

بناء نموذج ارتفاعي رقمي DEM باستخدام نموذج رياضي جديد

بشار كمال بشير

قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود
ص.ب. ٨٠٠، الرياض ١١٤٢١، المملكة العربية السعودية
البريد الإلكتروني bbashir@ksu.edu.sa

(قدم للنشر في ١/٣/٢٠١٠م، وقبل للنشر في ٢٦/٤/٢٠١٠م)

الكلمات المفتاحية: نموذج ارتفاعي رقمي، تضاريس.
ملخص البحث. نطلق اسم «نموذج ارتفاعي رقمي» (Digital Elevation model) (D E M) على أنه تمثيل لمجموعة من النقاط في منطقة من سطح الأرض، تم تعيين مواقعها المستوية وارتفاعاتها، والذي يؤمن تمثيلاً لتغيرات التضاريس على نحو مستمر لمنطقة معينة.
سيتم الاعتماد في هذا البحث على الطريقة المتوسطة الموزونة لتوليد النماذج الارتفاعية باستخدام التابع الأسّي كتابع للوزن بدلاً من تابع مقلوب المسافة، ودراسة تأثير تغير ثوابت التابع الأسّي المستخدم للحصول على نموذج رياضي دقيق، ومن ثم تقييم النتائج التي تم الحصول عليها.
تمت دراسة دقة النموذج المطور على منطقتين، حيث كان الانحراف المعياري للنموذج المطور للمنطقة الأولى ٠,٣٤م وفي المنطقة الثانية ٠,٨٧م وهي أقل من قيم الانحراف المعياري للطرق الأخرى.
وقد تبين أيضاً من نتيجة الدراسة أن قيم ثوابت التابع الأسّي تؤثر بشكل ملحوظ على دقة النموذج الرقمي وأن القيم التي تم التوصل لها في البحث هي ٨, ١ من أجل قوة التابع الأسّي (n)، أما بالنسبة للمسافة المتوسطة (D) فالنتيجة الأفضل كانت من أجل ٥, ٢م من أجل تباعد لخطوط الشبكة مقداره ٥م.

المقدمة

عدد من المعلومات التي تفيد في دراسة المشاريع الهندسية واتخاذ القرارات الصحيحة (أنظمة المعلومات الجغرافية، ٢٠٠١م). واعتماداً عليها أيضاً يمكن إظهار تضاريس منطقة ممثلة بمنحنيات التسوية، واستنتاج المقاطع الطولية والعرضية عند تصميم الطرق، كما

استخدمت النماذج الارتفاعية الرقمية منذ الستينات في عدد من علوم الأرض، وأصبحت إحدى المكونات الأساسية لأنظمة المعلومات الجغرافية، فاعتماداً عليها يقوم الحاسوب في أنظمة المعلومات الجغرافية باستنتاج

منهجية البحث

هذا البحث سينجز في عدة مراحل:

١- اختيار عينات اختبار النموذج: وتشمل اختيار عدة مواقع من الأراضي التي سيتم إنشاء نموذج رقمي لها مع مراعاة تنوع شكل الأرض من حيث التضاريس والوعورة باستخدام محطات الرصد المتكاملة حيث سيتم من خلال تلك توليد النموذج الارتفاعية للأرض.

٢- توليد النماذج الارتفاعية لقياسات المرحلة الأولى باستخدام برنامج surfer7 وإجراء مقارنة بين الطرق المستخدمة في البرنامج.

٣- تطوير برنامج يقوم بحساب نموذج ارتفاعي رقمي باستخدام التابع الآسي كوزن في طريقة المتوسطة الموزونة وذلك باستخدام لغة البرمجة Delphi الكائنية المنحى. إن اعتماد لغة البرمجة الكائنية المنحى يساعد على سهولة تطوير توابع وإجراءات جديدة بوراثة توابع موجودة مسبقاً وتطويرها دون أن يؤثر ذلك على آلية عمل التوابع الأصلية.

٤- اختبار النموذج الارتفاعي المطور ومقارنته مع النتائج التي تم الحصول عليها في المرحلة الثانية.

٥- دراسة تأثير تغيير الثوابت على دقة النموذج من خلال دراسة علاقة تغيير قوة التابع الآسي على دقة النموذج، ودراسة تأثير تغيير قيمة المسافة المتوسطة على دقة النموذج، دراسة العلاقة بين قيمة المسافة المتوسطة وكثافة النقاط، والبحث عن علاقة بين قيمة المسافة المتوسطة والكثافة للحصول على نموذج دقيق.

٦- استقراء منهجية محددة لاختيار ثوابت التابع الآسي حسب وعورة الأرض من خلال النتائج التي تم الحصول عليها في المرحلة الخامسة، ودراسة دقة

وتطبق استناداً إليها طرق التوسط لحساب ارتفاعات النقاط في منطقة وحساب وإظهار ميول الأرض الطبيعية، ويمكن إظهار البعد الثالث للمنطقة على شاشة الحاسوب باتباع طرق تظليل التضاريس، وتحليل الجريان السطحي، والرؤية المتبادلة وغيرها.

إن مسألة تشكيل نموذج تضاريسي رقمي، هي في الواقع عملية حساب ارتفاع نقاط موزعة بشكل منتظم اعتماداً على ارتفاع مجموعة أخرى من النقاط موزعة بشكل غير منتظم (العينة المقاسة) وذلك باستخدام إحدى طرق الاستيفاء الداخلي واختيار قيمة التباعد الثابت بشكل مناسب ومنسجم مع وعورة التضاريس.

أهمية البحث

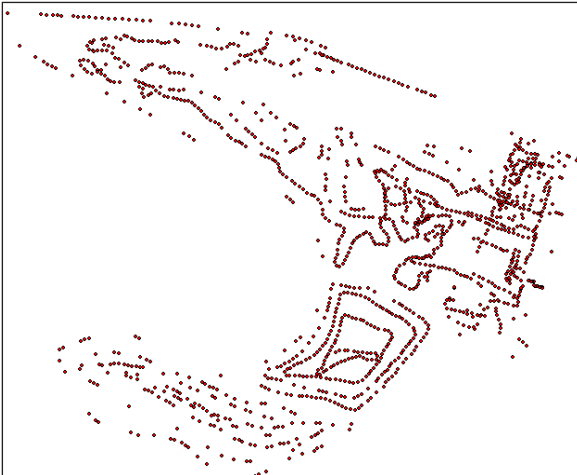
إن دقة النموذج الارتفاعي الرقمي له تأثير مباشر على دقة التطبيقات التي تستخدم ذلك النموذج ولعله من أكثر التطبيقات شيوعاً واستخداماً هي خطوط التسوية (*Digital Elevation Model Technologies and Applications, 2001*) التي بواسطتها، يمكن تمثيل سطح الأرض الطبيعية من وديان ومنحدرات وسهول وتلال وغير ذلك. ودقة هذا التمثيل يعتمد على دقة اشتقاق هذه الخطوط من النموذج الرقمي، كما أن جودة النموذج الرقمي له تأثير فعال على شكل وجودة خطوط التسوية الناتجة عنه من ناحية التعميم والنعومة وضياع التفاصيل.

ليس المهم دائماً أن نصل إلى نموذج رقمي دقيق بأقل قيمة للانحراف المعياري للرواسب، لكن المهم أن نصل إلى نموذج ارتفاعي دقيق مع المحافظة على الحد الأدنى من نعومة خطوط التسوية.

أما المنطقة الثانية فهي أوسع من المنطقة الأولى وليست ضمن نطاق مستطيل وتتوزع النقاط فيها بشكل عشوائي فنجد بعض المساحات شديدة الكثافة وفي مناطق أخرى منخفضة الكثافة، والشكلان رقماً (١ و ٢) يبينان توزيع النقاط في هاتين المنطقتين:



الشكل رقم (١). النقاط ذات التوزيع المنتظم المقترحة للدراسة (المنطقة الأولى).



الشكل رقم (٢). النقاط ذات التوزيع العشوائي المقترحة للدراسة (المنطقة الثانية).

النموذج المولد عند وجود انحدارات شاقولية أو شبه شاقولية أو انكسارات حادة في الأرض.
٧- إجراء تحليل مقارنة للتائج.

