المساحة والمصورات العامة

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

منشورات جامعة دمشق
كلية الآداب والعلوم الإنسانية

المساحة والمصورات العامة

الدكتورة: صفية جابر عيد
أستاذ في قسم الجغرافية

جامعة دمشق
١٤٢٥-١٤٢٦ هـ
٢٠٠٤-٢٠٠٥ م

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

محتويات الكتاب

الموضوع	الصفحة
المقدمة	**١١**
الباب الأول: المصورات.....	**١٥**
الفصل الأول: المفاهيم العامة في علم الخرائط.....	**١٧**
١،١ -تحديد مفهوم علم الخرائط.....	١٩
٢،١ - أقسام الكارتوغرافيا.....	٢٠
٣،١ -تعريف الخريطة.....	٢١
٤،١- أنواع الخرائط وتصنيفها.....	٢٤
٥،١- أهمية الخرائط الجغرافية.....	٣١
٦،١- علاقة الخرائط بالعلوم الأخرى.....	٣٣
الفصل الثاني: لمحة عن تاريخ الخرائط وتطورها.....	**٣٧**
١،٢-الخرائط في العصور القديمة.....	٣٩
٢،٢ — الخرائط في سوريا وبلاد الرافدين.....	٤٠
٣،٢ — الخرائط في مصر القديمة.....	٤٤
٤،٢ — الخرائط عند الإغريق وفي عصر الحضارة الهلسنتية....	٤٤
٥،٢- الخرائط عند الرومان.....	٤٨
٦،٢ — الخرائط في شرق آسيا.....	٤٩
٧،٢ — الخرائط في العصور الوسطى.....	٥٢
٨،٢- إسهام العرب في مجال الجغرافيا والخرائط.....	٥٤
٩،٢ — الخرائط الأوربية في العصور الوسطى والحديثة.....	٦٥
١٠،٢- مهام (الكارتوغرافيا) في الحاضر والمستقبل.....	٧٤

الفصل الثالث: الانتقاء والتعميم ٧٧
١،٣ — مفاهيم عامة..... ٧٩
٢،٣ — العوامل المؤثرة في عمليتي الانتقاء والتعميم ٨٠
الفصل الرابع: مكونات الخريطة ٨٧
١،٤- العناصر الأساسية ٨٩
٢،٤- العناصر المساعدة في الخريطة ٩٠
٣،٤- العناصر المتممة ٩٠
الفصل الخامس: شبكة الإحداثيات ٩١
١،٥- الإحداثيات الجغرافية ٩٣
١،١،٥- دوائر العرض ٩٣
٢،١،٥- خطوط الطول..... ٩٦
٣،١،٥- أهمية شبكة الإحداثيات الجغرافية..... ٩٦
٢،٥- الإحداثيات المتعامدة..... ١٠٣
الفصل السادس: المقياس..... ١٠٧
١،٦- تعريف المقياس..... ١٠٩
٢،٦- المقياس الكتابي (التعبيري)..... ١٠٩
٣،٦- المقياس العددي..... ١١٠
٤،٦- المقياس الخطي..... ١١٤
٥،٦- المياس المقارن..... ١١٦
٦،٦- المقياس الشبكي..... ١١٧
٧،٦- المقياس الزمني..... ١٢٠
٨،٦- طرق تثبيت المقياس على الخرائط..... ١٢٢

٩،٦- طرق تحديد المقياس على الخرائط ١٢٢
الفصل السابع: تمثيل المظاهر الجغرافية على الخرائط الجغرافية العامة١٢٧
١،٧- تمثيل المظاهر الطبيعية..... ١٢٩
٢،١،٧- رسم المظاهر المائية..... ١٤٧
٢،٧- تمثيل المظاهر البشرية..... ١٦١
١،٢،٧- تمثيل المراكز الآهلة بالسكان ١٦١
٣،٧- تمثيل الحدود السياسية والإدارية..... ١٦٤
٤،٧- تمثيل مظاهر الزراعة والصناعة..... ١٦٨
٥،٧- تمثيل مظاهر النقل والمواصلات ١٧٠
٦،٧- تمثيل العناصر المساعدة والمتممة ١٧٦
١،٦،٧- العناصر المساعدة ١٧٧
٢،٦،٧- العناصر المتممة في الخرائط..... ١٨٣
الفصل الثامن: رسم المقاطع الطبوغرافية ١٨٩
١،٨- مفهوم المقطع الطبوغرافي ومراحل رسمه..... ١٩١
٢،٨- مراحل رسم المقطع الطبوغرافي..... ١٩١
١،٢،٨- المقاطع العرضية..... ١٩١
٢،٢،٨-المقاطع الطولية..... ١٩٤
الفصل التاسع: المساقط والتشويه..... ١٩٧
١،٩- مفهوم المسقط (المرتسم)..... ١٩٩
٢،٩- تصنيف المساقط..... ٢٠١
٣،٩- التشويه..... ٢٠٣
٤،٩- أنواع المساقط حسب وسيلة الإسقاط..... ٢١٢

٩،٤،١- المساقط الأفقية..... ٢١٣
٩،٤،٢- المساقط المخروطية..... ٢٢٣
٩،٤،٣- المساقط الاسطوانية..... ٢٣٠
٩،٥- المساقط الاصطلاحية..... ٢٣٣
٩،٥،١ — مسقط سانسون..... ٢٣٤
٩،٥،٢- مسقط مولويدي..... ٢٣٥
٩،٥،٣ — مسقط جود..... ٢٣٧
الباب الثاني : المساحة..... ٢٣٩
الفصل الأول :المساحة والطبوغرافية وعلاقتهما بالعلوم الأخرى ٢٤١
١،١ - تعار يف..... ٢٤٣
٢،١ - علاقة المساحة بالعلوم الأخرى ٢٤٥
٣،١- تطور المساحة والطبوغرافية..... ٢٤٩
الفصل الثاني :شكل الأرض وأبعادها ٢٥٧
٢،١- شكل الأرض..... ٢٥٩
٢،٢- الجيوئيد..... ٢٦٢
٣،٢- أبعاد الأرض..... ٢٦٥
٤،٢- قياس درجة طول ٢٦٦
٥،٢- قياس درجة عرض..... ٢٦٧
٦،٢- المسح الأرضي وتحديد المواقع ٢٦٨
الفصل الثالث :الاتجاهات والسموت والزوايا..... ٢٧٣
٣،١- الاتجاهات..... ٢٧٥
٣،٢ - الشمال الحقيقي..... ٢٧٥

٣،٣ – الشمال المغناطيسي..... ٢٧٦

٤،٣– الشمال الإحدائي..... ٢٧٧

٥،٣– طرق تعيين الشمال..... ٢٧٨

٦،٣– العلاقة بين السمت والإحداثيات الاصطلاحية والمسافة.. ٢٨٥

الفصل الرابع :القياس ،وحداته وأخطاؤه ٢٩١

١،٤ – وحدات القياس المستخدمة في المساحة والطبوغرافية.. ٢٩٣

٢،٤– أخطاء القياس ٣٠٠

٣،٤– الأخطاء النظامية ٣٠١

٤،٤ – الأخطاء العرضية..... ٣٠١

الفصل الخامس :الأجهزة المساحية واستعمالاتها..... ٣٠٣

١،٥ – الشاخصة (الجالون)..... ٣٠٥

٢،٥ – ثلاثية الأرجل..... ٣٠٥

٣،٥ – الميرا..... ٣٠٦

٤،٥ – البوصلة..... ٣٠٧

٥،٥ – المزواة القياسسية (التيودوليب)..... ٣٠٨

٦،٥ – اللوحة..... ٣١١

٧،٥ — النيفو..... ٣١٣

الفصل السادس :قياس الزوايا..... ٣١٥

١،٦— قياس الزوايا الأفقية ٣١٧

٢،٦ – قياس الزوايا الشاقولية ٣٢٠

٣،٦ — قياس الارتفاعات..... ٣٢٢

الفصل السابع :شبكة الاستناد الجيوديزية..... ٣٢٧

١،٧- تعريف شبكة الاستناد الجيوديزية ٣٢٩

٢،٧- تحديد خط الأساس أو القاعدة الجيوديزية..... ٣٣٣

٣،٧- تصنيف الشبكة المثلثية..... ٣٣٤

٤،٧- الزيادة الكروية ٣٣٥

٥،٧- التسوية المثلثية..... ٣٣٦

٦،٧- التثليث الجوي..... ٣٣٧

الفصل الثامن: القياس ٣٤١

١،٨- قياس المسافات على الخرائط..... ٣٤٣

٢،٨- قياس المساحات..... ٣٥١

٣،٨- قياس الانحدار..... ٣٦٤

٤،٨- قياس المسافات على الأرض ٣٦٨

جامعة دمشق Damascus University

المقدمة

إذا كانت الجغرافيا هي العلم الذي يهتم بدراسة المكان بما فيه من مظاهر طبيعية وبشرية واقتصادية، فإنها من أجل ذلك تجيب أولا عن السؤال أين؟ قبل أن تطرح الأسئلة الأخرى مثل كيف؟ ومتى ؟ ولماذا ؟ وبماذا ؟وتجيب عنها.

والبحث الجغرافي لا يكتمل إلا بإظهار المكان الذي يدور حوله البحث على هيئة رسم لهذا المكان يتضمن الإجابة أيضا عن الأسئلة المطروحة على هيئة رموز اصطلاحية تعبر عن توزع ومكان وجود الظاهرة حيناً أو عن كميتها وتركيبها وتطورها وعلاقاتها أحيانا، ولذلك إن الخرائط أصبحت السمة المميزة لكل بحث جغرافي أصيل لأنها تتيح للباحث وللقارئ ربط المعلومات النظرية عن المكان بالمكان نفسه بعد أن تمثله الخريطة مصغرا ومزودا برموز تعبر عن التفاصيل اللازمة لفهم الموضوع المطروح في أبعاده المكانية والزمانية وخصائصه الكمية والنوعية.

وليست الخرائط وقفاً على الجغرافيا، فهي ضرورية في كثير من الأحيان لمجموعة كبيرة من العلوم، وجزء هام من المعارف الإنسانية العامة، وفي كل الحالات التي يدور فيها الحديث عن المكان.

والخرائط لم تعد مجرد وعاء لحفظ المعلومات أو قناة لنقلها، بل طريقة في البحث تدعى بطريقة البحث الخرائطي (الكارتوغرافي).

إننا نحاول من خلال هذا الكتاب إعطاء فكرة عن المفاهيم الأساسية المتعلقة بكل من المساحة والطبوغرافية وعلم الخرائط.

يحتوي الكتاب على بابين ، يحتوي الباب الأول على المصورات العامة ، ويشمل عدة فصول . في الفصل الأول تم التعرض لمفهوم علم الخرائط ، وأقسام علم الكارتوغرافيا، ومفهوم الخريطة ، أنواع وتصنيف الخرائط ،أهميتها ، وعلاقتها بالعلوم الأخرى . أما الفصل الثاني فقد ضم لمحة عن تاريخ الخرائط في مختلف

العصور . والفصل الرابع خُصص للانتقاء والتعميم على الخرائط ، أما الفصل الرابع فقد تناول مكونات الخريطة ، والفصل الخامس تعرض لشبكة الإحداثيات ،بينما تناول الفصل السادس المقياس أشكاله وأنواعه ،أما الفصل السابع فقد تناول تمثيل لمظاهر الجغرافية على الخرائط الجغرافية العامة ،والفصل السابع تم تخصيصه لرسم المقاطع الطبوغرافية،وفي الفصل الأخير من الباب الأول تناولنا المساقط وأنوعها والتشويه في كل منها.

في الباب الثاني تناولنا المساحة الطبوغرافية وقد تضمن هذا الباب ثمان فصول، تعرضنا في الفصل الأول لمفهوم المساحة الطبوغرافية وعلاقتها بالعلوم الأخرى. وفي الثاني لشكل الأرض وإبعادها ، أما الفصل الثالث فقد تناولنا فيه الاتجاهات والسموت والزوايا ، بينما تم تخصيص الفصل الرابع للقياس وأخطاؤه ،أما الفصل الخامس فقد احتوى على الأجهزة المساحية واستعمالاتها، أما الفصل السادس فقد تناولنا فيه قياس الزوايا بأنواعها ، والفصل السابع خُصص لشبكة الاستناد الجيوديزية أما الفصل الأخير من الباب فقد تضمن القياس على الخرائط والأرض.

إن المواضيع المطروحة في هذا الكتاب ليست جديدة، فقد سبق طرحها في كتب كثيرة ، أحيانا بتوسع وأحيانا أخرى بشكل أكثر اقتضابا، ولكنها لم ترد كلها في مرجع عربي واحد، وربما لم يرد بعضها في أي من المراجع العربية السابقة.

لقد كان اختيار هذه المواضيع انطلاقا من ضرورة إلمام الطالب الجامعي الجغرافي بمبادئ المساحة والطبوغرافية وعلم الخرائط، وضرورة إيصال هذا الطالب الى مرحلة من المعرفة الكارتوغرافية تُمكنه من تصميم وتنفيذ خريطة مقبولة ومناسبة لأي بحث جغرافي.

ولا ندعي أننا وصلنا إلى كل ما نصبو إليه في هذا الكتـــاب، فطموحـــات الإنسان يجب أن لا تقف عند حد، ولا نعتقد أن هذا العمل يخلو مـــن النـــواقص والهفوات التي حاولنا قدر المستطاع التخلص منها وتجاوزها بعد تجربـــة طويلـــة في تدريس مقررات المساحة والطبوغرافية وعلم الخرائط لطلبة الجامعـــات الســـورية، وبعض الجامعات العربية، ونأمل أن نصل إلى الأفضل من خلال ملاحظات الســـادة القراء لنتفادى جزءا آخر من النواقص.

ومهما بلغ الإنسان من علم، فإن قوله تعالى: وما أوتيتم من العلم إلا قلـــيلا (صدق الله العظيم) يبقى القول الحق ، ونحن دائما في بداية الطريق .

المؤلف

أ.د. صفية عيد

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الباب الأول

الفصل الأول: المفاهيم العامة في علم الخرائط

الفصل الثاني: لمحة عن تاريخ الخرائط وتطورها

الفصل الثالث: الانتقاء والتعميم

الفصل الرابع: مكونات الخريطة

الفصل الخامس: شبكة الإحداثيات

الفصل السادس: المقياس

الفصل السابع: تمثيل المظاهر الجغرافية على الخرائط العامة

الفصل الثامن: رسم المقاطع الطبوغرافية

الفصل التاسع: المساقط والتشويه

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الأول

المفاهيم العامة في علم الخرائط
(الكارتوغرافيا)

١،١ –تحديد مفهوم علم الخرائط

٢،١ – أقسام الكارتوغرافيا

٣،١ –تعريف الخريطة

٤،١– أنواع الخرائط وتصنيفها

٥،١– أهمية الخرائط الجغرافية

٦،١– علاقة الخرائط بالعلوم الأخرى

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

١,١تحديد مفهوم علم الخرائط (الكارتوغرافيا)

علم الخرائط هو العلم الذي يتناول الأسس النظرية وأساليب وضع الخرائط وإنتاجها واستخدامها وتقنياتها.

قد تكون الخرائط جغرافية بموضوعها أو قد يتعلق موضوعها بعلم آخر كالتاريخ والجيولوجية والهندسة وغيرها من العلوم، فإن علم الخرائط يرتبط بهذه العلوم بدرجات مختلفة تتعلق بمدى استخدام هذه العلوم للخرائط واعتمادها عليها. من هذا المنطلق يمكن اعتبار الجغرافية أكثر العلوم اهتماماً بالخرائط ، وعلى العكس يمكن اعتبار علم الخرائط علما جغرافيا قبل كل شيء لارتباطه بالمكان، وهو مادة البحث الجغرافية الأولى.

وعلم الخرائط هو ترجمة لمصطلح كارتوغرافيا CARTOGRAPHYالمكون أصلا من مقطعين CARTEوتعني الخريطة و GRAPHYوتعني الرسم، وهي في اليونانية (GRAPHOS (ويصبح التعريب الحرفي للمفهوم رسم الخرائط ، وبقي هذا المفهوم سائداً حتى عهد قريب، وبقيت مهمة الكارتوغرافيا والكارتوغرافيين تنحصر في رسم الخريطة، ولكن بعد تطور هذا العلم وعدم اقتصاره على تقنيات رسم الخرائط -كما هو واضح من التعريف- أصبح علما مستقلا له مادته التي يأخذها من علوم مختلفة، ويتعامل معها بطرقه الخاصة ليخرجها خريطة جاهزة للاستخدام. في منتصف القرن العشرين اتسع مجال الكارتوغرافيا وشمل نواحي متعددة. لذلك اختلفت الآراء حول دور علم الخرائط (الكارتوغرافيا) وطبيعته، فهناك من يعده مجرد وسيلة أو قناة لنقل المعلومات، أو وعاء لحفظ المعلومات توضع فيه وتؤخذ منه، وهناك من يجد في الخرائط لغة خاصة تستخدم الرموز بدلاً من الأحرف وتتميز باختصارها المعلومات المكتوبة، بينما يجد آخرون في علم الخرائط علما معرفيا يتضمن طريقة بحث خاصة تعتمد على الرسم للتعرف على الواقع وحل

مشاكله، بالإضافة إلى كون الخرائط وعاء لحفظ المعلومات وقناة لنقلها ولغة رمزية خاصة. إن التطور السريع لعلم الخرائط بشكل مواكب للتطور العلمي والتقني الذي قادته الثورة العلمية التقنية التي تجتاح العالم جعل هذا العلم يتميز بكل المواصفات التي يراها العلماء في الخرائط. وفي القرن العشرين اعتمدت اللجنة المشتركة العالمية للكارتوغرافيين التي انعقدت في نيسان عام ١٩٧٢ مفهوماً آخر ينص على أن الكارتوغرافيا علم وفن وتقنية وضع الخرائط. (انظر الفندي ١٩٨٢).

أما العلم في الكارتوغرافيا فلا يعني أنها علم تجريبي كعلم الفيزياء والكيمياء، بل علم يستخدم الطرق العلمية في تحليل البيانات أو المعطيات الجغرافية من جهة، ويستخدم القوانين والطرق العلمية في تمثيل هذه المظاهر من جهة ثانية. أما الفن في الكارتوغرافيا فيعني أنها لم تعد تقتصر على تلوين الخرائط كما كان في السابق، بل تعتمد على اختيار الرموز التي تناسب كل ظاهرة وتمثيل المظاهر على شكل رموز، ثم اختيار الألوان المناسبة وتلوين الخرائط. ولكن التقنية هي استخدام وسائل وأجهزة مختلفة في وضع الخرائط وتحريرها و إخراجها. لذلك فعلم الخرائط هو فرع علمي يقدم خدماته لعدد كبير من العلوم التي تهتم بالبعد الجغرافي (المكاني) للظواهر التي تدرسها، وجميع الخرائط المعروفة تمتلك بعدا جغرافيا من خلال رسمها للمكان، فهي جغرافية بدرجة معينة وإن كان موضوعها الأساسي غير جغرافي.

وبما أن الخرائط ذات الموضوع الجغرافي هي أكثر أنواع الخرائط انتشاراً فقد ظهر فرع خاص في علم الخرائط يتخصص بالخرائط الجغرافية، ويعرف بأنه العلم الذي يختص بتمثيل الظواهر الجغرافية،و الطبيعية والبشرية والاقتصادية على خرائط تعبر عن توزع هذه الظواهر وتطورها وتركيبها وعلاقاتها.

٢,١ أقسام الكارتوغرافيا من الصعب أن نجد حدوداً واضحة بين أقسام الكارتوغرافيا لكن بعض الكارتوغرافيين يقسمونها كما يلي:

١–علم الخرائط: يشمل المعرفة الأساسية للخرائط: أنواعها وتقسيماتها، وخصائصها، وعناصرها ومحتواها، ومعرفة هذا الجزء ضرورية لكل مهتم بالخرائط من الكارتوغرافين والمستخدمين والباحثين .

٢– الكارتوغرافيا الرياضية: هذا النوع من الكارتوغرافيا يبحث في القوانين والأسس الرياضية، والإمكانات المتعددة المساعدة في تحويل سطح الأرض إلى سطح مستوٍ، فمن المعروف أن للأرض شكلاً شبه كروي (إهليليج) وأثناء تحويل هذا السطح بشكل كامل أو جزئي إلى لوحة مستوية يتعرض للتمزق، لذلك فإن هذه القوانين تحول دون هذا التمزق.

٣–رسم الخرائط وتحريرها: ويشمل الوسائل المساعدة في رسم الخرائط على لوحات، واختيار الرموز الاصطلاحية والألوان المناسبة التي يتم من خلالها إظهار المعطيات الجغرافية المختلفة.

٤– إخراج الخرائط: يهتم هذا الجزء بتقانات الطباعة والإخراج،من خلال مجموعة من العمليات تبدأ بإسقاط الخريطة ، الذي يرتبط بالهدف ووظيفة الخريطة.ثم إسقاط المحتوى، وبعد ذلك الإخراج التقني وغيرها.

٣,١ تعريف الخريطة وعناصرها الأساسية:

تفتح الخرائط لنا نافذة نرى من خلالها الكرة الأرضية بكاملها أو جزءا كبيرا منها ، وقد تسلط الضوء على بقعة صغيرة من سطح الأرض، وتمتلك الخرائط جميعها خاصة مشتركة وهي أنها تمثيل مصغر للحقيقة، سواء أكانت هذه الحقيقة قابلة للرؤية أو اللمس أو الإحساس بها، أم كانت قابلة للحساب النظري، وسواء أكانت هذه الحقيقة موجودة في لحظة رسم الخريطة، أم لها علاقة بالماضي، أم مفترضة بناء على حسابات وتنبؤات بالمستقبل.

لقد تطور تعريف الخريطة الجغرافية تبعا لتطور علم الخرائط، وتصديه

للمهام الجديدة التي ارتبطت بتطور العلوم عامة، فقد كان تعريف الخريطة يقتصر على العبارة التالية: صورة مصغرة لسطح الأرض على مستو، وهذا تعريف يفتقر إلى الدقة والتعبير الصحيح عن الخرائط ومحتواها ووظائفها، ويخلط بين مفهوم الصورة التي قد تكون فوتوغرافية أو رسما تصويريا لسطح الأرض بدرجة تصغير معينة، وبين الخريطة التي لا تنقل محتويات الواقع المرسوم كما هو، بل تخضع هذا المحتوى لقواعد رياضية تختار على أساسها ما يجب تمثيله على الخريطة، وما يجب إهماله، وتختار الطريقة التي سيتم بها رسم هذه المحتويات والرموز المناسبة لذلك. وبالإضافة إلى ذلكنجد أن الصورة تظهر الموجود على الطبيعة فقط، أي ما يمكن أن تشاهده العين أو تتحسس به أشرطة التصوير (الأفلام)، بينما قد تمثل الخرائط الأشياء المنظورة وغير المنظورة.

إن التعريف الدقيق للخريطة يجب أن يتضمن الخصائص التي تميزها عن غيرها من صور سطح الأرض وأهم هذه الخصائص هي:

- الأساس الرياضي الذي تبنى عليه الخريطة.
- الانتقاء والتعميم أي اختيار المظاهر التي يجب تمثيلها وتبسيط شكل الرسم.
- استخدام الرموز الاصطلاحية.
- تمثيل الواقع بشكل يظهر العلاقات القائمة بين المظاهر الممثلة وأهمية كل منها بالنسبة للآخر.

وبذلك يصبح المفهوم الكامل للخريطة كما يلي: الخريطة تمثيل (أو نموذج) مصغر لسطح الأرض مبني على أساس رياضي خاص، يظهر علاقات المظاهر الطبيعية والبشرية والاقتصادية برموز خاصة معممة ومنتقاة طبقا لوظيفة كل خريطة وتوزعها وحالتها.

يتضح لنا من خلال هذا المفهوم محتوى الخريطة الـذي سـنتعرف علـى عناصره باختصار، الآن، ثم بالتفصيل في الفصول القادمة.

١- **الأساس الرياضي** : وهو يعني الطريقة التي تبنى بموجبها الخريطة حتى يمكننا توزيع الرموز المعبرة عن المظاهر المقرر تمثيلها على الخريطة، وبعبارة أخـرى فالأساس الرياضي هو عملية بناء الهيكل العظمي للخريطـة، ويتضـمن الأسـاس الرياضي ثلاثة عناصر أولها: المسقط، أي الطريقة التي سنحول بواسـطتها سـطح الأرض الكروي إلى السطح المستوي (الخريطة) ، وثانيها : شـبكة الإحـداثيات الجغرافية أو التربيعية المكونة من خطوط الطول ودوائر العرض بالنسبة للإحـداثيات الجغرافية، أو الخطوط الطولية والخطوط العرضية المتعامدة معها والتي تشكل شـبكة من المربعات، وثالثها: المقياس وهو نسبة تصغير الأبعاد عند نقلها مـن الطبيعـة إلى الخريطة. وهذا الأساس الرياضي ضروري لأية خريطة إذ لا يمكن تجاهل أي عنصر من عناصره.

٢- **المحتوى الجغرافي** : وهو كل المظاهر الجغرافية المعـبر عنـها برمـوز اصطلاحية، تلك المظاهر التي تعبر عن موضوع الخريطة وجوهرها، وتستخدم الآن في وضع الخرائط أعداد كبيرة من الرموز التي يمكن تصنيفها في ثـلاث مجموعـات رئيسة: ١- رموز خطية الشكل ،٢- رموز موضعية (تعبر عن الموقع والكميـة في أغلب الأحيان) ٣- رموز مساحية (تحدد مناطق انتشار المظـاهر ونوعهـا أو نسبة وجودها ...).

إن اختيار الرموز المناسبة لكل خريطة يرتبط دوما بوظيفة كل خريطـة ومقياسها، ويخضع لقواعد صارمة في اختيار ما يمكن تمثيله وما يمكن إهمالـه مـن مظاهر، وفي تبسيط رسم المظاهر المعقدة الشكل و تسمى هذه القواعـد الانتقـاء والتعميم الذي يرتبط بدوره بعدد من العوامل: أهمها المقيـاس ووظيفـة الخريطـة وطبيعة المنطقة المرسومة . .

٣- **المحتوى المساعد :** ويتضمن العناصر التي توضع على الخريطة لتساعد في فهم محتواها الأساسي المكون أصلا من الأساس الرياضي والمحتوى الجغرافي. وأهم العناصر المساعدة على فهم الخريطة هي: المفتاح وكتابة المقياس أو رسمه واسم الخريطة .

بالإضافة إلى العناصر المساعدة توجد مجموعة أخرى من العناصر تسمى العناصر المتممة مثل الجداول والرسوم البيانية الملحقة بالخريطة الأساسية، والخرائط الصغيرة الملحقة بالخريطة الأساسية ومعلومات عن تاريخ وجهة إصدار الخريطة وغيرها ... إن الفارق بين العناصر المساعدة والعناصر المتممة هو في أن الأولى ضرورية لا يمكن الاستغناء عنها في أية خريطة، أما الثانية فإنها مفيدة لفهم الخريطة، ولكن يمكن الاستغناء عنها، وتبقى الخريطة مفيدة لقارئها.

٤,١ أنواع الخرائط الجغرافية وتصنيفها:

تشترك الخرائط الجغرافية جميعها بعدد من المواصفات الأساسية، وينطبق عليها التعريف الوارد في الفقرة السابقة، فجميع الخرائط تبنى على أساس رياضي، ولها محتوى جغرافي لكن هذا المحتوى قد يكون شاملا جميع العناصر الواردة في الرسم التوضيحي تحت هذا العنوان، وتسمى الخرائط في هذه الحالة خرائط جغرافية عامة (General Geographic Maps) وقد تحتوي الخريطة عددا محدودا من عناصر هذا المحتوى الجغرافي، أو مظاهر جغرافية طبيعية أو بشرية أخرى لم ترد مع العناصر المدرجة، فتسمى في هذه الحالة خرائط المواضيع الخاصة Thematic Maps، وانطلاقا من هذه التوضيحات يمكننا تعريف الخرائط الجغرافية العامة بأنها: الخرائط التي ترسم سطح الأرض بما عليه من مظاهر طبيعية وبشرية واقتصادية بدرجة واحدة من الانتقاء والتعميم . أي دون أن تبرز مظهراً من هذه المظاهر وتهمل غيره أو تذكره بتفصيل أكثر من غيره.

أما خرائط المواضيع الخاصة فيمكن تعريفها بأنها الخرائط التي ترسم مظهرا واحدا أو عددا قليلا من المظاهر بدرجة معينة من الدقة والتفصيل لإبراز هذه المظاهر دون غيرها. إن الفارق الأساسي بين الخرائط الجغرافية العامة وخرائط المواضيع الخاصة هو أن محتوى الخريطة العامة يشمل عددا كبيرا من المظاهر الجغرافية التي يمكن رؤيتها أو معرفة مواقعها على الطبيعة مباشرة، وبالمقابل تركز الخرائط الخاصة على مظهر جغرافي واحد، أو عدد قليل من المظاهر لتبين حالة هذه المظاهر وتوزعها وعلاقاتها بدرجة معينة من الدقة والتفصيل، سواء أكانت هذه المظاهر مرئية أم محسوسة أم مجردة. نميز بين الخرائط العامة والخاصة من حيث طرائق الرسم المستخدمة، حيث نرى تنوعا كبيرا في طرائق رسم الخرائط الخاصة وعددا كبيرا من الرموز المستخدمة فيها مقارنة مع الخرائط الجغرافية العامة التي تتكرر فيها أساليب الرسم وتتشابه.

تصنيف الخرائط Categories of maps: بعد أن ميزنا بين الخرائط الجغرافية العامة، وخرائط المواضيع الخاصة كأول تصنيف للخرائط الجغرافية حسب الموضوع، نذكر تصانيف للخرائط تعتمد على قرائن أخرى مثل: مقياس الخريطة وسعة المكان المرسوم ووظيفة الخريطة.

تصنيف الخرائط حسب مقياس رسمها Classed by scale: ترتبط درجة تفصيل المعلومات المتضمنة في الخريطة بمقياسها فكلما كبر المقياس ، سمح بإبراز مظاهر جغرافية أكثر وازدادت دقة الرسم ،وهذا يؤثر بدوره على طريقة وضع الخريطة، ويحدد المجال الذي يمكن أن تستخدم الخريطة فيه. فمن المعروف أنه كلما صغر المقياس زادت درجة التصغير وقل المحتوى الجغرافي الذي يمكن رسمه على الخريطة، وهذا يدفع إلى استخدام رموز أصغر وأقل تتناسب مع درجة التصغير (المقياس) ،وتقسم الخرائط حسب مقياسها إلى:

- مخططات جغرافية : يزيد مقياسها عن ١: ١٠٠٠٠

- خرائط كبيرة المقياس : يتراوح مقياسها بين ١: ١٠٠٠٠ وحتى ١: ٢٠٠٠٠٠

- خرائط متوسطة المقياس :يتراوح مقياسها بين١: ٢٠٠٠٠٠ و ١: ١٠٠٠٠٠٠

- خرائط صغيرة المقياس: يقل مقياسها عن ١: ١٠٠٠٠٠٠.

تصنيف الخرائط حسب سعة المكان المرسوم

تصنف الخرائط إلى:

-خرائط العالم .

-خرائط القارات، خرائط المحيطات.

-خرائط الأقاليم الجغرافية الكبرى.

-خرائط الدول، خرائط البحار.

-خرائط المناطق أو أجزاء المناطق أو الدول ،خرائط الشواطئ البحري والتجمعات المائية الصغيرة.

في العادة كلما اتسع المكان المرسوم على الخريطة صغر مقياس الرسم وقلت التفاصيل المرسومة، وبالعكس فإن الحيز الجغرافي الصغير يرسم عادة بمقاييس أكبر من المناطق الكبيرة، وهذا يسمح برسم تفاصيل أكثر (تنخفض درجة الانتقاء والتعميم).

تصنيف الخرائط حسب وظيفتها Classed by function:

تلعب وظيفة الخريطة دورا أساسياً في تحديد محتواها وفي اختيار طريقة رسمها وتحديد مقياسها أحيانا، وهذا يجعل تحديد وظيفة الخريطة أهم خطوة من

خطوات تصميمها ووضعها، لأنه سوف يحدد ومجال استعمالها ومستعمليها و طرائقهما.

وتصنف الخرائط الجغرافية حسب وظيفتها إلى:

أ – **الخرائط المدرسية والتعليمية** : وهي الخرائط المخصصة للأهداف التعليمية في مراحل الدراسة المختلفة، سواء أكانت هذه الخرائط جداريه، أم محتواة في أطالس تعليمية أم في الكتب الدراسية. ويتميز هذا النوع من الخرائط بملاءمته للمستوى التعليمي الموضوع له، فالخرائط المخصصة لتلاميذ المدرسة الابتدائية تمتاز ببساطتها وقلة محتواها وكلما ارتقى مستوى التلاميذ (المرحلة الإعدادية والمرحلة الثانوية) أصبحت الخرائط الموضوعة للطلبة أكثر تفصيلا ودقة، وأكثر اعتمادا على رموز تجريدية، بدلاً من اعتمادها على الرموز التعبيرية البسيطة في المراحل الأولى للتعليم. وبشكل عام إن الخرائط التعليمية ترتبط من حيث محتواها بالمواضيع الجغرافية المطروحة في الكتب المنهجية الدراسية، ولا تخرج عنها عادة ،و قد تصمم برامج لتدريب الطالب على تمثيل المعطيات الواردة في النص على خرائط صماء معدة سلفاً.

إن وضع الخرائط التعليمية لا يتم ببساطة كما يتصور البعض، فالمعلومات الزائدة قد تشتت ذهن الطالب في تفاصيل تنسيه المطلوب منه، فيعسر عليه فهمه، ومن جهة أخرى إن وضع هذه الخرائط يحتاج إلى عناية فائقة في اختيار المحتوى واختيار الرموز المعبرة ببساطة ووضوح، ويجب أن تكون رموزها وألوانها جذابة، إن الدقة في وضع الرموز في الأماكن الصحيحة لوجود الظاهرة، والرسم الصحيح للمظاهر وصحة المعلومات الواردة أمور ذات أهمية بالغة لأن ما يتعلمه الطالب في سنيه الأولى يصعب تغييره – إذا كان خاطئا – في مراحل الدراسة اللاحقة.

إن الخرائط التعليمية التي تزود بها الكتب الدراسية تكون صغيرة المقياس عادة وقليلة المحتوى، وتحتفظ الخرائط الجدارية – على الرغم من كبر مقياسها بمحتوى

قليل مثلها في ذلك مثل خرائط الكتب، إلا أن الرموز التي ترسم على الخرائط الجدارية تكون كبيرة لتبدو واضحة لعين المشاهد من مسافة بعيدة نسبياً.

أما الخرائط التعليمية لطلبة المرحلة الثانوية والمرحلة الجامعية فتكون أكثر غنى بالمعلومات من خرائط المراحل الأدنى، وذلك يتناسب مع المواضيع المطروحة في كتبهم الدراسية ومراجعهم العلمية التخصصية، إن الخرائط التعليمية عندما يزداد محتواها ودقتها تقرب من الخرائط الاستعلامية.

ب – خرائط الدعاية والإعلام : وهي خرائط تخصص لعامة الناس، سواء ما يوضع منها على صفحات الجرائد والمجلات، أو ما يعرض على شاشات التلفزيون لتوضيح ظاهرة أو موقع أو حدث أو ما تزين به أجنحة المعارض وصالات مكاتب الشركات والطيران والدعايات السياحية والسياسية وغيرها ..

وبما أن هذه الخرائط مخصصة للقارئ العادي الذي يكتفي بإلقاء نظرة عابرة سريعة في معظم الأحيان، فإن خرائط الدعاية والإعلام يجب أن تركز على رسم المظاهر المطلوب إيصالها إلى القارئ بشكل يلفت انتباهه إليها مباشرة من خلال اختيار الرمز المناسب و الحجم والشكل واللون، ويجب أن تتميز الخريطة بالجاذبية، وتخدم الهدف الذي وضعت من أجله.

وقد توضع خرائط الدعاية بشكل تعبر فيه الرموز المرسومة عن الخصائص النوعية والكمية للمظاهر التي تمثلها، وتزود بعض الخرائط بمعلومات رقمية ورسوم بيانية تغني فهم القارئ عن المنطقة المرسومة، وهذا ما نراه على الخرائط السياحية التي يمكن إدخالها ضمن خرائط الدعاية التي تحتوي أحيانا على تفاصيل كثيرة تهم السياح.

ويزداد الاهتمام بخرائط الإعلام التي تشاهد على صفحات الجرائد والمجلات وشاشات التلفزة، وتتطور التقنيات المستخدمة في وضع هذه الخرائط، وخاصة

استخدام الحاسب في وضع خرائط نشرات الأحوال الجوية ونشرات الأخبار المرئية، وتبقى السمة المميزة لهذه الخرائط هي بساطة الشكل وجاذبيته ومحدودية المضمون.

ج- الخرائط الاستعلامية : هذا النوع من الخرائط يتميز بغزارة محتـــواه (كثـــرة التفاصيل) ودقة الرسم على العكس من الخرائط التعليمية وخرائط الدعاية والإعلام، لأن الهدف من هذه الخرائط هو إعطاء أكبر قدر من المعلومات عن المكان والموضوع المرسوم، ومع استخدام مقاييس صغيرة أو متوسطة في وضع هذه الخـــرائط، فـــإن محتواها من المعلومات يكون أكبر بكثير مما رأيناه في الأنواع السابقة المرسومة لمكان بعينه بالمقياس نفسه، صغر المقياس في هذه الخرائط لا يلغي إلا تلك التفصيلات التي لا يمكن قراءتها بسبب صغر الرموز المعبرة عنها. فهذه الخرائط تمتاز بغزارة التفاصيل ودقة المعلومات، ولذلك فهي تصلح لاستخدامها في استنباط المعلومـــات الخاصـــة بالموقع والكمية والشكل من الخريطة مباشرة، ومن أمثلة هذه الخرائط ما يرســـم في الأطالس الوطنية، والخرائط الجغرافية العامة والخاصة التفصيلية.

د- خرائط الأبحاث العملية والبحث العلمي: تشبه هذه الخرائط من حيث غـــزارة محتواها ودقتها الخرائط الاستعلامية، ولكنها تختلف عنها في الهدف الذي توضع من أجله، فالخرائط الاستعلامية توضع لاستخدامها من أجل غرض يتطلب معلومـــات دقيقة عن ظاهرة جغرافية ممثلة على هذه الخرائط (أي إنها لا توضـــع مـــن أجـــل هدف محدد واحد، بل يمكن اعتبارها متعددة الأغراض)، بينمـــا توضـــع خـــرائط الأبحاث العملية والبحث العلمي لخدمة مجال محدد من البحث أو لدراسة مكان مـــا دراسة تفصيلية مشروع يتعلق بهذا المكان، وهذا يتوافق مع مجالات التخطيط لتنمية الموارد الطبيعية والبشرية والحفاظ عليها أو استثمارها.

وتخدم هذه الخرائط الأبحاث العلمية الدقيقة حول الظواهر الجغرافية ،فتقـــدم المعلومات اللازمة وطريقة البحث للوصول إلى الجديد.

وتوضع هذه الخرائط بمقاييس مختلفة حسب المكان المرسوم والظاهرة المدروسة وهدف الدراسة أو الخطة. وتتميز هذه الخرائط بالسعي إلى رسم الظواهر بأكبر قدر من التفصيل والعمق والشمول، مبينة الخصائص النوعية والكمية لها. ومثال ذلك الخرائط الجيولوجية والتكتونية المخصصة لدراسة الثروات الباطنية، أو المخصصة لأعمال الإنشاءات كالطرق والسدود والمدن وغيرها ...

ونلاحظ أن هذا النوع من الخرائط يوضع للإفادة منه في مجال محدد، ومن قبل أشخاص محدودي العدد، ولذلك فإنها لا تطبع وتنشر بأعداد كبيرة، ولا تطرح في الأسواق للتداول ، على عكس الأنواع الأخرى السابقة.

تصنيف الخرائط حسب الموضوع Classed by subject matter

تتنوع الخرائط بتنوع المظاهر الجغرافية التي توضع من أجلها مع أنها جميعاً تُصنف حسب المقياس ،وتندرج تحت عناوين الخرائط العامة أو الخرائط الغرضية، إلا ومن المفيد أحياناً تصنيف الخرائط حسب موضوعها. حيث نجد عدداً لا حصر له من الموضوعات التي تحتوي عليها الخرائط (كخرائط الترب، الخرائط الجيولوجية، خرائط المناخ ـــ خرائط المواصلات، خرائط الكان وغيرها)

تصنيف الخرائط حسب شكل الاستخدام Classed by used form

تقسم الخرائط حسب شكل استخدامها إلى:

١- خرائط يدوية: توضع للاستخدام الفردي ، بحجم يُمكنه حملها والتعامل معها.

٢- خرائط جدارية:وهي أكبر حجماً من الخرائط اليدوية ،وتوضع لمجموعة من المستخدمين طلاباً كانوا أم أفراداً.

٣- خرائط نصية أو خرائط الكتب: هي الخرائط الموجودة ضمن الكتب أو المجلات ويستخدمها كل طالب.

٤- خرائط الأطالس : هي مجموعة من الخرائط التي توضع لهـدف معـين، وتقسم إلى أطالس مدرسية وأطالس عامة وأطالس المواصلات والسياحة وأطـالس التاريخ والأطالس القومية، وغيرها..

تصنيف الأطالس حسب شكل الإخراج

تُقسم الخرائط حسب شكل إخراجها إلى ثلاثة أقسام :

١-خرائط منفردة : توضع حسب هدف محدد لمرة واحدة. على سبيل المثال خريطة السياحة لسورية.

٢-خرائط على شكل مجموعة: هي خرائط مفردة يتم وضعها لمنطقة كبيرة المساحة بمحتوى واحد. على سبيل المثال الخرائط الطبوغرافية لدولة ما، أو خرائط الأقاليم لدولة ما.

٣-خرائط على شكل سلسلة : تحوي عدداً كبيراً من الخرائط المفردة لمنطقة ما بمواضيع مختلفة أو محتوى متنوع، على سبيل المثال الخرائط الطبيعية والبشرية والاقتصادية لدولة ما.

١,٥ أهمية الخرائط الجغرافية : تمثل الخرائط المكان أياً كان اتساعه مـن منطقـة صغيرة إلى سطح الكرة الأرضية بكامله، مبينة حالة الظواهر الجغرافية في هذا المكان في وقت معين ، وتعطي الخرائط بذلك منظرا شمولياً للمكان المرسوم، كمـا تمثـل الصفات النوعية والكمية للظواهر، وتسمح بتحديد مواقع (إحداثيات) نقاط سطح الأرض المرسومة، وقياس الأبعاد والمساحات والارتفاع والحجم، كما تبين علاقات الظواهر المكانية، وطبيعة توزعها في المكان وخصائصها.

هذه الصفات التي تتميز بها الخرائط تبين مدى أهميتها، وتثبت تفردها بتمثيل هذا الكم من الصفات المتعلقة بالظواهر ببسـاطة واختصـار شـديدين، ولـذلك استخدمت الخرائط على نطاق واسع عند مختلف الشعوب والحضارات منـذ آلاف السنين .

ويمكن اختصار ميزات الخرائط التي تدل على أهميتها بما يلي :

١- تعرفنا الخريطة على المكان المرسوم دون الحاجة إلى الذهاب والاطلاع على هذا المكان.

٢- تستخدم الخرائط كدليل لحاملها في المنطقة المرسومة لمعرفة الاتجاه، وإجراء القياسات من أجل الوصول إلى الهدف المنشود.

٣- تستخدم الخرائط في وضع مخططات التنمية، ومخططات المشاريع المزمع إقامتها على الطبيعة، وتساعد المخطط على إنجاز مهامه بسرعة وكفاءة وتكلفة قليلة.

٤- تستخدم الخرائط في التعليم والتعلم، سواء كان التعليم في المدارس أو المعاهد والجامعات، أم كان تعلما ذاتيا لزيادة المعارف الشخصية، وتستخدم كمراجع ثقافية أو سياحية ، ، أوتُستخدم في الدعاية لسياسة ما أو بلد ما أو لنشاط اقتصادي أو اجتماعي.

٥- تستخدم الخرائط كمصدر للمعلومات في المجال العسكري وقيادة الجيوش، ومعرفة العوامل والظروف الطبيعية والبشرية التي تقف عائقاً أو مساعداً للأنشطة العسكرية والأعمال الحربية.

٦- تستخدم الخرائط كأداة من أدوات البحث العلمي، وطريقة من طرقه، فالخريطة أداة ووسيلة لنقل المعلومات وحفظها، ومن جهة أخرى إننا نحصل من الخريطة دائما على معلومات أكثر وأفضل من المعلومات التي تم تمثيلها عليها، ولذلك إن الخرائط يمكن أن تسهم في زيادة المعارف الموجودة للظواهر الجغرافية والمكانية الأخرى،

٧- إعطاء معلومات عن كيفية توزع الظواهر في الحيز المكاني، وعن العلاقات التي يمكن فهمها من خلال تجاور أو تباعد هذه الظواهر مع بعضها.

إن أهمية الخرائط في المعرفة الجغرافية الخاصة، أو المعرفة العامة للإنسان يجعلنا نصل إلى نتيجة تعبر عن هذه الأهمية، ومفادها أن المعرفة الجغرافية لمكان ما تقترن دوما بدرجة تطور الخرائط التي توضع لهذا المكان، وأن الخرائط الجيدة هي سمة أي بحث جغرافي أصيل، وبالنسبة للمعرفة العامة فعلى أي مثقف أن يتعامل مع الخرائط كما يتعامل مع مصادر الثقافة الأخرى المعروفة.

٦,١ علاقة علم الخرائط بالعلوم الأخرى: يرتبط علم الخرائط مع علوم كثيرة بعلاقات قديمة ووطيدة، وتتطور هذه العلاقات تبعا لتطور علم الخرائط نفسه، وتطور هذه العلوم المرتبط بالثورة العلمية – التقنية التي تجتاح العالم وتأتي بالجديد كل يوم.

ويمكن تقسيم علاقات علم الخرائط (الكارتوغرافيا) مع العلوم الأخرى إلى مجموعتين رئيستين: الأولى مجموعة العلوم التي تأخذ منها الكارتوغرافيا أكثر مما تعطي، والثانية مجموعة العلوم المستفيدة من علم الخرائط.

وفي المجموعة الأولى يمكن إدخال الرياضيات التي تساعد علم الخرائط على إيجاد الحلول لوضع المساقط وحساب المقياس وحساب أبعاد الرموز وغير ذلك، بالإضافة إلى مساهمة الرياضيات في تطويع تقنيات الحاسب الآلي لوضع الخرائط بواسطته، وتصميم ما يسمى بالموديلات الرياضية –للخرائط.

وضمن هذه المجموعة يمكن إدخال علم المساحة (الجيوديزيا **Geodesy**) الذي يدرس شكل وأبعاد سطح الأرض وأساليب القياسات عليه، وهذا يمنح علم الخرائط المعلومات اللازمة لرسم المكان بأبعاده الصحيحة .

وإن ظهور التصوير الجوي ثم التصوير الفضائي أديا إلى ظهور الاستشعار عن بعد، وظهور علم يهتم بإجراء القياسات من خلال الصور نفسها هو الفوتوغرامتريا، حيث يؤدي التقاطع بين القياسات المساحية والقياسات على الصور وعلى قاعدتها

إلى ما يعرف بالدراسة الطبوغرافية والخرائط الطبوغرافية، وهذه تعتبر أساسا لوضع مختلف أنواع الخرائط الأخرى.

أما المجموعة الثانية المستفيدة من علم الخرائط فيأتي في مقدمتها فروع الجغرافية وعلوم الأرض الأخرى ، حيث تقدم هذه العلوم المادة التي ستمثلها الخرائط، ويقوم علم الخرائط بأسلوبه بتنظيم هذه المعطيات وإيجاد العلاقات فيما بينها، ويخرجها بواسطة منظومة الرموز التي يستخدمها في خرائط.

وعلى سبيل المثال يعطي علم الجيولوجيا معلومات عن أنواع الصخور ومواقع تكشفاتها وأعمارها، ويقوم واضعو الخرائط بتصميم وتنفيذ الخرائط الجيولوجية التي يحتاجها الجيولوجيون أنفسهم في دراساتهم اللاحقة للطبقات وأنواع الصخور، ويربطون بواسطة الخرائط بين التكشفات الصخرية وأشكال التضاريس ودرجة انحدارها وأعمارها وكثافة الشبكة المائية ...الخ .

أما **علاقة علم الخرائط بالفن** فقد كانت مجال تضارب في الآراء، حيث اعتبرت الجمعية الكارتوغرافية البريطانية علم الخرائط فنا وعلما وتقنيات، وعارضت المدرسة السوفيتية (السابقة) هذا الرأي معتبرة أن الإنتاج الكارتوغرافي الذي ظهر في عصر النهضة في أوروبا اتسم فعلا بمزايا فنية كثيرة، برسم الأشكال النباتية والحيوانية والإنسانية والزخرفية على الخرائط، ورسم عدد غير قليل من هذه الخرائط ليزين الجدران والخزائن في القصور، ولكن هذه الطريقة الفنية في رسم الخرائط لم تستمر لأنها غير عملية في ظل إنتاج الخرائط الغزير، وضرورة تعبير هذه الخرائط عن المزايا الكمية للمظاهر المرسومة، ولذلك فإن رسم الخرائط في الحاضر لا يمكن اعتباره فنا، ليس ذلك بسبب اختلاف الشكل الخارجي للخرائط المعاصرة عن خرائط عصر النهضة فحسب، بل لأن الفن لا يلتزم بقواعد علمية صارمة عند رسمه للواقع، وإن كل فنان يضفي على رسومه ما يشاء من إبداعات فنية ذاتية. وهذا يخالف

الأسلوب العلمي لرسم الخرائط الذي يلتزم بقواعد رياضية ومبادئ علمية جغرافية أخرى عند رسم الخرائط، مثل الالتزام بمسقط معين تتوفر فيه شروط مناسبة لوظيفة الخريطة ، والالتزام بدرجة محددة من الانتقاء والتعميم، والالتزام أيضا بمقياس صحيح للخريطة ...الخ...

وصحيح أن رسم الخرائط يحتاج إلى معرفة تقنيات الرسم، ولكن لا يمكن الخلط بين رسم الخرائط والرسم الهندسي على الرغم من اشتراكهما في عدد من القواعد المتعلقة برسم الخطوط والرموز واختيار المظاهر الواجب تمثيلها، وتحديد درجة الانتقاء والتعميم ...

إن استخدام الألوان والرموز والرسم بحد ذاته لا يخص العلم وحده أو الفن وحده ولا يميز بينهما، فالعلم يعكس الواقع بواسطة قرائن ومفاهيم علمية، أما الفن فيعكس الواقع بقرائن فنية لا تخضع لقواعد علمية، بل لقواعد فنية . إن الرموز والأشكال والألوان المستخدمة في الخرائط تمتلك مدلولات ومفاهيم علمية لذا هي ليست فنا باستثناء خرائط الدعاية التي تنفذ من مواد مختلفة بطريقة تهدف إلى جذب النظر، كتلك التي تنفذ من الحجر أو المصابيح الكهربائية أو الخيوط.

لكن واضع الخرائط يجب أن يلم بالرسم، ويتمكن منه ليستطيع رسم خرائط مؤدية للغرض الذي وضعت من أجله، ولكي تبدو هذه الخريطة منسقة وجميلة بالإضافة إلى دقتها.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثاني

لمحة عن تاريخ الخرائط وتطورها

٢،١–الخرائط في العصور القديمة

٢،٢ – الخرائط في سوريا وبلاد الرافدين

٢،٣ – الخرائط في مصر القديمة

٢،٤ – الخرائط عند الإغريق وفي عصر الحضارة الهلسنتية

٢،٥– الخرائط عند الرومان

٢،٦ – الخرائط في شرق آسيا

٢،٧ – الخرائط في العصور الوسطى

٢،٨– إسهام العرب في مجال الجغرافيا والخرائط

٢،٩ – الخرائط الأوربية في العصور الوسطى والحديثة

٢،١٠ – مهام (الكارتوغرافيا) في الحاضر والمستقبل

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

١،٢الخرائط في العصور القديمة: لا يستطيع أحد أن يحدد بدقة تاريخ وضع أول الخرائط التي رسمها الإنسان، لأن دراسة تاريخ الخرائط تعتمد أساسا على الخرائط القديمة التي وصلت إلى أيامنا هذه، وعلى النصوص الجغرافية التي تذكر وجود خرائط لمناطق من سطح الأرض. وقد أدت العوامل الطبيعية كالرطوبة والمياه والهزات الأرضية، والعوامل البشرية كالتخريب المتعمد والحرائق المتعمدة والغزوات والجهل وعدم تحمل المادة التي رسمت عليها الخرائط إلى عدم وصول الكثير من الآثار المتعلقة بالخرائط إلى أيامنا هذه.

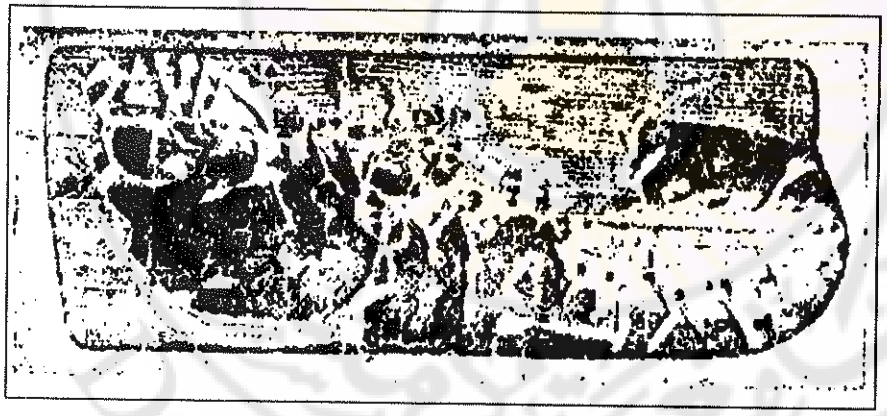
وإذا أردنا الإجابة عن السؤال التالي: لماذا نقوم بدراسة تاريخ علم الخرائط (الكارتوغرافيا)؟ فإن الجواب يمكن اختصاره بأن دراسة تاريخ هذا العلم تمكننا من فهم الواقع الحالي لعلم الخرائط والمهام المطروحة أمامه في المستقبل. كما أن هذه الدراسة تجعل الطريق مفتوحا لاستيعاب خبرات الماضي ونقدها وتطويرها.

لقد عرف الإنسان الرسم، وكان لغته الأولى، فإذا أراد التعبير عن شيء ما قام برسمه فعرفت الأبجديات التصويرية (الهيروغليفية)، ومن الثابت أنه انتقل من الرسم المجرد لما حوله إلى رسم هذه الموجودات في إطارها المكاني - أي في علاقاتها المكانية مع بعضها - وبذلك نعتقد أن الإنسان دخل مرحلة ما يسمى برسم الخرائط. لم يكن وضع الخرائط القديمة تسجيلاً لصراع الإنسان وكفاحه من أجل فهم بيئته، ولكنه كان يعكس موقفه منها في اعتقاده وتطوره في الأزمنة المختلفة.

ويبرهن العلماء على وجهة نظرهم القائلة بأن الإنسان عرف رسم الخرائط قبل معرفته الكتابة الأبجدية (لكن لا أحد يعرف تماماً من الذي وضع أول خريطة). إننا نجد عند مقارنة الشعوب التي بقيت بدائية إلى وقت قريب جدا، مثل الإسكيمو في أمريكا الشمالية وشعوب النانايتسي وتشوكوتكي في سيبيريا، رسوماً لها صبغة الخرائط، كصورة الشاطئ الفيوردي الذي وجد محفورا على الخشب في مناطق

سكن الإسكيمو . انظر الشكل (-١-). كما تم العثور على مخطط للأراضي الزراعية محفور على الحجر في وادي كامونيكا بشمال إيطاليا، ويعود للعصر البرونزي (الألف الثانية ق .م.)، وتبدو فيه الأراضي المزروعة بالأشجار المثمرة والمسالك الموصلة إلى هذه الأراضي وإلى الأكواخ، كما تظهر المجاري المائية والقنوات، وبعض الحيوانات التي تشبه الماعز والغزلان إلى حد كبير، ويمكن التعرف على الطبيعة الجبلية للمنطقة من خلال تعرجات المسالك وضيق الأراضي الزراعية.

وقد عثر أيضا على رسم محفور على مزهرية من الفضة قرب مدينة مايكوب في جبال القوقاز، تبدو فيها أشكال جبال وحيوانات وطيور ونهران يلتقيان في بحيرة واحدة، وقدر العلماء أنها تمثل منطقة صيد وأنها تعود للألف الثالث قبل الميلاد، وبذلك تكون من أقدم الأعمال الكارتوغرافية التي تم اكتشافها حتى الآن على الرغم من أنه ثبت وجود رسوم سابقة لهذا التاريخ.



شكل -١- شاطئ فيوردي مرسوم على الخشب

٢,٢ الخرائط في سوريا القديمة وبلاد الرافدين: يقول عالم الكارتوغرافيا الروسي المعروف ساليشف(Salishev . K .A.) : إن بلاد الرافدين ومصر هما أول من

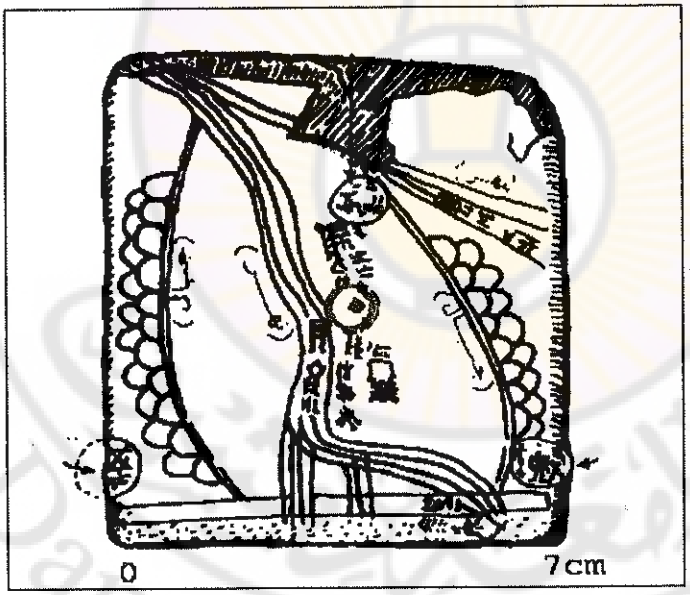
عرف الخرائط ورسمها، ومبرر ذلك قدم الحضارات في هاتين المنطقتين، واعتمادهما على الزراعة المروية التي تطلبت تقسيم الأراضي بدقة، وشق قنوات الري وتقسيم حصص المياه بين هذه الأراضي، وفرض الضرائب عليها. فالحاجة كما يقال أم الاختراع، ولم يكن بإمكانهم دوماً إعطاء وصف دقيق لكل هذه الأعمال الهندسية، والمواصفات المساحية من خلال الكتابة فقط، بل كانت تزود برسوم كارتوغرافية توضح النصوص المكتوبة (انظر، عزاوي ١٩٨١).

لقد عثر فعلا على رسوم لمناطق محدودة من سطح الأرض كالرسم المحفور على لوح من الطين والمعروف بلوحة جاسور نسبة إلى المكان الذي وجدت به، والذي يظهر فيه نهر ورافد له يجريان في منطقة تحف بها الجبال، ويكون النهر عند مصبه في البحر دلتا مكونة من ثلاثة فروع، وقد حددت الاتجاهات على هذا الرسم، كما تحدد على الخرائط الحديثة تماما، أي الشرق على يمين الخريطة، وأشير إليه بقرص كامل للشمس ، والغرب على اليسار وأشير إليه بنصف قرص يعبر عن غروب الشمس. يُبين الرسم مكان وجود مدينتين في هذه المنطقة تقعان في الوسط تقريبا، ويعود هذا الرسم إلى النصف الثاني من الألف الثالثة قبل الميلاد. انظر الشكل(-٢-).

كان المجتمع المتطور في بلاد ما بين النهرين واسع الأفق، فلم يقتصر تفكيره الجغرافي على المناطق المحدودة القريبة من المركز السياسي، بل تعدى ذلك إلى التفكير في شكل العالم ورسمه، وقد اكتشفت لوحة تعبر عن هذا الموضوع ، تعود حسب تقدير علماء الآثار إلى القرن الخامس قبل الميلاد ، وتصور هذه اللوحة الأرض اليابسة على شكل قرص دائري تخترقه الأنهار والمستنقعات وتقع بابل في وسطه، يحدها آشور وأرمينيا، ويحيط باليابسة بحر يسمى بالبحر المر، وخلف البحر سبع جزر، بعضها تسطع عليه الشمس، وبعضها مضاء بلون خافت، وأحدها مظلم تماما.

وقد رسمت بعض أشكال الجبال والنبات والحيوانات في هذه الجزر. ونرى أن هذه الرسوم تحمل معطيات هامة عن العالم عرفها البابليون من خلال رحلاتهم إلى المناطق البعيدة عنهم، فمناطق الشمال المظلم في الشتاء عبروا عنها بالجزيرة المظلمة، ومناطق السهول الخصبة إلى الجنوب ترتع فيها الماشية (الجزيرة ٦)، ومن جهة الشرق (الجزيرة ٧) تشرق الشمس فيها عبر جبال عالية، ويشار إلى المناطق الصحراوية في الغرب حيث تغيب الشمس (الجزيرة ٢)، وهناك جزر لا تصل إليها سوى الطيور (الجزيرة ٣)... وهكذا . انظر الشكل (-٣-) .

إن هذا الرسم يعبر عن سعة المعرفة الجغرافية من جهة، وعن سعة التخيل العلمي للبابليين، ومن خلاله يعتبر البابليون أولى الجماعات التي صورت العالم.



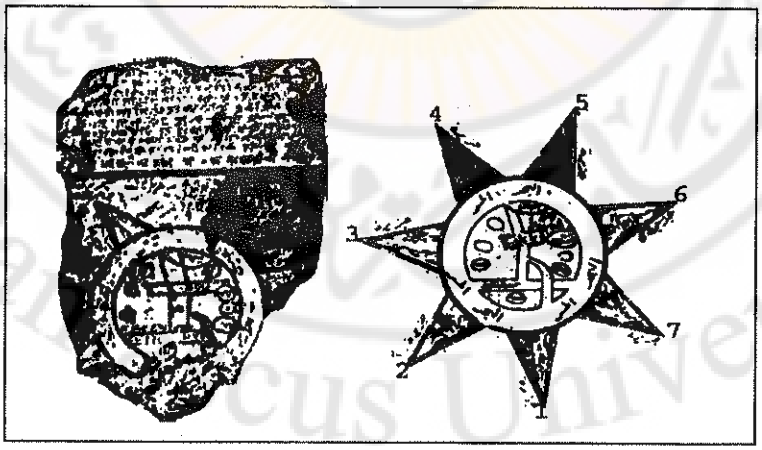
شكل - ٢ -خريطة بابلية تعود إلى الألف الثالث للميلاد وجدت على لوح طيني عن **Salishev** (لوحة جاسور)

صورته على هيئة قرص مستدير تحيط به بحار لا نهاية لها، وفي أطرافها جزر يسكنها أقوام خياليون، وقد جعلوا من مدينتهم بابل مركزا لهذا القرص.

ومن الآثار الكارتوغرافية الهامة التي عثر عليها في بلاد الرافدين، قطعة من لوح طيني تمثل جزءا من مخطط مدينة نيبور السومرية، حيث نميز في الصورة أسوار المدينة ومداخلها، والمعبر الرئيس فيها، وقناة الماء التي تخترق المدينة وغير ذلك.

وقد انتقلت المعارف البابلية في مجال الخرائط عبر الفينيقيين إلى بلاد الإغريق التي ظلت تعتقد بما اعتقده البابليون عن الأرض رغم مناداة ايراتوستين وفيثاغورث بكرويتها .

إن الحديث عن الفينيقيين كتجار وبحارة أسسوا المستعمرات في شرق المتوسط وغربه، في شماله وجنوبه، وجابوا البحار المعروفة في عصرهم، ونقلوا حضارة الشرق إلى أوروبا وأعطوها اسمها، وصارعوا روما في غرب المتوسط ووسطه، ثم أعطوها أشهر أباطرتها وأكثرهم رقيا (انظر داوود ١٩٩٠)، يؤكد أنهم يملكون معرفة جغرافية واسعة، وخرائط للمناطق والسواحل التي عرفوها، على الرغم من أن علماء الآثار لم يعثروا على خرائط فينيقية ، أو ربما ألحقوا الخرائط التي وجدت بحضارات أخرى إغريقية ورومانية، فظهرت أعمالهم تحت عناوين حضارية أخرى، ويعتقد آخرون أن الحضارة الرومانية وليدة روما، وغريبة عن الشرق العربي، ولكن الممحص يعرف أن أرقى ما كان في روما كان فينيقيا عربيا.



شكل– ٣ – صورة ورسم تخطيطي للعالم في خريطة بابلية من الطين المشوي

٣,٢ الخرائط في مصر القديمة : لم تكن مصر القديمة أقل اهتماما بالخرائط من بلاد الرافدين، وقد أجمع الباحثون على أن المصريين عرفوا عمليات المساحة الدقيقة والتفصيلية منذ أقدم العصور، لأن الحاجة إليها كانت كبيرة، فالأرض ملك الدولة (الفرعون)، وكان لا بد من تقسيمها إلى مساحات تؤجر للفلاحين، وتحديد كميات المياه اللازمة لريها، بالإضافة إلى تحديد الضرائب، وتقدير المحاصيل (انظر فليجة ١٩٦٩ .هذه المبررات كانت كافية للاهتمام بالخرائط التفصيلية للأراضي (الكاداستر) أو خرائط استعمال الأرض (Land use maps) ولكن الخرائط المصرية لم يكتب لها البقاء إلا في حالات نادرة، لأنها رسمت على ورق البردي سريع التلف، و لم يصل منها إلا خريطة لمنجم ذهب في صحراء مصر الشرقية تعود إلى القرن الرابع عشر قبل الميلاد، وقد تآكلت أجزاء كبيرة منها وإن التفصيلات الأخرى قليلة الوضوح. (شكل -٤-).

شكل- ٤ - مخطط لمنجم ذهب في صحراء مصر الشرقية يعود إلى القرن الرابع عشر ق.م

١- جبال -٢ طريق ٣- معبد - ٤ مساكن- ٥ بئر ٦- حوض غسل الفلز ٧ مدخل المنجم (عن عزاوي ١٩٨١)

٤,٢ الخرائط عند الإغريق وفي عصر الحضارة الهلنستية: أسهم الإغريق بقسط وافر من المعرفة الجغرافية، وخاصة عندما ازدهرت إمبراطوريتهم وامتدت على مناطق

واسعة من حوض البحر المتوسط والبحر الأسود، ولقد أثبتوا كروية الأرض وقاسوا طول محيطها. وهم أول من وضع الخرائط على أسس علمية.

ومن أهم أعلام الجغرافيا والخرائط عند الإغريق نذكر :

انكسماندر:(Anaximander) الذي عاش بين٦١١ و٥٤٧ ق .م . وضع أول خريطة يونانية للعالم.

فيثاغورث : وهو الرياضي الفيلسوف والفلكي الشهير وأول من قال بكروية الأرض.

هيكاتيوس (Hecatius): الذي عدل في عام ٥٠٠ ق.م. خريطة انكسماندر، وألحق بها وصفا للعالم المعروف، ووضع خريطة للعالم على شكل قرص دائري، ورسم اليونان في وسطه.

ديموقريطس (Democritus):عاش بين ٤٦٠ و ٣٧٠ ق. م. تناول مسألة شكل الأرض وأسباب الهزات والزلازل ونشوء الرياح وفيضان النيل وغيرها من المسائل الجغرافية الطبيعية.

ارستوطاليس (Arestotalis) : عاش في القرن الرابع ق. م. وطور الأفكار القائلة بكروية الأرض من خلال دراسته لظل الأرض على الشمس عند الكسوف.

هيرودوت(Herodotus) : وهو المعروف بأبي التاريخ، أجرى تعديلا على خريطة هيكاتيوس معتمدا على أسفاره، وما كتبه حكماء عصره (انظر خريطة هيرودوت للعالم شكل -٥-) .

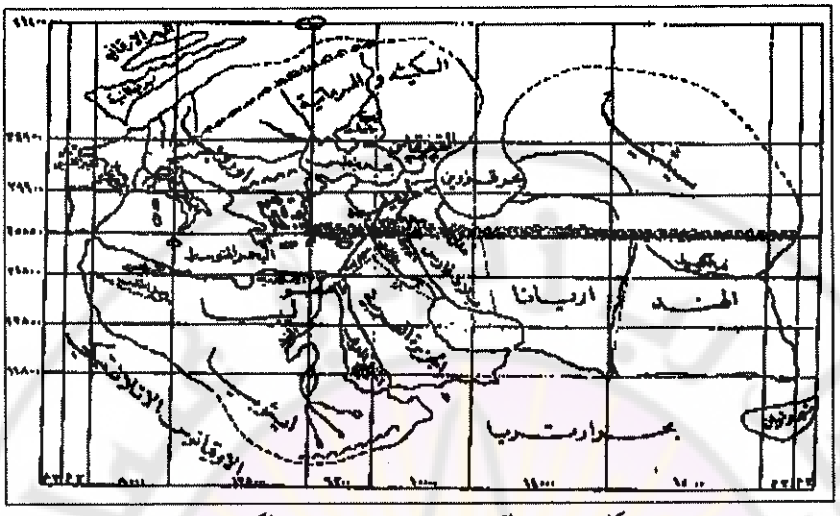
شكل –٥ – خريطة هيرودت (عن صبحي عبد الحكيم

إيراتوستين- (Erathostenes) ولد عام ٢٧٦ ق.م. في قورينة (قرينة شحات من مدن الجبل الأخضر قرب البيضاء) وتلقى علومه في اليونان، ثم عاد إلى الإسكندرية ليعيش ويعمل فيها، وتولى منصب القيم على مكتبتها الشهيرة وتوفي عام ١٩٤ ق .م. يعد إيراتوستين أول من قاس محيط الكرة الأرضية بقياس ميل الأشعة الشمسية يوم الانقلاب الصيفي في أسوان والإسكندرية. رسم خريطة للعالم على شكل مستطيل، ورسم خطوط الطول والعرض على شكل مستقيمات متعامدة ووضع فيها كافة القارات المعروفة آنذاك . انظر الشكل(–٦–).

هيباركوس Hippaechus : عاش في منتصف القرن الثاني قبل الميلاد (١٤٠ ق.م)، ويعد واحداً من أعظم علماء الفلك اليونانيين، طور أفكار إيراتوستين في صناعة الخرائط، وأكد على ضرورة تعيين خطوط الطول والعرض لعدد كاف من الأماكن بالرصد الفلكي قبل تجميع الخريطة، كما اقترح أن تكون المسافات بين خطوط الطول والعرض متساوية.

سترابون (Strabon): يعد من أشهر الجغرافيين الإغريق، عاش في القرن الأول قبل الميلاد، ووضع كتابا للجغرافيا في سبعة عشر مجلدا، شرح فيها أهمية معرفة

الإنسان بالأرض و أبعادها، ورسم خريطة للعالم.

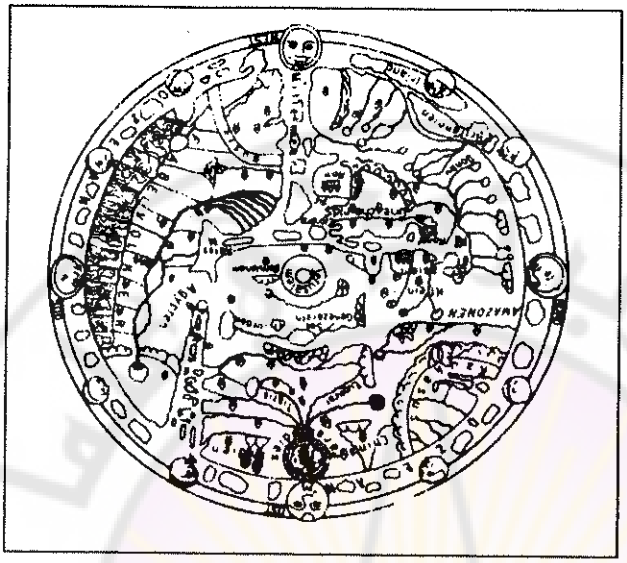


شكل –٦– خريطة ايراتوستين (عن صبحي عبد الحكيم)

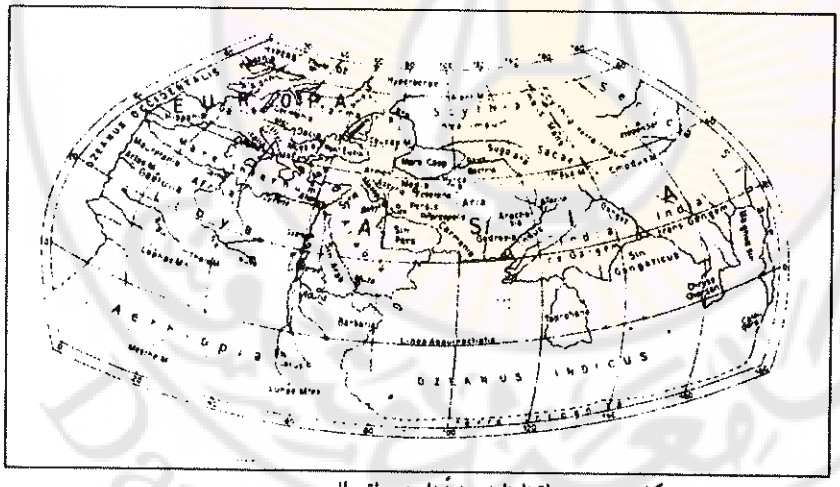
بطليموس الإسكندري Claudius Potlemy the Alexandran يعد أهم واضعي الخرائط في العالم القديم. كان فلكياً ورياضياً، بقيت أعماله المصدر الأساسي لعلمي الجغرافية والكارتوغرافية أربعة عشر قرناً، وقد انصب اهتمام بطليموس على رسم الأرض بوساطة الرموز الاصطلاحية والخطوط مستخدماً في ذلك العلوم الرياضية.

جمع نظرياته في الفلك في كتابه **المجسطي** The Almagest أما مؤلفه عن **(الجغرافيا** The Geography فيقع في ثمانية أجزاء. احتوى الجزء الأول منها أسس صناعة الخرائط، واحتوت الأجزاء الستة الأخرى كشوفاً بأسماء ثمانية مواقع مع تقدير خطوط الطول والعرض لكل منها. أما الجزء الثامن فقد اشتمل على طرق رسم خريطة العالم بالإضافة إلى ٢٦ لوحة تفصيلية لأجزاء العالم المختلفة. ومع الأخطاء التي وقع فيها نتيجة تقديره غير الصحيح لطول محيط الأرض.

كان كتابه الجغرافيا إنجازا عظيماً بل قمة الكارتوغرافية اليونانية. انظر الشكلين(٧،٨).



شكل –٧– خريطة العالم لبطليموس تعود على ١٤٠ ق.م (Kartenkunde)



شكل– ٨– خريطة العالم استناداً إلى خريطة بطليموس

٥،٢ الخرائط عند الرومان: انعكس الطابع العسكري للإمبراطورية الرومانية واتساع رقعة أراضيها على اتجاهات المعرفة الجغرافية ورسم الخرائط، فقد أهملوا رسم الخرائط المتعلقة بالحياة الاقتصادية والبحث العلمي، واستعاضوا عن ذلك

برسم خرائط الطرق وحدود الإمبراطورية، ولا نستطيع تمييز تطورات إيجابيـــة في هذه الفترة لولا بعض الأعمال الكبيرة التي ظهرت مثل **لوحة بوتنغر** The peutinger tabl نسبة إلى مالكها الألماني التي صورت الإمبراطورية الرومانية وجوارها من الجزر البريطانية غربا حتى نهر الغنج شرقا، لتبين مواقع المدن والحصون والطرق والأنهار والبحيرات والجبال والغابات، أي –باختصار– صورت كل ما يلزم لحركة الجيوش وإرسال الرسل والبريد وتأمين سير القوافل في دولة مترامية الأطراف ذات نظام مركزي. وقد صممت هذه الخريطة على شكل لفافة من الجلـــد الرقيـــق مؤلفة من ١٢ لوحة طولها كاملة ٧,٥ متر وعرضها ٣٤ سنتمترا توجد في مكتبـــة فيينا (شكل -٩-) .

٦,٢ الخرائط في شرق آسيا: لقد عرفـــت شـــعوب شـــرق آســـيا الرســـوم الكارتوغرافية وكشفت التنقيبات الأثرية التي أجريت عام ١٩٧٣ لمنطقة في جنوب الصين عن ثلاث خرائط ملونة تعود إلى القرن الثالث ق. م. وقد سميت واحدة من هذه الخرائط الخريطة الطبوغرافية، وهي مربعة الشكل طـــول ضـــلعها ٩٦سـم ومقياسها محسوب بدقة وقدره ١/١٨٠٠٠٠ تمثل منطقة مـــن جنـــوب الصـــين، وتعطي هذه الخريطة فكرة صحيحة عن المراكز الآهلة، مقســـمة إياهـــا إلى قـــرى (رسمت على شكل دوائر) وبلدات (رسمت على شكل مســـتطيلات)، وزودت المراكز بأسمائها وعدد المزارع فيها.

وسميت الخريطة الثانية (الخريطة الحربية) ومقياسها حوالي :١:١٠٠٠٠٠ وهي شبيهة من حيث المحتوى بالخريطة الأولى، أما الخريطة الثالثة فتمثل مخططا لمدينة محصنة.

من أشهر الأسماء الكارتوغرافية القديمة الصيني تشانغ هنغ Chung Heng الذي عاصر بطليموس وسار على منهجه، وكان فلكياً ولم يكن جغرافياً، ولكنه وضع علامات مميزة في الكارتوغرافيا الصينية، فقد استخدم الإحداثيات المتعامدة على المخططات. وجاء بعده بهي سيو Phei Siu(٢٢٤ – ٢٧١) م الذي اعتمد في كتاباته على الوصف الجغرافي، ثم وضع خرائط تتضمن المقياس، وشبكة المربعات الاصطلاحية التي تشبه الإحداثيات التربيعية المستعملة حاليا في الخرائط الطبوغرافية، بالإضافة إلى ذلك رسم التضاريس مبينا الفروق بين ارتفاعاتها.

لكن أفضل الخرائط الصينية القديمة هي خريطة وضعها كارتوغرافي غير معروف يدعى كيهي ايهو Gihi Iho على حجر عام ١١٣٧، تحتوي على شبكة إحداثيات متعامدة ومقياس للرسم. (انظر الشكل –١٠ –).

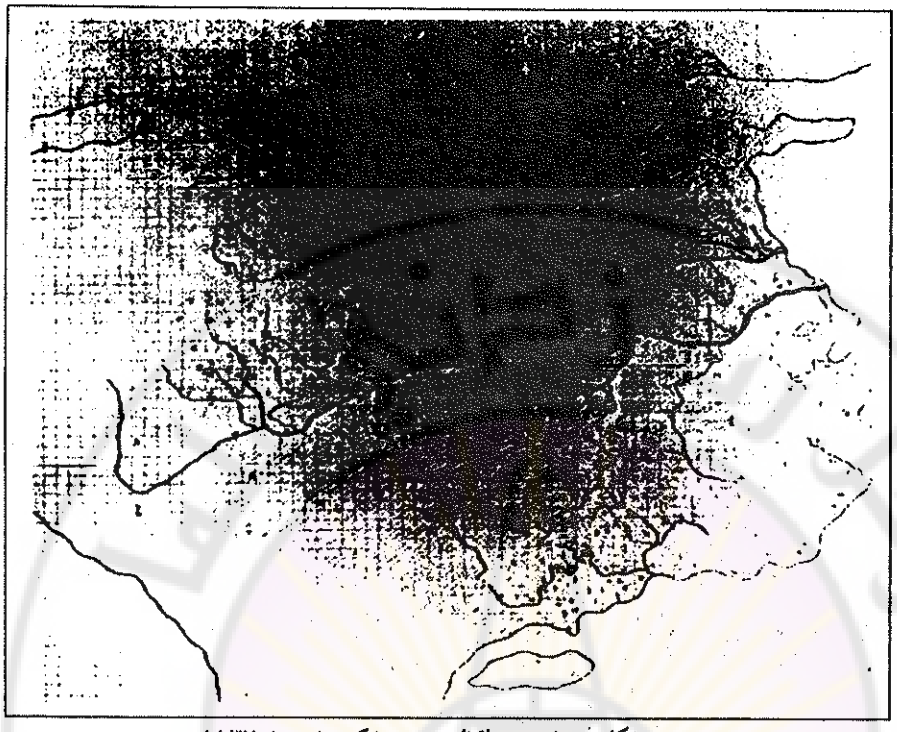
تعد التقنيات الصينية أكثر تطوراً من التقنيات الغربية، ويظهر ذلك ما يلي:

١. استخدم الصينيون البوصلة قبل الأوربيين.

٢. عرفوا الورق واستخدموه في القرن الثاني الميلادي بينما تأخر استخدامه ١٠٠٠ عام في أوربة .

٣. عرف الصينيون الطباعة في الخرائط عام ١١٥٥ م تقريباً أي قبل الأوربيين ب ٣٠٠ عام. ومع ذلك فقد كان للكارتوغرافية عندهم عدة سلبيات أهمها: أن شبكة الإحداثيات لم تكن تدل على خطوط الطول والعرض، ولم يعتمد الصينيون على المساقط.

شكل –٩– أجزاء من لوحة بوتنغر (Kartenkunde)



شكل – ١٠ – خريطة الصين وضعها كيهي ايهو عام ١١٣٧ .

٧,٢ الخرائط في العصور الوسطى : أدى انهيار الإمبراطورية الرومانية في القرن الخامس بسبب الأزمات الداخلية التي عاشتها كمجتمع عبودي، والانتقال التدريجي إلى المجتمع الإقطاعي الذي تسيطر عليه الكنيسة والحكام الإقطاعيون، أدى كل ذلك إلى انحطاط العلوم. وبالرغم من ذلك يمكن اعتبار الدولة البيزنطية وريثة للإمبراطورية الرومانية التي كانت علومها في خدمة الكنيسة بما في ذلك الجغرافية، وعادت فكرة تسطح الأرض بدلاً من كرويتها إلى السيطرة، واعتبرت المناداة بكرويتها كفرا يحاسب صاحبه بأشد العقوبات. ولكن العلماء المسيحيين رسموا خرائط للعالم على شكل قرص من اليابس يسبح في محيط من الماء.بيد أن الخرائط امتازت بالمبالغة في إظهار الأماكن المقدسة. وقد اشتهرت هذه الخرائط باسم T- in- O أو خرائط العجلة . يمثل حرف O حد الأرض على شكل قرص مستدير، أما

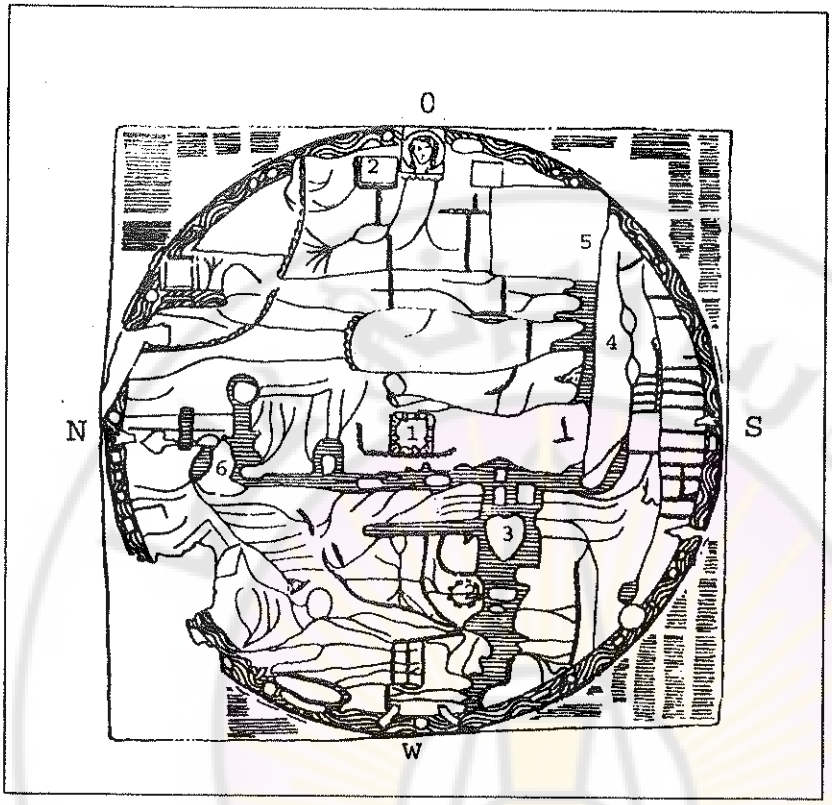
الحرف T داخل الدائرة فإنه يتألف من خط أفقي يمتد من نهر الدون إلى نهر النيل، وخط آخر عمودي عليه يمثل البحر المتوسط. وقد جعلوا القدس مركز العالم، والجنة في أعلى الخريطة، فيتم توجيه الخريطة نحو الشرق. (انظر الشكل – ١١ –). وقد تنوعت هذه الخرائط تنوعاً كبيراً في الحجم والتفاصيل، وأهم هذه الخرائط خريطة هيرفورد التي وضعت في القرن الثالث عشر (١٢٨٠)م، وهي تبين أشكالاً خرافية.

في هذا الجو تبدو الإنجازات الجغرافية عامة والخرائط خاصة التي رسمت في أرمينيا بين القرنين الخامس والسابع كبيرة، فقد ترجمت المراجع اليونانية، ووضع كتاب الجغرافيا الأرمنية الذي تضمن مجموعة من الخرائط، وصل منها إلى أيامنا هذه خمس عشرة خريطة.

على الرغم من أن هذه الفترة كانت مظلمة في تاريخ أوربة إلا أنها كانت مرحلة إشعاع عربي حضارة وعلماً ، وقد تميزت بثلاث خصائص:

١. إسهام العرب بشكل كبير في الجغرافية والكارتوغرافية.
٢. تزايد المناطق المكتشفة واكتشاف المناطق البعيدة .
٣. وضع خرائط البورتولان .

Damascus University



شكل – ١١ – خرائط T- in-O ،عن (Karten kunde) مصدر سابق

١–القدس–٢–الجنة– ٣– البحر المتوسط–٤ –نهر النيل–٥– جزيرة سيلان–٦– نهر الدون

٨,٢ إسهام العرب في مجال الجغرافية والخرائط : كانت المعرفة الجغرافية في شبه الجزيرة العربية تتركز في الجوانب الفلكية والمناخية (الأنواء) لما لذلك من أهمية في حياتهم اليومية، ولا شك في معرفتهم الجيدة بالطرق البرية والبحرية التي كانوا يسلكونها سعيا وراء تجارتهم بين مناطق المحيط الهندي والخليج العربي والبحر الأحمر من جهة، ومناطق البحر المتوسط من جهة أخرى، كما أن تسمية بحر العرب بهذا الاسم ما هي إلا دليل على كثرة إبحار عرب شبه الجزيرة فيه وإقامتهم على سواحله. والعرب في نهاية المطاف هم ورثة أسلافهم الذين بنوا الحضارة في بلاد الرافدين وعلى سواحل سورية وفي اليمن، وهم ورثة معارفهم المتطورة.

كما أن دور العرب الأقباط في مصر والغساسنة في سوريا كان واضحا كصلة وصل بين الحضارة اليونانية والرومانية والبيزنطية والحضارة العربية الإسلامية، وإن لم يسلط الضوء الكافي على هذا الدور فإن الوثائق تذكر أن التطور الذي شهدته العلوم والجغرافية واحدة منها كان وليد اطلاع العرب على الفكر الجغرافي عند اليونان والفرس والهنود وقد انتقلت هذه المعرفة عن طريق الترجمة.

كترجمة كتب بطليموس وغيره من اليونانية مباشرة أو من السريانية. كما أسهم العلماء المسلمون الفرس والأوزبيكيون بترجمة التراث العلمي من لغاتهم أو من اللغات الأخرى التي يعرفونها إلى اللغة العربية التي أضحت لغة التفكير ولغة الكتابة بالنسبة للجميع.

ويعتبر الكثيرون الترجمة أولى مراحل الارتقاء العلمي الذي سلكه المسلمون، وقد استخدم العرب المصطلحات العلمية والمسميات بأسمائها الأعجمية أول الأمر، ثم عربوا قسما كبيرا منها فيما بعد.

ويمكن تقسيم المعرفة الجغرافية عامة والكارتوغرافية عند العرب إلى ثلاث مراحل حسب تطور هذه المعارف، أولاها هي: مرحلة التأسيس ، والثانية: مرحلة البناء والنضج، والثالثة مرحلة التفوق والإبداع.

١- مرحلة التأسيس: بدأت هذه المرحلة مع العصر الأموي الذي نشطت فيه حركة الترجمة، لكن عصر المأمون (نهاية القرن الثاني وبداية القرن الثالث الهجريين - القرن التاسع الميلادي) شهد ثورة هائلة في الفكر الجغرافي العربي، فزادت حركة الترجمة، وزاد التراث ثراء، وتم الربط بين الأفكار الجغرافية العلمية مثل كروية الأرض وبين النصوص القرآنية والأحاديث الشريفة لإسباغ التصديق الديني على هذه الأفكار، ويعد عهد المأمون لذلك مرحلة التأسيس الفعلي والانطلاق العلمي في مجال الجغرافية وغيرها من العلوم. وكان لهذا التطور في مجال الجغرافية مبرراته العملية التالية:

١- اتساع رقعة الدولة العربية وحاجة الحكام لمعرفة أرجاء دولتهم وتسيير أمورها.

٢- فرض النظام الإداري المركزي ، وجمع الضرائب والخراج والزكاة.

٣- معرفة الطرق وشق طرق جديدة للأغراض العسكرية والتجارية والدينية.

٤- التشجيع على طلب العلم ورعاية العلماء.

ويبدو أن أول خريطة وضعت أيام الفتوحات العربية هي التي طلبها الحجاج من قتيبة بن مسلم الباهلي لبلاد ما وراء النهر (آسيا الوسطى)، وقد أعطى الحجاج توجيهاته العسكرية بالفتح بعد الاطلاع على الخريطة والتعرف على المنطقة المرسومة.

أما في العصر العباسي فان أول العلماء الذين اهتموا بالنواحي الفلكية كان الفزاري الذي عاش وعمل في عهد الخليفة المنصور، ثم جاء بعده الخوارزمي في عهد المأمون، ويعد واضع الأسس الأولى لعلم الخرائط العربية ، لأنه وإن كان عالم رياضيات شهير فقد حدد خطوط الطول والعرض، وقسم الأرض إلى سبعة أقاليم موازية لخط الاستواء، وذكر في كل إقليم المدن والجبال والبحيرات والأنهار وغيرها، كما استعمل المسقط الأسطواني البسيط في رسم خرائطه، ووضع العديد من الخرائط، ولكن معظمها فقد، ووضع الشمال في أعلى خرائطه على عكس الجغرافيين العرب الآخرين السابقين له .

وتعتبر الصورة المأمونية التي لا يُعرف أصلها (أو الخريطة المأمونية) أهم أثر جغرافي في عصر المأمون. أسهم في وضعها عدد من حكماء عصر المأمون. فقد وصفها المسعودي[1] الذي ادعى أنه رآها بعينه إذ قال: (رأيت الأقاليم مصورة في

يعد المسعودي من أشهر واضعي الخرائط في القرن التاسع . قضى شبابه في الترحال وحقق اطلاعاً واسعاً . سجل خبراته في كتابه مروج الذهب ومعادن الجوهر بالإضافة إلى مؤلفه التنبيه والإشراف . عدا عن ذلك تعد

غير كتاب بأنواع الأصباغ). لقد صُور فيها العالم بأفلاكه ونجومه وبره وبحره وغيرها .. ومما يلاحظ عليها أنها شملت جميع أجزاء المعمورة المعروفة آنذاك موضحاً عليها أسماء الأقطار والمدن المعروفة في كل إقليم طبقاً لجداول (زيجات) المأمون. وقد جرى عليها تعديل من قبل البتاني (عام ٩٢٩) وخاصة مناطق العراق والجزيرة وأعاليها، وجرى عليها تعديل آخر عندما أمر الخليفة الفاطمي المعز لدين الله برسم خريطة للمعمورة على أساس جداول ابن يونس (زيجات)، وقد فصلت فيها أراضي مصر.

ولم يقتصر الإنجاز الجغرافي في عصر المأمون على وضع الخرائط، بل أنشئ مرصدان أحدهما في بغداد والآخر في دمشق، كانت الغاية منهما إجراء القياسات لتحديد العروض، والرصد للتحقق من المعطيات الواردة في كتب بطليموس وغيره. وقد قاس أبناء موسى بن شاكر عرض محلة باب الطاق ببغداد وقدروها ب ٣٣ درجة و٢٠ دقيقة شمالا، وهو ما ينطبق على واقع الحال، وضبط الماهاني عرض مدينة سامراء، وقدر البيروني فرق الطول بين بغداد وغزنة، وقدر الخوارزمي طول البحر المتوسط، وعدل بذلك الأرقام الخاطئة التي قدمها اليونانيون من قبل، ثم وصل الزرقالي إلى الرقم الصحيح لطول هذا البحر ومقداره ٤٢ درجة.

٢- مرحلة البناء (القرن العاشر والحادي عشر الميلاديين): لعله من الصواب أن نعتبر المرحلة الثانية من مراحل تطور الخرائط عند العرب مرحلة البناء والنضج، وذلك لاكتمال الشخصية العلمية، ووصول الكثير من العلماء إلى مرحلة الإبداع. فقد ازداد الاهتمام في هذه المرحلة بالموضوعات الجغرافية عامة، والكارتوغرافية خاصة، حيث ظهرت المؤلفات الجغرافية والأعمال الكارتوغرافية الكثيرة التي اتخذت منحى مختلفا عن المدرستين اليونانية والهندية، وقد سمى ميللر (Miller) في كتابه

خريطته من أدق الخرائط العربية التي تبين العالم المعروف آنذاك احتوت على خطين متعامدين هما خط الاستواء المار بجزيرة سيلان ،وخط الأرين ماراً بجزيرة زنجبار.

(الخرائط العربية – Arabica Mapa) الخرائط التي رسمها البلخي أطلس الإسلام، وهي خرائط مستقلة الواحدة عن الأخرى فلا يمكن جمعها مع بعضها لتشكيل خريطة عامة. هذه الخرائط خالية من خطوط الطول والعرض. وقد صُورت فيها المظاهر الجغرافية من أنهار وسواحل ومدن تصويراً هندسياً. والملاحظ أن أطلس الإسلام يشبه معظم كتب الجغرافيين في تلك الفترة. فقد احتوى على ٢١ خريطة جاءت متتالية:

١. خريطة العالم المستديرة.

٢. خرائط جزيرة العرب وبحر فارس والمغرب ومصر والشام وبحر الروم.

٣. أربع عشرة خريطة تمثل الأجزاء الوسطى والشرقية من العالم الإسلامي.

