مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة الآداب والعلوم الإنسانية المجلد (39) العدد (5)2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Arts and Humanities Series Vol. (39) No. (5) 2017

إنشاء وتقييم نماذج الارتفاع الرقمية (DEM) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

الدكتورة صفية عيد*

عائشة قدورة**

(تاريخ الإيداع 17 / 7 / 2017. قبل للنشر في 10 / 9 / 2017)

□ ملخّص □

هدف البحث إلى استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في اشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية لناحية الديماس، وذلك من خلال تطبيق عدة طرق وهي: طرق الاشتقاق المكاني، وطرق الاشتقاق الجيو إحصائية، وطريقة الشبكة المثلثاتية غير المنتظمة، وتوليد نموذج الارتفاع من خطوط التسوية.

وأظهرت الدراسة أن أفضل الطرق لتوليد نموذج الارتفاع الرقمية هي طريقة (kriging) التي تولد سطح تقديري من النقاط المبعثرة التي لها ارتفاعات (Z) سواء أكانت هذه النقط متقاربة أو متباعدة، وطريقة الشبكة المثلثاتية غير المنتظمة (TIN) التي تتطلب مساحة تخزين (على القرص الصلب للحاسوب) أقل بكثير من تلك التي تتطلبها الطرق الأخرى، ولذلك فهي مفضلة لتمثيل السطوح في مناطق شاسعة. وتوليد النموذج من خطوط التسوية الذي أنتج نموذج ارتفاع رقمي ممثل بشكل دقيق للسطح.

الكلمات المفتاحية:

- نموذج الارتفاع الرقمية
- نظم المعلومات الجغرافية
- التحليل المكاني
- المسافة الموزونة المعكوسة
- الاشتقاق المكاني
- المنهجية المنتظمة
- المنهجية المتواترة
- التحليل الجيو إحصائي
- السطح المستمر
- التخمين الإحصائي
- التحليل ثلاثي الأبعاد
- الشبكة المثلثاتية غير المنتظمة
- خطوط التسوية

* **أستاذ– قسم الجغرافية – كلية الآداب والعلوم الإنسانية – جامعة دمشق – سورية**

** **طالبة دراسات عليا (دكتوراه)– قسم الجغرافية – كلية الآداب والعلوم الإنسانية – جامعة دمشق – سورية**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة الآداب والعلوم الإنسانية المجلد (39) العدد (5)2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Arts and Humanities Series Vol. (39) No. (5) 2017

Building And Evaluating Digital Elevation Models (Dem) Byusing Geographic Information System

Dr. Safea Eyed*
Aisha Kadora**

(Received 17 / 7 / 2017. Accepted 10 / 9 / 2017)

□ ABSTRACT □

This research aimed for using Geographic Information System (GIS) in producing Digital Elevation Model (DEM) for Dimas District, By applying various methods: Spatial Analyst, Geo Statistical Analyst, Triangulated Irregular Network (TIN), and interpolating DEM from contour lines.

The study showed that the best methods for interpolating DEM is Kriging method, Which interpolated an evaluated surface for scattered points which had (Z values) whether they were closed or scattered from each other. And (TIN) method which required less area on hard disc to be stored comparing with other methods, and it's perfect for representing surfaces in wide areas, Also generating DEM from contour lines produced DEM which had very accurate representing for surfaces.

Key Words:
-Digital Elevation Model (DEM)
-Geographic Information System (GIS)
-Contour Lines
-Triangulated Irregular Network (TIN)
-3D Analyst
-Kriging
-Continuous Surface
-Geo Statistical Analyst
-Tension Option
-Regularized Option
-Interpolation
-Inverse Distance Weighted (IDW)
-Spatial Analyst

*Professor, Department of Geography, Faculty of Arts and Humanities, Damascus University, Syria.
**Postgraduate Student, Department of Geography, Faculty of Arts and Humanities, Damascus University, Syria.

مقدمة :

تلعب نظم المعلومات الجغرافية دوراً كبيراً في تعاملها مع مختلف البيانات، وخاصة بيانات نماذج الارتفاع الرقمية، وقد فرض اختلاف أشكال بيانات خرائط الارتفاع المتساوي تنوعاً في طرق التعامل معها بأفضل النتائج المطلوب تحقيقها، تتمثل البيانات بإحداثيات الارتفاع المأخوذة من أجهزة تحديد المواقع العالمية GPS، أو بيانات بصيغة (Raster Data) متمثلة بالخرائط الورقية، أو بيانات لنماذج الارتفاع الرقميةDigital Elevation Model.

يُعرف نموذج الارتفاع الرقمية (Digital Elevation Model) اختصاراً (DEM) بأنه ملف لبيانات ذات تمثيل رقمي على صيغة صورة نقطية، يحتوي كل بيكسل * على قيمة تمثل متوسط ارتفاع سطح الأرض في مساحة هذا البيكسل[1]، ويُستخدم في تمثيل الظواهر الطبيعية والبشرية كما يُعد حجر الاساس لتمثيل السطوح الطبوغرافية وتكوين محاكاة للواقع الجغرافي ثلاثي الأبعاد، ويفيد لأغراض التخطيط.

