النمذجة التفاعلية ثلاثية الأبعاد للخرائط الطبوغرافية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية

Interactive 3D modeling of topographic maps in a GIS environment

إعداد

أحمد عطيه موسى مقرب

Ahmed Attia Moussa Mkreb

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية- كلية الآداب- جامعة حلوان

Doi: 10.21608/jasg.2021.198564

استلام البحث: ١٨/ ٧/ ٢٠٢١ **قبول النشر: ٢٩/ ٧/ ٢٠٢١**

مقرب ، أحمد عطيه موسى (٢٠٢١). النمذجة التفاعلية ثلاثية الأبعاد للخرائط الطبوغرافية فى بيئة نظم المعلومات الجغرافية. مج ٤، ع ١١، ***المجلة العربية للدراسات الجغرافية***، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، ص ص ١-٤٠.

النمذجة التفاعلية ثلاثية الأبعاد للخرائط الطبوغرافية فى بيئة نظم المعلومات الجغرافية

مستخلص

تقدم الخرائط الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد إضافة كبيرة للخرائط الكلاسيكية، حيث يقدم هذا النوع من الخرائط العديد من العمليات التفاعلية كما يتيح أيضاً إضافة الرسوم المتحركة كما يمكن إدراجها مع الوسائط المتعددة، لذلك فهى تقوم بالعديد من الوظائف مثل جذب انتباه المستخدمين وكذلك تساعد على الإدراك البصرى المباشر كما تعزز الوعى المكانى لدى المستخدم كما تتميز بالقدرة العالية على التحليل المكانى للظاهرات . وتمر عملية تصميم النماذج الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد بثلاثة مراحل رئيسية هى النمذجة، الترميز والمظهر المرئى، وتختلف خصائص النمذجة وفقاً لدقة البيانات المستخدمة فى النمذجة والهدف والغرض من إنشاء النموذج ثلاثى الأبعاد، ويتم اختيار بعناية الرموز ثلاثية الأبعاد للخرائط الطبوغرفية بحيث تعبر عنها بشكل أكثر واقعية كما يمكن التحكم فى خصائص الرموز من حيث الشكل والحجم والألوان وغيرها من الخصائص بما يتوافق مع مقياس الخريطة والغرض منها.

الكلمات المفتاحية: النمذجة ثلاثية الأبعاد، النمذجة الكارتوجرافية، الترميز، التصور المرئى.

Abstract:

Three-dimensional topographic maps provide a great addition to classic maps, as this type of map provides many interactive operations and also allows the addition of animation and can be incorporated with multimedia, so it performs many functions such as attracting the attention of users as well as helping to direct visual perception as It enhances the user's spatial awareness and is characterized by a high capacity for spatial analysis of phenomena. The process of designing three-dimensional topographic models goes through three main stages: modeling, coding and visualization, and the modeling characteristics differ according to the accuracy of the data used in the modeling and the goal and purpose of creating the three-dimensional model. Control the characteristics of the symbols in terms of shape, size, colors, and other characteristics in accordance with the scale and purpose of the map.

Keywords:3D modeling, Cartographic modeling, symbolization, visualization.

مقدمة :

أصبح اليوم إنشاء الخرائط ثلاثية الأبعاد أكثر إنتشاراً فى تمثيل البيانات المكانية. حيث أنه مع تطور تقنيات نظم المعلومات الجغرافية أصبح إنشاء الخرائط ثلاثية الأبعاد أكثر سهولة من السابق، وازدات الحاجة إلى التحول الرقمى من عرض البيانات من ثنائية الأبعاد إلى ثلاثية الأبعاد فى مختلف التطبيقات، حيث أنه لم يعد استخدام الخرائط ثلاثية الأبعاد من قبل الخبراء في مجال المعلومات الجغرافية أو رسم الخرائط فقط، ولكن أيضاً أصبحت تستخدم بواسطة عامة الناس. حيث يواجه العديد من مستخدمي الخرائط عديمي الخبرة مشاكل في قراءة الخرائط الطبوغرافية ثنائية الأبعاد (2D) التي توضح عادةً عناصر الظاهرات الطبيعية مع خطوط الكنتور والتضاريس ونقاط الارتفاع. ولمساعدة هؤلاء المستخدمين، يجب التحول بشكل متزايد إلى الخرائط ذات المنظور ثلاثى الأبعاد، والتي تتيح للمستخدمين تصور الظاهرات الطبيعية بسهولة أكبر بشكل ثلاثى الأبعاد.

الإطار المكانى:

تم الاستعانة بالخريطة الطبوغرافية رقم(NH36.E6d) تحت مسمى (حلوان) بمقياس رسم ١:٥٠٠٠٠ وهى من إنتاج إدارة المساحة العسكرية وذلك حتى تستخدم فى عملية الإكساء على نموذج الارتفاع الرقمى وإخراجها بشكل ثلاثى الأبعاد.

مشكلة الدراسة:

نظرًا لحداثة المفهوم ثلاثي الأبعاد، وأوجه القصور في الأجهزة والبرامج الموجودة وقيود تفاعل المستخدم مع النماذج ثلاثية الأبعاد، فإن قواعد تصميم النماذج ثلاثية الأبعاد فى الدراسات الجغرافية لتوصيل الدلالات كانت أقل تطورًا مقارنة بالتطورات التقنية.

لذلك يمكن طرح نماذج مختلفة من التصور المرئى ثلاثى الأبعاد تساعد الباحثين فى تحديد أوجه القصور فى بعض التطبيقات. كما ينصب التركيز الرئيسي في هذا البحث على تحديد مبدأ التصميم وتعديله ثم الاستفادة منه في التطبيقات المختلفة لنماذج المدن ثلاثية الأبعاد. حيث كان الدافع الرئيسي للبحث هو تطبيق المتغيرات المرئية في بيئة ثلاثية الأبعاد بطريقة جديدة.

أهداف الدراسة:

١- تحديد مفهوم الخرائط الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد وتصنيفها ووظائفها.

٢- إبراز دور النمذجة ثلاثية الأبعاد فى سرعة الإدراك البصرى المباشر للظاهرات وتعزيز الوعى المكانى لدى المستخدمين.

٣- توضيح القدرة العالية للنماذج ثلاثية الأبعاد على التحليل المكانى.

٤- تحديد أنواع الرموز الثلاثية الأبعاد فى بيئة نظم المعلومات الجغرافية.
٥- إبراز الخصائص المؤثرة على التصور المرئى للخرائط الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد.

مناهج الدراسة وأساليبها

سوف يتم استخدام أكثر من منهج فى هذه الدراسة وتتمثل هذه المناهج فى الآتى :

١- المنهج التجريبى: يعد هذا المنهج أقرب مناهج البحث العلمى لحل المشكلات العلمية ،حيث سوف يتم استخدام المنهج التجريبى فى البحث من خلال تطبيق التقنيات المختلفة المتاحة ضمن بيئة البرمجيات وظهار مدى كفاءتها وملاءمتها لوضع منهجية مناسبة للنمذجة ثلاثية الأبعاد وتطبيقاتها الكارتوجرافية المختلفة.

٢- المنهج التطبيقى: وذلك من خلال تطبيق المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والنظريات والمفاهيم المتنوعة باستقصاء العلاقات السببية بين المتغيرات التى قد يكون لها تأثير على إنتاج الخرائط ثلاثية الأبعاد فى مختلف التطبيقات.

ويضاف إلى المناهج السابقة الاعتماد على بعض الأساليب الكارتوجرافية التى تخدم الدراسة :

والأسلوب الكارتوجرافى يعتمد على تحليل العلاقات المكانية للظاهرات الجغرافية معتمداً فى ذلك على الخرائط والرسوم البيانية، وتوضيح الاختلافات بين التصميمات المختلفة للخرائط ثلاثية الأبعاد، وقد تم توظيف البرامج المختلفة فى مجال نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد للحصول على الخرائط ومن أهم البرامج التى اعتمدت عليها الدراسة :

- برنامج ARC GIS 10.5 : وقد تم استخدام هذا البرنامج لبناء قاعدة معلومات جغرافية للبيانات الأرضية المتعلقة بالتطبيقات المختلفة للخرائط ثلاثية الأبعاد .
- برنامج GLOPAL MAPPER : وقد تم استخدامه فى تحليل البيانات الخاصة بنماذج الإرتفاعات الرقمية (DEM) ، واستخدام البرنامج فى التحويل بين الصيغ المختلفة، حيث أنه الأفضل فى هذه الخاصية .

الإطار النظرى والدراسات السابقة:

التحولات الجديدة فى الكارتوجرافيا هى عبارة عن بحث لطرق أفضل للتعبير عن الواقع المكانى، فمثلاً يرى بيترسون أن دمج الخرائط مع الوسائط الأخرى (كالنصوص والصور والفيديو ...الخ) وهو ما يطلق علية كارتوجرافيا الوسائط المتعددة، يؤدى إلى تمثيل أكثر واقعية للعالم الحقيقى من الخرائط التقليدية. (Peterson, 1999, pp. 31- 40)، زيادة على ذلك فإن مبدأ التفاعلية الكامن فى الخرائط الحديثة يضفى على استعمال الخريطة بالمتعة وهو عنصر مهم، إذ يعتقد أن الناس يتعلمون تعلماً سريعاً عندما تكون عملية التعلم ممتعة، زيادة على ذلك أيضاً لم

تعد الخريطة مجرد مساحة لتصميم الرسوم ومعالجتها، بل أصبحت صورية ذات إمكانيات غير محدودة. (Wood, 2003, pp. 111 - 115)

مفهوم النمذجة ثلاثية الأبعاد:

هو التمثيل الذي يتم فيه محاكاة الواقع تماماً بحيث تكون الأشكال الناتجة منها لها نفس الأبعاد الأساسية الواقعية (طول ،عرض،ارتفاع)، بالإضافة إلى اللون والخامة الواقعية عن طريق عملية الإكساء والتى تؤدى إلى المحاكاة بشكل جيد.

وفى الوقت الحاضر أصبح للنمذجة الكارتوجرافية ثلاثية الأبعاد رواج كبير فى تمثيل البيانات بأنواعها المختلفة، ووفقاً لذلك هناك دائماً حلول جديدة لجعل هذه العملية تتم بشكل أسرع وأرخص. ويرجع سبب تزايد استخدام النمذجة ثلاثية الأبعاد فى المجالات المختلفة أنه يمكن استخدامها فى أغراض عديدة فى مختلف التخصصات. والتى يمكن استخدامها ليس فقط لأغراض البحث العلمى فى مجالات تخطيط المدن والخرائط العقارية ونماذج التضرس الرقمى والتمثيل الكارتوجرافى، ولكن يتسع المجال إلى وجودها أيضاً فى الواقع الإفتراضى وصناعة الأفلام والألعاب (Parish & Müller, 2001). ولأغراض السياحة والرحلات الإفتراضية كما فى أنظمة الملاحة وفى أنظمة النقل الذكية وفى نمذجة الضوضاء ...وهكذا، بالإضافة إلى وجود عدد كبير من المشكلات المكانية غير قابلة للحل إلا من خلال تمثيلها ونمذجتها بالأبعاد الثلاثة.

يوجد عدد كبير من البرامج القادرة على التعامل مع مجموعة واسعة من المشاكل المكانية ابتداءً من المنهجيات البسيطة المستخدمة فى وصف الكائنات المكانية وعلاقتها ببعضها البعض وانتهاءً بالتحليلات المعقدة جداً والنمذجة ثلاثية الأبعاد. ومن بين جميع أنواع أنظمة التعامل مع المعلومات المكانية أثبتت أنظمة المعلومات الجغرافية أنها الأكثر تطوراً وأنها تمتلك القدرة على التعامل مع مجموعة كبيرة من البيانات الجغرافية وعلى نطاق واسع بالإضافة إلى قدرتها العالية على الربط بين الكائنات الجغرافية وتوفير وسائل لتحليلها (درويش، المصرى، و حبيب، ٢٠١٣، صفحة ١٣٦)، ويشهد مجال نظم المعلومات الجغرافية حالياً تحولاً كبيراً فى تكنولوجيا العرض الثلاثى الأبعاد.

فعلى سبيل المثال بقيت المعلومة ثلاية الأبعاد فى الوسط العمرانى غير مهمة مدة طويلة، وخصوصاً عندما كانت البيانات المكانية تمثل على الورق فقط، فقد أضحت الحاجة للمعلومة ثلاثية الأبعاد متزايدة بعد الإنتقال من النظام الورقى إلى النظام الرقمى فى تمثيل البيانات المكانية. حيث تساعد النماذج ثلاثية الأبعاد فى إدارة وأرشفة البيانات ثلاثية الأبعاد للوسط الحضرى فضلاً عما تشكلة من بنية أساسية فى التطبيقات التخطيطية والبيئية والتكنولوجية والسياحية والاستثمارية وحتى الأمنية . (Zlatanova, Abdul Rahman, & Pilouk, 2001)

وتعد نظم المعلومات الجغرافية (GIS) البنية التحتية المعلوماتية لهذه النماذج نظراً إلى ما تقدمه من تمثيل هندسى ذى مرجعية مكانية محددة ومعلومات وصفة مدمجة إلا أن نظم المعلومات الجغرافية اعتمدت على التمثيل المكانى ثنائى الأبعاد ومن ثم تطور إلى ثنائى ونصف الأبعاد، وخلال الأعوام القليلة الماضية أصبح هناك تطور كبير فى البرمجيات ثلاثية الأبعاد. كما أن النماذج ثلاثية الأبعاد لا تقتصر فقط على تمثيل الكائنات المكانية فقط كالعمران والأشكال التضاريسية ولكن يمكن استخدامها أيضاً فى تمثيل البيانات الإحصائية مكانياً مثل توزيع السكان أو الكثافة السكانية وذلك حتى يحقق الإتصال الخرائطى بشكل كبير وواضح بين الخريطة وقارئها.

تصنيف الخرائط الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد:

يمكن أن نصنف الخرائط الطبوغرافية اعتمادًا على وسيط العرض، يمكن تصنيف الخرائط الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد وفقًا لذلك إلى خرائط طبوغرافية ثلاثية الأبعاد تناظرية أوخرائط طبوغرافية رقمية ثلاثية الأبعاد. أما عن الخرائط التناظرية، أي على الورق أو البلاستيك أو غيرها من المواد المادية يمكن أن نطلق عليها نماذج طبوغرافية مطبوعة (Häberling , 2003).

ويعد هذا النوع من الخرائط ثلاثية الأبعاد ذات طبيعة ثابتة بشكل أساسي ولا يمكن استخدامها بشكل تفاعلي لكنها مفيدة وهامة فى الاستخدامات التعليمية، في المقابل تغطي الخرائط الطبوغرافية الرقمية ثلاثية الأبعاد العديد من الوظائف التفاعلية مثل (الاستعلامات، وظائف القياس، اختيار الموقع، إلخ) وإضافة الرسوم المتحركة كما يمكن إدراجها مع الوسائط المتعددة الأخرى لإضافة مميزات أخرى مثل عرضها باستخدام فيديو مع تعليق صوتى. كما تقدم العروض الديناميكية على الإنترنت نفس المميزات مع إمكانية مشاركة البيانات مع مستخدمين أخرين بكل سهولة وهذا النوع من التطبيقات أصبح أكثر إنتشاراً خلال السنوات الأخيرة.

