بناء النماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد للمدن بالمقاييس الطبوغرافية الكبيرة في بيئة GIS*

م. أسامة درويش**

الأستاذ المشرف
أ.د.م. رياض المصري***

الأستاذ المشرف المشارك
أ.د.م. معن حبيب****

الملخص

تعدُّ نظم المعلومات الجغرافية ثلاثية الأبعاد مولداً وحاضناً حقيقياً للفضاءات الحضرية المبنية. اهتمَّ هذا البحث بأتمتة بناء نماذج رقمية ثلاثية الأبعاد للمدن بالمقاييس الطبوغرافية الكبيرة المنجزة بطريقة المساحة التصويرية الرقمية. سابقاً، اعتمدت طرائق توليد النماذج الأسلوب اليدوي أو النصف آلي، مما استدعى تطوير منهجية تساعد على التحويل الآلي للبيانات الشعاعية الخطية المستخلصة من محطات التثليث الرقمي وصولاً إلى شكل حجمي كتلي، إذْ تتألف العملية من ثلاث مراحل رئيسة وهي: توليد سطوح السقف، وتوليد سطوح الجدران، وتجميع الكتلة. في مرحلة توليد سطوح السقوف يُستَخْدَمُ تثليث دولوني المحلي والمشروط الذي يعالج آليا معظم الأشكال الهندسية للسقوف بغض النظر عن النمط الهندسي للمسقّف؛ أمَّا مرحلة توليد الجدران فتتم بشكل آلي من خلال الإسقاط العمودي للخط الرئيسي المغلف لسقف المنشأة على سطح الأرض المرجعي ومن ثم اختيار المستوى الأكثر انخفاضاً كارتفاع للمنشاة وكمستوى قاعدة معتمد. تُجَمَّعُ بعد ذلك عناصر المنشأة من خلال علاقات ارتباط مكانية (نمط "متعدد لمتعدد") التي تدعمها نظم المعلومات الجغرافية. تعتمد الطريقة المطورة الأسلوب الآلي بشكل كامل، لا تحتاج إلى مكتبة هندسية لأنماط المسقفات، وبما يؤكد أن نظم المعلومات الجغرافية هي منصة بناء وعرض وتخزين لنماذج المدن.

الكلمات المفتاحية:

النماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد، المساحة التصويرية الجوية الرقمية، الرؤية الاستريوسكوبية، المسح الجوي الليزري، نظم معلومات جغرافية، نظم تصميم بمعونة الحاسب، قواعد البيانات المكانية العلائقية، تمثيل شعاعي، تلثيث دولوني.

*أعد البحث في سياق رسالة الدكتوراه للمهندس أسامة درويش بإشراف الدكتور المهندس رياض المصري والدكتور المهندس معن حبيب.

**طالب دكتوراه في كلية الهندسة المدنية جامعة دمشق– قسم الطبوغرافيا

***أستاذ مساعد في كلية الهندسة المدنية جامعة دمشق- قسم الطبوغرافيا

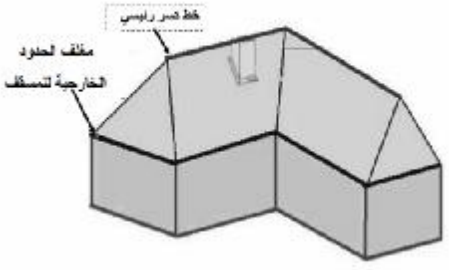
****أستاذ مساعد في كلية الهندسة المدنية جامعة دمشق- قسم الطبوغرافيا

مقدمة

بقيت المعلومة ثلاثية الأبعاد في الوسط العمراني غير مهمة مدة طويلة، وخصوصاً عندما كانت البيانات المكانية تمثل على الورق فقط. فقد أضحت الحاجة للمعلومة ثلاثية الأبعاد متزايدة بعد الانتقال من الطور الورقي إلى الطور الرقمي في تمثيل البيانات المكانية، غير أن هذه الأهمية المتزايدة لها أدَّت إلى التركيز على طرائق بناء النموذج الرقمي للوسط العمراني بالمقاييس الطبوغرافية الكبيرة. تساعد النماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد في مفهوم إدارة وأرشفة ثلاثية الأبعاد للوسط الحضري، فضلاً عمَّا تشكله من بنية مكانية أساسية في التطبيقات: التخطيطية، والبيئية، والتكنولوجية، والسياحية، والاستثمارية وحتى الأمنية.

تعدُّ نظم المعلومات الجغرافية (**GIS**) البنية التحتية المعلوماتية لهذه النماذج نظراً إلى ما تقدمه من تمثيل هندسي ذي مرجعية مكانية محددة ومعلومات وصفية مدمجة عوضاً عن سلوك وظيفي يحاكي الواقع الذي بُني عليه هذا النموذج. إلا أن نظم المعلومات الجغرافية منذ نشأتها اعتمدت فضاء تمثيلياً مكانياً ثنائي البعد، ومن ثم تطور إلى "ثنائي ونصف البعد"، فخلال العامين السابقين تبّنت هذه الأنظمة التمثيل ثلاثي الأبعاد من خلال أدوات رسم بسيطة فضلاً عن بيئة عرض وتحليل مكاني ثلاثي الأبعاد، فهي برمجيات تدعم مفهوم التمثيل والتحليل ثلاثي الابتعاد وليس البناء وخصوصاً بالمقاييس الكبيرة **[1]**. اقتصر عرض النماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد على تجسيم السطوح ثنائية الأبعاد بالاتجاه المحور **z** من خلال تخزين قيمة الارتفاع في الجدول الوصفي المرتبط بالشريحة المكانية **[2]**، وهي طريقة أولية تقبل في المقاييس الصغيرة للفضاءات المبنية، أمَّا بالنسبة إلى تعامل برمجيات **GIS** مع المدن بالمقاييس الحضرية التي تعتمد مقاييس طبوغرافية كبيرة(1:1000 - 1:5000)؛ فالأمر يحتاج إلى برمجيات تصميم هندسية ثلاثية الأبعاد لنمذجة تفاصيل العناصر المكونة للنموذج الرقمي الحضري مثل 3DStudio،3DMAX، Sketch up، إذْ تقوم برمجيات **GIS** باستيراد هذه النواتج إلى قاعدة بيانات النموذج**[3]**. ‘تولد النماذج الرقمية للوسط الحضري بالمقاييس التخطيطية انطلاقاً من طريقة جمع البيانات بعدة أساليب، وأهم أسلوبين معتمدين هما التصوير الجوي أو الفضائي والمسح الليزري.