فروض البحث

نفترض في هذا البحث الفروض التالية:

- ١- إن استخدام التوابع الرياضية الأسية لبناء نموذج ارتفاعي رقمي سوف يؤدي إلى توليد نموذج رقمي دقيق يتماشى مع تغيرات شكل وميول الأرض.
- ٢- نظراً لوجود وسيطين في التابع الأسي (التوزيع الطبيعي) فإن تغير هذه الوسائط مجتمعة أو منفردة سيؤثر على دقة النموذج الارتفاعي الرقمي، وبالتالي سيعطينا هذا التابع إمكانية تطويع تلك الوسائط لتتلاءم مع تغيرات شكل الأرض والتواء خطوط التسوية. (دراسة دقة الرسم الآلي لخطوط التسوية، ٢٠٠٢م).
- ٣- تغيير دقة النموذج بتغير كثافة النقاط المقاسة وتوزعها، وبشكل تضاريس الأرض ووعورتها (سهلة، وعرة، شديدة الوعورة).
- ٤- إن أي نموذج ارتفاعي نقوم بحسابه يعتمد وبشكل أساسي على دقة وتوزيع نقاط العينة المقاسة، لذلك نفترض في هذا البحث أن جميع قيم النقاط المقاسة هي دقيقة وضمن الخطأ المسموح للقياس.

إجراءات البحث

اختيار عينات الدراسة

تم اختيار مجموعة من النقاط المقاسة لبحيرة سد لبن في المنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية كمنطقة للدراسة، وتم اقتطاع منها منطقتين للدراسة، المنطقة الأولى تتوزع فيها النقاط ضمن شكل مستطيل،

تحديد تباعد الشبكة للمنطقة الأولى

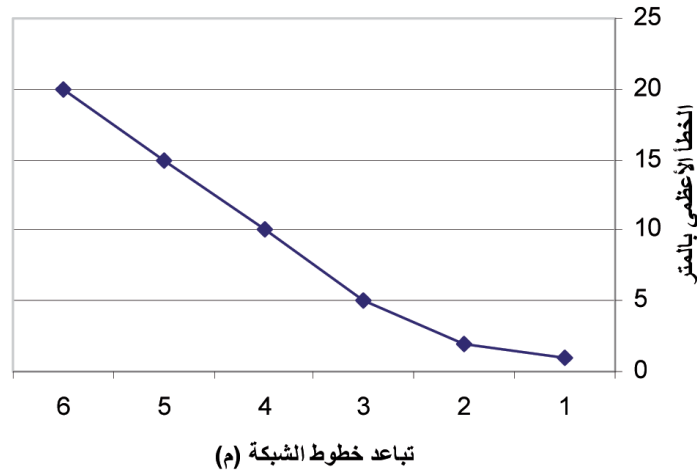
سنستخدم طريقة (Kriging) لتحديد تباعد الشبكة للمنطقة الأولى حيث تعد هذه الطريقة من إحدى الطرق الرياضية المرنة في إنتاج النماذج الارتفاعية الرقمية، وتستخدم هذه الطريقة في حالة توزيع نقاط العينة في الأرض بشكل غير متساوي.

سنستخدم برنامج Surfer 7 لتوليد النموذج الارتفاعي الرقمي، وهو برنامج من إنتاج Golden Software، وهو برنامج لحساب النماذج الارتفاعية

الرقمية ورسم خطوط التسوية بالإضافة إلى قيامه بحساب الحجم.

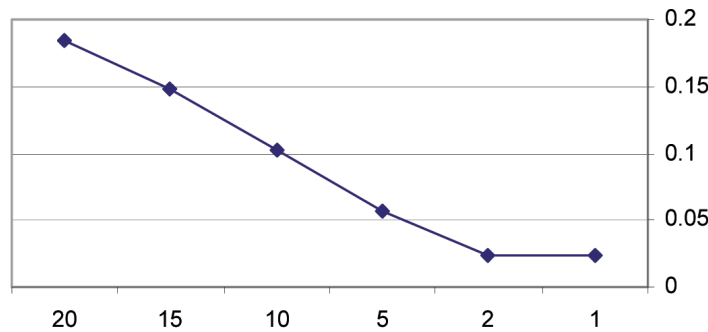
بعد توليد النموذج الارتفاعي الرقمي، سيتم حساب الخطأ الأعظمي المرتكب والانحراف المعياري للرواسب عند تطبيق طريقة (Kriging) باستخدام عدة تباعدات للشبكة المنتظمة.

نلاحظ من الشكلين رقمي (٣ و ٤) أن شكل الخط البياني للانحراف المعياري والخطأ الأعظمي بدأ بالتزايد عند القيمة ٥م، لذلك سنعمد تباعد خطوط الشبكة بمقدار ٥م.



الشكل رقم (٣). القيم العظمى للأخطاء المرتكبة على النقاط حسب طريقة Kriging.

Standard deviation



الشكل رقم (٤). الانحراف المعياري للأخطاء المرتكبة على النقاط حسب طريقة Kriging.

ولدراسة دقة النموذج للمنطقة الأولى حسب الطرق المتبعة ببرنامج Surfer 7 سنقوم بمقارنة دقة النموذج الارتفاعي باستخدام الطرق الرياضية الموجودة ببرنامج Surfer 7 وبعتماد تباعد للشبكة وقدره ٥ أمتار، كما هو مبين في الجدول رقم (١) حيث أن طريقة Kriging تملك القيمة الصغرى للخطأ الأعظمي (٠,٢٣١١) والقيمة الثانية للانحراف المعياري للرواسب (٠,٠٥٦٨) في المنطقة الأولى بينما كان الخطأ الأعظمي بطريقة Nearest Neighbor (٠,٣٣٤١) والانحراف المعياري (٠,٠٤٢٢).

الجدول رقم (١). الأخطاء المرتكبة حسب عدة نماذج على المنطقة الأولى.

Triangulation with Linear Interpolation	Radial Basis Function	Polynomial Regression	Nearest Neighbor	Natural Neighbor	Modified Shepard's Method	Minimum Curvature	Kriging	Inverse Distance to a Power	
0.1893	0.1893	0.0000	-0.0560	0.9180	-1.7080	-2.0884	0.2801	0.7284	Sum
-0.4818	-0.4818	-2.1225	-0.3042	-0.2455	-0.6589	-0.3377	-0.4000	-0.3812	Minimum
0.3144	0.3144	3.0646	0.3341	0.2659	0.2968	0.3031	0.2311	0.3551	Maximum
0.0003	0.0003	0.0000	-0.0001	0.0019	-0.0030	-0.0037	0.0005	0.0013	Mean
0.0832	0.0832	0.7092	0.0422	0.0679	0.0671	0.0645	0.0568	0.0843	Standard deviation

واختيار التباعد الأصغر بينهما (يمكن للمستخدم تغيير تباعد خطوط الشبكة إلى أي قيمة)

stepx := round((Xmax - XMin)/100);

stepy := round((ymax - yMin)/100);

if stepx < stepy then step := stepx else step := stepy;

٢- توليد النموذج الرقمي

سنستخدم طريقة المتوسطة الموزنة لتوليد النموذج

الارتفاعي الرقمي، حيث سيتم حساب الارتفاع عند كل عقد من عقد الشبكة من خلال المعادلة:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n p_i z_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

تطوير نموذج ارتفاعي جديد باستخدام تابع الوزن الأسّي تم اتباع الخطوات التالية لحساب النموذج الارتفاعي:

١- حساب الوسائط التي تحدد شكل ووعورة

الأرض

سيتم حساب عدد من الوسائط التي تقدر شكل ووعورة الأرض منها:

المسافة الوسطية للنقاط والتي تعطي فكرة مبدئية عن كثافة النقاط في العينة المدروسة (تعلم واحترف

(Delphi 7 2004

Mid_Dis := (Xmax-XMin)*(Ymax-YMin)/Point_Count;

Mid_Dis := sqrt(Mid_Dis);

كما يتم حساب تباعد مبدئي لخطوط الشبكة

على أساس تقسيم المنطقة إلى ١٠٠ سطر أو ١٠٠ عمود

لكن التابع الأسّي المقترح لا يمكن تصنيفه على أنه تابع كثافة للتوزيع الطبيعي.