ويمكن أيضاً أن يتم تقديم الخرائط الطبوغرافية بشكل ثابت من خلال الرؤية من منظور معين يتم تحديده من قبل المستخدم وفقاً للهدف والغرض من إنشاء الخريطة أو عرضه بشكل ديناميكى من خلال البرامج المتخصصة أو تطبيقات الموبايل والإنترنت، ولكل من هذه الأنواع العديد من المميزات كما تحتوى أيضاً على بعض العيوب، لذلك يتم اختيار الطريقة المناسبة وفقاً لنوع التطبيق الذى نحتاج فيه عرض الخريطة بشكل ثلاثى الأبعاد.

ويمكن توضيح أهم الدراسات التى تناولت موضوع النمذجة ثلاثية الأبعاد كالتالى:

دراسة (الفلاحى، ٢٠١٣) بعنوان" إعداد نماذج ثلاثية الأبعاد وتطبيقاتها باستخدام التقنيات الحديثة": وتهدف هذه الدراسة إلى التعريف بأهمية التقنيات الحديثة فى إعداد نماذج ثلاثية البعد، والخروج بمقترحات على التصميم وإنشاء خرائط ثلاثية الأبعاد

بمصادرها المختلفة وعمل خرائط مشتقة من النموذج ثلاثى البعد، واعتمدت الدراسة بشكل أساسى على نموذج الارتفاع الرقمى كمصدر لإنشاء النموذج وكيفية تحويله إلى النماذج ثلاثية الأبعاد فى صورته الشبكية فقط.

لذلك تطرقت هذه الدراسة إلى النمذجة ثلاثية الأبعاد للخرائط الطبوغرافية صغيرة ومتوسطة المقياس بالإضافة إلى نموذج الارتفاع الرقمى، كما تطرقت الدراسة إلى الخصائص الجوهرية المؤثرة على طريقة العرض المرئى للنموذج خاصة الجزء المتعلق باختلاف الدقة المكانية وقيمة المبالغة الرأسية المناسبة للتمثيل، وكذلك توضيح أنواع الرموز الموضعية ثلاثية الأبعاد والخصائص المؤثرة على التصور المرئى للنموذج مثل إعدادات التصوير وإعدادات الإضاءة والظلال وغيرها.

دراسة (الخليل و زوبارى، ٢٠١٥) بعنوان "النمذجة ثلاثية الأبعاد للمواقع الأثرية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية": اهتمت هذه الدراسة بإظهار أهمية نظم المعلومات الجغرافية كأداة تساعد المختصين فى علم الآثار على دراسة المواقع الأثرية وتحليلها، كما تهدف إلى بناء بنك معلومات أثرى ثلاثى الأبعاد باستخدام الإمكانيات المتوفرة فى بعض البرامج التجارية.

وقد اعتمدت هذه الدراسة على مخططات الرفع الطبوغرافى واستخراج منها بيانات الإرتفاع، لذلك كان التمثيل للمنطقة الأثرية مقتصراً على التمثيل من خلال المستوى الأول للتفاصيل والذى يصلح للدراسات الأولية لهذا النوع من التطبيقات، حيث يحتاج التوثيق الأثرى إلى مستويات أكثر دقة فى التفاصيل حتى يكون التمثيل مماثل للواقع ويساعد على الحفاظ على التراث بشكل صحيح ودائم.

دراسة (Alias, Zlatanova, & Pilouk, 2001) بعنوان "تطوير برمجيات نظم المعلومات الجغرافية ثلاثية الأبعاد: جهود عالمية من الباحثين والموردين": تصف هذه الدراسة جهود البحث فى مجال نظم المعلومات الجغرافية ثلاثية الأبعاد التي قامت بها مجموعات من الباحثين فى نظم المعلومات الجغرافية وكذلك بواسطة كبار بائعي برامج نظم المعلومات الجغرافية في جميع أنحاء العالم، وبالتحديد معهد أبحاث علوم البيئة وشركات اخرى مثل: (ESRI Inc. ERDAS Inc.,Integraph .Inc ,.PCI Geomatics Inc

شكل مؤلفو هذه الدراسة مناقشة رئيسية حول سبب من صعوبة تحقيق برامج نظم المعلومات الجغرافية ثلاثية الأبعاد في الوقت الذى نشر فيه البحث أنه لا يوجد برنامج نظم معلومات جغرافية ثلاثي الأبعاد حقيقي متوفر في سوق نظم المعلومات الجغرافية. وأوصوا أن تستمر جهود الباحثين في الأوساط الأكاديمية فى تناول هذا الموضوع وسوف تهتم القطاعات التجارية ببرامج نظم المعلومات الجغرافية ثلاثية الأبعاد الأكثر طلبًا في المستقبل القريب جدًا حيث يمكن تحسين فهمنا للأشياء ثلاثية الأبعاد في العالم الحقيقي، وهذا ما حدث بالفعل حيث تطورت برمجيات نظم

المعلومات الجغرافية ثلاثية الأبعاد والتقنيات المستخدمة فى إنتاجه وهذه ما تناولته الدراسة.

أولاً: الخطوات التطبيقية لتصميم النموذج الطبوغرافى ثلاثى الأبعاد:

يمر تصميم النموذج الطبوغرافى ثلاثى الأبعاد بالعديد من الخطوات والتى يمكن توضيحها من خلال المراحل بداية من تحديد مصادر البيانات التى سوف تستخدم وخطوات التصميم والمخرجات النهائية.

١. مصادر البيانات: تتنوع مصادر البيانات التى تستخدم فى إنتاج الخرائط والنماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد والتى تختلف فى مضمونها ومدى دقتها، لذلك يجب توضيح مصادر البيانات المستخدمة فى عملية التصميم.

أ- الخريطة الطبوغرافية: تم الاستعانة بالخريطة الطبوغرافية رقم (NH36.E6d) تحت مسمى (حلوان) بمقياس رسم ١:٥٠٠٠٠ وهى من إنتاج إدارة المساحة العسكرية وذلك حتى تستخدم فى عملية الإكساء على نموذج الارتفاع الرقمى وإخراجها بشكل ثلاثى الأبعاد.

ب- الصورة الفضائية : تعتمد نظم المعلومات الجغرافية على تقنية الاستشعار عن بعد Remote Sensing)) كأحد المصادر الرئيسة والدقيقة للمعلومات عن الظاهرات الثابتة والمتغيرة والتي يمكن بواسطتها الحصول على البيانات المكانية Spatial Data والتي تصف التركيب الكمي والنوعي للمواقع التي لا يمكن الحصول من المصادر المساحية الأخرى كطرق المسح الجوى أو عن طرق المسح الارضى (داود ج.، ٢٠١٣)، وقد تم تحميل الصورة الفضائية للمنطقة عن طريق جوجل إيرث برو.

ج- نموذج الارتفاع الرقمى : نماذج الارتفاعات الرقمية هي عبارة عن مجموعة من النقاط في منطقة من سطح الأرض تم تعيين موقعها المستوى (X,Y) وارتفاعها (Z) وتكون كل نقطة معرفة في الفراغ الفضائي بقيم على ثلاثة محاور (X,Y,Z) وهذه القيم تمثل طبوغرافية سطح الأرض (محمد، ٢٠٠٨)، وقد يكون نموذج الارتفاعات الرقمية في صورة خطية (Vector) أو قد يكون في صورة شبكية Raster لتمثيل التضاريس أو طبوغرافية سطح الأرض، وقد تم تحميل نموذج الارتفاع الرقمى العالمي (ASTER) من خلال موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) وهو من تطوير كلاً من وزارة الصناعة اليابانية ووكالة الفضاء الأمريكية ومتاح له نموذج ذو دقة تمييز مكانى ٣٠ م.

٢. الإعداد الأولى لتصميم النموذج:

يجب قبل الدخول فى عملية التصميم إعداد مصادر البيانات حتى تكون صالحة للاستخدام فى إنتاج وتصميم الخرائط، حتى تتم عملية التصميم بصورة صحيحة ودقيقة وينعكس ذلك بالطبع على صحة المخرجات.

أ- المسح الضوئى للخريطة الطبوغرافية: تعد الخطوة الأولى فى التحول الرقمى للخريطة الطبوغرافية هى المسح الضوئى للخريطة الورقية وتحويلها إلى صورة (Images) وذلك بواسطة الماسح الإلكترونى (Scanner)، وتأتى الفكرة الأساسية للماسحات الضوئية هوفى تحويل الصور والخرائط الورقية إلى الصيغ الرقمية، والتى يمكن تخزينها واستعمالها فى التطبيقات المختلفة، لذلك تم سحب الخريطة الطبوغرافية الخاصة بمنطقة الدراسة عن طريق الماسح الضوئى .

ب- الإرجاع الجغرافى للخريطة الطبوغرافية والصورة الفضائية:

يعتبر الإرجاع الجغرافى (Georeferencing) لأى خريطة من الخطوات الهامة والأساسية، حيث يجب إرجاع الخريطة إلى موقعها الصحيحة بناءً على الإحداثيات المرفقة مع الخريطة، ويمكن تعريف الإرجاع الجغرافى بأنه إيجاد نقاط ربط محددة بدقة على الخريطة ومعلومة الإحداثيات على الطبيعة بناءً على المسقط والمرجع الخاص بالخريطة، حيث تستخدم هذه النقاط المعلومة كنقاط ربط بين الطبيعة والخريطة ولكى تكون الخريطة مطابقة فى مكانها الصحيح مع الطبيعة، وقد تم تصحيح الخريطة وفقاً لنظام ميركاتور العالمى(UTM) فى النطاق التى تقع به الخريطة (Zone 36 N) باستخدام المرجع الجيوديسى (WGS84).

ج- إنشاء قاعدة البيانات الجغرافية:

قاعدة البيانات الجغرافية هي الصورة الأساسية للبيانات والتي يتعامل معها برنامج ARC-GIS والتي من خلالها سيتم بناء وإنشاء قاعدة المعلومات المكانية والوصفية للخرائط الطبوغرافية التي تخص منطقة الدراسة وذلك من خلال برنامج ARC-Catalog التابع لمجموعة برامج ARC-GIS وهذا البرنامج يستخدم لإدارة الملفات من نسخ وحذف وإنشاء وتعديل وقص ونقل للبيانات الجغرافية.

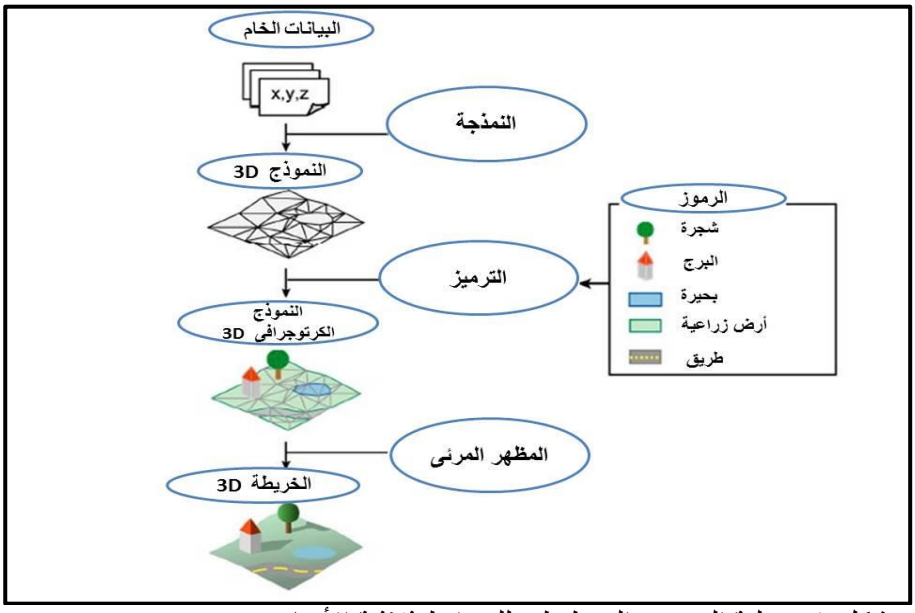
بحيث يتم إضافة جميع البيانات المستخدمة فى الدراسة وتتمثل هذه الطبقات فيما يلي

طبقات لبيانات مكانية من النوع الموضعي: وهى الظاهرات الجغرافية المكانية التي تأخذ شكل نقطي أو موضعي مثل الأشجار النخيل دور العبادة الخزانات الأبراج المحاجر وهكذا.

- طبقات لبيانات مكانية من النوع الخطى: وهى الظاهرات الجغرافية المكانية التي تأخذ امتداد طولي مثل الطرق بأنواعها الترع والمصارف خطوط الكنتور وهكذا.

- طبقات لبيانات مكانية من النوع المساحي: وهى الظاهرات التي تأخذ شكل مضلع أو مساحة مثل المناطق السكنية والحكومية والمصانع والأودية والأراضى الزراعية وهكذا.

٣. عملية التصميم: أصبحت اليوم الأجهزة والبرمجيات الحاسوبية هو الوسيلة الفعالة لإنشاء وتصميم خرائط ثلاثية الأبعاد. تعمل عملية التصميم بشكل أساسي في نفس التسلسل كما هو بالشكل (١). سواء تم إنشاؤها بشكل تفاعلي أو ثابت، وفي عملية التصميم العامة يمكننا التمييز بين ثلاث عمليات فرعية هى النمذجة والترميز والتصور.