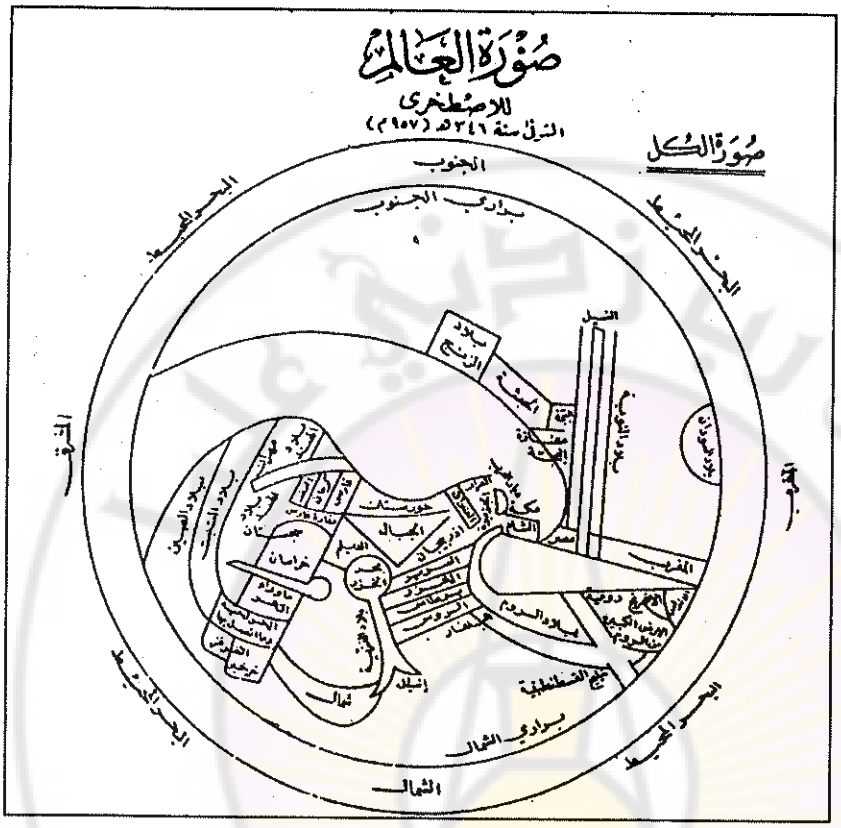
ومن أشهر الجغرافيين العرب الذين أسهموا في وضع أطلس الإسلام:

البلخي: هو أبو زيد أحمد بن سهل البلخي المولود عام ٢٣٥ هـ-٨٥٠ م في إحدى قرى بلخ، وتوفي سنة ٣١٢ هـ - ٩٢٤م . كان له اتجاهه العلمي المتميز حتى نسب إليه ما يعرف بالمدرسة البلخية، وقد اتبع منهجه كل من المقدسي وابن حوقل والأصطخري، واعتمد البلخي ومن نهج نهجه في دراستهم على ما ورد في القرآن الكريم والحديث الشريف وأقوال الصحابة فيما يتعلق بالكون والأرض، وقامت نظريتهم على أن الأرض تشبه طائرا كبيرا، ثم قال أتباع هذه المدرسة إن الأرض جرم مستدير يحيط به البحر المتوسط والمحيط الهندي دون أن يمتزجا (وهذا تصور مأخوذ من القرآن الكريم). وضع مصنفه الجغرافي الذي اختلفت أسماؤه من (صور الأقاليم وأشكال البلدان إلى تقويم البلدان، وفيه قسم الأرض إلى عشرين جزءاً ورسم لكل جزء خريطة. (فليحة ١٩٦٩).

وقد وضعت هذه الجماعة من العلماء شبه الجزيرة العربية بما فيها مكة والمدينة في وسط العالم المعمور كما وضع البابليون عاصمتهم في وسط المعمورة تماماً.

أما الاصطخري: وهو اسحق بن إبراهيم بن محمد الفارسي الاصطخري الذي عاصر البلخي في آخر حياته إذ عاش في النصف الأول من القرن الرابع الهجري - العاشر الميلادي، وضع كتابه (مسالك الممالك) بعد تجوال في بلاد ما وراء النهر وإيران وشبه جزيرة العرب والشام، وقد وصف العالم الإسلامي، وقسمه إلى عشرين قسماً سماها أقاليم، ووضع معلومات عن المدن والمسافات وطرق المواصلات في كل إقليم. وكان صاحب الفضل في نشر أفكار البلخي، وقد أكثر الاصطخري من الرحلات، ورسم إحدى وعشرين خريطة، أولها خريطة للعالم، والبقية للأقاليم المعروفة كل على حدة. والجدير ذكره أن جميع خرائط الاصطخري ما زالت سليمة حتى الآن. (انظر خريطة العالم للاصطخري.انظر شكل (١٢-).

وأكمل عمل الاصطخري معاصره الأصغر سنا أبو القاسم محمد بن حوقل البغدادي، الذي بدأ حياته بالرحلات التي استغرقت ٢٨ سنة، زار خلالها المناطق الواقعة بين الهند شرقاً وإسبانيا غرباً، وبين جزيرة العرب جنوباً وبلاد البلغار ومناطق حوض الفولغا الأدنى في روسيا شمالاً. ووضع بعد هذه الرحلات كتابه (صورة الأرض)، الذي نسجه على هيئة موسوعة جغرافية، وصف فيها الأنهار والمدن والغدران والقفار، ومصادر الثروة الاقتصادية، ووضع خريطة في مقدمة كل بحث من مباحث كتابه تخص الإقليم المدروس، وقد ضمن كتابه هذا اثنين وعشرين خريطة لأجزاء العالم الإسلامي مبتدئا بشبه جزيرة العرب التي اعتبرها إقليما واحداً، وقد بقيت خرائط ابن حوقل كلها كاملة إلى أيامنا هذه محفوظة في كتابه الموجود في مكتبة الآستانة - استنبول. انظر الشكل (- ١٣ -).

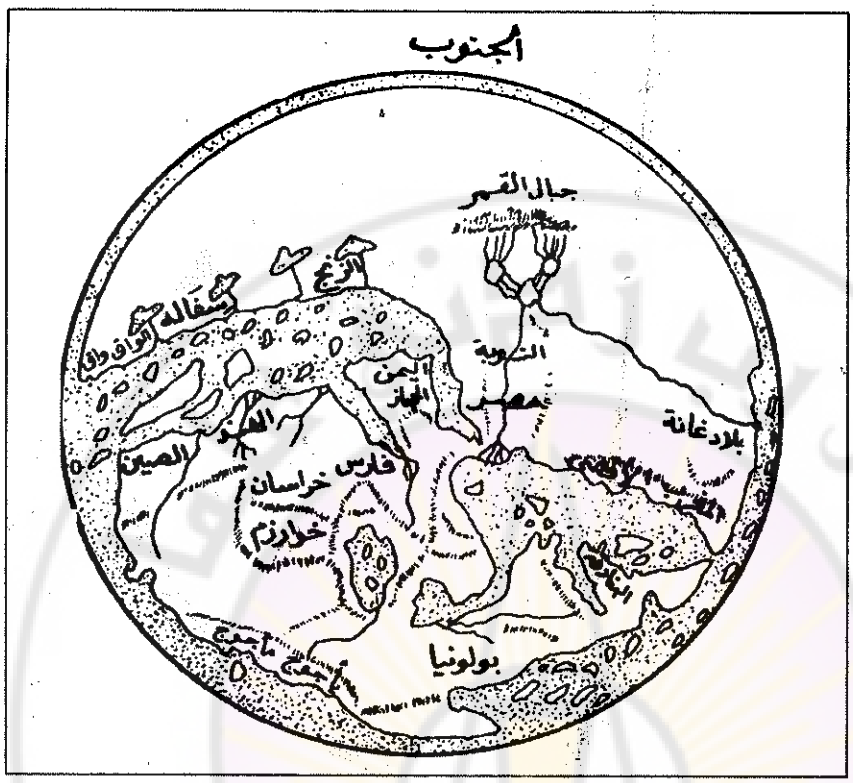


شكل –١٢ – خريطة العالم للاصطخري

جامعة دمشق
Damascus University

شكل – ١٣ – صورة الأرض لابن حوقل (عن ابن حوقل)

جامعة دمشق
Damascus University



شكل -١٤ - صورة الأرض للإدريسي(عن سطيحة)

وجاء **المقدسي** الذي عمل في النصف الثاني من القرن الرابع الهجري - العاشر الميلادي، وتوفي سنة ٣٩٠ هجرية-١٠٠٠ميلادية، ليسهم بنصيب كبير في تطور المعرفة الجغرافية من خلال كتابه (أحسن التقاسيم في معرفة الأقاليم)، وقسم المقدسي العالم الإسلامي في كتابه إلى أربعة عشر إقليماً، سبعة منها عربية وسبعة أعجمية، ورسم لكل منها خريطة خاصة، وكانت خرائطه كاملة الوضوح، استخدم في رسمها الألوان: الأحمر للطرق والأخضر للبحار والأصفر للرمال والأزرق للأنهار العذبة والرمادي للجبال .

و في ختام الحديث عن أتباع المدرسة البلخية نذكر ما اتصفت به خرائطهم بشكل عام:

١- وضع الشمال في أسفل الخريطة والجنوب في أعلاها والغرب على اليمين والشرق على اليسار أي بعكس المتعارف عليه الآن تماماً .

٢- رسم السواحل والأنهار والطرق على شكل خطوط مستقيمة أو أقواس شبه منتظمة، و لم تهتم بتفصيلات هذه المظاهر.

٣- لم تستخدم خطوط الطول والعرض.

٤- وضع شبه الجزيرة العربية في قلب العالم ورسمها في الوسط .

٥- خلو هذه الخرائط من مقياس الرسم.

٦- استعمال الألوان في الرسم وهذا جانب إيجابي طبعا .

٧- رسم المدن على شكل دوائر أو أنصاف دوائر أو أشباه مستطيلات.

٨- التركيز على رسم المراكز السكانية في خرائط الأقاليم .

٩- الوضوح الكبير وسهولة الفهم المرتبط ببساطة الرسم.

٣- مرحلة التفوق والإبداع: يمكن اعتبار **البيروني** واحدا من أعلام هذه المرحلة، رغم انتمائه الزمني إلى المرحلة السابقة، والبيروني المولود في خوارزم سنة ٣٦٣ هجرية - ٩٧٣ميلادية، يعد واحدا من عمالقة الفكر الجغرافي بالإضافة إلى تألقه في علوم الفلك والرياضيات والكيمياء، فقد صنع البيروني كرة أرضية بنفسه، كانت أول نموذج مصغر للكرة الأرضية، ووضع كتابا في المساحة (الجيوديزيا Geodesy أسماه كتاب تحديد نهايات الأماكن، وكتابا آخر في الفلك أسماه (القانون المسعودي)، واقترح البيروني شق قناة تربط بين البحرين الأحمر والمتوسط، وتوصل إلى إثبات كروية الأرض عمليا من خلال القياسات والملاحظة الشخصية، واقترح بعض الطرائق لوضع مساقط الخرائط حسب طول درجة العرض، وحسب أطوال وعروض المواقع الجغرافية.

أما **الإدريسي** وهو أبو عبد الله محمد بن عبد الله بن إدريس المولود بمدينة

سبتة سنة ٤٩٣ هـ ١٠٩٩م، فإننا نعتبره خير ممثل لمرحلة التفوق والإبداع في مجال الخرائط العربية. فقد تلقى الإدريسي علومه في قرطبة، وبدأ أسفاره في سن مبكرة باتجاه المشرق والمغرب ثم أوروبا، وكتب كتابه الشهير (نزهة المشتاق في اختراق الآفاق) وهو في بلاط الملك روجر الثاني - ملك صقلية، وقد تضمن كتابه هذا سبعين خريطة لأجزاء المعمورة، ومصورا مستديرا للعالم، وتعتبر خرائطه السبعون القابلة للجمع في خريطة واحدة أول خريطة للعالم من هذا النوع وأقربها إلى أصول رسم الخرائط المعاصرة، حيث استخدم الإدريسي الألوان فالأزرق للبحار والأخضر للأنهار والأحمر المتدرج باتجاه البني للجبال حسب ارتفاعها واللون الذهبي للمدن. وقد رسم الإدريسي العالم المعروف في ذلك الحين مفصلا مناطق أوروبا كفرنسا وألمانيا والجزر البريطانية وفنلندا وبولندا وروسيا ورومانيا ودول البلقان الأخرى مما لم يكن معروفا في الخرائط العربية السابقة.

وقد أدخل الإدريسي تقاليد جديدة في رسم الخرائط من أهمها :

١- إمكانية جمع خرائط الأقاليم والحصول على خريطة كبيرة شاملة للعالم المعروف كله.

٢- استخدام شبكة الإحداثيات الجغرافية (خطوط الطول والعرض).

٣- تقسيم العالم إلى سبعة أقاليم عرضية موازية لخط الاستواء.

٤- استخدام مقياس للرسم.

٥- الدقة في تحديد مواقع المدن والمظاهر المختلفة الأخرى.

٦- استخدام الألوان بشكل منطقي وجميل.

٧-رسم الشواطئ والأنهار بشكل قريب جدا إلى شكلها الفعلي (الدقة في الرسم).

لذلك إن أطلس الإدريسي كما يعتبره الكثيرون أهم أثر للكارتوغرافية

العربية، وأهم أثر للكارتوغرافيا في العصور الوسطى على الصعيد العالمي. انظر صورة الأرض للأدريسي . انظر الشكل(-١٤-) .

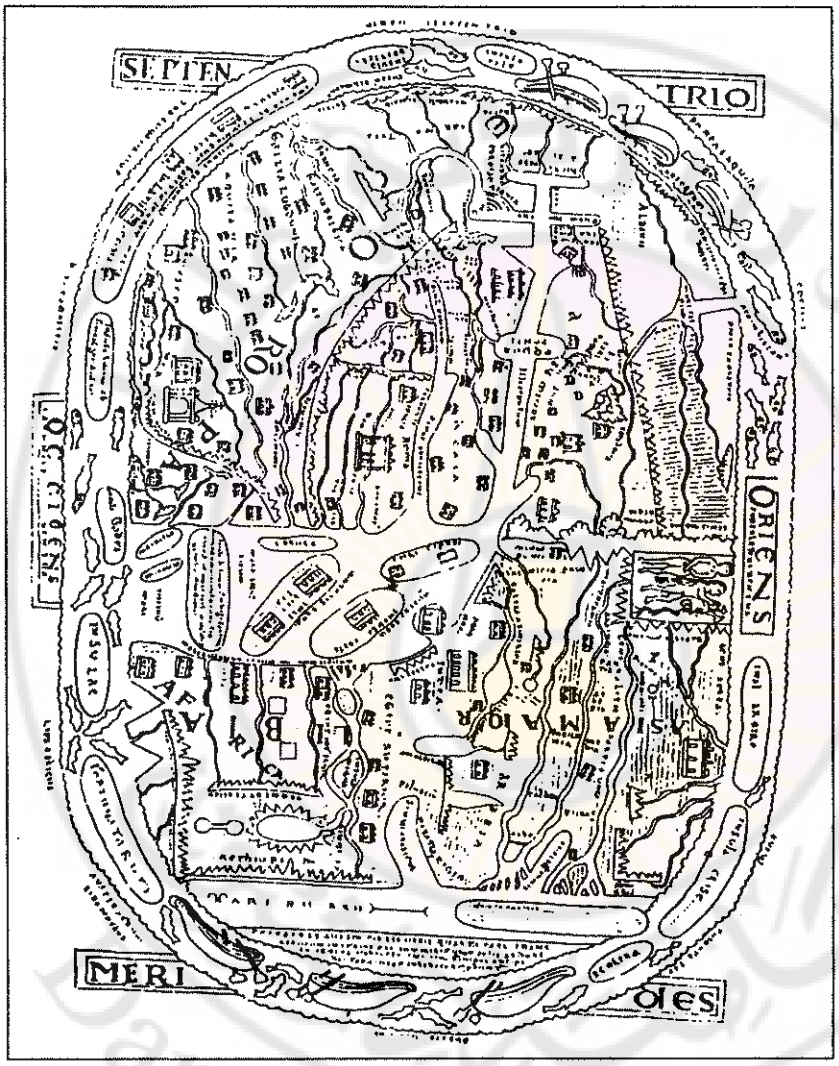
٩,٢ الخرائط الأوروبية في العصور الوسطى والعصور الحديثة: كانت الفترة الفاصلة بين سقوط روما والقرن الخامس عشر فترة ركود كبير في أوروبا. بسبب سيطرة النظام الإقطاعي المغلق، بالإضافة إلى سيطرة الكنيسة، وفرضها أفكاراً غير علمية تتصل بالعالم والكون، واعتبارها كل ما يخالف ذلك كفرا (مثل القول بكروية الأرض).

فقد اضمحلت التجارة و لم يكن الإقطاع بحاجة إلى الخرائط ، لأنه قادر على إبصار أراضيه باعتلائه البرج الذي بناه ملحقا بقصره للمراقبة بشكلٍ خاص، ولذلك فإن الخرائط التي ظهرت في هذه الفترة يمكن أن نسميها الخرائط الكنسية لأنها وضعت بأمر من الكهنة، ووفق ما يسمحون به من أفكار ومواضيع تتوافق مع تفسيرهم لنصوص الكتاب المقدس.

لقد تصور واضعو هذه الخرائط العالم على شكل قرص مدور، ووضعوا القدس في المركز، وفي أعلى الخريطة من الشرق وضعوا الجنة، وفيها آدم وحواء، وخططوا اليابسة بشكل بدائي، فخلطوا مثلا بين البحر الأسود وبحر إيجة، وهذا ما نراه في خريطة الناسك الأسباني بتيا عام ٧٧٦م التي أعيد رسمها في القرن الحادي عشر. انظر الشكل (-١٥ -).

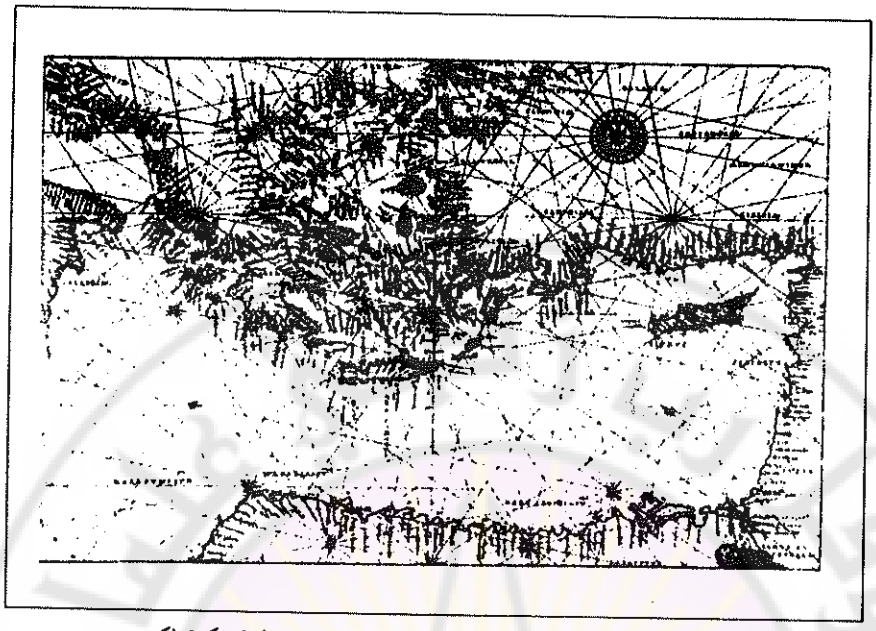
وقد شهدت الخرائط الأوروبية تقدما ملحوظا اعتبارا من القرن الثالث عشر، عندما بدأت الحياة المدنية تتطور على حساب الأرياف، وأخذت التجارة تتطور. وكانت إيطاليا سباقة في هذا التطور، فظهرت الخرائط التي تخدم التجارة البحرية أولا، وذلك اعتبارا من القرن الرابع عشر، وسمي هذا النوع من الخرائط خرائط البورتولان (الملاحة البحرية) التي تميزت باقتصارها على رسم السواحل

والبحار، واحتوائها على خطوط مختلفة الاتجاهات لاستخدامها في التوجه من قبل الملاحين (انظر عبد الحكيم ومحمد صبحي ١٩٦٦). وتميزت هذه الخرائط باستخدام المقياس في الرسم وبغزارة التفاصيل . انظر الشكل(—١٦ -).



شكل —١٥ —خريطة العالم كما رسمها الناسك الإسباني بيتا في القرن الحادي عشر

Damascus University



شكل – ١٦ – إحدى خرائط البورتولان تعود إلى عام ١٥٤٣ م وهي محفوظة في مكتبة الكولفرس. (عن Robertson ١٩٨٠)

١،٩،٢–الكارتوغرافيا في القرنين الخامس والسادس عشر

تطورت الكارتوغرافيا في المرحلة الأولى من هذه الفترة نتيجة عدة عوامل:

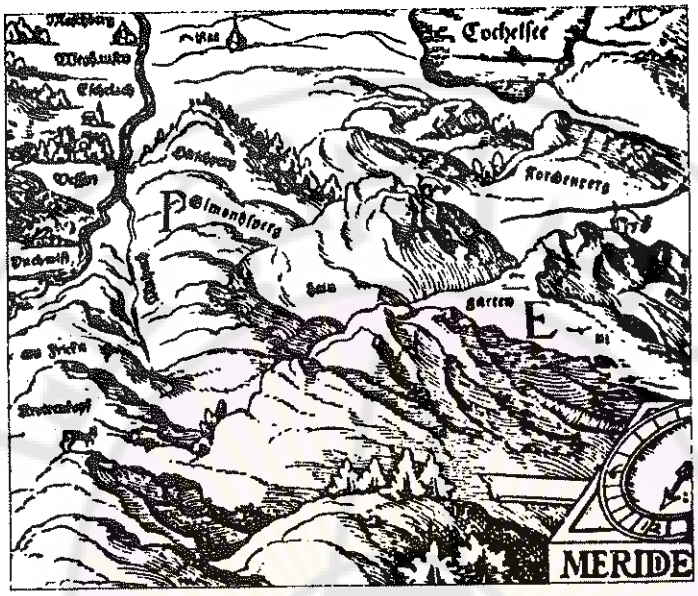
١–ترجمة الكتب الجغرافية اليونانية القديمة فقد تُرجمت مؤلفات بطليموس إلى اللاتينية، وترجم الإيطاليون كتاب الجغرافية، وهذا كان له الأثر الكبير في التفكير الجغرافي الأوربي حتى نهاية القرن السادس عشر. كما أن الأخطاء التي وقع فيها بطليموس بالنسبة لامتداد العالم شجع كولومبوس على القيام برحلته لاكتشاف الأمريكيتين، بالإضافة إلى ذلك فقد اطلع الأوربيون على الكتب العربية، وطبعوا قسما منها في مطابعهم، فإن بعض الجغرافيين العرب الأفذاذ كالإدريسي والحسن الوزان (ليون الأفريقي) وضعوا كتبا ترجمت مباشرة إلى الإيطالية، وكانت تمثل ذروة الثقافة الجغرافية العربية وخلاصتها.

٢– إن ظهور الطباعة التي ازدهرت في إيطاليا ،ثم انتقلت إلى هولندا وبلجيكا أدى

إلى إنتاج عدد كبير من الخرائط. عندما بدأ النظام الإقطاعي بالتداعي في القرن السادس عشر، وبدأت البورجوازية بالظهور والنهوض في قلب المجتمع الإقطاعي أصبحت الظروف ملائمة لنهوض المعرفة (ومنها الخرائط)، خاصة بعد حلول الإقطاعيات الكبرى محل الإقطاعيات الصغرى، وإن ضرورة التعرف إلى الأراضي التي تدخل في الإقطاعية الواحدة دفع إلى رسم خرائط لها، وإلى ظهور خرائط الأقاليم التي تغطي مناطق واسعة من البلدان الأوروبية الغربية، ومن أمثلة هذه الأعمال ما رسمه فيليب أبيان (Philippe Appian) كخريطة بافاريا (في ألمانيا) بمقياس ١:٤٥٠٠٠٠ . انظر الشكل (-١٧-). كما أن اختراع العديد من أدوات الرسم ساعد على إنجاز عدد أكبر من الخرائط في وقت أقصر.

ولعبت الكشوف الجغرافية الكبرى دورا عظيما في تشجيع رسم الخرائط، وأسهمت الخرائط بدورها في توسيع الملاحة البحرية والتجارة، وتشجيع حركة الاستعمار للمناطق الواقعة خلف البحار، ثم بدأ رسم الخرائط للمناطق المكتشفة والمستعمرة.

وكانت كل من البندقية وفلورنسا وجنوة في إيطاليا سباقة في مجال رسم الخرائط، بالإضافة إلى ازدهار الفنون فيها، ثم انتقل هذا الازدهار إلى المدن الألمانية، وقد اتخذ رسم الخرائط في هذه الفترة (القرنين السادس والسابع عشر) طابعا فنيا زخرفيا، حيث استخدمت الخرائط لتزيين القصور، فرسمت على أبواب الخزائن وعلى الجدران، ففي قاعة الخرائط بقصر فيكيو (Vicio) بفلورنسا توجد ٥٣ خريطة، استغرق رسمها ٢٦ عاما، تمثل أطلسا لمناطق العالم المعروف.



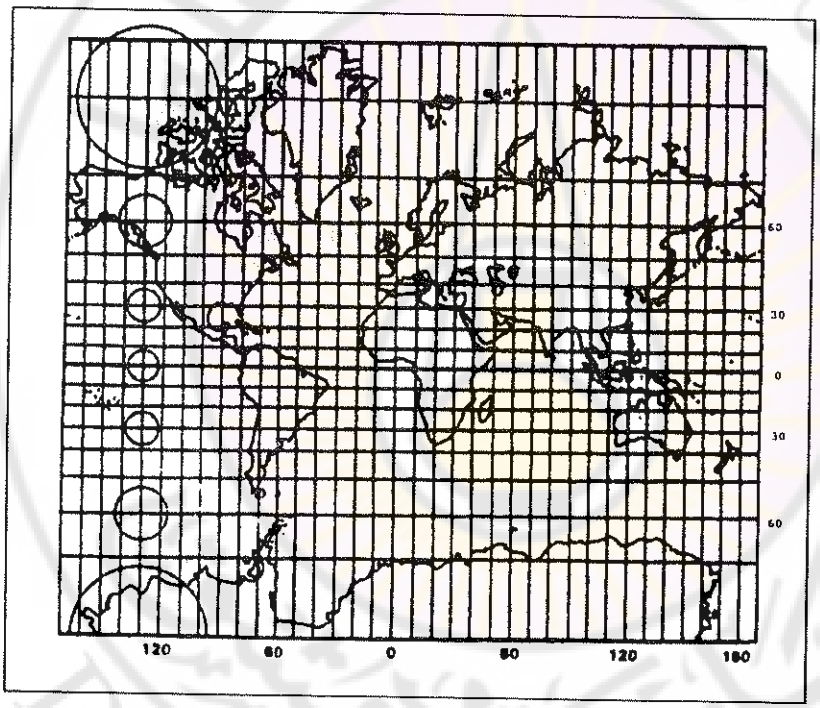
شكل – ١٧ – جزء من خريطة بافاريا رسمها فليب ابيان عام ١٥٦٨ (عن Wilhelmy ١٩٨١)

وبعد اكتشاف الطريق إلى الهند بالدوران حول أفريقيا وتحول طريق التجـــارة فقدت إيطاليا أهميتها كمركز تجاري مع الشرق ، وانتقل هذا المركز إلى هولندا التي أصبحت مركزا للخرائط أيضا بظهور العالمين أرتيليا Artilia ومركاتور Marcator حيث عاش ارتيليا في القرن السادس عشر ونشر أطلسا يحتوي على ٥٣ خريطـــة، وأرفق بكل خريطة شرحا عن محتواها، ثم زاد من عدد الخرائط في كل طبعة جديدة لأطلسه الذي خرج بلغات أوروبية عدة.

أما جيرارد مركاتور الذي يعتبر قمة المدرسة الهولندية، والذي عـــاش في القرن السادس عشر أيضا فإنه بعد إنهاء دراسته الجامعية أخذ يعمل في رسم الخرائط ويضع نماذج الكرة الأرضية، ولكن الشهرة الواسعة التي حققها ظهرت من عملين:

أولهما خريطة العالم التي رسمها واستخدم فيها لأول مرة **المسقط الأسطواني المتساوي الأشكال(الزوايا)** الذي سمي فيما بعد **مسقط مركاتور**.

وأوضح مركاتور أهمية هذا المسقط بالنسبة للملاحة البحرية. أما العمل الثاني فهو أطلس مركاتور الذي طبع في جزأين، وظهر الجزء الثاني عام ١٥٩٥ أي بعد وفاته، ويعتبر هذا الأطلس أفضل الأعمال الكارتوغرافية حتى عصره .انظر الشكل(-١٨-).



شكل – ١٨– خريطة مركاتور

٢،٩،٢–الكارتوغرافية في القرن السابع والثامن عشر

مرت الكارتوغرافية بمرحلتين أساسيتين هما:

١. المرحلة المبكرة . تميزت بالتحسينات التي أدخلتها الأكاديمية الفرنسية على الخرائط الملاحية استناداً إلى شكل الأرض،وأبعادها انظر (Robertson

١٩٨٠).بالإضافة إلى ذلك تطورت الطرق العملية لتحديد خطوط الطول، بقياس قوس على طول خط الطول صفر. كما استخدم الفرنسيون طرق التثليث الحديثة لوضع الحدود الخارجية لفرنسا عام ١٧٤٠ م (أنظر الشكل – ١٩) . من الأعمال الهامة في هذا المرحلة مانشره ادموند هالي (Edmund Hally ١٦٥١ –١٧٠١) وسماه خريطة غرضية (خاصة) تُظهر توزيع ما كان يُعرف بخطوط الانحراف المتساوي (Isogonic Lines) لتسهيل عملية الملاحة البحرية . انظر الشكل (– ٢٠–). بالإضافة إلى ذلك ظهر جغرافي فرنسي اشتهر بوضع مسقط جديد سمي باسمه، هو نيكولاي سانسون (Nicolai Sanson) وقام سانسون بوضع أطلس متكامل لفرنسا.بالإضافة إلى ذلك قامت فرنسا بمسح أراضيها بمقاييس ١:٢٥٠٠٠٠ ثم تبعتها بريطانيا في وضع الخرائط الطبوغرافية عام ١٧٩١.

٢. المرحلة الثانية: تميزت بإدخال نظام القياس المتري Metric system ، حيث كان لكل دولة نظام قياس خاص بها. كالياردة، والميل Yard Mile الإنكليزيين، والفيرست Versts الروسي والتويس Toises الفرنسي. السبب في ذلك أن العلاقة بين هذه الوحدات لم تكن موجودة لكن الفرنسيين طوروا واحدة طول يمكن على أساسها معرفة الوحدات الأخرى – تدعى النظام المتري، وهو عبارة عن طول قوس من خط الاستواء إلى القطب، حيث تمت مقارنة هذا الطول مع الوحدات الفرنسية والإنكليزية، ثم وجدت وحدة قياس ثابتة يمكن استخدامها دولياً، وأصبح تحويل المقياس سهلاً، وهذا بدوره شجع على كثرة إنتاج الخرائط وتداولها بين الأقطار المختلفة (Robinson ١٩٦٠).

كما تطور علم الخرائط في روسيا أيضا نظرا لتأثرها بغرب أوروبا، حيث ركزت الأعمال الكارتوغرافية الروسية على رسم مناطق الإمبراطورية الواسعة وخاصة إلى الشرق من نهر الفولغا وجبال الأورال، وكذلك خرائط البحار المجاورة

للإمبراطورية كبحر قزوين والأسود والبلطيق وشواطئ المحيط الهادي والمتجمد الشمالي، وأصدرت أكاديمية العلوم الروسية عام ١٧٣٩ أطلس الإمبراطورية بإشراف العالم الفرنسي يوسف نيكولاي دليل (DALIL .I.N.)

وفي النصف الثاني من القرن الثامن عشر عمل كاسيني(CASSINI) في فرنسا على إنجاز خريطة طبوغرافية بمقياس ١:٨٦٤٠٠ مكونة من ١٨٢ قطعة شملت مناطق فرنسا، ونشرت عام ١٨١٥، كما أنجز خريطة طبوغرافية مماثلة لبلجيكا مكونة من ٢٥ قطعة.

٣،٩،٢-الكارتوغرافية في القرن التاسع عشر

- **تميز القرن التاسع عشر بما يلي:**

١- ظهور مقاييس للخرائط وتُدعى المقاييس الكسرية ١/ ١٠٠٠٠، والمقاييس على شكل نسبة ١: ١٠٠٠٠، ولأن التناسب يعتمد على أي نوع من وحدات القياس فقد احتاج النظام المتري رقماً مدوراً.

٢- ظهور الخرائط الخاصة والأطالس: أكد كل من هامبولت ورويتر Homboldt &Reuter(مؤسسي الجغرافية الحديثة) أهمية الخرائط في توزيع المظاهر المختلفة على سطح الأرض لأن معظم الخرائط حتى بداية القرن التاسع عشر كانت تُظهر الأماكن والأنهار والحدود والسواحل. ثم بدأت تضيف أشياء جديدة على الخرائط الجغرافية العامة صغيرة المقياس والخرائط الطبوغرافية. ففي عام ١٨١٧ استخدم هامبولت أول مرة خطوط الحرارة المتساوية Isotherm في وضع خرائط توزع درجات الحرارة في العالم(Wilhelmy ١٩٨١) بالإضافة إلى وضع الأسس الأولى لرسم الخرائط المناخية . بعد ذلك تعدد محتوى الخرائط فأصبحت خرائط الجغرافيا الطبيعية تضم (الجيولوجية، الميترولوجية، البيولوجية) وظهرت الخرائط البشرية والاقتصادية وغيرها . وقد وضعت الأطالس أيضاً على يد الألمان الذين يُعدون أول

من نشر الأطالس بيرتس Perthes، وأنشئت أول مؤسسة ضخمة للخرائط وتدعى مؤسسة غوته Gotha، ثم وضع أودلف ستيلر Odolf Stieler بعد تجربة طويلة خطة لوضع أطلس عام، ثم وضع أطلس يدوي Hand Atlas عام ١٨١٧. وضعه فيلهم Welhim ابن بيرتس، وقد استغرق العمل في الخرائط الخمسين الأولى ٦سنوات، ثم ظهر الأطلس كاملاً (يحوي ٧٠) خريطة عام ١٨٣٠.بعد ذلك تأسست مدرسة خرائط في بوتسدام على يد بيرجهاوس Berghaus، ضم إليها كارتوغرافيين مشهورين أمثال بيترمان Petermans ونتيجة للتعاون فيما بينهم ظهر الأطلس الطبيعي Physikalischer Atlas. ثم ظهر أطلس هولندا عام ١٨٩٩، وأطالس أخرى في مصر وإيطاليا وفرنسا، والجزائر.

يمكن القول: إن الكارتوغرافيا تطورت في القرن التاسع عشر نتيجة عدة عوامل هي:

- تطور وسائل النقل الذي سمح بتداول الخرائط ونموها.
- تطور علم طبقات الأرض .
- تطور الطباعة الملونة .
- توفر الإحصائية وتطور تقاناتها.
- ظهور الخرائط المليونية للعالم.

٢،٩،٤- كارتوغرافيا القرن العشرين :

إبان الحرب العالمية الأولى في العقد الثاني من القرن العشرين ظهرت أداة جديدة تساعد في وضع الخرائط، وهي الطيران والتصوير الجوي الذي كانت بداياته مع اختراع المناطيد، وقد أدى التصوير الجوي إلى ثورة حقيقية في مجال الطبوغرافيا ووضع الخرائط الطبوغرافية، وأدى التصوير الجوي وفيما بعد التصوير الفضائي إلى ظهور فرع علمي جديد هو الاستشعار عن بعد.

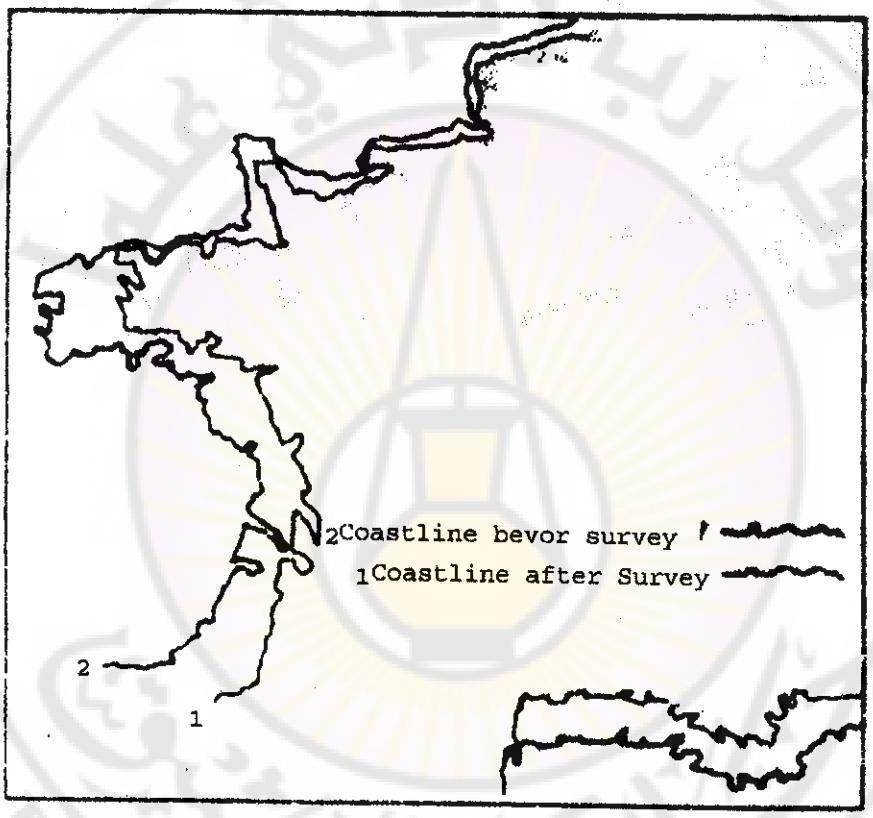
١٠،٢- مهام (الكارتوغرافية) في الحاضر والمستقبل: على الرغم من أن أجـــزاء سطح الأرض أصبحت كلها معروفة الآن، ووضعت لها خرائط، وتوجد لها صـــور جوية وفضائية، إلا أن الخرائط التفصيلية لم تغط بعد كل أجزاء المعمورة، لأسباب متعددة كصعوبة الوصول و قلة أعمار هذه المناطق أو لعـــدم أهميتـــها في الوقـــت الحاضر، وأحيانا بسبب تأخر الجهات المسؤولة عنوضع الخرائط لهذه المناطق.

ومن جهة أخرى فإن التطورات التي تطرأ على البيئة الطبيعيـــة نتيجـــة النشاط البشري والتحولات الطبيعية نفسها، والتطـــورات البشـــرية والاقتصـــادية لمختلف مناطق العالم تجعل الخرائط الموضوعة تفقد مصداقيتها في التعبير عن الواقع ، ويصبح تجديدها أمرا لا بد منه.

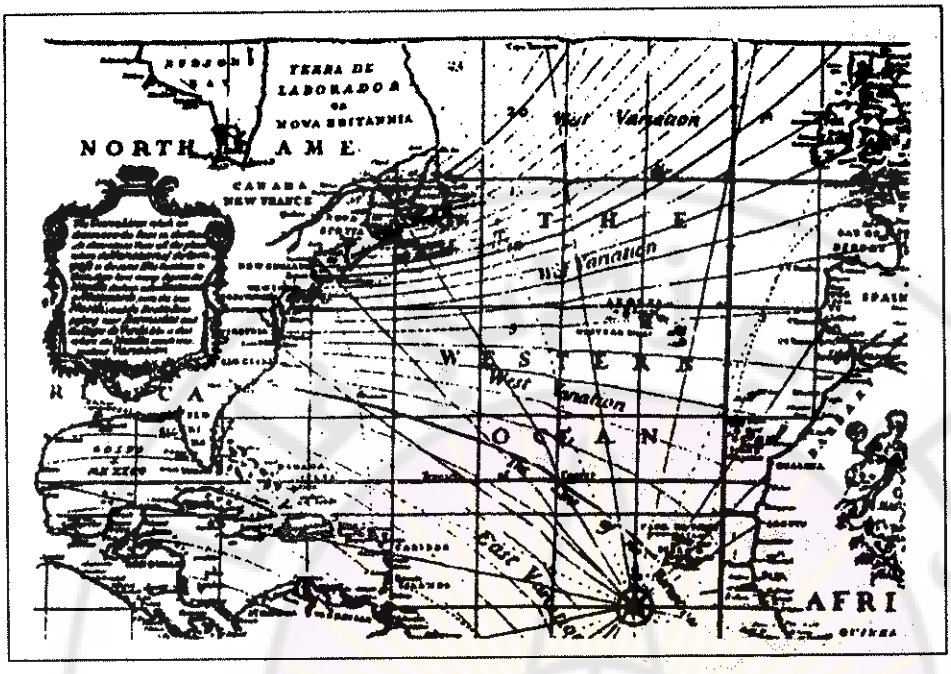
كما أن تطور العلوم عامة والمعرفة الجغرافية وظهور فروع علمية جديـــدة وأبحاث جغرافية مستحدثة يتطلب وضع خرائط تخدم هذه الفروع والأبحاث، فـــإذا كان رسم سطح الأرض بما عليه من مظاهر طبيعية وبشرية واقتصـــادية في خريطـــة واحدة يختصر عدد الخرائط ونحصل من خلال ذلك على مـــا يســـمى بـــالخرائط الجغرافية العامة، فإن التطرق لكل عنصر من عناصر المنظومة الجغرافية سواء كـــان طبيعيا أم بشريا أم اقتصاديا يؤدي إلى رسم عدد لا متناه من الخرائط المتعلقة بهـــذه العناصر كل على حدة ، هذا النوع من الخرائط نسميه خرائط المواضـــيع الخاصـــة (خرائط التوزيعات كما يسميها البعض).

ومن جهة أخرى إن التصوير الفضائي المستمر الذي سمح بمراقبة كافة الظواهر المرتبطة بسطح الأرض فتح آفاقا جديدة أمام علم الخرائط، تتمثل في تحليل هذه الصور وتحويلها إلى خرائط، وقد ساعد على إنجاز هذه المهمة بصورة أدق وأسرع إدخال الحاسب في تصميم ووضع الخرائط، وكذلك في حفظها ونقلها واستنساخها، وكل يوم تزداد فيه المعرفة الجغرافية سيزداد الطلب على الخرائط،

وستزداد الحاجة إلى تطوير أساليب رسمها واستعمالها ، ولذلك فإننا نرى المهمة الدائمة أمام علم الخرائط تتلخص في أمرين: الأول استمرار تحسين طرق وضع الخرائط وسرعة إنجازها وإيصالها لمستخدميها، والثاني: توسيع وتعميق مجالات استخدامها وزيادة الفائدة منها.



شكل – ١٩– خريطة فرنسا لبين الحدود قبل وبعد المسح (عن Robinson ١٩٧٨)



شكل – ٢٠ – خريطة الميل المغناطيسي وضعها إدموند هالي ١٧٠١ محفوظة في مكتبة الكونغرس(عن **Robertson** ١٩٨٠)

Damascus University

الفصل الثالث

الانتقاء والتعميم

٣،١ – مفاهيم عامة

٣،٢ – العوامل المؤثرة في عمليتي الانتقاء والتعميم

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

١،٣ مفاهيم عامة :لقد تم تعريف الخريطة بأنها تمثيل مصغر لسطح الأرض على مستوٍ، تظهر عدداً من المظاهر معممة ومنتقاة. فالانتقاء والتعميم من الخصائص التي تميز الخريطة عن صور سطح الأرض الأخرى. لأن التمثيل على الخرائط لا يشمل كل المظاهر الموجودة على سطح الأرض من حيث الكم والنوع، أو من حيث شكل المظاهر الحقيقية وتفاصيلها المراد تمثيلها. ولو أن الخرائط الجغرافية احتوت كل المظاهر لتحولت إلى أشكال معقدة يصعب فهمها من جهة، ويصبح تنفيذها صعباً للغاية من جهة أخرى. من هذا المنطلق إن الانتقاء والتعميم يُعد مرحلة هامة من مراحل وضع الخريطة، بل من أكثر المراحل أهمية وصعوبةً.

مفهوم الانتقاء Selection يعني اختيار المظاهر الأساسية كبيرة الأهمية وتمثيلها على الخريطة، وإهمال المظاهر الثانوية قليلة الأهمية. إذا أردنا رسم خريطة لمنطقة رطبة تحوي الكثير من المجاري المائية الدائمة والمؤقتة نقوم بإهمال المجاري المؤقتة وقليلة الأهمية. أما **مفهوم التعميم Generalization** فيعني تبسيط الشكل الخارجي للمظهر المرسوم بحيث تُحذف التفصيلات الدقيقة المرسومة التي يصعب تنفيذها وفق مقياس الرسم المطلوب. ومن جهة أخرى يعني تعميم الاختيار والانتقاء على كامل المنطقة المرسومة.

عندما ننظر من مكان مرتفع إلى نهر يجري في منطقة منبسطة نجده يرسم أكواعاً متعددة، ويترك حويجات وبحيرات هلالية ناتجة عن انقطاع المياه من الكوع. ونستطيع رؤية منظر مشابه على صورة ملتقطة من الأعلى لنفس المنطقة. ولكن عندما نريد رسم الأكواع النهرية لا نستطيع رسمها كلها إما لكثرتها أو لقلة مساحتها، فالكوع الذي يبلغ قطره خمسين متراً على الأرض لن يكون على خريطة مقياسها ١ :٥٠٠٠٠ إلا ملليمتراً واحداً يمثل عرض المجرى، وسيصبح قطر هذا الكوع ٠,١ ملليمتر على خريطة مقياسها ١: ٥٠٠٠٠٠ ولذا سيكون من الصعب

تمثيله فنلجأ إلى إهماله، ونمثل الأكواع الكبرى.

٢,٣ العوامل المؤثرة في عمليتي الانتقاء والتعميم

١- المقياس: يحدد المقياس نسبة تصغير الأبعاد، والمساحة المستخدمة للرسم. على سبيل المثال: يمكننا تمثيل حدود كل بناء على حدة، ورسم كافة التفاصيل في المخططات العمرانية للأحياء السكنية إذا كان مقياس الرسم كبيراً (١: ٥٠٠٠، ١: ١٠٠٠ مثلا)، وإن الانتقال إلى مقياس أصغر منه (١: ١٠٠٠٠) لن يتيح لنا إبراز كافة التفاصيل التي احتوى عليها المخطط الأول، وهكذا عند الانتقال إلى المقياس الأصغر فالانتقاء يزداد بسبب صغر المساحة ولذا يضطر واضع الخريطة إلى حذف الكثير من التفاصيل والإبقاء على أكثر المظاهر أهمية فيها. عند مقارنة خريطة مقياسها ١ :٢٥٠٠٠، وخريطة مقياسها ١: ١٠٠٠٠٠ نجد أن الخريطة الأولى تحوي تفاصيل أكثر من الخريطة الثانية لأنه تم حذف الكثير من الشوارع والطرقات. من الضروري الإشارة إلى أن الخرائط صغيرة المقياس تكون شديدة التعميم، والخرائط صغيرة المقياس تكون أقل تعميماً.

٢- وظيفة الخريطة: ترتبط وظيفة الخريطة بالهدف الذي وضعت من أجله ومجال الاستخدام والمستخدم. فالخريطة التي توضع من أجل الدعاية لموضوع ما لا تتطلب دقة كبيرة، ويمكن اختصار عدد المظاهر أي زيادة درجة الانتقاء والتعميم لأن الخريطة يجب أن تكون بسيطة وتقدم فكرة عامة عن الموضوع. أما الخرائط التي توضع من أجل تنفيذ بعض المشاريع الإنشائية (اقتصادية، عمرانية، أو غيرها) فإن محتواها يجب أن يكون غزيراً والرموز المستخدمة فيها يجب أن تكون دقيقة لنتمكن من استخدام الخريطة في أعمال القياس بثقة تامة. فالغاية والوظيفة التي توضع من أجلها الخريطة تحدد إلى درجة كبيرة مستوى الانتقاء والتعميم.

٣- طبيعة المكان المرسوم : إن أهمية بعض المظاهر لا ترتبط بحجمها، أي لا يمكن القول دائماً أن المظاهر كبيرة الحجم هي كثيرة الأهمية، ويتم اختيارها ويهمل ما هو أصغر منها حجماً.لنفرض أننا نريد تمثيل المجاري المائية في بلد تتناقض فيه الظروف الطبيعية بين مناطق رطبة غنية بالمجاري المائية الدائمة، ومناطق جافة تقل فيها المجاري المائية الدائمة، عند الرسم يتم إجراء عملية انتقاء كبيرة على المجاري في المناطق الرطبة ، بينما تقل عملية الانتقاء في المناطق الجافة.

أمثلة عن إجراء عمليتي الانتقاء والتعميم على بعض المظاهر الجغرافية

- **المجاري المائية مع تغير المقياس وطبيعة المنطقة المرسومة:** لو نظرنا إلى الشكل (٢١) لوجدنا إن لتفرعات الصغيرة الدائمة والمؤقتة وعرض المجرى الرئيسي تظهر في الخريطة كبيرة المقياس، بينما تقل هذه التفاصيل في المقياس المتوسط، وتقتصر على المجرى الرئيسي في الخريطة صغيرة المقياس، لكن هذا الوضع يختلف إذا كانت الشبكة في منطقة جافة. حيث تحتفظ الخريطة كبيرة المقياس بعدد أكبر من المجاري الصغيرة، بينما تقل هذه المجاري في الخرائط المتوسطة وصغيرة المقياس، بالإضافة إلى ذلك تحوي خرائط المنطقة الجافة رموزاً تبين مواقع الينابيع لأهمية هذه المظاهر في المنطقة المرسومة.

- **منحنيات التسوية :** تختلف فروق الارتفاع بين منحنيات التسوية المتجاورة حسب مقياس الرسم، وحسب وظيفة الخريطة وطبيعة المنطقة المرسومة.من المعروف أن فرق الارتفاع على الخرائط الطبوغرافية التي مقياسها ١: ٢٥٠٠٠ هو ٥ أمتار، وعلى الخرائط الطبوغرافية التي مقياسها ١: ٥٠٠٠٠ يكون ١٠ أمتار ويبلغ ٢٠ متراً على خرائط مقياسها ١: ١٠٠٠٠٠، لابد من الإشارة إلى أن تمثيل المناطق شديدة الانحدار يختلف عن المناطق المنبسطة أو السهلية، حيث تُرسم المنحنيات العادية في المناطق شديدة أو متوسطة الانحدار، أما في المناطق السهلية فتُرسم

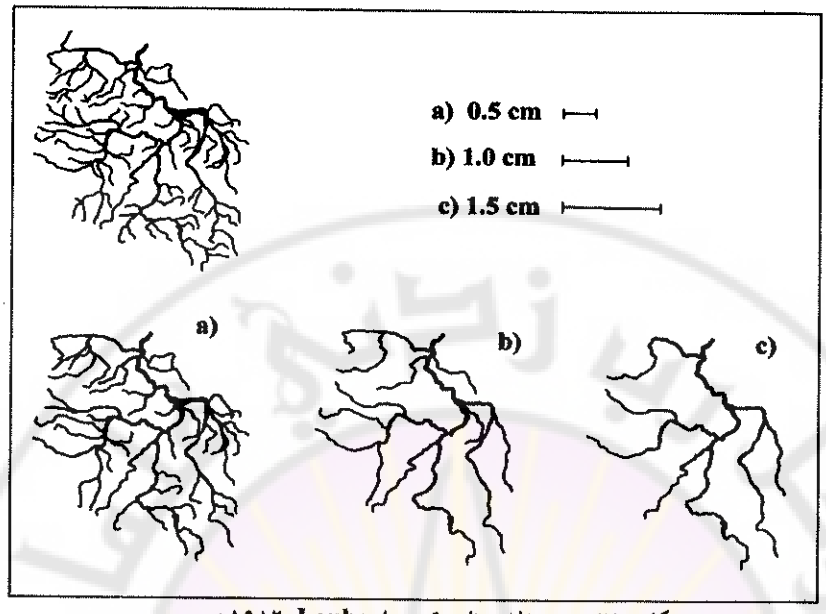
المنحنيات الثانوية ونصف الثانوية والعادية، وذلك لإظهار فروق الارتفاع . انظر الشكل(-٢٢-) .

- **طرق المواصلات:** ترسم جميع الطرق المعبدة على الخرائط الطبوغرافية حتى مقياس ١: ٥٠٠٠٠، كما ترسم الطرق والمسالك الترابية على الخرائط الطبوغرافية والجغرافية العامة إذا كانت هذه الطرق ترتبط بمناطق تفتقر إلى طرق المواصلات المعبدة كالمناطق الصحراوية أو شبه الصحراوية. ويتحول رسم طرق المواصلات من خطين متوازيين بينهما لون أحمر أو أصفر إلى خط واحد يختلف عرضه حسب عرض وأهمية الطريق. انظر الشكل(- ٢٣-).

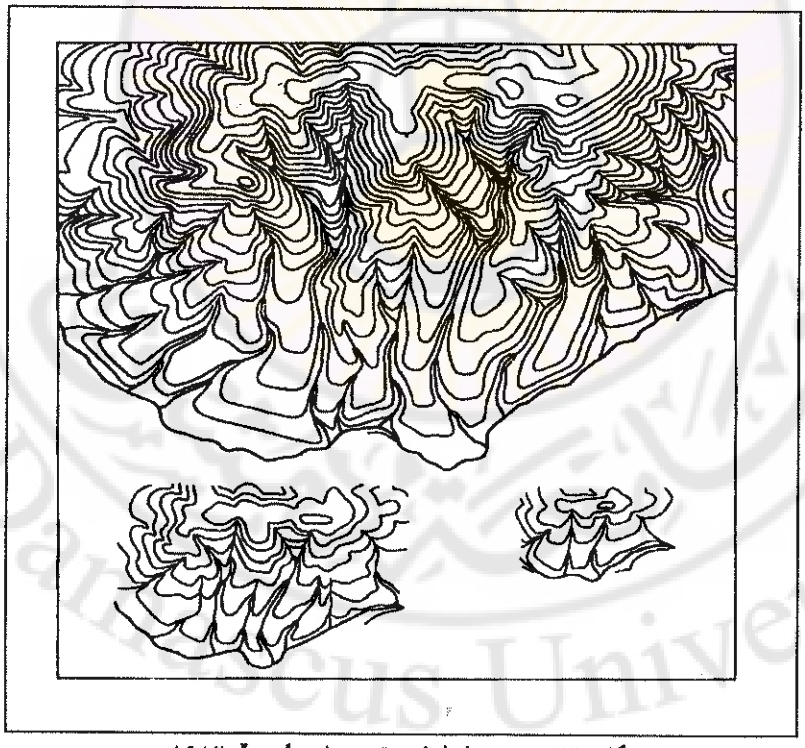
- **المراكز البشرية:** تُرسم المخططات التفصيلية للمراكز البشرية على خرائط مقياسها ١: ١٠٠٠٠، وتكون هذه المخططات مبسطة (معممة). تختلف درجة التعميم حسب المقياس. يتم تمثيل المركز البشري بحدوده الخارجية التي تُعبر عن شكله العام، ثم يتحول إلى رمز هندسي يعبر في معظم الأحيان عن وظيفة هذا المركز وحجمه. انظر الشكل(- ٢٤ -) .

- **الحدود السياسية :** يظهر خط الحدود بدقة في موقعه مع تعرجاته الصغيرة التي تأخذها هذه الحدود إذا كانت مسايرة لنهر أو خط تقسيم مياه على الخرائط ذات المقاييس الكبيرة، ويتم إهمال التعرجات الصغرى فالكبرى عند الانتقال من المقياس الكبير إلى المقياس الأصغر. هذا يرتبط بدرجة التعميم المطبقة على الخريطة، التي ترتبط بمدى ضيق أو اتساع التعرجات من جهة ،وبمدى ضرورتها لمستخدم الخريطة وغرضه منها.

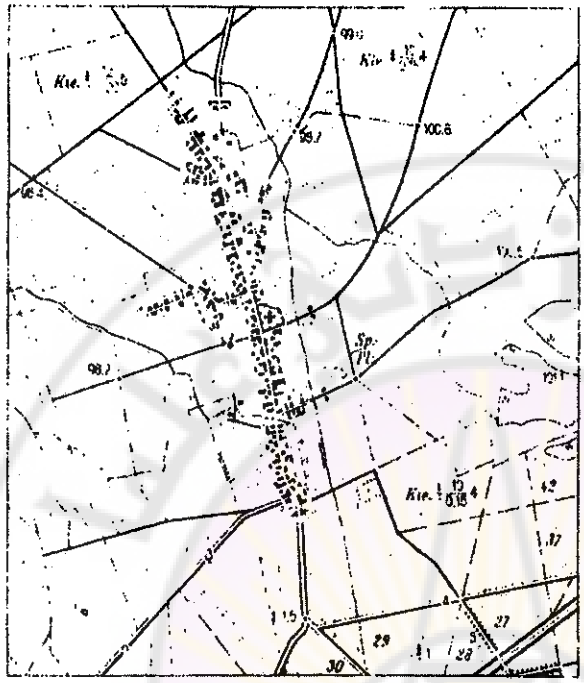
إن الأمثلة التي يمكن ذكرها عن الانتقاء والتعميم يمكن أن تشمل كل المظاهر التي تُمثل على الخرائط.



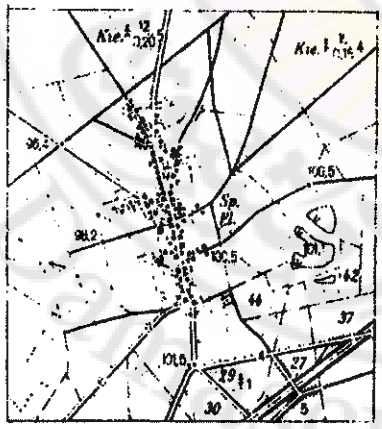
شكل –٢١– تعميم المجاري النهرية (عن Laubert ١٩٨٢)



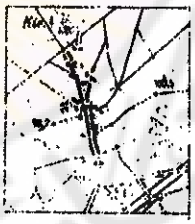
شكل –٢٢– تعميم خطوط التسوية (عن Laubert ١٩٨٢)



1:25000

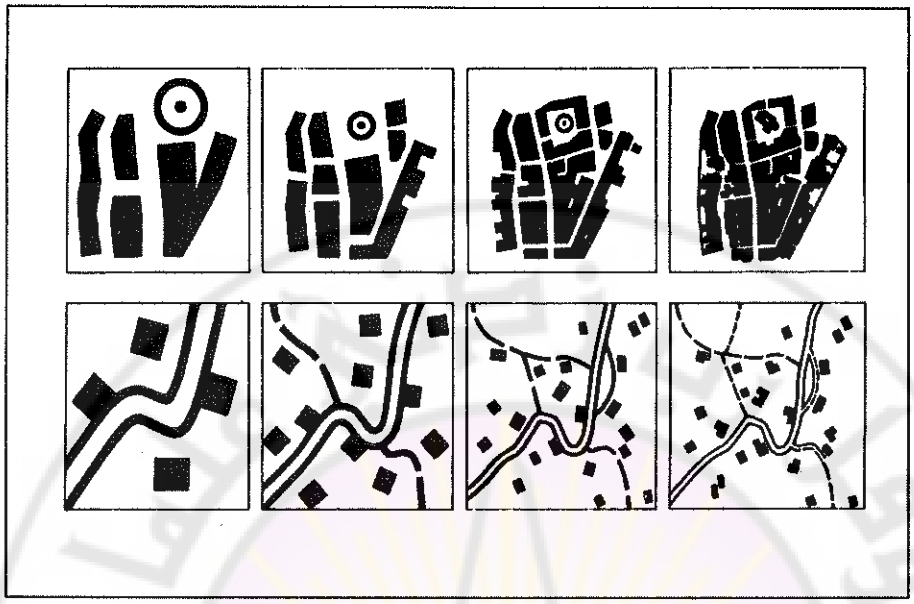


1:50000



1:100000

شكل –٢٣– تعميم الطرقات في المناطق الريفية في مقاييس مختلفة (نفس المصدر السابق)



شكل- ٢٤- تعميم المراكز البشرية (عن Brunner ١٩٨٤)

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الرابع

مكونات الخريطة

٤،١– العناصر الأساسية

٤،٢– العناصر المساعدة في الخريطة

٤،٣– العناصر المتممة

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

تحوي الخريطة الجغرافية العامة عناصر مختلفة منها عناصر أساسية ومساعدة، وأخرى متممة.

١,٤ العناصر الأساسية: تشمل المحتوى الأساسي للخريطة الجغرافية بما تحويه داخل إطارها من مظاهر جغرافية تم تمثيلها على شكل رموز اصطلاحية (تدعى المحتوى الجغرافي)، مسقط، شبكة إحداثيات، ومقياس وتدعى المحتوى الرياضي.

المحتوى الجغرافي: يشمل كافة المظاهر الجغرافية سواء أكانت مظاهر خطية تمتد في الطبيعة بشكل طولاني (أنهار،طرق موصلات، أنابيب نقل الطاقة، خطوط السواحل، الحدود بأنواعها ..وغيرها). ويعبر عنها برموز خطية أم مظاهر مكانية (موضعية) تبين المظاهر المتمركزة في الطبيعة التي تعبر عن الموقع الفعلي للظاهرة، ويتم تمثيلها على شكل رموز مكانية (نقطة ــ رمز هندسي، وغيرها). أما النوع الثالث من المظاهر الجغرافية التي تحويها الخرائط فهي المظاهر التي تنتشر على مساحة معينة وتدعى المظاهر المساحية (انتشار نوع من النباتات، الصخور، التربة ...)ويتم إظهارها برموز مساحية مناسبة تبين نوع الظاهرة وأماكن انتشارها وقد تبين خصائصها الكمية.

المحتوى الرياضي: يتضمن الطرائق والأساليب اللازمة لنقل السطح الكروي وتحويله إلى السطح المستوي المناسب لتمثيل مظاهر سطح الأرض. ويعد الهيكل العظمي للخريطة ويشمل ثلاثة عناصر هي:

١- المسقط : Projection . هو الوسيلة المساعدة لتحويل السطح الكروي إلى سطح مستودون أن يتعرض للتمزق ، قد تكون هذه الوسيلة أسطوانةً أو مخروطاً أو سطحاً أفقياً.

٢- شبكة الإحداثيات Coordinate Grid. قد تكون جغرافية أو تربيعية، تتألف الجغرافية من خطوط الطول ودوائر العرض، وشبكة الإحداثيات التربيعية تتألف من

خطوط شاقولية و أخرى أفقية متعامدة مع بعضها البعض مشكلة شبكة من المربعات.

٣- المقياس Scale : هو العلاقة التي يجب أن يجدها واضع الخريطة لربط أبعاد الظاهرة على الأرض وأبعادها على الخريطة (أي نسبة التصغير التي تصيب سطح الأرض عند نقله من السطح الكروي إلى السطح المستوي).

٢,٤ العناصر المساعدة في الخريطة: تتألف من مجموعة العناصر التي تساعد في قراءة وفهم المظاهر التي تم تمثيلها على الخريطة على شكل رموز اصطلاحية كمفتاح الرموز الذي يشمل تفسيراً للمظاهر الجغرافية المختلفة (طبيعية، بشرية أو اقتصادية). أو بيانات مساعدة في تحديد موقع المنطقة المرسومة من سطح الكرة الأرضية كاسم الخريطة الدال على اسم المنطقة، بالإضافة إلى وجود خطوط بيانية تساعد على قراءة الميول. وتشمل المقاييس الخطية التي تساعد في معرفة الأطوال على الطبيعة، والأشكال التي تحدد الزوايا بالنسبة للشمال المغناطيسي، وتحديد الاتجاه، وبعض المعلومات عن المؤسسة التي وضعت الخريطة وتاريخ وضعها.

٣,٤ العناصر المتممة: تشمل أشكالاً بيانية توضيحية، أو مقاطع مجسمة لجزء من المنطقة المرسومة، أو خرائط صغيرة المقياس للمنطقة المرسومة أو لجزء منها تم وضعها في فترة سابقة. بالإضافة إلى بعض الشروحات التي تُغني محتوى الخريطة.سنأتي على دراستها لاحقاً.

الفصل الخامس

شبكة الإحداثيات

٥،١- الإحداثيات الجغرافية

٥،١،١- دوائر العرض

٥،١،٢- خطوط الطول

٥،١،٣- أهمية شبكة الإحداثيات الجغرافية

٥،٢- الإحداثيات المتعامدة

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

تعد شبكة الإحداثيات عنصراً هاماً من عناصر الخريطة الجغرافيـــة، وأحـــد أركان أساسها الرياضي، وقلما يستغنى عن رسمها عند وضع الخرائط، وإن اختلفت أشكال رسمها، إما أن تُرسم بكاملها كخطوط متقاطعة على الخريطة، أو يتم تحديد مواقع انطلاقها من جوانب الخريطة. لذلك ظهر أكثر من نظام إحداثيات منـــها: الإحداثيات الجغرافيـــة Geographical coordinates والإحـــداثيات المتعامـــدة Rectangular coordinates.

١،٥: الإحداثيات الجغرافية (خطوط الطـــول والعـــرض): خطـــوط وهميـــة اصطلاحية تغطي سطح الأرض بدوائر عرضية موازية لدائرة الاســـتواء، وخطـــوط طولية تصل بين القطبين، الغاية منها تحديد موقع أية نقطة على سطح الأرض.

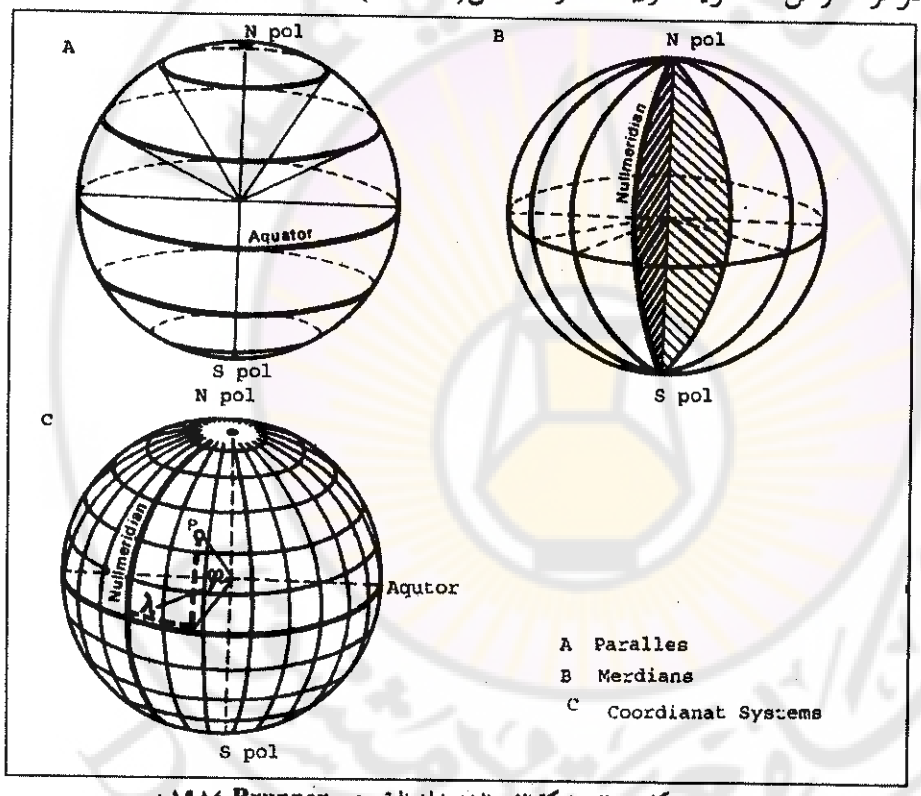
تُعد شبكة الإحداثيات الهيكل العظمي للخريطة، توزع على أساسه عناصـــر المحتوى الجغرافي، ويحدد من خلالها نوع المسقط المستخدم في الرسم، كما تساعد في حساب المقياس.

١،١،٥ دوائر العرض Parallels : هي دوائر وهمية تقع في مستويات متوازية مع بعضها البعض، وموازية لخط الاستواء، ومتعامدة مع المحور القطبي للكرة الأرضية، ويبلغ أقصى اتساع لهذه الدوائر في الوسط (خط الاستواء بطول ٤٠٠٩٢ كـــم)، ويقل اتساعها كلما اقتربنا من القطبين.

ويبلغ عدد دوائر العرض ٩٠ شمالي خط الاستواء و٩٠ جنوبه بالإضافة إلى خط الاستواء الذي يحمل الرقم صفر، وإن خطي العرض ٩٠ شمال وجنوب خـــط الاستواء ما هما إلا نقطتا القطب الشمالي والقطب الجنوبي.انظر الشكل (- ٢٥ -).

مبدأ تقسيم دوائر العرض: إذا اعتبرنا الأرض كروية فإن الدوائر المارة بالقطبين ينصفها محور الكرة الأرضية القطبي إلى نصفين، وسوف يقع خط الاستواء في

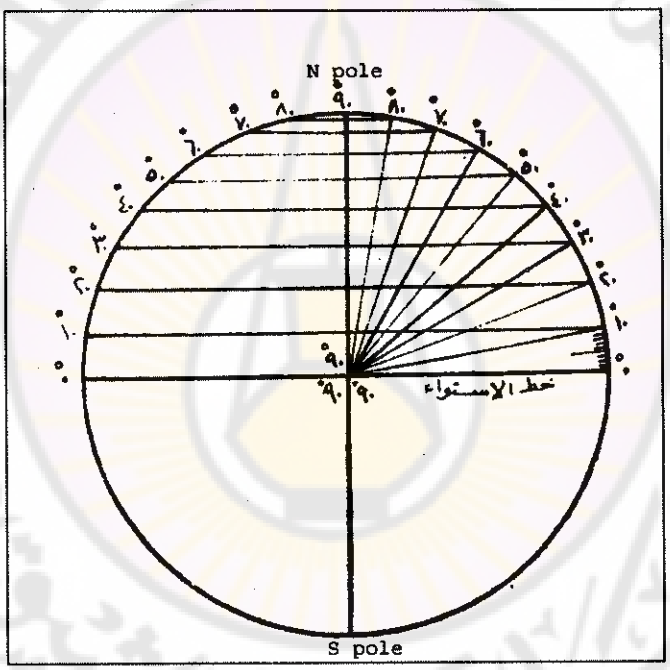
الوسط، أي ستكون الزاوية الحاصلة بين المحور القطبي ومستوى خط الاستواء قائمة ٩٠ درجة، فإذا قسمنا هذه الزاوية الواقعة إلى الشمال من خط الاستواء، وتلك الواقعة إلى الجنوب منه إلى درجاتها التسعين فإن موقع الخط الذي يحدد قيمة كل درجة على القوس يحدد موقع دائرة العرض عليه، وبما أن الأرض شبه كروية فإن أجزاء القوس التي حُددت بكل درجة ستكون متساوية تقريبا، أي إن المسافات بين دوائر العرض متساوية تقريبا. انظر الشكل(- ٢٦-).



شكل- ٢٥- شبكة الإحداثيات الجغرافية (عن Brunner ١٩٨٤)

هنا لا بد من التذكير بأن درجات العرض ليست متساوية تماما، وهذا ما دلت عليه كلمة (تقريبا) السابقة، حيث نلاحظ أنه كلما اقتربنا من القطبين تكبر درجة العرض، ففي الوقت الذي تبلغ فيه المسافة بين خط الاستواء (صفر) وخط

العرض (١) ١١٠٥٧٦م تكون المسافة بين خطي العـــرض (٤٥° و٤٦°) ١٢٤١١١ متراً، وبين خطي العرض ٢٩° و٣٠° تبلغ ١١١ ٦٩٥ مترا . (انظر جدول المسافات بين خطوط العرض الملحق)ويعود سبب اخـــتلاف أطـــوال درجـــات العـــرض (المسافات بين خطوط العرض المتتالية)، إلى عدم تطابق شكل الأرض مع الشـــكل الكروي، وتفلطحها البسيط باتجاه خط الاستواء، وانضغاطها عند القطبين، ولكـــن هذا التفلطح لا يلحظ بالعين المجردة عند النظر إلى الأرض أو صورها الملتقطة مـــن مسافات بعيدة عنها.



شكل -٢٦- مبدأ تقسيم خطوط العرض

تبلغ دوائر العرض أقصى اتساع لها عند خط الاستواء، حيث يبلغ طول دائرته ٤٠٠٧٥,٧٠٤كم وتصغر دوائر العرض كلما ابتعدنا عن خط الاستواء، واقتربنا من القطبين، حتى تصل إلى الصفر عندهما. تجدر الإشارة إلى أن درجات العرض تعتبر ثابتة في كثير من الدراسات المبسطة، نظرا لقلة الفروق بينها، وذلك

لتسهيل الدراسة أو الرسم، خاصة أنه يستحيل ملاحظة هذه الفروق إن رسمت على الخرائط صغيرة المقياس أو متوسطة.

٢،١،٥ **خطوط الطول** Meridians هي أنصاف دوائر وهمية تصل بين القطبين الشمالي والجنوبي مرورا بدائرة الاستواء وخطوط العرض الأخرى.

لخطوط الطول أطوال متساوية، ويشكل كل اثنين متقابلين منها دائرة تحيط بالكرة الأرضية وتمر بالقطبين، يبلغ محيطها ٤٠٠٠٨,٥٤٨ كم، وإن نصفها البالغ ٢٠٠٠٤,٢٧٤ كم هو طول كل خط من خطوط الطول.

قسمت الكرة الأرضية إلى ٣٦٠° درجة طول، واصطلح على اعتبار خط الطول المار بمرصد (غرينتش) قرب لندن بإنكلترا، خط أساس وأعطي رقم صفر، ثم قسمت خطوط الطول على أساسه إلى مجموعتين واحدة شرقه ،وتضم ١٨٠ درجة طول ، وواحدة غربه وتضم ١٨٠ درجة طول أيضا.

إن المبدأ الذي اعتمد في تقسيم الكرة الأرضية إلى ٣٦٠ درجة طول هو مبدأ تقسيم الدائرة نفسه، كأن نتصور الكرة الأرضية مقطوعة إلى نصفين عند خط الاستواء، فإن دائرة الاستواء يمكن تقسيمها إلى ٣٦٠ درجة، وخطوط الطول هي الخطوط التي يمكن رسمها على سطح الكرة من القطب مرورا بالنقاط التي تحدد مقدار كل درجة على دائرة الاستواء كتقسيمنا دائرة الاستواء إلى ٣٦٠ مسافة متساوية تماماً .انظر الشكل السابق (-٢٧-) .

إن تلاقي خطوط الطول عند القطبين يعني أن المسافات فيما بينها متغيرة، وتبلغ هذه المسافات أقصاها عند الاستواء (١١١,٣٢١ كم) وتبلغ (٥٥,٨٠١كم) عند خط العرض ٦٠° ، كما تبلغ صفرا عند القطبين .

٣،١،٥ أهمية شبكة الإحداثيات الجغرافية: إن لشبكة الإحداثيات الجغرافية أهمية كبيرة تظهر من خلال المزايا والفوائد التالية:

١- يمكن من خلال شبكة الإحداثيات التعبير عن موقع أية نقطة على سطح الأرض من خلال إحداثياتها الجغرافية، كأن نقول عن مكان ما. إنه يقع على خط طول ٣٦° درجة و١٥َ دقيقة و١٠ً ثوان شرقي خط غرينتش، وعلى خط عرض ٣٣° درجة و ٣٠َ دقيقة شمالي خط الاستواء . وعند تتبع هذه الإحداثيات على خريطة دقيقة تسمح بذلك سنكتشف أن هذه النقطة هي مدينة دمشق.

ومن جهة أخرى يمكن إيجاد الموقع الجغرافي لنقطة معلومة الإحداثيات الجغرافية ولكن موقعها الجغرافي غير معلوم، كأن نقول: مدينة كاتانيا تقع على خط طول ١٥ شرقي غر ينتش و ٣٧° درجة و ٣٠َدقيقة شمالي خط الاستواء، وبعد البحث عن هذه المدينة من خلال إحداثياتها يتبين أنها مدينة إيطالية تقع على الساحل الشرقي لجزيرة صقلية.

إن استخدام شبكة الإحداثيات الجغرافية في التعرف على المواقع أخذ أبعادا واسعة في مجال الملاحة البحرية والجوية وخاصة بعد إرسال التوابع الصنعية المخصصة للرصد المساحي، ويمكن لأجهزة الاتصال المركبة على السفن والطائرات وفي السيارات أحيانا وفي أي موقع آخر على سطح الأرض أن تحدد مواقع النقاط الموجودة فيها كل لحظة من خلال اتصالها بهذه التوابع.

٢- تعد شبكة الإحداثيات الجغرافية بمنزلة الهيكل العظمي لكل خريطة، فعلى أساسها ينقل سطح الأرض الكروي إلى السطح المستوي (الخريطة) باعتماد طريقة رياضية محددة في عملية النقل هذه (طريقة الإسقاط والمسقط المعتمد). لذا فان رسم خطوط هذه الشبكة يسبق كل المراحل الأخرى عندما توضع الخريطة انطلاقا من سطح الأرض باعتماد مسقط ما.

٣- لخطوط الطول والعرض أهمية في معرفة الاتجاهات على الخريطة والتوجه على الطبيعة، فخطوط الطول تتجه دوما من الشمال إلى الجنوب وتحدد جهتي

الشرق والغرب، بينما تتجه خطوط العرض من الشرق إلى الغرب وتحدد جهتي الشمال والجنوب. وتظهر أهمية خطوط الطول والعرض في تحديد الاتجاه على الخريطة، خاصة عندما ترسم الخرائط بواسطة المساقط غير الأسطوانية، أي عندما لا يكون اتجاه الشمال موازيا لإطار الخريطة على اليمين واليسار، بنقطة القطب الشمالي الموجودة داخل الخريطة أو خارجها، وهذا يمكن ملاحظته عندما تكون خطوط الطول غير متوازية، أي تتلاقى في القطبين.

وفي الوقت نفسه فإن خطوط العرض التي نراها متعامدة مع خطوط الطول في المساقط الأسطوانية، وموازية لإطار الخريطة في الأعلى والأسفل، نجدها ترسم على شكل أقواس في المساقط المخروطية مثلا، وعلى شكل دوائر مغلقة في المساقط الأفقية القطبية، وهذا يعني أن اتجاهي الشرق والغرب يمكن توضيحهما على قوس أو على محيط الدائرة. ولنأخذ على سبيل المثال: الساحل الغربي للنرويج الذي يبدو موازيا لأعلى الخريطة في المسقط المخروطي، مما يدعو غير الخبير للاعتقاد بأن هذا الساحل يقع إلى الشمال ويتجه خطه من الشرق إلى الغرب. ولكن النظر إلى شبكة الإحداثيات يقطع الشك ويبرهن أن هذا الساحل موازٍ لخطوط الطول، أي إن خطه يتجه من الشمال إلى الجنوب.

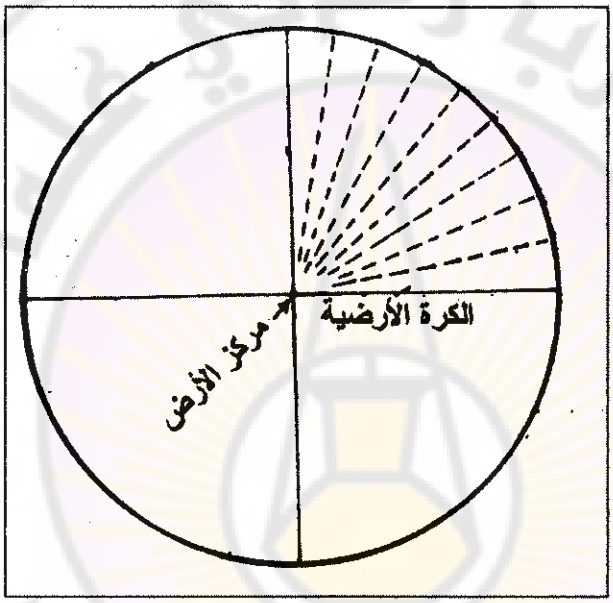
٤- لشبكة الإحداثيات الجغرافية أهميتها في التعرف على نوع المسقط الذي وضعت على أساسه الخريطة، وعلى نوع التشويه الذي أصاب سطح الأرض عند نقله (رسمه) إليها، ومقدار هذا التشويه. ويدل الشكل الذي تتخذه شبكة الإحداثيات على نوع المسقط المستخدم.

٥-ولشبكة الإحداثيات الجغرافية أهميتها في تحديد مقياس الخريطة الأساسي إذا لم يكن محددا أو حساب المقياس الصحيح في أجزاء الخريطة المتعرضة للتشويه، وفي حساب المسافات المقاسة باتجاه خطوط الطول أو العرض.

٦- إن لخطوط الطول الجغرافية مفهوما زمنيا، يتجلى من خلال العلاقة بين خطوط الطول وتقسيم الكرة الأرضية إلى ٢٤ حزمة ساعية (بعدد ساعات اليوم أي إتمام الأرض دورة كاملة حول نفسها). وقد اصطلحت البشرية جمعاء على اعتبار خط الطول ١٨٠° خطا لبداية التقويم (بداية اليوم)، ولكن مع بعض التقدم أو التأخير شرقا وغربا عن هذا الخط أحيانا. كما قسمت درجات الطول على عدد الساعات في اليوم الواحد، فكانت كل حزمة تتألف من ١٥° درجة طولية. ويمكن تعريف الحزمة الساعية بأنها المناطق الممتدة شمالا وجنوبا بعرض محدد وتمتلك توقيتا واحدا. انظر الشكل (-٢٨-). يجب الإشارة هنا إلى أن الحدود بين الحزم الساعية ليست دوما خطوط الطول، حيث نرى أن مناطق كثيرة من سطح الأرض تخالف في توقيتها الحزمة الساعية التي تنتمي إليها، إما بسبب الحدود السياسية أو الإدارية وعدم رغبة السلطات في اعتماد أكثر من توقيت ضمن حدود الدولة أو الإقليم الإداري، وهذا ما نراه مثلا في ليبيا التي ينتمي الجزء الغربي والأوسط من أراضيها لحزمة ساعية، وينتمي الجزء الشرقي لحزمة ساعية أخرى مجاورة، ولكن التوقيت المعمول به واحد على كافة الأجزاء، كما نرى وضعا مشابها عند النظر إلى خريطة الحزم الساعية في روسيا حيث تصبح حدود الأقاليم المتجهة من الشمال إلى الجنوب والقريبة من حدود الحزم الساعية النظرية (خطوط الطول) هي الحدود الفعلية للحزم الساعية. وإن بعض الدول تخرج عن توقيت الحزم الساعية التي تنتمي إليها أراضيها بتقديم توقيتها ساعة عن الحزم التي تتبعها لأسباب فلكية، كما هو الحال في روسيا، التي تبرر تقديم توقيتها ساعة عن الحزم الساعية العالمية بسبب وقوع أراضيها بعيدا إلى الشمال، وأحيانا داخل الدائرة القطبية الشمالية، حيث يكون النهار طويلا جدا في الصيف وقصيرا جدا في الشتاء، ولا يرتبط عمل الإنسان بالليل أو بالنهار في كثير من الأحيان.

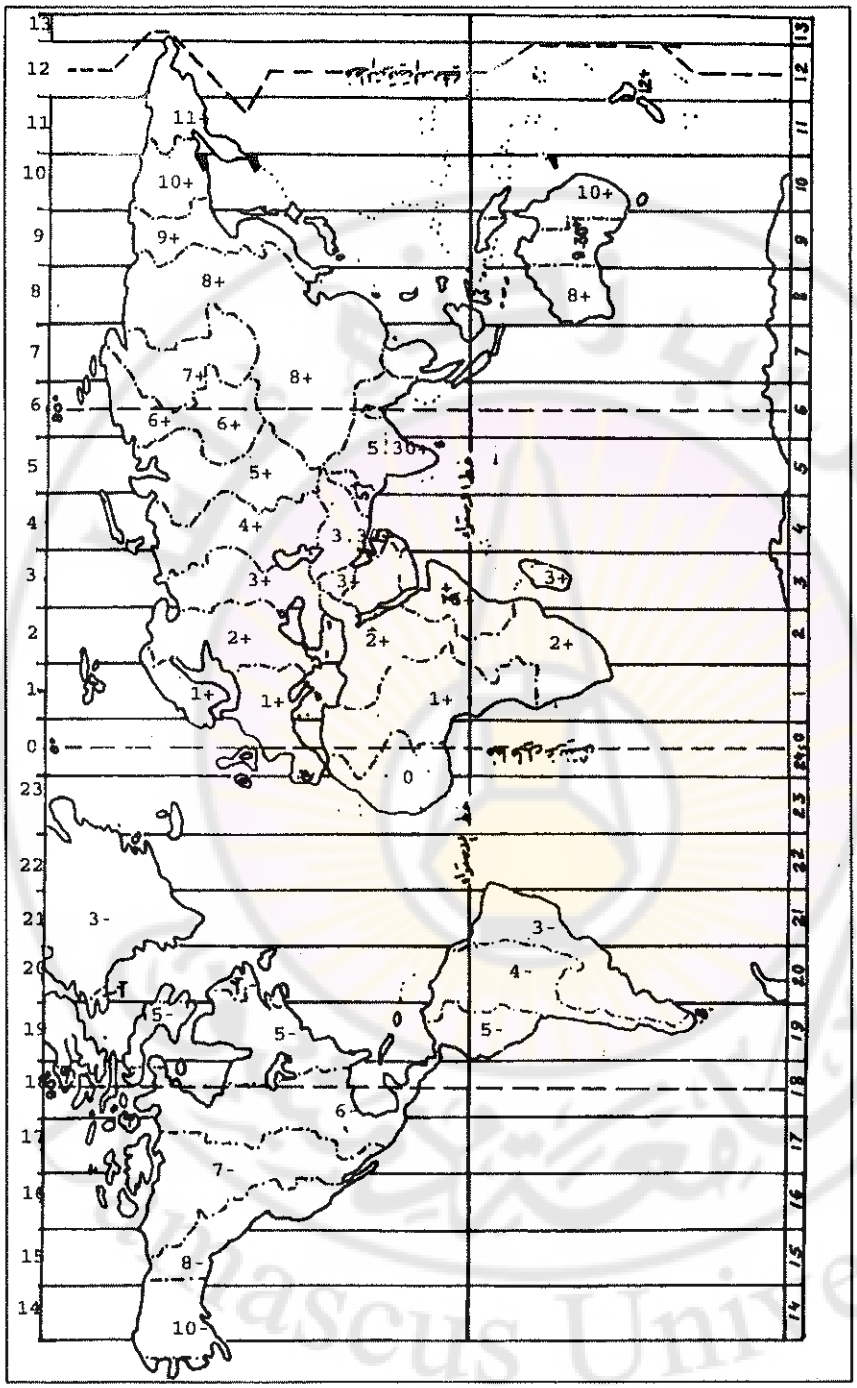
أما المفهوم الزمني لخطوط العرض فهو الفرق بين طولي الليل والنهار حسب العرض الجغرافي وفصول السنة فكلما ابتعدنا عن الاستواء طال النهار صيفا، وطال الليل شتاء والعكس صحيح، بينما يكون الفرق بين طولي الليل والنهار أقل على خط الاستواء والمناطق القريبة منه، وهذا يجعل اعتماد توقيت صيفي وآخر شتوي ضروري في المناطق البعيدة عن الاستواء، وغير مهم بالنسبة للمناطق الاستوائية والقريبة منها.

٧- لشبكة الإحداثيات مفهوم جغرافي يتجلى من خلال الربط بين الأقاليم الجغرافية وإحداثيات الطول والعرض التي تقع عليها هذه الأقاليم، فإذا قلنا عن مكان ما إنه يقع على خط عرض معين فإن ذلك يحمل صورة محددة عن مناخ هذا المكان ونباته وحيوانه وعن إنسانه أحيانا، فالصورة التي نجدها على خط عرض ٥ شمالا هي غير التي نراها على خط عرض ٥٥ شمالا، وتلك تختلف عن عرض ٥٥ جنوبا وهكذا ... ولكن معرفة العرض الجغرافي للمكان لا يحدد موقعه بالضبط، فقد يكون هذا المكان في البحر أو على واحدة من القارات المشتركة بنفس العرض، ولذلك فإن تحديد خط طول المكان يعينه بالضبط، ولا يترك مجالا للشك، ولو أخذنا على سبيل المثال مكانين يقعان على عرض جغرافي واحد، وليكن خط العرض ٢٥ شمالا، لكن المكان الأول يقع على خط طول ١ شرقي غرينتش، والثاني على خط طول ٩٠ شرقي غرينتش أيضا، فالمكان الأول في الصحراء الجزائرية، والثاني في سهل الغانج بالهند، وشتان ما بين الخصائص الجغرافية لكل من الموقعين.



شكل -٢٧- مبدأ تقسيم خطوط الطول

Damascus University



شكل –٢٨– توزع الحزم الساعية

٥،٢–الإحداثيات المتعامدة إذا كانت الإحداثيات الجغرافية هي الأنسب عند رسم خرائط العالم أو القارات أو الأجزاء الكبيرة أو الدول، فإن الاعتماد عليها وحدها في الخرائط التي ترسم مناطق صغيرة من سطح الأرض بمقياس كبير أو متوسط يصبح غير كاف، ليس بسبب عدم صلاحيتها ، إنما لصعوبة رسمها واستخدامها من جهة، ولتفوق طريقة أخرى في إظهار الإحداثيات، وهي ما يصطلح على تسميته بالإحداثيات التربيعية أو الكيلو مترية، فالإحداثيات التربيعية هي شبكة إحداثيات اصطلاحية محلية ترسم على شكل خطوط عرضية وطولية متعامدة معها لتشكل شبكة من المربعات المنتظمة طول ضلع الواحد منها كيلومترا أو مضاعفاته.

لإنشاء شبكة إحداثيات متعامدة نتبع الخطوات التالية:

١. وضع الخريطة من خلال تحويل السطح الكروي إلى سطح مستوٍ باستخدام أي مسقط من المساقط المعروفة.

٢. وضع شبكة إحداثيات متعامدة على الخريطة، ترتبط على الأغلب بوضع نقطة الأصل قرب مركز منطقة الأهمية. وترسم عادة المحاور المتعامدة بحيث تنطبق على خط طول واحد.

لإيجاد موقع نقطة لابد من تحديد س و ص) أو x–y . (على سبيل المثال لتحديد موقع النقطة أ بالنسبة لنقطة الأصل. لا بد من معرفة المسافة الفاصلة بين كل محور من المحاور. والنقطة مقاسة في خط مواز للمحور الآخر بالدقة المطلوبة. تدعى المسافة الأفقية س x، أما المسافة العمودية فهي ص ــ y. وهناك طريقة تقليدية لقراءة الإحداثيات على الشبكة المتعامدة. حيث تُقرأ قيمة (س) أولاً وتدعى هذه القيمة الشرقيات على أساس أن رأس الخريطة يتجه نحو الشمال.ثم تُقرأ قيمة (ص) أو الشماليات .هذا يعني أن النقطة ب تقع إلى يمين خط إحداثي شرقي ١٤ درجة،

وفوق (أعلى) إحداثي شمالي ٢٠ درجة، و إحداثياتها هـي: ١٤,٥٥ شـرقيات و ٢٠,٢ شماليات تقريباً.

لتسهيل العمليات الحسابية نستعمل عادة الربع الأيمن الأعلى فقـط لتفـادي القيم السالبة، وتكرار الأرقام شرق وغرب أو شمال وجنوب.

تتخذ كل دولة لنفسها عادة نظام إحداثيات تربيعية عندما تعتزم وضع خرائط طبوغرافية بمقاييس كبيرة أو متوسطة لأراضيها، وقد تكون هذه الشبكة إقليمية لعدة دول صغيرة متجاورة.

وفي معظم الأحيان توضع الإحداثيات الجغرافية على إطار الخريطة بينما ترسم الإحداثيات التربيعية على الخريطة لتغطيها بشبكة من المربعات المنتظمة. وهنا يجـب ملاحظة أن خطوط الطول والعرض الكيلو مترية لا تنطبق في اتجاهاتها على خطوط الطول والعرض الجغرافية، بل تشكل معها زوايا انحراف يبين مقدارها على إطـار الخريطة.

وتختلف المبادئ التي توضع على أساسها شبكات الإحـداثيات التربيعيـة، وتحرص كل طريقة على تجنب التشويه المحتمل عند نقل سطح الأرض الكروي إلى السطح المستوي (الخريطة)، وإذا كان تفادي هذا التشويه كليا غير ممكـن، فـإن الإقلال منه إلى أبعد حد هو ما تهدف إليه طرق وضع الشبكات، ومن الإحداثيات التربيعية المعروفة نذكر طريقة (لامبير Lumpier–) وطريقـة (هـاوس – Hose وطريقة(دي لا بلاس – . De la Place)

وتتميز الإحداثيات التربيعية بما يلي:

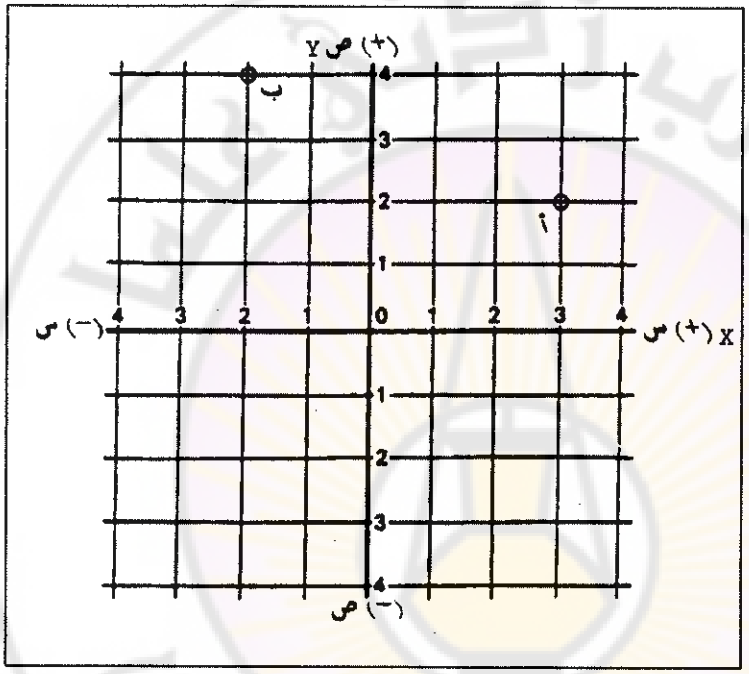
١- تحديد موقع أية نقطة بإحداثيات الطول والعرض الكيلو متريـة، وبشكل أسهل من تحديد المواقع بواسطة الإحداثيات الجغرافية .

٢- تساعد شبكة الإحداثيات التربيعية على حساب المسافات الحقيقية

على الطبيعة بين النقاط الواقعة على الخريطة دون الحاجة إلى الاستعانة بمقياس الخريطة، وذلك لأن المسافات بين خطوط الشبكة الكيلو مترية ثابتة ومعروفة على الخريطة والطبيعة. كما تساعد هذه الشبكة على حساب المساحات، لأن لكل مربع متشكل من تقاطع خطوط الطول والعرض الكيلو مترية مساحة يمكن حسابها بمجرد معرفة طول الضلع.

يتم التغاضي أحيانا عن رسم شبكة الإحداثيات في بعض الخرائط الجغرافية، لا سيما التي توضع على شكل مخططات أولية، أو التي ترسم مناطق صغيرة جدا، ولا تحوي تشويها يذكر، وكذلك في الخرائط غير المعدة أصلا لإجراء عمليات قياس بواسطتها، أو عمليات تحديد المواقع، كما هو الحال في بعض خرائط الدعاية. ولكن ذلك كله لا يعني التساهل في عدم وضع شبكة الإحداثيات، وخاصة للمناطق واسعة المساحة. فالنظر إلى الخريطة المحرومة من الإحداثيات قد يؤدي إلى انطباع خاطئ أو مناقض للاتجاهات والمواقع والمساحات الممثلة على الخريطة.

