



سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان گیلان

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تولید مدل سه بعدی هندسه بام ساختمان ها با استفاده از DSM و داده های ابر نقطه

تابستان ۱۴۰۴

مقدمه



افزایش نیاز به تولید داده‌های
مکانی سه بعدی در سال‌های اخیر

نیاز به داده‌های سه بعدی ساختمان‌ها
به عنوان یکی از عوارض مکانی مهم

تولید مدل سه بعدی هندسه بام ساختمان
ها با استفاده از DSM و داده‌های ابر
نقطه

مراحل اجرای طرح

- تحلیل نیازهای سه بعدی
- طراحی و پیاده سازی معماری، مدل تعاملی و واسط کاربر یک سیستم پیلوت
- تولید اتوماتیک هندسه بام ساختمان‌ها با استفاده از DSM در بستر همسان رقمی
- استقرار و ارزیابی سامانه در یک منطقه نمونه از شهر رشت

مراحل اجرای طرح

- تحلیل نیازهای سه بعدی
 - بررسی اهداف، نیازمندی‌ها، مراحل و کاربردهای داده‌های مکانی سه بعدی
 - بررسی استانداردها، تکنیک‌ها، فناوری‌ها، سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای مورد نیاز
 - تدوین رویه‌های ذخیره‌سازی، مدیریت، نمایش و بروزرسانی داده‌های مکانی سه بعدی
- طراحی و پیاده‌سازی معماری، مدل تعاملی و واسط کاربر یک سیستم پایلوت
- تولید اتوماتیک هندسه بام ساختمان‌ها با استفاده از DSM در بستر همسان رقمی
- استقرار و ارزیابی سامانه در یک منطقه نمونه از شهر رشت

مراحل اجرای طرح

- تحلیل نیازهای سه بعدی
- طراحی و پیاده سازی معماری، مدل تعاملی و واسط کاربر یک سیستم پیلوت
 - طراحی و پیاده سازی سامانه و UI های مربوطه (استفاده از مجموعه ای از سامانه های متن باز جهانی و برقراری ارتباط بین آنها به منظور تسهیل در بهره برداری)
- تولید اتوماتیک هندسه بام ساختمان ها با استفاده از DSM در بستر همسان رقمی
- استقرار و ارزیابی سامانه در یک منطقه نمونه از شهر رشت

مراحل اجرای طرح

- تحلیل نیازهای سه بعدی
 - طراحی و پیاده سازی معماری، مدل تعاملی و واسط کاربر یک سیستم پیلوت
 - تولید اتوماتیک هندسه بام ساختمان‌ها با استفاده از DSM در بستر همسان رقمی
- آماده سازی و پیش پردازش داده‌های مکانی شامل DSM منطقه (مستخرج از پردازش تصاویر فتوگرامتری هوایی یا پهپاد)، داده‌های ابر نقطه و نقشه‌های پایه (لایه برداری محدوده پارسل‌ها)
 - طبقه بندی انواع بام ساختمان‌ها و مدل‌سازی سه بعدی هندسه بام ساختمان‌ها
 - ذخیره‌سازی و تبدیل فرمت لایه سه بعدی ایجاد شده به فرمت‌های استاندارد و نمایش داده‌های سه بعدی با استفاده از نرم افزارهای تخصصی مانند CesiumJS
 - استقرار و ارزیابی سامانه در یک منطقه نمونه از شهر رشت

مراحل اجرای طرح

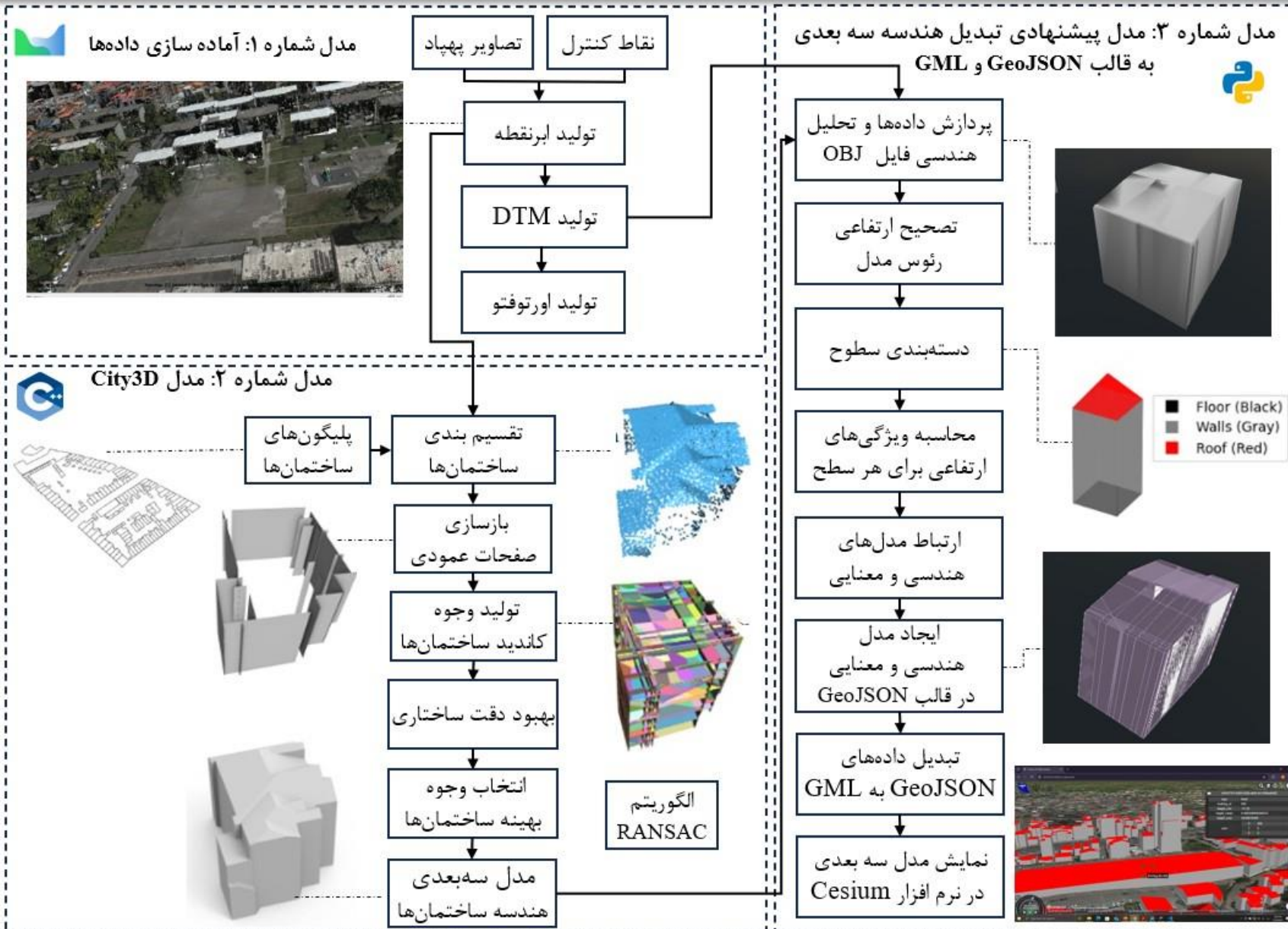
- تحلیل نیازهای سه بعدی
- طراحی و پیاده سازی معماری، مدل تعاملی و واسط کاربر یک سیستم پیلوت
- تولید اتوماتیک هندسه بام ساختمان ها با استفاده از DSM در بستر همسان رقمی
- استقرار و ارزیابی سامانه در یک منطقه نمونه از شهر رشت

○ بررسی و تست سیستم پیاده سازی شده در مقیاس پیلوت (در یک منطقه نمونه از شهر رشت) و رفع ایرادات

شناسایی شده

○ استقرار و آموزش سامانه

مدل پیشنهادی تولید مدل سه بعدی هندسه بام ساختمان ها



مدل پیشنهادی تولید مدل سه بعدی هندسه بام ساختمان ها

استفاده از مجموعه‌ای از سامانه‌های تجاری و متن باز به منظور مدلسازی سه بعدی
هندسه بام ساختمان ها

