جمهورية العراق
وزارة التربيـــــة
المديرية العامة للتعليم المهني

الرسم الصناعي
المساحة
الصف الثاني

تأليف

أ.م.د. إحســـان كاظم عباس النعيمي
أ.م.د. ميـثـم مطشـــــر ش ـــــرقـي
أ.م.د. جاسم أحمد علي البغدادي
المهندسة هديل رعد مهدي
المهندسة شـــيـمـاء عـبـد عـلـوان

الطبعة الثالثة
2025 م – 1447هـ

استناداً إلى القانن يزع مجاناً ويمنع بيعه وتاوله

المقدمة

يمثل الرسم الهندسي عموماً لغة تفاهم وحوار بين المختص والمتلقي من خلال لغة تعبيرية (رسم) ضمن تطبيقات هندسية محددة، الغرض منه هو توصيل الأفكار والتصاميم للآخرين. الرسم الهندسي هو نقطة انطلاق لجميع الفروع الهندسية وتخصصاتها؛ المدني، الميكانيك، التصنيع، الكهرباء والإلكترونيك، الاتصالات، علوم الحاسوب، الكيمياء، المنسوجات، النقل والمواصلات، المعادن، الأجهزة والمُعدات ، الزراعة ، إلخ.

يُعد الرسم الصناعي جزء من الرسم الهندسي بمفهومه العام والمستخدم لتطبيقات صناعية محددة، إذ يمثل لغة رسومية مشتركة مفهومة في بلدان العالم كافة، منطوقة وقراءة وكتابة بطريقتها وقواعدها الخاصة، إذ كما هو معلوم إن لكل لغة قواعدها الخاصة، فإن للرسم الهندسي قواعده في نظرية الإسقاطات وتعابيرها الاصطلاحية في الممارسات التقليدية، وعلامات الترقيم في أنواع الخطوط واختصاراتها ورموزها وأوصافها في مساقطها وأشكالها المختلفة.

وسعياً لمواكبة التطور التكنولوجي الحاصل في المجالات كافة من جهة واستمراراً للنهج المُتبع في تحديث وتطوير مناهج التعليم المهني في العراق من جهة أخرى، فقد حرصنا على تحديث منهاج الرسم الصناعي لتخصص المساحة من خلال عرض المعلومات وتدرجها الذي اعتاد عليه الطالب في الصف الأول بهدف إكساب الطالب المهارات المعرفية واليدوية في الرسم عن طريق توضيح المعلومة بشكل متدرج ومن السهل إلى المُعقد، ثم المثال المحلول تليه تمارين متنوعة بمجملها تغطي الموضوع وبما يتناسب والمرحلة الدراسية.

وبتوفيق من الله تعالى تم تأليف هذا الكتاب المتخصص في الرسم الصناعي الذي تضمن ستة فصول، إذ تضمن الفصل الأول منه مفاهيم الرسم الهندسي الأولية مثل رسم الخطوط واصطلاحاتها ورسم المنحنيات والزخارف، بينما تناول الفصل الثاني مقياس الرسم وأنواعه المستخدمة خصوصاً في الخرائط الطوبوغرافية والجغرافية، وركز الفصل الثالث على الرموز الطوبوغرافية والخرائط الكنتورية، في حين عرض الفصل الرابع مفاهيم الهندسة الوصفية والتي تساعد الطالب على فهم نظرية الأسقاط، أما الفصل الخامس فقد احتوى على مساقط الخرائط وأنواعها، وأخيراً تناول الفصل السادس برنامج الرسم بمساعدة الحاسوب AutoCAD والذي يُعد بالوقت الحاضر من أهم البرامج الحاسوبية والمستخدمة في معظم التطبيقات الهندسية، وتم فيه تطبيق تمارين رسم بعض الرموز الطوبوغرافية والخرائط الكنتورية.

ونحن إذ نضع هذا الكتاب بين أيدي طلبتنا الأعزاء آملين أن يكون خير عون لهم في حياتهم المهنية أو الدراسية ووضعهم على طريق التفكير الهندسي السليم، ونأمل من زملائنا المدرسين أن يرفدونا بملاحظاتهم وآرائهم عن محتويات الكتاب أثناء تدريسهم المادة العلمية، التي ستكون دليلاً لنا في تنقيح الطبعات المقبلة وتصحيح ما اجتهدنا فيه.