في هذا البحث سوف نركز على الأسلوب الأول (طريقة التصوير الجوي) من خلال معالجة النواتج الشعاعية لمحطات التثليث الجوي الرقمي في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، فحتى الآن يعدُّ التصوير الجوي واحداً من أكثر التقنيات دقة وموثوقية في توليد النماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد في الوسط الحضري **[4]**، إذْ تعتمد هذه التقنية أسلوب التفسير البصري من قبل "المرقمن" من خلال تحديد نوع العناصر(كتلة، وأشجار، وشوارع..)، ومن ثم التركيز الهندسي على هيكلية الأجسام ورقمنة الخط المغلِّف للحدود الخارجية للمسقّفات فضلاً عن خطوط الكسر الرئيسة (line Break) التي تمثل الفصول المشتركة المشكلة لواجهات المسقف. انظر الشكل رقم (1)

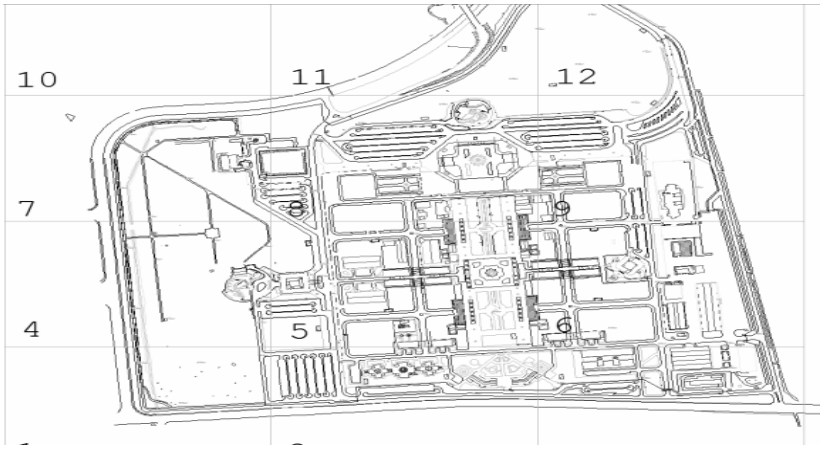


شكل(1) مثال يبيّن العناصر الخطية الرئيسة في المسقف

هذا الأسلوب لا يقوم على مبدأ الاستقراء الرياضي الهندسي المعتمد في معالجة الغمامة النقطية الليزرية **[5]**. إن بحثنا الجديد يركز على دراسة الطرائق المعتمدة في توليد النماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد للفضاءات العمرانية و تحليلها في بيئة نظم المعلومات الجغرافية وبالمقاييس الطبوغرافية الكبيرة، باستخدام النواتج الشعاعية لمحطات التثليث الرقمي ضمن قواعد البيانات المكانية والعلائقية التي تتبناها نظم المعلومات الجغرافية.

1. المعطيات المستخدمة في البحث

تمثلت المعطيات التي جرى العمل عليها ببيانات طبوغرافية ثلاثية الأبعاد لأبنية في مدينة المعارض والأسواق الدولية (إلى الجنوب من مدينة دمشق وبمساحة 120هكتاراً) التي أُنجزت بطريقة المساحة التصويرية الرقمية في العام 2007، وهي عبارة عن بيانات شعاعية خطية رقمية ثلاثية الأبعاد بصيغة (DGN) مؤلفة من 62 طبقة، إذْ تعبّر كل طبقة عن نوع سمات متشابهة، أهمها طبقة الحدود الخارجية للمسقفات وطبقة تمثل سطح الأرض الوظيفية (Digital Terrain Model:DTM) وبدقة مكانية أفقية (Y،X): 20 سم^2، ورأسية (Z):12 سم، وهذه الدقة تناسب مقياس المخططات (1:1000). انظر الشكل رقم (2)



شكل(2) منطقة الدراسة وهي عبارة عن بيانات الرفع الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد لمدينة المعارض والأسواق الدولية في بيئة CAD :DGN

2. بناء النماذج الرقمية للوسط الحضري باستخدام المساحة التصويرية الجوية

إن التطور الكبير الذي أصاب المساحة التصويرية الرقمية في المدة الأخيرة من ناحيتي البرمجيات غرضية التوجه والعتاد الحاسوبي انعكس إيجاباً على معالجة عالية الدقة وسريعة للبيانات، فضلاً عن حجوم تخزين هائلة، الأمر الذي حسّن وسرّع بناء النماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد في الوسط الحضري بالمقاييس الطبوغرافية الكبيرة **[6]**.

يتعلق مستوى النمذجة للوسط العمراني بسوية تمثيل تفاصيل العناصر الهندسية فيه، ويعدُّ المستوى الثالث (Level Of Details 03: LOD03) وهو المستوى الذي يُظهر تفصيل المنشات الهندسية بالمقاييس الطبوغرافية الكبيرة (1:1000، 1:5000) **[7]** . تعتمد عملية رقمنة المزدوجات "الاستريوسكوبية" على جمع النواتج الشعاعية في بيئة حقيقية ثلاثية الأبعاد التي أضحت في المدة الأخيرة مجال تركيز الباحثين لما لها من دور في بناء النماذج الرقمية للوسط الحضري من ناحيتي الدقة والتفاصيل الضرورية، وبما يلبي التطبيقات

الهندسية والتخطيطية المختلفة كلّها. تتعامل المساحة التصويرية مع الواقع عن بعد ودون تماس فيزيائي معه، بحيث يكون اكتساب المعلومات والبيانات وجمعها بهذه الطريقة مبنياً على ثلاث بصمات رئيسة:

- بصمة هندسيّة تعبّر عن الشكل الهندسي والأبعاد.
- بصمة طيفيّة تعبّر عن طبيعة وماهية العنصر.
- بصمة غرضيّة تعبّر عن تصنيف فرعي وظيفي للعنصر.

تتألف عملية معالجة مزدوجات الصور الجوية من المراحل الثلاث الآتية: **التوجيه الداخلي**، و**التوجيه الخارجي** (توجيه نسبي وتوجيه مطلق)، **واستخلاص السمات واكتسابها** (توليد آلي لنموذج الارتفاع الأرضي،ورقمنة الحدود الهيكلية للسمات الصنعية بشكل خطي، وتوليد صور عمودية مصححة**[8]**. تعتمد طريقة بناء النموذج الرقمي ثلاثي الأبعاد للمدن على إحدى المنهجيتين: التوليد اليدوي المباشر، والتوليد النصف الآلي.

