

# ارزیابی روش‌های به‌روزرسانی عوارض ساختمانی در بلوکهای شهری

ایمان شاه‌مردانی<sup>۱</sup>، رحیم علی‌عباسپور<sup>۲</sup>، علیرضا چهرقان<sup>۳\*</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی - پردیس

دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

shahmardani.iman@ut.ac.ir

<sup>۲</sup> دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

abaspour@ut.ac.ir

<sup>۳</sup> استادیار دانشکده مهندسی معدن - دانشگاه صنعتی سهند

chehregghan@sut.ac.ir

(تاریخ دریافت آذر ۱۳۹۷، تاریخ تصویب بهمن ۱۳۹۸)

## چکیده

با افزایش کاربرد داده‌های مکانی در زندگی روزمره، تولید این داده‌ها از منابع اطلاعاتی مختلف با دقت و مقیاس‌های متفاوت رشد وسیعی داشته است. تولید داده‌های جدید نیاز به اختصاص زمان و هزینه بسیاری می‌باشد. از این رو یکی از راهکارهای کاهش هزینه، به‌روزرسانی داده‌های قدیمی در مقیاس‌های مختلف با استفاده از داده‌های جدید (تهیه شده در یک مقیاس) می‌باشد. یکی از رویکردهای به‌روزرسانی داده‌ها بکارگیری مجموعه داده بزرگ‌مقیاس به‌روزشده به‌عنوان داده مرجع برای به‌روزرسانی مجموعه داده کوچک‌مقیاس است؛ به این صورت که عوارض تغییر یافته در دو مجموعه داده شناسایی و سپس با اصلاح تغییرات متناسب با مجموعه داده کوچک‌مقیاس به‌روزرسانی انجام می‌شود. مسائل به‌روزرسانی نقشه در مجموعه داده برداری از منظر نوع عارضه به‌روزرسانی‌شده به سه دسته نقطه‌ای، خطی و چندضلعی تقسیم‌بندی می‌شوند. یکی از دسته عوارض مهم از کلاس عوارض چندضلعی در محیط‌های شهری، ساختمانها هستند که در نقشه‌های شهری از اهمیت بسزایی برخوردارند و به‌روزرسانی آنها در کاربردهای شهری از اولویت بالایی برخوردار است. در این مقاله سعی شده است با بررسی دقیق و جامع مطالعات پیشین، مسائل به‌روزرسانی عوارض چندضلعی (بویژه ساختمانها) از سه منظر روش‌های خوشه‌بندی، استخراج الگو و روش‌های به‌روزرسانی مورد استفاده بررسی شوند. همچنین دسته‌بندی در هر دیدگاه و مزایا و معایب روش‌های مختلف نیز در آن ارائه شده است.

**واژگان کلیدی:** مجموعه داده‌های برداری، به‌روزرسانی، عوارض چندضلعی ساختمانی

\* نویسنده رابط

## ۱- مقدمه

مجموعه داده مکانی در مقیاس‌های متفاوتی برای کاربردهای گوناگون تولید می‌شوند. امروزه مسئله به‌روزرسانی و نگهداری این داده‌ها در مقیاس‌های مختلف از جمله مسئولیت‌های مهم و دشوار سازمان‌های متولی تولید داده مکانی می‌باشد. به‌روزرسانی به موقع از مجموعه داده‌ها به ویژه ساختمان‌ها و جاده‌ها، برای حمایت در فعالیت‌هایی از قبیل نظارت بر کاربری زمین، مدیریت منابع طبیعی، ساخت‌وساز و مدیریت و برنامه‌ریزی شهری مورد نیاز بوده و نقش به‌سزایی در آنها ایفا می‌کنند.

رویکردهای متعددی در خصوص به‌روزرسانی داده‌های مکانی موجود وجود دارد که بر اساس مدل داده، منطقه تحت پوشش و مقیاس به روشهای مختلفی مانند بکارگیری روشهای نقشه برداری زمینی و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تقسیم می‌شوند. یکی از روشهای به‌روزرسانی استفاده از نقشه‌های با مقیاس بزرگتر به‌هنگام و انتشار تغییرات در نقشه‌های کوچک مقیاس قدیمی است. در انجام به‌روزرسانی به این روش، دو مجموعه داده مرجع و هدف به کار می‌رود که مجموعه داده مرجع داده‌های بزرگ مقیاس اخیراً به‌روزشده و مجموعه داده هدف داده‌های کوچک مقیاس به‌روز نشده می‌باشند. در این مقاله، بر روی به‌روزرسانی عوارض برداری با توجه داده مرجع برداری اخیراً به‌روز شده بزرگ مقیاس تر تمرکز می‌شود.

با توجه به رویکرد مورد اشاره در این مقاله، ابتدا، نقشه‌های بزرگ مقیاس به‌روز شده و سپس، نقشه‌های کوچک مقیاس با استفاده از مشتق اطلاعات نقشه‌های بزرگ مقیاس به‌روز می‌شوند؛ از این‌رو نیاز به مفاهیم مربوط به خلاصه‌سازی نقشه<sup>۱</sup> می‌باشد که یکی از مراحل به‌روزرسانی نقشه می‌باشد. خلاصه‌سازی نقشه روند پیچیده‌ای است که با استفاده از عملگرهای مناسب، ساختارهای ضروری حفظ می‌شوند و از جزئیات غیرمهم چشم‌پوشی می‌کند [۱-۳]. الگوریتم‌های متعددی برای خلاصه‌سازی نقشه ارائه شده است در جدول (۱) نمونه‌هایی از مطالعات انجام شده در مورد الگوریتم‌های خلاصه‌سازی نقشه برای سه نوع داده نقطه‌ای، خطی و چندضلعی آورده شده است.

جدول ۱- بررسی مطالعات پیشین براساس الگوریتم‌های خلاصه‌سازی نقشه

| نوع عارضه | مطالعات پیشین                                |
|-----------|----------------------------------------------|
| نقطه‌ای   | [۴]، [۵]، [۶]، [۷]                           |
| خطی       | [۸]، [۹]، [۱۰]، [۱۱]، [۱۲]، [۱۳]، [۱۴]، [۱۵] |
| چندضلعی   | [۱۶]، [۱۷]، [۱۸]، [۱۹]، [۲۰]، [۲۱]           |

به‌روزرسانی نقشه با توجه به ماهیت داده به سه نوع به‌روزرسانی نقطه‌ای، خطی و چندضلعی تقسیم می‌شود. به دلیل گستردگی رویکردها در هریک از این عوارض، این تحقیق رویکردهای موجود در به‌روزرسانی عوارض چندضلعی را مدنظر قرار داده است.

برای به‌روزرسانی خودکار نیاز به تشخیص عوارض متناظر و کشف تغییرات بین آن‌ها می‌باشد. بدین منظور از روش‌های خاصی برای نگاشت بین اشیا استفاده می‌شود. برای ساخت نگاشت جدید دو موضوع مهم می‌باشد (۱) شباهت اشیا مکانی: این شباهت شامل شباهت هندسی، شباهت توصیفی و شباهت زمینه‌ای می‌باشد که شباهت زمینه‌ای، روابط جهتی و فاصله‌ای با اشیای دیگر می‌باشد که شناسایی این شباهت پیچیده به نظر می‌رسد در حالی که دو شباهت دیگر با استفاده از الگوریتم تناظریابی قابل کشف است. بنابراین طبق شباهت هندسی و توصیفی به‌عنوان فاکتورهای شباهت اشیای مکانی محاسباتی انتخاب شوند. فرمول شباهت بین دو اشیا به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$S(A, B) = W_{geo} * S_{geo}(A, B) + W_{att} * S_{att}(A, B)$$

که  $S_{geo}(A, B)$  شباهت هندسی و  $S_{att}(A, B)$  شباهت توصیفی می‌باشند.  $W_{geo}$  و  $W_{att}$  به ترتیب وزن های شباهت هندسی و توصیفی می باشند که مقادیر  $S_{att}$  و  $S_{geo}$  با استفاده از فرمول‌هایی برای عوارض برداری چندضلعی به دست می‌آید. (۲) کد موجودیت مکانی متحد شده: به منظور شناسایی موجودیت مکانی منحصر به فرد و متحد شده، روش کدگذاری موجودیت مکانی متحد شده مطرح می‌شود که این کدها می‌توانند شامل کد یکتا موجودیت مکانی، کد صنعت نقشه‌برداری و کد مقیاس نمایشی باشد.

- کد یکتا موجودیت مکانی: شامل عدد گرید مکانی، مختصات مرکز و یا طول و عرض کمترین محدوده مستطیل (MBR) می‌تواند باشد.

<sup>۱</sup> Map Generalization

هدف این مقاله بررسی مسئله به‌روزرسانی عوارض چندضلعی از سه منظر (۱) روش‌های خوشه‌بندی<sup>۳</sup> (۲) استخراج الگو<sup>۴</sup> (۳) روش‌های به‌روزرسانی است (شکل ۱). در مسئله به‌روزرسانی عوارض چندضلعی باید ابتدا، تغییرات بین عوارض براساس خوشه‌بندی کشف شود؛ سپس، براساس الگوهای شناسایی‌شده در هر خوشه تغییرات بین دو مجموعه عوارض استخراج شود و در نهایت، بر مبنای روش‌های به‌روزرسانی موجود، عوارض در مجموعه داده کوچک‌مقیاس به‌روز شوند.

