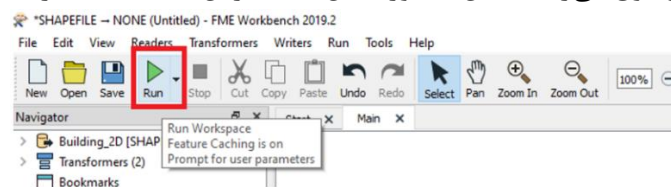
سپس با دو اتصالی که مطابق شکل زیر انجام می دهیم، مدل، کامل شده و آماده اجرا می باشد.



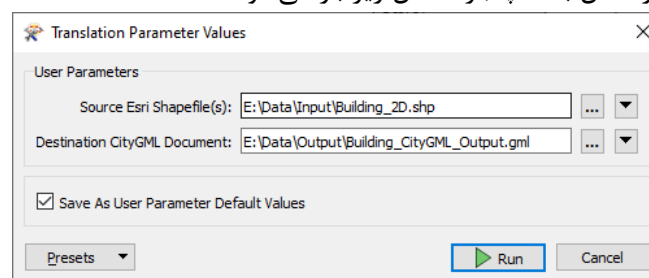
توجه کنید که صفاتی که مربوط به طبقات منفی و طبقات بالای سطح زمین ساختمان می‌باشند، در شکل زیر نشان داده شده است:



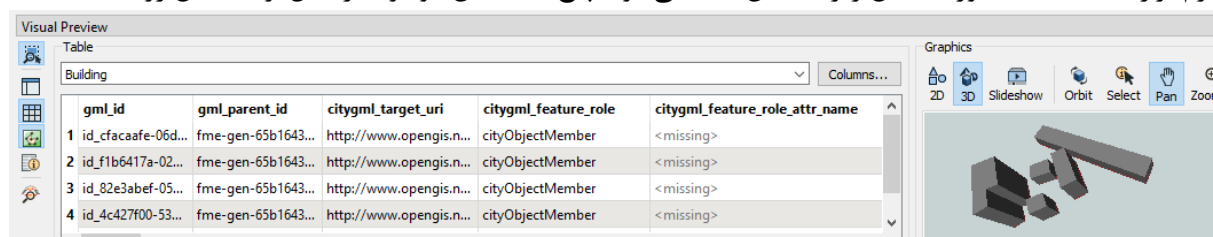
۸- نوبت به اجرا کردن مدل فوق می‌رسد. بدین منظور، عمل Run کردن Workspace را انجام می‌دهیم.



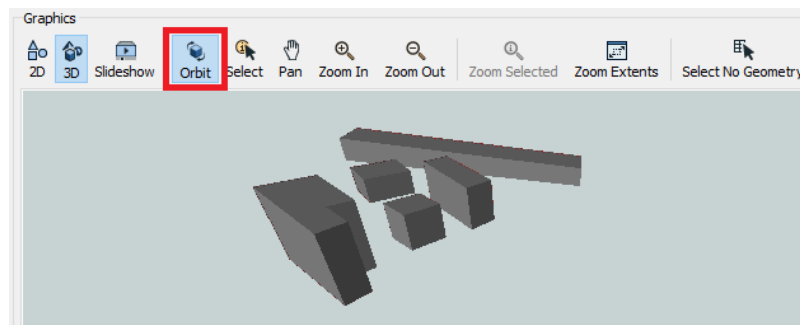
با کلیک روی دکمه Run (در شکل بالا)، پنجره شکل زیر باز می‌شود:



با کلیک روی دکمه Run در پنجره شکل بالا، فرآیند اجرا یا Translation مدل، آغاز می‌شود و در ذیل محیط نرم‌افزار، نتیجه‌ای به صورت شکل زیر، نمایش داده می‌شود. پنج ساختمان موجود در فایل اولیه، قابل رویت هستند.



می‌توان با استفاده از آیکن Orbit، از زوایای مختلف، شکل سه‌بعدی تولید شده را مشاهده کرد.



همچنین با اجرا شدن مدل، فایل citygml خروجی ایجاد می‌شود. ظاهر این فایل باید چیزی مشابه شکل زیر باشد:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<core:CityModel xmlns:brid="http://www.opengis.net/citygml/bridge/2.0" xmlns:tran="ht
<gml:boundedBy>
<gml:Envelope srsName="EPSG:32639" srsDimension="3">
<gml:lowerCorner>528027.2483553989 3953291.0040660817 0</gml:lowerCorner>
<gml:upperCorner>528124.5262990175 3953366.3009359 30</gml:upperCorner>
</gml:Envelope>
</gml:boundedBy>
<core:cityObjectMember>
<bldg:Building>
<bldg:class>1000</bldg:class>
<bldg:storeysAboveGround>10</bldg:storeysAboveGround>
<bldg:lod1MultiSurface>
<gml:MultiSurface srsName="EPSG:32639" srsDimension="3">
<gml:surfaceMember>
<gml:CompositeSurface>
<gml:surfaceMember>
<gml:Polygon>
<gml:exterior>
<gml:LinearRing>
<gml:posList>528042.9999999999 3953331.0000000037 0 528053 3953341.0000000037 0 52806:
</gml:LinearRing>
</gml:exterior>
</gml:Polygon>
</gml:surfaceMember>
<gml:surfaceMember>
<gml:Polygon>
<gml:exterior>
<gml:LinearRing>
<gml:posList>528042.9999999999 3953331.0000000037 0 528050.8663176708 3953323.0403119:
</gml:LinearRing>
</gml:exterior>
</gml:Polygon>
</gml:surfaceMember>
</gml:CompositeSurface>
</gml:surfaceMember>
</gml:MultiSurface>
</bldg:lod1MultiSurface>
</bldg:Building>
</core:cityObjectMember>
</core:CityModel>
```

فایل CityGML تولید شده فوق، دارای حداقل صفات توصیفی است. اگر بخواهیم این فایل از ساختمان‌ها، کامل‌تر باشد، فیلدهای توصیفی مطابق جدول زیر، باید در آن ایجاد شوند:

نام صفت توصیفی در فایل citygml	آیا این صفت توصیفی در فایل مثال ۱ وجود دارد؟
gml_id	بله
gml_parent_id	بله
citygml_target_uri	بله
citygml_feature_role	بله
citygml_feature_role_attr_name	خیر
citygml_feature_role_attr_val	خیر
gml_description	خیر
gml_name	خیر
citygml_creationDate	خیر
citygml_relative_to_terrain	خیر
citygml_ralative_to_water	خیر
citygml_class	۱۰۰۰
citygml_class_codeSpace	خیر

citygml_year_of_construction	خیر
citygml_year_of_demoliton	خیر
citygml_roof_type	خیر
citygml_roof_type_codeSpace	خیر
citygml_measured_height	خیر
citygml_measured_height_units	خیر
citygml_storeys_above_ground	بله
citygml_storeys_below_ground	خیر
citygml_storeys_heights_above_ground	خیر
citygml_storeys_heights_above_ground_units	خیر
citygml_storeys_heights_below_ground	خیر
citygml_storeys_heights_below_ground_units	خیر

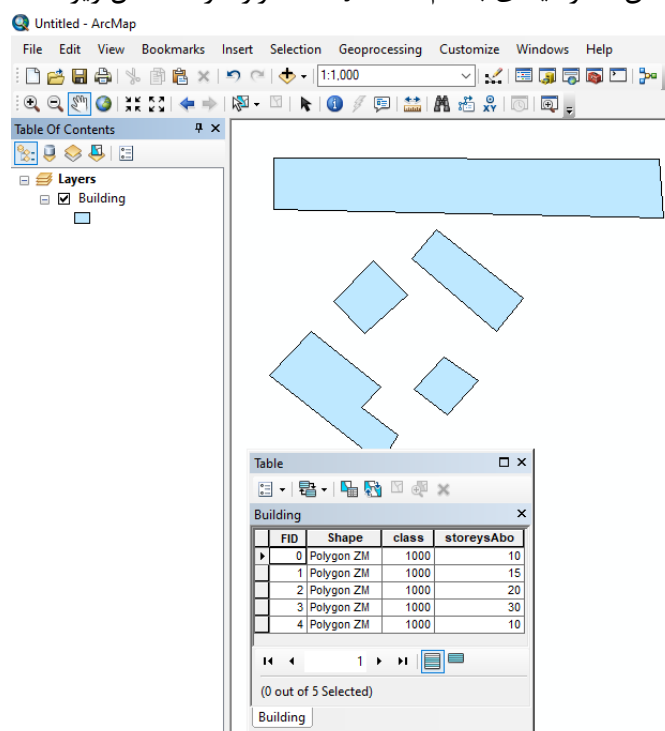
۹- حال برای صحت‌سنجی citygml تولید شده، می‌توان مسیر برعکس را طی کرد و با استفاده از یک دستور GDAL، مطابق شکل زیر اقدام به تبدیل citygml به فرمت shapefile کرد.

`ogr2ogr -f "ESRI Shapefile" E:\Data\SHP_output E:\...\Building_CityGML_Output.gml`

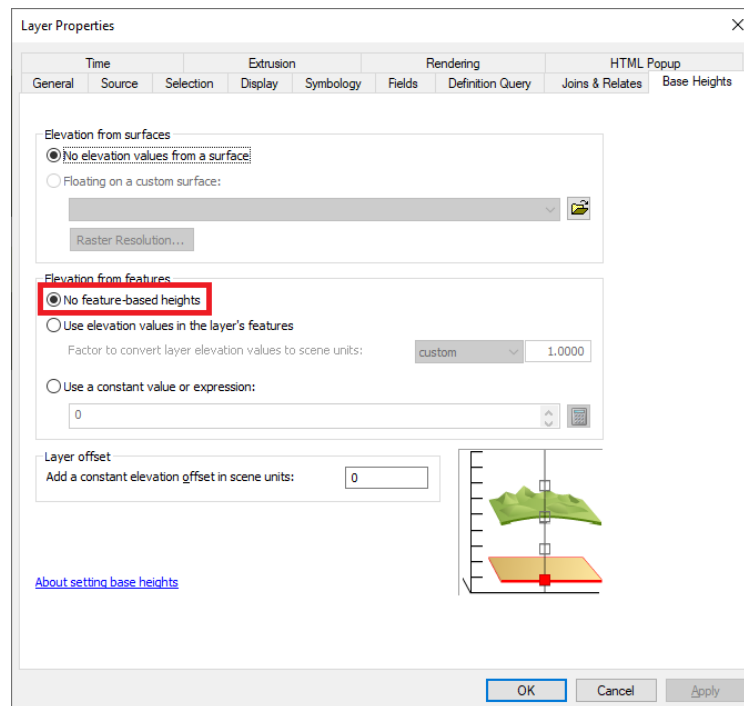
در کد فوق، E:\Data\Output\SHP_output، مسیر فولدری است که shapefile ایجاد شده، در آن قرار خواهد گرفت.

E:\...\Building_CityGML.gml نیز مسیر و نام فایل ورودی است.

