أنظمة الإحداثيات بين الخرائط القديمة والحديثة

سلام سعود حسين داود العزاوي
جـامعة تكـريت / كـلية التـربية
قسـم الجغرافية

المقدمة:

تعد الإحداثيات الأساس الذي تركب عليه الخرائط ولا يمكن نقل المعالم الأرضية والأمكنة دون تصميم شبكة الإحداثيات، ويأتي هذا البحث كمعادلة متواضعة لدراسة شبكة الإحداثيات في الخرائط منذ فجر نشوؤها والتعرف من خلال الدراسة على المراحل التي مر بها.

مشكلة البحث: يمكن تحديد مشكلة البحث من خلال طرح التساؤلات الآتية:-

(١) **هل يمكن الاستغناء عن الإحداثيات في حالة رسم الخارطة ؟**

(٢) **كيف يتم تحديد الموقع والأزمنة من خلال الإحداثيات ؟**

(٣) **ما هي أنماط الإحداثيات على الخرائط ؟ وكيف يمكن إيجاد الفروقات بينها ؟**

هدف البحث: يهدف البحث إلى الكشف عن كيفية تحديد الإحداثيات في الخرائط والاطلاع على فوائدها وأهم مشكلاتها.

أهمية الموضوع ومبرراته: تأتي أهمية الموضوع من خلال تسليط الضوء على أهمية الإحداثيات في الخرائط لأنها تحدد موقع الأمكنة وتوقيتاتها بدءاً بخط طول كرنج شرقاً أو غرباً ودائرة العرض الرئيسة ((خط الاستواء)) شمالاً وجنوباً.

منهج البحث: اعتمد البحث على المنهج الاستقرائي ((التحليلي)) وإن نتائج البحث تتناسب في قضيتين أساسيتين:-

١- إغناء الدراسة النظرية في مضمار علم الخرائط ؟

٢- إظهار الجوانب التطبيقية في مجال علم الجغرافية وأهمية ذلك في صناعة الخرائط.

الدراسات السابقة: وقد اعتمدت في كتابة البحث على كتاب الدكتور محمود عبدالرحمن الشرنوبي أوضح أن الإحداثيات تعد العامود الفقري للخرائط، والدكتور محمود عبداللطيف عصفور، ذكر موضوعاً عن الإحداثيات في كتابة الخرائط ومبادئ المساحة.

أما نيقولا إبراهيم ورد موضوع الإحداثيات في كتابه ((مساقط الخرائط))، أما أحمد أحمد مصطفى فقد تناول الإحداثيات كموضوع في كتابه ((الخرائط والجغرافية العملية))، أما الدكتور فتحي عزيز أبو راضي فقد أوضح في كتابه ((الجغرافية العملية والخرائط))، كيفية تحديد درجات العرض بواسطة الشمس وتحديد خطوط الطول، أما الدكتور هاشم محمد يحيى المصرف فقد أوضح شيئاً من الإحداثيات في كتابه ((علم الخرائط))، أما الدكتور بهجت أحمد محمد فقد أوضح في كتابه ((مدخل إلى علم الخرائط)) شيئاً من شبكات الإحداثيات إلاّ أن ما ورد في تلك الكتب يكون موضوعاً ضمن الموضوعات الدراسية فقط، أما هيكلية البحث فإنها تقع في أربعة محاور:-

المحور الأول: مفاهيم عامة عن خطوط الطول ودوائر العرض.

المحور الثاني: يتضمن الإحداثيات الفلكية ((خطوط الطول ودوائر العرض)).

المحور الثالث: يتناول النظم العالمية لشبكة الإحداثيات الحديثة.

المحور الرابع: ويبحث عن مجموعة من الصعوبات التي واجهت البحث: منها عدم وجود دراسات متخصصة عن الموضوع، وكذلك التشابه فيما كتب الكثيرون من المؤلفين، إذ اعتبر أن ذلك يدخل ضمن علم الفلك، لذلك تم تنسيق المادة العلمية بصعوبة متخذين من السياق الموضوعي أساساً في عملنا إلى جانب العرض والتحليل مدعمين ذلك بالأشكال والخرائط.

مفاهيم عامة عن خطوط الطول ودوائر العرض

خطوط الطول:

وهي أنصاف دوائر وهمية على سطح الكرة الأرضية لتبدأ كلها من القطب الشمالي وتنتهي عند القطب الجنوبي، ولما كان محيط الكرة الأرضية ٣٦٠ ْ، فقد قسمت الأرض إلى ٣٦٠ قسم لكل قسم قوسه الخاص الذي يعرف بخط الطول.

دوائر العرض:

هي دوائر وهمية متوازنة تتقاطع مع خطوط الطول لزوايا قائمة وتبدأ هذه الدوائر من خط الاستواء أو الدائرة الاستوائية وتنتهي عند القطبين الشمالي والجنوبي وأكبر تلك الدوائر هي الدائرة الاستوائية والتي تعتبر صفر القياس بالنسبة لبقية دوائر العرض، أما بقية الدوائر فتأخذ في القصر كلما اتجهت نحو القطبين حتى تصبح مجرد نقطة عند كل منها.

الشمال الحقيقي (الشمال الجغرافي):

هو الخط الذي يشير إلى القطب الشمالي للكرة الأرضية[1].

الشمال المغناطيسي:

هو الخط الواصل بين أي نقطة والقطب الجغرافي المغناطيسي الذي تشير إليه بالإبرة المغناطيسية الحرة[٢]

الشمال الإحداثي:

هو عبارة عن محور الشمال الذي يوازي خط الطول الأول في أي نظام إحداثي في الخرائط الطوبغرافية[٣] كما في الشكل رقم **(٣)**.

يرسم الشمال الحقيقي على الخرائط على شكل أنصاف أقطار ودوائر تسمى خطوط الطول وهو الأساس في تحديد الاتجاهات، أما الشمال المغناطيسي والاحداثي كما في الشكل رقم **(١)** فيقسمان إليه إلاّ إنه هو النظام العالمي الموحد.

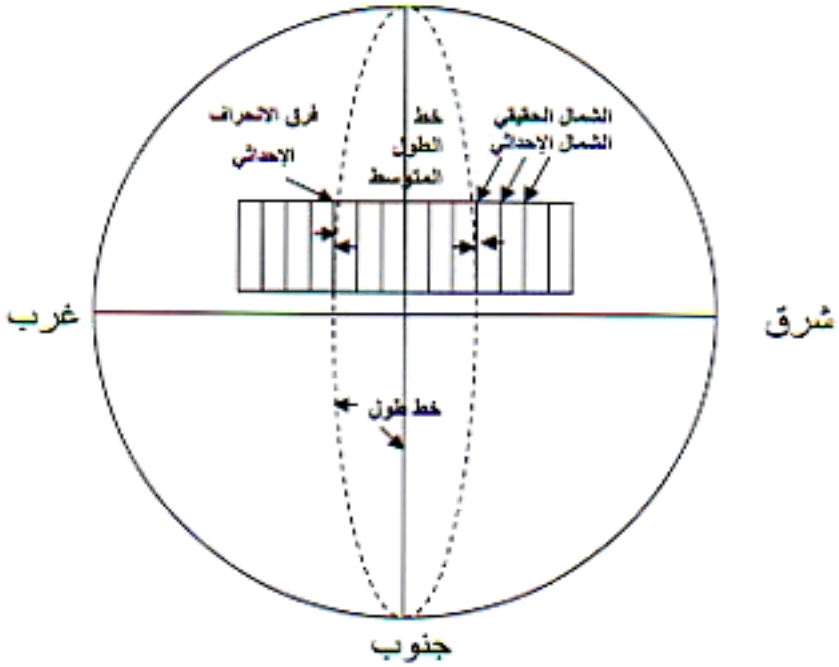
يعتمد الشمال الجغرافي في القياس على الدرجات وأجزائها، أما الخرائط التي يتم توقيعها عليها تتبع الكيلو مترات والميل وأجزائها، لذلك يصعب استخدامه للأغراض العلمية ولا يمكن تكراره بالنسبة للأنواع الأخرى[٤].

ويمكن أن نقول أن لخطوط الطول ودوائر العرض أهمية في التعرف على الاتجاه في الخريطة وخاصة عندما نرسم بالمساقط غير الاسطوانية أي عندما لا يكون اتجاه الشمال موازياً لإطار الخريطة على اليمين واليسار بل نقطة القطب الشمالي الموجود داخل الخريطة وخارجها وهذا لا يمكن ملاحظته عندما لا تكون الخطوط طولية متوازنة بل تتلاشى بالقطبين وكذلك خطوط العرض تتعامد مع خطوط الطول في المساقط الاسطوانية موازنة لإطار الخريطة في الأعلى والأسفل نجدها ترسم بشكل أقواس في المساقط المخروطية مثلاً، وعلى شكل دوائر مغلقة في المساقط الأفقية والقطبية، ويمكن توضيح اتجاهي الشرقي والغربي على قوس أو محيط دائرة[٥].

