الفصل الخامس

نمـوذج الارتفـاع الرقمـي

Digital Elevation Model

نموذج الارتفاع الرقمي
Digital Elevation Model

F

يعد نموذج الارتفاع الرقمي احد الوسائل المهمة والتطبيقات الحديثة ضمن تقنية نظم المعلومات الجغرافية والذي يتيح رؤية ثلاثية الأبعاد للتضاريس مما يوفر ذلك من إمكانات تطبيقية هائلة وفي كثير من العلوم والمجالات، آذ أن نموذج الارتفاع الرقمي والمعتمد على الصور الجوية والفضائية ونظام التوقيع العالمي والخرائط الرقمية وحتى الخرائط الطبوغرافية المصححة تهيئ قياسات وتحاليل ونتائج دقيقة عند استخلاص نموذج الارتفاع الرقمي منها، اذ يمكن معرفة الانحدارات وتحديد أماكن الانزلاقات الأرضية المحتملة والتوجيه اي معرفة اثر الرياح والأمطار والإشعاع الشمسي، ومن ثم تحديد مدى تطور عملية التعرية للتربة او توزيع النبات الطبيعي والشبكة المائية وأحواض التغذية وغيرها

أن نموذج التضرس الرقمي DTM بشكل عام في السابق كان يرف على انه تمثيل إحصائي للسطح المتصل (غير متقطع) للأرض وذلك من خلال عدد كبير من النقاط المختارة والتي لها إحداثيات ثلاثية X، Y، Z بالنسبة لمجال إحداثيات اختياري.