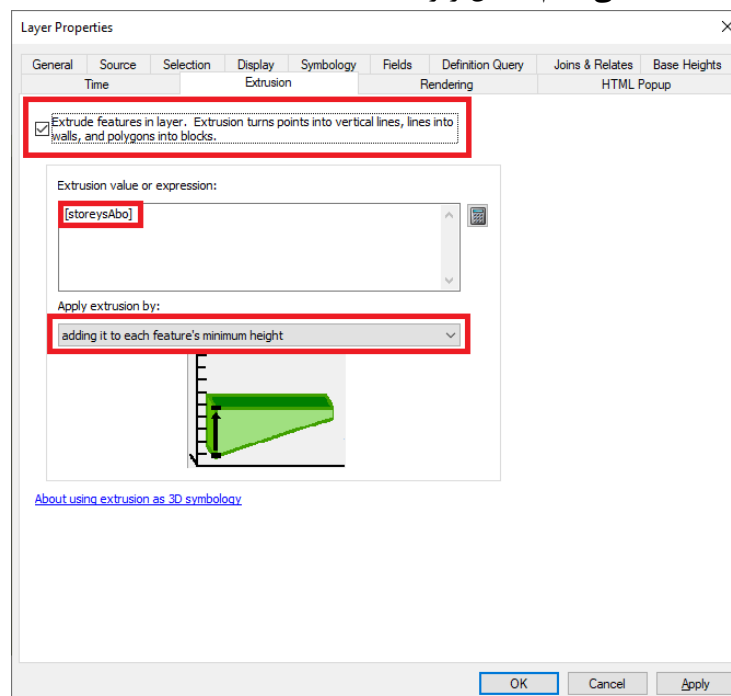
بعد از تولید شدن shapefile مذکور، آن را در ArcGIS باز کرده و با استفاده از ابزار Repair Geometry، اقدام به برطرف کردن مشکلات هندسی آن می‌کنیم. پس از این کار، چنانچه shapefile به درستی و بدون خطا باز شد، نشان از درست بودن فرآیند کار دارد. از جدول توصیفی shapefile تولید شده، مشخص است، این لایه، یک لایه سه‌بعدی است. ارتفاع ساختمان‌ها در فیلدی به نام storeysAbo قرار دارند (شکل زیر).



حال برای اطمینان از درست بودن فرآیند تا اینجا کار و صحت نمایش سه بعدی این shapefile، می توان آن را در ArcScene نیز مشاهده کرد. بدین منظور، بعد از اضافه کردن shapefile تولید شده در ArcScene، روی آن کلیک راست می کنیم و Properties را انتخاب می کنیم تا پنجره شکل زیر باز شود. روی تب Base Heights کلیک می کنیم و آپشن No feature-based heights را فعال می کنیم (با فرض اینکه کف همه ساختمان ها روی یک سطح ارتفاعی قرار دارند و همتراز هستند).

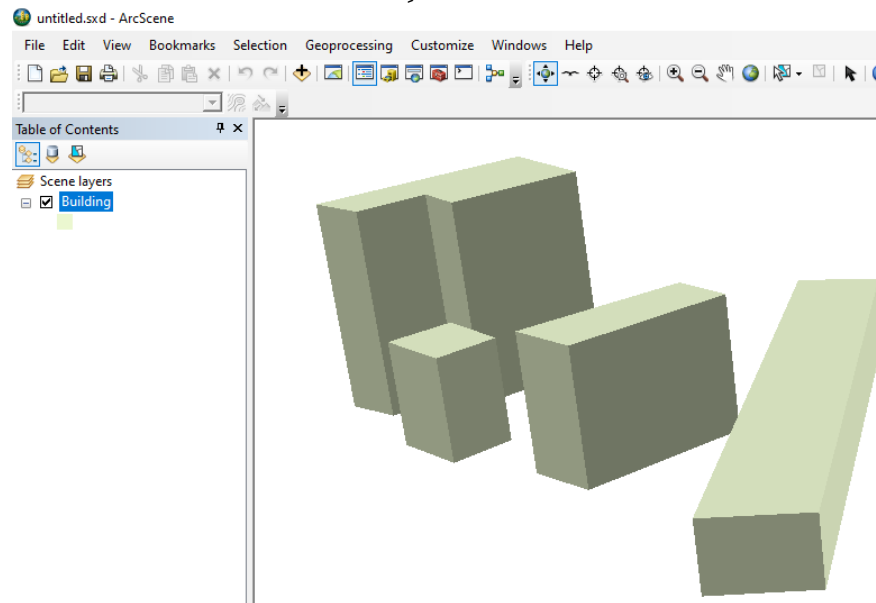


سپس روی تب Extrusion کلیک می کنیم (شکل زیر).



در پنجره شکل فوق، چک باکس بالای پنجره را فعال می کنیم و در قسمت Extrusion value or expression، نام فیلدی را درج می کنیم که ارتفاع ساختمان ها در آن قرار دارد. در کامبوباکس Apply extrusion by نیز یکی از

گزینه‌ها (مثلاً adding it to each feature's minimum height) را انتخاب می‌کنیم و OK می‌کنیم. نتیجه در شکل زیر قابل مشاهده است که نشان از درست بودن فایل citygml تولید شده دارد.



۲-۳-۲- مثال ۲: تبدیل shapefile حاوی عوارض آبی به فرمت CityGML

در این مثال، می‌خواهیم تبدیل shapefile های مربوط به داده‌های هیدروگرافی شهر نیویورک را با استفاده از نرم‌افزار FME به فرمت CityGML انجام دهیم.

پورتال داده‌های باز شهر نیویورک^۱ داده‌های مختلفی از این شهر را در اختیار عموم قرار داده است. این داده‌ها که توسط دستگاه‌های مختلف تولید شده‌اند، می‌توانند بطور رایگان دانلود شوند. برای این مثال، داده‌های هیدروگرافی شهر نیویورک استفاده شده است.

همانطور که قبلاً هم اشاره شد، داده‌ها از منابع مختلف و با فرمت‌های مختلف می‌توانند به داخل FME، ایمپورت شوند و این کار توسط اصطلاحاً Reader ها انجام می‌شود. این داده‌ها، می‌توانند توسط Transformer های مختلف، دستکاری شوند. پس از اینکه، دستکاری کامل شد، داده‌های جدید ایجاد شده، می‌توانند به فرمت موردنظر، اکسپورت شوند و این امر توسط اصطلاحاً Writer ها انجام می‌شود.

همچنین در این مثال، می‌توان برای ذخیره‌سازی، مدیریت و نمایش مدل مجازی سه‌بعدی شهری از نرم‌افزار رایگانی به نام ۳D CityDB استفاده کرد که یک پایگاه داده مکانی رابطه‌ای است که در انتهای این متن، به طور مفصل‌تر به آن پرداخته خواهد شد.

<https://github.com/3dcitydb/tutorials>

برای انجام فرآیند عملی این مثال، باید مراحل زیر را انجام داد:

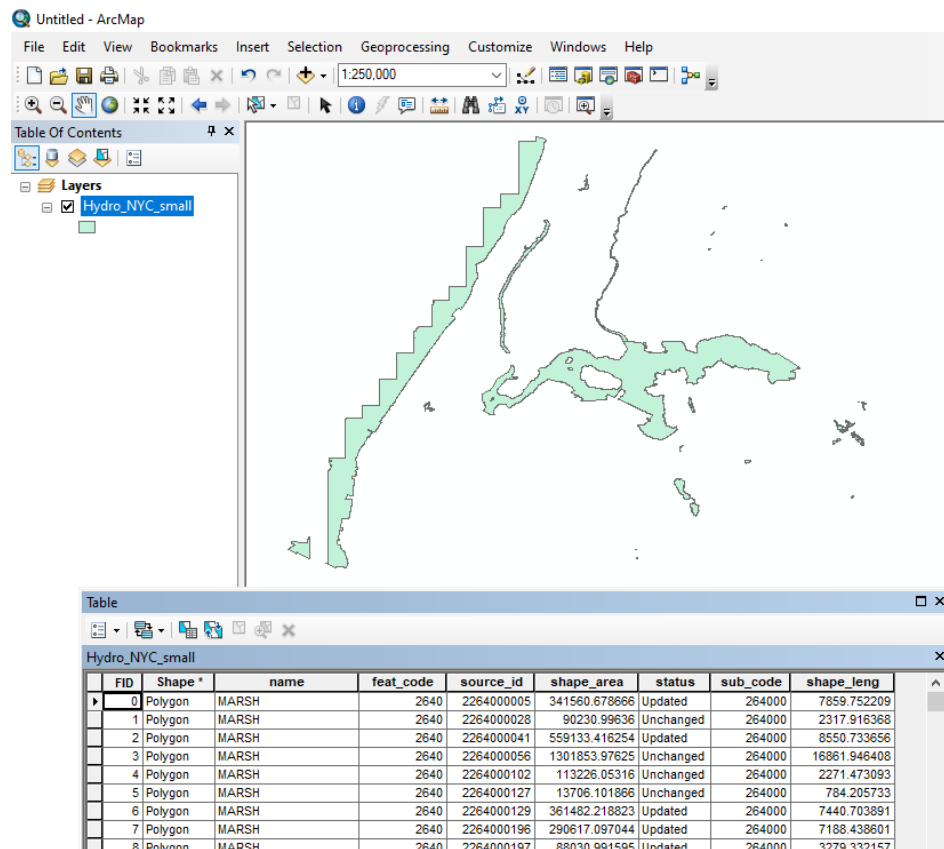
۲-۳-۲-۱- دانلود داده‌ها از NYC Open Data Portal

برای دانلود داده‌ها وارد لینک زیر شوید:

<https://opendata.cityofnewyork.us>

سپس کلمه Hydrography را جستجو کنید و در ادامه روی planimetric basemap layer که شامل hydrography است، کلیک کنید. همچنین روی لینک مهیا شده برای دستیابی به مستندات مربوط به داده کلیک کنید و در نهایت، روی Export کلیک کنید تا منویی کرکره‌ای باز شود و از طریق آن منو، گزینه Download as Shapefile را انتخاب کنید. در آخر، داده‌ی دانلود شده را Unzip کنید. این shapefile دارای ظاهر زیر می‌باشد:

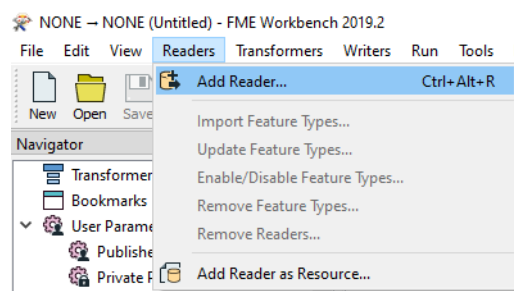
^۱ - New York City Open Data Portal (NYCOPD)



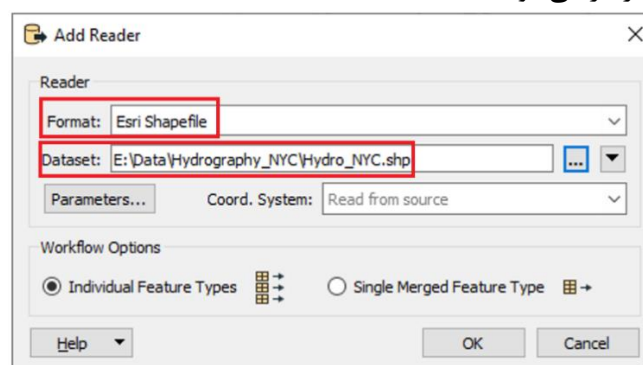
۲-۲-۳-۲- دستکاری داده ورودی با استفاده از نرم افزار FME

○ Import داده ورودی

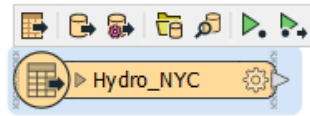
Shapefile داندود شده‌ی داده‌های هیدروگرافی شهر نیویورک، باید با استفاده از ESRI Shapefile Reader، به Workspace نرم‌افزار FME، ایمپورت شود. بدین منظور، یک Reader باید اضافه شود که از طریق دستور Add Reader انجام می‌شود (شکل زیر).