وهناك **الإحداثيات الديكارتية Cartesian Coordinate** وهي عبارة عن بنية رياضية محددة بنقطة بدء أساسية وبوحدة مسافة ، حيث يتم إنشاء محورين في المستوي يتم توجيههما من خلال نقطة البدء ويكونا متباعدين ومتعامدين مع بعضهما ويُطلق عادة على هذين المحورين X و Y يتم تقسيمهما إلى وحدات بأبعاد محددة عن نقطة المركز، بعد ذلك نستطيع أن نضع النقاط مع أخذ علاقتها مع نقطة المركز والمحورين بالحسبان . انظر الشكل (—٢٩—).



شكل – ٢٩ – شبكة الإحداليات الديكارتية (حيث نمثل 0 لنقطة المركز وتمثل قيم محور السينات (X، 0، + X -)
ونمثل قيم محور العينات (Y+، 0، Y-)ويكون موقع النقطة أ (٣،٢) وموقع النقطة ب (-٢ ،٤)

الفصل السادس

المقياس

٦،١- تعريف المقياس

٦،٢- المقياس الكتابي (التعبيري)

٦،٣- المقياس العددي

٦،٤- المقياس الخطي

٦،٥- المياس المقارن

٦،٦- المقياس الشبكي

٦،٧- المقياس الزمني

٦،٨- طرق تثبيت المقياس على الخرائط

٦،٩- طرق تحديد المقياس على الخرائط

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

١،٦ تعريف المقياس وخصائصه: ذكرنا أن الخريطة هي شكل مصغر لسطح الأرض، وهذا يعني أنه لا يمكن نقل السطح كاملاً إلا إذا تم تصغيره، ونسبة تصغير الأبعاد عند نقلها من الطبيعة إلى الخريطة تدعى المقياس وبهذا المعنى هو العلاقة بين البعد على الطبيعة وما يقابله على الخريطة، كأن نقول إن المسافة بين مدينتين على خط مستقيم يصل بينهما تبلغ ٥٠ كم، فالمقياس هو العلاقة بين البعدين ٥٠ كم على الأرض و ٥سم على الخريطة.

يتم اختيار المقياس استناداً إلى عدة أسس هي:

١. الهدف من وضع الخريطة. إذا كان الهدف هو وضع خريطة (مخطط) لبناء أو معمل فهذا يعني أن المخطط يجب أن يحوي تفصيلاً كاملاً ودقيقاً.ولذا فالمقياس يجب أن يكون كبيراً ١ :٥٠٠ ، ١ :١٠٠٠ .أما إذا كان الهدف وضع خريطة لتوزع المحاصيل الزراعية فالدقة والتفاصيل غير ضرورية وبالتالي يكون المقياس صغيراً.

٢. مساحة المنطقة المطلوب رسمها. إذا كانت المساحة كبيرة نستخدم المقاييس الصغيرة كي نتمكن من رسم المنطقة بكاملها على اللوحة، والعكس صحيح إذا كانت المساحة صغيرة تُستخدم المقاييس الكبيرة.

٣. طبيعة المنطقة. إذا كانت شديدة التضرس يتم استخدام مقاييس كبيرة، أما إذا كانت منبسطة يمكن رسمها بمقاييس صغيرة.

يتم وضع المقياس في أشكال عديدة:

٢,٦ المقياس الكتابي (التعبيري) Statement Scale : يُوضع على الخرائط على شكل جملة كتابية (تعبيرية). كل خمسة سنتيمترات على الخريطة تعادل خمسة كيلومترات على الأرض، أو كل بوصة على الخريطة تعادل ميلاً واحداً. تتم قراءته وفهمه بسهولة ويسر من قبل القارئ العادي. ولكن على الرغم من ذلك فإنه يفقد

أهميته عند تكبير أو تصغير الخريطة، لذلك يُفضل حذفه قبل إجراء أيـــة عمليـــة ثم يُكتب بعد الانتهاء. ولكن يندر أن يثبت المقياس الكتابي على الخريطة بمفرده وغالبا ما يترافق مع المقياس العددي والمقياس الخطي.

المقياس العددي	المقياس الكتابي المقابل
١ :٥٠٠٠٠	كل ١ سم على الخريطة يقابل ٥٠٠ م على الطبيعة
١ :١٠٠٠٠٠	كل ١ سم على الخريطة يقابل ١٠٠٠ م على الطبيعة
١ : ٥٠٠٠٠٠	كل١ سم على الخريطة يقابل ٥٠٠٠م أو٥ كم على الطبيعة
١ :١٠٠٠٠٠٠	كل ١ سم على الخريطة يقابل ١٠كم على الطبيعة.
١ :٥٠٠٠٠٠٠	كل ١ سم على الخريطة يقابل ٥٠ كم على الطبيعة.

٣,٦ المقياس العددي Numerical Scale. يظهر على شكل كسر ويدعى **المقياس الكسري** Fraction Scale ويمكن كتابة هذه النسبة إما على شكل كسر عادي.

المسافة على الخريطة أي $\frac{5cm}{50km}$

ما يقابلها على الطبيعة

أو على شكل نسبة على سطر ٥سم:٥٠كم أو ٥سم/٥٠كم.

ولكن المتفق عليه أن يكون بسط (صورة) الكسر الذي يعبر عن المقياس واحـــدا ، ولذلك فإننا نقوم بإجراء الاختصار بين البسط (الصورة) والمقام (المخـــرج) كـــي نحصل على واحد في البسط.

$$\frac{1cm}{10km} \quad \frac{5cm}{50km}$$

ولكن هناك مشكلة أخرى، وهي أن الرقم في البسط (الصورة)بالسنتيمتر وفي المقام (المخرج) بالكيلومتر، ولا يجوز الإبقاء على نسبة بين رقمين إلا بتوحيد وحدة القياس بينهما ، ولذلك نقوم بتحويل الكيلومترات هنا إلى سنتيمترات.

كل ١كم = ١٠٠٠ م وكل ١م = ١٠٠سم إذن كل ١كم = ١٠٠٠٠٠ سم

١٠كم= ١٠٠٠٠٠ سم ، ومنه يصبح المقياس $\frac{1}{1000000}$

أو بهذا الشكل ١: ١٠٠٠٠٠٠

وقد تكون وحدة القياس هي البوصة ويكون ١/٦٧٠٠٠ أي إن كل بوصة تعادل ٦٧٠٠٠ بوصة على الأرض.

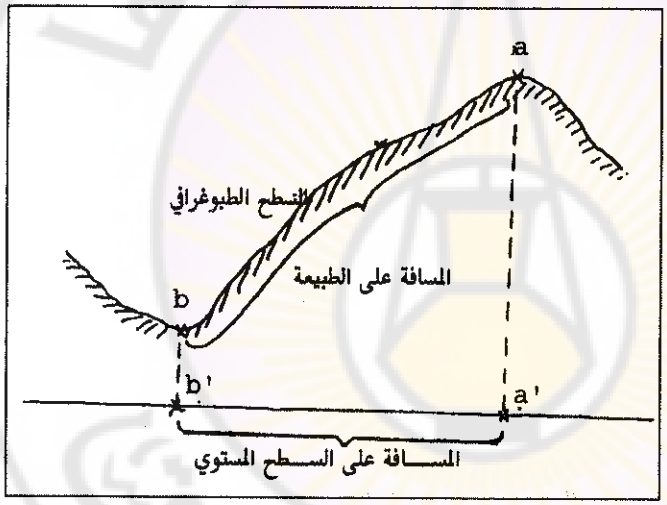
يعد المقياس أحد العناصر الأساسية في وضع الخرائط واستخدامها، وهو عنصر لا غنى عنه في الأساس الرياضي لكل خريطة، ويجب أن يكون مقياس كل خريطة معلوما ومسجلا عليها بطريقة واحدة على الأقل.

ولكن لا بد من الإشارة هنا إلى أن لكل خريطة مقياسا واحدا تثبت قيمته عليها غير أن هذا المقياس قد لا يعبر تعبيرا دقيقا عن نسبة تصغير الأبعاد في كل جزء من أجزاء الخريطة، أو في كل طرف من أطرافها، أو في كل الاتجاهات عليها، إلا إذا كانت الخريطة كبيرة المقياس وتعبر عن منطقة صغيرة من سطح الأرض بحيث يمكن اعتبار مقدار التشويه الحاصل عند نقل سطح الأرض الكروي إلى السطح المستوي (الخريطة) معدوما، وسنتطرق إلى موضوع التشويه في الفصل التالي عند دراسة المساقط، ولكن ما يهمنا توضيحه هنا أن المقياس الذي يوضع على الخرائط التي ترسم العالم أو أجزاء واسعة منه يكون صحيحا تماما على خط واحد أو اثنين من خطوط العرض وعلى خط طول واحد، أو في نقطة من سطح الأرض، وذلك حسب المسقط المستخدم في الرسم، وكلما زادت درجة تشويه الأبعاد باتجاه معين، فقد المقياس المثبت على الخريطة تعبيره عن الحقيقة لدى إجراء المقارنة بين الأبعاد على الخريطة وعلى الطبيعة في هذا الاتجاه.

ونظرا لأنه لا يمكن وضع المقياس الصحيح فوق كل نقطة من الخريطة، فإنه يثبت مقياس واحد هو المقياس الرئيسي الذي يمكن اعتماده للحصول على نتائج

تقريبية في أجزاء الخريطة المتعرضة لتشويه واضح، ونتائج صحيحة فيما إذا كانت الخريطة تمثل جزءا صغيرا من سطح الأرض.

وهناك ملاحظة أخرى حول تطابق نتائج القياس على الخريطة مع نتائج القياس على الطبيعة، وهي أن الخريطة عبارة عن إسقاط لسطح الأرض بما عليه من تضاريس (تقعر وتحدب) على السطح المستوي، ولذلك فإن المسافات التي نقيسها على الخريطة بين نقطتين تقعان في مستويين أفقيين مختلفين (واحدة مرتفعة عن الأخرى) ليست المسافات الحقيقية بين هاتين النقطتين على السطح الطبوغرافي الماثل في الطبيعة.انظر الشكل(- ٣٠-).



شكل -٣٠- اختلاف الأبعاد بين السطح الطبوغرافي والسطح المستوي

إن المقياس الرئيسي الذي يثبت على الخرائط قد يكون صحيحا كما أسلفنا في كل أنحاء الخريطة إذا كانت تمثل منطقة صغيرة وبمقياس كبير أو متوسط، ولكن لدى رسم خرائط العالم أو أجزاء كبيرة منه فإن هذا المقياس يختلف بدرجات متفاوتة حسب المسقط الذي رسمت به الخريطة، وقد يبلغ التشويه في الأبعاد عدة أضعاف كما هو الحال في المساقط التي تتساوى فيها أطوال خطوط العرض جميعا، فيلجأ واضعو الخرائط إلى رسم مقياس خطي بياني يوضح القيم الحقيقية للمقياس

على خطوط العرض الجغرافية المختلفة.

وقد يلجأ واضعو الخرائط التي تحتوي تشويها إلى رسم خطوط تبين درجة التشويه تمكننا من حساب الاختلاف عن المقياس الأساسي، وأخذه بعين الاعتبار عند قياس المسافات في كل جهة من جهات الخريطة.

ومن المفيد هنا التذكير بما يقابل السنتيمتر الواحد على الخريطة من مسافة على الطبيعة، وكذلك ما يقابل السنتيمتر المربع الواحد على الخريطة من مساحة على الطبيعة، وذلك على خرائط من مقاييس متعددة نوردها في الجدول (-١-).

جدول – ١ – مقاييس بعض الخرائط ،وما تعادله على الأرض طولاً ومساحة

المقياس	المسافة		المساحة	
	١ سم على الخريطة= الأرض	١كم على الأرض= الخريطة	١سم٢ على الخريطة= الأرض	١كم٢على الأرض= الخريطة
١: ١٠٠٠٠	١٠٠ م	١٠ سم	١٠٠٠٠ م٢= ١ هكتار	١٠٠ سم٢
١: ٢٥٠٠٠	٢٥٠ م	٤ سم	٦٢٥٠٠ م٢	١٦ سم٢
١: ٥٠٠٠٠	٥٠٠ م	٤ سم	٢٥٠٠٠٠ م٢	٤ سم٢
١: ١٠٠٠٠٠	١٠٠٠ م، ١ كم	١ سم	١ كم٢ = ١٠٠ هكتار	١ سم٢
١: ٢٠٠٠٠٠	٢٠٠٠ م، ٢ كم	٥ ملم	٤ كم٢ = ٤٠٠ هكتار	٢٥ ملم٢
١: ٥٠٠٠٠٠	٥٠٠٠ م، ٥ كم	٢ ملم٢	٢٥ كم٢	٤ ملم ٢
١: ١٠٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠ م، ١٠ كم	١ ملم	١٠٠ كم ٢	١ملم٢

إن الجدول السابق يبين لنا مقاييس موضوعة على أساس وحدات القياس المترية، ولكن ما تزال بعض الدول تستخدم النظام الإنجليزي الذي يعتمد وحدات قياس كالبوصة والقدم والياردة والميل، لذلك فإننا نصادف أحيانا خرائط بمقاييس تعتمد على هذا النظام، ولا بد في هذه الحالة من استعمال وحدات القياس الإنجليزية كما هي، أو تحويلها إلى وحدات القياس المترية انظر الجدول(-٢ -).

جدول –٢ – يبين وحدات القياس الإنجليزية وتحويلاتها

الميل البري =	١٧٦٠ ياردة	٥٢٨٠ قدم	١٦٠٩,٣٤٤ متراً
الياردة =	٣ قدم	٣٧,٣٢ بوصة	٩١,٤٤ سم
القدم =	١٢ بوصة	٣٠,٤٨ سم	
البوصة (الإنش)=	٢,٤٥ سم		
الميل البحري =	١٨٥٢,٣ متر		

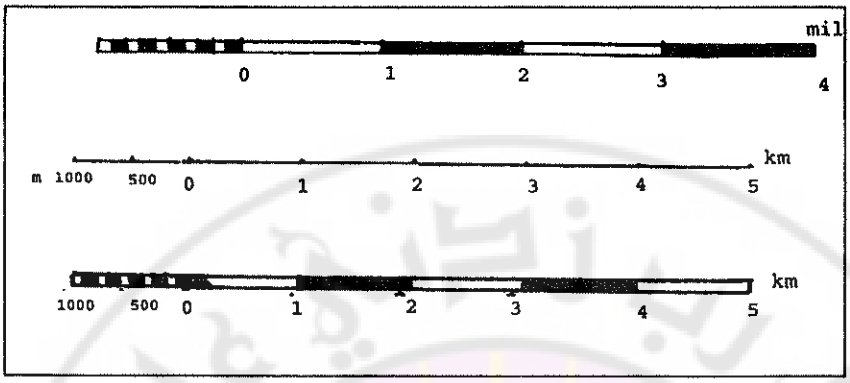
في بعض الأحيان نشاهد على بعض الخرائط مقياسا مزدوجا بالوحدات المترية والوحدات الإنجليزية (الأميال). سنشير إليه فيما بعد.

٤,٦ المقياس الخطي Linear scale: يرسم على شكل خط مستقيم مقسم إلى أجزاء متساوية، أو على شكل شريط من خطين متوازيين مستقيمين، ويكون التقسيم عادة إلى سنتيمترات أو مضاعفاتها في أساس المقياس، وإلى ميليمترات أو مضاعفات الملم في ذيل المقياس .انظر الشكل (-٣١-) وإذا كانت وحدات القياس إنجليزية فإن أساس المقياس يقسم بالبوصة وذيله بأجزائها. ولكن قد نصادف مقاييس خطية لا يتطابق تقسيمها مع ما ذكر سابقا، وهذا عائد إلى أنها مأخوذة من خرائط أخرى خضعت لعملية تكبير أو تصغير.

وبشكل عام فإن أساس المقياس هو الجزء الأطول من المقياس الخطي ذي التقسيمات الكبرى، أما ذيل المقياس فهو الجزء الصغير في أحد طرفي المقياس الخطي المقسم إلى أجزاء صغيرة بالمقارنة مع أساس المقياس، ويفصل عادة بين ذيل المقياس وأساسه وهو الرقم صفر.

أما الغاية من رسم الذيل في المقياس الخطي فهي قياس المسافات الصغيرة التي تقل عن جزء واحد من أجزاء أساس المقياس، سواء أكانت هذه المسافات منفصلة (منفردة) أم كانت جزءا من مسافة كبرى قمنا بقياسها على أساس المقياس، وبقي جزء لم يتطابق مع أحد تدريجات أساس المقياس فنجعله على الذيل

المقسم إلى أجزاء صغيرة لنعرف ما يعادله من مسافة على الطبيعة.



شكل- ٣١- بعض أشكال المقاييس الخطية

طريقة وضع المقياس الخطي تتلخص بما يلي:

- يُرسم خط بطول مناسب ٥ أو ١٠ سم على سبيل المثال.
- يُقسم الخط إلى خمسة أقسام متساوية بواسطة المسطرة .
- تُقام أعمدة من نقاط التقسيم على الخط بارتفاع ٢ملم .
- يُكتب فوق كل عمود من أعمدة التقسيم عدد الكيلومترات أو الأمتار التي تُمثلها المسافات المحصورة بين الأعمدة وذلك ابتداءً من الصفر باتجاه اليمين .
- يتم تقسيم الجزء الأيسر من الخط إلى أجزاء أصغر من الأقسام الرئيسة ويُقسم كل جزء إلى ١ أو ٢ملم كما في الأشكال السابقة.

ميزات المقياس الخطي يمكن إجمالها بالتالي :

١-تسهيل عملية القياس لأن هذا المقياس يشبه المسطرة، فطرفه المقسم إلى سنتيمترات يكتب عليه ما يقابل هذه السنتيمترات من مسافة على الطبيعة، ولذلك إن استخدامه يتيح معرفة المسافات على الطبيعة مباشرة دون إجراء أية عمليات حسابية.

٢- يرسم المقياس الخطي على الخريطة ويطبع معها، وعند القيام بتكبير أو تصغير الخريطة فإن المقياس الخطي يكبر ويصغر معها بنفس الدرجة، ولذلك إن إجراء القياس بواسطته يبقى صحيحا، كما أن التدريج المكتوب عليه يبقى صحيحا أيضا على العكس من المقياسين الكتابي والعددي (الرقمي) اللذين يفقدان صلاحيتهما عند تكبير أو تصغير الخريطة بالتصوير، لأن المسافات على الخريطة تصغر أو تكبر أما القيمة المكتوبة الدالة على المقياس فتبقى كما هي عند التصوير.

ومن أجل توضيح هذه الفكرة، افرض أننا قمنا بتصوير خريطة كان المقياس العددي المكتوب عليها ١:١٠٠٠٠، فسوف يظهر لك هذا الرقم نفسه على الصورة المصغرة أو المكبرة عن الأصل، وهذا الرقم لن يعبر بشكل صحيح عن نسبة تصغير الأبعاد بين الخريطة والطبيعة، لأنه كان صحيحا فقط على الخريطة الأصلية وحدها، وليس على صورتها المصغرة أو المكبرة.

٣- عند تعرض المادة التي تطبع عليها الخرائط (الورق أو البلاستيك) للتمدد أو التقلص نتيجة الحرارة أو الرطوبة أو الشد الجانبي أو الضغط، فإن المقياس الخطي المرسوم على هذه الخريطة يتعرض لنفس الظروف، ويبقى محافظا على صحته، وصلاحية استخدامه.

٤- يمكن استنتاج المقياس الرقمي من خلال المقياس الخطي عند تكبير الخريطة أو تصغيرها إذا كان المقياس الرقمي مجهولاً.

٥,٦: المقياس المقارن Comparative Scale: عبارة عن مقياس خطي يُرسم على نفس الخريطة بحيث يُقسم الجزء العلوي أو السفلي إلى كيلومترات والآخر إلى أميال أو بوصات، الغرض من وضع هذا المقياس هو قياس المسافات على الخريطة بكل وحدة من وحدات القياس ثم مقارنتها ببعضها البعض. على سبيل المثال إذا أردنا رسم مقياس خطي لخريطة مقياسها ١: ١٠٠٠٠٠ يقيس بالكيلومتر والميل نمر بالمراحل التالية:

١- نرسم خطاً مستقيماً بطول مناسب (٨ سم) . (كل ١ سم يعـــادل ١ كـــم) بالنسبة لمقياس الكيلومترات.

٢- حساب المقياس الميلي ثم رسمه، وهذا يتم على الشكل التالي :

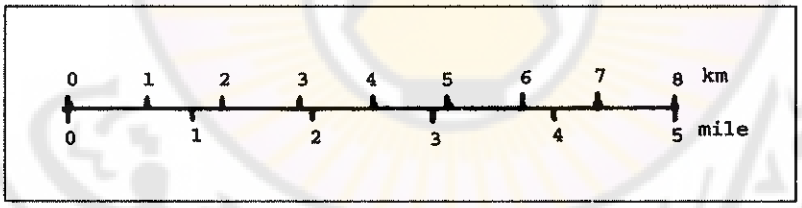
كل ١٠٠٠٠٠ بوصة على الأرض تعادل ١ بوصة على الخريطة

كل ١ ميل = ٦٣٣٦٠ بوصة على الأرض = س بوصة على الخريطة

$$\text{س} = \frac{63360}{100000} = ٠,٦٣٦ \text{ بوصة على الخريطة}$$

أي إن كل ١ ميل على الطبيعة على خريطة مقياسها ١: ١٠٠٠٠٠ يعـــادل ٠,٦٣٦ بوصة على الخريطة . إذا أردنا أن نقيس ٥ ميل على هذا المقياس فإن طول الخط سيكون ٥ ×٠,٦٣٦ = ٣,١٥ بوصة . بما أن كل بوصة تعادل ٢,٥٤ ســـم فإن طول الخط المطلوب هو ٣,١٥ ×٢,٥٤ = ٨ سم

٣- نرسم خطاً طوله ٨ سم يقسم إلى خمسة أقسام متساوية، كـــل قســـم يعـــادل ١كم، والجزء العلوي يُقسم إلى ٨ أقسام متساوية كل قسم يعادل ١ كم . انظـــر الشكل (-٣٢-).



شكل -٣٢- المقياس المقارن

٦,٦ المقياس الشبكي Diagonal scale: يعتبر هذا المقياس شكلا متطورا من المقياس الخطي (عبارة عن مقياس مركب يُمكن من قياس كسور عشرية ومئوية)، الهدف من استخدامه الوصول إلى دقة أكبر في قياس المسافات على الخرائط ومعرفة ما تقابله على الطبيعة، فإن كان المقياس الخطي مقسما في أساسه إلى سنتيمترات أو مضاعفاتها في أساس المقياس وإلى مليمترات أو مضاعفاتها في ذيله، فإن المقياس الشبكي يقسم

المليمتر إلى عشرة أجزاء، ويعطينا ما يقابل كل جزء من مسافة على الطبيعة. ولكن هذا التقسيم لا يمكن تنفيذه عمليا على خط واحد، كما هو الحال في المقياس الخطي، وهذا دعا إلى تصميم المقياس الشبكي الذي يحل هذه المشكلة.

طريقة رسم المقياس الشبكي :

١. نرسم مقياساً خطياً ونقسمه إلى أجزاء متساوية ولتكن خمسة طول كل جزء ٢سم ، أربعة أجزاء منها تُشكل أساس المقياس وتقع إلى يمين المقياس وجزء إلى اليسار وهو ذيل المقياس.

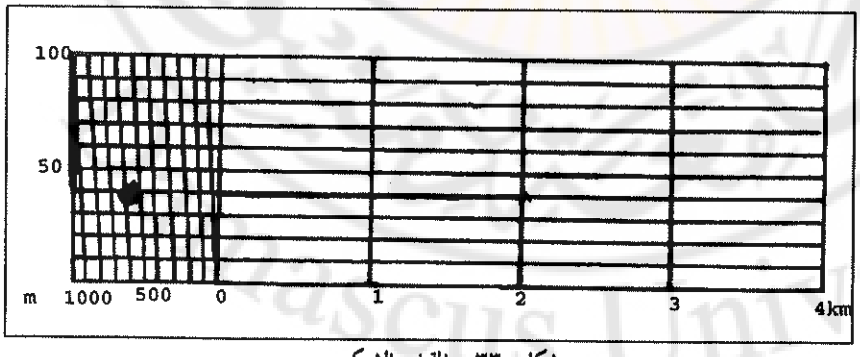
٢. نقيم عموداً على المقياس من نهايته اليسرى بطول يعادل ٣سم ونقسمه إلى ١٠ أقسام متساوية كل قسم ٣ ملم .

٣. نرسم من نقاط التقسيم هذه خطوطاً متوازية فيما بينها وموازية لأساس المقياس.

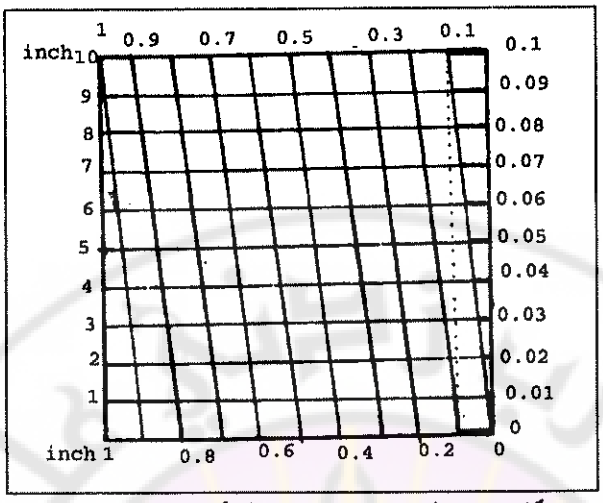
٤. نقيم عموداً من نقطة الصفر على الخطوط المتوازية .

٥. يُقسم الجزء العلوي والسفلي من ذيل المقياس إلى عشرة أجزاء متساوية .

٦. نصل أقسام ذيل المقياس بالأقسام المقابلة لها على الخط العلوي بشكلٍ مائل بحيث نصل رقم صفر مع واحد والرقم واحد السفلي مع رقم ٢ على الطرف العلوي وهكذا ..انظر الشكلين (-٣٣ و ٣٤ -).



شكل- ٣٣ - المقياس الشبكي



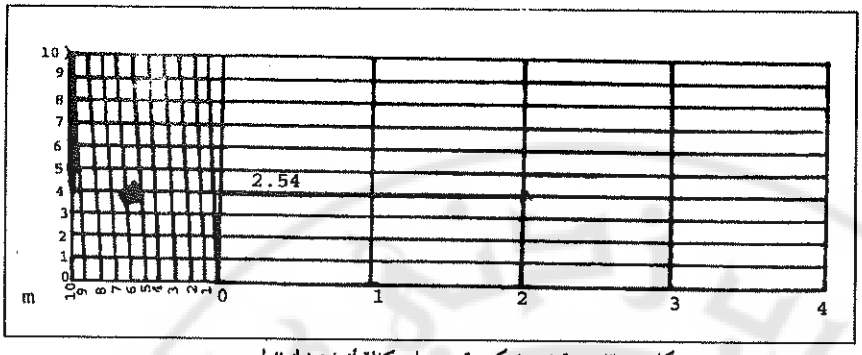
شكل –٣٤– طريقة تقسيم ذيل المقياس الشبكة بالإنش

طريقة ترقيم المقياس الشبكي

تأخذ مرحلة الترقيم شكلين هما :

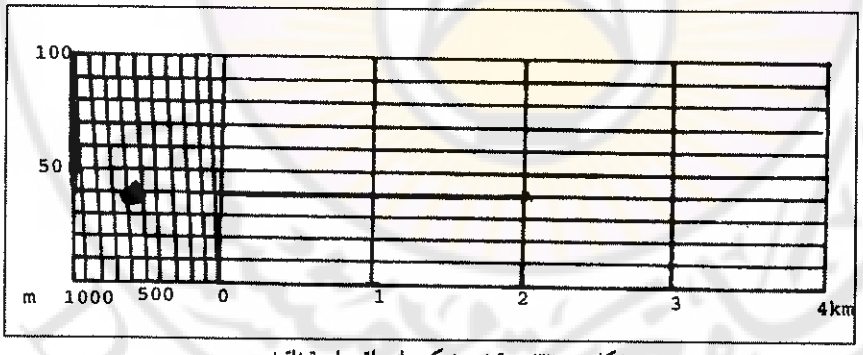
١–ترقيم مقياس شبكي يُستخدم للقياس على خرائط مختلفة المقاييس . في هذه الحالة يكون الترقيم كما في الشكل–٣٥ –. حيث يُقسم أساس المقياس إلى خمسة أقسام متساوية كل جزء ٢سم مثلاً، يُترك واحد منها لذيل المقياس ويتم ترقيم الأقسام من ١ إلى ٤ كما هو مُبين، أما ذيل المقياس فيُقسم إلى عشرة أقسام متساوية يتم ترقيمها من ١ إلى ١٠، وكذلك يُقسم الخط النهائي الأيمن المجاور لذيل المقياس إلى ١٠ أقسام وتُرقم من ١ إلى ١٠. إذا أردنا القياس على خريطة مقياسها ١: ٥٠٠٠٠ نفتح الفرجار بطول المسافة الموجودة على الخريطة ثم تُنقل فتحة الفرجار على المقياس الشبكي فنجد أن الفرجار قد انطبق على المقياس كما هو موضح في الشكل أي إن المسافة التي تم قياسها على الخريطة هي ٢,٥٤ من أساس المقياس ،وبما أن طول كل جزء من أجزاء المقياس هو ٢سم فإن طول هذه المسافة على الخريطة ٢,٥٤×٢= ٥,٢٨ سم، وبما أن كل ١ سم على الخريطة يعادل ٥٠٠٠٠ سم على الطبيعة أي ٥٠٠ م . فإن هذه المسافة تعادل على الأرض

٢,٥٤×٥٠٠ = ٢٦٤٠ أي ٢,٦٤ كم.



شكل –٣٥– مقياس شبكي يقيس على كافة أنواع الخرائط

١– ترقيم مقياس شبكي لخريطة معينة مقياسها على سبيل المثال ١: ٥٠٠٠٠ إن ترقيم المقياس الشبكي في هذه الحالة كترقيم المقياس الخطي أي على أساس مقياس الخريطة . إذا أخذنا الفرجار بفتحته الأولى التي قمنا بقياسها على الخريطة وطبقناه على المقياس الشبكي كما هو مُبين بالشكل (– ٣٦ –) .فتكون المسافة هي ٢كم على أساس المقياس ٥٤٠ م على ذيل المقياس .



شكل – ٣٦– مقياس شبكي لخريطة معلومة المقياس

٧,٦ المقياس الزمني Time Scale

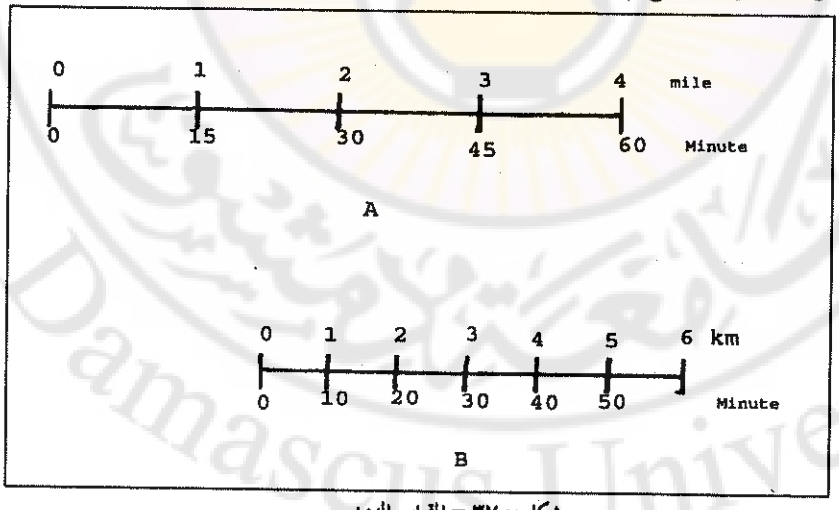
يدخل هذا المقياس ضمن المقاييس المقارنة تقريباً، حيث يُمكن من المقارنة بين مسافات طولية وأخرى زمنية، وهو من أهم المقاييس التي توضع خصيصا للكشافة،

ولجنود المشاة وغيرهم ممن يتجول على قدميه.

يرتبط رسمه بمقياس الخريطة المستخدمة. حيث يُرسم في الجانب الأعلى المسافة بالكيلومترات أو الأميال حسب المقياس المستخدم، أما الجانب الأسفل من الخط فيخصص للزمن حيث يوضع عليه ما يعادل الكيلومتر أو الميل بالدقائق والساعات فيستطيع القارئ أن يحسب المسافة التي يقطعها أو يريد قطعها.

على سبيل المثال إذا كان الجندي يسير ٤ أميال في الساعة، وكان مقياس الخريطة المستخدمة ١: ٦٣٣٦٠ ،أي بوصة لكل ميل فإننا نرسم خطاً مستقيماً ونقسم الجزء الأعلى منه إلى بوصات تمثل كل بوصة ١ ميل. أما الجزء الأسفل فنحدد عليه ما يقابله بالدقائق والساعات. أي إنه يحتاج ١٥ دقيقة لقطع ١ ميل. انظر الشكل (– ٣٧– A).

أما إذا أراد جندي قطع مسافة مقدارها ٦كم خلال ساعة واحدة، ويستخدم خريطة مقياسها ١: ١٠٠٠٠٠، يتم تقسيم المسافة إلى ٦ أقسام في الجزء الأعلى،كل قسم يعادل ١ كم، ويقسم الجزء السفل إلى ٦ أجزاء كل جزء يعادل ١٠ دقائق . انظر الشكل (–٣٧–B).



شكل – ٣٧ – المقياس الزمني

٨,٦طرق تثبيت المقياس على الخرائط :تختلف طرق تثبيت المقياس على الخرائط، وتسمى هذه الطرق أحيانا أنواع المقياس، ومن المستحسن برأينا تسميتها طرق تثبيت المقياس انطلاقا من المبررات التالية:

١- لكل خريطة مقياسها الذي يجب أن تزود به بشكل ما.

٢- قد يفهم من عبارة أنواع المقياس تصنيف المقاييس إلى كبيرة ومتوسطة وصغيرة.

٣- إذا كان المقصود من عبارة أنواع المقياس تعداد الطرق التي يثبت فيها على الخريطة على شكل رسم أو عبارة أو نسبة فإن الأصح برأينا أن نسمي ذلك طرق تثبيت المقياس بدلا من أنواعه.

والمقياس يرسم أو يكتب ما يعبر عن نسبة التصغير (المقياس) على الخريطة، والكتابة قد تكون على شكل عبارة فنسمي المقياس كتابيا، وقد تكون على شكل كسر ينسب فيه العدد واحد إلى رقم آخر فيسمى مقياسا عدديا (أو رقميا)، أو يرسم فيسمى خطياً أو ترسيميا، فإذا كان الرسم على شكل خط سمي خطيا وإذا كان على شكل شبكة مستطيلة بأبعاد محددة سمي شبكيا.

٩,٦ طرق تحديد المقياس على الخرائط: على الرغم من أن معظم واضعي الخرائط يثبتون عليها مقياسها، فإننا نصادف أحيانا خرائط لم يثبت عليها المقياس، وخرائط أخرى تم تكبيرها أو تصغيرها و أضحى المقياس العددي الموجود عليها غير صحيح، وهناك خرائط تحوي مقياساً ، ونرغب في معرفة المقياس العددي لها، كما توجد خرائط بمقاييس غير ونرغب في تحويل هذه المقاييس إلى الوحدات المترية، ولذلك فإننا سنعا اضيع على

أ- تحديد مقياس الخر من خلا ن التربيع

(الكيلو مترية): يمكن شبكة الإحداثيا مقياس الخريطة

لأن المسافات بين هذه الخطوط تساوي كيلومترا واحدا أو مضاعفاته، شـــريطة أن تكون الأرقام الخاصة بكل خط هي أرقام كيلو مترية – أي تعبر عن المسافة الحقيقية بين النقاط الواقعة على هذه الخطوط في الطبيعة، ويكفي لمعرفة المقياس هنا أن نقيس المسافة بين خطين متجاورين من خطوط الشبكة التربيعية ونعرف الفارق في الأرقام الكيلو مترية الخاصة بهذين الخطين. فلو افترضنا أن المسافة بالسم كانت ٢ سم، وأن الفارق في الأرقام الكيلو مترية هو ١ كم.

المقياس = المسافة على الخريطة

نفس المسافة على الطبيعة ١كم

$$\frac{1}{50000} = \frac{2}{100000}$$

ب – تحديد مقياس الخريطة بواسطة شبكة الإحداثيات الجغرافية : يمكن اعتبـــار المسافات بين دوائر العرض ثابتة تقريبا كما مر معنا في بحث شـــبكة الإحـــداثيات، وأن المسافات بين خطوط الطول معلومة من خلال الجداول الخاصة، وإن كانـــت متغيرة عند العروض الجغرافية المختلفة. إن مقارنة المسافات بين خطـــوط الشـــبكة الإحداثية الجغرافية (الطول والعرض) على الخريطة وما يقابلها على الطبيعة يقودنـــا إلى معرفة المقياس إذا كان مجهولا. ولكن يجب الانتباه هنا إلى أن المقيـــاس الـــذي سنحسبه سيكون صحيحا في المنطقة التي أجرينا القياس منها على الخريطة فقـــط إذا كانت الخريطة تشوه الأبعاد في الاتجاه والمكان الذي أجريت فيه عمليـــة القيـــاس، وكي نتعرف على المقياس الرئيسي أو الأصلي للخريطة يجب البحث عـــن المكـــان الذي ينعدم فيه تشويه الأبعاد أو يقل إلى أبعد درجة، وخاصة عندما تكون الخريطة شاملة للكرة الأرضية أو لجزء كبير منها. أما على الخرائط التي تضم منطقة صـــغيرة فإنه لا ضير من إجراء القياس في أي جزء من الخريطة، لأن التشويه في هذه الحالـــة سيكون بسيطا إن وجد ولن يؤثر على صحة الحسابات التي سنجريها. فلو افترضنا

أن المسافة بين خطي العرض ٢٠ و٣٠ بلغت على إحدى الخرائط ٢٢,٢٢ سم، فكم يكون المقياس العددي لها ؟ والجواب:تبلغ درجة العرض الواحدة على الطبيعة في المتوسط ١١١,١ كم فإذا كان بين الخطين ٢٠ و٣٠ عشر درجات عرض فإنها تعادل على الطبيعة تقريبا:

١٠ × ١١١,١١ = ١١١١,١ كم[٢] . ويكون المقياس هو :

$$\frac{1}{5000000} = \frac{22.22}{1111.1}$$

وهو مقياس الخريطة .

وتجدر الإشارة هنا إلى أن عمليات القياس الدقيقة قد لا تكون متوفرة لدى الشخص الذي يقيس، أو أن تشويها حصل في الخريطة ذاتها مما يؤدي إلى الحصول على مقاييس تكون أرقام المقام (المخرج) فيها غير مدورة (لا تنتهي بأصفار)، وفي هذه الحالة يعتبر أقرب رقم مدور إلى النتيجة هو الرقم الصحيح.

ج – تحديد المقياس الرقمي من خلال المقياس الخطي : إذا وجد المقياس الخطي فقط على الخريطة وأردنا معرفة مقياسها العددي، نقيس إحدى المسافات المحددة على أساس المقياس الخطي بواسطة مسطرة (وقد نقيس طول المقياس الخطي بكامله)، ونرى ما يقابل هذه المسافة بالأمتار أو بالكيلومترات على الطبيعة، وعلى سبيل المثال حصلنا على نتائج القياس التالية: على التدريج الأول بعد الصفر على أساس المقياس قرأنا رقم ٥ كم، وعند قياس المسافة بين الصفر والتدريج الأول وجدنا أنها تعادل ٢ سم أي نفس المسافة على الطبيعة ٥كم.

د – تحديد المقياس عن طريق مسافات معروفة على الطبيعة ومرسومة على الخريطة: قد نجهل مقياس الخريطة ويجب الاستدلال عليه في خريطة لم ترسم فيها

محيط الأرض يعادل ٤٠٠٠٠ كم تقريبا وبما أن الكرة الأرضية تتألف من ٣٦٠ درجة طول فإن طول الدرجة الواحدة يعادل $\frac{40000}{360}$ = ١١١,١١١ كم

شبكة الإحداثيات و لم يثبت فيها المقياس الخطي، فإذا كانت الخريطة تمثل منطقة معروفة لدينا، كأن نأخذ خريطة الجمهورية العربية السورية ونقيس المسافة بين مدينتين يربط بينهما طريق مستقيم نعرف طوله على الطبيعة، فإذا كانت المدينتان هما دمشق وحمص والمسافة بينهما على الطبيعة هي ١٨٠ كم، ووجدنا أن هذه المسافة على الخريطة مجهولة المقياس هي ٣٦سم، فإننا نحسب المقياس وفق الطريقة السابقة:

$$\frac{36}{180} = \frac{1}{500000}$$ ذلك بعد تحويل المقام إلى سم

٥ – تحديد المقياس بمقارنته مع خريطة مقياسها معروف للمكان نفسه: الخريطة الأولى مجهولة المقياس، ولدينا خريطة أخرى مقياسها مختلف عن الأولى، ولكنه معلوم وليكن ١:٦٠٠٠٠٠٠. نقيس المسافة المستقيمة بين نقطتين موجودتين على الخريطة مجهولة المقياس والخريطة معلومة المقياس، وعلى افتراض أن هذه المسافة كانت على الخريطة الأولى ٢سم وعلى الخريطة الثانية ٣سم. فإننا نستطيع حساب المسافة بين النقطتين على الطبيعة من خلال الخريطة الثانية (معلومة المقياس) التي افترضنا مقياسها ١:٦٠٠٠٠٠٠، ففي هذا المقياس كل اسم على الخريطة يقابل ٦٠ كم على الطبيعة وبالتالي فإن المسافة بين النقطتين تكون: ٣ × ٦٠ = ١٨٠كم .

والآن علمنا المسافة على الطبيعة والمسافة المقابلة لها على الخريطة مجهولة المقياس، وأصبح بالا مكان حساب المقياس على الشكل التالي:

- المسافة على الأرض في الخريطة معلومة المقياس = ٣× ٦٠ = ١٨٠ كم

المسافة على الأرض في الخريطة مجهولة المقياس = ٢× س وبالتالي فإن :

$$\frac{180}{2} = ٩٠$$ كم أي أن المقياس هو $$\frac{1}{9000000}$$

أي يمكن حساب مقياس الخريطة مجهولة المقياس من العلاقة التالية :

المسافة على الخريطة معلومة المقياس× مقام المقياس

المسافة على الخريطة مجهولة المقياس

و- حساب المقياس المجهول عن طريق القياس المباشر على سطح الأرض:

هذه الطريقة يمكن الاعتماد عليها في الخرائط الكبيرة والمتوسطة في مقياسها التي تمثل فيها المظاهر الجغرافية بدقة في مواقعها وتتلخص بالتالي: نحدد نقطتين ممثلتين على الخريطة، ويمكن التعرف على مواقعهما بدقة على الطبيعة، ثم نقيس المسافة بين النقطتين على الطبيعة وعلى الخريطة (كأن نقيس المسافة بين مفترق طرق ما وجسر يقع على الطريق بواسطة عداد السيارة الموثوق به)، ثم نقوم بحساب المقياس بالطريقة المعتادة نفسها.

جامعة دمشق Damascus University

الفصل السابع

تمثيل المظاهر الجغرافية
على الخرائط الجغرافية العامة

١،٧– تمثيل المظاهر الطبيعية

٢،١،٧– رسم المظاهر المائية

٢،٧– تمثيل المظاهر البشرية

١،٢،٧– تمثيل المراكز الآهلة بالسكان

٣،٧– تمثيل الحدود السياسية والإدارية

٤،٧– تمثيل مظاهر الزراعة والصناعة

٥،٧– تمثيل مظاهر النقل والمواصلات

٦،٧– تمثيل العناصر المساعدة والمتممة

١،٦،٧– العناصر المساعدة

٢،٦،٧– العناصر المتممة في الخرائط

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

١,٧ تمثيل المظاهر الطبيعية

١,١,٧ تمثيل التضاريس Relief representation. تُعد التضاريس أحد العناصر المهمة في المحيط الجغرافي، لأن معرفة السطح وأشكاله من الدراسات الضرورية والمهمة المستخدمة في معرفة المكان الذي يعيش الإنسان فيه ويمارس نشاطه. وتظهر أهمية السطح بالنسبة للإنسان من خلال معرفة درجة الانحدار – ارتفاع وانخفاض الأرض – والتمثيل المنظوري وغيره (انظر Edward ١٩٨١) .لذلك كان رسم التضاريس أحد المسائل الأساسية التي تعرضت لها الكارتوغرافيا منذ القدم، لأننا نلاحظ وجود رسوم الجبال على معظم الخرائط القديمة، ما يعود منها للعصور القديمة أو للعصور الوسطى (وخاصة الخرائط العربية).

وقد مر رسم التضاريس بمراحل كثيرة مرافقة لتطور علم الخرائط نفسه، فاختلفت الأساليب التي ترسم بها التضاريس. ومما لا شك فيه أن كل طريقة جديدة من شأنها أن تحسن تمثيل التضاريس، أو أن تلقي الضوء على خواص جديدة من خواص تمثيلها لم يكن تمثيلها جيدا بما فيه الكفاية.

إن المهمة الأساسية في تمثيل التضاريس هي إعطاء الانطباع البصري المجسم لقارئ الخريطة من خلال الرسم الذي يمثل التضاريس أمامه على الخريطة المستوية، وعندما يتم استيعاب الأشكال الرئيسة لهذه التضاريس.

ومن الواضح أن تمثيل التضاريس بواسطة منحنيات التسوية (خطوط الكونتور) وحدها لا يحقق هذه الغاية أي الشعور بتحدب وتقعر التضاريس، بالإضافة إلى قياس مقدار هذا التحدب أو التقعر والانحدار.

اعتمد تمثيل التضاريس خاصة الجبال في الخرائط منذ القدم وحتى القرن التاسع عشر على **التمثيل المنظوري** Perspective representation للجبال، أي تمثيل التضاريس كما يراها الإنسان من نقطة مرتفعة عن سطح الأرض، فتظهر

الجبال في الخريطة كما هي في الطبيعة منفردة أو مجتمعة. وقد اختلفت دقة هذا الرسم، ومقدار مطابقته للواقع ، خاصة ما يتعلق بالشكل العام والارتفاع. ظهرت هذه الطريقة في خرائط بطليموس، وتطورت واستمرت حتى القرن الثامن عشر، ولكنه ظل يعتمد على تصور رسام الخرائط (الكارتوغرافي) نفسه محلقا فوق هذه التضاريس. ومثال هذا الرسم الذي أعده الفنان العبقري ليوناردو دافينتشي Leonardo DAVINCI لمنطقة توسكانا بإيطاليا عام ١٥٠٢- ١٥٠٣، وحصل على خريطة جيدة للتضاريس. كما رسم روسل RUSSEL عام ١٧٣٠ التضاريس في خريطة لجبال البرانس بطريقة منظوريه بمقياس ١: ٣٢٠٠٠٠.انظر الشكلين (- ٣٨- و٣٩).

أما في الوقت الحالي فإن الرسم المنظوري للتضاريس يعتمد على الصور الجوية والفضائية، وتختلف الرموز المستخدمة في التعبير عن التضاريس حسب طبيعتها . من الواضح أن الرسم المنظوري الحديث يمتاز بإمكانية تمثيل أشكال التضاريس المختلفة بدقة وواقعية، وبأنه أقرب إلى الرؤية الواقعية للعين المجردة، ولكنه يفتقر إلى إمكانية القياس الأفقي والرأسي (قياس المسافات الأفقية وقياس فروق الارتفاعات)، ولذلك يُستعمل غالباً في الخرائط الجيومورفولوجية، وفي الخرائط الجغرافية العامة المعدة لعامة الناس (الخرائط السياحية، خرائط الدعاية، الخرائط التي تزود بها المجلات والجرائد).

شكل –٣٨– خريطة لجبال البرانس بطريقة منظوريه

Damascus University

شكل –٣٩ – تمثيل منظوري للتضاريس (عن Brunner ١٩٨٤)

أما الطريقة الثانية المستخدمة في رسم التضاريس فهي **طريقة الهاشور (شطبات الانحدار والتظليل بالشطبات** Hachuring). ويعود ابتكار طريقة شطبات الانحدار واستخدامها إلى العالم الكارتوغرافي النمساوي يوهان ليمان Johan LIMAN (١٧٦٥ – ١٨١١) في نهاية القرن الثامن عشر بعد بحث طويل عن أفضل الطرق لتمثيل التضاريس وخاصة في الخرائط الطبوغرافية التي تستخدمها الجيوش، ويمكن من خلالها قياس انحدار التضاريس، تلك المواصفات لم تكن متوفرة في طريقة الرسم المنظوري. وقد توصل ليمان إلى طريقة علمية في رسم الشطبات التي تعبر عن انحدار التضاريس معتمدا على طول الشطبة وسمكها .. وقد وجد ليمان أن الظل يتعلق بالانحدار [٣]، ولذلك أعطى للشطبات مفهوم الظل بالإضافة إلى الانحدار، وحدد العلاقة بين عرض الشطبة والإضاءة كما يلي:

الضوء = تجيب زاوية الانحدار

الظل = ١ – تجيب زاوية الانحدار (عندما تكون زاوية الانحـــدار ٩٠°) وفي

٣- في التضاريس تتلقى السطوح الأفقية إضاءة أكثر من السطوح المائلة وهذا يعني أن السطوح المائلة أكثر قتامة أثناء الإضاءة العمودية من السطوح الأفقية على الخرائط.

هذه الحالة يكون اللون أسود

ثم عدل هذه العلاقة بحيث يعبر اللون الأسود المستمر عن زاوية الانحدار ٤٥° بدلا من ٩٠° فأصبحت على الشكل التالي:

$$\text{الضوء} = \frac{\text{٤٥° — زاوية الانحدار}}{\text{١ – زاوية الانحدار}} - \text{الظل}$$

حيث تزداد الشطبات اقترابا من بعضها كلما اقتربت النتيجة من الرقم ١، ويزداد عرضها أيضا، وكلما اقترب الناتج من الصفر ابتعدت الشطبات عن بعضها وزاد طولها وقل عرضها، وذلك لتعبر عن قلة الانحدار وقوة الإضاءة. وقد عدلت القواعد التي وضعها ليمان لصعوبة أو استحالة تنفيذها أثناء الطباعة، وخاصة في القرن التاسع عشر لأن الطباعة لم تكن قد تطورت بما فيه الكفاية لإنجاز طباعة غاية في الدقة، واقترحت مصلحة الخرائط التابعة لأركان الجيش الألماني تعديلا للشطبات وفقا للجدول التالي:

جدول –٣ – بين خصائص الشطبات التي تم استخدامها في تمثيل التضاريس

زاوية الانحدار	عدد الشطبات في كل سم واحد	عرض الشطبة	المسافة بين الشطبات
١°	٥	١	٥
١,٥°	٦	١	٥
٢,٥°	٨	١	٥
٤°	٩	١	٥
٦°	١٢	١	٥
١٠°	١٢	٢	٤
١٥°	١٢	٣	٣
٢٢°	١٢	٤	٢
٣٣°	١٢	٥	١
٤٥°	١٢	٦	أسود كامل

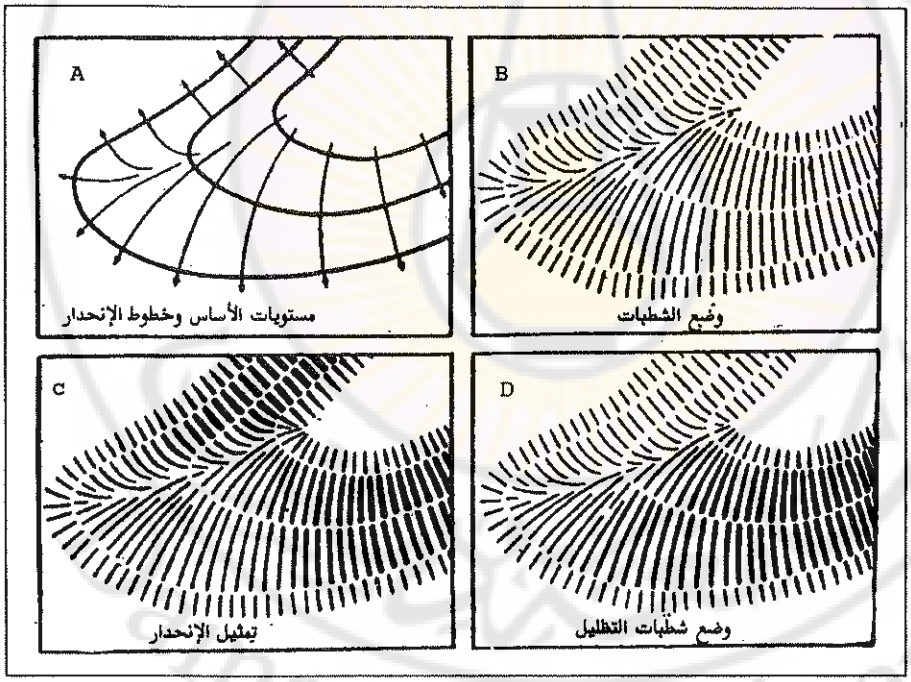
وعلى الرغم من التبسيط الذي أدخلته مصلحة الخرائط في الأركان الألمانية، كان تنفيذ رسم التضاريس بهذه الطريقة يحتاج إلى جهد كبير، وموهبة كارتوغرافية فذة لتحقيق الدقة الكافية، وظهر لهذه الطريقة مساوئ عدة منها:

١. طريقة تمثيلها مكلفة .

٢. تُستخدم في الأماكن التي لا يزيد انحدارها عن ٤٥° درجة.

٣. لا يمكن من خلالها التمييز بين قيعان الأودية والأعراف الجبلية.

٤. لا يمكن من خلالها معرفة مقدار الارتفاع . انظر شكل (-٤٠-) الذي يبين مراحل رسم الشطبات . والشكل -٤٢ – الذي يبين خريطة موضوعة على أساس الشطبات الانحدارية .



شكل -٤٠ – يبين مراحل رسم الشطبات

طريقة **التظليل بالشطبات** (Hachure shading): التي يسميها الأمريكيون طريقة التظليل التشكيلي(Plastic shading)وتلتقي مع طريقة شطبات

الانحدار لأن الطريقتين تعتمدان مبدأ إظهار التضاريس عن طريق الشطبات، لكن طريقة التظليل بالشطبات تعتمد على الرؤية والإضاءة الجانبية، والطريقة الأولى تعتمد على الرؤية والإضاءة من الأعلى. ولذلك شمل التظليل بالشطبات أحد سفحي المرتفع الذي لا تسقط عليه الأشعة، وتعد جهة الإضاءة هي الشمالية الغربية دوماً، أي أعلى يسار الخريطة، وبذلك تكون كل المنحدرات المواجهة للشرق والجنوب في الظل (بلون قاتم) وهذا يتطابق مع وضع الخريطة بالنسبة لقارئها أو واضعها، فيجب أن تكون الإنارة بالنسبة له من الأمام واليسار(حسب قواعد الإضاءة المناسبة). انظر الشكل (-٤١-).

شكل -٤١ -خريطة موضوعة على أساس الشطبات الانحدارية .(عن Imhof ١٩٧٢)

وتعتبر خريطة سويسرا الطبوغرافية مقياس ١:١٠٠٠٠٠ التي وضعت ما بين عامي ١٨٣٢- ١٨٦٤ خير مثال ناجح على طريقة التظليل بالشطبات[٤] انظر الشكل (– ٤٢ –)، لكن هذه الخريطة أثبتت في الوقت نفسه قلة صلاحية هذه الطريقة لتمثيل التضاريس على الخرائط الطبوغرافية الدقيقة لأن الإضاءة المختلفة للسفوح المتقابلة المتساوية بدرجة انحدارها تجعلها تبدو كأنها مختلفة في درجة الانحدار، ومن جهة أخرى إن الإنارة الجانبية التي تشكل الظلال في جهة واحدة تقلل من إمكانية تمييز الارتفاعات، ومن إمكانية تمييز التشعب الذي يصيب السفوح. كما أن هذه الطريقة تظهر التضاريس الطولية المتعامدة مع اتجاه الإنارة، ولكنها لا تظهر التضاريس الطولية (السلاسل) التي تساير اتجاه الإنارة (من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي). ولذلك إن طريقة شطبات الانحدار (الأولى) تعتبر أفضل من غيرها في الخرائط الطبوغرافية التفصيلية، ويمكن استخدام التظليل بالشطبات في الخرائط المتوسطة والصغيرة المقياس، لأنها تعطي منظرا إجماليا للتضاريس اقرب إلى الرؤية البصرية المجردة. ولذلك استخدمت هذه الطريقة في وضع خرائط الأساس للأطالس الوطنية والخرائط العامة في القرن التاسع عشر والنصف الأول من القرن العشرين.

إن الوقت والجهد الكبيرين بالإضافة إلى المهارة العالية التي يتطلبها وضع الخرائط بطريقة الشطبات، كان أمراً لا بد منه في زمن لم تكن تقنيات الطباعة فيه كافية لاستخدام المساحات اللونية والألوان المختلفة، ولذلك إن تطور هذه التقنيات أدى إلى تطور طرق تمثيل التضاريس بابتكار طرق أسرع وأرخص وربما أجمل مما سبقها، وكان أول هذه الطرق المتطورة طريقة **التظليل اللوني أو الطبقات اللونية** (Layer shading) التي كانت معروفة منذ أواسط القرن الثامن عشر في

---

٤ - Brunner ١٩٨٤

وضع الخرائط غير المطبوعة (المرسومة باليد فقط)، وأمكن استخدامها طباعياً بفضل تطور تقنيات الطباعة.

تُعد هذه الطريقة من أهم طرق تمثيل التضاريس في الخرائط الجغرافية العامة صغيرة المقياس وخرائط الأطالس. حيث يمكن استخدام طبقات لونية مختلفة حسب الارتفاع (كلما زاد الارتفاع زادت الدرجة اللونية وبالمقابل يتم تمثيل المناطق السهلية بدرجة لونية فاتحة و يمكن استخدام درجة لونية قاتمة للجبال المرتفعة). في هذه الطريقة تستخدم الألوان المتقاربة أو تدرجات اللون الواحد. لكن استخدامها يتعلق بتحديد نطاقات الارتفاع وهذا بدوره يتعلق بعنصرين هما:

١. عدد النطاقات.

٢. حدود ارتفاع النطاقات .

هنا نجد أنه كلما زاد عدد النطاقات ظهرت التضاريس بشكل أفضل إلا أن ذلك يؤدي إلى زيادة عدد الألوان في الخريطة، و زيادة الكلفة. يتم عادة تحديد عدد النطاقات من (٧- ٩) في اليابسة ومن (٤-٥) لأعماق البحار. وإذا استخدمت تدرجات اللون الرمادي فإن عدد النطاقات يجب ألا يزيد عن ٧ نطاقات.

أما حدود ارتفاعات النطاقات المتعارف عليها حسب المناطق المرتفعة وقليلة الارتفاع فهي موضحة في الجدول رقم - ٤-.

أثناء تمثيل طبقات الألوان يجب مراعاة ما يلي:

- إمكانية التمييز بين طبقة وأخرى.
- تحديد درجة إشباع اللون بشكل واضح.

أما الألوان المستخدمة فهي مزيج من الأصفر والأخضر والبرتقالي والبني. حيث يُستخدم الأخضر للمناطق التي لا يزيد ارتفاعها عن ١٠٠ م، والأصفر للمناطق التي يقل ارتفاعها عن ٣٠٠ م. ثم مشتقات البرتقالي والبني للمناطق الأكثر ارتفاعاً.

جدول –٤– يبين حدود ارتفاعات النطاقات المتعارف عليها

حدود المناطق المرتفعة	حدود المناطق قليلة الارتفاع
من ٠ – ٢٠٠ م	من ٠ – ٥٠ م
٢٠٠ – ٥٠٠ م	٥٠ – ١٠٠م
٥٠٠ – ١٠٠٠ م	١٠٠ – ٢٠٠
١٠٠٠ – ٢٠٠٠ م	٢٠٠ – ٣٠٠ م
٢٠٠٠ – ٣٠٠٠ م	٣٠٠ – ٥٠٠ م
٣٠٠٠ – ٥٠٠٠ م	٥٠٠ – ٧٠٠ م
أكثر من ٥٠٠٠ م	٧٠٠ – ١٠٠٠ م
	أكثر من ١٠٠٠ م

ونجد أخيراً أن الآفاق التي فتحها استخدام الحاسب وصلت أيضاً إلى استخدامه في رسم التضاريس وتظليلها بدقة مدهشة بدرجات مختلفة من الكثافة اللونية، لأن الحاسب قادر الآن على حفظ وتمييز أكثر من ١٦مليون معلومة في كل متر مربع، وهو لذلك قادر على إظهار موديلات مجسمة للتضاريس في ظروف إنارة مختلفة، ويمكنه إعطاء صورة متحركة للتضاريس ، فيحسب الناظر أنه يتحول بطائرة فيرى ما تحته، وما يحيط به من جهات مختلفة.

شكل –٤٢–جزء من خريطة سويسرا التي تم وضعها على أساس التظليل بالشطبات (عن Karten Kunde ١٩٨٤

أما طريقة **منحنيات التسوية** (خطوط الكونتورContour lines) فإنها تسمى أيضاً بالخطوط ذات الارتفاعات المتساوية ويعود استخدامها إلى ١٧٧٩. وتُعد من

أفضل الطرق الكمية لتمثيل التضاريس وأكثرها استعمالاً بالإضافة إلى أنها أساس لمعظم طرق التمثيل الأخرى. وخط التسوية هو خط وهمي يمر بنقاط متساوية الارتفاع على سطح الأرض. ويقابله خط الأعماق الذي يمر بنقاط متساوية الأعماق في البحيرات والبحار والمحيطات. ويتم اعتماد متوسط سطح البحر على أنه المنسوب صفر أو منسوب الأساس الذي تُنسب إليه الخطوط الأخرى.

تتميز خطوط التسوية عن غيرها من الطرق بما يلي:

١. تُمكن من تحديد الارتفاعات بدقة كبيرة .

٢. كل خط من خطوط التسوية له قيمة معينة تُظهر ارتفاعه عن سطح البحر، لا تتغير هذه القيمة في الخريطة الواحدة .

٣. إمكانية قياس الزوايا ونسب الانحدار بين النقاط الواقعة على سفح واحد.

٤. تعطي انطباعاً صحيحاً عن أشكال التضاريس وتشعباتها .

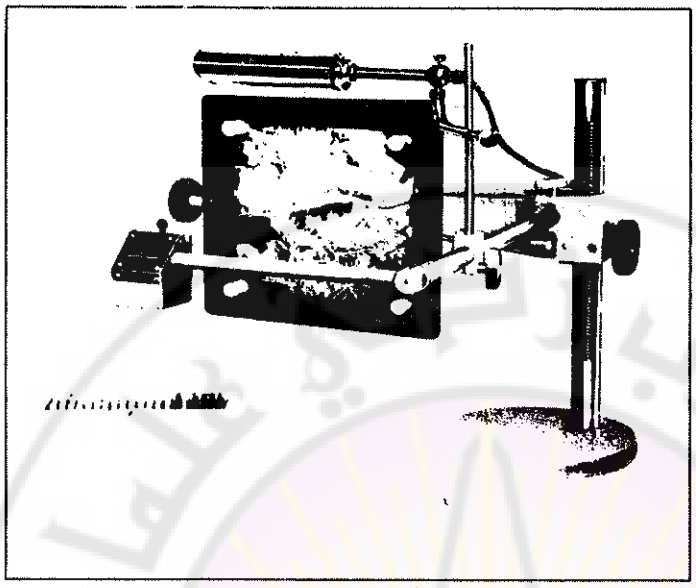
تستطيع خطوط التسوية إعطاء صورة واضحة عن شكل التضاريس إذا كان عدد الخطوط التي تقطع هذه التضاريس كافياً.

رسم خطوط التسوية: تُستخدم عدة طرق في رسم خطوط التسوية منها:

- الصورة الجوية العمودية التي تستخدم فيها أجهزة رسم ستيريوسكوبية (Stereo) plotter تُظهر الصورة بالأبعاد الثلاثة، ومن نقطة سوداء تتحرك على المنظر يمكن تتبع خطوط التسوية ورسمها، و تحويل الصورة الجوية إلى خريطة تضاريس[٥].انظر الشكل(- ٤٣-).

---

[٥] Turk.B.M. Map practica. University Tutorial press.١٩٨٠



شكل -٤٣ – يبين استخدام الستيروسكوب في رسم التضاريس (عن Schneider ١٩٧٢)

* استخدام الطريقة الحسابية بعد تعيين ارتفاع نقاط عددية تُدعى نقاط الارتفـــاع ويتم ذلك كما يلي:

١. تعيين ارتفاع النقاط في منطقة ما من سطح الأرض.

٢. تحديد عدد خطوط التسوية التي يجب رسمها استناداً إلى المعطيات.

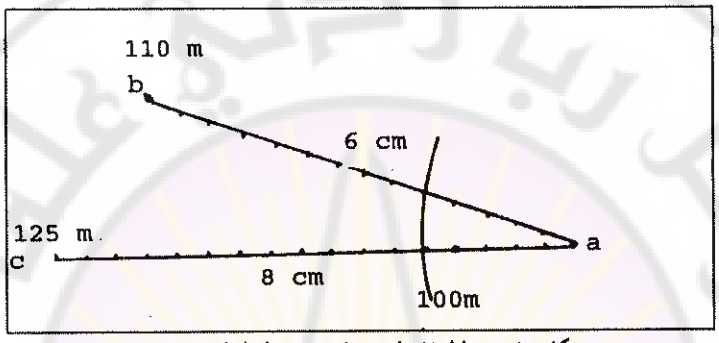
إذا كان لدينا عدة نقاط ارتفاعها لا يزيد عن٤٠٠ م. يمكن رسم ٤ خطوط الفرق بين الخط والآخر ١٠٠ م. و يجب وصل النقاط التي ارتفاعها ١٠٠ م بعضها مع بعض باتباع طريقة حسابية بسيطة لتحديد أماكن مرور الخط ١٠٠ م.

لنفرض أنه لدينا ثلاث نقاط ارتفاعها ٩٥ م، ١١٠ م، و ١٠٠ م والمطلوب رسم خط مقداره ١٠٠ م يصل بين هذه النقاط.انظر الشكل(-٤٤ -).

- نصل بين النقاط الثلاث بخطوط مستقيمة، ثم نحسب فرق الارتفاع بـــين كل نقطتين متتاليتين.
- تُقسم المسافة إلى أقسام متساوية تعادل فرق الارتفاع. في هذه الحالة نجد

أن فرق الارتفاع بين النقطتين أ ، ب يعادل ١٥ م، والمسافة بينهما ٦ سم أي تقسم المسافة إلى ١٥ قسم كل قسم يعادل ٤ ملم.

- نصل أ ،ج فنجد أن فرق الارتفاع بين النقطتين يعادل ٢٠ م والمسافة تعادل ٨ سم. نقسم المسافة إلى ٢٠ قسم كل قسم ٤ ملم.
- نحدد مرور الخط و نرسمه . انظر الشكلين (٤٤ و– ٤٥ –).



شكل– ٤٤– الطريقة الحسابية في رسم خطوط التسوية

البعد الشاقولي (الفاصل الرأسي) Contour interval

لرسم خطوط التسوية لابد من تحديد الفاصل الرأسي بين الخطوط (المسافة بين كل خط والذي يليه مباشرة). يتم تحديد هذا الفاصل وفق الأسس التالية:

١–طبيعة المنطقة : المقصود هو تضرس المنطقة أو انحدارها، فكلما كانت درجة التضرس في المنطقة المرسومة كبيرة وكانت الانحدارات شديدة وفروق الارتفاع كبيرة أمكن تكبير الفاصل الرأسي بين الخطوط و تقليل عددها كي لا تلتصق الخطوط بعضها ببعض، مع المحافظة على ما يظهر من تفاصيل هذه التضاريس، وبالعكس كلما كانت المنطقة قليلة التضرس، توجب تصغير الفاصل الرأسي بهدف زيادة عدد الخطوط للتعبير عن شكل التضاريس بصورة أفضل وأكثر تفصيلاً.

٢– وظيفة الخريطة: إذا كانت وظيفة الخريطة تتطلب دقة كبيرة نزيد عدد

الخطوط و تقلل الفاصل الرأسي (على سبيل المثال الخرائط الخاصة بمشروعات هندسية كبناء الجسور أو الطرق أو غيرها..).

٣- مقياس الخريطة: كلما كبر المقياس كثرت التفاصيل، لذا يمكن أن نجعل الفاصل الرأسي صغيراً لرسم عدد أكبر من الخطوط، وعلى العكس كلما صغر المقياس يجب أن تقل التفاصيل ويكبر الفاصل الرأسي فيقل عدد الخطوط المرسومة.

٤- طبيعة المعطيات: عندما يتوفر عدد كبير من المعطيات المتعلقة بالارتفاعات عن المنطقة المراد تمثيلها يتم تكبير الفاصل الرأسي والعكس صحيح.

٥- قدرة التمييز: المقصود هنا مقدار المسافة التي يمكن تمييزها على الخريطة دون استخدام أجهزة تكبير (من المعروف أن أصغر مسافة يمكن تمييزها على الخريطة دون استخدام أجهزة هي ١ ملم). (للمزيد انظر عاشور ١٩٩٨).

قد حاول المهتمون برسم الخرائط إيجاد علاقة رياضية بين انحدار سطح الأرض ومقياس الخريطة وأصغر مسافة يمكن أن يراها الإنسان، يمكن تحديد الفاصل الراسي بين خطوط التسوية ومن هذه المحاولات معادلات Imhof

المعادلة الأولى : الفاصل الرأسي = $\frac{\text{م} \times \text{ظل يه}}{\text{٢س} \times ١٠٠٠}$

حيث م = مقياس الخريطة

ظل يه = أقصى درجة انحدار في المنطقة

٢س = قيمة أصغر مسافة يمكن أن يراها الإنسان دون الحاجة إلى آلات تكبير.

- المعادلة الثانية : الفاصل الرأسي = ن × لو ن × ظل يه

حيث ن = $\sqrt{\frac{1+\text{م}}{100}}$

لو = لوغاريتم

مثال : احسب الفاصل الرأسي إذا كانت أقصى درجة انحدار ٣٠° ومقياس الخريطة.

$$\text{الفاصل الرأسي} = \frac{٥٠٠٠٠ \times \text{ظل } ٣٠^{\circ}}{١٠٠٠ \times ٢} = ١٤,٤٣ \text{ م} = ١٤$$

إذا تباينت درجة التضرس بين منطقتين متجاورتين (إحداهما جبلية وعرة والأخرى سهلية أو شبه سهلية)، و لم نتمكن من إظهار التضرس في كلتا المنطقتين باستخدام بعد رأسي واحد نقترح بأن يكون هناك أربعة أنواع من منحنيات التسوية :

١- رئيسة يكون بين المنحنى والآخر أربعة خطوط عادية، وترسم على هيئة خطوط متصلة عريضة نسبيا انظر الشكل(– ٤٦ –).

٢- عادية ترسم بخطوط متصلة رفيعة، وقد يرسم بينها خطوط ثانوية أو نصف ثانويةانظر الشكل (-٤٧ -).

٣- ثانوية ترسم بخطوط متقطعة بين الخطوط العادية لإظهار تضاريس المناطق السهلية .وشبه السهلية، وتكون بمعدل خط واحد بين كل خطين عاديين، ويحدد الخط الثانوي نصف البعد الرأسي بينهما .

٤- نصف ثانوية ترسم بخطوط منقطة بين الخطوط الثانوية وما يجاورها من خطوط، ويعادل البعد الرأسي ببينها وبين ما يجاورها ربع البعد الرأسي بين الخطوط العادية..

بما أن تحديد الفاصل الرأسي يتم وفق أسس معينة فقد اتفق كثير من المهتمين بوضع الخرائط على اختيار الفواصل التالية (موضحة في الجداول -٥ ،٦-) حسب مقاييس الخرائط والارتفاع عن سطح الأرض (للمزيد انظر Karten Kunde ١٩٨٤).

ويتم استخدام الألوان بعد تقسيم الخطوط إلى فئات ارتفاع، ويلون ما بين الخطوط بألوان تعبر عن الارتفاع، ويشترط عند التلوين أن تكون الدرجات اللونية متمايزة وأن تحقق شرط إعطاء الانطباع الصحيح عن الارتفاع والانخفاض. وتسمى هذه الطريقة بالخرائط الهيبسومترية HIPSOMETRIC . حيث تستخدم الألوان الخضراء للمناطق المنخفضة، والصفراء – البنية للمناطق متوسطة الارتفاع والبنية للمناطق المرتفعة التي يمكن أن تتدرج باتجاه البنفسجية في المناطق شاهقة الارتفاع.

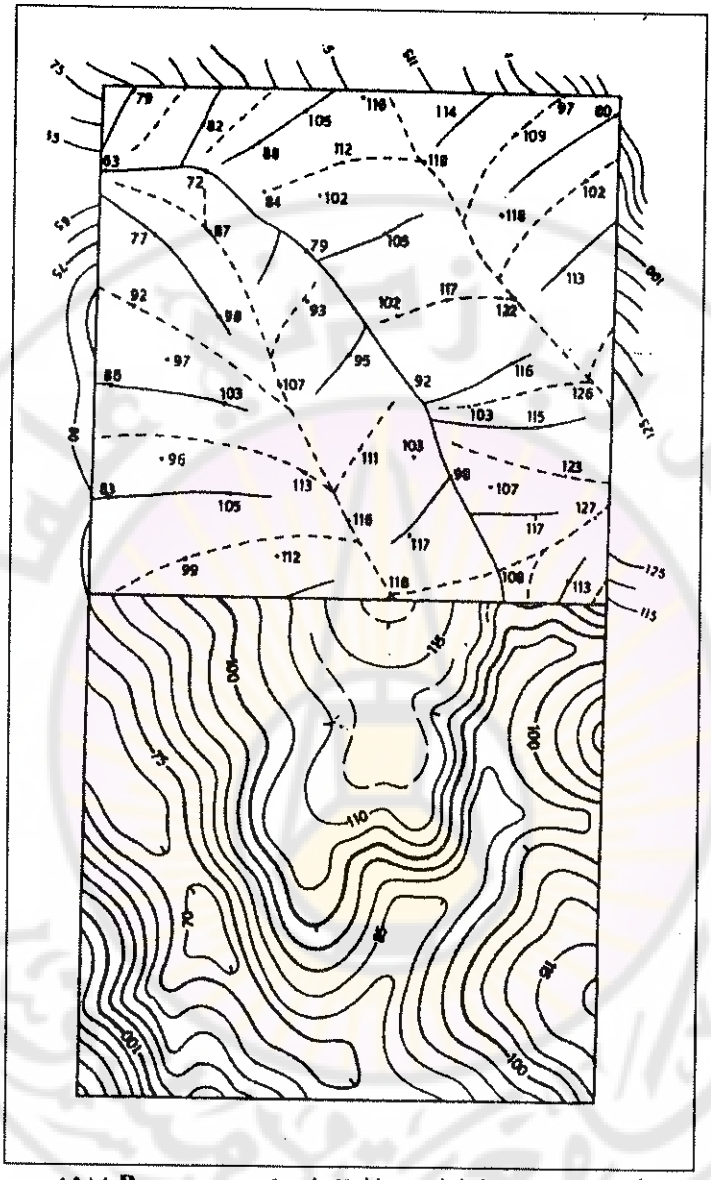
جدول –٥– الفاصل الرأسي بين خطوط التسوية الثانوية

المقياس	جبال مرتفعة	جبال منخفضة(تلال)	مناطق سهلية
١: ١٠٠٠٠	١٠ م	٥ م	٢ م
١: ٢٥٠٠٠	٢٠ م	١٠ م	٢م
١: ٥٠٠٠٠	٢٥ م	٢٠ م	٥ م
١: ١٠٠٠٠٠	٥٠ م	٢٥ م	١٠ م
١: ٢٥٠٠٠٠	١٠٠ م	٥٠ م	٢٠ م
١: ٥٠٠٠٠٠	٢٠٠ م	١٠٠ م	٥٠ م

بما أنه يتم رسم ٤ خطوط ثانوية بين كل خطين رئيسين فإن الفواصل الرأسية بين الخطوط الرئيسية تصبح كما هي موضحة في الجدول –٦ –.

جدول –٦– الفاصل الرأسي بين خطوط التسوية الرئيسية

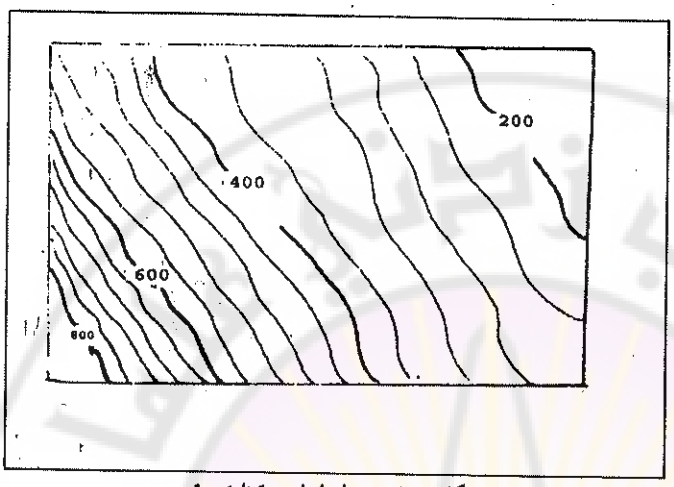
المقياس	جبال مرتفعة	جبال منخفضة (تلال)	مناطق سهلية
١: ١٠٠٠٠	٥٠ م	٢٥ م	١٠ م
١: ٢٥٠٠٠	١٠٠ م	٥٠ م	١٠ م
١: ٥٠٠٠٠	١٢٥ م	١٠٠ م	٢٥ م
١: ١٠٠٠٠٠	٢٥٠ م	١٢٥ م	٥٠ م
١: ٢٥٠٠٠٠	٥٠٠ م	٢٥٠ م	١٠٠ م
١: ٥٠٠٠٠٠	١٠٠٠م	٥٠٠ م	٢٥٠ م



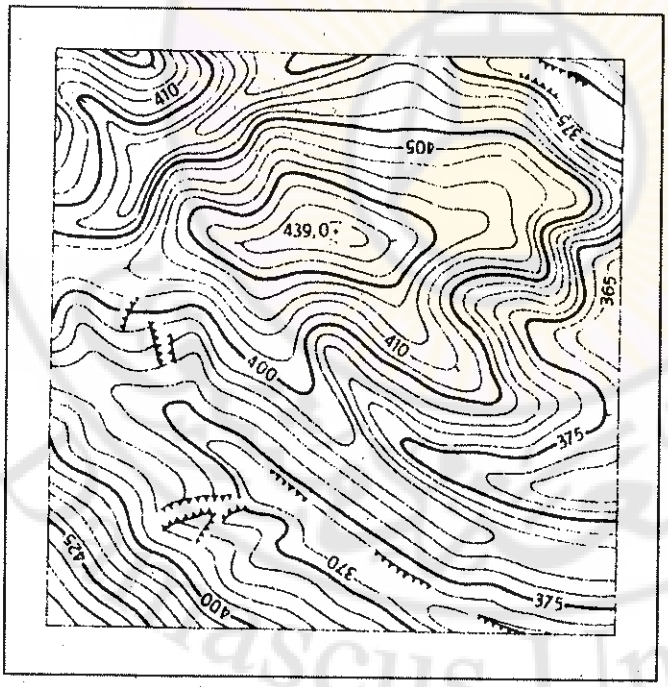
شكل –٤٥ – رسم خطوط التسوية بالطريقة الحسابية (عن Brunner ١٩٨٤)

كتابة قيم خطوط التسوية: تتم كتابة القيم غالباً ضمن الخطوط وليس فوقها أو تحتها، ويُراعى عدم قطع الخط في الأماكن المتعرجة عند الكتابة ،إنما يُفضل قطعها عند الأماكن التي تكون فيها الخطوط مستقيمة كي لا تضيع معالم السطح، ويجب

أن تساير الكتابة الخط وتكون بداية الرقم باتجاه الانحدار. انظر الأشـــكال الســـابقة والتالية .



شكل -٤٦ – خطوط التسوية الرئيسية



شكل -٤٧ – خطوط التسوية الرئيسية والثانوية

٢,١,٧رسم المظاهر المائية Hydrology. تُعد المياه من المظاهر المهمة التي تحتوي عليها الخرائط الجغرافية العامة كما تُعد عنصراً مساعداً في وضع الخرائط الخاصة، لذلك ارتبط رسم الخرائط برسم المظاهر المائية منذ المحاولات الأولى لرسم الخرائط التي تعود إلى آلاف السنين ، ويعود سبب الاهتمام المبكر برسم المياه على الخرائط إلى أهمية الماء في حياة الإنسان كجزء من متطلباته اليومية ومتطلبات حيواناته وأرضه، وكمصدر خير وخطر في الوقت نفسه لذا جاور في سكناه الأنهار أو البحار أو البحيرات. كما أن المجاري والمسطحات المائية لها أهميتها في الانتقال والتجارة والدفاع وغير ذلك .

بالإضافة إلى المبررات السابقة فقد عرف الإنسان حديثاً أن لحركة المياه دورا في تشكل مظاهر سطح الأرض ، ووجود المسطحات المائية ينعكس مباشرة على الوضع المناخي، بالإضافة إلى دور المظاهر المائية في تحديد مواقع مظاهر أخرى مرتبطة بها.

وتقسم المظاهر المائية إلى :

١- **المسطحات المائية:** ومنها التي تشغل مساحات كبيرة كالمحيطات والبحار أو متوسطة وصغيرة كالبحيرات والمستنقعات والسباخ والخبرات .

٢- **المجاري المائية:** ولها شكل خطي، ومنها الأنهار ذات الجريان الدائم والفصلي والمؤقت بالإضافة إلى الأقنية التي صنعها الإنسان للملاحة أو الري.

٣- **مصادر المياه النقطية :** كالآبار والينابيع.

٤- **الجموديات الدائمة والفصلية،** والأغطية الثلجية الدائمة والمؤقتة .

وقد استخدم واضعو الخرائط منذ القدم اللونين الأخضر والأزرق لرسم مظاهر المياه، فأحيانا كانوا يستعملون اللون الأخضر لتلوين البحار واللون الأزرق لتلوين الأنهار والمياه العذبة الأخرى (كما فعل المقدسي)، بينما لون الإدريسي البحار

بالأزرق والأنهار بالأخضر (١). وقبل ذلك لون الإصطخري الأنهار بالبني الغـــامق والبحيرات والبحار بالأخضر (٢) ، وحاليا يستخدم اللون الأزرق بتدرجاته لرســـم المظاهر المائية.

١- **رسم المسطحات المائية**: يتم تمثيل المظاهر المائية وفق عملية الانتقاء والتعمـــيم، وتظهر على الخرائط على شكل مساحات تلون عادة باللون الأزرق وتدرجاته التي تدل على الأعماق، ونلاحظ أن رسم خط الشاطئ - وهو الخط الفاصل بين اليابسة والماء - يكون على شكل خط أزرق رفيع، وفي الخرائط التفصيلية التي تهـــتم بخـــط الشاطئ، إما أن ترسم هذا الخط الذي يعبر عن الحد الفاصل بين اليابسة والمـــاء في حالة الجذر الأعظمي (خرائط الملاحة) وإما أن ترسمـــه في حالـــة المـــد الأعظمـــي (المخططات العمرانية).

ويتم التركيز في بعض الخرائط التفصيلية على رسم مظاهر القاع في المنطقة قليلة الأعماق (الرصيف القاري) لما لذلك من أهمية في عمليات الملاحـــة واختيـــار المواقع المناسبة للمرافئ والطرق المؤدية إليها، وفي عمليات استثمار الثروات المعدنية أو النباتية أو الحيوانية الموجودة في منطقة الرصيف القاري.

كما يجري التمييز بين أنواع الشواطئ، الرملية والحصـــوية والصـــخرية، والشواطئ الوطيئة أو المنخفضة والمرتفعة.

وترسم خطوط الأعماق المتساوية والجروف الشاطئية الملامسة للماء مثـــل خط الشاطئ باللون الأزرق أيضا، إذا كانت الخريطة ملونة، وبـــاللون الأســـود إذا كانت بالأبيض والأسود.

ويختلف رسم تفاصيل خط الشاطئ والتفاصيل الأخرى الموجودة تحت الماء وفوقه حسب مقياس الخريطة وحسب وظيفتها، وهذا ما يسمى درجة الانتقاء والتعميم - أي إننا نقلل من التعرجات والتفاصيل الأخرى كلما صغر مقياس

الخريطة، وعندما ننتقل من الخرائط الاستعلامية والخرائط ذات الاستعمال الحقلي الدقيق إلى الخرائط التعليمية وخرائط الدعاية. وتؤدي عملية الانتقاء والتعميم دوما إلى تبسيط الشكل الخارجي مع الحفاظ على السمات الرئيسة للمظهر المرسوم كالتعرجات الكبيرة، بما فيها من رؤوس وخلجان. انظر الشكل (– ٤٨–).

وترسم **البحيرات** بطريقة رسم البحار نفسها، لكن في البحيرات الصغيرة قد لا يمكن إظهار أية تفاصيل سوى خط الشاطئ واللون الأزرق الذي يغطي مساحة البحيرة . ولكننا نميز في الوقت نفسه بين البحيرات المالحة والبحيرات العذبة من خلال اللون. وعلى الخرائط التفصيلية نهتم بإظهار حدود البحيرات وخاصة عندما تكون البحيرات فصلية، أو تتذبذب مساحتها فصليا، كما يبين منسوب مياهها بالنسبة لمستوى سطح البحر، وأعماقها ، وارتباطها بالشبكة المائية (التغذية والصرف)، ويميز بين البحيرات الطبيعية والاصطناعية المتشكلة خلف السدود. من حيث درجة الانتقاء والتعميم، ففي الخرائط الجغرافية العامة يتم اعتماد نـاظم مساحي لتمثيل البحيرات كأن نقول ترسم البحيرات التي تبلغ مساحتها ١ ملم^{٢} بمقياس الخريطة فأكبر على الخرائط الطبوغرافية، ولذلك كلما صغر المقياس أُغفل عدد أكبر من البحيرات التي تقل مساحتها عن ١ ملم^{٢}، فإذا كانت البحيرة التي تبلغ مساحتها ١٠٠ م^{٢} تبدو على خريطة مقياسها ١: ١٠٠٠٠، فإن البحيرة نفسها لم تعد قابلة للرسم في خريطة مقياسها ١: ٢٠٠٠٠ لأن مساحتها سوف تصبح ١/٤ ملم^{٢}، ولن تظهر إلا البحيرات التي تبلغ مساحتها ٤٠٠م^{٢} فأكثر. أما على خريطة مقياسها ١: ١٠٠٠٠٠ فأصغر بحيرة يمكن رسمها يجب أن تكون مساحتها ١٠٠٠٠م^{٢}. ولكن هناك حالات خاصة يتم فيها الخروج عن هذه القاعدة وهي :

١– إذا كانت كل البحيرات في المنطقة المرسومة صغيرة دون الحد الأدنى للرسم، ويؤدي عدم رسمها إلى تشويه الصورة الحقيقية للمنطقة، فإنه يتم اختيار

بعض البحيرات وترسم بمساحة أكبر من مساحتها الحقيقية قليلا.

٢- عندما يكون للبحيرات الصغيرة أهمية خاصة كأن تكون منبعا مهماً لنهر من الأنهار المرسومة في الخريطة، أو عندما تشكل مصدرا للمياه العذبة في منطقة تفتقر إلى المياه، أو عندما يكون لها أهمية اقتصادية أو سياحية أو علاجية خاصة. ويتغير الناظم المساحي في الخرائط متوسطة المقياس وصغيرة المقياس. ويولى اهتمام خاص في الخرائط التفصيلية للتغير الفصلي الذي يطرأ على البحيرات، فتغير منسوبها يؤدي إلى تغير الرقعة التي تغطيها، وبالتالي تقسم البحيرات إلى بحيرات ذات سوية ثابتة، وذات سوية متغيرة وترسم شواطئ البحيرات الدائمة ذات السوية الثابتة بخط أزرق متصل، أما البحيرات متغيرة الحدود فإما أن ترسم بحدود فترة الشح، أو ترسم مع تبيان حدود فترة الشح بخط متصل، وفترة الحد الأعظمي بخط متقطع، وتغطي المنطقة الفاصلة بين الخطين بواسطة التهشير باللون الأزرق.

أما شواطئ البحيرات المؤقتة فترسم بخط متقطع، ويبين مذاق المياه في البحيرة باللون (الأزرق للعذبة، والبنفسجي للمالحة) وقد يبين المذاق بالكتابة على البحيرة نفسها.

وترسم المستنقعات في الخرائط الجغرافية العامة، وخاصة في الطبوغرافية منها بخطوط أفقية متقطعة متوازية باللون الأزرق مع رموز تشير إلى وجود النباتات فيها، ولكن الناظم المساحي لرسم المستنقعات يختلف عما هو عليه بالنسبة للبحيرات، حيث ترسم المستنقعات التي تزيد مساحتها عن ٢٥ملم^{٢}بمقياس الخريطة إلا في الحالات الخاصة المذكورة سابقا. وترسم السباخ بحدودها الخارجية عندما تكون من النوع الذي لا يمكن عبوره، وقد لا ترسم الحدود الخارجية إذا كانت من النوع الذي يمكن عبوره إلا إذا زادت مساحتها عن ١ سم^{٢} بمقياس الخريطة. وترسم السباخ بخطوط عمودية متقطعة .انظر الشكلين (- ٤٩و ٥٠).

٢- **المجاري المائية :** تصنف المجاري المائية إلى المجاري الطبيعية والمجاري الاصطناعية والمجاري الدائمة والمؤقتة. فالمجاري الطبيعية هي الأنهار الدائمة والمؤقتة والوديان، والمجاري الاصطناعية هي الأقنية الملاحية و أقنية الري والصرف.

وترسم المجاري المائية على الخرائط الملونة باللون الأزرق بخط متصل أو متقطع أو منقط، وباللون الأسود إذا كانت الخريطة بدون ألوان مع الحفاظ على شكل الخط. انظر الشكلين (-٥١و ٥٢-).

وترسم المجاري المائية على الخرائط الطبوغرافية التي لا يقل مقياسها عن ١: ١٠٠٠٠٠بتفصيل كبير حيث ترسم القصيرة منها والمؤقتة، وتبين خصائص هذه المجاري، والمنشآت المقامة عليها كالسدود والجسور، وصلاحيتها للملاحة، والمرافئ وغير ذلك من المظاهر والمواصفات .

وتجب الإشارة إلى انه يصعب رسم المجاري المائية بكل تفصيلاتها من حيث الأكواع والتعرجات التي نرسمها كلما صغر مقياس الخريطة، وإن إظهار عرض المجرى المائي الحقيقي أمر يصعب تحقيقه وخاصة بالنسبة للمجاري الصغيرة والمتوسطة في العرض، ولذلك فهي ترسم بخطوط يبلغ عرضها في كثير من الأحيان أضعاف عرض المجاري نفسها على الطبيعة.

نتيجة التجربة تبين ما يلي:

١- على الخرائط مقياس ١: ١٠٠٠٠ ترسم المجاري التي يقل عرضها عن ثلاثة أمتار بخط واحد وبخطين متوازيين إذا زاد العرض عن ذلك، ويمكن التعبير عن العرض الحقيقي للمجرى إذا زاد عرضه عن خمسة أمتار.

٢- على خرائط ١: ٥٠٠٠٠ ترسم المجاري التي يقل عرضها عن خمسة أمتار بخط واحد، وبالعرض الحقيقي إذا زاد عرضها عن ٢٠ مترا (٢٠ مترا على الطبيعة تعادل٠,٤ ملم على الخريطة).

٣- على خرائط مقياس ١: ٢٠٠٠٠٠ ترسم المجاري التي يقل عرضها عن ٢٠ مترا بخط واحد، والتي يتراوح عرضها بين ٢٠ و٨٠ بخطين متوازيين بمجموع عرضهما مع الفراغ بينهما ٠,٤ ملم بينما ترسم المجاري التي يزيد عرضها عن ٨٠ مترا بعرضها الحقيقي.

وبصفة عامة إن المجاري التي يزيد عرضها - بعد تحويله إلى مقياس الخريطة - عن ٠,٤ ملم يمكن رسمها بخطين متوازيين.

وأثناء رسم الخرائط الجغرافية العامة ذات المقاييس المتوسطة والصغيرة (أصغر من ١: ٢٠٠٠٠٠ نجد إن رسم المجاري المائية يخضع فيها لدرجات متفاوتة من الانتقاء والتعميم حسب وظيفة الخريطة. والتعميم عادة يصيب التعرجات في المجاري المائية حيث يحذف الصغير منها ويحتفظ بالتعرجات الواسعة، وتنتقى المجاري المائية الرئيسة لترسم على هذه الخرائط وتحذف المجاري القصيرة وقليلة الأهمية، وتخضع عملية الانتقاء والتعميم لقواعد قياسية يتم وضعها من خلال دراسة طبيعة المكان المرسوم وكثافة وجود الشبكة المائية ووظيفة الخريطة بما يتناسب مع مقياسها، ويتم الالتزام عادة بهذه القواعد في رسم الخرائط، فمن المعروف مثلا أنه على الخرائط الاستعلامية مقياس ١: ١٠٠٠٠٠٠ فأصغر لا ترسم الأنهار التي يقل طولها عن ١ سم بمقياس الخريطة، أي ١٠ كم على الطبيعة ، وتزداد درجة انتقاء المجاري المائية في الخرائط المدرسية التي يتم تبسيطها بتقليل محتواها واختصار تفصيلات المظاهر المرسومة.

ونتيجة لاختصار التعريج عند رسم المجاري المائية، نجد إن أطوال هذه المجاري على الخرائط يقل عن أطوالها على الطبيعة (بعد التكبير) ويزداد الفارق بين طول المجرى على الخريطة وعلى الطبيعة كلما كانت تعرجات المجرى كثيرة، وقد يصل الاختصار نتيجة التعميم إلى النصف في الخرائط المتوسطة والصغيرة في المقياس.

إن رسم الشبكة المائية على الخرائط يعتبر ذا أهمية بالغة بصفة عامة لما لها من دور في تحديد مواقع الظواهر الأخرى وفي تفسير الكثير من أوجه التمركز والنشاط البشريين، ولذلك يجب على واضع الخريطة أن يُعنى برسم هذه الشبكة بأكبر قدر ممكن من الدقة التي تمليها وظيفة الخريطة ويسمح بها مقياسها للتعبير عن طبيعة المكان المرسوم.

أما الأقنية والترع فتُرسم على الخرائط الطبوغرافية والعامة، ويتم رسمها باستخدام معايير قريبة من معايير رسم المجارى المائية الطبيعية، ويمكن تمييز الأقنية والترع عادة من خلال الخطوط المستقيمة والهندسية لمجاريها، وقلة عرضها وانتظامها.