Agisoft
Metashape

Global
Mapper

ArcMap

Cloud
Compare

City 3D

C++

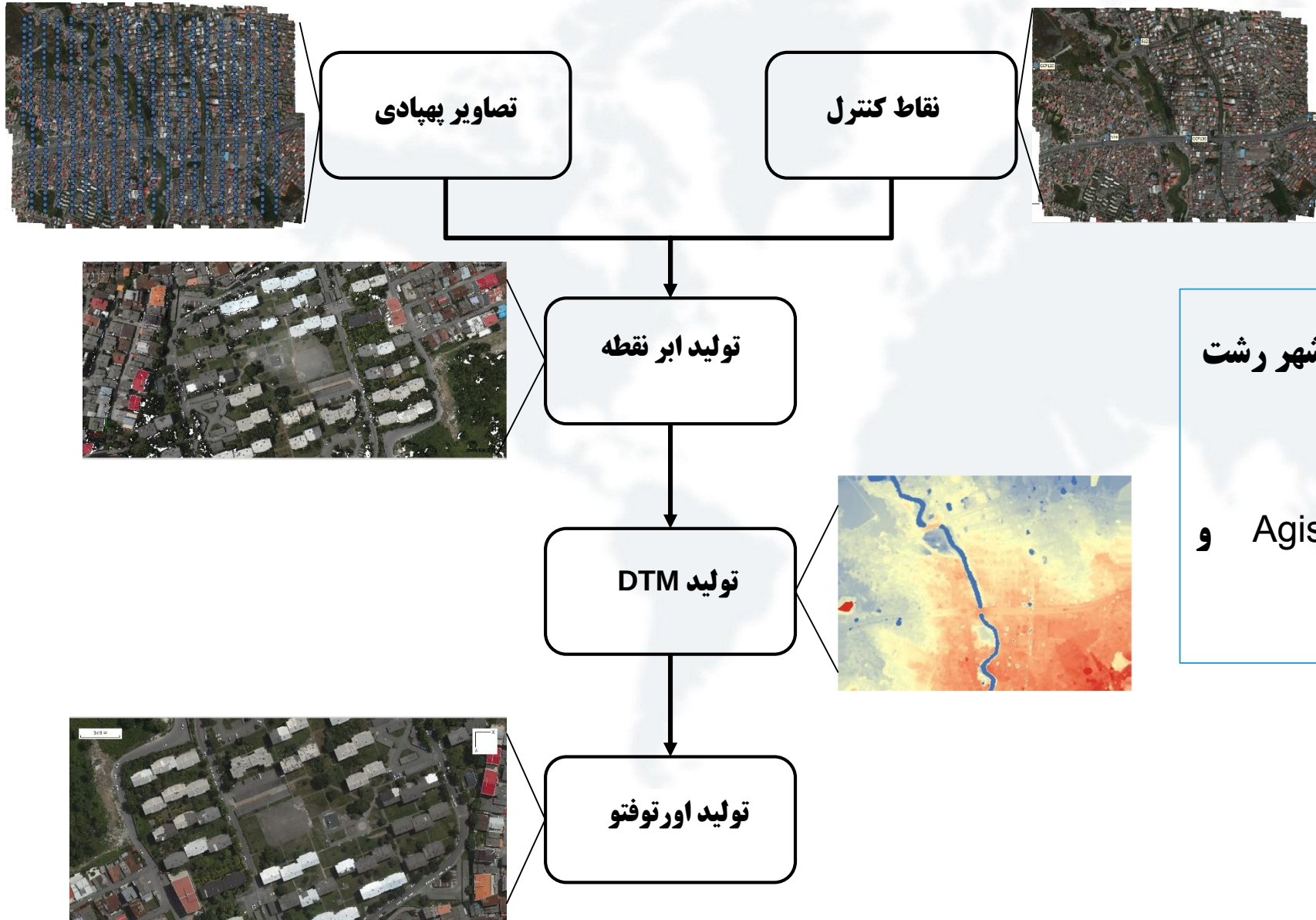
python

Html&Css

JS

Cesium

مدل شماره ۱- آماده سازی داده ها



✓ اخذ ۷۶۳ تصویر پهباد از منطقه پایلوت در شهر رشت

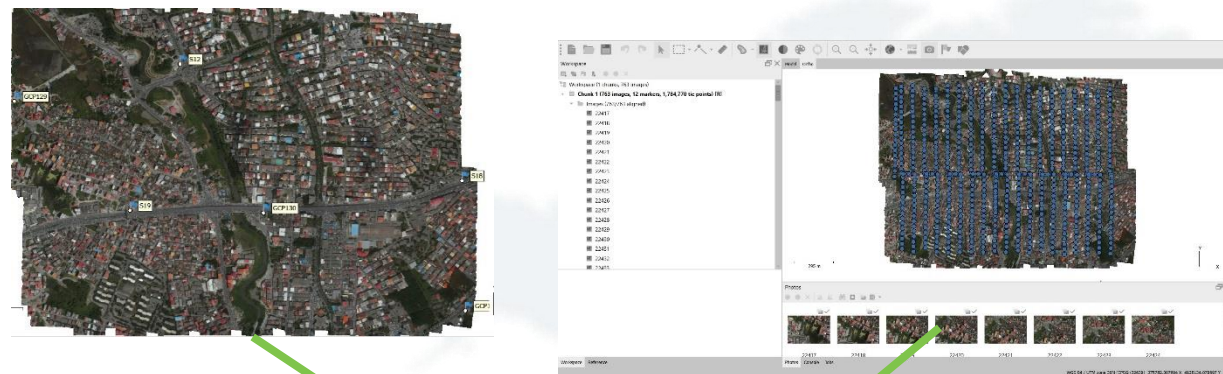
✓ اخذ ۶ نقطه کنترل

✓ استفاده از نرم افزار Agisoft Metashape و

Global Mapper

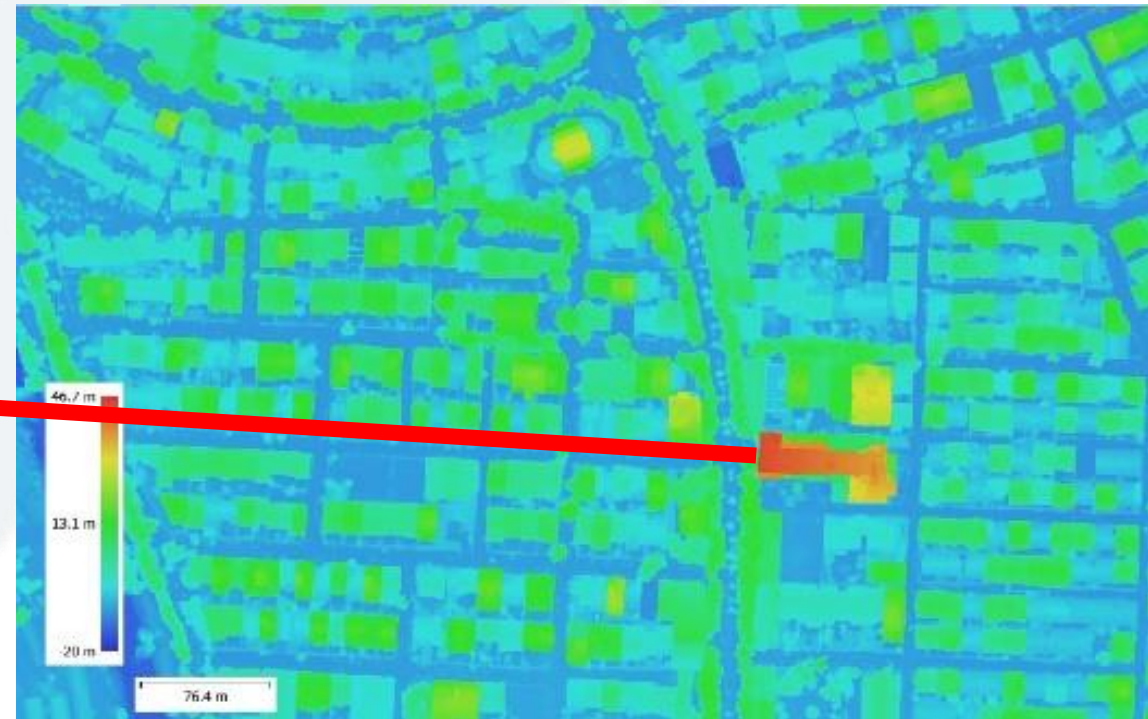
مدل شماره ۱- آماده سازی داده ها

تولید ابر نقطه



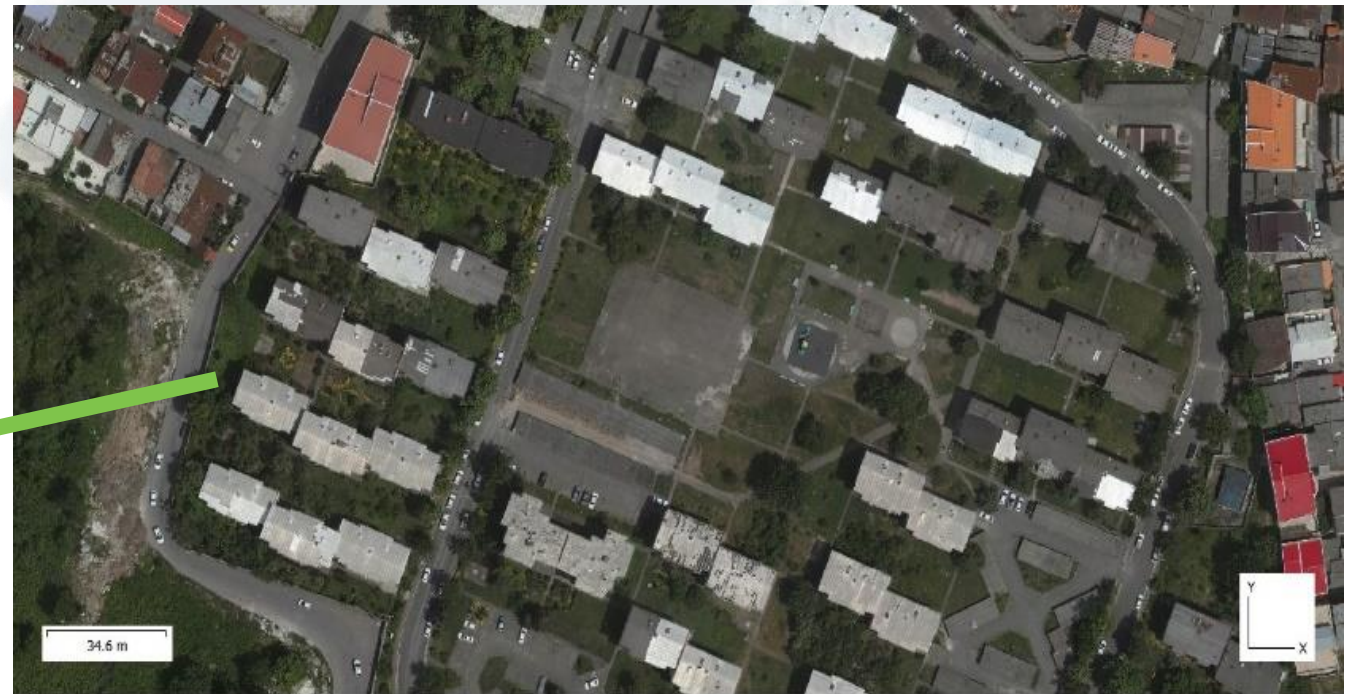
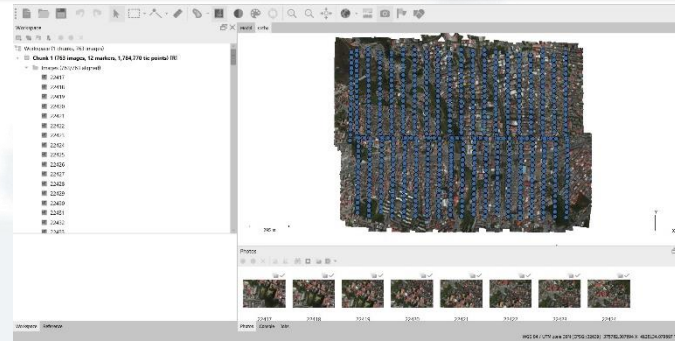
مدل شماره ۱- آماده سازی داده ها