با اجرای دستور بالا، پنجره زیر باز می‌شود:



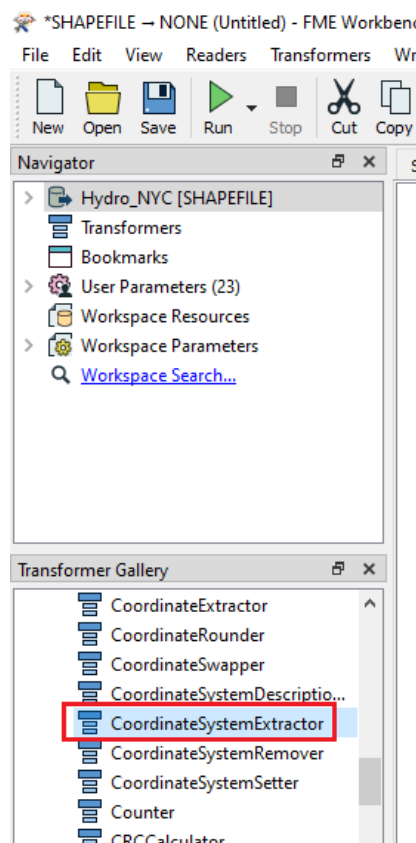
در قسمت Format پنجره شکل بالا، گزینه ESRI Shapefile و در قسمت Dataset، shapefile موردنظر (داده‌های هیدروگرافی نیویورک) را انتخاب کنید. بقیه گزینه‌های پنجره فوق، نباید تغییر کنند. با OK کردن پنجره شکل بالا، Reader ایجاد شده به صفحه کار نرم‌افزار اضافه می‌شود.



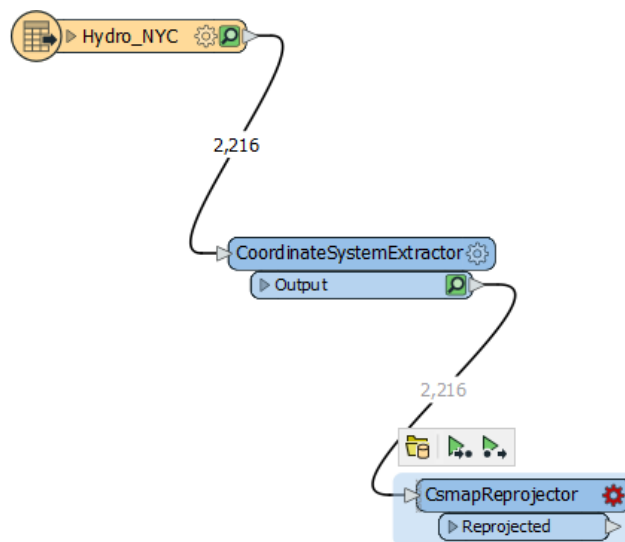
○ تغییر سیستم مختصات داده ورودی

در اینجا باید سیستم مختصات داده فوق را کنترل کرد و در صورت تمایل می‌توان آن را به سیستم مختصات مناسب‌تر تغییر داد. برای اطلاع حاصل کردن از سیستم مختصات فعلی داده، می‌توان از ترانسفورمر CoordinateSystemExtractor بهره گرفت (شکل زیر).

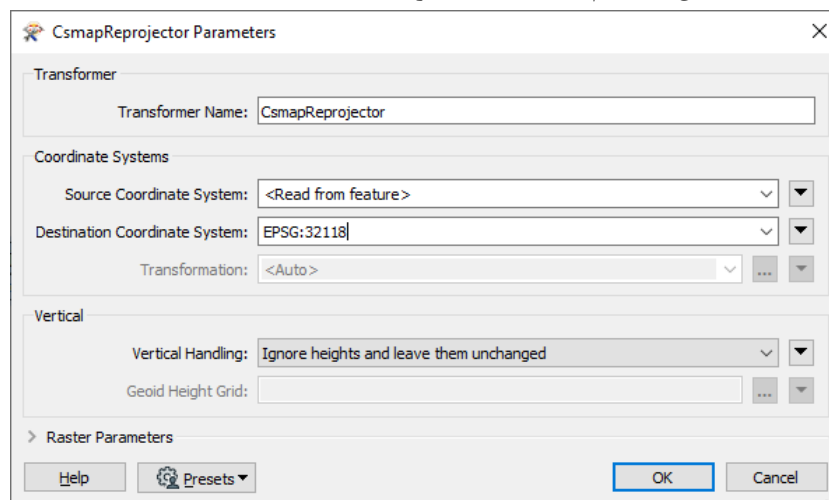
سیستم مختصات فعلی داده، LL-WGS84_0 (یا EPSG:4326) (بر حسب واحد فوت آمریکایی) است که مثلاً می‌توان آن را به سیستم مختصات EPSG:32118 (واحد متر) تبدیل کرد.



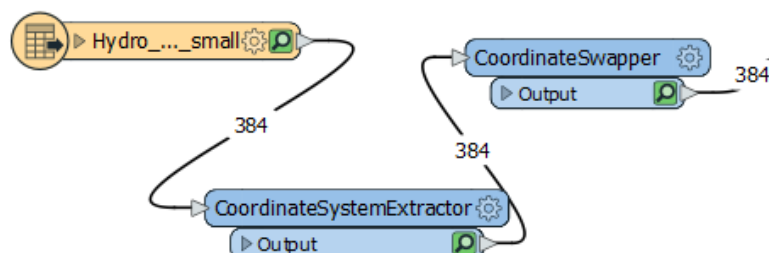
با استفاده از ترانسفورمر CsmmapReprojector، می‌توان سیستم مختصات داده را به سیستم مختصات موردنظر تغییر داد.



با دابل کلیک روی ترانسفورمر CsmmapReprojector در شکل بالا، پنجره شکل زیر باز می‌شود که می‌توان با انتخاب سیستم مختصات موردنظر (سیستم مختصات هدف) از قسمت Destination Coordinate System و OK کردن این پنجره، کار تبدیل سیستم مختصات را انجام داد. البته در این مثال، می‌توان از این کار صرفنظر کرد، زیرا داده ورودی دارای سیستم مختصات WGS84 است که همان سیستم مختصات مدنظر ماست.



نکته: ممکن است در انتهای فرآیند تولید فایل CityGML و مشاهده آن در محیط‌های دیگر، متوجه شویم که شکل ۹۰ درجه چرخش داشته است. به عبارت دقیق‌تر، جای x و y کلیه نقاط عوارض با همدیگر عوض شده است. در اینصورت، از ترانسفورمر CoordinateSwapper استفاده می‌کنیم (شکل زیر).



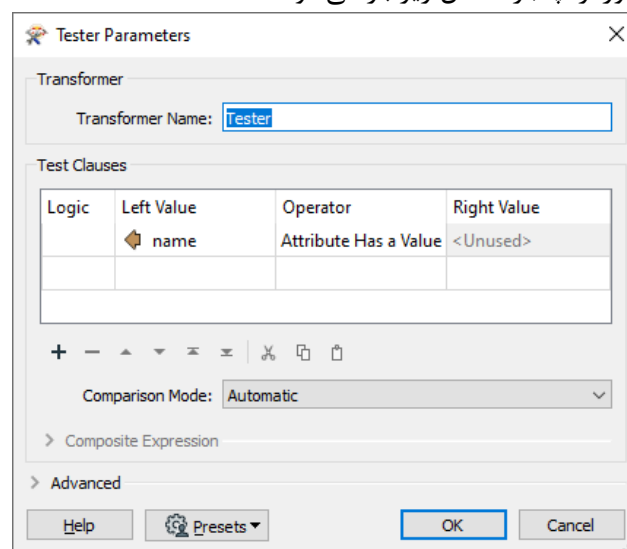
○ ترانسفورماسیون معنایی^۱

داده ورودی باید از نظر صفات توصیفی‌اش مورد بررسی قرار گیرد تا مشخص شود که کدام صفات توصیفی می‌توانند به صفات سازگار با CityGML از قبیل citygml:class یا citygml:function ترانسفورم (تبدیل) شوند. علاوه بر این ترانسفورم، صفات توصیفی جدیدی (احتمالاً CityGML- عمومی^۲) می‌توانند ایجاد شوند تا هر کدام از عوارض با اطلاعات معنایی مختلف، غنی شوند. در اینجا، دستکاری‌های معنایی که امکان انجام آنها بر روی داده هیدروگرافی موجود میسر است، توضیح داده می‌شوند.

با استفاده از ترانسفورمر Tester، تک به تک عوارض بررسی می‌شوند که آیا فیلد name برای آنها پر است یا خیر.

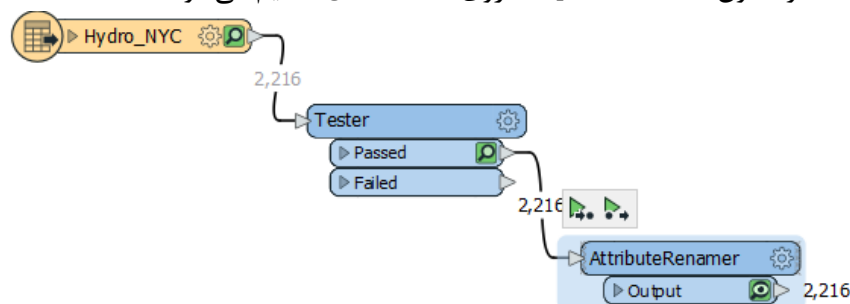


با دابل کلیک روی این ترانسفورمر، پنجره شکل زیر باز می‌شود:



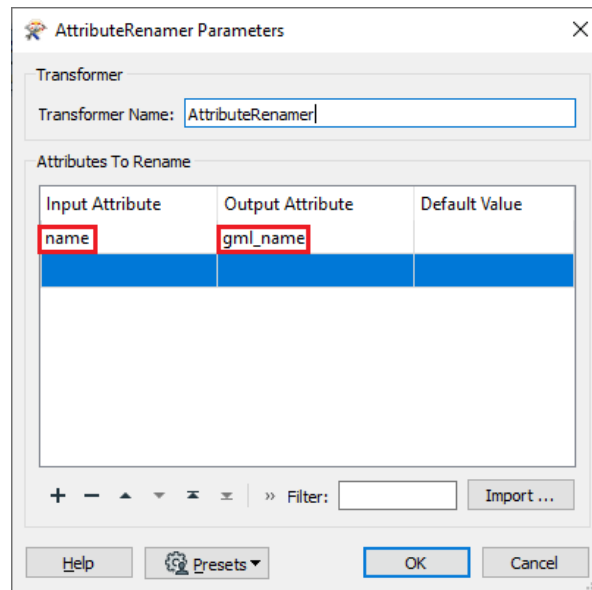
در پنجره بالا، ستون Left Value باید با گزینه name پر شود. ستون Operator نیز با گزینه Attribute Has a Value پر می‌شود. و OK می‌شود.

عوارضی که تست بالا را با موفقیت پشت سر گذاشته‌اند، به ترانسفورمر دیگری موسوم به AttributeRenamer هدایت می‌شوند. با دابل کلیک روی این ترانسفورمر، پنجره شکل زیر باز می‌شود. در این ترانسفورمر، ستون Input Attribute روی name و ستون Output Attribute روی gml_name تنظیم می‌شود.

