حساب المساحات الفيزيائية اعتماداً على نماذج التضاريس الرقمية في جملة الإحداثيات الأرضية المركزية Geocentric

الدكتور المهندس سامي مقدسي

قسم الهندسة الطبوغرافية، كلية الهندسة المدنية، جامعة حلب

الملخص

تستخدم في معظم التطبيقات الهندسية المساحة المستوية للأشكال المغلقة وهي المساحة المسقطة على مستوي وفق ارتسام محدد، وتختلف هذه المساحة عن المساحة الفعلية لسطح الأرض والتي ندعوها بالمساحة الفيزيائية بشكل غير مهمل ورغم كون المساحة المستوية هي المساحة المفيدة في معظم التطبيقات، إلا أنه توجد حالات خاصة يطلب فيها تحديد المساحة الفيزيائية.

ومن الطبيعي أن حساب مساحة السطح الطبوغرافي يتطلب تمثيل ثلاثي الأبعاد لهذا السطح، وبالتالي يجب استخدام نموذج تضاريس رقمي للمنطقة في هذه الحالة.

نستعرض في هذا البحث طريقة لحساب المساحات الفيزيائية اعتماداً على نموذج تضاريس رقمي وذلك في جملة الإحداثيات الأرضية المركزية مما يسمح باستخدام نتائج قياسات الـG.P.S. مباشرة، كما نوجد معادلات لحساب دقة المساحات المحسوبة بهذه الطريقة.

كلمات مفتاحيه: مساحة فيزيائية. جملة إحداثيات أرضية مركزيـة. نمـوذج تضـاريس رقمي.

1 - مقدمة

إن العديد من المشاريع الهندسية المتعلقة باستخدام الأراضي ودراسة مصادرها ومواردها وثرواتها تتطلب حساب مساحات محدودة من سطح الأرض. كما تتطلب حساب دقة هذه المساحات.

ويتم حساب المساحات اعتمادا على القياسات الزاوية والطولية أو توابعها (الإحداثيات) سواءً المجراة على الطبيعة (الطرق التحليلية لحساب المساحات) أو المأخوذة من المخططات المساحية (الطرق التخطيطية لحساب المساحات). ومع انتشار استخدام أنظمة برمجية حديثة في مختلف المشاريع أخذت طرق حساب المساحات المعتمدة على هندسة الإحداثيات أهمية أكبر. وتعتبر المعادلة:

$$S = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}(Y_{i+1} - Y_i)(X_{i+1} + X_i) \qquad (1)$$

لحساب مساحة مضلع مغلق مؤلف من n نقطة، أكثر المعادلات استخداماً وتعرف بأشكال عديدة أخرى.

ويعطي الحساب وفق المعادلة (1) المساحة المستوية للمضلع مرجعة إلى سطح البحر وفق الإسقاط المعتمد في حساب الإحداثيات المستوية (X_i, Y_i). وهذه المساحة مختلفة عن المساحة الفعلية للسطح الطبوغرافي المحصور بالمضلع لعدة أسباب:

1. تعطي العلاقة (1) مساحة مستوية تختلف عن مساحة سطح غير منتظم (السطح الطبوغرافي للأرض)
2. تعطي العلاقة (1) مساحة أفقية، أي حتى في الحالة الخاصة التي يكون فيها سطح الأرض مستوياً (ذو ميل منتظم غير متغير) فإن العلاقة تعطي مساحة مسقطة على مستوي أفقي وهي مختلفة عن المساحة المائلة.
3. تعطي العلاقة (1) المساحة الأفقية غير المرجعة إلى سطح البحر (حيث أن الإحداثيات المستوية تعطى على مستوي الارتسام).

4. تعطي العلاقة المساحات مسقطة على مستوي الارتسام المستخدم في تحديد الإحداثيات المستوية، وتستخدم عادة في المساحة والجيوديزيا ارتسامات تشوه المساحات.