تولید DTM

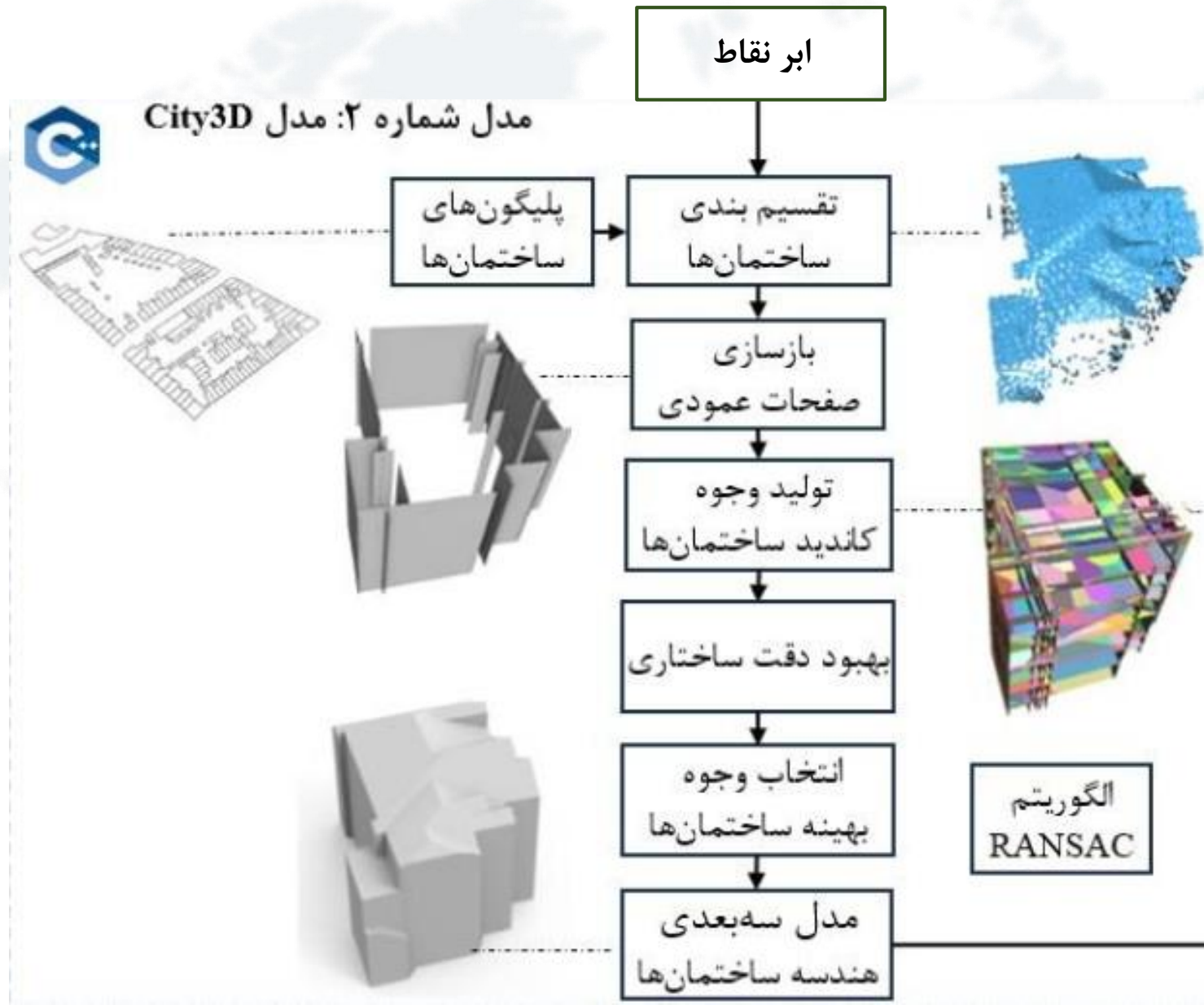


مدل شماره ۱- آماده سازی داده ها

تولید اور توفتو



تولید مدل سه بعدی هندسه ساختمان ها با استفاده از City3D



تولید مدل سه بعدی هندسه ساختمان ها با استفاده از City3D

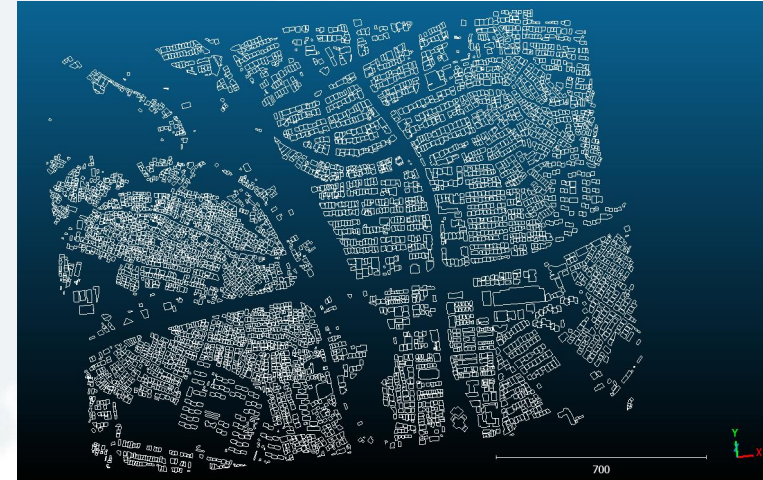
فرمت ورودی و خروجی مدل

ابرنقاط به
فرمت Las

پلیگون ساختمان
ها به فرمت شیپ
فایل

تبدیل فرمت به
GeoJSON

خروجی مدل به
فرمت OBJ



تولید مدل سه بعدی هندسه ساختمان ها با استفاده از City3D

ترسیم پلیگون
ساختمان ها به
فرمت شیپ فایل



تولید مدل سه بعدی هندسه ساختمان ها با استفاده از City3D

انواع بام ساختمان ها در منطقه مورد مطالعه

سقف
ترکیبی،
شیروانی،
شیروانی



6

سقف
تخت



1

چهارشیب
مستطانی



7

سقف
شیروانی



2

شش ضلعی



8

سقف
هرمی



3

سقف
ترکیبی،
شیروانی و
شش ضلعی



9

سقف سه
شیب



4

سقف
ترکیبی
شیروانی و
هرمی



10

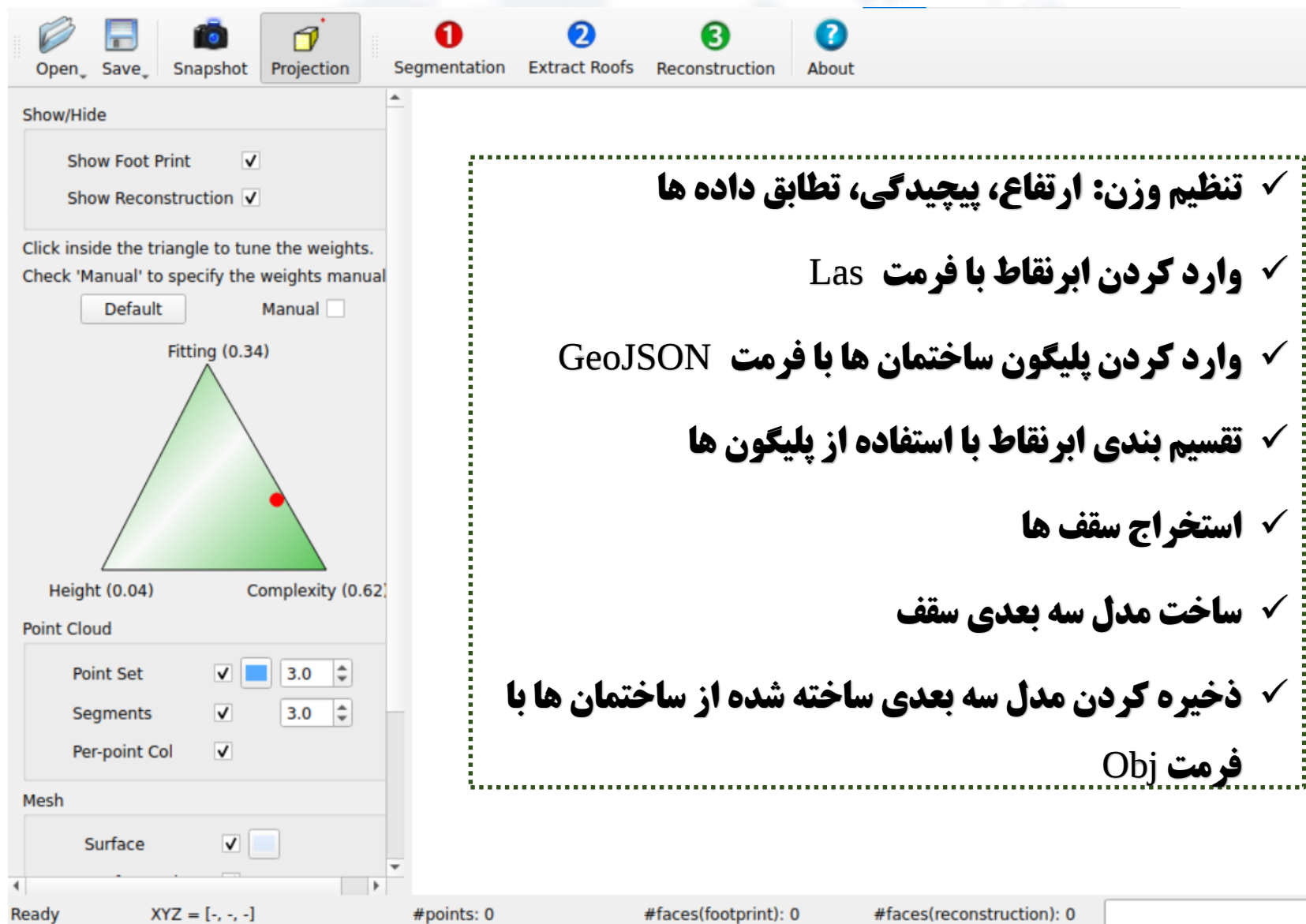
سقف
چهار
شیب



5

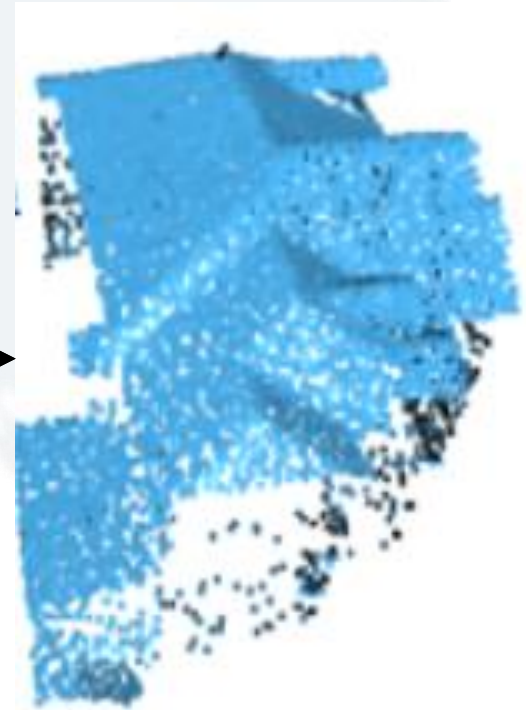
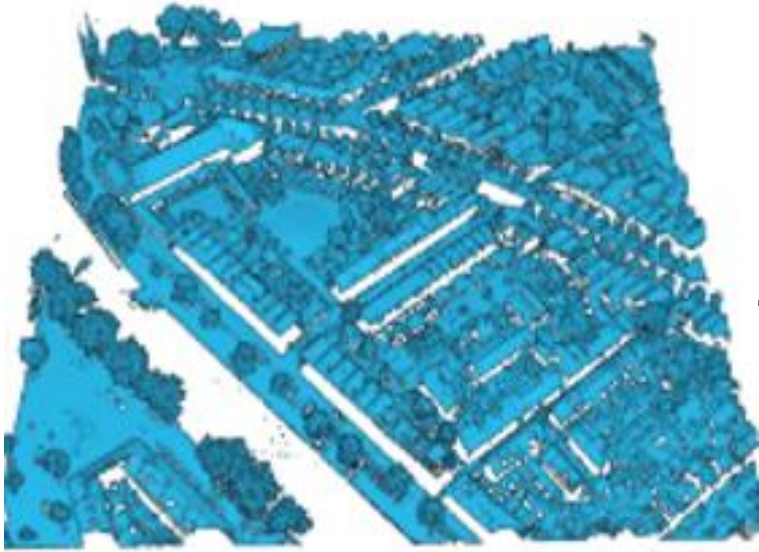
تولید مدل سه بعدی هندسه ساختمان ها با استفاده از City3D

مدل City 3D



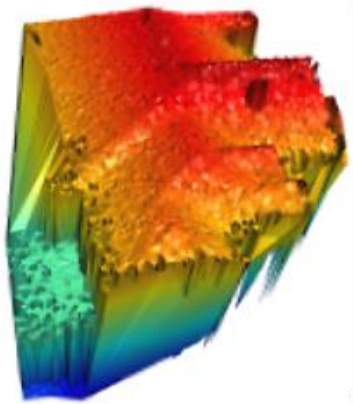
تولید مدل سه بعدی هندسه ساختمان ها با استفاده از City3D