شكل رقم (١)

الشمال الاحداثي والحقيقي وفرق الانحراف الاحداثي[٦]

الشمال الحقيقي



الإحداثيات الفلكية: خطوط الطول ودوائر العرض

الإحداثيات الفلكية:

عرف البابليون الإحداثيات الفلكية منذ وقت مبكر فقد افترضوا أن الشمس على مدار السنة تتحرك مستقلة في مسار طويل ذي التواءات بين الكويكبات على أن يكمل هذا المسار بعودة الشمس إلى النقطة التي بدأت منها السير في أول العام، كما اعتقدوا أن الشمس في مسارها تزور مختلف المجموعات النجمية وهي التي تعرف في وقتنا الحاضر باسم البروج والكويكبات البرجية، وإنها تبقى في زيارة كل كوكب ٣٠ يوماً كاملاً

ثم تنتقل إلى الكوكبة الأخرى والحقيقة أن عدد الكويكبات (١٢) كوكباً التي أصبحت تشكل دوائر البرج[٧].

أما المصريون القدماء فقد قسموا دائرة الأفق كلها إلى ٣٦ قسم كل منها ١٠ درجات وكل قسم يقابل ثلث برج من بروج القبة السماوية وأشار التقسيم العشري إلى دائرة خط الاستواء وإن الامتداد في خطوط العرض للأقسام العشرية والبروج السماوية لم يكن مبيناً بياناً واضحاً[٨].

إن التفكير الذي شرع فيه البابليون والمصريون القدماء ينطبق على الأفكار الحديثة فإن رسم المسقط الاتجاهي وتسقيط البروج والكويكبات السماوية وتمثيل المجموعات النجمية يبرهن على الإحداثيات الفلكية المتقدمة في الحضارتين العراقية والمصرية.

٢-١ فكرة خطوط الطول:

إن الهدف الرئيسي من رسم الخارطة هو توضيح العلاقات المكانية والنقط المختلفة على سطح الأرض وهذا لا يمكن أن يتم دون تحديد المسافات ومعرفة الاتجاهات.

ومن المعلوم أن تاريخ رسم الخرائط يمثل التطور في دقة تمثيل المسافات والاتجاهات للمناطق المعروفة في العالم.

في العصور القديمة في العصر اليوناني بذلت جهود كبيرة لوضع خطوط رئيسية ترسم على أساسها الخرائط ويمكن بواسطتها توضيح بشيء من الدقة العلاقات المكانية لأجزاء مختلفة من العالم.

وفيما يتعلق بخطوط الطول فإن أمر تحديدها كان صعباً يعود ذلك للأسباب التالية:-

١. إن الجغرافيين والفلكيين لم يتفقوا على نقطة واحدة أو خط معين الأمر الذي أدى إلى حدوث اختلافات في تحديد خطوط الطول الرئيسية والأساسية.

٢. عدم توفير أجهزة لقياس البعد الزاوي حينذاك.

وبدايات التفكير بوضوح الإحداثيات في الخرائط كانت عند اليونانيين القدماء الذين استفادوا مما كان موجوداً عند البابليين من معلومات من علم الفلك وهكذا نجد هيبارطوس اقترح تغطية سطح الأرض في الخرائط بشبكة كاملة من خطوط الزوال وخطوط العرض على مسافات فاصلة بينها مقدار كل منها نصف ساعة من الزمن(٩).

وقد وقع اختيار بوليبوس على الخط الواصل بين مصبي نهر الدون Donpirons والنيليكو NL خط الزوال الأساسي إذ كان الخط الواصل بين نهر الدون والنيل هو خط الطول الأصلي ولكن احتفظ بخط الدون والنيل وذلك لأنه يمثل حداً قارياً يفصل بين آسيا وأوربا.

ومما دفعهم لاختيار موقع الدون والنيل على اعتبار أن موقع الدون يمثل مدار الشمس الطبيعي حيث يمثل موقع النيل مدار الشمس الشتوي.

تؤلف بعد إذ إضافات الإغريق فقد تمكن إيوانو سفين (٢٧٦ – ١٩٦) ق.م الذي كان أميناً لمكتبة الإسكندرية من تقدير محيط الكرة الأرضية وذلك بالاستعانة بمقياس المصريين القدماء وبما لاحظ من اختلاف ميل أشعة الشمس عن سمة الراصد بين الإسكندرية وإسوان على اعتقاد منه أنها تقعان على خط طول واحد(١٠).

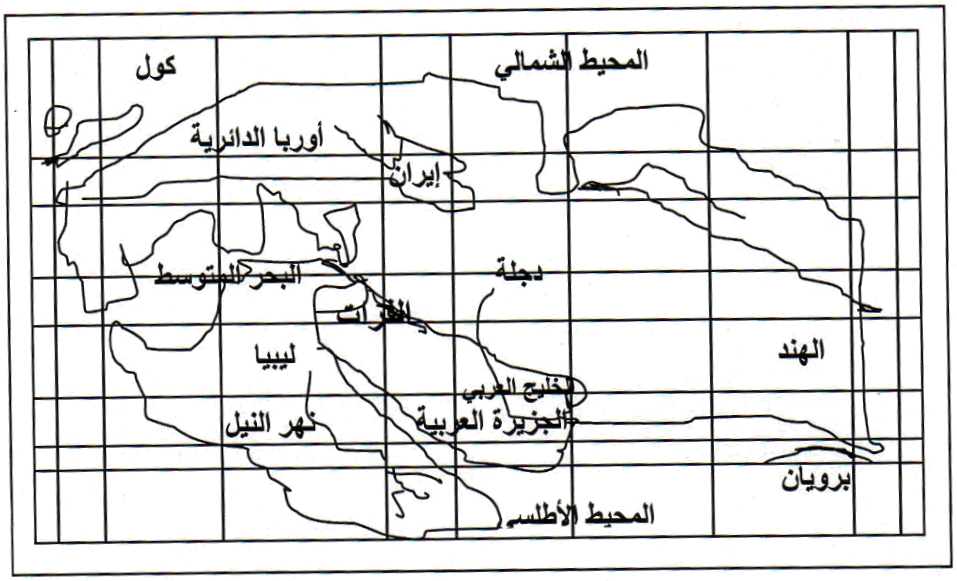
واعتمد على رسم خط الطول على إرصادات فلكية تقريبية كوضوح الشمس وقت الشروق عند الاعتداليين أو موضح مجموعة النجوم الثوابت في السماء(١١).

وجاء بطليموس واعتبر خطوط الطول والعرض بالغة الأهمية كأساس لعمل الخريطة وأدى فهمه لذلك إلى استخدام هذه الخطوط فيما لا يقل عن ثمانية آلاف موضع ولذلك يعتبر أول جغرافي استخدم الجغرافية استخدم اصطلاح خطوط الطول والعرض بمعناها المار بجزيرة فرو (Ferro) إحدى جزر الكناري (Canarglslam) التي كانت

تمثل الطريق الغربي الأقصى للعالم آنذاك وكانت هذه الجزر معروفة باسم الجزر (الجزر السعيدة) (Islands Fortunale) التي هي أبعد جزيرة من مجموعة جزر كناري التي تحد المغرب، وقد جعله على بعد سبع درجات ونصف درجة غربي جبل طارق ويقع في تقرير خطوط الطول وحسابات افتراضية غالباً ما كانت خاطئة حقاً، بينما حدد إيرانو سفين خطوط الطول الأساسية خط طول رودس سوان ورسمت على ضوء ذلك الخرائط[١٢] لاحظ خارطة رقم (١).

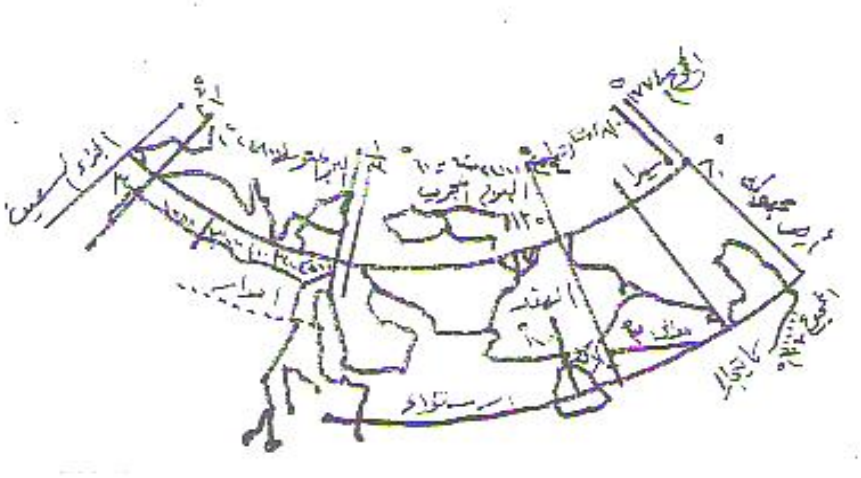
خارطة رقم (١)

خارطة إيراتوستين[١٣]



خارطة رقم (٢)

خطوط الطول عند بطليموس(١٤)



المصدر: تطور الفكر الجغرافي، ط١،

٢-٢: فكرة دوائر العرض:

كانت تحدد دوائر العرض أسهل بكثير من حساب خطوط الطول ويعود سبب ذلك إلى وجود خط الاستواء الذي يقسم الكرة الأرضية إلى قسمين متساويين.