ختاماً نتقدم بالشكر والعرفان إلى الأساتذة الخبراء العلميين والخبير اللغوي، لجهودهم في مراجعة الكتاب بكل عناية وحرص، ونسأل الله تعالى أن يجعل هذا الكتاب من العلم الذي ينتفع به.

..... والله وليّ التوفيق.

المؤلفون

2022 م - 1444 هـ

المحتويات

عنوان الفقرة	الصفحة	عنوان الفقرة	الصفحة
الفصل الأول		**الفصل الرابع**	
مفاهيم الرسم	5	**الهندسة الوصفية**	64
أدوات الرسم	5	النقاط في الفراغ	64
أنواع الخطوط واستخداماتها والحروف	7	الخطوط في الفراغ	66
الرسم باليد الحرة	10	المستويات في الفراغ	69
رسم الخطوط	11	تمارين الفصل الرابع	71
رسم المنحنيات	12	**الفصل الخامس**	
رسم الزخارف والرموز	15	**مساقط الخرائط**	72
تمارين الفصل الأول	17	أنظمة الإحداثيات	72
الفصل الثاني		مساقط الخرائط وأنواعها	78
مقياس الرسم وأنواعه	19	المساقط الأسطوانية	85
المقياس المباشر	19	تمارين الفصل الخامس	95
المقياس النسبي	20	**الفصل السادس**	
المقياس الترسيمي الخطي	22	**الرسم المعان بالحاسوب**	97
تصنيف مقاييس الخرائط	25	تنصيب وتهيئة برنامج الرسم AutoCAD	97
طرائق تغيير المقاييس	31	الأدوات شائعة الاستخدام ببرنامج الأوتوكاد	102
تمارين الفصل الثاني	33	رسم الرموز الطبوغرافية ببرنامج الرسم الأوتوكاد	109
الفصل الثالث		رسم الخطوط الكنتورية ببرنامج الرسم الأوتوكاد	112
الخرائط الطبوغرافية	34	رسم مسقط مركيتر ببرنامج الأوتوكاد	116
الخرائط الطبوغرافية ورموزها	34	تمارين الفصل السادس	120
عناصر وهوامش الخرائط	46		
الخرائط الكنتورية	50		
تمثيل التضاريس على الخرائط الكنتورية	55		
المقاطع الطولية والعرضية	60		
تمارين الفصل الثالث	63		

الفصل الأول
مفاهيم الرسم
Drafting Concepts

1-1 أدوات الرسم Drafting Tools

إن الرسم الهندسي والصناعي هو لغة المهندسين والفنيين في جميع القطاعات الهندسية كما هو معروف ومنها قطاع هندسة المساحة، وأصبح الرسم وسيلة اتصال دقيقة لنقل أفكار البناء والتصنيع. إذ تعتمد دقة الرسم الهندسي على جودة أدوات الرسم المستخدمة، وذلك باستخدام الأدوات الجيدة، ليتم إعداد الرسم بسهولة وسرعة ناهيك عن دقة الرسومات المطلوبة. إن معرفة أدوات ومواد الرسم المختلفة وطرائق استخدامها والأعمال التحضيرية التي يجب إكمالها قبل البدء في الرسم يُعد من الأمور المهمة للغاية. تعرف الطالب في الدراسة السابقة على أهم أدوات الرسم الهندسي والتي استخدمها في الرسومات الهندسية بمنهاج السنة الماضية، ومع ذلك سيتم في هذه الفقرة، إعادة شرح بعض أدوات الرسم الهندسي وكيفية استخدامها والعناية بها. وقبل التطرق إلى هذه الأدوات، لابد من ملاحظة إتباع الآتي:

1. الطريقة الصحيحة في استخدام الأدوات.
2. كيفية العناية بهذه الأدوات.
3. فحص مسطرة حرف T والمثلثات من ناحية سلامتها ودقتها لرسم الخطوط الأفقية والشاقولية والمائلة بشكل صحيح.
4. استخدام أقلام الرصاص (الكرافيت) المناسبة في كل نوع من أنواع خطوط الرسم الهندسي.
5. تثبيت ورقة الرسم بشكل صحيح ومحكم على اللوحة المخصصة للرسم.

