

# ارزیابی روند تکمیل بلوک‌های ساختمانی در داده‌های مکانی داوطلبانه برای به‌کارگیری در شهرهای هوشمند

رقیه ادبی<sup>۱</sup>

رحیم‌علی عباسپور<sup>۲</sup>

علیرضا چهرقان<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۰۷

\*\*\*\*\*

## چکیده

امروزه منابع اطلاعات مکانی مختلفی در مورد مسائل مربوط به شهر وجود دارند که در مسیر حرکت به سمت «شهرهای هوشمند» حائز اهمیت هستند. در این بین می‌توان به پروژه Open Street Map (OSM) اشاره داشت که منبع داده رایگان و آزادی است و در سال‌های اخیر پتانسیل خود را برای استفاده در حوزه‌های کاربردی مختلف نشان داده است. از جمله این کاربردها می‌توان به حوزه‌های مرتبط با شهر هوشمند اشاره کرد که در آن اطلاعات مکانی نقش‌هایی کلیدی را ایفا می‌کنند. یکی از اقلام اطلاعاتی موجود در این پروژه که کمتر مورد ارزیابی قرار گرفته است، داده‌های بلوک ساختمانی در OSM می‌باشد. از این‌رو در مطالعه حاضر به محاسبه و ارزیابی سیر تاریخی کامل بودن داده‌های بلوک ساختمانی در OSM پرداخته خواهد شد. هدف اصلی این مطالعه ارائه تحلیلی از کامل بودن مجموعه داده‌های بلوک ساختمانی OSM کلان‌شهر تهران در یک بازه زمانی ۱۰ ساله (از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ میلادی) است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد طی دو سال اخیر داده‌های بلوک ساختمانی OSM از نظر تعداد عوارض و کامل بودن اطلاعات هندسی افزایش چشمگیری یافته است. نتایج نشان‌دهنده افزایش تعداد داده‌ها از ۳۰۰ عارضه در سال ۲۰۱۱ به ۴۰۱۳۸ عارضه در پایان سال ۲۰۲۰ و افزایش کامل بودن داده‌ها از ۰/۰۱۸ درصد به ۲/۷ درصد می‌باشد. همچنین تعداد عوارض ویرایش شده و اضافه شده به مجموعه داده OSM به ترتیب از ۳۸ و ۱۹۴ عارضه در سال ۲۰۱۱ به ۲۸۶۸۰ و ۱۰۷۰۵ عارضه در پایان سال ۲۰۲۰ رسیده است که نشان‌دهنده فعالیت بیشتر کاربران در ایجاد و ویرایش داده‌های بلوک ساختمانی و همچنین به‌روزرسانی این داده‌ها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: Open Street Map، کلان‌شهر تهران، بلوک ساختمانی، کامل بودن، شهر هوشمند

\*\*\*\*\*

۱- کارشناس ارشد GIS، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران r.adabi7191@gmail.com

۲- دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران abaspour@sut.ac.ir

۳- استایار دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی سهند (نویسنده مسئول) chehregan@sut.ac.ir

## ۱- مقدمه

مبتنی بر مکان مفید هستند) (Wang & Zipf, 2017; Biljecki, 2020)، مدل‌سازی سیستم‌های انرژی شهری (UES) (Geiß et al., 2011) و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای) و مدیریت کاربری زمین در شهرهای هوشمند اشاره کرد.

تاکنون تحقیقات مختلفی در مورد ارزیابی کامل بودن مجموعه داده‌های OSM در کشورهای مختلف، براساس مقایسه با یک مجموعه داده رسمی انجام شده است (Hecht et al., 2013; Fan et al., 2014; Tornros et al., 2015; Da Costa, 2016; Brovelli et al., 2016) با این حال، تحقیقات اندکی به بررسی کیفیت داده‌های بلوک ساختمانی OSM در حوزه‌های کاربردی مختلف پرداخته‌اند. زیف و گوتز در سال ۲۰۱۲ تحلیلی کمی از داده‌های ساختمانی OSM کشور آلمان برای بررسی مناسب بودن داده‌های OSM به منظور تولید مدل‌های ساختمانی سه‌بعدی ارائه دادند. آن‌ها دریافتند که OSM فقط ۳۰ درصد از کل ساختمان‌ها را تحت پوشش خود قرار می‌دهد و فقط ۰/۵ درصد از این ساختمان‌ها اطلاعاتی در مورد ارتفاع یا تعداد طبقات ارائه می‌دهند (Zipf & Goetz, 2012). فرام و همکاران در سال ۲۰۱۵ کیفیت ساختمان‌های OSM در شهرهای شفیلد، لیدز و لندن را با هدف بررسی به‌کارگیری داده‌های OSM در برنامه‌های مدیریت ریسک (از جمله برنامه‌های مواجهه با فاجعه طبیعی) ارزیابی کردند (Fram et al., 2015).

الحموی و همکاران در سال ۲۰۱۷ اولین ارزیابی مربوط به کیفیت داده‌های OSM برای مدل‌سازی سیستم‌های انرژی شهری را انجام دادند. برای این منظور دو مجموعه داده کاربری زمین و ساختمان‌ها را مورد تحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد اگرچه بعضی از اطلاعات همچون نوع فعالیت و کاربری ساختمان را نمی‌توان از مجموعه داده OSM استخراج کرد، با وجود این، این مجموعه داده منبع بزرگی از داده‌های باز را تشکیل می‌دهد که می‌تواند به یک مدل‌سازی پایدار کمک کند (Alhamwi et al., 2017).

در سال‌های اخیر محققین بر نقش داده‌های مکانی در نوآوری‌های در حال توسعه شهرهای هوشمند در سراسر جهان تأکید کرده‌اند. به‌روز بودن، در دسترس بودن و رایگان بودن این داده‌ها از جمله عوامل تعیین‌کننده در به‌کارگیری هرچه بیشتر آن‌ها در پروژه‌های شهرهای هوشمند است. امروزه منابع اطلاعاتی مختلف در مورد مسائل مربوط به شهر در دسترس است که برای حرکت به سمت شهرهای هوشمند حائز اهمیت هستند (Lehmler et al., 2019:825-826). از جمله این منابع، پایگاه داده Open Street Map (OSM) می‌باشد که یک منبع داده رایگان و باز است و در بسیاری از برنامه‌های مرتبط شهری و غیرشهری مورد استفاده قرار گرفته است (Alhamwi et al., 2017:1969).

OSM با هدف ایجاد و نگهداری نقشه‌ای برخط، رایگان و قابل ویرایش توسط عموم افراد در سال ۲۰۰۴ توسط Steve Coast در دانشگاه لندن آغاز شده و اکنون در سراسر جهان گسترش یافته است (Jilani et al., 2019:48). پایگاه داده OSM هم از نظر تعداد کاربران و هم از نظر حجم داده‌های مکانی به سرعت در حال توسعه است. از این‌رو، به یک مجموعه داده جهانی، پرکاربرد و با کیفیت بالا تبدیل شده است (Minaei, 2020:1).

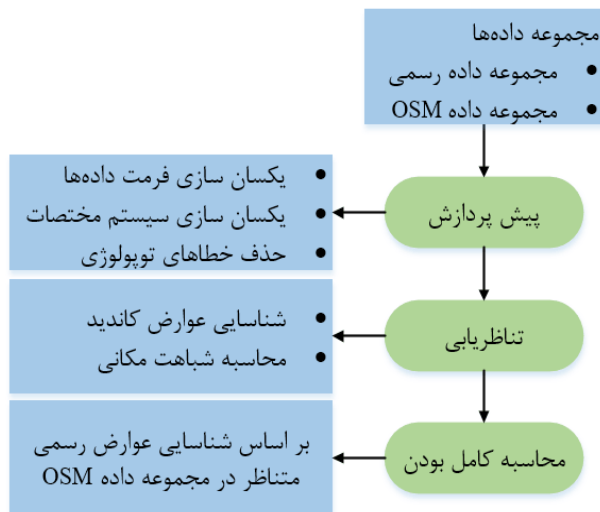
OSM در مدت زمان نسبتاً کوتاه از زمان آغاز آن موفق شد نظر محققین را به خود جلب کند و در حال حاضر به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان منبع داده مکانی برای محققان در طیف گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی استفاده می‌شود. از جمله این کاربردها می‌توان به ناوبری و مسیریابی (Schmitz et al., 2008)، خدمات مبتنی بر مکان (Krek et al., 2009) و مدل‌های سه‌بعدی شهری (Over et al., 2010) اشاره کرد.