٣- اختبار مبدئي لتابع الوزن المقترح

لأخذ صورة مبدئية عن تصرف التابع الأسّي، سنعتبر أنه لدينا نقطتان p_1, p_2 المسافة بينهما عشرة وحدات قياس، ارتفاع النقطة الأولى ١٠ وحدات والثانية ١٠٠ وحدة قياس.

ولندرس كيفية تأثير تغير الارتفاع بين هاتين النقطتين بتطبيق معادلة التابع الأسّي كتابع للوزن ودراسة تأثير تغيير قيمة الثابت D على قيمة الارتفاع بين النقطتين.

نلاحظ من الشكل رقم (٥) أن القيمة المفضلة للثابت D هي بحدود ٥ أي ما يعادل نصف المسافة بين النقطتين p_1, p_2 بينما القيمة ١ أعطت عتبة أواسعة قرب النقطتين p_1, p_2 وإذا زادت المسافة عن ٧ أخذ التابع الأسّي الشكل الخطي كما يوضح الشكل عند القيمة ٢٠ لكن مع أخطاء كبيرة عند النقطتين p_1, p_2 .

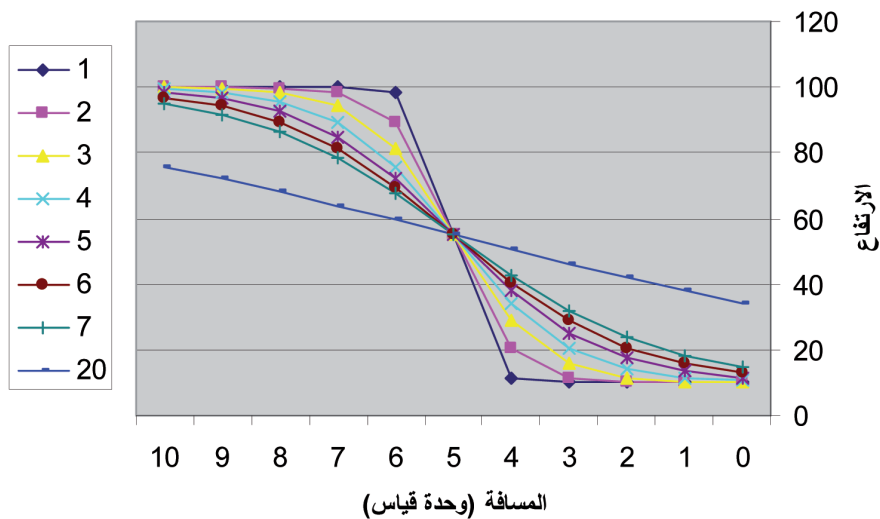
إلا أننا سنستخدم التابع الأسّي للوزن بدلاً من مقلوب المسافة حسب التابع التالي:

$$f(x) = P = e^{-1/2\left(\frac{x}{D}\right)^n}$$

حيث إن X هو بعد النقطة المقاسة عن عقدة الشبكة، D هو ثابت يعبر عن كثافة النقاط في العينة المدروسة (هو ثابت بالنسبة لمنطقة معينة منتظمة التوزيع، لكنه يمكن أن يأخذ عدة قيم حسب كثافة نقاط المنطقة).

إن التابع الأسّي المقترح له سلوك يقترب إلى حد ما من التوزيع الطبيعي الذي يعتبر من أهم التوزيعات المستمرة في الاحتمالات، حيث نقول عن متحول عشوائي X إنه يتبع التوزيع الطبيعي (الرياضيات والإحصاء الهندسي، ٢٠٠٥م) إذا كان تابع الكثافة لهذا التوزيع يعطى بالعلاقة:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-1/2\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2}$$



الشكل رقم (٥). اختبار مبدئي لتابع الوزن المقترح.

```

ww,dis,teta:real;
p:Trpoint;
begin
Id:= Get_Nearest_GID(Base_p);
for x1:= Id.x-crit_G to Id.x+crit_G do
for y1:= Id.y-crit_G to Id.y+crit_G do
begin
p:= Grid_point(x1,y1);
if p.No <> -1 then
begin
dis := Calc_Dist(Base_p,p,teta);
ww:= waz(dis , Mid_Dis ); // Mid_Dis Grid_
arr[x1,y1].denst
Grid_arr[x1,y1].W :=Grid_arr[x1,y1].W+ ww;
Grid_arr[x1,y1].x :=Grid_arr[x1,y1].x+ Base_p.x* ww;
Grid_arr[x1,y1].y :=Grid_arr[x1,y1].y+ Base_p.y*ww;
Grid_arr[x1,y1].z :=Grid_arr[x1,y1].z+ Base_p.z*ww;
end;
end;
end;

```

هذه الطريقة نكون قد عبرنا وبشكل منفصل عن تأثير كل نقطة على النموذج الارتفاعي الرقمي ولحساب ارتفاع كل عقدة يجب أن نقوم بتقسيم مجموع الارتفاعات مضروبة بالأوزان الجزئية على مجموع الأوزان كما يلي:

```

for x:= 0 to x_Count-1 do
for y:= 0 to y_Count-1 do
if Grid_arr[x,y].W <> 0 then
begin
Grid_arr[x,y].X := Grid_arr[x,y].X/Grid_arr[x,y].W;
Grid_arr[x,y].y := Grid_arr[x,y].y/Grid_arr[x,y].W;
Grid_arr[x,y].z := Grid_arr[x,y].z/Grid_arr[x,y].W;

```

٤- الخوارزمية المتبعة لحساب ارتفاع النقاط للنموذج الارتفاعي المطور

بعد تخزين النقاط المقاسة بمصفوفة من النوع Trpoint يتم انشاء مصفوفة خاصة للنموذج الارتفاعي الرقمي حسب حدود المنطقة (Xmax,XMin,Ymax,Ymin) وحسب تباعد خطوط الشبكة وذلك بحساب عدد أسطر وأعمدة المصفوفة التي سيخزن بها النموذج الارتفاعي الرقمي.

```

gXmin := trunc(Xmin);
gYmin := trunc(ymin);
y_Count := round((Ymax- Ymin)/step)+2;
x_Count := round((Xmax- Xmin)/step)+2;
gXmax:= gXmin +X_Count * step ;
gYmax :=gYmin +y_Count * (step);
setlength(Grid_arr ,x_Count, y_Count);

```

بعد ذلك سندرس تأثير كل نقطة على النموذج الارتفاعي وذلك بحساب بعدها عن عقدة الشبكة المراد حساب الارتفاع عندها ومن ثم حساب تأثير هذا الارتفاع بحساب الوزن.

إن اختيار المساحة التي سوف تؤثر النقطة بها على النموذج الرياضي هو من أحد الوسائط المراد تحديد كيفية اختياره.

```

for i:=0 to Point_Count -1 do
gg.Set_Grid_Care (point_arr[i]);

```

أما كيفية حساب تأثير كل نقطة من نقاط القياس فهو حسب الطريقة المدرجة أدناه:

```

procedure Set_Grid_Care(Base_p: Trpoint);
var
x1,y1:integer;
ID:Tpoint;

```

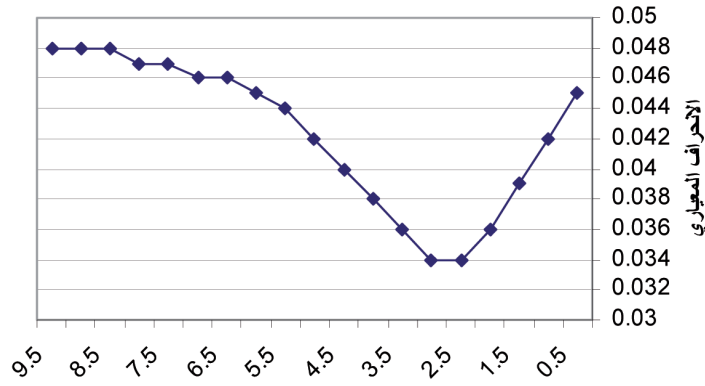
٥, ٩ م وسندرس دقة النموذج عند كل قيمة، أما بالنسبة للأس (n) فسنقوم بتغير قيمه من القيمة ٢, ٠ إلى القيمة ٨, ٤ حيث فترضنا بفروض البحث أن القيمة المتوقعة للثابت n هي ٢.