شكل ١: عملية التصميم التخطيطي للخرائط ثلاثية الأبعاد حسب (Häberling , 2003)

أ- النمذجة:

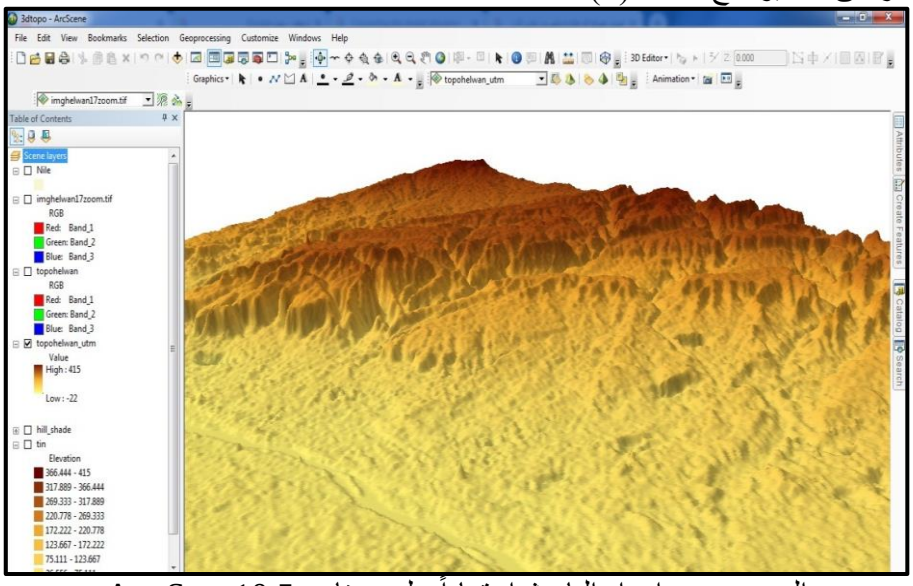
تعتمد نمذجة الخرائط ثلاثية الأبعاد (الطبوغرافية) على البيانات الجغرافية الأساسية يمكن أن تكون نماذج تضاريس رقمية أو كائنات مكانية فى الصورة الشبكية أو الخطية الرقمية تتم معالجة البيانات بواسطة خوارزميات محددة في هيكل بياناتها وتنسيق ملفها ثم تصميمها بطريقة تجعلها تشكل ما يسمى بنموذج ثلاثي الأبعاد (Terribilini, 2001). وتختلف دقة النموذج وفقاً لمصدر البيانات ودرجة دقته فكلما كان المصدر المستخدم دقيق كلما كان النموذج المستخرج أدق، وتتعلق النمذجة

بشكل أساسي بالكائنات الجغرافية من مجموعات البيانات الحالية ليتم إضافتها أو تغييرها أو إزالتها بطريقة يتم تضمينها في نموذج ثلاثي الأبعاد.

في هذه العملية يمكن تغيير العناصر في شكلها الهندسي (الشكل والحجم) أو في موضعها. وهو ما يتغير وفق الغرض من التمثيل، كذلك كثافة المعلومات في مساحة النموذج، التي تنتج عنها درجة التعميم المشتقة وكذلك متطلبات الجودة للمستخدمين. يمكن أيضًا تحديد المحتوى الدلالي من خلال عمليات النمذجة يمكن تغيير مثل عناصر التعميم مثل الحذف والتبسيط والتجميع والتقاطع وما إلى ذلك.

- تحويل نموذج الارتفاع الرقمى من ثنائى الأبعاد إلى ثلاثى الأبعاد:

يتوفر نوعين من بيانات الارتفاع هما نموذج الارتفاع الرقمى وخطوط الكنتور ونقاط المناسيب من الخريطة الطبوغرفية وقد تحويل هذه البيانات إلى شكل نموذج ثلاثى الأبعاد من خلال برنامج (Arc Scene) حيث تم تحويل المعالم الخطية (Feature) والشبكية (Raster) إلى نماذج مجسمة بالمطابقة مع نموذج الارتفاع الرقمى كما يوضح الشكل (٢).



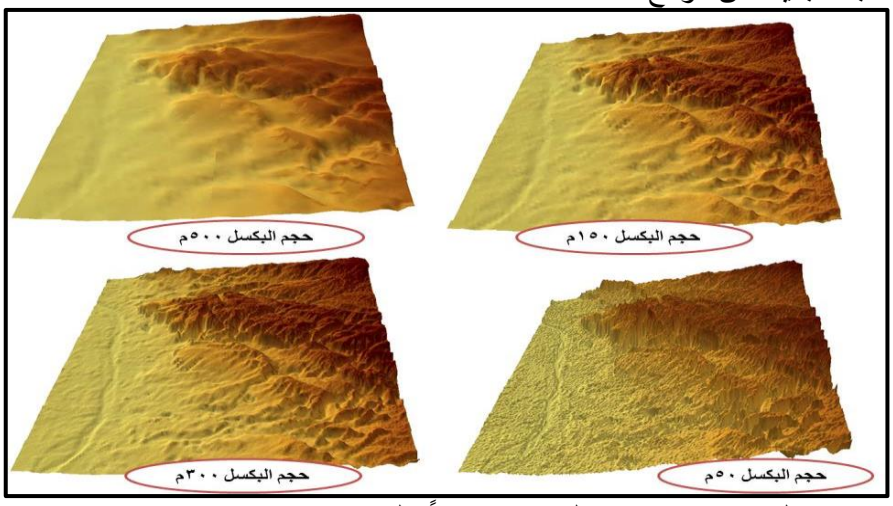
المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

شكل ٢: نموذج ثلاثى الأبعاد لنموذج الارتفاع الرقمى لمنطقة الدراسة من واجهة برنامج (Arc scene)

ويتحكم فى درجة الوضوح المكانى ومدى دقة النمذجة ثلاثية الأبعاد للنموذج وفقاً لمدى دقة مصدر البيانات كما يمكن فى هذه المرحلة استخدام عمليات التعميم

الشبكى ثلاثى الأبعاد حيث يمكن تخزين مجموعات البيانات الشبكية التي تخزن أنواعًا مختلفة من المعلومات بدقة مختلفة لتلبية احتياجات البيانات والتحليلات التي سيتم استكمالها باستخدام البيانات الشبكية.

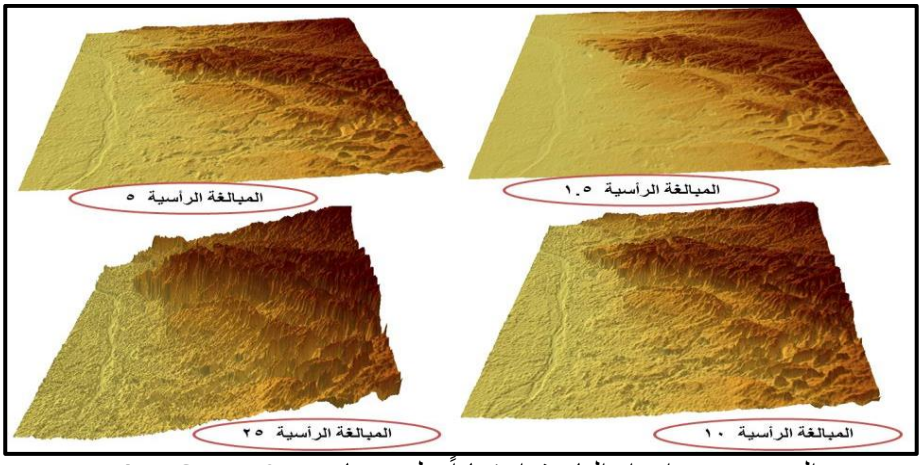
وذلك يتم من خلال برامج نظم المعلومات الجغرافية حيث يمكن فى حالة إذا كانت البيانات الشبكية ذات دقة عالية تفوق الدقة المطلوبة لمقياس قد يكون صغير مقارنة بالتفاصيل الموجودة فى النموذج فنحتاج إلى تقليل دقة البكسل المكونة للنموذج حتى نصل إلى الدقة المناسبة للمقياس أو لطريقة العرض المطلوبة كما يوضح شكل (٣)، ففى هذه الحالة يجب أن لا نبالغ فى عملية التعميم حتى لا يتم طمس معالم الظاهرات أو نكثر من التفاصيل مع عدم وجود تكافؤ بين دقة النموذج مما يعطى انطباعاً بعيداً عن الواقع.



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

شكل ٣: اختلاف الدقة المكانية وتأثيره على ظهور التفاصيل بالنموذج

كما تخضع هذه الخرائط لمقياس رسم معين سواء في امتدادها الرأسي أو الأفقي لسطح الأرض ولأن الامتداد الأفقى يفوق الامتداد الرأسي لأشكال سطح الأرض خاصة عندما يكون المقياس المستخدم صغير إلى متوسط هذا يجعلنا نلجأ إلى المبالغة الرأسية في المقياس الرأسي، وذلك لتوضيح وتمييز الأشكال الأرضية. كذلك الأمر يجب أن نختار المبالغة الرأسية االتى تتناسب مع الامتداد الأفقى للمنطقة حتى لا يكون هناك تكبير فى حجم الظاهرات بما لا يعكس طبيعة المنطقة أو أن تكون مبالغة صغيرة لا تبرز الظاهرات محل الدراسة كما يوضحها شكل (٤).



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

شكل ٤: اختلاف قيمة المبالغة الرأسية وتأثيرها على ظهور المعالم

حيث نجد أن المبالغة الرأسية عندما تزيد إلى حد كبير قد يؤدى إلى تشويه الشكل والمضمون وأن يعكس صورة غير حقيقية أو غير قريبة من الواقع، لذلك يجب أن نضع عدد من الإعتبارات عند اختيار المبالغة الرأسية المناسبة وهى كالتالى:

- عندما يكون المستخدم متردد فى اختيار المبالغة المناسبة، ففى هذه الحالة يفضل اختيار استخدام مبالغة رأسية أقل قليلاً بدلاً من أن تكون كبيرة بالنسبة لمعظم الخرائط، لأن المستخدم أحياناً يجذبه الشكل الجمالى للمبالغة الكبيرة مما يؤثر فى دقة العرض، لذلك يمكن القول أن ملل المتلقى أفضل من أن تكون طريقة العرض غريبة وغير واقعية.
- فى المناطق ذات التضاريس شديدة الانحدار وشديدة الانحدار جداً، قد لا يتطلب الأمر مبالغة رأسية إضافية، لا سيما في نطاقات الخرائط الكبيرة المقياس.
- تحتاج خرائط وبيانات الارتفاع صغيرة الحجم إلى زيادة المبالغة الرأسية مقارنة بالخرائط واسعة النطاق. مثل عرض الارتفاعات على مستوى دولة أو قارة، حيث ستبدو أكثر ضآلة دون المبالغة الرأسية.
- بيانات الارتفاع المعممة تستوعب المبالغة الرأسية بشكل أفضل من بيانات الارتفاع المفصلة، والتي يمكن أن تصبح متشابكة مع الكثير من المبالغة الرأسية.
- يمكن أن نضع في الاعتبار استخدام المبالغة الرأسية في الخرائط التي تهدف إلى تحذير الأشخاص من الممرات شديدة الانحدار والارتفاعات الخطرة.

- لا يفضل الاعتماد كليًا على المبالغة الرأسية لجعل العرض المرئى للخريطة أفضل. ولكن يمكن للمبالغة الرأسية المناسبة جنبًا إلى جنب مع المؤثرات الأخرى مثل الإضاءة والخلفية وزاوية الرؤية أن تعزز التأثير المرئى ثلاثي الأبعاد.

ب- الترميز

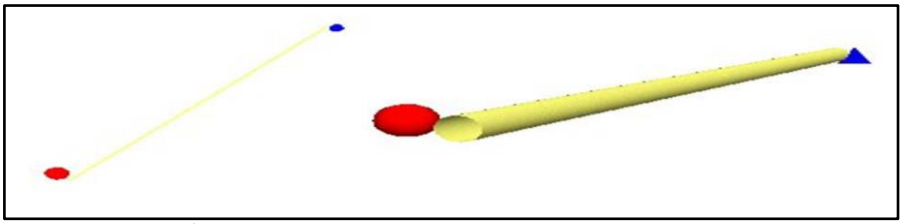
تتضمن عملية الترميز وضع رموز الخريطة في وسيلة إيضاح الخريطة (مفتاح الرموز ، شرح الرموز)، بغض النظر عن أنه نموذج ثلاثي الأبعاد. ثم يتم تعيين عناصر الخريطة وفقًا لمعناها (الدلالي) مخصص للرموز الفردية (Häberling , 2003, p. 53). يمكن أن تكون هذه المهمة تفاعلية بواسطة مؤلف الخريطة أو تلقائيًا وفقًا للسمات الدلالية من قاعدة البيانات الجغرافية.

يعتمد الترميز بقوة على مبادئ تصميم الخرائط ولكنه يمثل أيضًا عملية إبداعية أو فنية يمكن فيها أن تتدفق الحساسية الجمالية لمؤلف الخريطة إليه. ولأن الخرائط الطبوغرافية صغيرة المقياس مقارنة بالأخرى التفصيلية فتظهر عليها الكثير من الظاهرات بشكل موضعى مثل الأشجار الأبراج المدارس ودور العبادة أعمدة شبكات الكهرباء وغيرها ويمكن فى هذه الحالة تمثيلها ببعض الرموز ثلاثية الأبعاد التى تعبر عنها بشكل أكثر واقعية والتى يتم التحكم فى شكلها وموضعها وحجمها من خلال برامج نظم المعلومات الجغرافية وغيرها من البرامج المتخصصة فى فى التصميم الهندسى والخرائطى كما يوضح شكل (٥).

شكل ٥: أمثلة على أشكال الرموز للعناصر الموضعية على الخريطة الطبوغرافية

فالرمز ثلاثي الأبعاد هو رمز ثنائي الأبعاد بخصائص ممتدة. تعمل هذه الخصائص على تحسين الرموز ثنائية الأبعاد بحيث يمكن عرضها في صورة ثلاثية الأبعاد في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية. يمكنك استخدام الرموز ثلاثية الأبعاد لإضفاء المزيد من الواقعية على الظاهرات أو المساعدة في تصوير رموز خرائط ثنائية الأبعاد بأبعاد ثلاثية.

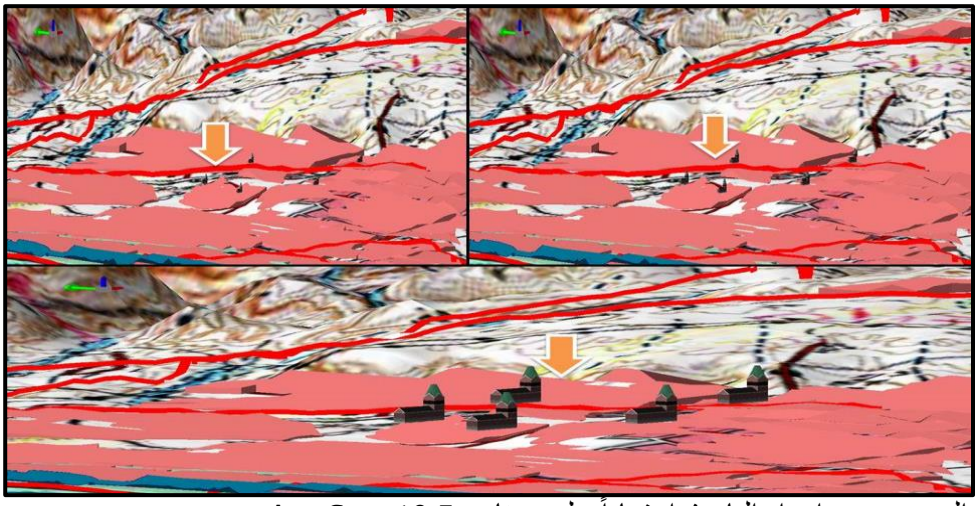
بينما يحتوي الرمز ثنائي الأبعاد على أبعاد في اتجاهي x و y، فإن الرمز ثلاثي الأبعاد له خاصية إضافية لبعد في اتجاه z. وبالتالي فإن رمز النقطة ثنائية الأبعاد يشبه رمز الكرة ثلاثي الأبعاد، والرمز ثنائي الأبعاد على شكل مربع مماثل لرمز ثلاثي الأبعاد على شكل مكعب، ويمكن أن يكون رمز الخط ثنائي الأبعاد مشابهًا لرمز ثلاثي الأبعاد على شكل أنبوب كما يوضح شكل (٦).