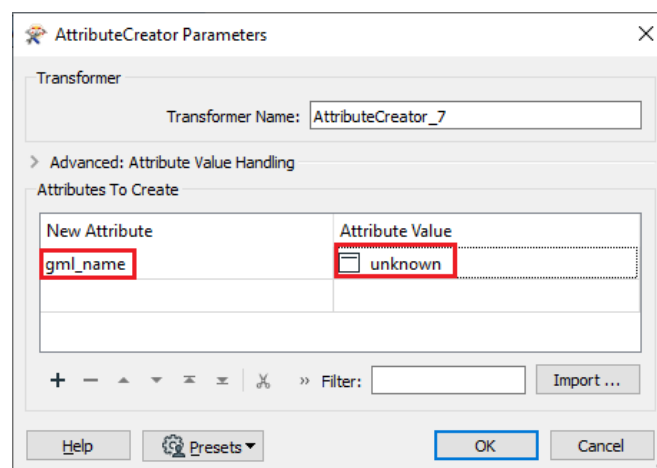
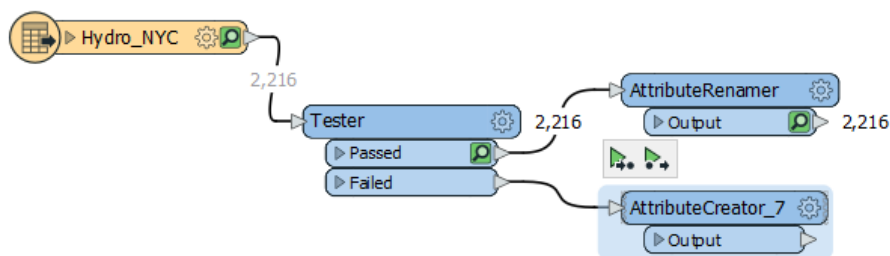


^۱- semantic transformation

^۲- generic CityGML-

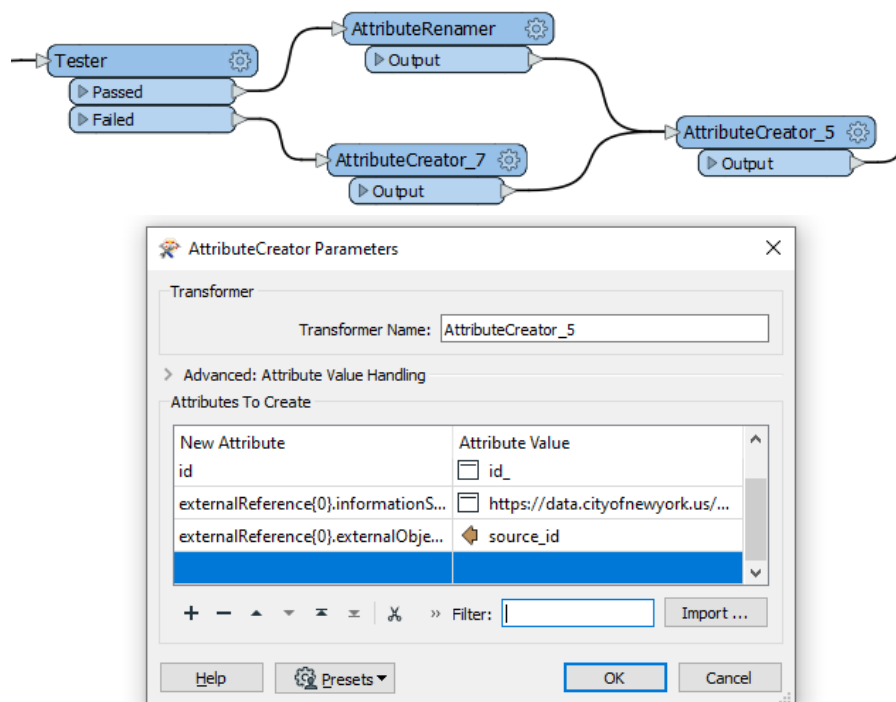


سپس عوارضی که تست بالا را با موفقیت پشت سر گذاشته‌اند، باید به ترانسفورمر دیگری موسوم به AttributeCreator_7 (فرستاده شوند تا صفت توصیفی جدیدی به نام gml_name برای آنها ساخته شود و مقدار آن صفت نیز روی unknown تنظیم شود).

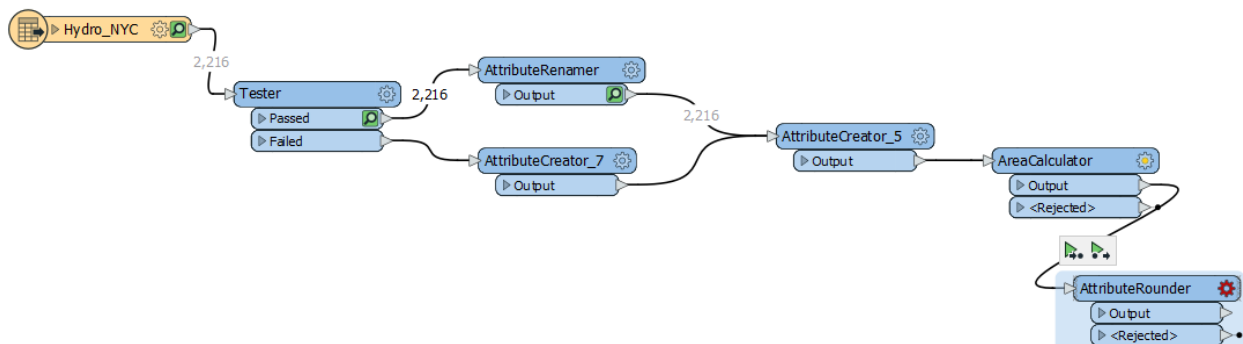


در ادامه، همه عوارض مجدداً به ترانسفورمر AttributeCreator_5 (هدایت می‌شوند تا سه صفت توصیفی جدید برای آنها ساخته شود. اولین صفت، id نام دارد که مقدار آن، روی id_ تنظیم می‌شود (شکل زیر). این صفت بعداً به منظور ایجاد صفت gml:name به صورت یک صفت منحصربه‌فرد برای تک عوارض مورد استفاده قرار می‌گیرد. نام صفت دوم، externalReference{0}.informationSystem می‌باشد و روی مقدار <https://data.cityofnewyork.us/Environment/Hydrography/drh3-e2fd/data> تنظیم می‌شود تا لینکی به

منبع داده اصلی در اختیار قرار دهد. صفت سوومی که ایجاد می شود، externalReference{0}.externalObject.name نام دارد و با مقادیر صفت توصیفی موجود source_id، پر می شود.



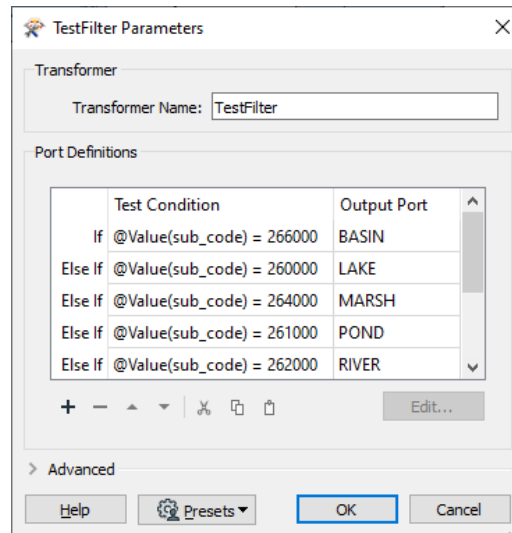
سپس، ترانسفورمر AreaCalculator به منظور محاسبه مساحت هر عارضه بر حسب مترمربع، بکار گرفته می شود. اسم این صفت توصیفی می تواند به دلخواه انتخاب شود. پس از آن، با بکارگیری ترانسفورمر AttributeRounder، نتیجه این محاسبات می تواند گرد شود (به تعداد مناسب از ارقام اعشاری).



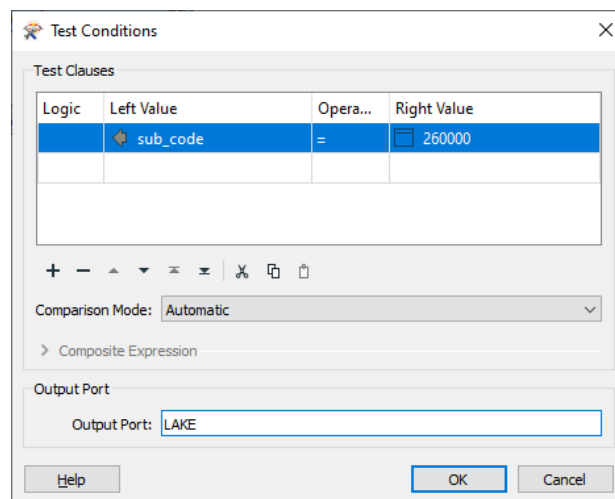
لازم به توضیح است که داده ورودی اصلی، حاوی فیلد اطلاعاتی در مورد نوع هیدروگرافی اش است. اسم این فیلد، sub_code است (شکل زیر).

FID	Shape	name	feat_code	source_id	shape_area	status	sub_code	shape_leng
1904	Polygon	MARSH	2640	17264000539	148265.467788	Updated	264000	3843.22608
1905	Polygon	MARSH	2640	17264000540	33704.950678	Unchanged	264000	891.274096
1906	Polygon	MARSH	2640	17264000541	164875.201598	Updated	264000	2479.654805

لذا ابتدا باید با بکارگیری ترانسفورمر TestFilter، همه عوارض بر اساس مقادیر sub_code مربوطه‌شان، تقسیم‌بندی و طبقه‌بندی می‌شوند. مثلاً در مورد، دو عارضه که به ترتیب در فیلد name دارای نام‌های CREEK (خلیجک) و BAY (خلیج) می‌باشند، مقدار فیلد sub_code‌شان، ۲۶۶۰۰۰ است و نتیجتاً، این دو عارضه در یک طبقه قرار می‌گیرند.



در پنجره شکل بالا، در ستون Test Condition، دابل کلیک می‌کنیم تا پنجره شکل زیر باز شود. در پنجره شکل زیر، در قسمت Left Value، فیلد sub_code را معرفی می‌کنیم. در قسمت Operator، کاراکتر = را مشخص می‌کنیم و در قسمت Right Value، مقداری از فیلد sub_code را مشخص می‌کنیم که متناظر با یکی از عوارض هیدروگرافی است. مثلاً ۲۶۱۰۰۰ که متناظر با عارضه POND است. در قسمت Output Port نیز نوع عارضه را تایپ می‌کنیم.

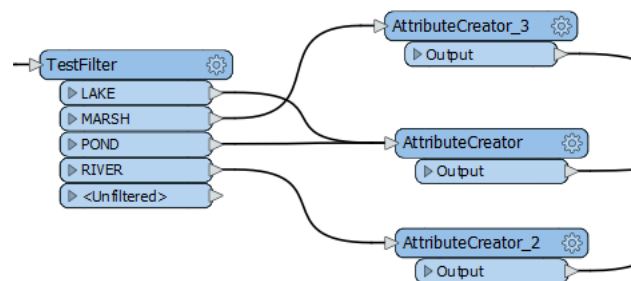


مقادیر صفت توصیفی مذکور می‌توانند به صفتی سازگار با CityGML موسوم به citygml_class، ترانسفورم شوند که این کار مجدداً توسط ترانسفورمر AttributeCreator انجام می‌شود (اشکال زیر را مشاهده کنید). در وهله بعد، Codelist استاندارد CityGML2.0 (بخش عوارض آبی) کنترل می‌شود (صفحه ۲۴۳) و بر اساس آن، مقادیر مناسب citygml_class برای هر نوع عارضه انتخاب می‌شود (شکل زیر).