يبين الشكل رقم (٦) تغير قيمة الانحراف المعياري للرواسب باختيار قيمة التباعد ٥ أمتار مع تغير القيمة الوسطية D، ونلاحظ أن أصغر قيمة للانحراف المعياري هي عند القيمة ٥, ٢ م، أما في الشكل رقم (٧) نجد أن الخطأ الأعظمي للرواسب كان عند القيمة ٤ م.

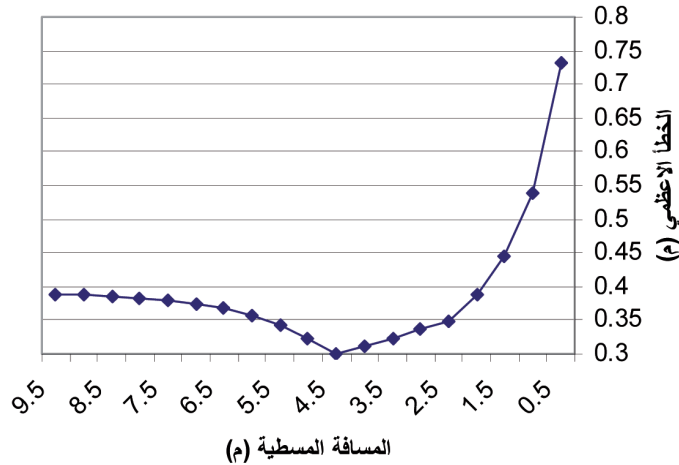
```
Grid_arr[x,y].Draw := true
end
end
```

إن تغير وسائط النموذج الرياضي سيؤثر على دقة النموذج، كما سيؤثر على انسيابية خطوط التسوية الناتجة عن النموذج الارتفاعي الرقمي.

٥- تأثير تغير الوسائط على دقة النموذج الرقمي
سوف نقوم بدراسة تأثير تغيير قيمة المسافة الوسطى على دقة النموذج، أن تباعد الشبكة المختار هو ٥ م، لذلك سنغير قيمة المسافة الوسطى من ٥, ٠ -

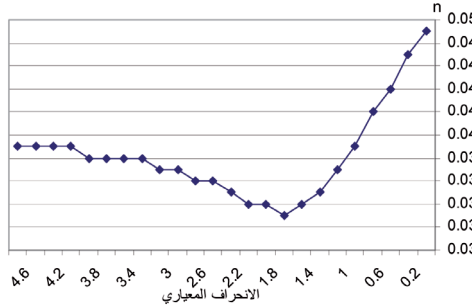


الشكل رقم (٦). تغير قيمة الانحراف المعياري للرواسب لتباعد ٥ أمتار بتغير الوسطية D.

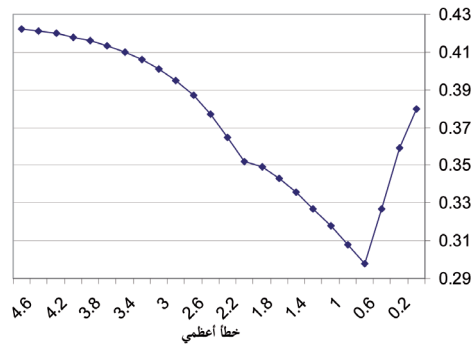


الشكل رقم (٧). تغير قيمة الخطأ الأعظمي للرواسب لتباعد ٥ أمتار بتغير الوسيط D.

الشكلين رقمي (٨ و ٩) يبينان دراسة تغير قيمة القوة n على قيم الانحراف المعياري و على الخطأ الأعظمي.

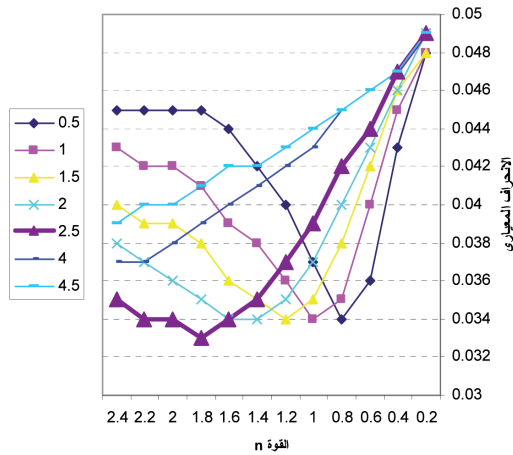


الشكل رقم (٨). قيم الانحراف المعياري للرواسب للنموذج المطور بتغيير القوة n .



الشكل رقم (٩). تغير قيم الخطأ الأعظمي للرواسب للنموذج المطور بتغيير القوة n .

و عند رسم مخطط يبين تغير الانحراف المعياري مع القوة n وتخصيص منحنى لكل مسافة وسطية، نلاحظ أن القيمة التي يوصى بها لنموذج ارتفاعي دقيق هي وكما يبينه الشكل رقم (١٠)، إلا أننا لو اعتبرنا أن تماشياً مع التوزيع الطبيعي في علم الإحصاء فلا ضرر من ذلك.



الشكل رقم (١٠). تأثير تغير قوة التابع الأسّي مع المسافة الوسطية على الانحراف المعياري للرواسب النموذج الرياضي.

٦- مقارنة دقة النموذج المطور مع الطرق المتبعة

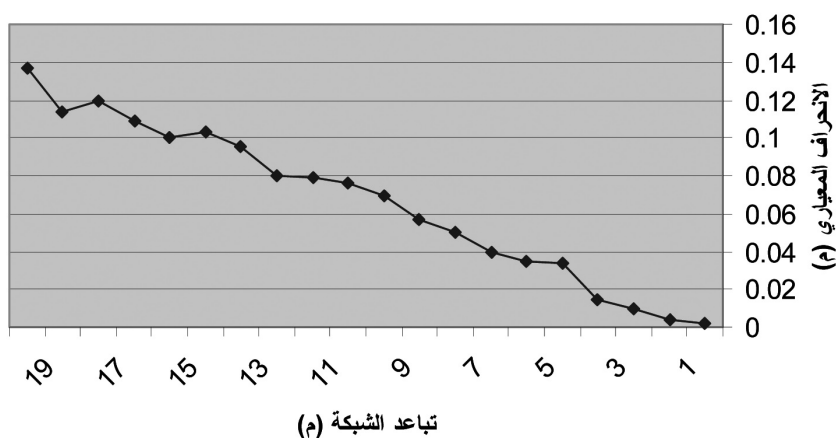
في برنامج Surfer 7

سنقوم بحساب الخطأ الأعظمي والانحراف المعياري للرواسب وذلك بتغيير تباعد خطوط الشبكة (الشكل رقم ١١) من القيمة ١م إلى القيمة ٢٠م والجدول رقم (٢) يوضح قيم النتائج المحسوبة.

نلاحظ من الشكل رقم (١٠) أن القيمة التي

يوصى بها لنموذج ارتفاعي دقيق هي $D = 2.5m$ و $n = 1.8$ إلا أننا لو اعتبرنا أن $n = 2$ تماشياً مع التوزيع الطبيعي في علم الإحصاء فلا ضرر من ذلك.

sd



الشكل رقم (١١). تغير الانحراف المعياري للنموذج المطور بتغير تباعد الشبكة.

للانحراف المعياري بينما طريقة Kriging أعطت أقل قيمة للخطأ الأعظمي.

بمقارنة هذه النتائج مع نتائج برنامج Surfer 7 نجد ان الطريقة المطورة في هذا البحث أعطت أقل قيمة

الجدول رقم (٢). مقارنة نتائج النموذج المطور مع الطرق المعتمدة ببرنامج Surfer 7.

Developed DEM	Triangulation with Linear Interpolation	Radial Basis Function	Polynomial Regression	Nearest Neighbor	Natural Neighbor	Modified Shepard's Method	Minimum Curvature	Kriging	Inverse Distance to a Power	
0.349	0.3144	0.3144	3.0646	0.3341	0.2659	0.2968	0.3031	0.2311	0.3551	Maximum
0.034	0.0832	0.0832	0.7092	0.0422	0.0679	0.0671	0.0645	0.0568	0.0843	Standard deviation

دراسة المنطقة الثانية باستخدام النموذج المطور

إن المنطقة الثانية التي سيتم فيها اختبار النموذج الرياضي عليها هي منطقة سد لبن في المنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية، وهي منطقة غير منتظمة التوزيع، كما يظهر في الشكل رقم (١٢) وبالتالي يجب عدم حساب الارتفاعات عند كل عقدة شبكة كما يتم في بعض البرنامج.