شكل ٦: مثال على الرموز النقطية والخطية ثلاثية الأبعاد

ولكى تتم عملية الترميز الخاصة بالظاهرات وتكون بشكل مناسب وجذاب وصحيح يجب التحكم فى عناصر وخصائص الرمز والتى تتمثل فى النقاط الآتية:

- الموضع: من أهم الخصائص للتمثيلات المتعلقة بالمواقع الجغرافية تحديد الموضع عند الأرض لكل رمز، بما في ذلك النطاق الجغرافي للظاهرات الطبيعية التي يتم تمثيلها رقميًا. يمكن تمثيل معلومات تحديد الموقع في شكل إحداثيات رقمية، إما بتنسيق الإحداثيات الجغرافية (خطوط الطول / العرض) أو نظام مرجعي خاص بالبلد.
- الشكل: يحدد الجانب الرسومي للشكل تأثير التجريد والتعميم ودرجة التجانس داخل المشهد ثلاثي الأبعاد بأكمله.
- الحجم: يؤدي التباين فى حجم العنصر إلى تغيير طابع ودلالة العنصر نفسه، فلابد أن يحدد حجم الرمز وفقاً لمقياس الخريطة والغرض منها والأهمية النسبية للعناصر المكونة لها، وذلك من خلال ضبط المبالغة الرأسية، فعلى سبيل المثال فى حالة المناطق المتضرسة يمكن جعل المشهد يبدو مسطحًا أو بشكل كبير جبلي غير معبر عن الواقع، لذلك لابد أن يكون هناك تناسب بين الواقع والتمثيل الكارتوجرافى للعنصر كما يوضح شكل (٧).



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

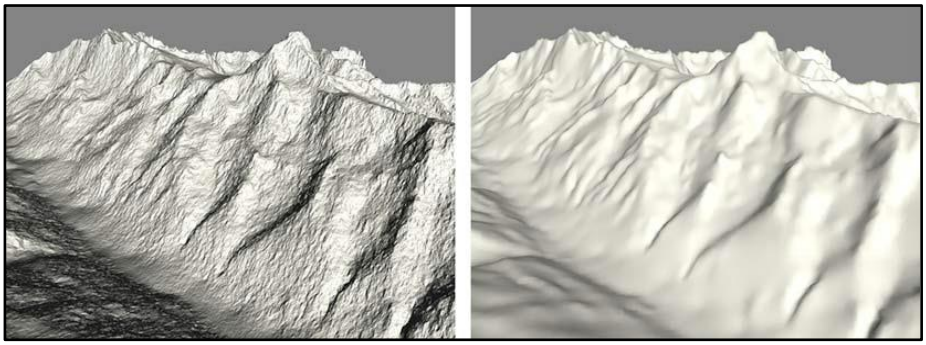
شكل ٧: اختلاف حجم الرموز الموضعية ثلاثية الأبعاد

- الألوان والسطوع:

يمكن لرسامي الخرائط اختيار اللون والسطوع من بين العديد من الخيارات المتاحة من خلال برمجيات نظم المعلومات الجغرافية المختلفة. حيث أنه اليوم وبفضل البرامج المتطورة لم تعد جماليات الخرائط تعتمد على المهارات اليدوية لمؤلف الخريطة فقط بل أصبح يتوفر بها جميع الخيارت التى توفر على الكارتوجرافى الكثير من المهارات الرئيسية ولكن ذلك لا ينفى ضرورة تواجد حس التصميم الجيد لدى مصمم الخريطة.

- الإكساء والأنماط:

بفضل التكنولوجيا الرقمية يمتلك مصممى الخرائط اليوم مجموعة متنوعة من الإكساء والأنماط للاختيار من بينها في تصميم سطح الكائنات. حيث يمكن أن يكون تصميم النموذج يظهر خشونة السطح أو نعومته وهذا الأمر يتعلق بالبنية الدقيقة للسطح كما يوضح شكل (٨).



شكل ٨: مثال يوضح كيفية التحكم فى مدى خشونة ونعومة نموذج التضرس الرقمى

- الجوانب الرسومية الخاصة:

يمكن تصميم المظهر الرسومي للعديد من الكائنات برسومات خاصة النواحي. يتم إنشاء هذه التأثيرات بسهولة باستخدام معظم البرامج الحديثة، يمكن إعطاء كائنات الخريطة شفافية الأسطح، والتي تسمح برؤية الكائنات الموجودة على سطح الخريطة من خلال العناصر العلوية. كذلك تنوع كبير فى اختيار خصائص الرموز الخطية من حيث التنعيم والتعميم والسمك والنمط واللون مما يعطى تنوع كبير فى طرق ترميز الخريطة.

- أنواع الرموز ثلاثية الأبعاد:

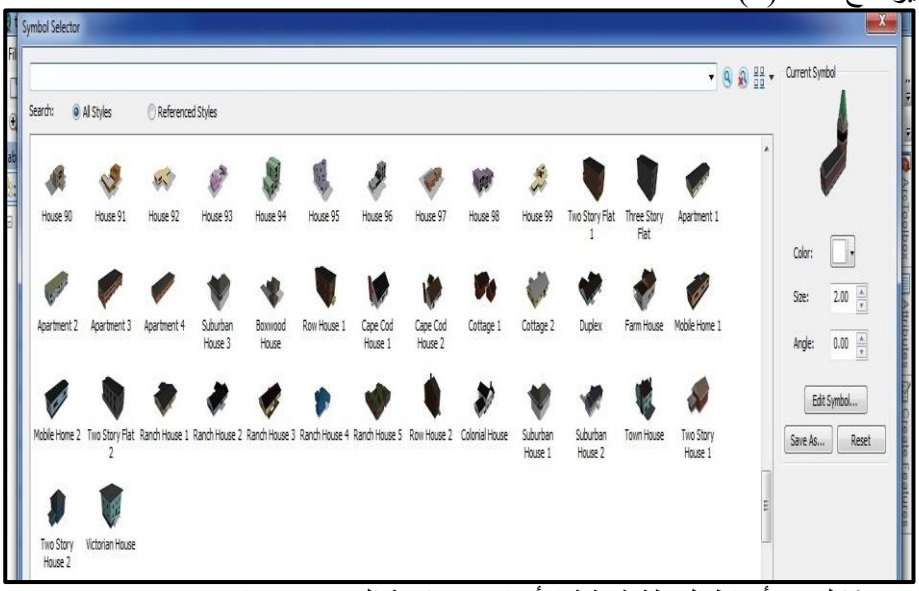
هناك العديد من الخصائص التى تتميز بها الرموز ثلاثية الأبعاد من الألوان والرموز المحددة مسبقًاً التي تسمح باتباع المعايير وتساعد على تعزيز التناسق في الخرائط ثلاثية الأبعاد. تساعد هذه الخصائص في تحديد ليس فقط كيفية رسم البيانات ولكن أيضًا مظهر وموضع الرموز المضافة إلى الخريطة وقد تم اختيار الرموز والأنماط المناسبة لتمثيل الخريطة الطبوغرافية بحيث تكون أقرب ما يكون للواقع وفقاً لقاعدة البيانات الجغرافية التى تم إنشاؤها.

وتحتوى الأنماط الخاص بالرموز فى برامج نظم المعلومات الجغرافية على مجموعات من الرموز الخاصة ذات الخصائص المحددة مسبقًاً. يتم تصنيف هذه الرموز حسب الموضوع، ثم يتم حفظها بخصائص مثل الحجم واللون، مما يجعل استخدامها مناسبًا. تعمل الأنماط ثلاثية الأبعاد بنفس طريقة الأنماط ثنائية الأبعاد ولكنها تحتوي على رموز ثلاثية الأبعاد شائعة الاستخدام في المحلل ثلاثي الأبعاد. كا يمكن بالإضافة إلى ذلك، تخزين بعض المعلومات الواقعية حول حجمهم. وتحتوي هذه الأنماط على أشكال هندسية بسيطة ونماذج جغرافية. بالإضافة إلى ذلك يمكن للمستخدم إنشاء الرموز الخاصة به، ثم إنشاء الأنماط الخاصة به التي تحتوي على هذه الرموز.

– أنماط النقطة ثلاثية الأبعاد:

تحتوي بعض هذه الأنماط على رموز علامة شخصية ثلاثية الأبعاد شائعة بأحجام وألوان مناسبة. تحتوي الأنماط ثلاثية الأبعاد الأخرى على أشكال هندسية بسيطة، مثل الكرات والمكعبات والأشكال الرباعية السطوح. ومع ذلك تحتوي الأنماط ثلاثية الأبعاد الأخرى على نماذج، مثل المباني وأثاث الشوارع والأشجار والمركبات بمعلومات الحجم الواقعية.

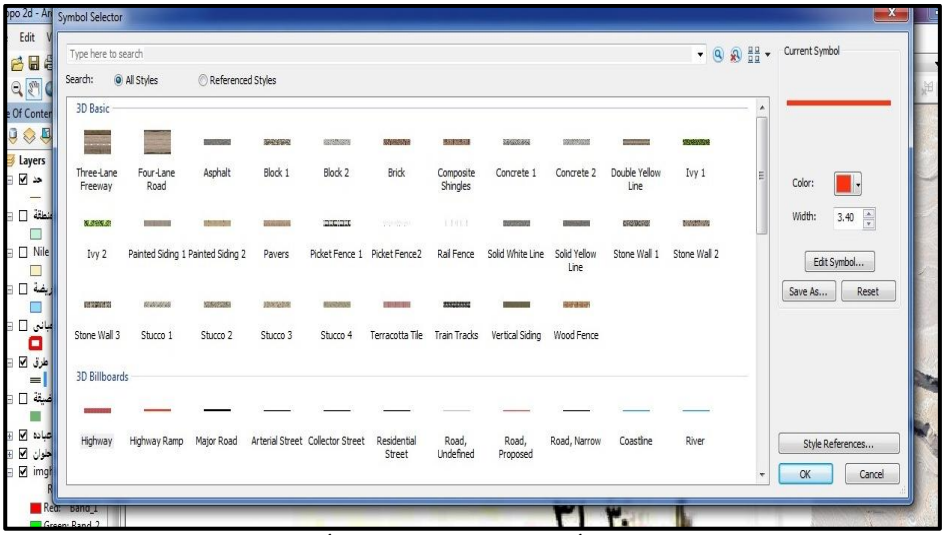
تستخدم أنماط النقاط الثلاثية الأبعاد لعرض أشكال هندسية بسيطة، مثل الكرات أوالمكعبات ،أو استخدمها لإنشاء نماذج بناء تستند إلى فئات معالم النقطة. يمكنك أيضًا ترميز النقاط كنماذج، مثل المنازل أو المركبات أو أثاث الشوارع كما يوضح شكل (٩).



شكل ٩: أنماط النقطة ثلاثية الأبعاد من مكتبة الرموز ببرنامج Arc Scene

– أنماط الخطوط ثلاثية الأبعاد :

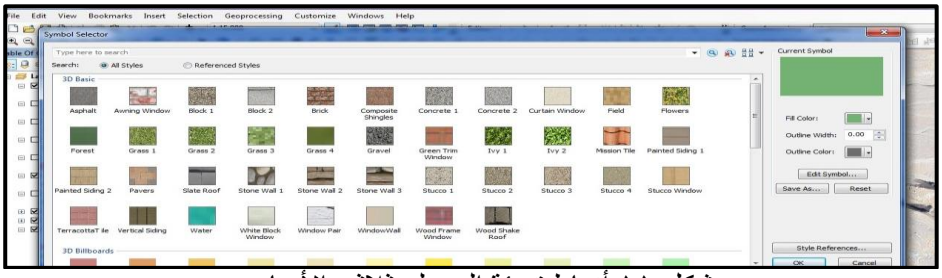
وبالمثل تتوفر الأنماط لترميز الخط حيث يمكن الاختيار من بين الأنماط التي تحتوي على أشكال هندسية بسيطة، مثل الأنابيب أوالشرائط، أو الأنماط التي تتضمن نسيج الأسوار والجدران والطرق والممرات، قد تعرض أيضًا شبكة صرف صحي أو أنابيب يرمز لها على أنها أنابيب كما يوضح شكل (١٠).



شكل ١٠:أنماط الخطوط ثلاثية الأبعاد

– أنماط تعبئة المضلع ثلاثي الأبعاد:

يمكن استخدام أنماط ثلاثية الأبعاد للمضلعات التي تسمح لك بتصوير تعبئتها بمجموعة متنوعة من الأنسجة، بما في ذلك على سبيل المثال، تلك التي هي نباتية أو من صنع الإنسان. يمكنك استخدام هذه التركيبات ثلاثية الأبعاد لنمذجة العشب في حديقة أو رصيف موقف للسيارات كما يوضح شكل (١١). يمكنك أيضًا استخدام نسيج نمط لترمز إلى سطح، وتصوير الأرض على أنها مجموعة من الأغطية الأرضية. باختصار تعد الأنماط ثلاثية الأبعاد طريقة سريعة لترميز العناصر ثلاثية الأبعاد الشائعة. واستخدمها كاختصارات لإنشاء نماذج واقعية أو عوالم ثلاثية الأبعاد مجردة.



شكل ١١:أنماط تعبئة المضلع ثلاثي الأبعاد

ج- المظهر المرئى:

بالتوازي مع الاعتبارات الهامة لأجهزة الكمبيوتر وتطبيقات البرامج، هناك جوانب متنوعة فيما يتعلق بالتمثيل النهائي لنموذج الخريطة ثلاثي الأبعاد على الوسائط المرغوبة يجب تحديده، حيث يحدد المظهر المرئى إلى حد كبير الصورة النهائية وجودة العرض للخريطة بأكملها.

- عرض النموذج بشكل عام:

يجب أن يختار مصمم الخرائط أولاً إجراءً لتمثيل نموذج خريطة ثلاثي الأبعاد سواء فى شكل عرض منظور ثابت أو من خلال عرض متحرك تفاعلى وذلك وفقاً للغرض والأهداف فاستخدام هذه النماذج للعروض التقديمية يحتاج إلى التفاعل والحركة بينما يمكن العرض الثلاثى الأبعاد بطريقة المنظور لأحد المناطق وفقاً لدرجة أهميتها، فيعد اختيار طريقة العرض ضروريًا لعملية إنشاء الخرائط ثلاثية الأبعاد.