بلوک‌های ساختمانی از جمله داده‌های OSM هستند که نقشی کلیدی در مطالعات مرتبط با حوزه شهری ایفا می‌کنند. از جمله این مطالعات می‌توان به ایجاد مدل سه‌بعدی ساختمان (که در بسیاری از زمینه‌های کاربردی مانند مدیریت حوادث، برنامه‌ریزی شهری و خدمات

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( SID )

ارزیابی روند تکمیل بلوک‌های ساختمانی در داده‌های مکانی داوطلبانه ... / ۲۹

این تحقیق به منظور تناظریابی بلوک‌های ساختمانی OSM تنها از معیارهای هندسی استفاده می‌شود، زیرا در تمامی مجموعه داده‌ها امکان دسترسی به این معیارها وجود دارد و نیاز به اطلاعات اضافه به جز هندسه عوارض نیست. روند کلی رویکرد پیشنهادی در نگاره ۱ نشان داده شده است که شامل ۳ مرحله اصلی می‌باشد.



نگاره ۱: روند کلی رویکرد پیشنهادی برای محاسبه کامل بودن

۱-۲- پیش پردازش

طبق ساختار نگاره ۱، ابتدا دو مجموعه داده رسمی و OSM به دلیل تنوع منابع تولید داده وارد مرحله پیش پردازش می‌شوند. این مرحله شامل یکسان‌سازی فرمت داده‌ها، تبدیل به سیستم مختصات یکسان و حذف خطاهای توپولوژیکی می‌باشد.

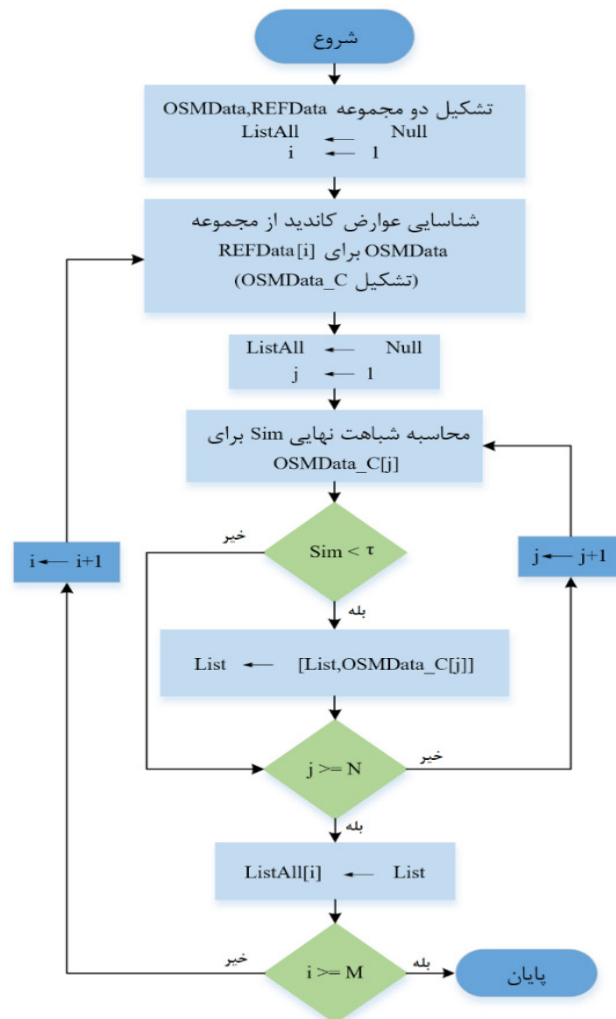
۲-۲- تناظریابی

در این بخش روند تناظریابی به منظور تعیین کامل بودن عوارض چندضلعی داوطلبانه به شیوه عارضه مینا ارائه خواهد شد. نگاره ۲ فلوجارت فرآیند تناظریابی را نشان می‌دهد. همچنین شبه کد این الگوریتم با جزئیات بیشتری در نگاره ۳ نشان داده شده و در ادامه توضیحات تکمیلی ارائه می‌گردد.

کامل بودن یک مجموعه داده مکانی به ارتباط میان اشیای درون پایگاه داده با اشیای دنیا واقعی اشاره دارد (Veregin, 1999:183). علاوه بر ماهیت هندسی عوارض، کامل بودن دامنه اطلاعات توصیفی عوارض و روابط آن‌ها را نیز پوشش می‌دهد (Kresse & Fadaie, 2004). با توجه به اهمیت کامل بودن داده‌های بلوک ساختمانی شهر تهران و عدم ارزیابی آن توسط محققین در طول سال‌های گذشته، هدف از این مطالعه بررسی کامل بودن داده‌های بلوک ساختمانی OSM شهر تهران طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ میلادی می‌باشد. این تحقیق با تمرکز بر کامل بودن اطلاعات هندسی عوارض ارائه می‌شود، هرچند اطلاعات آماری مرتبط با اطلاعات توصیفی نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. این مطالعه دید روشنی از وضعیت داده‌های بلوک ساختمانی OSM در مناطق مختلف شهر تهران ارائه می‌دهد. بینش حاصل از این مطالعه می‌تواند در ایجاد آگاهی لازم برای در نظر گرفتن استفاده از این داده‌ها در حوزه‌های کاربردی مختلف کمک کند. همچنین می‌تواند به مدیران محلی و ملی و سازمان‌های مرتبط کمک کند تا از مناطق فعال پشتیبانی و مناطق غیرفعال را تشویق نمایند.

۲- روش تحقیق

در پژوهش حاضر از یک رویکرد عارضه مینا به منظور محاسبه کامل بودن اطلاعات هندسی بلوک ساختمانی OSM استفاده شده است. مهم‌ترین گام در این رویکرد، شناسایی عوارض مشابه در هر دو مجموعه داده مورد بررسی می‌باشد. برای این منظور از تناظریابی عوارض استفاده می‌شود. منظور از تناظریابی، فرآیند شناسایی عوارض مشابه بین مجموعه داده‌های مختلف می‌باشد که این عوارض مشابه نشان‌دهنده یک موجودیت یکسان در دنیای واقعی هستند. معیارهای اندازه‌گیری شباهت که برای مقایسه میزان نزدیکی دو عارضه به یکدیگر در نظر گرفته می‌شوند، به سه دسته هندسی، معنایی و روابط مکانی تقسیم‌بندی می‌شوند (چمنی و همکاران، ۲۰۱۸: ۷۴). در



نگاره ۲: فلوچارت الگوریتم تناظریابی برای دو مجموعه داده رسمی و OSM

**Algorithm1:** Proposed matching algorithm

**Input** : polygons of OSM dataset (OSMData) , polygon of Reference dataset (REFData)  
**Output** : list of all Reference dataset matched polygons for each OSM dataset polygon (ListAll)

```

1   for each polygon i ∈ REFData do
2       list=null
3       OSMDData_C[]=Candidate(OSMData[])
4       for each polygon j ∈ OSMDData do
5           σArea =OverlappingArea (REFData[i], OSMDData_C[])
6           σDis =Distance (REFData[i], OSMDData_C[])
7           σDir =Direction (REFData[i], OSMDData_C[])
8           Sim= $\frac{w_{Area} \times \sigma_{Area} + w_{Dis} \times \sigma_{Dis} + w_{Dir} \times \sigma_{Dir}}{w_{Area} + w_{Dis} + w_{Dir}}$ ; // Degree of similarity between two polygons OSM and Reference
9           if Sim>τ then
10              list=[list,j]
11          end if
12      end for
13      ListAll[i]=list
14  end for
15  return ListAll
    
```

نگاره ۳: شبه کد الگوریتم تناظریابی

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( SID )

ارزیابی روند تکمیل بلوک‌های ساختمانی در داده‌های مکانی داوطلبانه ... / ۳۱

کمتر باشد، عارضه بدون عضو متناظر شناخته می‌شود (چمنی و همکاران، ۲۰۱۸). در انتها نیز روند ذکر شده برای تمامی چندضلعی‌های مجموعه داده رسمی اجرا می‌شود تا عوارض متناظر هریک در مجموعه داده OSM شناسایی گردند. در ادامه هر یک از معیارهای اندازه‌گیری شباهت به تفصیل شرح داده می‌شود.

۲-۲-۱- مساحت همپوشانی عوارض

مساحت همپوشانی دو چندضلعی یکی از معیارهایی است که در اکثر مطالعات تناظریابی در مرحله شناسایی شباهت دو عارضه یا در مرحله انتخاب عوارض کاندید استفاده شده است (Zhonglianga & Jianhuua, 2008; Xu et al., 2017). ممکن است از این معیار به صورت ترکیبی نیز استفاده شود. به‌عنوان نمونه از نسبت مساحت همپوشانی بر روی کمترین مساحت دو عارضه و یا بر روی میانگین مساحت دو عارضه استفاده می‌شود. در مقاله حاضر درجه شباهت براساس مساحت همپوشانی طبق رابطه (۲) تعریف شده است.

$$\sigma_{Area} = \frac{Area_{overlap}}{\min(Area_{osm}, Area_{ref})} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه  $Area_{ref}$  مساحت چندضلعی در مجموعه داده مرجع،  $Area_{osm}$  مساحت چندضلعی در مجموعه داده OSM،  $Area_{overlap}$  مساحت ناحیه همپوشانی دو چندضلعی مرجع و OSM،  $\min(...)$  حداقل مقدار بین مساحت دو چندضلعی مرجع و OSM است.