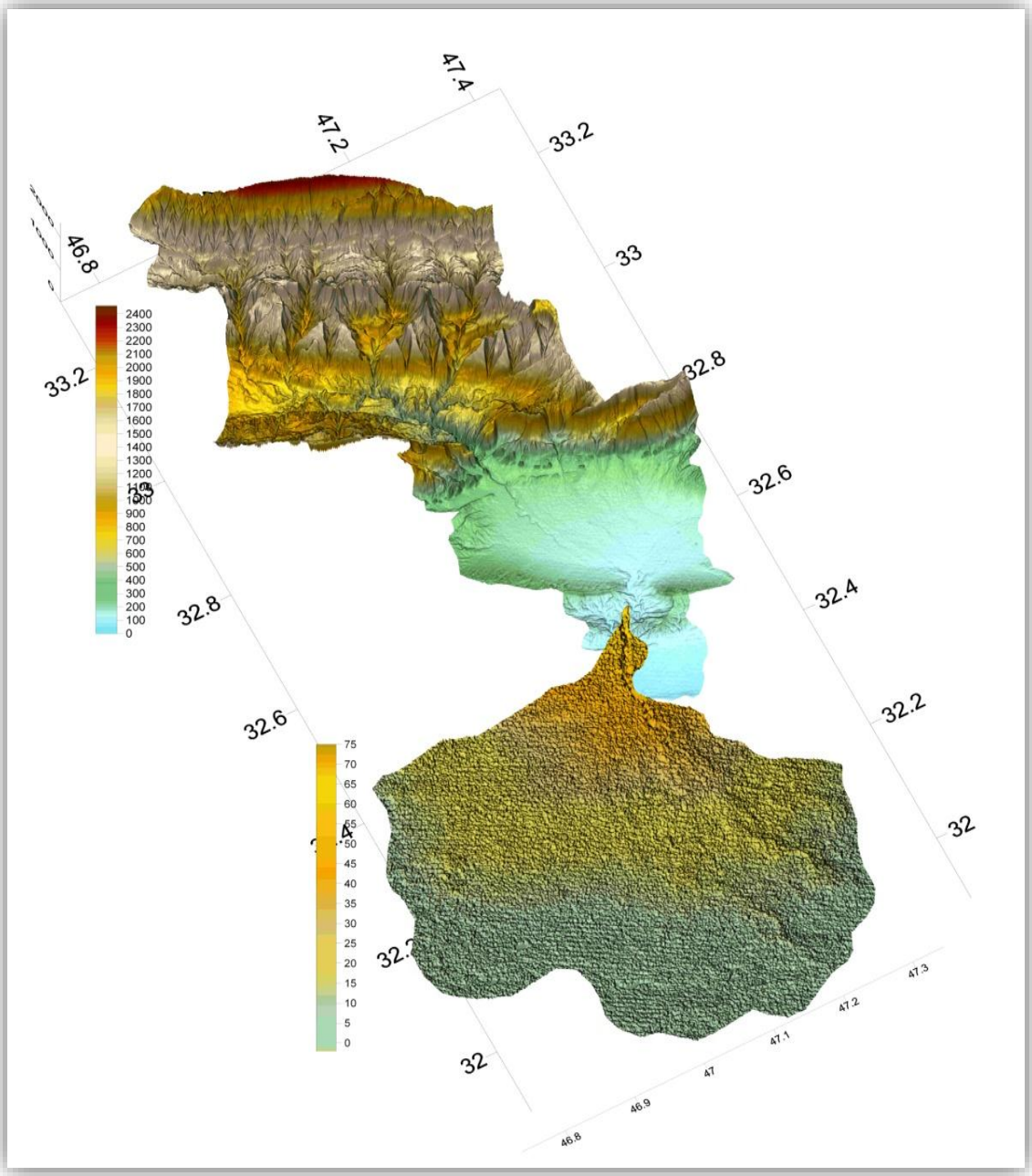
مع هذا التعريف القديم لمصطلح DTM في عام ١٩٥٨م آلا أن مرادفات أخرى قد ظهرت وبدأ استخدامها. وهذه المرادفات تشمل: نموذج الارتفاعات الرقمية DEM و نموذج الارتفاعات الرقمية DHM والنموذج الرقمي الأرضي DGM ونموذج تضرس الارتفاعات الرقمية DTEM. ظهرت هذه المرادفات وشاع استخدامها في دول متعددة، فشاع مصطلح DEM في أمريكا بينما جاء مصطلح DHM من ألمانيا وأستخدم مصطلح DGM في المملكة المتحدة بينما جاء مصطلح DTEM من هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية وهيئة المساحة العسكرية الأمريكية. في الممارسة العملية فأن كل هذه المصطلحات أو المرادفات يفترض أنها تعني نفس الشئ الا أنه أحيانا توجد بعض الاختلافات في مرجع هذه المنتجات. أذن DTM هو تمثيل رقمي للتوزيع المكاني لواحد أو أكثر من المعلومات عن سطح الأرض ويمثل بعدد من المواقع – أو النقاط – ثنائية الأبعاد بالإضافة لتمثيل رياضي للمعلومة المطلوبة. ومن هنا نقول أنه نموذج له بعدين و نصف (ليس ثنائي الأبعاد في حقيقته) يتم تمثيله في مجال ثلاثي الأبعاد. نحن نستخدم مصطلح DEM ليدل علي نماذج الأرض التي بها قيم الارتفاعات فقط بينما مصطلح DTM يعبر عن مفهوم أوسع لتمثيل الأرض إذ

يضم عناصر أخري للأرض مثل الميول و المعالم الأرضية مثل الأودية وعناصر جغرافية و بيئية أخري.