2 – أهمية البحث

إن المساحة المستوية هي المستخدمة في معظم الدراسات الهندسية إلا إن المساحة الفيزيائية ذات أهمية في عدد من التطبيقات كحساب سطوح التبخر، نسب المواد في السطوح، مساحات السطوح المعرضة للشمس الخ...) وهي في معظمها تطبيقات تتم حالياً باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية GIS.

إن حساب مساحة السطح الفيزيائي لقطعة من الأرض محددة بمضلع مغلق تتطلب تعريف السطح الطوبوغرافي ضمن حدود المضلع. أي أن معرفة إحداثيات رؤوس المضلع لا تكفي بشكل عام لحساب مساحة السطح الفيزيائي ولا بد من توفر بيانات عن طبيعة السطح الطبوغرافي والتي تعطى عادةً وفق أحد الأشكال المعلومة لنماذج التضاريس الرقمية وبشكل خاص النمط المعروف بـــ "شبكة TIN.

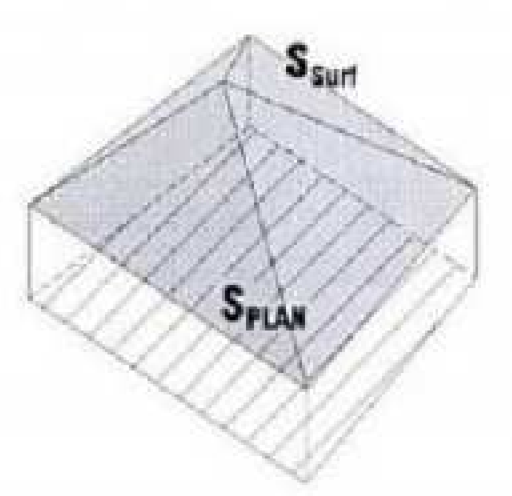
3 – هدف البحث

اقتراح خوارزمية لحساب المساحات الفيزيائية لقطعة من الأرض اعتماداً على الإحداثيات ثلاثية الأبعاد لنموذج تضاريس رقمي من نمط TIN تنطبق حدوده مع حدود المنطقة المراد حساب مساحتها. وذلك بعد نقل الإحداثيات إلى الجملة الفراغية المركزية GEOCENTRIC بغية إعطاء إمكانية الاستفادة من قياسات نظام الـــ .G.P.S مباشرةً. كما نقوم بدراسة دقة الحساب بهذه الطريقة.

4 – الفرق بين المساحة الفيزيائية والمستوية

تختلف المساحة الفيزيائية عن المساحة المستوية على المسقط كما ورد سابقاً لعدة أسباب وسنحاول توضيح تأثير كل منها.

1. تختلف المساحة المستوية عن مساحة السطح الطبوغرافي بشكل يتبع لطبيعة التضاريس في المنطقة يوضح الشكل التالي الفرق بين المساحة المستوية S_{PLAN} المسقطة على المستوي الأفقي ومساحة السطح الطبوغرافي S_{SURF} المشكلة من مجموع مساحات المثلثات المشكلة له.

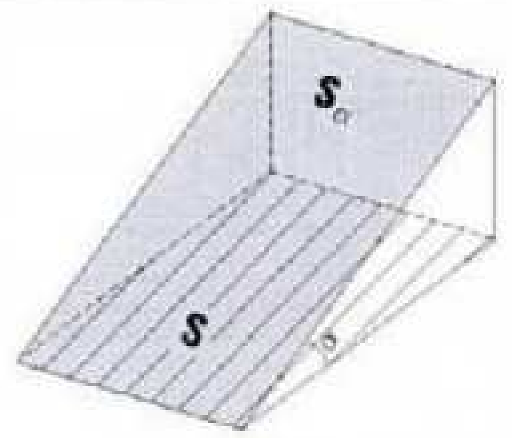


الشكل 1

ومن الواضح أن الفرق بين المساحتين يتبع لمقدار وعورة السطح الطبوغرافي والتي تصف طبيعة تغير الميل للسطح.

ومن المعلوم عدم وجود معيار متفق عليه لتوصيف الوعورة، وتجدر الإشارة هنا إلى أن العلاقة بين فرق المساحتين والوعورة واضحة مما يوحي بإمكانية اعتبار النسبة بينهما مؤشراً للوعورة.