۲-۲-۲- معیار فاصله

فاصله مکانی یکی از معیارهای اندازه‌گیری اختلاف موقعیت بین عوارض است که می‌تواند در محاسبه درجه شباهت استفاده شود. فاصله اقلیدسی (Wang et al., 2015)؛ چمنی و همکاران، ۲۰۱۸) و فاصله هاسدروف<sup>۲</sup> (Huh et al., 2011) از جمله پرکاربردترین معیارهای مورد استفاده در مسائل

مطابق با نگاره ۲، در ابتدای فرآیند تناظریابی نیاز به شناسایی عوارض کاندید مجموعه داده OSM برای هر عارضه از مجموعه داده رسمی وجود دارد. شناسایی عوارض کاندید باعث می‌شود تا شباهت مکانی تنها برای عوارض کاندید محاسبه شود و زمان محاسباتی اجرای الگوریتم کاهش یابد. در اینجا فرض شده است که تعداد مجموعه داده رسمی شامل M عارضه و تعداد عوارض کاندید از مجموعه OSM برای هر عارضه از مجموعه رسمی N عضو می‌باشد. برای محاسبه عوارض کاندید در این پژوهش از کوچک‌ترین مستطیل در برگرفته عارضه (MBR)<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. بدین ترتیب برای هر عارضه چندضلعی از مجموعه داده رسمی، کوچک‌ترین مستطیل در برگرفته در نظر گرفته می‌شود و عوارض چندضلعی از مجموعه داده OSM که حداقل یکی از رئوس آن‌ها درون محدوده این مستطیل قرار گیرد، به‌عنوان عوارض کاندید انتخاب می‌شود. در ادامه شباهت مکانی تنها برای عوارض کاندید و عارضه در مجموعه داده رسمی محاسبه می‌شود (Tang et al., 2008). شباهت مکانی میان هر عارضه کاندید با عارضه مجموعه داده رسمی به‌صورت ترکیب وزن‌داری از معیارهای هندسی محاسبه می‌شود (رابطه ۱).

$$S(osm, ref) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \sigma_i(osm, ref)}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad \text{رابطه (۱)}$$

همانطور که در رابطه (۱) ملاحظه می‌شود، شباهت نهایی دو عارضه رسمی و OSM برابر با ترکیب وزن‌داری از معیارهای شباهت مکانی  $\sigma_i$  است. در این تحقیق سه معیار هندسی مساحت همپوشانی، فاصله و جهت در نظر گرفته شده‌اند (n=3). همچنین وزن هر معیار ( $w_i$ ) به کمک نظر کارشناسی و براساس نوع منطقه مورد مطالعه انجام می‌پذیرد. پس از محاسبه شباهت مکانی برای تمام عوارض کاندید، عارضه‌ای به‌عنوان عارضه متناظر شناخته می‌شود که مقدار درجه شباهت مکانی آن بیشتر از حد آستانه تعریف شده باشد. در صورتی که این مقدار از حد آستانه موردنظر

2- Hausdorff distance

1- Minimum Bounding Rectangle

با ویژگی‌های هندسی یک عارضه تعریف می‌شود. با توجه به نگراره ۷ جهت یک عارضه چندضلعی برابر با زاویه‌ای است که قطر MBR عارضه با محور افقی می‌سازد (جمنی و همکاران، ۲۰۱۸: ۷۸).

از آنجایی که این زاویه در محدوده  $(0, \frac{\pi}{2})$  قرار دارد، درجه شباهت دو عارضه بر اساس رابطه (۶) تعریف می‌شود.

$$\sigma_{Dir}(osm, ref) = 1 - \frac{|\theta_{ref} - \theta_{osm}|}{\frac{\pi}{2}} \quad \text{رابطه (۶)}$$

در این رابطه  $\theta_{osm}$  و  $\theta_{ref}$  به ترتیب جهت چندضلعی رسمی و OSM بوده و  $\sigma_{Dir}(osm, ref)$  اختلاف جهت دو عارضه است.

### ۲-۳- محاسبه کامل بودن

پس از انجام فرآیند تناظریابی، عوارض در دو مجموعه داده به دو دسته دارای متناظر و بدون متناظر تقسیم می‌شوند. از این داده‌ها برای تعیین پارامتر کامل بودن استفاده می‌گردد. تعداد عوارض دارای متناظر در هر مجموعه داده به تعداد کل عوارض آن مجموعه داده، میزان حضور داده‌های یک مجموعه داده در مجموعه داده دوم را نشان می‌دهد. در حقیقت تعداد عوارض رسمی متناظر در مجموعه داده داوطلبانه به تعداد کل عوارض مجموعه داده رسمی، میزان حضور داده‌های رسمی را در مجموعه داده داوطلبانه نشان می‌دهد. این مقدار همان میزان کامل بودن داده‌های داوطلبانه نسبت به داده‌های رسمی است.

### ۳- پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق مناطق ۱ تا ۲۰ شهر تهران است. این شهر با مساحت تقریبی ۷۳۰ کیلومتر مربع و با جمعیتی حدود ۸ میلیون نفر پرجمعیت‌ترین شهر ایران می‌باشد. مجموعه داده تولید شده توسط شهرداری تهران در سال ۱۳۹۶ و با مقیاس ۱:۲۰۰۰ به‌عنوان مجموعه داده رسمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. جدول ۱ برخی از مشخصات کمی مجموعه داده رسمی را نشان می‌دهد.

تناظریابی عوارض چندضلعی هستند. در این مطالعه از فاصله اقلیدسی بین دو عارضه چندضلعی (فاصله بین مراکز ثقل دو عارضه) استفاده شده است. درجه شباهت دو عارضه چندضلعی براساس فاصله اقلیدسی طبق رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$\sigma_{Dis}(P_{osm}, P_{ref}) = 1 - \frac{\sqrt{(x_{ref} - x_{osm})^2 + (y_{ref} - y_{osm})^2}}{U} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که  $P_{ref} = (x_{ref}, y_{ref})$  و  $P_{osm} = (x_{osm}, y_{osm})$  به ترتیب برابر با مختصات مرکز ثقل دو عارضه چندضلعی OSM و رسمی می‌باشد. همچنین  $U$  حداکثر فاصله ممکن بین دو عارضه چندضلعی است که به‌عنوان فاکتور نرمال‌سازی رابطه استفاده می‌شود. به‌عبارت دیگر،  $U$  به‌عنوان حداکثر فاصله بین نقاط مرزی دو عارضه چندضلعی در نظر گرفته می‌شود (LONG & Jiao, 2012:245-246). برای دو چندضلعی OSM و رسمی، این فاصله بر اساس رابطه (۴) و (۵) محاسبه می‌شود.

$$\rho(osm, ref) = \max_{p \in osm} \left( \min_{x \in \partial_{ref}} |x - p| \right),$$

$$\rho(ref, osm) = \max_{p \in ref} \left( \min_{x \in \partial_{osm}} |x - p| \right) \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$U = \max\{\rho(ref, osm), \rho(osm, ref)\} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این روابط،  $\rho(osm, ref)$  و  $\rho(ref, osm)$  به ترتیب برابر با فاصله چندضلعی OSM از رسمی و رسمی از OSM می‌باشد (فاصله چندضلعی A از B برابر است با حداکثر فاصله رئوس چندضلعی A تا چندضلعی B). همچنین  $x$  و  $p$  به ترتیب برابر با رأس و نقطه مرزی چندضلعی و  $|x - p|$  برابر با فاصله اقلیدسی بین دو نقطه  $x$  و  $p$  می‌باشد. در نهایت، حداکثر فاصله بین دو عارضه چندضلعی طبق رابطه برابر با  $U$  است.