- بناء النموذج :

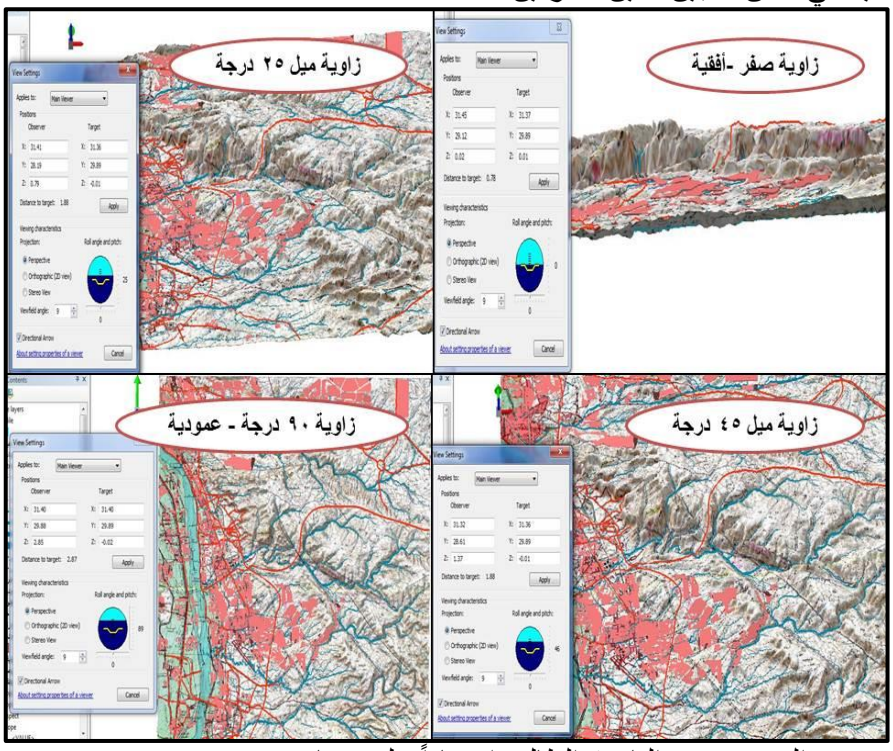
جنبًا إلى جنب مع اختيار طرق العرض، يجب على مصمم الخرائط تحديد مستوى التفاصيل في نموذج ثلاثي الأبعاد، والتي ترتبط عكسياً بسرعة معالجة الكمبيوتر. والتى تعد آلية معقدة بشكل كبير وتؤثر على كفاءة إجراءات العرض على الشاشة أو إنشاء الصورة النهائية.

- إعدادات التصوير:

من الضروري تحديد اتجاه العرض كمكون أفقي، وزاوية العرض (زاوية الميل) كمكون رأسي، وبالطبع مجال الرؤية. كما نحتاج أيضًا إلى معرفة موضع النقطة المستهدفة - في وضع المنظور المركزي – وزاوية الدوران لتحريك الكاميرا، يجب مراعاة المتغيرات الديناميكية الخاصة على سبيل المثال سرعة الأرض لتحديد موضع أو عناصر التسارع والتباطؤ للحركة. هذه الإعدادات مهمة فى عمليات تصور الخرائط ثلاثية الأبعاد.

إن مشاهدة مكان ما بزاوية مائلة من الأعلى هو أكثر ما يلفت النظر في الخرائط الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد. وتتحكم أداة (Pitch) داخل برنامج (Arc scene)في إمالة الكاميرا الافتراضية المستخدمة لعرض التضاريس، حيث أنه عندما يتم إعدادها وتكون الكاميرا أفقية ومن ارتفاع منخفض، سيبدو المشهد المعروض مشابهًا لما يراه الشخص أثناء وقوفه على الأرض وذلك يؤدى إلى ظهور أهمية درجة تضرس المنطقة والأهمية النسبية لظاهراتها حيث أنه فى هذا الوضع ومع وجود تضرس وانحدارات شديدة يكون هناك حجب لرؤية للظاهرات التى تقع خلف المناطق المضرسة والتى تتخللها ويرجع مدى تأثير ذلك على درجة أهمية هذه الظاهرات فإذا كانت ظاهرات فرعية وغير هامة فيكون هذه الوضع إيجابى أما إذا

كانت هامة فيكون بالتالى سلبى. بينما لو كانت الزاوية عند درجة ٩٠ درجة تكون الكاميرا عمودية كما يوضح شكل (١٢). ومع هذا الإعداد ومن ارتفاع عال سيبدو المشهد المعروض يتعذر تمييزه عن الخريطة التقليدية ثنائية الأبعاد. لذلك لإنشاء خريطة طبوغرافية ثلاثية الأبعاد، تكمن الفكرة الرئيسية في العثور على إعداد مثالي للميل في مكان ما بين هذين الطرفين.



المصدر: من الباحث الطالب اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

شكل ١٢: زوايا ميل مختلفة لمنطقة الدراسة من إعدادت الكاميرا الافتراضية ببرنامج Arc Scene

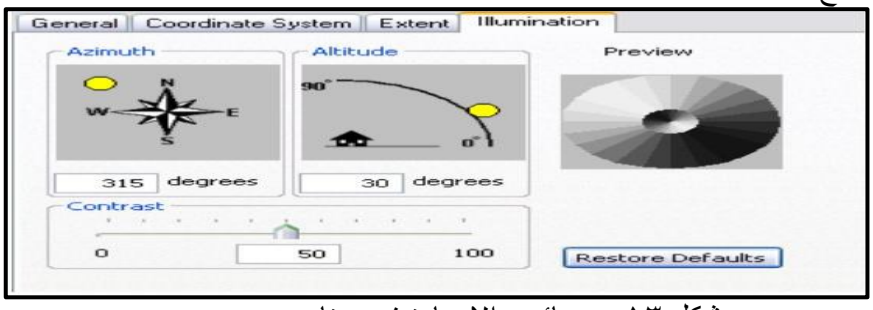
تكون الأولية فى إعدادات العرض إظهار العلاقات المكانية بوضوح على سطح التضاريس. في الوقت نفسه محاولة تقديم مشهد يقدم التضاريس بشكل جذاب. لذلك يمكن أن تكون زيادة المبالغة الرأسية للتضاريس فى بعض الأحيان لها دور فى اخيار زاوية الميل المناسبة لعرض المشهد. لذلك غالبًا ما تتحكم طبيعة التضاريس خطوة إعدادات الكاميرا.

- إعدادات الإضاءة والظلال:

هناك أهمية كبيرة للإضاءة خاصة لتمثيل المشهد ثلاثى الأبعاد. حيث يجب اختيار نوع الإضاءة بعناية شديدة بسبب التأثير الكلي على جميع الكائنات المدمجة فى طريقة عرضها، والتي تتكون من متغيرات الموضع والزاوية والاتجاه وهي اعتبارات هامة جداً فى التصور المرئى ثلاثى الأبعاد.

كما تمنح جوانب التظليل الحياة للخريطة ثلاثية الأبعاد. حيث يتأثر إدراك الظاهرات الطبيعية بشدة التفاعل بين الإضاءة والتظليل. بدون التأثيرات المشتركة للضوء والظل، لن يُنظر إلى المشهد ثلاثي الأبعاد على أنه منظر افتراضي. عند إجراء مناظر تفصيلية يمكن أن يكون للظلال الطفيفة التي تلقيها الكائنات والتضاريس فائدة كبيرة التأثير. يعتمد المظهر الفعال للتظليل في الصورة المعروضة على الاختلاف الخوارزميات الرياضية من حيث درجات مختلفة من الشدة والحدة يمكن استخدامها لإنشاء تمثيلات أكثر إفادة.

في برنامج Arc Scene ، تتوفر الإضاءة الموضعية حيث يمكن ضبط الاتجاه والارتفاع لمصدر الضوء كما يوضح شكل (١٣)، وكذلك مقدار التباين المستخدم في تقديم إضاءة المشهد. وتنطبق خصائص الإضاءة الخاصة بالمشهد التظليل على جميع العناصر المساحية، بما في ذلك الوجوه ثلاثية الأبعاد وبيانات السطح.



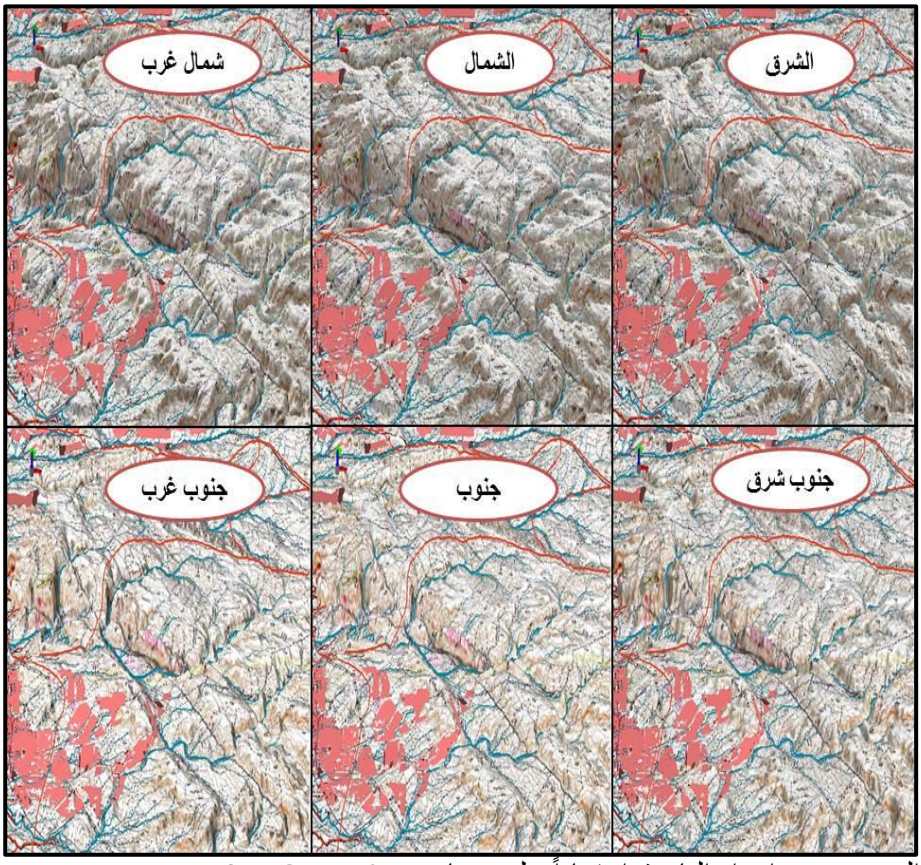
شكل ١٣: خصائص الإضاءة فى برنامج arc scene

حيث يمكن تغيير موضع الشمس الافتراضى في عناصر تحكم الاتجاه والارتفاع وسحبه إلى المكان الذي نريده بدلاً من كتابة القيم في مربعات النص. ستتغير معاينة الإضاءة والقيم الموجودة في مربعات النص لتعكس الموضع الجديد.

– الإتجاه:

بالنسبة للخرائط ذات الاتجاه الشمالي، يكون أفضل اتجاه للضوء إما من الجنوب الشرقي (١٣٥ درجة) أو الجنوب الغربي (٢٢٥ درجة)، والذي يمكنك تغييره بمقدار ٣٠ درجة إما بالزيادة أو النقصان. كما يفضل تجنب الضوء القادم من الشمال (٣١٥ درجة و صفر درجة و ٤٥ درجة) لأنه سيضع ظلال كثيفة على

المنحدرات التي تواجه القارئ. وذلك سيؤدى أن يكون المشهد العام مضاءً من الخلف وأكثر قتامة فى الواجهه. يجب أيضًا تجنب الضوء القادم من الجنوب (١٨٠ درجة) كما يوضح شكل (١٤)، والذي يمكن أن يؤدى إلى طمس المشهد بسبب الإضاءة المواجهة للظاهرات.



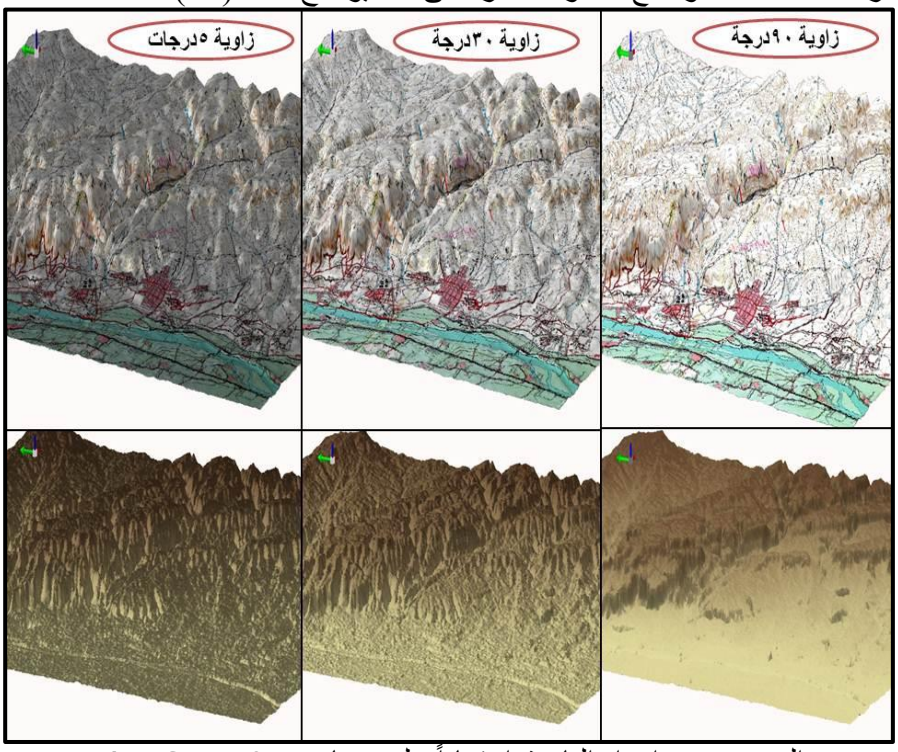
المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

شكل ١٤: اتجاهات الضوء الافتراضى بالتطبيق على منطقة الدراسة

- زاوية الارتفاع:

تحاكى هذه الخاصية ارتفاع الشمس خلال يوم صيفي. حيث أنه عند الفجر أو الغروب (صفر درجة) تكون الشمس في الأفق ويكون سطح الأرض شبه معتم. عند الظهيره (٩٠ درجة) تكون الشمس في سماء المنطقة تقريبًا ويغمر الضوء الساطع على الأرض. بالنسبة للمصورين يكون أفضل وقت لالتقاط الصور مبكرًا جدًا أو

متأخرًا في اليوم عندما يكون الضوء والظلال أعمق. بالنسبة لرسامي الخرائط فإن أفضل وقت لتقديم المشاهد ثلاثية الأبعاد هو عندما تكون الشمس منخفضة، ولكن أعلى قليلاً وأكثر سطوعًا لتعزيز الوضوح. تستخدم معظم المشاهد الخاصة بالضوء على ارتفاعات تتراوح من ٢٠ درجة إلى ٥٠ درجة فوق الأفق وتمثل هذه الارتفاعات أمثل المواضع للضوء الافتراضى كما يوضح شكل (١٥).