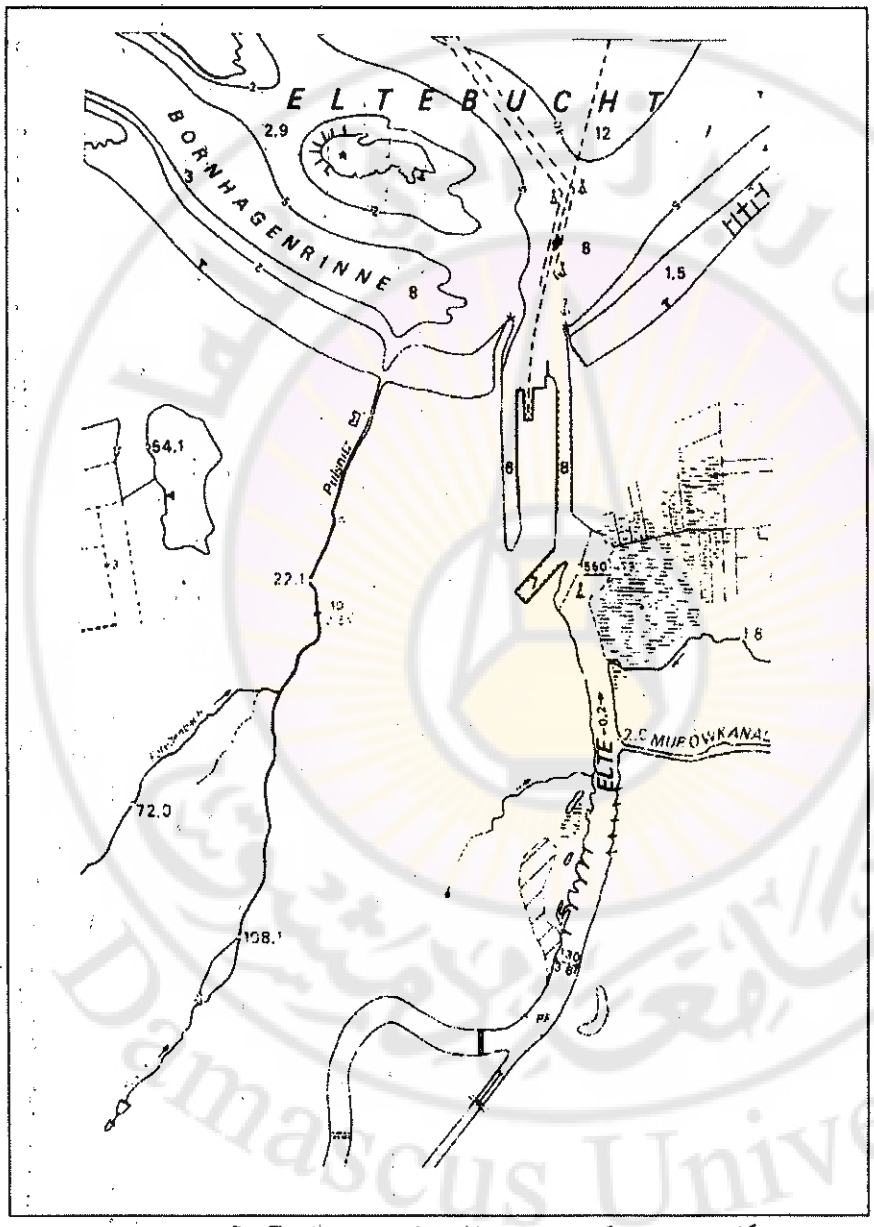
٣- رسم مصادر المياه النقطية: تشمل الآبار والينابيع والغدران وخزانات المياه والسدود الصغيرة حيث ترسم هذه المظاهر على الخرائط الطبوغرافية والتفصيلية التي يزيد مقياسها عن ١: ١٠٠٠٠٠ وتختلف درجة الانتقاء والتعميم عند رسم هذه المظاهر حسب مقياس الخريطة وطبيعة المكان المرسوم ..

أما على الخرائط المتوسطة والصغيرة المقياس فيخضع رسمها لدرجة انتقاء كبيرة، ولا يرسم منها إلا المهم والمتميز بصفاته الكمية أو النوعية (بئر ماء عذب في منطقة قليلة المياه).

وترسم مصادر المياه النقطية باللون الأزرق على الخرائط الملونة وبالأسود على الخرائط غير الملونة.

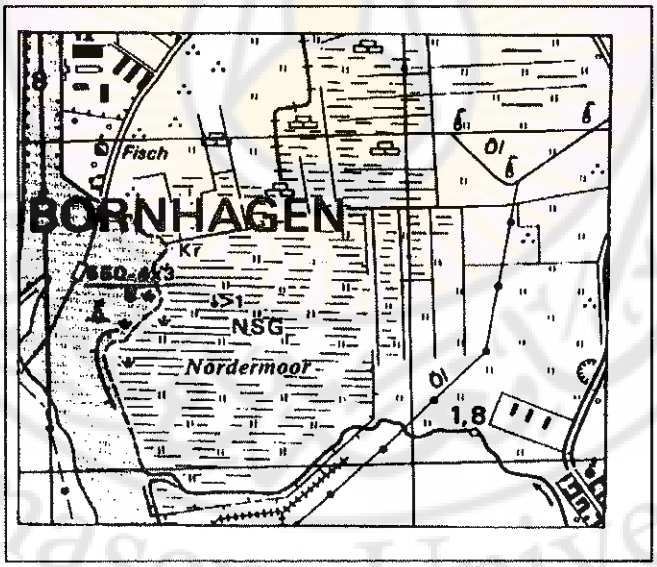
٤- رسم الجموديات والأغطية الثلجية: تمثل الجموديات بنقاط زرقاء على الخرائط الكبيرة والمتوسطة المقياس، ويراعى عند الرسم إبراز اتجاه الألسنة الجليدية أو سمك الغطاء الجليدي الدائم، فيعين بمنحنيات التسوية على الخرائط المتوسطة والصغيرة المقياس، كما ترسم حدود الثلج الدائم على الخرائط العامة، أما

حدود الغطاء الثلجي في فصل الشتاء فقلما يمثل على الخرائط الطبوغرافية والعامـــة، ولكن يمثل على الخرائط الخاصة بموضوعات لها علاقة بالغطاء الثلجي وحدوده.



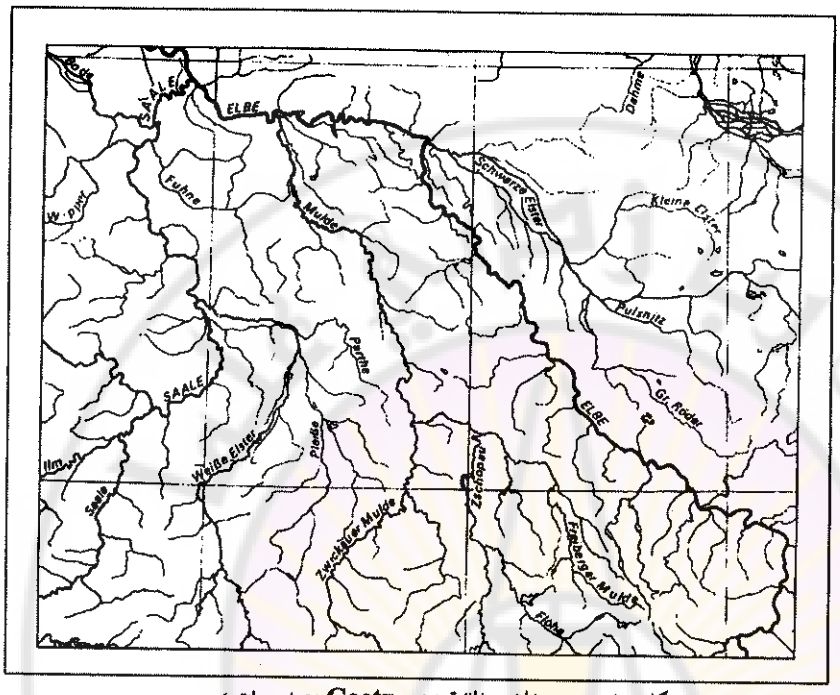
شكل- ٤٨ - يبين كيفية رسم بعض المظاهر المائية (عن Goetz وآخرون ١٩٨٤)

شكل –٤٩– يبين رسم الحدود الخارجية للمسطحات المائية

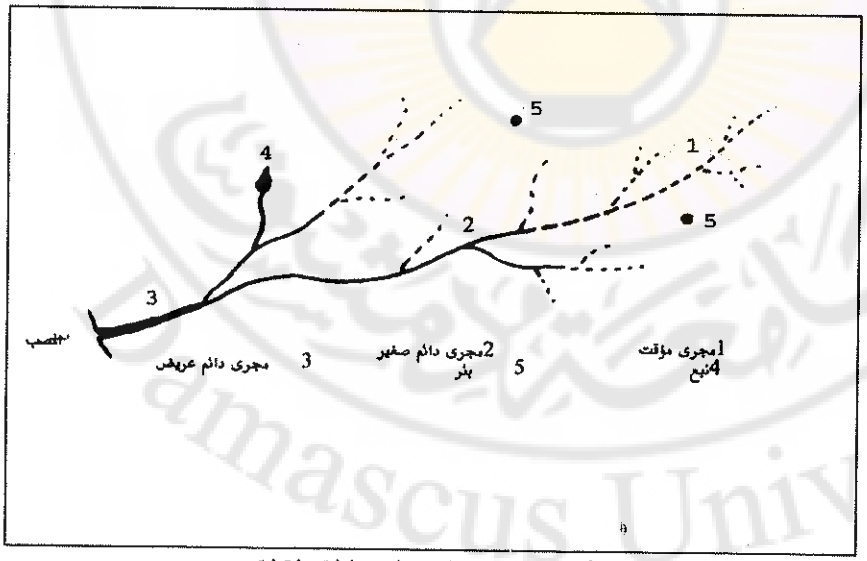


شكل– ٥٠– رسم المستنقعات على الخرائط الطبوغرافية (عن Goetz وآخرون ١٩٨٤)

(تم تقسيمها حسب إمكانية العبور إلى منطقتين : ١– ممكنة العبور وهي المنطقة الشرقية من الخريطة ،و٢– مستحيلة العبور وهي المنطقة التي تقع في وسط الخريطة)



شكل -٥١- رسم المجاري المائية (عن Goetz مصدر سابق)



شكل-٥٢- رسم المجاري المائية الخطية والنقطية

٣,١,٧- تمثيل النبات والتربة – Vegetation and Soil : تنتشر

النباتات والتربة في الطبيعة انتشارا مساحيا، وتشمل الجزء الأكبر من الحيز الجغرافي على اليابسة (سطح اليابسة). لكن تمثيل النباتات على الخرائط العامة لا يشتمل على كافة أنواعها – لأن ذلك من اختصاص الخرائط الخاصة بالنبات – بل يقتصر على أهم الأنواع التي تنتشر في الحّيز الجغرافي المرسوم. يتم تمثيل النبات بنوعيه الطبيعي والمزروع بواسطة مايلي:

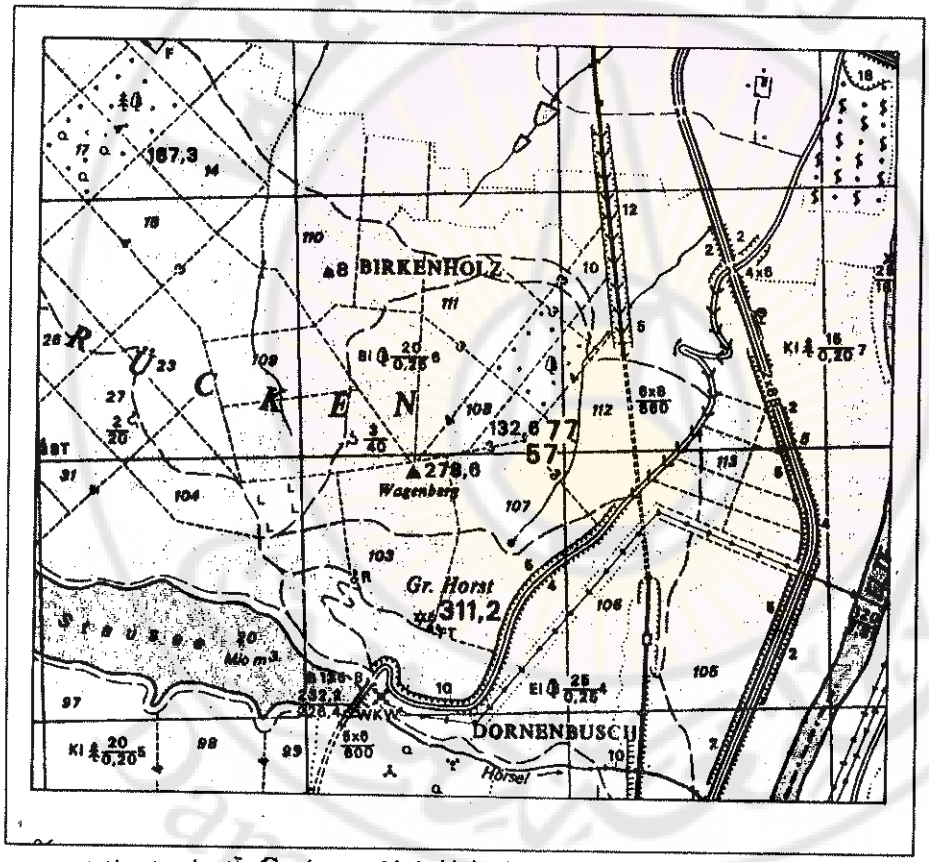
- مساحات ملونة بشكلٍ كامل يُستخدم فيها اللون الأخضر ومشتقاته.
- مساحات ملونة تحوي رموزاً على شكل نقاط أو خطوط أو رموز أخرى. انظر الشكل (– ٥٣–).
- مساحات محدودة بواسطة نقاط تحتوي رموزاً تدل على نوع النبات، وتكون هذه الرموز مُجمعة أو مفردة أو منتظمة،وتكون الأبعاد بينها ثابتة أو عشوائية.

الرموز المفردة يجب أن تُرسم في الأماكن الحقيقية لانتشار النبات. خاصة إذا كانت المنطقة معزولة لأنها تساعد أحياناً في التوجه.

أما التربة فهي بأنواعها المختلفة واسعة الانتشار، وليس سهلاً على الناظر التعرف على حدود كل نوع، وهي بالإضافة إلى ذلك تتغير بسرعة من مكان إلى آخر نتيجة لتفاعل عوامل نشوئها، إن الاختلاف المكاني في أنواع الترب يلاحظ بشكل متدرج حيث تختفي بعض الصفات وتظهر صفات جديدة، وهذا يجعل رسم الحدود بينها صعبا. ولكن الخرائط الجغرافية العامة تقتصر على رسم المظاهر التربية التي تعتبر عاملا هاما في فهم عناصر الحيز الجغرافي الأخرى.

تقسم النباتات إلى طبيعية (موجودة في الطبيعة دون تدخل الإنسان). ومزروعة (أو اقتصادية) لتحقيق أهداف الإنسان الاقتصادية أو الاجتماعية أو لحماية

البيئة. ومن جهة أخرى تقسم النباتات إلى أشجار معمرة وإلى شجيرات ونباتات معمرة وحولية، وتهدف عملية تمثيل النباتات على الخرائط العامة إلى إكمال الصورة التي ترسمها هذه الخرائط للحيز الجغرافي المرسوم، والقيام بعمليات القياس اللازمة للمظاهر النباتية والتربية التي تتضمن قياس المساحات والتعرف على الأنواع المنتشرة وعلى تطورها. ومن جهة أخرى فنجد إن تمثيل النبات والتربة يرتبط قبل كل شيء بالأهمية الاقتصادية لها.



شكل -٥٣- يبين تمثيل المظاهر النباتية على الخرائط الطبوغرافية (عن Goetz وآخرون مصدر سابق)

إن إمكانية تمثيل المظاهر النباتية تختلف حسب مقياس الخريطة. فالخرائط الطبوغرافية تستوعب تمثيل الأنواع النباتية التالية:

* النباتات الشجرية التي تقسم إلى غابات مختلفة التركيب والصفات كالغابات الإبرية والبلوطية والورقية المتساقطة والغابات الاصطناعية ومصدات الرياح والأحزمة الغابية والأشجار المتفرقة.

* النباتات الشجيرية الحراجية التي تقسم إلى شجيرات ورقية وإبرية وشوكية.

* نباتات معمرة وعشبية وطحالب وأشنيات ونباتات مائية.

* نباتات مزروعة كالأشجار المثمرة والبساتين والكروم والحقول.

وعند تمثيل مناطق غير مشغولة بالنباتات يُشار إلى بعض مظاهر التربة التي نذكر منها :

- الترب الصخرية والسطوح العارية.

- الترب المتفتتة (كالصخور المتفتتة) والحصويات الشاطئية البحرية والنهرية والترب الرملية علي الشواطئ البحرية والنهرية وفي الصحاري.

- بالإضافة إلى هذه الأنواع يمكن تبيان سطح الأرض الذي يمتلك أشكالا تضريسية خاصة كالسطوح المقببة والطينية وأراضي السباخ والخبرات والمستنقعات.

يتم تمثيل الأشكال المختلفة للنباتات والترب على الخرائط على شكل بقع لونية مع شطبات تميز كل نوع على حدة، وتستخدم بعض الرموز التعبيرية (شكل شجرة مخروطية).

أثناء تمثيل المظاهر النباتية والترب على الخرائط العامة لا بد من إخضاعها لعمليتي الانتقاء والتعميم اللتين تتعلقان بمقياس رسم الخريطة ووظيفتها. وأثناء القيام بعملية التعميم لهذه المظاهر يؤخذ بعين الاعتبار خصائص تركيبها (أنواعها) وتوزعها، ثم تلك المظاهر التي تساعد في دراسة عناصر الحيز الجغرافي بشكل متكامل كالغابات والأحراج والمروج والسهوب والمستنقعات .. الخ ..

ولدى دراسة **الغابات** يبين تركيب الغابة حسب أنواع أشجارها وخصائص

أخشابها العملية، وكثافة أشجارها وقابليتها للمرور، ويُشار أيضا إلى عمر الغابة وحجم الاحتياطي من الأخشاب فيها وغير ذلك، وهذا يتم عادة على الخرائط كبيرة المقياس.

وعند دراسة وتمثيل **المستنقعات** يتم تحديد نوع النباتات فيها وقابليتها للمرور، ويبين خط العمق الأعظمي وأنواع الترب فيها وغير ذلك.

أما تمثيل **الرمال** فيلحظ تصنيفها إلى رمال بحرية شاطئية ورمال نهرية أو رمال ريحية في المناطق الصحراوية .. وقد يلحظ اللون والمنشأ الصخري لها.

عندما يتم الانتقال إلى الخرائط الأصغر مقياسا، فإن الخصائص الكمية والنوعية للنباتات والترب يتم تعميمها بصورة أكبر، فعلى الخرائط ذات مقياس ١: ٢٥٠٠٠ حتى ١: ٢٠٠٠٠٠ تبين أنواع أشجار الغابة وخصائص هذه الأنواع، أما على الخرائط المتوسطة المقياس ١: ٢٠٠٠٠٠ – ١: ١٠٠٠٠٠٠ فإن هذه الخصائص لا يمكن تمثيلها ، بل يكفي إظهار المساحة التقريبية والموقع التقريبي والصفة العامة لكل مظهر يتم تمثيله.

من جهة أخرى إن الخرائط العامة تبين توزع الحيز الجغرافي إلى بقع مختلفة من حيث الأنواع النباتية والترب التي تشغلها كما تبين كثافة وجود هذه الأنواع ضمن مناطق وجودها.

ومن أجل رسم المظاهر النباتية والترب المختلفة في المكان الواحد تستخدم الرموز اللونية والتعبيرية والخطية المتراكبة على ألا يعيق أحدها قراءة الرموز الأخرى، كأن نستخدم البقع الخضراء لتبيان الغطاء النباتي الأساسي ورموز تعبيرية على شكل أشجار لتبيان الأشجار المخروطية المتواجدة في نفس المنطقة، وشطبات تشير إلى المستنقعات.

إن الانتقاء والتعميم الذي يفرضه الانتقال من الخرائط الكبيرة المقياس إلى

المتوسطة المقياس والصغيرة عند تمثيل المظاهر النباتية والترب يعتمد بالدرجة الأولى على الحفاظ على مساحات البقع التي تغطيها الأنواع النباتية والترب المختلفة .

وكذلك الحفاظ على الموقع الصحيح لمناطق انتشارها، لكن درجة الدقة في الحفاظ على المساحة والموقع تعتمد أيضا على وظيفة الخريطة وطبيعة الحيز الجغرافي المرسوم.

ويجب أن يؤخذ بعين الاعتبار أثناء القيام بالانتقاء والتعميم لتمثيل النباتات والترب أن لا تتعارض حدود انتشارها مع المظاهر الأخرى ثابتة الموقع كالمجاري المائية وخطوط الارتفاعات المتساوية، مع الإشارة إلى أن التعميم قد يؤدي إلى خسارة بعض المساحات الناتئة عن الكتلة الرئيسية لمنطقة الانتشار، وقد يسمح بخروج البقع الممثلة للمظاهر النباتية والترب عن مقياس الخريطة في حالات الانتشار الخطي لهذه المظاهر (حزام غابي، كثيب رملي ضيق).

٢,٧ تمثيل المظاهر البشرية والاقتصادية:

١,٢,٧ تمثيل المراكز الآهلة بالسكان: تُعد المراكز الآهلة بالسكان عنصرا هاما جدا من العناصر التي ينبغي تمثيلها على الخرائط الجغرافية العامة والخاصة، بدافع الأهمية الاقتصادية والاجتماعية والإدارية والتاريخية أحيانا للمراكز السكانية، فأهميتها ليست في كونها تجمعات للسكان بل لأنها مركز النشاط الاقتصادي الذي يمارسه السكان، فالمراكز الآهلة تتجمع عندها طرق المواصلات، وهي مراكز استقطاب الأنشطة الزراعية والصناعية والتجارية، وأية أنشطة أخرى تتعلق بالسكان...

وتختلف طرق تمثيل النقاط الآهلة بالسكان في الخرائط الطبوغرافية عن الخرائط الجغرافية العامة الأصغر مقياسا، وهذه بدورها تختلف عن طرق تمثيلها في خرائط المواضيع الخاصة التي سنتناولها فيما بعد . انظر الشكل (-٥٤ -) الذي

يبين كيفية تمثيل أحد المراكز الآهلة بالسكان على خرائط طبوغرافية بمقاييس مختلفة وعلى خريطة جغرافية عامة أخرى أصغر مقياسا (١: ١٠٠٠٠٠٠).

تمثيل النقاط الآهلة على الخرائط الطبوغرافية: تسمح مقاييس الخرائط الطبوغرافية من ١: ١٠٠٠٠ حتى ١: ١٠٠٠٠٠ بإظهار جميع النقاط الآهلة مع تبيان صفاتها الإدارية وعدد المساكن في النقاط الآهلة الريفية وتبيان المنازل المنفردة، ومن جهة أخرى يظهر المخطط العمراني لهذه النقاط بدرجات مختلفة من التفصيل ، ففي الخرائط من مقياس ١: ١٠٠٠٠ يمكن إظهار كل بناء في الريف وفي الأحياء السكنية المختلفة ، والأبنية الصناعية والتجارية والخدمية وغيرها ... وهنا نلاحظ أن الشوارع تمثل بعرض يزيد عن عرضها الحقيقي بعد التصغير حسب مقياس الخريطة. كما يمكن كتابة أسماء الشوارع والساحات والمنشآت الهامة بسهولة على الخريطة.

وفي الخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ٢٥٠٠٠ يتم تمثيل الكتل السكنية (تمثيل المساكن المتجاورة على شكل كتلة واحدة) التي يعبر مجموعها وطريقة تنظيمها عن الشكل العام لمخطط المركز الآهل بالسكان، ولا يسمح هذا المقياس برسم كل منزل على حدة داخل حدود المدن، ولكنه يسمح برسم المباني المنفردة. أما الشوارع فترسم كلها ولكن بعرض يزيد في معظم الأحيان عن عرضها الحقيقي. انظر مخطط مدينة طرابلس القديمة ولاحظ الأزقة المتعرجة الضيقة ، وقارن بين عرض هذه الأزقة كما رسمت على الخريطة ، وعرضها الحقيقي على الطبيعة الذي لا يتجاوز عادة ثلاثة الى أربعة أمتار .

وفي الخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ١٠٠٠٠٠ يتم تمثيل النقاط الآهلة فيأخذ شكل المركز المرسوم على الخريطة الشكل العام له في الواقع، ويتم في هذه الخرائط تمثيل الشوارع الرئيسية فقط.انظر الشكل (-٥٥ -) .

تمثيل النقاط الآهلة على الخرائط الجغرافية العامة الأخرى:

توضع هذه الخرائط بمقاييس متوسطة بين ١: ٢٠٠٠٠٠و ١: ١٠٠٠٠٠٠، أو بمقاييس صغيرة : أصغر من ١: ١٠٠٠٠٠٠.

ولا يختلف مبدأ تمثيل النقاط الآهلة على هذه الخرائط عن الخرائط الطبوغرافية إلا من حيث درجة الانتقاء والتعميم التي تكبر كلما صغر مقياس الخريطة.

فالمدن الكبرى تمثل عادة في هذه الخرائط بشكل يمثل المخطط العام من حيث التنظيم الداخلي والشكل الخارجي لها (الشوارع الرئيسية)، أما المدن المتوسطة فتبين بواسطة أشكال تمثل الشكل الخارجي العام لها، وقد تبين بعض الشوارع الرئيسية فيها.

أما المدن الصغيرة فيتم تمثيلها بواسطة رموز هندسية تشير الى دورها الإداري وعدد سكانها التقريبي.

إن الخاصة الأساسية التي يتم على أساسها انتقاء وتعميم النقاط الآهلة هي عدد السكان فيها ، يلي ذلك نمطها (مدني أو ريفي)، ثم أهميتها السياسية أو الإدارية أو الاقتصادية (عاصمة، مركز إداري من الدرجة الأولى أو الثانية، مركز اقتصادي هام، موقع استراتيجي ..) و يتم اختيار ما سيتم تمثيله من النقاط الآهلة وفقا لهذه المعايير، وتمثل برموز تعبر عن عدد سكانها أو عن وضعها الإداري أو السياسي.

ويتم تحديد درجة الانتقاء (عدد النقاط الآهلة التي ستمثل على الخريطة) على أساس أقصى عدد يمكن تمثيله في وحدة المساحة على الخريطة (١٠ سم٢ مثلا)، مع الأخذ بعين الاعتبار طبيعة انتشار السكان، والدور السياسي والإداري والاقتصادي كما تمت الإشارة إليه قبل قليل، بالإضافة الى نمط النشاط في هذه النقاط (مدن كبيرة متعددة الأغراض، مراكز صناعية، سياحية ...)، وطبيعة المنطقة

المرسومة (مناطق سكن على ضفاف الأنهار، على جانبي طرق المواصلات الرئيسية، على شواطئ البحار، على امتدادات الوديان، في الواحات .....)، وبالإضافة إلى ذلك إن عملية الانتقاء والتعميم للمراكز الآهلة تخضع لوظيفة الخريطة، فعلى الخرائط الاستعلامية يفضل إبقاء أكبر عدد ممكن من النقاط الآهلة التي تستوعبها الخريطة دون الإضرار بالعناصر الأخرى المرسومة، وشكل يسمح بقراءة الخريطة بسهولة، وتمييز أكثر المراكز أهمية من المراكز الأخرى، ويتسنى ذلك عادة باستخدام خطوط وسماكات مختلفة في كتابة التسميات تعبر هي أيضا عن أهمية النقاط الآهلة، وتوضع هذه التسميات بشكل يتناسب مع سهولة القراءة دون التقيد بجهة ثابتة للكتابة، وتتحاشى قدر الإمكان التقاطع مع المظاهر الأخرى المرسومة.

أما على الخرائط التعليمية وخرائط الدعائية مثلا فإن عدد النقاط الآهلة يقل والرموز المعبرة عنها تكبر.

ويفضل اتباع الطريقة التالية في انتقاء النقاط الآهلة لتمثيلها في الخرائط الجغرافية العامة التي تضم مناطق واسعة أو دولا: نثبت أولا العاصمة ثم مراكز المقاطعات أو المحافظات (البلديات) ثم مراكز المناطق والمدن الأخرى ذات الأهمية الاقتصادية أو السياحية أو الاستراتيجية، ثم المراكز الريفية حسب أهميتها الإدارية وعدد سكانها، أو حسب وجوه الأهمية الأخرى (قرية تضم آثارا مهمة، نقطة حدودية، نقطة آهلة مجاورة لموقع استخراج ثروة معدنية ..) .

وبالطبع هذا لا يعني أن كل خريطة عامة يمكن أن تضم كل النقاط الآهلة الواردة في التصنيف السابق فهذا يخضع لمقياس الخريطة ووظيفتها.

٣,٧ تمثيل الحدود السياسية والإدارية:

تمثل الحدود على الخرائط الجغرافية العامة وفقا لأهميتها على النحو الآتي:

- الحدود السياسية للدولة ، ويكتب اسم الدولة كاملا أو مختصرا داخل حدودها .

- الحدود الإدارية من الدرجة الأولى (حدود الجمهوريات الاتحادية، حدود الولايات، حدود المقاطعات، حدود المحافظات، حدود البلديات ..).
- الحدود الإدارية من الدرجة الثانية : قد تكون حدود المقاطعات أو المحافظات ، وقد تكون حدود المناطق أو حدود الفروع البلدية...
- الحدود الإدارية من الدرجة الثالثة: قد تكون حدود المناطق الإدارية للنموذج الاتحادي من الدول، وحدود النواحي للدول المقسمة الى محافظات ومناطق ونواحي....
- الحدود الإدارية من الدرجة الرابعة ومثالها حدود القرى.انظر الشكلين(– ٥٦ و ٥٧ –).

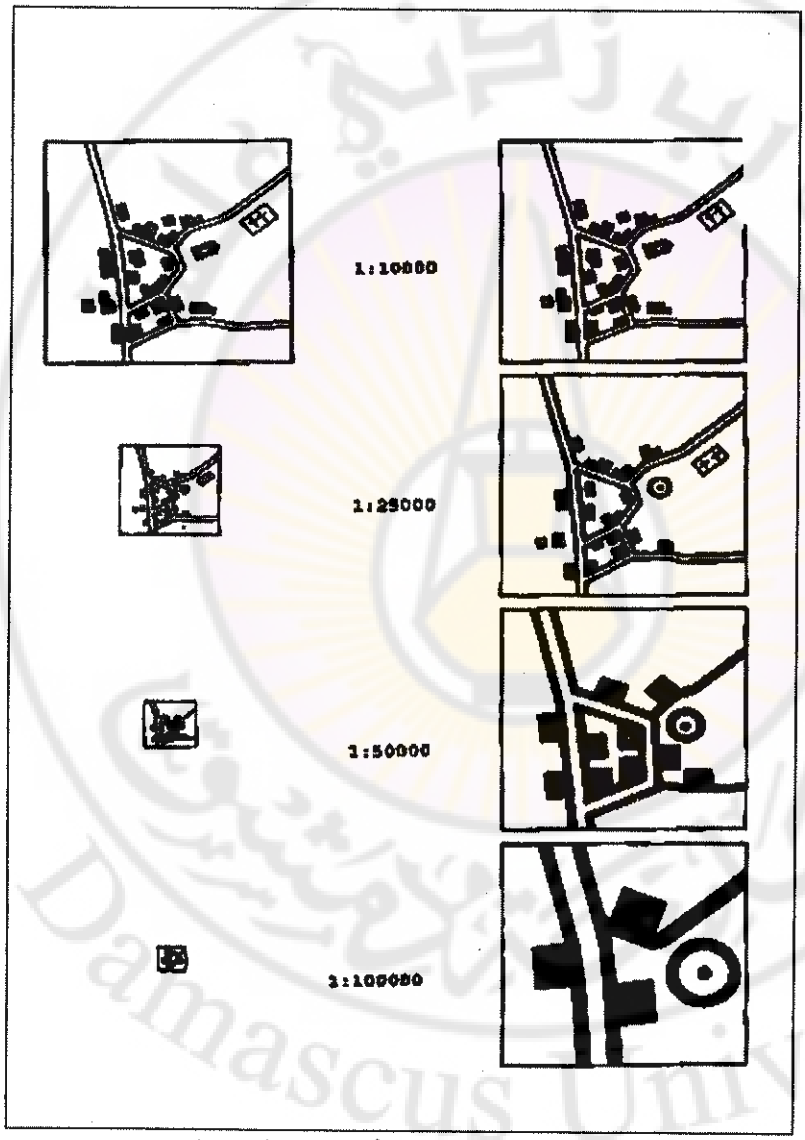
إن درجة التفصيل في رسم الحدود على الخرائط الجغرافية العامة تتعلق بمقاييس هذه الخرائط والمنطقة التي تشملها، ووظيفة الخريطة. فعلى الخرائط العامة التي تبين العالم بأكمله، أو قارة بكاملها يكفي رسم الحدود السياسية لكل دولة، ووضع العاصمة السياسية لها، وبعض المدن الكبرى إن وجدت وسمحت مساحة الدول بذلك.

أما على الخرائط التي تبين مجموعة غير كبيرة من الدول، يتم رسم الحدود السياسية والحدود الإدارية من الدرجة الأولى ، وتحدد العاصمة السياسية والمراكز الإدارية للتقسيمات المرسومة .

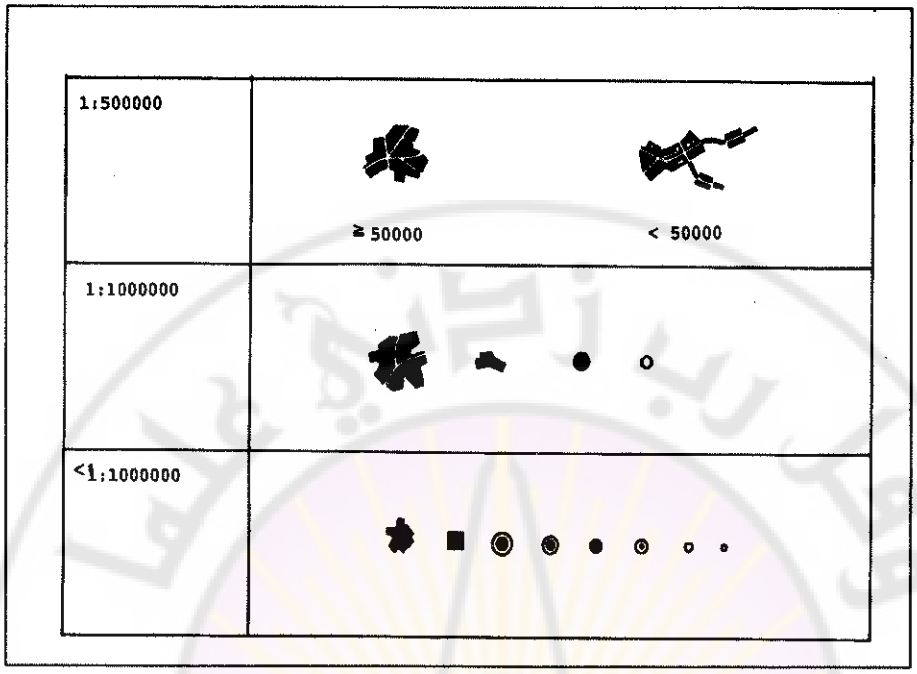
أما على خرائط كل دولة على حدة ، فان التقسيمات الإدارية المرسومة قد تصل الى الدرجة الثالثة إذا كان مقياس الخريطة ومساحات التقسيمات تسمح بإظهارها ، وقد يكفي إظهار التقسيمات الإدارية من الدرجة الأولى فقط.

وترسم الحدود بأشكال مختلفة على الخرائط العامة، ولكن من المفضل أن تتبع الأشكال المبينة في الشكل السابق وإن أُضيف إليها خطوط متصلة ملونة

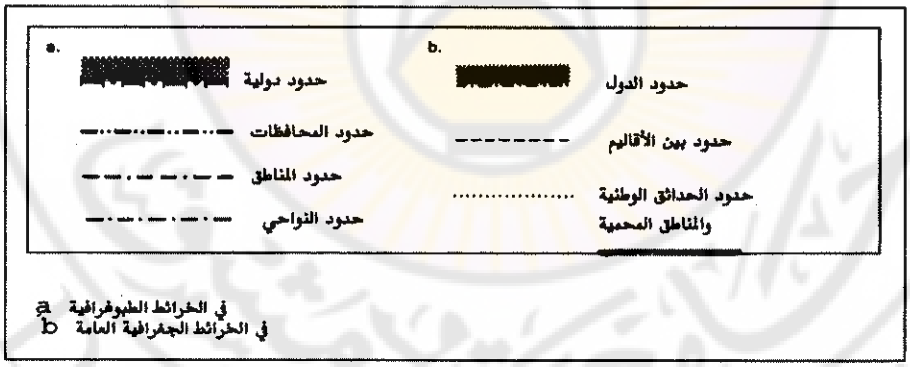
لإظهارها بشكل أوضح. وفي هذا الإطار نرى أن رسم الحدود بخطوط متصلة مختلفة السماكات قد يؤدي الى الخلط بين الرموز الدالة على الحدود وتلك الدالة على طرق المواصلات مثلا، وننصح دائما باستخدام الخطوط المبينة في الشكل السابق لرسم الحدود بأشكالها فقط.



شكل -٥٤-تمثيل المناطق الآهلة على خرائط مختلفة المقاييس

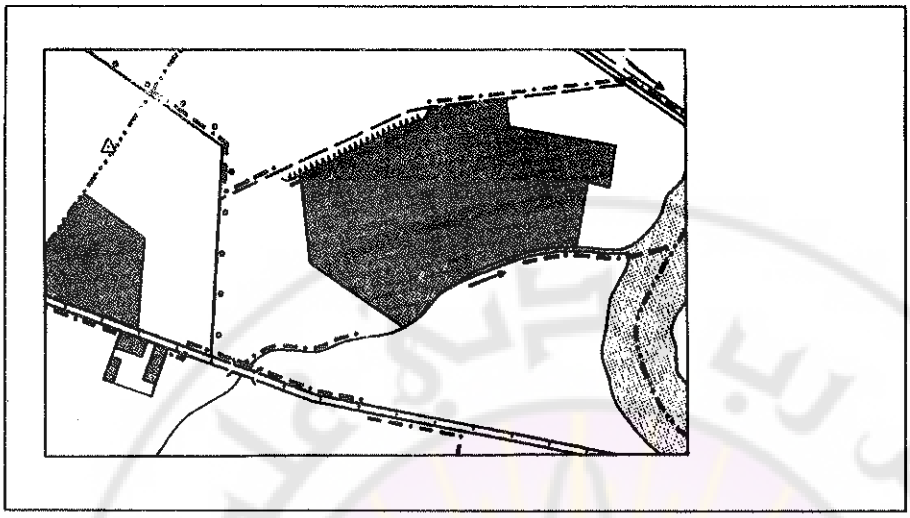


شكل-٥٥- تمثيل المراكز الآهلة بالسكان



شكل -٥٦- أشكال رسم الحدود

Damascus University



شكل –٥٧ – يبين رسم الحدود على الخرائط الطبوغرافية

٤,٧ تمثيل مظاهر الزراعة والصناعة:

الزراعة : تناولنا النباتات الزراعية عند دراستنا لتمثيل المظاهر النباتية فإننا وسوف نوضح هنا بعض الجوانب المتعلقة بتمثيل مظاهر النشاط الزراعي على الخرائط الجغرافية العامة .

تمثل على الخرائط الجغرافية العامة حدود الأراضي المزروعة وأنواع المزروعات، دون التطرق إلى كميات الإنتاج، ولما كان من غير المناسب التفصيل في أنواع المزروعات، فإنها تقسم أحيانا الى فئتين رئيستين: المحاصيل الحقلية والخضار ثم الأشجار المثمرة ، وتقسم كل فئة الى أنواع قد يعبر عن كل منها برمز خاص على أرضية خضراء اللون.

إن الرموز المستخدمة في رسم المزروعات تبين أماكن انتشارها، والمساحات المزروعة من كل نوع ، وهي في ذلك لا تخرج عن مقياس الخريطة (من حيث التناسب بين مساحة الرمز على الخريطة، والمساحة التي تنتشر عليها الظاهرة في الطبيعة)، وهذا يجعل عمليات القياس على الخريطة سهلة وصحيحة.

وعند الانتقال من الخرائط الطبوغرافية الكبيرة المقياس الى الخرائط الجغرافية العامة الأخرى الأصغر مقياسا يتم تعميم الأنواع الشجرية لتدمج في رمز واحد يشير الى الأشجار المثمرة ، ورمز آخر يشير الى المحاصيل الحقلية. كما يتم التعميم بتبسيط الحدود الخارجية للمنطقة المزروعة، ويتناول الانتقاء حذف البقع الصغيرة المزروعة، وإظهار مناطق الانتشار الرئيسة، أو يتم دمج البقع الصغيرة القريبة من بعضها في كتلة واحدة كبيرة.

الصناعة : تمثل مظاهر الصناعة على الخرائط الطبوغرافية برموز تعبيرية تشير إلى مواقع الصناعات المختلفة:

-الاستخراجية منها كالمناجم المغلقة والمفتوحة وحقول وآبار النفط والغاز.

- التحويلية : كمصانع التعدين والنسيج والمطاحن ، بالإضافة الى محطات توليد الطاقة بأنواعها. وتعتبر الرموز التي تستخدم على الخرائط الجغرافية العامة خارجة عن مقياس الخريطة لأن المساحات التي تشغلها هذه الرموز على الخريطة أكبر من المساحات التي تشغلها نفس المظاهر على الطبيعة.

وعند الانتقال الى الخرائط الجغرافية العامة الأصغر مقياسا، يتم انتقاء المظاهر التي ستمثل على هذه الخرائط حسب الأهمية الاقتصادية أو الموقع.

وفي العادة إن تمثيل المظاهر الصناعية والخدمية يكون بتفصيل أكبر عندما تقع هذه المظاهر خارج حدود النقاط الآهلة بالسكان، أما إذا وقعت داخل هذه الحدود فان درجة الانتقاء المطبقة تكون كبيرة جدا نظرا لمحدودية المكان وتشابك المظاهر الواجب تمثيلها.

من المعروف أن مظاهر الصناعة ترسم في الخرائط الجغرافية العامة التي يزيد مقياسها عن ١: ٢٠٠٠٠٠حتى وداخل النقاط الآهلة، ويندر تمثيلها في الخرائط الأصغر مقياسا، عدا بعض المظاهر الهامة خارج حدود النقاط الآهلة كالمناجم وحقول النفط والغاز.

٥,٧ تمثيل مظاهر النقل والمواصلات: تتوزع مظاهر النقل والمواصلات التي يمكن تمثيلها على الخرائط الجغرافية العامة من برية وبحرية وجوية، وتقسم طرق النقل البرية الى طرق سيارات وسكك حديدية وأنابيب وكابلات وأسلاك، وسوف نتناول باختصار طرق تمثيل هذه المظاهر على الخرائط.

- **طرق السيارات:** تصنف هذه الطرق حسب خواص إنشائها وتغطيتها وعرضها ومقدرتها على تمرير وسائط النقل، وحسب دورها الذي تؤديه دوليا أو محليا ، وبناء على ذلك نميز بين:
- طرق مزدوجة رئيسة لا يقل عرض الإسفلت فيها عن ١٥ م (درجة دولية).
- طرق مفردة رئيسة لا يقل عرض الإسفلت عن ٧ م (درجة أولى)
- طرق إسفلتية لا يقل عرض الإسفلت عن ٥ أمتار (درجة ثانية).
- طرق معبدة لا يقل عرض التعبيد عن ٤ أمتار (درجة ثالثة).
- طرق ترابية تصلح لمرور السيارات تصل بين النقاط الآهلة.
- طرق ترابية زراعية بين الحقول والغابات.

هذه الدرجات المختلفة من الطرق تمثل على الخرائط الطبوغرافية بالإضافة إلى المسالك الترابية لسير الأشخاص في المناطق غير المزودة بطرق.انظر الشكل-٥٨-

وتتخذ الطرق أهميتها من خلال أهمية المناطق التي تصل بينها (طرق دولية وخاصة طرق الترانزيت ، طرق تصل بين المدن الكبرى، طرق تصل المدن الكبرى بالضواحي والمناطق التابعة لها.

لكن الكثافة الكبيرة لشبكة الطرق البرية في بعض المناطق يحتم القيام بعملية الانتقاء والتعميم لاختيار ما يجب الإبقاء عليه وتمثيله ، وما يمكن الاستغناء

عنه، وذلك يحصل عند رسم الخرائط الطبوغرافية بمقياس

١: ١٠٠٠٠٠و ١: ٢٠٠٠٠٠، أو عند رسم الخرائط الجغرافية العامة الأخرى الأصغر مقياسا. ويشترط عند القيام بانتقاء شبكة الطرق الاهتمام بما يلي:

١. إبراز الكثافة النسبية لشبكة الطرق في المنطقة المرسومة (أي أن تحتفظ المنطقة ذات كثافة الطرق الكبيرة بكثافة نسبية تميزها عن المناطق الأخرى الأقل كثافة في شبكتها الطرقية).

٢. الحفاظ على خصائص كل طريق عند رسمه بعد إخضاعه لقواعد الانتقاء والتعميم (الطريق من الدرجة الثانية يحتفظ بدرجته إذا تم الإبقاء عليه في الخريطة).

٣. الحفاظ على الموقع الصحيح لكل طريق عند رسمه على الخريطة.

٤. تمثيل الأجزاء المتميزة من الطرق، وخاصة من حيث الخطورة كالمنحدرات الشديدة، وقابلية الانهيار والتقاطعات مع خطوط السكة الحديدية. والجسور المتحركة والثابتة وغيرها.

٥. .الحفاظ على علاقة الطرق مع بعضها، وعلاقتها مع عناصر المكان الأخرى كالنقاط الآهلة بالسكان والتضاريس والشبكة المائية، وتحاشي الانقطاعات غير المبررة في الطرقات.

ولا بد من الإشارة أيضا إلى أن عرض الطرق المختلفة على الخرائط يكون أكبر من عرضها الحقيقي على الطبيعة (بعد التكبير)، وإن الخطوط المعبرة عن هذه الطرق تصبح خارجة عن المقياس بدرجات متزايدة كلما صغر مقياس الخريطة.

ومن جهة أخرى يتم **انتقاء الطرق الفرعية** عند الانتقال من الخرائط الأكبر مقياسا ، إلى الخرائط الأصغر مقياسا حسب الأهمية على النحو التالي:

١. الطرق التي تصل بين النقاط الآهلة والطرق الرئيسية، أو بين

المراكز الآهلة ومحطات السكك الحديدية أو المرافئ أو المطارات، ولذلك لا يجوز رسم المراكز الآهلة معزولة عن طرق المواصلات.

٢. الطرق التي تعتبر تتمة لتلك الموجودة في المراكز الآهلة (إذا كانت الخريطة تبين المخطط الداخلي للنقاط الآهلة وتمتد شوارعها لكي تتصل بالضواحي.

٣. الطرق التي تصل الى منابع المياه ، أو الحدود الدولية ، أو ترافق الحدود نفسها .

٤. الطرق التي تصل بين النقاط الآهلة بشكل مختصر .

٥. الطرق التي تصل الى مواقع المشاريع الزراعية والصناعية الممثلة في الخريطة (السدود ، الآبار ،محطات الضخ ، المناجم ، حقول النفط والغاز) .

٦. الطرق التي تسهل عليها الحركة ، ويتم تمثيل الطرق الترابية والمسالك الصالحة لسير المشاة عند رسم المناطق التي تقل فيها كثافة شبكة المواصلات كثيرا ، أو عندما تكون هذه الطرق الوسيلة الوحيدة للاتصال بين المراكز البشرية أو الاقتصادية والمناطق الأخرى .

خطوط السكك الحديدية: تصنف حسب عرضها الى عريضة وضيقة، وحسب عدد الخطوط (السكك) إلى سكك بخط واحد أو خطين (يمرر قطارين) أو أكثر، كما تصنف أيضا الى خطوط عادية بدون كهرباء، وخطوط مكهربة تسمح باستعمال القاطرات الكهربائية، وتصنف إلى سكك تحت الاستعمال وأخرى قيد الإنشاء أو معطلة.

هذه الصفات المميزة للسكك الحديدية تمثل على الخرائط الطبوغرافية والخرائط الجغرافية العامة الأخرى كليا أو جزئيا، فيمكن أن تمثل على الخرائط الطبوغرافية الكبيرة المقياس (حتى١: ٢٠٠٠٠٠) كل السكك الحديدية مع بيان أنواعها ومسارها و المنشآت المقامة بمحاذاة السكك الحديدية وتحتها كالجسور

والأنفاق والتقاطعات مع طرق السيارات والمقاطع المحمية من الانجراف ومستودعات القطارات والمحطات الصغيرة والكبيرة المنتشرة على مسار السكك الحديدية، ويصبح إظهار هذه التفاصيل أسهل كلما زاد مقياس الخريطة عن ١ : ٥٠٠٠٠ (انظر الشكل – ٥٩-).

ويخضع رسم السكك الحديدية إلى قواعد الانتقاء والتعميم عند الانتقال من الخرائط الكبيرة المقياس إلى الخرائط الأصغر مقياسا، فترسم السكك الحديدية وفق الأفضليات التالية :

١. ترسم السكك المزدوجة ثم المفردة الواصلة بين النقاط الآهلة الكبيرة ، والسكك التي تصل إلى الموانئ التجارية ومناطق استخراج الثروات المعدنية، وتلك التي تصل الدولة بالدول المجاورة لها.

٢. ترسم تفرعات هذه السكك التي تصل إلى النقاط الآهلة من الدرجة الثانية.

٣. تحدد مواصفات السكك (مزدوجة، مكهربة، عريضة، ضيقة) على الخرائط حتى مقياس ١: ١٠٠٠٠٠٠وأحيانا أصغر.

٤. تحدد المواصفات الأخرى للسكك (الأنفاق، الجسور، المحطات الرئيسة والثانوية، التقاطعات) على الخرائط التي يزيد مقياسها عن ١ : ١٠٠٠٠٠٠ مع زيادة التفاصيل تدريجيا كلما كبر المقياس .

النقل المائي: تمثل الموانئ التجارية والموانئ المتخصصة بتفريغ وشحن مواد معينة (النفط، الغاز، الثروات المعدنية الأخرى) ، كما تمثل الخطوط الملاحية. وحتى تكتمل الصورة يجب أن تكون الطرق البرية الواصلة إلى هذه الموانئ (طرق السيارات، والسكك الحديدية) ممثلة أيضا على الخريطة. وقد تذكر المسافات الفاصلة بين الموانئ على خطوط الملاحة.

أما طريقة تمثيل الموانئ فتكون وفق مخطط الميناء وأبعاده الحقيقية على الخرائط الكبيرة المقياس أو على شكل رمز تعبيري للميناء ، وغالبا ما يكون شكل المرساة، ويمكن التحكم بحجم هذا الرمز للتعبير عن طول أرصفة الميناء أو حجم التحميل والتفريغ فيه، أو عدد السفن التي تدخله سنويا، ولكن التعبير هنا مبسط لا يرتبط بدقة بالمقادير الدالة على مواصفات الميناء لأن إبراز هذه التفاصيل من شأن خرائط المواضيع الخاصة.

النقل الجوي : يقتصر في الخرائط الطبوغرافية والخرائط الجغرافية العامة على رسم المطارات وتحديد أنواعها (مدنية، عسكرية، طيران شراعي) برموز تكون في أغلب الأحيان على شكل طائرات. ونصادف على الخرائط الكبيرة المقياس رسوما تدل على مخططات المطارات (تبين المدرجات والمحطة الرئيسة وساحات وقوف الطائرات).

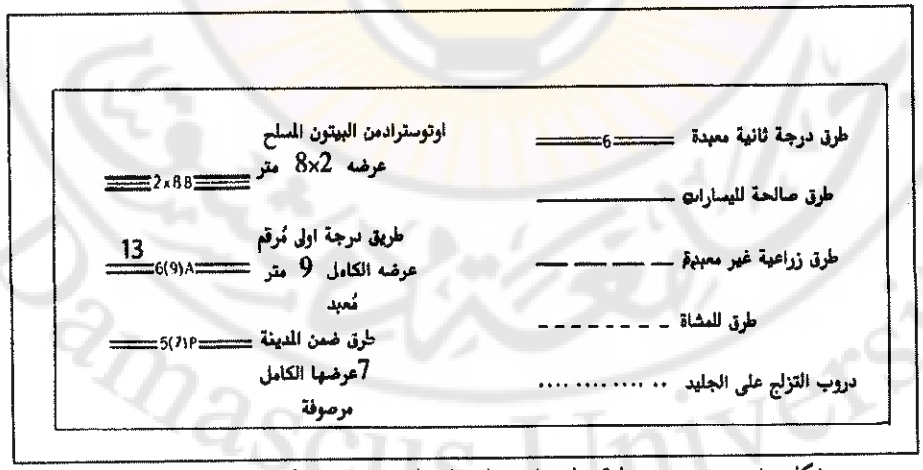
الأنابيب: تعتبر وسيلة لنقل المواد السائلة والغازية سواء أكانت هذه المواد نفطية أم مياها عذبة أو مالحة أو أنابيب الصرف الصحي، ولكن ما يمثل على الخرائط الطبوغرافية والخرائط الجغرافية العامة الأخرى لا يشمل تفاصيل خطوط الأنابيب كلها، بل يقتصر عادة على رسم الأنابيب الرئيسة الواصلة بين المدن، أو بين مناطق الإنتاج ومناطق التصنيع أو مناطق الاستهلاك أو التصدير، وذلك حسب المادة المنقولة، كما تمثل على الخرائط المنشآت الملحقة بالأنابيب كمحطات الضخ والاستقبال والخزانات. ويمكن أن تشير الرموز المستخدمة لرسم الأنابيب و نوع المادة المنقولة إلى وضع هذه الأنابيب، هل هي في الاستثمار أم قيد الإنشاء.

الأسلاك: تعتبر وسيلة لنقل الطاقة والإشارات الكهربائية المعبرة عن الاتصالات بمختلف أنواعها. ولذلك يتم تمثيل الأسلاك الخاصة بنقل التيار الكهربائي بين المدن مع الإشارة إلى مقدار توتر التيار الكهربائي، كما تمثل محطات إنتاج الطاقة ومحطات

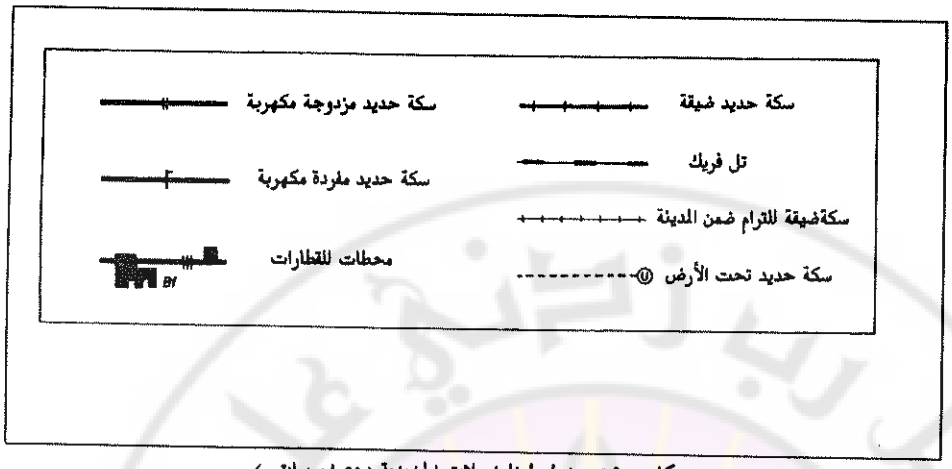
تحويل التوتر، وهذا ما يمكن رؤيته على الخرائط الطبوغرافية الكبيرة المقياس، ومع ازدياد درجة الانتقاء على الخرائط الجغرافية العامة الأصغر مقياسا ، يتم تمثيل خطوط الطاقة الرئيسة(٤٠٠ كيلوفولت مثلا)، كما تمثل محطات التوليد والتحويل الهامة.

وتمثل خطوط نقل المكالمات الهاتفية الواصلة بين المدن على شكل كابلات أرضية، أو أسلاك هوائية كما تمثل محطات الإرسال والاستقبال اللاسلكية، ومحطات الاتصال عبر التوابع الصنعية.

وتمثل على الخرائط الطبوغرافية والخرائط العامة الأخرى بعض مظاهر الخدمات الثقافية كالجامعات والمعاهد والمراكز الثقافية والمسارح والسينما والمدارس، ومظاهر الخدمات الصحية كالمستشفيات والمصحات ودور الراحة والمنشآت الرياضية وغيرها ... وتستخدم في تمثيل هذه المظاهر رموز تعبيرية ترافقها تسميات مختصرة. ويغلب تمثيل هذه المظاهر داخل المراكز الآهلة وحولها بدءا من مقياس ١: ٢٥٠٠٠ فأكبر. أما في الخرائط التي يقل مقياسها عن هذا المقياس فتطبق عليها قواعد انتقاء أشد، وتمثل المظاهر الهامة الواقعة خارج حدود المراكز السكنية، أو التي تشغل مساحة واسعة ضمنها.



شكل- ٥٨ - يبين رسم طرق المواصلات على الخرائط (عن Goetz وآخرون مصدر سابق)



شكل – ٥٩– خطوط المواصلات الحديدية (مصدر سابق)

٦,٧ تمثيل العناصر المساعدة والمتممة

إن احتواء الخريطة الجغرافية عناصر الأساس الرياضي من مسقط ومقياس وشبكة إحداثيات، وكذلك احتواؤها على عناصر المحتوى الجغرافي المتمثلة في الظواهر الجغرافية المبينة بواسطة رموز اصطلاحية، على الرغم من أهميته لا يجعل الخريطة تبدو كاملة أو صالحة للاستخدام أو قابلة للقراءة وفهم محتواها في معظم الحالات. فالرموز المستخدمة في رسم الخريطة قد لا تكون مفهومة دون تحديد المقصود منها في طرف من أطراف الخريطة – أي ما يسمى بالمفتاح. كما أن تزويد الخريطة بالكتابات والتسميات شرط أساسي لقراءتها، وتزداد الخريطة غنى عندما تزود برسوم بيانية إضافية أو جداول أو خرائط صغيرة ملحقة بالخريطة الأصلية. إن الإضافات التي تبدو ضرورية لكل خريطة نطلق عليها اسم **العناصر المساعدة** ، أما الإضافات التي تزيد الخريطة غنىً ولكنها لا تصل إلى درجة الضرورة الحتمية، ويمكن الاستغناء عنها دون الإضرار بالخريطة والإخلال بإمكانية فهم محتواها الأساسي فنسميها **العناصر المتممة.**

١,٦,٧العناصر المساعدة: هي تلك العناصر التي تضاف الى الأساس الرياضي والمحتوى الجغرافي للخرائط بغية المساعدة على فهم هذا الأساس وذلك المحتوى كالمفتاح والكتابات بما في ذلك اسم الخريطة، والرسوم البيانية الخاصة بإجراء القياسات.

– **المفتاح:** يعتبر المفتاح أهم العناصر المساعدة على الإطلاق، ولذلك يجب أن يكون وضعه واختيار مكانه وتحديد محتواه، متزامنا مع مراحل وضع الخريطة نفسها،وأهم العوامل التي تؤخذ بعين الاعتبار عند اختيار موقع المفتاح هي:

- سهولة قراءة محتوى المفتاح الذي يجب أن يعبر بدقة عن المحتوى الجغرافي للخريطة.
- إمكانية عزل المفتاح بمحتواه عن محتوى الخريطة نفسها وعن العناصر المساعدة والمتممة الأخرى ، ويكون هذا العزل إما بوضع محتوى المفتاح ضمن إطار خاص ، أو بطريقة تجعله يبدو مستقلا عما حوله ، أو أن يوضع خارج إطار الخريطة إن لم يتوفر المكان المناسب له داخل الإطار.
- ملاءمة موقع المفتاح للخريطة – أي بشكل يخدم المظهر العام لها – ولا يسيء إليها أو الى فهمها. ويتم عادة وفقا للحالات التالية:
  - يرسم المفتاح عادة خارج إطار الخريطة في الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية وغيرها من الخرائط التي تتكون من عدة قطع، أو التي لا يبقى داخل إطارها مساحة كافية لرسم المقياس.
  - يرسم المفتاح خارج إطار الخريطة في الخرائط التي ترسم كيانا سياسيا أو وحدة إدارية ، وترسم في نفس الوقت ونفس المحتوى ما يظهر داخل الخريطة من الأراضي المجاورة، ولكن قد يوضع المفتاح داخل الإطار في بعض الأحيان ولكن خارج حدود المنطقة المقصودة بالرسم.

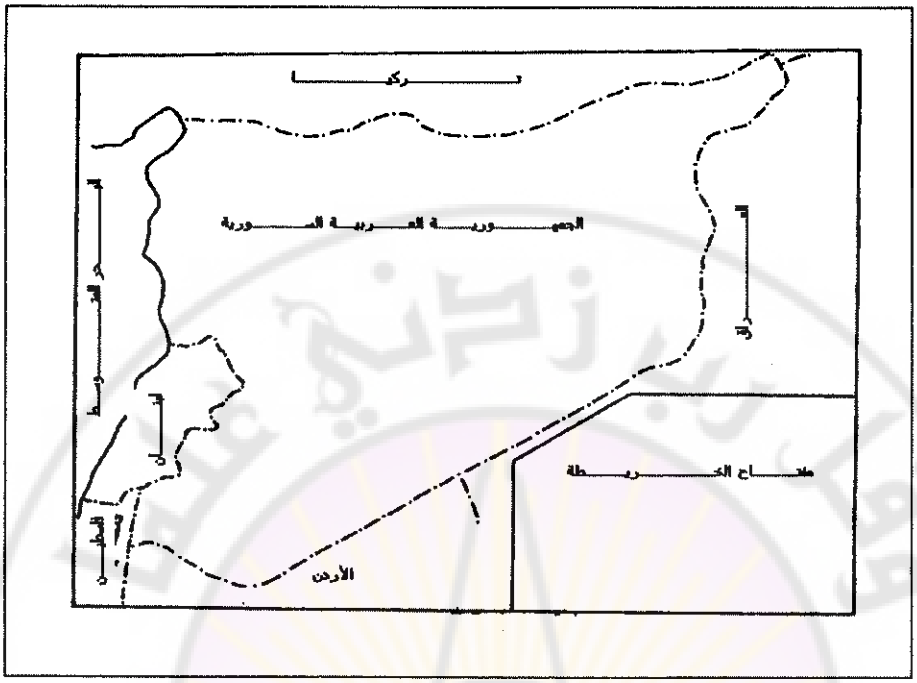
- يرسم المفتاح ضمن إطار الخريطة إذا وجد المكان المناسب

وخارج حدود المنطقة المقصودة بالرسم.

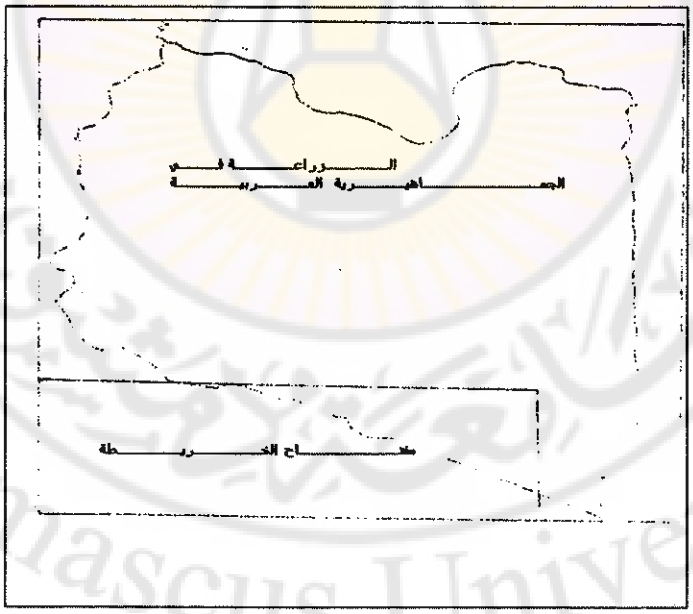
- يرسم المفتاح ضمن إطار الخريطة وعلى حساب جزء من المنطقة المقصودة بالرسم، إذا كان هذا الجزء قليل الأهمية، أو خاليا من المظاهر التي يتم تمثيلها على الخريطة.

إذا رسمنا عدة خرائط لمناطق مختلفة على صفحة واحدة إذا كان لها موضوع واحد، ، فإننا نرسم مفتاحا واحدا لهذه الخرائط مجتمعة، ويكون المفتاح في هذه الحالة منفصلا عن الخرائط ولكنه مجاور لها. (مثال: خرائط لعدة دول متباعدة تبين توزع وكثافة السكان فيها بقصد المقارنة، ويوضع لها مفتاح واحد).

في الأطالس التي ترسم خرائط ذات موضوعات مشتركة ، تكرر رموز عامة في عدد كبير من الخرائط يتم وضع مفتاح لهذه الرموز المشتركة في مقدمة الأطلس، أو في مقدمة الجزء الذي يحوى هذه الخرائط .انظر الشكلين (٦٠ -٦١-).



شكل –٦٠– يُظهر الموقع الصحيح للمفتاح



شكل –٦١– يبين رسم المفتاح على جزء من المنطقة المرسومة

إن غزارة محتوى الخرائط الجغرافية العامة أو الخاصة أحيانا يعني استخدام عدد كبير من الرموز الاصطلاحية التي لا بد من إظهارها في المفتاح، وهذا يجعلنا بحاجة إلى مساحة أكبر تخصص للمفتاح، ولذلك يتم اللجوء إلى الحلول التالية:

- تجزئة المفتاح إلى قسمين أو أكثر (حسب الحاجة) وتوزيع رسم هذه الأجزاء على زوايا الخريطة إن وجد المكان المناسب لذلك داخل إطارها، شريطة عدم تجزئة الرموز الخاصة بموضوع واحد (مثال: يمكن فصل الرموز الخاصة بالمحاصيل الزراعية عن الرموز الخاصة بالصناعات، ولكن لا يمكن فصل رموز كل مجموعة عن بعضها).

- رسم المفتاح خارج إطار الخريطة .

- رسم الرموز الداخلة في المفتاح داخل إطار الخريطة أو خارج إطارها دون شرح، وتزود هذه الرموز بأرقام، ويشرح معنى الرموز المرافقة للأرقام في جدول مرفق بالخريطة ويكثر استخدام هذه الطريقة في الخرائط التي تزود بها الكتب الجغرافية، وذلك نظرا لمحدودية المكان المخصص للرسم (صفحة الكتاب).

تصميم مفتاح الخريطة : يجب أن تراعى الشروط التالية في تصميم المفتاح:

- أن يشمل المفتاح تفسيرا لكل عناصر المحتوى الجغرافي للخريطة.

- أن تكون الرموز المستخدمة في المفتاح سهلة القراءة والفهم، وتعبر بوضوح عن المظاهر التي تمثلها في الخريطة.

- يجب أن تتطابق الأشكال والألوان والرموز المستخدمة في المفتاح مع الأشكال والرموز والألوان المستخدمة في رسم المظاهر داخل الخريطة.

- يجب أن يبرز المفتاح العناصر الأساسية المرسومة في الخريطة بصورة تعبر عن أهميتها في المقام الأول، ويكون ذلك من خلال ترتيب الرموز داخل المفتاح، فتوضع رموز العناصر الأساسية في المقدمة (في الأعلى) ثم يليها رموز العناصر المساعدة أو المكملة.

- يجب أن تكتب العناوين التي تدل على المحتوى في مفتاح الخريطة بخط أعرض من الخط الذي تكتب به شروح الرموز.

- يجب تحاشي الكبر الزائد في المفتاح، حتى لا تزيد مساحته عن مساحة الخريطة نفسها.

إذا كان المفتاح كبيرا، ولا يتسع له المكان على نفس الصفحة داخل أو خارج إطار الخريطة فيفضل أن يوضع على الصفحة المقابلة لها (في الكتب والأطالس)، ولا يجوز وضع المفتاح على خلفية الخريطة، لما يسببه ذلك من صعوبة في قراءتها.

الكتابات في الخرائط: إن الكتابة في الخريطة والاهتمام بها ينبع من أنها تفسر الرموز المستخدمة أو تشير إلى مسميات المواقع والظواهر المختلفة، ومن جهة أخرى إن للكتابة أصولها وقواعدها من حيث الشكل والحجم، لأنها تغني المضمون الجمالي للخريطة، ولا تشوه المضمون الجغرافي لها. وتتخذ الكتابة أهميتها في الخرائط الطبوغرافية من خلال دقة الأسماء التي تكتب عليها وصحتها وشمولها للأسباب التالية:

١- تعتبر الخرائط الطبوغرافية أساسا لرسم جميع أنواع الخرائط الجغرافية العامة والخاصة بمختلف المقاييس، ولذلك إن الكتابة على الخرائط الطبوغرافية تعتبر مصدرا للكتابة على الخرائط الأخرى، وأخطاء الكتابة فيها سينتقل الى الخرائط الأخرى المأخوذة منها.

٢- توضع الخرائط الطبوغرافية عادة بعد التحقق من المعلومات - بما فيها الأسماء - التي تحويها على الطبيعة، ومن المصادر المختلفة الأخرى.

٣- إن الأسماء التي تحويها الخرائط الطبوغرافية هي المعتمدة رسميا في الدولة، ومن هنا تنبع الأهمية والمسؤولية القانونية للخرائط الطبوغرافية والأسماء المثبتة فيها.

ونظرا لأهميتها الجغرافية، عند وضعها على الخرائط، أو عند استخدامها في الحياة العملية لمختلف الأغراض، إن الدول تسعى إلى تنظيم عملية جمع الأسماء الرسمية في نشرات خاصة وإصدارها، ورصد التبدلات التي تطرأ عليها.

ومن جهة أخرى إن كتابة التسميات في الخرائط الجغرافية لها أصولها وقواعدها التي يمكن تلخيصها بما يلي:

- الاسم يجب أن يعبر عن حجم الظاهرة وأهميتها صاحبة التسمية من خلال حجم الحروف المستخدمة في كتابة التسمية.واسم العاصمة أو المدينة الكبرى يُكتب بحروف أكبر من أسماء المدن المتوسطة، وهذه تُكتب بحروف

أكبر من أسماء المدن الصغيرة. وقد تضاف إلى التسمية خطوط عريضة أو ضيقة أسفل التسمية للتمييز بين الكتابات المتماثلة في عرض حروفها المختلفة في أهميتها. وحرصاً على زيادة تمييز التسمية وإن كانت مكتوبة بخط أعرض من غيرها.

- اختيار الخط المناسب. تحفل كتب اللغة العربية بأنواع مختلفة من الخطوط منها: الثلث والديواني والفارسي والكوفي والنسخي، ولكن أثناء الكتابة في الخرائط يُفضل عدم استخدام هذه الخطوط كلها، ولا بد من اختيار الخط أو الخطوط المناسبة، وغالبا ما يكتفي بالخطين الرقعي والنسخي داخل الخريطة وفي مفتاحها (النسخي للتسميات الكبرى والرقعي للتسمياتالصغرى عادة). وقد تستخدم أنواع أخرى من الخط العربي لكتابة اسم الخريطة. ولا يجوز استخدام نوعين من الخط لكتابة تسميات متماثلة في أهميتها وحجمها.

- لا ترتبط كتابة تسميات الكيانات السياسية والإدارية بطول معين ، ولا تكون الكتابة على خط مستقيم، بل يرتبط طول التسمية وانحناؤها بالشكل العام الذي تأخذه هذه الكيانات، ويبدو واضحا أن التسمية تخص مساحة

هذا الكيان السياسي أو الإداري بكاملها. وتطبق نفس القاعدة عند كتابة تسمية ظاهرة ذات انتشار مساحي (غابات، بحار، بحيرات، مناطق انتشار شعب معين ، لغة ما). حيث تمتد الكتابة على طول منطقة انتشار الظاهرة.

- بالنسبة للظواهر ذات الانتشار الخطي كالطرق والأنهار والأقنية يجب أن تساير الكتابة الدالة على هذه الظواهر خط انتشار الظاهرة نفسها، ويفضل أن تتجه الكتابة من المنبع إلى المصب (بالنسبة للأنهار) شريطة ألا تصبح الكتابة معكوسة بالنسبة لقارئ الخريطة (لا تزيد زاوية ميل الكتابة على أسفل الخريطة عن(٩٠°).
- يكتب اسم الخريطة داخل إطارها أو خارجه بخط عريض نسبيا بأي نوع من أنواع الخطوط، ولكن يشيع استخدام أحد الخطوط التالية: النسخي أو الرقعي أو الفارسي على الخرائط الاستعلامية والتعليمية، وتستخدم الخطوط الأخرى في خرائط الدعاية والسياحة.

الرسوم البيانية الخاصة بإجراء القياسات على الخرائط: تدخل هذه الرسوم ضمن مفتاح الخريطة لتعطي فكرة عن الكميات التي تعبر عنها الرموز المستخدمة في الخريطة، ولذلك إن هذه الرسوم يغلب أن نراها في خرائط المواضيع الخاصة. أما على الخرائط الطبوغرافية والخرائط الجغرافية العامة الأخرى فيمكن أن نعتبر المقياس الخطي والمقياس الشبكي ضمن هذه الفئة من العناصر المساعدة.

٢,٦,٧. العناصر المتممة في الخرائط:

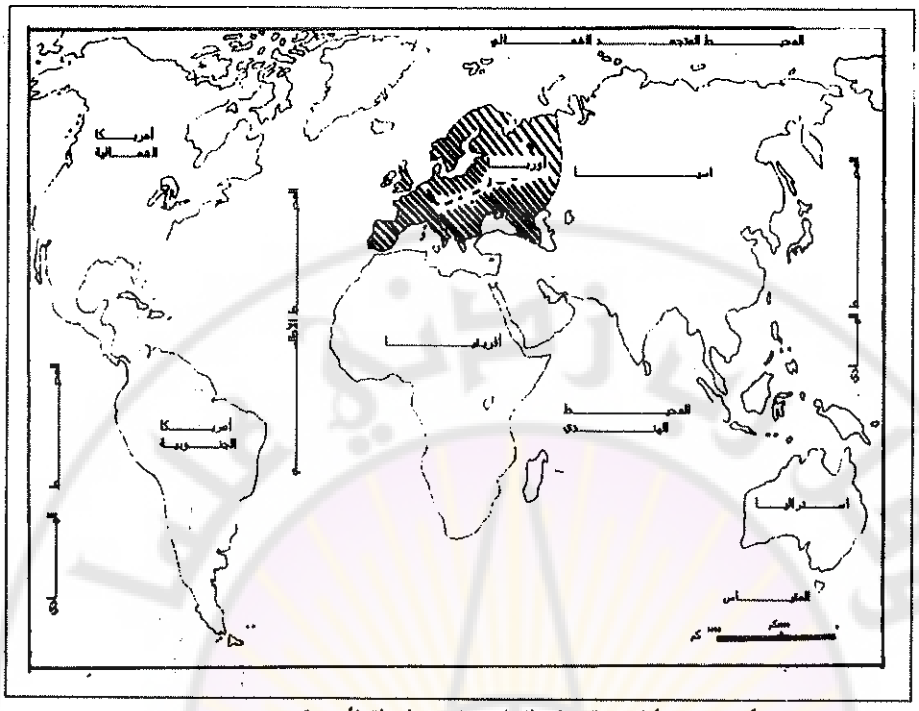
تساهم العناصر المتممة في زيادة المعلومات التي تحوي عليها الخريطة،و تتضمن العناصر المتممة ما يلي:

الخرائط الصغيرة المتممة : وهي خرائط صغيرة تُرسم في إحدى زوايا الخريطة الأساسية، وتكون بمقياس أصغر من مقياس الخريطة الأساسية لتبين موقع المنطقة

المرسومة في الخريطة الأساسية بالنسبة لمنطقة أوسع منها، وقد نرسم الخريطة المتممة بمقياس أكبر من مقياس الخريطة الأساسية لنبين جزءاً صغيرا منها بشكل أكثر تفصيلا ووضوحا). وتساهم الخرائط الصغيرة المتممة في إغناء محتوى الخريطة الأساسية وإيضاحه، وينصح بأن توزع هذه الخرائط في الزوايا الداخلية للخريطة الأساسية، على ألا يزيد عددها عن ثلاثة. وتمتلك الخرائط الصغيرة مفاتيح خاصة بها إذا مثلت فيها ظواهر تختلف عن تلك الممثلة في الخريطة الأساسية، أما إذا كان محتواها موافقا لمحتوى الخريطة الأساسية فتشترك معها في المفتاح.

ويجب الانتباه إلى ضرورة تظليل المنطقة المرسومة في الخريطة الأساسية عند رسمها في خريطة متممة للإشارة إلى موقعها.

أما إذا كانت المنطقة المرسومة في الخريطة المتممة جزءاً من الخريطة الأساسية، فيجب إحاطة هذا الجزء بإطار كي يتم تمييزه على هذه الخريطة. انظر الشكل(-٦٢-). قد نصادف في بعض الحالات خرائط متممة ترسم المنطقة المرسومة بالخريطة الأساسية نفسها ولكن بمقياس أصغر إذا كان لها موضوع آخر يكمل موضوع الخريطة الأساسية ، أو ترسم ظاهرة أخرى لا تحتاج إلى استخدام مقياس كبير نسبيا.



شكل – ٦٢– يُظهر مواقع الخريطة المرسومة من الخريطة الأساسية

الرسوم البيانية: يكثر استخدام الرسوم البيانية الملحقة بالخرائط لتكمل بما تبينه الموضوع المطروح في الخريطة كأن نرسم على خريطة توزع السكان هرم الأعمار وأعمدة بيانية تبين تطور عدد السكان خلال فترة زمنية معينة. أو أن نرسم على خريطة تبين المتوسطات السنوية للأمطار رسوما تبين المتوسطات الشهرية للأمطار في عدد من المحطات الرئيسية.

في كل الأحوال إن الرسوم البيانية إذا كانت على شكل خطوط بيانية أو أعمدة أو أشكال دياغرامية هندسية كالمربعات والدوائر والمثلثات والأشكال النجمية وغيرها فإن المواضيع التي تعبر عنها يجب أن ترتبط ارتباطا مباشرا بموضوع الخريطة الأساسية.

النصوص والجداول: ترافق بعض الخرائط نصوص مكتوبة على الصفحة التي رسمت عليها الخريطة، أو على الوجه الخلفي لها، أو في ملحق خاص. وتحوي هذه النصوص

عادة معلومات مختصرة تكمل المعلومات الممثلة في الخريطة أو توضحها، أو تعتبر مرجعا لمعرفة الكميات الدقيقة للمظاهر الممثلة (كأن نلحق بخريطة الإنتاج الزراعي جدولا يبين كميات الإنتاج من كل غلة). وتتضمن معظم الأطالس ملاحق في نهايتها تحتوي معلومات إحصائية، وقوائم للتسميات المستعملة في خرائط الأطلس مرتبة بشكل هجائي ليسهل التعرف على الخريطة المتضمنة لكل تسمية، وموقع هذه التسمية في الخريطة.

ومن الكتابات التي نجدها في إطار الخريطة معلومات عن دار النشر وسنة الطباعة ومراجع العمل.

إطار الخريطة: يدخل الاهتمام بإخراج إطار الخريطة ضمن الاهتمام بالمظهر العام للخريطة، وخاصة عندما تكون معدة للتعليق الجداري. فالإطار عندئذ يجب أن يصمم بشكل يجذب الانتباه كأن يكون مزخرفا، ويعطي الخريطة مسحة جمالية. وقد ينفذ الإطار بالأبيض والأسود أو بالألوان المختلفة وذلك حسب التقنيات الطباعية المتوفرة ، ورغبة واضعي الخريطة.

أما بالنسبة للخرائط التي توضع للكتب والأطالس والخرائط الاستعلامية العادية فلا يكون إطارها بهذا التعقيد، ويُكتفى برسم إطار من خط واحد أو خطين بسماكتين مختلفتين ، وقد يوضع بينهما تدريج لخطوط الطول والعرض الجغرافيين.

هامش الخريطة : يتراوح عرضه بين ٢- ٣ سم للخرائط ذات الاستخدام على الطاولة أمام قارئها والخرائط المرسومة في الأطالس . بينما يبلغ عرض الهامش في الخرائط الجدارية من ٣ الى ٥ سم وأحيانا أكثر. وتستخدم هوامش الخريطة لوضع معلومات هامة أحيانا كاسم الخريطة ومقياسها ومعلومات عن دار النشر وسنته ... الخ. وقد نترك الهوامش خالية من أي تعبير أحيانا، وقد تكون بلون معين في الأطالس (في الكثير من الأطالس الحديثة يتم تلوين الهوامش بألوان تميز كل مجموعة من

الخرائط التي تؤلف قسما مستقلاً من الأطلس، كأن تكون هوامش الخرائط العامة بالأصفر وهوامش خرائط الزراعة بالأخضر ، وخرائط الصناعة بالأحمر وهكذا ... حيث تسهل هذه الألوان عملية فتح الأطلس والبحث عن الجزء المطلوب بالإضافة إلى أن اختيار ألوان الهوامش يخضع لقواعد متبعة فالزراعة بالأخضر والصناعة بالأحمر. ويمنح تلوين الهوامش للأطلس مسحة جمالية سواء أكان مغلقا أم مفتوحا.

وأخيرا إننا نصادف أحيانا خرائط دون إطار أو هوامش إذ يستمر رسم المحتوى الجغرافي حتى حدود الورقة ، وفي هذه الحالة يتمم اختيار مكان المفتاح والعناصر المساعدة والمتممة داخل الخريطة ضمن إطارات خاصة أو دون إطارات.

إن وجود العناصر المتممة في الخريطة يكمل معلوماتها من جهة ويجعلها تبدو ممتلئة وأكثر نفعا وإن عدم وجود هذه العناصر يجعل الخرائط تبدو فقيرة وفارغة أحيانا ، وفي الوقت نفسه يجب الانتباه الى عدم حشو الخريطة بعناصر متممة غير مفيدة فائدة مباشرة للخريطة الأساسية، ولا يجوز أن نملأ الخريطة بهذه العناصر الذي فتبدو مكتظة بها.

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثامن

رسم المقاطع الطبوغرافية

٨،١- مفهوم المقطع الطبوغرافي ومراحل رسمه

٨،٢- مراحل رسم المقطع الطبوغرافي

٨،٢،١- المقاطع العرضية

٨،٢،٢-المقاطع الطولية

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

٨،١مفهوم المقطع الطبوغرافي ومراحل رسمه:

يُعرف المقطع الطبوغرافي بأنه خط يمكن رسمه على سطح الأرض بين نقطتين بالاستعانة بخطوط التسوية. الهدف منه معرفة شكل سطح الأرض لما له من أهمية في حياة الإنسان كما يفيد في وصف مظاهر السطح وأشكال المنحدرات.

٨،٢ – مراحل رسم المقطع الطبوغرافي

٨،٢،١– ١ المقاطع العرضية: لرسم مقطع طبوغرافي عرضي لابد من المرور بالمراحل التالية:

١. تحديد موقع المقطع وامتداده بدقة كي يحقق الغاية المرجوة من رسمه، وتختلف الغاية أو الهدف حسب طبيعة الدراسة، ففي الدراسات الجيمورفولوجية قد يحدد امتداد المقطع ليكون عمودياً على اتجاه المجاري المائية في المنطقة إذا كان الهدف من الدراسة التعرف على تضاريس المنطقة وتأثير المجاري المائية والمرحلة التي وصلت إليها. أما في دراسة المنحدرات فيكون المقطع عمودياً – قدر الإمكان– على خطوط التسوية كي يوضح أشد الانحدارات. وتكون المقاطع عمودية على خطوط السواحل إذا كان الهدف دراسة الساحل. على سبيل المثال المقطع المطلوب رسمه محدد بالنقطتين A- B.

٢. نصل بين النقطتين ثم نبحث في المنطقة المطلوب رسم مقطع لها عن أخفض نقطة وهي النهر، وأعلى نقطة وهي القمة. انظر الشكلين (– ٦٣– ٦٤–).

٣. تحديد ارتفاع نقطتي البداية والنهاية (٤٦ م البداية، و١٤١ م النهاية) وهي نقطة جيوديزية (مثلثية).

٤. نأخذ ورقة مليمترية لسهولة الرسم، ونضعها بحيث تنطبق حافة الورقة على خط المقطع المحدد بين النقطتين B–A .و تكون بداية المقطع على يسار الورقة.

٥. نحدد نقطة تقاطع حافة الورقة مع نقطة البداية والنهاية.

٦. نحدد نقاط تقاطع خطوط التسوية مع حافة الورقة، ثم نسقط ارتفاع كل منها كما هو موضح في الشكل السابق - . تُعد هذه الخطوة هي الأهم في رسم المقطع الطبوغرافي لأن دقة المقطع مرتبطة بدقة الارتفاعات. أما تحديد ارتفاعات خطوط التسوية فيمكن بطرق متعددة هي:

- يتم التعرف على الارتفاع من خلال نقاط الارتفاع العادية والرئيسية(مثلثية توضع ضمن مثلث وتدعى رئيسية، والنقاط العادية توضع على شكل نقاط سوداء عادية مفردة)، تدل القيم المكتوبة بجانب كل منها على ارتفاع كل نقطة، ومن ثم نستطيع أن نتعرف على خط التسوية المجاور (إذا كانت نقطة الارتفاع مثلاً ١٢٢٨ م) فالخط المجاور سيكون ١٢٢٠ إذا كان الفاصل الرأسي بين الخطوط ١٠م..
- معرفة الارتفاع من خلال القيم المكتوبة على خطوط التسوية.
- معرفة اتجاه الانحدار، وهذا يتم بتحديد شكل الشبكة المائية واتجاهها. ففي المناطق الجبلية يظهر الشكل الشجري للشبكة المائية، وتُلاحظ فروع صغيرة مؤقتة أو دائمة الجريان. وما دام الجريان يتم من المرتفع باتجاه المنخفض فإنه يمكن معرفة جهة الارتفاع والانخفاض بسهولة. انظر الشكلين (-٦٥ -٦٦-).
- يمكن معرفة اتجاه الانحدار من خلال شكل منحنيات التسوية وتقاطعها مع المجاري المائية في الحالات التي يصعب فيها تحديد الارتفاع واتجاه الانحدار.

٧. رسم محور الامتداد والارتفاع للمقطع بحيث يكون المحور الأفقي هو محور الامتداد أو مقياسه Horizontal scale(امتداد المقطع) وهو مطابق لمقياس الخريطة. لذلك يُقسم كالمقياس. أما محور الارتفاع أو المقياس العمودي

Vertical scale فإما أن يكون مطابقاً لمقياس الخريطة أو مغـايراً، و إذا كانـت المنطقة قليلة الارتفاع نغير المقياس العمودي لإظهار التضاريس وذلك بتكبير مقياس الارتفاع، وهنا يتم حساب مقدار التكبير، ويدعى المبالغة العمودية أو الرأسية مـن خلال المعادلة التالية:

المبالغة الرأسية = القيمة على المحور الأفقي

القيمة على المحور العمودي

على سبيل المثال: إذا كان لدينا خريطة مقياسها ١: ٥٠٠٠٠ فهذا يعـني أن كل ١ سم على المحور الأفقي يعادل ٥٠٠م، وإذا كل ١ سم يعادل ٢٥٠ م علـى المحور العمودي فهذا يعني أن المبالغة هي : $\frac{500}{250}$ =٢ مرة

يعتمد مقدار التكبير (المبالغة) على مقياس الخريطة وشكل التضاريس المـراد إبرازها. كلما كبر المقياس قلت أو انعدمت المبالغة الرأسية. كما تقـل المبالغـة في المناطق المرتفعة. أما عندما يصغر المقياس، ويقل الارتفاع تكون الحاجة إلى المبالغـة الرأسية ضرورية.

على ألا يزيد المقياس العمودي عن ارتفاع أعلى نقطة إلا بجزء قليـل. علـى سبيل المثال: إذا كانت أعلى نقطة هي ١٧٢٥ م فيجب أن تكون أعلى نقطة علـى المقياس العمودي ١٧٥٠ م.

٨. بعد رسم المحور الأفقي والمحور العمودي نقيم أعمدة من النقـاط التي رسمت بحيث يكون طول كل عمود مناسباً لارتفاعه المحدد في أسفل كل نقطة.

٩. نربط النقاط بعضها ببعض بخط منحن، ثم نرسم المظاهر الأخرى الهامة على خط المقطع، ونحدد مكان مصب النهر الذي يعد أخفـض مكـان. ثم تُكتب أسماء المظاهر التي يقطعها خط المقطع. بعد ذلك يُصبح اتجاه الانحـدار علـى المقطع كما هو موضح في الشكل السابق (- ٦٤-).

١٠. يتم تحديد اتجاه المقطع من الخريطة كما يلي، أن نكتب على طرفي المقطع مثلاً: شمال شرق، والطرف الآخر جنوب غرب أو شرق غرب. أو نرسم مستطيلاً يأخذ شكل الخريطة، ونقسمه ٤ أقسام، ونضع سهماً يمتد من نقطة البداية إلى نقطة النهاية ، فتكون نقطة البداية عبارة عن نقطة ،ونقطة النهاية رأس السهم.

٢،٢،٨ – المقاطع الطولية: لا تختلف طريقة رسم المقطع الطولي عن المقطع العرضي إلا في طريقة قياس المسافات الطولية، وهنا يكون متعرجاً. لرسم مقطع طولي لمجرى نهر –على سبيل المثال– نمر بالمراحل التالية:

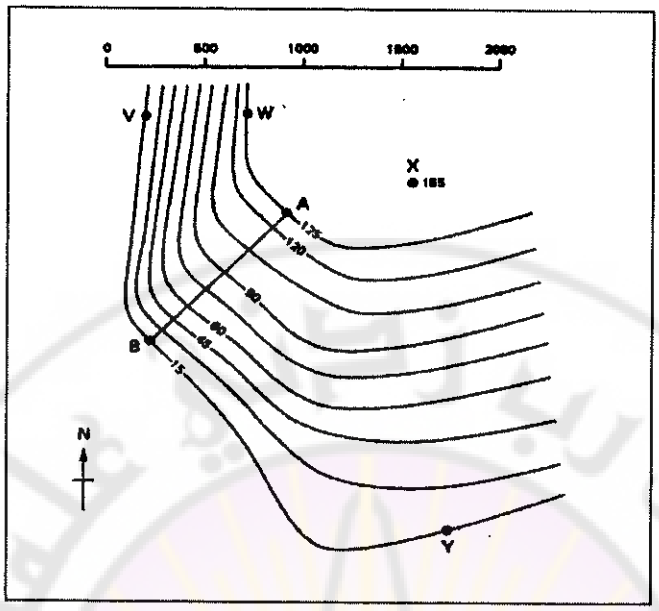
١. تحديد بداية ونهاية المقطع.

٢. نرسم المحور العمودي (مقياس الارتفاع)سواء أكان مساوياً لمقياس الخريطة أم مختلفاً عنها، ثم نرسم المحور الأفقي لأن امتداد المقطع ليس المسافة المباشرة بين بداية المقطع ونهايته على الخريطة، بل هو طول المجرى من البداية إلى النهاية.

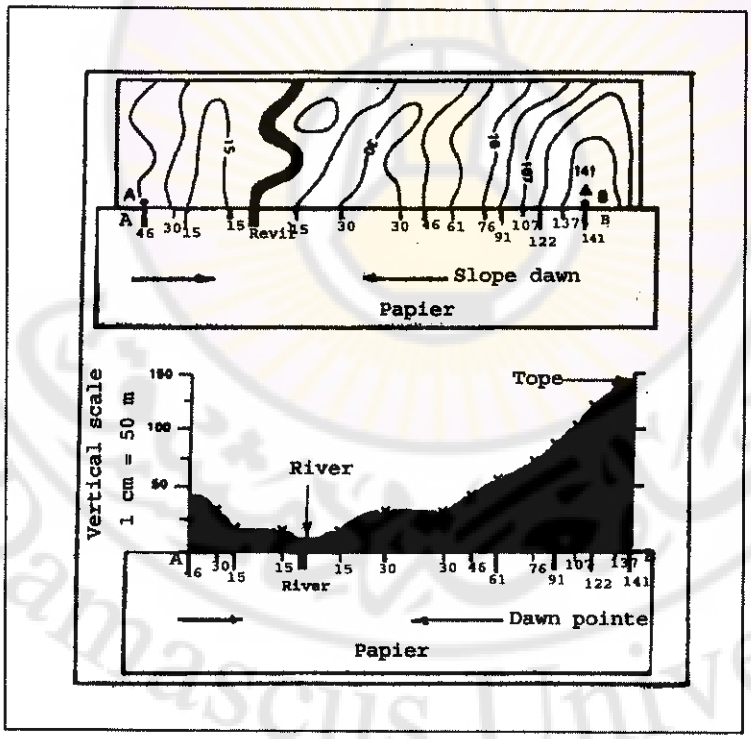
٣. نستخدم فرجار الرسم. حيث يُفتح فتحة صغيرة مناسبة يُفضل ألا تزيد عن ٤ ملم. ثم يوضع رأس الفرجار عند نقطة بداية المقطع، وينقل على طول المجرى حتى يلتقي مع أول خط تسوية. وبمعرفة عدد مرات انتقال الفرجار ثم ضربها بمقدار الفتحة الذي هو على سبيل المثال ٣ ملم نحصل على طول جزء من المقطع من بدايته حتى نقطة التقائه مع أول خط تسوية (إذا كان عدد النقلات ١٠ ومقدار كل نقلة ٣ملم تكون المسافة من البداية حتى أول خط تسوية هي ٣ سم، وبالتالي نحدد ٣ سم من بداية المقطع ونضع أول خط تسوية وقيمته. ثم ننقل الفرجار إلى النقطة الثانية والثالثة بنفس الطريقة حتى ينتهي خط المقطع.

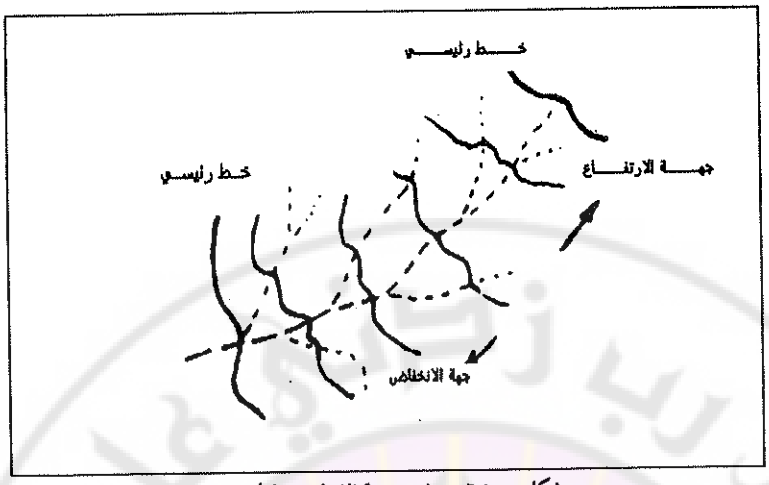
٤. نرسم محور الامتداد الأفقي على أساس الطول الذي نتج لدينا.

٥. ثم نكرر باقي الخطوات السابقة في المقطع العرضي.