مفهوم نموذج الارتفاع الرقمي DEM

يختلف تعريف كلمة "التضرس أو التضاريس أو terrain " من مجال أو تخصص لأخر، ومن ثم فأن مصطلح DTM سيختلف تعريفه أيضا من تخصص لأخر، آذ أن مهندسي المساحة يدرسون DTM من وجهة النظر أن التضرس يعني تضاريس (الارتفاعات والانخفاضات) سطح الأرض وما به من مظاهر. أي أن DTM المثالي – من وجهة نظرهم – هو الجيل الجديد من الخرائط الطبوغرافية ولكن في صورة رقمية. لكن متخصصون آخرون في مجال العلوم الأرضية قد يجمعوا معلومات غير طبوغرافية مع المعلومات الطبوغرافية عند أنشاء DTM خاصة باحتياجاتهم ومجال تخصصهم فيعرفونه على انه (تمثيل ومحاكاة رقمية لتضاريس سطح الأرض بالاعتماد على صيغة Raster، فكل بكسل فيها يحتوي على قيمة رقمية تمثل متوسط ارتفاع سطح الأرض في مساحة هذا البيكسل، وتفيد في استخلاص العديد من المعلومات المهمة بشكل الآلي سواء المعلومات الطبوغرافية مثل حدود الحوض، مجاري الشبكة المائية، الأودية، والخصائص المورفومترية، وغيره)،**الشكل (٢٥)**. www.gisclub.org\library\GISDEM.pdf

الشكل (٢٥) نموذج الارتفاع الرقمي لمروحة فيضية وحوضها في محافظة ميسان



أهمية نموذج الارتفاع الرقمي DEM:

- ❖ توضيح مظاهر سطح الأرض بشكل ثلاثي الأبعاد.
- ❖ معرفة وتحليل الأشكال الأرضية ومراقبة تطورها، وتصنيف الأشكال إلى الوحدات الجيومورفية، مما يوفر أمكانية في رسم الخرائط.
- ❖ يوفر رويا بيئية واضحة من خلال تعدد زوايا الرؤيا للظاهرة.
- ❖ يوضح النموذج السطح والبنية الداخلية مما يتيح تفسير وتحليل المظاهر السطحية.
- ❖ يستخدم لتمثيل مساحات واسعة ومعقدة يصعب الوصول أليها.
- ❖ اجراء حسابات تتعلق بدرجات الانحدارSlope، واتجاهه ومقاطع الانحدار.
- ❖ دراسة وتقدير مناطق الطرق وتصميمها، والاعمال الهندسية.

❖ تقدير الكثافات السكانية حسب نوع السطح.

يمكن الحصول على نماذج الارتفاعات الرقمية عن طريق بيانات الأقمار الصناعية التي تكون الأكثر دقة مكانية (الأفقية والراسية) من بقية النماذج العالمية والنماذج الأرضية، وممكن توضيح اهم المصادر الرقمية بالاتي **(هالة محمد سعيد ،2010، 179)**:

مصادر المعلومات في نماذج الارتفاعات الرقمية DEM

❖ **الصور الجوية والمرئيات الفضائية:** تشمل بيانات الصور الجوية الثلاثية الأبعاد والمعمولة بأجهزة الستيريوسكوب يدويا أو راسمات خاصة بذلك وتكون بصيغة رقمية أما بالنسبة للصور الفضائية فهنالك العديد من الأقمار الصناعية متخصصة لإنتاج صور نقطية تمثل نماذج ارتفاع رقمية مثل القمر(سبوت) بدقة مساحية (٢,٥ -٤)م، أما الصور الأكثر شيوعا هي (Strp) إلي تغطي دول العالم بين ٦٠ شمالا وجنوبا، بدقة ٩٠ م فأكثر، أما النماذج المجانية الرقمية العالية الجودة فهي التي تستعمل تطبيق (SAR) الراداري المتداخل التي تعطي بعد (Z) أي الارتفاع بدقة اقل أو أكثر من ١٠ م، ويكن أن تكشف التغيرات البسيطة في الارتفاع.

❖ بيانات ارتفاع لصور نقطية تنتجها هيئات متخصصة مثل بيانات (GTOPO) التي تنتجها المساحة الجيولوجية الأمريكية ذات الدقة التمييزية العالية.

❖ مصادر مختلفة تشمل ترقيم الخرائط الطبوغرافية وخطوط الكنتور التي فيها، وعمليات المسح الأرضي، وبيانات الارتفاع المفيدة والواسعة الانتشار المحصلة من أجهزة GPS.

