شكل الأرض و أنظمة الإحداثيات (2)

The Earth & Coordinates Systems

6. سطوح الإسقاط المستخدمة في المساحة والجيوديزيا.

السطح الفيزيائي الحقيقي للأرض هو غير منتظم، ولايمكن التعبير عنه بمعادلة رياضية. من أجل صياغة نتائج القياسات الجيوديزية المنفذة على سطح الأرض نقبل بسطوح إسقاط رياضية تقريبية محددة، يتم عليها إسقاط النقاط المتواجدة على السطح الحقيقي للأرض.

بالعلاقة مع السطح الذي نجري عليه القياسات يمكن قبول سطوح الإسقاط الآتية:

الإهليلج الدوراني ، الكرة ، المستوي.

(Plane , Sphere , Ellipsoide)

وتفيد الدراسات العملية بأنه عند إجراء القياسات الأفقية نعتمد سطوح الإسقاط كما يلي:

- **المستوي:** ضمن المساحات التي لاتتجاوز $800\ km^2$،
- **الكرة:** ضمن المساحات التي لاتتجاوز $15000\ km^2$،
- **الإهليلج الدوراني:** ضمن المساحات الأكبر من $15000\ km^2$.

ومن أجل القياسات الارتفاعية يجب اعتماد طرق أخرى في الحسابات للحصول على الدقة المطلوبة، وذلك بسبب التأثير الكبير لانحناء سطح الأرض على قياسات الارتفاعات. فمثلاً يبلغ أثر الكروية على قياس الارتفاع ضمن مسافة 1 كم مقدار 8 سم.

يمثل اتجاه الشاقول الاتجاه الرئيس في جملة الإحداثيات المحلية التي نجري ضمنها القياسات الجيوديزية على السطح الحقيقي للأرض (ينطبق اتجاه الشاقول مع اتجاه قوة الثقالة الأرضية في نقطة إجراء القياسات).

ويمكن تحديد اتجاه قوة الثقالة على نحوٍ تقريبي باستخدام خيط المطمار، وبشكلٍ دقيقٍ

باستخدام الزئبقيات المختلفة المصممة ضمن الأجهزة المساحية المختلفة، إذاً تتم القياسات الأفقية في مستوٍ متعامدٍ مع خط الشاقول. ونسمي السطح الذي يحقق العلاقة السابقة **سطح السوية**، ونعرفه بأنه المحل الهندسي للنقاط التي تتساوى عندها قوة الجاذبية الأرضية.

يمكننا مقاطعة اتجاه قوة الثقالة الأرضية في مستويات متوضعة على أبعاد مختلفة من مركز الأرض، لنحصل بذلك على عددٍ غير محددٍ من سطوح السوية. ويبين الشكل(1) تمثيلاً للسطح الحقيقي للأرض والإهليلج والجيوئيد.

الشكل(1) تمثيل السطح الحقيقي للأرض والجيوئيد والإهليلج الدوراني

عالمياً تم قبول مايسمى **الجيوئيد** (سطح السوية المار من المستوي الوسطي للبحار) سطحاً للإسقاط، وتنسب إليه الإرتفاعات كافّةً. ونتيجةً لوجود البحار والبحيرات والجبال والأنهار واختلاف توزع الكتل ضمن القشرة الأرضية يطرأ على اتجاهات قوى الثقالة الأرضية انحرافات عن اتجاهاتها النظامية، وبالتالي يمكن التأكيد أن سطح الجيوئيد غير نظامي ولايمكن التعبير عنه بمعادلة رياضية، لذا نعتبر الجيوئيد (عموماً سطوح السوية) سطحاً فيزيائياً.

أظهرت الدراسات الأستروجيوديزية أن الإهليلج الدوراني هو الأقرب من بين سطوح الإسقاط إلى الجيوئيد، وأن أكبر انحراف للجيوئيد عن الإهليلج لايتجاوز المئة متر.

على الإهليلج أو الكرة نميز المصطلحات الآتية:

. **القطبان الشمالي والجنوبي:** يقطع المحور الصغير للإهليلج أو محور الكرة السطح في نقطتين هما (P_N و P_S)، نسمي النقطة P_N القطب الشمالي والنقطة P_S القطب الجنوبي.