وضح مارينوس الصور في ثمانية خطوط عرض في خارطة للعالم الفارق الزمني بين خط وآخر ساعة واحدة حتى تولى التي تقع على دائرة عرض ٦٣ْ شمالاً.

أما ديكا ركوس فقد وضح خط عرض يبدأ بأعمدة هرقل ديمو برودس رطورس وجبال البرز ويمتد إلى جبال الهندوكوش وقد حدد بطليموس في كتابه الفلك (Astrononges) أنه رسم تسعة وعشرون دائرة عرض والفارق الزمني بينهما ١/٤ ساعة

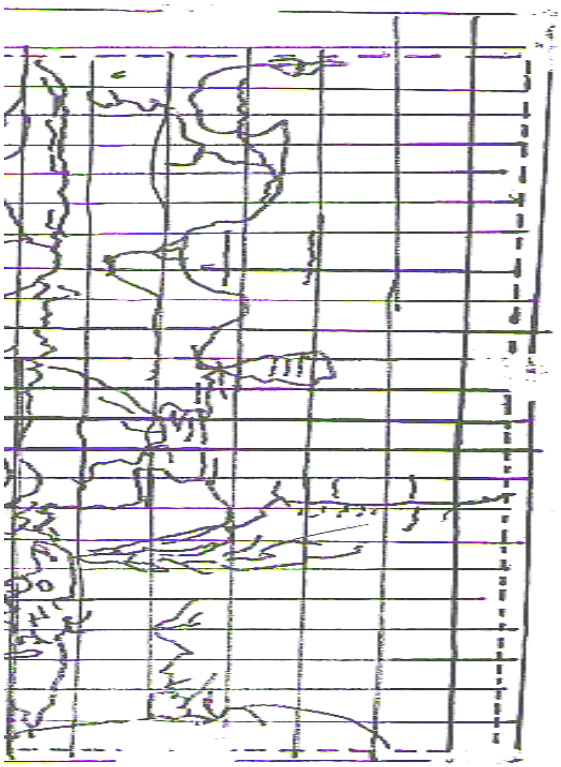
وأطلق على هذه الخطوط اسم المدن التي تمر بها إلى وسط بريطانيا حيث أطول نهار يكون 17½ ساعة ووضح (الاسكيشين) بعد دائرة العرض ٦٤½ ْ في أرض مجهولة.

أما طول النهار فهو ٢١ ساعة ثم زاد على ذلك ثلاثة خطوط أخرى بدون اتحاد حتى الدائرة القطبية الشمالية.

ويعتقد بطليموس أن وجود شبكة خطوط الطول والعرض يعتبر أمراً أساسياً لرسم الخرائط ولذلك يعد مؤسس الجغرافية العلمية وأول جغرافي استخدم اصطلاح خطوط الطول ودوائر العرض[١٥].

خارطة رقم (٣)

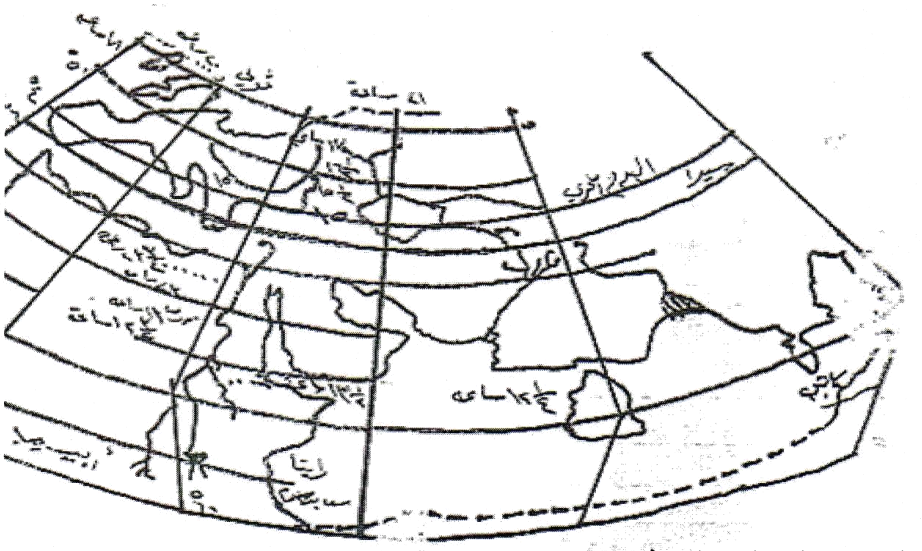
خارطة مارينيوس الصورية للعالم[١٦]



المصدر: المصورات الجغرافية،

خارطة رقم (٤)

دوائر العرض عند بطليموس[١٧]



المصدر: تطور الفكر الجغرافي، ص٤٢١.

الإحداثيات في الخرائط العربية والإسلامية

كانت الاهتمامات الدينية تحتم على العلماء أن يهتموا بالفلك وأن يختصوا بمسألة خطوط الطول ودوائر العرض الجغرافية لمختلف الأماكن بدقة.

وقد قام العديد من الجغرافيين العرب بأبحاث متقنة إلى درجة تفوق المألوف انتهت بهم إلى تحديد العروض الجغرافية ولذلك كانت الطرق التي مارسوها أقلية ودقيقة.

فقد وضع العرب جدولاً لخطوط الطول الأرضية وجعلوا خط القبة الأرضية (خط الاستواء) أي يقابل خط كرينش اليوم يمر بخط جزر الخالدان (كناري) وفق ابتكار جيد ودقيق يعمل به منذ القرن الحادي عشر الميلادي واستمر كذلك لعدة قرون[١٨].

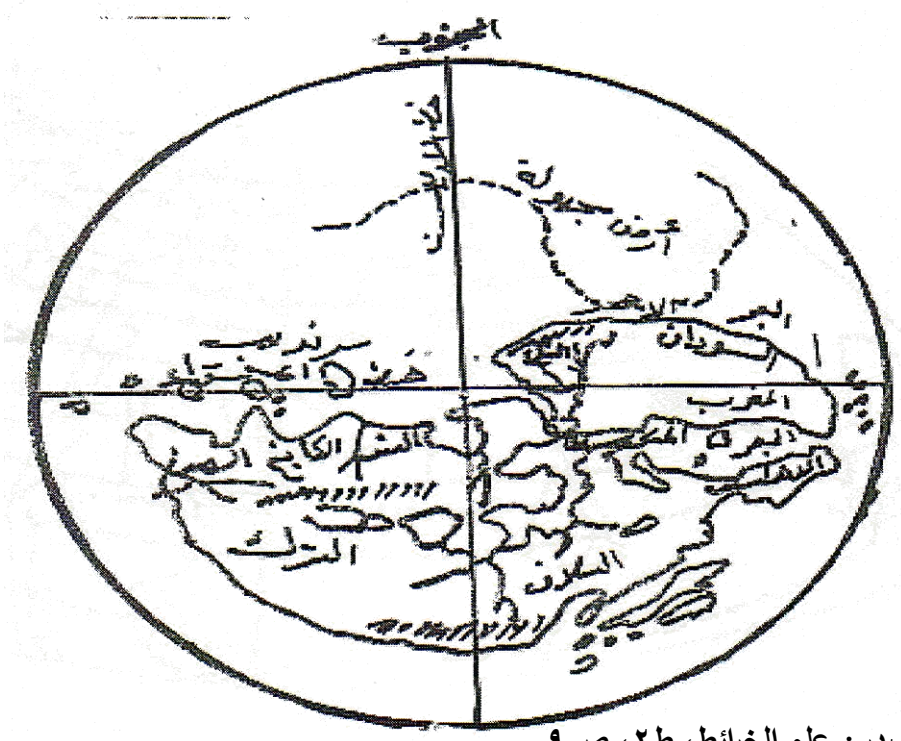
وقد كان أول من حدد خط منتصف النهار (خط الأرين) المسعودي عندما رسم خارطة للعالم.

ومع ذلك فقد حدثت اختلافات عديدة في تحديد خط الطول فالبعض اعتبر أن خط الأرين يمر (بجزيرة سيلان) واعتبر البعض الآخر أنه يمر بشرق إفريقيا وزنجار، أما الإدريسي فقد اعتبره يمر بقرب إفريقيا في جزر الكناري الواقعة في المحيط الأطلسي وهو بهذا يكون قد اقترب من خط كرينش الحالي بحوالي (١٠ درجات).

ونشأ من رصد العرب للظواهر الشمسية تعينهم مدة السنة وأقدموا على قياس خط منتصف النهار وأنجزوا هذه القياسات بحسابهم المسافة الواقعة بين نقطة البداية التي سار منها الراصدون ونقطة النهاية التي ظهر فيها اختلاف في ارتفاع القطب درجة واحدة[١٩].

خارطة رقم (٥)

خارطة المسعودي[٢٠]



المصدر: علم الخرائط، ط٢، ص٩.