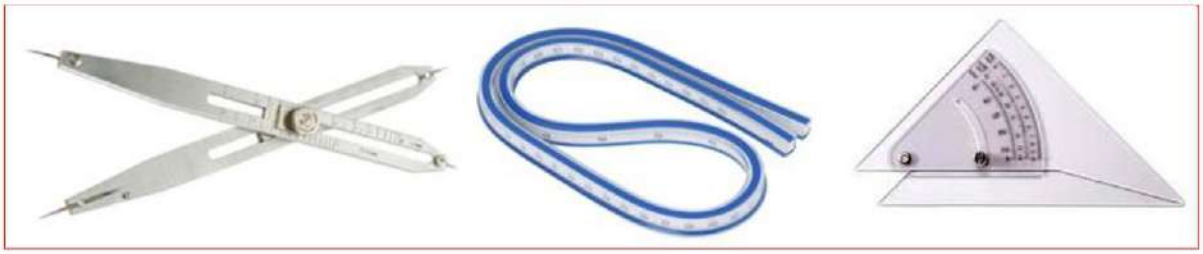
1-1-1 أدوات الرسم التخصصية Specialized Drafting Tools

يستخدم المتخصصون في المساحة من مهندسين وفنيين الرسم الهندسي والخرائط بشكل أوسع من التخصصات الأخرى؛ وبالتالي تستخدم أدوات للرسم الهندسي أكثر مرونة من الأدوات التي عرفها الطالب في دراسته السابقة مثل (لوحة وأوراق الرسم ، أقلام الرصاص ، مسطرة حرف T ، الفرجال ، المثلثات ، والمنحنيات)، وسيتم توضيح أدوات الرسم التخصصية ومنها الآتي:

1. منضدة رسم ميكانيكية Mechanical Drafting Board: وهي عبارة عن منضدة للرسم الهندسي يمكن أن يُضبط ارتفاعها بحسب الرغبة ومُركب عليها مساطر متحركة متعامدة لرسم الخطوط الأفقية والعمودية والمائلة من خلال تغيير زاوية الضبط المطلوبة، وكما مبيّن في الشكل رقم (1-1).

شكل 1-1 نماذج من منضدة رسم ميكانيكية

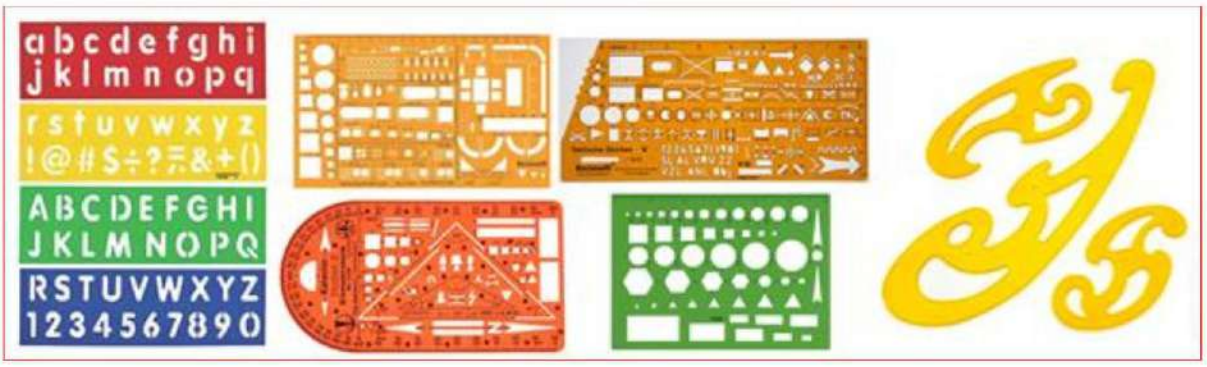
2. مثلث قابل للضبط Adjustable Triangle: يمكن في هذا المثلث تغيير الزوايا بين أضلاعه لرسم الخطوط المائلة وبأي زاوية مطلوبة، لاحظ شكل رقم (1-2-أ).
3. المنحني المرن Flexible Curve: تستخدم المنحنيات المرنة لغرض رسم المنحنيات الطويلة غير القياسية مثل الرسومات المستخدمة في رسم خطوط الطرق والجسور والقنوات وغيرها، لاحظ الشكل رقم (1-2-ب).
4. المقسم النسبي Proportional Divider: تستخدم هذه الأداة لغرض نقل المسافات من رسم إلى آخر بالقياس الطبيعي أو بالقياس بنسبة معينة، لاحظ الشكل رقم (1-2-ج).