اعتمد البحث على ثلاثة طرق تحتوي أدوات لاشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية لناحية الديماس ومقارنتها.

مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث في الوقت الطويل الذي تستغرقه الطرق التقليدية في رسم خطوط التسوية، و إنشاء التمثيل التضاريسي لسطح الأرض.

أهمية البحث وأهدافه:

أهمية البحث:

تُعد نماذج الارتفاع الرقمية من أهم البيانات في قواعد البيانات الجغرافية لما لها من دور في دعم صناع القرار من خلال تنفيذ دراسات في المجالات والتطبيقات المختلفة.

يمتلك نموذج الارتفاع الرقمية القدرة على تخزين حجم كبير من البيانات المكانية بصورة منتظمة يسهل التعامل معها، وإنجاز العمليات الاحصائية المختلفة وتوفير الدقة في التحليل المكاني والوصفي والاحصائي وتمثيل التوزع الجغرافي للظواهر بأبعادها الثلاث.[2]

تتجلى أهمية البحث في إنشاء طرق أو اشتقاق نماذج للارتفاع الرقمية باستخدام نقاط الارتفاع الموجودة في الخرائط الطبوغرافية عن طرق الاشتقاق في برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وهي: طريقة الاشتقاق المكاني، والاحصائي، والاشتقاق ثلاثي الأبعاد، والاشتقاق من خطوط التسوية، ومقارنتها مع قيم وخطوط الارتفاع المرقمة من الخريطة الطبوغرافية بمقياس 1: 25000 و بفاصل رأسي (50م).

أهداف البحث:

تتلخص أهداف البحث بما يلي:

1- إبراز أهمية نموذج الارتفاع الرقمية في التحليل المكاني وإظهار التباين في الارتفاعات، وتمثيل تضاريس المنطقة بأبعادها الثلاث.

*** البيكسل (Pixel): هو عنصر الصورة.**

[1] Paul Longlely, Machel-S.Masuive ,David and Others ,Geographical Information Systems and Science 2nd edition, p:337,2005.

[2] عباس، علي. استخدام نظم المعلومات الجغرافية في إنشاء وتمثيل بيانات نموذج الارتفاع الرقمية لنماذج مختارة من شمال العراق، جامعة الموصل، العراق، 2015 م.

2- انتاج نموذج الارتفاع الرقمية من خلال أربعة طرق: طرق الاشتقاق المكاني، والجيو إحصائي، والاشتقاق ثلاثي الأبعاد، ومن خطوط التسوية.

3- تقييم نماذج الارتفاع الرقمية بالاعتماد على التطابق بين قيم الارتفاع لخطوط التسوية الأصلية وخطوط التسوية المشتقة من النماذج الثلاثة.

منهجية البحث:

1- المنهج الكارتوغرافي(Cartographic Method):

يُستخدم منهج البحث الكارتوغرافي لدراسة التوزع المكاني للظواهر وترابطها وتطورها، ويقوم على الإعداد والاستخدام الهادف للأعمال الكارتوغرافية في الأنشطة العلمية والعملية[3].

يتمثل هذا المنهج في إعداد خرائط لطرق اشتقاق نماذج الارتفاع الرقمية.

2- منهج البحث الإحصائي (Statistic Method):

يضم حقل الإحصاء طرائق لتوصيف وتحليل البيانات، ولإنشاء القرارات أو الاستدلالات حول الظواهر الممثلة بالبيانات، يساعد الإحصاء الوصفي والإحصاء الاستدلالي الباحث على تطوير التفسيرات الملائمة للعلاقات بين المتغيرات، التي تعبر عن الظواهر الاجتماعية المعقدة، ويقدم الإحصاء عامةً الأدوات اللازمة للتحليل والتمثيل والتفسير لهذه العلاقات[4].

لقد استُخدم المنهج الإحصائي في مختلف مراحل البحث، حيث تعتمد جميع الأساليب على نماذج رياضية احصائية معدة مسبقة، كما في تفسير النتائج التي تم الحصول عليها بهدف تكوين تصورات كاملة تقوم على أسس احصائية عن موضوع البحث.

3-منهج البحث الوصفي (Descriptive Method):

تم استخدام المنهج الوصفي في شرح أساليب إنشاء نماذج الارتفاع الرقمية.

4- منهج البحث التجريبي (Experimental Method):

استُخدم المنهج التجريبي من خلال تطبيق أربعة طرق لإنشاء النموذج الرقمية وإجراء التحليلات المناسبة وتقييم النتائج.

أدوات البحث:

تم استخدام الأدوات التالية في إنجاز هذا البحث:

1- قاعدة بيانات بنقاط الارتفاع في ناحية الديماس.

2- برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

---

[3] ل. أرودنيكا. المنهج الكارتوغرافي "الموسوعة الجغرافية ". موسكو، 1989، ص 128، بتصرف.