## ۲- روش‌های خوشه‌بندی

خوشه‌بندی، فرآیند دسته‌بندی مجموعه‌ای از عوارض به خوشه‌هایی است که اعضای درونی هر خوشه بیشترین شباهت را با یکدیگر و کمترین شباهت را نسبت به اعضای سایر خوشه‌ها داشته باشد. بنابراین خوشه‌بندی کمک می‌کند تا عوارض مشابه در یک خوشه و عوارض غیرمشابه در خوشه‌های مختلف قرار گیرند. هم‌چنین در خوشه‌بندی مکانی براساس شباهت و ترتیب هندسی، معنایی و ویژگی‌های ساختاری عوارض الگوهایی از هر خوشه استخراج می‌شود. این الگوها نقش مهمی در فرآیند به‌روزرسانی ایفا می‌کنند، زیرا عملگرهای خلاصه‌سازی بر روی الگوهای مشابه و منظم بهتر اجرا می‌شود [۳۱-۳۵]. در زمینه خوشه‌بندی عوارض ساختمانی، اصول گروه‌بندی یا قانون گروه‌بندی گستالت<sup>۵</sup> برای گروه‌بندی ساختمان‌ها توسعه داده شد [۳۶] که به ترتیب، سه نوع آن عبارتند از:

- نزدیکی: عوارض‌ها در نزدیک هم در یک گروه ظاهر می‌شوند (شکل ۲.الف).
- شباهت: عوارض با اندازه، شکل، توجیه مشابه در یک گروه قرار می‌گیرند (شکل ۲.ب).
- پیوستگی: عوارض توجیه‌شده با ترتیبی پشت هم قرار گرفته، در یک گروه قرار می‌گیرند (شکل ۲.ج).

- کد صنعت نقشه‌برداری: شامل اسم و آدرس مکانی و غیره می‌باشد

- کد مقیاس نمایشی: کدی از مقیاس است که موجودیت مکانی باید در نقشه نمایش داده شود.

با این کدها می‌توان موجودیت یکسان در مجموعه داده مختلف را شناسایی کرد. به هر حال با توجه به دو موضوع اشاره شده در بالا، باید نداشت بین مجموعه داده چندمقیاسی ساخته شود و بعد با ارائه عملیات انتشار به-روزرسانی مجموعه داده کوچک مقیاس به‌روز می‌شوند.

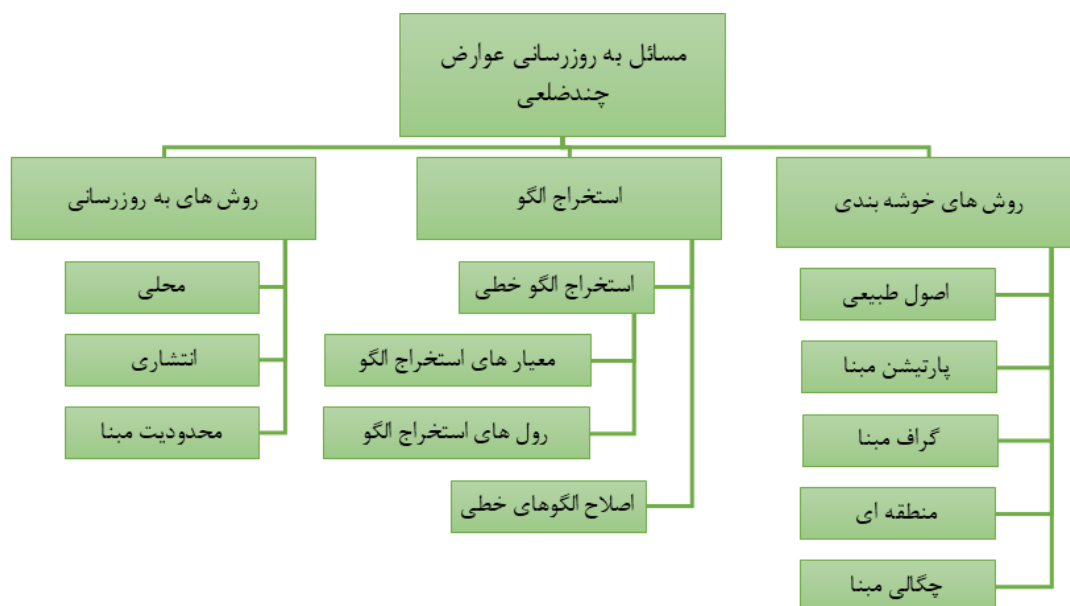
در این تحقیق بررسی روش‌های به‌روزرسانی عوارض چندضلعی مورد نظر می‌باشد که در حالت کلی می‌توان از سه دیدگاه مختلف این مسائل را حل نمود.

دیدگاه اول تحت عنوان به‌روزرسانی ساختمان‌ها به روش انتشاری<sup>۱</sup> شناخته می‌شود. در این دیدگاه فقط داده‌های بزرگ‌مقیاس به روز می‌شوند، سپس این به‌روزرسانی‌ها می‌توانند به داده‌های کوچک‌مقیاس منتشر شوند. به-روزرسانی انتشاری مخصوصاً برای پایگاه داده مکانی (MRDB)<sup>۲</sup> از طریق انتشار به‌روزرسانی‌ها در مقیاس مختلف استفاده می‌شود. در سالهای اخیر، ایده به‌روزرسانی انتشاری در MRDB برای محققان و متخصصان بسیار جذاب شده است. با این حال وقتی اتصال بین داده‌های چندنمایشی به درستی صورت نگیرد از پایگاه داده مکانی برای به‌روزرسانی به‌ندرت استفاده می‌شود [۲۲-۲۷].

دیدگاه دوم به‌روزرسانی محلی است. به‌روزرسانی محلی شامل سه مرحله است: (۱) کشف تغییرات بین مجموعه داده بزرگ‌مقیاس اخیراً به‌روز شده و مجموعه داده کوچک‌مقیاس قدیمی (۲) ادغام تغییرات کشف شده به مجموعه داده کوچک مقیاس (با کمیت سازی و فرمول‌بندی این تغییرات) (۳) اطمینان از سازگاری حفظ شده. در این دیدگاه زمانی که درجه تغییرات در یک محل زیاد می‌شود، کشف تغییرات درست سخت می‌شود. هم‌چنین در موقعیت‌های پیچیده باید محدودیت‌های خاصی برپایه اطلاعات الگوها و ساختار ساختمان‌ها در نظر گرفت تا ناسازگاری با واقعیت کم شود [۲۸-۳۰]. دیدگاه سوم به‌روزرسانی محدودیت‌مبنا می‌باشد که ضرورت‌های این تحقیق را نشان می‌دهد که کمتر به آن پرداخته شده است و معایب کشف درست تغییرات بین چندضلعی‌ها برطرف می‌شود.

<sup>۳</sup> Clustering  
<sup>۴</sup> Pattern Extraction  
<sup>۵</sup> Gestalt

<sup>۱</sup> Propagating  
<sup>۲</sup> Multiple representation database



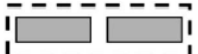
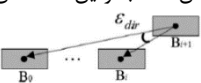
شکل ۱- دسته‌بندی مسائل به‌روزرسانی از منظر مختلف

در جدول (۲، ۳، ۴) مطالعات انجام‌شده در سه اصل گروه‌بندی گستالت آورده شده است که روش‌های محاسبه آن‌ها به طور جامع براساس سال اجرا آورده شده است.