(أ) (ب) (ج)

شكل 1-2 بعض أدوات الرسم الهندسي

5. مساطر الطبعات Template Stencils: أدوات تستخدم لرسم الأشكال الهندسية والمنحنيات والرموز وأحرف الكتابة وغيرها، وهنالك طبعات خاصة للرسومات التي تخص المساحة والخرائط الطوبوغرافية، كما هو مبيّن في الشكل رقم (1-3).

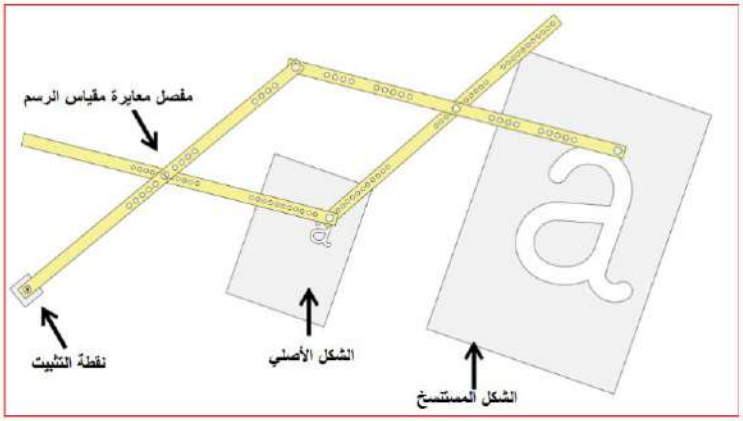


شكل 1-3 مساطر الطبعات

6. مساطر مقياس الرسم مثلثية المقطع Triangular Scales: تستخدم هذه المساطر لقياس أبعاد الرسومات بحسب مقياس الرسم المطلوب، ويفضل أن لا تستخدم هذه المساطر لرسم الخطوط بل للقياس فقط للحفاظ على تأشيراتها ودقتها، لاحظ الشكل رقم (1-4-أ).
7. طقم أدوات الرسم Drafting Tools Kits: يستخدم هذا الطقم لرسم الدوائر الصغيرة والكبيرة والأقواس بدقة، لاحظ الشكل (1-4-ب).
8. مسطرة (مثقبة) ممحاة Eraser Shield: تستخدم هذه الأداة لمسح الأجزاء الصغيرة من الخطوط والرموز في المناطق الضيقة دون مسح أو التأثير على باقي تفاصيل الرسم، لاحظ الشكل (1-4-ج).

شكل 1-4 أدوات رسم هندسي خاصة

9. الناسخ اليدوي (البنتوكراف) Pantograph: هي أداة برابط ميكانيكي على شكل متوازي أضلاع تستخدم لاستنساخ رسم أو خارطة بمقياس رسم تكبير أو تصغير بحيث يمكن لحركة قلم واحد في تتبع الشكل أو الرسم تنتج حركات متطابقة في قلمٍ ثانٍ، ويستخدم الناسخ اليدوي بكثرة في رسم الخرائط الكادستدرائية، فضلاً عن الخرائط الجغرافية، كما مبيّن في الشكل رقم (1-5).



شكل 1-5 الناسخ اليدوي Pantograph

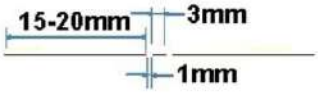
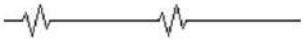
إن اتقان الطالب لاستخدام أدوات الرسم الهندسي اليدوية يُعد الأساس باستخدام برامج الرسم الهندسي الرقمية Digital Drawings لمواكبة التطور التكنولوجي وما تحتويه هذه البرامج من سرعة إنجاز ودقة متناهية في التنفيذ كونها برامج وتطبيقات تخصصية مثل برنامج الرسم بمساعدة الحاسوب AutoCAD وتطبيقات منظومة المواقع العالمية GPS ونظم المعلومات الجغرافية المتطور ArcGIS.