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

شكل ١٥:اختلاف تأثير الإضاءة وفقاً لموضع الشمس الافتراضى لمنطقة الدراسة

- الإظهار ثلاثى الأبعاد

إن رؤية الظاهرات بالأبعاد الثلاثة يعطى مناظر جديدة. فالرؤية ثلاثية الأبعاد ستعطي نظرات لن يكون من السهل إدراكها من خريطة مستوية لنفس المعطيات. فمثلا يمكننا بدلاً عن الإحساس بوجود واد من خلال تشكل خطوط الكنتور أن نرى الوادي فعلاً وأن نستشعر الفرق في الارتفاع بين أسفل الوادي و أعلاه.

لذلك تسمح برمجيات نظم المعلومات الجغرافية ثلاثية الأبعاد بالعديد من المهام التى تساعد فى تطبيق النمذجة ثلاثية الأبعاد والتى توفر العديد من المميزات يمكن توضيحها كما يلى:

- بناء مشاهد متعددة الطبقات.
- التحكم بكيفية ترميز كل طبقة في مشهد ما.
- التحكم بكيفية توقيع كل طبقة في الفراغ ثلاثي الأبعاد.
- التحكم بكيفية رد كل طبقة في مشهد ما.
- التحكم بالمواصفات الإجمالية للمشهد مثل الإضاءة.
- اختيار سمات في مشهد ما باستخدام مواصفاتها أو موقعها بالنسبة إلى سمات أخرى أو بالنقر على السمات المفردة في المشهد.
- الإبحار حول مشهد ما.
- تحديد إحداثيات الراصد.

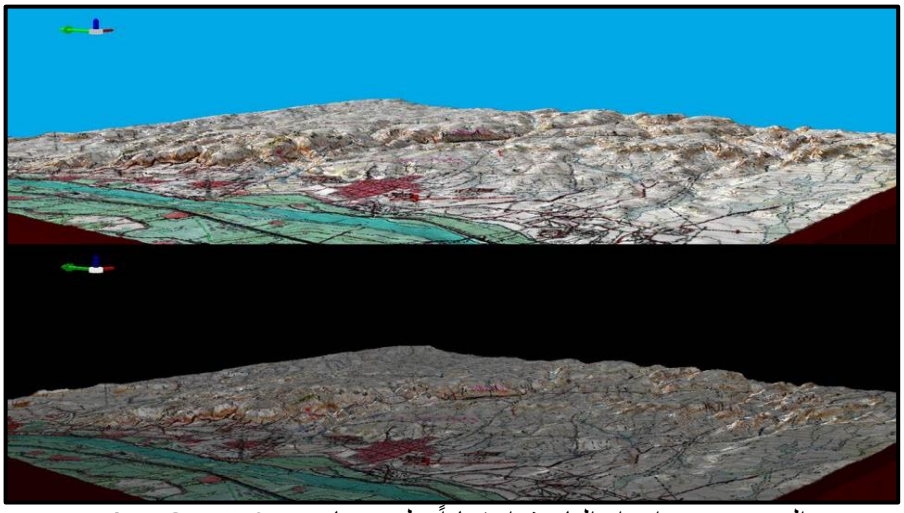
- تغيير اتساع المشهد:

يمكن لإنقاص اتساع المشهد أن يكون مفيداً لإزالة المعلومات غير الجوهرية وزيادة فعالية المعلومات الجوهرية، وبشكل افتراضى يكون توسع المشهد مركباً من كل الطبقات فى المشهد، ويمكن تغيير التوسع للمشهد ليكون مماثلاً لتوسع واحدة من الطبقات أو يمكن تهيئته باستخدام قيمة معينة صغرى وكبرى للإحداثيات (X،Y).

- التأثيرات الجوية والبيئية:

تسمح المجموعة الأخيرة من الجوانب الرسومية والتأثيرات الجوية والبيئية بمحاكاة التأثيرات الجوية والبيئية في التصورات ثلاثية الأبعاد كما يوضح شكل (١٦). هذه التأثيرات تعطى لتصور الخرائط ثلاثية الأبعاد بعداً أقرب للطبيعة، بدلاً من تمثيلها كخريطة مجردة.

لون الخلفية فى العرض المرئى يكون فى الغالب اللون الأبيض بشكل افتراضى، ويمكن تغيير لون الخلفية إلى اللون الذى يرغب المستخدم فى استخدامه وفقاً لنوع وغرض العرض، فمثلاً يمكن استخدام درجات متعددة من الأزرق لإظهار الخلفية كأنها سماء زرقاء فيم يتم استخدام اللون الأسود لمحاكاة الليل. كما أن هناك أيضًا عيوب لتضمين الأفق والسماء حيث أنهم يشغلون مساحة كبيرة، حيث يمكن أن تحتل السماء ثلث الخريطة تقريبًا، كما أنه في بعض الخرائط تكون السماء أكثر تشويقًا من التضاريس الموجودة أدناه، مما يشتت انتباه القارئ بمعلومات زائدة عن الحاجة.



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5
شكل ١٦: اختلاف خلفية الخريطة لمحاكاة الليل والنهار

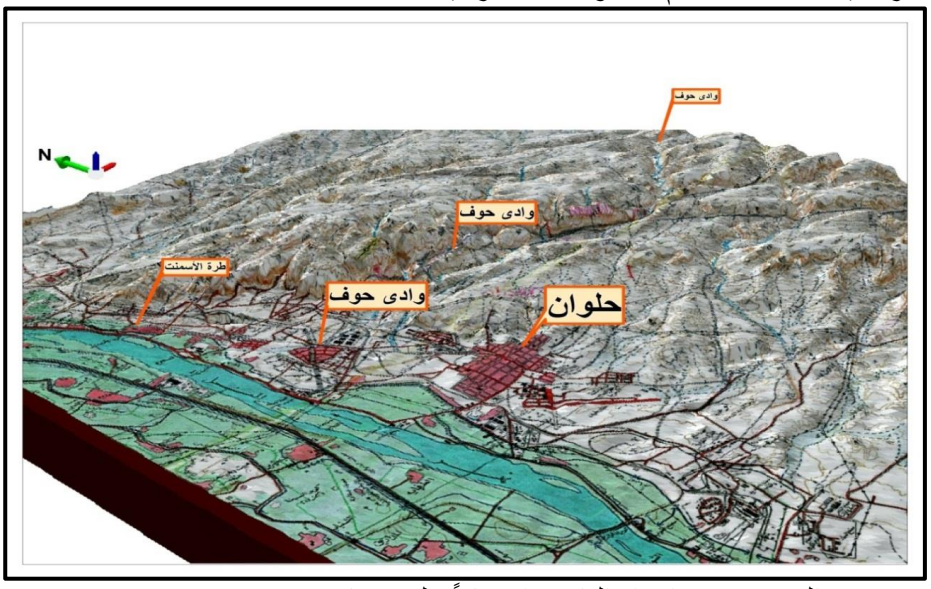
- الكتابة على الخريطة:

تعد الكتابة ملحق توضيحي لتحديد نوع العناصر داخل الخريطة الخرائط الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد. حيث أنه لا يمكن أن تساعد الرموز الرسومية وحدها في توضيح المعنى. وتساعد فى إبراز السمات الدلالية لعناصر الخريطة (الأسماء، الأرقام المطلقة، القيم الإحصائية، المعلومات) (Hake, Grünreich, & Meng, 2002). ومن أهم النقاط الواجب توافرها فى الخط هى سرعة وسهولة قراءة الحروف ووضع الكلمات وأن يكون أبعد ما يكون عن الزخرفة، أما حجم الخط فهو يتحدد إما بأبعاد الحروف أو بمدى سمك الخط وهذا له أهمية كبيرة حيث أن تزايد الحجم دائماً ما يبعث الإحساس بالأهمية النسبية للظاهرة والعكس.

كما يعد لون الخط ومدى التباين بينه وبين خلفية الخريطة من أهم خصائص الخط ويتمثل دوره فى مدى لفت الإنتباه تجاه الظاهرة (Häberling , 2003). وتعد الكتابة على الخرائط تدخل ضمن التصميم الكلى للخريطة وأنها لست فقط لعرض مسميات الخريطة وأرقامها إنما تشارك فى إظهار مدى درجة الأهمية النسبية للظاهرات .

وهناك بعض الاختلافات بين مواصفات الكتابة على الخريطة ثنائية الأبعاد والخريطة ثلاثية الأبعاد حيث أنه فى الخرائط ثنائية الأبعاد عند اختيار حجم خط لأحد الظاهرات يظل هذا الخط ثابت فى جميع أنحاء الخريطة بينما حجم الخط فى الخرائط ثلاثية الأبعاد غير ثابت وفقاً لاتجاه العرض للخريطة فكلما كانت الظاهرات فى اتجاه

الرؤية كلما كانت بحجم أكبر وتصغر مع البعد عن اتجاه النظر كما يوضح شكل (١٧)، لذلك لابد أن يكون حجم الخط متغير وفقاً لاتجاه الرؤية وذلك ما تحققه البرمجيات الخاصة بنظم المعلومات الجغرافية.



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

شكل ١٧:اختلاف حجم ونمط الكتابة فى الخريطة ثلاثية الأبعاد

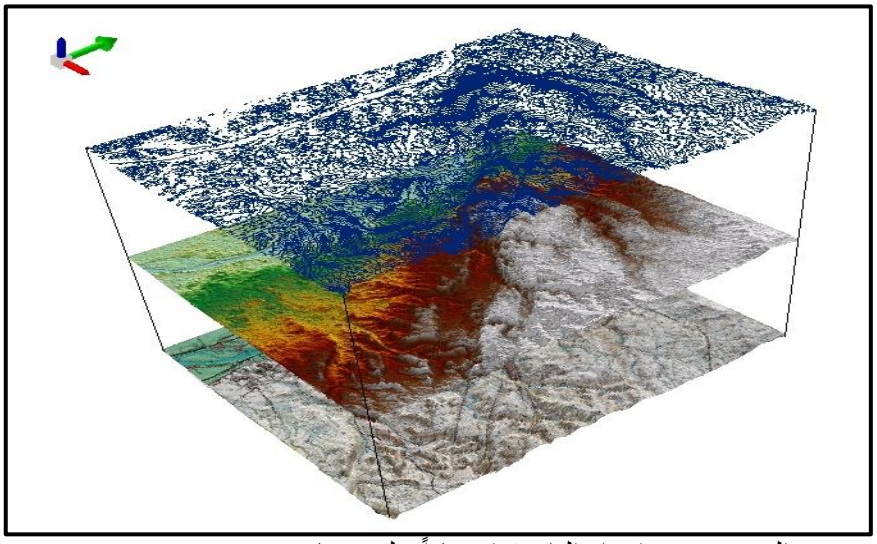
ثانياً: مخرجات النمذجة الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد :

يمكن من خلال الخرائط الطبوغرافية الرقمية استنتاج العديد من الخرائط الأخرى واستخدامها فى عمل تحليلات طبوغرافية وهيدرولوجية حيث يمكن استخدام هذه التحليلات فى العديد من التطبيقات الجغرافية والبيئية والهندسية وتطبيقات التخطيط العمرانى، حيث تسمح هذه التحليلات بتعريف الأنماط المختلفة من البيانات. وذلك عن طريق تحليل الطبقات التي تحتوي على أنواع البيانات ومقارنتها ببعضها البعض على الأشياء التي تم تحديد موقعها وتعتبر مبدأ إنشائي للتحليل المكاني. غالبًا ما يكون هناك طبقات بيانات للعالم الحقيقي كما يوضح شكل، والتى تساعد على التفسير الواقعى والأكثر دقة وأفضل من الجانب المرئى حيث تكون أكثر سهولة ومرونة فى التعامل.

١. نموذج الكنتور وخريطة الارتفاعات:

حيث يتم تمثيل البعد الثالث وهو الارتفاع باستخدام خطوط الكنتور contour (lines)، وهي خطوط تصل بين النقاط الأرضية التي تمتلك ارتفاعات متماثلة عن

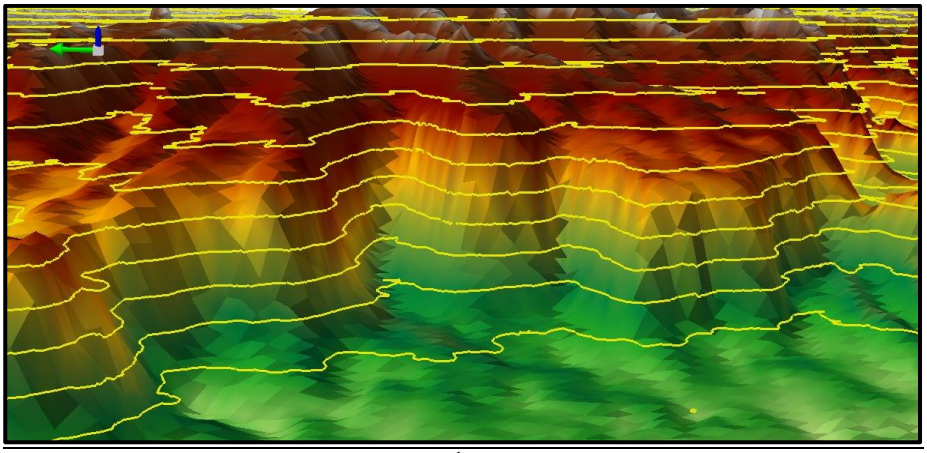
مستوى سطح البحر، وتفصل بين هذه الخطوط ما يسمى بالفترة الكنتورية (contour interval) وهي فرق المسافة الرأسية بين الخط والآخر ويعطى كل خط كنتور رقمًا يدل على مقدار ارتفاعه (جاد، ١٩٨٤) كما يوضح شكل (١٨)، ومن الجدير بالذكر أن الأنظمة الحديثة والذكية كأنظمة الإستشعار عن بعد remote sensing ونظم المعلومات الجغرافية GIS جعلت من صنع هذه الخرائط مهمة أكثر سهولة من ذي قبل.