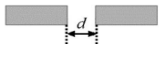
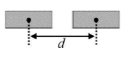
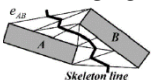


شکل ۲- قانون گروه‌بندی گستالت: (الف) نزدیکی، (ب) شباهت، (ج) پیوستگی

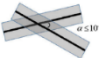
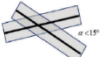
جدول ۲- بررسی مطالعات انجام شده در زمینه اصول گروه‌بندی گستالت (پیوستگی)

| پیوستگی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | اصول گستالت<br>کارهای استنادشده    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| <p>الاین مستقیم:</p> <p>دو نوع الاین مستقیم تعریف می‌شود الاین موازی شکل (الف) و الاین گسترشی شکل (ب). برای الاین گسترشی اتصال مراکز ساختمان‌ها باید تقریباً موازی محور اصلی و برای الاین موازی <math>(M_{Max} - M_{Min})/M_{Min} &lt; 1</math></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(الف)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(ب)</p> </div> </div> | <p>Li و همکاران (2004) [۱۶]</p>    |
| <p>مدل دیاگرام ورونوی مستقیم: این مدل برای اندازه‌گیری جهت دو ساختمان و از وزن جهت‌های مشترک بین دو ساختمان برای اندازه‌گیری پیوستگی استفاده می‌شود. جزئیات محاسبات مدل دیاگرام ورونوی مستقیم در Yan و همکاران (۲۰۰۶) نشان داده شده است [۴۱].</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p>Yan و همکاران (2008) [۴۰]</p>   |
| <p>سازگاری گسترش خطی: گسترش خطی (<math>\epsilon_{dir} &lt; 15^\circ</math>) زاویه بین جهت ساختمان <math>B_{i+1}</math> با اولین ساختمان <math>B_0</math> در یک گروه ساختمانی و جهت <math>B_{i+1}</math> با ساختمان قبلی اش (<math>B_i</math>)</p> <div style="text-align: center;">  </div>                                                                                                                                                                                                                           | <p>Zhang و همکاران (2013) [۴۲]</p> |

جدول ۳- بررسی مطالعات انجام شده در زمینه اصول گروه‌بندی گستالت (نزدیکی)

| اصول گستالت                                                                                                                                                                      | کارهای استناد شده              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| نزدیکی                                                                                                                                                                           |                                |
| فاصله کمینه: $d_{\min} = \{\sum_{p \in A} \sum_{q \in B} d(pq)\}$                                                                                                                | Regnaud(2001) [۳۲]             |
|  $d$ و $q, p$ به ترتیب نقاط متعلق به دو ساختمان $A$ و $B$ و فاصله اقلیدسی می‌باشد.              |                                |
| فاصله مرکزی: $d_{\text{Centroid}} = d(C_A, C_B)$                                                                                                                                 | Anders(2003) [۳۷]              |
|  $d$ و $C_B, C_A$ به ترتیب مرکز دو ساختمان $A$ و $B$ و فاصله اقلیدسی می‌باشد.                   |                                |
| فاصله مرکزی: مطابق با تعریف بالا                                                                                                                                                 | Alluche and Moulin(2005) [۳۸]  |
| فاصله کمینه: مطابق با تعریف Regnaud(2001)                                                                                                                                        | Li و همکاران (2004) [۱۶]       |
| فاصله کمینه (عرض حریم): کشف رابطه نزدیکی به وسیله حریم                                                                                                                           | Basarner and selcuk(2008) [۳۹] |
| فاصله کمینه: مطابق با تعریف Regnaud(2001)                                                                                                                                        | Yan و همکاران (2008) [۴۰]      |
| فاصله هاسدورف اصلاح شده: $MH(A,B) = \frac{1}{2} \left\{ \sum_{a \in A} \min_{b \in B} (d(ab)) / m + \sum_{b \in B} \min_{a \in A} (d(ba)) / n \right\}$                          | Qi and Li (2008) [۳۶]          |
| $a$ و $b$ به ترتیب واحدهای رستری $A$ و $B$ می‌باشند. $m$ و $n$ به ترتیب تعداد واحد درون $A$ و $B$ می‌باشند. $d$ فاصله اقلیدسی می‌باشد.                                           |                                |
|  فاصله اقلیدسی می‌باشد.                                                                         |                                |
| رابطه مکانی مجاورت مثلث‌بندی دلونی مقید، مثلث‌بندی و ساختمان‌های اتصال داده شده با یک یال مثلث-بندی دلونی داده شده به طور مکانی مجاور می‌باشند.                                  | Zhang و همکاران (2013) [۴۲]    |
| فاصله مجاورت (AdjDis) + اتصالات (Con): $AdjDis(AB) = (\sum L(e_{AB})) / m$ : طول یال مثلث‌بندی دلونی متصل به $A$ و $B$ . $m$ تعداد کل یال‌ها. $Con(A,B) = Length(Skeleton(A,B))$ | Wang و همکاران (2015) [۴۳]     |
|  Skeleton line                                                                                |                                |

جدول ۴- بررسی مطالعات انجام شده در زمینه اصول گروه‌بندی گستالت (شباهت)

| اصول گستالت                                                                                                                                                                                                                                                                   | کارهای استناد شده           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| شباهت                                                                                                                                                                                                                                                                         |                             |
| اختلاف اندازه‌ها و توجیه‌ها: $ S_i - S_j  \leq 2\sigma_s,  O_i - O_j  \leq 2\sigma_o$                                                                                                                                                                                         | Regnaud(2001) [۳۲]          |
| $S_i$ و $O_i$ به ترتیب اندازه و توجیه یک ساختمان، $S$ و $O$ به ترتیب میانگین اندازه و توجیه ساختمان در یک گروه، $\sigma_s$ و $\sigma_o$ به ترتیب انحراف معیار متناظر می‌باشند.                                                                                                |                             |
| نسبت اندازه‌ها و شکل‌ها: $R_{\text{size}} = A_{\max}/A_{\min}, R_{\text{shape}} = E_{\max}/E_{\min}$                                                                                                                                                                          | Li و همکاران (2004) [۱۶]    |
| $R_{\text{size}}$ و $R_{\text{shape}}$ به ترتیب نسبت اندازه و شکل دو ساختمان، $A_{\max}$ و $A_{\min}$ به ترتیب مساحت ساختمان بزرگتر و ساختمان کوچکتر و $E_{\max}$ و $E_{\min}$ به ترتیب تعداد یال بزرگتر و کوچکتر دو ساختمان می‌باشند. تفاوت زاویه با محور اصلی ( $\alpha$ ): |                             |
|  $\alpha \leq 10$                                                                                                                                                                          |                             |
| نسبت اندازه‌ها و شکل‌ها: $R_{\text{size}} = A_{\max}/A_{\min}, R_{\text{shape}} = E_{\max}/E_{\min}$                                                                                                                                                                          | Yan و همکاران (2008) [۴۰]   |
| $R_{\text{size}}$ و $R_{\text{shape}}$ به ترتیب نسبت اندازه و شکل دو ساختمان، $A_{\max}$ و $A_{\min}$ به ترتیب مساحت ساختمان بزرگتر و ساختمان کوچکتر و $E_{\max}$ و $E_{\min}$ به ترتیب تعداد یال بزرگتر و کوچکتر دو ساختمان می‌باشند. تفاوت زاویه با محور اصلی ( $\alpha$ ): |                             |
|  $\alpha \leq 10$                                                                                                                                                                          |                             |
| نسبت اشتراک و اجتماع: $Sim(AB) = Area(A \cap B) / Area(A \cup B)$ براساس مرکز ثقلشان قرار گرفته‌اند.                                                                                                                                                                          | Qi and Li (2008) [۳۶]       |
| تفاوت زاویه با محور اصلی ( $\alpha$ ):                                                                                                                                                                                                                                        |                             |
| سازگاری مساحت: $R_{\text{area}} = Area(B_i) / \bar{A}$ به میانگین مساحت $\bar{A}$ از یک گروه ساختمانی                                                                                                                                                                         | Zhang و همکاران (2013) [۴۲] |
| سازگاری توجیه: $\theta_{\text{orient}} = \arccos[(O_{B_i} \cdot \bar{O}) / (  O_{B_i}     \bar{O}  )]$                                                                                                                                                                        |                             |
| $\theta_{B_i}$ توجیه تسلطی $B_i$ و $\bar{O}$ توجیه میانگین ساختمان‌ها در یک گروه                                                                                                                                                                                              |                             |
| نسبت اندازه‌ها: $R_{\text{size}} = A_{\max} / A_{\min}$ شباهت شکل: $R_{\text{shape}} = \frac{Area(A) + Area(S_{AB}) + Area(B)}{Area(Convexhull(A \cup B))}$                                                                                                                   | Wang و همکاران (2015) [۴۳]  |
| $S_{AB}$ منطقه مشترک ساختمان $A$ و $B$                                                                                                                                                                                                                                        |                             |

در این مقاله، روش‌های خوشه‌بندی عوارض چندضلعی براساس مطالعات Pilehforooshha و همکاران [۴۴] و Deng و همکاران [۱] در پنج دسته اصول طبیعی، پارتیشن‌مبنا، گراف‌مبنا، ادغام منطقه‌ای و چگالی‌مبنا<sup>۱</sup> ارائه می‌شود.

## ۲-۱- روش‌های خوشه‌بندی اصول طبیعی

در این روش فقط اصل نزدیکی از اصول گستالت در نظر گرفته می‌شود. نزدیکی بین ساختمان‌ها با حداقل فاصله اندازه‌گیری می‌شود و عملیات گروه‌بندی با اصول طبیعی هدایت می‌شوند [۱۰]: برای مقیاس‌های موردنظر جزئیات درباره‌ی تغییر مکانی عوارض از طریق محدودیت فیزیکی قابل ارائه می‌باشد.