❖ طرق الاستكمال Interpolation: هي خوارزميات رياضية تتطلب عينة من النقاط المعلومة الارتفاع في منطقة ما، اذ تقوم بعملية تنبؤ حسابي لجميع ارتفاعات المنطقة وتختزن الناتج في صورة نقطية. (منتى نظم المعلومات الجغرافية www.mesa7a.com

أساليب بناء نموذج الارتفاع الرقمي DEM:

توفر أنظمة المعلومات الجغرافية إمكانيات كبيرة في عمليات بناء نماذج الارتفاعات الرقمية باستخدام برمجيات رسم عديدة مثل(Arc view، Arc GIS، Surfer، R2V، Auto Cad، Arc Info، Global Mapper،) وغيرها من البرامج آلا أن أكثر البرامج شهرة في عمليات أنتاج (DEM) هما برامج (Arc GIS) وبرنامج(Arc view) من خلال الملاحق (3D analysis، Spatial analysis) في أنتاج (Triangulated irregular network والمختصر بـ(TIN) وهذا النموذج يتم بنائه من خلال البيانات الخطية سواء كانت على شكل (نقطة او خط او مساحة) ويتكون النموذج الهندسي

له من مثلثات متجاورة ،وغير متقاطعة، ولكل مثلث ثلاثة رؤوس ولكل راس نقطة معروفة الإحداثيات (X,Y) إضافة إلى قيمة(Z) التي تمثل عنصر الارتفاع.وان مجموعة المثلثات تكون نموذج(TIN)(21). وهناك عدة طرق لإنشاء بنية للمعطيات في نموذج الارتفاع الرقمي، أهمها طريقتان:

١-البنية الشبكية المنتظمة:

تتشكل البنية الشبكية المنتظمة(البنية المتريسية) من شبكة مربعات إذ العلاقات التوبولوجية للنقاط تكون ضمنية وان طول ضلع المربعات ثابتة(٥م-١٠م) ويكون طريقة تخزين ارتفاعات نقاط الشبكة على شكل مصفوفة، تسمى مصفوفة الارتفاعات (Elevation Matrix)، إذ أن أرقام أعمدتها وصفوفها معرفة بالمواقع المستوية لرؤوس المربعات وحيث يبعد كل رأس عن الاخر مسافة ثابتة. ولاجل تلبيس النموذج بسطح التضاريس يتطلب الأمر زيادة كثافة نقاط الشبكة للوصول إلى الدقة المطلوبة ،وان طبيعة تضاريس المنطقة هي التي تحدد طول أضلاع المربعات حسب درجة تعقد التضاريس فعندما تزداد وعورة المنطقة وتشتد التضاريس يتطلب الامر طول أضلاع صغيرة بغية الوصول إلى بنية مقبولة، اما المناطق التي تتميز ببساطة السطح تكون أضلاع المربعات كبيرة نوعا ما، وبشكل عام تتميز هذه البنية بإمكانية القيام بعمليات التوسط الداخلي بين كل نقطتين متتاليتين من الشبكة لتحديد مواقع منحنيات التسوية ،ثم يقوم بعمليات الوصل الالية بين كل النقاط التي تقع على ارتفاع ثابت، ومن ثم فان معطيات نموذج الارتفاع الرقمي ذي البنية الشبكية ذات معطيات غير دقيقة، وسيؤدي ذلك إلى تمثيل غير دقيق للتضاريس الارضية.

٢-شبكة المثلثات غير المنتظمة (TIN) Triangulated Irrigulated Network

هو شكل من اشكال البيانات المستخدمة في نظم المعلومات الجغرافية يستخدم في تمثيل السطوح الارضية خاصة، وفي واقع الامر فان اعتبار الشبكات المثلثية غير المنتظمة نوع مستقل من البيانات قد يبدو امرا مبالغ فيه، اذ انه في واقع الامر يستخدم نموذج اتجاهي (Vector) معقد يتكون نقط وخطوط ومضلعات في ان واحد لتمثيل القمم وخطوط التسوية والسطوح الارضية.