[4] شافا فرانكفورت، دافيد ناشيماز. طرائق البحث في العلوم الاجتماعية. ترجمة ليلى الطويل، بترا للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، 2004م، ص: 335- 336.

الدراسات السابقة:

توجد عدة دراسات منها:

1- دراسة لـ هالة سعيد، و خلود هادي بعنوان: (أهمية دراسة نموذج الارتفاع الرقمية (DEM) وتطبيقاته المختلفة). 2010م.

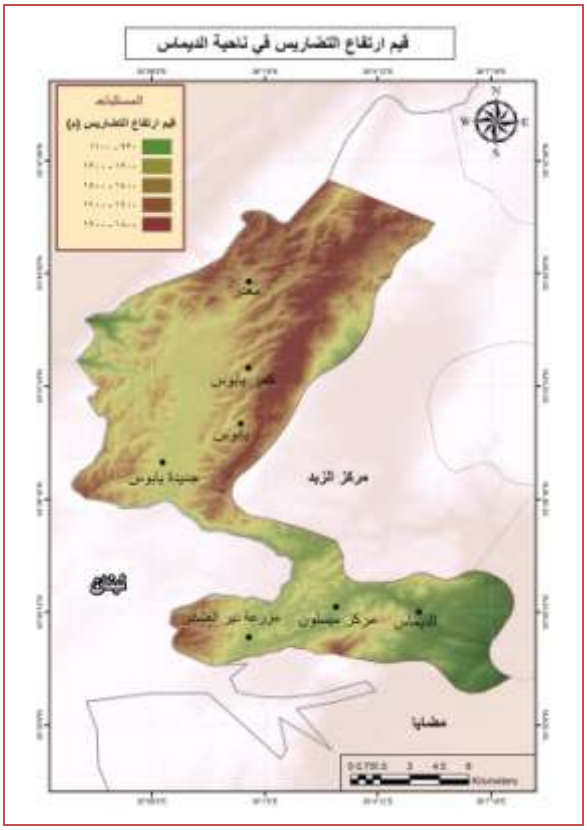
قامت الدراسة بتعريف مصادر إنتاج نموذج الارتفاع الرقمية، والتطبيقات المتعددة لاستخدامه. وإنتاج نموذج ارتفاع رقمي لمنطقة (كويسجق) في العراق، وتقسيمها إلى 13 وحدة تضاريسية.

2- دراسة لـ علي عباس، صباح علي بعنوان: (استخدام نظم المعلومات الجغرافية في إنشاء وتمثيل بيانات نموذج الارتفاع الرقمية لنماذج مختارة من شمال العراق). 2007م.

قامت الدراسة باختيار نماذج من منطقتي مخمور، وعين سفني شمال العراق لتطبيق إنشاء النموذج، وتم إعداد جداول إحصائية خاصة بالبيانات الرقمية المتولدة لمنطقتي الدراسة.

أولاً: منطقة الدراسة:

تقع ناحية الديماس في محافظة ريف دمشق من الجمهورية العربية السورية بين خطي طول (35.57َ6ً و 36.8َ81ً)، وبين دائرتي عرض (33.32َ6ً و 33.47َ63ً). بمساحة تبلغ حوالي (200 كم^2). يحدها من الغرب والشمال الغربي الجمهورية اللبنانية، ومن الشرق ناحية مركز الزبداني، ومن الجنوب الشرقي ناحية عين الفيجة. انظر الخريطة (1) التي توضح قيم ارتفاع التضاريس في ناحية الديماس.



خريطة (1): قيم ارتفاع التضاريس في ناحية الديماس

ثانياً: مفهوم نموذج الارتفاع الرقمية وطرق اشتقاقه:

يُعرف نموذج الارتفاع الرقمية (Digital Elevation Model (DEM) بأنه شبكة منتظمة من الارتفاعات، يحتوي على ملف رقمي للبيانات بصيغة (Raster)، فكل بيكسل (pixel) فيها يحتوي على قيمة رقمية تمثل متوسط ارتفاع سطح الأرض في مساحة هذا البيكسل[5].

طرق اشتقاق نماذج الارتفاع الرقمية:

1- التحليل أو الاشتقاق المكاني (Spatial Analyst):

هي خوارزميات رياضية تتطلب عينة من النقاط معلومة الارتفاع في منطقة ما، إذ تقوم بعملية تنبؤ حسابي لجميع ارتفاعات المنطقة وتختزن الناتج في صورة نقطية[6].

تقوم هذه الطريقة بتقدير قيم الظاهرة الموزعة في نطاق معين اعتماداً على مجموعة أخرى من قيم الظاهرة نفسها المرسومة حقلياً. حيث تُفيد في دراسة كمية الأمطار الساقطة على منطقة جغرافية ما، أو في دراسة تركيز ملوثات الهواء. بمعنى عندما تتم دراسة ظاهرة جغرافية مستقرة حسب الزمن والمكان، فإنه يصعب إجراء قياسات لجميع النقاط المدروسة لأن هذا العمل مكلف مادياً.