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

شكل ١٨ :استنباط خطوط الكنتور من الخريطة الطبوغرافية ونموذج الارتفاع الرقمى

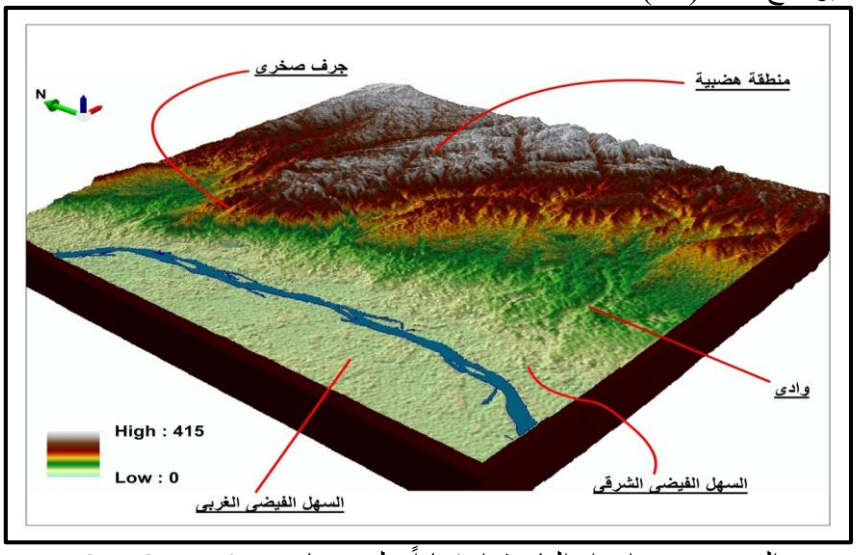
ويمكن من خلال الخريطة الطبوغرافية ونموذج الارتفاع الرقمى استنباط خطوط الكنتور واختيار الفاصل الكنتورى المناسب وفقاً للغرض منه وكذلك وفقاً للدقة الخاصة بالخريطة والنموذج، كما يمكننا عرض خطوط الكنتور بصورة ثلاثية الأبعاد مما يمكن بشكل كبير المستخدم من تفسير الظاهرات بشكل أيسر وأسرع وعرض الطبقات المستخدمة فى نفس الوقت مما يعطى فرصة أكبر للمقارنة وتوضيح العلاقات المكانية بين العناصر المختلفة كما يوضح شكل (١٩).



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

شكل ١٩: عرض خطوط الكنتور بشكل ثلاثى الأبعاد

كما يمكن توضيح الظاهرات التضاريسية المختلفة على النموذج وعرضه بشكل تفاعلى مما يساعد على فهم أكثر لهذه الظاهرات لأنها تعرض بشكل أقرب إلى الواقع مما يزيد من الإدراك المكانى لها وفى نفس الوقت تعرض بشكل أكثر تشويقاً ومتعة كما يوضح شكل (٢٠).



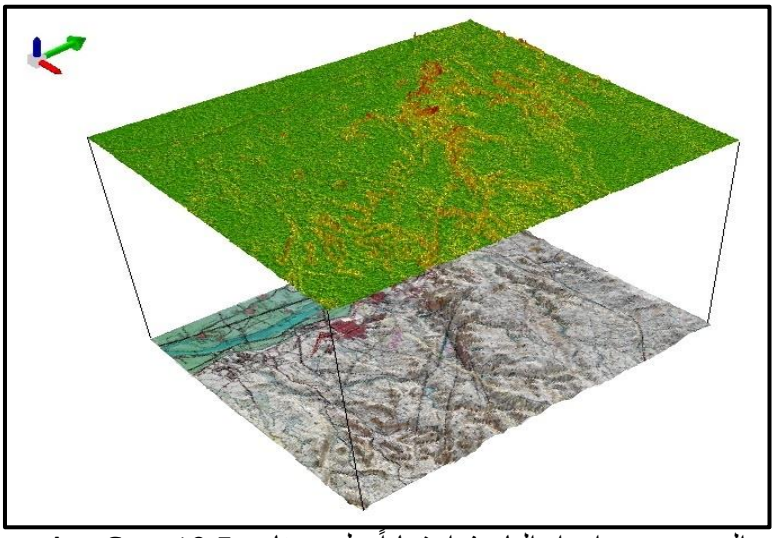
المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

شكل ١٨ :عرض بعض الظاهرات التضاريسية على النموذج الرقمى ثلاثى الأبعاد

٢. نموذج الإنحدار :

يعنى الإنحدار إنحراف أو ميل الأرض عن المستوى الأفقى، ويكون الإنحدار كبيراً كلما زاد الإنحراف عن ذلك المستوى (الدليمى، ٢٠٠١، صفحة ٨٩). وتعد الإنحدارات ذات أهمية كبيرة فى الدراسات الجغرافية عامة لأنها تسهم فى تحليل ظاهرات سطح الارض ودراسة حركة الكتل والمفتتات والسفوح لما لذلك من تأثير على النشاط البشرى بأشكاله المختلفة كالعمران والطرق والزراعة كما يؤثر ميل السفوح على كمية المياه المتسربة إلى الخزانات عقب سقوط الأمطار أو من المياه الجارية الدائمة (العثمان، ٢٠١١، صفحة ٦١).

ويعتبر الإنحدار من المتغيرات المورفومترية التى تحتاج جهداً ووقتاً فى قياسها بالطرق التقليدية والقياسات الميدانية، وبعد التطور الحالى فى البرامج الحاسوبية واستخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية والإستشعار عن بعد أصبحت عملية استخراج إنحدارات واتجاهات السطوح وترميزها وتحديد قيمة مدى كل فئة بما يتناسب مع متطلبات وأهداف الخريطة أكثر سهولة ومرونة ، وقد تم استخدام إمكانيات برنامج (Arc GIS 10.5) فى ترقيم خطوط الكنتور من الخريطة الطبوغرافية وتحويلها إلى الصورة الرقمية ثم تحويلها إلى نموذج ارتفاع رقمى (Raster) ، كما تم الإستعانة بنموذج الإرتفاع الرقمى (ASTER) بدقة ٣٠م لمطابقة النتائج كما يوضح شكل (٢١).



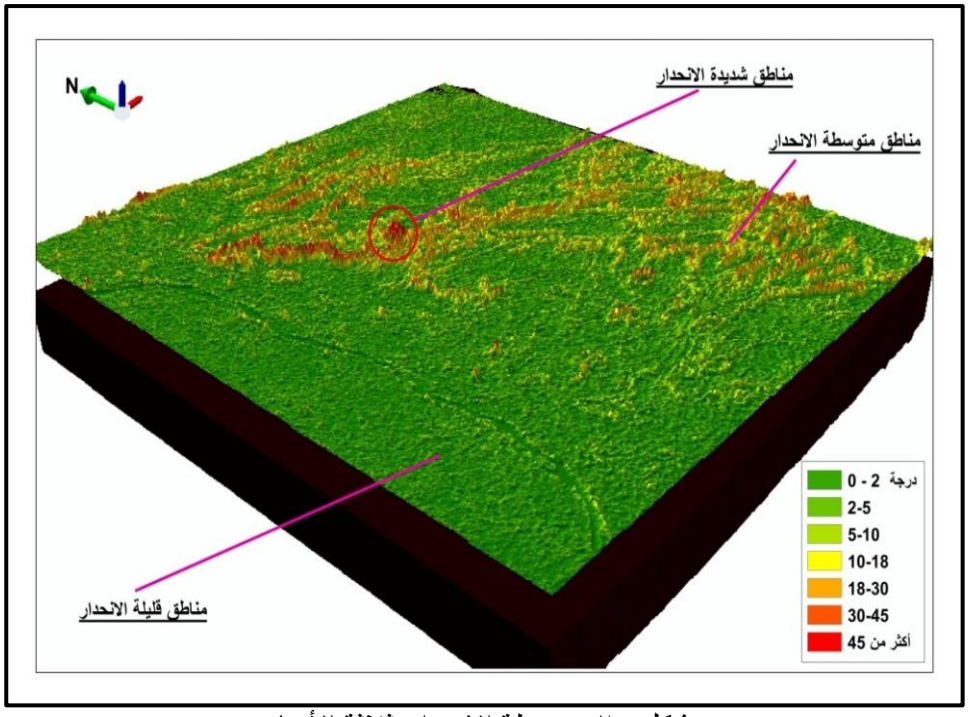
المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

شكل ١٩: استنباط الانحدار من الخريطة الطبوغرافية ونموذج الارتفاع الرقمى

وتم حساب الميل فى كل نقطة من نقاط النماذج لتطبيق طرق التحليل الخلوى على معطيات نماذج الإرتفاعات الرقمية وبالألوان المختلفة، حيث تتخذ كل شريحة قيم الميول العظمى التى تعبر عن مقدار التغير الحاصل بالإرتفاع بين كل خلية والخلية المجاورة لها، وكلما كان الميل كبيراً كلما زاد الإرتفاع فى المنطقة وكلما قل الميل كلما اقتربت المنطقة من الشكل المستوى (Flat) .

كما يمكن توضيح تدرج المناطق من حيث درجة الانحدار من المناطق الأكثر انحداراً إلى المناطق الأقل انحداراً وشبه المستوية وتفسير ذلك من خلال مقارنة العلاقة بين الانحدار ودرجة التضرس فى المنطقة وطبيعة ونوع الصخور والتركيب الجيولوجى للمنطقة على النموذج وعرضه بشكل تفاعلى مما يساعد على فهم أكثر لطبيعة الانحدارات بالمنطقة والتى تلعب دور كبير فى الكثير من التطبيقات والدراسات المختلفة مثل دراسات التخطيط العمرانى ومد الطرق وإنشاء السدود لأنها تعرض بشكل أقرب إلى الواقع مما يزيد من الإدراك المكانى لها وفى نفس الوقت تعرض بشكل أكثر تشويقاً ومتعة كما يوضح شكل (٢٢).

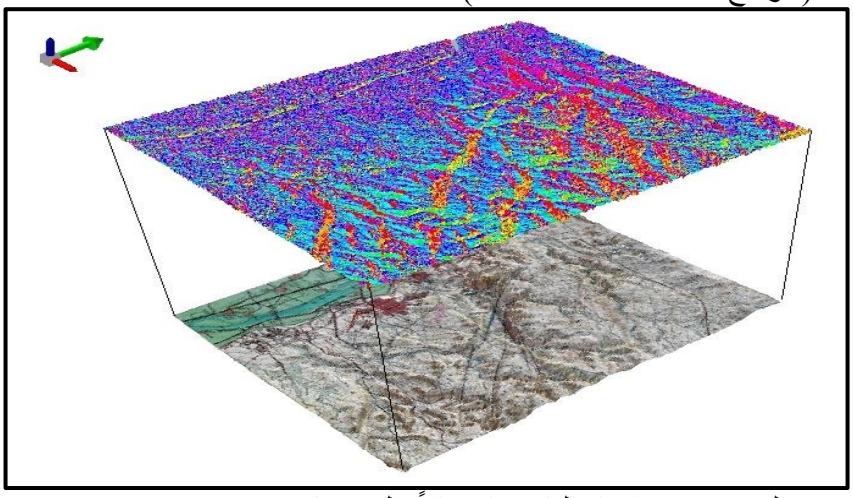
المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5



شكل ٢٠: خريطة الانحدار ثلاثة الأبعاد

٣. نموذج اتجاه الإنحدار :

يتم تحديد اتجاه الإنحدار بالنسبة للإتجاهات الأصلية والفرعية (الشمال،الشمال الشرقى....وهكذا)، ويمكن حساب اتجاه الإنحدار لكل مثلث موجود فى شبكة المثلثات المنتظمة TIN ، أو يمكن حسابه من خلال كل خلية موجودة فى نماذج الإرتفاعات الرقمية كما يوضح شكل (٢٣)، ويتم حساب اتجاه الإنحدار باتجاه عقارب الساعة بالدرجات ويبدأ من الشمال بالدرجة (صفر) وينتهى مرة أخرى فى الشمال ليكمل دورة كاملة (٣٦٠ درجة) ولكل خلية فى الصورة الشبكية انحدار معين ينتج عنه هذا الإتجاه (داود ج.، ٢٠١٢، صفحة ١٨٤).



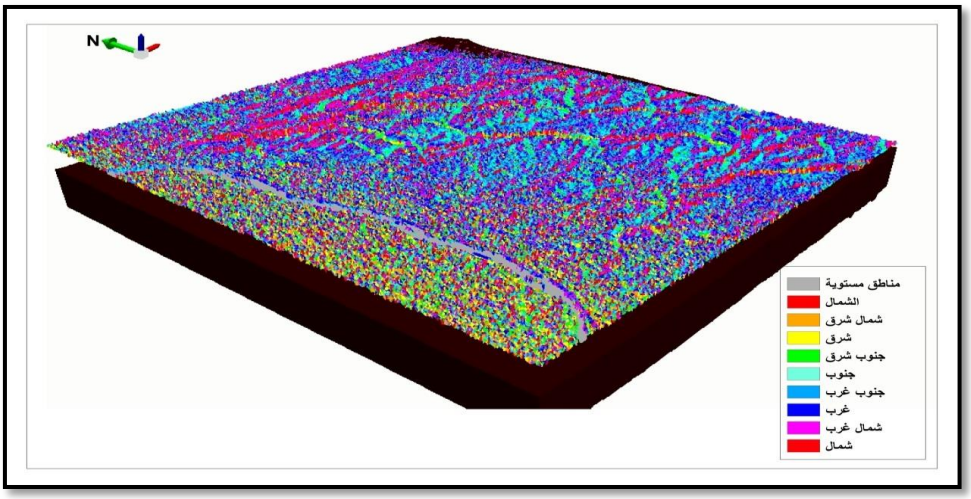
المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

شكل ٢١: استنباط اتجاه الانحدار من الخريطة الطبوغرافية ونموذج الارتفاع الرقمى

وتتمثل أهم فوائد حساب اتجاهات الإنحدار (حسن، ناجي، و رشيد، ٢٠١٥، صفحة ١٥) :

- حساب ومعرفة اتجاه الإنحدار فى المنطقة والذى يساعد فى التنبأ والحد من خطر الإنهيارات والإنزلاقات الصخرية .

- تساعد على معرفة المناطق ذات الإنحدار الهين لغرض استخدامها فى المشروعات المختلفة لتحديد أنسب الأماكن لإقامة المشاريع والمدن الجديدة كما يوضح شكل (٢٤) .