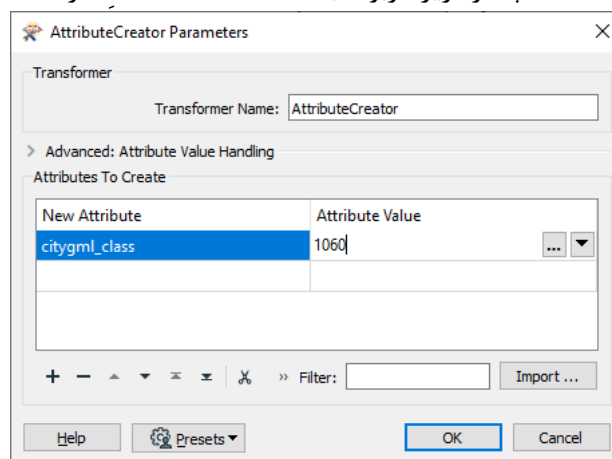
C.9 WaterBody module

Code list of the <i>WaterBody</i> attribute class			
http://www.sig3d.org/codelists/standard/waterbody/2.0/WaterBody_class.xml			
1000	sea	1140	flooded land
1010	tidal waterbody	1150	artificial waterbody
1020	watercourse	1160	aqueduct
1030	river / stream	1170	canal
1040	ditch	1180	port basin
1050	spring / water hole	1190	reservior
1060	lake / pont	1200	excavation pont
1070	bayou	1210	moat
1080	body of standing water	1220	pool
1090	waterfall	1230	fountain
1100	rapids	1240	well
1110	swamp	1250	cistern
1120	sinkhole (karst)	1260	fish ladder
1130	ephemeral watercourse	9999	unknown

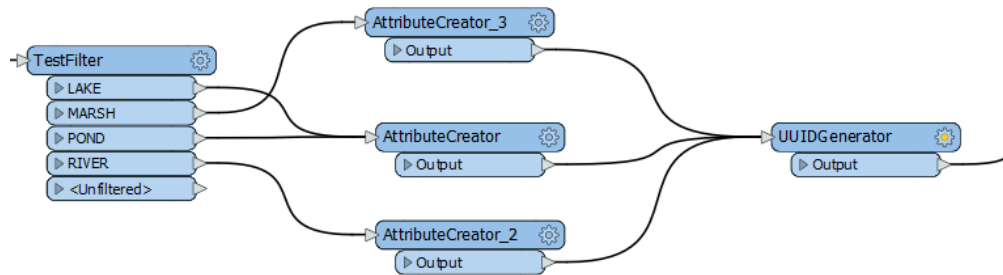
مثلا در Codelist استاندارد مذکور، کد تعریف شده برای عوارض از جنس lake/pond ۱۰۶۰ می‌باشد. یعنی اگر عوارضی از این جنس، به ترانسفورمر AttributeCreator هدایت شوند، باید یک صفت توصیفی جدید citygml_class با مقدار ۱۰۶۰ برای آنها ایجاد شود (شکل زیر). این عملیات، به ترتیب، برای همه انواع عوارض اجرا می‌شود و در نتیجه، صفات توصیفی citygml_classهای مختلفی متناظر با هر نوع عارضه ایجاد می‌شوند. نتیجه اضافه کردن ترانسفورمرهای AttributeCreator و معرفی مقدار صفت توصیفی citygml_class برای همه انواع عوارض آبی، شکل زیر خواهد بود:



با کلیک روی هر کدام از ترانسفورمرهای AttributeCreator فوق، پنجره‌ای مشابه شکل زیر باز می‌شود که مربوط به یک نوع عارضه مشخص می‌باشد. مثلا پنجره زیر مربوط به عارضه lake/pond AttributeCreator است.



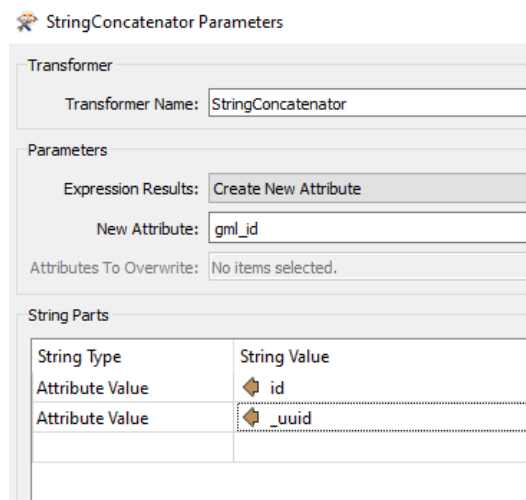
حال باید یک صفت توصیفی با مقادیر منحصر به فرد gml:id برای هر کدام از عوارض آبی ایجاد شود. این کار با استفاده از دو ترانسفورمر و همچنین یک صفت توصیفی از قبل ایجاد شده (id) انجام می‌شود. یعنی، ابتدا با استفاده از ترانسفورمر UUIDGenerator، یک صفت توصیفی به نام _uuid ایجاد می‌شود.



ترانسفورمر UUIDGenerator، موجب می‌شود تا در فایل citygml تولید شده نهایی، یک شناسه منحصر به فرد (کدی مشابه زیر) به هر عارضه اضافه شود.

`gml:id="id_cfacaafe-06df-۴۵۱۸-adb7-c191151b8977"`

در ادامه کار، با بکارگیری ترانسفورمر دیگری موسوم به StringConcatenator که تنظیمات زیر در آن درج شده، صفت توصیفی دیگری به نام gml_name ایجاد می‌شود. تنظیماتی که باید در پنجره این ترانسفورمر انجام شود، مطابق شکل زیر است:



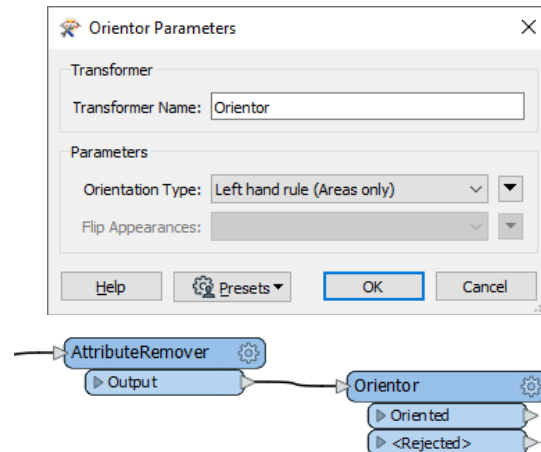
اجرای ترانسفورمر فوق منجر به این می‌شود که یک صفت توصیفی gml_id موسوم به id_xyz برای هر عارضه ایجاد می‌شود.

تا اینجای کار، ترانسفورماسیون معنایی انجام شده است.

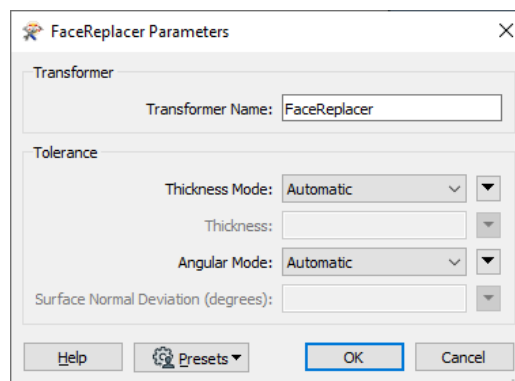
○ ترانسفورماسیون هندسی

پس از انجام ترانسفورماسیون‌های معنایی، برخی دستکاری‌های هندسی باید انجام شوند تا به داده‌های مطابق با استاندارد CityGML برسیم. داده‌های اصلی یا اولیه، در قالب هندسه پلیگونی ارائه شده‌اند. همانطور که استاندارد CityGML مشخص می‌کند، عوارض آبی باید به صورت هندسه‌های 'MultiSurface' ای (چندوجهی) نمایش داده شوند و هندسه هر عارضه نیز باید دستکاری شود.

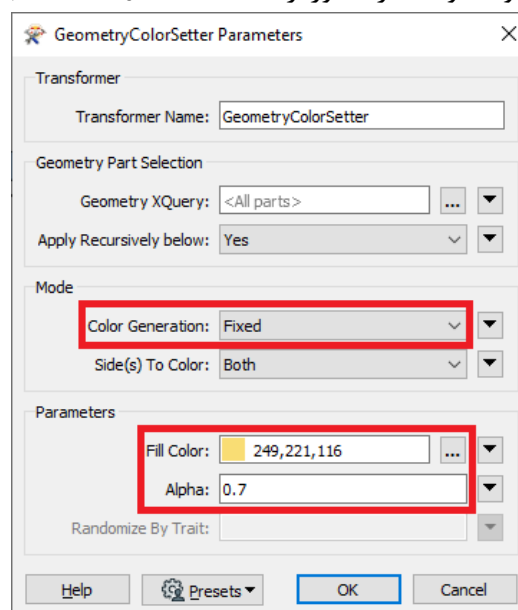
لذا ابتدا، با استفاده از ترانسفورمر Orientor، توجیه زاویه‌ای هر عارضه، روی حالت Left Hand Rule تنظیم می‌شود (شکل زیر). این مورد، در مواقعی که قرار است بافت عوارض را روی آنها تصویر کنیم (اصطلاحاً به این کار texture کردن عارضه می‌گویند)، اهمیت دارد، زیرا توجیه زاویه‌ای عوارض، مشخص می‌کند که این بافت، روی کدام وجه عوارض، رویت شود.



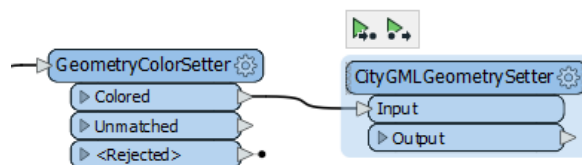
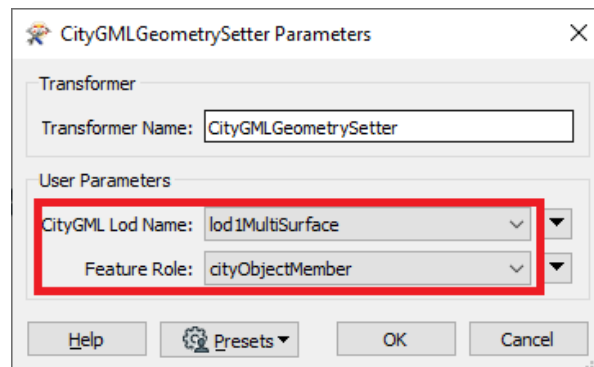
سپس با استفاده از ترانسفورمر FaceReplacer، هندسه‌های پلیگونی‌های اصلی به هندسه‌های 'MultiSurface'ی ترانسفورم می‌شوند.



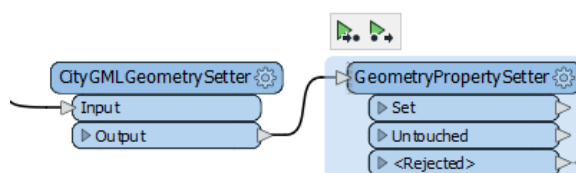
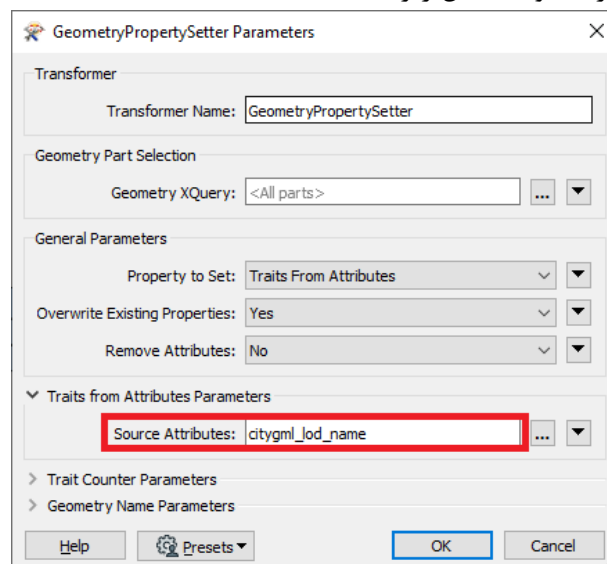
اکنون، رنگ (ظاهر) هر عارضه می‌تواند توسط ترانسفورمر GeometryColorSetter با تنظیمات زیر تعیین شود:



گزینه Color Generation روی Fixed تنظیم می‌شود. قسمت Fill Color روی یک رنگ دلخواه تنظیم شده و گزینه Alpha روی ۰,۷ ست می‌شود که بیانگر شفافیت نور است. بقیه گزینه‌های پنجره بالا، دست نمی‌خورند. در نهایت، با بکارگیری ترانسفورمر CityGMLGeometrySetter، صفات توصیفی مختص CityGML که مورد نیاز می‌باشند را می‌توان انتخاب کرد. این صفات می‌توانند با چک کردن تعاریف مربوطه ارائه شده در استاندارد CityGML2.0 تعیین شوند. در ترانسفورمر مذکور، تنظیمات را مطابق شکل زیر، انتخاب می‌کنیم. یعنی گزینه CityGML Lod Name روی lod1MultiSurface و گزینه Feature Role روی cityObjectMember تنظیم می‌شود.