لذا يتم أخذ عينات متفرقة لهذه المنطقة ثم التنبؤ بالنقاط المجهولة من المناطق التي لم تؤخذ عينات منها، وتُدعى هذه العملية الرياضية بالاشتقاق المكاني (Interpolation). وهناك ثلاثة أساليب مشهورة للاشتقاق المكاني وهي:

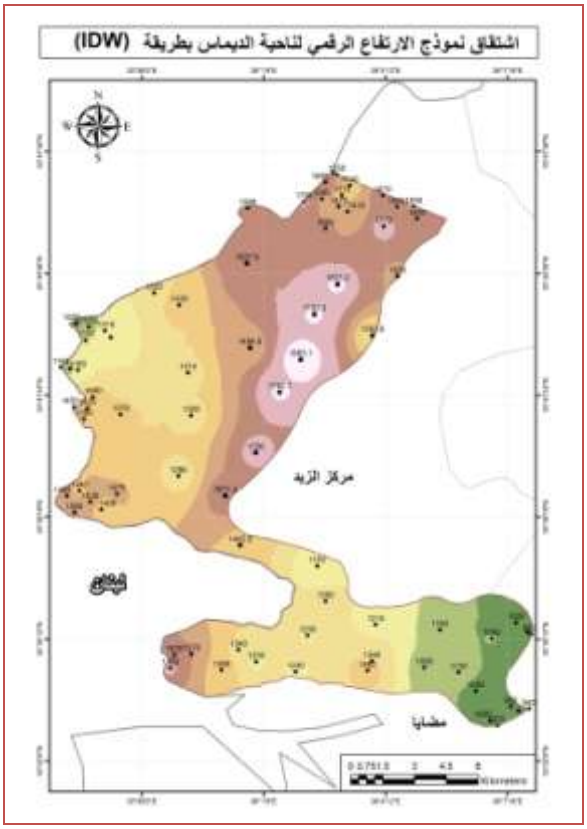
- طريقة المسافة الموزونة المعكوسة ((Inverse Distance Weighted(IDW):

تُمثل هذه الطريقة مفهوم الارتباط المكاني، حيث تعتمد على تقدير ارتفاع النقطة المجهولة عن طريق حساب المسافات من النقطة إلى النقاط الأخرى المعروفة، وتُمثل المسافة الأوزان بأن تفترض بأن القيمة الأقرب إلى النقطة المجهولة لها تأثير أكبر على القيمة، حيث أنها لا تأخذ بالحسبان أي اتجاهات، بل قيم النقاط المعلومة والمسافات التي تفصلها عن النقاط المجهولة، فالنقاط المعلومة الأقرب لها تأثير أكبر من النقاط البعيد. عند استخدام طريقة مقلوب المسافة الموزونة فإن القيم المشتقة لا تتجاوز القيم المستخدمة، وهذا الأسلوب له ارتباط وثيق بالمسافة حيث إن القيم تتناقص مع المسافة بمعنى إن القيم المتنبئة لن تتجاوز قيم العينات المعلومة فالتنبؤ سوف يكون محصوراً بين القيم المعلومة[7]. وتنتج نقاط مكورة (Bulls Eyes) حول المواقع. وفي هذا البحث تم أخذ (77) نقطة ارتفاع لناحية الديماس في منطقة الزبداني لإنشاء نموذج الارتفاع المكاني (DEM) بالاعتماد على طريقة (IDW). وتُوضح الخريطة (2) نموذج الارتفاع الرقمية الذي تم اشتقاقه لناحية الديماس بالاعتماد على نقاط الارتفاع.

[5] **Michael Kennedy, (2006). Introducing geographic information systems with ArcGis9, John Willey and sons, p:144.**

[6] **John Shanze,Evzen Zeman,Jiri Marsalek, (2006). Flood risk management hazards, vulnerability and mitigation measures, ,springer,p131**

[7] **Childs,c. (2004). Interpolating surfaces, Esri education services. www.esri/news/arc users/07014/files/ interpolating. 14June.2011.**



الخريطة(2): اشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية لناحية الديماس حسب طريقة المسافة الموزونة المعكوسة (IDW)

طريقة خط الانحدار(Spline):

تقوم باشتقاق السطح من النقاط باستخدام تقنية منحنى (spline) ثنائي الأبعاد، حيث تقوم هذه الطريقة باستخدام معادلة رياضية لتقدير القيم عن طريق تصغير تقوس أو منحنى السطح. ليشكل سطح أملس يمثل جميع النقاط. عن طريق المعادلة التالية: $s(x,y)=T(x,y)+£^{N}_{j=1}\pi_j\ R(rj)$ حيث:

R(r) , T(x,y) : تُعرف بشكل مختلف بالاعتماد على خيار الاختيار

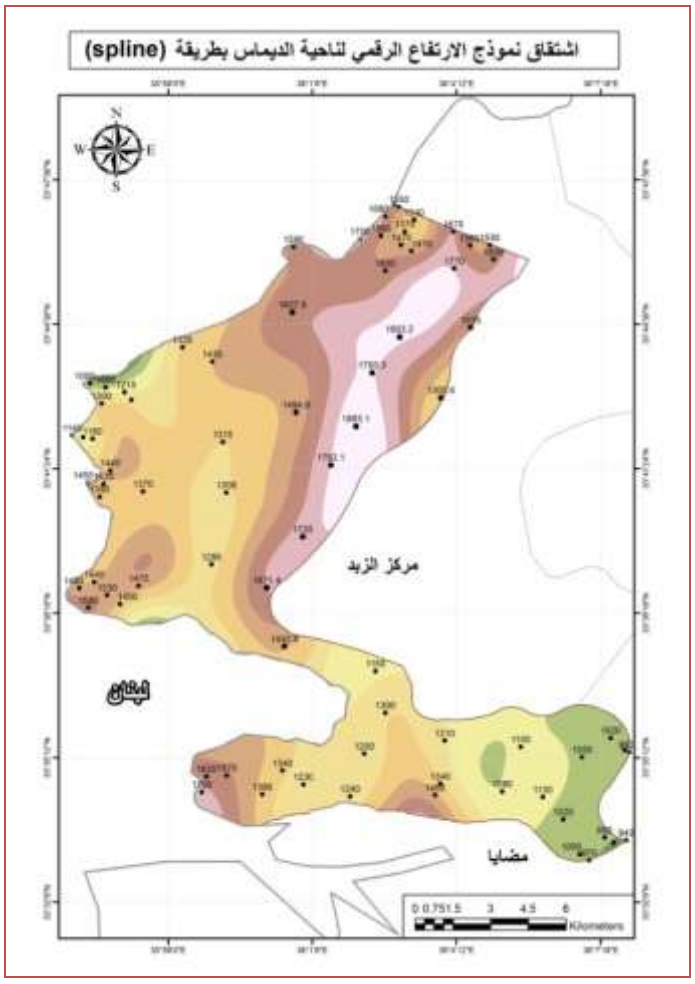
N: عدد النقط ، **j** = 1,2,....N ، **xi** : معاملات موجودة من خلال حل نظام المعادلات الخطية.

$\mathbf{r_j}$: المسافة من النقط (x,y) إلى النقطة j . وهناك منهجيتان لتطبيق (spline) هما:

– المنهجية المنتظمة (Regularized option): تُولد هذه المنهجية سطحاً أملساً متغيراً بشكل تدريجي بقيمه التي يمكن أن تكون خارج مدى بيانات العينة. وتقوم بالتنبؤ بالأودية والمنحدرات.

– المنهجية المتواترة (Tension option): تُولد هذه المنهجية سطحاً أقل نعومة بقيم متقاربة داخل مدى بيانات العينة[8]. تم تطبيق المنهجية المنتظمة لتوليد نموذج الارتفاع الرقمية لناحية الديماس الذي توضحه الخريطة (3).

[8] **Franke, R.(1982). Smooth interpolation of scattered data by local thin plate splines. Computer and mathematics with applications. Vol.8. No.4. Great Britain. P:273–281.**



خريطة (3):اشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية لناحية الديماس حسب طريقة خط الانحدار(spline) المكانية

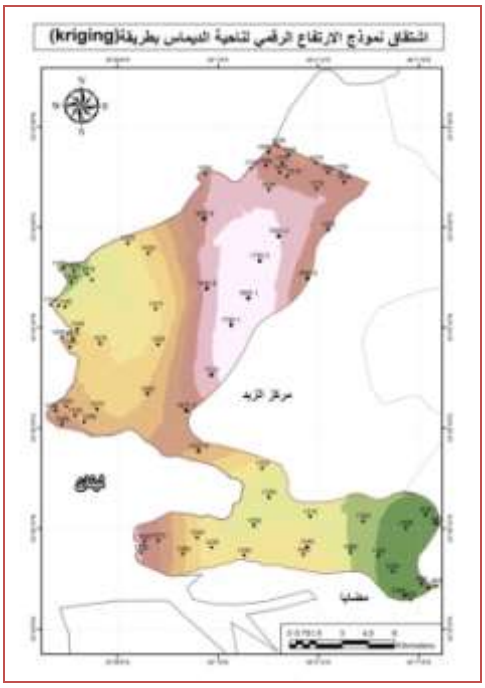
2- التحليل أو الاشتقاق الجيو إحصائي (Geo statistical Analysis): تقوم هذه الطريقة باستخدام نقاط العينات المأخوذة لتوليد (اشتقاق) سطح مستمر (continuous surface). هي من اكثر أساليب التحليل الجيو إحصائي استخداماً:

- طريقة التقدير الاحصائي (Kriging):

هو تطبيق جيو إحصائي محسّن، يقوم بتوليد سطح (Raster) تم تقديره من نقاط الارتفاع (Z) في قاعدة البيانات. وتعتمد على عدد النقاط، يتضمن السلوك المكاني للظاهرة الممثلة، ويقوم باشتقاق السطح بالاعتماد على المعادلة التالية: $\mathbf{I(s)} = \mu + \varepsilon(\mathbf{s})$ **حيث:**

I(s): هو متغير ثنائي، وإنشاء البيانات الثنائية يتم خلال استخدام عتبة البيانات المستمرة. وتحتاج هذه الطريقة إلى (30نقطة) على الأقل [9]. انظر الخريطة (4) التي توضح اشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية لناحية الديماس وفق طريق التخمين الاحصائي.