### ۲-۲-۳- معیار جهت

جهت یک چندضلعی جزء معیارهایی است که در رابطه

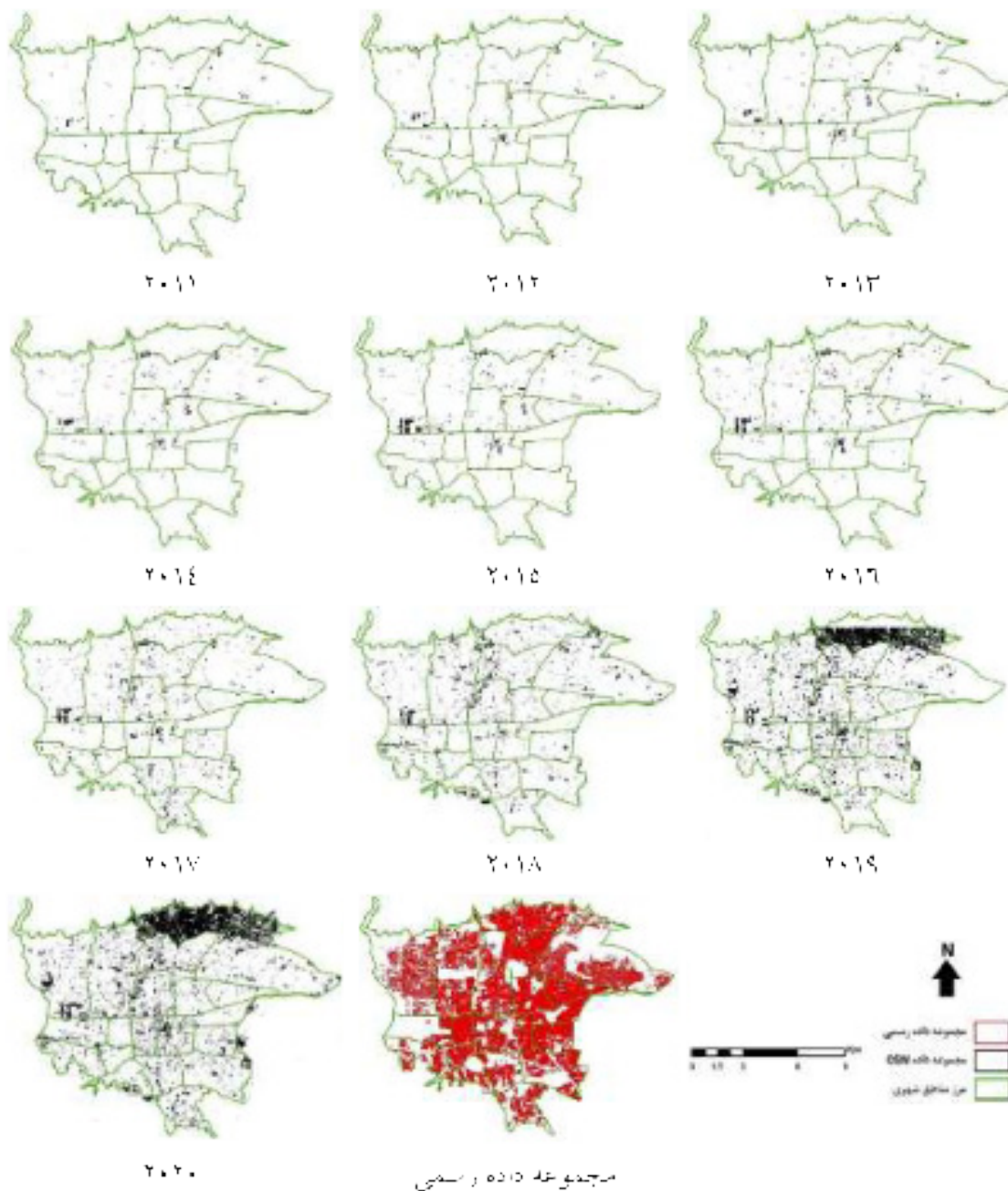
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( SID )  
 ارزیابی روند تکمیل بلوک‌های ساختمانی در داده‌های مکانی داوطلبانه ... / ۳۳

همچنین داده‌های OSM از سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ از مطالعه از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهند.

جدول ۱: مشخصات کمی مجموعه داده رسمی

مجموعه داده رسمی		
مساحت ناحیه (km <sup>2</sup> )	تعداد عوارض	مساحت عوارض (km <sup>2</sup> )
۴۹۷/۳	۵۱۱۸۱۶	۱۸۹/۷

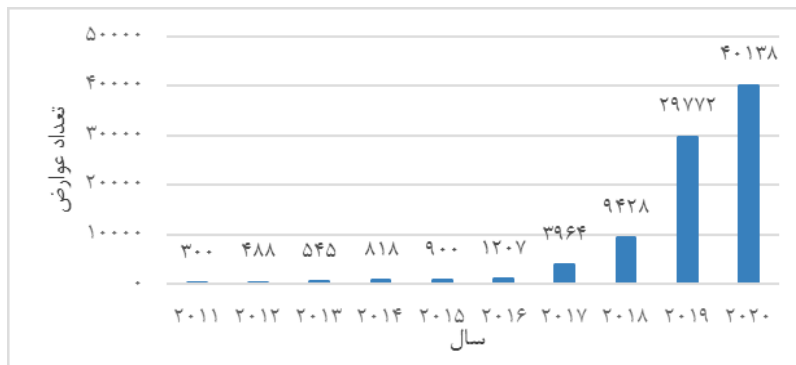
وبسایت Planet (<https://planet.openstreetmap.org>) دانلود و سپس با استفاده از نرم‌افزار osm convert داده‌های منطقه مورد مطالعه جدا و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS داده‌های بلوک ساختمانی از آن‌ها استخراج شد. نگاره ۴ بلوک‌های ساختمانی مجموعه داده رسمی و OSM را در منطقه مورد



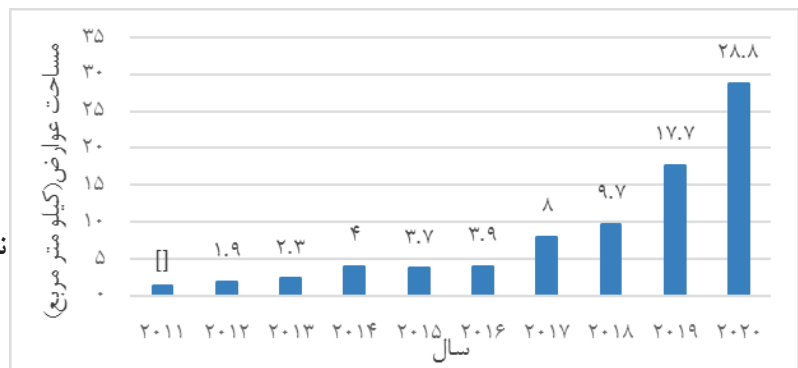
نگاره ۴: بلوک‌های ساختمانی در مجموعه داده‌های رسمی و OSM از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰

داده OSM را در منطقه مورد مطالعه طی سال‌های مختلف نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، تعداد عوارض ویرایش شده و اضافه شده به مجموعه داده OSM، در سه سال اخیر (۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰) افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است که حاکی از فعالیت بیشتر مشارکت‌کنندگان بر ایجاد و ویرایش داده‌های بلوک ساختمانی OSM و به‌روزتر شدن مجموعه داده OSM می‌باشد. مجموعه داده OSM مورد مطالعه در سال ۲۰۲۰ بیشترین تعداد عوارض ویرایش شده و در سال ۲۰۱۹ بیشترین تعداد عوارض اضافه شده را به خود اختصاص داده است.

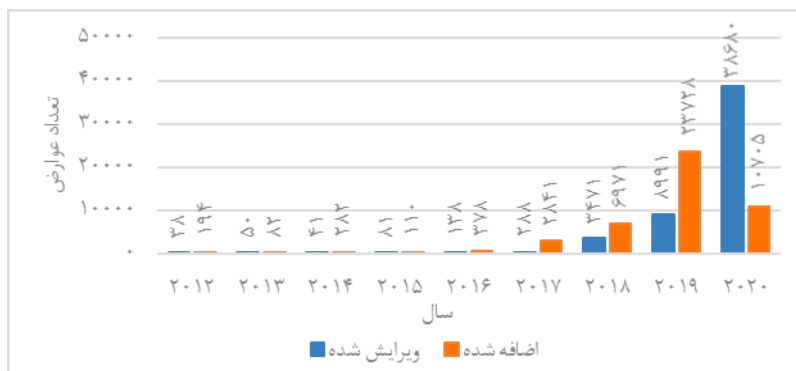
نگاره‌های ۵ و ۶ به ترتیب توسعه تعداد و مساحت بلوک‌های ساختمانی OSM در تهران را از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهد. در سال ۲۰۱۱ تعداد ۳۰۰ عارضه در مجموعه داده OSM وجود داشته، اما این مقدار تا پایان سال ۲۰۲۰ به ۴۰۱۳۸ عارضه (تقریباً ۱۳۴ برابر نسبت به سال ۲۰۱۱) افزایش یافته است. همچنین مساحت داده‌های بلوک ساختمانی OSM در سال ۲۰۲۰ تقریباً ۲۲ برابر نسبت به سال ۲۰۱۱ افزایش یافته است. این نشان می‌دهد که داده‌های ساختمانی OSM در سال‌های اخیر به‌طور چشمگیری توسعه یافته است. نگاره ۷ تعداد عوارض ویرایش شده و اضافه‌شده به مجموعه



نگاره ۵: تعداد ساختمان‌های مجموعه داده OSM طی سال‌های مختلف



نگاره ۶: مساحت ساختمان‌های مجموعه داده OSM طی سال‌های مختلف



نگاره ۷: تعداد عوارض ویرایش شده و اضافه شده به مجموعه داده OSM طی سال‌های مختلف



فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( SID )  
 ارزیابی روند تکمیل بلوک‌های ساختمانی در داده‌های مکانی داوطلبانه ... / ۳۵