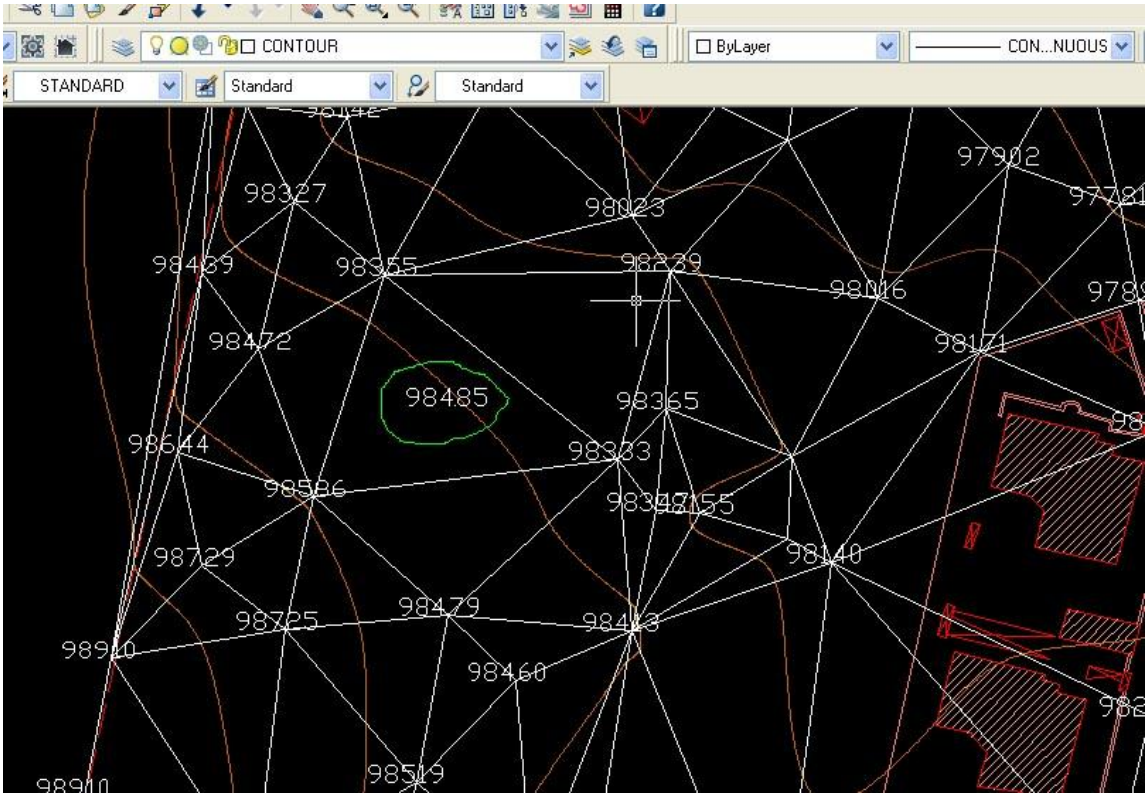
تتألف شبكة المثلثات غير المنتظمة من عناصر موشورية متلاصقة إذ إن قواعد هذه المواشير مثلثات مستوية وأطرافها (ارتفاعات المواشير) تمثل الارتفاعات، يتم إخراج أو استنتاج شبكة المثلثات غير المنتظمة (TIN) بالاعتماد أساساً على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، إذ يعد القاعدة الأساسية التي يعتمد عليها في استخراج الارتفاعات (Elevation) الخاصة بشبكة المثلثات غير المنتظمة وفي نفس الوقت يمكن إنتاج نماذج لشبكة المثلثات غير