2. تحسب المساحة المستوية مسقطة على مستو أفقي وتختلف عن المساحة الفيزيائية نتيجة ميول الأرض الطبيعية. ولدراسة تأثير الميل نعتبر سطح ذو ميل منتظم.



الشكل 2

من الشكل (2) لدينا:

$$S_{a} = \frac{S}{Cos\alpha}$$

نستخدم منشور $Cos\alpha$ **(فيجودسكي)** حيث يعبر عن α بالراديان:

$$\cos\alpha = 1 - \frac{\alpha^{2}}{2} + \frac{\alpha^{4}}{4} + ...$$

وبإهمال الحدود من المرتبة الرابعة والأعلى نجد : $S_\alpha = \dfrac{S}{1-\dfrac{\alpha^2}{2}}$

لإصلاح هذه المعادلة نضرب الصورة والمخرج بـ $1+\dfrac{\alpha^2}{2}$ ونهمل الحد $\dfrac{\alpha^4}{4}$ فنجد: $S_\alpha = S + S\dfrac{\alpha_{rad}^2}{2}$

وتمثل النسبة $\dfrac{\alpha^2}{2}$ التشوه النسبي في المساحة الناتج عن زاوية ارتفاع مقدارها α. ويوضح الجدول التالي قيم هذا التشوه:

I%	0.01	0.05	0.1	0.15	0.20
α grad	0.64	3.18	6.35	9.48	12.57
$\dfrac{\alpha_{rad}^2}{2}$	1/20000	1/800	1/200	1/100	1/50

3. تحسب المساحة المستوية اعتماداً على إحداثيات مرجعة إلى منسوب مقارنة مار بالمستوي الوسطي للبحار. ومن الواضح أنه كلما ازداد ارتفاع المنطقة عن سطح البحر، ازداد الفرق بين المساحة المستوية والمساحة الفيزيائية.

تعطى النسبة بين المسافة الفعلية (L_H) المقاسة على ارتفاع H من سطح الأرض إلى المسافة المرجعة إلى سطح البحر (L_0) بالعلاقة:

$$\frac{L_H}{L_0} = \frac{R+H}{R} = 1 + \frac{H}{R}$$

حيث R نصف القطر الوسطي للكرة الأرضية في المنطقة.

ومن المعلوم إن المساحات تتناسب وفق مربع النسبة بين الأطوال. وبالتالي تكتب النسبة بين المساحة الفعلية (S_H) المقاسة على ارتفاع H من سطح الأرض إلى المساحة المرجعة إلى سطح البحر (S_0) بالعلاقة:

$$\frac{S_H}{S_0}=\left(\frac{L_H}{L_0}\right)^2=1+2\frac{H}{R}+\left(\frac{H}{R}\right)^2$$

ونظراً لأن قيمة H (من رتبة بضعة مئات من الأمتار إلى آلاف الكيلومترات) تقل كثيراً عن قيمة R (حوالي 6400km) وبالتالي يمكن إهمال الحد الأخير من المعادلة السابقة لتصبح بالشكل التالي:

$$\frac{S_H}{S_0}=1+2\frac{H}{R} \qquad (2)$$

ويمثل الحد $2\frac{H}{R}^2$ في المعادلة (2) نسبة التشوه في المساحة المرجعة إلى سطح البحر. ويوضح الجدول التالي قيم هذه النسبة بدلالة الارتفاع:

H	100	500	1000	1500	2000	2500	3000
2H/R	1/32000	1/6400	1/3200	1/2100	1/1600	1/1270	1/1070

يلاحظ أن التشوه الناتج عن الإرجاع إلى سطح البحر ذو تأثير ضئيل لا يتجاوز **1/1000** حتى في المناطق الجبلية.