محدودیت فیزیکی می‌تواند براساس کوچک‌ترین عوارض قابل دید مرتبط با قدرت رزولوشن چشم انسان تعریف شود [۱۰]. در نتیجه اندازه کوچک‌ترین عوارض قابل دید می‌تواند به‌عنوان حد آستانه جداسازی برای اندازه‌گیری درجه نزدیکی بین ساختمان‌ها در نظر گرفته شود. بعد از کاهش مقیاس همسایگی ساختمان‌ها به طور بصری قابل جدا شدن نمی‌باشند. بر پایه این ایده دو روش مشابه زیر توسعه داده شدند. (۱) Su و همکاران [۴۵] یک مدل جبری برای تجمع<sup>۲</sup> ساختمان‌ها براساس عملگرهای نزدیکی در مورفولوژی شهری توسعه داده‌اند. حد آستانه<sup>۳</sup> جداسازی تحت عنوان اندازه ساختار المان برای عملگرهای نزدیکی (استفاده شد. ۲) Basaraner و همکاران [۳۹] با استفاده از آنالیز حریم<sup>۴</sup> گروه‌های ساختمانی را برای تجمع و معمولی-سازی<sup>۵</sup> ساختمان توسعه دادند و گروه‌ها با ترکیب اشتراک حریم‌ها برای هر ساختمان کشف می‌شوند.

## ۲-۲- روش‌های خوشه‌بندی پارتیشن‌مبنا

در این روش، ساختمان‌ها با نقطه مرکزیشان نشان داده می‌شوند. نزدیکی بین ساختمان‌ها با فاصله مرکزی اندازه-گیری می‌شود. یک گروه ساختمانی به‌عنوان مجموعه‌ای از ساختمان‌ها در نظر گرفته می‌شود و همه ساختمان‌ها نزدیک به ساختمان مرکزی می‌باشند. الگوریتم K-means

عمدتاً در روش پارتیشن‌بندی برای کشف ساختمان‌های نشان داده شده به صورت نقطه استفاده می‌شود. بیش‌تر گروه‌های شناسایی شده برای حمایت عملگرهای تجمع و انتخاب به کار گرفته می‌شوند [۴۶، ۴۷].

علاوه بر K-means، نگاشت‌های خودسازمان‌دهی<sup>۶</sup> (SOM) برای شناسایی گروه‌ها در تجمع ساختمان‌ها و معمولی‌سازی ساختمان‌ها استفاده می‌شود. ایده اصلی SOM نگاشت داده از ابعاد بالاتر به ابعاد پایین‌تر (واحد گریدی) است. این گرید فضای خروجی را شکل می‌دهد و به‌عنوان فضای اصلی داده‌ها در نظر گرفته می‌شوند. این نگاشت روابط توپولوژیکی بین داده‌ها برای حفظ می‌کند تا داده‌های مشابه نگاشت شوند. جزئیات مربوط به SOM توسط Kohonen در سال ۲۰۰۱ [۴۸] ارائه شد. روش مبتنی بر SOM در مقایسه با K-means روابط همسایگی میان ساختمان‌ها را در فرآیند گروه‌بندی اعمال می‌کند.

## ۲-۳- روش‌های خوشه‌بندی گراف‌مبنا

در این روش‌ها، ابتدا با استفاده از گراف‌های همسایگی نظیر حداقل درخت پوششی<sup>۷</sup> (MST)، شبکه مثلث‌بندی دلونی<sup>۸</sup> و گراف همسایگی نزدیکی<sup>۹</sup> K-م روابط مجاورت میان ساختمان‌ها کشف می‌شود. سپس دو استراتژی برای کشف گروه‌ها ساختمانی براساس گراف‌ها به کار می‌رود: (۱) استر/تزی تقسیم: یال‌های ناسازگاری که طولشان از میانگین طول یال همسایه بزرگ‌تر است از گراف‌ها حذف می‌شوند. هر زیرگراف بعد از حذف یال‌های ناسازگار به‌عنوان یک گروه در نظر گرفته می‌شوند. وقتی فقط نزدیکی در نظر گرفته می‌شود، الگوریتم خوشه‌بندی MST بیش‌ترین کاربرد را در روش‌های گراف‌مبنا برای تجمع و معمولی‌سازی ساختمان ایفا می‌کند [۴۹]. یال‌های ناسازگار ei به صورت معادله (۱) تعریف می‌شود [۵۰].

$$ei = \begin{cases} \text{incosistent} & \text{if } w_i > \max(hl, hr) \\ \text{consistent} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

wi وزن یا طولی از ei و h یال‌های ناسازگاری تعریف شده در دو طرف راست (hr) و چپ (hl) است. h از طریق دو معادله (۲) و (۳) به‌دست می‌آید.

$$hl = \text{Max}\{f \times ml, p1 \times ml + p2 \times sl\} \quad (2)$$

<sup>۶</sup> Self-organizing maps

<sup>۷</sup> Minimal spanning tree

<sup>۸</sup> Delaunay triangulation network

<sup>۹</sup> K-nearest neighbor graph

<sup>۱</sup> Density\_Based

<sup>۲</sup> Aggregation

<sup>۳</sup> Threshold

<sup>۴</sup> Buffer

<sup>۵</sup> Typification

پایه ایده چگالی توسعه داده شده‌اند. این روش‌ها خوشه‌ها با اندازه، شکل و تعداد دلخواه را کشف می‌کند.

الگوریتم DBSCAN پیشنهادی Ester و همکاران [۵۱] شامل دو پارامتر عمومی شعاع جستجو (eps) و حداقل نقاط (minpts) می‌باشد. این الگوریتم با عارضه دلخواه p در پایگاه داده D شروع می‌شود. سپس تمام همسایگی عارضه p درون فاصله eps را برمی‌گرداند. اگر تعداد این همسایگی‌ها بزرگ‌تر از minpts و عارضه p یک عارضه مرکزی باشد، یک خوشه جدید ایجاد می‌شود. عارضه p و همسایگی‌هایش به خوشه جدید پیوست می‌شوند. سپس تمام عضوهای خوشه برای پیدا کردن عارضه مرکزی اسکن می‌شوند. اگر عارضه‌ای پیدا شد، درون همسایگی eps به خوشه اضافه می‌شود و فرآیند اسکن از سر گرفته می‌شود تا تمام عوارض در خوشه پردازش شوند و گرنه یک عارضه مرکزی جدید که به خوشه پیوست نمی‌شود، برای ایجاد خوشه جدید انتخاب می‌شود. فرآیند تکرار می‌شود تا تمام عوارض مرکزی پردازش شوند.

Pilehforooshha و همکاران [۴۴] الگوریتم چگالی مینا سازگار محلی (LA-DBSCAN) را ارائه کردند. در این الگوریتم (۱) به جای شعاع جستجوی کلی، شعاع جستجو وزن‌دار محلی برای حل خوشه‌بندی داده‌ها در مناطق دارای نویز و متراکم غیریکنواخت به کار می‌رود. (۲) برخلاف الگوریتم DBSCAN می‌تواند عوارض نویزدار و خوشه‌های کوچک که در مجاور خوشه‌های بزرگ قرار دارند را به درستی کشف کند.

### ۳- استخراج الگو

استخراج الگوها در گروه‌های مختلف برای به کارگیری در عملگرهای خلاصه‌سازی ضروری می‌باشد. برای مثال الگوهای خطی برای بهبود تجمع و معمولی‌سازی ساختمان‌ها استفاده می‌شود [۱۶]. علاوه بر این، الگوهای ساختمانی را در حوزه‌های دیگری از قبیل استخراج بالکن و ترتیب ساختمان‌ها می‌توان استفاده کرد [۵۴].

به هر حال، الگوها به طور ضمنی در داده‌های توپوگرافی کدگذاری نمی‌شوند [49]. براساس مطالعات Stoter و همکاران [۵۵] کارتوگراف‌ها این اطلاعات را از طریق خلاصه‌سازی دستی بدست آورده‌اند. بنابراین روش‌های کارآمد برای ساختن الگوهای قابل دسترس در سطح کامپیوتر ضروری به نظر می‌رسد.

$$hr = \text{Max}\{f \times mr, p1 \times mr + p2 \times \sigma r\} \quad (3)$$

f و p1 و p2 مقادیر ثابت هستند و ml (mr) میانگین وزن‌دار یال‌ها با d همسایگی از طرف چپ (راست) راس ei و  $\sigma$  انحراف معیار آن‌هاست.

(۲) استراتژی تراکم‌پذیر: خوشه‌بندی تراکم‌پذیر سلسله‌مراتبی برای شناسایی گروه‌های ساختمان به کار می‌رود. معیارها برای ادغام دو گروه مجاور براساس طول یال‌ها در گراف همسایه ساختمان‌ها هستند. این روش براساس مطالعات انجام شده، گروه‌بندی را براساس اصول تکی نزدیکی [۳۷] و اصول چندگانه [۴۳] اجرا می‌کند.

### ۲-۴ روش‌های خوشه‌بندی منطقه‌ای

در این روش‌ها اصول گروه‌بندی چندگانه نزدیکی، شباهت، پیوستگی لحاظ می‌شوند. ابتدا، هر ساختمان به-عنوان یک گروه لحاظ می‌شود و سپس هر گروه با گروه‌های همسایه تست می‌شود تا بر طبق حد آستانه اندازه‌گیری نزدیکی، شباهت و پیوستگی با هم ادغام شوند. روش‌های خوشه‌بندی ادغام منطقه براساس نتایج اصول چندگانه روش‌های خوشه‌بندی اصول طبیعی را بهبود می‌دهد.