تقسیم بندی ساختمان ها



تولید مدل سه بعدی هندسه ساختمان ها با استفاده از City3D

بازسازی صفحات عمودی و
بهبود دقت ساختاری

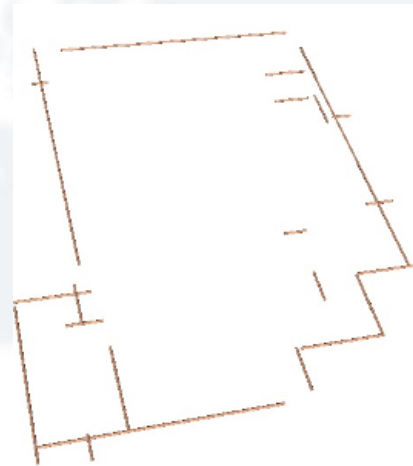


Heightmap/
TIN



استخراج خطوط
کانتور با استفاده
از الگوریتم
Canny

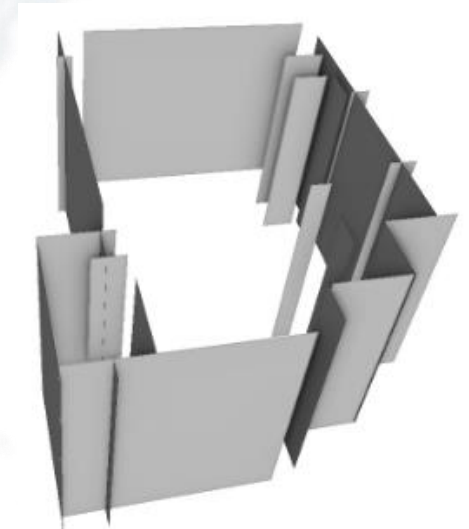
Optimal-
Transport



استخراج خطوط



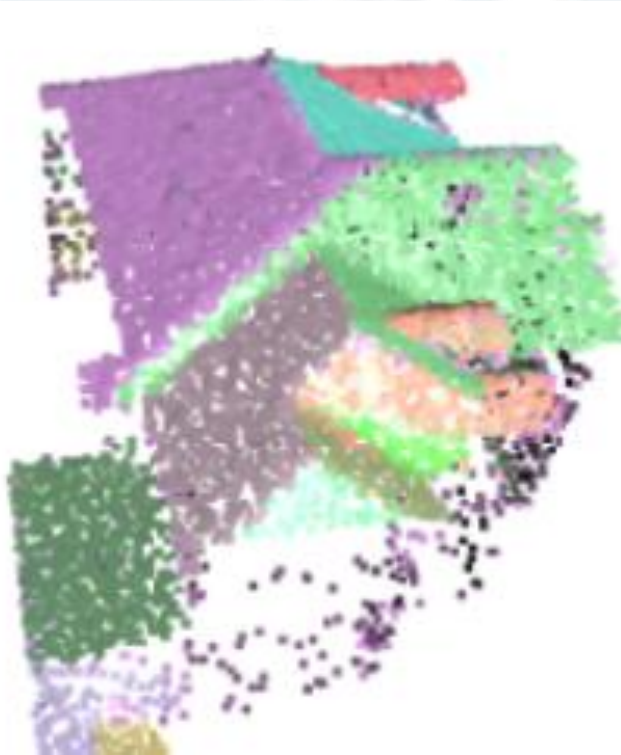
اکسترود
کردن



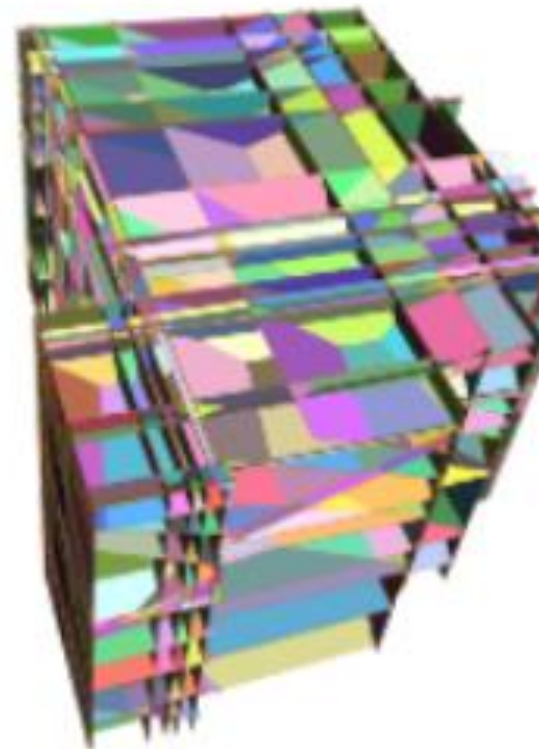
دیوار عمودی

تولید مدل سه بعدی هندسه ساختمان ها با استفاده از City3D

تولید وجوه کاندید
ساختمان



استخراج صفحات با استفاده از
الگوریتم RANSAC



ادغام صفحات و تقاطع
های دو به دو صفحات