[9]**Childs,c. (2004). Interpolating surfaces, Esri education services. www.esri/news/arc users/07014/files/ interpolating. 14June.2011.**

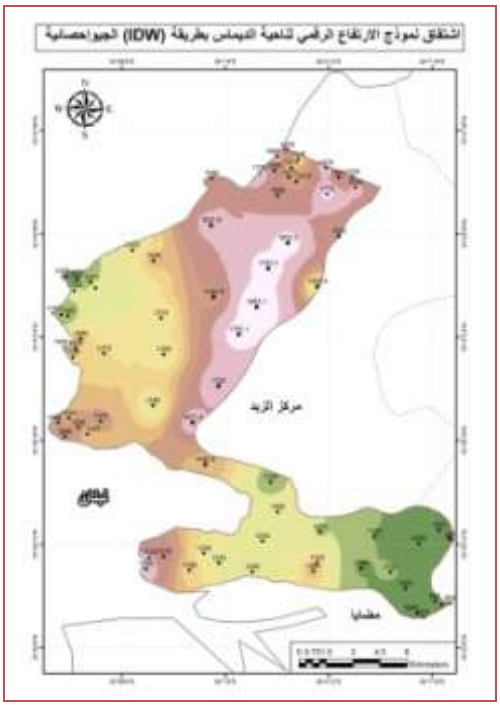


الخريطة(4): اشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية لناحية الديماس حسب طريقة التخمين الاحصائي

- طريقة المسافة الموزونة المعكوسة ((Inverse Distance Weighted(IDW):

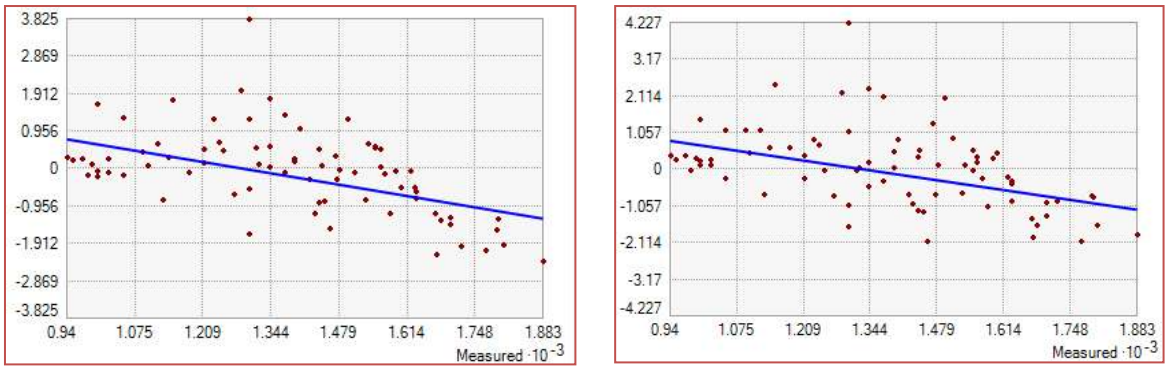
تستخدم طريقة المسافة الموزونة المعكوسة الإحصائية القيم المُقاسة المحيطة بالموقع المتنبئ لتقوم بالتنبؤ بالقيمة لأي موقع غير معروف قيمة ارتفاعه، بالاعتماد على فرضية بأن النقط القريبة من الأخرى تكون متشابهة إلى حد ما أكثر من النقط البعيدة[10].

[10] **Esri, (2014), IDW (Geostatistical Analyst), Arc GIS 10.2.**



الخريطة(5): اشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية لناحية الديماس حسب طريقة (IDW) الجيو إحصائية

ويوضح الشكل (1) مقارنة بين طريقة توزع النقاط وتشتتها للطريقتين (Kriging) و (IDW) الجيو إحصائيتين.