Li و همکاران [۱۶] روشی برای پیدا کردن گروه ساختمانی در بلوک شهری ارائه کرد. براساس ساختار و ویژگی‌های هر گروه ساختمان کشف‌شده، عملگرهای تجمع و معمولی‌سازی برای خلاصه‌سازی گروه انتخاب می‌شود.

Yan و همکاران [۴۰] روش گروه‌بندی ساختمان برای تجمع و معمولی‌سازی با استفاده از استراتژی خوشه‌بندی ادغام منطقه ارائه کرده است. در روش پیشنهادی آنها اول دو گروه ساختمانی براساس حداقل فاصله و منطقه قابل دید بین ساختمان‌های مجاور کشف می‌کنند و این دو گروه ساختمان‌ها به سه دسته قوی، متوسط و ضعیف طبقه‌بندی و سپس سه نقش برای ترکیب این دو گروه ساختمان‌ها به یک گروه استفاده می‌شود. (۱) دو گروه قوی با ساختمان‌های مشترک مستقیماً به هم ادغام می‌شوند. (۲) یک گروه متوسط و یک گروه قوی وقتی که شباهت یا پیوستگی برآورده شده، ادغام می‌شوند. (۳) دو گروه متوسط وقتی که هر دو شباهت و پیوستگی برآورده شده‌اند، ادغام می‌شوند.

### ۲-۵ روش‌های خوشه‌بندی چگالی مینا

خوشه‌بندی چگالی مینا توسط Ester و همکاران [۵۱] در سال ۱۹۹۶ با پیشنهاد الگوریتم DBSCAN ارائه شد. بعد از آن، الگوریتم خوشه‌بندی چگالی مینا از قبیل

چندین روش برای استخراج الگوهای ساختمانی ارائه شده است در این زمینه Anders و همکاران [۵۶] الگوهای ساختمانی را به پنج الگوی خطی، دایره‌ای، ستاره‌ای، غیرمنظم و گریدی دسته‌بندی کردند هم‌چنین Yan و همکاران [۴۰] ساختارهای خاصی از الگوها نظیر الگو ستاره‌ای، الگو T شکل، الگو L شکل، الگو Z شکل، الگو H شکل پیشنهاد کرده‌اند.

در این مقاله براساس مطالعات Pilehforooshha و همکاران [۵۷] بر روی استخراج الگوهای خطی تمرکز می‌شود. مدل استخراج الگو خطی گروه ساختمانی در دو مرحله (۱) استخراج الگوهای خطی (۲) اصلاح<sup>۱</sup> الگوهای خطی در نظر گرفته می‌شود.

### ۳-۱-۱- استخراج الگوهای خطی

الگوهای خطی در آن جهتی از ساختمان به کار می‌روند که تقریباً در موازات یا عمود بر جهت کلی الگوها می‌باشد. این الگوها اساس الگوهای دیگر می‌باشند برای مثال الگو عمودبرهم مورد خاصی از الگوهای خطی هستند که تفاوت زاویه‌شان با جهت اصلی نزدیک به ۹۰ درجه می‌باشد. در این تحقیق دو الگو مستقیم<sup>۲</sup> (Sp) و عمودبرهم<sup>۳</sup> (Pp) برای الگوی خطی در نظر گرفته شده است. این مرحله خود به دو بخش معیارهای استخراج الگو و رول‌های استخراج الگو تقسیم می‌شود.

#### ۳-۱-۱-۳- معیارهای استخراج الگو

در بخش ۱-۲ درباره معیارهای گسالت برای گروه-بندی گفته شد. در این قسمت این معیارها براساس استخراج الگو خطی به دو دسته معیارهای شاخص شباهت و تفاوت توجیه دسته‌بندی می‌شوند.

• شاخص شباهت<sup>۴</sup>: برای محاسبه این معیار از استراتژی تصمیم‌گیری چندمعیاره با به کارگیری تکنیک TOPSIS ارائه شده توسط Yoon و همکاران استفاده می‌شود. از شباهت‌های مساحت، شکل، مستطیلی‌بودن و فاصله به عنوان معیارهای برای محاسبه شاخص شباهت استفاده می‌شود.

• تفاوت توجیه<sup>۵</sup>: ترتیب ساختمان‌ها در یک جهت مشابه به فرم یک الگو می‌باشد [۵۸]. جهت اصلی ساختمان  $V_{Dir}(a)$ ، زاویه‌ای است که محور اصلی کوچک‌ترین مستطیل محدود<sup>۶</sup> (SBR) از محور افقی می‌سازد و مقدار زاویه آن بین ۰ تا ۱۸۰ درجه می‌باشد [۵۹].

### ۳-۱-۲- رول‌های استخراج الگو

با استفاده از روش‌های عمومی الگوهای خطی مستقیم و عمودبرهم استخراج می‌شوند.

• الگو مستقیم (Sp): استراتژی استخراج الگو مستقیم به این صورت است که تفاوت توجیه دو ساختمان باید از یک حد آستانه تعریف شده‌ای کوچک‌تر باشد و مقدار شاخص شباهت باید از حد آستانه شباهت بزرگ‌تر باشد (معادله (۴)).

$$Sp(a, b) = \begin{cases} sim(a, b) > \varepsilon \\ |Diff(a, b)| \leq \delta \end{cases} \quad (4)$$

در معادله (۴)  $\varepsilon$  و  $\delta$  به ترتیب حد آستانه شاخص شباهت و تفاوت توجیه می‌باشند.

الگوریتم پیشنهادی از اولین چندضلعی از گروه اول شروع می‌شود و با اضافه کردن ساختمان الگوها بزرگ‌تر می‌شود. از طرف دیگر هر همسایگی چندضلعی شمارش می‌شود و الگوریتم چندضلعی‌هایی که از استراتژی بالا تابعیت می‌کنند، تعیین می‌کند و اگر هیچ چندضلعی از استراتژی بالا تابعیت نکند الگوریتم به چندضلعی بعدی حرکت می‌کند و همین مراحل تکرار می‌شود تا هیچ ساختمانی در گروه باقی نماند.

• الگوی عمودبرهم (Pp): استراتژی استخراج الگوی عمودبرهم مشابه با الگوی مستقیم می‌باشد یعنی مقدار شاخص شباهت باید از مقدار حد آستانه بزرگ‌تر باشد و مقدار تفاوت توجیه دو ساختمان از حد آستانه تعریف شده کوچک‌تر باشد (معادله (۵)).

$$Pp(a, b) = \begin{cases} sim(a, b) > \varepsilon \\ |Diff(a, b)| \leq 90 - \delta \end{cases} \quad (5)$$

### ۳-۲- اصلاح الگوی خطی

وقتی که تفاوت کوچکی بین مقادیر معیارها و حد آستانه تعریف شده وجود دارد، روش استخراج الگو در شناسایی الگوی عوارض با مسئله‌ای روبرو می‌شود. برای مثال، بعد از استخراج الگوهای مستقیم و عمودبرهم چندضلعی‌ها به الگویی پیوست نمی‌شوند. در شکل (۳)

<sup>۵</sup> Orientation Difference

<sup>۶</sup> smallest bounding rectangle

<sup>۱</sup> Refinement

<sup>۲</sup> Straight Pattern

<sup>۳</sup> Perpendicular

<sup>۴</sup> Index Similarity



#### ۴- روش های به روزرسانی ساختمان

دو راهکار اصلی جهت به روزرسانی عوارض چندضلعی وجود دارد. در راهکار اول مسئله به روزرسانی عوارض چندضلعی تبدیل به مسئله به روزرسانی عوارض با کشف تغییرات بین عوارض در دو مجموعه داده می باشد که به به- روزرسانی محلی معروف هستند در راهکار دوم مسئله به- روزرسانی عوارض بدون کشف تغییرات بین عوارض در دو مجموعه داده می باشد که به دو به روزرسانی کلی انتشاری و محدودیت مبنا تقسیم می شوند. در جدول (۳) مطالعات انجام شده در مجموع به روزرسانی ها نشان داده می شود.