2-1 أنواع الخطوط واستخداماتها والحروف
Lines Types & its Uses and Lettering

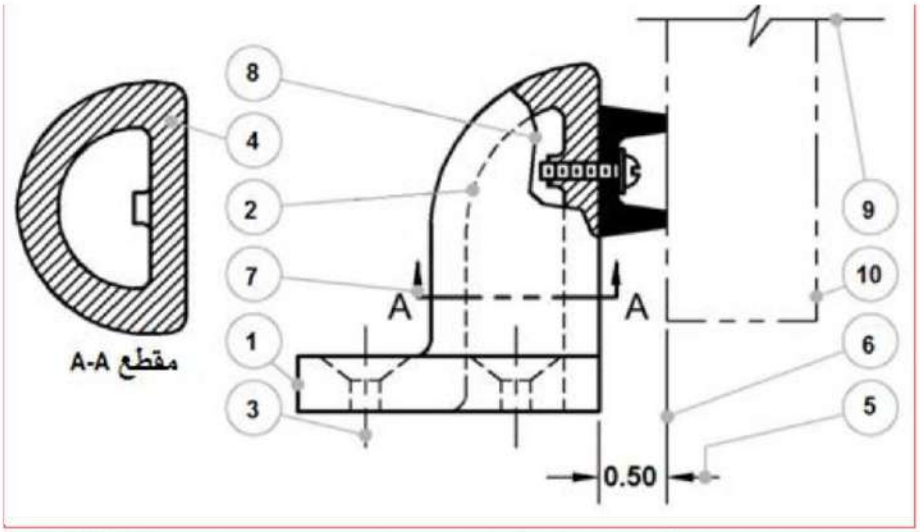
1-2-1 رسم الخطوط Lines Drawing

يمثل الخط ورسمه الوحدة الأساسية في الرسم الهندسي، فقد يُطلق على مجموعة خطوط الرسم الهندسي التقليدية المعروفة بأبجدية الخطوط والتي تغطي جميع المرتسمات الهندسية، ولكل خط معنى وتمثيل خاص به. هنالك عشرة خطوط هي الأكثر استخداماً منها الخطوط السميكة بسمك (0.8 mm) وذات السمك المتوسط (0.6 mm) والرفيعة ذات سمك (0.4 mm) بحسب معهد المواصفات الأمريكية الوطنية (ANSI)، ومع هذا أن عرض الخطوط السميكة والرفيعة متغيرة بحسب حجم ونوع المرتسمات الهندسية. إن السمة الحاسمة لمعيار رسم الخطوط هي ثبوتية سمك الخط، بمجرد تحديد سمك نوع خط ما، يجب أن يكون سمك هذا الخط ثابتاً لكل المرتسم. إن أنواع الخطوط العشرة من حيث شكلها وسمكها موضّحة بالجدول رقم (1-1).

جدول رقم 1-1 أنواع خطوط الرسم الهندسي

ت	اسم الخط	الاستخدام	القلم	الشكل
1	الخط الظاهر Visible Line	حافات الأشكال المرئية	HB	
2	الخط المخفي Hidden Line	حافات الأشكال غير المرئية	2H	
3	الخط المحوري Center Line	لرسم مراكز الدوائر والمساقط الأسطوانية والمخروطية	4H	
4	خطوط التهشير (القطع) Cross Hatching Lines	لإظهار نوع المواد للمناطق التي تمر بها خطوط مستوى القطع وهي بأشكال مختلفة	4H	
5	خط البعد Dimension Line	لتحديد الأبعاد الحقيقية	4H	
6	خط تحديد البعد Extension Line	لتحديد خط البعد		
7	خط مستوى القطع Cutting Plane Line	تحديد المناطق التي سوف يمر بها المنشار الوهمي للقطع لبيان التفاصيل الداخلية	H	
8	خط التقصير (قصير) Break Line (Short)	يستخدم في حالة تقصير (قطع) الأجسام المتشابهة	4H	
9	خط التقصير (طويل) Break Line (Long)	يستخدم في حالة تقصير (قطع) الأجسام المتشابهة	4H	
10	الخطوط الوهمية أو الشبحية Phantom Line	لتمثيل وضع أو مسار حركة الأجزاء مثل حركة البندول	4H	

وهنالك أنواع أخرى لخطوط مختلفة تستخدم لأغراض خاصة، قد يتعرف عليها الطالب في دراسته المتقدمة، الشكل رقم (1-6) يبيّن مساقط جسم ما باستخدام بعض الخطوط المذكورة أعلاه.