4. تحمل المساحة المستوية خطأ تشوه المساحات في المسقط. وبالنسبة للارتسام الستريوغرافي العقاري السوري يتبع تشوه المسافات لبعد المنطقة المعتبرة عن مركز الإسقاط ويعطى وفق العلاقة التالية (شراية):

$$K=\frac{ds'}{ds}=1+\frac{S^2}{4R_0^2}-0.0004659$$

$S^2=X^2+Y^2$ البعد عن مركز الإسقاط

$R_0=\sqrt{M_0+N_0}$ نصف قطر الكرة الملاصقة للإهليلج عند مركز الارتسام (عند النقطة $\varphi_0=38^{gr}, \lambda_0=45.5^{gr}$).

وباعتبار تشوه المساحات مربع تشوه المسافات نوضح في الجدول التالي مقدار تشوه المساحات بدلالة البعد عن مركز الارتسام:

S km	0	100	200	275	350	400
المقياس الخطي	0.99953	0.99960	0.99978	1.00	1.00029	1.00052
تشوه المساحات	1/1073	1/1238	1/2273	0	-1/1736	-1/932

يتضح من المناقشة السابقة أن الفرق بين المساحة المستوية والمساحة الفيزيائية يعود بشكل أساسي إلى وعورة التضاريس والميل الوسطي للمنطقة، بينما يكون تأثير الارتفاع عن سطح البحر وتأثير تشوه الارتسام محدودة وشبه مهملة.

5 – حساب المساحة الفيزيائية لقطعة من سطح الأرض في النظام الإحداثي المركزي

تتلخص طريقة الحساب المقترحة بما يلي:

1. تجزئة القطعة المراد حساب مساحتها إلى مثلثات غير متقاطعة تتوضع رؤوسها على نقاط تغيير الميل ضمن القطعة وعلى محيطها . أي بمعنى آخر تشكيل نموذج التضاريس الرقمية المدعو TIN (شبكة المثلثات غير المنتظمة TRIANGULATED IRREGULAR (NETWORK)
2. تحويل إحداثيات رؤوس كل مثلث إلى جملة إحداثيات فراغية مركزية.
3. حساب مساحة كل سطح مائل مشكل من رؤوس مثلث في هذه الجملة.
4. جمع هذه المساحات الجزئية لتعطي المساحة الفيزيائية الكلية لقطعة الأرض المطلوبة.

إن معظم الأنظمة البرمجية الحديثة تسمح بتشكيل نموذج التضاريس الرقمية TIN وفق خوارزميات عديدة أكثرها استخداما خوارزمية DOULNNY **.(Goodchild , Rhind)**

أما تحويل الإحداثيات X,Y,H إلى الجملة المركزية فيمكن أن يتم بالشكل التالي:

تحويل الإحداثيات المستوية X,Y إلى إحداثيات جيوديزية λ , ϕ وفق معادلات التحويل الخاصة بالمسقط المتبع:

$$\varphi = f_1(X,Y)$$
$$\lambda = f_2(X,Y)$$

وتعطى الإحداثيات في الجملة المركزية بالعلاقات المعروفة **(Zakatov)**:

$$X_G = N.\cos\varphi.\cos\lambda$$
$$Y_G = N.\cos\varphi.\sin\lambda$$
$$Z_G = N.(1-e^2).\sin\varphi$$

حيث N : طول الناظم الداخلي للإهليلج عند النقطة

e :لامركزية الإهليلج المستخدم

وباعتبار أن النقطة ترتفع عن الإهليلج وفق الناظم N بمقدار 'H تصبح المعادلات:

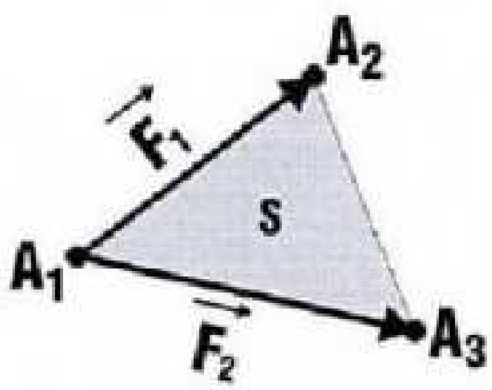
$$X_G = (N+H').\cos\varphi.\cos\lambda$$
$$Y_G = (N+H').\cos\varphi.\sin\lambda$$
$$Z_G = (N+H').(1-e^2).\sin\varphi$$

حيث $H' = H + \zeta$

H الارتفاع المساحي للنقطة (عن سطح السوية المرجعي - الجيوئيد-)

ζ فرق الارتفاع بين الجيوئيد و الإهليلج في هذه النقطة

وبما أننا نحسب مساحات صغيرة ومحدودة فيمكن اعتبار ζ ثابتة وإهمال إدخال تأثيرها على الحسابات.