انتخاب وجوه بهینه ساختمان

✓ استفاده از روش بهینه سازی

$$F^* = \arg \min_X \lambda_d E_d + \lambda_c E_c + \lambda_r E_r$$

• توابع هدف:

$$E_d = 1 - \frac{1}{|P|} * \sum_{i=1}^n x_i * support(f_i)$$

$$E_c = \frac{1}{|E|} * \sum_{i=1}^{|E|} corner(e_i),$$

$$E_r = \frac{1}{|F|} \sum_{i=1}^{|F|} x_i * \frac{Z_{max} - Z_i}{Z_{max} - Z_{min}}$$

○ تطابق داده ها

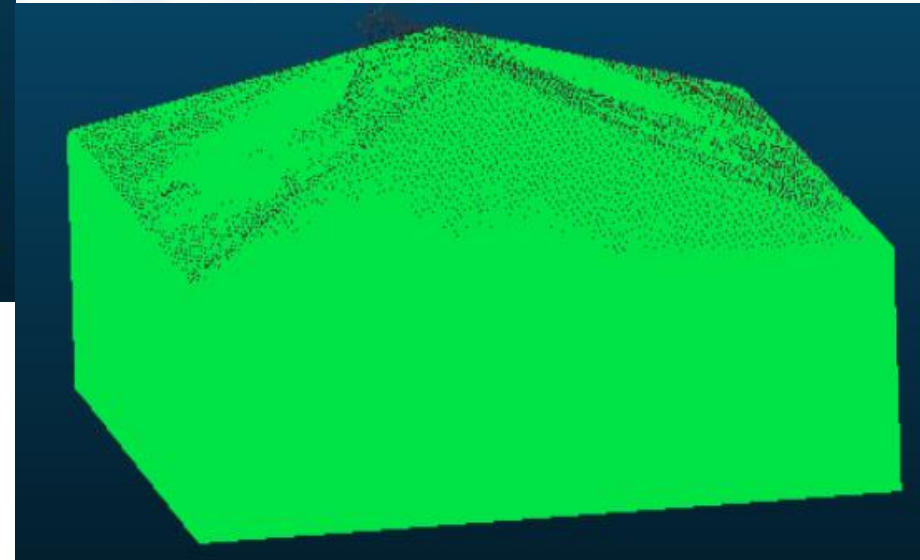
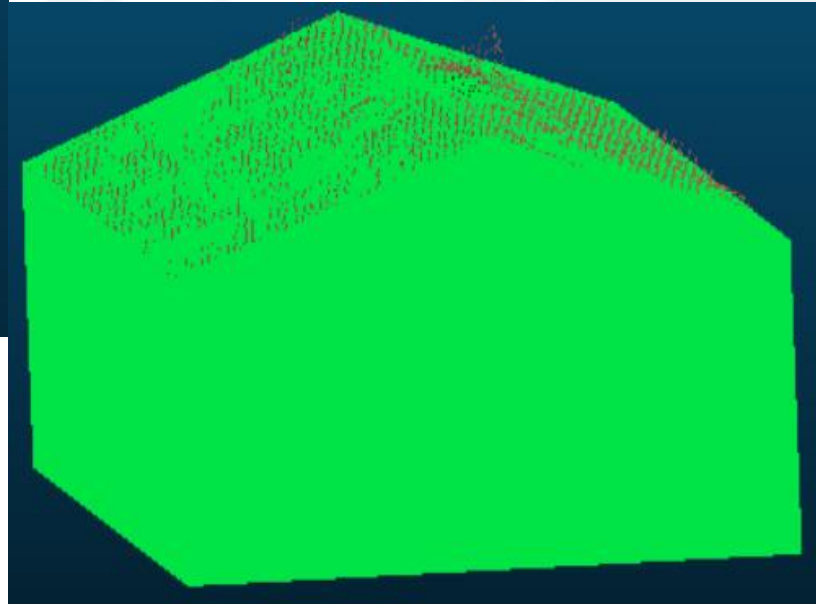
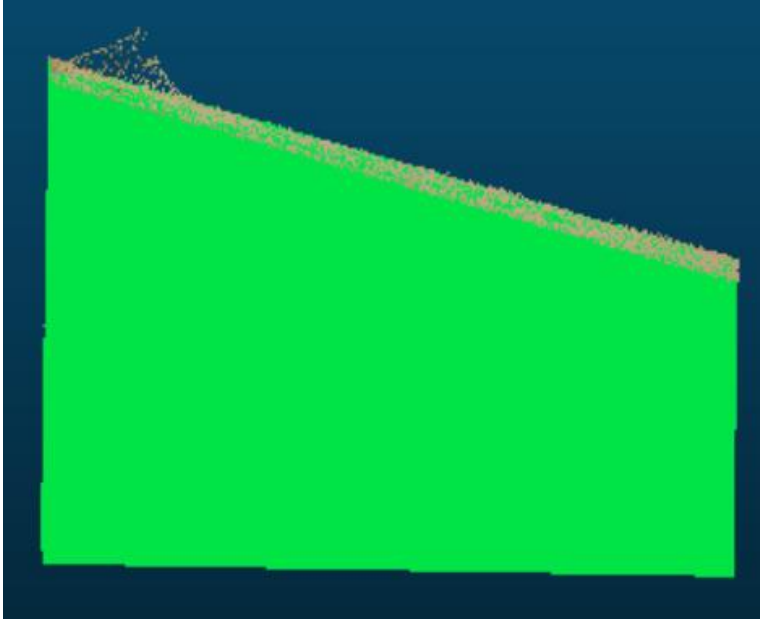
○ پیچیدگی مدل

○ ارتفاع



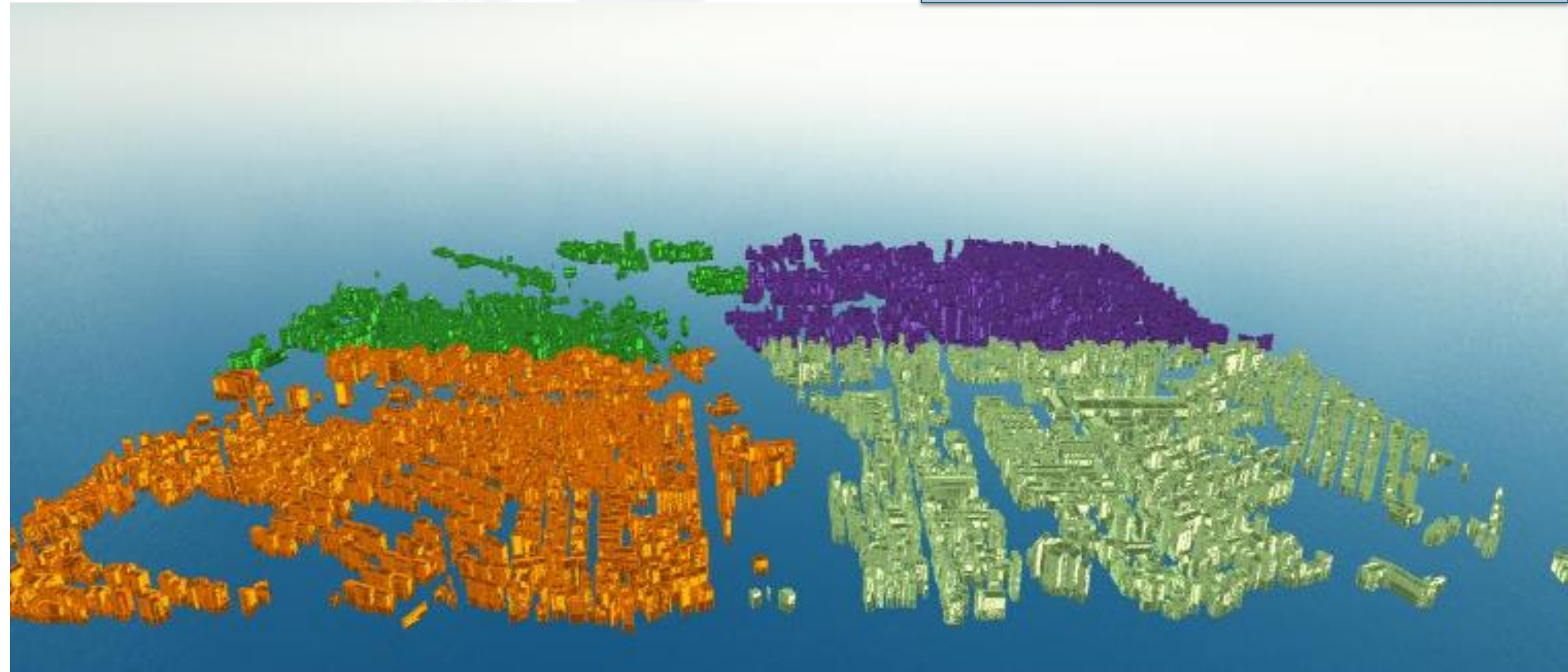
تولید مدل سه بعدی هندسه ساختمان ها با استفاده از City3D