شكل -٦٣- بين كيفية تحديد خط المقطع





شكل – ٦٥ – يحدد جهة الارتفاع والانخفاض

شكل– ٦٦ – يبين جهة الارتفاع والانخفاض من تعرجات منحنيات التسوية عند تقاطعها مع الشبكة المائية

الفصل التاسع

المساقط والتشويه

٩،١- مفهوم المسقط (المرتسم)

٩،٢- تصنيف المساقط

٩،٣- التشويه

٩،٤- أنواع المساقط حسب وسيلة الإسقاط

٩،٤،١- المساقط الأفقية

٩،٤،٢- المساقط المخروطية

٩،٤،٣- المساقط الإسطوانية

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

١،٩مفهوم المسقط (المرتسم): الإسقاط هو عملية تحويل أي شـــكل فراغـــي إلى سطح مستوٍ، ورسمه على هذا السطح. واختيار المسقط الصحيح يُعد أهم العوامـــل المؤثرة في تمثيل سطح الأرض. كما تُعد المساقط من أهم عناصـــر الخريطـــة لأنهـــا الطريقة الوحيدة التي تُساعد في تحويل السطح الكروي إلى سطح مستوٍ.

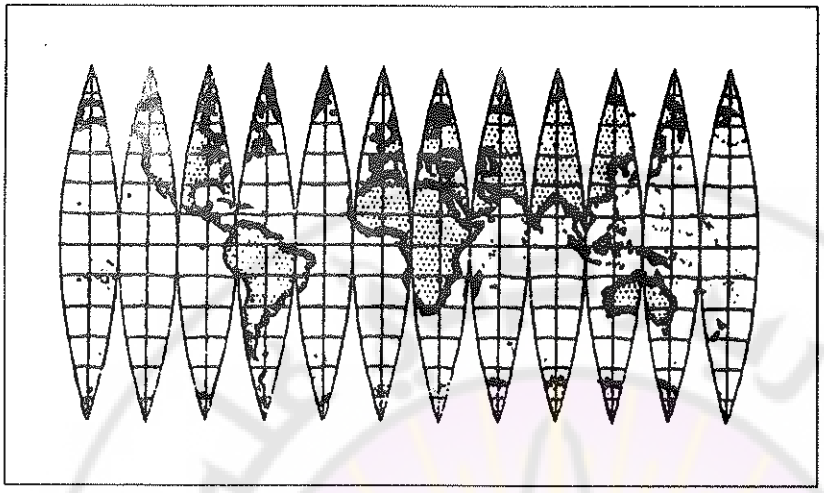
من المعروف أن الخريطة التي تمثل سطح الأرض تمثيلاً صحيحاً هي الخريطـــة المرسومة على الكرة الأرضية .وبما أن استعمال هذه الكرات قليل[٦] ومحدود مـــن جهة ، وتمثيل الكثير من مظاهر سطح الأرض صعب بسبب صغر المقياس من جهـــة ثانية إضافة إلى صعوبة وضع كرات مجسمة بمقاييس كبيرة من جهة ثالثة لذا كـــان لابد من البحث عن طريقة أخرى لتمثيل سطح الأرض بشكلٍ صـــحيح يُمكـــن استخدامه بسهولة ويسر لذلك وجدت الخرائط الموضوعة على سطوح مستوية بدلاً من الكرات.

إن تمثيل السطح الكروي ليس بالأمر اليسير ،لأنه من الممكن تمثيل جزء صغير من الكرة الأرضية مساحته عدة كيلومترات مربعة دون تشويه[٧]إذا وضعنا الـــورق على هذا الجزء من النموذج الكروي المجسم. لكن إذا أردنا تمثيل مساحة دولة كبيرة أو قارة سيتعرض الورق للتجعد والشكل الناتج للتشوه. لذلك جرت عدة محاولات للتقليل من هذا التشويه هي:

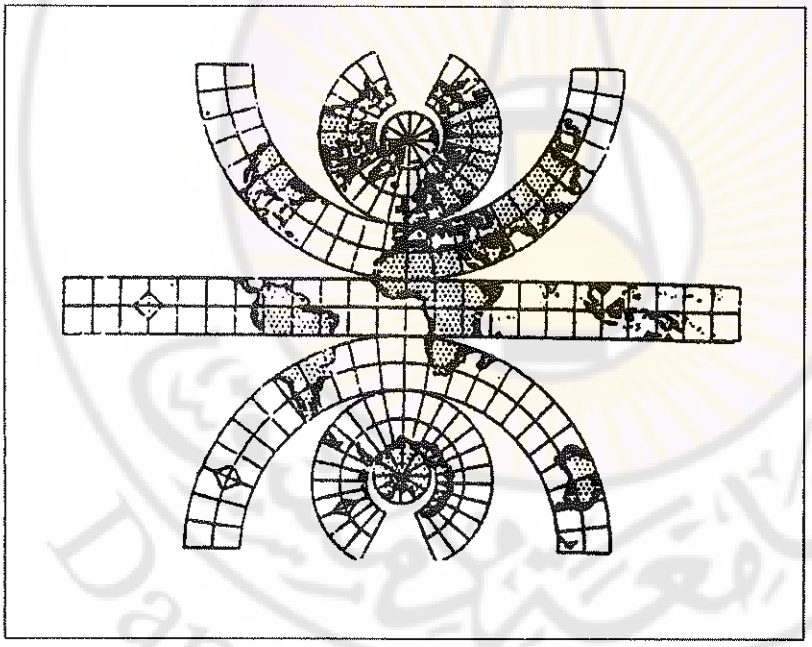
- تقسيم المجسم الكروي إلى حزوز (شرائح) gores متتالية باتجاه خطـــوط الطول متجاورة بعضها مع بعض أو تقسيمها إلى شرائح باتجاه خطوط العرض. لكن هذا التقسيم يحتاج إلى صانع ماهر. انظر الأشكال (– ٦٧-٦٨- ٦٩).

١- لا يمكن وضع هذه الكرة في كتاب أو تكبيره ،أو حملها في كثير من الحالات، كما أن وضع العديد منها يحتاج إلى أماكن تخزين كبيرة جداً -

٢- التشويه يعني عدم التماثل أو التطابق في الأبعاد والمساحات أو الأشكال بين النموذج الكروي والخريطة التي تم إسقاطها على سطح مستو .



شكل –٦٧– تقطيع الأرض إلى حزوز باتجاه خطوط الطول

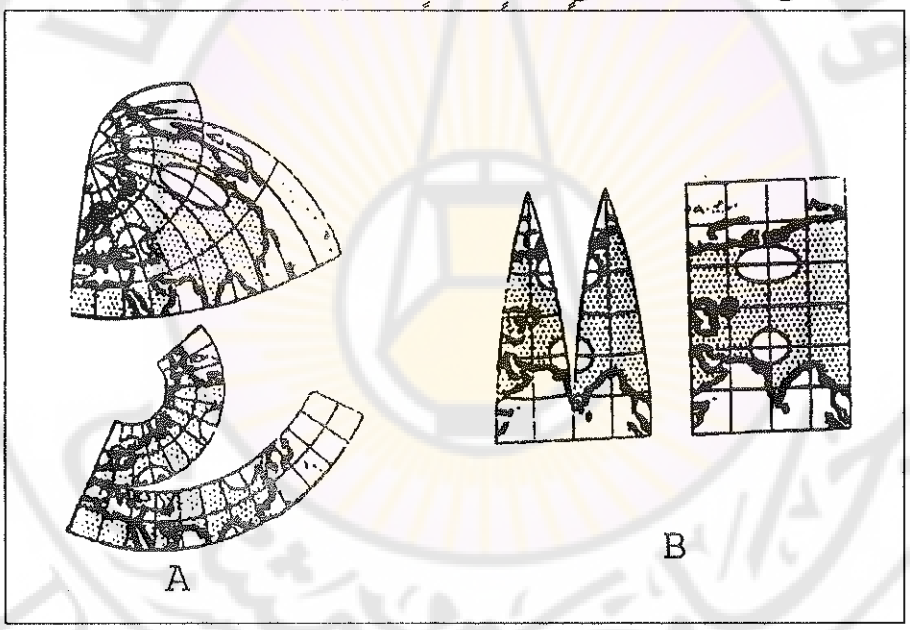


شكل –٦٨ – تقطيع الأرض إلى حزوز باتجاه خطوط العرض

إن تقسيم الأرض إلى شرائح قد يلغي التشويه لأن المساحات والأبعاد تكـــون مساوية لما هي عليه على الأرض، لكن ما ينتج عن التقسيم أسوأ من التشويه، وهـــو إلغاء وحدة الكرة الأرضية.

■ استخدام مساقط الرسم بمساعدة سطوح الإسقاط فيتم تمثيل السطح الكروي على سطحٍ مستوٍ. ويمكن نقل جزء من سطح الأرض كاملاً إلى أحد سطوح الإسقاط المختلفة.

نظام الإسقاط واستخدام المساقط ليس جديداً فقد فكر فيه العلماء بعد اكتشاف كروية الأرض من قبل ماجلان (انظر Robinson ١٩٩٥). فقد وضع مركاتور ١٥٦٩ اللبنة الأساسية لتحويل سطح الأرض إلى سطح مستوٍ بشكلٍ رياضي مستخدماً نظام الإسقاط في وضع خريطة للعالم. بعد ذلك تعددت طرق تحويل السطح الكروي إلى سطحٍ مستوٍ بشكلٍ رياضي.



شكل -٦٩-يُظهر تقطيع الأرض باتجاه خطوط الطول والعرض وتشويه الأشكال إذا لم يتم تقطيع الأرض

٢,٩ تصنيف المساقط Classification of Projections

يوجد عدد غير محدد من أنظمة تحويل سطح الأرض الكروي إلى سطحٍ مستوٍ ولذلك يصعب تصنيفها، وإن كلمة تصنيف أسهل بكثير من القيام بعملية التصنيف نتيجة تعدد أساليب الإسقاط وطرقه. ولكن على الرغم من عدم وجود تصنيفات

واضحة بسبب تداخلها مع بعضها فنحدد التصانيف التالية:

١. تصنيف المساقط حسب المنطقة التي يمكن تمثيلها بوساطة المسقط حيث نجد مايلي:

- مساقط لتمثيل العالم .
- مساقط تُمكن من تمثيل الكرة الأرضية.
- مساقط للدول أو الأقاليم.

٢. تصنيف المساقط حسب شكل لوحة الإسقاط.

- مساقط أسطوانية Cylindrical projections
- مساقط مخروطية Conical projections .
- مساقط أفقية Azimuthal projections .انظر الشكل(-٧٠-).

٣. تصنيف المساقط حسب طريقة الإسقاط وتقسم إلى ثلاثة أنواع هي:

- مساقط عادية ينطبق فيها محور سطح الإسقاط على محور الكرة، ويتعامد مع خط الاستواء
- مساقط معترضة (استوائية) ينطبق فيها محور سطح الإسقاط على خط الاستواء، ويتعامد مع محور القطبين ..
- مساقط مائلة. يميل فيها محور سطح الإسقاط عن محور الكرة بزاوية معينة .

٤. تصنيف المساقط تبعاً للخصائص الهندسية للتشويه الناتج وهنا نجد ما يلي:

- مساقط متساوية المساحة Equal-area projections
- مساقط متساوية الأشكال (متطابقة)Conformal projections
- مساقط متساوية الفواصل Rectangular projections .

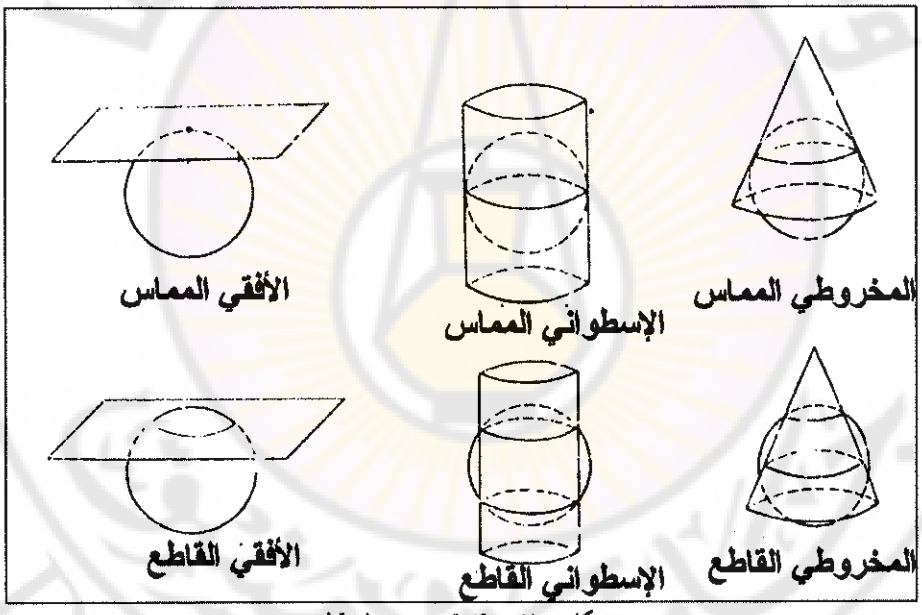
٥. تصنيف المساقط حسب وضع لوحة الإسقاط بالنسبة للكرة الأرضية وهنا نجد:

■ المساقط المماسة Tangent Projections وتعني أن لوحة الإسقاط تمس الكرة الأرضية في نقطة واحدة.

■ المساقط القاطعة Intersects projections عندما يقطع سطح الإسقاط سطح الكرة الأرضية في نقطتين.

إن الاعتماد على المساقط المعترضة والمائلة محدود جدا بالمقارنة مع الاعتماد على المساقط العادية، ولذلك ستتناول دراستنا هذه الفئة الأخيرة من المساقط.

سنتناول كلاً منها بالتفصيل. لكن قبل الدخول في تفاصيلها لابد من التعرف على التشويه.



شكل- ٧٠- مقارنة بين بعض المساقط

٣,٩ التشويه: هو عدم التطابق في الأبعاد والمساحات بين الشكل الكروي والخريطة بعد إسقاطها على السطح المستوي. وهو صفة عامة في كافة الخرائط ولا تخلو خريطة منه،ولكنه يختلف في نوعه وشكله ومقداره من خريطة إلى أخرى حسب المسقط المستخدم.

إن التشويه الذي تحتوي عليه الخريطة الناتج عن المسقط يكون: **تشويهاً باتجاه خطوط الطول أو تشويهاً باتجاه خطوط العرض أو بالاتجاهين معاً**. وهذا يعني أن المقياس ليس متماثلاً أو موحداً في كافة أجزاء الخريطة، ويتغير من نقطة إلى أخرى حسب مقدار التشويه ونوعه، كما يتغير في النقطة نفسها تبعاً للاتجاه، ويزداد وضوح هذا التغير كلما كبرت المساحة المرسومة من سطح الأرض وصغر مقياس الرسم. إذا عُرف مقدار تغير المقياس ونوع التشويه ومقداره وكيفية توزعه تمكنا من استعمال الخرائط استعمالاً صحيحاً في عمليات المقارنة والقياس (للمزيد انظر عزاوي ١٩٨٦).

سنحاول التعرف على التشويه من خلال الشكل (-٧١- أ ، ب ،ج)، بفرض أن الشكل الموجود على سطح الكرة هو دائرة يمكن حساب مساحتها وقطرها، فإذا نقل هذا الشكل إلى السطح المستوي نجد أن الدوائر أخذت في معظم الحالات شكل قطع ناقص أو إهليلج يُدعى إهليلج التشويه ،تتغير النسب بين محوريه حسب موقع الدائرة من السطح الكروي، ومسقطها من سطح الارتسام. لذا تحوي الخريطة نوعين من المقاييس أحدهما مثبت على الخريطة، ويدعى المقياس الرئيس، والآخر يمكن حسابه في الأماكن المختلفة ،ويدعى المقياس الجزئي. سنبين الطريقة التي يتم فيها حساب التشويه بالنسبة للأبعاد والمساحات والزوايا على الخرائط السابقة:

الخرائط الثلاث وضعت بمسقط أسطوانة عادي مماس وبمقياس واحد. تم حساب هذا المقياس من خلال العلاقة: المقياس = المسافة على الخريطة / المسافة على الأرض

بعد القياس المباشر لطول خط الاستواء على الخريطة وجد أنه يعادل ١٠,٧سم، تم تقسيمه على طول خط الاستواء الذي يعادل ٤٠٠٠٠ كم وبالتالي :فإن المقياس هو:

$$\frac{1}{37000000} = \frac{10.7}{40000\times100000} = \frac{10.7}{40000}$$

ويدعى المقياس الرئيس ويرمز له بالحرف (م)، ويثبت في أسفل الخريطة. إذا راقبنا الأشكال والمساحات المرسومة على سطح الأرض وشبكة الإحداثيات وجدنا أن هذه الأشكال والمساحات قد تغيرت بين خريطة وأخرى، وهذا يدل على أن المقياس غير ثابت، وهو صحيح وموحد على خط الاستواء الذي هو خط التماس. أما خارج خط التماس فنجد أنواعاً مختلفة من التشويه هي:

١. الدوائر المرسومة على سطح الكرة الأرضية تحولت إلى إهليلج عند نقلها إلى السطح المستوي في الشكل (أ)، وقد اختلفت أطوال محاورها كلما بعدت عن خط التماس الذي هو خط الاستواء. وهذا يعني أن تغير المقياس الجزئي على خطوط الطول الذي يُرمز له بالحرف (ل) يتناقص ويصبح أصغر من المقياس الرئيس م أي ل < م. وهذا واضح في الشكل من خلال تقارب خطوط العرض من بعضها، لكنها في الطبيعة متساوية الأبعاد فيما بينها. أما المقياس الجزئي على خطوط العرض ويدعى (ض)فهو يزداد نتيجة تزايد المسافة بين خطوط الطول، ولذا فإن ض > م كلما بعدت عن خط الاستواء. هذا يعني أن تشويهاً على خطوط الطول والعرض قد حدث .ولكن ازدياد التشويه على خطوط العرض يتناسب تماماً مع تناقص في التشويه على خطوط الطول. أي كلما صغر المقياس الجزئي باتجاه خطوط الطول كبر المقياس الجزئي باتجاه خطوط العرض بنسبة واحدة، هذا ينتج عنه أن المساحة تبقى صحيحة بدون تشويه. إذا رمزنا للتشويه على خطوط العرض بالحرف (ضَ)، ويتم حسابه من خلال تقسيم المقياس الجزئي على خطوط العرض، على المقياس الرئيس أي إن ضَ = $\frac{ض}{م}$.أما التشويه باتجاه خطوط الطول فيتم حسابه من خلال العلاقة التالية :

لَ = $\frac{ل}{م}$. أما تشويه المساحة الذي يُرمز له بالحرف س = لَ × ضَ = ١.

هذا يعني أن مساحة أي شكل في أي مكان على الخريطة يعادل المساحة الفعلية على الطبيعة، ولكن الذي حدث هو تشوه في الأشكال نتيجة كبر محاور خطوط العرض وصغر محاور خطوط الطول، وقد نتج عن هذا التغير تغير الزوايا الذي يُرمز له بالحرف (يه)، ويتم حسابه من خلال العلاقة التالية:

يه $\frac{\sin}{2} = \frac{لَ - ضَ}{لَ + ضَ} \neq 0$ ذلك أن هناك تشوه بالأشكال (انظر تحول الدوائر إلى إهليلج) .

٢. في الشكل ـ ب ـ نجد أن الدوائر على سطح الكرة الأرضية بقيت ثابتة على خط الاستواء أيضاً (خط التماس) عند نقلها إلى السطح المستوي (الخريطة) وقد تحولت إلى أشكال إهليلجية في كل النقاط الأخرى. ولكن المقياس الجزئي على خطوط الطول (ل) بقي صحيحاً وثابتاً ويساوي المقياس الرئيس (م)، أي إن الخريطة لا تحوي تشويهاً على خطوط الطول وبالتالي فإن (لَ = ١). نتيجة لثبات المقياس الجزئي على خطوط الطول أصبحت الأبعاد بين خطوط العرض متساوية و تشكلت شبكة إحداثيات مربعة. وهذا يعني أن خطوط الطول مساوية في أطوالها لما هي عليه في الطبيعة، أما التشويه الذي نلاحظه على الشكل فهو ناتج عن تغير المقياس الجزئي على خطوط العرض (ض) حيث أصبح المقياس هنا أكبر من المقياس الرئيسي (م) . أي ض > م، ويتزايد مع البعد عن خط الاستواء شمالاً وجنوباً. نتيجة لذلك نشاهد تحول الدوائر إلى أشكال إهليلجية محاورها الكبيرة ممتدة على خطوط العرض. وأن تشويهاً قد حصل وأصبح (ضَ > ١) ونتج عن ذلك أيضاً تشويه في المساحة لأن (ل) ثابت و(ض) يكبر. أي إن (س= لَ × ضَ = > ١). انظر الشكل ب. كما أن تحول الدوائر إلى أشكال إهليلجية يعني أيضاً تشوهاً في الشكل أي إن الزوايا تحوي تشويها لكن التشويه هنا أقل مما هو عليه في الشكل (أ). لذا فإن يه ≠ ٠ . أي إن المرتسم الذي وضعت فيه الخريطة احتوى نوعين من التشويه

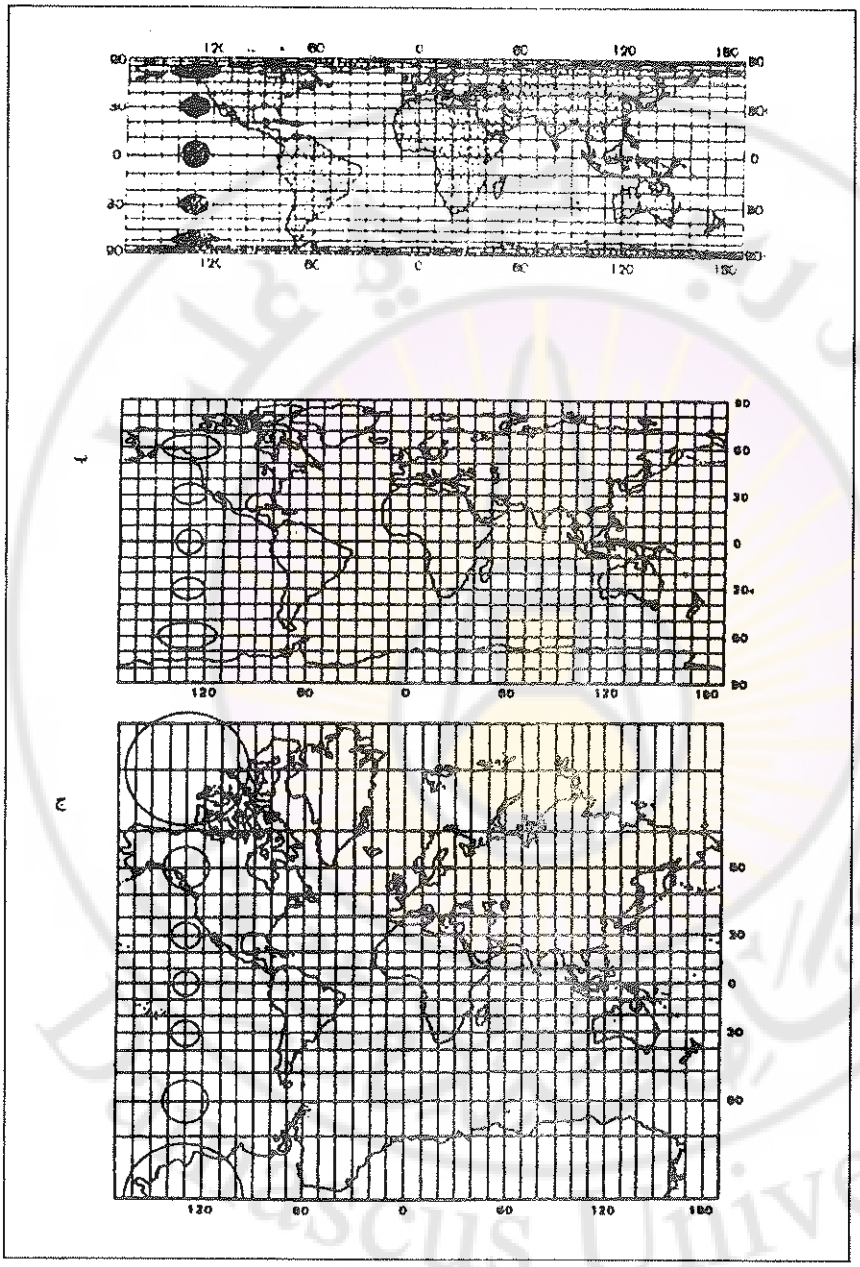
أحدهما في المساحة التي ازدادت والثاني تشويه في الشكل.

٣. أما في الشكل (ج) فإننا نجد أيضاً أن الدوائر الموجودة على سطح الكرة بعد نقلها إلى السطح المستوي قد حافظت على شكلها فهي دوائر في كل أنحاء الخريطة إلا أن مساحتها متغيرة تأخذ بالتزايد كلما بعدت عن خط الاستواء (خط التماس)، ونجد أيضاً أن الأبعاد بين خطوط العرض تتزايد كلما ازداد البعد عن خط الاستواء شمالاً أو جنوباً على عكس الشكل (أ)، وبما أن الدوائر بقيت في شكلها الصحيح فهذا يعني أن التباعد الذي حصل بين خطوط العرض يقابله تباعد مماثل بين خطوط الطول كي تبقى الدوائر في أشكالها الصحيحة. أي إن المقاييس الجزئية (ل) و (ض)يتزايدان باتجاه القطبين بنسبة واحدة أي إنهما متساويان (ل = ض) وكلاهما أكبر من المقياس الرئيس (م) أي (ل= ض > م). وإن المساحة أكبر مما هي عليه في الحقيقة أي إن (س= لَ × ضَ = >١). بما أن الأشكال صحيحة فإن الزوايا صحيحة ولا تحوي تشويهاً أي إن (يه = ٠).

إذا أردنا حساب مقادير المقاييس الجزئية (ل،ض) و المقياس الرئيس، أو الزوايا (يه)، والتشويه على خطوط العرض والطول (لَ و ضَ) في أي مكان على الخريطة فإننا نقوم بما يلي:

- قياس أطوال معينة من خطوط الطول والعرض على الخريطة، أو من خطوط الطول، أو من خطوط العرض في المكان المراد معرفة مقياسه الجزئي من الخريطة بالسنتمتر أو الميليمتر.
- حساب المقاييس الجزئية باتجاه خطوط الطول والعرض أي حساب كل من (ل،ض) بتقسيم أطوال الأقواس التي تم قياسها على الخريطة على الأطوال الحقيقية لهذه الأقواس في الطبيعة عن طريق القياس المباشر.
- تقسيم المقاييس الجزئية (ل،ض) التي تم الحصول عليها على المقياس الرئيس

لمعرفة مقدار التغير بالنسبة للمقياس الرئيس، ثم معرفة نسبة التشوه في الأبعاد، أي معرفة كل من (لَ،ضَ)، ثم معرفة تشوه المساحة س، وتشوه الشكل (يه).



شكل – ٧١– شبكة الإحداثيات وأنواع التشويه في المساقط الأسطوانية العادية المماسة(عن **Robenson**

(١٩٦٠

مثال توضيحي لجريه على الخريطتين ب،ج للتعرف على كل من (لَ، ضَ، س ، يه) بين خطي العرض ٦٠ْ ، ٧٠ْ

أولاً على الخريطة ج متساوية الأشكال:

- نقوم بقياس المسافة بين خطي العرض ٦٠ْ، و٧٠ْ بالمسطرة فنجدها تعادل ١,٢ سم تقريباً.
- حساب طول المسافة بين هذين الخطين على الطبيعة، وهو يعادل الفرق بينهما بالدرجات×طول الدرجة أي يساوي ١٠×١١١,١١١= ١١١١,١١ كم = ١١١١١١٠٠٠ سم .
- حساب المقياس الجزئي باتجاه خطوط الطول أي المقياس الجزئي (ل) ويتم على الشكل التالي:

١,٢ سم على الخريطة تعادل ١١١ ١١١ ٠٠٠ سم على الطبيعة

١ سم على الخريطة يعادل س سم على الطبيعة ومنه س =

$$\frac{000111111\times1}{1.2} = \frac{1}{93000000} = \text{ل}$$

وبما أن ل = ض فإن ض= $\frac{1}{93000000}$

- أما حساب لَ فيتم من خلال المعادلة التالية لَ= $\frac{\text{ل}}{\text{م}}$ أي لَ=

$$\frac{\frac{1}{93000000}}{\frac{1}{370000000}} = \frac{1}{93000000}\times\frac{370000000}{1} = \neq ٤$$ وهذا يعني أن ضَ

$= \neq ٤$

- أي إن التشويه على خطوط الطول وخطوط العرض أكبر من المقياس الرئيس بأربع مرات وإن تشويه المساحة س= لَ× ضَ =٤× ٤ = ١٦ مرة

عما هي عليه عند خط الاستواء .

- أما تشويه الزوايا جب $\frac{يه}{2} = \frac{لَ - ضَ}{لَ + ضَ} = \frac{4-4}{4+4} = .$

وبما أن جب الصفر يساوي صفر فإن تشويه الزوايا معدوم.

ثانياً: على الخريطة ب متساوية الفواصل عند خط العرض ٦٥°

هنا سنقوم بحساب كل من (ض،ضَ س،يه) لأن ل=م ولَ= ١ ولأن المسقط متساوي الفواصل.

- نأخذ قوساً ما من خط العرض ٦٥° وليكن القوس المحصور بين خطي الطول ٣٥،٦٥° غرب غرينتش ونقوم بقياسه بالمسطرة فنجد أنه يساوي ١,١ سم.
- طول القوس على الطبيعة يعادل طول قوس من خط العرض ٦٥° مقداره (٣٠°) طولاً، وبما أن طول درجة الطول الواحدة على خط عرض ٦٥° هو ٤٧١٧٦ متراً فإن طول القوس هو ٣٠×٤٧١٧٦= ١٤١٥٢٨٠ متراً أو ١٤١٥٢٨٠٠٠ سم.
- المقياس الجزئي باتجاه خطوط العرض (ض) يتم كما يلي:

١,١سم على الخريطة = ١٤١٥٢٨٠٠٠ سم على الأرض.

١ سم على الخريطة = س سم على الأرض وبالتالي فإن س= $\frac{141528000 \times 1}{1.1}$ = (128661818) أي إن المقياس الجزئي ض = $\frac{1}{129000000}$

- أما التشوه باتجاه خطوط العرض (ضَ) الذي يعادل $\frac{س}{م} = \frac{\frac{1}{129000000}}{\frac{1}{370000000}}$

$2.8 = \frac{370000000}{1} \times \frac{1}{129000000}$ أي إن التشويه باتجاه خطوط

العرض أكبر مما هي عليه عند خط الاستواء ٢,٨ مرات وبالتالي فإن تشوه المساحة س= لَ×ضَ= ١×٢,٨ = ٢,٨

- أما تشويه الزوايا أو الأشكال فهو جب $\frac{يه}{2} = \frac{لَ - ضَ}{لَ + ضَ} = \frac{2.8-1}{2.8+1} =$

$\frac{1.8}{3.8}$ =٠,٤٧٣٦ وبما أن هذه القيمة هي جيب لزاوية مقدارها ٩َ ٢٨ْ فإن يه = ٠٩َ ٢٨ْ × ٢= ١٨َ ٥٦ْ هذا على الخط ٦٥ْ أما إذا أردنا حساب التشويه على خط العرض ٣٥ْ فإن مقادير التشويه سيتم حسابها كما يلي:

١. طول القوس على الخريطة هو الطول السابق نفسه أي ١,١ سم.

٢. طول القوس على الطبيعة يعادل عدد الدرجات × طول الدرجة على خط العرض ٣٥ْ أي ٣٠×٩١٢٩٠ =٢٧٣٨٧٠٠ متر أي ٢٧٣٨٧٠٠٠٠ سم.

٣. المقياس الجزئي باتجاه خطوط العرض يعادل $\frac{273870000\times1}{1.1}$ =

٢٤٨٩٧٢٢٢ أي إن المقياس ض= $\frac{1}{249000000}$ وضَ= $\frac{ص}{م}$

$$= \frac{\frac{1}{249000000}}{\frac{1}{370000000}} = \frac{370000000}{1} \times \frac{1}{249000000} = ١,٤٨ \neq$$

١,٥ أي إن المقياس على خط العرض ٣٥ْ أكبر من مقياس الخريطة بمقدار ١,٥ مرة .

٤. تشوه المساحة على خط العرض ٣٥ْ ، س= لَ×ضَ = ١× ١,٥ = ١,٥ مرة .

٥. تشوه الزوايا أو الأشكال =جب $\frac{يه}{2} = \frac{لَ - ضَ}{لَ + ضَ} = \frac{1.5-1}{1+1.5}$

= $\frac{0.5}{2.5}$ =٠,٢ وبذلك فإن الزاوية التي جيبها ٠,٢ هي الزاوية

٦. ٣٣َ ١١ْ وبالتالي فإن يه = ٣٣َ١١ْ×٢= ٦٣َ٢ْ

وأخيرا فإن المساقط تصنف حسب نوع التشويه الذي يصيبها، فكل مسقط مهما حاول واضعه يحوي تشويها من نوع معين واحد أو اكثر، ولا ينعدم التشويه إلا في النماذج المجسمة أو لدى رسم بقع صغيرة من سطح الأرض بمقاييس كبيرة، حيث يمكن عند ذلك التغاضي عن التشويه الحاصل نظرا لضآلته.

والتشويه الذي يحصل في كل المساقط هو تشويه الأبعاد في اتجاه واحد على الخريطة أو في أكثر من اتجاه، وينتج عن تشويه الأبعاد هذا تشويه في المساحات أو تشويه في الأشكال والزوايا أو تشويه في الاثنين معا.

فإذا تمت المحافظة في المسقط على صحة المساحات أسميناه مسقطا متساوي المساحات، وإن تمت المحافظة على صحة الاشكال والزوايا أسميناه مسقطا متساوي الاشكال والزوايا، وإن تشوهت في المسقط الأشكال والمساحات أسميناه مسقطا حرا، وإذا تمت المحافظة في المسقط الحر على الأبعاد باتجاه خطوط الطول (أي حافظ على أطوالها) فيسمى المسقط في هذه الحالة متساوي الفواصل، وتجدر الملاحظة أنه لا يوجد مسقط على مستو يمكن المحافظة فيه على المساحات والأشكال صحيحة معا، وفي كل الأحوال فإن المساقط التي تحافظ على المساحات تشوه الزوايا والأشكال)، والمساقط التي تحافظ على صحة الزوايا والأشكال تشوه المساحات. وكلما قل تشويه المساحات زاد تشويه الأشكال وكلما قل تشويه الأشكال والزوايا زاد تشويه المساحة، أما في حالة المساقط متساوية الفواصل فهناك شبه تعادل في تشويه المساحات وتشويه الأشكال.

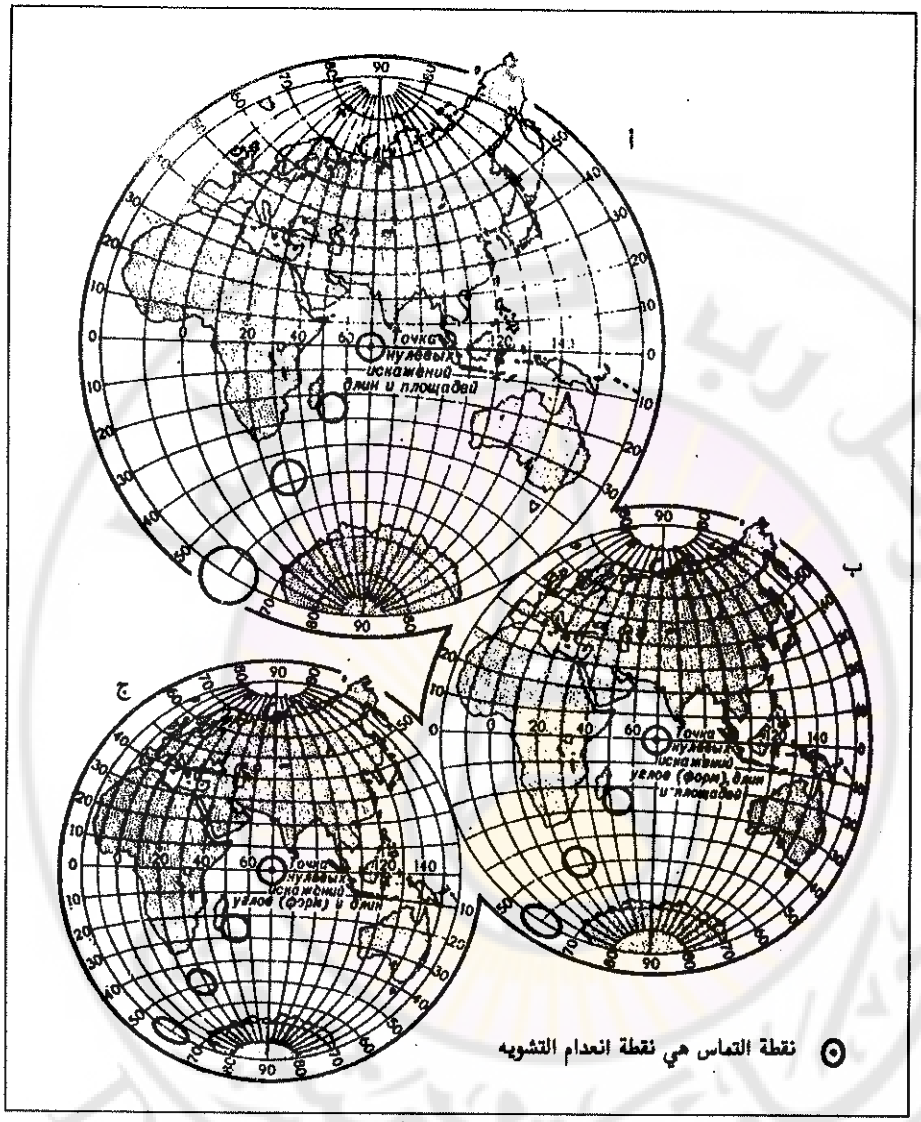
٩،٤أنواع المساقط الحقيقية حسب وسيلة الإسقاط:

هي مساقط يُستخدم لدى وضعها سطح إسقاط مساعد قد يكون هذا السطح أسطوانة، أو سطح مخروط، أو سطح ارتسام أفقي.

- **٩،٤،١المساقط الأفقية أو السمتية) :Azimuthal Projections**

تستخدم السطح الأفقي كسطح إسقاط، وتقسم إلى نوعين حسب طريقة الإسقاط يُدعى النوع الأول المساقط الأفقية والثاني المساقط الأفقية البصرية Perspective Projections، قد تكون هذه المساقط عادية أو قطبية عندما تمس لوحة الارتسام نقطة القطب وتتعامد مع محور القطبين أو معترضة (استوائية) عندما تمس لوحة الارتسام نقطة من نقاط دائرة الاستواء وتوازي محور القطبين، وقد تكون مائلة عندما تُشكل لوحة الارتسام زاوية حادة مع محور القطبين، وعندما تمس نقطة من نقاط سطح الكرة الأرضية، وتقسم هذه الأنواع بدورها إلى مماسة وقاطعة، كما تقسم إلى متساوية المساحة ومتساوية الأشكال ومتساوية الفواصل ...ونظرا لكثرة أنواع هذه المساقط فإننا سنقصر الحديث على المساقط الأفقية القطبية (العادية المماسة)، والمساقط الأفقية المعترضة (الاستوائية) لأن هذه المساقط هي الأكثر انتشارا وأهمية .انظر الشكل - ٧٢-) الذي يوضح الشكل العام للمساقط الأفقية القطبية.

تشترك جميع المساقط الأفقية القطبية بالشكل الذي تأخذه فيها خطوط الطول، حيث ترسم على شكل أشعة منطلقة من نقطة القطب مشكلة فيما بينها زوايا متساوية، وحيث تقع نقطة القطب في الوسط، وهي نفسها نقطة التماس بين السطح المستوي وسطح الأرض، وينعدم عندها التشويه بكل أنواعه.



شكل -٧٢ - المسقط الأفقية القطبية

١- المسقط الأفقي القطبي المتساوي المساحة (مسقط لامبرت) Lamerth equal Aera Projection:

وقد سمي هذا المسقط مسقط لامبرت على اسم الشخص الذي وضعه أول مرة، وهذا المسقط يحافظ على صحة المساحات ولكنه يشوه الأشكال والزوايا.

طريقة الرسم: بعد أن ترسم خطوط الطول يتم تحديد المواقع التي تمر بها دوائر العرض، والتي لها مركز واحد هو نقطة القطب، وتكون أنصاف أقطار دوائر العرض مساوية للوتر الحاصل من وصل نقطة القطب بمواقع دوائر العرض على قوس من خط الطول. انظر الشكل (- ٧٣-) .من الواضح من خلال الشكل أن المسافة الفاصلة بين دوائر العرض ليست واحدة، وأنها تقل كلما ابتعدنا عن نقطة القطب. أما التشويه الحاصل في هذا المسقط: فقد رسمت دوائر العرض متحدة المركز وبأنصاف أقطار أكبر من أنصاف أقطارها الأصلية على الطبيعة، لأن نصف قطر أية دائرة من دوائر العرض هو المسافة الأفقية الواصلة بين أية نقطة من دائرة العرض ومحور الكرة الأرضية الذي يقطع مستوي هذه الدائرة، بينما الوتر الواصل بين نقطة القطب ودائرة العرض أكبر من نصف القطر الحقيقي لدائرة العرض، ويشكل هذا الوتر وترا في المثلث القائم الزاوية المتشكل بين نقطة القطب وأية نقطة من محيط دائرة العرض وبين تقاطع مستوي هذه الدائرة مع محور الكرة الأرضية.

وبما أن أنصاف أقطار دوائر العرض في هذا المسقط أطول مما هي عليه في الواقع فهذا يعني أنه يوجد تشويه باتجاه خطوط العرض (تشويه باتجاه الزيادة).

فلو فرضنا أن م: هي المقياس الأصلي (الرئيسي) للمسقط، وهذا المقياس صحيح عند نقطة التماس بين المستوي والكرة الأرضية (نقطة القطب) فإننا نستطيع القول إن م = ١ أي تساوي الواقع، ولا يوجد تشويه.

وإذا افترضنا أن ض هو المقياس باتجاه خطوط العرض (مع خطوط العرض)، فإن ض سيكون مختلفا عن م (المقياس الأصلي) لأننا نعرف أن خطوط العرض أكبر مما هي عليه، وبالتالي فان ض> م> ١، ونستطيع حساب التشويه الحاصل باتجاه خطوط العرض بعد أن نرمز له (ضَ) بتقسيم ض على م أي ضَ =>١.

أما بالنسبة لخطوط الطول فإنها ترسم أقصر مما هي عليه في الواقع، والدليل على ذلك هو أن خط الطول عبارة عن قوس على سطح الكرة الأرضية ينطلق من قطب ويتجه إلى آخر، وفي هذا المسقط استبدلنا القوس بالوتر الذي أصبح نفسه نصف قطر لدائرة العرض، والوتر أقصر من القوس . إذا رمزنا للمقياس باتجاه خطوط الطول بالحرف ل ووجدنا أن خطوط الطول أقصر مما هي عليه في الطبيعة فذلك يعني أن ل < م <١، ونستطيع حساب التشويه الحاصل باتجاه خطوط الطول بعد أن نرمز لقيمة هذا التشويه بالحرف لَ بتقسيم ل على م (المقياس الأصلي) أي لَ= $\frac{ل}{م}$ وبما أن ل< م فإن النتيجة ستكون أصغر من الواحد أي إن لَ =<١

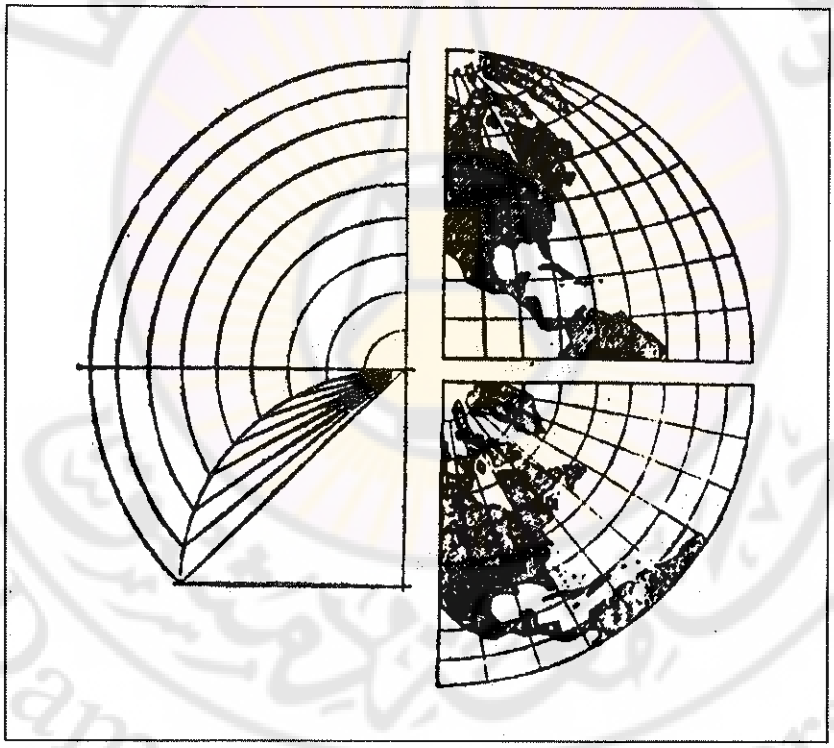
والآن كيف نتأكد من أن المساحات في هذا المسقط صحيحة و لم يطرأ عليها تشويه ؟.

إذا كان لَ×ضَ =١ فهذا يعني أنه لا يوجد تشويه في المساحات وإذا لم يكن الناتج واحدا فهذا يعني وجود تشويه. وفي هذا المسقط اختيرت الأبعاد بين خطوط العرض بحيث تكون نسبة الزيادة في أطوال دوائر العرض مساوية لنسبة نقصان أطوال خطوط الطول، ولذا فإن حاصل ضرب مقداري التشويه مساوية للواحد الصحيح.

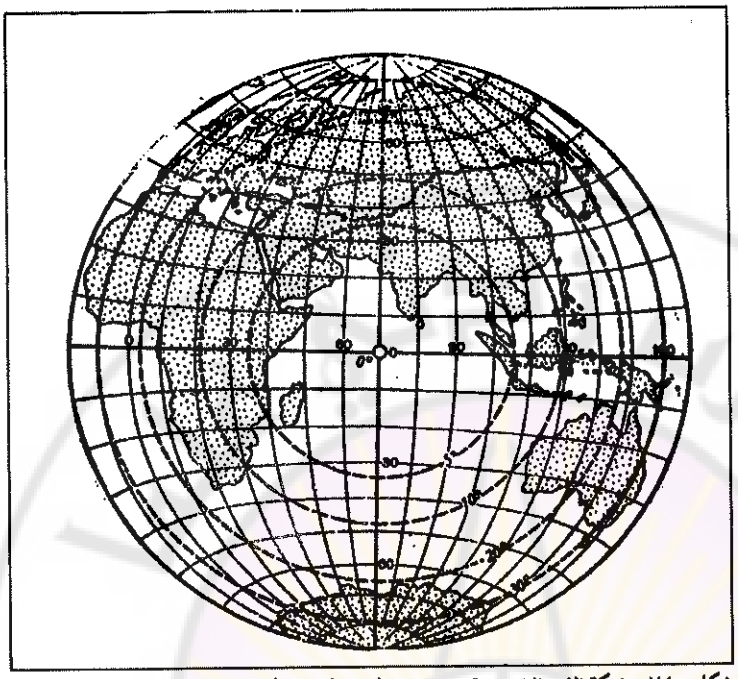
أما تشويه الأشكال والزوايا فيمكن توضيحه، ثم توضيح فيما إذا كان مسقط لامبرت متساوي المساحات يشوه الأشكال أم لا. لو فرضنا وجود جزر دائرية الشكل بعضها يقع على خط الاستواء وأخرى عند القطب، أو في العروض الوسطى، فإذا تغير شكل هذه الجزر من دائرة إلى إهليلج، مثلا في مسقط ما، قلنا عن هذا المسقط إنه يشوه الشكل، وإذا حافظت هذه الجزر على شكلها الدائري قلنا عن المسقط إنه يحافظ على الأشكال وعلى صحة الزوايا في أي مكان مرسوم على الخريطة. أما مسقط لامبرت الأفقي القطبي متساوي المساحة فإنه يزيد في أطوال

دوائر العرض وينقص من أطوال خطوط الطول، فإن الدوائر المرسومة على سطح الأرض لن تحافظ على شكلها، وإنما ستتعرض للشد الجانبي باتجاه خطوط العرض، وللضغط من الأعلى والأسفل مع خطوط الطول. انظر الشكلين (-٧٤-٧٥-).

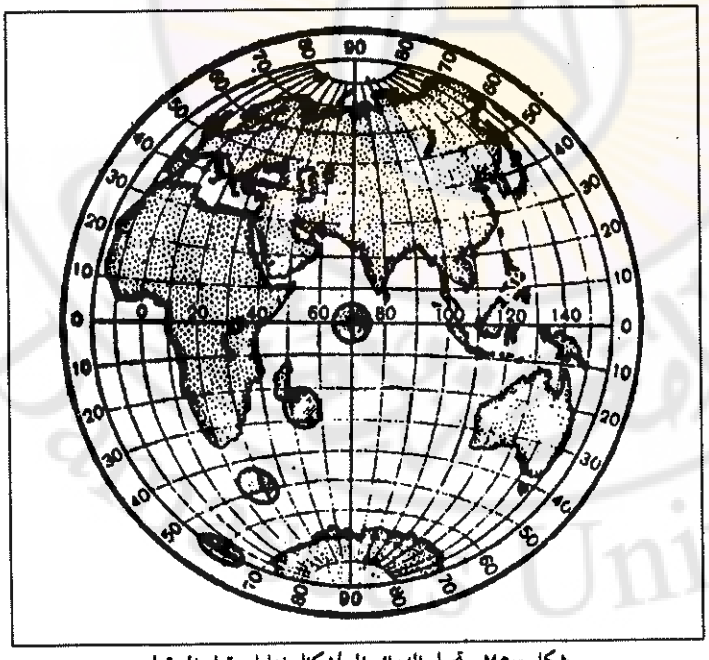
ونستدل عادة على وجود تشويه في الأشكال والزوايا أو عدم وجوده من مقارنة قيمة التشويه الحاصل باتجاه خطوط العرض ض مع قيمة التشويه الحاصل باتجاه خطوط الطول ل، فإذا كان هناك تعادل في قيم التشويه ضَ = لَ فهذا يعني انعدام التشويه في الأشكال والزوايا، وإذا كانت ضَ ≠ لَ فهذا يعني وجود تشويه في الأشكال والزوايا، وهذا حال مسقط لامبرت موضوع الدراسة.



شكل-٧٣- شكل شبكة الإحداثيات في مسقط لامبرت القطبي متساوي المساحة



شكل- ٧٤- شبكة الإحداثيات ومقادير تشويه الزوايا في مسقط لامبرت الاسطواني متساوي المساحة



شكل -٧٥- تحول الدوائر إلى أشكال إهليلجية في المسقط

٢- المسقط الأفقي القطبي الستيريوغرافي (المجسم)Stereographic Projection

:هو من المساقط البصرية تقع فيه لوحة الارتسام في الجهة المقابلة لنقطة البصر، ويتعامد مع خط البصر الأوسط، أما بالنسبة لخصائص التشويه فهو من المساقط متساوية الأشكال ونجد منه عدة أنواع، نأخذ مثالاً عليه المسقط القطبي الذي تكون فيه لوحة الارتسام مماسة لنقطة القطب وموازية لخط الاستواء، بينما تقع نقطة البصر في نقطة القطب المقابل. هنا ترتسم خطوط الطول على شكل خطوط مستقيمة منطلقة من نقطة القطب باتجاه الأطراف على شكل أشعة ،وتكون الزوايا فيما بينها متساوية ومساوية لما هي عليه على سطح الكرة الأرضية ،بينما تُرسم دوائر العرض على شكل دوائر متحدة المركز، المسافات فيما بينها تتزايد كلما ابتعدنا عن نقطة القطب وبالتالي فإن :

$$ض < م \text{ أي } ضَ < ١$$

$$ل < م \text{ أي } ضَ < ١$$

$$\text{ولكن ض = ل، ، } ضَ = لَ < ١$$

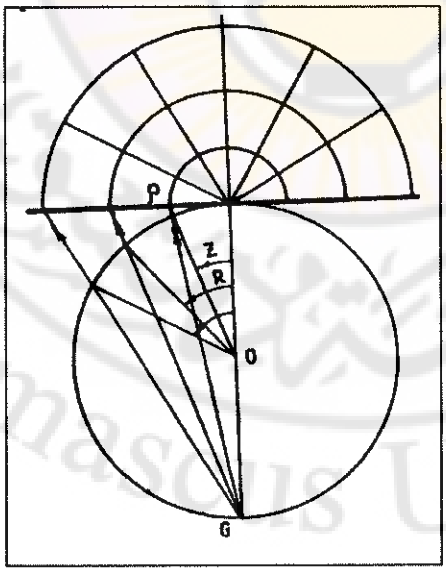
أي إن قيمة التشويه باتجاه خطوط العرض ض يساوي قيمة التشويه باتجاه خطوط الطول ل وهذا يعني أنه يوجد تشويه في الأشكال، ولكن هذا التشويه ليس كبيرا.

طريقة الرسم: بعد تحديد نقطة القطب ورسم خطوط الطول على شكل أشعة منطلقة من نقطة القطب يأتي دور دوائر العرض التي يتم إسقاطها على السطح المستوي المماس لنقطة القطب بتمديد أشعة منطلقة من القطب المقابل تمر بدوائر العرض في نصف الكرة الذي يمس المستوي قطبه، وتمدد هذه الأشعة حتى تصطدم بالمستوي وترسم عليه دوائر العرض .انظر الشكلين (-٧٦-٧٧-) .

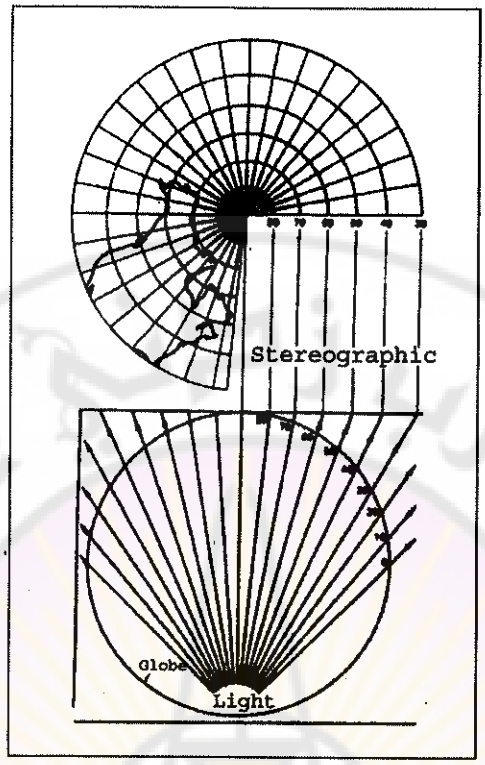
٣- المسقط الأفقي القطبي متساوي الفواصل ومثال عليه المسقط البصري المركزي Gnomonic Projection: قد يكون هذا المسقط قطبياً تلامس فيه لوحة الارتسام نقطة القطب وتوازي دائرة الاستواء، ترسم خطوط الطول فيه على شكل خطوط مستقيمة تشبه أشعة تنطلق من نقطة القطب نحو الأطراف،و تكون الزوايا فيما بينها متساوية ومساوية لما هي عليه على سطح الكرة الأرضية، بينما تُرسم دوائر العرض على شكل دوائر متحدة المركز تتباعد عن بعضها كلما ابتعدت عن نقطة القطب واقتربت من خط الاستواء واذا أردنا معرفة إن كان هذا المسقط يشوه المساحات أو لا نتأكد من خلال معرفة لَ × ضَ وحيث أن لَ = ١ و ضَ > ١ ، فإن لَ × ضَ = > ١ هذا يعني وجود تشويه في المساحات.

كما أن وجود تشويه باتجاه خطوط العرض (ض) وعدم وجود تشويه في أطوال خطوط الطول (ل) يعني في المحصلة وجود تشويه في الأشكال.

ملاحظة : يوجد أيضا مسقط أفقي استوائي متساوي الفواصل، ولكن يختلف شكل شبكة الإحداثيات فيه عما هو عليه في القطبي .



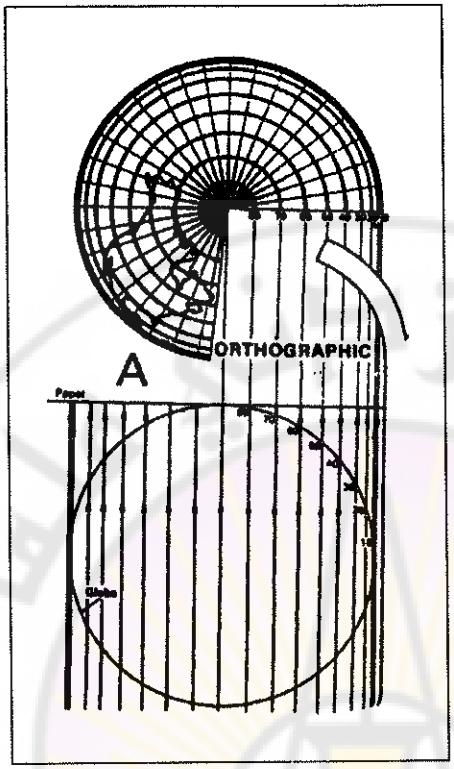
شكل -٧٦- طريقة الإسقاط في المسقط الستريوغرافي



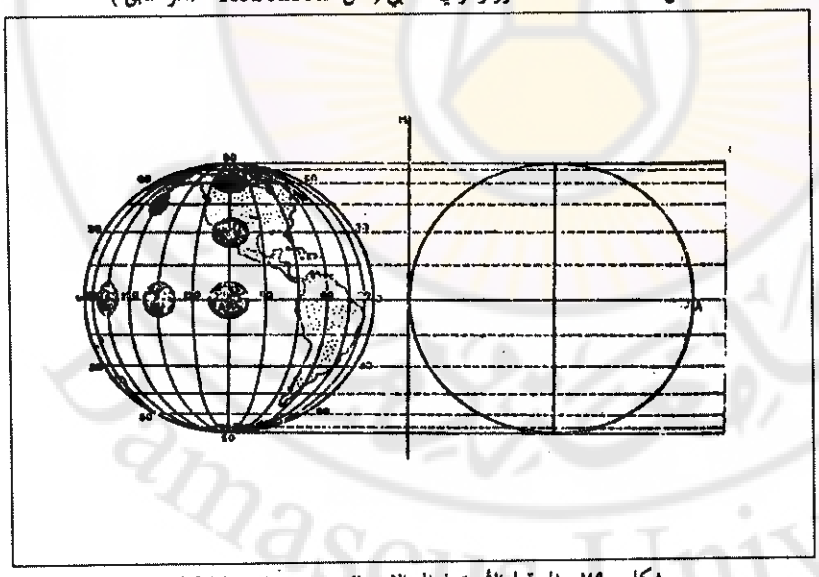
شكل –٧٧– المسقط الستيروغرافي القطبي (نقطة البصر في نقطة القطب المقابلة لنقطة التماس عن Robenson ١٩٦٠)

٤.المسقط الأفقي الأورتوغرافي Orthographic Projection :

هو من المساقط البصرية ولكن نقطة البصر تقع في اللانهاية، ويمكن أن يكون قطبيا أو استوائيا (معترضا)، يتميز هذا المسقط بطريقة إسقاطه سطح الأرض الكروي على المستوي المعتمدعلى أشعة وهمية مصدرها اللانهاية مُشكلة حزما متوازية، وتكون مساحة مسقط الكرة الأرضية كمساحة دائرة الاستواء تماماً، أو دائرة من دوائر الطول (حسب كون المسقط قطبيا أو استوائيا)، وهو من المساقط المشتقة التي تحوي تشويهاً في الشكل والمساحة. انظر الشكلين (– ٧٨–٧٩–) .



شكل- ٧٨ - المسقط الأورتوغرافي القطبي (عن Robenson مصدر سابق)



شكل- ٧٩- المسقط الأورتوغرافي الإستوائي (عن عزاوي ١٩٨١)

من المعلوم أن مساحة نصف الكرة الأرضية أكبر بكثير من مساحة دائرة الاستواء أو دائرة الطول، ولذلك نستنتج أن هذا المسقط يشوه المساحات على الرغم من أن خطوط العرض ترسم بأطوالها الحقيقية في المسقط القطبي، أي إن ض - م= ١، إلا أن خطوط الطول في هذا المسقط أقصر مما هي عليه في الطبيعة، لأن خطوط الطول أقواس تنطلق من القطب إلى القطب الآخر مرورا بالاستواء. يبدو منها نصفها أي حتى الاستواء وهذا يعادل ربع دائرة غير أنها في هذا المسقط تصبح كلها بطول نصف قطر دائرة الاستواء، ومن الواضح أن نصف قطر دائرة الاستواء الذي يساوي على الطبيعة ٦٣٧٨ كم أقصر من نصف خط الطول الذي يساوي على الطبيعة ١٠٠٠٢ كم أي إن ل < م < ١ وبالتالي ضَ×ل = <١ وطالما أن ض = ل فهذا يعني وجود تشويه في الأشكال والزوايا.

إذا كان المسقط قطبياً تسقط أشعة البصر عمودية على لوحة الارتسام وترتسم دوائر العرض على شكل دوائر متحدة المركز تتقارب من بعضها كلما اقتربت من خط الاستواء، أما خطوط الطول فترتسم على شكل أشعة مستقيمة تشع من نقطة القطب تكون الزوايا فيها مساوية لما هي عليه على سطح الكرة الأرضية أي ض= م وضَ= ١، أما ل <م و لَ < ١ ،ولذلك يصغر المقياس يصغر كلما اقتربنا من خط الاستواء و س= لَ×ضَ= < ١

٢،٤،٩المساقط المخروطية Conic Projection: تقسم إلى مساقط مماسة ينطبق فيها محور المخروط على محور القطبين ويمس سطحه دائرة من دوائر العرض وبالتالي ينعدم فيه التشويه على طول خط التماس ،وقاطعة ، وإلى عادية ومعترضة ومائلة، وحسب التشويه إلى متساوية المساحات ومتساوية الأشكال والزوايا ومتساوية الفواصل، ولكن المساقط المخروطية العادية هي الأكثر استخداما لتمثيل المناطق الواسعة من سطح الأرض التي تقع في العروض الجغرافية المتوسطة (ما فوق المدارين)

والعليا، وقد تستخدم المساقط المخروطية المائلة لتمثيل المناطق التي تقع في العروض المتوسطة وشبه المدارية.انظر الأشكال(-٨٠ -٨١-٨٢-).

١- المسقط المخروطي العادي المماس المتساوي المساحة: يتطابق محور المخروط في هذا المسقط والمساقط المخروطية العادية الأخرى مع المحور القطبي للأرض، ولذلك فإن خطوط الطول تبدو كأنها أشعة منطلقة من نقطة واحدة هي رأس المخروط، أما خطوط العرض فهي أقواس من دوائر متحدة المركز، ومركزها رأس المخروط أيضا. وبما أن المخروط يمس الكرة الأرضية عند دائرة من دوائر العرض فإننا نسمي هذه الدائرة خط التماس، حيث ينعدم التشويه على هذا الخط، ويزداد كلما ابتعدنا عنه. خطوط العرض حين تُرسم تتقلص المسافات فيما بينها كلما ابتعدنا عن خط التماس، على العكس من خطوط الطول التي يزداد تباعدها عن بعضها درجة زيادة عن تباعدها في الطبيعة.

المقياس الأصلي الصحيح على خط التماس م = ١

المقياس باتجاه خطوط العرض خارج خط التماس ض > م. وبما أن كل خط من خطوط العرض يرسم على جدار المخروط عدا خط التماس أكبر من خط العرض الذي يقابله في الطبيعة فإن ض > م هذا يعني أن تغير المقياس (التشويه) باتجاه خطوط العرض و ضَ = > ١ .

أما المقياس باتجاه خطوط الطول ل= < م ، ونذكر أن طول خط الطول = مجموع المسافات بين خطوط العرض، وذكرنا أننا نقلص هذه المسافات بالدرجة التي تكبر فيها أطول خطوط العرض أي إن تغير المقياس الجزئي باتجاه خطوط الطول لَ < ١ وتناقص لَ يعادل تزايد ضَ لذلك تبقى المساحة صحيحة أي إن س= ضَ × لَ = ١.

٢- المسقط المخروطي المماس متساوي الأشكال (الزوايا): إن شبكة الإحداثيات في هذا المسقط تختلف عما هي عليه في المسقط متساوي المساحة، فإن خطوط العرض تتباعد عن بعضها كلما ابتعدنا عن خط التماس، التماس وتصبح المسافات فيما بينها أكبر مما هي عليه على الكرة الأرضية أي إن المقياس الجزئي باتجاه خطوط الطول أكبر من المقياس الرئيس: ل> م > وبالتالي فإن تغير المقياس على خط الطول لَ = > ١.

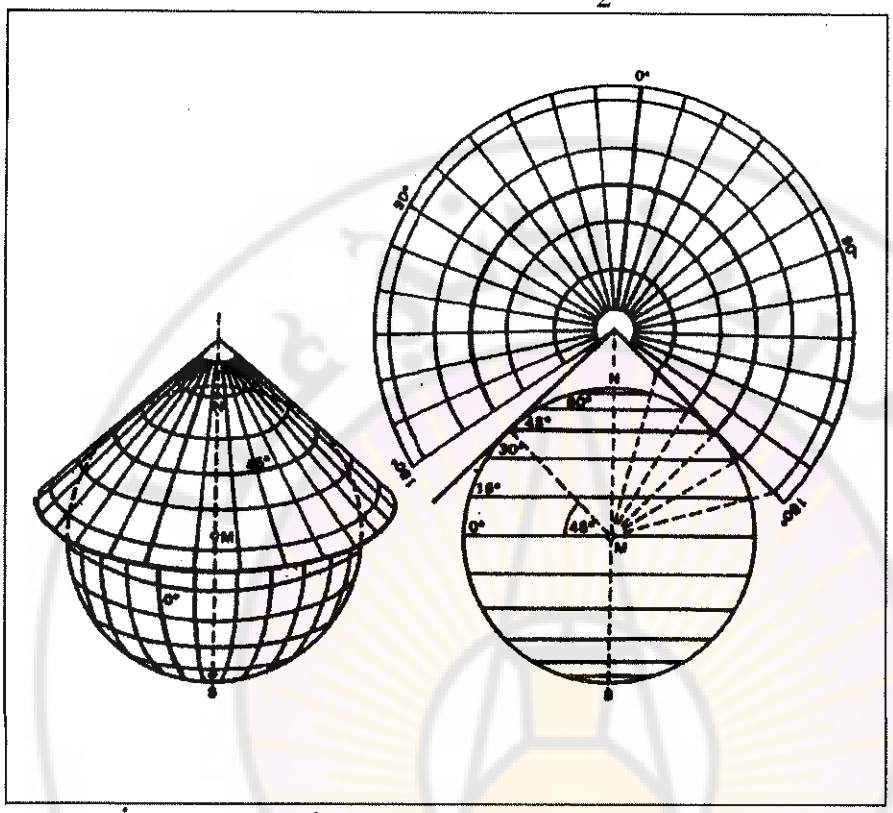
كما أن أطوال خطوط العرض ستكون أكبر مما هي عليه في الواقع، لأن أية دائرة على جدار المخروط (عدا دائرة التماس) هي أوسع من مثيلتها على الكرة الواقعة داخل هذا المخروط . أي إن المقياس الجزئي ض >م، وإن تُغير المقياس الجزئي يصبح أكبر من المقياس الرئيسي ضَ > ١ ،وهذا ينتج عنه أن المساحة تزداد كلما ابتعدنا عن خط التماس. وتصبح س= لَ×ضَ => ١. أما الأشكال فهي صحيحة.انظر الشكل السابق -٨١-).

وعند وضع هذا المسقط يجب أن تكون الزيادة في أطوال خطوط الطول معادلة للزيادة في أطوال خطوط العرض.

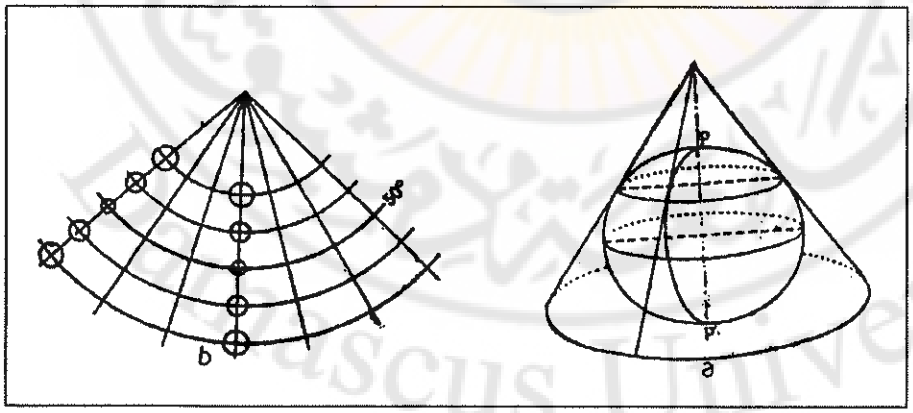
٣- المسقط المخروطي المماس المتساوي الفواصل: يتميز هذا المسقط بمحافظته على أطوال خطوط الطول صحيحة كما هي عليه على سطح الكرة، وهذا يعني أن المسافات بين خطوط العرض صحيحة ومتساوية أي: ل = م وإن لَ= ١.

أما أطوال خطوط العرض فهي أكبر من مثيلاتها على سطح الكرة، للأسباب الموضحة سابقا و أنصاف أقطار الدوائر المرسومة على جدار المخروط أكبر من أنصاف أقطار مثيلاتها على سطح الكرة (لاحظ الفرق بين نق و نق١ على الشكل-٨٥-)، أي إن: ض > م > وبالتالي فإن ضَ >١ وسيتبع ذلك تشويها في المساحات لأن س = ضَ × لَ = >١، وسيتبع ذلك تشويها في

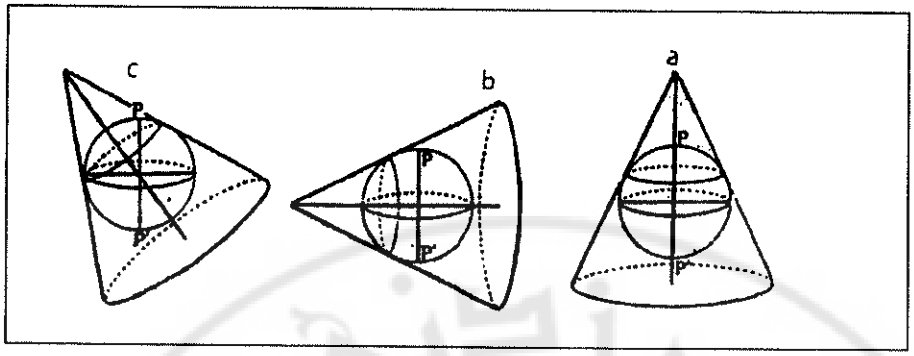
الأشكال لأن جب $\frac{\text{ي}}{2} \neq$ ٠.



شكل – ٨٠– المسقط المخروطي العادي المماس وعملية الإسقاط (المخروط يمس الكرة عند دائرة العرض ٤٥° .



شكل –٨١ – المسقط المخروطي العادي المماس متساوي الأشكال وشبكة الإحداليات وإهليلج التشويه



شكل ٨٢- أنواع المساقط المخروطية المماسة (العادي، الاستوائي ،المائل)

٤- **المساقط المخروطية القاطعة** :تم تصميم هذا المسقط بحيث يقطع المخروط الكرة على طول دائرتين من دوائر العرض ،وبالتالي ستكون المساحات صحيحة عل طول هذين الخطين (خطي القطع).

خصائص المسقط :

- خطوط العرض عبارة عن أقواس من دوائر متحدة المركز وتُرسم على مسافات متساوية.
- خطوط الطول عبارة عن خطوط مستقيمة تنطلق من نقطة واحدة هي رأس المخروط .
- المقياس صحيح على طول خطي القطع ل = ض = م .
- المسافات بين خطي القطع تبدو اقل مما هي عليه في الطبيعة بينما المسافات خارج خطي تظهر أكثر مما هي عليه في الطبيعة .
- يُستخدم هذا المسقط لتمثيل مساحة ذات امتداد شرقي غربي مع اتساع كبير في الشمال والجنوب في العروض الوسطى . مثال على ذلك تمثيل كندا أو دول الإتحاد السوفيتي السابق.

لأنها تؤدي إلى الإقلال من التشويه لأن التشويه ينعدم عند دائرتي القطع ويقل بجوارهما.

ولكن التشويه في المساقط القاطعة يأخذ طابعا آخر، حيث تختلف طبيعته داخل منطقة القطع عن خارجها، فالمنطقة المحصورة داخل خطي القطع أصغر من الحقيقة من حيث الأطوال، ومن حيث المساحات، وكلما ابتعدت دائرتا القطع عن بعضهما البعض ازداد التشويه بينهما، وهذا يدعو إلى جعل هذه المسافة متناسبة مع الامتداد الطولاني للمنطقة المرسومة، ويفضل أن تكون معادلة لثلث المسافة الإجمالية من الشمال إلى الجنوب، وواقعة في الوسط.

وفي هذه الحالة تتعادل درجة التشويه بين خطي القطع وعلى جانبيهما، ولكن أقصى درجة للتشويه تكون على طرفي الخريطة الشمالي والجنوبي ومن أجل وضع خريطة تتعادل فيها درجة التشويه داخل خطي القطع وعلى طرفي الخريطة الشمالي والجنوبي، تقسم المنطقة التي سترسم إلى أربعة أجزاء مسايرة لخطوط العرض، وتمرر خطوط القطع عند حدود الربع الأول مع الثاني، وعند حدود الربع الثالث مع الرابع، وفي هذه الحالة تتعادل درجة التشويه على الخط

إن المنطقة المحصورة داخل خطي القطع هي دائما أصغر من مثيلتها على الكرة الأرضية، لأن جدار المخروط يقع في هذه الحال داخل الكرة، ولذلك إن المسقط القاطع يمكن أن يكون متساوي الأشكال، ولكن لا يمكن أن يكون متساوي الفواصل، أو متساوي المساحة إلا إذا تم الخروج عن المسافة الوترية بين خطي القطع. وهذه الملاحظة تنطبق أيضا على المساقط الأفقية والأسطوانية القاطعة أيضا.

٥- المسقط المخروطي القاطع متساوي الأشكال أو الزوايا: في هذا المسقط يجب أن تكون المقاييس الجزئية على خطوط الطول وخطوط العرض متساوية فداخل خطي القطع تكون المسافة بين خطوط الطول أصغر مما هي عليه على سطح الكرة الأرضية أي إن ض < م، وبما أن ض= ل فإن ل< م، وهذا ينتج عنه أن تغير المقاييس الجزئية لَ،ضَ كلاهما < ١ بنسبة واحدة، أي إن المساحة داخل خطي

القطع س = لَ×ضَ = <١، ولكن الأشكال صحيحة. أما خارج خطي القطع فإن المسافة بين خطوط الطول أكبر مما هي عليه على سطح الكرة الأرضية أي إن ض > م وإن تغير المقياس الجزئي ضَ > ١، وبما أن ل يتبع ض في صغره وكبره فإن ل > م وهذا ينتج عنه أن لَ > ١، والمساحة خارج خطي القطع أكبر مما هي عليه عند خطي القطع س = لَ×ضَ= > ١.

٦- المسقط المخروطي القاطع متساوي المساحات: في هذا المسقط تبقى المساحات صحيحة في كل مكان من سطح الكرة الأرضية إلا أن الأشكال مختلفة داخل وخارج خطي القطع. فداخل خطي القطع تتباعد خطوط العرض عن بعضها البعض ولذا يجب أن تتناقص المسافات بين خطوط الطول بنفس النسبة، وبالتالي يكون المقياس الجزئي على خطوط العرض (ض) أصغر من المقياس الرئيسي أي إن ضَ< ١، وبما أن المساحات يجب أن تبقى صحيحة فيجب أن يكبر المقياس الجزئي على خطوط الطول(ل) بمقدار تناقص(ض) وبالتالي تُصبح لَ >١، أما خارج خطي القطع فإن خطوط العرض تتقارب من بعضها وإن المسافات على خطوط الطول تتناقص أي إن ل< م، وبالتالي فإن لَ < ١، وبمقدار تناقص لَ يجب أن يزداد ضَ ويصبح > ١.

٧- المسقط المخروطي القاطع متساوي الفواصل : في هذا المسقط يبقى المقياس صحيحاً على طول خطي القطع وعلى خطوط الطول كلها أي إن ل= م وإن لَ= ١، أما المقياس الجزئي باتجاه خطوط العرض فهو متغير فداخل خطي القطع يكون أصغر من المقياس الرئيسي أي ض< م وبالتالي فإن ضَ < ١، وخارج خطي القطع يكون أكبر من المقياس الرئيسي أي إن ض> م وإن ضَ > ١ أي إن المساحة داخل خطي القطع أصغر مما هي عليه على سطح الكرة الأرضية، وخارج خطي القطع اكبر مما هي عليه على سطح الكرة الأرضية.

٩،٤،١٣المساقط الإسطوانية Cylindrical Projections: تقسم المساقط الإسطوانية كغيرها إلى مماسة وقاطعة وإلىعادية ومعترضة ومائلة، وإلى متساوية الفواصل ومتساوية المساحة، ومتساوية الأشكال. وتعتبر المساقط الأسطوانية العادية أكثر أنواع المساقط الأسطوانية استعمالا وأهمية، لذلك سنتناول ثلاثة أنواع منها هي: متساوي المساحات ومتساوي الفواصل ومتساوي الأشكال.

١- المسقط الأسطواني العادي متساوي المساحة: من المعلوم أن المسقط العادي هو المسقط الذي يتطابق فيه محور الأسطوانه (سطح الإسقاط المساعد) مع محور الكرة الأرضية ولابد من القول: إن المساقط الأسطوانية العادية من أكثر المساقط استعمالاً في رسم خرائط العالم بكامله لسهولة تنفيذها بالمقارنة مع المساقط الأخرى.

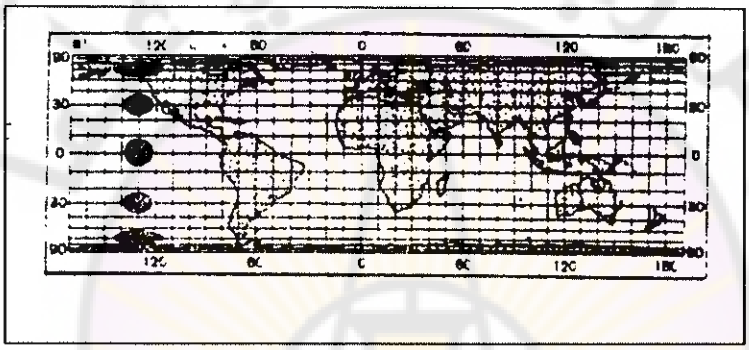
والشكل العام لشبكة الإحداثيات في هذه المساقط هو: خطوط الطول مستقيمة متوازية، والمسافات فيما بينها ثابته، وتتعامد مع خطوط العرض التي ترسم بدورها خطوطا مستقيمة ومتوازية مع بعضها البعض بطول واحد ثابت، وتشكل هذه المساقط مستطيلات نظامية (كما تبدو في الشكل -٨٣-).

وبملاحظة الشكل وما ذكر سابقا من أن خطوط العرض ترسم جميعها بطول واحد، يتضح لنا أن هذه المساقط تشوه المسافات باتجاه خطوط العرض (أي أطوال خطوط العرض) لأننا نعلم بطبيعة الحال أن دوائر العرض على الكرة الأرضية تصغر كلما ابتعدنا عن خط الاستواء باتجاه القطبين، وهنا ترسم جميع هذه الدوائر بطول واحد مساو لطول خط الاستواء، وهذا يعني أن التشويه يزداد كلما ابتعدنا عن خط الاستواء الذي ينعدم التشويه عنده ويكون المقياس الأصلي م عنده مساويا للواحد:

(المقياس باتجاه خطوط العرض) أي ض > م > ١

وهذه حالة عامة في كل المساقط الأسطوانية العادية، فكيف تعوض هذه الزيادة

الكبيرة والتي تبلغ الضعف مثلا عند خط العرض ٦٠ الذي يرسم بطول خط الاستواء، وطوله في الطبيعة نصف طول خط الاستواء للحصول على مسقط لا تتشوه فيه المساحات؟ والجواب كالتالي: يتم ضغط خطوط الطول (المسافات بين خطوط العرض) بنفس الدرجة التي زادت فيها أطوال خطوط العرض (المسافات بين خطوط الطول) أي نجعل ل< م < ١بنفس النسبة التي تزايدت فيها ض وبحيث يكون لَ × ضَ =١ عند كل خط من خطوط العرض.انظر الشكل(-٨٣).



شكل -٨٣- شبكة الإحداثيات وأنواع التشويه في المسقط الاسطواني العادي المماس متساوي المساحة

وبما أن ض ≠ ل فهذا يعني تشوه الأشكال، وبما أن هناك تعاكسا في قيم ض و ل فوق الواحد وأقل من الواحد، فإن تشويه الأشكال يكون على أشده في هذا المسقط، وهذا ما نلاحظه من خلال الدوائر الصغيرة المرسومة على يسار الشكل وكيف تتحول هذه الدوائر إلى أشكال إهليليجية كلما ابتعدنا عن خط الاستواء.

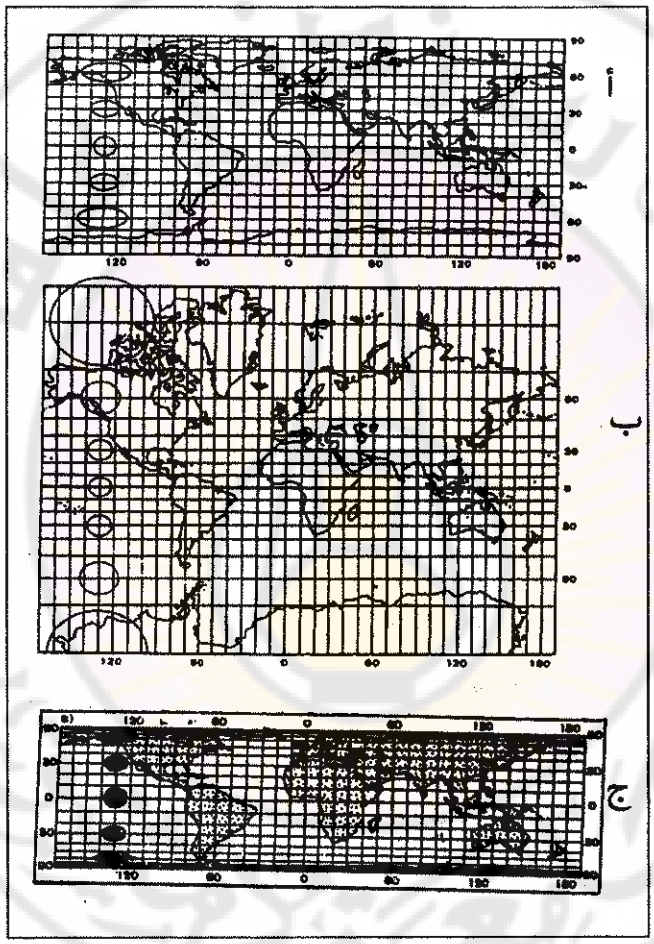
٢- **المسقط الأسطواني العادي متساوي الفواصل:** تأخذ خطوط العرض في هذا المسقط الشكل العام في المسقط السابق نفسه من حيث امتدادها شرقا وغربا بأطوال متساوية ومساوية لخط الاستواء، وتبقى قاعدة التشويه الخاصة بالمسافات على هذه الخطوط ثابتة ض > م >١ أي إن التغير على خطوط العرض يصبح كبيراً وإن ضَ > ١.

أما خطوط الطول التي ترسم متعامدة مع خطوط العرض فإنها ترسم بطولها

الحقيقي الثابت على سطح الأرض نفسه (بعد التصغير حسب مقياس الخريطة طبعا)، ولذلك فإن المسافات بين خطوط العرض تبدو متساوية ومعادلة للمسافات الحقيقية بينها على الطبيعة أي إن ل = م = ١ وإن لَ =١ (لا يوجد تشويه باتجاه خطوط الطول)، وتظهر شبكة الإحداثيات وقد شكلت بمجموعة من المربعات النظامية (انظر الشكل -١٠٧ - ب)، أما بالنسبة للمساحات في هذا المسقط فإنها تتشوه باتجاه الزيادة ، لأن محصلة ضرب ضَ × لَ = >١، وتتعرض الأشكال في هذا المسقط للتشويه ولكنه لا يكون بنفس الدرجة التي تحدث في المسقط متساوي المساحات، وهذا يبدو من الدوائر المرسومة على يسار الشكل التي تتحول إلى أشكال إهليليجية ولكن بدرجة أقل مما رأيناه في المسقط السابق، ولكن مساحة هذه الأشكال أكبر من مساحة الدوائر المرسومة عند خط الاستواء أي إن س= لَ × ضَ >١. ومن الواضح أن ما يحصل بالنسبة لهذه الدوائر التوضيحية يحصل بالنسبة لسطح الأرض من حيث زيادة المساحة أو تشويه الشكل .انظر شكل ومساحة القارة القطبية الجنوبية في المساقط الثلاثة المرسومة (شكل- ٨٤-).

٣- **المسقط الاسطواني العادي متساوي الأشكال (الزوايا):** يسمى هذا المسقط باسم واضعه (مركاتور) عالم الخرائط الهولندي الشهير. ويتضمن هذا المسقط تشويها موجبا باتجاه خطوط الطول معادلا للتشويه الإجباري الحاصل باتجاه خطوط العرض أي ل = ض وكلاهما أكبر من المقياس الرئيس م، وبما أن ضَ > ١ فإن لَ > ١ بنسبة متساوية، وميزة هذا المسقط محافظته على صحة الاتجاه وصحة الأشكال الموجودة على سطح الأرض والمرسومة على هذا المسقط. ولذلك يستخدم هذا المسقط في عمليات الملاحة والعمليات الأخرى التي تتطلب تحديد الاتجاهات وقياس الزوايا على الخرائط والتحرك على الطبيعة بدقة، كما أنه يستخدم للتعرف على الأشكال الصحيحة للجزر والقارات والبحار، وخاصة البعيدة منها عن خط

الإستواء. ولكن في الوقت الذي يحافظ فيه هذا المسقط على الأشكال تتعرض المساحات لتشويه كبير ،وتتحول الدائرة الصغيرة عند خط الاستواء إلى دائرة أكبر وأكبر كلما اقتربنا من القطبين مع محافظتها على الشكل الدائري، ولاحظ ما يحصل أيضا للقارة القطبية الجنوبية وجزيرة غرينلاند . ضَ × لَ = > ١ .



شكل –٨٤– التشويه الحاصل للقارة القطبية الجنوبية وجزيرة غرينلاند في المساقط الثلاث

٥،٩ المساقط الاصطلاحية: يوضع هذا النوع من المساقط على أسس رياضية ويتم الاستغناء عن وسائل الإسقاط المساعدة وهي تشبه المساقط الحقيقية لكنها تتميز بمواصفات أفضل منها. من هذه المساقط:

١،٥،٩مسقط سانسون: (Sanson Projection) سمي باسم واضعه سانسون عام ١٦٦٠ويسمى أحيانا مسقط سينوسويدال أو مسقط فلامستد Flamested Projection نسبة إلى صاحب الفضل في نشره، وهو من المساقط المشتقة من الأسطوانية، ويمكن بواسطته رسم سطح الأرض كاملاً، وهو مسقط متساوي المساحة ترسم فيه خطوط العرض على شكل خطوط مستقيمة موازية لخط الاستواء، ولها أطوالها الحقيقية أي إن التشويه معدوم على خطوط العرض.

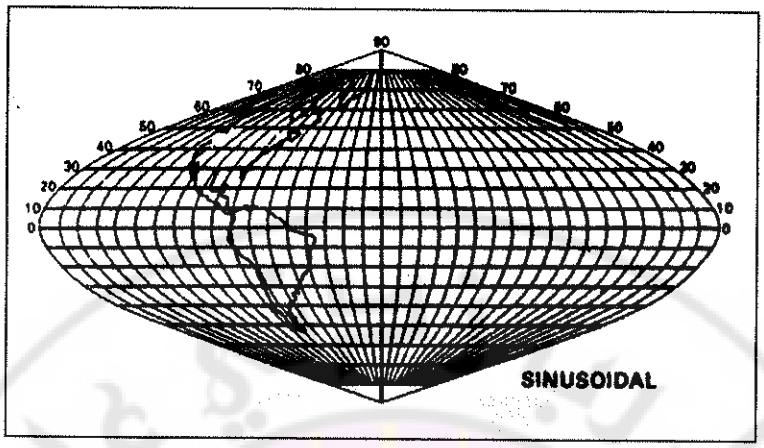
طريقة وضع هذا المسقط تتم كما يلي:

١- يُرسم مستقيمان متعامدان أحدهما يمثل خط الاستواء والآخر خط الطول الأوسط الذي يعادل طوله نصف طول خط الاستواء.

٢- يقسم خط الطول الأوسط إلى أجزاء تتناسب مع الأطوال الحقيقية بين دوائر العرض على سطح الأرض ،ومن هذه الأجزاء ترسم مستقيمات توازي خط الاستواء وتكون أطوالها صحيحة أي تساوي الأطوال الحقيقية لخطوط العرض على الأرض مُصغرة بمقياس الخريطة.

٣- يُقسم خط الاستواء وخطوط العرض إلى أقسام متساوية (عددها يساوي عدد الزمر بين خطوط الطول) ثم توصل هذه الأقسام مع بعضها البعض لتُشكل خطوط الطول.

وبما أن هذا المسقط متساوي المساحة فإنه يحوي تشوهاً في الشكل، ويزداد هذا التشويه بالابتعاد عن خط الطول الأوسط وخط الاستواء باتجاه الأطراف. انظر الشكل(– ٨٥ –).



شكل -٨٥ – مسقط سانسون (سايبوسويدال)عن Robinson ١٩٩٥)

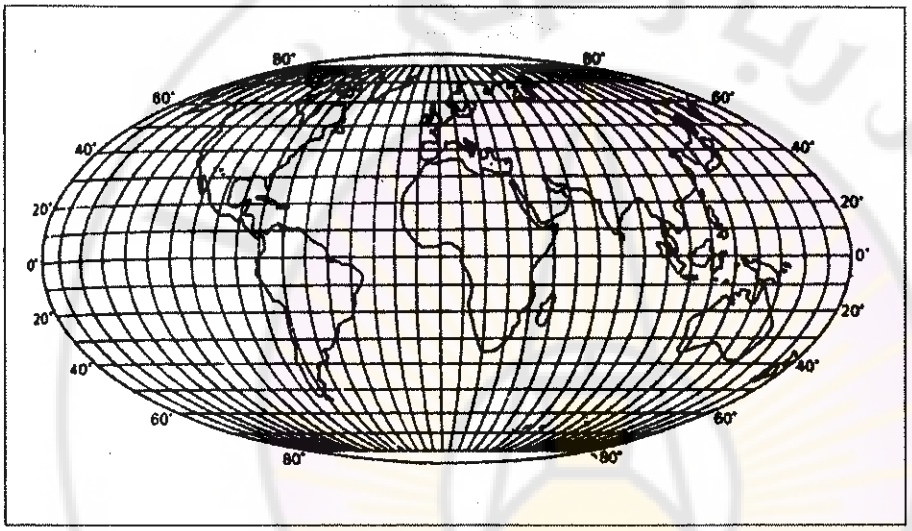
٢،٥،٩ **مسقط مولويد: (Molweid Projection)** وهو من المساقط المشتقة من الأسطوانية ويحافظ على المساحات (متساوي المساحة). ترسم خطوط العرض على شكل خطوط مستقيمة موازية لخط الاستواء ومساوية لأطوالها الحقيقية، ويشكل خطا الطول ٩٠ شرق وغرب خط الطول الأوسط (صفر) دائرة نظامية، وتشكل خطوط الطول الأخرى أقواسا، ويبدو الشكل العام للمسقط بيضويا (كما في الشكل -٨٦ -) وتكون المسافات بين خطوط العرض متساوية ومساوية لما هي عليه في الطبيعة.

طريقة وضعه تتلخص بما يلي :

- يُرسم مستقيمان متعامدان أحدهما خط الاستواء والآخر خط الطول الأوسط، بحيث يعادل طوله نصف طول خط الاستواء.
- تُرسم دائرة مركزها نقطة تقاطع خط الطول مع خط الاستواء، وقطرها يعادل طول خط الطول الأوسط، فيتشكل لدينا ٩٠ خط طول شرق و٩٠ خط طول غرب خط الطول الأوسط.
- يتم تقسيم خط الطول الأوسط إلى أجزاء تساوي عدد خطوط العرض أو

زمرها، من هذه الأجزاء ترسم مستقيمات موازية لخط الاستواء وبأطوال تعادل ضعف الأطوال المحصورة ضمن الدائرة ، فتتشكل خطوط العرض.

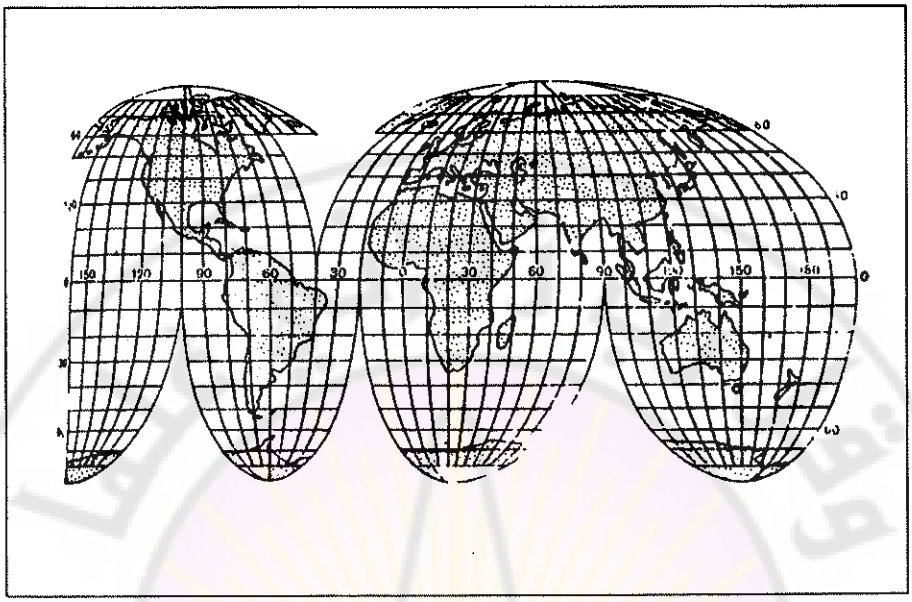
- أما خطوط الطول فترسم من خلال تقسيم خط الاستواء وخطوط العرض الأخرى إلى أقسام متساوية تساوي في عددها خطوط الطول أو زمرها ثم توصل هذه الأجزاء فتتشكل خطوط الطول.



شكل -٨٦- مسقط مولويدي

٣،٥،٩مسقط جود:(Good Projection) من المساقط الأسطوانية المعدلة، إما أن يستخدم لرسم القارات فيقطع المحيطات، أو يستخدم لرسم المحيطات التي تقطع القارات فنحصل على منظر متكامل للمحيطات. ويحافظ هذا المسقط على المساحات الصحيحة.انظر الشكل(- ٨٧-).