جدول ۵- بررسی مطالعات انجام شده در خلاصه سازی ساختمان

| روش          | مطالعات پیشین                                 |
|--------------|-----------------------------------------------|
| محلی         | [۳۰]، [۲۸]، [۲۹]، [۶۰]                        |
| انتشاری      | [۲۴]، [۲۵]، [۲۷]، [۲۳]، [۲۶]، [۶۱]            |
| محدودیت مبنا | [۴۴]، [۶۲]، [۵۷]، [۳۳]، [۱۶]، [۱]، [۵۰]، [۵۸] |

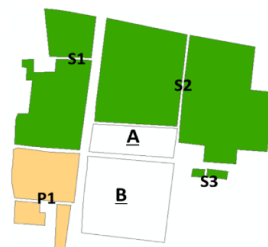
#### ۴-۱- به روزرسانی محلی

در به روزرسانی محلی، اول تغییرات بین دو مجموعه داده بزرگ مقیاس به روز شده و مجموعه داده کوچک مقیاس قدیمی کشف می شود و بعد این تغییرات در مجموعه داده کوچک مقیاس ادغام می شوند. در مطالعات Qi و همکاران [۲۸] برای به روزرسانی عوارض چندضلعی مجموعه داده کوچک مقیاس قدیمی، اول تفاوت های بین دو نقشه بزرگ- مقیاس به روز شده و کوچک مقیاس به روز نشده کشف می شود و بعد این تفاوت ها در یک روش فرمولی کمیت بندی می شوند و با ترکیب تحلیل علت تفاوت ها و کمیت های ایجاد شده، نقش هایی برای تشخیص به روزرسانی ها فرموله می شوند. هم- چنین در مطالعات Yang و همکاران [۳۰] یک روش به- روزرسانی محلی مبتنی بر روش جبر نقشه ای ارائه شده است که به کمک عملگرهای مجموعه و مدل مثلث بندی دلونی مقید و اطلاعاتی از مفاهیم خلاصه سازی نقشه به روزرسانی را در سه مرحله کشف تغییرات، فیلتر تغییرات و ادغام تغییرات انجام داده است.

#### ۴-۲- به روزرسانی انتشاری

در به روزرسانی انتشاری فقط داده های بزرگ مقیاس به روز می شوند و سپس این به روزرسانی ها می توانند به داده های کوچک مقیاس منتشر شوند. این به روزرسانی می تواند به- روزرسانی های توصیفی یا هندسی باشد. در مطالعات Harrie

چندضلعی A به دلیل این که مساحتش در مقایسه با چندضلعی های همسایه کوچک تر است. در نتیجه مقدار شاخص شباهت از حد آستانه کوچک تر است. برای این از مفهوم همسایگی برای اصلاح آن استفاده می شود.

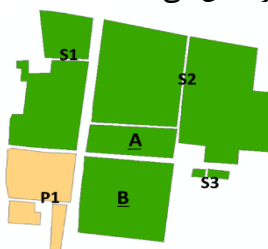


شکل ۳- نتیجه استخراج الگو خطی قبل از اصلاح (شامل سه الگو S1 و S2 و S3) و چندضلعی A و B به الگویی پیوست نشده اند

مفهوم همسایگی الگو هر چندضلعی را تعیین می کند. علاوه بر این ویژگی های هر چندضلعی و چندضلعی های احاطه کننده برای در نظر گرفتن توزیع مکانی الگوهای چندضلعی های احاطه کننده لازم است. برای در نظر گرفتن توزیع مکانی الگوهای چندضلعی های احاطه کننده یک تعریف جدید از الگو شاخص تعامل<sup>۱</sup> (PI) توسط Pilehforooshha و همکاران [۵۷] ارائه شد. PI از طریق معادله (۶) محاسبه می شود.

$$PI_{i,p}(\Theta) = N_{i,p} \times \Theta_{i,p} \quad (6)$$

در این معادله  $PI_{i,p}(\Theta)$ ، شاخص تعامل الگو همسایگی چندضلعی که دارای الگو p با جهت کلی  $Overall_{Dir}(p)$  روی چندضلعی i با جهت  $V_{Dir}(i)$  را نشان می دهد و  $N_{i,p}$  اثر چندضلعی همسایه با الگو p روی چندضلعی i است و  $\Theta_{i,p}$  تفاوت توجه بین چندضلعی i و SBR همسایگی های چندضلعی با الگو p است. بعد از محاسبه  $PI_{i,p}(\Theta)$  برای هر یک از الگوهای خاص در منطقه تعامل، نوع الگو با ماکسیمم مقدار  $PI_{i,p}(\Theta)$  برای نوع الگوی نهایی چندضلعی انتخاب می شود. شکل (۴) نتیجه استخراج بعد از اصلاح استخراج خطی را نشان می دهد.



شکل ۴- نتیجه استخراج الگو خطی بعد از اصلاح (شامل سه الگو S1 و S2 و S3) و چندضلعی A و B به الگو S2 پیوست شده اند.

<sup>۱</sup> Pattern Interaction Index

و همکاران [۲۴] یک روش به‌روزرسانی انتشاری در پایگاه داده چندنمایشی پیشنهاد داده می‌شود به این صورت که یک چهارچوب مفهومی چهارمرحله‌ای (۱) بررسی داده‌ها و ایجاد اطلاعاتی که باید در مجموعه داده کوچک‌مقیاس ایجاد، حذف و اصلاح شوند (۲) انتشار به داده‌های چندنمایشی (۳) خلاصه‌سازی به‌روزرسانی‌ها (۴) حل اختلاف مکانی در پایگاه داده در نظر گرفته می‌شوند تا یک سیستم اولیه برای انتشار به‌روزرسانی از یک سطحی از جزئیات به تمام سطوح جزئیات براساس مقیاس‌های مختلف انجام گیرد. اما در مطالعات Zhang و همکاران [۲۶] برای به‌روزرسانی مناطق مسکونی با استفاده از مثلث‌بندی دلونی در پایگاه داده چندنمایشی، اول عوارض مکانی در نقشه‌های چندمقیاسی گروه‌بندی و بعد عوارض نقشه بزرگ‌مقیاس براساس مثلث‌های مدل مثلث-بندی مقید تجزیه می‌شوند. در ادامه، با اعمال کارهایی بر روی این مثلث‌ها، عوارض کوچک‌مقیاس توسط رول‌های خلاصه‌سازی و الگوریتم جست‌وجوی ممنوع ساخته می‌شوند.

#### ۴-۳- به‌روزرسانی محدودیت‌مبنا

گروه سوم به‌روزرسانی‌ها، به‌روزرسانی محدودیت‌مبنا می‌باشد. بعد از گروه‌بندی ساختمان‌ها، اطلاعات مفید از

قبیل مساحت ساختمان‌ها، میانگین و انحراف معیار فاصله جدایی بین ساختمان به‌دست می‌آید. که با عملگرهای مناسب به مانند شکل (۵) خلاصه‌سازی محدودیت‌مبنا برای به‌روزرسانی نقشه‌ها انجام می‌شود. براساس مطالعات Pilehforooshha و همکاران [۴۴،۵۷]، به‌روزرسانی محدودیت‌مبنا برای به‌روزرسانی مجموعه داده ساختمانی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ خلاصه‌سازی شده از مجموعه داده ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شده است. برای انجام به‌روزرسانی با استفاده از خلاصه‌سازی محدودیت‌مبنا، اول باید خلاصه-سازی رول‌مبنا صورت گیرد برای مثال اگر میانگین مساحت ساختمان‌های یک الگو از ۶۲۵ مترمربع بزرگ‌تر و میانگین فاصله بین ساختمان‌ها در الگو کم‌تر از ۲۵ متر باشد ساختمان‌ها تجمیع می‌شوند. سپس علائم خلاصه-سازی شده رول‌مبنا به شبکه جاده‌ای پیوست می‌شود اما بین جاده و همسایگی چندضلعی ساختمانی اختلاف مکانی به وجود می‌آید برای حل آن از خلاصه‌سازی محدودیت‌مبنا براساس الگوریتم بهینه‌سازی Simulated Annealing(SA) استفاده می‌شود. فرآیند کامل اجرا به-روزرسانی در مطالعات Ware و همکاران [۶۲] وجود دارد.

| نام عملگر              | تعریف                                                                                             | عارضه اولیه                                                                         | نتایج خلاصه‌سازی                                                                    |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| ساده‌سازی <sup>۱</sup> | حذف جزئیات غیرضروری از قبیل خم و تغییرات جزئی در مناطق مرزی بدون از بین بردن شکل اصلی             |  |  |
| تجمیع                  | ترکیب عوارض مجاور و نزدیک به هم به یک عارضه                                                       |  |  |
| حذف <sup>۲</sup>       | حذف انتخابانه عوارض خیلی کوچک، خیلی کوتاه و غیر چشمگیر                                            |  |  |
| کاهش <sup>۳</sup>      | کاهش بعد عوارض یا کاهش گستره مکانی عوارض                                                          |  |  |
| اغراق <sup>۴</sup>     | افزایش گستره مکانی از نظر نمایش عارضه برای تاکید و خوانایی                                        |  |  |
| جابه‌جایی <sup>۵</sup> | تغییر موقعیت برای کاهش اختلاف مکانی یا افزایش فواصل بین عوارض برای برآورده کردن حد آستانه جداسازی |  |  |
| معمولی‌سازی            | کاهش چگالی عوارض و سطح جزئیات با حفظ الگو توزیع و تاثیر بصری                                      |  |  |

شکل ۲- انواع عملگر خلاصه‌سازی و نتایج آنها

<sup>۱</sup> Simplification  
<sup>۲</sup> Elimination  
<sup>۳</sup> Collapse  
<sup>۴</sup> Exaggeration  
<sup>۵</sup> Displacement