خروجی مدل به فرمت OBJ



**تولید مدل سه بعدی هندسه ساختمان ها
با استفاده از City3D**

خروجی مدل به فرمت OBJ برای کل منطقه



مدل شماره ۳ - تبدیل مدل های سه بعدی ساختمان از فرمت OBJ به GeoJSON و GML



مدل شماره ۳ – تبدیل مدل های سه بعدی ساختمان از فرمت OBJ به GeoJSON و GML

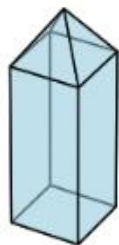
فرایند دسته بندی سطوح

❖ هدف دسته بندی سطوح به سه نوع دیوارها (Walls)، بامها (Roofs) و زمینها (Grounds) است. این دسته بندی براساس ویژگی های هندسی و ارتفاعی سطوح انجام می شود.

❖ مراحل اصلی این فرایند شامل محاسبه بردار عمودی، اصلاح ارتفاع رؤس براساس مدل ارتفاعی (DTM)، محاسبه تعداد تصحیحات انجام شده برای هر سطح، محاسبه زاویه سطح با بردار عمودی، و در نهایت دسته بندی سطوح به سه نوع مختلف است.

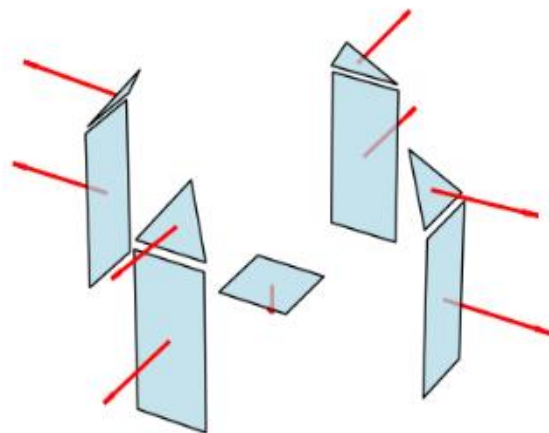
$$angle = \arccos\left(\frac{|n \cdot u|}{|n||u|}\right)$$

Initial Model



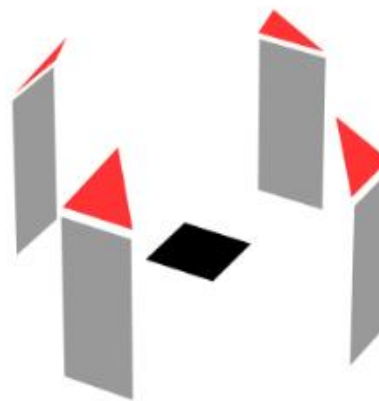
Separated Model with Normal Vectors

Normal Vectors (Red Arrows)



Face categories

■ Floor (Black)
■ Walls (Gray)
■ Roof (Red)



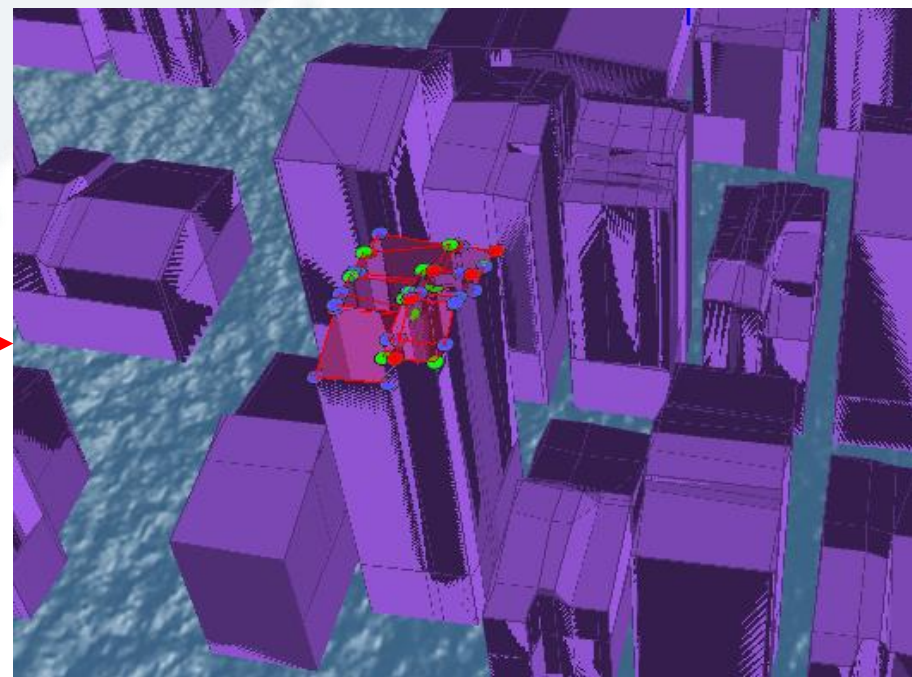
Model with categorized faces

■ Floor (Black)
■ Walls (Gray)
■ Roof (Red)



ارتباط مدل هندسی و معنایی

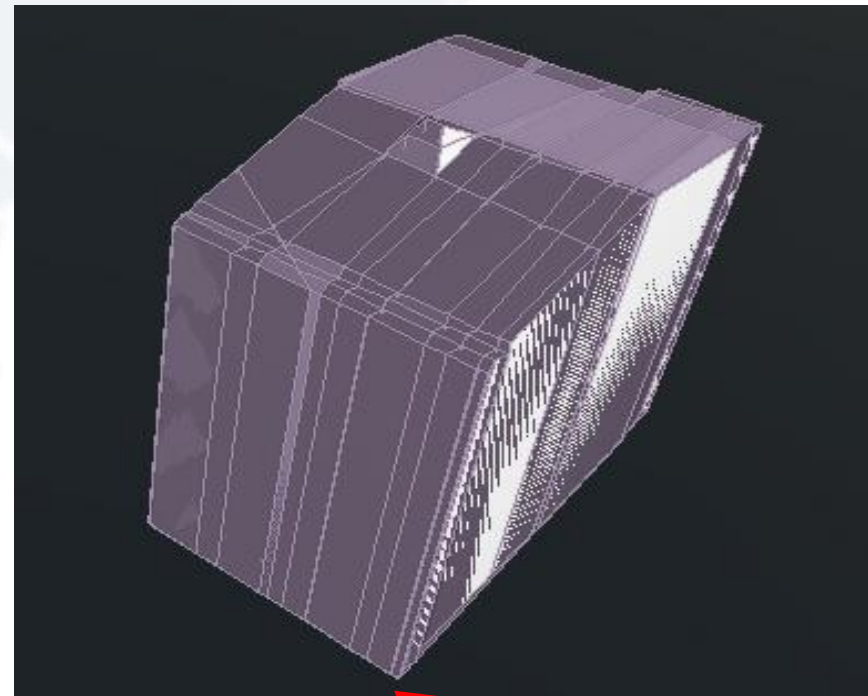
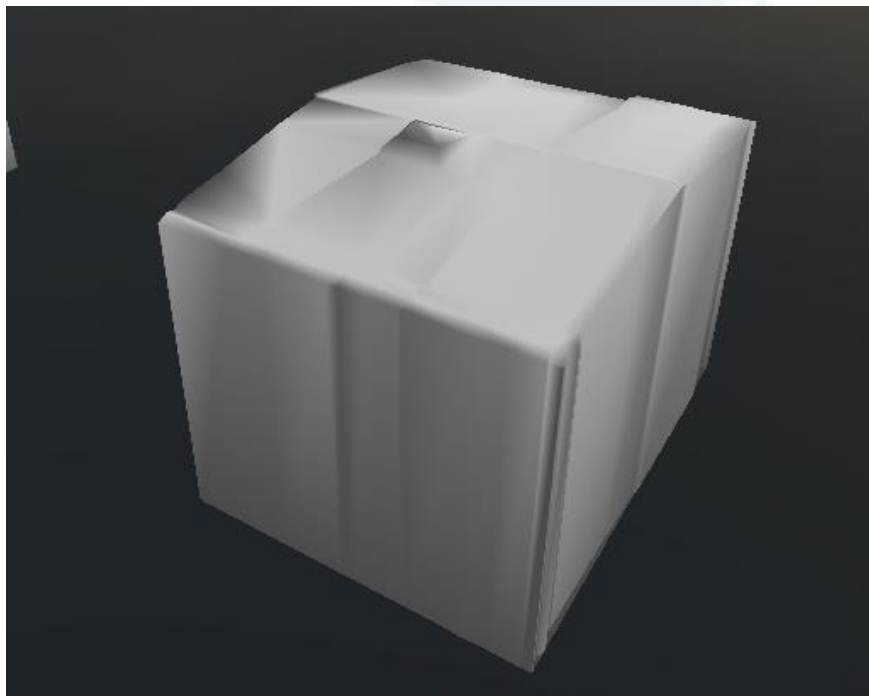
❖ این فرایند امکان جستجوی معنایی و تحلیل اطلاعات ساختمان‌ها را فراهم می‌کند، به‌طوری‌که می‌توان ویژگی‌های خاص هر ساختمان را به‌طور مجزا استخراج و پردازش کرد.