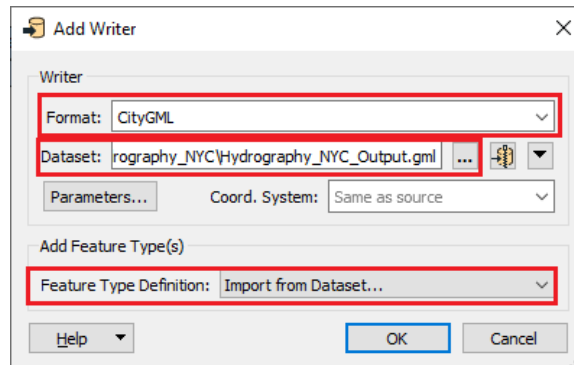


در ادامه، صفات توصیفی هندسی که تاکنون ایجاد شده‌اند (صفات توصیفی CityGML geometry)، نیاز است که با استفاده از ترانسفورمر موسوم به GeometryPropertySetter و با تنظیم کردن source attribute روی حالت citygml_lod_name، پیاده‌سازی شوند (شکل زیر).



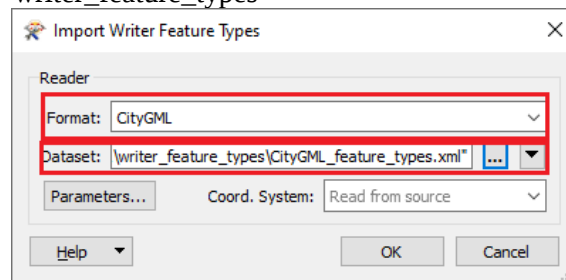
اکسپورت کردن داده های CityGML

داده های تولید شده تا اینجا می توانند با استفاده از چیزی به نام CityGML Writer، اکسپورت شوند. بدین منظور، روی دستور Add Writer کلیک کنید و تنظیمات را مشابه شکل زیر انجام دهید:



سپس پنجره شکل زیر باز می شود و از کاربر درخواست می شود تا Import Feature Type (نوع عرضه موردنظر کاربر) موردنظرش را مشخص کند. در پنجره شکل زیر، فرمت را روی CityGML تنظیم می کنیم. در قسمت Dataset، باید مسیر زیرفولدری را مشخص کرد که در مسیر نصب نرم افزار FME قرار دارد و مربوط به CityGML Writer Feature Type است. مثلاً مسیری مانند مسیر زیر:

...>FME>xml>CityGML>writer_feature_types

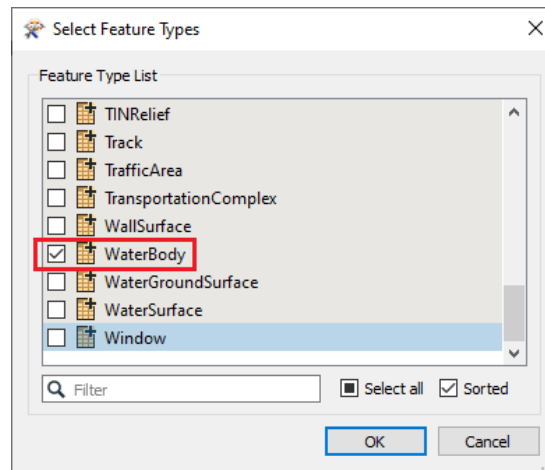


توجه: چک کنید که feature type های تعریف شده در نسخه FME ی شما، متناظر با استاندارد CityGML ۲.۰ باشد. بدین منظور، فایل writer_feature_types.xml را در یک نرم افزار editor باز کنید و در تمامی لینک های مندرج در این فایل، نسخه را از ۱.۰ به ۲.۰ تغییر دهید (شکل زیر).

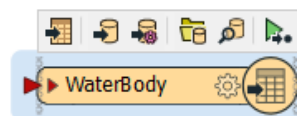
```
<CityModel xmlns="http://www.opengis.net/citygml/2.0" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  <dem:ReliefFeature/>
  <dem:TINRelief/>
  <dem:MassPointRelief/>
  <dem:BreaklineRelief/>
  <hlda:Building/>
```



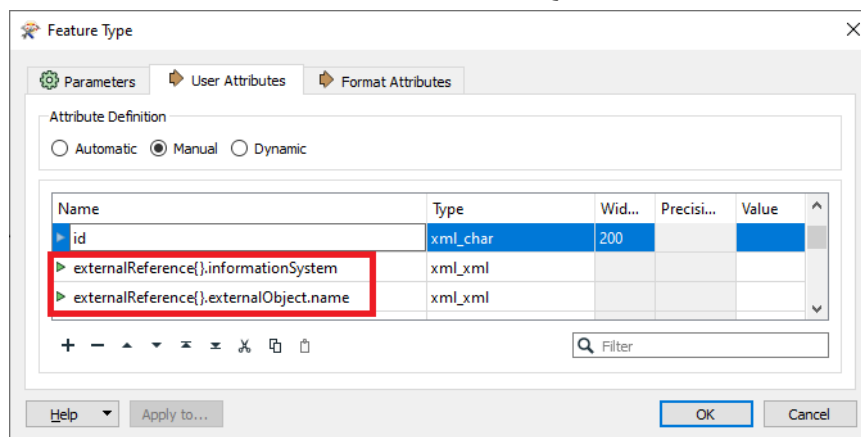
بعد از تایید پنجره شکل بالا، وارد پنجره شکل زیر می شوید:



در پنجره بالا، گزینه WaterBody را انتخاب کنید و OK کنید تا writer زیر ایجاد شود. با این کار، تمامی عوارض به داخل این writer هدایت می شوند.

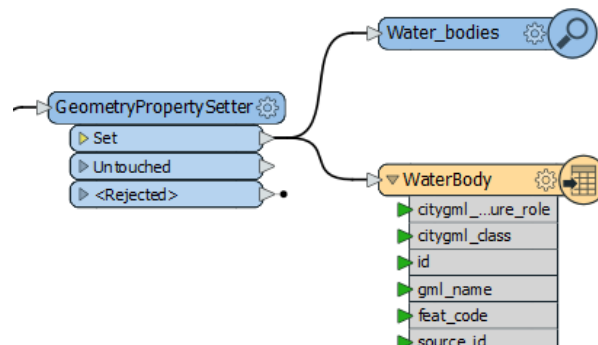


سپس روی writer فوق دابل کلیک کنید تا پنجره شکل زیر باز شود. در این پنجره، تب User Attributes را انتخاب کنید و آپشن Automatic را انتخاب کنید تا همه صفات توصیفی موجود نشان داده شود. پس از آن، آپشن Manual را انتخاب کنید و دو صفت توصیفی مرجع خارجی^۱ که رویت می شوند را حذف کنید، زیرا این صفات توصیفی بطور اتوماتیک در فایل CityGML تولید شده، وجود خواهند داشت. منظور فایل‌های externalReference{}.externalObject.name و externalReference{}.informationSystem است (شکل زیر).



هر نوع صفت توصیفی (هر نوع انکودینگ صفت توصیفی) می تواند انتخاب شود، مثلاً محدوده عوارض آبی می توانند به صورت نوع داده xml_decimal و غیره، اکسپورت شوند. به این ترتیب، فایل CityGML خروجی، ایجاد می شود. یک ترانسفورمر اضافی از جنس Inspector می تواند به منظور بررسی عوارض منتج شده در داخل FME Inspector مورد استفاده قرار گیرد (شکل زیر).

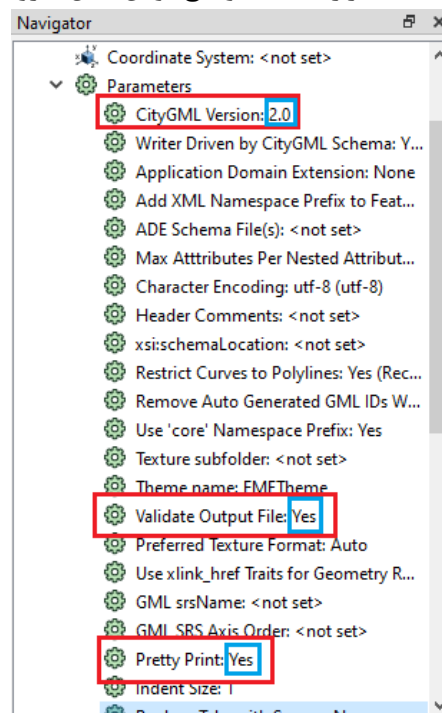
^۱-external reference attributes



در قسمت FME Navigator، بعضی از تنظیمات CityGML Writer باید ویرایش و تغییر داده شوند. اولاً چک کنید آیا CityGML Version روی ۲٫۰ تنظیم شده است یا خیر. اگر نیاز است، آن را تغییر دهید (شکل زیر).

دوماً، گزینه Validate Output File را روی حالت yes قرار دهید. این کار موجب می‌شود، اعتبار فایل خروجی، چک شود (شکل زیر).

سوماً، گزینه Pretty Print را روی حالت yes قرار دهید تا واضح بودن فایل خروجی افزایش یابد (شکل زیر).



چهارماً، بعد از اجرا کردن Workspace نهایی (با دستور Run که در شکل زیر نشان داده شده)، پیغام Translation was SUCCESSFUL with 0 warnings (393 features output) باید در پنجره Translation Log نشان داده شود.



بعد از اجرا، نتایج زیر نمایش داده می‌شود:

The screenshot displays a software interface with two main panels. The top panel, titled 'Visual Preview', contains a table with the following data:

	citygml_lod_name	citygml_feature_role	citygml_class	id	gml_name	name
1	lod1MultiSurface	cityObjectMember	1110	id_	MARSH	<missing>
2	lod1MultiSurface	cityObjectMember	1110	id_	MARSH	<missing>
3	lod1MultiSurface	cityObjectMember	1110	id_	MARSH	<missing>

Below the table is a search bar and a 'Columns...' button. The bottom panel, titled 'Translation Log', shows a log with 9 warnings and 0 errors. The log text includes:

```

2 Feature Caching is ON
3 The workspace may run slower because features are being recorded on all output ports.
329
330
331 Feature caches have been recorded at every stage of the translation.
332 To inspect the recorded features,
333 click the feature cache icons next to the ports.
334
335

```

فایل CityGML تولید شده، می‌تواند از طریق یک نرم‌افزار text editor مورد بررسی قرار گیرد و ظاهر آن باید مانند شکل زیر باشد. کدهای موجود در شکل زیر، مربوط به یک عارضه از جنس MARSH می‌باشد.

```

<core:cityObjectMember>
  <wtr:WaterBody gml:id="id_3c39da8b-50ff-444c-b31e-e3af7ffc61d9">
    <gml:name>MARSH</gml:name>
    <core:externalReference>
      <core:informationSystem>https://data.cityofnewyork.us/Environment/Hydrography/drh3-e2fd/data/</core:informationSystem>
      <core:externalObject>
        <core:name>2264000005</core:name>
      </core:externalObject>
    </core:externalReference>
    <gen:doubleAttribute name="feat_code">
      <gen:value>2640</gen:value>
    </gen:doubleAttribute>
    <gen:doubleAttribute name="source_id">
      <gen:value>2264000005</gen:value>
    </gen:doubleAttribute>
    <gen:doubleAttribute name="shape_area">
      <gen:value>341560.678666</gen:value>
    </gen:doubleAttribute>
    <gen:stringAttribute name="status">
      <gen:value>Updated</gen:value>
    </gen:stringAttribute>
    <gen:doubleAttribute name="sub_code">
      <gen:value>264000</gen:value>
    </gen:doubleAttribute>
    <gen:doubleAttribute name="shape_leng">
      <gen:value>7859.75220919</gen:value>
    </gen:doubleAttribute>
    <gen:stringAttribute name="area">
      <gen:value>3.3751899986247645e-6</gen:value>
    </gen:stringAttribute>
    <gen:stringAttribute name="uuid">
      <gen:value>3c39da8b-50ff-444c-b31e-e3af7ffc61d9</gen:value>
    </gen:stringAttribute>
    <wtr:class>1110</wtr:class>
    <wtr:lod1MultiSurface>
      <gml:MultiSurface srsName="EPSG:4326" srsDimension="3">
        <gml:surfaceMember>
          <gml:Polygon gml:id="fme-gen-6de065ec-d37c-4321-b61a-9a8fc237face">
            <gml:exterior>
              <gml:LinearRing>
                <gml:posList>-73.9133230938557 40.58383011679933 0 -73.91326240366719 40.583818191284784 0 -73.91323111421087 40.5838:
              </gml:LinearRing>
            </gml:exterior>
          </gml:Polygon>
        </gml:surfaceMember>
      </gml:MultiSurface>
    </wtr:lod1MultiSurface>
  </wtr:WaterBody>
</core:cityObjectMember>
</core:cityObjectMember>

```

توجه کنید که صفات توصیفی تعریف شده در استاندارد CityGML برای عوارض آبی مانند class با wtr:class معرفی می‌شوند.