لنعبّر عن النقاط الثلاثة

A1,A2,A3 (المشكلة للمثلث) في الفراغ بالمتجهين $\overrightarrow{F_1}$ و $\overrightarrow{F_2}$ (الشكل3) :

$$\overrightarrow{F_1} = \overrightarrow{A_1A_2} \quad ;\overrightarrow{F_2} = \overrightarrow{A_1A_3}$$

إن الجداء الخارجي للمتجهين هو متجه ثالث F متعامد مع المستوي A1A2A3 وطوله (قيمته المطلقة)[4]:

$$\left|\overrightarrow{F}\right| = \left|\overrightarrow{F_1}\right| . \left|\overrightarrow{F_2}\right| . Sin\alpha$$

حيث α الزاوية بين المتجهين $\overrightarrow{F_2}$; $\overrightarrow{F_1}$.

أي بمعنى آخر فإن مساحة المثلث A1, A2, A3 هي نصف طول المتجه المشكل من الجداء الخارجي لـــ $\overrightarrow{F_1}$ و $\overrightarrow{F_2}$

$$S = \frac{1}{2} \left|\overrightarrow{F}\right|$$

لنكتب المتجهين $\overrightarrow{F_1}$ و $\overrightarrow{F_2}$ وفق مركباتهما على المحاور الإحداثية:

$$F_1 = (X_1 - X_2) \cdot \vec{I} + (Y_1 - Y_2) \cdot \vec{J} + (Z_1 - Z_2) \cdot \vec{K}$$

$$F_2 = (X_3 - X_2) \cdot \vec{I} + (Y_3 - Y_2) \cdot \vec{J} + (Z_3 - Z_2) \cdot \vec{K}$$

يعطى الجداء الخارجي $\overrightarrow{F} = \overrightarrow{F_1} * \overrightarrow{F_2}$ بالشكل التالي:

$$\vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x1 - x2 & y1 - y2 & z1 - z2 \\ x3 - x2 & y3 - y2 & z3 - z2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \Delta x_{21} & \Delta y_{21} & \Delta z_{21} \\ \Delta x_{23} & \Delta y_{23} & \Delta z_{23} \end{vmatrix}$$

وبالتالي:

$$\vec{F} = \vec{I} \cdot (\Delta y_{21}\, \Delta z_{23} - \Delta z_{21}\, \Delta y_{23}) - \vec{J} \cdot (\Delta x_{21}\, \Delta z_{23} - \Delta z_{21}\, \Delta x_{23}) +$$
$$\vec{K} \cdot (\Delta x_{21}\, \Delta y_{23} - \Delta y_{21}\, \Delta x_{23})$$

أو

$$\vec{F} = \vec{I} \cdot L_1 - \vec{J} \cdot L_2 + \vec{K} \cdot L_3$$

حيث:

$$L_1 = \Delta y_{21}\,\Delta z_{23} - \Delta z_{21}\,\Delta y_{23}$$
$$L_2 = \Delta x_{21}\,\Delta z_{23} - \Delta z_{21}\,\Delta x_{23}$$
$$L_3 = \Delta x_{21}\,\Delta y_{23} - \Delta y_{21}\,\Delta x_{23}$$