1.2. الطريقة اليدوية

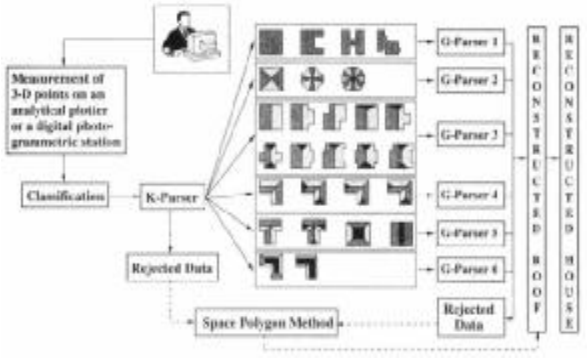
في المدة الأخيرة أضافت العديد من الشركات الميزات التجريبية إلى رقمنة يدوية ثلاثية الأبعاد للوسط الحضري تعتمد بيئة نظم المعلومات الجغرافية مثل برمجيات (ERDAS/LPS، INPHO/Summit Evolution) التي تساعد المُرقْمِن على استخدام الرؤية "الاستريوسكوبية" على التقاط البيانات المكانية من خلال الرقمنة السطحية لواجهات السقوف، بالاعتماد على المكتبة الهندسية لأشكال المسقفات الجاهزة والمحدودة التي تتيحها هذه البرمجيات. انظر الشكل رقم (3). أمَّا بالنسبة إلى عملية نمذجة الجدران للمنشأة فتجري مباشرة من قبل المرقمن باستخدام تقنية الرؤية "الاستريوسكوبية"، إذْ يقوم المرقمن بعد الانتهاء من التمثيل السطحي للسقوف المعتمدة في مكتبة الأشكال الهندسية برسم عمودي للجدران لأنَّه يستطيع التمييز بين زاوية البناء العلوية وسطح الأرض، ومن ثَمَّ يكون قد مُثِّلتِ الجدران. يلاحظ أن العملية تحتاج إلى مهارة متخصصة ووقت وجهد كبيرين **[8]**.

شكل(3) المكتبة الهندسية الجاهزة والمحدودة لأشكال المسقفات التي يتحها برنامج ERDAS Imagine /stereo analyst

2.2 الطريقة النصف آلية

بعد الحصول على النواتج الشعاعية لمزدوجات التثليث الرقمي بشكل خطوط هيكلية تمثل حدود المسقفات، في بيئة 3D CAD[1] التصميمية ثلاثية الأبعاد. تُصنَّفُ وتُفْرَزُ هذه النواتج في مجموعات رئيسة، بحسب المكتبة الهندسية المعدة مسبقاً، التي تمثل الأنماط الهندسية المختلفة لأشكال المسقفات؛ ومن ثم تُطَبَّقُ إجرائيات برمجية تقوم بفرز المسقفات في صفوف متشابهة بشكل آلي أو يدوي، تُولد بعد ذلك واجهات كلُّ مسقف تبعاً للمكتبة الهندسية المجهزة برمجياً، من خلال مرحلتين أساسيتين: توليد سطوح السقوف، وتوليد سطوح الجدران **[9]**. يلاحظ أن مرحلة توليد واجهات المسقفات تجري في فضاء ثنائي الأبعاد، كما يلاحظ النقص والمحدودية في بعض الأنماط الهندسية للمنشات ضمن المكتبات، التي تُرمم من قبل الباحثين كلما برزت الحاجة. قدم العديد من الباحثين ومنهم (Zlatanova و Guren) مكاتب هندسية **[10]**، انظر الشكل رقم (4).

[1] Three Dimensional Computer Aided Design



شكل(4) المكتبة الهندسية المبرمجة والمحدودة لأشكال المسقفات التي حدده Armin Guren

أمَّا بالنسبة إلى الجدران فتُولّد بشكل آلي من خلال إسقاطها على سطح المقارنة الأرضي DTM الذي يُولد بدوره بشكل آلي من قبل البرمجيات المختصة في معالجة مزدوجات الصور "الاستريوسكوبية" **[11]**. لُوحظ في البحوث السابقة التي تصدت لأتمتة توليد النماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد في الوسط الحضري ما يأتي:

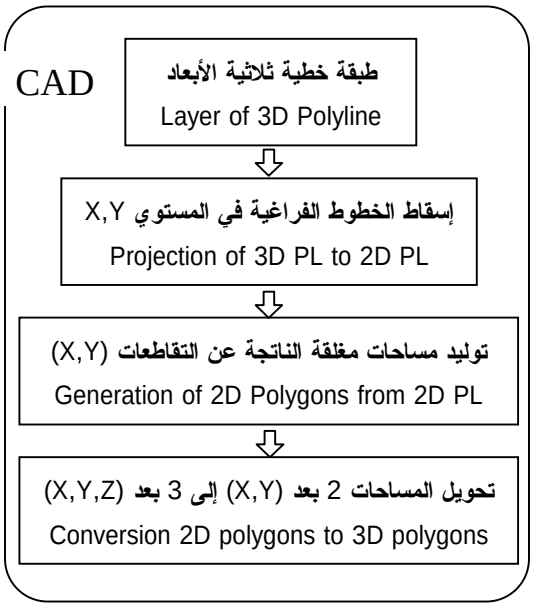
- التوليد هو نصف آلي.
- تحتاج العملية إلى مكتبة هندسية لأشكال مسقفات المنشآت.
- تُعتمد بيئة CAD كبيئة نمذجة، دون اعتمادها على نظم المعلومات الجغرافية للحصول على نماذج مكانية ثلاثية الأبعاد مدعومة بالوصف.