شكل 1-6 تمثيل لأنواع الخطوط المستخدمة في الرسم الهندسي (للاطلاع)

2-2-1 رسم الحروف Lettering

تبيّن المرتسمات الهندسية التمثيل الحقيقي للأجسام والأشكال المختلفة، ومع هذا، فمن الضروري إضافة الأبعاد والملاحظات ووصف نوعية المواد وترقيم الأجزاء وغير ذلك على تلك المرتسمات؛ لتوضيح الأفكار بشكل صحيح ومفهوم وسهل في الوقت ذاته. إن كتابة الحروف سواء كانت بالعربية أو بالإنكليزية يجب أن تكون نظامية بحجم مناسب ودقيقة وحادة وواضحة القراءة؛ وبالتالي سيتم تقليل أو تجنب الكلف المترتبة عن الأخطاء المحتملة جرّاء تنفيذ المرتسمات في الإنتاج. وللحصول على متطلبات تلك الحروف لابد من استخدام خطوط الدلالة التي تمكن الرسام من توحيد ارتفاع الخط لتصبح جميع الحروف على استقامة واحدة، وترسم هذه الخطوط بقلم فاتح ورفيع جداً مثل قلم الرصاص (4H) كي لا تؤثر على الشكل العام للمرتسمات. ويمكن استخدام طبعات الحروف Lettering Templates المناسبة للكتابة التي تساعد كثيراً في الكتابة بشكل صحيح، علماً أن هنالك مساطر عديدة من هذا النوع بحسب حجم الحروف المطلوبة.

تتخذ الحروف العربية والإنكليزية أنماط وأشكال عديدة متنوعة، ولكن المتداول عادةً في الكتابة بالمرتسمات الهندسية والخرائط بالنسبة للخط العربي هو الكوفي والكوفي الهندسي في حين يستخدم الخط القوطي Gothic عند الكتابة بالحروف الإنكليزية لسهولتهما وإعطائهما صورة واضحة للقارئ. وفي هذا الصدد يجب على الرسام الهندسي أن يتمرن كثيراً بطريقة كتابة الحروف من حيث الاستقامة وحركة اليد المتواصلة دون تقطيع، ومن الشائع أن تكون الكتابة بشكل عمودي أو مائل بزاوية 75 درجة مع مراعاة أن يكتب الحرف الأول كبيراً Capital Letter من كل كلمة تكتب باللغة الإنكليزية.

والشكل رقم (1-7) يوضّح أسلوب كتابة الأحرف باللغة العربية بالخط الكوفي وللحروف الصغيرة Small Letters والكبيرة Capital Letters باللغة الإنكليزية مراعياً الملاحظات المذكورة آنفاً.

شكل 1-7 طريقة كتابة الحروف باللغتين العربية والإنكليزية

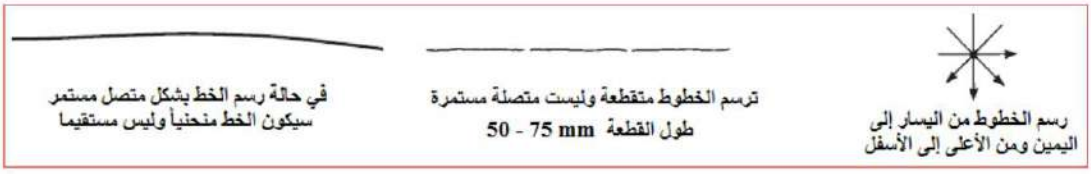
3-1 الرسم باليد الحرة Freehand Sketching