می‌شود. برای مثال نگاره ۸، عارضه‌ای در مجموعه داده مرجع به همراه کاندیداهای ممکن در مجموعه داده OSM را نشان می‌دهد. همانطور که در نگاره مشاهده می‌شود، با ترسیم کوچک‌ترین مستطیل محیطی (MBR) برای عارضه انتخابی در مجموعه داده رسمی، چهار عارضه در مجموعه داده OSM درون این محدوده قرار می‌گیرند و به‌عنوان عوارض کاندید انتخاب می‌شوند. سپس شباهت مکانی بر اساس سه معیار معرفی شده مساحت همپوشانی، فاصله و جهت برای جفت عوارض محاسبه می‌شود. جدول ۳ نتایج محاسبه درجه شباهت مکانی به تفکیک هر معیار را برای هر کدام از این عوارض کاندید در مقایسه با عارضه در مجموعه داده رسمی نشان می‌دهد. بر این اساس عارضه-های  $O_1$  و  $O_2$  میزان شباهت بیش از ۰/۷ دارند و از میان عوارض کاندید به‌عنوان عوارض متناظر انتخاب می‌شوند. پس از محاسبه درجه شباهت برای تمام عوارض موجود در مجموعه داده رسمی، تعداد کل عوارض رسمی متناظر و نامتناظر در مجموعه داده OSM تعیین می‌شوند. در نهایت با توجه به تعداد عوارض رسمی متناظر و نامتناظر در مجموعه داده OSM، می‌توان کامل بودن داده‌های OSM را نسبت به

۱-۳- ارزیابی هندسی سیر کامل بودن

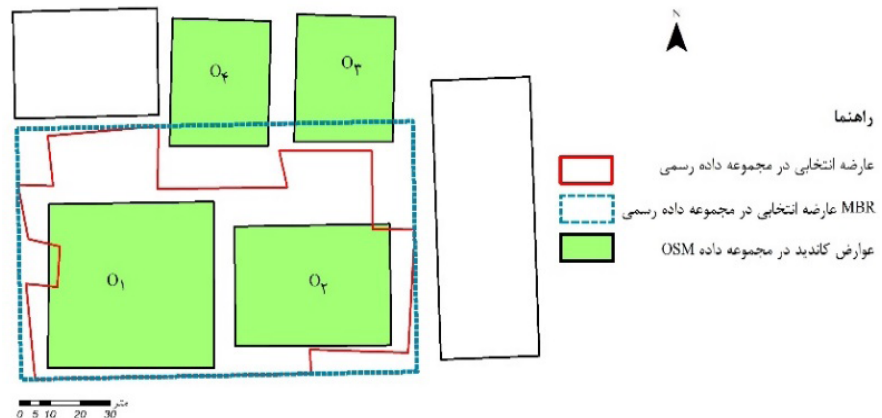
به‌منظور پیاده‌سازی روش پیشنهادی برای بررسی روند کامل بودن اطلاعات هندسی مجموعه داده OSM شهر تهران، استخراج عوارض متناظر رسمی در مجموعه داده OSM مورد نیاز است. بنابراین عملیات تناظریابی بر روی دو مجموعه داده موجود بر اساس سه معیار هندسی مساحت همپوشانی، فاصله و جهت انجام می‌گیرد. برای انجام تناظریابی، وزن نهایی هر یک از معیارهای شباهت و حدآستانه شباهت با توجه به مطالعه چمنی و همکاران (چمنی و همکاران، ۲۰۱۸: ۸۱) تعیین گردید. جدول ۲ وزن نهایی هر یک از ۳ معیار شباهت را نشان می‌دهد، همچنین مقدار حد آستانه شباهت برابر ۰/۷ در نظر گرفته شد.

جدول ۲: وزن نهایی هر یک از معیارها

$W_{Area}$	$W_{Dis}$	$W_{Dir}$
۰/۷۳	۰/۴۵	۰/۵

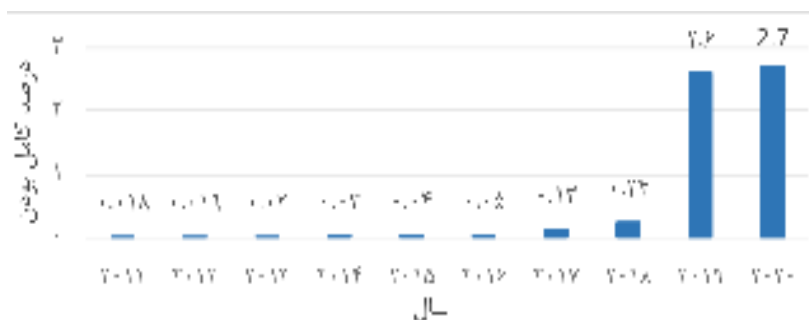
در ادامه برای هر یک از عوارض در مجموعه داده رسمی کاندیدهای ممکن در مجموعه داده OSM شناسایی می‌شود. سپس مقدار درجه شباهت مکانی هر جفت عارضه محاسبه

نگاره ۸: نمایش عوارض کاندید در مجموعه OSM برای عارضه منتخب در مجموعه داده رسمی



جدول ۳: مقادیر محاسبه شده هر یک از معیارها برای عوارض کاندید در مقایسه با عارضه انتخابی

جفت عوارض	مقادیر معیارهای هندسی			شباهت
	مساحت همپوشانی	فاصله	جهت	
R- $O_1$	۰/۹۹۹۷	۰/۵۴۲۱	۰/۸۴۸۷	۰/۸۳۲۲
R- $O_2$	۰/۹۵۷۶	۰/۴۹۸۱	۰/۹۴۹۲	۰/۸۳۰۹
R- $O_3$	۰	۰/۳۵۷۴	۰/۷۷۸۴	۰/۳۳۲۷
R- $O_4$	۰	۰/۳۶۴۶	۰/۷۸۹۹	۰/۳۲۷۴

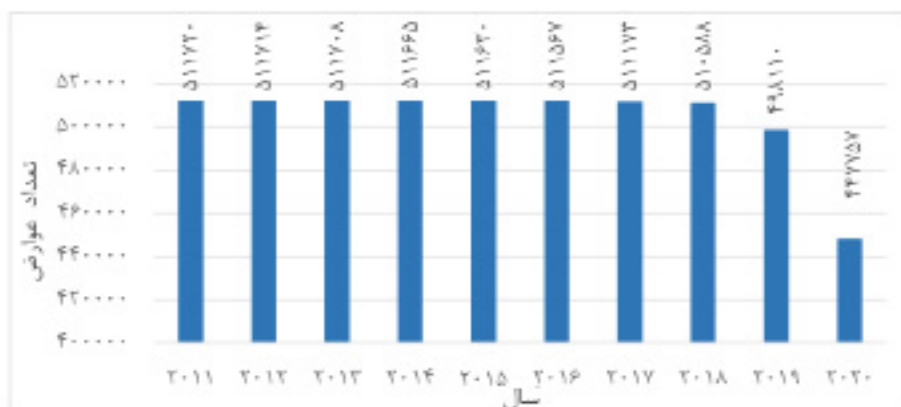


نگاره ۹: کامل بودن داده‌های بلوک ساختمانی OSM طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰

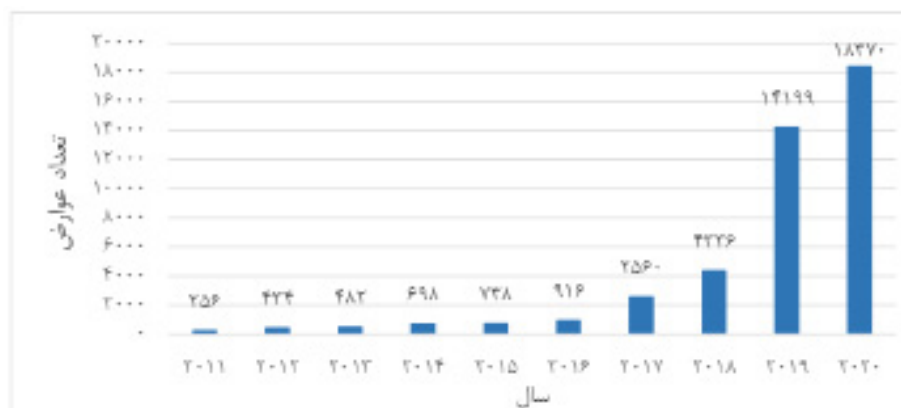
داده‌های رسمی و میزان عدم حضور داده‌های رسمی در مجموعه داده OSM را محاسبه کرد. همچنین پس از محاسبه درجه شباهت برای تمام عوارض موجود در مجموعه داده OSM، با توجه به تعداد عوارض OSM بدون متناظر در مجموعه داده رسمی، می‌توان میزان عدم حضور داده‌های OSM در مجموعه داده رسمی را محاسبه کرد. نگاره ۹ کامل بودن داده‌های بلوک ساختمانی OSM کل منطقه مطالعاتی را از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، کامل بودن داده‌ها طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۸ کمتر از ۰/۲۵ درصد بوده است و در سال ۲۰۱۹ با افزایش حدود