النظم العالمية لشبكات الإحداثيات الحديثة

استحدثته الدول العظمى منذ فترة طويلة عدداً من هذه النظم لكل شكل يختلف الذي من أصله استحدث، ومن أقدم الدول أخذت بهذه النظم وتطبيقاتها بريطانيا، والولايات المتحدة الأمريكية:-

أولاً: النظم الإنكليزية العام للإحداثيات:

استنبطت بريطانيا نظامها الاحداثي عام ١٩١٩ بحيث يمكن أن يتماشى مع مقاييس الرسوم الكبيرة والمتوسطة فقط للخرائط دون غيرها، مما تصغر مقاييسها عن ذلك.

ولن تستمر بريطانيا في تطبيق هذا النظام، فلم تلبث أن استبدلته بنظام أحدث يعتمد على قاعدتين أساسيتين:-

- **القاعدة الأولى: قراءة البعد الشرقي عن نقطة الأساس أولاً ثم البعد الشمالي من بعده.**
- **القاعدة الثانية: تكون أرقام الشرقيات مماثلة للأرقام الشماليات وقد يصحبها حرف هجاء وتتكون بإحدى هذه الصور (٦٤٠٥٨١٥٠) أو (G. 550) مثلاً[٢١].**

ويختلف النظام الجديد عن سابقه في أن ترتيب الإحداثيات في الأخير يتكرر كل ٥٠ كيلو متر.

ففي الخرائط ذات المقاييس الصغيرة قد نجد في نفس اللوحة رقمين للإحداثيتين متشابهتين، ولكنهما يشيران إلى موقعين مختلفين واستطاع النظام الحديث أن يتغلب على هذا العيب، فقسم العالم إلى مربعات طول ضلع كل منها (وحدة المربع) ٥٠٠ كيلو متر وكل مربع من هذه المربعات يسمى بإحدى أحرف الهجاء.

وكل مربع من هذه المربعات ينقسم ثانيه إلى ((٢٥ مربعاً)) طول ضلع كل منها ١٠ كيلو متر ويسمى أيضاً بأحرف هجائية تبدأ من الحرف (A) حتى الحرف (Z) ما عدا الحرف (I).

وهذه المربعات تنقسم مرة أخرى إلى عشرة مربعات طول ضلع كل منها ١٠ كيلو متر.

أما إذا كانت الخرائط ذات مقاييس رسم بوصة لكل عشرة أميال، فقد جعلت أضلاع مربعات الـ١٠٠ كيلو متر سميكة، والحرف الهجائي مكتوب في منتصف المربع بجانبه الحرف الهجائي المميز للمربع الكبير (مربع رصد الـ٥٠٠ كيلو متر) الذي يقع منه هنا المربع ولكن بحجم أصغر وكل خمسة من أضلاع مربعات الـ١٠ كيلو مترات الرفيعة والرئيسة مرقومة[٢٢].

وهذا الرقم يبين بوحدات الـ١٠ كيلو (على الشرقيات والشماليات) والأبعاد عن الركن الأيسر والأسفل المربع الـ١٠٠ كيلو متر الواقع فيه وهذه النقطة هي التي تسبب الإحداثيات وتتحدد بالنسبة إليها، ولهذا توصل بنقطة البدء أو الأساس.

وعلى ذلك نجد أن الموقع المحدد في الشكل السابق بالعلاقة (X) يقع على بعد ٣–٦ وحدات شرق، ٣.٥ وحدات شمال نقطة البدء وهي تقع في مربع (H) ويسمى هنا الموقع ويتحدد بالرمز (V H 6335).

أي إنه في القراءة العادية بتقدير الاعتبار المطلوبة إذا كان ضلع المربع لا يزيد عن خمسة سنتمترات.

أما إذا أريد زيادة الدقة فيجب استخدام ما يعرف بدليل الإحداثيات وهو ما استخدمناه لتقدير كل من (٠.٣، ٠.٥) في المثال السابق وهو عبارة عن ضلعين متعامدين يحصران زاوية قائمة مقسمة كالمسطرة إلى أقسام عشرية مدرجة بقيم تنازلية تبدأ من ركن الزاوية بالرقم صفر.

وتختلف المسافات باختلاف طول ضلع المربع المقاس، وهذا يمكن تصحيحه عند الحاجة إليه وتقسم مربعات العشر كيلو مترات مرة أخرى إلى مئة مربع طول ضلع كل منها كيلو متر واحد وتكون أضلاع مربعات العشرة كيلو مترات سميكة والإحداثيات مرقومة[٢٣].

ثانياً: النظام الإنكليزي المعدل:

يسود هذا النظام في أجزاء كثير من العالم المتفرقة ولهذا فمن الأفضل أن تقول النظم الإنكليزية المعدلة بدلاً من النظام الإنكليزي المعدل، حيث توجد بعض الاختلافات والفروق وإن كانت طفيفة بين هذه النظم تبعاً لموقعها المتناثرة على وجه الأرض، والاعتماد على أكثر من مسقط من مساقط الخرائط.

ولقد أدخلت على هذا النظام بعض التعديلات على مدى فترات زمنية متفاوتة تختلف من منطقة إلى أخرى ولكل نظام من هذه النظم خصائصه المستقلة، كما إن لكل نظام وحدة من وحدات القياس يختلف بها عن غيره كاليادرة أو السنتمتر مثلاً.

وباختصار فقد نشأ كل نظام من هذه النظم ودخلت عليه التبديلات اللازمة تبعاً لدرجة الحاجة إليه والاستفادة منه، فقد كان هناك العديد من الأنظمة الإنكليزية المنتشرة على سطح الأرض ولم تكن كلها مستخدمة من قبل الإنكليز نفسهم بل سار على نحوها عدد من الدول منها الولايات المتحدة الأمريكية رغم ما لديها من نظم[٢٤].

رغم أن هذه الأنظمة الأمريكية تكاد تغطي أجزاء العالم كلها، وذلك عندما لا يكون هناك بديل عن النظم الإنكليزية فقد يراه الأمريكيون في نظامهم الأساسين الشائعين (UPS. VTM.) إذ إنه لو أريد استبدال نظام إحداثي بآخر فإن ذلك سوف يستلزم إغلاق الآلاف من الخرائط التي طبعت وأجريت عليها الرسوم وحددت عليها المواقع المختلفة ورسم بدلاً منها، بحيث يكون خاضعاً للنظام الجديد.

ولهذه الأسباب فقد كان معظم النظم الإنكليزية لا تزال مستخدمة حتى الآن في بلاد لها نظامها الإحداثي الخاص بها.

والنظام الإنكليزي عموماً يعتمد أساساً على تقسيم شبكة الإحداثيات إلى مربعات ذات أضلاع يمثل كل منها وحدة مقدارها ١٠٠.٠٠٠ متر وكل ٢٥ مربع من هذه المربعات يمثل مربع كبير طول ضلعه يمثل وحدة مقدارها ٥٠٠.٠٠٠ متر يتميز كل منها بحرف هجاء ابتداءً من الـ(A) حتى الـ(Z) يمثل كل حرف ٢٥ مربعاً تمثل المربعات الكبيرة، والذي نلاحظه على توزيع الأحرف على هذه المربعات الصغيرة والكبيرة.

أنها تبدأ من الركن الشمالي الغربي في كل مربع، ثم تسلسل الأحرف من اليسار إلى اليمين في اتجاه عام آخر من الشمال إلى الجنوب سطراً بعد سطر، مستبعدين حرف الـ(I).

وهكذا نجد أن كل ٢٥ مربع من المربعات الصغيرة يمثل مربعاً وسطاً، وكل ٢٥ مربع من المربعات الوسطى تمثل المربعات الكبيرة الذي يشكل اللوحة السابقة كلها[٢٥].

ثالثاً: النظام الإنكليزي لإحداثيات الصور الجوية (PDG) ومن النظم الإنكليزية المعدلة أيضاً نظام تحديد النقط الاحداثي (Point Desigration Carid):

والغرض منه أساساً استخدامه وتطبيقه على الصور الجوية في تحديد المواقع المطلوبة والتي تمثل في الحقيقة نقاطاً لمساحات أو مناطق، إذ من النادر أن تكون هذه الصور ذات مقاييس يطابق ما تدل عليه مرسوماً على الخرائط من حيث مقياس الرسم ولهذا فمن غير العلمي تطبيق النظم الإحداثية الشائعة على هذه الصور.

ولهذا فقد استحدث نظام إحداثي خاص لتحديد المواقع المختلفة على هذه الصور ولا علاقة لهذا النظام بالمقياس الحقيقي للصورة ولا بالجهات الأصلية الخاصة بالبوصلة، أي إن هذا النظام يمثل فقط مجرد أسلوب لتحديد النقط لا المسافات ولا المساحات كغيره من النظم.

ويتم تركيب شبكة الإحداثيات الصور وفقاً لهذا النظام حسب الترتيب التالي:-

١. توجيه الصور توجيهاً معيناً بدلالة حافتها الشمالية أو قاعدتها فتكون قاعدة الصورة أو حافتها السفلى أقرب ما تكون بالنسبة للقارئ بصرف النظر عن التوجه الجغرافي الحقيقي لها.