إن اختيار العقد الممكن حساب الارتفاع عندها يمكن أن يتبع إلى عدة طرق نذكر منها:

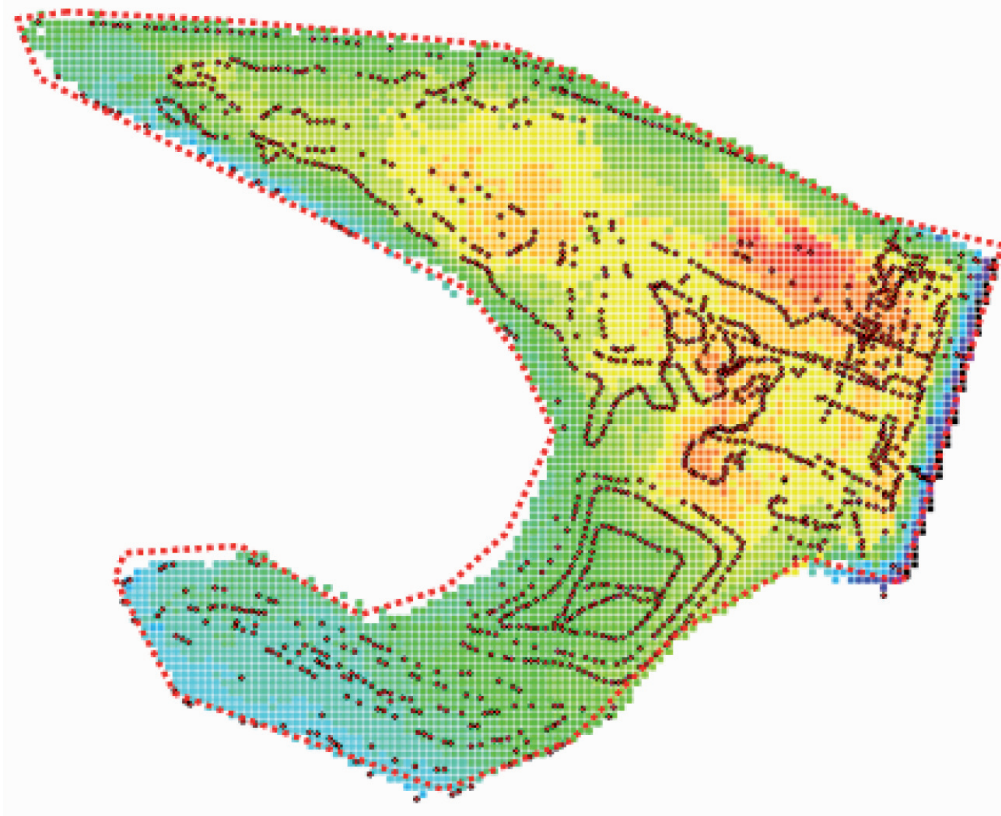
١- استخدام تابع رياضي معين يبين مدى انحراف العقدة عن المتوسط المكانية للنقاط المجاورة لها.

٢- تمرير خطوط بين النقاط المقاسة وحساب الارتفاع بطريقة التوسط الداخلي عند العقد المجاورة لتلك الخطوط.

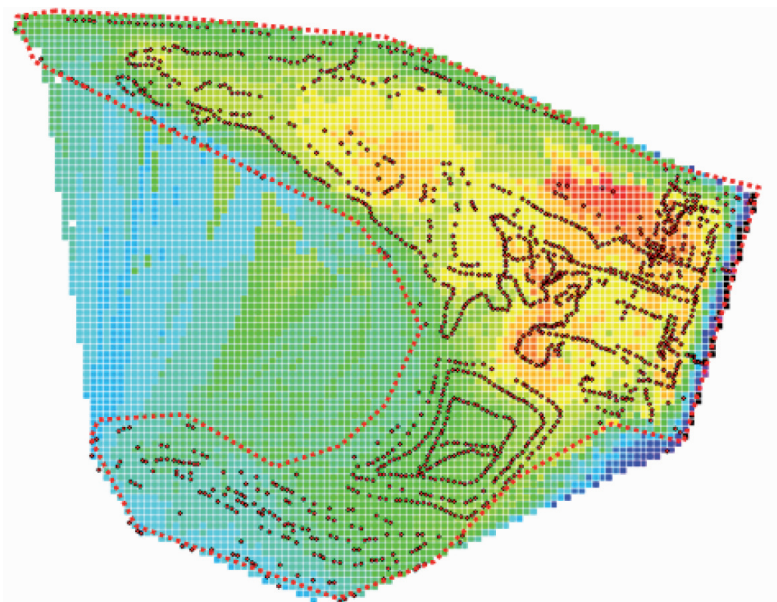
٣- تمرير مثلثات TIN وحساب الارتفاع عند العقد الواقعة ضمن تلك المثلثات فقط.

٤- رسم مغلف للمنطقة المراد دراستها وحساب الارتفاع عند العقد الواقعة ضمن هذا المغلف.

والشكلان رقما (١٢ و ١٣) يبينان طرق حساب المغلف باستخدام الطريقة الثانية (تمرير خطوط بين النقاط المقاسة).



الشكل رقم (١٢). توسط داخلي للنقاط التي تبعد عن بعض مسافة تقل عن ٧٥م.



الشكل رقم (١٣). توسط داخلي للنقاط التي تبعد عن بعض مسافة نقل عن ٤٠٠ م.

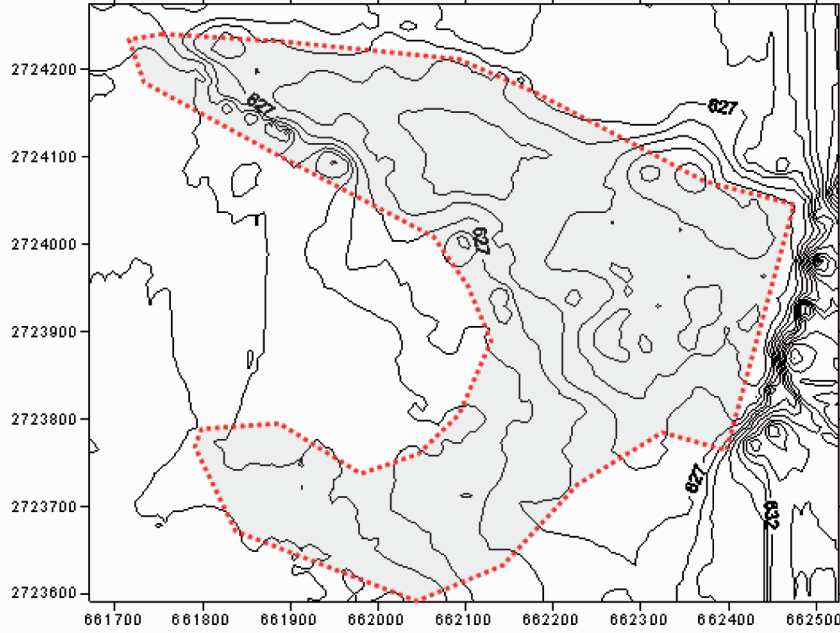
- دراسة دقة النموذج حسب الطرق المتبعة
برنامج 7 Surfe:
نظرا لتوسع المنطقة الثانية عن الأولى اعتمدنا
تباعد لخطوط الشبكة بمقدار ٨م وتم حساب الأخطاء
بين النقاط المقاسة وبين النماذج الرياضية المولدة فكانت
النتائج حسب الجدول رقم (٣).

نلاحظ مما سبق أن التحديد الآلي لمنطقة
الحساب يتبع للمسافة التي يجب اعتمادها للتوسط
الداخلي بين النقاط وكلما زادت تلك المسافة كلما
كانت المساحة المغطاة أشمل وأوسع. ففي الشكل
رقم (١٣) نلاحظ أن حدود المنطقة تجاوزت حدود
النقاط المسوحة.