٤- مسقط بون : (BONN) وهو مسقط مشتق من المساقط المخروطية، ويمتاز عنها بإمكانية رسم العالم بكامله، وترسم فيه خطوط العرض على شكل أقواس، ويرسم خط الطول الأوسط مستقيما بينما تكون بقية خطوط الطول قوسية، يشتد تقوسها كلما ابتعدنا عن خط الطول الأوسط، كما يتغير اتجاه التقوس .



شكل -٨٧- مسقط جود

اختيار المسقط المناسب : يرتبط اختيار المقطع بعدد من العوامل أهمها:

١- **وظيفة الخريطة :** تحدد وظيفة الخريطة درجة الدقة المطلوبة في قياس الأبعاد والمساحات والزوايا. أي تحدد نوع التشويه الذي يمكن التغاضي عنه، مهما كانت مواصفات المساقط يجب أن تكون بدون تشويه سواء منها (المساحة أم الأشكال والزوايا أم المسافات بين خطوط الطول أو العرض؟). ويرتبط المسقط أيضا بمحتوى الخريطة ودرجة غنى هذا المحتوى بالتفاصيل، فقد يسمح المسقط بإدراج تفاصيل أكثر أو أقل.

وباختصار إن الخريطة المعدة لإجراء قياسات للمساحة يجب أن يكون مسقطها مما لا يشوه المساحات، أن تشابه الخرائط المخصصة للملاحة وقياس الزوايا يجب أن يكون مسقطها مما لا يشوه الأشكال والزوايا ...

٢- **مساحة وموقع المكان المراد رسمه:** إذا كان المطلوب رسم خريطة للعالم بأكمله فلا بد من اختيار مسقط يسمح برسم العالم كالمساقط الأسطوانية والاصطلاحية المشتقة منها، وإذا كان المكان المراد رسمه واقعا عند أحد القطبين أو حولهما إن المسقط المناسب هو الأفقي، وإذا كان المكان في العروض الوسطى فيفضل استخدام المساقط المخروطية العادية أو المساقط الأسطوانية أو الأفقية المائلة المماسة لهذا المكان.

وإذا كان المكان المراد رسمه واقعا عند خط الاستواء أو قربه فيفضل استخدام المساقط الأسطوانية إذا كانت المنطقة المراد رسمها واسعة باتجاه خطوط العرض، كما يمكن استخدام المسقط الأفقي المعترض (الاستوائي) إذا كانت المنطقة المعنية محدودة المساحة.

الباب الثاني

المساحة

الفصل الأول: المساحة والطبوغرافية وعلاقتهما بالعلوم الأخرى

الفصل الثاني: شكل الأرض وأبعادها

الفصل الثالث: الاتجاهات والسموت والزوايا

الفصل الرابع: القياس، وحداته وأخطاؤه

الفصل الخامس: الأجهزة المساحية واستعمالاتها

الفصل السادس: شبكة الاستناد الجيوديزية

الفصل السابع: القياس

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الأول

المساحة والطبوغرافية وعلاقتهما بالعلوم الأخرى

١،١- تعاريف

٢،١ - علاقة المساحة بالعلوم الأخرى

٣،١- تطور علم المساحة والطبوغرافية

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

١،١ تعاريف Concepts:

قبل الخوض في محتوى علم من العلوم لا بد من توضيح المفاهيم الأساسية التي تخصه . قد لا تكون المعاني الحرفية للمصطلحات معبرة عن المحتوى، وأحياناً يصبح المحتوى أوسع وأعمق مما يعنيه المصطلح حرفياً. لذلك فمن غير الحكمة أن نعطي مفاهيم نفترض ثباتها لمدة طويلة. فتطور المعارف والعلوم يأتي كل يوم بجديد، ولا بد أن نعبر عن جديد كل علم بتطوير للمفهوم والمنهج أحيانا.فالعلوم كالكائنات الحية تنمو، ولكنها لا تموت، بل تتجدد وتنبت أغصانا وفروعا جديدة تظلل واحة المعرفة.

إذا أخذنا مصطلح المساحة فنرى أنه تعريب للمصطلح اللاتيني – Geodesy المكون من مقطعين : Geo ويعني الأرض، وDesy أي قياس أو تقسيم، وبالتالي فإن المعنى الحرفي للمصطلح يكون: تقسيم أو قياس الأرض . ولكن المفهوم المعاصر للمساحة (الجيوديزيا) هو : العلم الذي يدرس شكل الأرض وأبعادها، وأساليب إنشاء نظم الإحداثيات ووضعها من أجل دراسة سطح الأرض تفصيليا ، وإجراء القياسات عليه.

أما الطبوغرافيا فقد أخذت كما وردت في اللاتينية – Topography واللفظ مكون من مقطعين أصلهما يوناني : Topos ويعني المكان و Graphos ويعني أرسم أو رسم . ولذا فإن المعنى الحرفي لمصطلح الطبوغرافيا هو رسم المكان. أما المفهوم المعاصر للطبوغرافيا فهو: العلم الذي يدرس سطح الأرض من حيث عناصره الطبيعية (الفيزيائية) والبشرية معبرا عن الموقع والأبعاد من أجل وضع المخططات والخرائط الطبوغرافية.

وتعد مهمة تصميم الخرائط الطبوغرافية ووضعها وتحسينها وتجديدها أهم

مهمة تضطلع بها الطبوغرافياً بالإضافة إلى إيجاد الوسائل والقواعد الناظمة لاستخدام هذه الخرائط في حل المسائل العلمية والعملية المطروحة أمام المجتمع.

أما الخرائط الطبوغرافية فإنها تعد تمثيلا مصغرا للمكان تبين عناصره بواسطة منظومة من الرموز الاصطلاحية، ولكنها تتميز بالدقة والتفصيل لأنها توضع وفق قواعد رياضية — كارتوغرافية تضمن الحد الأدنى من التشويه الذي يحصل عند نقل سطح الأرض الكروي إلى السطح المستوي (الخريطة)، كما تضمن الحد الأقصى من الدقة التي يمكن توفرها في رسوم سطح الأرض، وذلك حسب درجة التصغير (المقياس) المرغوب فيها. ويمكن القول إن الخرائط الطبوغرافية هي خرائط تفصيلية للمكان ، تسمح بتحديد الأبعاد الأفقية والرأسية لعناصر المكان بالإضافة إلى تحديد الموقع والنوع والكمية أحيانا.

وإذا أردنا التمييز بدقة بين كل من المساحة والطبوغرافية فنقول: إن المساحة تعالج طرق تحديد شكل الأرض، وطرق قياسه ، والقياس عليه، تلك القياسات المتعلقة مثلا بحركة الصفائح القارية، وتشكل القشرة الأرضية الناجم عن هذه الحركة وتشوهها، والقياسات المتعلقة بتحديد مستويات سطوح البحار المختلفة بالفعل، والفوارق بينها. ورصد حركة القطبين الجغرافيين والمغناطيسيين، بالإضافة إلى حل الكثير من المسائل الهندسية في مختلف القطاعات المدنية والعسكرية.

ونستطيع أن نشبه الفرق بين المساحة والطبوغرافية بالفرق بين القياسات التي نجريها على سطح الأرض بقصد وضع مخطط لبناء أو مزرعة على سبيل المثال، وبين عملية رسم تلك المخططات على الورق فعلا وفقا للقياسات المساحية المنجزة. فالقياس مرحلة أولية ضرورية سابقة للرسم والتحديد على الأرض بقصد التنفيذ. وكذلك فإن الأعمال المساحية تسبق الأعمال الطبوغرافية. ففي الأعمال المساحية

تُجري القياس، وفي الطبوغرافية نستخدم هذا القياس لتحديد المواقع والصفات المكانية الأخرى بقصد رسم سطح الأرض.

إن هذه العلاقة التي تشبه العلاقة بين السبب والنتيجة، أو العلاقة بين المدخلات والمخرجات، أدت إلى الدمج في كثير من الأحيان بين الأعمال المساحية والطبوغرافية، فظهرت أهم طريقة لدراسة سطح الأرض في الطبوغرافية وتسمى: المسح الطبوغرافي الذي يمكن تعريفه بأنه مجموع أعمال القياس على الطبيعة والحسابات والرسم الذي يحول هذه القياسات والحسابات إلى مخططات وخرائط طبوغرافية.

وقد أدى الاهتمام بعمليات المسح الطبوغرافي إلى ظهور فرع خاص من المساحة أطلق عليه اسم المساحة الطبوغرافية – أي الأعمال المساحية المخصصة لخدمة الأغراض الطبوغرافية. وهي الأعمال التي سيتم التركيز عليها في بعض فصول هذا الكتاب لأنها تمثل الحلقة الأولى والأساسية من أجل رسم الخرائط الطبوغرافية، التي تعد بدورها أساساً لرسم الخرائط الجغرافية العامة الأخرى بأصغر المقاييس، والخرائط الموضوعية المختلفة.

٢،١،علاقة المساحة والطبوغرافية بالعلوم الأخرى

ظهرت وتطورت كل العلوم عندما تعززت معرفة الإنسان بالطبيعة من حوله، وترجم قوانينها إلى رموز اختارها بنفسه، ومع كل فهم جديد لقوانين الطبيعة يزداد الرصيد العلمي الإنساني، ويصبح أمرا ملحا في مرحلة ما انفصال فروع علمية جديدة عن بعضها البعض لتشكل كل منها أسرة من العلوم المترابطة، تكون مستقلة في مادتها وطريقتها، ومرتبطة مع مجموعة من العلوم الأخرى. فعلوم المكان (العلوم المكانية) تشبه شجرة العائلة، أصلها واحد وهو الجغرافية، وفروعها متعددة، وثمارها مختلفة أيضا.

ومن العلوم ما يلعب دور النسغ بالنسبة لبقية العلـــوم مثـــل الرياضـــيات والفيزياء والكيمياء ، فنجد ارتباط جميع العلوم بها من قريب أو بعيد كما تلعـــب الفلسفة والمنطق دورا مشابهاً حيث تعطي الفلسفة طريقة التفكير وتحافيه العلاقة بين المكونات المادية وغير المادية التي يتعامل معها الإنسان، فإما أن تجد العلوم المختلفـــة حلولا سليمة للمسائل المطروحة فيها مباشرة من الدراسات في العلوم الأساسية، أو تطرح هذه المسائل الجديدة للبحث من أجل إيجاد حلول لها عن طريق تحويلها إلى مسائل رياضية أو فيزيائية أو كيميائية، وفي هذه الحال إن العلوم التطبيقيـــة تعطـــي للعلوم الأساسية مادة عملها، بينما تقوم هذه العلوم بتوضيح طريقة التعامل مع هذه المادة وصولا إلى حلول منطقية.

من خلال هذه الصورة نستطيع فهـــم العلاقـــة القائمـــة بـــين المســـاحة والطبوغرافية من جهة وبين العلوم الأساسية من جهة ثانية، فالأســـاليب والطـــرق الرياضية المعتمدة في القياسات المساحية، ذات هويـــة رياضـــية معروفـــة، وأدوات القياس المختلفة هي ناتج عمل العلوم الفيزيائية والتقنية، ولذلك يمكن أن نصـــنف هذه العلوم في فئة العلوم المعطاءة بالنسبة للمساحة والطبوغرافية. أما علوم المساحة والطبوغرافية الكارتوغرافية (علم الخرائط) فتخدم مجموعة العلوم المكانيـــة وغـــير المكانية أحياناً، حيث يمكن اعتبار هذه العلوم من العلوم التطبيقية الوســـيطة بـــين العلوم الأساسية المساندة لكل العلوم، والعلوم التطبيقية والإنسانية المستفيدة منها . مع الإقرار بأن تطور العلوم الأساسية لا يتم إلا بخدمتها بقية العلوم ، أي من خلال حلها المسائل المطروحة في كل مرحلة من مراحل تطور العلوم المختلفة، وكـــذلك بالنسبة للعلوم التطبيقية والإنسانية، فإن تطورها مرهون بمقدار ما تبحث عن مسائل ومشاكل جديدة مطروحة للحل، وبمقدار فهمها للقوانين الناظمة لوجود وتطور أي ظاهرة أو مشكلة، وبمقدار توظيفها للخبرات السابقة ، والجدية في البحـــث عـــن

حلول للمستحدات.

سمح تطور الرياضيات والفيزياء بتطوير الطرق والمعدات اللازمة لإجراء القياسات المساحية والتمثيل الكارتوغرافي، فالقياس مهما كان بسيطاً يحتاج إلى أداة للقياس تقيس بوحدة قياس معينة ووفق طريقة مناسبة، وهذا جزء واضح من إسهام الرياضيات والفيزياء والعلوم التقنية في العمل المساحي مع ضرورة إدراك التطور الذي حصل على طرق وأدوات ووحدات القياس عبر العصور المختلفة، وإن مسألة تطوير هذه الأشياء سيبقى مطروحاً رغم ما نراه من سرعة ودقة وتقنية عالية في الوقت الراهن. فالقياس بالخطوة والذراع والفرسخ ومسيرة اليوم والشهر وعرض حبة الشعير وغيرها من وحدات قياس المسافات والمساحات تبدلت إلى ما نعرفه الآن من قياس للأطوال بالأجزاء المليونية من المليمتر، وقياس الزمن بالأجزاء المليونية من الثانية ، وبمقدار ما تزداد سرعة التطور العلمي – التقني، يصبح التكهن بعيد الأمد أكثر صعوبة وأقل دقة.

لنتذكر نتائج ابتكار الصفر والأرقام العشرية والوحدات المترية، واختراع مقاييس الحرارة والضغط الجوي، واكتشاف سرعة الضوء، واختراع الآلات المولدة لأشعة الليزر، واختراع التصوير بأنواعه من الفوتوغرافي إلى التلفزيوني إلى الراداري إلى التصوير بالماسح (Scanner)، وكيف أثر ذلك على القياسات المساحية، وعلى رصد سطح الأرض وتصويرها. ولنتذكر في الوقت نفسه مقولة (الحاجة أم الاختراع) ، فلولا الشعور بالحاجة إلى تطوير هذه القياسات ووضع هذه المهمة أمام الرياضيات والفيزياء ثم العلوم التقنية التي تهيئ الأدوات المناسبة لما تطورت العلوم المساحية وسواها كما نرى ذلك في أيامنا. ويقف وراء كل هذا طموح الإنسان إلى تحسين مستوى معيشته وحب المعرفة واكتشاف المجهول.

أما عن علاقة المساحة والطبوغرافية بعلوم الأرض – المستفيدة من المساحة

والطبوغرافية – فإننا نميز أولا علاقة عضوية تسلسلية بين مجموعة الفروع التي تخدم علوم الأرض، وهي المساحة والطبوغرافية والكارتوغرافية والاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وما يتبلور نتيجة العلاقات المتبادلة بين هذه العلوم والعلوم المكانية والحاسوبية كالجيوإيقونيا (أشكال تمثيل سطح الأرض) والمرئيات الجغرافية الناتجة عن الجيومعلوماتية – Geo-matics. فالمساحة تعطي القياسات الأرضية للطبوغرافية التي تربطها بمعالم سطح الأرض ، وعندما تترجم هذه المعطيات والمعلومات عن مكونات المكان الطبيعية والبشرية والاقتصادية بأبعادها المكانية والزمانية إلى رموز في خرائط طبوغرافية وجغرافية عامة وخرائط موضوعية، وتستخدم فيها مجموعة من الرموز الاصطلاحية، ويعتمد مبدأ الانتقاء والتعميم، وطريقة خاصة في تحويل سطح الأرض الكروي إلى سطح مستو (مسقط مناسب)، ونسبة في تصغير سطح الأرض (مقياس) نكون قد انتقلنا من الطبوغرافية إلى الكارتوغرافية. وإذا اعتمدنا الجزء الأساسي من البيانات والمعلومات لسطح الأرض من الصور الجوية والفضائية فإن عملنا يكون في هذه الحال ضمن تطبيقات الاستشعار عن بعد. وإذا درسنا المكان أو بعض موجوداته (بعض الظواهر الجغرافية) بالاعتماد على الخرائط والصور والبيانات المختلفة عن طريق إدخال كل ذلك إلى برنامج حاسوبي خاص يمكننا من معالجة البيانات المختلفة (المكانية والزمانية) في إطار العلاقة المتبادلة بين الظواهر، فإن عملنا هذا يكون في إطار نظم المعلومات الجغرافية ذلك الاتجاه الذي يتطور حالياً للدخول في مرحلة الجيومعلوماتية التي تعني حل المسائل الجغرافية المختلفة اعتمادا على برامج حاسوبية تمكننا من إلقاء نظرة شبه حقيقية على مكونات المكان، وتحولها المفترض مع الزمن بفعل العوامل الفاعلة بما في ذلك إمكانية إظهار الحركة والتغير، وإضافة المؤثرات التي تضفي على عملية التمثيل صبغة الواقع بفضل البرمجة المتطورة.

ولا بد قبل إنهاء الحديث عن علاقات المساحة والطبوغرافية بالعلوم الأخرى من ذكر علاقتها بالتصوير الجوي والتصوير الفضائي. فالتصوير الجوي سمح بإجراء الكثير من القياسات لسطح الأرض على الصور الجوية وبواسطتها، وهذا أدى إلى تبلور ما يسمى بالمسح الجوي – الفوتوغرامتري Photogrammetry (المساحة التصويرية)، التي تختص بعمليات القياس الأرضية انطلاقا من الصور الجوية. أما الاعتماد على الصور الفضائية فقد أدى إلى ظهور المسح الفضائي والطبوغرافية الفضائية، وأصبحت معظم مراحل قياس سطح الأرض وعملياته لوضع الخرائط الطبوغرافية والموضوعية تتم في المكاتب بالاعتماد على معطيات الاستشعار عن بعد من صور وقياسات تزداد دقتها باستمرار من سنة إلى أخرى، ومع كل جيل جديد من التوابع الصنعية، وأجهزة المسح المركبة عليها بما يتناسب مع الاحتياجات المختلفة المطلوبة، حتى أضحت هذه البيانات الفضائية تضاهي القياسات الأرضية المضنية طويلة الأجل، والجوية التي تحكمها ظروف التصوير وشروطه وتوقيته والمساحة المشمولة به مما يعيق الكثير من الأعمال.

٣،١ تطور المساحة والطبوغرافية:

بدأ الإنسان ممارسة القياسات على سطح الأرض منذ آلاف السنين، حين كانت طبيعة النشاط البشري تستدعي القيام بعمليات القياس الأرضية بالإضافة إلى توفر مستويات حضارية راقية نسبيا، ولعل كل من مصر وبلاد الرافدين واليونان وبلاد الهند والصين كانت من المناطق الأولى التي ظهرت فيها بداية القياسات الأرضية. ومن المؤكد أن ظهور بدايات المساحة والطبوغرافية وبقية العلوم في هذه المناطق له علاقة أولا بمستوى التطور الحضاري والمادي، وتشعب مناحي الحياة، والحاجة إلى إقامة المنشآت وتقسيم الأرض ، وتقسيم المياه اللازمة للري، وتحديد مقادير الضرائب، كل ذلك ألهم مهندسي تلك العصور ابتكار طرق وأدوات

المناطق له علاقة أولا بمستوى التطور الحضاري والمادي، وتشعب مناحي الحياة، والحاجة إلى إقامة المنشآت وتقسيم الأرض ، وتقسيم المياه اللازمة للري، وتحديد مقادير الضرائب، كل ذلك ألهم مهندسي تلك العصور ابتكار طرق وأدوات ووحدات للقياس، وتسجيل ذلك على وثائق مكتوبة أو مرسومة. ومن جهة أخرى فقد تطورت التطبيقات المساحية نتيجة الحاجة إلى إقامة المنشآت المختلفة، سواء في ذلك المتعلقة بالأراضي وجر مياه الري إليها في أقنية وترع وتقسيم المياه بينها أو منشآت العبادة، أو إقامة الحكام والأغنياء، أو تلك التحصينات الحربية المحيطة بالمدن، والقلاع والحصون المنفردة، وكذلك المدافن الضخمة للملوك والجسور والطرق المرصوفة. وكل هذه المنشآت تتطلب أعمالا هندسية دقيقة عرفها المهندسون القدماء وطبقوها بدقة ومهارة.

ومن المعروف أن قدماء المصريين وضعوا الخرائط العقارية التفصيلية (الكاداسترو — Cadastre Maps) منذ الألف الثالث قبل الميلاد، وعرفوا أصول المساحة التفصيلية الدقيقة. كما عرف الإغريق العمليات الحسابية إلى جانب إدراكهم كروية الأرض التي حسبوا أبعادها، وقاسوا طول البحر المتوسط، وأدخلوا المساقط (المرتسمات) إلى رسم الخرائط، واستعملوا شبكة الإحداثيات، وظلت التعاليم المساحية والجغرافية التي بشر بها علماء الإغريق متداولة قرونا طويلة، سواء ما ثبتت صحته منها أم لم تثبت. ولعل مفهوم بطليموس الاسكندري عن الجغرافية وأن الغاية الرئيسة منها هي رسم سطح الأرض وليس وصفها، وأن هذا الرسم يجب أن يتم بواسطة خطوط ورموز بمساعدة الرياضيات لعله كان نقطة جوهرية في الجانب العملي للجغرافيا الذي يعتمد على القياس أكثر مما يعتمد على الوصف، وأن الخريطة هي الأداة الرئيسة في البحث الجغرافي، تلك الخريطة التي توضع بناء على قياسات دقيقة، ومعرفة واسعة بالمكان الذي يتم رسمه من سطح الأرض. كما

أن إدراك علماء اليونان لكروية الأرض، وحساب أبعادها بالطرق والوسائل التي ابتكروها في ذلك العصر، ومحاولة رسم العالم المعروف تعد جميعها سبقاً في علوم المساحة والجغرافية بشكل عام.

أما في العصر الروماني فقد تراجع علم المساحة لاعتقادهم أن الأرض مسطحة فانصبت الاهتمامات المساحية والجغرافية على المنشآت التي تهم الجيوش وحركتها، واتصال أجزاء الدولة بعضها مع بعض، فبرعوا في هندسة الطرق، وفي بناء القلاع والحصون، ووضع الخرائط التي تبين أرضي الدولة وطرقها.

من الإنصاف الحديث عن دور الصينيين في علوم المساحة والطبوغرافية، على الرغم من عدم وصول تأثيرهم إلى منطقة الشرق العربي، فقد عرفت القياسات الطبوغرافية عندهم منذ وقت مبكر، ووصلت خرائط تفصيلية أشبه ما تكون بالخرائط الطبوغرافية المعاصرة لمناطق من الصين، استعملت فيها للمرة الأولى شبكة من الخطوط المتعامدة (إحداثيات تربيعية). وتشهد آثار الحضارة الصينية من خلال منشآتها الكثيرة على رقي الحضارة الصينية منذ الألف الثاني قبل الميلاد، ولعل أكثر آثارها شهرة هو سورها العظيم الذي يعد من أعظم الآثار القديمة من حيث هندسته وعمارته وضخامته وامتداده الكبير.

أما في زمن الدولة العربية الإسلامية فقد عرفت العلوم المساحية تطورا ملحوظاً بالمقارنة مع ما كان معروفاً أيام الإغريق. ولم يكن هذا التطور مبنياً على فراغ بل تم تأسيسه على ما بناه علماء الإغريق والهند وفارس. ومن الأمثلة الشاهدة على تقدم القياسات المساحية عند العرب قياسهم محيط الأرض بدقة أكبر من قياس إيراتوستين، وقياسهم طول البحر المتوسط، وقياسهم خطوط عرض أماكن مختلفة من الدولة العربية، وقياس أطوال الطرق الواصلة بين المناطق البعيدة، وتطويرهم العديد من أدوات القياس، وابتكارهم أدوات جديدة مثل الإسطرلاب والبوصلة.

إضافة إلى إرسالهم لبعثات الاستكشافية إلى مناطق بعيدة من العالم المعروف في ذلك الحين، مثل أواسط أفريقيا، ووسط روسيا، مثل استكشاف منابع النيل والبحيرات الاستوائية، ورحلة ابن فضلان إلى بلاد البلغار على ضفاف نهر الفولغا، واعتمادهم على الرحلات التي ينتهي الوصف فيها برسم تفصيلي للمناطق، حيث عرفت خرائط العالم وخرائط الدولة الإسلامية وخرائط المناطق التي تشكل مع بعضها ما يشبه الأطالس الجغرافية الحديثة.

أما المدة الفاصلة بين تداعي الحضارة العربية الإسلامية، وبدء عصر النهضة الأوروبية، فكانت فترة تقدم أحياناً وتراجع أحياناً أخرى، لأنه كان يشكك بمفاهيم أساسية معروفة منذ عصر الحضارة الإغريقية مثل كروية الأرض، وتلتزم المعرفة الجغرافية بحدود النصوص الدينية. غير أن هذا لم يمنع من ظهور أفكار نيرة وأعمال كبيرة استفادت مما وصل إليه العرب عبر قرون طويلة من تفوقهم، وكانت مساهمة علماء العرب المتأخرين مساهمة مباشرة أحيانا في بناء الصرح العلمي في أوروبا بحثاً أصيلا وترجمة، ولعل مساهمة الشريف الإدريسي، والحسن الوزان في نقل علوم العرب، وإسهامهم المباشر أضاف الكثير مما يتذكره علماء اليوم.

أما المساحة بمفهومها الحديث فإنها استقلت عن القياسات الفلكية والعلوم الجغرافية بما فيها الخرائط بعد أن أضحت القياسات المساحية ذات طابع محلي، واعتمدت على طريقة التثليث التي ابتكرها العالم الهولندي سنيل — Snell، في عام ١٦١٥بقياس زوايا سلسلة من المثلثات معتمداً على مبدأ: **يمكن تحديد موقع أية نقطة بمعرفة زاويتها بالنسبة إلى نقطتين.**

انتشرت بعد ذلك أعمال المسح الدقيق في أوروبا، وكلف الفرنسي كاسيني — Cassini بإنشاء خريطة طبوغرافية دقيقة لفرنسا، كما قام روي — Roy بأول عملية مسح طبوغرافي لبريطانيا بطريقة التثليث مستخدما جهاز تيودوليت، وكان

هذا الاستخدام بمثابة ثورة علمية في نهاية القرن الثامن عشر، لا سيما حين استخدم جهاز آخر هو الميزان – النيفومتر.

وكان لظهور الاستعمار أثر في دفع العمليات المساحية والطبوغرافية، حيث لجأت الدول المستعمرة إلى مسح أراضي الأقطار المستَعمرة لتتمكن من فرض سيطرتها عليها واستغلال مواردها، ورسم الحدود التي تفصلها عن أراضي الدول الاستعمارية الأخرى. وقد أدى ذلك إلى إدراك أهمية الأعمال المساحية ووضع الخرائط لدى القيادات العسكرية التي تبنت مصالح الأعمال المساحية ووضع الخرائط.

وبعد الحرب العالمية الأولى ظهر التصوير الجوي، وتطورت تقاناته فأمكن الحصول على الصور المتداخلة والتي تمكننا من إدراك البعد الثالث لسطح الأرض (الارتفاع) باستخدام جهاز الرؤية البصرية المجسمة (الستيريوسكوب). واخترعت أجهزة معقدة تسمح بالرؤية المجسمة، وإجراء القياسات الشاقولية والأفقية على الصور، ونقل هذه القياسات إلى جهاز ملحق للرسم ترتبط حركته بحركة مؤشر يتحرك فوق الصورة (أجهزة الفوتوغرامتري).

أدت هذه التقانات التي تبدو متخلفة الآن، بالمقارنة مع ما نشهده من تطور سريع جداً للتقانات المخدمة لمختلف فروع العلم والمعرفة، أدت إلى تطور كبير في المساحة والطبوغرافية، وأضحت معظم عمليات المسح الطبوغرافي تتم بواسطة الصور الجوية والأجهزة التي تستنبط منها المعلومات المساحية والطبوغرافية، وأطلق على طرق المسح هذه المسح الجوي (الفوتوغرامتري).

أما النقلة التالية الأكثر اتساعاً فهي الانتقال من التجهيزات الميكانيكية إلى التجهيزات الإلكترونية، و من التصوير الجوي إلى التصوير الفضائي. فقد مكن الحاسب الآلي من القيام بعمليات التصحيح وإزالة تشوهات الصور، وإجراء

القياسات اللازمة، ورسم الخرائط الناتجة عن هذه الأعمال. وتغلبت الصور الفضائية على الجوية بكثير من المزايا، أهمها شمولها مساحات واسعة من سطح الأرض مقارنة بالصور الجوية، وعدم خضوع التصوير الفضائي للظروف الجوية والحدود السياسية والعوائق الطبيعية، وإمكانية تكرار الصور في غضون أيام أو أسابيع قليلة، بالإضافة إلى التحول من الصيغة الفوتوغرافية إلى الصيغة الرقمية للصور، وظهور برمجيات المعالجة الرقمية للصور باستخدام الحاسب الآلي. ومع ذلك فإن دور التصوير الجوي لم ينته في المناطق الصغيرة من سطح الأرض التي تتطلب عمليات مسحها صوراً بمقاييس كبيرة (١: ١٠٠٠ — ١: ٥٠٠٠)، ودقة قياس مطلوبة تحدد بالسنتيمترات، ونجد أن التصوير الجوي في هذه الحالات يفي بالغرض، ولا يعوضه التصوير الفضائي المطروح للتطبيقات المدنية.

يمكن التعبير عن الوضع الراهن لتطور المساحة والطبوغرافية بأن العمليات المساحية ترتبط إلى حد بعيد بتقانات ومعطيات الاستشعار عن بعد من جهة، وبالتسجيل الرقمي والمعالجة الحاسوبية لنتائج القياس. وسيتقلص بالمقابل دور الطائرات في تصوير سطح الأرض بعد وصول التصوير الفضائي إلى دقة عالية كافية للكثير من الأعمال المساحية (صور التابع الصنعي أيكونوس — Iconos). أما القياسات الأرضية فقد تطورت لتصبح أكثر دقة وسرعة وارتباطاً بتقانات الحاسب الآلي وسيستمر ذلك بعد ظهور أجيال متطورة من محطات القياس المساحية — Total Station المرتبطة بنظام تحديد المواقع الشامل — GPS، والقادرة على القيام بكل العمليات المساحية وتخزين النتائج ومعالجتها.

المهام المستقبلية للمساحة والطبوغرافية: بالرغم من الإنجازات الكبيرة التي حققها الإنسان في مجال التعرف على تفاصيل الأرض، ورصدها ورسمها وتخزين المعلومات عنها . وبالرغم من إنجاز الخرائط الطبوغرافية بمقاييس مختلفة لمعظم أجزاء

سطحها فإن معظم القياسات والخرائط الموضوعة أنجزت بالطرائق التقليدية، وتحتاج إلى تدقيق وتجديد مستمرين، كما أن بعض المناطق من سطح الأرض ما زالت تنقصها الخرائط الطبوغرافية التفصيلية. وهذا يعني أن مهمة المساحة والطبوغرافية مستمرة دون توقف، ودون وقت محدد.

ومن جهة أخرى فإن حركة القشرة الأرضية وحركة القطبين تبقى مهمة دائمة أمام المختصين، ومثلها رصد التطورات التي يحدثها النشاط البشري على سطح الأرض. وذلك للتمكن من دراسة آثار هذا النشاط في المجالات كافة.

ويبقى الاتجاه الأساسي الذي تسير عليه كافة العلوم في القرن الواحد والعشرين هو التخزين الآلي للمعلومات والمعالجة الآلية والتوزيع في شبكات المعلومات المحلية والدولية، تلك الشبكات التي تجعل من المعلومة سلعة متداولة سهلة الانتقال ورخيصة الثمن وواسعة الانتشار، وهذا ما سيفتح مجالات أوسع لتطور المعرفة الإنسانية بشكل متسارع. فنحن في بداية ثورة المعلومات التي ظهرت مع تطور الحواسب الإلكترونية ومع سيل المعلومات الفضائية وغير الفضائية التي تتدفق عبر الشبكات المعلوماتية، لا سيما الدولية منها (الإنترنت).

جامعة دمشق Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثاني

شكل الأرض وأبعادها

٢،١ – شكل الأرض

٢،٢ – الجيوئيد

٢،٣ – أبعاد الأرض

٢،٤ – قياس درجة عرض

٢،٥ – قياس درجة طول

٢،٦ – المسح الأرضي وتحديد المواقع

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

٢،١شكل الأرض : منذ اكثر من ٢٠٠٠ عام يعلم معظم المهتمين أنه إذا أهملنا المظاهر الطبيعية كالتلال والوديان فسوف تكون الأرض كروية ، وبقي هذا المفهوم سائداً بفضل فرضيات ودراسات متعددة منها دراسة فيثاغورث في القرن السادس قبل الميلاد، وفرضية أرسطو في القرن الرابع قبل الميلاد فقد لاحظ أن السفن المبحرة تختفي بدءاً بجسم السفينة و انتهاءً بساريتها حتى تصبح أصغر فأصغر. وقد سادت هذه الفرضيات عند قدماء الإغريق أيضاً. وحدد حجمها ايراتوستين حوالي ٢٥٠ ق.م. وكانت حساباته قريبة من محيط الأرض المعروف حالياً .واعتمد ايراتوستين في ذلك على قياس بئر عميق في أسوان حيث لاحظ أن شعاع الشمس يُضيء قعر البئر في ٢١ حزيران فقط (يوم الانقلاب الصيفي)،وقد علل ذلك بأن الشمس يجب أن تكون فوقه تماماً في هذا اليوم وهذا يعني أن أسوان يجب أن تكون على مدار السرطان ، وفي الانقلاب الثاني قاس ايراتوستين الزاوية فوق الأفق الجنوبي في وقت الظهيرة في الإسكندرية لأنها تقع شمال أسوان على امتداد خط الطول ذاته ،ومن خلال قياس الظل للعامود الشاقولي المتمثل بالخط العمودي عند الإسكندرية وجد أن الزاوية الشاقولية تساوي ٤٨َ. ٨٢ْ وإذا مددنا خطاً شاقولياً من كلا الموقعين إلى مركز الأرض ستتشكل زاوية مقدارها ١٢َ. ٧ْ وهذا يعني أن مسافة القوس بين المدينتين بالنسبة لمحيط الأرض يجب أن تكون $\frac{1}{50}$ من دائرة نصف النهار أي (دائرة طول) [١]..

في كل الأحوال مازال مفهوم الكرة مستخدماً في التعبير عن الأرض لأن الكرة أقرب الأشكال الهندسية المنتظمة إلى شكل الأرض. ويؤكد ذلك لنا إلقاء

١- قدر ايراتوستين (من خلال أخبار الرحالة والمسافرين) أن المسافة بين الإسكندرية وأسوان ٥٠٠٠ ستاديا اي حوالي ٩٢٥ كم أو ٥٧٥ ميل ومن خلال المطابقة تبين أن طول دائرة النهار يعادل ٢٥٠٠٠ ستاديا يعادل ٤٦,٢٥ كم(٩٢٥×٥٠ = ٤٦,٢٥ كم) وهذا الرقم قريب من محيط الأرض الحالي .

نظرة إلى الأرض في صورة التقطت من الفضاء البعيد، أو إلى نموذجها المصغر الذي نستخدمه في مؤسساتنا العلمية والتعليمية، وفي منازلنا أحياناً.

لا نستطيع تمييز الشكل الحقيقي للأرض بالعين المجردة لأنه يختلف قليلا عن الشكل الكروي المنتظم وإن نظرنا إليها من مسافة كافية لرؤيتها بكاملها لأن نسبة التفلطح ضئيلة بالمقارنة مع قطر الأرض[٢]. كما أننا لا نستطيع تمييز الارتفاعات التي تشكلها تضاريس اليابسة فوق مستوى سطح البحر عند النظر من الفضاء البعيد وإن شملت النظرة الواحدة وجها كاملا من الكرة الأرضية. ويعود هذا أيضاً إلى ضآلة هذه الارتفاعات بالنسبة لأبعاد الأرض (قطرها)، فنرى بحواسنا البصرية المجردة أن للأرض شكلا كروياً أملس يغلب عليه اللون الأزرق السماوي المنعكس عن سطوح البحار والمحيطات وبسبب الغلاف الجوي المحيط بالأرض. لذا سُمي كوكبنا الأرضي الكوكب الأزرق. ومن المعروف أن المحيطات والبحار تشكل نحو ٧١% من مساحة سطح الأرض، والمناطق اليابسة المرتفعة محدودة جداً، ومتوسط ارتفاع سطح اليابسة يقرب من ٦٠٠ متر عن مستوى سطح البحر، وينخفض إلى نحو ٤٠٠ متر دون هذا المستوى في أخفض بقاع اليابسة في العالم (البحر الميت)، وأقصى ارتفاع له في قمة إيفرست بجبال هيمالايا (٨٨٨٤ متراً)، وهذا الارتفاع يعد ضئيلاً بالمقارنة مع قطر الكرة الأرضية الاستوائي البالغ ١٢٧٥٧ كم تقريباً. وإن نظرنا إلى مجسم للأرض بمقياس ١:٤٠٠٠٠٠٠٠، فسنجد أن قطر النموذج نحو ٣٢ سم، وأن أعظم ارتفاع جبلي على اليابسة (هيمالايا) لن يرتفع عن مستوى سطح البحر (سطح الكرة) سوى ربع مليمتر تقريباً. وهذا الارتفاع لن تلحظه العين المجردة على المجسم المصغر المذكور أعلاه. ولذلك يلجأ مصممو النماذج

---

٢ - ظل الاعتقاد أن الأرض كروية حتى نهاية القرن السادس عشر لكن في عام ١٦٧٠ تغير هذا على أساس نظرية نيوتن في الجاذبية الذي نتج عنها أن الأرض وبسبب القوة النابذة المتولدة عن دوران الأرض ليست كروية بل تأخذ شكلاً مفلطحاً عند خط الاستواء ، هذا التفلطح ينتج عنه تسطح قليل عن القطبين (انضغاط) قدره نيوتن ١/٣٠٠ من نصف القطر الاستوائي .

المصغرة للكرة الأرضية إلى المبالغة في إبراز ارتفاع التضاريس لجعلها وتسهيل رؤيتها وإمكانية المقارنة بين الارتفاعات المختلفة، وهذا ما يدعى بالمبالغة الرأسية.

وإذا أردنا مناقشة الأسباب المؤدية إلى تفلطح الأرض وتحولها عن الشكل الكروي فإننا سنجد الجواب المعروف لدى غالبية القراء وهو أن دوران الأرض حول محورها القطبي وفعل القوة النابذة الناجمة عن هذا الدوران، والمرونة النسبية لمحتوى الأرض الداخلي، هي السبب في التفلطح. حيث يبلغ الفرق بين قطرها الاستوائي وقطرها القطبي ٤٢٦٦٤ متراً وفق حسابات كراسوفسكي. وبالتالي تكون نسبة التفلطح $\frac{1}{298.3}$

إذا رمزنا لنصف القطر الاستوائي – a وطوله ٦٣٧٨٢٤٥ متراً، ونصف القطر القطبي b وطوله ٦٣٥٦٨٦٣ متراً. فإن نسبة التفلطح هي: $\frac{b-a}{a} = \frac{6356863-6378745}{6378745} = \frac{1}{298.3}$

إن الثقالة الأرضية التي هي محصلة القوانين التالية:

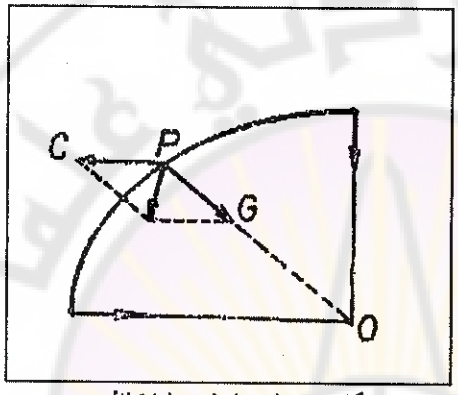
١. القوة الجاذبة G التي تمر من مركز الأرض.

٢. القوة النابذة C التي تتولد من دوران الأرض حول محورها.

تزداد اعتباراً من خط الاستواء نحو القطبين.

إن تفلطح الأرض يؤيد ازدياد الثقالة من خط الاستواء نحو القطبين باعتبار فرضية الإهليلج الأرضي الذي يتكون من طبقات متمركزة ومتجانسة وذات كثافة متزايدة من السطح نحو المركز، وتكون القوة الجاذبة على سطح الأرض متمركزة في مركزها ، وبما أن هذه القوة متناسبة عكساً مع مربع بعدها عن المركز O فهي تزداد من خط الاستواء نحو القطبين .انظر الشكل (— ١ —). أما القوة النابذة في نقطة ما فهي تتناسب مع بعد النقطة عن محور الأرض، وهي تتناقص من خط

الاستواء نحو القطب (تصبح مساوية للصفر في القطب). ولكن لهذه القوة في كل نقطة من سطح الأرض مركبة ناظمية على الإهليلج اتجاهها عكس اتجاه المركبة الناظمية لقوة الجذب،لهذا محصلة القوتين تزداد من خط الاستواء نحو القطبين. (للمزيد انظر حزماتي ١٩٨١).

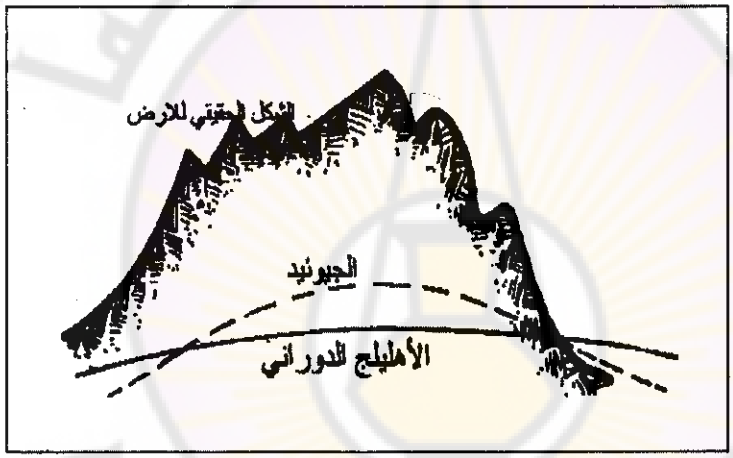


شكل –١– القوة النابذة والجاذبة للأرض

إن الشكل الناتج عن فعل الدوران والقوة النابذة ومرونة محتوى الأرض يجب أن يكون إهليلجاً منتظماً أملس السطح، نسميه **الإهليلج الأرضي Ellipsoidal Erarth**، ويمكننا أن نعرفه **بأنه أقرب شكل هندسي نظامي إلى شكل الأرض الحقيقي، وله شكل مجسم القطع الناقص قليل التفلطح** (القريب إلى شكل الكرة).

٢،١٢الجيوئيد Geoiad. هو المناطق التي تتساوى عندها الجاذبية وليس الأرض الطبيعية لأن الشكل الحقيقي للأرض لا يتطابق مع الإهليلج الأرضي، وأن فرضية الإهليلج الدوراني تشترط تجانس الكتل على سطح الأرض وداخلها، وهذا لا يتطابق مع حقيقة الأرض لأن توزع الكتل فيها غير منتظم، وهذا يدل عليه انحراف الشاقول أي عدم التطابق بين اتجاه الشاقول واتجاه النظم (العمود) على الإهليلج في نقاط سطح الأرض انظر الشكل(–٢ –).

ونميز بين الإهليلج الأرضي والجيوئيد من اتجاه الشاقول الدال على اتجاه الجاذبية أو مركز الأرض. فمن الناحية النظرية يكون خط الشاقول في الإهليلج الأرضي عموديا على سطح الإهليلج، ويتجه نحو مركز الكرة الأرضية، ويسمى الشاقول الصحيح، ويعرف بأنه الخط المتجه إلى مركز الأرض. ولكن الشاقول الحقيقي هو الشاقول المتعامد مع سطح الجيوئيد، أي إنه لا يتجه دوما نحو مركز الكرة الأرضية، بل يكون عموديا على سطح الجيوئيد. ولذلك فهو يشكل زاوية مع الشاقول الصحيح كما نرى في الشكل السابق.

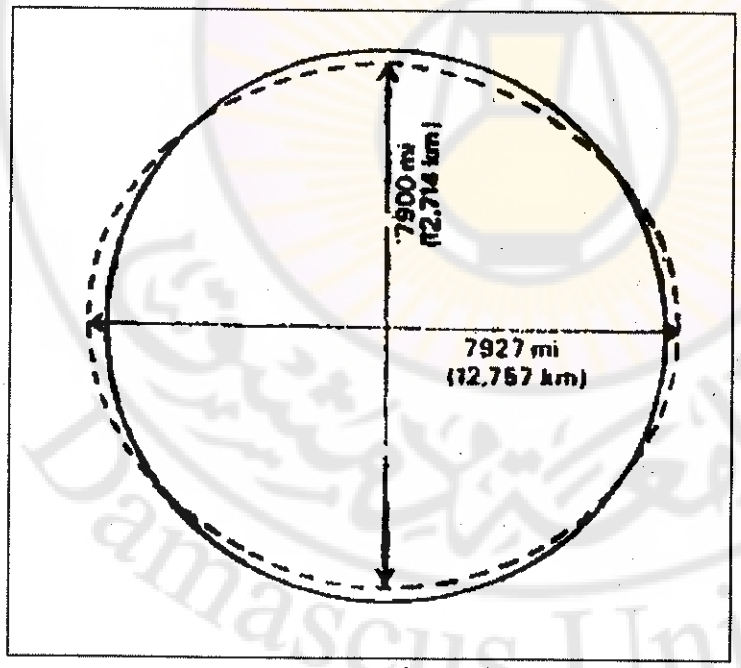


شكل – ٢ – الجيوئيد

إن التعامل مع الجيوئيد في العمليات المساحية والكارتوغرافية صعب لعدم انتظام سطحه وعدم ثباته، مما يستدعي دقة لا متناهية في القياس وأدواته ليست ضرورية في أغلب الحالات. كما أن التعامل مع الإهليلج الأرضي القريب من الكرة ليس ضرورياً في الحسابات والقياسات التي تجري لأجزاء كبيرة من سطح الأرض بمقاييس صغيرة، فلا نحتاج فيها إلى دقة شبه مطلقة. إلا أن هذه الدقة مطلوبة في حالات أخرى، فنهتم بالتفلطح عند وضع الخرائط المخصصة للملاحة البحرية والجوية، وعند إجراء القياسات لأغراض تتعلق بالتسديد والرمي وتوجيه الصواريخ.

وفي الأعمال الأخرى التي تتطلب قياسات دقيقة للمسافات والزوايا. فيستخدم في هذه الحالة الإهليلج الأرضي ذو القطرين المختلفين.انظر الشكل-٣-).

وبما أن الحالات التي تتطلب دقة متناهية قليلة فإنه يتم غالباً استبدال الإهليلج الأرضي بكرة نظامية تسهل الحسابات المرتبطة بها، وتعادل مساحتها المساحة الفعلية للإهليلج الأرضي. ويكون نصف قطرها أصغر من نصف القطر الاستوائي للإهليلج، وأكبر من نصف القطر القطبي له. ومقدار نصف القطر الاستوائي لهذه الكرة يعادل ٦٣٧٠,٢٨٣ كم. وتسمح هذه العملية بتبسيط العمليات الرياضية اللازمة لإنشاء المساقط بمختلف أنواعها (انظر جدول — ١ — الذي يبين أبعاد الكرة الأرضية.



شكل — ٣ الكرة المفلطحة

جدول –١ – مقارنة أبعاد الأرض في قياسات مختلفة

أبعاد الأرض	قياس كلارك ١٨٦٦	قياس كراسوفسكي	القياسات الدولية
القطر القطبي	١٢٧١٣,٢٠٠ كم	١٢٧١٣,٧٢٦ كم	١٢٧١٣,٨٢٤ كم
نصف القطر القطبي	٦٣٥٦,٦٠٠ كم	٦٣٥٦,٨٦٣ كم	٦٣٥٦,٩١٢ كم
القطر الاستوائي	١٢٧٥٦,٤٠٠ كم	١٢٧٥٦,٤٩٠ كم	١٢٧٥٦,٧٧٦ كم
نصف القطر الاستوائي	٦٣٧٨,٢٠٠ كم	٦٣٧٨,٢٤٥ كم	٦٣٧٨,٣٨٨ كم
المحيط الاستوائي	٤٠٠٧٥,٤٠٠ كم	٤٠٠٧٥,٦٩٥ كم	٤٠٠٧٦,٥٩٣ كم
مساحة الكرة الأرضية	٥١٠٠٤٨٤٦٠ كم^2	٥١٠٠٩٦٤٩٦ كم^2	٥١٠١٠٠٠٠٠ كم^2
نصف قطر الكرة المكافئة[٣]	٦٣٧٠,٩٠٠ كم	٦٣٧١,٢٠٠ كم	٦٣٧١,٠٠٠ كم

٣،٢ أبعاد الأرض : يبدو من خلال الجدول السابق أن أبعاد الأرض مختلفة باختلاف الأشخاص والجهات التي قامت بالحسابات أو اعتمدتها. ومن المعلوم أن دقة الحسابات ترتبط بدقة الأجهزة المستخدمة في القياس، وصحة ودقة الطريقة المستخدمة، بالإضافة إلى درجة تدريب من يقوم بعملية القياس، وما يتوخاه من دقة في القياس.

ومن الطبيعي أن تكون القياسات الأكثر حداثة هي الأدق بسبب تطور التقانات والطرائق المستخدمة. ولذلك يمكن القول: إن قياسات كراسوفسكي التي تمت عام ١٩٤٠ في المعهد المركزي للأبحاث الجيوديزية والمسح الجوي والكارتوغرافية في روسيا مؤهلة لأن تكون أدق من قياسات كلارك التي تمت عام ١٨٦٦. انظر الجدول(- ٢-) .

٢- الكرة المكافئة: هي الكرة الحقيقية التي تكون مساحتها مساوية لمساحة الإهليلج الأرضي وتكون أنصاف أقطارها متساوية.

جدول- ٢- أبعاد الأرض حسب كلارك ١٨٦٦

القطر الاستوائي	١٢٧٥٦,٤ كم
القطر القطبي	١٢٧١٣,٢ كم
المحيط الاستوائي	٤٠٠٧٥,٤ كم
نصف قطر الكرة المكافئة	٦٣٧٠,٩ كم.
مساحة الأرض	٥١٠,٩ مليون كم٢

كما أن القياسات الأكثر حداثة تلك التي تعتمد على أدوات قياس أكثر دقة مثل الأجهزة الإلكترونية وأجهزة الليزر، وأجهزة تحديد المواقع (GPS) المعتمدة على الرصد بواسطة التوابع الصنعية هي بالتأكيد قياسات أقرب إلى الأبعاد الحقيقية للأرض. ولكن يجب ألا يجعلنا هذا الطرح نعتقد أن القياسات المعتمدة حالياً والمبينة في الجدول السابق هي قياسات خاطئة، بل هي صحيحة إلى درجة كافية أو عالية، ويمكن التأكد منها بتكرار عمليات القياس بطرق ووسائل حديثة ودقيقة.

أما الخطأ في القياس فهو أمر شائع في كل الطرق وعند كل الأشخاص، فدرجة الدقة في القياس لها حدود تفصلها دائماً عن درجة الخطأ. أي إن الخطأ حالة طبيعية إذا كان في الحدود المسموح بها، ويعد مقبولاً عندما لا يتجاوز درجة ما في حال اكتشافه. ولا شك بأن الخطأ يسمى خطأً عند اكتشافه، وهو حالة غير مقصودة تقع أثناء القياس، ويمكن اكتشافها بتكرار عمليات القياس، والتأكد من سلامة الأجهزة والطرق المستخدمة.

لقد أجريت قياسات وحسابات للأبعاد على سطح الأرض بعد تقسيمها إلى مجموعة من درجات الطول ودرجات العرض، انظر الجداول (- ٣-،٤ -).

٤،٢ قياس طول درجة الطول عند القيام بالأعمال المساحية وخاصة عملية التثليث يجب قياس درجتي الطول والعرض .من المعروف أن خطوط الطول تلتقي في نقطة واحدة هي نقطة القطبين ، لذلك إن المسافة باتجاه الشرق والغرب على طول خط

العرض وبين درجتي طول تقل باتجاه القطبين ،وإن هذه الدرجة تعادل طول درجة الطول على خط الاستواء × تجب خط العرض الموازي ،ولذا إن طول هذه الدرجة على خط الاستواء = ١١١,١١١ × ١ = ١١١,١١١ كم (لأن خط العرض الموازي هو صفر وتجب الصفر = ١) وعلى خط عرض ٦٠ وإن طول درجة الطول على خط عرض ٦٠° = ١١١،١١١ ×٠,٥ = ٥٥،٥٥ كم لأن تجب ٦٠° = ٠,٥. فقياس درجة الطول يتم من خلال معرفة التوقيت الشمسي المحلي للنقطة ومقارنته بالتوقيت عند خط الطول المبدئي (غرينتش).

من المعلوم أن محيط الأرض يبلغ ٣٦٠° وتدور مرة واحدة كل ٢٤ ساعة، وبالتالي فهي تقطع كل درجة بأربع دقائق أي كل ساعة تقطع ١٥°، وبما أن اتجاه دورانها من الغرب إلى الشرق فإن هذا يعني أن المناطق التي تقع غرباً يكون توقيتها المحلي أقل بأربع دقائق لكل خط طول وعلى العكس في جهة الشرق حيث يزداد التوقيت أربع دقائق لك درجة ، أما معرفة التوقيت المحلي فهو أمر بسيط ، حيث تكون الشمس عمودية على المكان في الساعة الثانية عشرة ظهراً.

مثال إذا كان التوقيت الشمسي المحلي لنقطة ما الساعة الثانية بعد الظهر وكان توقيت خط الطول المبدئي ١١,٣٠ هذا يعني أن النقطة تقع شرق غرينتش ذلك لن توقيتها تجاوز توقيت غرينتش ولحساب درجة طولها نقوم بما يلي:

١. حساب فرق التوقيت بين النقطتين وهو هنا ٢,٥ ساعة = ١٥٠ دقيقة .

٢. تقسيم فرق التوقيت على ما يعادله كل خط من الدقائق وهو (٤) أي ١٥٠ ÷ ٤ =٣٧,٥° أي إن المنطقة تقع على خط طول ٣٧،٣٠َ شرقاً.

٥،٢ قياس درجة عرض مازالت الطريقة القديمة في تحديد درجة العرض سائدة حتى الآن وهي مراقبة الارتفاع (أي ارتفاع الزاوية فوق الأفق باتجاه نجم القطب)، هذه الطريقة أساسها العلاقة بين زاوية الارتفاع والعرض بحيث إن زاوية الارتفاع

تساوي خط العرض ، ويمكن قياس ارتفاع الشمس عند ارتفاعها الأقصى وهو وقت الظهيرة . على سبيل المثال عندما يقف راصد في فوق القطب الشمالي يكون نجم القطب فوق رأسه أي أن الارتفاع الزاوي لنجم القطب هو ٩٠ْوبالتالي فإن درجة العرض للنقطة هي ٩٠ْ أما عندما يكون فوق خط الاستواء إن زاوية العرض = ٩٠ْ – ارتفاع الشمس عند الظهيرة (الشمس تكون عمودية على خط الاستواء في فترة الاعتدالين وبالتالي درجة عرض خط الاستواء = ٩٠ْ – ٩٠ْ = ٠ أما في الأيام الأخرى يجب أن يؤخذ انحراف الشمس بالحسبان ويتم حسابه من خلال المعادلة التالية درجة عرض نقطة = ٩٠ْ – الارتفاع الزاوي للشمس ± درجة الميلان (تكون زاوية الميلان موجبة في نصف الكرة الشمالي وسالبة في نصف الكرة الجنوبي.

٦،٢ – المسح الأرضي وتحديد المواقع : إن هدف علم المساحة بشكلٍ أساسي هو تحديد موقع نقطة ما في المكان وبما أن تحديد هذا الموقع لا يتم بالضبط فإن المساحين يلجؤون إلى طرق عديدة للمسح وتحديد المواقع على سطح الأرض أهمها الطرق التالية:

١. الطريقة الفلكية – المساحية: تعتمد على قياس الزوايا التي تحدد مواقع خطوط الطول ودوائر العرض على الكرة الأرضية، ثم قياس المقادير الطولية (المسافات) لكل درجة من درجات الطول أو العرض على العروض المختلفة. ولكن صعوبة هذه الطريقة تكمن في تنفيذ عمليات القياس المباشر لهذه الدرجات على الطبيعة بوجود العوائق الطبيعية المختلفة التي تؤدي إلى انخفاض دقة هذه القياسات.

٢. طريقة التثليث: تعتمد هذه الطريقة على تقسيم سطح الأرض إلى مثلثات تحدد رؤوسها ، وتقاس مقادير زواياها بدقة متناهية، ثم يقاس طول أحد

الأضلاع في واحد من المثلثات المشتركة مع بعضها بأضلاع، ثم نحسب أطوال الأضلاع الأخرى مهما بلغ عدد المثلثات، والمساحة التي تشملها.

إن هذه الطريقة التي لعبت دوراً بالغ الأهمية في تاريخ المسح الأرضي ووضع الخرائط يعود ابتكارها إلى العالم الهولندي سنيليوس — Snelliuos في القرن السابع عشر، وما زالت هذه الطريقة هي الأساس الذي تعتمده مؤسسات المساحة والخرائط للقياسات المساحية على مستوى الدول. وبالاعتماد على هذه الطريقة حدد العالم الفرنسي دي لامبير طول جزء من عشرة ملايين جزء تشكل ربع محيط الكرة الأرضية (ربع دائرة الطول المارة بمدينة باريس) وأسماه المتر. وأضحى المتر بعدها أساساً لوحدات القياس المترية المعروفة والمستخدمة في معظم أنحاء العالم كوحدة قياس دولية.

٣. الطريقة الجيوفيزيائية (الغرافيمترية — Gravimetric)، التي تعتمد على قياس تسارع قوى الثقالة الناجمة عن الجاذبية الأرضية في نقاط مختلفة -محددة سلفاً- من سطح الأرض، وتحديد التباين في هذه القياسات باستخدام أجهزة مصممة لهذه الغاية، فتساعد هذه القياسات على تحديد مقدار انضغاط الأرض من جهة القطبين، وتفلطحها عند الاستواء بدقة كبيرة، وهي أفضل من الطريقة الفلكية المساحية.

بُدئ باستخدام القياس الجيوفيزيائي — الغرافيمتري في القرن الثامن عشر من قبل العالم الفرنسي كليرو — **Klero** الذي افترض أن للأرض شكلاً مفلطحاً (قطع ناقص)، وهو الشكل الذي تأخذه الأرض في حالة التوازن الهيدروستاتيكي (التوازن المائي وهي حالة افتراضية لمياه المحيطات والبحار في حالة غمرها الكامل سطح الأرض وهدوئها الكامل) (راجع الجيوئيد)، إذ

يكون هذا التوازن تحت تأثير قوى الجاذبية الأرضية وقوة الطرد المركزية (القوة النابذة) الناتجة عن دوران الأرض حول محورها القطبي. ويفتـــرض أن الأرض مكونة من طبقات لها شكل القطع الناقص نفسه (أي لها سماكة ثابتة ونوعيـــة مواد مكونة واحدة من حيث كثافتها) وأن هذه الكثافة تزداد طرداً وبانتظـــام من سطح الأرض باتجاه مركزها، وقد وضع عام ١٧٤٣ علاقة للثقالـــة g في نقطة ما من سطح الأرض بدلالة زاوية عرض النقطة φ ، وقيمة الثقالـــة في خط الاستواء ge والسرعة الزاوية ω للأرض ونصف القطر الكبير للإهليلج a وتفلطح الإهليلج الذي تم حسابه بالعلاقة السابقة $\alpha = \frac{a-b}{a}$، وبقياس g في عدة نقاط من سطح الأرض نستطيع تعيين ga و α.

٤. **الطريقة الفضائية:** تسمح الأجهزة المركبة على متن التوابع الصنعية المخصصة لمراقبة الأرض بتحديد إحداثيات الطول والعرض والارتفاع عن سطح البحر لأيـــة نقطة من نقاط سطح البحر (راجع موضوع نظام تحديد المواقـــع الشـــامل GPS) حيث يحلق حول الأرض حالياً أكثر من ثلاثين تابعاً مخصصـــاً لأغـــراض المســـح الفضائي، ومن خلال ربط المعلومات التي تقدمها هذه التوابع يمكن تحديد الشـــكل الدقيق للأرض وأبعادها الأفقية والرأسية بدقة متناهية، وخاصة باســـتخدام أشـــعة الليزر في القياس، كما يتم رصد حركة الصفائح القارية بهذا النظام أيضاً.

جدول – ٣– أطوال درجات الطول على خطوط العرض بالأمتار

خط العرض	درجة الطول	خط العرض	درجة الطول	خط العرض	درجة الطول	خط العرض	درجة الطول
٠	١١١٣٢١	٢٣	١٠٢٥٢٤	٤٦	٧٧٤٦٦	٦٩	٤٠٠١٢
١	١١١٣٠٤	٢٤	١٠١٧٥٤	٤٧	٧٦٠٥٨	٧٠	٣٨١٨٨
٢	١١١٢٥٣	٢٥	١٠٠٩٥٢	٤٨	٧٤٦٢٨	٧١	٣٦٣٥٣
٣	١١١١٦٩	٢٦	١٠٠١١٩	٤٩	٧٣١٧٤	٧٢	٣٤٥٠٦
٤	١١١٠٥١	٢٧	٩٩٢٥٧	٥٠	٧١٦٩٨	٧٣	٣٢٦٨٤
٥	١١٠٩٠٠	٢٨	٩٨٣٦٤	٥١	٧٠٢٠٠	٧٤	٣٠٧٨١
٦	١١٠٧١٥	٢٩	٩٧٤٤١	٥٢	٦٨٦٨٠	٧٥	٢٨٩٠٣
٧	١١٠٤٩٧	٣٠	٩٦٤٨٨	٥٣	٦٧١٤٠	٧٦	٢٧٠١٧
٨	١١٠٢٤٥	٣١	٩٥٥٠٦	٥٤	٦٥٥٧٨	٧٧	٢٥١٢٣
٩	١٠٩٩٥٩	٣٢	٩٤٤٩٥	٥٥	٦٣٩٩٦	٧٨	٢٣٢٢٠
١٠	١٠٩٦٤١	٣٣	٩٣٤٥٥	٥٦	٦٢٣٩٥	٧٩	٢١٣١١
١١	١٠٩٢٨٩	٣٤	٩٢٣٨٧	٥٧	٦٠٧٧٤	٨٠	١٩٣٩٤
١٢	١٠٨٩٠٤	٣٥	٩١٢٩٠	٥٨	٥٩١٣٥	٨١	١٧٤٧٢
١٣	١٠٨٤٦٨	٣٦	٩٠١٦٦	٥٩	٥٧٤٧٨	٨٢	١٥٥٤٥
١٤	١٠٨٠٣٦	٣٧	٨٩٠١	٦٠	٥٥٨٠٢	٨٣	١٣٦١٢
١٥	١٠٧٥٥٣	٣٨	٨٧٨٣٥	٦١	٥٤١١٠	٨٤	١١٦٧٥
١٦	١٠٧٠٣٦	٣٩	٨٦٦٢٩	٦٢	٥٢٤٠٠	٨٥	٩٧٣٥
١٧	١٠٦٤٨٧	٤٠	٨٥٣٩٦	٦٣	٥٠٦٧٥	٨٦	٧٧٩٢
١٨	١٠٥٩٠٦	٤١	٨٤١٣٧	٦٤	٤٨٩٣٤	٨٧	٥٨٤٦
١٩	١٠٥٢٤٩	٤٢	٨٢٨٥٣	٦٥	٤٧١٧٧	٨٨	٣٨٩٨
٢٠	١٠٤٦٤٩	٤٣	٨١٥٤٣	٦٦	٤٥٤٠٧	٨٩	١٩٤٩
٢١	١٠٣٩٧٢	٤٤	٨٠٢٠٨	٦٧	٤٣٦٢٢	٩٠	
٢٢	١٠٣٢٦٤	٤٥	٧٨٨٤٩	٦٨	٤١٨٢٣		

Damascus University

جدول –٤ – أطوال درجات العرض على خطوط الطول بالأمتار

درجة العرض	الطول	درجة العرض	الطول	درجة العرض	الطول	درجة العرض	الطول
١–٠	١١٠٥٦٧,٣	٢٤–٢٣	١١٠٧٤٦,٠	٤٦–٤٧	١١١١٦٠,٥	٦٩–٧٠	١١١٥٥٩,٥
٢–١	١١٠٥٦٨,٠	٢٥–٢٤	١١٠٧٦٠,٦	٤٧–٤٨	١١١١٨٠,٢	٧٠–٧١	١١١٥٧٢,٢
٣–٢	١١٠٥٦٩,٤	٢٦–٢٥	١١٠٧٧٥,٦	٤٨–٤٩	١١١١٩٩,٩	٧١–٧٢	١١١٥٨٤,٥
٤–٣	١١٠٥٧١,٤	٢٧–٢٦	١١٠٧٩١,١	٤٩–٥٠	١١١٢١٩,٥	٧٢–٧٣	١١١٥٩٦,٢
٥–٤	١١٠٥٧٤,١	٢٨–٢٧	١١٠٨٠٧,٠	٥٠–٥١	١١١٢٣٩,٠	٧٣–٧٤	١١١٦٠٧,٣
٦–٥	١١٠٥٧٧,٦	٢٩–٢٨	١١٠٨٢٣,٣	٥١–٥٢	١١١٢٥٨,٣	٧٤–٧٥	١١١٦١٧,٩
٧–٦	١١٠٥٨١,٦	٣٠–٢٩	١١٠٨٤٠,٠	٥٢–٥٣	١١١٢٧٧,٦	٧٥–٧٦	١١١٦٢٧,٨
٨–٧	١١٠٥٨٦,٨	٣١–٣٠	١١٠٨٥٧,٠	٥٣–٥٤	١١١٢٩٦,٦	٧٦–٧٧	١١١٦٣٧,١
٩–٨	١١٠٥٩١,٨	٣٢–٣١	١١٠٨٧٤,٤	٥٤–٥٥	١١١٣١٥,٤	٧٧–٧٨	١١١٦٤٥,٩
١٠–٩	١١٠٥٩٧,٨	٣٣–٣٢	١١٠٨٩٢,١	٥٥–٥٦	١١١٣٣٤,٠	٧٨–٧٩	١١١٦٥٣,٩
١١–١٠	١١٠٦٠٤,٥	٣٤–٣٣	١١٠٩١٠,١	٥٦–٥٧	١١١٣٥٢,٤	٧٩–٨٠	١١١٦٦١,٤
١٢–١١	١١٠٦١١,٥	٣٥–٣٤	١١٠٩٢٨,٣	٥٧–٥٨	١١١٣٧٠,٥	٨٠–٨١	١١١٦٦٨,٢
١٣–١٢	١١٠٦١٩,٨	٣٦–٣٥	١١٠٩٤٦,٩	٥٨–٥٩	١١١٣٨٨,٤	٨١–٨٢	١١١٦٧٤,٤
١٤–١٣	١١٠٦٢٨,٤	٣٧–٣٦	١١٠٩٦٥,٦	٥٩–٦٠	١١١٤٠٥,٩	٨٢–٨٣	١١١٦٧٩,٩
١٥–١٤	١١٠٦٣٧,٦	٣٨–٣٧	١١٠٩٨٤,٥	٦٠–٦١	١١١٤٢٣,١	٨٣–٨٤	١١١٦٨٤,٧
١٦–١٥	١١٠٦٤٧,٥	٣٩–٣٨	١١١٠٠٣,٧	٦١–٦٢	١١١٤٣٩,٩	٨٤–٨٥	١١١٦٨٨,٩
١٧–١٦	١١٠٦٥٧,٨	٤٠–٣٩	١١١٠٢٣,٠	٦٢–٦٣	١١١٤٥٦,٤	٨٥–٨٦	١١١٦٩٢,٣
١٨–١٧	١١٠٦٦٨,٨	٤١–٤٠	١١١٠٤٢,٤	٦٣–٦٤	١١١٤٧٢,٤	٨٦–٨٧	١١١٦٩٥,١
١٩–١٨	١١٠٦٨٠,٤	٤٢–٤١	١١١٠٦١,٩	٦٤–٦٥	١١١٤٨٨,١	٨٧–٨٨	١١١٦٩٧,٢
٢٠–١٩	١١٠٦٩٢,٤	٤٣–٤٢	١١١٠٨١,٦	٦٥–٦٦	١١١٥٠٣,٣	٨٨–٨٩	١١١٦٩٨,٦
٢١–٢٠	١١٠٧٠٥,١	٤٤–٤٣	١١١١٠١,٣	٦٦–٦٧	١١١٥٨١,٠	٨٩–٩٠	١١١٦٩٩,٣
٢٢–٢١	١١٠٧١٨,٢	٤٥–٤٤	١١١١٢١,٠	٦٧–٦٨	١١١٥٣٢,٣		
٢٣–٢٢	١١٠٧٣١,٨	٤٦–٤٥	١١١١٤٠,٨	٦٨–٦٩	١١١٥٤٦,٢		

الفصل الثالث

الاتجاهات والسموت والزوايا

٣،١- الاتجاهات

٣،٢ - الشمال الحقيقي

٣،٣ - الشمال المغناطيسي

٣،٤ -الشمال الإحداثي

٣،٥- طرق تعيين الشمال

٣،٦- العلاقة بين السمت والإحداثيات الاصطلاحية والمسافة

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

١،٣ الاتجاهات Direction

الاتجاهات على الأرض اختيارية باعتبار أن السطح الكروي ليس لـه حـواف ولا بداية أو نهاية ، أي اتجاه شمال جنوب محدد كاتجاه على زوال ،وشرق غرب اتجـاه على خط العرض المتوازي ،وبسبب ترتيب شبكة الإحداثيات هذه الطول والعرض تكون هذه الاتجاهات في أي مكان متعامدة عدا القطبين .

إن تعيين المواقع والاتجاهات معروفة منذ القدم، وقد كان تعيين موقع نقطـة يـتم بتحديد اتجاهها بالنسبة إلى نقطة معروفة وتحديد المسافة بينها وبين هذه النقطـة. وكانت المسافة تقاس باستخدام وحدات الطول المعروفة، وتحديـد الاتجـاه يـتم بواسطة البوصلة، وبما أن البوصلة لا تحدد الاتجاه بدقة تامة فقد استخدم ما يسـمى السمت. يمكن **تعريف السمت** بأنه الزاوية الحاصلة بين اتجاه ما واتجـاه الشـمال باتجاه عقارب الساعة. فالاتجاه الذي يبلغ سمته ٩٠° هو اتجاه الشرق، والذي يبلـغ سمته ١٨٠°هو اتجاه الجنوب، والذي يبلغ سمته ٢٧٠° هو اتجاه الغرب.. وهكذا..فإذا قلنا إن اتجاه النقطة هو ٤٠° شرق الشمال فهذا يعني أن سمت النقطة هـو ٤٠° وإذا قلنا إن اتجاه النقطة هو ٤٠°غرب الجنوب فهذا يعني أن السمت هو ١٨٠° + ٤٠° = ٢٢٠°. ولكن اتجاه الشمال الذي ننسب إليه زوايا السمت، ونقـيس منـه لـيس واحداً. فمن المعروف استخدام ثلاثة اتجاهات للشمال هي:

٢،٣ الشمال الحقيقي True North أو الاتجاه الحقيقي True Direction:

أو الشمال الجغرافي، وهو اتجاه نقطة القطب الشمالي من نقطة الرصد، وبما أن خطوط الطول الجغرافية تصل بين القطبين الشمالي والجنوبي فإنها تشير إلى اتجاهي الشمال والجنوب الحقيقيين. وبما أن خطوط الطول الجغرافية تلتقي عند القطبين فإن اتجاه الشمال الحقيقي من نقطتين مختلفتين على خط عرض ما لن يكونا متوازيين، بل يلتقيان في نقطة القطب الشمالي .انظر الشكل (- ٤ -).

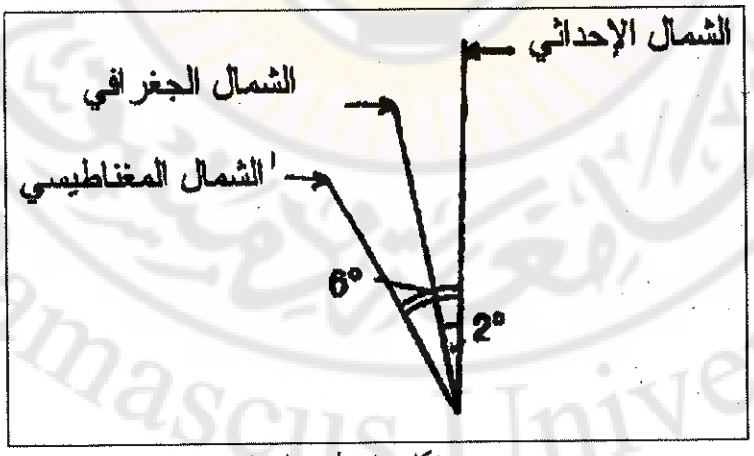
٣،٣ الشمال المغناطيسي Magnetic North: وهو الاتجاه الذي تشير إليه الإبرة المغناطيسية في البوصلة المتجه أصلا نحو القطب المغناطيسي الشمالي الذي يتغير موقعه من يوم لآخر ومن سنة لأخرى. فمن المعروف أن الكرة الأرضية تشبه المغناطيس الكبير الذي يتمتع بقطبين موجب وسالب، ويتغير المحور المغناطيسي للارض مغيرا معه موقع القطبين المغناطيسيين الشمالي والجنوبي، وترصد حركة القطب المغناطيسي الشمالي وموقعه الجغرافي على خطوط الطول ودوائر العرض، وتسمى حركته هذه هجرة القطب المغناطيسي للأرض[٤]. وهو يقع حالياً قرب خط العرض ٧٨ شمالاً،و١٠٣ غرباً أي إن المسافة بينهما ٨٠٠ ميل جنوب القطب الجغرافي ، ويتحرك باتجاه الشمال الغربي في شمالي كندا بعد أن كانت حركته منذ بضعة عقود باتجاه الجنوب الشرقي. وتصنف هجرته الحالية بهجرة العودة. ومن المعروف أن انحراف القطب المغناطيسي عن سمته الحقيقي يزداد يومياً إذا كان موقع الرصد في العروض العليا، ويقل في العروض الدنيا، وينعدم في النقاط الواقعة على استقامة خط حركته. وعلى سبيل المثال، فقد رصد تغير الانحراف المغناطيسي اليومي على نقطة واقعة على خط العرض ٥٠ ْ شمالاً، فوجد أنه يعادل ١٥َ، ولذلك لا بد من الانتباه إلى هذا التغيير عند قياس السموت والانحرافات المغناطيسية.

تدعى الزاوية المتشكلة بين اتجاهي الشمال الحقيقي (الجغرافي) واتجاه الشمال المغناطيسي زاوية الانحراف المغناطيسي، وهذه الزاوية في حالة تغير بالنسبة لأية نقطة من سطح الأرض. وتحتوي الخرائط الطبوغرافية عادة على شكل يوضح العلاقه بين اتجاهي الشمال الحقيقي والمغناطيسي، ورسماً توضيحياً يبين مقدار زاوية الانحراف المغناطيسي بتاريخ إعداد الخريطة، ومقدار واتجاه التغير السنوي على هذه الزاوية.

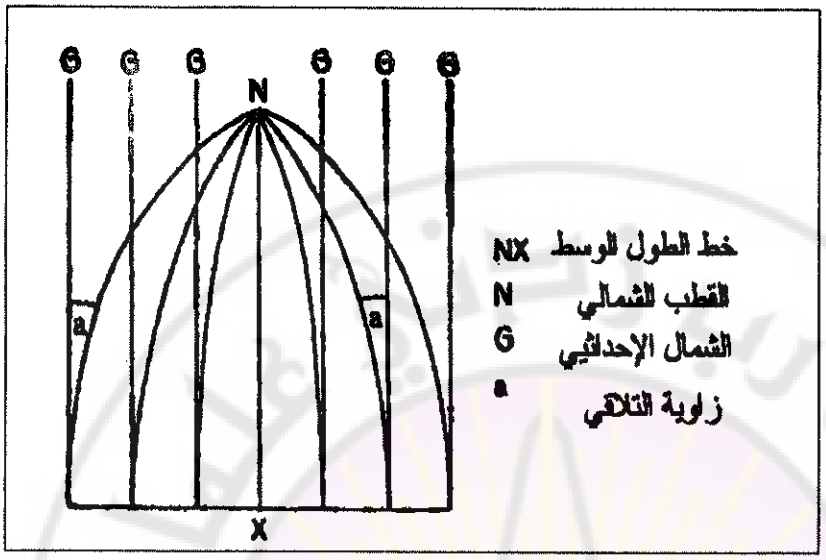
---

[٤] - من المعلوم أن الإبرة المغناطيسية توازي نفسها مع حقل الأرض للقوى المغناطيسية التي لا تكون في كثير من المناطق متوازية أو محاذية لخط الطول المحلي ،والسبب في ذلك أن أقطاب الحقل المغناطيسي لا تتطابق مع دوران الأرض بسبب الانحراف(٩٠ شمال جنوب) وبالتالي إن مواقعها تتغير .

٤،٣ الشمال الإحداثي Grid North: هو الشمال الذي تحدده خطوط الطول على الخريطة. وقد يتطابق هذا الاتجاه مع اتجاه الشمال الحقيقي (الجغرافي)، وقد يختلف عنه، وذلك حسب طريقة الإسقاط المستخدمة في وضع الخريطة، وحسب طريقة التقسيم الإحداثي فيها. وإذا انعدم التطابق بين الشمال الإحداثي والشمال الجغرافي، يطلق على الزاوية المتشكلة بين الاتجاهين زاوية التلاقي، وهي الزاوية الحاصلة بين اتجاه خطوط الطول في شبكة الإحداثيات المستخدمة (التربيعية مثلا) وبين خطوط الطول الجغرافية. وقد رأينا مثلا في طريقة إسقاط مركاتور المعترض، وشبكة الإحداثيات الكيلومترية التي يتم إنشاؤها في كل حزمة من الحزم الطولية التي يتم إسقاطها بشكل منفصل بهذه الطريقة إن خطوط الطول الكيلومترية توازي خط الطول الجغرافي الأوسط في الحزمة المكونة من ست درجات طولية. ولذلك إن خطوط الطول الكيلومترية المتوازية تتلاقى مع خطوط الطول الجغرافية المرسومة على شكل أقواس تتلاقى عند القطبين ، وتدعى هذه الزوايا زوايا التلاقي التي تزداد كلما ابتعدنا عن خط الطول الأوسط باتجاه طرفي الحزمة. (انظر الشكل -٥-).



شكل – ٤ – أنواع الشمالات



شكل – ٥ – الشمال الإحداثي

٥،٣ طرق تعيين الشمال :

١،٥،٣: طرق تعيين الشمال المغناطيسي

إن تعيين الشمال المغناطيسي على الطبيعة يتم باستخدام البوصلة الدائرية، أو أي نوع آخر من البوصلات بوضعها على كف اليد بشكلٍ أفقي تماماً مع سطح الأرض، ثم نتركها حتى يقف المؤشر، فالاتجاه الذي يشير إليه المؤشر هو اتجاه الشمال المغناطيسي، أما إذا أردنا معرفة أي اتجاه آخر من الاتجاهات الفرعية الستة عشر فيجب تحريك البوصلة يميناً ويساراً حتى يستقر المؤشر على خط الشمال(X) الموجود على محيط قرص البوصلة ، ثم نتعرف على الاتجاه المطلوب بقراءة مقدار الزاوية التي يشير إليها المؤشر على محيط قرص البوصلة. انظر الشكل – ٦–).

٢،٥،٣ طرق تعيين الشمال الجغرافي:

هناك عدة طرق لتعيين الشمال الحقيقي:

١. يُعين بواسطة البوصلة إذا عُرفت زاوية الانحراف المغناطيسي للنقطة المطلوبة، يتم تعيين الشمال الحقيقي برسم خط الشمال المغناطيسي على

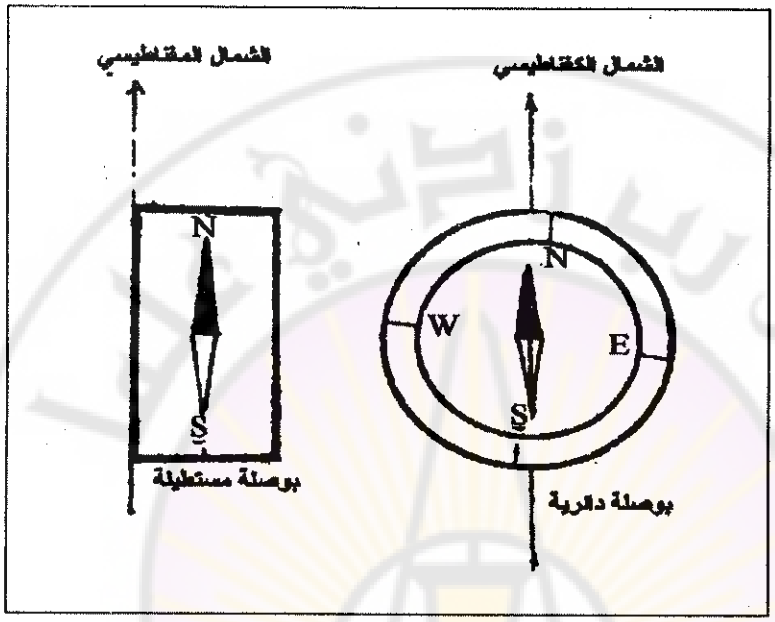
ورقة بواسطة البوصلة، ثم نرسم خطاً مستقيماً يقطعه بزاوية تعادل زاوية الانحراف مع ملاحظة وجودها غرباً أو شرقاً.

٢. بواسطة الشمس وقت الزوال: من المعروف أن الشمس وقت الزوال تكون عمودية على مدار السرطان في نصف الكرة الأرضية الشمالي في كل أيام السنة، فإذا وضعنا عصاً مستقيمة بشكل عمودي على سطح الأرض وتحت الشمس يتشكل لها ظل يتجه نحو الشمال الجغرافي تماماً لذلك نحتاج إلى ساعة دقيقة تدل على وقت الزوال أو نتبع مايلي:

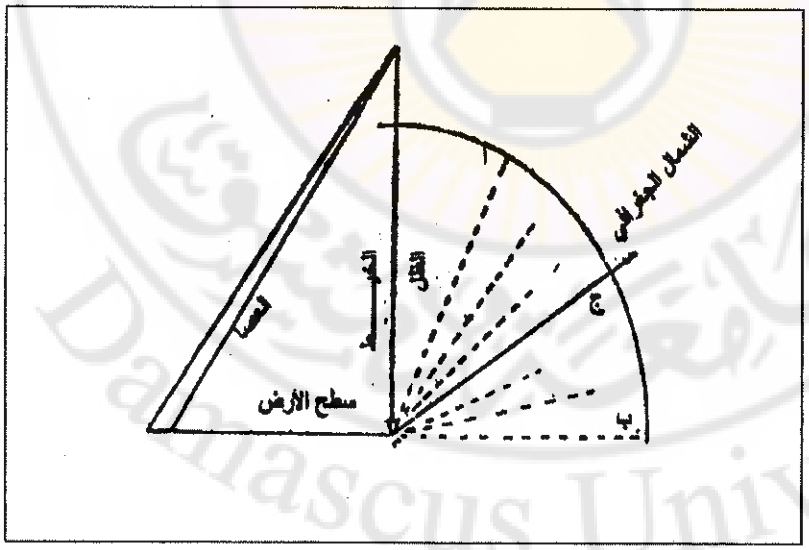
نثبت عصا في مكان من سطح الأرض بشكل عمودي، ونربط في طرفها العلوي ثقلاً يتدلى من رأس العصا حتى يلامس طرفه سطح الأرض قبل وقت الزوال بقليل فيتشكل ظل على سطح الأرض، ثم نقوم برسم دائرة أو قوساً من دائرة في الجهة المعاكسة لحركة الشمس، طول هذا القوس يعادل طول ظل الخيط من نقطة تماس نهاية الخيط مع سطح الأرض، بعد ذلك نراقب هذا الظل فنجده يأخذ بالقصر والابتعاد تدريجياً عن محيط الدائرة أو القوس، ثم يأخذ ثانية بالطول تدريجياً حتى يقطع القوس أو يلتقي معه في نقطة. أخيراً نقوم بتنصيف القوس المحصور بين النقطتين التين يتقابل فيهما الظل الأول والأخير مع القوس المرسوم، فالخط المنصف لهذا القوس يتجه نحو الشمال الجغرافي. انظر الشكل (- ٧-)

٣. بواسطة الساعة: يمكن الاستعانة بساعة اليد لمعرفة اتجاه الشمال الجغرافي بوضع الساعة تحت الشمس بصورة أفقية، ثم تحريكها حتى يُصبح عقرب الساعات فيها متجهاً نحوا لشمس فيكون الخط الوهمي الواصل بين مركز الساعة ومنتصف القوس المحصور بين نهاية عقرب الساعات وبين الرقم ١٢ هو الخط الذي يشير إلى الجنوب الجغرافي ومقابله في الجهة المعاكسة الشمال الجغرافي، يحدث ذلك في نصف الكرة الشمالي أما في نصف الكرة

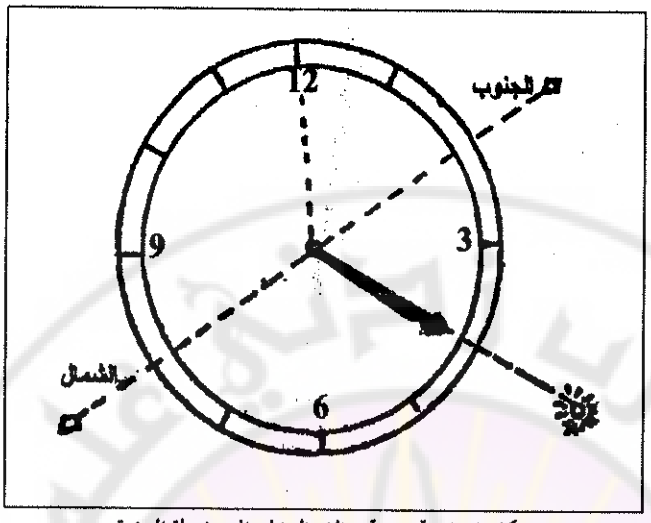
الجنوبي فيحدث العكس. انظر الشكل(-٨-).



شكل -٦- تحديد الشمال المغناطيسي بواسطة البوصلة



شكل -٧- تحديد الشمال الجغرافي بواسطة الظل.



شكل – ٨– تحديد اتجاه الشمال الجغرافي بواسطة الساعة

بما أن سمت أية نقطة يُقاس بالاستناد إلى نقطة أخرى يتم الرصد منها، باعتماد أحد اتجاهات الشمال كمبدأ للقياس، وبما أنه يوجد ثلاثة أنواع من اتجاهات الشمال (الشمالات) فإننا نحصل على ثلاثة أنواع من السموت هي:

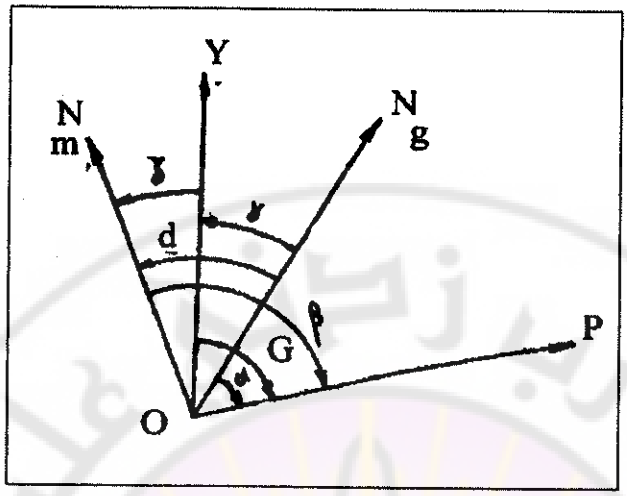
- السمت الحقيقي أو الجغرافي: وهو الزاوية المحصورة بين اتجاه ما وبين اتجاه الشال الحقيقي.
- السمت المغناطيسي: وهو الزاوية المتشكلة بين اتجاه ما، واتجاه الشمال المغناطيسي.
- السمت الإحداثي أو الاعتباري: وهو الزاوية المحصورة بين اتجاه ما واتجاه خطوط الطول المرسومة على الخريطة المستخدمة في الدراسة.

يحسب السمت المغناطيسي للنقاط أثناء المسح الحقلي نظراً لسهولة التعامل مع البوصلة ومع الشمال المغناطيسي وسهولة تحديده على الطبيعة باستخدام البوصلة، ولكن أثناء التوقيع على الخرائط يجب تحويل السمت المغناطيسي إلى سمت حقيقي (جغرافي) أو إلى سمت إحداثي (حسب شبكة الإحداثيات المستخدمة في

الخريطة). ولذلك يجب معرفة زاوية الانحراف المغناطيسي بالنسبة للمنطقة المدروسة، كما يجب معرفة زاوية التلاقي عند التحويل من الشمال الجغرافي إلى الشمال الإحداثي. ولا بد هنا من الانتباه إلى أن زاوية الانحراف المغناطيسي بالنسبة للمنطقة المرسومة قد تكون إلى الغرب من الشمال الحقيقي، وقد تكون إلى الشرق منه، وذلك حسب الموقع الجغرافي بالنسبة للقطب المغناطيسي. أما بالنسبة لزاوية التلاقي فإنها تأخذ اتجاهين في كل حزمة طولية مكونة من ست درجات طولية، فتكون زاوية التلاقي إلى الشرق من الشمال الجغرافي في النصف الشرقي من الحزمة، وإلى الغرب في النصف الغربي منها. انظر الشكل (-٩-) في هذا الشكل يتم القياس في النقطة (O) وأن اتجاه الشمال الجغرافي هو ONg، واتجاه الشمال المغناطيسي سيكون ONm أما اتجاه الشمال الإحداثي أو شمال الخريطة فهو OY. لذلك إن تعيين اتجاه ما -وليكن OP-على الأرض يتم من خلال الزوايا التالية:

- الزاوية يه = NgOP وتدعى السمت الجغرافي لـ OP اعتباراً من ONg .
- الزاوية يه١ = NmOP وتدعى السمت المغناطيسي لـ OP اعتباراً من ONm .
- الزاوية يه٢ = YOP وتدعى السمت الإحداثي لـ OP اعتباراً من OY.

تعتبر كل هذه الزوايا باتجاه عقارب الساعة، وقيمتها من ٠ راديان وحتى ٤٠٠ راديان أو من ٠° وحتى ٣٦٠° درجة. إن الزاوية المتشكلة بين اتجاه الشمال الجغرافي واتجاه الشمال المغناطيسي هي زاوية الانحراف المغناطيسي (d)، وتُقاس اعتباراً من الشمال المغناطيسي، وهي موجبة باتجاه الشرق وسالبة باتجاه الغرب. أما الزاوية المتشكلة بين الشمال الإحداثي والشمال الجغرافي (Y) فتدعى زاوية التلاقي، وتُقاس اعتباراً من الشمال الجغرافي.



شكل -٩- حركة الإبرة المغناطيسية

مثال : ظهر الشمال الإحداثي أو شمال الخريطة التي يعود وضعها إلى عام ١٩٦٦، إلى الغرب من الشمال الحقيقي بمقدار ٢ °. أما زاوية الانحراف المغناطيسي فكان مقدارها على الخريطة ٣٠َ ٦ْغرباً، كما بلغ مقدار التغير السنوي ٥َ شرقا. وفي عام ٢٠٠٠ وقف راصد في النقطة م واستخدم البوصلة لقياس سمت النقطة س، فوجده ٢٢٨°. فما هو السمت الإحداثي للنقطة س من موقع الرصد م، ثم احسب السمت الحقيقي من م إلى س، ومن س إلى م.

الحل: .انظر الشكل(- ١٠-).

كانت زاوية الانحراف المغناطيسي عام ١٩٦٦ = ٣٠َ ٦ْ غرباً، والتغير السنوي ٥َ شرقاً. وإن مقدار تغير الانحراف المغناطيسي بين عامي ١٩٦٦ و٢٠٠٠ = مقدار التغير × عدد السنوات

٥ × ٣٤ = ١٧٠َ = ٢°٥٠َ

ومنه زاوية الانحراف المغناطيسي لعام ٢٠٠٠ = زاوية الانحراف – التغير خلال تلك الفترة

٣٠َ ٦ْ – ٢°٥٠َ = ٣°٤٠َ غرباً

السمت المغناطيسي للنقطة م عام ١٩٦٦ =السمت في عام ٢٠٠٠ – زاوية الانحراف الجديدة

$$228^\circ - 3^\circ 40' = 224^\circ 20'$$

الإحداثي عام ٢٠٠٠ من م إلى س = السمت المغناطيسي– (زاوية الانحراف ± زاوية التلاقي)

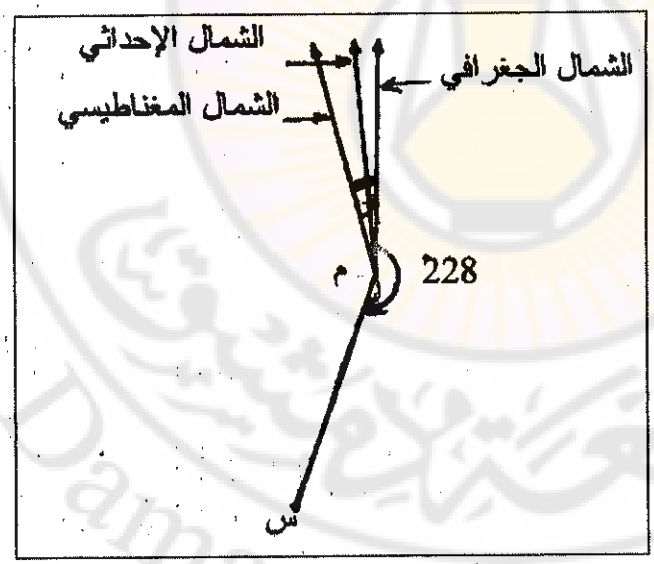
$$228^\circ - (3^\circ 40' - 2^\circ) = 226^\circ 20'$$

السمت الحقيقي من م إلى س = السمت المغناطيسي ± زاوية الانحراف الجديدة

$$228^\circ - 3^\circ 40' = 224^\circ 20'$$

السمت الحقيقي من س إلى م = السمت الحقيقي ± ١٨٠°

$$224^\circ 20' - 180^\circ = 44^\circ 20'$$



شكل –١٠– تمثيل السموت على الخريطة

مثال :ظهر الشمال الإحداثي على خريطة تعود إلى العام ١٩٧٠ غرب الشمال الحقيقي ب ١°٣٠، وزاوية الانحراف كانت ٢°١٥، شرقاً، أما التغير

السنوي فقد بلغ ٧َ غرباً . عام ١٩٩٥ وقف راصد في النقطة (م) واستخدم البوصلة لقياس سمت النقطة س فوجده ١٦٠ْ. احسب ما يلي :

السمت الإحدائي من م إلى س، والسمت الحقيقي من س إلى م .