٢. ترسم خطوطاً أفقية فوق الصورة لتربط حافتها اليمنى واليسرى ببعض على مسافات متساوية وكذلك ترسم خطوطاً رأسية تربط حافتها الشمالية بحافتها الجنوبية بحيث تكون المسافات بين هذه الخطوط قسم منها يمثل أربعة سنتيمترات (١: ٢٥.٠٠٠) ويصبح مثل هذا المقياس مناسباً للاستخدام وإن كان هذا لا يعني أن هذا المقياس بالنسبة للخرائط فأخذ من هذه الصور أو سنده عليه أساساً.

٣. نمد الإحداثيات (الخطوط) الأفقية حتى تتجاوز الحافة اليسرى للصورة وتخرج عن نطاق الصور فما جاء ذلك لتوقيع أرقاماً معينة عليها وفقاً لنظام خاص.

٤. لما كانت الصور الجوية عادة ذات مساحة واحدة تقريباً ضمن الأفضل عند تقسيمها إلى خطوط حسب ما بينها من قبل (وان) تكون هذه الخطوط الأفقية والرأسية متوازية تماماً لمحورين رئيسيين للصورة يتقاطعان في مركزها تماماً.

٥. يتم توقيع هذين المحورين الرئيسيين بالرقم (٥٠) ثم نبدأ بالترقيم ببقية الخطوط عن يمين وعن يسار أو إلى الشمال أو إلى الجنوب من هذين المحورين ترتيباً رقمياً متسلسلاً.

ويكون لكل صورة رقم أساسي محدد يقع عند أقصى الطرف الجنوبي الغربي لها ويتم قراءة الاحداثي الخاص بالصورة[٢٦].

رابعاً: نظام مريكيتور المستعرض (UTM) هناك عدداً من الأنظمة الخاصة بالإحداثيات، وكلها تستخدم إما أغراضاً تخطيطية أو عسكرية وتكون إقليمية أو عالمية ونظام (UTM) واحد من أهم النظم العالمية التي استخدمته الولايات

المتحدة الأمريكي وهذا الاصطلاح (UTM) يمثل اختصاراً للعبارة يوصف بها هذا النظام وهي (The Jnirersal Transverse Mercater Grid) ولقد تم تطبيق هذا النظام الاحداثي على خرائط المناطق الواقعة بين خطي عرض N شمالاً و N جنوباً وتعتبر الولايات المتحدة الأمريكية بصفة خاصة من الدول التي يغطيها هذا النظام الشبكي للاحداثيات تغطية كاملة، كما أن هناك جالية تهدف إلى تطبيقه على كل أجزاء العالم.

ويعتمد هذا النظام اعتماداً مطلقاً على فكرة مسقط مريكتور الشهير الذي اختير ليكون أساساً لهذا النظام الاحداثي لفوائده العديدة بالنسبة للجغرافيين والعسكريين الذين يعملون مباشرة مع الخرائط كرجال المدفعية ومهندسو المساحات العسكرية ورجال البحرية نظراً لأن الزوايا المختلفة المقاسة على هذا المسقط أقرب ما تكون صحيحة في قيمتها الحسابية من الصحة، كما أن كل المقاييس الطولية التي تأخذها هذه تكون صحيحة إلى حد كبير[٢٧].

خامساً: النظام الاستربوجرافي القطبي (UPS):

يعتبر هذا النظام مكملاً للنظام الأسبق مباشرة للرمز (UPS) اختصاراً للتسمية (The Universar Polay Steiogrephic Griecl) ولقد استخدموه الفكريون الأمريكيون في نفس الوقت استخدموه في نظام (UPS) ليكون مكملاً له في الأجزاء المتبقية في العالم والتي تنحصر بين خطي عرض ٨٠° شمالاً وجنوباً والقطبيين.

أي إن هذا النظام يستخدم في الخرائط الخاصة بالأقاليم القطبية ابتداءً من القطبين حتى حدود نظام (UTM) ويتكون نظام (UPS) من عدة لوحات يعتمد على المسقط القطبي للخرائط الذي تعتمد إحداثياته على بؤرة واحدة تتبع منها الاتجاهات المختلفة لهذه الإحداثيات، وبالتالي تكون الزوايا المحصورة أقل ما تكون خطاً وكذلك الأطوال[٢٨].

التقسيم الداخلي للنظام (UPS) والنظام (UTM) الاحداثيين

الغرض من التقسيم الداخلي لهذين النظامين أساسه إمكانية تحديد أي نقطة أو منطقة أو ظاهرة جغرافية على الخرائط المختلفة بطريقة واحدة في كلا النظامين، ولهذين النظامين أساس في التصحيح نظراً لأن كلاهما يكملان كلاً منهما للآخر ويعطيان العالم شبكة واحدة من الإحداثيات وفي هذين النظامين ينظم سطح الأرض كله إلى مناطق جغرافية كبرى لكل منها نظام خاص ومستقل من غيره ويطلق عليه بالإنكليزية (The Grid Zone Designa Tiam) ويرمز له بالحروف الثلاثة (G.Z.D) فتشكل إقليم جغرافي أو منطقة جغرافية من أقاليم سطح الأرض التي سيتم على أساسها تعميم إحداثياتها وفق نظام خاص يستقل فيه عن غيره من الأقاليم الأخرى[٢٩]، ولقد تحددت هذه الأقاليم الجغرافية في أربع مناطق كما يلي:-

المنطقة الأولى: تنحصر بين خط الاستواء ودائرة العرض ٨٠ شمالاً.

المنطقة الثانية: تنحصر بين دائرة عرض ٨٠ شمالاً والقطب الشمالي.

المنطقة الثالثة: تنحصر بين خط الاستواء ودائرة عرض ٨٠ جنوباً.

المنطقة الرابعة: تنحصر بين دائرة عرض ٨٠ جنوباً والقطب الجنوبي.

وفي هذه المناطق الأربعة نلاحظ تشابهاً بين المنطقة الأولى والثانية والثالثة والرابعة.

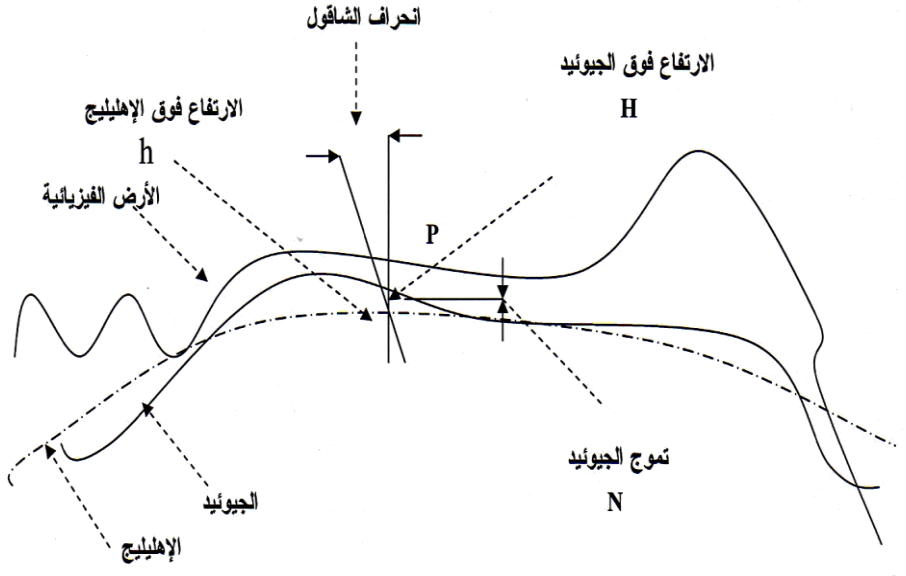
أنظمة الاحداثيات الحديثة:

تعد نظم المعلومات الجغرافية من التقنيات الحديثة التي تعتمد على الفرضية الأولى لشكل الأرض المعتمدة في العلوم المساحية والجيوديزية وعلم الأرض هو الجيوئيد (Geoid) وهو سطح فيزيائي ويعرف بسطح السوية (سطح متعامد في جميع نقاطه على اتجاه الثقاله) الذي يمر بالمستوى الوسطي للبحار دون اعتبار ظاهرة المد والجزر) يمثل هذا السطح شكل الأرض ويعتمد تعريفه على اتجاه الشاقول في كل نقطة. ولإجراء

الحسابات يعوض هذا الشكل بسطح رياضي كتقريب أول لجيوئيد، وهو مجسم القطع الناقص الدوراني أو الإهليليج الدوراني المفلطح باتجاه القطبين وتعرف مختلف مواقع نقاط سطح الأرض بإحداثياتها على هذا السطح. وبما أن تفلطح الإهليليج الدوراني صغير فيعوض عنه بتقريب ثاني بالكرة الملاصقة للإهليج في المنطقة المعتمدة، وفي هذه الحالة تعرف نقاط سطح الأرض بإحداثياتها على سطح الكرة[٣٠].