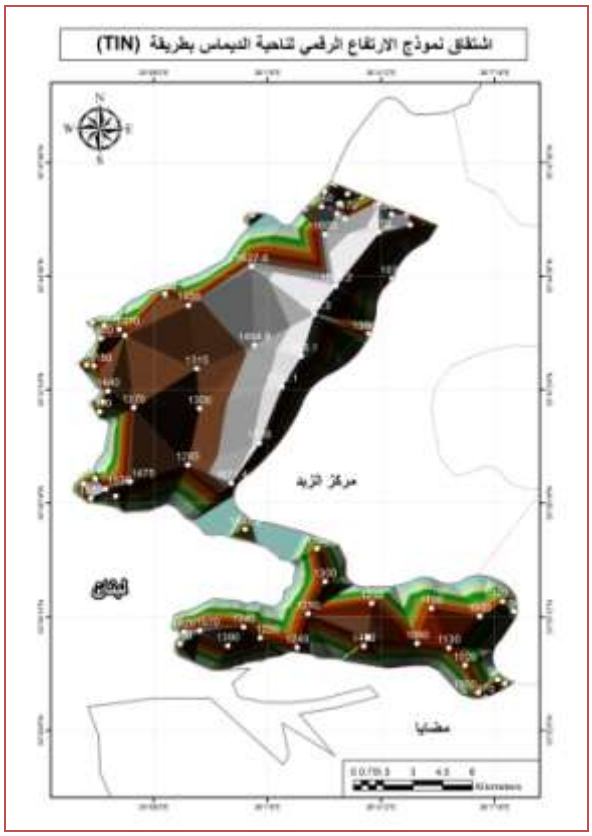
(2) (1)

الشكل (2): 1- طريقة توزع وتشتت نقاط الارتفاع حسب طريقة (Kriging)
2- طريقة توزع وتشتت نقاط الارتفاع حسب طريقة (IDW)

يتضح من الشكل (2) أنه يزداد تبعثر وتشتت البيانات وفقاً لطريقة (IDW). وكانت نسبة الخطأ في طريقة (Kriging) هي (3.83)، بينما (5.48) بحسب طريقة (IDW) الجيو إحصائية.

3- التحليل ثلاثي الأبعاد (3D Analyst):

يتم الاشتقاق الثلاثي الأبعاد لنموذج الارتفاع الرقمية من خلال توليد الشبكة المثلثاتية غير المنتظمة (Triangulated Irregular Network (TIN))، حيث يعتمد مفهوم هذه الشبكة على تحديد مواقع النقاط، وقيمة البيانات غير المكانية (اللازمة لإنشاء السطح ثلاثي الأبعاد) ثم التوصيل بينها بخطوط ستُمثل فيما بينها مثلث يمكن حساب الارتفاع في أي نقطة عليه، ينتج منها مجموعة أو شبكة من المثلثات غير المنتظمة (في المساحة والحجم) تُكون فيما بينها شبكة المثلثات أو (TIN). فهي عبارة عن نموذج خطي في التمثيل (نقاط وخطوط ومضلعات). انظر الخريطة (5) التي توضح اشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية عن طريق الشبكة المثلثاتية غير المنتظمة.



خريطة (5): اشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية لناحية الديماس بطريقة (TIN)

تتميز طريقة (TIN) بأنها تتطلب مساحة تخزين (على القرص الصلب للحاسوب) أقل بكثير من تلك التي تتطلبها الطرق الأخرى، ولذلك فهي مفضلة لتمثيل السطوح في مناطق شاسعة.

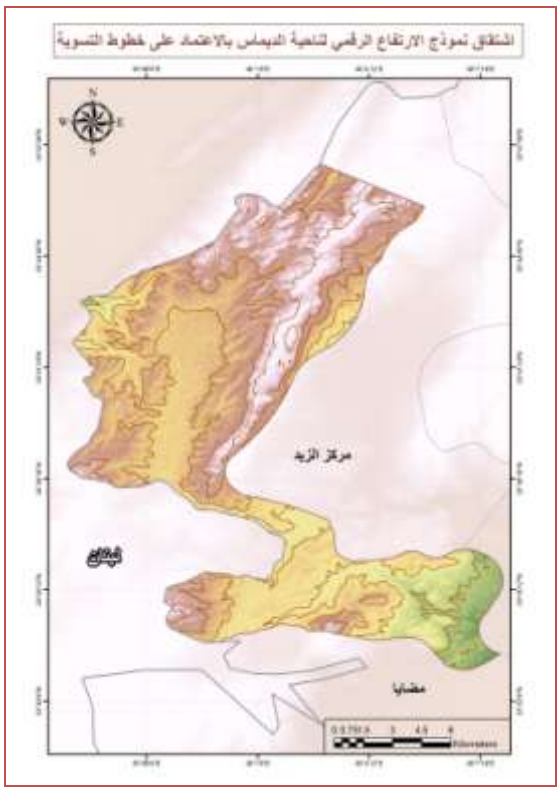
4- اشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية بالاعتماد على خطوط التسوية (Contour Lines):

تُعد خطوط التسوية أو الخطوط ذات الارتفاعات المتساوية من أفضل الطرق لتمثيل التضاريس وأكثرها استعمالاً، وخط التسوية: هو خط وهمي يمر بنقاط متساوية الارتفاع على سطح الأرض. ويتم اعتماد متوسط سطح البحر على أنه منسوب صفر أو منسوب الأساس الذي تُنسب إليه الخطوط الأخرى [11]. توضح الخريطة (6) منحنيات

[11] **صفية عيد، المساحة والمصورات العامة، منشورات جامعة دمشق، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، قسم الجغرافية، دمشق، سورية، 2005م، ص: 139.**

التسوية التي تم ترقيمها من الخريطة الطبوغرافية لناحية الديماس بفاصل رأسي (150م)، وتوضح الخريطة (7) اشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية بالاعتماد على هذه المنحنيات.