يعرّف الرسم باليد الحرة Sketching على أنه الرسم اليدوي بدون مساعدة أدوات ومُعدات الرسم التي ذكرت في الفقرة الأولى من هذا الفصل. ويُعد الرسم باليد الحرة اتصالاً مرئياً سريعاً ومناسباً لأنه لا يلزم سوى الورق وقلم الرصاص والممحاة، غالباً ما تكون القدرة على رسم تخطيطي دقيق وبسرعة أحد القواعد للتواصل مع الأشخاص في العمل أو في المنزل، خاصةً عندما تكون المفاهيم التقنية هي موضوع المناقشة. يقوم معظم المصممين والمهندسين والفنيين بإعداد رسومات أولية للمساعدة في تنظيم الأفكار وتسجيل مراحل التقدم عند التصاميم الأولية وتقليل الأخطاء في الرسومات النهائية. إن عمل الرسومات التخطيطية اليدوية هي طريقة جيدة لجمع أوصاف الشكل والحجم حول المنتج النهائي أو المشاريع الهندسية المزمع إقامتها. إذ ليس من الضروري أن يكون الرسم التخطيطي بجودة عالية طالما أنه يُمثل بشكل مناسب ما يريد المصمم من عرض لأفكاره. يُعد قلم الرصاص F أو HB أو القلم الميكانيكي ذو سمك اللب (0.7-0.9 mm) جيداً، وأن يكون الرأس مدبباً قليلاً وليس حاداً.

تُعد جودة الورق ليست من الأمور الحرجة في هذا النوع من الرسم، ويفضل استخدام الورق ذي السطح غير الأملس للغاية، ولا ينبغي لصق ورق الرسم على الطاولة. يتم عمل أفضل الرسومات التخطيطية اليدوية عندما يكون الرسام قادراً على تحريك الورق إلى وضع الرسم الأكثر راحة. بعض الطلاب أو الرسامين يفضلون رسم الخطوط الأفقية يدوياً أفضل من الخطوط العمودية، إذا كان هذا هو المرغوب، فلا مانع من تحريك الورقة بحيث تصبح الخطوط العمودية أفقية. ورق الرسم البياني مفيد أيضاً للرسم اليدوي لأنه يحتوي على خطوط شبكية يمكن استخدامها كدليل لخطوط الرسم.

1-3-1 رسم الخطوط باتجاهات مختلفة Sketching Lines in Different Directions

ترسم الخطوط يدوياً بشكل مقاطع قصيرة وخفيفة ومتصلة، فإذا تم رسم خط طويل بحركة واحدة ومستمرة، فإن الذراع ستميل إلى جعل الخط منحنياً وليس مستقيماً، لاحظ الشكل رقم (1-8). ولا ينصح برسم الخط بشكل غامق، فقد يضطر في بعض الأحيان إلى مسحه.



شكل 1-8 طريقة رسم الخطوط يدوياً

فيما يأتي خطوات رسم خط مستقيم أفقي باستخدام طريقة نقطة إلى نقطة:

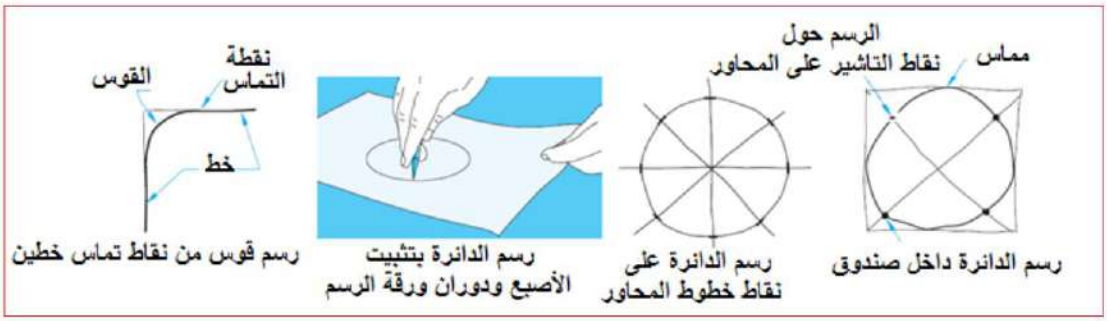
الخطوة 1: تحدد موضع البداية والنهاية، كل ما يتم احتياجه هو نقاط.