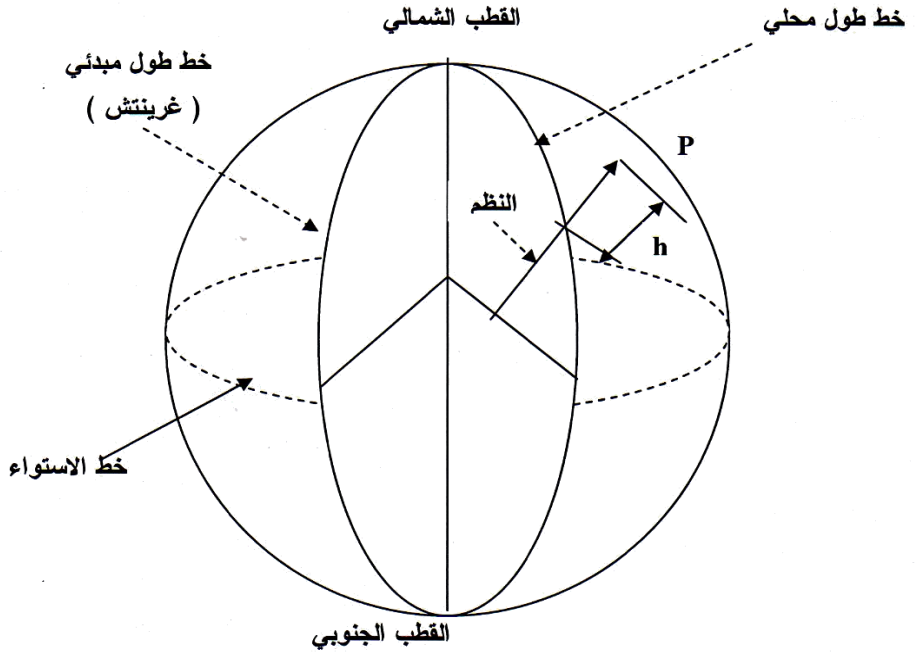
وإن مفهوم الاحداثيات لنظم المعلومات الجغرافية مرافقاً للمعطيات المكانية Spatiul Data ولقد كانت نظم إحداثيات العنصر مهماً وذلك للتعبير عن المواقع النسبية للنقاط في المساحة Surveying والمساحة التصورية Photo yrammetry والتخريط Mapping، وحديثاً أخذت هذه النظم أهمية أكبر وذلك لسبب اتساع استخدام أهمية نظم المعلومات الجغرافية، والتي تعتمد بشكل كبير على المعطيات الهندسية (الإحداثيات) وذلك من أجل القيام بوظائفها المختلفة تهتم الجيوديزيا Geodesy بدراسة حجم وشكل وجاذبية ودوران وحركات قشرة الأرض.

ولفهم مبادئ هذا العلم يجب تعريف ثلاثة سطوح: الأرض الفيزيائية Physicul Earth. والجيوئيد Geoid و الإهليليج Ellipsoid المبينة في هذا الشكل (٢. ٤).



فيما يخص الأرض الفيزيائية أنها تحوي الوديان والجبال والسهول والمسطحات المائية (محيطات بحار أنهار وبحيرات). أما الجيوئيد فهو سطح الجاذبية متساوي الكمون والذي يمثل المستوى الرئيسي للبحار Mean sea level عامة. والجيوئيد هو سطح خفيف التموج Undulation ومتعامد في كل مكان مع اتجاه الجاذبية. أما الإهليليج: فهو سطح معرف رياضياً من اجل تقريب شكل الجيوئيد الكلي (كامل الكوكب)، وينتج هذا السطح عن دوران قطع ناص ثنائي البعد حول محوره الصغير ودوران القطع الناقص في هذه الطريقة يولد إهليليجياً ثلاثي الأبعاد.

أما الإحداثيات الجيوديزية المستخدمة عند مواقع النقاط بالنسبة لسطح الأرض هي زاوية العرض Latitude (O) وزاوية الطول Longitude (∅) والارتفاع (h) Height وتعرف زاويتا الطول والعرض ما يعرف باسم المركبات الأفقية، بينما يمثل الارتفاع المركبة الشاغولية، وهذه الاحداثيات الثلاثة مبينة في الشكل (٢. ٥)[٣١].



الإحداثيات المستخدمة في المرجعيات العددية لأنظمة المعلومات الجغرافية:

(١) الاحداثيات الأرظية: باعتبار الكرة كسطح رياضي لشكل الأرض، وهو عملياً كافٍ لكل تطبيقات أنظمة المعلومات الجغرافية ويعتمد على نوعين:

أ. الاحداثيات الجغرافية (و).

ب. الاحداثيات الديكوراتية ثلاثية الأبعاد المتعامدة (Z و Y و X) حيث مبدأ الاحداثيات مركز الكرة والمحور Z منطبق على خط القطبين والمستوي XY منطبق مع مستوى خط الاستواء والمستوى XZ منطبق مع مستوى الزوال المبدئي والمحور Y على XZ متجهة بحيث تصبح الجملة (XYZ) جملة مباشرة.

ويمكننا إيجاد قوانين التحويل من الاحداثيات الجغرافية ( ) إلى الاحداثيات الديكارتية ثلاثية الأبعاد باعتبار نصف قطر الكرة R كما في الشكل (١. ٤. ٥):

$$X = R \cos \varnothing \sin \measuredangle$$
$$Y = R \cos \varnothing \cos \measuredangle$$
$$Z = R \sin \varnothing$$

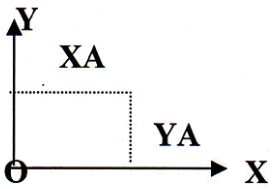
ويمكن من هذه العلاقات إيجاد قوانين التحويل العكسية أي قوانين التحويل من (X , Y , Z) إلى الاحداثيات الجغرافية (و) فنجد:

$$\varnothing = \text{ARC SIN} \frac{Z}{R}$$

$$\measuredangle = \text{ARC SIN} \frac{X}{R \cos \varnothing} = \text{ARCTG} \frac{X}{Y}$$

(٢) الاحداثيات المستوية: يمكن أن نميز ما يلي:

أ. الاحداثيات الديكورتية (X , Y) شكل (٢. ٤. ٥) فإحداثيات نقطة A تعرف بعدين حقيقيين (X , Y) في جملة المسقط المعتمدة لنقاط من سطح الأرض على المستوي.



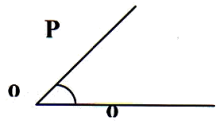
شكل (٢.٤.٥)

شكل (٢.٤.٥)

ب. الاحداثيات القطبية (, P) كما في الشكل (٣. ٤. ٥) حيث يعبر عن موقع نقطة A لعديين حقيقيين: الزوايا التي يصنعها الشعاع OA مع المحور OX وطول الشعاع OA = P ويمكننا الانتقال من الاحداثيات الديكارتية المستوية إلى الاحداثيات القطبية المستوية بالعلاقتين:

$$X = P \cos \ominus$$

$$Y = P \sin \ominus$$



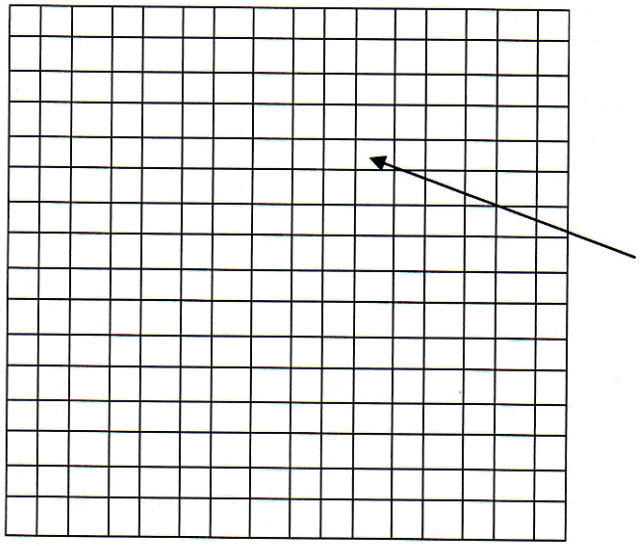
شكل (٥.٤.٣)

كما يمكن الانتقال بالعكس من الاحداثيات القطبية إلة المستوية بالعلاقتين:

$$\ominus = \text{ARC TH} \frac{Y}{X}$$

$$P = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

جـ. احداثيات المستوية المتريسية (R , C) شكل (٥. ٤. ٥) حيث تمتد الاحداثيات في موقع ما برقم ورقم عامود في شكله خلايا متواضعة فوق التافصيل، وكشكل هذه الخلايا مصفوفة حيث تحتل كل خلية منها حيزاً من المنطقة.