مدل شماره ۳ – تبدیل مدل های سه بعدی ساختمان از فرمت OBJ به GeoJSON و GML

مدل هندسی و معنایی در قالب GeoJSON

❖ مدل سه بعدی که شامل رأس ها، سطوح (دیوارها، سقف ها و زمین ها) و شناسه های ساختمانی است، به یک ساختار داده ای معنایی و قابل استفاده در سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) تبدیل می شود.



مدل شماره ۳ – تبدیل مدل های سه بعدی ساختمان از فرمت OBJ به GeoJSON و GML

ویژگی های ذخیره شده در GeoJSON

✓ هندسه (Geometry)

▪ نوع هندسه

▪ مختصات رأس ها

✓ ویژگی های معنایی (Attributes)

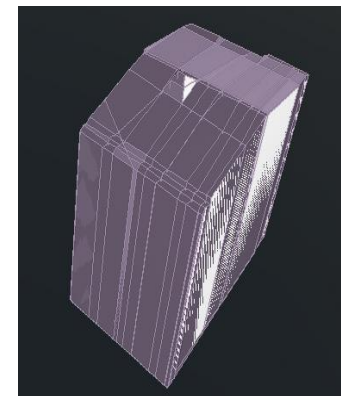
▪ Type: نوع سطح که می تواند یکی از مقادیر "Roof" ، "Wall" یا "Ground" باشد.

▪ building_id: شناسه یکتای ساختمان که هر سطح به آن تعلق دارد.

▪ height_min: کمترین ارتفاع سطح (برای دیوارها و سقف ها).

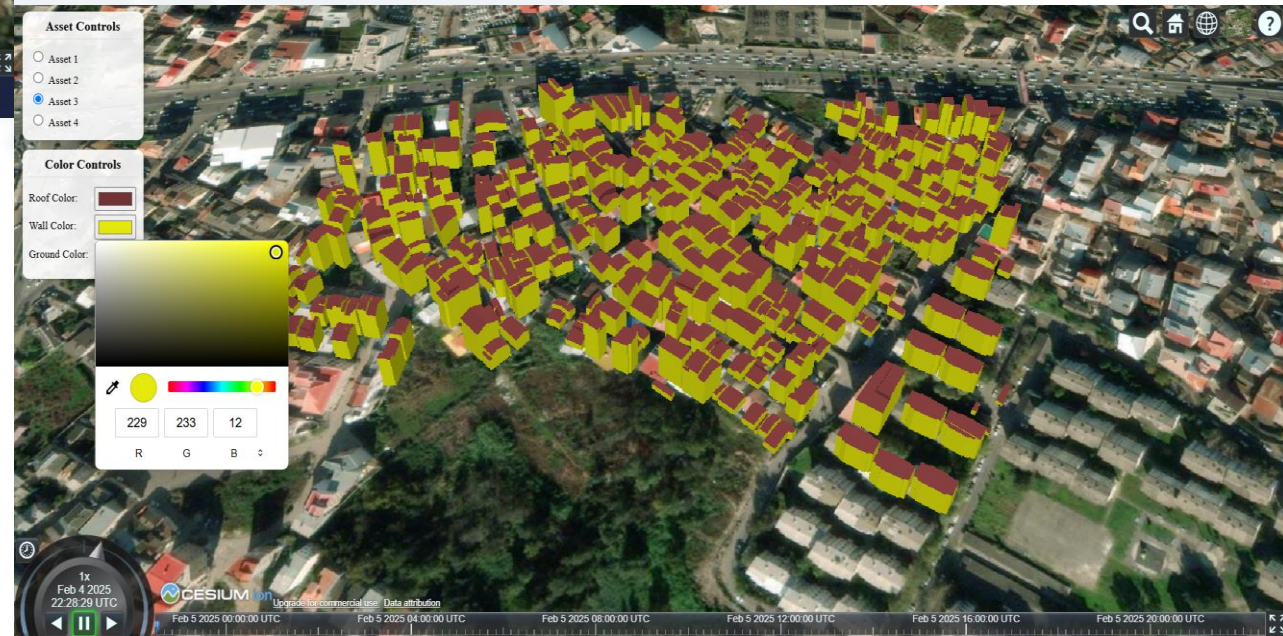
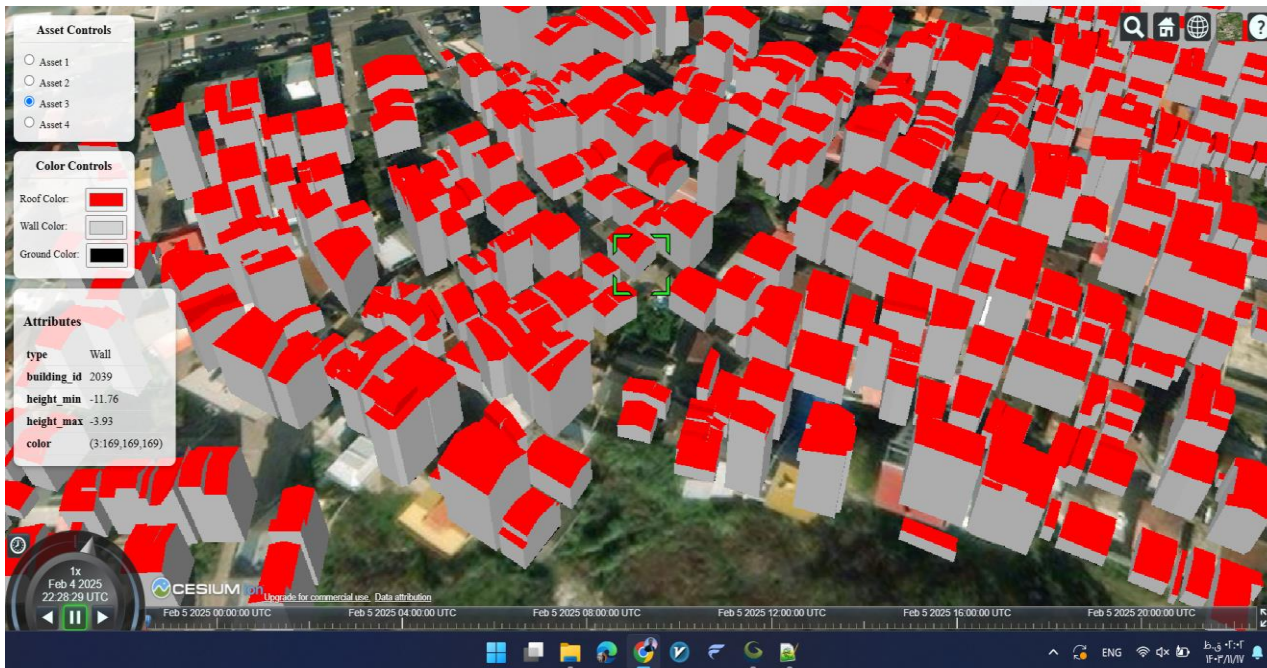
▪ height_max: بیشترین ارتفاع سطح (برای دیوارها و سقف ها).

▪ Color: رنگ سطح برای نمایش گرافیکی در نقشه، که به هر نوع سطح اختصاص داده می شود.