الحل

في البداية نقوم بحساب زاوية الانحراف المغناطيسي الجديدة كما يلي :

مقدار التغير السنوي = ٧َ×١٥ = ١٧٥َ = ٢،٥٥ْ

زاوية الانحراف المغناطيسي الجديدة = ٢،٥٥ْ -١٥،َ٢ْ = ٤٠َ

الفرق بين زاوية التلاقي وزاوية الانحراف° = ٤٠َ — ١،٣٠ْ = ٥٠َ

السمت الإحدائي من م إلى س = ١٦٠ْ + ٥٠َ = ١٦٠،٥٠ْ

الشمال المغناطيسي من م إلى س = السمت المغناطيسي — زاوية الانحراف المغناطيسي الجديدة = ١٦٠ْ-٤٠َ =١٥٩،٢٠ْ

الشمال الحقيقي = ١٥٩،٢٠ْ ± ١٨٠ْ=٢٠،َ ٣٣٩°

٦،٣- العلاقة بين السمت والإحداثيات الاصطلاحية والمسافة

إذا كان السمت هو الزاوية المقيسة باتجاه عقارب الساعة بين نقطة رصد معينة وأحد اتجاهات الشمال (الجغرافي، الإحدائي، المغناطيسي)، فإنه يمكن تحديد السمت الإحدائي لكل من نقطتين (الواحدة بالنسبة للأخرى) محددتين على خريطة تحتوي شبكة إحداثيات تربيعية، وذلك من خلال معرفة إحداثيات كل من النقطتين (نقطة الراصد والنقطة المراد رصدها) على خريطة تحوي شبكة إحداثيات تربيعية. (إن تحديد موقع نقطة يتم بمعرفة بعديها عن الحافة اليسرى إلى اليمين وعن الحافة السفلى إلى الأعلى، ونحتاج إلى خطين أحدهما يمتد من الشمال إلى الجنوب (يدعى الإحدائي الشرقي) والآخر عمودي عليه من الشرق إلى الغرب (يدعى الإحدائي

° - زاوية التلاقي هي الزاوية المحصورة بين الشمال الحقيقي والشمال الإحدائي (شمال الخريطة) .

الشمالي) ويتقاطعان في نقطة تقع إلى الجنوب الغربي من المنطقة الممثلة على الخريطة (تدعى نقطة الأصل أو المبدأ)، فتحديد موقع أية نقطة يتم بإعطاء بعديها إلى الشرق والشمال من الخطين. ومجموع الإحداثيين يُشكل الإحداثيات الاصطلاحية ، يمكن تحديد سمت النقطة الثانية بالنسبة للشمال الإحداثي حسب العلاقة التالية الموضحة من خلال المثلث القائم في الشكل (-١١-).

يبدو من الشكل أن زاوية السمت الإحداثي للنقطة ب عند الرصد من النقطة آ هي يه' ، ويمكن التوصل إلى معرفة هذه الزاوية من خلال معرفة الضلع المقابلة، والضلع المجاورة لها، أي من ظل الزاوية. فإذا أنشأنا المثلث آ ب ج ذا الزاوية القائمة في ج فإن الضلع المقابلة للزاوية القائمة آ ب = الفرق بين إحداثيي الطول والعرض للنقطتين آ و ب، ونحسب الضلع آ ج = الفرق بين إحداثيي العرض ..ومنه: ظل زاوية السمت للنقطة ب بالرصد من النقطة آ والمسماة يه'

يه' = المقابل ÷ المجاور

ظل زاوية السمت أ = الفرق بين الإحداثيات الشرقية للنقطتين(ب،أ)

الفرق بين الإحداثيات الشمالية للنقطتين (ب ، أ)

بعد حساب السمت الإحداثي يتم حساب السمتين الحقيقي والمغناطيسي. وذلك من خلال العلاقات التالية :

جب الزاوية أ =الإحداثي الشرقي للنقطة ب – الإحداثي الشرقي للنقطة أ

المسافة أب

المسافة أب = الإحداثي الشرقي للنقطة ب- الإحداثي الشمالي للنقطة أ

جب الزاوية أ

وتجب الزاوية أ = الإحداثي الشمالي للنقطة ب- الإحداثي الشمالي للنقطة أ

المسافة أب

ومنه المسافة أب = الإحداثي الشمالي للنقطة ب-الإحداثي الشمالي للنقطة أ

تجب الزاوية أ

يمكن أيضاً حساب المسافة بمعرفة الإحداثيات الاصطلاحية فقط وذلك من خلال العلاقة التالية :(أب)٢ =(تفاضل الإحداثيات الشرقية)٢+(تفاضل الإحداثيات الشمالية)٢ .انظر المثال التالي :

مثال : احسب المسافة بين نقطتين (ب) ذات الإحداثي الشرقي ١٩٢٠٠٠ م والشمالي ٢٢٤٠٠٠ و(ج) ذات الإحداثي الشرقي ١٩٣٦٠٠ م والشمالي ٢٢٥٢٠٠ م.

(المسافة) = (تفاضل الإحداثي الشرقي)٢+(تفاضل الإحداثي الشمالي)٢

= (١٩٢٠٠٠ -١٩٣٦٠٠)٢ +(٢٢٤٠٠٠ -٢٢٥٢٠٠)٢

= (- ١٦٠٠)٢ +(-١٢٠٠)٢ = ٤٠٠٠٠٠٠

المسافة = $\sqrt{4000000}$ = ٢٠٠٠ م

مثال حساب الإحداثيات بمعرفة السمت والمسافة

إذا كانت المسافة بين نقطتين ٣٠٠٠ م وكان السمت الإحداثي للنقطة الثانية ٤٥ْ. أحسب الإحداثيات الاصطلاحية للنقطة الثانية .إذا علمت أن إحداثيات النقطة الأولى (ب) الشرقي ٢١٠٠٠٠م والشمالي ١٨٥٠٠٠ م.

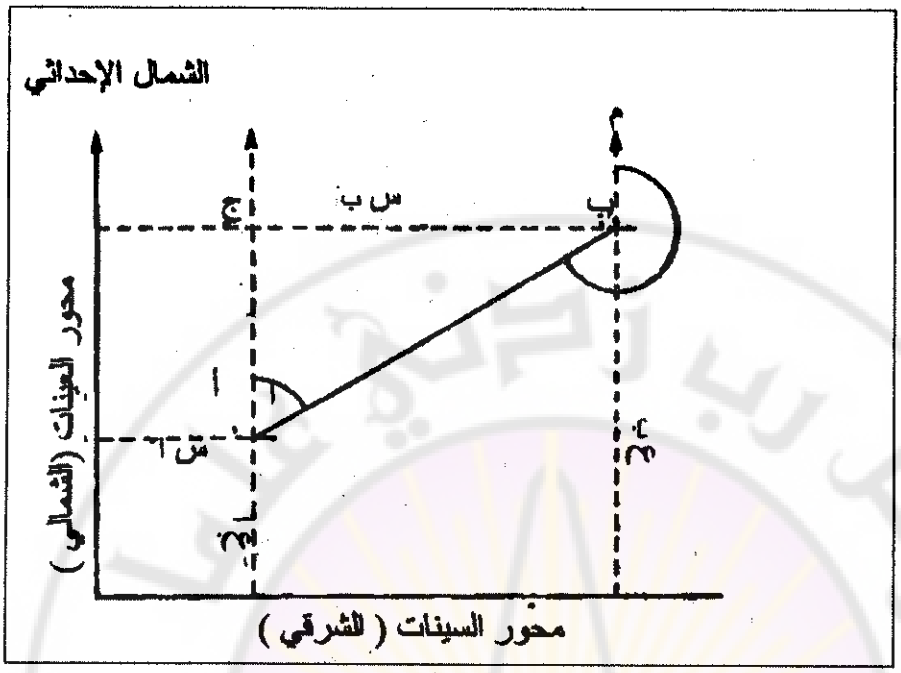
جب الزاوية ٤٥ْ= ٠,٧٠٧ ،وتجيبها =٠,٧٠٧

تفاضل الإحداثي الشرقي= ٣٠٠٠ × جب٤٥ْ =٢١٢١ م

تفاضل الإحداثي الشمالي =٣٠٠٠ ×جب ٤٥ْ=٢١٢١ م

وبالتالي فإن الإحداثي الشرقي للنقطة (ج)=٢١٠٠٠٠+٢١٢١=٢١٢١٢١ م

و الإحداثي الشمالي ١٨٥٠٠٠+٢١٢١=١٨٧١٢١ م.



شكل – ١١ –الإحداثيات الاصطلاحية

مثال : إذا كانت المسافة بين النقطتين أ،ب =٣٠٠ م وكان السمت الإحداثي للنقطة ب= ١١٠°، احسب الإحداثيات الاصطلاحية للنقطة ب إذا علمت أن إحداثيات النقطة أ هي: الشرقي= ٤٢٥ م والشمالي=٣٢٠م.انظر الشكل (–١٢).

الحل:تفاضل الإحداثيات الشرقية للنقطتين = المسافة × جب زاوية السمت

تفاضل الإحداثيات الشمالية للنقطتين = المسافة×تجب زاوية السمت .

بما أن الزاوية تقع في الربع الثاني فإن جيبها موجباً وتجيبها سالباً.

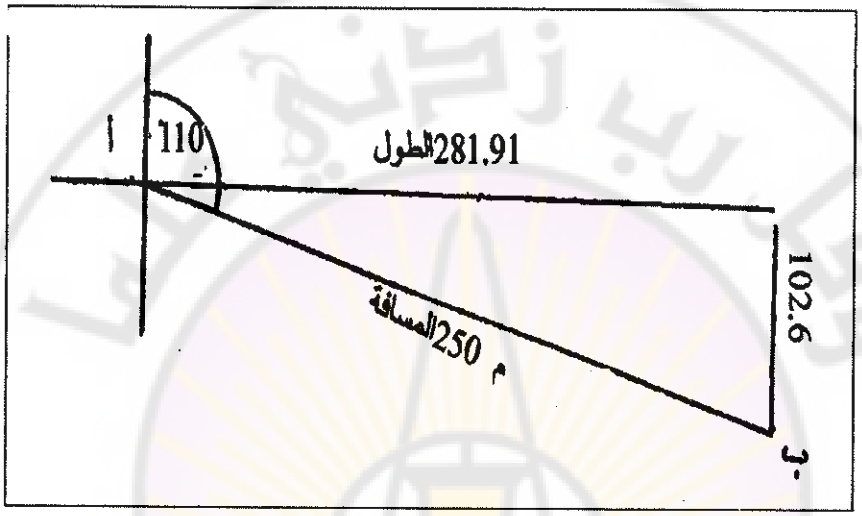
جب ١١٠° = جب ٧٠° =٠,٩٣٩٧ و تجب ١١٠° = – تجب٧٠°= –٠,٣٤٢٠

تفاضل الإحداثيات الشرقية = ٣٠٠ ×٠,٩٣٩٧ = ٢٨١,٩١ م

تفاضل الإحداثيات الشمالية = ٣٠٠×–٠,٣٤٢٠=١٠٢,٦ م

الإحداثي الشرقي للنقطة (ب) ٤٢٥+٢٨١,٩١ =٧٠٦,٩١ م

الإحداثي الشمالي للنقطة (ب) = ٣٢٠+١٠٢,٦=٤٢٦,٦ م.



شكل – ١٢– حساب الإحداليات الاصطلاحية

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الرابع

القياس ،وحداته وأخطاؤه

٤،١ – وحدات القياس المستخدمة في المساحة والطبوغرافية

٤،٢ – أخطاء القياس

٤،٣ – الأخطاء النظامية

٤،٤ – الأخطاء العرضية

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

١،٤ - وحدات القياس المستخدمة في المساحة والطبوغرافية:

إذا أُجريت أعمال القياس على الطبيعة أو على الخرائط فإن القياس يتناول الأطوال عادة أي الأبعاد الأفقية والرأسية (فروق الارتفاع) والمساحات والزوايا. وقد يتناول الوزن والحرارة والضغط الجوي والزمن في بعض الأحيان.

ولا بد في عملية القياس من توفر العناصر التالية: وحدة القياس وأداة القياس والقائس وطريقة القياس وتوفر الشروط المناسبة لعمل هذه العناصر مجتمعة.

ويمكن تعريف القياس بأنه عملية مقارنة الكمية المراد قياسها مع كمية محددة سلفاً يطلق عليها وحدة القياس بواسطة أداة قياس تستخدم فيها وحدات القياس المناسبة.

إن صحة القياس مرتبطة بالطريقة المستخدمة، وإتقان القائس ودقة تنفيذه لعملية القياس، و الظروف الخارجية المحيطة أثناء تنفيذ ذلك القياس.

أما مجموعة وحدات القياس المستعملة في دولة ما فيطلق عليها اسم نظام أو أنظمة القياس. ولذلك فإننا نميز في العالم بين أنظمة مختلفة للقياس تؤدي المهمة نفسها باستخدام وحدات قياس مختلفة وأدوات قياس تتناسب مع هذه الوحدات. وعندما يتم الاتفاق بين الدول على استخدام نظام قياس معين يدعى هذا النظام دولياً. وعلى سبيل المثال، يعد النظام المتري المستخدم في قياس الأطوال والمساحات والحجوم دوليا – وهو فرنسي الأصل – بعد اعتماده من قبل معظم دول العالم، عن طريق المنظمات الدولية ذات العلاقة . بينما تستخدم بعض الدول مثل بريطانيا والولايات المتحدة الأمريكية واستراليا والهند نظاماً آخر يدعى (**النظام الإنجليزي**) في القياس الذي يعتمد على البوصة (الإنش) والقدم واليادرة والميل بدلاً من السنتيمتر والمتر والكيلومتر، وهو (**النظام المتري**) Metric System.

والمتر: يعد أساس النظام المتري في القياس، وهو وحدة قياس فرنسية الأصل، حدد على أساس أنه **جزء من عشرة ملايين جزء تشكل ربع دائرة الطول المارة بالعاصمة الفرنسية باريس.** وقد اعتبر هذا التحديد محيط دائرة الطول المارة بمدينة باريس ٤٠٠٠٠٠٠٠ من الأجزاء المتساوية، أطلق على الجزء الواحد منها اسم المتر. وقد جرى هذا التحديد أول مرة سنة ١٧٩١ م، وفي عام ١٧٩٩، صنع أول نموج طولي للمتر، حفظ في الأرشيف الوطني الفرنسي، وسمي فيما بعد متر الأرشيف. وفي سنة ١٨٧٥، اعتمد المتر كوحدة قياس في عدد من الدول وزعت عليها نسخ من المتر القياسي (نسخ من متر الأرشيف).

وفي عام ١٩٦٠ قررت الهيئة الدولية للمقاييس والأوزان اعتماد نظام قياس دولي موحد، واتفق أن يكون المتر هو تلك الوحدة الدولية، وتركت للدول حرية اعتماد هذه الوحدة أو سواها.

ونظراً للحاجة المتزايدة إلى الدقة في القياسات وفي تحديد المتر قررت الهيئة الدولية للمقاييس والأوزان تحديد المتر بشكل أكثر دقة من تحديده السابق اعتماداً على الأمواج الضوئية. وفي عام ١٩٨٣، تم تحديد المتر مجدداً، وعرّف بأنه المسافة التي يقطعها الشعاع الكهرومغناطيسي (الضوء) في الفراغ خلال زمن قدره ١:٢٩٩٧٩٢٤٥٨ من الثانية. ثم حددت أجزاء ومضاعفات المتر، بالطريقة نفسها، كما حددت بالنسبة للمتر على النحو التالي:

وحدات الطول :

١ كيلومتر = ١٠٠٠متر ($١٠^{٣}$ م) = ١٠٠٠٠٠سم ($١٠^{٥}$ سم) = $١٠^{٦}$ ملم

١ متر = ١٠٠ سم ($١٠^{٢}$ سم) = ١٠٠٠ ملم ($١٠^{٣}$ ملم)

١ سم = ١٠ ملم

١ ملم = ١٠٠٠ ميكرون (ميكرومتر) = ١٠٠٠٠٠٠ نانومتر ($١٠^{٦}$ نانومتر)

١ ميكرومتر = ١٠٠٠ نانومتر ($١٠^{٣}$ نانومتر)

وتم اشتقاق وحدات قياس المساحات والحجوم من وحدات قياس الأطوال، فكان المتر المربع والسنتيمتر المربع والكيلومتر المربع .. كوحدات مساحة، والمتر المكعب، والسنتيمتر المكعب ... كوحدات حجم.

وحدات المساحة :

١ كم^{٢} = ١٠٠٠٠٠٠ م^{٢} = ١٠٠ هكتار = ١٠٠٠ دونم

١ هكتار = ١٠٠٠٠ م^{٢} = ١٠ دونمات

١ دونم = ١٠٠٠ م^{٢}

١ متر^{٢} = ١٠٠٠٠ سم^{٢} = ١٠٠٠٠٠٠ ملم^{٢}

١ سم^{٢} = ١٠٠ ملم^{٢}

وحدات الحجم :

١ كم^{٣} = ١٠٠٠٠٠٠٠٠٠ م^{٣} ($١٠^{٩}$ م^{٣} - أو مليار متر مكعب)

١ متر^{٣} = ١٠٠٠٠٠٠ سم^{٣} = ١٠٠٠ ليتر

١ ليتر = ١٠٠٠ سم^{٣}

ومن المناسب هنا بيان العلاقة بين وحدات قياس الأطوال والمساحات على الخرائط ذات المقاييس المختلفة، وما تعادله على سطح الأرض من أطوال أو مساحات ، وذلك من خلال الجدول التالي الذي يضم بعض المقاييس الكبيرة والمتوسطة الشائعة:

أما وحدات الطول في النظام الإنجليزي فهي :

البوصة (الإنش) = ٢,٥٤ سم

القدم =١٢ بوصة = ٣٠,٤٨ سم

الياردة = ٣ قدم = ٩١,٤٤ سم

الميل البري = ١٧٦٠ ياردة = ١٦٠٩,٣ م

الميل البحري = ٢٠٢٥,٤ ياردة = ١٨٥٢ م

جدول –٥– يبين وحدات قياس الأطوال والمساحات على الخرائط، وما يعادلها على الطبيعة

المقياس	١:١٠٠٠٠	١:٢٥٠٠٠	١:٥٠٠٠٠	١:٢٠٠٠٠٠	١:٥٠٠٠٠٠	١:١٠٠٠٠٠٠
الوحدة	يعادل على الطبيعة					
١ سم	١٠٠ م	٢٥٠ م	٥٠٠ م	٢٠٠٠ م	٥ كم	١٠ كم
١ ملم	١٠ م	٢٥ م	٥٠ م	٢٠٠ م	٥٠٠ م	١ كم
١ سم^{٢}	١٠٠٠٠م^{٢}	٦٢٥٠٠م^{٢}	٢٥٠٠٠٠م^{٢}	٤ كم^{٢}	٢٥ كم^{٢}	١٠٠ كم^{٢}
١ملم^{٢}	١٠٠ م^{٢}	٦٢٥ م^{٢}	٢٥٠٠ م^{٢}	٤٠٠٠٠ م^{٢}	٢٥٠٠٠٠م^{٢}	١ كم^{٢}

وحدات قياس الزوايا: تقاس الزوايا في الأعمال المساحية والطبوغرافية بعدة أنواع من وحدات القياس وأنظمتها، أهمها:

الـــنظام الســـتيني: ووحدته الأساسية هي الدرجة، حيث اعتمد هذا النظام على تقســـيم الدائرة إلى ٣٦٠° درجة، وتقسم كل درجة إلى ٦٠' دقيقة، وكل دقيقة إلى ٦٠" ثانية.

لقد ابتكر النظام الستيني في قياس الزوايا منذ آلاف السنين، فقد اعتمد القدماء في ملاحظتهم للأجرام السماوية، وخاصة القريبة منها إلى الأرض، على حساب الدورات الفلكية لهذه الأجرام، وخاصة القمر الذي لاحظوا أنه يكمل دورته حول الأرض ، وتتبدل أشكال ظهوره كل ثلاثين يوما تقريباً. وقد دعيت دورة القمر هذه بالشهر القمري (Moonth)، ومنها اشتقت كلمة شهر الإنجليزية (Month). ولاحظ القدماء أن كل اثنتي عشرة دورة للقمر تشكل سنة كاملة، تتكرر فيها الفصول، فحسبوا السنة وقتها ٣٦٠ يوماً، وهي تمثل دورة واحدة للأرض حول الشمس، أو دائرة كاملة ، ولاحظوا أن الرقم ٦٠مضاعف للرقم١٢، و قاسم للرقم ٣٦٠، فاستخدموه لتمثيل عدد الوحدات في الدرجات والدقائق.

وهكذا ظهر النظام الستيني الذي تكون دائرته ٣٦٠°درجة، ودرجته ٦٠َدقيقة، ودقيقته ٦٠ً ثانية، كما ورد أعلاه.

النظام المئوي: ظهر هذا النظام في وقت متأخر، وقسمت فيه الدائرة إلى ٤٠٠ غراد، ويقسم الغراد إلى ١٠٠ دقيقة، وكل دقيقة إلى ١٠٠ ثانية. ويستعاض أحياناً بتقسيمات مثل: ديسيغراد = ٠,١ غراد، السنتيغراد = ٠,٠١ غراد، والميليغراد = ٠,٠٠١ غراد، والديسي ميليغراد = ٠,٠٠٠١ غراد.

ومن ميزات النظام المئوي عن الستيني، إمكانية كتابة الزاوية بالكسور العشرية مباشرة، دون وضع رموز للوحدات الصغريات، كما هو الحال في النظام الستيني (الدقائق والثواني).

نظام الراديان: نظام يعتمد على الراديان كوحدة قياس للزوايا، ويعرفها بأنها الزاوية التي تحصر قوساً من محيط الدائرة يعادل طوله نصف قطرها. ولذا فإن الدائرة تعادل ٢ π راديان، وبما أن العدد الثابت π = ٢٢÷٧ = ٣,١٤١٦ فإن الدائرة الكاملة تعادل ٦,٢٨٣ راديان. (١راديان = ١٦َ ٥٧° = ٦٣,٧ غراد).

ويقسم الراديان إلى وحدات أصغر هي **الميليم** = ٠,٠٠١ راديان (كل راديان = ١٠٠٠ ميليم)، وبالتالي إن الدائرة تقسم إلى ٦٢٨٣ ميليم. ويعرف الميليم أيضا بأنه الزاوية التي نرى من خلالها طولا قدره متراً واحداً من مسافة تبلغ ١٠٠٠ متر. وبعبارة أخرى هي الزاوية التي تحصر متراً واحداً من محيط دائرة يبلغ نصف قطرها كيلومتراً واحداً.

وفي الحقيقة إن تحديد الراديان والميليم مشتق من حساب محيط الدائرة المرتبط بالعدد الثايت π الذي يساوي ٣,١٤١٦، وضعفه ٦,٢٨٣٢ (تقريباً)، لأن محيط الدائرة = ٢ π **نق** . فإذا كان نصف القطر (**نق**) = ١٠٠٠ متر **فإن محيط الدائرة** = ٢ π × ١٠٠٠ = ٦٢٨٣ متراً (تقريباً) ، وهذا الناتج نفسه هو

عدد الميليمات في الدائرة. وتعادل الدرجة الستينية ١٧,٤٥ ميليم.

أخطاء القياس: يمكن تصنيف الظواهر والمقادير اللازمة في العمليات المساحية والطبوغرافية من حيث صلاحيتها للقياس إلى فئتين: الأولى تضم الظواهر والمقادير القابلة للقياس المباشر. والثانية تضم الظواهر والمقادير التي لا تقاس مباشرة، ولكن يمكن حسابها بعد إجراء بعض القياسات المباشرة للظواهر والمقادير المرتبطة بها والمنضوية في المجموعة الأولى.

ومن أجل إجراء القياس لا بد من توفر الشروط التالية:

١. وجود الظاهرة أو المقدار القابل للقياس.
٢. توفر أداة القياس المدرجة وفق وحدة قياس معلومة دقيقة.
٣. وجود القائس المدرّب على طريقة قياس صحيحة، وعلى استخدام أدوات القياس، والمتمتع بالحواس اللازمة لإجراء قياس صحيح.
٤. توفر الشروط الجوية الفيزيائية المناسبة لإجراء القياس.

أدوات القياس: يمكن تقسيم أدوات القياس ، المستخدمة في المساحة والطبوغرافية من حيث دقتها، إلى ثلاث فئات:

- أدوات عالية الدقة
- أدوات دقيقة
- أدوات متوسطة الدقة.

ولذلك يتم سلفا اختيار نوعية الأداة وفق درجة الدقة المطلوبة في القياس، ولكن الدقة لا ترتبط بالأداة فحسب، بل ترتبط أيضاً بالطريقة ومدى إتقان القائس استخدام الأداة واتباع الطريقة، ومدى استعداده الفيزيولوجي لإنجاز هذا العمل، بالإضافة إلى دور الظروف الخارجية السائدة أثناء عملية القياس، مثل درجة الحرارة ودرجة السطوع الشمسي والرياح والرطوبة الجوية والضجيج والروائح، وغيرها من

المؤثرات الخارجية على الحواس ودرجة التحمل، وكذلك على أدوات القياس وطريقته، بما في ذلك انعكاس وانكسار وانحراف وتبعثر الأشعة الضوئية وأثرها على عملية القياس.

وينصح عادة بتكرار عملية القياس عدة مرات للتأكد من صحة العمل والنتائج، وتعتمد نتيجة القياس المتوسطة، على حساب المتوسط الحسابي للنتائج المتقاربة بعد حذف النتائج الشاذة في حال وجودها.

وتقسم نتائج القياس إلى:

١- نتائج متساوية الدقة، نحصل عليها عادة عند ثبات شروط القياس (الجهاز، والطريقة، والظروف الخارجية، واستعداد القائس).

٢- نتائج غير متساوية الدقة: تنتج عن اختلاف أحد أو بعض شروط القياس.

ومن أجل حل مسألة مساحية معينة، يجب القيام عادة بعدد من القياسات الضرورية، كأن نقول: إن إنشاء مثلث أو قياسه يتطلب عادة ستة قياسات تشمل الزوايا الثلاث، والأضلاع الثلاثة، ولكننا نستطيع أن نحدد المثلث بثلاثة قياسات فقط، شرط أن يكون أحد هذه القياسات على الأقل ضلعا للمثلث، فيمكن تحديد المثلث بمعرفة ضلع واحدة وزاويتين مجاورتين، أو بمعرفة ضلعين وزاوية محصورة بينهما، أو بمعرفة وتحديد الأضلاع الثلاثة، دون معرفة قياس الزوايا. أما إجراء القياسات الثلاثة الأخرى فهو زائد، ولكننا نقوم بها أحياناً لمراقبة صحة ودقة القياسات الثلاثة الأساسية التي أنشئ المثلث على أساسها.

أما إذا كانت المسألة المطروحة تتطلب قياساً واحداً كطول خط مستقيم، فإنه من المفضل تكرار عملية القياس عدة مرات للتأكد من صحة القياس الأول أو تصحيحه.

٢،٤ – أخطاء القياس

إن الوصول إلى الحقيقة في أي قياس يعد الهدف الأساسي المنشود لأية عملية قياس. ولكن نتائج القياس تختلف عادة بعضها عن بعضها، وعن القيمة الحقيقية للمقدار المقيس. ولذلك فإن الفارق بين المقدار الحقيقي للشيء المقيس (X) والقيمة المقيسة له (x) والذي يرمز له بدلتا (Δ) يسمى الخطأ الحقيقي، حيث أن :

الخطأ الحقيقي $\Delta = X - x$

الخطأ الحقيقي = القيمة المقيسة – القيمة الحقيقية

وتقسم أخطاء القياس حسب مصدرها إلى أربع فئات:

١. أخطاء ناتجة عن أدوات القياس: قد تتعلق هذه الأخطاء بتصميم الجهاز والمستوى التكنولوجي له، أو بتدريجه، أو بعطل طارئ عليه، أو بمستوى الدقة التي يعطيها.

٢. أخطاء يسببها القائس: وهي ترتبط عادة بمستوى تدريبه ومعرفته طرق القياس والحسابات المرتبطة بها، أو بدرجة سلامة حواسه (البصر بشكل خاص)، أو حالته النفسية والفيزيولوجية.

٣. الأخطاء الخارجية: الناتجة عن ترتبط بعدم ثبات الظروف المحيطة بعملية القياس مثل تغير درجة الحرارة والرطوبة والسطوع الشمسي وسرعة الرياح، ونسبة الانعكاس عن سطح الأرض وانكسار الأشعة.

٤. أخطاء طرق القياس: الناتجة عن سوء تقدير الظروف الخارجية، وقوانين تطورها وتغيرها، أو عدم دقة العلاقات الرياضية المستخدمة في الحسابات، أو عدم صحة ترتيب مراحل القياس.

تعد نتائج القياس مقبولة عندما لا تتجاوز نسبة الخطأ الدرجة المسموح بها. أما إذا تجاوزتها فتعد القياسات خاطئة، ويجب إعادة عملية القياس.

تتعرض القياسات لنوعين من الأخطاء هما:

٣،٤ – الأخطاء النظامية هي أخطاء معروفة السبب ونستطيع حذف تأثيرها على القياسات بطرق الحساب أو بطرق القياس وقد تكون **منتظمة** أي ثابتة تتكرر كلما أعيدت عملية القياس بالشروط نفسها أو تختلف اختلافاً بسيطاً، أو قد تكون دورية تنتج عن عدم الضبط في عملية القياس أو بسبب تغيير الشروط الخارجية للقياس، وهذه الأخطاء يجب اكتشافها وتصحيحها.

٤،٤ – الأخطاء العَرَضيّة هي أخطاء غير ثابتة قد تكون بسبب عطل طارئ في أداة القياس أو حالة عدم انتباه من القائس، وتؤدي إلى شذوذ في النتيجة يمكن اكتشافه بسهولة عند إعادة القياس، أو ملاحظته من بين النتائج الأخرى العادية، ويكون اكتشافه أسهل كلما كانت درجة شذوذ النتيجة أكبر.

المعالجة الرياضية لنتائج القياس:

لو افترضنا أن مقداراً رمزنا له ب (X) تم قياسه عدة مرات (n)، وحصلنا في كل مرة على نتيجة قياس مختلفة $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \ldots x_n$ وهذه نطلق عليها اسم **سلسلة القياسات**، والمطلوب الآن إيجاد أكثر النتائج صلاحية ودقة، وتحديد مدى دقة هذه النتيجة. وحسب نظرية الأخطاء إن أكثر النتائج قبولاً هي الوسط الحسابي لنتائج القياس أي:

$$x - n \div x_1 + x_2 + x_3 + \ldots x_n$$ وهي الوسط الحسابي للنتائج.

فإذا اعتبرنا الوسط الحسابي لنتائج القياس هو القيمة الحقيقية للظاهرة المقيسة (X) فإننا نستطيع حساب الخطأ النسبي الحاصل في كل عملية قياس، وكذلك الخطأ النسبي المتوسط لكل عمليات القياس، وذلك عن طريق:

- حساب **الخطأ الحقيقي** لكل عملية قياس، بطرح القيمة الحقيقية من القيمة المقيسة في كل مرة : $\Delta_1 = x - x_1$ ، $\Delta_2 = x - x_2$ ، ...

- حساب **الخطأ المتوسط** لعمليات القياس، وهو يساوي المتوسط الحسابي للخطأ المحسوب في البند السابق:

$$\Delta m - n \div \Delta n + \dots \Delta ٣ + \Delta ٢ + \Delta ١$$

- حساب **نسبة الخطأ المتوسط**، وتكون على شكل كسر بسطه العدد ١، ومقامه أي عدد حسب نسبة الخطأ الناتجة، وغالباً ما تحسب نسبة الخطأ المتوسط بالمائة أو الألف.
- يحسب أحيانا **مربع نسبة الخطأ المتوسط** (m):

$$m = \sqrt{n \div \Delta n^{٢} + \dots \Delta ٣^{٢} + \Delta ٢^{٢} + \Delta ١^{٢}}$$

حيث : $\Delta ١ + \Delta ٢ + \Delta ٣ \dots + \Delta n$ مقادير الخطأ الحقيقي لكل عملية قياس، n: عدد مرات القياس.

وتحدد عادة صلاحية نتائج القياس حسب الخطأ النسبي المسموح به، فلو افترضنا أن مقدار الخطأ النسبي المسموح به هو ١:٢٠٠٠. أي واحد لكل ألفين، وقمنا بقياس أحد المقادير الطولية مرتين، حصلنا في كل منهما على نتيجة مختلفة عن الأخرى ، ولتكن هذه النتائج كالتالي بالأمتار:

$$x٢ = ١٧٢,٦٢ m \quad ، \quad x١ = ١٧٢,٦٨ m$$

وهنا علينا حساب الخطأ النسبي لكل من هذين القياسين بالنسبة للمتوسط الحسابي الذي يُعد القيمة الحقيقية للظاهرة المقيسة :

القيمة الحقيقية =المتوسط الحسابي (١٧٢,٦٨+١٧٢,٦٢=١٧٢,٦٥

مقدار الخطأ الأقصى الممكن : ١٧٢,٦٨ – ١٧٢,٦٢ = ٠,٠٦ م (٦ سم)

مقدار الخطأ النسبي = ١ ÷ (المتوسط الحسابي ÷ مقدار الخطأ الممكن)، أي:

١ ÷ (١٧٢,٦٥ ÷ ٠,٠٦) = ١:٢٨٨٠، وهذا المقدار أصغر من الخطأ المسموح به (١:٢٠٠٠)، وهذا يعني أن القياسات مقبولة.

الفصل الخامس

الأجهزة المساحية واستعمالاتها

٥،١- الشاخصة (الجالون).

٥،٢ – ثلاثية الأرجل

٥،٣ – الميرا.

٥،٤ – البوصلة.

٥،٥ – المزواة القياسسية (التيودوليب).

٥،٦- اللوحة.

٥،٧ – النيفو

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

تعتمد عمليات المسح الجيوديزي والطبوغرافي على قياسات تجـري علـى الطبيعة للمسافات والمناسيب والارتفاعات والزوايا والمساحات. بعضـها يجـري مباشرة باستخدام أجهزة خاصة (أدوات قياس) كالأطوال والارتفاعات والزوايـا، وبعضها يحسب من خلال نتائج القياسات المباشرة باستخدام معادلات خاصة بكل عملية.

تحتاج كل عملية قياس إلى وحدات، وأدوات قياس قد تكون بسيطة وقـد تكون معقدة. وسوف نستعرض في هذا الفصل أهم الأدوات والأجهزة المسـاحية المستعملة في القياسات المساحية.

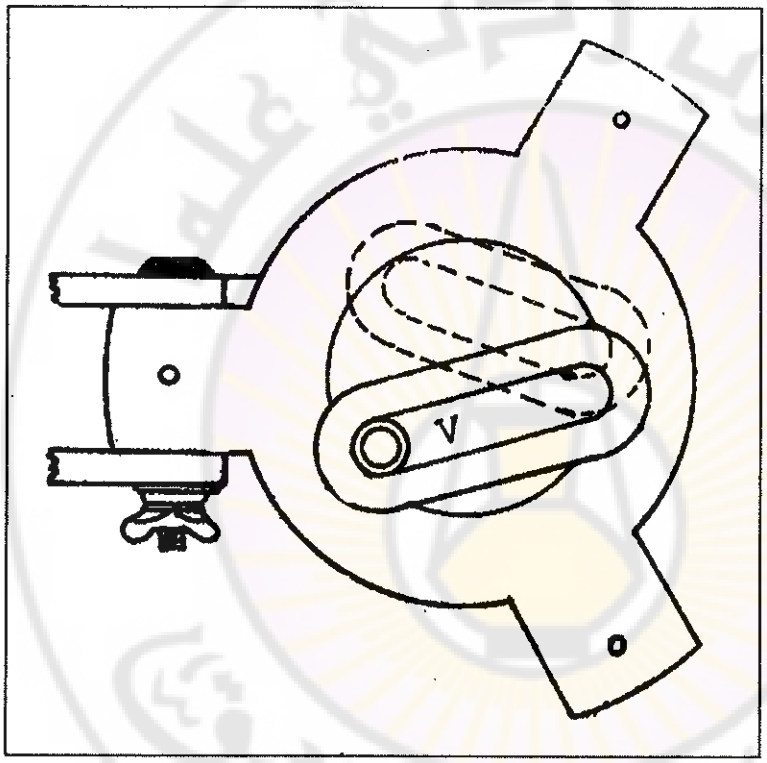
١،٥- الشاخصة (الجالون): وهي عصا خشبية في الغالب مسـتديرة المقطـع، (يكون قطر مقطعها عادة بين (٣ – ٤ سم)، يتراوح طولها بـين ١,٥ – ٢,٥ م. وتقسم هذه الشاخصة إلى أقسام طول القسم الواحـد منـها ١٠ أو ١٥ أو ٢٠ سنتيمتراً ، وتطلى الأقسام بلونين متباينين، الواحد بعد الأخر (أحمـر وأبـيض، أو اسود وأبيض).

يمكن استخدام الشاخصة بشكل أساسي من أجل تحديد النقاط أثناء المسح لقياس الزوايا. وتثبت الشاخصة من قبل مساعد المساح يدوياً، أو باستخدام ثلاثي أرجل معد خصيصاً لتثبيت الشاخصة فوق النقطة المطلوبة. ويستفاد مـن التلـوين المتباين للشاخصة في تمييزها بسهولة عند رصدها من مكان بعيد. ويكـون أسـفل الشاخصة مزوداً برأس معدني مدبب للتمكن من وضع الشاخصة بدقة فوق النقطة المطلوبة. ويشترط للحصول على قياس دقيق وضع الشاخصة بشكل شاقولي كـي تعبر عن موقع النقطة المرصودة بشكل صحيح .

٢،٥- ثلاثية الأرجل: عبارة عن قاعدة خشبية أو معدنية لحمل وتركيز الأجهـزة البصرية والإلكترونية عليها كما يستخدم بعضها لحمل الشـواخص والعـواكس.

ثبات الأرجل في موقعها فوق أي سطح طبوغرافي سواء كان مستوياً، أم منحدراً، هشاً متفتتاً أم صلباً . انظر الشكل (- ١٣ -).

ومن أجل التثبت من تركيز الجهاز فوق النقطة المطلوبة تماماً والمحددة تحت ثلاثي الأرجل يتم استخدام مطمار معدني مدبب من الأسفل معلق بخيط، ليؤمن الاتجاه الشاقولي، وليحدد مركز الجهاز وتطابقه مع النقطة المطلوب قياسها.



شكل – ١٣ – ثلاثية الأرجل.

٣،٥–الميرا: مسطرة مدرجةمن الخشب أو المعدن الخفيف، قابلة للطي إذا كانت مكونة من قطع موصولة بمفاصل معدنية، أو قابلة للفتح بطريقة الهوائي، إذا كانت معدنية ومصنوعة من مقاطع معدنية يختلف اتساعها، وتستوعب كل قطعة القطعة التي تليها، مثل هوائي الراديو، ولكن مع مقطع مستطيل، توضع في مستو أفقي أو شاقولي .انظر الشكل (-١٤-).

تقسم الميرا إلى سنتيمترات يميزها عن بعضها تعاقب ألوان متنافرة كالأبيض والأسود، أو الأبيض والأحمر، كما يمكن تمييز التناوب اللوني لكل خمسة أو عشرة سنتيمترات، من جانب واحد للميرا أو من الجانبين. وتستخدم الميرا كجهاز مساعد على قياس فروق الارتفاع مع جهاز التسوية الذي يسمى الميـــزان أو النيفـــومتر. ولقياس المسافة باستخدام الميزان نفسه أو جهاز التاكيومتر. ويمكن القائس قـــراءة الارتفاع على الميرا بمنظار جهازه المستخدم في قياس المناسيب أو في قياس المسافات، حيث يقوم مساعد المساح بتثبيت الميرا فوق النقطـــة المطلوبـــة، ويمكـــن أحيانـــاً استخدامها بوضعها بشكل أفقي على حامل ثلاثي الأرجل لإجراء قياس المسافات بالتاكيومتر.

٤،٥- البوصلة: تعد البوصلة من أقدم الأجهزة المساحية المعروفة والمستخدمة في قياس الاتجاهات والزوايا. ومن المعروف أن الجزء الأساسي من البوصلة هو الإبرة المغناطيسية التي يطلى نصفها الممغنط بلون أحمر أو أسود، ويتجه هذا الجزء نحو الشمال المغناطيسي دوماً. وتعلو الإبرة قرصاً مقسماً إلى الجهات الأربع وإلى زوايا، وتستخدم لقياس الزوايا وتحديد الاتجاهات الرئيسية والفرعية على الطبيعة. وغالباً ما تستعمل في الأعمال المساحية نماذج مطورة من البوصلة تزود بمرآة وسدادة وشعيرة خاصة بالتسديد. ويعد تحديد السمت المغناطيسي للنقاط بالنسبة إلى بعضها واحداً من القياسات المهمة التي يمكن الحصول عليها بواسطة البوصلة.

وقد أنتجت نماذج من البوصلات تثبت على ثلاثي أرجل لإجراء القياس مـــن نقاط محددة تماماً، كما تزود بفقاعة هوائية للتأكد من أفقية البوصلة قبـــل قيـــاس الاتجاه، وتزود بعض البوصلات بخطاف تثبيت للإبرة المغناطيسية، يستخدم لتثبيتها بعد تحديد اتجاه الشمال المغناطيسي من أجل ضمان قراءة صحيحة للاتجاه والسمت المغناطيسي.

شكل –١٤– بعض أنواع الميرات

٥،٥– **المزواة القياسية (التيودوليت)**: هو جهاز بصري يستخدم لقياس الزوايا الأفقية والرأسية، وقد يستخدم لقياس المسافات. يتكون من الأقسام الرئيسة التالية:

أ- قاعدة ثابتة مزودة ببزال لتثبيت الجهاز على ثلاثية الأرجل، وفوق القاعدة يوجد فقاعة دائرية للتأكد من أفقية الجهاز، وقرص مدور مدرج لقياس الزوايا الأفقية.

ب- الجزء المتحرك على القاعدة (الأليداد): يتحرك بشكل دائري أفقي، ويشتمل على ساعدين بينهما فراغ يسمح بتثبيت وتحريك النظارة المساحية (المنظار). ويحمل أحد الساعدين قرصاً شاقولياً مدرجاً لقياس الزوايا الرأسية. وعند قاعدة الساعدين توجد فقاعة أنبوبية حساسة لضبط أفقية الجهاز. كما نجد على هذا الجزء المتحرك بزالات (عجلات) لتحريك الجهاز أفقياً ورأسياً بشكل سريع أو بطيء، والتحكم بمقدار الزاوية التي يتحرك فيها، وعدسات منشورية لقراءة مقادير الزوايا الأفقية والرأسية على القرصين الأفقي والرأسي

ت- النظارة المساحية : تثبت في أعلى الساعدين مع الجزء المتحرك من القرص الشاقولي فيمكن تحريك النظارة إلى الأعلى والأسفل، وبما أن الجزء المتحرك على القاعدة يتحرك بشكل أفقي دائري فإننا نستطيع توجيه النظارة إلى أي اتجاه نريده (يمين، يسار، فوق، تحت) وقراءة الزوايا الأفقية والرأسية المتشكلة بين أي اتجاهين. تكون تدريجات القرص الأفقي ٣٦٠° أو ٤٠٠ غراد، وقد توجد تدريجات أنصاف الدرجات والغرادات. أما تدريجات القرص الشاقولي فتكون من -٩٠° إلى +٩٠° إذا كان التدريج بالدرجات. أو من -١٠٠ غراد إلى +١٠٠ غراد إذا كان التدريج بالغراد، فتعبر تدريجة الصفر في كلا النظامين عن الوضعية الأفقية للنظارة.

ث- لوالب الحركة والتثبيت: يوجد لولبان لتحريك الجهاز أفقياً على القاعدة. واحد للحركة السريعة والآخر للحركة البطيئة ، كذلك يوجد لولبان لتحريك النظارة على القرص الشاقولي المدرج ، بالإضافة إلى لوالب تثبيت الجهاز أو النظارة في الوضعية التي يريدها القائس، و تستخدم عادة بعد التسديد من القراءة، لضمان

عدم تغير القياس. انظر الشكل (-١٥-) الذي يبين التيودوليت وأقسامه الرئيسة.

الخصائص الأساسية للتيودوليت:

تعتمد صحة عمل التيودوليت على سلامة أجزائه، وصحة توضّعها بعضها إلى بعض، كأن يكون محور دوران النظارة متعامداً مع المحور الشاقولي للجهاز، وأن يتوازن محور مؤشر القرص الشاقولي مع خط النظر أو التسديد للنظارة. وتعتمد دقة قياس الزوايا في التيودوليت على قرصيه الأفقي والشاقولي، من حيث دقة التدريجات وعددها. وهذا يعتمد بدوره على قطر القرص المدرج، فكلما كان القرص أكبر أمكن تقسيمه إلى عدد أكبر من التقسيمات وأمكن قياس زوايا أصغر وأدق. وعلى سبيل المثال استخدم تيودوليت ضخم في بريطانيا قطر قرصه ٩٠ سم للحصول على دقة عالية في عمليات التثليث من الدرجة الأولى، واستعمل تيودوليت مماثل في الولايات المتحدة للغاية نفسها، فمن المعلوم أن ضبط نقاط الشبكة المساحية من الدرجة الأولى يعد أساساً لجميع العمليات المساحية الأخرى، وهذا يعني قياس زوايا المثلثات المتشكلة بين نقاط الدرجة الأولى بدقة متناهية بالإضافة إلى قياس خط الأساس. وكان لتطور صناعة الأجهزة المساحية الفضل في دقة قراءة الزوايا التي بلغت ثانية واحدة على قرص قطره ١٥ سم فقط، وكان ذلك بسبب تحسين واسطة قراءة التدريجات على الأقراص باستخدام ما يسمى بمنظار الورنية (أو الفرنية) والميكرومتر.

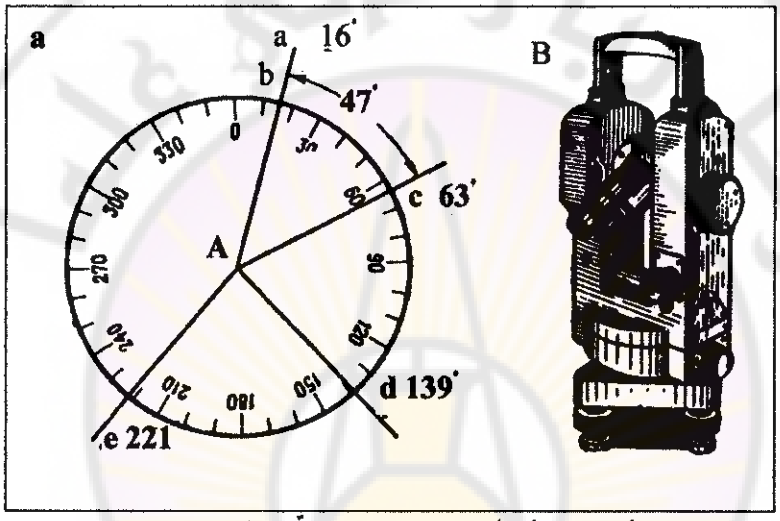
تحضير التيودوليت للعمل: تتضمن عمليات تحضير التيودوليت للعمل المراحل التالية:

١- مركزة الجهاز: أي وضع مركزه فوق النقطة المطلوبة تماماً باستخدام خيط وثقل المطمار أحياناً أو المركزة البصرية بالتسديد.

٢- وضع الجهاز فوق القاعدة بشكل أفقي تماماً بواسطة الفقاعات الهوائية الموجودة

على الجهاز وتحريك الأرجل أو البزالات الموجودة في أسفل القاعدة لتأمين أفقيـــة الجهاز.

٣- التحقق من رؤية الأشياء بدقة من خلال النظارة، وإجراء المطابقة (الفوكسة – Focus). ويتم ذلك بالتأكد من وضوح الأهداف المرصودة والخطـــين المتعامـــدين الموجودين على العدسة.



شكل- ١٥- أحد أنواع التيودليت ،والقرص المدرج الذي يحتوي عليه

٦،٥- **اللوحة (أو اللويحة) المساحية**، والتجهيزات البصرية – الميكانيكية التي تزود بها (البلانشيطة – Plan sheet): هي مجموعة تجهيـــزات مترابطـــة تســـتخدم في عمليات المسح الطبوغرافي الحقلي المباشر وتتكون من:

أ- لوحة مستوية مصنوعة من الخشب المقاوم للعوامل الطبيعية مربعة الشكل، طول ضلعها حوالي ٧٥ سم، تثبت فوقها ورقة الرسم، وتوضـــع عليهـــا التجهيـــزات الأخرى.

ب- ثلاثية الأرجل: وتعلوها آلية تثبيت اللوحة من الأسفل، حيث تســـمح هـــذه الآلية بدوران اللوحة أفقياً، كما تمكن الأرجل من اتخاذ الوضـــعية الأفقيـــة علـــى

السطوح الطبوغرافية غير المستوية.

ت- بوصلة صندوقية طويلة تحتوي على إبرة مغناطيسية بطول ١٢ سم لتحديد الشمال المغناطيسي وتوجيه اللوحة والرسم بدقة استناداً إلى هذا الشمال.

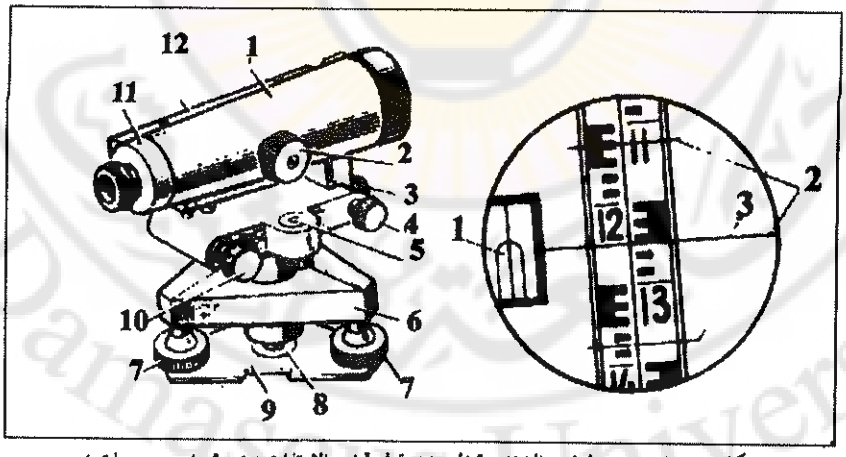
ث- جهاز التسديد البصري (الأليداد) المثبت على قاعدة معدنية طولية، تستخدم كمسطرة لرسم خطوط الاتجاهات المحددة بالرصد على ورقة الرسم المثبتة على اللوحة. ويكون جهاز التسديد حراً ، ويمكن تحريكه ورفعه عن اللوحة المستوية.

طريقة العمل باللوحة المساحية المستوية ومرفقاتها :

- نضع اللوحة المرتكزة على ثلاثية الأرجل فوق النقطة التي سنبدأ القياس منها، ونحدد موقع هذه النقطة على الورقة المثبتة فوق اللوحة مستخدمين الشاقول للتأكد من سلامة التحديد.
- نحدد الشمال المغناطيسي بواسطة البوصلة، ونرسم السهم الذي يشير إلى هذا الشمال، بحيث يكون موازياً لأحد أطراف (أضلاع) اللوحة .
- نضع جهاز التسديد على أن تقع نقطة التسديد على حافة المسطرة التي تشكل قاعدة للجهاز، ونسدد إلى النقطة الثانية المطلوبة، ونرسم خطاً باتجاهها. وبعد أن نقيس المسافة الفاصلة بين النقطتين بإحدى طرق قياس المسافات نحدد موقع النقطة الثانية بعد اتخاذ مقياس رسم مناسب لأبعاد اللوحة وورقة الرسم المثبتة عليها.
- تسمح بعض أجهزة التسديد بقياس المسافات، وقياس فروق الارتفاع والزوايا الرأسية بين النقاط، ولذلك فإننا نستطيع باستخدام هذه التجهيزات عمل مسح طبوغرافي متكامل على الطبيعة مباشرة بجهاز واحد، ورسم النتائج. ولكن يجب الإشارة في الوقت نفسه إلى أن الظروف الجوية المحيطة بعملية القياس كالحرارة الشديدة و البرد

والرياح، و الحاجة إلى قضاء وقت أطول في الحقل لإنجاز كل عمليات القياس والرسم تؤثر سلبا على نتائج القياس والمسح، ولـذلك نجـد الاعتماد على هذه الطريقة قليل في الأعمال التي تتطلب وقتاً طـويلاً، وهي مناسبة في عمليات المسح البسيطة التي تشمل مساحات صغيرة، حيث يمكن التنقل بين نقاط المنطقة التي يتم مسحها.

٧،٥- النيفومتر Niveau) جهاز التسوية الزئبقي: جهـاز يُسـتخدم في قيـاس الارتفاعات أوما يُسمى التسوية،وهو عبارة عن نظارة تحتوي على خطين متعامدين مرسومين على عدسة التحكيم ـــ ولها فقاعة زئبقية خاصة بها. تتوضع النظارة على قاعدة لها ذات ثلاث ركائز مزودة ببزالات تساعد في عملية وضعها أفقياً من خلال مراقبة فقاعتها الزئبقية، وبعض الأجهزة تحوي قرصاً أفقياً مُدرجاً يُستخدم لقيـاس الزوايا الأفقية.يكون الجهاز قادراً على الدوران حول محوره الشاقولي، يتم وضـعه على ثلاثية الأرجل وتثبيته، و تكون نظارته غير قابلة للحركة في المستوي الشافولي: ويُستخدم مع الجهاز قوائم مُدرجة يتم وضعها شاقولياً في النقاط المطلـوب قيـاس ارتفاعها انظر الشكل (ـ ١٦ ـ).



شكل - ١٦- جهاز النيفو والشاخصة المستخدمة في قياس الارتفاع (عن محمد مرجع سابق)

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السادس

قياس الزوايا

١،٦ – قياس الزوايا الأفقية

٢،٦ – قياس الزوايا الشاقولية

٣،٦ – قياس الارتفاعات

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

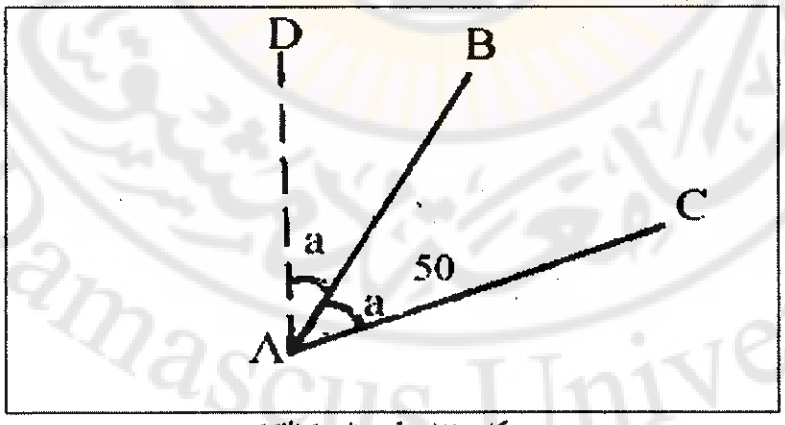
١،٦–قياس الزوايا الأفقية ، الزاوية الأفقية بين نقطتين أ، ب هي الزاوية المحصورة بين مسقطي هاتين النقطتين على المستوي الأفقي المار من النقطة أ حيث يوضع جهاز القياس .

١،١،٦طرق تعيين الزوايا الأفقية

يتم تعين الزوايا الأفقية بطريقتين هما : الطريقة الزاوية والطريقة المنحرفة .

- الطريقة الزاوية في هذه الطريقة يتم تعين اتجاه نقطة ما بالنسبة لاتجاه معلوم وذلك بقياس الزاوية الأفقية بينهما ، فمثلاً تعيين الاتجاه (A,C) بالنسبة للاتجاه (A,B) يتم بقياس الزاوية الأفقية بينهما وهي (BAC).انظر الشكل (–١٧–) .مثال: إذا كان اتجاه النقطة C بالنسبة للاتجاه AB يعادل ٥٠°،والسمت الحقيقي للنقطة B يعادل ٢٠° ،يمكن معرفة السمت الحقيقي للنقطة C حسب العلاقة :

السمت الحقيقي للنقطة C = الزاوية $\alpha \pm \alpha$ ،وذلك حسب موقع النقطة C إلى يمين النقطة B فتكون موجبة وإذا كانت إلى يسار النقطة B تكون سالبة.



شكل – ١٧ – تحديد الزاوية الأفقية

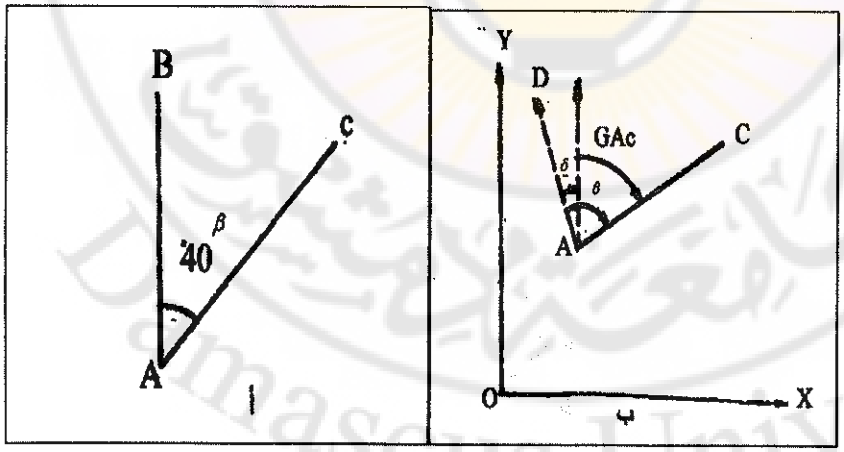
● الطريقة المنحرفة أو المغناطيسية في هذه الطريقة نعين اتجاهاً ما بقياس الزاوية β (السمت المغناطيسي) فعندما نقول أن اتجاه النقطة C بالنسبة للشمال المغناطيسي يعادل ٤٠° هذا يعني أن الزاوية المحصورة بين اتجاه النقطة c واتجاه الشمال المغناطيسي يعادل ٤٠°. ويمكننا حساب السمت الحقيقي لاتجاه (A,C) استناداً إلى الاتجاه A B إذا علمنا السمت الحقيقي للاتجاه AB من خلال العلاقة التالية :

إذ: $\alpha \pm DAB - DAC$

DAB = السمت الحقيقي ل AB و DAC = السمت الحقيقي ل AC ، وبمعرفة زاوية الانحراف الحقيقية δ نستطيع حساب السمت الحقيقي للاتجاه AC بالطريقة المنحرفة $DAC= \alpha \pm \delta$. انظر الشكل ١٨- أ ،ب)

السمت الحقيقي للنقطة = السمت المغناطيسي ± زاوية الانحراف المغناطيس

أي للحصول على السمت الحقيقي للنقطة يجب معرفة زاوية الانحراف المغناطيسي واتجاهها في موقع القياس .



شكل – ١٨ – تعين الزوايا الأفقية بالطريقة المنحرفة

٦،١،٢- أجهزة قياس الزوايا الأفقية

هناك نوعان من الأجهزة لقياس الزوايا الأفقية

١. المزواة القياسية، وهي جهاز يسمح بقياس زاوية على دائرة مُدرجة إما بالدرجات أو الغرادات كالتيودليت الذي سبق وصفه وطريقة استخدامه في الفصل السابق.

٢. المزواة التخطيطية ، عبارة عن جهاز يعطي قيمة الزاوية عن طريق رسم أضلاعها على لوحة أفقية .

٦،١،٣- أساليب قياس الزوايا الأفقية

بعد وضع جهاز القياس فوق النقطة المطلوبة ووضع الشواخص في النقاط التي سيجري رصدها بشكل شاقولي تماماً نستخدم إحدى الطرق التالية وذلك حسب الدقة المطلوبة والجهاز المستخدم.

١- **طريقة التكرار**:يتم استخدام هذه الطريقة عند الحاجة إلى دقة كبيرة في قياس الزوايا . إن استخدام هذه الطريقة يحتاج إلى تيودوليت يمكن أن نربط به القسم المتحرك (الأليداد) مع القرص الأفقي ونحركهما معاً بشكل أفقي دون أن تتغير القراءة على القرص الأفقي . وتتلخص هذه الطريقة بقياس كل اتجاه مطلوب عدداً من المرات (ن) مع تغيير القراءة المبدئية على القرص الأفقي بمقدارٍ منتظم ،يمكن أن نضع القيمة صفر على القرص الأفقي ونسدد إلى الهدف الأول ونأخذ قراءة ، ثم نقوم بتثبيت القرص الأفقي وحل حركة المنظار والتسديد إلى الهدف الثاني والثالث وتسجيل القراءة عند كل تسديد ،وبالتالي ستكون القراءات الناتجة هي مقدار الاتجاهات المطلوب تعيينها. هذه المجموعة من القراءات تُدعى سلسلة ، قبل تنفيذ السلسلة الثانية يتم تغيير القراءة المبدئية ولتكن ٥٠ أو ١٠٠، وبإعادة العملية نحصل على السلسلة الثانية من القراءات وهكذا ..كما هو مطلوب .

٢-**الطريقة المضاعفة** ، تُستخدم هذه الطريقة لحذف بعض الأخطـــاء النظاميـــة في المزواة القياسية ولتخفيف تأثير الأخطاء العرضية، وتقوم على مبدأ قياس مضاعفات الزاوية وتقسيم الناتج النهائي على عدد مرات التكرار ،وتتلخص بما يلي :

- يتم توجيه المنظار إلى الشاخص الأول بعد تحديد قراءة ما على القـــرص الأفقي .بعدها نوقف حركته ونسجل القراءة مقابل المؤشر.
- نقوم بحل حركة المنظار والتسديد إلى الشاخص الثاني ، ثم تثبيت حركـــة المنظار وحل حركة القرص الأفقي وإعادة توجيه المنظار إلى الشـــاخص الأول . بعد توضيع الشعيرات عليه بشكل دقيق باستخدام الحركة البطيئة نثبت حركة القرص الأفقي ونحل حركة المنظار ونسدد على الشـــاخص الثاني ونأخذ قراءة . ستكون القراءة على القرص الأفقي مضاعفة للزاوية المطلوب قياسها .
- للحصول على القيمة النهائية نقوم بتقسيم فرق القراءتين الأولى والأخيرة على عدد مرات التسديد إلى الشاخص الثاني.

أي الزاوية = ق٢-ق١

ن

إذ أن ق١= القراءة الأولى ، وق٢= القراءة الأخيرة ، ون عدد مرات القياس.

٢،٦- قياس الزوايا الشاقولية :الزاوية الشاقولية بين نقطـــتين هـــي زاويـــة في المستوي الشاقولي محصورة بين المستوي الأفقي المار من النقطة A والمستوي المائـــل المار منها والنقطة المرصودة. انظر الشكل (-١٩-).

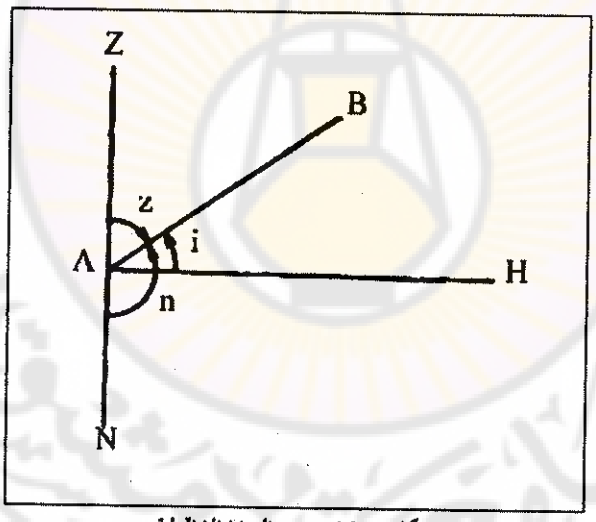
من الشكل نجد أن المحور الضوئي حسب AB في المستوي الشاقولي ، و AH هي المستوي الأفقي المار من النقطة Aو NZ هو الشاقول المار من النقطة A

وبالتالي إن :

الزاوية $HAB = i$

الزاوية ZAB = z

الزاوية NAB = n . الزاوية i هي زاوية ميل الاتجاه AB عن الأفق ، وتقاس اعتباراً من الأفق من (صفر حتى + ١٠٠ غراد) باتجاه نقطة السمت Z ومن (صفر حتى -١٠٠ غراد) باتجاه النقطة (N) نقطة النظير ، و Z هي الزاوية السمتية للاتجاه AB وتقاس من (صفر وحتى ٢٠٠ غراد) اعتباراً من نقطة السمت Z والزاوية N هي المسافة النظيرية للاتجاه وتقاس (من صفر وحتى ٢٠٠ غراد) اعتباراً من نقطة النظير N . أما (i,z,n) فهي زوايا شاقولية، ويمعرفة إحدى هذه الزوايا يمكن معرفة الزاويتين الباقيتين . يمكن قياس هذه الزوايا باستخدام المزواة الشاقولية التي يمثلها القرص المُدرج الشاقولي والنظارة الموجودتين في التيودوليت والتاكيومتر .



شكل - ١٩ - تعين الزوايا الشاقولية

١،٢،٦-المزواة الشاقولية تتألف المزواة من قرص مُدرج (C) موجود في المستوي العمودي على المحور الثانوي (t T̂) يرتبط بنظارة مساحة (L) ويدور معها المحور الثانوي يقابله دوارن نفس السعة للقرص المدرج، ويمكن تثبيت هذه

الحركة بواسطة لولب (V) ، وبواسطة الدوران حول المحور الرئيسي نستطيع توجيه المحور الضوء نحو نقطة ما. انظر الشكل (-٢٠ -).

٢،٢،٦- طرق قياس الزوايا الشاقولية

هناك عدة طرق لقياس الزوايا الأفقية منها:

١. القياس البسيط ويتم بعد وضع صفر القرص الشاقولي بشكل أفقي مقابل صفر المؤشر بشكلٍ دقيق ،نوجه النظارة إلى النقطة ونقوم بقراءة تدريجة القرص الشاقولي المقابلة لصفر المؤشر فنحصل على الزاوية الشاقولية.

٢. القياس المباشر والعكسي ،بعد القيام بقياس الزاوية أول مرة كما في الطريقة السابقة نقوم بتدوير النظارة أفقيا بمقدار ١٨٠° فتصبح النظارة موجهة للخلف ، بعد ذلك نقوم بتدويرها في المستوي الشاقولي بمقدار ١٨٠° ونسدد إلى النقطة ثم نقرا التدريجة فنحصل على القيمة الثانية، وهكذا نكرر العملية لنحصل على كافة القراءات وذلك حسب مستوى الدقة المطلوبة.

٣،٦- قياس الارتفاعات

تعيين ارتفاع نقطة هو تحديد فرق الارتفاع بينها وبين نقطة معلومة الارتفاع، وهذا يُسمى بالتسوية (وهي مجموعة العمليات التي يتم بواسطتها تحديد فرق الارتفاع بين نقطتين ،وهذا يتم بعدة طرق منها :

١. التسوية المباشرة :وتتم وفق الأساليب التالية :

- باستخدام جهاز تسوية وقائمة واحدة: يوضع الجهاز فوق النقطة الأولى والقائمة فوق النقطة الثانية، ثم نقيس بعد ذلك ارتفاع الجهاز عن الأرض وليكن (ع١)، ثم نأخذ القراءة على القائمة المطابقة لتقاطع الخط الأفقي على عدسة التحكيم ولتكن (ع٢)، فيكون فرق

الارتفاع ع = ع٢-ع١ .انظر الشكل (-٢١-) .

- باستخدام جهاز وقائمتين: توضع القائمتان فوق النقطتين المطلوب قياس فرق الارتفاع بينهما، ثم يوضع الجهاز على استقامة النقطتين وفي منتصف المسافة بينهما، ننسدد إلى القائمة الأولى أو التي تقع خلف الجهاز، ونأخذ قراءة ولتكن ع١ قم، نقوم بتدوير النظارة ونسدد إلى القائمة الثانية أو التي تقع أمام الجهاز، ونأخذ القراءة الثانية ع٢، ثم نحسب فرق الارتفاع كما يلي: ع = ع١-ع ٢. انظر الشكل (-٢٢-).
- باستخدام جهاز وقائمتين أيضاً لكن وضع الجهاز مختلف: حيث يوضع على استقامة القائمتين وخارجهما، بعد أخذ القراءتين ع٢ على القريبة وع١ على البعيدة يتم حساب فرق الارتفاع كما يلي: ع = ع١ — ع٢ . انظر الشكل (- ٢٣ -).

٢. التسوية المثلثاتية ، تُدعى التسوية غير المباشرة لأنها لا تعطي الارتفاعات مباشرة بل نتيجة قياسات أخرى كالزاوية الشاقولية والمسافة الأفقية ، ففي المزاوة الشاقولية ، كالتيودليت مثلاً نستخدم القرص المدرج الشاقولي لقياس الزاوية الشاقولية ،وإذا كانت المسافة بين نقطة الراصد والنقطة المراد قياسها معروفة نستطيع حساب فرق الارتفاع بين النقطتين باستخدام العلاقة

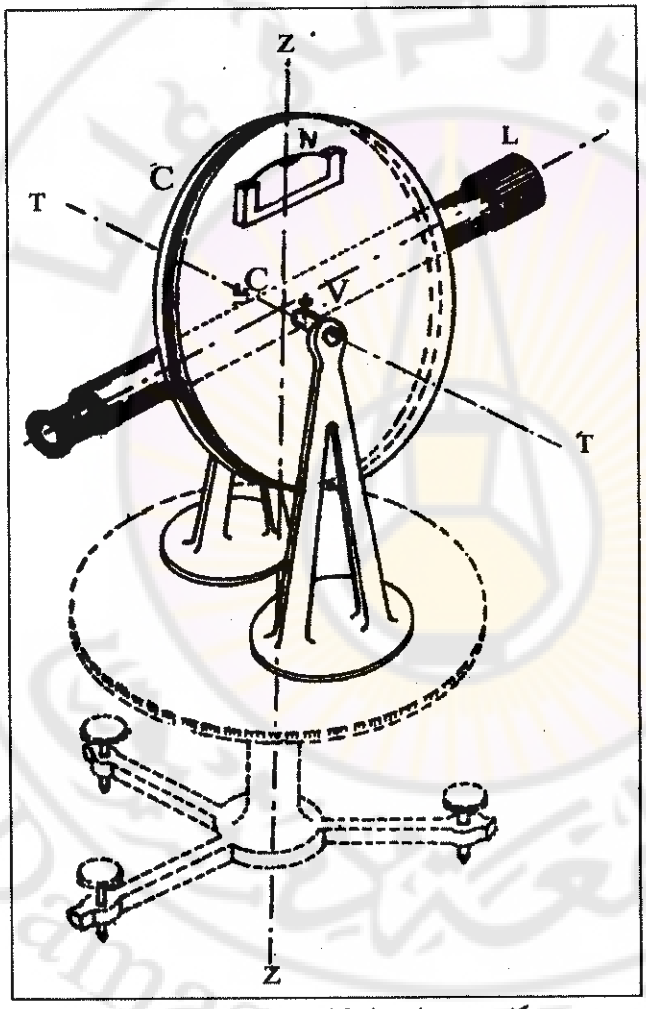
ع= م × ظل يه حيث

ع= فرق الارتفاع

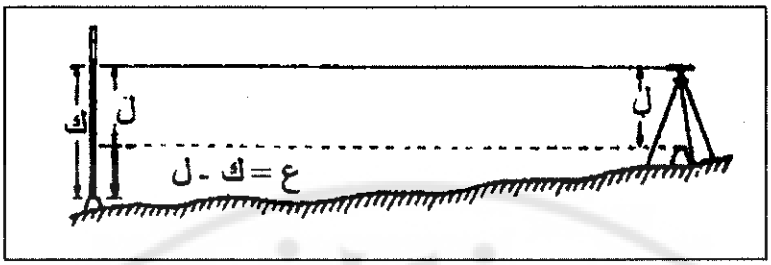
م = المسافة الأفقية

يه= الزاوية الشاقولية

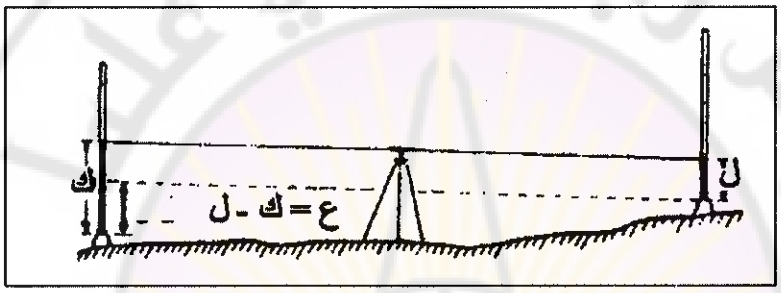
وهنا يجب ألا ننسى أن فرق الارتفاع يكـــون موجبـــاً إذا كانـــت الزاويـــة الشاقولية فوق خط الأفق وسالباً إذا كانت تحته ، كما يجب أخذ ارتفاع النظـــارة بالحسبان عند استخدام التيودليت أو التاكيومتر .



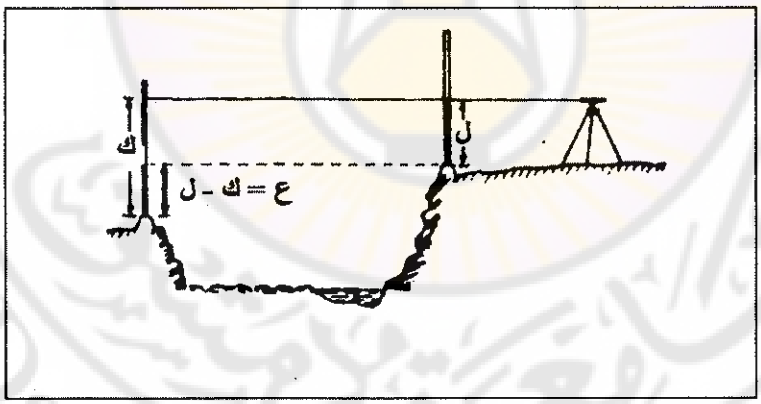
شكل – ٢٠ – المزواة الشاقولية (عن جزماني مرجع سابق)



شكل – ٢١ – التسوية الهندسية باستخدام جهاز تسوية وقائمة واحدة



شكل –٢٢ – التسوية الهندسية باستخدام جهاز تسوية وقائمتين



شكل –٢٣ – التسوية باستخدام جهاز وقائمتين بحيث يكون الجهاز على استقامة القائمتين و خارجهما

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السابع

شبكة الاستناد الجيوديزية

٧،١- تعريف شبكة الاستناد الجيوديزية

٧،٢- تحديد خط الأساس أو القاعدة الجيوديزية

٧،٣- تصنيف الشبكة المثلثية

٧،٤- الزيادة الكروية

٧،٥- التسوية المثلثية

٧،٦ - التثليث الجوي

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

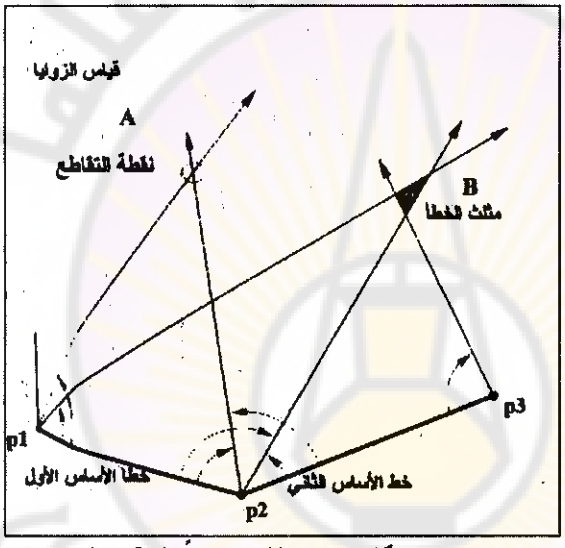
١،٧ – تعريف شبكة الاستناد الجيوديزية (الشبكة المساحية): هي مجموعة من النقاط المحددة على سطح الأرض من حيث إحداثيات الطول والعرض الجغرافيين والارتفاع عن مستوى سطح البحر، وهي تشكل فيما بينها شبكة من المثلثات، وتغطي كل المساحة المعنية بالمسح كلها.

يعتمد على الشبكة المساحية في عمليات المسح الأرضي الخاصة بكافة الأعمال والمشاريع التي تشغل جزءا من سطح الأرض، ومن أجل نقل وتمثيل مظاهر سطح الأرض المختلفة على الخرائط بمختلف المقاييس. وتكوّن نقاط الشبكة المساحية رؤوس مثلثات كبيرة وصغيرة، ولذلك تغلب تسمية الشبكة المثلثية على الشبكة المساحية (الجيوديزية). وتسمى عملية تغطية أية منطقة بهذه الشبكة **بعملية التثليث** و عملية التثليث تعني تقسيم سطح الأرض إلى مثلثات، تضبط رؤوسها بدقة من حيث إحداثياتها الطولية والعرضية، ومن حيث ارتفاعها عن سطح البحر، وتحسب المسافات الفاصلة بين هذه الرؤوس، وكذلك الزوايا المحصورة بينها، وتعد هذه الرؤوس نقاط الشبكة المساحية.وهنا نجد نوعين من طرق التثليث وهما :

- طريقة التثليث اعتماداً على قياس الزوايا **Triangulation**

تقوم هذه الطريقة على أساس العلاقات بين الأضلاع والزوايا فإذا عرف في المثلث طول ضلع واحدة وزاويتان منه نستطيع حساب طول الضلعين الآخرين، والزاوية الثالثة، وتحديد إحداثيات الرأس الثالثة، وقد اعتمدت هذه القاعدة على قاعدة رياضية هندسية، هي قاعدة التناسب بين أضلاع المثلث وجيوب الزوايا التي تقابلها حيث نقوم أولا بقياس خط أساس مستقيم بين نقطتين محددتين على الأرض، بعد ذلك نقف عند إحدى نهايتي الخط ونقيس الزاوية بين خط الأساس وخط النظر إلى النقطة الثالثة البعيدة، وبنفس الطريقة نقيس الزاوية عند النهاية المقابلة على خط الأساس باتجاه النقطة الثالثة البعيدة، وبما أن النقطة الثالثة تقع على خطي النظر

كليهما فإنها يجب أن تقع على تقاطع هذين الخطين، بعد ذلك يصبح لدينا خط أساس طوله معروف فنستطيع تحديد موقع نقطة معروفة وبعيدة عن خط الأساس عن طريق قياس الزوايا فقط. انظر الشكل (٢٤). من خلال الشكل نجد أن خطي النظر يتقاطعان في نقطة واحدة، لذلك فالنتيجة تبدو صحيحة بغض النظر عن الأخطاء التي قد تحدث في قياس الزاوية الأولى أو الثانية. كما أن الخطأ في القياس في هذه الطريقة يمكن تصحيحه بسهولة.



شكل – ٢٤ – التثليث اعتماداً على قياس الزوايا

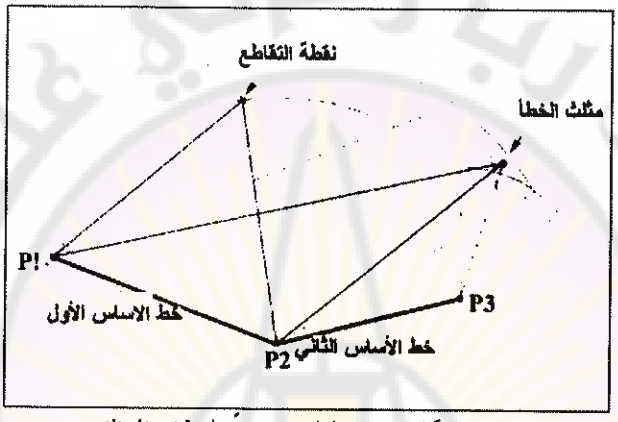
- طريقة التثليث اعتماداً على قياس المسافات **Trilateration**

إن تطور الأجهزة الالكترونية في السنوات الأخيرة زاد من دقة قياس المسافات وهذه الدقة أدت بدورها إلى زيادة استخدام طريقة التثليث اعتماداً على قياس المسافات في عملية المسح.

تقوم هذه الطريقة على أساس قياس الأطوال فقط، حيث يتم في المرحلة الأولى تعين خط الأساس كما في الطرق السابقة، وفي المرحلة الثانية نقوم بقياس مسافة خط النظر من طرفي خط الأساس باتجاه النقطة التي نريد أن نحدد موقعها. بعد ذلك

نرسم قوساً من دائرة عند طرفي خط الأساس نصف قطرها يساوي طول خط النظر من كل طرف وتكون نقطة تقاطع القوسين هي موقع النقطة المطلوبة لأنها أفضل موقع لقياس المسافة من طرفي خط الأساس .انظر الشكل(-٢٥-).

إن عملية تقطيع خط الأساس أو مده بحيث يمكن أن نحصل على خط نظر من خلال نقطة معلومة ثالثة تؤدي إلى تشكل مثلث خطأ يبين دقة العمل.



شكل -٢٥ – التثليث اعتماداً على قياس المسافات

مبدأ التثليث يستند إلى القاعدة الرياضية التي توضح التناسب بين أضلاع المثلث وجيوب الزوايا التي تقابلها وهي:

الضلع **a** ÷ جيب الزاوية **a**= الضلع**b** ÷ جيب الزاوية **b** = الضلع **C** ÷ جيب الزاوية **C**.

يمكن تغطية منطقة ما أو دولة ما بشبكة من المثلثات، رؤوسها محددة بدقة من حيث الموقع الجغرافي (إحداثيات الطول والعرض بدقة)، وكذلك الارتفاع عن سطح البحر. وتشتمل هذه الشبكة على مثلثات كبيرة (من الدرجة الأولى)، تحتوي على مثلثات أصغر (من الدرجة الثانية)، وتقسم هذه بدورها إلى مثلثات من الدرجة الثالثة، حتى نصل إلى الدرجة الرابعة والخامسة، وذلك يعتمد على طبيعة التضاريس في كل منطقة، لأن مسح التضاريس المعقدة يحتاج إلى شبكة مثلثية صغيرة

الأضلاع، تؤخذ فيها نقاط متقاربة تسمح بقياس المساحات عن طريق الرؤية المباشرة بين نقاط الشبكة المتجاورة، وتسمح بالوصول إلى تمثيل دقيق لهذه التضاريس على المخططات والخرائط. أما في المناطق السهلية فقد نكتفي بوضع نقاط مساحية من الدرجتين الأولى والثانية.

إن اللجوء إلى عملية التثليث يوفر الجهد والكلفة في عمليات المسح لسطح الأرض، لأن الاعتماد على هذه الطريقة يؤدي إلى نتائج عالية الدقة من خلال معرفة إحداثيات وارتفاعات رؤوس المثلثات، ومعرفة زواياها من خلال إحداثيات رؤوسها أو ما يناقضها، وإنه يكفي قياس ضلع واحدة لأحد هذه المثلثات كي نعرف أطوال الأضلاع في بقية المثلثات مهما كان عددها. أي يمكن حساب مساحة منطقة واسعة تغطيها شبكة كبيرة العدد من المثلثات من خلال معرفة زواياها وطول ضلع واحدة من أضلاع أحد مثلثاتها، الذي نصل من خلاله إلى أطوال أضلاع جميع المثلثات، ثم نطبق القاعدة التالية لحساب مساحة المثلثات من خلال أطوال أضلاعها:

مساحة المثلث abc = $S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-b)(p-c)}$

حيث S : مساحة المثلث أو p نصف محيط المثلث abc، و a ,b ,c أضلاع المثلث

فنحن بهذه الطريقة نختصر عمليات قياس أطوال الأضلاع كل على حدة، على الطبيعة مباشرة وما يتضمنه ذلك من صعوبات حقلية وجهود ومصاريف يصعب تأمينها.

شكل – ٢٦– طريقة التثليث

لقد كان الوقت المطلوب لإنجاز عمليات المسح طويلا جدا في السابق،

بسبب تخلف طرقه وأجهزته. فقد صرفت بريطانيا سبعين سنة لتنجز عملية التثليث من الدرجات الأولى والثانية والثالثة، وحددت فيها ١٥٠ ألف نقطة جيوديزية. ويتم الآن اختصار هذا الوقت إلى أقل من سنة بالاعتماد على نظام تحديد المواقع (الإحداثيات) الشامل (**Global Positioning System**) الذي يدعى اختصاراً **GPS** . حيث يتم الربط في هذا النظام بين المعلومات التي تبثها التوابع الصنعية المخصصة لهذا الغرض، وتستقبلها أجهزة الاستقبال الخاصة المحمولة والمتنقلة على سطح الأرض (**GPS Receiver**)، أو الأجهزة المرتبطة منها بمحطات قياس المساحة البصرية الإلكترونية (**Total Station**). لأن هذه التجهيزات تسهم في اختصار الوقت والجهد اللازمين للقياس ومع الحفاظ على دقة عالية في إنجازها.

٢،٧- تحديد خط الأساس أو القاعدة الجيوديزية

تبدأ عملية التثليث من خط مستقيم في منطقة سهلية، يقاس طوله بدقة متناهية ، وتحدد بدايته ونهايته، وارتفاع كل منهما عن سطح البحر بدقة. بالإضافة إلى تحديد سمته الحقيقي (اتجاهه بالمقارنة مع الشمال الجغرافي) ويطلق على هذا الخط اسم **خط الأساس**.

يتم اختيار خط الأساس في منطقة منبسطة، واسعة الامتداد، خالية من الحواجز الطبيعية والصنعية التي تمنع الرؤية المباشرة بين طرفي الخط. كما يجب أن يكون طول هذا الخط حوالي ١٠ كم. كان يقاس طول هذا الخط بقضبان مصنوعة من الخشب أو الزجاج، أو خليطة من الحديد والنحاس، لكي يكون عامل التمدد والتقلص ضئيلا أو معدوماً. ويبلغ طول القضيب الواحد ستة أمتار، توضع على استقامة واحدة فوق حوامل خشبية يضبط تلامسها الكامل بواسطة المجهر. وتطورت عمليات قياس خطوط الأساس فاستخدام شريط أو سلك الأنفار (وهو شريط مصنوع من خليطة معدنية ذات عامل تمدد ضئيل ومعروف يمكن حسابه)،

حيث يشد الشريط من طرفيه بعد رفعه على ثلاثيات أرجل، وتعلق الأثقال في طرفيه لتأمين الشد والاستقامة بين الطرفين، ويكون على ثلاثيات الأرجل علامات، تؤخذ القراءات المقابلة لها من الشريط المتدلي بعد خضوعها لتصحيحات مرتبطة بالانحدار ومقدار الشد المطبق على الشريط ودرجة الحرارة. ونحصل بالنتيجة على المسافة الدقيقة بين طرفي خط الأساس. ثم يخضع هذا الطول إلى العملية نسب (تعديل) إلى مستوى سطح البحر استنادا إلى درجة تكور سطح الأرض، وارتفاعه عن مستوى سطح البحر القريب منه، مما يجعل جميع القياسات اللاحقة المستندة إلى هذا الخط معدّلة تلقائياً.

وتقاس أطوال خطوط الأساس وغيرها حالياً باستخدام أجهزة قياس المسافات الإلكترونية، وخاصة الأجهزة التي تستخدم أشعة الليزر ذات الدقة المتناهية، والسرعة الفائقة.

٣،٧ – تصنيف الشبكة المثلثية

يتم تنفيذ عملية التثليث وفق تسلسل يستند إلى أبعاد أضلاع المثلثات ودقة القياس المتبعة. ويبدأ هذا التسلسل بمثلثات الدرجة الأولى، وينتهي بالدرجة الرابعة:

١. تثليث الدرجة الأولى ــ تتكون من مثلثات تتراوح أطوال أضلاعها بين ٤٥ و ١١٠ كم، تغطي مساحة البلاد بكاملها، وتقاس زواياها وأضلاعها وفق أعلى مستويات الدقة، ويجب ألا يتجاوز مقدار الخطأ في زوايا المثلث مجتمعة ثانيتين. ويتم اعتماد خطوط أساس إضافية بمعدل خط كل ٣٠٠ – ٤٥٠ كيلومتراً للتأكد من دقة القياسات.

٢. تثليث الدرجة الثانية: تشتمل عملية التثليث هذه على تقسيم مثلثات الدرجة الأولى إلى مثلثات من الدرجة الثانية ــ تتراوح أطوال

أضلاعها بين ١٥ و ٥٠ كيلومتراً. ويسمح في هذه الدرجة بمقدار خطأ لا يتجاوز ٤ — ٥ ثوان في زوايا المثلث الواحد. والغاية من تثليث الدرجة الثانية زيادة نقاط الشبكة الجيوديزية (المساحية).

٣. تثليث الدرجة الثالثة: تحتوي على تقسيم مثلثات الدرجة الثانية إلى مثلثات أصغر تتراوح أطوال أضلاعها بين ٥ و ١٥ كم. ويجب ألا يتجاوز الخطأ في قياس زوايا هذه المثلثات ٥ — ١٠ ثوان في المثلث الواحد. ويهدف إنشاء مثلثات هذه الدرجة إلى زيادة عدد النقاط الجيوديزية، مما يفيد في تنفيذ الخرائط الطبوغرافية التي يحتاج وضعها إلى مزيد من النقاط محددة الارتفاع والإحداثيات الأفقية (الطول والعرض).

٤. تثليث الدرجة الرابعة: يتم تنفيذ تثليث الدرجة الرابعة حسب طبيعة المنطقة من حيث تعقيدها الطبوغرافي، بغية تغطيتها بنقاط ضبط، يمكن من خلالها الوثوق بنتائج المسح. كما تستخدم في عمليات المسح التفصيلي داخل المناطق الزراعية والمخططات السكنية، يتراوح عدد النقاط في هذه الدرجة بين ١ و ٣ نقاط في الكيلو متر المربع الواحد. ويمكن زيادة عدد هذه النقاط حسب درجة تعقيد الوضع الطبوغرافي ووجود العوائق الطبيعية والصنعية الأخرى.

٤،٧- الزيادة الكروية

إن الأرض كروية الشكل، فإننا نقيس زوايا المثلثات في المستويات الأفقية، وليس على السطح الطبوغرافي، لكن سطح الأرض الأفقي (مستوى سطح البحر) محدب أيضاً بسبب كروية الأرض، والمستويات الأفقية التي ننسب إليها عملية قياس الزوايا في أي مكان من سطح الأرض ليست متوازية فيما بينها، وينتج عن ذلك أن

مجموع الزوايا في المثلث على سطح الأرض المستوي نظريا، والمحدب مع تكور الأرض يساوي أكثر من ١٨٠ درجة بقليل، لأن معدل الزيادة في مجموع زوايا المثلث يبلغ ثانية واحدة لكل ٢٠٠ كم^2 من مساحة المثلث، وهي زيادة لها أهميتها عند قياس مثلثات الدرجة الأولى.

٥،٧ – التسوية المثلثية

بعد الانتهاء من عملية التثليث (تحديد مواقع نقاط الشبكة المثلثية حسب العلاقات الأفقية – إحداثيات الطول والعرض) ننتقل إلى حساب فروق الارتفاعات بين هذه النقاط عن طريق قياس الزوايا الرأسية (الشاقولية) بينها، فنرى أن:

فرق الارتفاع = المسافة الأفقية بين النقطتين × ظل الزاوية الرأسية المتشكلة بين النقطتين والمستوي الأفقي: ع = س × ظل يه، وبعد ربط النقطة الأولى من خط الأساس بالمستوي المبدئي للارتفاعات (مستوى سطح البحر في نقطة محددة تقع عنده)، وتحديد ارتفاعها عنه يمكن تحديد ارتفاعات جميع النقاط الأخرى في الشبكة المساحية.

الوضع الأمثل للشبكة الجيوديزية:

لكي تعد الشبكة الجيوديزية موثوقة يجب أن تتوفر فيها الشروط التالية:

١. ألا تقل أية زاوية لأي من المثلثات الداخلة في الشبكة عن ٣٠ درجة، وذلك كي لا يكون هناك فرق كبير بين أطوال أضلاع المثلثات المتخذة.

٢. أن يتم اختيار مواقع النقاط من الدرجة الأولى والثانية في أماكن مرتفعة كقمم الجبال، بحيث تسمح هذه المواقع برؤية أكبر عدد من النقاط المجاورة في الشبكة، بغية إجراء القياسات المباشرة فيما بينها.

٣. أن يتم اختيار مواقع النقاط من الدرجة الثالثة، في أماكن مرتفعة كالتلال وعلى المباني المرتفعة. أما نقاط الدرجة الرابعة فتتحكم بمواقعها طبيعة

السطح، ولذلك يمكن مصادفتها على السفوح، وفي المناطق المنخفضة، والغاية منها إجراء المسح التفصيلي على سطح الأرض.

ومن أجل التعرف على مواقع نقاط الشبكة الجيوديزية بدرجاتها المختلفة، يتم تعليم نقاطها بشكل ظاهر وثابت على سطح الأرض. فنقاط الدرجة الأولى تعلّم بواسطة أبراج معدنية، تثبت فوق النقطة بشكل جيد، وتوضع إشارة خاصة في أعلاها

وفي نقاط الدرجة الثانية والثالثة، نستفيد من المنشآت الموجودة مثل المآذن وأبراج الكنائس ومحطات البث وزوايا المباني وخزانات المياه العالية وغيرها من المنشآت العالية لتعليم النقاط المساحية من الدرجتين الثانية والثالثة. ومن أجل ضمان إمكانية التعرف على موقع أية نقطة بعد زمن من تعليمها مع إمكانية زوال العلامة التي تشير إليها بالعوامل الطبيعية أو البشرية، أو انزياحها، فإنه يحدد موقع كل نقطة بالنسبة للنقاط الأخرى المجاورة لها عن طريق قياس الزوايا والمسافات بينها، ويثبت ذلك في المخططات المرسومة والسجلات المكتوبة. بالإضافة إلى وصف موقع النقطة عند التعليم، ووصفها عندما تطرأ تعديلات على محيطها، كظهور منشآت أخرى قريبة ومرتفعة، وغرس أشجار تحيط بالنقطة وغير ذلك.

٦،٧- التثليث الجوي (Aero Triangulation):

يمكن تنفيذ عملية التثليث بشكل دقيق على الصور الجوية أو الفضائية التي تعطينا رؤية مجسمة (ستريوسكوبية)، ويتم ذلك بزمن أقصر بكثير مما كانت تستغرقه عمليات التثليث والمسح الحقلي. وتعتمد عملية التثليث الجوي هذه على العناصر والمقومات التالية:

١. نقاط طبيعية بارزة يمكن إيجادها بسهولة على الطبيعة، مثل نقاط بعض

القمم الجبلية البارزة كأعراف صخرية، وزوايا التكسرات الصخرية الكبيرة، ومواقع الينابيع وتقاطع الطرقات وغيرها...أو نقاط معلّمة اصطناعيا عن طريق تثبيت مؤشرات ضوئية أو لا سلكية فيها.

٢. صور جوية أو فضائية ذات مقياس كبير مناسب، يسمح برؤية النقاط المعلّمة على الطبيعة، وتفاصيل التضاريس الأرضية. وتحتوي كل صورة على نقاط أرضية معلّمة (نقاط توثيق) تتراوح بين ٨ و ١٦ نقطة، ويجب أن تكون الصور المستخدمة متداخلة (أي تضم أجزاء مشتركة طوليا وعرضياً) لتسمح بالرؤية المجسمة حسب شروط التصوير الجوي المعتمدة في المسح.

٣. أجهزة وبرامج خاصة بمعالجة الصور بالحاسب الآلي لتسهيل وتسريع العمليات الخاصة بالمسح الجوي.

٤. عمليات التدقيق الحقلي لبعض المواقع للتأكد من نتائج المسح باستخدام الصور الجوية، ثم إدخال نتائج التدقيق الحقلي إلى الحاسب، وربطها مع ما يقابلها من نقاط على الصور المستعملة.