3.2. الطريقة الآلية المقترحة:

إن القصور الناتج عن استخدام الطريقتين اليدوية والنصف آلية دفع العديد من الباحثين لتطوير خوارزميات جديدة تساعد المُنمذج في الحصول على نموذج رقمي للوسط الحضري بالشكل الآلي، على أن يعتمد المرجعية المكانية الصحيحة من خلال تحقيق معياري الدقة النسبية (تمثل دقة قياس أطوال العناصر على النموذج) والدقة المطلقة (تمثل دقة نقاط النموذج المطلقة بجملة الإحداثيات العامة). تعتمد بيئة نظم المعلومات الجغرافية التمثيل 2.5 بعد، فهي بيئة عرض محضة للنماذج الرقمية بالمقاييس الكبيرة لا تدعم المستخدم بأدوات رسم وتعديل احترافية في بيئة حقيقية ثلاثية الأبعاد. لكن المنصة البرمجية التطويرية التي تتيحها هذه البرمجيات تمكن الباحث من تطوير منهجيات وإجرائيات برمجية تؤهل هذه النظم لتكون المولد والحاضن الفعلي للنماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد بالمقاييس الطبوغرافية الكبيرة (1:1000، 1:5000). إن عملية توليد كتل المنشآت هي العملية الأكثر صعوبة وتعقيداً نظراً إلى التطور العمراني الذي أصاب المدن، فكلما زادت التفاصيل الهندسية للمنشأة تطلبت معالجة أدق وأصعب، علماً أن مستوى التفاصيل الواجب تمثيلها تناسب مقياس التمثيل الطبوغرافي للمدن الذي يتدرج بين (1:1000 - 1:5000) وهو المستوى الثالث (Level Of Details 03، LOD03). تتألف هذه المرحلة من ثلاث مراحل فرعية وهي: توليد سطوح السقف، وتوليد سطوح الجدران، وتجميع الكتلة.

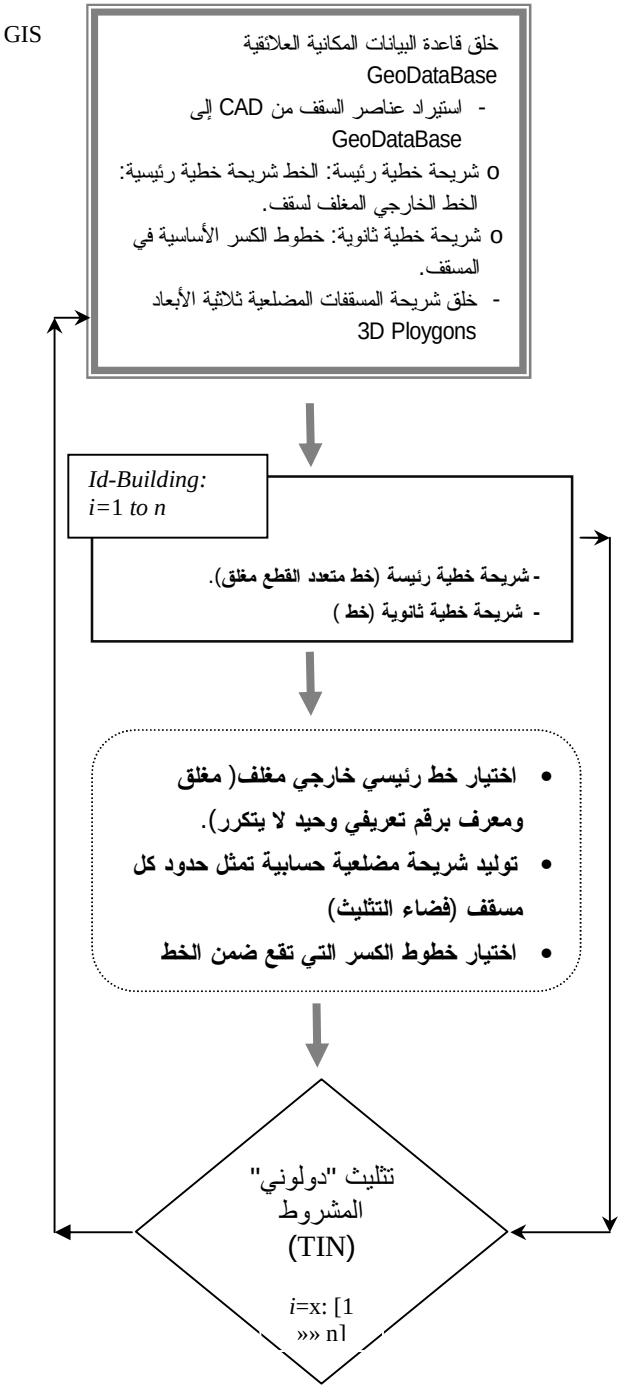
1.3.2. توليد سطوح السقف

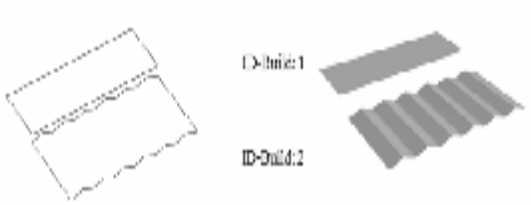
اعتمد الباحثون بيئة التصميم بمعونة الحاسب CAD كمنصة لتوليد سطوح المسقفات مدعومة بمكتبة الأشكال الهندسية للمسقفات المعدة برمجياً. تُعدُّ عملية توليد سطوح المسقفات انطلاقاً من الخطوط الأساسية الهيكلية المرقمنة (التي تمثل الفصول الفراغية المشتركة لسطوح المسقف في فضاء ثلاثي الأبعاد) عملية معقدة ومركبة، فهي تعتمد مبدأ توليد السطوح في فضاء مستوي ثنائي الأبعاد (Y،X)، وذلك من خلال إسقاط الخطوط ثلاثية الأبعاد المشكلة لهيكلية المسقف على مستوي ثنائي الأبعاد، وبتطبيق خوارزميات توليد سمات مضلّعية من خطوط متقاطعة في المستوي (Y،X)، ومن ثم تُزوَّد رؤوس المضلعات المستوية (التي تمثل واجهات المسقف) بالبعد Z لتصبح سطوحاً ثلاثية الأبعاد. انظر الشكل رقم (5)