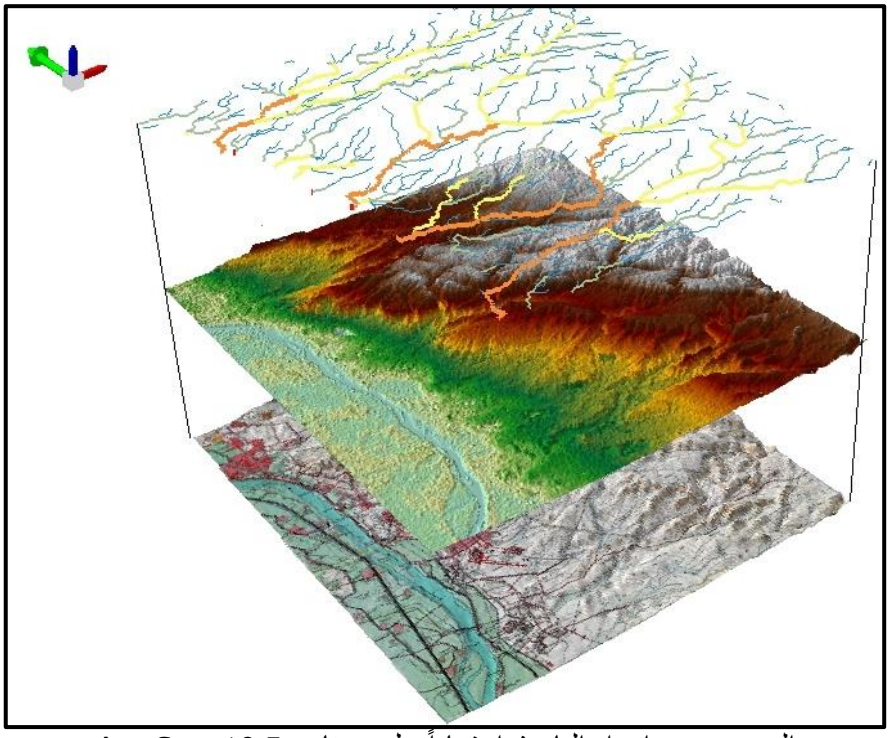


المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

شكل ٢٢: خريطة اتجاه الانحدار ثلاثية الأبعاد

٤. نموذج شبكة الأودية:

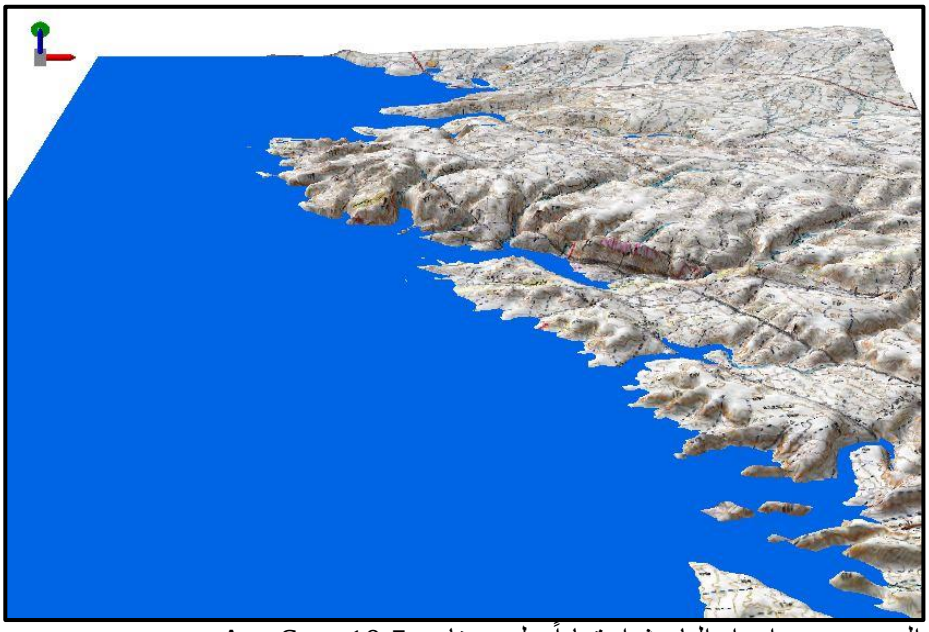
يفيد التحليل الهيدرولوجي في جميع جوانب التخطيط للمناطق ذات شبكات الصرف، وخاصة إذا كان التخطيط يهدف إلي مواجهة خطر السيول أو حجز المياه للزراعة أو لتغذية الخزان الجوفي. ومن خلالها يمكن عمل دراسة مورفومترية للمنطقة وهى عبارة عن تحليل يشمل استخراج العديد من الأطوال والمساحات والنسب والصيغ الحسابية . تتضمن أيضاً فكرة تحديد الأحواض المائية من خلال تحديد سلسلة الخلايا التي ينقسم جريان الماء عندها إلى اتجاهين، كما إن تحديد الأودية النهرية الجافة وسريانها يتم باستخدام خوارزمية تعمل على تمثيل القيم المتشابهة في خريطة تراكم السريان لتمثيل المسيلات المائية (الفلاحى، ٢٠١٣، صفحة ٣٣٧) كما يتضح من شكل (٢٥).



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

شكل ٢٥ : استنباط شبكة الأودية ورتبها من الخريطة الطبوغرافية ونموذج الارتفاع الرقمى

ويمكن من خلال هذه البيانات والمعلومات تنفيذ تحليل مكانى للمناطق المهددة بالسيول أو الفيضانات وتطبيق عملية محاكاة ثلاثية الأبعاد للمناطق السكنية والعمرانية والطرق الأكثر عرضه لهذه المخاطر حيث أنه من المستحيل دفع مخاطر السسيول والفيضانات أو منع حدوثها والتى تساعد فى عمليات التخطيط واتخاذ القرار، ولكن بالإمكان الحد من تأثيرها والتقليل من الخسائر التى تنجم عنها، وذلك من خلال عمل الخرائط ونماذج المحاكاة للمواقع المهددة وإجراء الدراسات والبحوث التى تحسن من عمل شبكات الرصد ونظم الإنذار المبكر وإنشاء قواعد المعلومات كما يوضح شكل (٢).



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على برنامج Arc Sene10.5

شكل ٢٦: نموذج محاكاة ثلاثى الأبعاد لمخاطر السيول والفيضانات على منطقة الدراسة

٥. مميزات تحليلات الخرائط الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد:

يعد تطبيق نماذج ثلاثية البعد باستخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لها أهمية واستخدامات كثيرة منها إظهار البعد الثالث (3D) إذ يمكن من خلال هذه النماذج إظهار قيمة (Z) والتي تمثل المنطقة وكأنها نموذج تضاريسي يمكن رؤيته من عدة زوايا، لذلك تستخدم هذه النماذج فى الكثير من التطبيقات ذات الأهمية الكبيرة والاستخدامات العديدة كما توضحها النقاط الآتية:

- تحليل ظاهرات السطح الأمر الذي يصعب إدراكه في الخرائط ثنائية البعد (2D) وذلك مما يوفر سهولة فهم واستيعاب عناصر المكان.
- توفر دقة في التحليل المكاني الوصفي والإحصائي للمكان، الأمر الذي يصعب تحقيقه بالأساليب التقليدية من الخرائط الارتفاعات المتساوية (Contour Line) على سبيل المثال.
- اشتقاق خرائط السطح (Surface Map) مثل الانحدار (Slope) اتجاهات الانحدار (Aspect) خطوط الارتفاعات (Contour) وهيئة الظلال (Hill shade) والحفر والردم (Fill- Cut) وغيرها.

- إمكانية حساب التحليل الإحصائي لمختلف المعطيات المكانية بالشكل الذي يناسب الأطوال، المساحات، والحجوم.
- الاستفادة من قواعد البيانات المرفقة من هذه النماذج والخرائط المشتقة منها في الدراسات الحقلية.
- يمكن الاستفادة من هذه النماذج لدراسة خصائص التضاريسية للأرض مثل إعداد المشاريع التخطيطية المستقبلية، توقيع استعمالات أرض، إنشاء طريق، إنشاء ممر. فضلا عن دراسات التحذير لدرء الكوارث الطبيعية المتمثلة بالسيول وحرائق الغابات.

إن النماذج الناتجة من التحليلات الطبوغرافية توضح فعالية برامج نظم المعلومات الجغرافية فى تصوير الظاهرات التضاريسية على شكل ثلاثى الأبعاد مما يعطى كفاءة عالية فى تفسير وتحليل الظاهرات التضاريسية المختلفة والتى تعد ذات أهمية كبيرة فى المشروعات الهندسية والتخطيط العمرانى والدراسات المتعلقة باستخدام الأرض، كما يعد العرض الثلاثى الأبعاد عبر زوايا مختلفة باستخدام تقنية الحاسوب وبرامج نظم المعلومات الجغرافية أداة فعالة فى عملية التفسير والتحليل لمعالم الخريطة عند مقارنتها بالمرئيات الفضائية والصور الجوية باستخدام تطبيقات الاستشعار عن بعد.

الخلاصة والنتائج

من أهم ما يميز الخرائط الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد هى طريقة العرض سواء كانت من منظور ثابت أو تفاعلى، حيث أنها تعطى للمستخدم العديد من المميزات فى التحكم فى طريقة العرض بما يتوافق مع أهدافه، مثل التحكم فى إعدادات التصوير من حيث اتجاه وزاوية العرض ومجال الرؤية، وكذلك التحكم فى درجة الإضاءة والظلال حيث يتأثر بهما إدراك الظاهرات الطبيعية وفقاً لدرجة وشدة التفاعل فيما بينهما، كما يمكن للمستخدم إضافة بعض التأثيرات الجوية والبيئية التى تعطى تصور أقرب إلى الطبيعة، لذلك فإن رؤية الظاهرات بالأبعاد الثلاثة تعطى نظرات لن يكون من السهل إدراكها من خلال الخريطة المستوية.

وتعطى النمذجة الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد قدرة عالية فى العرض والتحليل لذلك يمكن من خلالها اشتقاق وتمثيل العديد من النماذج التحليلية الأخرى مثل خطوط الكنتور ودرجة الانحدار واتجاهاته وعرض لشبكة الأودية وأحواضها وكذلك تصميم نموذج محاكاة للفيضانات والسيول وعرضها بشكل ثلاثى الأبعاد، وهذه التحليلات لها دور كبير فى الكثير من التطبيقات مثل المشروعات الهندسية والتخطيط العمرانى وشبكات الإتصال وغيرها من التطبيقات.

وتتمثل أهم نتائج استخدام الخرائط الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد فى تحسين التصور المرئى فى العناصر التالية:

١. جذب الانتباه: غالبًا ما تهدف الخريطة الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد إلى جذب انتباه المستخدمون (القراء، متصفحو الإنترنت، مشاهدو التلفزيون، الطلاب فى قاعات التدريس) وذلك يكون لتوضيح معين فى أحد التطبيقات الآتية:(مقال، موقع إلكتروني، تقرير تلفزيوني، محاضرة علمية) حيث كلما كانت الصورة أكثر واقعية مع سهولة التفسير كلما أدى ذلك إلى جذب انتباه المتلقى.
٢. الإدراك البصرى المباشر: هناك حاجة أساسية لمستخدمى الخرائط أن يكون هناك استيعاب للموقف المكاني بشكل سريع وبسيط حيث يمكن للمستخدم فهم طبيعة الظاهرات الطبيعية بشكل مباشر وذلك بسبب ظهورها في صورة أقرب إلى الإدراك البصري المباشر للظاهرة الطبيعية من الأرض. أما الخريطة الطبوغرافية الكلاسيكية أكثر صعوبة، حيث يجب ممارسة القراءة الصحيحة للخريطة من خلال عناصرها والتى تكون أكثر صعوبة على المستخدم العام وأحياناً المتخصصين خاصة فى المراحل الأولى.
٣. تعزيز الوعي المكاني: يعد تعزيز الوعى المكانى للمستخدم أحد المزايا الهامة للخرائط الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد حيث أنه يكون هناك تمثيل متزامن للمعلومات البشرية مع العرض الطبيعي للتضاريس في عرض المنظور. ويؤدى الجمع بين هذين المستويين من المعلومات مع معرفة المستخدم السابقة بالواقع الحقيقي إلى إنشاء نموذج مكاني ثلاثي جديد في ذهنه.
٤. القدرة العالية فى التحليل: تقوم الخرائط ثلاثية الأبعاد على تطبيق العديد من العمليات التحليلية المختلفة والتى يتم عرضها بشكل ثلاثى الأبعاد، والتى تساعد مستخدم الخريطة والمتلقى فى تحليل وتفسير واستنتاج العلاقات المكانية بين مختلف الظاهرات بشكل سريع ودقيق بالإضافة إلى الرؤية ثلاثية الأبعاد .

المراجع

أولاً: المراجع العربية

الخليل، عمر. زوبارى، على. (٢٠١٥). النمذجة ثلاثية الأبعاد للمواقع الأثرية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. *مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة العلوم الهندسية، ٣٧* (٢)، ١٦١-١٧٢.

الدليمى، خلف حسين.(٢٠٠١) . *الجيومورفولوجيا التطبيقية(علم شكل الأرض التطبيقى) ، الأهلية للنشر والتوزيع*، عمان ,الأردن.

الفلاحى، أحمد سلمان. (٢٠١٣). إعداد نماذج ثلاثية الأبعاد وتطبيقاتها باستخدام التقنيات الحديثة مواقع مدينة الرمادي الجديدة دراسة تطبيقية. *مجلة جامعة الأنبار للعلوم الإنسانية*، ٣١٧-٣٤٢.

العثمان، نادين زياد. (٢٠١١). أطلس شبة جزيرة سيناء باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والإستشعار عن بعد. *ماجستير غير منشورة*.

داود،جمعه. (٢٠١٢). *أسس التحليل المكانى فى إطار نظم المعلومات الجغرافية GIS* (الإصدار الطبعة الأولى). مكة المكرمة، السعودية.

داود، جمعه. (٢٠١٣). *مقدمة فى الصور الجوية والمرئيات الفضائية*. مكة المكرمة، السعودية.

درويش، أسامة. المصرى، رياض. و حبيب، معن. (٢٠١٣). بناء النماذج ثلاثية الأبعاد للمدن بالمقاييس الطبوغرافية الكبيرة فى بيئة GIS. *مجلة دمشق للعلوم الهندسية*، ٢٩ (٢)، ١٢٥-١٣٦.

جاد،طه محمد. (١٩٨٤). *تحليل الخريطة الكنتورية باهتمام جمرفلوجى* (الإصدار الثانية). القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.

حسن، احمد عباس. ناجي، ميثم محمد . رشيد، مؤيد جاسم. (٢٠١٥). استخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة جيومورفولوجية لطية بيخير شمال العراق. مجلة جامعة بابل.٢٣ (١)،١- ٢٧.

محمد، وسام. (٢٠٠٨) .*أساسيات نظم المعلومات الجغرافية*.

ثانياً: المراجع الأجنبية

Alias, A., Zlatanova, S., & Pilouk, M. (2001). The 3D GIS Software Development: global efforts from researchers and vendors. *Geoinformation Science Journal, 2*(1), 13..

Häberling , C. (2003). *"Topographische 3D-Karten": Thesen für kartographische Gestaltungsgrundsätze* (Doctoral Thesis ed.). Zürich: ETH Zürich.

Hake, G., Grünreich, D., & Meng, L. (2002). *Kartographie – Visualisierung raum-zeitli-cher Informationen* (8. vollst. neu bearb. und erw. Aufl ed., Vol. 8). Berlin: Verlag Walter de Gruyter.

Peterson, M. (1999). *Elements of multimedia cartography*. springer.

Pilouk, M. (1996). Integrated modelling for 3D GIS,. *Ph.D.Dissertation*.

Wood, M. (2003). Some personal reflection on change,the past and future of cartography. *cartographic Journal*, *40*, pp. 111 - 115.

Zlatanova, S., Abdul Rahman, A., & Pilouk, M. (2001). 3D GIS: current status and perspectives. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, *34*(4), 66-71.