۱۰ برابری به مقدار ۲/۶ درصد رسیده است. همچنین در سال ۲۰۲۰ به مقدار ۲/۷ درصد رسیده است که افزایش ۰/۱ درصد را نسبت به کامل بودن در سال ۲۰۱۹ نشان می‌دهد. نگاره ۱۰ تعداد داده‌های رسمی که در مجموعه داده OSM وجود ندارند را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در دو سال اخیر این روند کاهشی بوده است، اما همچنان بیش از ۴۰۰۰۰۰ داده می‌باشد که نشان‌دهنده کامل‌تر بودن مجموعه داده رسمی نسبت به مجموعه داده OSM می‌باشد. نگاره ۱۱ تعداد داده‌های OSM که در مجموعه داده رسمی وجود ندارند را نشان می‌دهد. اگر داده‌های OSM دارای

نگاره ۱۰: تعداد داده‌های رسمی که در مجموعه داده OSM وجود ندارند طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰

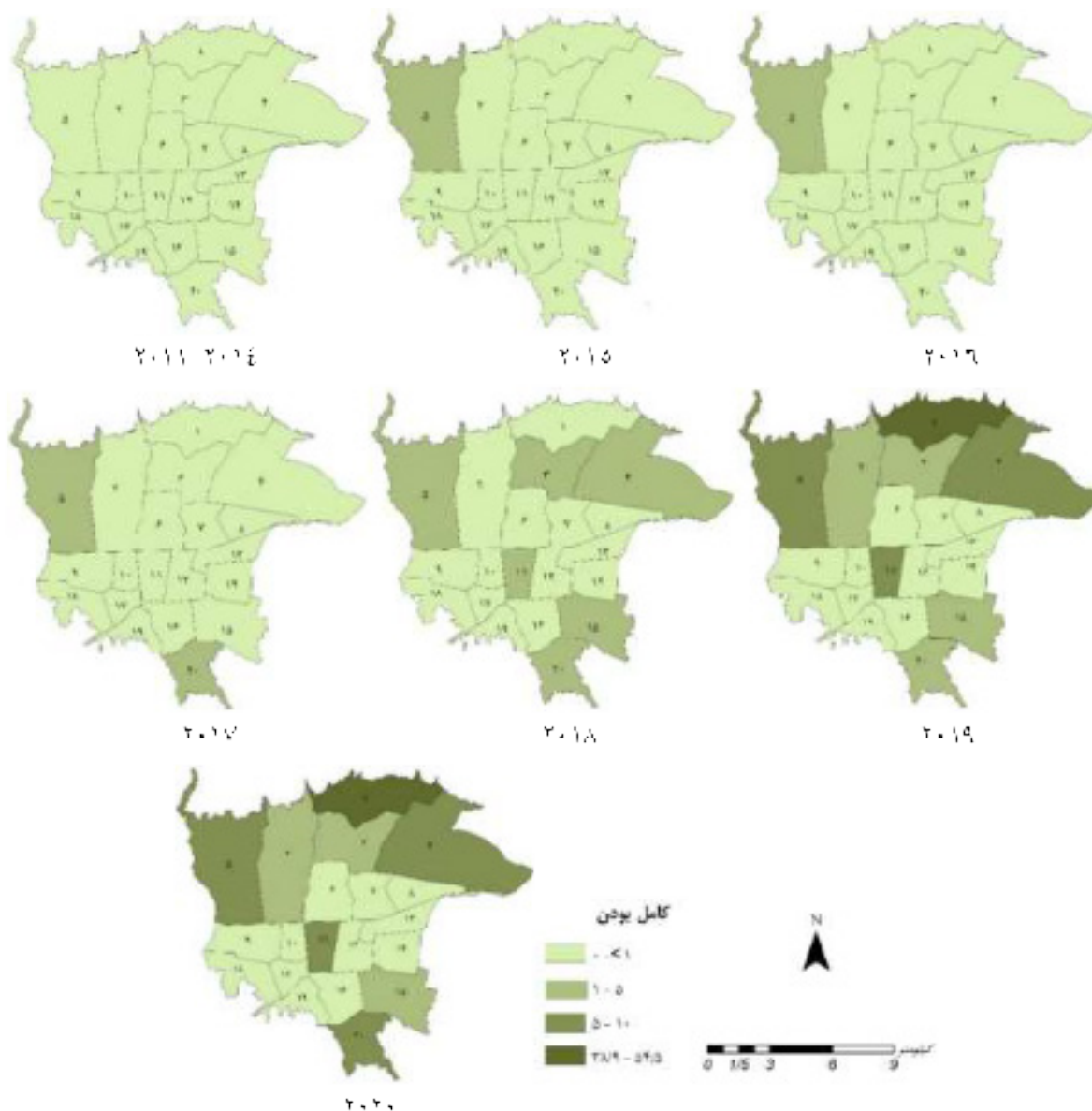


نگاره ۱۱: تعداد داده‌های OSM که در مجموعه داده رسمی وجود ندارند طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰



فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( SID )

ارزیابی روند تکمیل بلوک‌های ساختمانی در داده‌های مکانی داوطلبانه ... / ۳۷

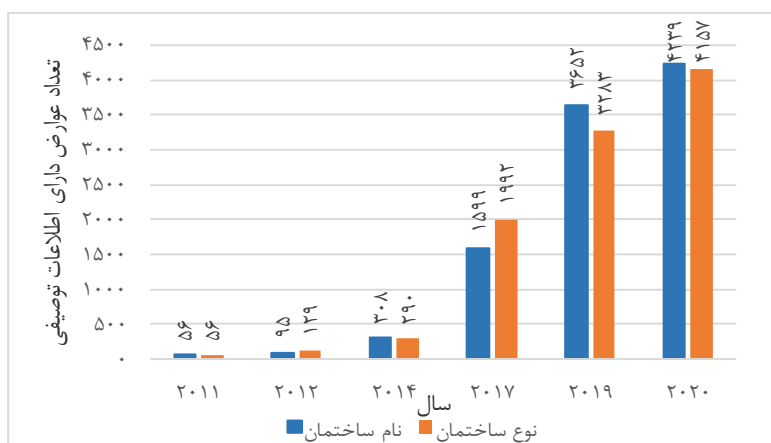


نگاره ۱۲: کامل بودن داده‌های بلوک ساختمانی OSM در ۲۰ منطقه تهران از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰

توجه قرار گرفته است. در دو سال اخیر برای ۱۲ منطقه از ۲۰ منطقه، کامل بودن همچنان کمتر از ۱ درصد بوده، ولی برای ۸ منطقه دیگر (مناطق ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۱۱، ۱۵ و ۲۰) افزایش یافته است. در این میان، کامل بودن منطقه ۱ نسبت به ۷ منطقه دیگر افزایش چشمگیری داشته است، کامل بودن منطقه ۱ از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۸ کمتر از ۱ درصد بوده و در دو سال آخر به ترتیب به مقدار ۳۸/۹ و ۵۴/۵ درصد رسیده است.

صحت مناسبی باشند نشان‌دهنده به‌روز بودن داده‌های OSM می‌باشد. نگاره ۱۲ کامل بودن داده‌های ساختمانی OSM را در مناطق مختلف تهران از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهد. از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ کامل بودن همه مناطق تهران کمتر از ۱ درصد بوده است. در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ فقط منطقه ۵، اما در سال ۲۰۱۸ داده‌های بلوک ساختمانی OSM در مناطق بیشتری (مناطق ۳، ۴، ۵، ۱۱، ۱۵ و ۲۰) مورد

نگاره ۱۳: تعداد عوارض دارای اطلاعات توصیفی نوع و نام ساختمان در سال‌های مختلف



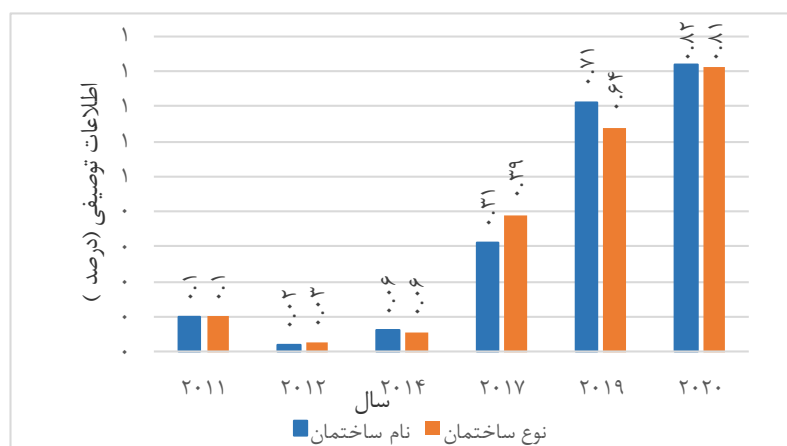
بر اساس نسبت تعداد عوارض دارای اطلاعات توصیفی به تعداد کل عوارض مجموعه داده رسمی نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد داده‌های بلوک ساختمانی OSM منطقه مطالعاتی از نظر رشد اطلاعات توصیفی بسیار ضعیف هستند.