. **مستوي الزوال:** ينتج عن تقاطع أي مستوٍ مارٍ من القطبين مع الإهليلج أو الكرة، فينتج عن تقاطع المستوي مع الإهليلج قطع ناقص ومع الكرة دائرة. نسمي منحني التقاطع الناتج خط الزوال أو خط الطول.

. **الموازي:** ينتج عن تقاطع أي مستوٍ عمودي بالنسبة إلى خط القطبين مع الإهليلج أو الكرة. إذا مر المستوي المذكور من نقطة المركز ندعوه مستوي الاستواء، وإلا فإننا ندعوه المستوي الموازي. وكل موازٍ يتقاطع مع الإهليلج أو الكرة بدائرةٍ صغيرة نسميها خط العرض.

تؤلف خطوط الطول والعرض جملة إحداثيات منحنية متعامدة تسمح بتعيين كافة نقاط سطح الإهليلج الدوراني أو الكرة، ونطلق على جملة الإحداثيات السابقة اسم جملة الإحداثيات الجيوديزية. حيث تعرّف النقطة بزاوية العرض الجيوديزي φ وزاوية الطول الجيوديزي λ .

. **زاوية العرض** φ_P **للنقطة** P : هي تلك الزاوية التي يصنعها الناظم المار من النقطة P مع مستوي الاستواء، وتقاس من 0^o إلى 90^o انطلاقاً من مستوي الاستواء نحو القطب الشمالي ومن 0^o إلى -90^o نحو القطب الجنوبي.

. **زاوية الطول** λ_P **للنقطة** P : هي الزاوية الثنائية بين مستوي زوال النقطة P ومستوي زوال ابتدائي مار من نقطة اصطلاحية تقع في مدينة غرينتش. وتعتبر الزاوية موجبة باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة.

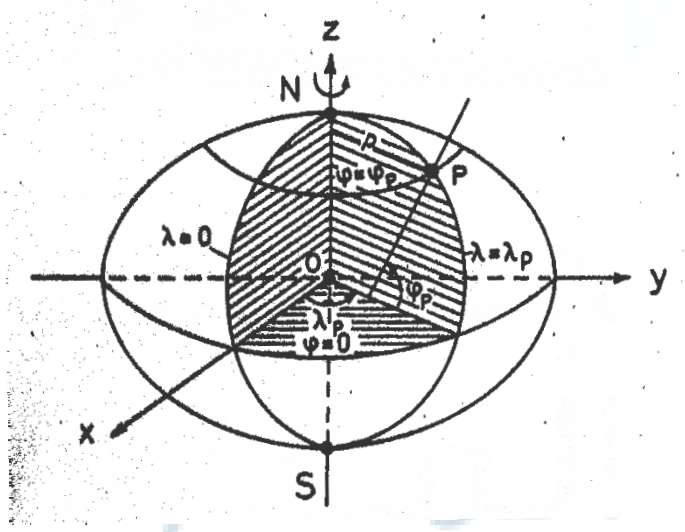
7. أنظمة الإحداثيات المستخدمة في العلوم المساحية والجيوديزية.

1.7. نظام الإحداثيات الجيوديزية.

كما وجدنا أعلاه، الإهليلج الدوراني هو الأقرب إلى الجيوئيد. نعرّف الشاقول بأنه المحور العمودي بالنسبة إلى الجيوئيد في نقطةٍ منه، ونعرّف الناظم بأنه المحور العمودي على الإهليلج في نفس النقطة السابقة، ونطلق على الزاوية بين الناظم والشاقول المارين بالنقطة نفسها اسم زاوية انحراف الشاقول.

لنعتبر الإهليلج الدوراني أو الكرة سطحاً للإسقاط، ولتكن النقطة P من سطح الإهليلج [انظر الشكل(2)].

تتعين النقطة P بتحديد زاوية عرضها φ_P وزاوية الطول المقابلة λ_P .