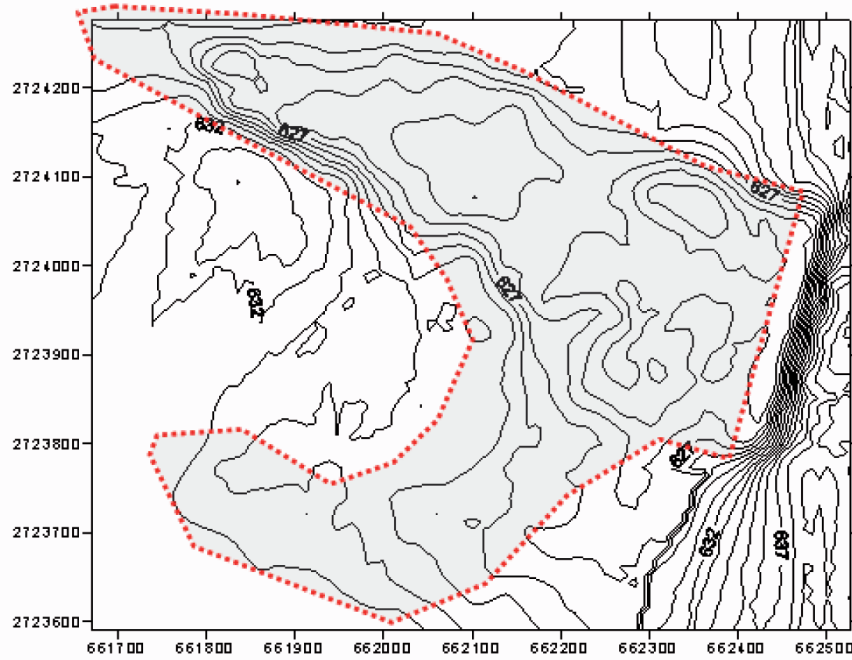
الجدول رقم (٣). الأخطاء المركبة حسب برنامج 7 Surfer على المنطقة الثانية.

Triangulation with Linear Interpolation	Radial Basis Function	Polynomial Regression	Nearest Neighbor	Natural Neighbor	Modified Shepard's Method	Minimum Curvature	Kriging,	Inverse Distance to a Power	
-55.328	-14.461	0.000	-11.520	-45.858	-10.440	-10.440	-9.901	9.156	Sum
-1.783	-1.020	-2.826	-1.205	-0.978	-1.375	-1.375	-0.905	-0.981	Minimum
0.577	1.509	13.213	0.877	0.570	1.338	1.338	1.282	3.023	Maximum
-0.043	-0.011	0.000	-0.009	-0.037	-0.008	-0.008	-0.007	0.007	Mean
0.183	0.193	1.841	0.127	0.162	0.176	0.176	0.145	0.235	Standard deviation

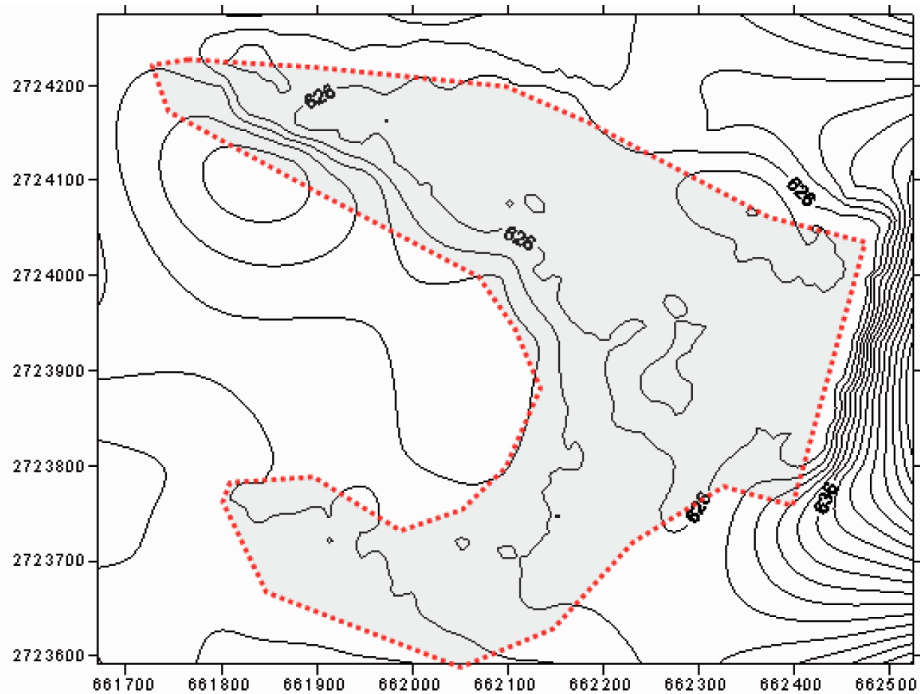
و فيما يلي نبين أشكال خطوط التسوية حسب كل طريقة (الأشكال أرقام ١٤-٢١):



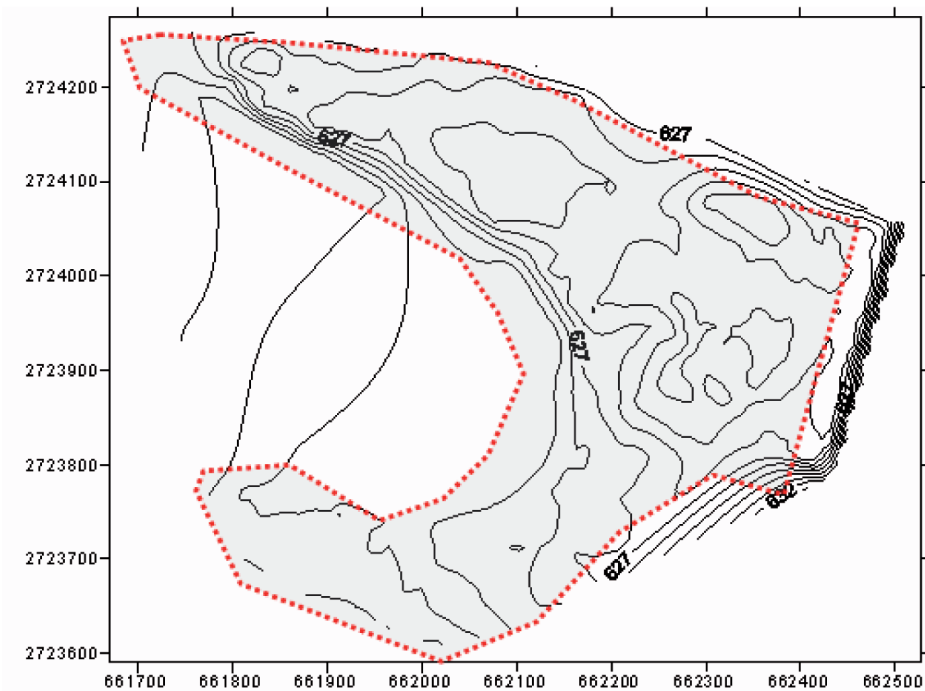
الشكل رقم (١٤). التسوية للمنطقة الثانية حسب طريقة Inverse Distance to a Power.



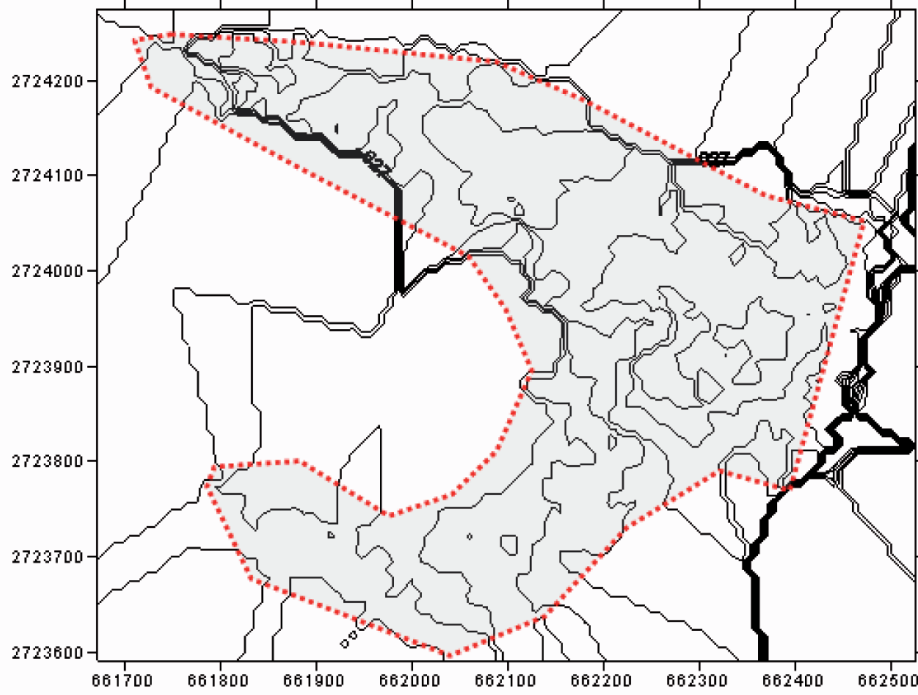
الشكل رقم (١٥). خطوط التسوية للمنطقة الثانية حسب طريقة Kriging.