خريطة (6): منحنيات التسوية لناحية الديماس



خريطة (7): اشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية لناحية الديماس بالاعتماد على خطوط التسوية

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- إن طريقة (spline) هي الأفضل عند المقارنة بين طريقتي اشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية مكانياً، وذلك لأن طريقة (IDW) المكانية لها عيوب وهي أنها تنتج نقاط مكورة (Bulls Eyes) حول المواقع التي يتم التنبؤ بقيمها، لذا تحتاج لعملية تنعيم (smoothing)، والتنبؤ يكون محصوراً بالنقاط المجاورة للقيم المعلومة. بينما في طريقة (spline) فإنها تقوم بتوليد سطح أملس يمثل جميع النقاط من خلال معادلة تقوم بتخمين القيم عن طريق تصغير قيمة انحناء السطح، وبالمقارنة مع خطوط التسوية فإن هذه الطريقة هي الأنسب لتوليد نموذج الارتفاع الرقمية.

2- إن طريقة التخمين الإحصائي (kriging) أفضل من طريق المسافة الموزونة المعكوسة الجيو إحصائية (IDW)، وذلك لأن طريقة (kriging) قد أنتجت سطح تقديري من النقاط سواء أكانت متباعدة أو متقاربة، وكانت نسبة الخطأ (3.83)، بينما أنتجت طريقة (IDW) سطح تقديري بالاعتماد على القيمة الأقرب لكل نقطة، وشبه عيون مكورة (Bulls eyes) حول تلك النقاط، وكانت نسبة الخطأ (5.48)، عند المقارنة بين طريقتي اشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية جيو إحصائياً.

3- إن اشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية بطريقتي الشبكة المثلثاتية غير المنتظمة (TIN)، وخطوط التسوية مناسب جداً وذلك بسبب تشابه نتائج هذه الطرق بالمقارنة مع خطوط التسوية التي تم ترقيمها من الخريطة الطبوغرافية.

4- إن الطرق الأنسب لاشتقاق نموذج الارتفاع الرقمية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية هي على التوالي: طريقة التخمين الإحصائي (Kriging)، طريقة توليد السطح من منحنيات التسوية، وطريقة خط الانحدار (spline)، وطريقة الشبكة المثلثاتية غير المنتظمة.

التوصيات:

1- الاستفادة من تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في توليد نماذج الارتفاع الرقمية التي تفيد في جميع المجالات والتطبيقات سواء الهندسية والزراعية والعمرانية وغيرها.

2- تطبيق الطرق المُثلى والمناسبة لتوليد نماذج الارتفاع الرقمية وذلك حسب عدد نقط الارتفاع التي تم الحصول عليها ومدى تبعثرها. واستخدام الطرق التي تمت الإشارة إليها للحصول على نموذج ارتفاع رقمي أكثر دقة.

المصادر والمراجع:

المراجع باللغة العربية:

1- علي، عباس. *استخدام نظم المعلومات الجغرافية في إنشاء وتمثيل بيانات نموذج الارتفاع الرقمية لنماذج مختارة من شمال العراق*، جامعة الموصل، العراق، 2015م.

2- عيد، صفية. *المساحة والمصورات العامة* ، منشورات جامعة دمشق، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، قسم الجغرافية، دمشق، سورية، 2005م.

3- فرانكفورت، شاف، وناشيماز، دافيد. *طرائق البحث في العلوم الاجتماعية* . ترجمة ليلى الطويل، بترا للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، 2004م.

4- ل. أرودنيكا. *المنهج الكارتوغرافي "الموسوعة الجغرافية* ". موسكو، 1989م.

المراجع باللغة الانكليزية:

1- FRANKE, R. *Smooth interpolation of scattered data by local thin plate splines. Computer and mathematics with applications*. Vol.8. No.4. Great Britain. (1982).

2- JOHN SHANZE, EVZEN ZEMAN, JIRI MARSALEK, *Flood risk management hazards*, vulnerability and mitigation measures, springer. (2006).

3- MICHAEL KENNEDY, *Introducing geographic information systems with ArcGis9*, John Willey and sons. (2006).

4- PAUL LONGLELY, MACHEL-S. MASUIVE, DAVID.; OTHERS. Geographical Information Systems and Science 2nd edition,(2005).

الأبحاث الانكليزية على المواقع الالكترونية:

1- CHILDS, C. *Interpolating surfaces, Esri education services*. (2004). www.esri/news/arc users/07014/files/ interpolating. 14June.2011.

2- ESRI, IDW. (*Geostatistical Analyst)*, Arc GIS 10.2. (2014), www.esri/news/arc users.