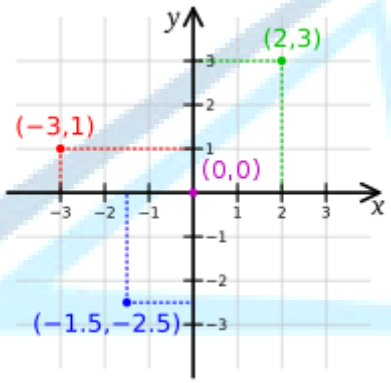
الشكل (2): تعيين النقطة P بإحداثياتها الجيوديزية

2-7- نظام الإحداثيات الجيومركزية (Geocentric).

ينطبق مبدأ الإحداثيات في هذه الجملة على مركز الأرض، ويقع المحوران OX و OY ضمن مستوي الاستواء، ويتطابق المحور الثالث OZ مع مستوي الاستواء. ينطلق المحور OX من المركز ماراً بنقطة تقاطع خط غرينتش مع خط الاستواء، ويتعامد المحور OY مع المحور OX ضمن مستوي الاستواء [انظر الشكل (2-1)].

3-7- نظام الإحداثيات الديكارتية المستوية (Cartesian).

تتكون جملة الإحداثيات من محورين متعامدين، بحيث يقع المحور الرأسي OY باتجاه الشمال ويتعامد محور الفواصل OX مع المحور الرأسي، ونتبع هنا قاعدة دوران اليد اليسرى. ويبين الشكل (3) التوضع المشترك لمحاور هذا النظام.



الشكل (3): نظام الإحداثيات الديكارتية المستوية.

8 ـ أنظمة الإرتفاعات المستخدمة في الجيوديزيا (Hight Systems).

وفقاً لسطح السوية المستخدم بالنسبة للقياسات الارتفاعية يمكن إيجاد ارتفاعات النقاط الجيوديزية ضمن نظام الإرتفاعات الأورتومترية أو الطبيعية أو الديناميكية.

ـ الإرتفاع الأورتومتري H_A^O للنقطة A (Orthometric): هو بعد النقطة عن الجيوئيد المار بالمستوي الوسطي للبحر، ويقاس هذا البعد وفق اتجاه خط قوة الثقالة، ويمكن حسابه من العلاقة:

$$H_A^O = \frac{W_0 - W_A}{g_m^A} \qquad (1)$$

حيث:

W_0 : قوة الجاذبية الأرضية عند الجيوئيد،

W_A: قوة الجاذبية الأرضية عند النقطة A ،

g_m^A : القيمة الوسطية لتسارع الجاذبية الأرضية عند النقطة A .

- الإرتفاع الطبيعي H_A^N للنقطة A / نظام موودييسكي (Natural): هو بعد النقطة عن سطح سوية محدد غير الجيوئيد. يقاس هذا البعد على طول خط قوة الثقالة الأرضية ، ويمكن حسابه من العلاقة الآتية:

$$H_A^O = \frac{W_0 - W_A}{\gamma_m^A} \qquad (2)$$

ونعني بـ γ_m^A التسارع الطبيعي للجاذبية الأرضية عند نقطة متوسطةٍ من المسافة العمودية الواصلة بين سطح السوية المحدد والنقطة A .

- الإرتفاع الديناميكي H_A^d للنقطة A (Dynamic):

ويحسب من العلاقة الآتية:

$$H_A^d = \frac{W_0 - W_A}{\gamma_{45^o}} \qquad (3)$$

حيث:

γ_{45^o} : قيمة التسارع الطبيعي للجاذبية الأرضية على الإهليلج عند زاوية العرض $\varphi = 45^o$.

من قانون حساب الإرتفاع الديناميكي نجد أن قيمته غير مرتبطة بالتسوية الهندسية لأن:

$$\gamma_{45^o} = const \ , \ W_0 - W_A = const$$

وكذلك فإن الإرتفاعات الديناميكية لنقاط السطح الأفقي الواحد هي متساوية، فمثلاً تتميز كافة نقاط سطح البحيرة بالإرتفاع الديناميكي نفسه.

إن مفهوم الإرتفاع الديناميكي مهمٌ جداً في بعض الدراسات الهيدروتكنيكية، وكمثال على ذلك نجد أن المياه الجوفية تتسرب من المناطق ذات الارتفاع الديناميكي الأكبر إلى المناطق ذات الإرتفاع الديناميكي الأصغر.