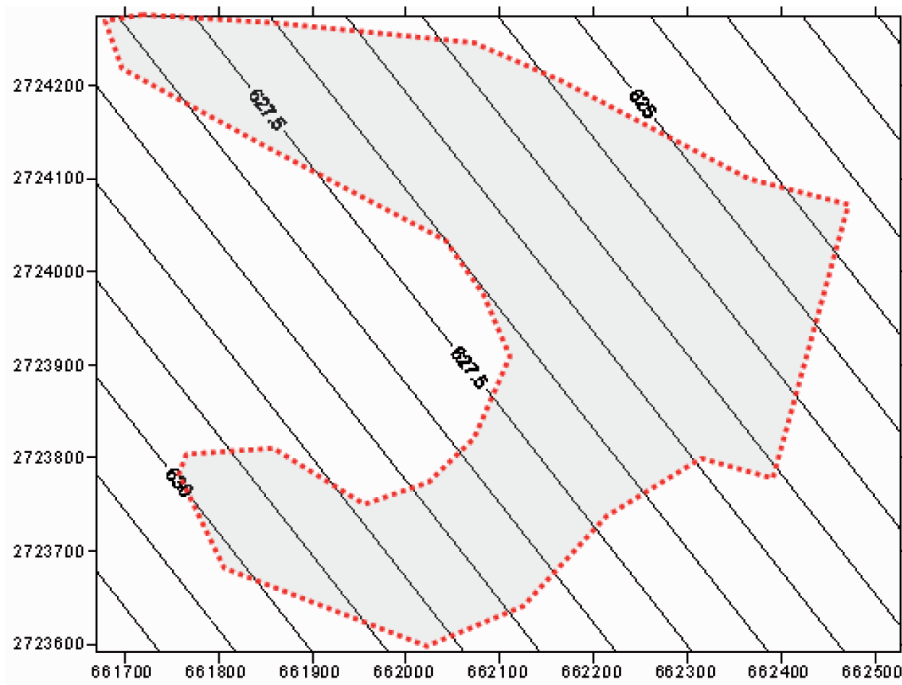
الشكل رقم (١٦). خطوط التسوية للمنطقة الثانية حسب طريقة Minimum Curvature.



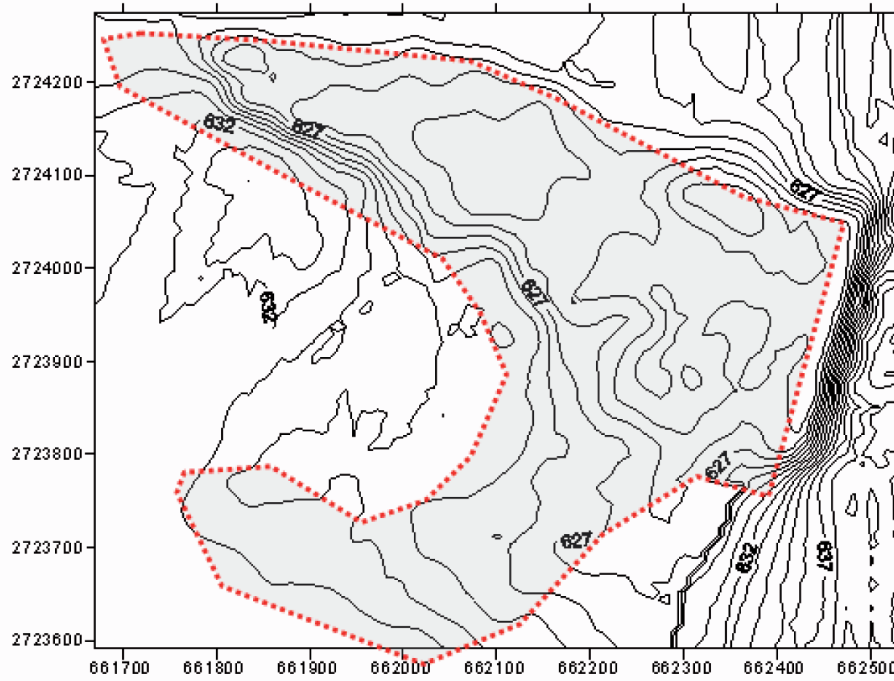
الشكل رقم (١٧). خطوط التسوية للمنطقة الثانية حسب طريقة Natural Neighbor.



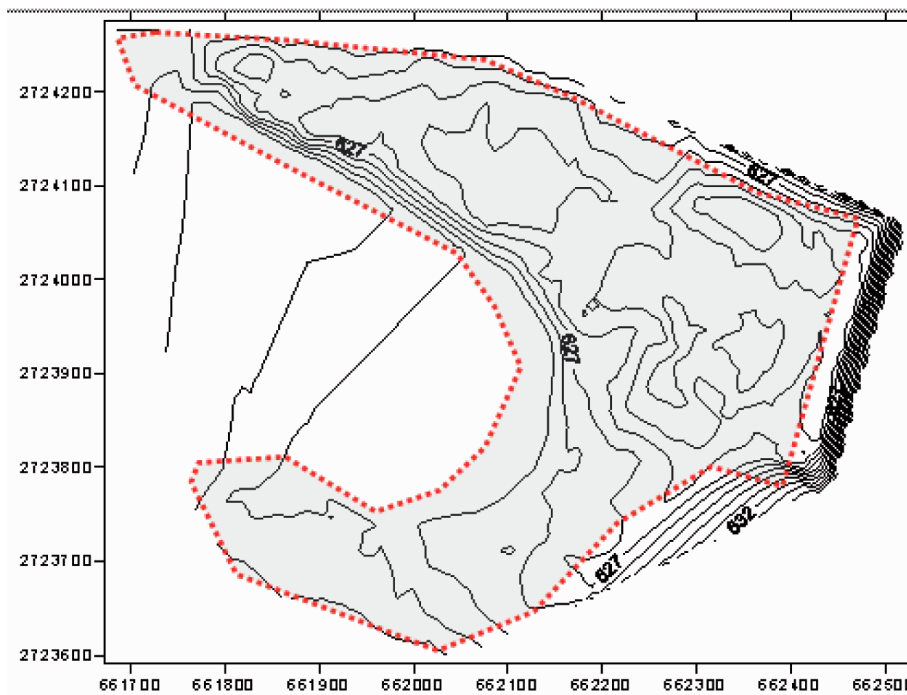
الشكل رقم (١٨). خطوط التسوية للمنطقة الثانية حسب طريقة Nearest Neighbor.



الشكل رقم (١٩). خطوط التسوية للمنطقة الثانية حسب طريقة Polynomial Regression.



الشكل رقم (٢٠). خطوط التسوية للمنطقة الثانية حسب طريقة Radial Basis Function.