شكل(5) مخطط انسيابي لطريقة S.zlatanova et al]،[1998] في توليد سطوح المسقفات

تتبنى الطريقة المطوّرة المقترحة بيئة نظم المعلومات الجغرافية كفضاء تمثيلي حقيقي يدعم مفهوم قاعدة البيانات المكانية العلائقية. تعتمد هذه الطريقة مبدأ التثليث الفراغي المحلي والمشروط (تثليث دولوني: Delaunay Triangulation)**[12]** في فضاء حقيقي ثلاثي الأبعاد (Z،Y،X)؛ أي إنَّها تقوم بتولد سطوح المسقفات آلياً في فضاء حقيقي ثلاثي الأبعاد ودون الاستعانة بالإسقاط على المستوي (Y،X) لتوليد سطوح واجهات السقوف. تقوم هذه المنهجية بخلق قاعدة بيانات مكانية علائقية GeoDataBase، وإنشاء شريحة المسقفات ذات السمات المضلّعية فارغة ثلاثية الأبعاد3D Polygons في GeoDataBase، ثم تُستورد عناصر المسقف وتُفرز على شريحتين وظيفيتين. 1) الشريحة الخطية الأساسية: وتمثل الخط الخارجي الفراغي المغلِّف والمغلق لحدود السقف، 2) الشريحة الخطية الثانوية: تمثل خطوط الكسر الفراغية في المسقف (الفصول المشتركة لسطوح الواجهات في المسقف)، علماً أنه يمكن أن توجد مسقفات دون خطوط كسر مثل المسقفات البسيطة. يُولَّدُ رقم تعريفي وحيد لا يتكرر لكلٍّ من سمات الشريحة الخطية الرئيسة، والذي سَيُعَدُّ مفتاح الربط الرئيسي بين واجهات المسقف، أي إنَّ رقم تعريف الخط الأساسي للمسقف سيُورَّث لكامل واجهات هذا المسقف فقط. انظر الشكل رقم (6)





شكل(6) مخطط انسيابي لمنهجية الآلية المطورة لتوليد سطوح واجهات السقوف

يُطَبَّقُ مرشِّح مكاني فراغي (3D Spatial Filter) من خلال اختيار كل خط رئيسي مغلف لحدود السقف من الشريحة الرئيسة الخطية الأولى وتحديد العناصر الثانوية كلّها من الشريحة الثانوية المحتواة داخل الخط المغلق والمغلف، ومن ثَمَّ نكون قد اخترنا كامل عناصر المسقف الأول. بعد ذلك تُوَلَّدُ شريحة مضلعية فراغية حسابية تمثل حدود المسقف المستهدف، التي ستشكل فضاء التثليث لهذا لمسقف. يُجْرَى تثليث "دولوني" المحلي والمشروط (Delaunay Triangulation)أي إنَّ عملية التثليث لا تجري على شريحة حدود مغلفات السقوف معاً، بل كل سقف يُثلّث على حدة ضمن فضاء تثليث خاص به وبشرط اختيار العناصر الثانوية للسقف المستهدف فقط التي تقع في فضاء التثليث الخاص بكل سقف. من ميزات هذه الطريقة أنها لا تعتمد على مكتبات الأشكال الهندسية للمسقفات المعدة مسبقاً، فهي طريقة تناسب معظم أشكال المسقفات ذات السطوح المستوية منها وحتى المنحنية ذات الأشكال الهندسية البسيطة(سطوح اسطوانية، ومخروطية، وكروية)، فهي طريقة تقوم على توليد سطوح المسقفات آلياً في فضاء ثلاثي الأبعاد حقيقي.

دون الاستعانة بالإسقاط على المستوي (Y،X) لتوليد سطوح واجهات السقف.

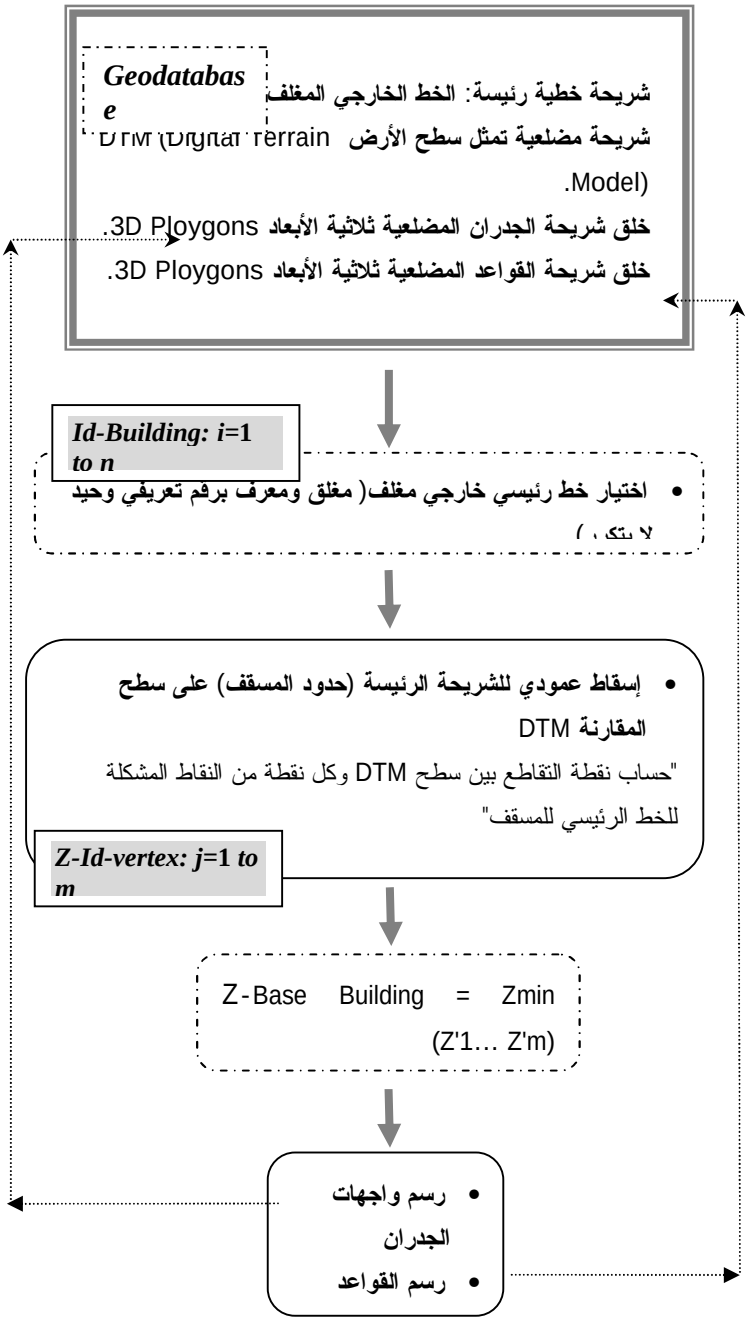
2.3.2. توليد سطوح الجدران وسطح القاعدة

طُوِّرَتْ إجرائية برمجية تقوم بالتوليد الآلي لهذه الجدران مباشرة ضمن قاعدة البيانات المكانية، إِذْ تُخْلَقُ شريحتان مضلعتان لنمذجة الجدران وقاعدة المنشأة انطلاقاً من الخط المغلف الخارجي لحدود المسقف والمعرّف برقم لا يتكرر، وذلك من خلال إسقاط هذا الخط على سطح المقارنة الأرضي DTM. ونظراً إلى وجود ميول متغيرة في سطح المقارنة الأرضي الأمر الذي ينتج عنه عدة مستويات أرضية لجدران المنشأة الواحدة، مما يترتب عليه ضرورة اعتماد مستوى واحد لواجهات الجدران؛ فاختير المستوى المُسقط الأكثر انخفاضاً في كل منشأة (Z'_minimum) وعُدَّ مستوى القاعدة المعتمد، حيث تُمدد الجدران كلها إلى هذا المستوى ليشكل مستوى القاعدة للمنشأة. يُعطى بعد ذلك رقم تسلسلي لكل واجهة جدار مرتبط برقم يمثل رقم الخط الخارجي للمنشأة وهو رقم وحيد لا يتكرر. انظر الشكل رقم (7)