وتكون مساحة المثلث:

$$S = \tfrac{1}{2}\sqrt{L_1^2 + L_2^2 + L_3^2} \qquad (3)$$

إن المساحة المحسوبة وفق العلاقة السابقة خالية من التشوه الناتج عن المسقط لأنها لم تعتمد على الإحداثيات المستوية في المسقط. كما أنها تعطي المساحة وفق الارتفاع الفعلي عن سطح البحر لأن هذا الارتفاع قد أُدخل في التحويل إلى الإحداثيات المركزية. كما أنها تعطي المساحة المائلة حيث لم يُسقط سطح المثلث على المستوي. وبالتالي فإنها تعطي تقدير أفضل لمساحة السطح الفيزيائي لقطعة الأرض. لنقدر دقة المساحة المحسوبة بالعلاقة (3)، وذلك بفرض أن الإحداثيات X و Y لكافة النقاط ذات دقة متساوية وخطؤها المتوسط التربيع m_{xy}

$$m_{x1} = m_{y1} = m_{x2} = m_{y2} = m_{x3} = m_{y3} = m_{xy}$$

وأن دقة الإحداثيات z لكافة النقاط متساوية وخطأها المتوسط التربيع m_z:

$$m_{z1} = m_{z2} = m_{z3} = m_z$$

وبتطبيق قانون انتشار الأخطاء على العلاقة (3) نجد:

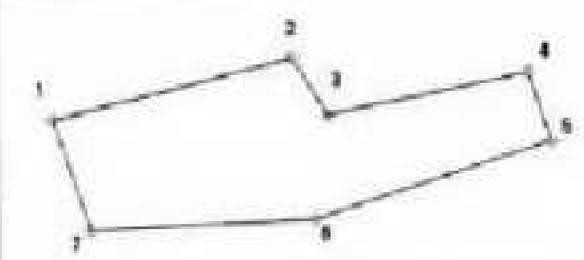
$$m_S^2 = \frac{1}{4P^2}\left\{\begin{aligned}&\left[\left(L_1^2 + L_2^2\right)\cdot BZ + L_3^2\left(BX + BY\right) + 2L_1L_2\left(Dzy + Dzx\right)\right]m_{xy}^2 + \\ &\left[L_1^2\cdot BY + L_2^2\cdot BX + 2L_1L_2Dxy\right]m_z^2\end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

حيث:

$$BX = \Delta X_{21}^2 + \Delta X_{13}^2 + \Delta X_{32}^2$$
$$BY = \Delta Y_{21}^2 + \Delta Y_{13}^2 + \Delta Y_{32}^2$$
$$BZ = \Delta Z_{21}^2 + \Delta Z_{13}^2 + \Delta Z_{32}^2$$
$$Dxy = \Delta Y_{12}\Delta X_{12} + \Delta Y_{23}\Delta X_{23} + \Delta Y_{13}\Delta X_{13}$$
$$Dxz = \Delta Z_{12}\Delta X_{12} + \Delta Z_{23}\Delta X_{23} + \Delta Z_{13}\Delta X_{13}$$
$$Dzy = \Delta Z_{12}\Delta Y_{12} + \Delta Z_{23}\Delta Y_{23} + \Delta Z_{13}\Delta Y_{13}$$

6 - مثال

لنعتبر المقسم المبين بالشكل 4 ، إحداثيات رؤوسه معطاة في الجدول التالي:



الشكل 4

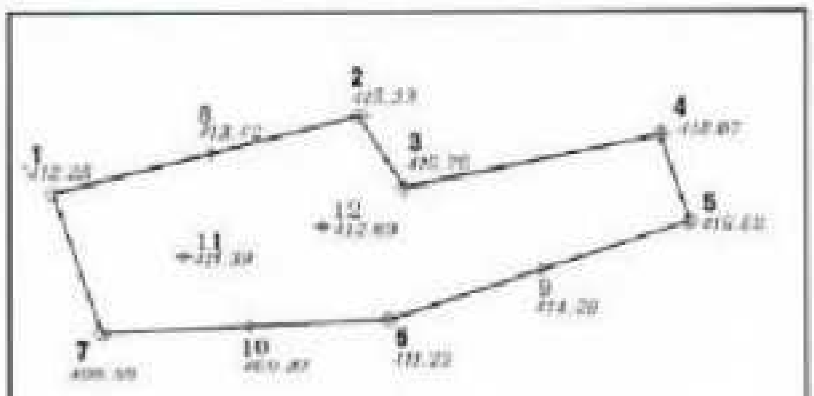
#	X	Y	H
1	-215632.10	173381.07	412.25
2	-215612.70	173385.94	415.33
3	-215609.83	173381.40	416.76
4	-215593.52	173384.69	418.07
5	-215591.67	173379.20	416.52
6	-215610.79	173373.00	411.33
7	-215629.01	173372.20	408.59