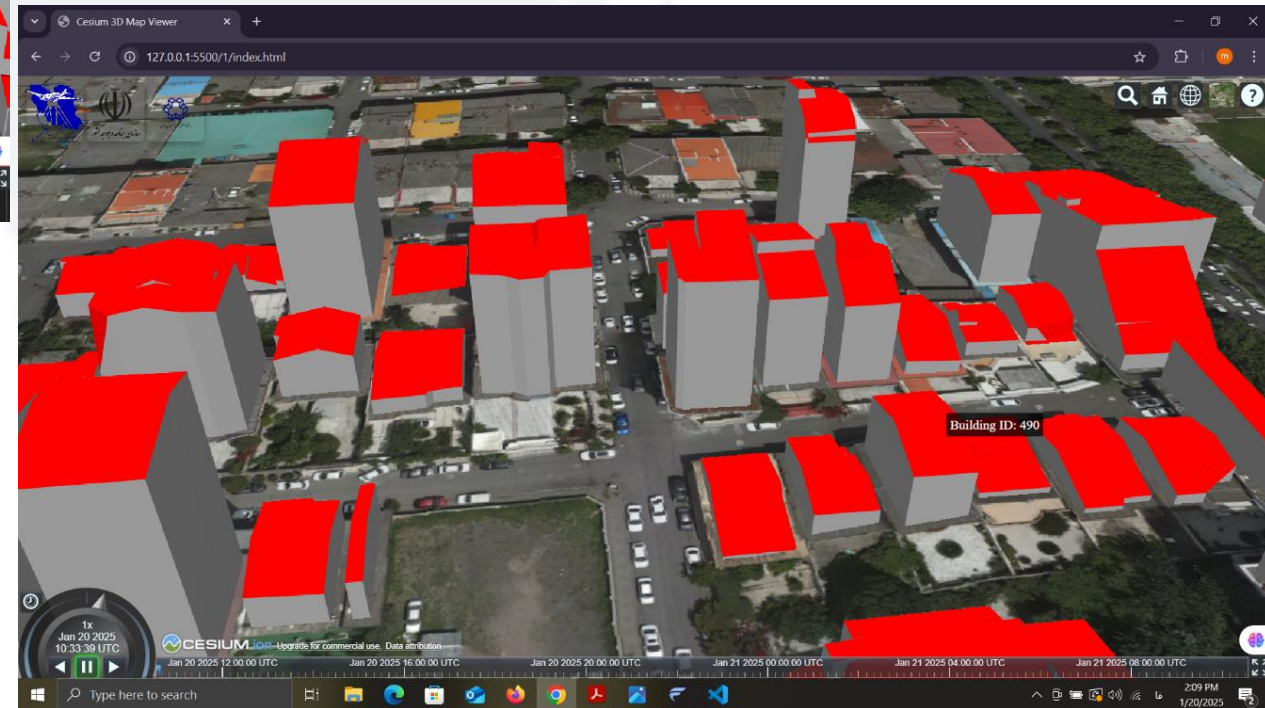
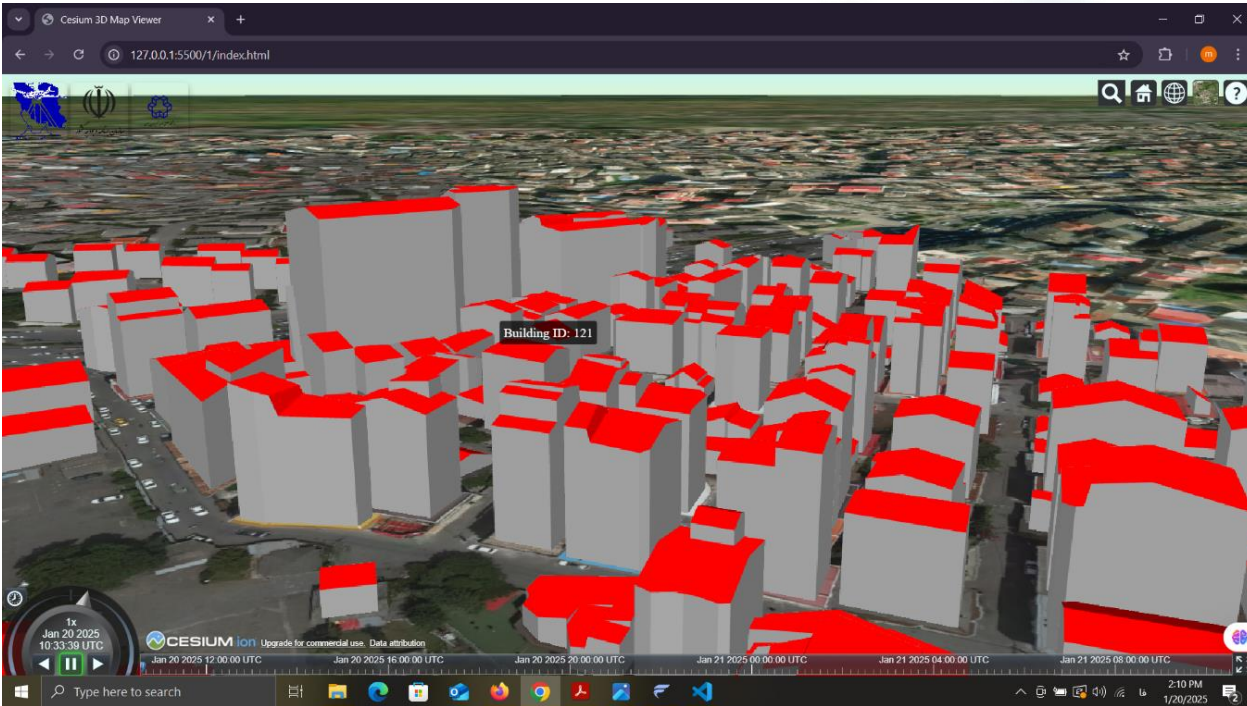
مدل شماره ۳ – تبدیل مدل های سه بعدی ساختمان از فرمت OBJ به GeoJSON و GML

نمایش مدل سه بعدی ایجاد شده در بخش پیاده سازی پایلوت



مدل شماره ۳ – تبدیل مدل های سه بعدی ساختمان از فرمت OBJ به GeoJSON و GML

نمایش مدل سه بعدی ایجاد شده در بخش پیاده سازی پایلوت



ارزیابی روش ارائه شده به منظور مدلسازی سه بعدی بام ساختمان ها

- ✓ مقایسه مستقیم بین نتایج مدل و داده‌های واقعی برداشت شده در محدوده مورد مطالعه
- ✓ انتخاب بیست ساختمان به صورت نمونه در منطقه مورد مطالعه انتخاب و برداشت میدانی ارتفاع واقعی آن‌ها

Building ID	X_UTM	Y_UTM	ارتفاع کف ساختمان	ارتفاع بلندترین نقطه ساختمان
<u>۱</u>	۳۷۴۰۳۴.۷۱۵۰	۴۱۲۸۴۷۹.۵۷۴۱	-۱۱.۸۴	۹.۴۳
<u>۲</u>	۳۷۴۰۵۴.۸۹۰۱	۴۱۲۸۶۳۵.۷۴۸۵	-۱۱.۱۹	۸.۶۲
<u>۳</u>	۳۷۴۲۵۰.۳۷۶۶	۴۱۲۸۴۷۸.۴۵۹۲	-۱۱.۱۴	۳.۶۴
<u>۴</u>	۳۷۴۵۲۲.۸۸۰۰	۴۱۲۸۶۵۶.۳۸۰۰	-۱۰.۵	-۲.۴۷
<u>۵</u>	۳۷۴۴۵۰.۴۵۳۵	۴۱۲۸۴۶۴.۱۰۱۹	-۱۰.۰۱	۷.۰۹
<u>۶</u>	۳۷۴۲۸۹.۴۲۳۲	۴۱۲۸۶۸۳.۷۱۰۴	-۱۱.۹۵	-۶.۸۹
<u>۷</u>	۳۷۴۲۳۵.۰۹۵۵	۴۱۲۸۳۶۰.۵۰۹۹	-۱۱.۳۸	۳.۴۴
<u>۸</u>	۳۷۳۹۹۱.۴۳۷۶	۴۱۲۸۳۰۸.۷۷۳۳	-۱۱.۹	۵.۹۸
<u>۹</u>	۳۷۴۳۷۵.۷۳۰۰	۳۷۴۳۷۵.۷۳۰۰	-۱۱.۳۲	-۵.۷۲
<u>۱۰</u>	۳۷۴۰۵۱.۵۶۰۰	۴۱۲۸۸۹۹.۰۴۰۰	-۱۲.۲۱	-۱.۵۹
<u>۱۱</u>	۳۷۳۹۳۶.۵۶۰۰	۴۱۲۹۱۹۱.۵۲۰۰	-۱۲.۵۱	-۸.۸۲
<u>۱۲</u>	۳۷۴۱۵۶.۳۹۰۰	۴۱۲۹۴۲۳.۷۷۰۰	-۱۲.۱۶	-۶.۲۶
<u>۱۳</u>	۳۷۳۸۲۷.۹۷۰۰	۴۱۲۹۰۷۹.۰۶۰۰	-۱۲.۶۱	-۳.۴۲
<u>۱۵</u>	۳۷۴۸۶۲.۲۱۰۰	۴۱۲۹۲۳۱.۵۹۰۰	-۱۱.۸۶	-۰.۱۲
<u>۲۳</u>	۳۷۵۲۷۶.۱۳۰۰	۴۱۲۹۴۶۵.۷۸۰۰	-۱۲.۲۱	۱۲.۵۷
<u>۲۵</u>	۳۷۴۹۱۲.۴۴۰۰	۴۱۲۸۷۴۳.۹۵۰۰	-۹.۸۷	۳.۵۳
<u>۲۷</u>	۳۷۴۸۸۳.۹۲۳۲	۴۱۲۸۲۸۰.۱۵۰۱	-۹.۵۹	۸.۸۹
<u>۳۲</u>	۳۷۵۴۸۸.۸۶۰۰	۴۱۲۸۶۴۱.۰۴۰۰	-۹.۷۳	۷.۰۱
<u>۲۷_۱</u>	۳۷۴۸۱۵.۴۷۲۶	۴۱۲۸۳۲۵.۸۷۸۵	-۱۱.۵۴	-۵.۱۶

ارزیابی روش ارائه شده به منظور مدلسازی سه بعدی بام ساختمان ها

✓ تعیین ارتفاع هریک از ساختمان های برداشت شده

$$Building\ Height = H_{max_Roof} - H_{min_Ground}$$

✓ مقایسه ارتفاع محاسبه شده با ارتفاع واقعی ساختمان که از طریق برداشت میدانی به دست آمده است

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \hat{H}_i)^2}{n}}$$

✓ دستیابی به دقت ۲۸/۵ سانتی متر در مدلسازی ارتفاع



سپاس از توجه شما