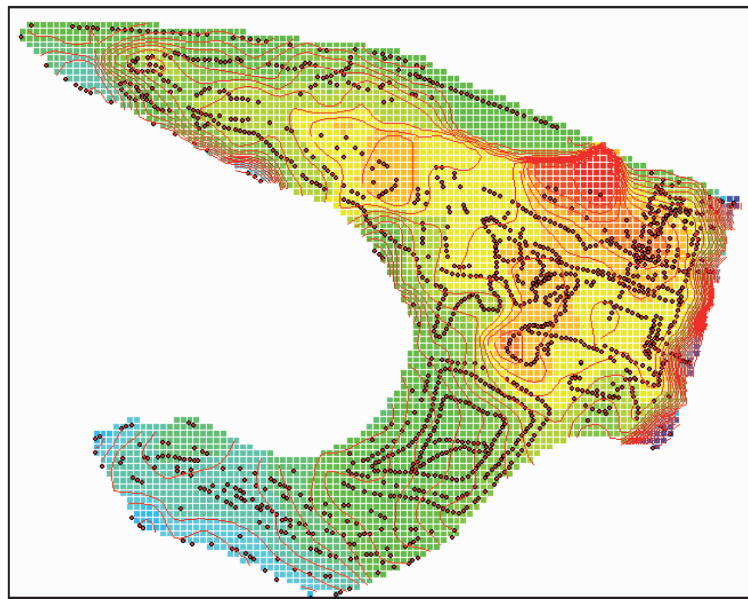
الشكل رقم (٢١). خطوط التسوية للمنطقة الثانية حسب طريقة TIN.

نلاحظ من الأشكال السابقة إن الطريقتين الوحيدتين اللتين تقيدتا بحدود المنطقة (ولو بشكل تقريبي) هي طريقة التثليث وطريقة الجوار الطبيعي، أما بقية الطرق فلم تراعي شكل المنطقة نهائياً، ونلاحظ التباين الكبير بشكل خطوط التسوية بين تلك الطرق مما يعني عدم دقة تمثيل تلك الخطوط تمثيلاً واقعياً لشكل التضاريس المتوقع؟ مقارنة دقة نتائج المنطقة الثانية مع نتائج برنامج Surfer 7 (الجدول رقم ٤).

الجدول رقم (٤). مقارنة نتائج النموذج المطور في المنطقة الثانية مع طرق برنامج Surfer 7.

Developed DEM	Triangulation with Linear Interpolation	Radial Basis Function	Polynomial Regression	Nearest Neighbor	Natural Neighbor	Modified Shepard's Method	Minimum Curvature	Kriging	Inverse Distance to a Power	
0.986	0.577	1.509	13.213	0.877	0.570	1.338	1.338	1.282	3.023	Maximum
0.087	0.183	0.193	1.841	0.127	0.162	0.176	0.176	0.145	0.235	Standard deviation

نلاحظ في هذه المنطقة أن النموذج المطور حقق أفضل الشروط بالنسبة للانحراف المعياري، أما الخطأ الأعظمي فقد كانت القيمة الصغرى عند طريقة الجوار الطبيعي (Natural Neighbor) والتي حققت بنفس الوقت تغطية منطقية لمساحة النقاط المقاسة. يبين الشكل رقم (٢٢) شكل النموذج الارتفاعي الرقمي مع خطوط التسوية



الشكل رقم (٢٢). خطوط التسوية للمنطقة الثانية حسب النموذج المطور.

منطقة من المناطق المقسمة وذلك لبناء نموذج ارتفاعي رقمي دقيق يتطابق مع تغيرات ميول وشكل الأرض. ٣- يمكن استخدام النموذج السابق في زيادة كثافة النماذج الارتفاعية الرقمية، لقدرة على المحافظة على دقة النتائج بالإضافة إلى إمكانية ربط السطوح مع بعضها البعض بشكل مستمر.

٤- لتمثيل الأشكال غير المستمرة للأراضي مثل نقاط الانكسار والانحدار المفاجئ يمكن الاستعانة ببعض الخوارزميات المساعدة لتمثيل الأرض بشكل أفضل وذلك برسم خطوط تمثل هذه الأشكال وأخذها بعين الاعتبار عند حساب النماذج الارتفاعية الرقمية.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

جزماتي، سامح. مقدسي، سامي. أنظمة المعلومات الجغرافية، دار الشرق العربي، ٢٠٠١م.
المقداد، موفق. تعلم واحترف Delphi 7، شعاع للنشر والعلوم، ٢٠٠٤م.
بيلاي حسن، مقدسي سامي، دراسة دقة الرسم الآلي لخطوط التسوية، مجلة بحوث جامعة حلب، ٢٠٠٢م.
بشير، بشار. الرياضيات والإحصاء الهندسي، منشورات جامعة حلب، ٢٠٠٥م.

ثانياً: المراجع الأجنبية

Robert G. Cromley, *Digital Cartography* (Prentice-Hall, inc 1992).

ARTHUR H. ROBINSON., Joel L. Morrison and Phillip C. Muehrcke, *Elements of Cartography* (John Wiley & Sons, Canada, 1995).

Dave F. Maune, *Digital Elevation Model Technologies and Applications*, (2001)

James D. Foley, Andries van Dam, Steven K. Feiner, *INTRODUCTION TO COMPUTER GRAPHICS* (Addison-Wesley Publishing Co-1994)

John Childs, *Extracting DEMs from Topographic Maps*, Copyright 2001 , Geocommunity

٦- التحليل العام للنتائج

نلاحظ أن دقة النموذج المطور تتأثر بشكل مباشر بقيمة المسافة المتوسطة لتوزيع النقاط وأن أفضل قيمة حققها النموذج المطور هي قيمة نصف قيمة التباعد الثابت بين خطوط الشبكة.

إن تقليل قيمة المسافة المتوسطة عن القيمة التي تم الوصول إليها سوف يؤدي إلى وجود عتبة حول النقاط المقاسة.

إن زيادة قيمة المسافة المتوسطة سيؤدي إلى خفض دقة النموذج الرقمي إلا أن خطوط التسوية ستصبح أكثر نعومة وسيخف الالتواء الشديد في تلك الخطوط. إن الطريقتين الوحيدتين اللتين تقيدتا بحدود المنطقة في برنامج Surfer 7 هي طريقة التمثيل وطريقة الجوار الطبيعي، أما بقية الطرق فلم تراعي شكل المنطقة نهائياً.

نلاحظ أن النموذج المطور يعطي خطوط تسوية جيدة، نظراً لخاصة الاستمرارية التي يتمتع بها.

يتمتع النموذج المطور بقدرته على حساب قيم الارتفاعات حسب كثافة وتوزيع النقاط، نظراً لأن التابع ديناميكي يقوم بحساب كثافة النقاط عند كل منطقة.

يمكن زيادة منطقة الحساب بالنموذج المطور وذلك بزيادة قيمة المسافة الحرجة التي من خلالها يتم حساب حدود المنطقة المحسوبة.

كلما زاد مجال تأثير النقطة على الجوار، كلما تحسنت نعومة خطوط التسوية وقلت دقة النموذج.

التوصيات

للحصول على نموذج ارتفاعي رقمي دقيق يوصى بما يلي:

١- قبل البدء بإنشاء أي نموذج رياضي يجب تحليل بيانات العينة المقاسة ومعرفة مدى تبعثرها وكثافة النقاط.

٢- تقسيم العينة إلى عدة مناطق حسب وعورة وكثافة كل منطقة، وتطبيق تابع أسي مختلف عند كل

Developing A New Mathematical Model To Create Digital Elevation Model (DEM)

Bashar Kamal Bashir

Faculty of Civil Engineering, King Saud University

P.O.Box 800 Riyadh 11421

Email: bbashir@ksu.edu.sa

(Received 1/3/2010 ; accepted for publication 26/4/2010)

Key words: DEM, Topography

Abstract. Digital Elevation model (DEM) is a digital representation of a continuous variable over a two-dimensional surface by a regular array of z values referenced to a common datum. (DE M) is Indispensable for many analyses such as topographic feature extraction, runoff analysis, slope stability analysis . Beforehand such analyses, accuracy of DEM must be discussed. The accuracy of DEM is usually represented by spatial resolution and Height.

In this research, the idea is to generate Digital Elevation model using the exponential function as weight rather than inverse distance, and to study the impact of changing the parameters of the exponential used to create a Digital Elevation model, and then assess the results obtained.

The accuracy of the developed model was tested for two regions. The standard deviations of the developed models for the two regions where found to be 0,034 meters and 0,087 meters . In both, the standard deviation is less than the values of the other methods.

In this paper, we found that the values of the parameters of the exponential have significant impact on the accuracy of the digital model and the value that have been reached in the research is 1.8 for the exponential power (n), while for a line spacing of 5 meters, the best medium-distance (D) obtained is 2.5 meters.