رفرنس‌های خارجی که ایجاد می‌شوند، بطور اتوماتیک در صفت توصیفی core:extrenal ذخیره می‌شوند. بعلاوه، هندسه عارضه به اضافه سیستم مختصات استفاده شده نیز ذخیره می‌شوند.

۲-۳-۳-۲- مشاهده داده ها^۱

می‌توان هم برای صرفاً مشاهده داده‌ها و هم به منظور کنترل صحت کار تبدیل فرمت از Shapefile به CityGML، آنها را در محیط‌های مختلف ملاحظه کرد. در زیر، نحوه بازبینی و ملاحظه فایل CityGML تولید شده در ۳ محیط شرح داده است:

مشاهده داده‌ها در نرم افزار ۳Dcitydb

فایل CityGML تولید شده می‌تواند با استفاده از نرم‌افزار ۳Dcitydb مشاهده (ویژوالایز) شود. نرم‌افزار ۳Dcitydb، یک پایگاه داده است که علاوه بر ویژوالایز کردن، دارای ساختار معنایی غنی، ساختار درختی سلسله مراتبی و ساختار عوارض چندمقیاسی است که کار مدلسازی‌های پیچیده GIS ای و تحلیل آنها را تسهیل می‌کند. ۳Dcitydb به مانند یک نرم‌افزار وب‌مبنا عمل می‌کند که به منظور ویژوالایز کردن و کاوش اینترکتیو مدل‌های سه‌بعدی شهرها توسط کاربران استفاده می‌شود. این نرم‌افزار کلاینت، بر اساس Cesium Virtual Globe توسعه یافته است. فایل‌های KML-/glTF می‌توانند ویژوالایز شوند و نیز به جداول داده (صفحه گسترده مانند اکسل) لینک شوند تا امکان کوئری گرفتن از داده‌های موضوعی برای هر کدام از عوارض شهری فراهم شود. البته در این مثال، از توضیح بیشتر در خصوص نرم‌افزارهای ۳Dcitydb و ۳Dcitydb خودداری می‌شود. برای دستیابی به مستندات جامع در مورد این دو نرم‌افزار می‌توانید به لینک‌های زیر مراجعه کنید:

<http://www.3dcitydb.org/3dcitydb/documentation>

از آنجائیکه مستندات پر جزئیات و همچنین یک راهنما برای مبتدیان^۲ این نرم‌افزار وجود دارند، لذا در این متن صرفاً اشاره مختصری به چگونگی استفاده از ۳Dcitydb شده است.

مستندات پر جزئیات در مورد نرم‌افزار مذکور می‌تواند توسط لینک‌های زیر یافت شود:

۳Dcitydb ۳.۳ (۲۰۱۶) (۳Dcitydb ۳.۳):

<http://www.3dcitydb.org/3dcitydb/documentation/>

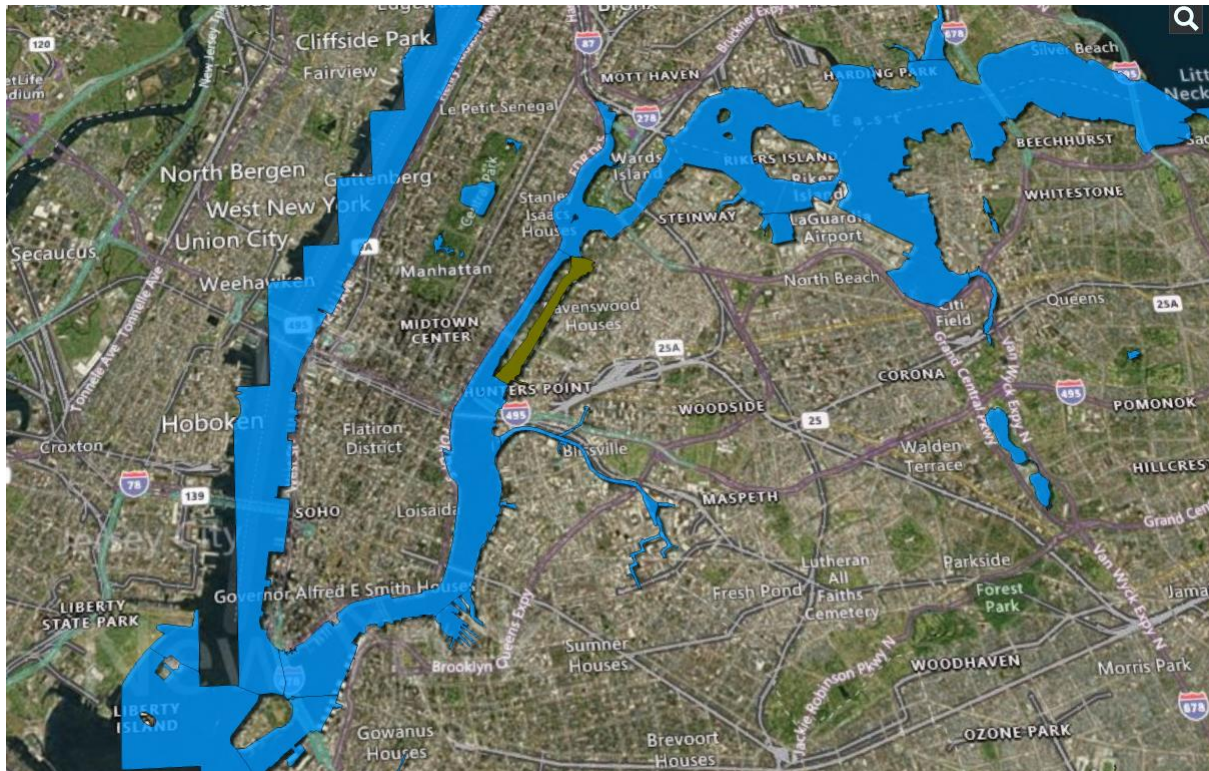
۳Dcitydb-۳Dcitydb-Tutorial:

<https://github.com/3dcitydb/tutorials>

با استفاده از ۳Dcitydb، فایل‌های KML-/COLLADA به اضافه صفحه گسترده‌های متناظر، از فایل CityGML ایجاد شده برای عوارض آبی، تولید می‌شوند. داده‌های ایجاد شده با استفاده از ۳Dcitydb بیشتر پردازش می‌شوند تا اطلاعات معنایی و هندسی را در جهت ویژوالایز کردن یک KML تایل شده، ادغام کنند. نتایج این مثال، که با استفاده از نرم‌افزار ۳Dcitydb، به صورت آنلاین قابل مشاهده (ویژوالایز) شده است، به صورت زیر می‌باشد:

^۱- Data Visualization

^۲- Hands-On-Tutorial for beginners



مشاهده داده ها در نرم افزار ArcGIS

برای مشاهده داده ها -که در قالب فرمت CityGML می باشد- در نرم افزار ArcGIS، و همچنین کنترل صحت تبدیل فرمت انجام شده، می توان ابتدا این داده ها را با ابزار OGR به فرمت Shapefile تبدیل کرد و سپس آن را در ArcGIS مشاهده نمود.

برای تبدیل داده تولید شده با فرمت CityGML، می توان محیط OSGeoShell (محیطی مشابه با محیط cmd ویندوز) استفاده کرد. اگر از قبل، روی سیستم، نرم افزار QGIS نصب شده باشد، این محیط در دسترس خواهد بود. دستوری که در این محیط باید نوشته شود تا فایل CityGML موردنظر به فرمت Shapefile تغییر یابد، به صورت زیر است:

```
ogr2ogr -f "ESRI Shapefile" F:\outputHydrography_NYC_SHP F:\Hydrography_NYC.gml
```

در دستور فوق، عبارت `ogr2ogr -f "ESRI Shapefile"` ثابت است.

`F:\outputHydrography_NYC_SHP` نام فولدیری است که shapefile تولیدی در آن قرار خواهد گرفت.

`F:\Hydrography_NYC.gml` نیز مسیر و نام فایل CityGML ورودی است.

بعد از تولید شدن فایل با فرمت SHP، می توان آن را در نرم افزار ArcGIS مشاهده کرد.

مشاهده داده ها در نرم افزار QGIS

برای مشاهده داده ها -که در قالب فرمت CityGML می باشند- در نرم افزار QGIS، باید دو مرحله کار را انجام داد:

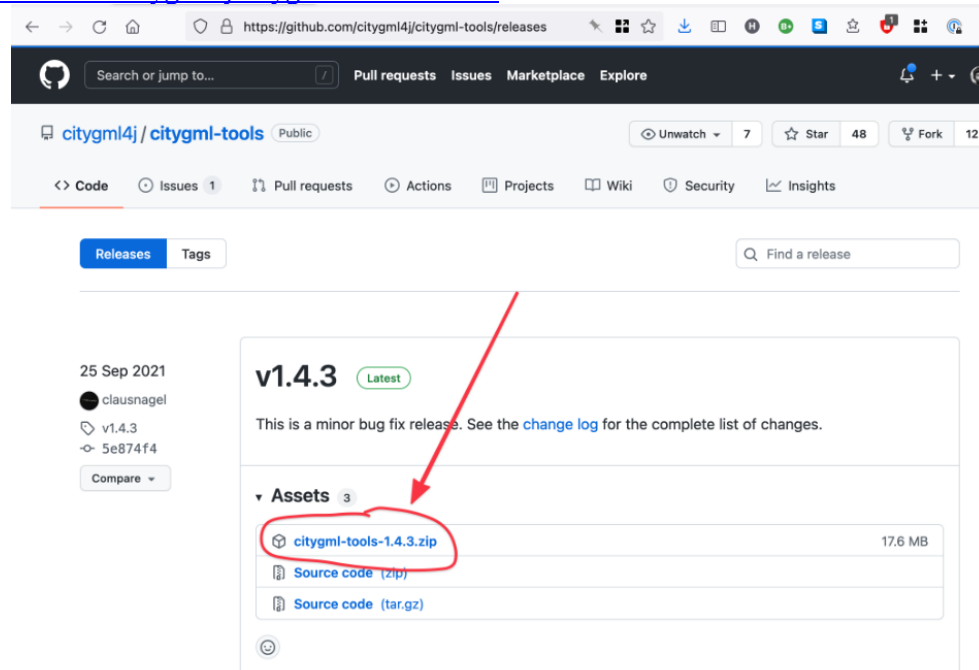
مرحله اول: باید داده ها را از فرمت CityGML به فرمت CityJSON تبدیل کرد.

مرحله دوم: باید داده های تولید شده با فرمت CityJSON را در QGIS لود کرده و مشاهده کرد.

مرحله اول:

برای تبدیل فایل تولید شده در مرحله قبل –که تحت فرمت CityGML می‌باشد– به فرمت CityJSON، باید از ابزاری با عنوان citygml-tools استفاده کرد. این ابزار که محیط کاری آن مشابه با cmd ی ویندوز می‌باشد، از لینک زیر دانلود می‌شود:

<https://github.com/citygml4j/citygml-tools/releases>



بعد از دانلود ابزار فوق که به صورت یک فایل zip شده است، آن را extract کرده و در مسیر دلخواه کپی می‌کنیم. مثلاً مسیر زیر:

F:\citygml-tools-1.4.3

در مسیر بالا، فایل‌ها با پسوند bat وجود دارد که این فایل باید در محیط cmd اجرا گردد. این فایل، همان ابزار موردنظر است.