### ۳-۳ مقایسه کمی نتایج با سایر شهرها

ارزیابی کامل بودن اطلاعات مکانی داوطلبانه در شهر تهران تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است، از این رو امکان مقایسه نتایج در شهر مورد مطالعه با سایر تحقیقات وجود ندارد. با این وجود برای دست یافتن به دید جامعی نسبت به مقدار کامل بودن شهر تهران، ضروری است تا نتایج به دست آمده از این تحقیق با تحقیقات پیشین که در شهرهای مختلف جهان انجام شده است مورد مقایسه قرار گیرد.

### ۳-۲- ارزیابی اطلاعات توصیفی

با توجه به اینکه داده بلوک‌های ساختمانی مجموعه داده OSM در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۲۰ تنها شامل دو ویژگی نام و نوع ساختمان می‌باشند، در این بخش کامل بودن این دو ویژگی از ساختمان‌های OSM مورد بررسی قرار می‌گیرد. به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات توصیفی داده‌های OSM برای سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۵، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۸ اطلاعات توصیفی مجموعه داده OSM در سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۱۲، ۲۰۱۷، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. نگاره ۱۳ تعداد عوارض دارای دو ویژگی نام و نوع ساختمان را طی این سال‌ها نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، در دو سال اخیر تعداد عوارض دارای دو ویژگی نام و نوع ساختمان افزایش چشمگیری یافته است. نگاره ۱۴ ارزیابی اطلاعات توصیفی ساختمان‌های OSM را



نگاره ۱۴: ارزیابی اطلاعات توصیفی در سال‌های مختلف

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( SID )

ارزیابی روند تکمیل بلوک‌های ساختمانی در داده‌های مکانی داوطلبانه ... / ۳۹

تعداد و تراکم ساختمان‌ها کامل بودن عوارض ساختمانی OSM چین را طی سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷ مورد بررسی قرار می‌دهند. نتایج این تحقیق نشان داده است که داده‌های ساختمان OSM در چین از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷ تقریباً ۲۰ برابر افزایش یافته است. همچنین نتایج کامل بودن در سال ۲۰۱۷ نشان می‌دهد کامل بودن در بسیاری از مناطق کمتر از ۲۵ درصد است.

تحقیق حاضر با ارائه رویکردی عارضه مبنا و با محاسبه شباهت مکانی بین عوارض، به ارزیابی مقدار کامل بودن شهر تهران پرداخته است. همانطور که بیان شد این رویکرد منجر می‌شود تا با شناسایی عوارض متناظر در هر دو مجموعه داده OSM و رسمی، نتایج انطباق بیشتری با واقعیت داشته باشند. برای دریافت دید مناسبی از میزان مشارکت کاربران در ایجاد عوارض چندضلعی و در نتیجه کامل بودن در شهر تهران، نتایج حاصل از این تحقیق با تعدادی از شهرهای جهان که در تحقیقات پیشین محاسبه شده است مورد مقایسه قرار می‌گیرد. جدول ۴ وضعیت مقدار کامل بودن شهر تهران و سیر تکمیل آن به نسبت سایر شهرها را نشان می‌دهد.

مطالعه عسگری و همکاران (۱۳۹۹) تنها تحقیق داخلی است که به موضوع ارزیابی کامل بودن اطلاعات مکانی داوطلبانه چندضلعی در قسمتی از شهر قزوین پرداخته است. این مطالعه کامل بودن داده‌های داوطلبانه را در دو سال ۱۳۸۶ و ۱۳۹۷ مورد بررسی قرار داده است. نتایج تحقیق حاکی از این است که میزان کامل بودن داده‌های داوطلبانه در سال‌های ۱۳۸۶ برابر ۲۵ درصد و در سال ۱۳۹۶ برابر ۷۲/۲ درصد می‌باشد. در این تحقیق تنها از روش واحد مبنا و براساس نسبت تعداد عوارض در دو مجموعه داده و برای قسمت کوچکی از شهر انجام شده است که نمی‌تواند دید مناسبی نسبت به کامل بودن اطلاعات مکانی کل شهر ارائه دهد. از جمله تحقیقاتی که به محاسبه کامل بودن در کانادا پرداخته است می‌توان مطالعه Moradi و همکاران (۲۰۲۰) را نام برد. در این تحقیق از هر دو روش عارضه مبنا و واحد مبنا برای محاسبه کامل بودن ایالت کبک در سال ۲۰۱۸ استفاده شده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که کامل بودن ساختمان‌ها در شهرهای کبک بین ۱ تا ۷ درصد متغیر است. همچنین Tian و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از دو شاخص

جدول ۴: مقدار کامل بودن در تحقیقات پیشین

تحقیق	کشور	شهر	نتایج
Hecht و همکاران (۲۰۱۳)	آلمان	Lemgo و Essen	شهر Essen ۵۵/۲۵ درصد و شهر Lemgo ۴/۴ درصد در سال ۲۰۱۱
Fan و همکاران (۲۰۱۴)	آلمان	مونخ	بیش از ۱۰۰ درصد در سال ۲۰۱۳
Dorn و همکاران (۲۰۱۵)	آلمان	جنوب آلمان	کاربری‌های مختلف به صورت متغیر از ۹۷/۶ درصد تا ۱۰ درصد در سال ۲۰۱۴
Da Costa (۲۰۱۶)	لهستان	شدلسته	از ۶ تا ۹۷ درصد در مناطق مختلف شهر در سال ۲۰۱۱
Brovelli and Zamboni (۲۰۱۸)	ایتالیا	-	۵۷ درصد در سال ۲۰۱۷
Tian و همکاران (۲۰۱۹)	چین	-	به طور میانگین ۲۵ درصد افزایش ۲۰ برابری از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷
Moradi (۲۰۲۰)	کانادا	کبک	از ۱ درصد تا ۷ درصد در سال ۲۰۱۸

معیار هندسی استفاده گردید که منجر به برآورد دقیق‌تری از کامل بودن خواهد شد.

(۲) با توجه به اینکه ارزیابی پارامتر کیفیت در مقیاس بزرگ و برای کل ناحیه مورد بررسی نمی‌تواند واقعیت را به‌درستی نشان دهد، در این مقاله برخلاف مطالعات انجام گرفته سعی شده است کامل بودن در سطح جزئیات مختلف ارائه شود تا منجر به برآورد دقیق‌تری از کامل بودن گردد.

این مطالعه دید روشنی از وضعیت داده‌های بلوک ساختمانی OSM شهر تهران ارائه داده است. علاوه بر این، دید بهتری از داده‌های OSM در مناطق مختلف شهر تهران را فراهم کرده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که داده‌های بلوک ساختمانی OSM در سال‌های اخیر از نظر تعداد عوارض و کامل بودن اطلاعات هندسی افزایش چشمگیری یافته است. تعداد داده‌ها از ۳۰۰ عارضه در سال ۲۰۱۱ به ۴۰۱۳۸ عارضه در سال ۲۰۲۰ (تقریباً ۱۳۴ برابر نسبت به سال ۲۰۱۱) افزایش یافته است. همچنین تعداد عوارض ویرایش شده و اضافه شده به مجموعه داده OSM به ترتیب از ۳۸ و ۱۹۴ عارضه در سال ۲۰۱۱ به ۲۸۶۸۰ و ۱۰۷۰۵ عارضه در پایان سال ۲۰۲۰ رسیده است که نشان‌دهنده فعالیت بیشتر کاربران در سال‌های اخیر بر ایجاد و ویرایش داده‌های بلوک ساختمانی و به‌روزتر شدن مجموعه داده OSM می‌باشد. علاوه بر این کامل بودن داده‌های بلوک ساختمانی OSM شهر تهران از ۰/۱۸ درصد در سال ۲۰۱۱ به ۲/۷ درصد در سال ۲۰۲۰ رسیده است. همچنین ارزیابی کامل بودن داده‌های OSM در مناطق مختلف تهران نشان می‌دهد از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ کامل بودن همه مناطق تهران کمتر از ۱ درصد بوده است و در دو سال اخیر برای ۱۲ منطقه از ۲۰ منطقه تهران کامل بودن همچنان کمتر از ۱ درصد می‌باشد. ولی برای ۸ منطقه دیگر (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۱۱، ۱۵ و ۲۰) که اکثراً در بخش شمال تهران واقع شده‌اند، کامل بودن افزایش یافته است. در این میان کامل بودن منطقه ۱ تهران نسبت به ۷ منطقه دیگر افزایش چشمگیری داشته است. با این وجود داده‌ها از نظر

همانطور که در جدول (۴) نمایان است، کامل بودن اطلاعات مکانی داوطلبانه عوارض چندضلعی در نقاط مختلف جهان مقادیر متفاوتی دارد. از کمتر از یک درصد تا بالای ۱۰۰ درصد مقادیر محاسبه شده هستند که نشانگر تنوع میزان مشارکت می‌باشد. مقدار بالای ۱۰۰ درصد نیز نشانگر به‌روز بودن اطلاعات OSM در مقابل داده‌های رسمی است. همانگونه که ارزیابی شد، در تهران این مقدار در مناطق مختلف متفاوت است که از مقدار زیر ۱ درصد تا ۵۴ درصد متغیر می‌باشد. منتهی مقدار کلی برابر ۲/۷ درصد می‌باشد که به نسبت سایر شهرها تقریباً از مقدار پائینی برخوردار است. این درحالی است که در سالیان اخیر سرعت مشارکت کاربران در تکمیل اطلاعات مکانی داوطلبانه عوارض چند ضلعی افزایش یافته است.