3.3.2. تجمع الكتلة

بعد الانتهاء من التوليد الآلي لعناصر المنشأة الكتلية من سطوح وسقوف وجدران وقواعد، تُنْشَأُ روابط مكانية علائقية بين العناصر المذكورة التي تعدُّ ميزة أساسية لقواعد البيانات العلائقية التي تتمتع بها نظم المعلومات الجغرافية**[13]**، إِذْ طُبِّقَتْ هذه الميزة لتكون طريقة تجميع عناصر المنشأة الكتلية مع بعضها بعضاً. في مرحلة توليد سطوح واجهات المسقفات عُرِّفَ حقل أساسي باسم (ID-Building) للشريحة الخطية الرئيسة (3DPolyline)، إِذْ وُرِّثَ هذا الحقل للجدول الوصفي لشريحة واجهات السقوف المضلعية (3D-Polygons) مع توليد آلي لحقل يُملأ برقم تعريفي تسلسلي لواجهات السقوف. أما في مرحلة توليد الجدران والقواعد فقد اتُّبع الأسلوب نفسه بحيث إِذْ وُرِّثَتْ قيم الحقل الأساسي المعرّف لحدود المسقف (ID-Building) إلى كلٍّ من الجدول الوصفية لشريحتي سطوح واجهات الجدران وسطح القاعدة في كل كتلة. أُجْرِيَ الربط المكاني العلائقي من خلال الحقل الأساسي

(ID-Building) الذي يمثل مفتاح الربط بين الجداول الوصفية للشرائح المولدة باستخدام نمط العلاقة "متعدد إلى متعدد" (many to many). انظر الشكل رقم (8)



شكل(7) مخطط انسيابي لمنهجية الآلية المطورة لتوليد سطوح واجهات الجدران

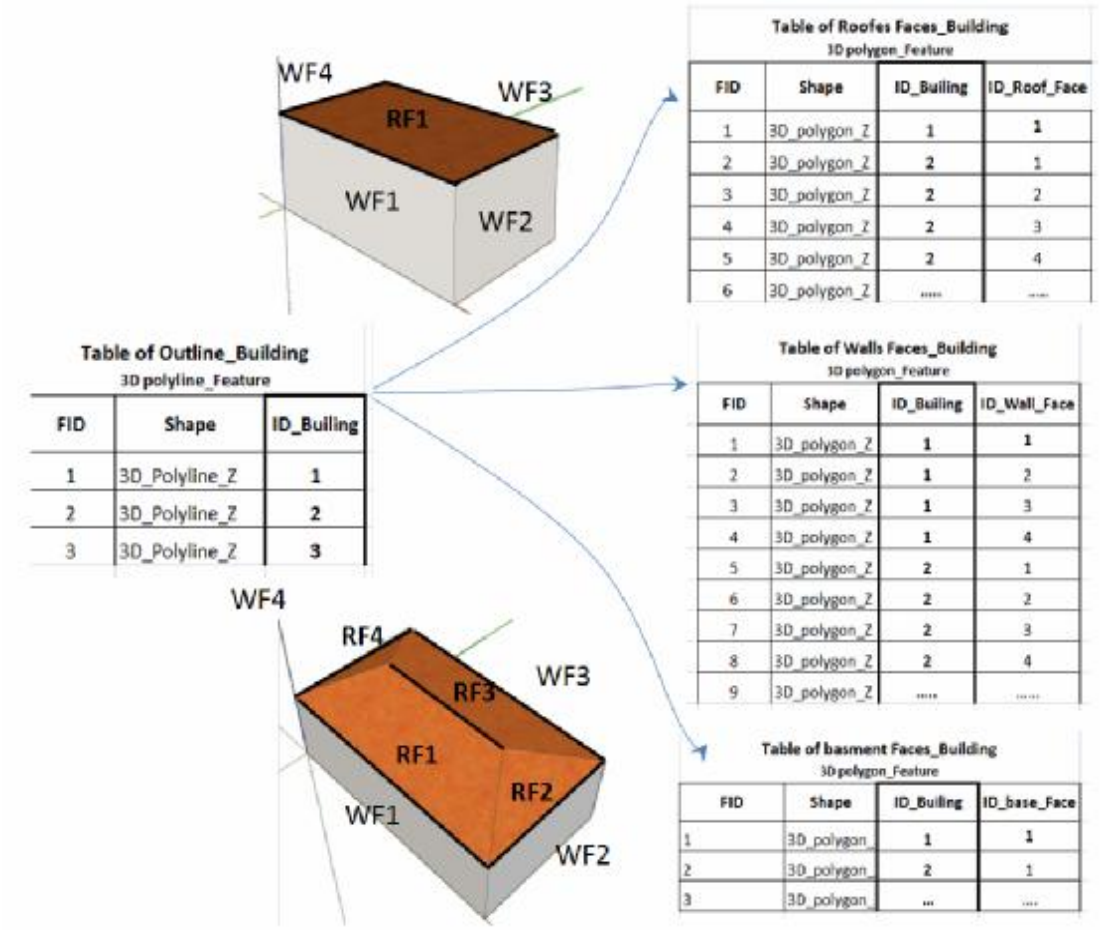


Table of Roofes Faces_Building
3D polygon_Feature

FID	Shape	ID_Builing	ID_Roof_Face
1	3D_polygon_Z	1	1
2	3D_polygon_Z	2	1
3	3D_polygon_Z	2	2
4	3D_polygon_Z	2	3
5	3D_polygon_Z	2	4
6	3D_polygon_Z	....	....