تتمكن البرامج المتطورة للحاسب الآلي ، والمخصصة لهذه الأغراض من معالجة المعطيات التي تم إدخالها، إن كانت على شكل صور أو معطيات رقمية، فتحسب إحداثيات وارتفاعات أية نقطة على الصورة، كما يمكن رسم هذه المعطيات المرتبطة بالمواقع والارتفاعات على شكل خريطة طبوغرافية أولية، ويمكن استكمالها بإضافة معلومات أخرى، كما يمكن استنادا إلى نقاط الارتفاع مختلفة الدرجات بناء خطوط الارتفاعات المتساوية (خطوط الكونتور) آليا على أحد البرامج التي تقوم بهذه المهمة.

وتساعد أنظمة تحديد المواقع (GPS) الآنفة الذكر في تسريع عمليات

تحديد المواقع والارتفاعات، والوصول إلى المسح الطبوغرافي المنشود، لا سيما مع الأجيال الجديدة من هذا النظام التي تؤمن درجة عالية من الدقة في تحديد الإحداثيات الأفقية، والارتفاع عن سطح البحر، بحيث لا يتجاوز الخطأ ميليمترات قليلة.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثامن

القياس Measurement

٨،١- قياس المسافات على الخرائط

٨،٢- قياس المساحات

٨،٣- قياس الانحدار

٨،٤- قياس المسافات على الأرض

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

١،٨ قياس المسافات على الخرائط Measurement of Distance

إن قياس المسافات على الخرائط يساعد كثيراً في معرفة أطوالها الحقيقية على الأرض، لكن من المعروف أن سطح الأرض ليس كما يبدو على الخريطة بل تختلف فيه التضاريس بين مكانٍ وآخر مما يجعل القياس بين نقطتين إحداهما مرتفعة والأخرى منخفضة يفتقر إلى الدقة، ويفضل في هذه الحالة رسم مقطع طبوغرافي بين النقطتين يظهر فيه الارتفاع والانخفاض. يُعد قياس المسافات أهم التطبيقات التي نجريها على الخرائط لنعرف من خلالها المسافات الحقيقية، وذلك بتحويل ما نقيسه على الخريطة مسافات على الطبيعة.

١،١،٨ طرق القياس

تُقسم طرق قياس المسافات إلى نوعين هما:

١. الطرق اليدوية.
٢. الطرق الآلية.

نستخدم في الطرق اليدوية وسائل مختلفة لقياس المسافات المستقيمة وشبه المستقيمة والمتعرجة، من هذه الوسائل:

- المسطرة العادية، وتُعد أسهل وسيلة للقياس فتقاس أية مسافة مستقيمة بالمسطرة ثم تحول إلى قياس الخريطة.
- المقياس الخطي، ويُستخدم لمعرفة المسافة مباشرة على الأرض، حيث يتم قياس المسافة بواسطة ورقة عادية أو مسطرة، ثم توضع على المقياس الخطي الخاص بالخريطة لمعرفة عدد الكيلومترات أو الأميال على يمين المقياس والأمتار والبوصات على يسار المقياس.
- الورقة الميليمترية والورقة العادية: الورقة الميليمترية تشبه المسطرة لأنها مقسمة إلى سنتيمترات وميليمترات، ولكنها تشير دون أرقام إلى المسافة

بين نقطتين، بعدّ تقسيماتها السنتيمترية والميليمترية، ثم إجراء العملية الحسابية اللازمة لتحويل هذه المسافة من الخريطة إلى الطبيعة، أما القياس باستخدام الورقة العادية فيتم بمقارنة المسافة المقيسة (أو التي قيست) عليها بالمقياس الخطي لمعرفة المسافة المقابلة على الطبيعة، ولكن استخدامها الأهم يتم عند قياس الخطوط المتعرجة، حيث تُقارن المسافة الإجمالية المقاسة بالمسطرة أو بالقياس الخطي، كما سنرى في فقرة لاحقة.

- **القياس بواسطة الفرجار ذي الرأسين الحادين:**

يفتح الفرجار فيوضع أحد الرأسين على النقطة الأولى والرأس الآخر على النقطة الثانية، ثم يوضع الفرجار على المقياس الخطي لنعرف المسافة المقابلة على الطبيعة مباشرة، أو نقيس هذه المسافة على المسطرة، ونحولها إلى مسافة على الطبيعة بإجراء العملية الحسابية المناسبة، كما هو الحال في المثال التالي: بعد قياس فتحة الفرجار بين نقطتين أ و ب على المسطرة وُجد أنها تعادل ٧,٣سم على خريطة طبوغرافية مقياسها ١/٢٥٠٠٠ فكم تعادل هذه المسافة على الطبيعة ؟. والجواب كل ١سم على هذه الخريطة يعادل ٢٥٠ متراً على الطبيعة.

إذاً كل ٧,٣سم تعادل : ٧,٣ × ٢٥٠ = ١٨٢٥ متراً .

وعادة نقيس المسافات بين نقاط على خط مستقيم أو منكسر أو متعرج، وقد يشكل الخط المقيس (أو الذي قسناه) محيط منطقة ذات شكل منتظم أو غير منتظم. وسنعرض هذه الحالات بالتفصيل:

١- قياس المسافة بين نقطتين: يمكن قياس المسافة على الخريطة إما بالمسطرة، أو بواسطة الفرجار ذي الرأسين الحادين، أو على طرف ورقة ميليمترية أو عادية أو بواسطة قائس المسافات (عجلة القياس — curvemeter)

٢- قياس المسافة على خط منكسر بين نقطتين: وتستخدم طرق القياس المذكورة نفسها.

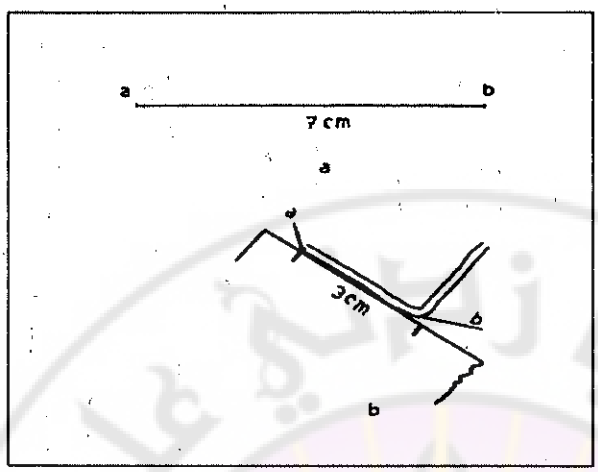
٣- قياس المسافة على خط متعرج: ويستخدم في القياس الفرجار، أو الورقة الميليمترية أو العادية أو قائس المسافات.

١- قياس المسافات المستقيمة:

القياس بالمسطرة: تستعمل المسطرة لقياس المسافات المستقيمة، سواء أكانت المسافة مكونة من قطعة مستقيمة واحدة بين نقطتين، أم كانت مجموعة من القطع المستقيمة التي تشكل خطاً منكسراً.

بعد حساب طول الخط بالسنتيمترات والميليمترات نستخرج ما تعادله هذه المسافة على الطبيعة بواسطة عملية حسابية بسيطة تعتمد على المقياس العددي، أو بمقارنة هذه المسافة مع المقياس الخطي الموجود في أسفل الخريطة، وسنورد مثالاً عن كل طريقة:

مثال ١: لو فرضنا أن المسافة المقيسة على الخريطة هي ٧ سم، وأن مقياس الخريطة هو١: ٥٠٠٠٠، في هذا المقياس كل ١سم على الخريطة يعادل ٥٠٠٠٠ سم على الطبيعة أو ٥٠٠ م، وكل ١ ملم على الخريطة يعادل ٥٠٠ متراً على الطبيعة ومنه كل ٧ تعادل س = ٧× ٥٠٠ = ٣٠٠٠ متراً. انظر الشكل(- ٢٧- a و b).



شكل – ٢٧ – يبين كيفية القياس بين نقطتين المسافة بينهما مستقيمة أو شبه مستقيمة

مثال ٢: لو فرضنا أن المسافة المقيسة كانت على الخريطة ٩,٧ سم، وأن مقياس الخريطة هو ١: ٢٥٠٠٠ وأردنا الاستعانة بالمقياس الخطي المرسوم في أسفل الخريطة.

نلاحظ مثلاً أن أساس المقياس قد قسم إلى مسافات متساوية، كل منها ٢ سم، وبدئ الترقيم بالأمتار من الصفر ثم ٥٠٠ ثم ١٠٠٠ ثم ١٥٠٠ وهكذا .. أما ذيل المقياس فقد قسم إلى عشرة أقسام صغيرة كل منها يعادل ٢ملم على الخريطة أو ٥٠ متراً على الطبيعة. ولكي نعرف ما تقابله المسافة ٩,٧سم على الخريطة نحدد هذه المسافة على المسطرة بدءاً من الصفر، فنجد أن ٨سم ستأخذ ٤تدريجات من أساس المقياس، وستعادل ٤٢٥ متراً، أي إن المسافة الإجمالية هي ٢٠٠٠ + ٤٢٥ =٢٤٢٥ متراً.

القياس بواسطة قائس المسافات Distance calculator . أو ما يدعى (عجلة القياس — Curvemeter):

يُعد هذا الجهاز أسرع وسيلة يدوية لقياس المسافات المتعرجة ودقتها، وهو جهاز بسيط له عجلة مسننة صغيرة تتحرك على الخط المطلوب قياسه، وترتبط

بعجلة داخلية كبيرة ومؤشر يتحرك على قرص مدرج بالسنتيمترات أو ما يقابل المسافات المقطوعة على الخريطة من مسافات على الطبيعة، ويجب أن ينتبه القائس إلى أن المؤشر ينطبق على الصفر عند بدء القياس، ويتحرك بالاتجاه الملائم عند تمرير العجلة على الخط المطلوب قياسه (باتجاه عقارب الساعة عادة) إذا كان الخط يشكل منحنى مغلقاً أو شبه مغلق.

قياس المسافات على خط منكسر:

القياس بالمسطرة: تستعمل المسطرة لقياس كل جزء مستقيم من الخط المنكسر على حدة، ونسجل نتائج القياس، ثم نجمعها للحصول على الطول الإجمالي لهذا الخط .

لقياس المسافة الإجمالية بين النقطتين أ، هـ نقيس : أب+ب ج+ج د+د هـ= أهـ .

إذا كانت أ ب = ١٧ملم ، ب ج=١٢ملم ،ج د =٩ملم ، د هـ ١٥ملم فإن أهـ = ١٧ +١٢ +٩ +١٥ = ٥٣ ملم، فإذا كان مقياس الخريطة ١/١٠٠٠٠ فهذا يعني أن كل ١سم على الخريطة يعادل ١٠٠ متر على الطبيعة، وكل ١ملم على الخريطة يعادل ١٠ أمتار على الطبيعة وبالتالي أه = ٥٣ ×١٠ = ٥٣٠ متراً.

القياس بواسطة طرف الورقة الميليمترية أو العادية: نقيس أ ب ونحدد بدايتها ونهايتها على طرف الورقة، ثم نقيس بدءاً من موقع النقطة ب على طرف الورقة، المسافة بين ب،ج ، ثم بدءاً من موقع ج على طرف الورقة ج د، ثم د هـ. وهكذا نكون قد جمعنا هذه القطع (أب ، ب ج ، ج د ، د هـ) على طرف الورقة لتصبح على استقامة واحدة ، ثم نحسب أهـ بواسطة الورقة الميليمترية أو المسطرة . انظر الشكل (- ٢٨-) .

القياس بواسطة عجلة القياس – Curvemeter : نستطيع تحريك العجلة على أي خط منكسر أو متعرج، وسنقرأ على القرص المسافة المقطوعة على الخريطة أو على الطبيعة (حسب طريقة تدريجه) شريطة المحافظة على الاتجاه الصحيح للحركة، ويفضل عدم رفع العجلة عن الخط حتى استكمال قياسه.

يدرّج القرص وفق مقياس أو مقاييس مختلفة كما يدّرج المقياس الخطي، ويبقى على مستخدم الجهاز قراءة التدريج المناسب لمقياس الخريطة التي يستخدمها للتعرف على ما يقابل المسافة التي قاسها على الطبيعة.

قياس المسافات على خط متعرج:

القياس على طرف ورقة ميليمترية أو عادية : تعتبر هذه الطريقة عملية أكثر من الطرق الأخرى، وتعتمد دقة نتائج القياس على صحة اختيار القائس التقسيمات الصغيرة التي يحددها على الخط المتعرج، والتي تعتبر جوهر عملية القياس. فالخط المتعرج يقسم إلى أجزاء صغيرة يمكن اعتبار كل جزء منها خطاً مستقيماً صغيراً، ومجموعها يساوي الطول الإجمالي للخط، ولكن هذه الأجزاء لا تكون متساوية في العادة، ويتحكم بطولها درجة تعرّج الخط. ففي المناطق قليلة التعرج (التعرجات الواسعة) تكون الأجزاء التي ستعتبر مستقيمة عند القياس كبيرة نسبياً، وفي المناطق شديدة التعرج (التعرجات الضيقة) تكون هذه الأجزاء صغيرة. وفي العادة إن أصغر الأجزاء قد يصل إلى ١ملم، أما الأجزاء الكبيرة فيرتبط طولها بطول مقاطع الخط التي يمكن اعتبارها مستقيمة، أو التي تكون مستقيمة فعلاً، ومن المعروف أن نتيجة القياس الدقيق لهذه الأجزاء ستكون أقل من الطول الحقيقي للخط نظراً لقياس أقواس شبه مستقيمة على أنها مستقيمات حقيقية. ولكن كما ذكرنا في بداية الفقرة، فإن دقة القياس وقرب نتائجه من الحقيقة يرتبط بصحة اختيار الأجزاء التي ستعتبر مستقيمة، وبدقة قياس هذه الأجزاء وجمعها إلى بعضها. بدون إغفال عرض

الإشارات الموضوعة على الخط والفاصلة بين الأجزاء المتجاورة، لأن سماكة هـذه الإشارات الكثيرة يقابلها مسافات لا يمكن تجاهلها، وبخاصة على الطبيعة.

القياس بواسطة الفرجار ذي الرأسين الحادين: يمكن أن تؤدي هذه الطريقة إلى نتائج أفضل وأسرع من الطريقة السابقة إذا تم الاختيار الصحيح لفتحة الفرجار الثابتة، وتحديد ما تقابله هذه الفتحة بدقة متناهية، كما أن لنوعية الفرجار و إمكانية محافظته على الفتحة الأولية المعطاة له أثر كبير على نتائج القياس. فهذه الطريقة تعتمد على تحديد فتحة ثابتة بين رأسي الفرجار يرتبط اتساعها بأصغر التعرجات التي يمر بها الخط المطلوب قياسه، فكلما ضاقت هذه التعرجات يجب أن تصغر فتحة الفرجار، بحيث تكون هذه الفتحة أصغر من نصف قطر الجزء المتعرج.

إن عملية القياس بواسطة الفرجار تتم بوضع رأس الفرجار الأول على النقطة أ والرأس الثاني على الخط المتعرج باتجاه النقطة ب، ثم ننقل الرأس الذي وضع على النقطة ا مع تثبيت الرأس الثاني،لنحدد جزءاً ثانياً وهكذا .. مع عَدّ الخطوات (أو النقلات). ثم نضرب عدد الخطوات بمقدار الخطوة الواحدة (فتحة الفرجار) لنحصل على الطول الإجمالي للخط. فلو افترضنا أننا حددنا فتحة الفرجار بمقدار ١,٥ ملم، وقمنا بعد الخطوات (النقلات) بين أ، ب (كما في الشكل ١٤٤) فكان عددها ٤٣ خطوة، فإن الخط المتعرج أب سيكون : ٤٣ × ١,٥ = ٦٤,٥ ملم. فإذا كان مقياس الخريطة المستخدمة ١/٢٥٠٠٠ مثلاً فإن طول الخط على الطبيعة سيكون: كل ١سم على الخريطة يعادل ٢٥٠ متراً على الطبيعة

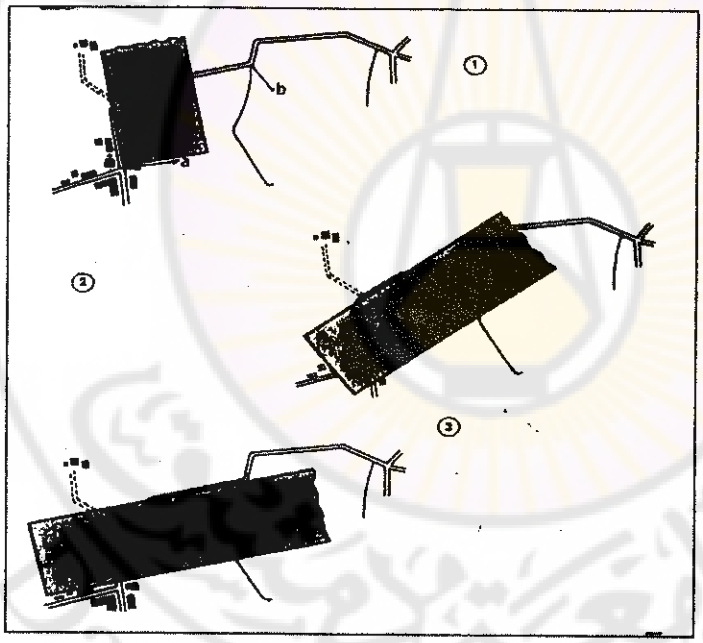
كل ١ملم = = = ٢٥ متراً .

إذاً أ ب = ٦٤,٥ × ٢٥ =١٦١٢,٥ متراً .

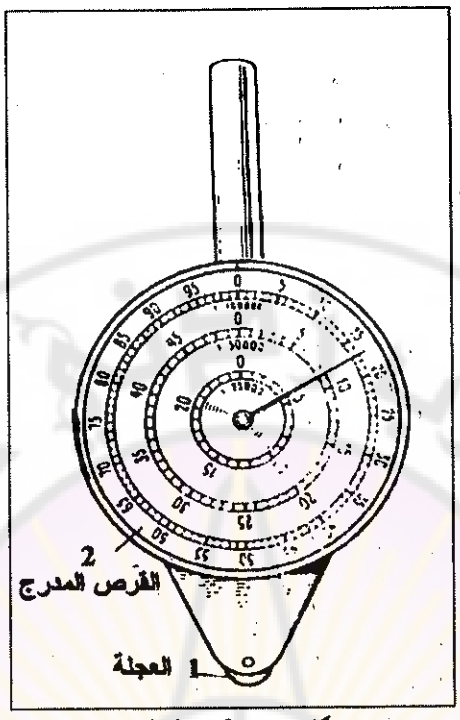
(إن هذه الطريقة تذكرنا بمن يقوم بقياس خط متعرج على الطبيعة بالخطوة، إذا كان طول خطوته ثابتاً، فإنه يعدّ الخطوات ويضربها بطول الخطوة الواحدة ليحصل

على المسافة الإجمالية)

القياس بواسطة عجلة القياس: يمكن إجراء القياس بواسطة هذا الجهاز بسرعة كبيرة، غير أن الحصول على دقة كبيرة في القياس يرتبط بمقدرة القائس على تحريك العجلة فوق الخط المقيس تماماً ودون انحراف، وهذا ليس أمراً سهلاً عندما تكثر التعرجات الصغيرة وتتوالى. ونظراً لصغر القرص المدرّج في هذا الجهاز، فإن كل تدريج صغير على القرص يعادل سنتيمتراً واحداً على الخريطة، أما الميليمترات القليلة فلا يمكن قراءتها، ويمكن توقع الخطأ في القياس الإجمالي لكل خط بمقدار عدة ميليمترات. انظر الشكل (-٢٩ -).



شكل- ٢٨- يبين كيفية استخدام الورقة الميلمترية في قياس المسافات شبه المستقيمة على الخرائط



شكل -٢٩- قانس المسافات

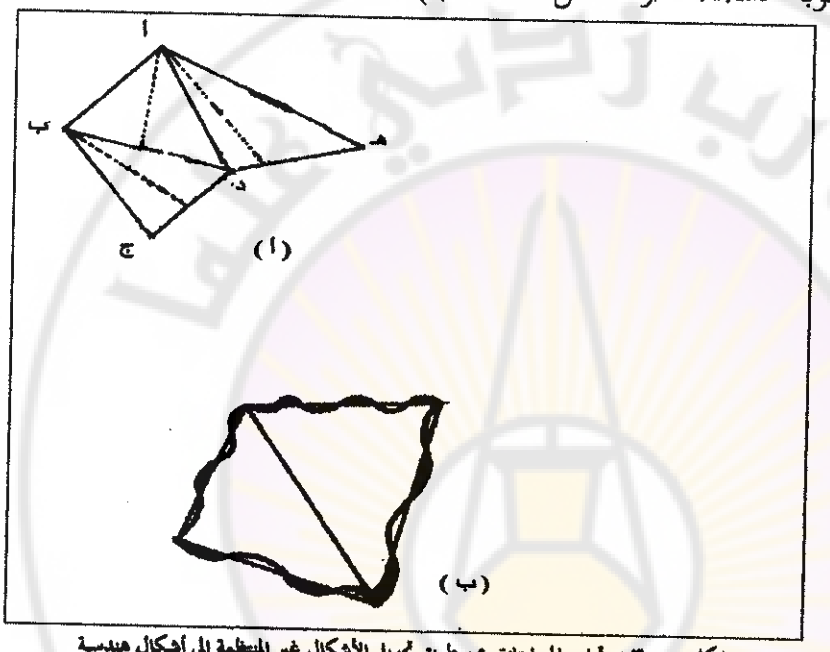
جدول – ٦ –يبين العلاقة بين وحدات قياس المسافات والمساحات ومقياس الخريطة

مقياس الخريطة	المسافة على الخريطة	المسافة على الطبيعة	المساحة على الخريطة	المساحة على الطبيعة
١: ١٠٠٠٠	١سم	١٠٠ م	١سم٢	١٠٠٠٠ م٢
١: ٢٥٠٠٠	١سم	٢٥٠ م	١سم٢	٦٢٥٠٠ م٢
١: ٥٠٠٠٠	١سم	٥٠٠ م	١سم٢	٢٥٠٠٠٠ م٢
١: ١٠٠٠٠٠	١سم	١٠٠٠ م	١سم ٢	١كم٢
١: ٢٠٠٠٠٠	١سم	٢ كم	١سم٢	٤ كم٢
١: ٥٠٠٠٠٠	١سم	٥ كم	١سم٢	٢٥ كم٢
١: ١٠٠٠٠٠٠	١سم	١٠ كم	١سم٢	١٠٠كم٢

٢،٨- قياس المساحات Measurement of Area

١. مساحات الأشكال الهندسية المنتظمة (المضلعات المعقدة): يمكن حساب مساحة هذه الأشكال بتجزئتها إلى أشكال هندسية بسيطة (مثلثات،

مساحتها المساحة المطلوبة تقريباً، وذلك من خلال التحكم بمواقع مرور أضلاع المثلثات داخل المنطقة المطلوبة وخارجها، وبحيث تعوض المساحات المفقودة خارج هذه الأضلاع (المثلثات) بمساحات مماثلة داخلها، لم تكن في الأساس في المساحة المطلوبة حسابها. انظر الشكل -٣٠- ب) .



شكل (-٣٠) قياس المساحات عن طريق تحويل الأشكال غير المنتظمة إلى أشكال هندسية

٢ – القياس باستخدام الأشرطة الطولية: تعتمد هذه الطريقة على تقسيم المنطقة المطلوب حساب مساحتها إلى أشرطة بواسطة خطوط متوازية، والبعد فيما بينها واحد ويمكن حساب المساحة العامة بطريقتين هنا: **الأولى** هي باعتبار أن كل شريط هو شبه منحرف، وبالتالي فإن مساحته = القاعدة الكبرى + القاعدة الصغرى ÷ ٢ × الارتفاع (المسافة بين الخطوط المتوازية) وإن المساحة الإجمالية للأشرطة ستكون:

$$س = ع \times \frac{(ض١ + ض ن + ض٢ + ض٣ + \ldots\ldots + ض ن-١)}{٢}$$

حسب العلاقة التالية: مساحة المثلث = $\sqrt{م(م-أ)(م-ب)(م-ج)}$

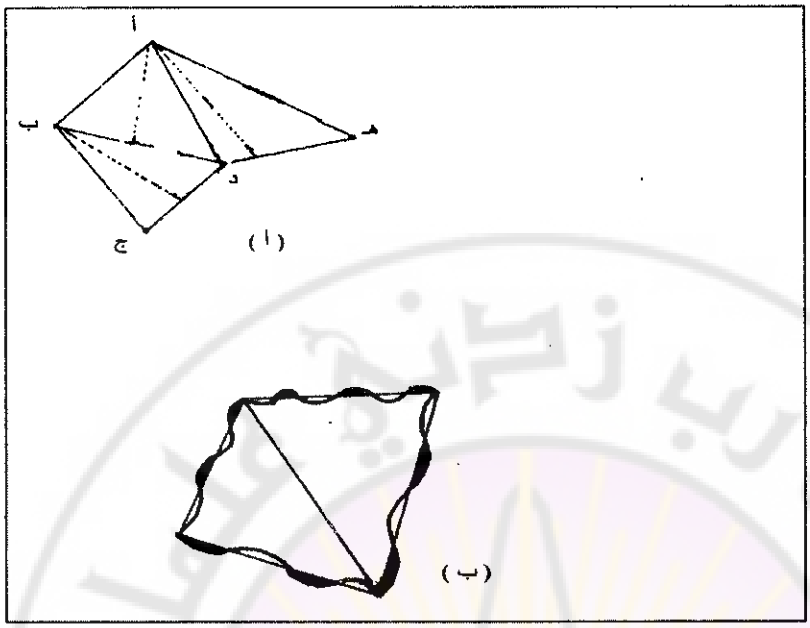
- حيث: م نصف المحيط ـــ أ،ب،ج: أطوال أضلاع المثلث، ثم نجمع مساحات المثلثات، ونحصل على مساحة هذا الشكل على الخريطة. انظر شكل (-٣٠-أ -).

٢- حساب مساحة الأشكال غير المنتظمة:

هناك عدة طرق لحساب المساحة بعضها يدوية - حسابية، وأخرى تتم بواسطة أجهزة قياس المساحات.

طرق القياس اليدوية - الحسابية:

- تحويل المساحة غير المنتظمة إلى مساحات منتظمة: تعتمد هذه الطريقة على تقسيم المساحة المطلوبة إلى أشكال هندسية بسيطة (مثلثات في الغالب)، تعادل مساحتها المساحة المطلوبة تقريباً، وذلك من خلال التحكم بمواقع مرور أضلاع المثلثات داخل المنطقة المطلوبة وخارجها، وبحيث تعوض المساحات المفقودة خارج هذه الأضلاع (المثلثات) بمساحات مماثلة داخلها، لم تكن في الأساس في المساحة المطلوبة حسابها. انظر الشكل -٣٠- ب) .



شكل (ـ ٣٠) قياس المساحات عن طريق تحويل الأشكال غير المنتظمة إلى أشكال هندسية

٢ – القياس باستخدام الأشرطة الطولية: تعتمد هذه الطريقة على تقسيم المنطقة المطلوب حساب مساحتها إلى أشرطة بواسطة خطوط متوازية، والبعد فيما بينها واحد ويمكن حساب المساحة العامة بطريقتين هنا: **الأولى** هي باعتبار أن كل شريط هو شبه منحرف، وبالتالي فإن مساحته = القاعدة الكبرى + القاعدة الصغرى ÷ ٢ × الارتفاع (المسافة بين الخطوط المتوازية) وإن المساحة الإجمالية للأشرطة ستكون:

$$س = ع \times \frac{(ض١ + ض ن + ض٢ + ض٣ + \ldots + ض ن-١)}{٢}$$

المساحة (س) = المسافة الثابتة بين الأضلاع

$$(ع) \times \frac{(ض١ + ض ن + ض٢ + ض٣ + \ldots + ض ن-١}{٢}$$

حيث ض١ ، ض٢ ، .. ض ن هي أطوال الأضلاع المتوازية التي تحدد لنا

الأشرطة، ن عدد الأضلاع.

وفي هذه العلاقة نستطيع حساب مساحة أية منطقة مهما كان شكلها من خلال تقسيمها إلى أشرطة متساوية العرض، وبقياس أطوال الأضلاع المحددة لهذه الأشرطة. ومن أجل تفادي بقاء مساحات زائدة في الأعلى والأسفل من المنطقة المراد قياس مساحتها فإنه يفضل قبل تقسيمها إلى أشرطة قياس قطر هذه المنطقة وتقسيمه إلى مسافات متساوية. ولكننا في هذه الحالة سنرى أن الضلع الأول (ض١) سيمس محيط المنطقة، وكذلك الضلع الأخير (ض ن)، أي إن كلاً منهما سيتحول إلى نقطة طولها صفر، وإن العلاقة السابقة سوف تأخذ شكلاً جديداً هو:

س = ع (ض٢ + ض٣ + ... + ض ن-١)

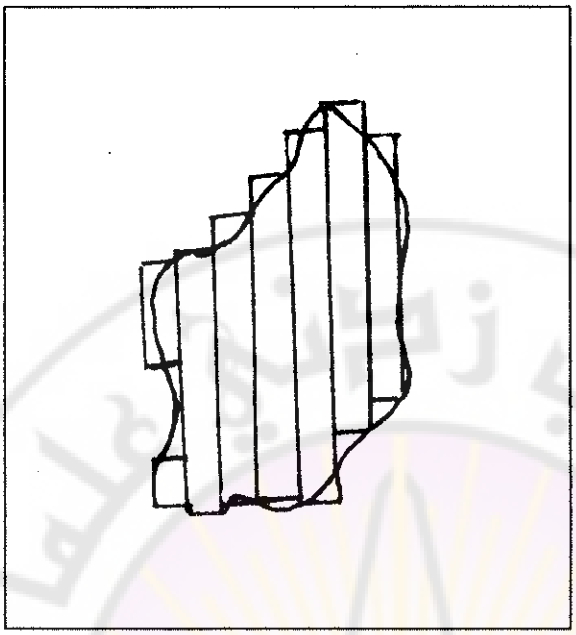
المساحة (س) = المسافة الثابتة بين الأضلاع

(ع) × (ض٢ + ض٣ + ... + ض ن-١)

أي إننا أهملنا الضلعين الأول والأخير لأنهما تحولا إلى نقطتين طول كل منهما صفر وتكون النتائج التي نحصل عليها بهذه الطريقة أكثر دقة كلما جعلنا المسافة الثابتة بين الأضلاع أقل ،أي كلما زدنا عدد الأضلاع.

والطريقة الثانية تعتمد على تحويل كل شريط إلى مستطيل يرسم ضلعاه العرضيان (المسافات بين المستقيمات التي تحدد الأشرطة) بشكل تخرج معه مساحة من المنطقة المطلوبة ويدخل مكانها مساحة مماثلة (مبدأ التعويض)، ويكون ذلك عندما لا يتعامد محيط المنطقة مع المستقيمات المتوازية. وبذلك تتكون مجموعة من المستطيلات يمكن حساب مساحتها الإجمالية بالطريقة التالية:

(س) = (ل١ + ل٢ + ..+ ل ن) .ع حيث س = المساحة ، ل١ ، ل٢، .. ل ن: أطوال الأشرطة ١ ،٢ .. ن ، ع: عرض كل شريط. انظر الشكل(-٣١-).



شكل – ٣١– حساب المساحات غير المنتظمة عن طريق تحويل المساحة إلى أشرطة

٢– **القياس بواسطة شبكة المربعات:** تغطى المنطقة المطلوب حساب مساحتها بشبكة من المربعات ذات أضلاع متساوية، ثم تعدّ المربعات الداخلة في المساحة المطلوبة، كما تحسب مساحة أجزاء المربعات المتقاطعة مع محيط المنطقة التي تدخل في مساحتها بطريقة تقدير الجزء الداخل من مجموع مساحة المربع ($\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{3}$ ..) ثم جمع هذه الأجزاء وضمها إلى مجموع المربعات الكاملة الداخلة في المساحة المطلوبة . أي إن نضعها وسطياً يدخل في المساحة المطلوبة .انظر الشكل (– ٣٢ –).

وكي نحصل على قياس دقيق يجب اعتماد مربعات أصغر بحيث نقلل من الخطأ الناجم عن تقريب المساحة الداخلة من المربعات المقطوعة في محيط المساحة المطلوبة، وبما أن المربعات الميليمترية هي أصغر المربعات التي يمكن عدّها بصرياً وتحديد الأجزاء المقطوعة منها، فإن نقل المساحة المطلوبة إلى

الورق الميليمتري، وحساب هذه المساحة بالميليمترات المربعة يعتبر الحل الأمثل في طريقة المربعات. انظر الشكل (—٣٢- ب).

ومن أجل تسهيل حساب عدد الميليمترات المربعة الداخلة في المساحة المطلوبة فإننا نعدّها على مراحل:

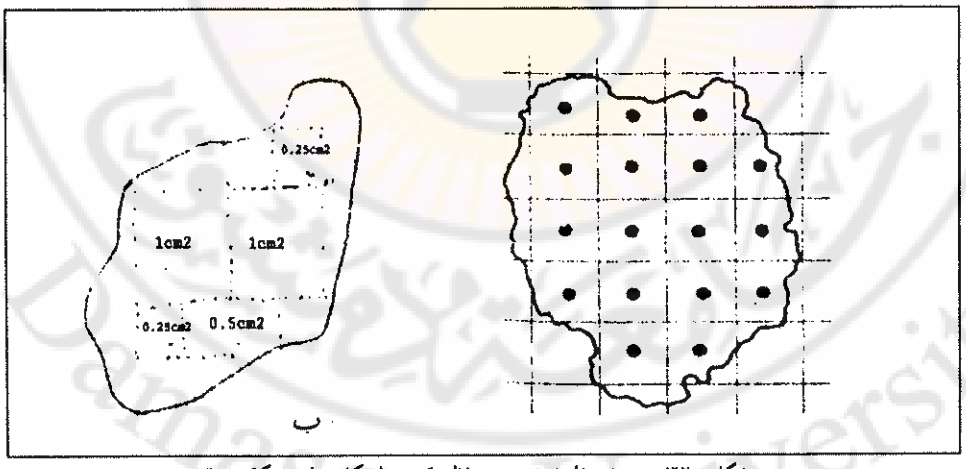
١ — نعدّ السنتيمترات المربعة الكاملة ، ونضرب العدد بـ ١٠٠

٢ — نعدّ أرباع السنتيمترات المربعة ، ونضرب العدد بـ ٢٥

٣ — نعدّ الميليمترات المربعة الكاملة ونضيفها إلى ما سبق

٤ — نعدّ الميليمترات المربعة المقطوعة بالخط الذي يحيط بالساحة المطلوبة، ونقسم هذا العدد على ٢ (على اعتبار أن المساحة الداخلة من ملم٢ هي نصفه)، ثم نجمع الناتج مع ما سبق فالمساحة الإجمالية هي مجموع النواتج في المراحل الأربعة (بالميليمتر المربع).

أما تحويل المساحة التي نحصل عليها من الخريطة إلى الطبيعة فيستدعي العودة إلى مقياس الخريطة، وطريقة التحويل الواردة سابقاً.



شكل —٣٢— حساب المساحات من خلال تقسيم الشكل على شبكة مربعة

طرق القياس الآلية للمساحات:

١ – قياس المساحة بواسطة قائس المساحات الميكانيكي (البلانيمتر، Planimeter)

يتألف البلانيمتر من ذراعين متمفصلين مع بعضهما ، ينتهي الأول القطبي بثقل وبأسفله إبرة لتثبيت الثقل في نقطة واحدة غير قابلة للانزياح تسمى قطباً. وتنتهي الذراع الثانية بمؤشر يزود أحياناً بعدسة مكبرة. أما الجزء الأوسط عند تمحور الذراعين فيحتوي على عدّاد يسجل مقدار المساحة، تتلخص طريقة القياس بما يلي: انظر الشكل (–٣٣–).

١ – نثبت الثقل (القطب) خارج المنطقة المراد قياس مساحتها بحيث يمكننا تمرير المؤشر على الذراع الثانية فوق محيط هذه المنطقة.

٢ – نمرر المؤشر على محيط المنطقة المطلوبة باتجاه عقارب الساعة، ونقرأ الرقم الذي يشير إليه العداد وتكون القراءة كما يلي:

– الرقم الأول : من القرص المسطح

– الرقم الثاني: من الأسطوانة المدرجة (الرقم الصحيح الواقع إلى الأسفل من درجة الصفر الموجودة على القرنية (التدريج الثابت على اليسار).

– الرقم الثالث: من الأسطوانة المدرجة (الدرجة الفرعية الواقعة إلى الأسفل من درجة الصفر).

– الرقم الرابع : من الدرجة الثابتة إلى اليسار (القرنية) وهي من ٠ إلى ١٠، تؤخذ الدرجة الأدنى التي تتطابق مع تدريج الأسطوانة (كل ١٠ على القرنية تعادل ٠,١ على عداد الأسطوانة

٣ – معايرة الأرقام: إن الأرقام التي نقرؤها على العداد تشير إلى مساحة الشكل، ولكن هذه المساحة بلا وحدة قياس، لكي نعرف مقدار هذه المساحة بوحدة قياس معينة لابد من معايرة الجهاز، وتعني المعايرة إيجاد ما يقابل رقم ١ أو ١٠ الذي

نقرؤه على العداد من المساحة بالميليمتر المربع على الخريطة أو بالأمتار المربعة أو الكيلومترات المربعة على الطبيعة. ومن أجل ذلك فإننا نقيس بواسطة الجهاز مساحة معلومة سلفاً (مربع مساحته ١٠٠ ملم٢ مثلاً)، ونقرأ على العداد الرقم الذي يقابل هذه المساحة وليكن ٠.٠٢٥، نقول : كل ١٠٠ ملم٢ يقابلها ٢٥ على العداد إذاً كل ١ على العدّاد يقابل ٤ ملم٢ على الخريطة، فإذا كان مقياس الخريطة ١/١٠٠٠٠ مثلاً فهذا يعني أن كل ١ على العدّاد يقابل ٤٠٠ م٢ على الطبيعة. (نكرر عملية المعايرة وعملية القياس بواسطة البلانيمتر عدة مرات ونأخذ الوسط الحسابي كي تكون نتائج القياس أكثر دقة، ونستبعد النتائج الشاذة بعد أن نتأكد من شذوذها).

٤ – بعد إنجاز المعايرة يمكن استخدام الجهاز في قياس المساحات، وتحسب النتائج اعتماداً على الثابت الذي حصلنا عليه نتيجة المعايرة، بشرط عدم تغيير موقع العدّاد على الذراع التي تحمله، ويمكن تكرار عملية القياس في مواقع أخرى على الخريطة كلها والخرائط المماثلة لها بالمقياس، ولكن يجب الانتباه إلى ما يعادله الثابت عند الانتقال إلى خريطة لها مقياس آخر..

٢ – قياس المساحة بواسطة قائس المساحات **Digital Planimeter**: ظهر هذا النوع بعض أن طورت بعد الدول كألمانيا وسويسرا واليابان أجهزة لقياس المساحات غير منتظمة الشكل حيث ظهرت أجهزة القياس الرقمية، تتميز هذه الأجهزة بسهولة استخدامها ودقة نتائجها بالمقارنة مع البلانيمتر العادي، كما يمكن بواسطته حساب المساحات المائلة (السفوح التضاريسية التي تزيد مساحتها في الطبيعة عمّا يمثلها من مساحة مستوية على الخرائط)(*). وفي هذا الجهاز يحوّل انتقال المؤشر على محيط المنطقة إلى إشارة رقمية، تسجل على العدّاد على شكل أرقام

*- بسام حميدة : مبادئ المساحة الطبوغرافية .

ضوئية. هناك العديد من الأنواع وبخاصة أجهزة بلانكس ٥، ٦ ، ٧ ، b٧ . انظر الشكل (- ٣٤ -).

تتميز هذه الأجهزة بما يلي:

- تحتوي على حاسوب صغير يمكننا من قياس المساحات بشكل سريع ودقيق على الخرائط والصور الجوية.
- تحتوي على شاشة رقمية يمكن من خلالها قراءة المساحة المقيسة.
- تستطيع أن تقيس المساحة ٩ مرات.
- تُمكن من قياس متوسط المساحة.
- تستطيع قياس المساحة مكبرة أو مصغرة بعد إدخال عامل المقياس.
- يمكن تخزين المساحة المقيسة إذا تم إيقاف الجهاز لأي سبب، ثم استعادة المساحة المقيسة المخزنة في أي وقت باستخدام لوحة المفاتيح التي يحويها الجهاز.
- تعمل هذه الأجهزة ٣٠ ساعة متواصلة.
- تعمل على البطارية أو التيار الكهربائي.
- يمكن القياس فيها بالسم٢ ، م٢،كم٢. هكتار .و المقاييس الإنكليزية، إنش مربع و قدم مربع، فدان مربع وغيرها.

فيما يلي نوضح طريقة عمل البلانيمتر **Planix** ٧ الذي يُعتبر من أفضل الأجهزة في قياس المساحات غير المنتظمة، ويعد حاسوباً صغيراً يعمل بواسطة التيار الكهربائي. له واجهتان: الواجهة الأمامية والواجهة الخلفية، ويتألف من الأجزاء التالية :

١- محور التدوير — ٢- أداة التوصيل الكهربائي — ٣- شاشة -٤- ذراع الراسم -٥- عجلة -لوحة المفاتيح -٧- عدسة الرسم — ٨- عملية الجمع — ٩- محول الرموز — ١٠ — بطارية الشحن. أهم الأجزاء: الشاشة التي تحوي مفتاح

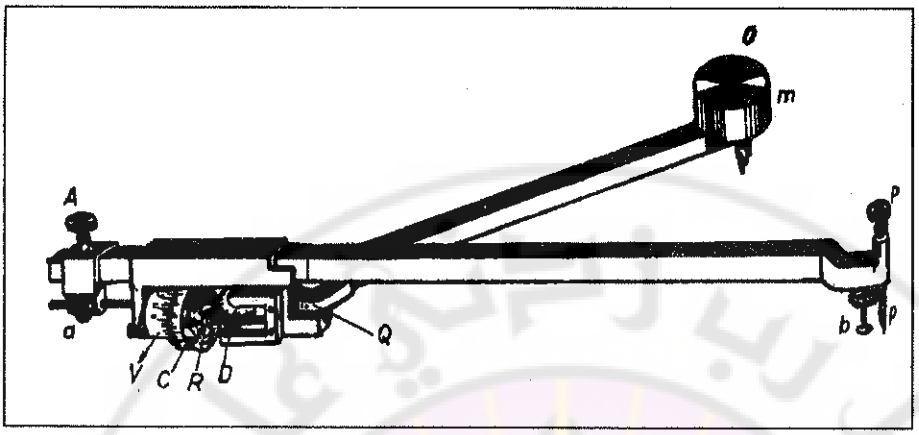
الرموز الذي يضم عامل المقياس (وحدة المقياس الإنكليزية والمترية، والـذاكرة) ومفتاح التشغيل ويحوي مجموعة من الأوامر المختلفة التي تُمكن من القياس.

طريقة القياس بواسطة Planix ٧:

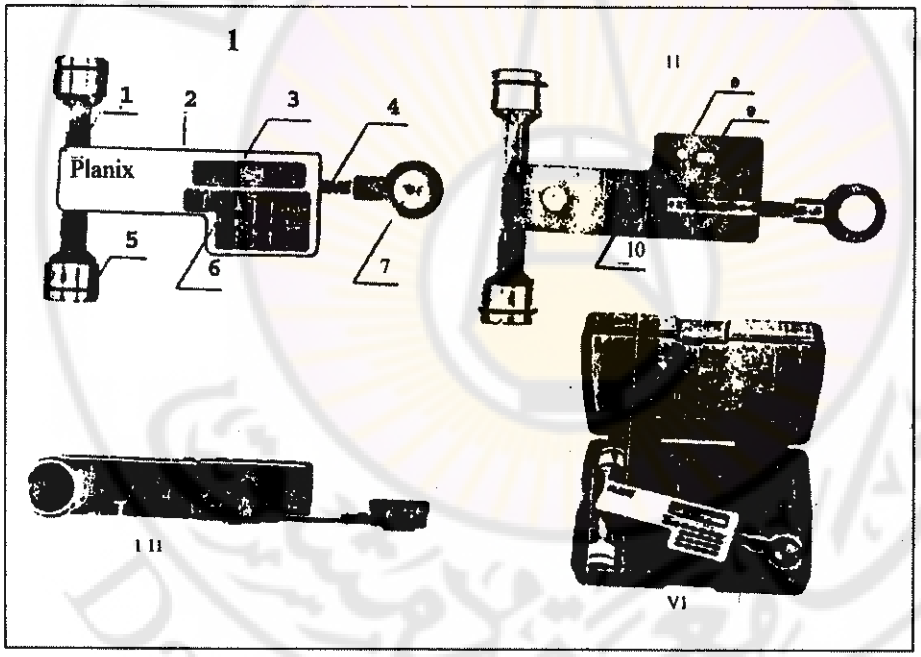
تمر طريقة القياس بعدة مراحل هي:

- المرحلة الأولى وتتضمن : تحديد المنطقة المراد قياس مساحتها ووضعها بشكلٍ أفقي، ثم وضع الجهاز ومحور التدوير وذراع الملاحقة على يمين بعضها كما في الشكل(-٣٥- a) وضع ذراع الملاحقة في نقطة ما على حدود المساحة المطلوب قياسها.
- المرحلة الثانية: هي مرحلة تشغيل الجهاز ومن ثم اختيار المقياس المتري أو الإنكليزي ، بعد ذلك وحدة القياس سواء أكانت سم٢، م٢، كم٢، أو انش٢ أو قدم٢ أو فدان٢.
- مرحلة القياس وتبدأ من تحديد نقطة البداية، وتكون في أية نقطة على محيط الظاهرة المراد حساب مساحتها .ثم تحديد مركز العدسة أي وضع النقطة الحمراء التي في داخل العدسة على نقطة البداية ثم على الخط ن ثم نبدأ عملية القياس، وذلك بتحريك أداة القياس على محيط الشكل حتى تعود إلى نقطة البداية بعد تخزين عامل المقياس ووحدة القياس (انظر الشكل (b -٣٥).

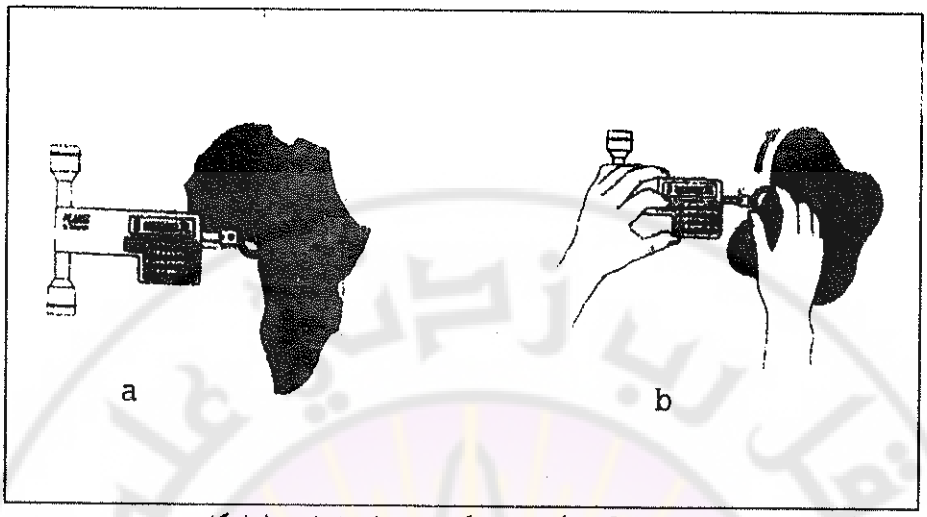
إذا كانت المساحة المراد حساب مساحتها كبيرة يجب تقسيمها إلى أجزاء، وتحسب مساحة كل جزء على حدة ثم تُجمع بعضها إلى بعض. فالجهاز قادر على حساب مساحة مقدارها (٣٠٠ × ٣٠٠)ملم، ويمكن قياس عدة مساحات بالوقت نفس ثم جمعها. انظر الشكل (- ٣٦-).



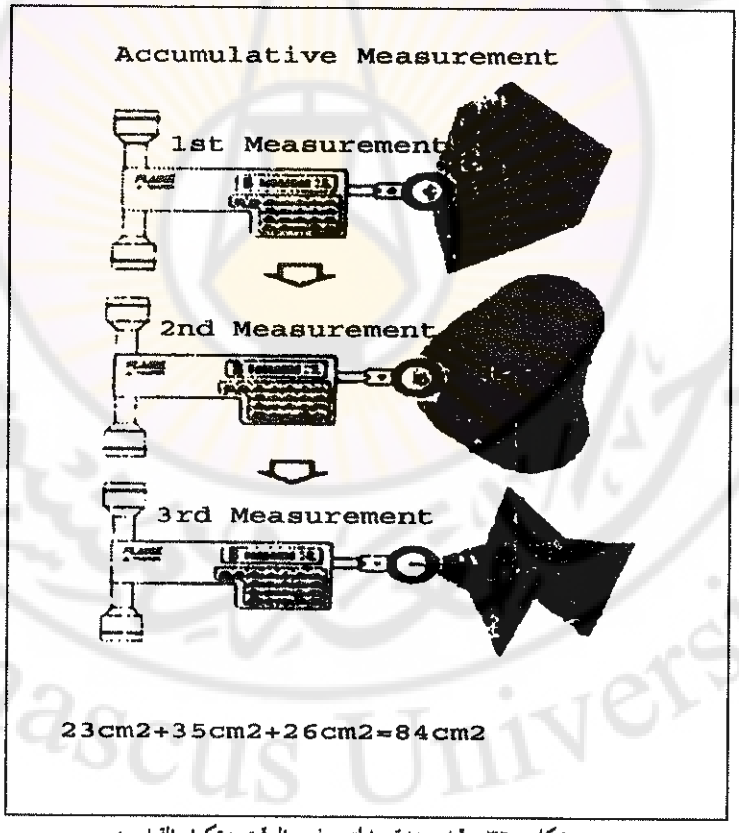
شكل –٣٣– البلانيمتر وأجزاؤه



شكل –٣٤– الأجزاء التي يتألف منها جهاز **planix ٧**



شكل –٣٥– كيفية وضع الجهاز وتحريك أداة الرسم باتجاه عقارب الساعة على محيط الشكل



شكل –٣٦– قياس عدة مناطق بنفس الوقت (تكرار القياس)

٣ – قياس المساحة بواسطة الحاسب الآلي: تقاس المساحة بواسطة الحاسب بعد إدخال معطيات الخريطة (الحدود والمظاهر الخطية والنقطية)، ويعتمد قياس المساحة بواسطة الحاسب على مبدأ حساب عدد الخلايا (Pixels) الداخلة في أية مساحة على شاشة الحاسب.

ويمكن تحويل هذه المساحة من مجرد خلايا إلى وحدة مساحة، وذلك من خلال معرفة المقياس.

٣،٨– قياس الانحدار Measurement of Gradient: من المعروف أن الخريطة تبين مظاهر سطح الأرض بعضها عن بعضها لكنها لا تبين ارتفاعها أو انخفاضها بالنسبة للمناطق المجاورة، ومعرفة انحدار السطح لها أهمية كبيرة في تحليل الكثير من مظاهر سطح الأرض التي تُظهرها الخرائط. تقاس كل من زاوية الانحدار ونسبته بين نقطتين على الطبيعة أو ما يمثلها على الخرائط التي يمكن قياس فرق الارتفاع فيها بين نقاط سطح الأرض بالإضافة إلى إمكانية قياس المسافة الأفقية (على الخرائط) والطبوغرافية (المائلة) على سطح الأرض.

١ – **زاوية الانحدار:** هي الزاوية المتشكلة بين اتجاه ما على سطح الأرض، والمستوي الأفقي (مستوى سطح البحر أو أي سطح آخر مواز له) .

ويمكن قياس زاوية الانحدار بين نقطتين بواسطة أجهزة قياس الزوايا الرأسية، وتتراوح هذه الزاوية عادة بين ٠ (صفر) و ٩٠ (تسعين)، وتعبر زاوية الانحدار من خلال قيمتها عن طبيعة سطح الأرض، فزوايا الانحدار الصغيرة (أقل من ١٠ْ) تعبر عن المناطق السهلية والمتموجة، وزوايا الانحدار التي تزيد عن ٣٠ْ (ثلاثين) تعبر عن المناطق شديدة التضرس. وبالطبع ليس الحديث هنا عن زاوية انحدار واحدة قيست باتجاه ما، وإنما عن عدد كبير من الزوايا قيست باتجاهات مختلفة.

وعلى الخرائط الطبوغرافية يمكن قياس زوايا الانحدار من خلال:

- تحديد ارتفاع كل من النقطتين.
- تحديد فرق الارتفاع بينهما.
- قياس المسافة الفاصلة (بالطبع إن ما نقيسه على الخريطة هو المسافة الأفقية، وليست المسافة على السطح الطبوغرافي المنحدر).
- تمثيل المسافة وفرق الارتفاع برسم على شكل مثلث قائم الزاوية .(كما في الشكل –٣٧-).

إن ظل زاوية الانحدار = $\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$ ، المقابل هو فرق الارتفاع بين النقطتين أما المجاور فهو المسافة الأفقية بين النقطتين .(انظر الشكل السابق).

ولكن لو تم قياس مسافة على بين نقطتين على الطبيعة، فإن هذه المسافة ليست المسافة الأفقية ، وإنما المسافة الحقيقية على السطح الطبوغرافي المنحدر.

أي إنها تمثل الوتر في الرسم التوضيحي، ولذلك فإن:

زاوية الانحدار جب يه = $\frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$

وليس ظلها كما هو مطبق في القياس بواسطة الخريطة.

وفي كل الأحوال سنحصل بتطبيق إحدى المعادلتين على ظل زاوية الانحدار أو جيبها لذلك يمكن التعرف إليها من خلال جداول الظلال أو الجيوب الملحقة بهذا الكتاب أو بواسطة الآلة الحاسبة المتطورة نوعاً ما.

والتطبيق الثاني لزاوية الانحدار من الخرائط هو إمكانية التعرف على المسافة الحقيقية (على السطح الطبوغرافي المنحدر) بين نقطتين من خلال المعطيات التي تقدمها الخريطة، أي فرق الارتفاع والمسافة الأفقية، وهما يشكلان الضلعين القائمين في المثلث المرسوم للتوضيح، أما الوتر فهو الذي يمثل المسافة الحقيقية. نطبق نظرية

فيثاغورث: مربع الوتر = مجموع مربعي الضلعين القائمتين.

مثال: على إحدى الخرائط الطبوغرافية مقياس ١/٥٠٠٠٠ بلغت المسافة بين النقطتين أ و ب = ٤,٤ سم، وحدد ارتفاع النقطة أ فكان ١١٠٥م، وارتفاع النقطة ب ٩٨٣م فما هي زاوية الانحدار بينهما ؟ نحسب المسافة الأفقية على الطبيعة: في هذا المقياس (١/٥٠٠٠٠) كل ١سم على الخريطة يعادل ٥٠٠م على الطبيعة. إذاً المسافة أ ب = ٤,٤ × ٥٠٠ = ٢٢٠٠م.

- نحسب فرق الارتفاع : ١١٠٥ — ٩٨٣ = ١٢٢م.

-ظل زاوية الانحدار = $\frac{122}{2200}$ =٠,٠٥٥٤

زاوية الانحدار المقابلة للظل = ٣,١٧° أو ٣° ١٠َ

فرق الارتفاع × ٦٠ / المسافة الأفقية على الأرض

أو يمكن حساب زاوية الانحدار من خلال العلاقة[٦]

٢- نسبة الانحدار: هي مقدار الانخفاض أو الارتفاع لكل ١٠٠ متر من المسافة الفاصلة بين نقطتين تختلفان في ارتفاعهما عن بعض، وتقاس نسبة الانحدار من خلال حساب فرق الارتفاع بين النقطتين، ومعرفة المسافة الحقيقي — على السطح الطبوغرافي — ولكن إذا تم القياس على الخريطة فإن المسافة المقاسة بين نقطتين ما هي إلاّ المسافة الأفقية (أي إنها تشكل الضلع القائمة الأفقية من الشكل السابق)، ولمعرفة المسافة الحقيقية لا بد من تطبيق نظرية فيثاغورث، فالوتر هو المسافة الحقيقية ومربعه = مجموع مربعي الضلعين الآخرين (مجموع مربعي فرق الارتفاع والمسافة الأفقية) وبعد الحصول على المسافة الحقيقية وفرق الارتفاع نحسب

نسبة الانحدار بالمعادلة :نسبة الانحدار= فرق الارتفاع× ١٠٠ / المسافة الحقيقة

٦- إن العلاقة بين المقابل والمجاور نسبته ١: ٦٠ لأن ظل تمام الدرجة الواحدة هو ٠,١٧٥ وهو ما يعادل انحدار قدره ٥٧,٣ لكننا نستخدم رقما مُدورا هو ٦٠) لتسهيل عملية الحساب

ولكن في الحالات التي تكون فيها زاوية الانحدار صغيرة يكون الفرق بين المسافة الأفقية والمسافة الحقيقية ضئيلاً ،لذا فإنه يمكن التساهل وحساب نسبة الانحدار من خلال المسافة الأفقية دون اللجوء إلى حساب المسافة الحقيقية.

مثال : احسب نسبة الانحدار الخاصة بالمسافة بين النقطتين أ و ب الواردتين في المثال السابق .

- فرق الارتفاع = ١٢٢ متر

-المسافة الأفقية = ٢٢٠٠ متر حيث ع: فرق ارتفاع، ف : المسافة الأفقية

- المسافة الحقيقية (س) : س٢ = (ع٢ + ف٢)

س٢ : ((١٢٢)٢ + (٢٢٠٠)٢)

= ١٤٨٨٤ + ٤٨٤٠٠٠٠ = ٤٨٥٤٨٨٤

س = ٤٨٥٤٨٨٤ = ٢٢٠٣ م

نسبة الانحدار= $\frac{\text{فرق الارتفاع} \times ١٠٠}{\text{المسافة الحقيقة}} = \frac{١٢٢ \times ١٠٠}{٢٢٠٣} = ٥,٥$

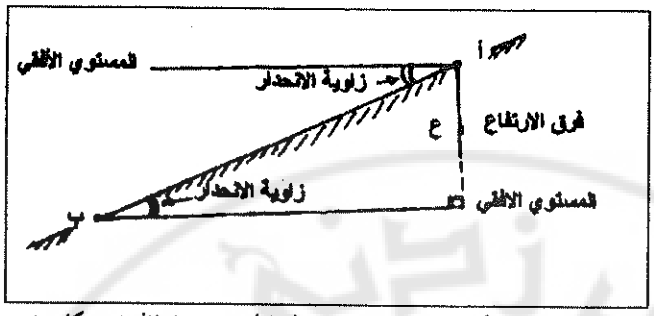
أي إن الأرض تنحدر ٥،٥ متر لكل ١٠٠ متر

وإذا حسبنا نسبة الانحدار عن طريق المسافة الأفقية، فإن زاوية الانحدار لا تتجاوز ٥° فنرى ما يلي:

نسبة الانحدار -= ١٢٢ × ١٠٠ = ٥,٥٤ أو ٥,٥٤ متر لكل ١٠٠ متر وهو فارق ضئيل يمكن التغاضي عنه. انظر الشكل (- ٣٧ -).

ولكن لو أخذنا مثالاً آخر، وكانت زاوية الانحدار فيه كبيرة، فإن الفارق بين المسافة الأفقية والمسافة الحقيقية سيزداد ويصبح الفارق بين نسبة الانحدار الحقيقية المحسوبة على أساس المسافة الحقيقية، ونسبة الانحدار المقاسة على أساس

المسافة الأفقية ذو أهمية بحيث لا يمكن تجاهله.



شكل - ٣٧- حساب معدل الانحدار وزاوية الانحدار بشكلٍ رياضي

٤,٨- قياس المسافات على الأرض

يتم قياس المسافات على الأرض بأسلوبين أو طريقتين هما الطريقة المباشرة والطريقة غير المباشرة.

- **طريقة القياس المباشر.** وتقوم على أساس انتقال الشخص على طول المسافة المطلوب قياسها مستخدماً وحدة طول معينة وإحدى وسائل القياس التقليدية المختلفة في دقتها وهي:

- الخطوة، كان الإنسان قديماً يستخدم الخطوة بشكلٍ كبير في عملية القياس، ومازال حتى الآن يستخدمها في القياس التقريبي للمسافات إذا لم تتوفر له وسيلة أخرى للقياس . متوسط خطوة الإنسان ٧٥ سم . ولكن هذا يعتمد على طول الشخص بالدرجة الأولى وانحدار الأرض بالدرجة الثانية . لذلك يجب معايرة طول خطوة الشخص الذي يقوم بالقياس قبل البدء بعملية القياس. يمكن لكل شخص أن يقيس طول خطوته بدلالة طوله فطول الخطوة = $\frac{\text{طول الشخص}}{٤} + ٣٧$

- الجنزير، عبارة عن سلسلة معدنية مؤلفة من قطع ذات طول معين، طوله عادة حوالي ٢٠ متراً. يمكن استخدامه مع بعض الأوتاد الحديدية لقياس المسافات، ذلك بغرز شاخصة عند نهاية كل طول للسلسلة فيكون طول

المسافة هو عدد الأوتاد× طول السلسلة .

- شريط الكتان، عبارة عن شريط طوله من ١٠ – ٢٠ متراً، في الحالات الطبيعية إلا أن هذا الطول غير ثابت تماماً ويتغير بسب الأحوال الجوية. عند استخدامه يجب الأخذ بالحسبان الأخطاء الناتجة عن القياس بسبب تغير الطقس، وهي أخطاء نظامية.
- سلك الأنفار ، سلك مصنوع من الفولاذ والنيكل طوله ٢٠ متراً، وعامل تمدده قليل جداً إذا ما قورن بغيره من الأسلاك ويُستخدم في قياس المسافات بشكلٍ دقيق.

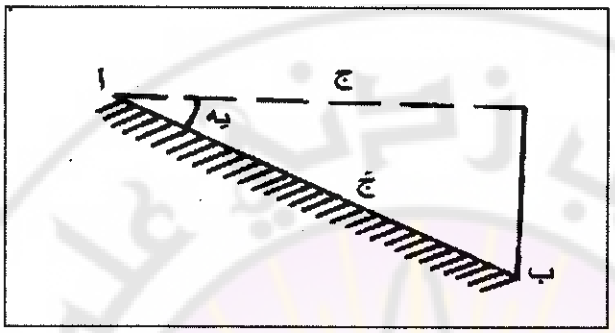
طرق استخدام الشريط الفولاذي في القياس المباشر.

يستخدم الشريط في ثلاث حالات، وذلك حسب طبيعة الأرض.

- **أن تكون الأرض أفقية أو قليلة الميل** لا يتجاوز الميل فيها ٢ %. في هذه الحالة يتم وضع الشريط على الأرض ويتم شده من قبل شخصين، يقف الأول عند نقطة البداية ومعه قبضة الشريط، وينتقل الثاني وبيده نهاية الشريط حتى الامتداد الكامل للشريط إذا كانت المسافة المطلوب قياسها أكبر من طول الشريط، ثم يوجه الشخص الأول الشخص الثاني كي يُصبح على استقامة المسافة، وبعد شد الشريط من الطرفين يغرز الشخص الثاني وتداً أو سيخاً ينتقل إليه الشخص الأول ويضع طرف الشريط عليه ويكرر توجيهه للشخص الثاني وهكذا حتى نهاية المسافة. إذا كانت المسافات طويلة يمكن عد الأوتاد للحصول على عدد مرات فرد الشريط على المسافة وبالتالي معرفة الطول.
- **أرض مائلة بشكلٍ منتظم**، عندما يكون السطح منتظماً والمطلوب قياس المسافة الأفقية بين نقطتين (أ ،ب). نقوم بقياس المسافة المائلة ثم يتم تحويلها إلى مسافة أفقية، وذلك بعد قياس زاوية ميل الأرض وهذا يتم من خلال العلاقة التالية:

تجب يه = $\frac{ج}{ج'}$ أو ج = ج' × تجب يه انظر الشكل (– ٣٨ –) .

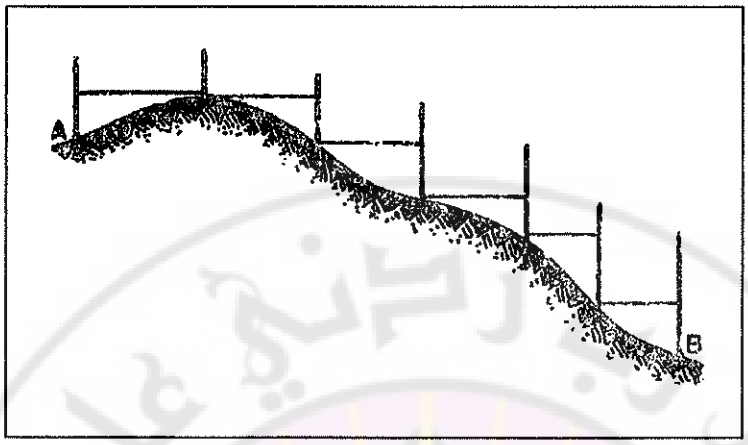
حيث ج المسافة الأفقية وج' المسافة المائلة. بعد حساب الزاوية يمكن حساب المسافة الأفقية بين النقطتين أ ،ب [٧].



شكل – ٣٨ – القياس على ارض ذات ميل منتظم

- **أرض ذات ميل غير منتظم**، تتم عملية القياس في هذه الحالة بنفس الطريقة السابقة دون بغض النظر عن تعرج الأرض لكن يجب الانتباه إلى التناسب بين انحدار السطح والجزء المستخدم من الشريط، فعندما يكون الانحدار قليلاً يتم فرد الشريط بكامله وعندما يصبح الانحدار شديداً يتم فرد جزء من الشريط فقط . انظر الشكل (– ٣٩ –).

٧- بما أن المسافة الأفقية لصغر من المسافة المائلة يجب وضع جدول يبين المقدار الذي يجب طرحه من المسافة المائلة للحصول على المسافة الأفقية



شكل –٣٩– يبين القياس على ارض ذات انحدار غير منتظم

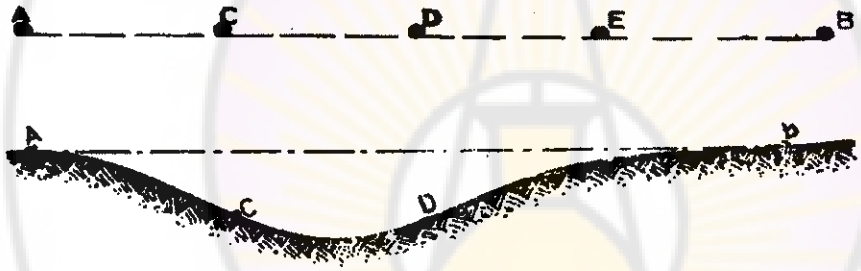
٨،٤،١– عملية وضع الشواخص على الأرض

تتم عملية القياس بتحديد بدايتها ونهايتها وذلك بوضع شواخص بين نقطتي البداية والنهاية، ثم وضع شواخص إضافية على طول المسافة. ويجب أن تكون الشواخص الإضافية على استقامة الشاخصتين السابقتين حسب شكل الأرض، وسنجد حالتين، الأولى:

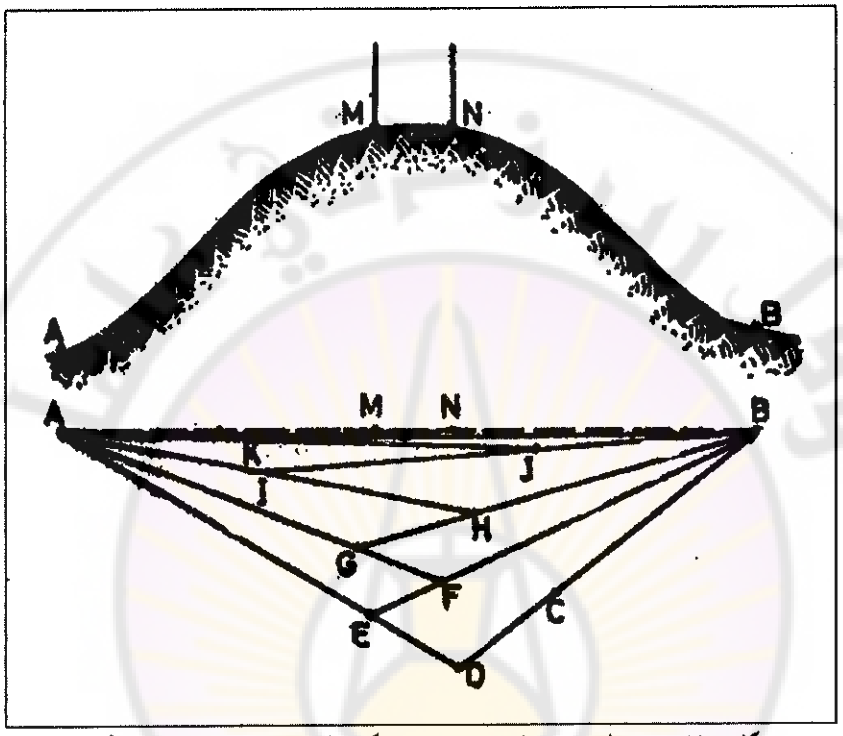
نهايتا المسافة مرئيتان الواحدة من الأخرى (نقطتي البداية والنهاية): في هذه الحالة يتم وضع شاخصتين إحداهما في البداية ولتكن (أ) والأخرى في نقطة النهاية (ب) بشكلٍ عمودي، ثم يتم الانتقال على بعد مترين من الشاخصة الأولى ويتم النظر إلى الشاخصتين بحيث يكون النظر مماساً للشاخصين، ثم نطلب من شخص مساعد وضع شاخصة في النقطة (ج)، ثم نقاط مثل (د ، هـ). ويمكن استخدام خيط المطمار في النقطة الأولى والتوجه منه إلى النقطة الثانية. انظر الشكل(– ٤٠)

نهايتا المسافة غير مرئيتن الواحدة من الأخرى. في كثير من الأحيان قد لا تكون النقطة الأولى (A) على استقامة النقطة الثانية (B) بسبب تضرس الأرض كوجود ارتفاع جبل أو غيره يمنع الرؤية، لذلك يمكننا وضع شواخص على استقامة

(B) كما يلي: أولاً نضع شاخصتين في البداية والنهاية.ثم ننتقل إلى نقطة أخـــرى ولتكن(C) بحيث نرى الشاخص الموجود في النقطة (B)، ثم نضع فيه شاخصـــاً على استقامة (C،B)، ثم ينتقل المساعد إلى نقطة (D) يرى منها النقطـــة (A)، وعلى استقامة (D ،A) يضع شاخصاً في نقطة (E) ويرى منها النقطة (B)، ثم ينتقل المساعد إلى نقطة على استقامة (E,B) ولتكن (F) بحيث يرى منها النقطة (A)، وهكذا إلى أن نصل إلى عدم التمكن من تغيير موقع الشاخصتين من A و B فتكون هذه النقطة على استقامة AB ،وبالتالي يمكن وضع استقامة MN بحيث تنطبق على الاستقامة AB. انظر الشكل(-٤١-).



شكل – ٤٠ وضع الشواخص عندما تكون المسافة مرئية الواحدة من الأخرى



شكل –٤١– وضع الشواخص على الاستقامة عندما تكون المسافة غير مرئية الواحدة من الأخرى

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

فهرس المصطلحات والجداول والأشكال والمراجع

١- جدول المصطلحات باللغتين العربية والإنكليزية

Absolute error	الخطأ المطلق
Aero Triangulation	التثليث الجوي
Alidade	اليداد
Alignment	استقامة
Altitude	ارتفاع
Angel of Convergence	زاوية التلاقي
Angle of declinations	زاوية الانحراف
Angle of incidence	زاوية الميل
Angel of inclination	زاوية أفقية
Area scale	مقياس مساحي
Authalic latitudes	خطوط العرض المتوازية
Automated survey systems	أنظمة المسح الآلي
Azimuthal projections	مساقط سمتية (أفقية)
cadastre	عقاري (تفصيلي)
Cartography	كارتوغرافيا (علم الخرائط)
Centesimal division	تقسيم مئوي
Classification of projections	تصنيف المساقط
Compass	بوصلة
Comparative scale	مقياس مقارن

Conformal projections	مساقط متطابقة (متساوية الأشكال)
Conical projections	مساقط مخروطية
Contour line	خط تسوية
Contour interval	فاصل رأسي
Cylindrical projections	مساقط اسطوانية
declination	انحراف
Diagonal scale	مقياس شبكي
Digital Planimeter	
Direction	اتجاه
Direct observation	قياس مباشر
Distortion	تشويه
Deviation of the vertical	انحراف الشاقول
Electronic positioning	تحديد المواقع الكترونياً
Ellipsoidal earth	إلاهليلج الأرضي
Equal area projections	المساقط متساوية المساحة
Equator	خط الاستواء
False easting	الشرقيات
False northing	الشماليات
Flatting	تفلطح
Fraction scale	المقياس الكسري
General geographic maps	الخرائط الجغرافية العامة
Generalization	التعميم

Geodesic line	خط جيوديزي
Geodesy	جيوديزيا
Geographic azimuth	السمت الجغرافي
Geographical coordinates	الإحداثيات الجغرافية
Geoid	الجيوئيد
Gnomic projection	المسقط الأفقي
Global positioning system (GPS)	نظام توقيع الإحداثيات العالمي
Goniometry	الطريقة الزاوية
Gradient	انحدار
Grid bearing	السمت الاحداثي
Grid North	الشمال الإحداثي
Hachuring	الهاشور(الشطبات)
Hachure shading	التظليل بالشطبات
Horizontal distance	المسافة الأفقية
Horizontal scale	المقياس الأفقي
Indirect observation	القياس غير المباشر
Intersects projections	المساقط القاطعة
Land use maps	خرائط استعمالات الأرض
Lamberts equal area projection	مسقط لامبرت المتساوي المساحة
Latitude	خط العرض
Layer Shading	طبقات لونية
leveling	تسوية

Linear scale	مقياس خطي
Longitudinal profile	مقطع طولي
Magnetic azimuth	السمت المغناطيسي
Magnetic direction	الاتجاه المغناطيسي
Magnetic needle	إبرة مغناطيسية
Magnetic North	الشمال المغناطيسي
Magnetic Declination	زاوية الانحراف المغناطيسي
Map scale	مقياس الخريطة
Measuring Direction	قياس الاتجاه
Meridians	خطوط الطول
Metric system	النظام المتري
Nadir Point	نقطة النظير
Numerical scale	المقياس العددي
Optical axis	محور ضوئي بصري
Orthographic projection	المسقط الأورتوغرافي
Parallels	خطوط العرض
Perspective Projection	المسقط البصري
Perspective representation	التمثيل المنظوري
Plastic shading	التظليل الشبكي
Profile	مقطع
Polar	قطبي
Pole	قطب

Random error	خطأ عرضي
Ranging sitting out	وضع الشواخص على الاستقامة
Rectangular coordinate	الإحداثيات المتعامدة
Rectangular projection	مساقط متساوية الفواصل
Relief representation	تمثيل التضاريس
Role	شاخصة
Satellite methods	الطرق الفضائية
Scale	مقياس
Scale factor	عامل المقياس
selection	الانتقاء
Sexagesimal division	التقسيم الستيني
Small circles	الدوائر الصغرى
Spheroid	إهليلج دوراني
Spherical excess	الزيادة الكروية
Stadia rod	ميرا (ستاديا)
Statement scale	المقياس التعبيري
Stereographic projection	المسقط الستيريوغرافي
Stereo plotter	راسم ستيريوسكوبي
Tacheometer	تاكيومتر
Tangent conic projection	المساقط المخروطية المماسة
Thematic maps	الخرائط الغرضية (الموضوعية)
Time scale	المقياس الزمني

Topographic maps	الخرائط الطبوغرافية
Transverse profile	مقطع عرضي
Triangulation	التثليث
Trilatertion	التثليث استناداً إلى قياس المسافات
Tripod ,trivet	ثلاثية الأرجل
True direction	الاتجاهات الحقيقية
True North	الشمال الحقيقي
Vegetation representation	تمثيل النبات
venire	فرنية
Vertical angle	زاوية شاقولية
Vertical scale	مقياس الارتفاع
World Geographic Reference System	نظام الإحداثيات الجغرافي العالمي

Damascus University

٢- فهرس الأشكال

الباب الأول		
الرقم	محتوى الشكل	الصفحة
١	شاطئ فيوردي مرسوم على الخشب	٤٠
٢	خريطة بابلية تعود إلى الألف الثالث للميلاد وجدت على لوح طيني	٤٢
٣	صورة ورسم تخطيطي للعالم في خريطة بابلية من الطين المشوي	٤٣
٤	مخطط لمنجم ذهب في صحراء مصر الشرقية يعود إلى القرن الرابع عشر ق.م	٤٤
٥	- خريطة هيرودت	٤٦
٦	خريطة ايراتوستين	٤٧
٧	خريطة العالم لبطليموس تعود على ١٤٠ ق.م	٤٨
٨	خريطة العالم استناداً إلى خريطة بطليموس	٤٨
٩	أجزاء من لوحة بوتنغر	٥١
١٠	خريطة الصين وضعها كيهي ايهو عام ١١٣٧	٥٢
١١	خرائط T- in-O	٥٤
١٢	خريطة العالم للاصطخري	٦٠
١٣	صورة الأرض لأبن حوقل	٦١
١٤	صورة الأرض للإدريسي	٦٢
١٥	خريطة العالم كما رسمها الناسك الإسباني بيتا في القرن الحادي عشر	٦٦
١٦	إحدى خرائط البورتولان تعود إلى عام ١٥٤٣	٦٧
١٧	جزء من خريطة بافاريا رسمها فليب ابيان عام ١٥٦٨	٦٩
١٨	خريطة مركاتور	٧٠
١٩	خريطة فرنسا وتغير حدودها بعد المسح	٧٥
٢٠	خريطة الميل المغناطيسي وضعها إدموند هالي	٧٦
٢١	تعميم المجاري النهرية	٨٣
٢٢	تعميم خطوط التسوية	٨٣
٢٣	تعميم الطرقات في المناطق الريفية في مقاييس مختلفة	٨٤
٢٤	تعميم المراكز البشرية	٨٥

٢٥	شبكة الإحداثيات الجغرافية	٩٤
٢٦	مبدأ تقسيم خطوط العرض	٩٥
٢٧	مبدأ تقسيم خطوط الطول	١٠١
٢٨	توزع الحزم الساعية	١٠٢
٢٩	شبكة الإحداثيات الديكارتية	١٠٦
٣٠	اختلاف الأبعاد بين السطح الطبوغرافي والسطح المستوي	١١٢
٣١	بعض أشكال المقاييس الخطية	١١٥
٣٢	المقياس المقارن	١١٧
٣٣	المقياس الشبكي	١١٨
٣٤	طريقة تقسيم ذيل المقياس الشبكة بالإنش	١١٩
٣٥	مقياس شبكي يقيس على كافة أنواع الخرائط	١٢٠
٣٦	مقياس شبكي لخريطة معلومة المقياس	١٢٠
٣٧	المقياس الزمني	١٢١
٣٨	خريطة لجبال البرانس بطريقة منظوريه	١٣١
٣٩	تمثيل منظوري للتضاريس	١٣٢
٤٠	مراحل رسم الشطبات	١٣٤
٤١	خريطة موضوعة على أساس الشطبات الانحدارية	١٣٥
٤٢	جزء من خريطة سويسرا التي تم وضعها على أساس التظليل بالشطبات	١٣٨
٤٣	يبين استخدام الستيروسكوب في رسم التضاريس	١٤٠
٤٤	الطريقة الحسابية في رسم خطوط التسوية	١٤١
٤٥	رسم خطوط التسوية بالطريقة الحسابية	١٤٥
٤٦	خطوط التسوية الرئيسية	١٤٦
٤٧	خطوط التسوية الرئيسية والثانوية	١٤٦
٤٨	رسم بعض المظاهر المائية	١٥٤
٤٩	رسم الحدود الخارجية للمسطحات المائية	١٥٥
٥٠	رسم المستنقعات على الخرائط الطبوغرافية	١٥٥
٥١	رسم المجاري المائية	١٥٦
٥٢	رسم المجاري المائية الخطية والنقطية	١٥٦

٥٣	تمثيل المظاهر النباتية على الخرائط الطبوغرافية	١٥٨
٥٤	تمثيل المراكز الآهلة بالسكان	١٦٦
٥٥	تمثيل المناطق الآهلة على خرائط مختلفة المقاييس	١٦٧
٥٦	أشكال رسم الحدود	١٦٧
٥٧	رسم الحدود على الخرائط الطبوغرافية	١٦٨
٥٨	رسم طرق المواصلات على الخرائط	١٧٥
٥٩	خطوط المواصلات الحديدية	١٧٦
٦٠	يُظهر الموقع الصحيح للمفتاح	١٧٩
٦١	رسم المفتاح عل جزء من المنطقة	١٧٩
٦٢	موقع الخريطة المرسومة من الخريطة الأساسية	١٨٥
٦٣	تحديد خط المقطع	١٩٥
٦٤	رسم المقطع الطبوغرافي	١٩٥
٦٥	تحديد جهة الارتفاع والانخفاض	١٩٦
٦٦	جهة الارتفاع والانخفاض ومنحنيات التسوية عند تقاطعها مع الشبكة المائية	١٩٦
٦٧	تقطيع الأرض إلى حزوز باتجاه خطوط الطول	٢٠٠
٦٨	تقطيع الأرض إلى حزوز باتجاه خطوط العرض	٢٠٠
٦٩	تقطيع الأرض باتجاه خطوط الطول والعرض وتشويه الأشكال إذا لم يتم تقطيع الأرض	٢٠١
٧٠	مقارنة بين بعض المساقط	٢٠٣
٧١	شبكة الإحداثيات وأنواع التشويه في المساقط الاسطوانية العادية المماسة	٢٠٨
٧٢	المساقط الأفقية القطبية	٢١٤
٧٣	شبكة الإحداثيات في مسقط لامبرت القطبي متساوي المساحة	٢١٧
٧٤	– شبكة الإحداثيات ومقادير تشويه الزوايا في مسقط لامبرت الاستوائي متساوي المساحة	٢١٨
٧٥	تحول الدوائر إلى أشكال إهليلجية في مسقط لامبرت	٢١٨
٧٦	طريقة الإسقاط في المسقط الستيريوغرافي	٢٢٠
٧٧	المسقط الستيروغرافي القطبي (نقطة البصر في نقطة القطب المقابلة لنقطة التماس	٢٢١
٧٨	المسقط الأورتوغرافي القطبي	٢٢٢
٧٩	المسقط الأورتوغرافي الاستوائي	٢٢٢
٨٠	المسقط المخروطي العادي المماس وعملية الإسقاط (يمس الكرة عند دائرة العرض ٤٥°	٢٢٦

٨١	المسقط المخروطي العادي المماس متساوي الأشكال وشبكة الإحداثيات وإهليلج التشويه	٢٢٦
٨٢	أنواع المساقط المخروطية المماسة (العادي، الاستوائي ،المائل)	٢٢٧
٨٣	شبكة الإحداثيات وأنواع التشويه في المسقط الاسطواني العادي المماس متساوي المساحة	٢٣١
٨٤	التشويه الحاصل للقارة القطبية الجنوبية وجزيرة غرينلاند في المساقط الاسطوانية الثلاث	٢٣٣
٨٥	مسقط سانسون (ساينوسويدال	٢٣٥
٨٦	مسقط مولويدي	٢٣٦
٨٧	مسقط جود	٢٣٧
	الباب الثاني	
١	القوة النابذة والجاذبة للأرض	٢٦٢
٢	الجيوئيد	٢٦٣
٣	الكرة المفلطحة	٢٦٤
٤	أنواع الشمالات	٢٧٧
٥	الشمال الإحدائي	٢٧٨
٦	تعين الشمال المغناطيسي بواسطة البو صلة الدائرية	٢٨٠
٧	تحديد اتجاه الشمال الجغرافي بواسطة الظل	٢٨٠
٨	تحديد الشمال الجغرافي بواسطة الساعة	٢٨١
٩	حركة الإبرة المغناطيسية	٢٨٣
١٠	تمثيل السموت على الخريطة	٢٨٤
١١	الإحداثيات الاصطلاحية	٢٨٨
١٢	حساب الإحداثيات الاصطلاحية	٢٨٩
١٣	ثلاثية الأرجل	٣٠٦
١٤	بعض أنواع الميرات	٣٠٨
١٥	التيودليت والقرص المدرج	٣١١
١٦	النيفو	٣١٣

١٧	تحديد الزاوية الأفقية	٣١٧
١٨	تحديد الزوايا الأفقية بالطريقة المنحرفة	٣١٨
١٩	تحديد الزوايا الشاقولية	٣٢١
٢٠	المزواة الشاقولية	٣٢٤
٢١	التسوية الهندسية باستخدام جهاز تسوية وقائمة واحدة	٣٢٥
٢٢	التسوية الهندسية باستخدام جهاز تسوية وقائمتين	٣٢٥
٢٣	التسوية باستخدام جهاز وقائمتين بحيث يكون الجهاز على استقامة القائمتين و خارجهما	٣٢٥
٢٤	التثليث اعتماداً على قياس الزوايا	٣٣٠
٢٥	التثليث اعتماداً على قياس المسافات	٣٣١
٢٦	الثليث	٣٣٢
٢٧	القياس بين نقطتين المسافة بينهما مستقيمة أو شبه مستقيمة	٣٤٦
٢٨	استخدام الورقة الميلمترية في قياس المسافات شبه المستقيمة على الخرائط	٣٥٠
٢٩	قائس المسافات	٣٥١
٣٠	قياس المساحات عن طريق تحويل الأشكال غير المنتظمة إلى أشكال هندسية	٣٥٤
٣١	حساب المساحات غير المنتظمة عن طريق تحويل المساحة إلى أشرطة	٣٥٦
٣٢	حساب المساحات من خلال تقسيم الشكل على شبكة مربعة	٣٦٢
٣٣	– البلانيمتر وأجزاؤه	٣٦٢
٣٥	أجزاء قائس المساحات الالكتروني Planx ٧	٣٦٣
٣٦	كيفية وضع جهاز قائس المساحات وتحريكه على محيط الشكل المراد قياسه	٣٦٣
٣٧	قياس عدة مناطق بنفس الوقت	٣٦٨
٣٨	حساب معدل الانحدار وزاوية الانحدار بشكلٍ رياضي	٣٧٠
٣٩	القياس على ارض ذات ميل منتظم	٣٧١
٤٠	القياس على ارض ذات انحدار غير منتظم	٣٧٢

٤١	وضع الشواخص عندما تكون المسافة مرئية الواحدة من الأخرى	٣٧٣

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

٣- فهرس الجداول

الباب الأول		
الرقم	محتوى الجدول	الصفحة
١	مقاييس بعض الخرائط ،وما تعادله على الأرض طولاً ومساحة	١١٣
٢	حدات القياس الإنجليزية وتحويلاتها	١١٤
٣	خصائص الشطبات التي تم استخدامها في تمثيل التضاريس	١٣٣
٤	حدود ارتفاعات النطاقات المتعارف عليها	١٣٨
٥	الفاصل الرأسي بين خطوط التسوية الثانوية	١٤٤
٦	الفاصل الرأسي بين خطوط التسوية الرئيسية	١٤٤
الباب الثاني		
١	مقارنة أبعاد الأرض في قياسات مختلفة	٢٦٥
٢	أبعاد الأرض حسب كلارك ١٨٦٦	٢٦٦
٣	أطوال درجات الطول على خطوط العرض بالأمتار	٢٧١
٤	أطوال درجات العرض على خطوط الطول بالأمتار	٢٧٢
٥	وحدات قياس الأطوال والمساحات على الخرائط، وما يعادلها على الطبيعة	٢٩١
٦	العلاقة بين وحدات قياس المسافات والمساحات ومقياس الخريطة	٣٤٥

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المراجع العربية

١- ابن حوقل، أبو القاسم: صورة الأرض، لبنان، ١٩٦٠ .

٢- جريفن تيلور، الجغرافيا في القرن العشرين، ترجمة محمد السيد غلاب، القاهرة بلا تاريخ.

٣- جزماتي، سامح: المساحة والجيوديزيا، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، حلب، ١٩٨١-١٩٨٢.

٤- جودة،حسين: معالم سطح الأرض ، الهيئة المصرية للكتاب، ١٩٧٩.

٥- الجوهري يسري:الخرائط الجغرافية، الإسكندرية، مؤسسة شباب الجامعة،١٩٦٢.

٦- حميدة، بسام:مبادىء المساحة الطبوغرافية، دمشق ،منشورات جامعة دمشق ،١٩٨٧ .

٧- حميدة ،عبد الرحمن : أعلام الجغرافيين العرب مقتطفات من أثارهم، دار الفكر، دمشق،١٩٨٤.

٨- زيادة، نقولا:الجغرافيا والرحلات عند العرب ،الأهلية للنشر ، بيروت ، ١٩٨٢

٩- سطيحة ،محمد:الجغرافيا العملية وقراءة الخرائط ،دار النهضة ، بيروت، ١٩٧٤.

١٠-سليم، محمد صبري، أحمد البدوي محمد الشريعي: الخريطة الكونتورية(قراءة وتحليل) دار الفكر العربي القاهرة،١٩٩٦.

١١- الشامي ،محمد صلاح:الإسلام والفكر الجغرافي العربي،منشأة المعارف ، الاسكندرية، ١٩٦٦ .

١٢-الشريعي، أحمدالبدوي:الخرائط الجغرافية (تصميم وقراءة وتفسير)،

القاهرة، دار الفكر العربي، ١٩٩٨.
١٣-صافية ،سميح: المساحة،منشورات جامعة دمشق،.١٩٨
١٤-عاشور، محمود محمد: أسس علم الخرائط، دار القلم للنشر والتوزيع،دبي، ١٩٩٨.
١٥- عبد الحكيم، محمد صبحي، وماهر الليثي:علم الخرائط بيروت، دار النهضة ،١٩٧٤.
١٦- عزاوي ،عبدالمرشد :المصورات الجغرافية العامة ،دمشق، جامعة دمشق ،١٩٨١.
١٧- عصفور ،محمود عبد اللطيف ومحمد عبد الرحمن الشرنوبي:الخرائط ومبادىء المساحة ،القاهرة ،١٩٧٠.
١٨-عيد، صفية: الخرائط العامة والتقنية الحديثة، دمشق، دار الأنوار، ١٩٩٧.
١٩-فليحة، أحمد نجم الدين: الجغرافيا العملية والخرائط، مؤسسة شباب الجامعة، الإسكندرية، ١٩٩٨.
٢٠-الفندي، جمال: الجغرافيا عند المسلمين، بيروت،دار الفكر، ١٩٨٢.
٢١- كراتشوفسكي، أغناطيوس: الكشوف الجغرافية، ترجمة صلاح الدين عثمان، القاهرة ،١٩٥٧.
٢٢- محمد، بهجت: مبادىء في الطبوغرافيا وعلم الخرائط، منشورات جامعة دمشق، ٢٠٠٠-٢٠٠١ .
٢٣- المسعودي، علي بن حسين: التنبيه والإشراف، بيروت ١٩٦٥.
٢٤- مكي، محمد عزيز:الخرائط والجغرافيا العملية: القاهرة،١٩٧٢.
٢٥- النعمان، أنور، وصلاح الدين عمر باشا:الدراسات العملية للمصورات الجغرافية ،دمشق ١٩٦٣.

٢٦-نقولا، إبراهيم:مساقط الخرائط، الإسكندرية، منشأة المعارف،١٩٨٢.
٢٧- وسوف، يوسف: المساحة والجيوديزيا، منشورات جامعة دمشق-١٩٩٠.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

مراجع بلغة أجنبية

١-**Arnberger,E**:Thematische Kartographie,Westermann,١٩٩٧.

٢-**Autoren kollektiv**:Militaertopographie ,Berlin, Militaerverlag١٩٨٢

٣--Blanbdford,percy:Maps and compasses user, handbook, BlueRidge,١٩٦٨

٤-**Brunner,H,K ,Boelig und H,Goetz**:Kartenkunde, Lehr Buch fuer Kartographie facharbeiter,Teil١ .VEB Hermann Haack, Gotha,١٩٨٣

٥-**Crossky,F,F**:Map Reading ,London,Macmillan,١٩٦٨.

٦- **Crons,Gerald:** Role Maps and their Marks, Folk stone, Dawson .١٩٧٨.

٧-**Comphell,,John**:Map-use and analyisis,١٩٩١.

٨-**Dickinson ,GC**: Map and Air photographs, Norwich, Fletcher and Son, LTD .

٩-**Edward,Arnold**:Map work one,London,١٩٨١

١٠- **Edward, Arnold**: Map work two,London,١٩٨١

١١-**Eid,Safieh**:Beitraege zur themakartographischen Modellierung der Landschaft ,Halle,١٩٨٨.

١٢- **Fortschritte in der geographischen Kartographie**:VEB Hermann Haack,Gotha,١٩٨٠.

١٣-**Fullagar,A,P**: Map Reading and Local Studies, colon, London, Sydney. Hodder ,١٩٨٤.

١٤-**Fezer,F:** Das Geographischen Seminar,Karteninterpretation, westermann,١٩٧٤.

١٥-**Imhof,E**:Thematische Kartographie,Walter de Gruyter,Berlin,New York,١٩٧٢.

١٦-**Kartengestalltung**: Lehr Buch fuer Kartographie facharbeiter,Teil٢ .VEB Hermann Haack, Gotha,١٩٨٤.

١٧-**Kartenherstelung**: Lehr Buch fuer Kartographie facharbeiter,Teil٢ .VEB Hermann Haack, Gotha,١٩٨٣.

١٨-**Keates,Y.S**:Understanding maps, Longman ,London,١٩٨٢.

١٩-**Lewis,P**:Map and Statistics,London,Methwen,١٩٧٧.

٢٠-**Kugler,H,& Safieh Eid:** Neue methodische Ansaetze zur themakartographischen Modellierung von Naturraum und Landschaft ,PCM ,١٣٣,Gotha١٩٨٩.

٢١- **Ogrissek,R:** Kartenkunde,VEB,Brockhaus Verlag, Leipzig.١٩٨٣.

٢٢- **Robinson, A:** Elements of cartography ,New York, john weiley.١٩٦٠.

٢٣-**Robinson,A,R,Sale**:Elements of cartography ,New York, john weiley.١٩٧٨.

٢٤-**Robinson,A,R,Sale**:Elements of cartography , sixth edition, New York, john weiley.١٩٩٥

٢٥-**Robertson,A**: Map and mapping,London,Hutchinson,١٩٨٠.

٢٦-**Salischiv,K**: einfuhrung in der Kartographie, Leipzig.VEB,Hermann Haack.١٩٦٧.

٢٧-**Schneider,S**:Luftbild Interpretation ,New York,١٩٧٦

٢٨-**Scholz,E ,R,Jaenkel:** Einfuhrung in die Kartographie und Luftbildinterpretation,VEB,Hermann Haack.Gotha,١٩٨٣.

٢٩-**Turk,Prain**:Map Practica ,Brian Turk, university Tutorial Pross,١٩٨٠.

٣٠-**Turk, Brain**: Map Skills, slongh, university Tutorial Pross,١٩٨٣.

٣١-**Wilford,J**:The map marks, New York,VintageBooks,١٩٨٢.

٣٢-**Wilhemly,H**: Kartographie in Stichworten,Kiel Verlag,Fredinand ,Hirt.١٩٨١.

المدقق اللغوي : الدكتورة سميحة غنام

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University