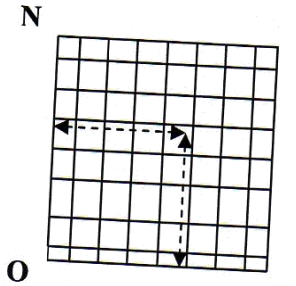


شكل (٥.٤.٥)

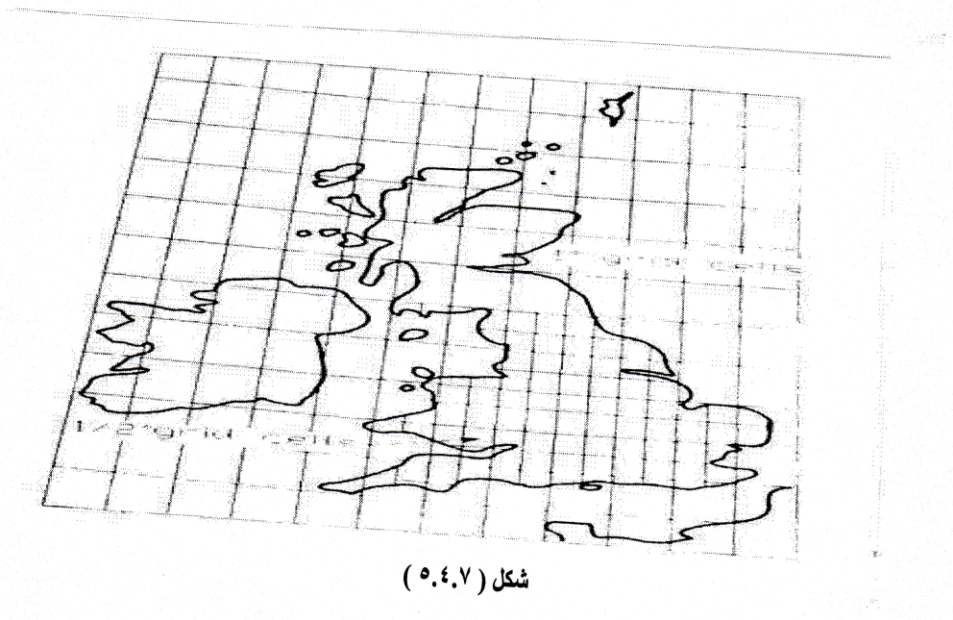
الاحداثيات هنا أرقام صحيحة مصنفة ضمن المرجعيات العددية إلاّ إنها يمكن تصنيفها ضمن المرجعيات الترتيبية.

د. الاحداثات الشبكية الخرائطية وهي شبكة مستوية حيث يعبر عن الاحداثيات بقياسات خطية (E , N) كما في الشكل (٦. ٤. ٥)، والتي تعطي إحداثيات النقاط بالأمتار الصحيحة على سطح الأرض.

هـ. الاحداثيات الشبكية الرباعية (شكل ٥.٤.٧) وتعتبر حلاً وسطاً بين الاحداثيات الجغرافية والشبكية الخرائطية، وهي شبكة مؤلفة من أشكال رباعية ذات أبعاد مناسبة كما في الشكل (٥.٤.٧) لدينا رباعيات بأبعاد (درجة X درجة) أو (نصف درجة X نصف درجة) حيث تشكل أضلاع هذه الرباعيات خطوط الزوال والموازيات[٣٢].



شكل (٥.٤.٦)



شكل (٥.٤.٧)

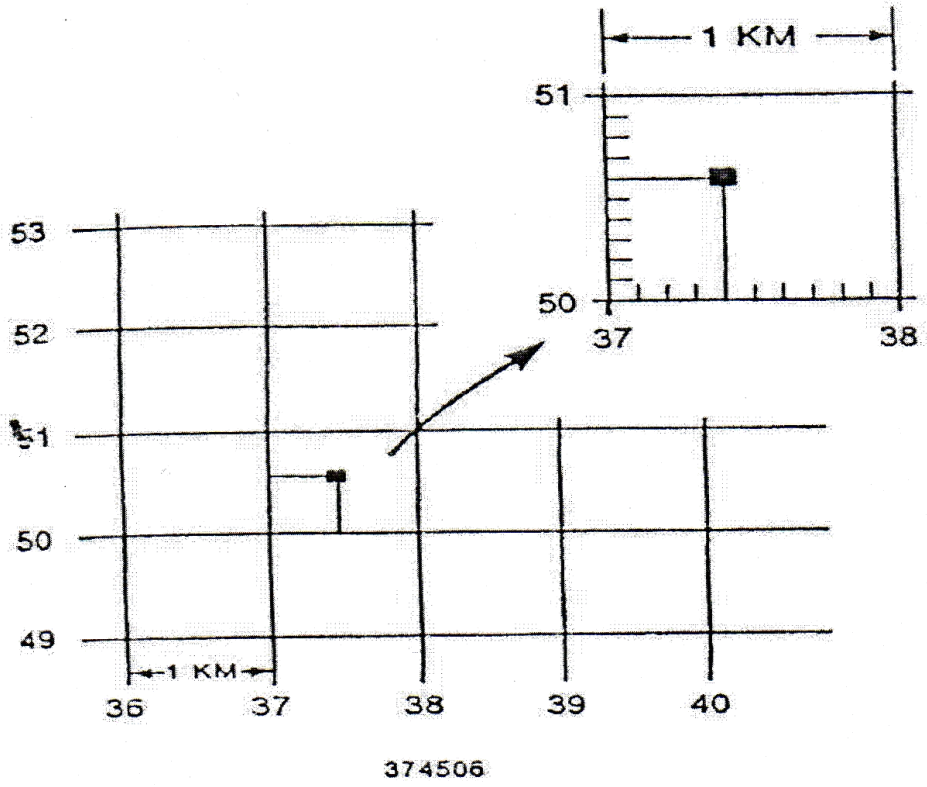
نظم الاحداثيات الجغرافية وتصنيف البيانات الخلوية:

تستخدم الاحداثيات الجغرافية كأساس لعملية الترقيم الجغرافي Geocoding للبيانات الخلوية وتصنيفها.

فمثلاً أن النظام ميركيتور الإحداثي:

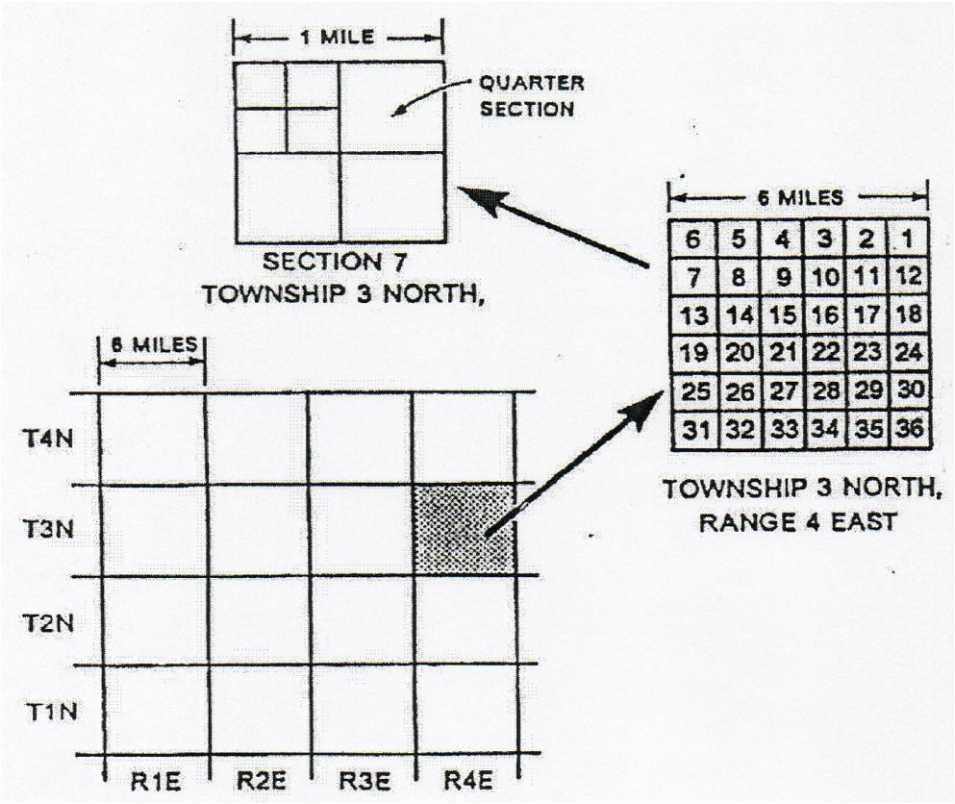
(U. T. M) Universal Transverse Mercator

يتيح مرجعية إحداثيات جغرافية يمكن تطبيقها بشكل اختياري وواسع على أي مستوى مطلوب من التفاصيل للبيانات الخلوية كما في الشكل (٢. ٦).



الشكل ٦.٢: نظام الاحداثيات الجغرافي ميركيتور

ومن الأمثلة الأخرى على ذلك يتم في غرب الولايات المتحدة الأمريكية عادة استخدام نظام إحداثيات يسمى Township – Range Survey System في بعض نظم المعلومات الجغرافية وذلك كأساس لترقيم البيانات الخلوية وتصنيفها كما في الشكل (٢. ٧) ويعد هذا النظام الاحداثي مفيداً وناجحاً في الوصف القانوني لملكية الأراضي وتثبيت حدود الطرق السريعة والفرعية.



الشكل 2-7: نظام الإحداثيات الجغرافي نوع
Township – Range Survey System

ترقيم البيانات الخلوية وتصنيفها:

إن كل خلية من خلايا البيانات الخلوية في نظم المعلومات الجغرافية يمكن أن ترقم (ترمز) Coding بقيمة مفردة واحدة تمثل صنف معين واحد يعكس خصائص الموقع الجغرافي المتواجد، ويبين في معظم الأحيان اعتماد القيم الصحيحة كأعداد لترقيم الخلايا قبل القيم: 0 , 1 , 2 , 3... إلخ والتي تشير إلى أسماء في جداول أو مفتاح Legend مرفقة.