Table of Outline_Building
3D polyline_Feature

FID	Shape	ID_Builing
1	3D_Polyline_Z	1
2	3D_Polyline_Z	2
3	3D_Polyline_Z	3

Table of Walls Faces_Building
3D polygon_Feature

FID	Shape	ID_Builing	ID_Wall_Face
1	3D_polygon_Z	1	1
2	3D_polygon_Z	1	2
3	3D_polygon_Z	1	3
4	3D_polygon_Z	1	4
5	3D_polygon_Z	2	1
6	3D_polygon_Z	2	2
7	3D_polygon_Z	2	3
8	3D_polygon_Z	2	4
9	3D_polygon_Z	....	....

Table of basment Faces_Building
3D polygon_Feature

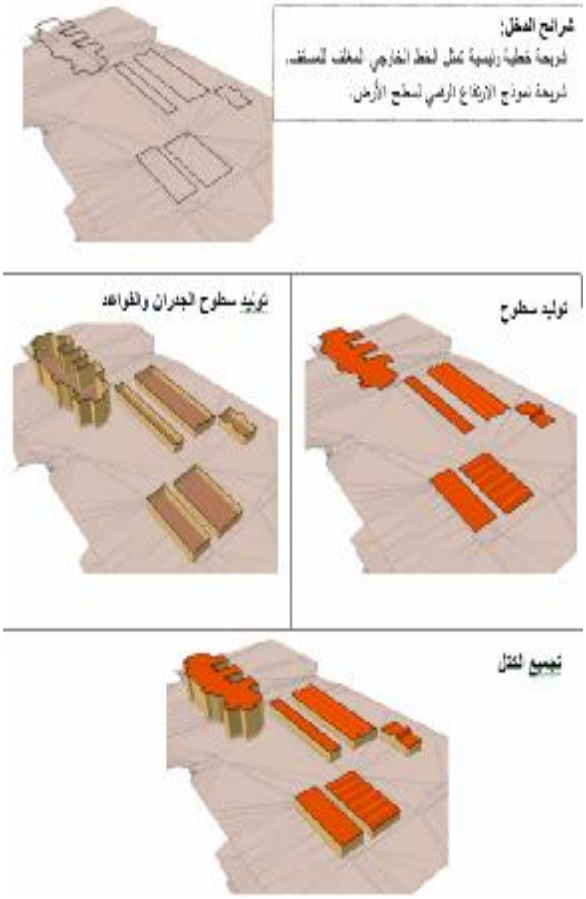
FID	Shape	ID_Builing	ID_base_Face
1	3D_polygon	1	1
2	3D_polygon	2	1
3	3D_polygon	...	....

شكل(8) مثال يبيّن بنية الارتباط العلائقي في قاعدة البيانات المكانية بين مكونات الكتلة المجمعة/سقف، وجدران، وقاعدة/
BF:Basement Face ، RF:Roof Face ،WF:Wall Face من خلال مفتاح الربط ID_Building

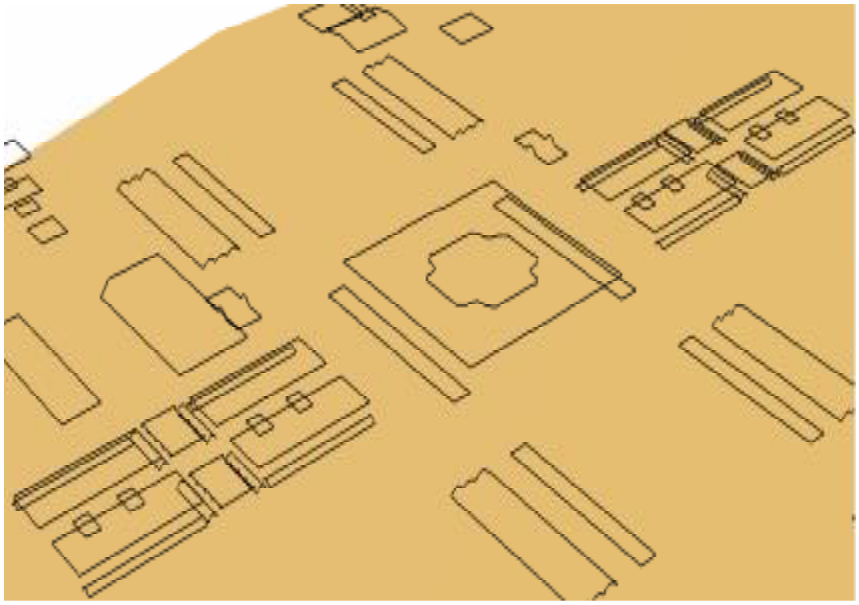
3. نتائج

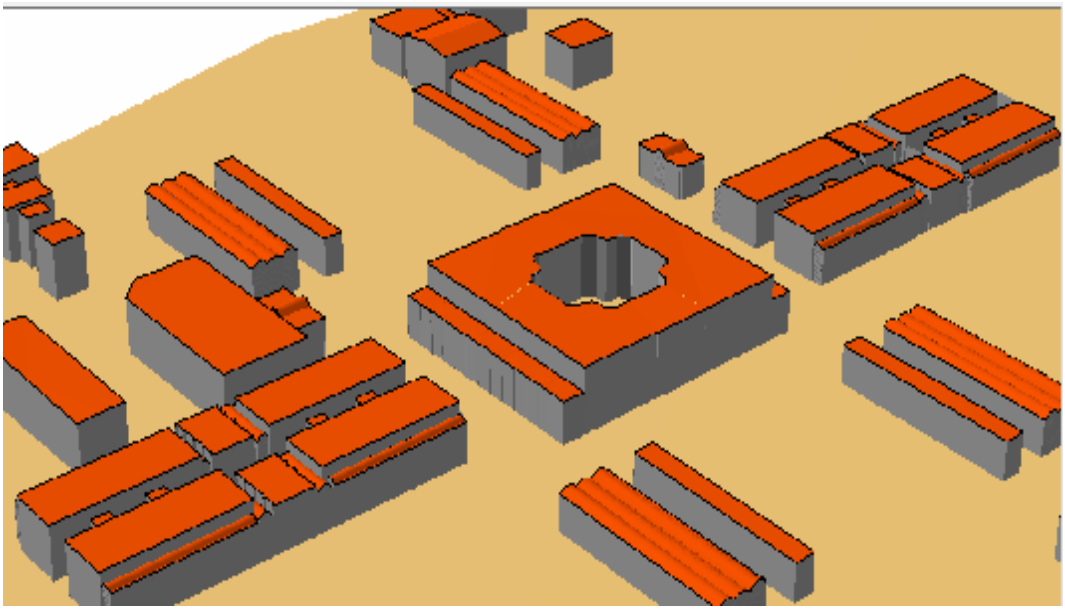
تعدُّ عملية توليد النماذج الحجمية ثلاثية الأبعاد للمدن عملية معقدة ومركبة، إذْ تعتمد عملية الانتقال من البيانات المكانية الخطية الناتجة إلى الشكل الحجمي والكتلي على التعقيد الهندسي للمنشآت. انحصرت طرائق توليد النماذج السابقة بالأساليب اليدوية التي تتطلب وقتاً وجهداً ومهارة، أو بالأساليب النصف آلية من خلال الاعتماد على المكتبات الهندسية لأشكال مسقفات الكتل، بحيث يعالج كل نموذج على حدة باستخدام خوارزميات محددة تعتمد على الشكل الهندسي للمسقف، علماً أن هذه الطرائق تبنت منصة CAD البرمجية لتطوير هذه الخورازميات. أظهرت المنهجية المقترحة للتوليد الآلي للنماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد في الوسط الحضري بالمقاييس الطبوغرافية نتائج جيدة، فهي منهجية تعتمد بيئة نظم المعلومات الجغرافية ثلاثية الأبعاد كمولد وحاضن أساسي ذي مرجعية مكانية محددة. تُقسم هذه المنهجية إلى ثلاث مراحل رئيسة: توليد سطح المسقف، وتوليد سطوح الجدران، وتجميع الكتلة. ولتوليد سطوح