تحسب مساحته المستوية S_{Plan} من العلاقة 1 ، كما في الجدول التالي:

#	X	Y	$Y_{i+1}-Y_i$	$X_{i+1}+X_i$	$(Y_{i+1}-Y_i)(X_{i+1}+X_i)$
1	-215632.10	173381.07	19.40	346767.01	6727279.99
2	-215612.70	173385.94	2.87	346767.34	995222.27
3	-215609.83	173381.40	16.31	346766.09	5655754.93
4	-215593.52	173384.69	1.85	346763.89	641513.20
5	-215591.67	173379.20	-19.12	346752.20	-6629902.06
6	-215610.79	173373.00	-18.22	346745.20	-6317697.54
7	-215629.01	173372.20	-3.09	346753.27	-1071467.60
Sum					703.17

2

لحساب المساحة الفيزيائية للمقسم نحتاج إلى عدد من نقاط المسح ضمن المقسم تبين طبيعة السطح الطبوغرافي، أضفنا النقاط الموضحة بالشكل والجدول التاليين



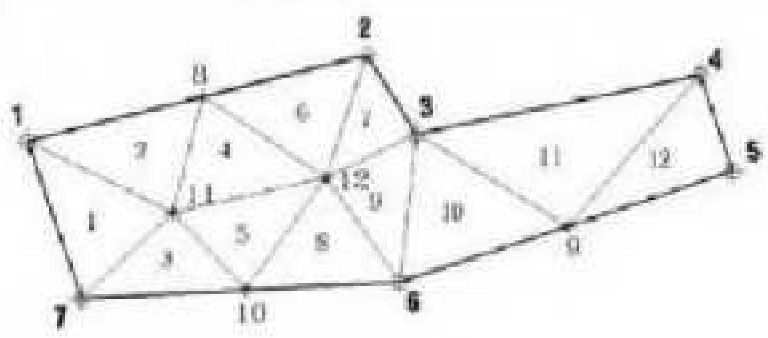
الشكل 5

#	X	Y	H
8	-215622.10	173383.58	413.42
9	-215601.14	173376.13	414.28
10	-215619.64	173372.61	409.87
11	-215623.81	173377.03	411.39
12	-215615.00	173378.94	412.89

لنقم أولاً بتحويل الإحداثيات إلى الجملة الجيومركزية باعتبار علاقات الارتسام الستريوغرافي العقاري السوري وإهليلج WGS84، مع ملاحظة أن التحويل يمكن أن يتم إلى أي إهليلج نظراً لأن المساحة لا تتأثر بنظام الإحداثيات.

#	X	Y	H	X_G	Y_G	Z_G
1	-215632.10	173381.07	412.25	4152224.64	3102378.74	3705085.12
2	-215612.70	173385.94	415.33	4152212.61	3102393.82	3705091.24
3	-215609.83	173381.40	416.76	4152213.85	3102398.46	3705088.45
4	-215593.52	173384.69	418.07	4152203.27	3102410.81	3705092.20
5	-215591.67	173379.20	416.52	4152203.62	3102413.55	3705086.88
6	-215610.79	173373.00	411.33	4152214.71	3102398.16	3705078.44
7	-215629.01	173372.20	408.59	4152224.40	3102382.68	3705075.84
8	-215622.10	173383.58	413.42	4152218.17	3102386.31	3705088.03
9	-215601.14	173376.13	414.28	4152209.33	3102406.09	3705082.89
10	-215619.64	173372.61	409.87	4152219.34	3102390.58	3705077.10
11	-215623.81	173377.03	411.39	4152220.86	3102386.39	3705081.50
12	-215615.00	173378.94	412.89	4152215.60	3102393.39	3705084.09

لنشكل الآن نموذج التضاريس الرقمي Tin كما هو مبين في الشكل 6 وهو مؤلف من 12 مثلثاً .