وهناك ثلاثة أساليب رئيسة تستخدم في ترقيم البيانات الخلوية وتصنيفها وهي:

(١) أسلوب الصنف السائد.

(٢) أسلوب وضع النقطة في مركز الخلية.

(٣) أسلوب وضع نقطة عشوائية[٣٣].

فهرست الخرائط وفق النظامين السابقين

وفقاً لتعدد النظم الإحداثية وما يترتب عليه من تقسيم العالم كله إلى وحدات صغيرة بمقاييس رسم مختلفة (متوسطة، وكبيرة) فقط، فقد وجدت هناك آلاف مؤلفة من الخرائط خاصة بعد الأخذ بنظم التصوير الجوي والمساحة الجوية وما تبثه به الأقمار الصناعية من صور لسطح الأرض وكان لا بد من ترتيب هذه الخرائط ترتيباً سهلاً معه للوصول إلى نقطة على سطح الأرض عن طريق هذه النظم الإحداثية.

بهذا فقد وضع النظام فهرست الخرائط لتحديد الموقع وتسميتها بالحروف الأبجدية والرقم حسب مختلف النظم الإحداثية المعروفة.

ويتلخص هذا النظام عادة في جدول بياني على لوحة ترافق مجموعات الخرائط الخاصة لنظام إحداثي واحد وتكون محفوظة عادة في دولاب حفظ مجوعات الخرائط ومطبوعة على الخرائط ذاتها[٣٤].

الاستنتاجات

توصل البحث إلى مجموعة من الاستنتاجات وكما يلي:-

١. إن التفكير بالإحداثيات قديم قدم الإنسان وجاء نتيجة ملاحظته للظواهر الطبيعية كالنجوم والشمس والقمر مع تغيير الفصول خاصة وإن اهتمام الإنسان كان بعلم الفلك مراقبة السماء ولذلك ظهرت الإحداثيات الفلكية.

٢. ظهر هناك اختلافات في تحديد خطوط الطول وخاصة الخط الرئيسي فالبعض اعتبر خط الدون مرده وآخرين نهر الدميتر مرده وكان منه يتم قياس المسافات ثم في عصر الرومان أصبح الخط الذي يمر بغرب قارات العالم القديم (جزر الأزور) ثبت بعدئذ خط كرنج ودرجته صفر.

٣. ظهر عند العرب أيضاً اختلاف كبير في تحديد خطوط الطول، فالبعض اعتبره الخط الذي يمر بجزيرة سيلان بينما أكد آخرون على الخط الذي يمر شرق زنجبار بينما أكد الإدريسي على الخط الذي يمر بجزر الكناري (جزر السعادات) وهو يقارب خط طول كرنج.

٤. اعتمدت النواحي المناخية على دوائر العرض شمال وجنوب خط الاستواء.

٥. أن خطوط الطول ودوائر العرض وتقاطعها تكونت شبكة الإحداثيات التي تقوم على أساس رياضي أي علم المحور البيني والعادي وتقاطعها في نقطة الأصل إذ يمكن أن نحدد موقع أي ظاهرة بالاعتماد على المسافة والاتجاه من المحورين.

٦. تطور نظام الإحداثيات على يد الكثير من الشعوب لدرجة أنها أصبحت ذات أهمية في تحديد المواقع المكانية وخاصة في النواحي الجغرافية والعسكرية فظهرت أنظمة متعددة مثلاً النظام الإنكليزي والأمريكي للإحداثيات.

التوصيات

(١) يوصي البحث استخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية في تشبيك الخرائط واستخراج نظام الإحداثيات.

(٢) يوصي البحث إجراء عمليات المقارنة بين نظم الإحداثيات واختيار النظام المناسب لتشبيك خارطة العراق الطبوغرافية.

(٣) العمل على استخراج الفروقات القائمة بين أنظمة الإحداثيات من حيث الدرجات والدقائق والثواني.

(٤) إتباع نظام (U. T. M) لتشبيك الخرائط الطبوغرافية العراقية.

هوامش البحث

(١) أحمد أحمد مصطفى، الجغرافية العملية والخرائط، دار المعرفة، الجامعة الإسكندرية، ١٩٨٥م.

(٢) كراسة التخطيط وقراءة الخرائط والتصاوير الجوية، مطبعة الأكاديمية العسكرية، بغداد.

(٣) محمود عبداللطيف عصفور و محمد عبدالرحمن الشرنوبي، الخرائط ومبادئ المساحة، دار وهران للطباعة، ١٩٧٠.

(٤) ساطع محي، مبادئ علم الخرائط، دمشق، ص١٨.

(٥) المصدر نفسه، ص٧٢.

(٦) فتحي عبدالعزيز أبو راضي، الجغرافية العملية والخرائط، دار المعرفة، الإسكندرية، ١٩٨٨، ص٨٧.

(٧) جورج ساترون، تاريخ العالم، ترجمة مجموعة من المؤلفين، ط٣، ج١، مؤسسة فرانكلين للطباعة والنشر، القاهرة، ص١٠٦.

(٨) صبري فارس الهيتي وإبراهيم المشهداني وآخرون، الفكر الجغرافي وطرق البحث، مديرية مطابع جامعة الموصل، ١٩٨٥، ص٢١.

(٩) شريف محمد شريف، تطور الفكر الجغرافي، ط١، مكتبة القاهرة، ١٩٦٩، ص٣٥٦.

(١٠) محمد صبحي عبدالحكيم ؛ وماهر عبدالحميد اللبني، علم الخرائط، ط٢، مكتبة إنجلو مصرية، القاهرة، ١٩٦٩، ص٩.

(١١) شاكر خصباك ؛ علي محمد المياح، الفكر الجغرافي، مطبعة جامعة بغداد، ١٩٨٣، ص٥١.

(١٢) شريف محمد شريف، تطور الفكر الجغرافي، مصدر سابق، ص١٢٥.

(١٣) أحمد سوسه، العراق، الخرائط القديمة، مطبوعات المجمع العلمي العراقي، ١٩٥٩، بغداد، ص٢٥.

(١٤) عن شريف محمد شريف، مصدر سابق، ص٤٢٣.

(١٥) نيقولا إبراهيم، مساقط الخرائط، مطابع رويال، الإسكندرية، ١٩٨٢، ص٢٦٦.

(١٦) عن عبدالمرشد العزاوي، المصورات الجغرافية، مطبعة الداودي، دمشق، ١٩٧٦، ص٥.

(١٧) شريف محمد شريف، تطور الفكر الجغرافي، مصدر سابق، ص٤٢١.

(١٨) نفيس أحمد، ترجمه فتحي عثمان وعلي أدهم، جهود المسلمين في الجغرافية، دار العلم، القاهرة، ١٩٦٤، ص١٤٧.

(١٩) عوستان لويون، ترجمه عيسى البياتي، حضارة العرب، مطبعة القاهرة، ١٩٦٤، ص٣٥٦-٤٦٣.

(٢٠) محمد صبحي عبدالحكيم ؛ ماهر عبدالحميد الليثي، المصدر السابق، ص٢٦.

(٢١) محمود عبداللطيف عصفور ومحمود عبدالرحمن الشرنوبي، مصدر سابق، ص٦٥١-٦٥٣.

(٢٢) أحمد أحمد مصطفى، مصدر سابق، ص٧٠.

(٢٣) محمود عبداللطيف عصفور ومحمود عبدالرحمن الشرنوبي، مصدر سابق، ص٦٧١.

(٢٤) كراسة التخطيط وقراءة الخرائط والتصاوير الجوية، مصدر سابق، ص٥٢.

(٢٥) كراسة التخطيط وقراءة الخرائط والتصاوير الجوية، مصدر سابق، ص٥٣.

(٢٦) هاشم محمد يحيى المصرف، مصدر سابق، ص٢٠١-٢٠٤.

(٢٧) نيقولا إبراهيم، مساقط الخرائط، مصدر سابق، ص١٢.

(٢٨) محمود عبداللطيف عصفور ومحمود عبدالرحمن الشرنوبي، مصدر سابق، ص٦٥٤.

(٢٩) محمود عبداللطيف عصفور ومحمود عبدالرحمن الشرنوبي، مصدر سابق، ص٦٥٥.

(٣٠) سامح جزماتي وسامح القدسي، أنظمة المعلومات الجغرافية، دار الشرق العربي، بيروت، ١٩٩٨، ص٩٢ – ٩٣.

(٣١) عمر محمد الخليل، نظم المعلومات الجغرافية، دار الشرق، سوريا، ٢٠٠٧، ٢٥ – ٢٧.

(٣٢) سامح جزماتي وسامي مقدسي، المصدر السابق، ص٩٣ – ٩٧.

(٣٣) مظهر فهمي العزاوي، مدخل إلى نظم المعلومات الجغرافية وبياناتها مع تطبيقات برنامج Arcview Gis دار الجامد للنشر والتوزيع، عمان، ٢٠٠٨، ص٧٧ – ٧٩.

(٣٤) محمود عبداللطيف عصفور ومحمود عبدالرحمن الشرنوبي، مصدر سابق، ص٦٥٦.