در کد زیر، عبارتی که با رنگ آبی نوشته شده، نام فایل bat است. عبارت سبزرنگ، آرگومان است که حاکی از اکسپورت به فرمت cityjson است. عبارت قرمز رنگ نیز نمایانگر مسیری است که فایل CityGML ورودی در آن قرار دارد.

متون نارنجی رنگ هم پیام‌های ظاهر شده، بعد از اجرای ابزار citygml-tools می‌باشند که از اکسپورت شدن موفقیت‌آمیز citygml به cityjson حکایت دارد. نتیجتاً فایل‌ها با عنوان Hydrography_NYC_Output.json ایجاد می‌شود.

```
F:\citygml-tools-1.4.3>citygml-tools to-cityjson F:\Hydrography_NYC_Output.gml
[00:43:38 INFO] Starting citygml-tools.
[00:43:38 INFO] Initializing application environment.
[00:43:39 INFO] Executing command 'to-cityjson'.
[00:43:39 INFO] Found 1 file(s) at 'Hydrography_NYC_Output.gml'.
[00:43:39 INFO] [1|1] Processing file 'F:\citygml-tools-1.4.3\Hydrography_NYC_Output.gml'.
[00:43:39 INFO] Writing output to file 'F:\citygml-tools-1.4.3\Hydrography_NYC_Output.json'.
[00:43:42 INFO] Total execution time: 05 s.
[00:43:42 INFO] citygml-tools successfully completed.
```

نکته: اگر بعد از اجرای دستور citygml-tools، پیغامی مبنی بر نصب نبودن Java ظاهر شد، باید اقدام به نصب یک JVM کرد (مثلا JDK) و مسیر نصب آن را در قسمت Environment Setting و در زیرقسمت JAVA_HOME درج نمود. چنانچه قبلا JVM نصب شده است، باز هم ممکن است پیغامی به صورت زیر ظاهر شود:

ERROR: JAVA_HOME is set to an invalid directory: C:\Program Files\Java\jdk1.8.0_131

برای رفع خطای فوق، باید از صحیح بودن مسیر نصب JVM در JAVA_HOME اطمینان حاصل کرد. دقت کنید که نباید مسیر درج شده در JAVA_HOME شامل زیرفولدر bin باشد. مثال زیر را ملاحظه کنید:

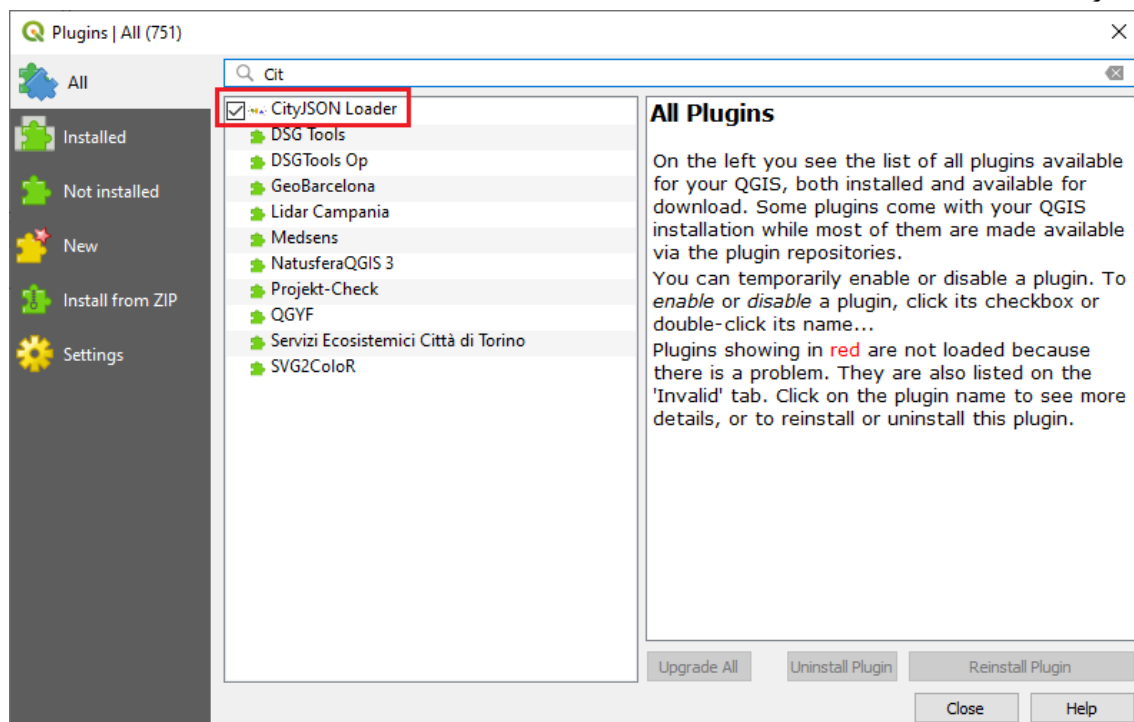
C:\Program Files\Java\jdk1.8.0_131 **درست**

C:\Program Files\Java\jdk1.8.0_131\bin **غلط**

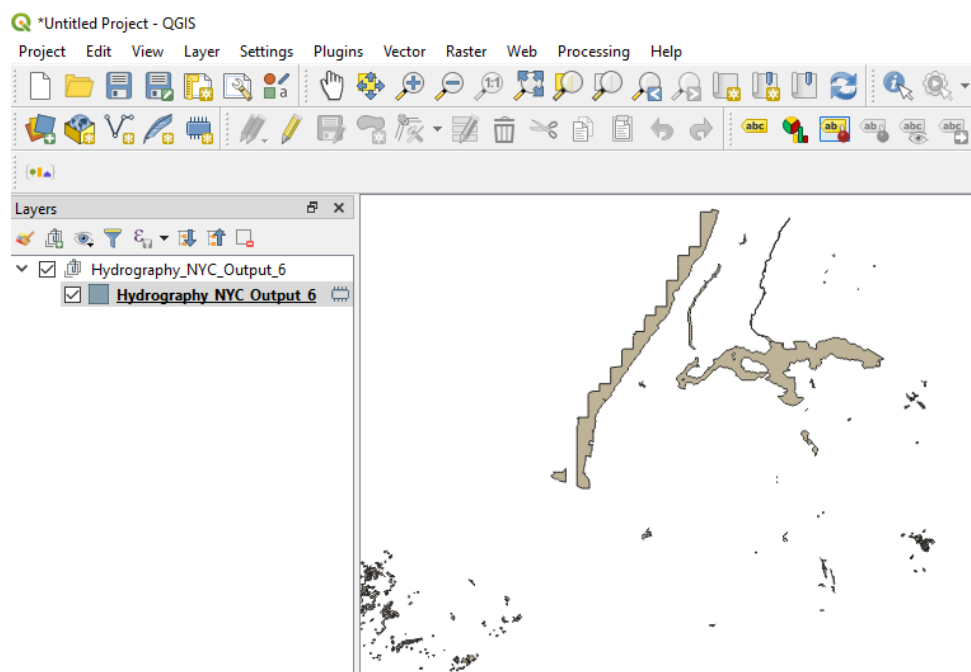
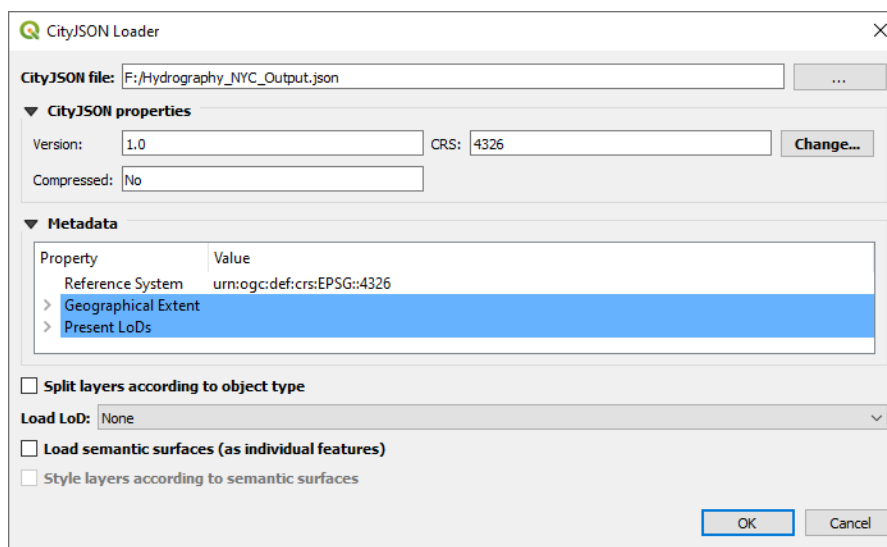
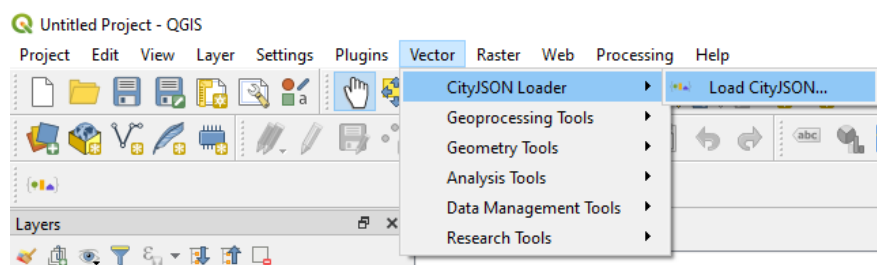
اما چنانچه مسیر نصب JVM به درستی وارد شده بود، این خطا می‌تواند ناشی از نصب شدن چندین JVM روی سیستم باشد که باید موارد اضافی را uninstall کرد و چه بسا نیاز باشد کلیه JVMها uninstall شوند و مجددا فقط یک JVM نصب شود.

مرحله دوم:

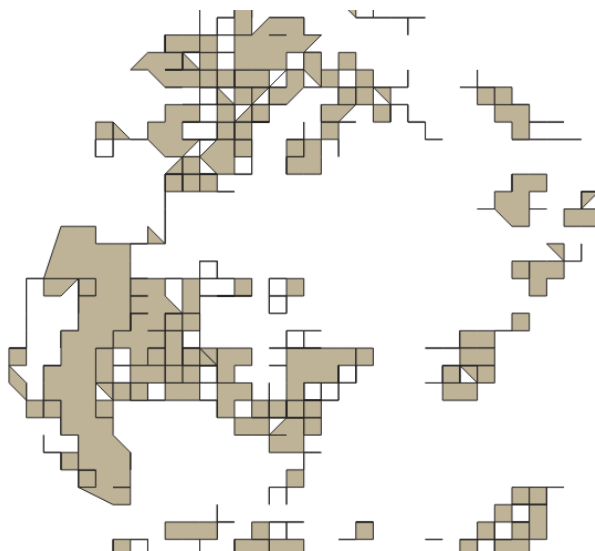
برای لود کردن داده با فرمت CityJSON در QGIS، باید ابتدا پلاگینی به نام CityJSON Loader را در این نرم‌افزار نصب کرد.



سپس با استفاده از این پلاگین، اقدام به لود کردن فایل json موردنظر (فایل Hydrography_NYC_Output.json) در QGIS می‌کنیم.



نکته: بعد از تبدیل CityJSON به CityGML، بعضی از عوارض کمی تغییر شکل می دهند، لذا این روش (مشاهده داده ها در نرم افزار QGIS) توصیه نمی شود.



منبع: <https://gis.stackexchange.com/questions/233809/viewing-citygml-in-qgis>