الشكل 6

نحسب الآن مساحة كل مثلث وفق العلاقة ونجمع هذه المساحات للحصول على المساحة الفيزيائية أو مساحة السطح الطبوغرافي ضمن المقسم.

Triangle	P1#	P2#	P2#	Area
1	1	11	7	33.71
2	1	8	11	31.98
3	7	11	10	23.82
4	8	11	12	28.44
5	10	11	12	25.50
6	8	2	12	31.81
7	2	3	12	18.65
8	10	12	6	29.16
9	6	12	3	25.72
10	6	3	9	46.40
11	3	4	9	62.87
12	4	5	9	30.57
Sum				388.62

وبذلك تكون المساحة الفيزيائية هي $S_{Surf} = 388.62m^2$ وهي طبعاً أكبر من المساحة المستوية.

النسبة بين المساحتين $\frac{S_{Surf}}{S_{Plan}} = \frac{388.62}{351.59} = 1.11$ تحمل مؤشراً على درجة وعورة التضاريس، إذ كلما اقتربت هذه القيمة من الواحد دل ذلك على سطح مستوي قليل الميل، وكلما ازدادت هذه القيمة دل ذلك على ميول شديدة ووعورة (تغيير سريع في الميل).

7- النتائج

1. يلزم حساب المساحة الفيزيائية في بعض الحالات الخاصة لقطع من سطح الأرض. وقد بينت الدراسة أن هذه المساحة قد تختلف عن المساحة المستوية بمقدار غير مهمل تبعاً لعدد من المؤثرات تم تحليلها وتوضيح مدى تأثيرها.
2. تم اقتراح خوارزمية لحساب مساحات هذه السطوح في جملة الإحداثيات المركزية الفراغية (Geocentric) وإيجاد المعادلة اللازمة لذلك (المعادلة 3) كما تم وضع علاقة تعطي دقة المساحة المحسوبة بدلالة دقة الإحداثيات المركزية (العلاقة 4).

3. إن هذه الطريقة تسمح باستخدام نتائج أجهزة الـــ GPS مباشرة (فروق الإحداثيات $\Delta x, \Delta y, \Delta z$, في الجملة الفراغية المركزية) مما يشكل ميزة إضافية.

8- التوصيات

1. نوصي ببرمجة العلاقة الخاصة بحساب المساحة الفيزيائية ضمن بيئة الأنظمة المساحية أو نظم المعلومات الجغرافية للاستفادة من خاصية بناء نماذج التضاريس الرقمية المتاحة في هذه الأنظمة.
2. نوصي باعتماد النسبة بين المساحة الفيزيائية والمساحة المستوية كمؤشر للوعورة في التطبيقات والأبحاث التي تحتاج لمقارنة وعورة مناطق مختلفة.

المراجع

4. شرابة منصور،1991، **جمل الإسقاط المستخدمة في سوريا**، ندوة العلوم المساحية 1991
5. **فيجودسكي**، 1975، **المرجع في الرياضيات العالية**، دار مير – موسكو
6. **F. Goodchild ,David W. Rhind**, 1991, **Geographical information systems ,Principles and Applictations,** Newyork
7. **P.S.Zakatov**, 1976, **kors vishiee geodiziee** , moskva, Nedra

Finding physical areas based on digital terrain models in geocentric coordinate system

Dr. Sami Makdisi
Aleppo University - Faculty of Civil Engineering - Department of Topography

Abstract

Plan areas (projected on horizontal plan depending on the projection used) are used in most engineering applications, the difference of plan from actual area is not neglectibale. Special applications requires the knowledge of actual (physical) areas.

Calculating actual areas requires knowledge of topographic surface, a digital elevation model must be used.

This research presents a method for calculating physical areas based on digital terrain model in geocentric coordinate system, which allows for direct use of GPS measurements . A formula for finding the accuracy of areas calculated by this method is also presented.

Key Words: physical area; Geocentric coordinate system; digital terrain model.