## ۵- بحث و نتیجه گیری

در این مقاله مروری بر روش‌های به‌روزرسانی عوارض چندضلعی انجام شده است. مطالعات موجود از سه دیدگاه روش‌های خوشه‌بندی مکانی، استخراج الگو و روش‌های به‌روزرسانی بررسی شده‌اند. روش‌های خوشه‌بندی مکانی به پنج روش اصول طبیعی، پارتیشن‌مبنا، گراف‌مبنا، ادغام منطقه‌ای، چگالی‌مبنا دسته‌بندی شده‌اند. در مطالعات مختلف بر حسب معیارهای گسالت (نزدیکی، شباهت و پیوستگی) هر نمونه‌ای از روش‌های خوشه‌بندی استفاده شده‌اند. در استخراج الگو، انواع الگوها در مطالعات مختلف پرداخته شده و استخراج الگو خطی به‌عنوان نمونه به طور جامع بررسی شده است. در پایان روش‌های به‌روزرسانی از سه دیدگاه محلی، انتشاری و محدودیت‌مبنا بیان شده است. معیارهای مختلفی برای ارزیابی روش‌های به‌روزرسانی وجود دارد که دو معیار بسیار متداول جهت ارزیابی کارایی این مسائل، Precision و Recall می‌باشند که در اکثر مطالعات به آنها اشاره شده است [۳۰، ۶۳]. معیار Precision نسبت تعداد عوارض صحیح منطبق شده به کل عوارضی را که صحیح یا اشتباه منطبق شده‌اند، بررسی می‌کند. معیار Recall نسبت عوارض صحیح منطبق شده به کل عوارضی را که صحیح منطبق شده‌اند و یا منطبق نشده‌اند، ارزیابی می‌کند. به عبارتی دیگر در معیار Precision تعداد عوارضی که اشتباه منطبق شده‌اند و در معیار Recall تعداد عوارضی که منطبق نشده‌اند، در مقایسه دو عدد تاثیرگذار می‌باشد. با توجه دو شاخص ارزیابی، روش به‌روزرسانی محلی براساس مطالعات Yang و همکاران [۳۰] با به‌روزرسانی‌های دستی مورد مقایسه قرار گرفته است که دارای شاخص Precision ۸۵ درصد و شاخص Recall ۸۰ درصد می‌باشد. اما در بین تعدادی از چندضلعی‌ها به‌روزرسانی با نتایج دستی سازگار نمی‌باشد. ناسازگاری‌ها در این روش بیش‌تر در مرحله ادغام تغییرات به دلیل در نظر نگرفتن محدودیت‌های خاص براساس اطلاعات الگوها و ساختار چندضلعی‌ها با توجه به اصول گسالت می‌باشد. به این منظور در کارهای آینده پیشنهاد می‌شود با در نظر گرفتن همه اصول گسالت، روش به‌روزرسانی ارتقا یابد.

با توجه به معرفی روش به‌روزرسانی انتشاری گفته شده در بخش ۴-۲، برای انجام چنین به‌روزرسانی نیاز به اتصال صحیح عوارض در مقیاس‌های مختلف برای انتشار

به‌روزرسانی به مجموعه داده کوچک‌مقیاس می‌باشد که به دلیل تفاوت عوارض یکسان و پیچیدگی روابط توپولوژیکی بین آن‌ها در مقیاس‌های مختلف با چالش‌هایی روبه‌رو می‌شود. به‌طور مثال، یک عارضه چندضلعی نظیر بیمارستان که از تعدادی از چندضلعی‌های مجزا در مجموعه داده بزرگ‌مقیاس تشکیل شده و با نگاهی به یک چندضلعی در مجموعه داده کوچک‌مقیاس تبدیل می‌شود، برای انتشار به‌روزرسانی از یک عارضه در مجموعه داده بزرگ‌مقیاس به عارضه‌ای در مجموعه داده کوچک‌مقیاس باید عملیات متنوعی براساس مؤلفه‌های مختلفی نظیر روابط توپولوژیکی، نسبت مقیاس‌های دو مجموعه داده و رول‌های خلاصه‌سازی کارتوگرافی صورت گیرد. پس نحوه به‌روزرسانی اطلاعات در مجموعه داده بزرگ‌مقیاس و اصلاح عوارض متناظر در مجموعه داده کوچک‌مقیاس کلید اساسی به‌روزرسانی انتشاری است.

در ارزیابی روش‌های به‌روزرسانی محدودیت‌مبنا با توجه به انواع الگوریتم خوشه‌بندی نتایج مختلفی به‌دست می‌آید با این حال با توجه به این که الگوهای ساختمانی هر شهر منحصربه‌فرد است باید بررسی‌های بیش‌تری براساس ساختار ساختمان شهرها و الگوهای آن انجام شود. همچنین تعیین حد آستانه اندازه‌گیری اصول گروه‌بندی که براساس تجربه کارتوگراف‌ها و آزمایشات مختلف به‌دست می‌آید، دارای محدودیت‌هایی می‌باشد که باید در مطالعات آینده اثر حد آستانه بر روی نتایج گروه‌بندی بررسی شود.

براساس مطالعات انجام شده و معایب و مزایای هر روش پیشنهاد می‌گردد در آینده مطالعات مقایسه‌ای بر روی روش‌های ارائه شده تا به امروز انجام گردد و بر اساس دو معیار کارایی Precision و Recall بر روی مجموعه داده‌های نمونه یکسان، نتایج با یکدیگر مقایسه شوند. همچنین براساس مطالعات پیشین در زمینه الگوریتم خوشه‌بندی و مزایا و معایب هر یک از الگوریتم‌ها می‌توان در مطالعات آینده روش‌هایی برای مقایسه کارآمدی هر یک از الگوریتم‌ها در نظر گرفت.

بنابراین باید در مطالعات آینده بر روی دو موضوع خوشه‌بندی و استخراج الگوهای ساختمانی به‌عنوان اجزای فرآیند خلاصه‌سازی ساختمان‌ها متمرکز شود به این دلیل که نتایج حاصل از خوشه‌بندی و استخراج الگو می‌تواند منبع اطلاعاتی قدرتمندی برای فرآیند خلاصه‌سازی به‌شمار آید.

## مراجع

- [1] M. Deng, J. Tang, Q. Liu, and F. Wu, "Recognizing building groups for generalization: a comparative study," *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 45, no. 3, pp. 187-204, 2018.
- [2] J. Renard and C. Duchêne, "Urban structure generalization in multi-agent process by use of reactional agents," *Transactions in GIS*, vol. 18, no. 2, pp. 201-218, 2014.
- [3] S. Steiniger, D. Burghardt, and R. Weibel, "Recognition of island structures for map generalization," in *Proceedings of the 14th annual ACM international symposium on Advances in geographic information systems*, 2007: ACM, pp. 67-74 .
- [4] T.-h. AI and Y.-I. LIU, "A method of point cluster simplification with spatial distribution properties preserved," *Acta Geodaetica Et Cartographica Sinica*, vol. 2, p. 017, 2002.
- [5] P. Bereuter and R. Weibel, "Real-time generalization of point data in mobile and web mapping using quadrees," *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 40, no. 4, pp. 271-281, 2013.
- [6] M. Van Kreveld, R. Van Oostrum, and J. Snoeyink, "Efficient settlement selection for interactive display," in *Proc. Auto-Carto*, 1997, vol. 13, pp. 287-296 .
- [7] Y. Sadahiro, "Cluster perception in the distribution of point objects," *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, vol. 34, no. 1, pp. 49-62, 1997.
- [8] T. Ai, S. Ke, M. Yang, and J. Li, "Envelope generation and simplification of polylines using Delaunay triangulation," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 31, no. 2, pp. 297-319, 2017.
- [9] D. H. Douglas and T. K. Peucker, "Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature," *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, vol. 10, no. 2, pp. 112-122, 1973.
- [10] Z. Li and S. Openshaw, "Algorithms for automated line generalization based on a natural principle of objective generalization," *International Journal of Geographical Information Systems*, vol. 6, no. 5, pp. 373-389, 1992.
- [11] P. V. D. Poorten and C. B. Jones, "Characterisation and generalisation of cartographic lines using Delaunay triangulation," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 16, no. 8, pp. 773-794, 2002.
- [12] M. Visvalingam and J. D. Whyatt, "Line generalisation by repeated elimination of points," *The cartographic journal*, vol. 30, no. 1, pp. 46-51, 1993.
- [13] J. Pallero, "Robust line simplification on the plane," *Computers & geosciences*, vol. 61, pp. 152-159, 2013.
- [14] P. Raposo, "Scale-specific automated line simplification by vertex clustering on a hexagonal tessellation," *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 40, no. 5, pp. 427-443, 2013.
- [15] J. Pallero, "Robust line simplification on the surface of the sphere," *Computers & Geosciences*, vol. 83, pp. 146-152, 2015.
- [16] Z. Li, H. Yan, T. Ai, and J. Chen, "Automated building generalization based on urban morphology and Gestalt theory," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 18, no. 5, pp. 513-534, 2004.
- [17] J. Müller and W. Zeshen, "Area-patch generalisation: a competitive approach," *The Cartographic Journal*, vol. 29, no. 2, pp. 137-144, 1992.
- [18] M. S. Monmonier, "Raster-mode area generalization for land use and land cover maps," *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, vol. 20, no. 4, pp. 65-91, 1983.
- [19] M. Galanda and R. Weibel, "An agent-based framework for polygonal subdivision generalisation," in *Advances in Spatial Data Handling*: Springer, 2002, pp. 121-135.
- [20] M. Barrault et al., "Integrating multi-agent, object-oriented and algorithmic techniques for improved automated map generalization," in *Proceedings of the 20th International Cartographic Conference*, 2001, vol. 3, pp. 2110-2116 .
- [21] A. Ruas, "Automating the generalisation of geographical data: the age of maturity," in *Proceedings of the 20th international cartographic conference*. Beijing, 2001, pp. 1943-1953 .
- [22] D. Burghardt, I. Petzold, and M. Bobzien, "Relation modelling within multiple representation databases and generalisation services," *The Cartographic Journal*, vol. 47, no. 3, pp. 238-249, 2010.
- [23] T. Kilpelainen and T. Sajakoski, "Incremental generalization for multiple representations of geographical objects," *GIS and Generalization: Methodology and Practice*, pp. 209-218, 1995.