المسقفات، اعتمدت هذه المنهجية طريقة تثليث "دولوني" المشروط الأمر الذي مكّن المستخدم من الاستغناء عن المكتبة الهندسية التي تبناها المطورون، ومن ثَمَّ معالجة معظم الحالات الهندسية لأشكال المسقفات. تقوم هذه الطريقة بعملية تثليثٍ في فضاء حقيقي ثلاثي الأبعاد وتعالج أشكال السقوف الأساسية، المستوية منها والمنحنية، بشرط الالتزام بتأمين الاحتياج الأساسي من السمات الخطية في المسقف من شريحة خط خارجي مغلف ومغلق لحدود السقف، وشريحة الفصول الأساسية المشتركة في المسقف. أمَّا بالنسبة إلى توليد الجدران والقاعدة في المنشأة فتجري بشكل آلي من خلال إسقاط عمودي للخط الخارجي المغلف لحدود السقف على سطح المقارنة الأرضي DTM، مع تحديد المستوى الاعتباري لقاعدة المنشأة التي تعدُّ النقطة الأكثر انخفاضاً فيها. بعد ذلك تُجَمَّعُ العناصر السطحية للكتلة باستخدام علاقات الارتباط في قاعدة البيانات العلائقية التي تتيحها بيئة نظم المعلومات الجغرافية باستخدام نمط ارتباط "متعدد إلى متعدد" بين الجداول الوصفية للشرائح الآتية: 1) شريحة واجهات المسقفات،2) شريحة واجهات الجدران،3) شريحة سطوح القواعد. تؤكد هذه المنهجية الآلية المطورة الدور الأساسي لنظم المعلومات الجغرافية كحاضنٍ ومولدٍ للنماذج ثلاثية الأبعاد للوسط الحضري التي تعتمد المقاييس الطبوغرافية بالمستوى الثالث لتمثيل التفاصيل في المدينة(LOD03)، وبما يحقق الدقة المكانية النسبية والمطلقة.انظر الشكلين رقم (8-1) ورقم (8-2).



شكل(8-1) مراحل عمل الطريقة الآلية المقترحة لتوليد النماذج ثلاثية الأبعاد للمدن في بيئة GIS





كل(8-2) نتائج الطريقة الآلية المقترحة لتوليد النماذج ثلاثية الأبعاد للمدن في بيئة GIS لمدينة المعارض والأسواق الدولية

المراجع*

[1] Zlatanova and Stoter2003،: Stoter، J.E. and S. Zlatanova، 2003، Visualising and editing of 3D objects organised in a DBMS، EUROSDR workshop: Rendering and visualisation، ، Enschede، The Netherlands.

[2] Zlatanova et al.، 2006: Zlatanova، S.، 2006. 3D geometries in DBMS. In: Innovations in 3D geoInformation systems، Kualla Lumpur، Malaysia، pp. 1-14.

[3] Ford، A.، 2004. The visualisation of integrated 3D petroleum datasets in ArcGIS. In: Proceedings of 24th ESRI user conference، San Diego، pp. 1–11.

[4] Jamie Hansen and David Jonas،2002، airborne laser scanning or aerial photogrammetryfor the mine surveyor،pp:3-7

[5] Früh، C.، 2002، Automated 3D model generation for urban environments. Ph.D. Thesis. University of Karlsruhe

[6] Heipke C، 1995، State-of-the-Art of Digital Photogrammetric Workstations for Topographic Applications، PE&RS، Vol. 61، No. 1، pp. 49-56.

[7] Gröger، G.; Kolbe، T. H.، Drees، R.، Kohlhaas، A.، Müller، H.، Knospe، F.، Gruber، U.، and Krause،U.، 2004، Das interoperable 3D-Stadtmodell der SIG 3D der GDI NRW. Version 2،http://www.ikg.uni-bonn.de/sig3d/.

[8] Lical geo system، 2005، Stereo Analyst User's Guide،pp:55-65،172-182.

[9] Zlatanova، S.، Pilouk، M. & Tempfli، K.، [1996]، Building reconstruction from aerial images and creation of 3D topologic data structure; Proceedings of the IAPR TC، Graz Austria، 2-7 September 1996. pp. 259-27.

[10] Armin Guren ،1997 Automation in Building Reconstruction، pp. 5-8.

[11] Koehl، M. 1999، Modélisation Géométrique et sémantique en milieu urbain. Intégration dans un système d'information topographique tridimensionnel. Institut National des Sciences Appliquées de Strasbourg، France. 291 pages.

[12] Booth.B،[2003]، Using ArcGIS 3D Analyst. Environmental Systems Research Institute ،Inc. ISBN 1-58948-044-X .PP 48،50

[13] Gruen، A. & Wang، X. 1998، A 3D City Model Data Structure and its Implementation in a Relational Database ; Proceedings of the International Conference of Spatial Information Science and Technology، Wuhan China، 13-16 December. pp. 429-436.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2012/9/3