المنتظمة من دون الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM). تتم عملية تحويل
(Convert) نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) إلى نموذج المثلثات غير المنتظمة
(TIN) عن طريق العديد من البرامج الخاصة بنظم المعلومات الجغرافية مثل برنامج Arc GIS أو برنامج Arc View، يمكن أن ننتج عن طريق شبكة المثلثات غير المنتظمة (TIN) خرائط متعددة مثل خرائط ظل التلال (Hill shade) وخرائط حساب الميل (Slope Calculation) وخرائط اتجاه الميل (Aspect) وغيرها من الخرائط. إن نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) يمكنه أن يعطي أنواع الخرائط المذكورة آنفا إذ أن الفرق بينه وبين نموذج شبكة المثلثات غير المنتظمة هو أن الأول يعطي أشكالا أوضح للمتلقي من نموذج الـ (TIN)، إذ تكون الخرائط المنتجة بالاعتماد على الـ (DEM) أكثر دقة وأقل تعقيد من تلك التي ينتجها نموذج الـ (TIN)

http://www.uweb.ucsb.edu/~nico/comp/get_dem.htm

هذا وتعد الطريقة الثانية الأكثر انتشارا واستخداما، وفيها يتم انشاء شبكة مثلثات تغطي المنطقة، وتربط أضلاع هذه المثلثات بين نقط الارتفاع الموضحة على الخريطة وعليه فان أطوال أضلاع المثلث تختلف باختلاف توزيع وكثافة هذه النقاط ولذلك تظهر شبكة المثلثات غير متساوية الابعاد وتزداد كثافة المثلثات مع زيادة عدد النقاط. ويتم ايجاد قيمة (Z) لنقط ربط المثلثات او رؤوس المثلثات من خلال قيمة ارتفاعها وفي حالة الحاجة إلى نقطة اخرى فيمكن حسابها تبعا لارتفاعات النقط المجاورة. ثم تجري على الشكل عمليات المراجعة والترشيح (Filtration) وإضافة الضلال او الالوان كما يمكن عمل القياسات المطلوبة الشكل (٢٦)

شكل (٢٦) شبكة المثلثات الغير منتظمة



تطبيقات نموذج الارتفاع الرقمي **DEM**

تستخدم نماذج الارتفاع الرقمي كنماذج مساعدة في التحليل والتفسير للظواهر لبعض من التطبيقات منها

١-**الجيولوجيا:** يمكن لنموذج الارتفاع الرقمي ان تمثل الظواهر الجيولوجية بأشكال ثلاثية الإبعاد، وذلك عن طريق خطوط الكنتور او بالاستعانة بجهاز **GPS**، إذ يمكن عن طريق النموذج اشتقاق خطوط الكنتور وذلك بعد أجراء عملية التصحيح وضبط الإحداثيات لتتناسب بين هذه والنموذج ومن ثم أجراء عملية مطابقة لكل من المرئية الفضائية و الخريطة الجيولوجية والنموذج الرقمي.

٢- **الهيدرولوجيا:** يمكن من خلال النموذج معرفة الانحدارات واتجاهاتها وأعالي المنحدرات ومناطق التقعر والتحدب التي تسهل الدراسات الهيدرولوجية، فضلا عن اشتقاق الشبكات المائية ومجاري الأنهار والأودية وخطوط تقسيم المياه والمناطق المعرضة لخطر الفيضان وغيرها **ينظر الشكل (٢٧).**

٣- **الجيومورفولوجيا:** النموذج يساعد على معرفة تضاريس الأرض بهيئة ثلاثية الأبعاد، ومراقبة تلك التضاريس، وتحديد العمليات الجيومورفولوجية.

٤-أمكانية أجراء عمليات التحليل الجيومورفي والبيئي وأجراء العلاقات والارتباط بين العديد من الظواهر.

٥- بناء موديلات رقمية ثلاثية الأبعاد للمدن.
٦- حساب الطاقة التخزينية للخزانات.
٧-تطبيقات علم الغابات.
٨-معرفة الصخور التي تقلع من المناجم او التي تملا المنخفضات.