- [24] L. Harrie and A.-K. Hellström, "A prototype system for propagating updates between cartographic data sets," *The Cartographic Journal*, vol. 36, no. 2, pp. 133-140, 199.
- [25] J.-H. Haunert and M. Sester, "Propagating updates between linked datasets of different scales," in *Proceedings of XXII International Cartographic Conference*, 2005: Citeseer, pp. 11-16 .
- [26] X. Zhang, T. Guo, J. Huang, and Q. Xin, "Propagating updates of residential areas in multi-representation databases using constrained Delaunay triangulations," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 5, no. 6, p. 80, 2016.
- [27] X. Zhang, W. Yin, M. Yang, T. Ai, and J. Stoter, "Updating authoritative spatial data from timely sources: A multiple representation approach," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 72, pp. 42-56, 2018.
- [28] H. Qi, Z. Li, and J. Chen, "Automated change detection for updating settlements at smaller-scale maps from updated larger-scale maps," *Journal of Spatial Science*, vol. 55, no. 1, pp. 133-146, 2010.
- [29] L. Papšienė and K. Papšys, "Changes affecting generalization of land cover features in a smaller scale," *Geodesy and Cartography*, vol. 38, no. 3, pp. 98-105, 2012.
- [30] M. Yang, T. Ai, X. Yan, Y. Chen, and X. Zhang, "A map-algebra-based method for automatic change detection and spatial data updating across multiple scales," *Transactions in GIS*, vol. 22, no. 2, pp. 435-454, 2018.
- [31] X. Gong and F. Wu, "A typification method for linear pattern in urban building generalisation," *Geocarto International*, vol. 33, no. 2, pp. 189-207, 2018.
- [32] N. Regnauld, "Contextual building typification in automated map generalization," *Algorithmica*, vol. 30, no. 2, pp. 312-333, 2001.
- [33] W. Yu, T. Ai, P. Liu, and X. Cheng, "The analysis and measurement of building patterns using texton co-occurrence matrices," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 31, no. 6, pp. 1079-1100, 2017.
- [34] S. Jahirabadkar and P. Kulkarni, "Algorithm to determine  $\epsilon$ -distance parameter in density based clustering," *Expert systems with applications*, vol. 41, no. 6, pp. 2939-2946, 2014.
- [35] Q. Liu, M. Deng, Y. Shi, and J. Wang, "A density-based spatial clustering algorithm considering both spatial proximity and attribute similarity," *Computers & Geosciences*, vol. 46, pp. 296-309, 2012.
- [36] H. Qi and Z. Li, "An approach to building grouping based on hierarchical constraints," *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, pp. 449-454, 2008.
- [37] K.-H. Anders, "A hierarchical graph-clustering approach to find groups of objects," in *Proceedings 5th Workshop on Progress in Automated Map Generalization*, 2003: Citeseer, pp. 1-8 .
- [38] M. K. Allouche and B. Moulin, "Amalgamation in cartographic generalization using Kohonen's feature nets," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 19, no. 8-9, pp. 899-914, 2005.
- [39] M. Basaraner and M. Selcuk, "A structure recognition technique in contextual generalisation of buildings and built-up areas," *The Cartographic Journal*, vol. 45, no. 4, pp. 274-285, 2008.
- [40] H. Yan, R. Weibel, and B. Yang, "A multi-parameter approach to automated building grouping and generalization," *Geoinformatica*, vol. 12, no. 1, pp. 73-89, 2008.
- [41] H. Yan, Y. Chu, Z. Li, and R. Guo, "A quantitative description model for direction relations based on direction groups," *Geoinformatica*, vol. 10, no. 2, pp. 177-196, 2006.
- [42] Z. Liqiang, D. Hao, C. Dong, and W. Zhen, "A spatial cognition-based urban building clustering approach and its applications," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 27, no. 4, pp. 721-740, 2013.
- [43] W. Wang, S. Du, Z. Guo, and L. Luo, "Polygonal Clustering Analysis Using Multilevel Graph-Partition," *Transactions in GIS*, vol. 19, no. 5, pp. 716-736, 2015.
- [44] P. Pilehforooshha and M. Karimi, "A local adaptive density-based algorithm for clustering polygonal buildings in urban block polygons," *Geocarto International*, pp. 1-27, 2019.
- [45] B. Su, Z. Li, G. Lodwick, and J.-C. MULLER, "Algebraic models for the aggregation of area features based upon morphological operators," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 11, no. 3, pp. 233-246, 1997.
- [46] B. Jiang, "Spatial clustering for mining knowledge in support of generalization processes in GIS," in *ICA Workshop on Generalisation and Multiple representation*, 2004 .
- [47] Z. Li, *Algorithmic foundation of multi-scale spatial representation*. CRC Press, 2006.

- [48] T. Kohonen, "Self-organizing maps, ser," Information Sciences. Berlin: Springer, vol. 30, 2001.
- [49] S. Cetinkaya, M. Basaraner, and D. Burghardt, "Proximity-based grouping of buildings in urban blocks: a comparison of four algorithms," *Geocarto International*, vol. 30, no. 6, pp. 618-632, 2015.
- [50] X. Zhang, T. Ai, and J. Stoter, "Characterization and detection of building patterns in cartographic data: two algorithms," in *Advances in spatial data handling and GIS*: Springer, 2012 ,pp. 93-107.
- [51] M. Ester, H.-P. Kriegel, J. Sander, and X. Xu, "A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise," in *Kdd*, 1996, vol. 96, no. 34, pp. 226-231 .
- [52] A. Hinneburg and D. A. Keim, "An efficient approach to clustering in large multimedia databases with noise," in *KDD*, 1997, vol. 98, pp. 58-65 .
- [53] M. Ankerst, M. M. Breunig, H.-P. Kriegel, and J. Sander, "OPTICS: ordering points to identify the clustering structure," in *ACM Sigmod record*, 1999 ,vol. 28, no. 2: ACM, pp. 49-60 .
- [54] P. Lüscher, R. Weibel, and D. Burghardt, "Integrating ontological modelling and Bayesian inference for pattern classification in topographic vector data," *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 33, no. 5, pp .363-374 ,2009.
- [55] J. Stoter, J. van Smaalen, N. Bakker, and P. Hardy, "Specifying map requirements for automated generalization of topographic data," *The Cartographic Journal*, vol. 46, no. 3, pp. 214-227, 2009.
- [56] K.-H. Anders, "Grid typification," in *Progress in spatial data handling*: Springer, 2006, pp. 633-642.
- [57] P. Pilehforooshha and M. Karimi, "An integrated framework for linear pattern extraction in the building group generalization process," *Geocarto International*, vol. 34, no. 9, pp. 1000-1021 ,2019.
- [58] X. Zhang, T. Ai, J. Stoter, M.-J. Kraak, and M. Molenaar, "Building pattern recognition in topographic data: examples on collinear and curvilinear alignments," *Geoinformatica*, vol. 17, no. 1, pp. 1-33, 2013.
- [59] S. Du, L. Luo, K. Cao, and M. Shu, "Extracting building patterns with multilevel graph partition and building grouping," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 122, pp. 81-96, 2016.
- [60] X. Zhang, T. Ai, J. Stoter, and X. Zhao, "Data matching of building polygons at multiple map scales improved by contextual information and relaxation," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 92, pp. 147-163, 2014.
- [61] Y. Wang, Q. Zhang, and H. Guan, "Incrementally Detecting Change Types of Spatial Area Object :A Hierarchical Matching Method Considering Change Process," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 7, no. 2, p. 42, 2018.
- [62] J. M. Ware, C. B. Jones, and N. Thomas, "Automated map generalization with multiple operators: a simulated annealing approach," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 17, no. 8, pp. 743-769, 2003.
- [63] A. Samal, S. Seth, and K. Cueto 1, "A feature-based approach to conflation of geospatial sources," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 18, no. 5, pp. 459-489, 2004.