#### ۴- نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر، داده‌ها به نیروی حیات بخش نوآوری‌های در حال توسعه در شهرهای هوشمند در سراسر جهان تبدیل شده‌اند. منابع اطلاعاتی مختلفی در مورد مسائل مربوط به شهر در دسترس است که برای حرکت به سمت شهرهای هوشمند بسیار مهم هستند. پایگاه داده Open Street Map یک منبع داده رایگان و باز است که در سال‌های اخیر پتانسیل خود را برای استفاده در حوزه‌های کاربردی مختلف از جمله حوزه‌های مرتبط با شهر هوشمند نشان داده است. از این‌رو توسعه OSM در جهان به ویژه شهرهای هوشمند از اهمیت بالایی برخوردار است. مطالعه حاضر به منظور بررسی داده‌های بلوک ساختمانی OSM شهر تهران طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ نگارش شده است. برای این منظور از یک رویکرد عارضه مبنا مبتنی بر تناظریابی عوارض استفاده شده است. با این حال روش به‌کار گرفته شده در این تحقیق حاوی تفاوت‌هایی با مطالعات مشابه می‌باشد که عبارتند از:

(۱) در مطالعات مشابه تنها از یک معیار هندسی برای تناظریابی عوارض استفاده شده است. اما در این مقاله از سه

and searching for a proxy variable to estimate OSM building data completeness,” In: Proceedings of the 23rd GIS Research UK (GISRUK) conference, Leeds, UK, 17-15.

8- Geiß et al. (2011). “Remote Sensing-Based Characterization of Settlement Structures for Assessing Local Potential of District Heat,” Remote Sens., pp. 1447-1471.

9- Goetz, M., & Zipf, A. (2012). “OpenStreetMap in 3D – Detailed Insights on the Current Situation in Germany,” In: Proceedings of the 15th AGILE International Conference on Geographic Information Science.

10- Haklay, M. (2010). “How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets,” Environment and planning B: Planning and design, vol. 37, pp. 703 -682.

11- Hecht, R., Kunze, C., & Hahmann, S. (2013). “Measuring completeness of building footprints in OpenStreetMap over space and time”, ISPRS International Journal of Geo-Information, vol. 2, pp. 1066-1091.

12- Huh, Y., Yu, K., & Heo, J. (2011). “Detecting conjugate-point pairs for map alignment between two polygon datasets,” Computers, Environment and Urban Systems, vol. 35, pp. 250-262.

13- Jilani, M., Bertolotto, M., Corcoran, P., & Alghanim, A. (2019). Traditional vs. Machine-Learning Techniques for OSM Quality Assessment. In Geospatial Intelligence: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications, pp. 47-48.

14- Krek, A., Rumor, M., Zlatanova, S., & Fendel, E. M. (2009). “Interoperable Location Based Services for 3D cities on the Web using user generated content from OpenStreetMap”, in Urban and Regional Data Management: CRC Press, pp. 87-96.

15- Kresse, W., & Faddier, K. (2004). “ISO standards for geographic information.” Springer Science & Business Media.

16- Lehmler S, Murshed SM, Ansart L, Shen Y. (2019). Usability of open data for smart city applications– evaluation of data, development of application and

کامل بودن اطلاعات توصیفی از ضعف بسیاری برخوردار هستند. این مقاله یک نقطه شروع برای بسیاری از مسیرهای تحقیقاتی آینده مرتبط با شهرهای هوشمند است. در سایر شهرها نیز می‌توان مطالعات مشابهی را برای درک وضعیت داده‌های OSM در مناطق، برای برنامه‌ریزی و مدیریت کارآمدتر بر مبنای داده‌های رایگان انجام داد. به‌منظور انجام تحقیقات آتی، می‌توان به بررسی مشارکت کاربران OSM و تعیین راه‌های افزایش این مشارکت‌ها، ارزیابی عوامل مؤثر بر رشد و تکامل داده‌های OSM و کارایی مجموعه داده OSM در برخی از برنامه‌های شهر هوشمند اشاره کرد.

## ۵- منابع و مأخذ

۱- چمنی، علی‌عباس‌پور، چهرقان؛ رحیم، مژگان، علیرضا (۲۰۱۸). تناظریابی عوارض چندضلعی براساس معیارهای هندسی در مجموعه داده‌های چندمقیاسی. نشریه علمی علوم و فنون نقشه‌برداری، ۷، ۷۳-۸۷.

2- Alhamwi, A., Medjroubi, W., Vogt, T., & Agert, C. (2017). OpenStreetMap data in modelling the urban energy infrastructure: a first assessment and analysis. Energy Procedia, 142, 1968-1976.

3- Biljecki, F. (2020). Exploration of Open Data in Southeast Asia to Generate 3D Building Models. ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 6.

4- Brovelli, M. A., Minghini, M., Molinari, M. E., & Zamboni, G. (2016). Positional accuracy assessment of the OpenStreetMap buildings layer through automatic homologous pairs detection: The method and a case study.

5- Da Costa, J. N. (2016). Novel tool for examination of data completeness based on a comparative study of VGI data and official building datasets. Geodetski vestnik, 60, 495-508.

6- Fan, H., Zipf, A., Fu, Q., & Neis, P. (2014). “Quality assessment for building footprints data on OpenStreetMap,” International Journal of Geographical Information Science, vol. 28, pp. 700-719.

7- Fram, C., Chistopoulou, K., & Ellul, C. (2015). “Assessing the quality of OpenStreetMap building data

- 27- Xu, Y., Chen, Z., Xie, Z., & Wu, L. (2017). "Quality assessment of building footprint data using a deep autoencoder network," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 31, pp. 1929-1951.
- 28- Zhonglianga F., & Jianhuaa, W. (2008). "Entity matching in vector spatial data," in *Proceedings of the XXI ISPRS Congress*, pp. 1467-147.
- 29- [www.smartcity.press/data-benefits-in-smart-cities](http://www.smartcity.press/data-benefits-in-smart-cities)
- creation of visual dashboards. REAL CORP. 2019 Apr 4.
- 17- LONG, T., & Jiao, W. (2012). "The geometric correction model based on areal features for multisource images.
- 18- Minaei, M. (2020). Evolution, density and completeness of OpenStreetMap road networks in developing countries: the case of Iran. *Applied Geography*, 119, 102246.
- 19- Over, M., Schilling, A., Neubauer, S., & Zipf, A. (2010). "Generating web-based 3D City Models from OpenStreetMap: The current situation in Germany", *Computers, Environment and urban systems*, vol. 34, pp. 496-507.
- 20- Schmitz, S., Zipf, A., & Neis, P. (2008) "New applications based on collaborative geodata—the case of routing", in *Proceedings of XXVIII INCA international congress on collaborative mapping and space technology*.
- 21- Sehra, S. S., Singh, J., & Rai, H. S. (2017). Assessing OpenStreetMap data using intrinsic quality indicators: an extension to the QGIS processing toolbox. *Future Internet*, vol. 9, 15.
- 22- Senaratne, H., Mobasheri, A., Ali, A. L., Capineri, C., & Haklay, M. (2017). A review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International Journal of Geographical Information Science*, 31, 139-167.
- 23- Tang, W., Hao, Y., Zhao, Y., & Li, N. (2008). "Feature matching algorithm based on spatial similarity," In: *Geoinformatics 2008 and Joint Conference on GIS and Built Environment: Classification of Remote Sensing Images*. International Society for Optics and Photonics.
- 24- Tornros, T., Dorn, H., Hahmann, S., & Zipf, A. (2015). "Uncertainties of completeness measures in OpenStreetMap—A case study for buildings in a medium-sized German city," *ISPRS annals of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 2, 353.
- 25- Veregin, H. (1999). Data quality parameters. *Geographical information systems*, 1, 177-189.
- 26- Wang, Z., & Zipf, A. (2017). Using OpenStreetMap Data To Generate Building Models With Their Inner Structures For 3D Maps. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 4.