الخطوة 2: دون لمس الورقة فعلياً بقلم الرصاص، يجب القيام ببعض الحركات التجريبية بين النقاط المحددة لضبط العين واليد على الخط المتوقع.

الخطوة 3: ترسم خطوطاً خفيفة جداً بين النقاط مع جعل النظر على نقطة النهاية وقلم الرصاص.

الخطوة 4: القيام بزيادة غمق الخط بشكل داكن ومميز وموحد، ويتم ذلك بالضغط على القلم.

أما في حالة رسم الدوائر والأقواس، فهنالك العديد من تقنيات الرسم اليدوي بحسب حجم الدائرة مثل استخدام طريقة الصندوق أو الخطوط المحورية أو دوران ورقة الرسم مع تثبيت الأصبع في المركز، لاحظ الشكل (1-9).

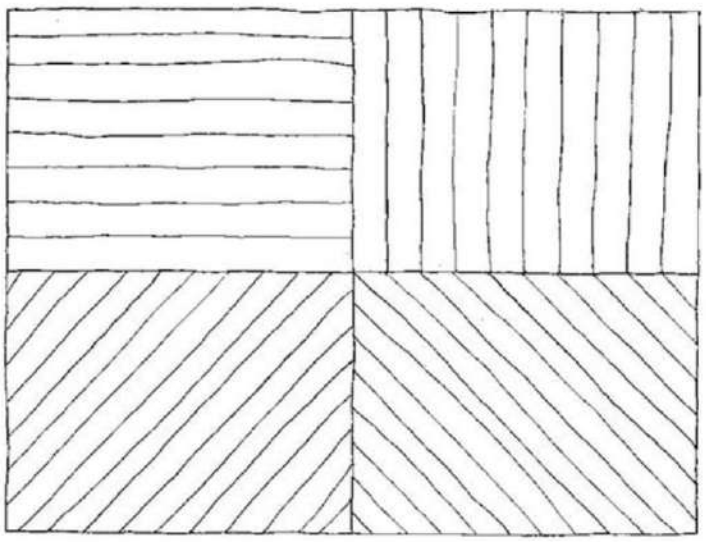


شكل 1-9 رسم الدوائر والأقواس يدوياً

4-1 رسم الخطوط Lines Drawing

إن لرسم الخطوط الأفقية والعمودية والمائلة بوساطة أدوات الرسم بشكل صحيح أهمية واضحة للحصول على مرتسمات هندسية يستطيع كافة المتخصصين من فهمها وتطبيق وتنفيذ ما مطلوب من تلك المرتسمات. لقد تعلم الطالب في دراسته السابقة رسم الخط الأفقي بمسطرة حرف T ويفضل البدء برسم الخط من اليسار باتجاه اليمين، والخط العمودي بتطبيق أحد ضلعي الزاوية القائمة في المثلث على مسطرة حرف T بشكل جيد ورسم الخط من الأعلى باتجاه الأسفل، وكذلك تعلم كيف يرسم الخط المائل بأي زاوية مطلوبة باستخدام منقلة الزوايا أو بوصل نقطتين معروفتين. أما رسم الدوائر بوساطة الفرجال فيتم تحديد محوري الدائرة ومن ثم فتح الفرجال بقياس نصف القطر المحدد مسبقاً على محوري الدائرة ويفضل البدء برسم الدائرة باتجاه عكس عقارب الساعة. ومن ناحية رسم الأقواس، فيتم تحديد نقطتي التماس لقوس الدائرة على الخطوط المطلوب توصيلها بالأقواس ومن ثم تحدد مراكز الأقواس وفتح الفرجال بمقدار نصف القطر ورسم الأقواس بنفس طريقة رسم الدوائر. ولغرض تحسين مهارة الطالب في رسم كافة الخطوط المذكورة آنفاً عليه أن ينفذ رسم الزخارف المرسومة في المثال الآتي:

تمرين 1-1: ارسم رسماً هندسياً باستخدام أدوات الرسم الهندسي مجموعة الخطوط بالشكل رقم (1-10) الأفقية والعمودية والمائلة باتجاهين والمرسومة يدوياً داخل مربعات متساوية طول ضلع المربع $(50 \times 50)mm$، على أن تكون المسافة بين خط وآخر (5 mm).

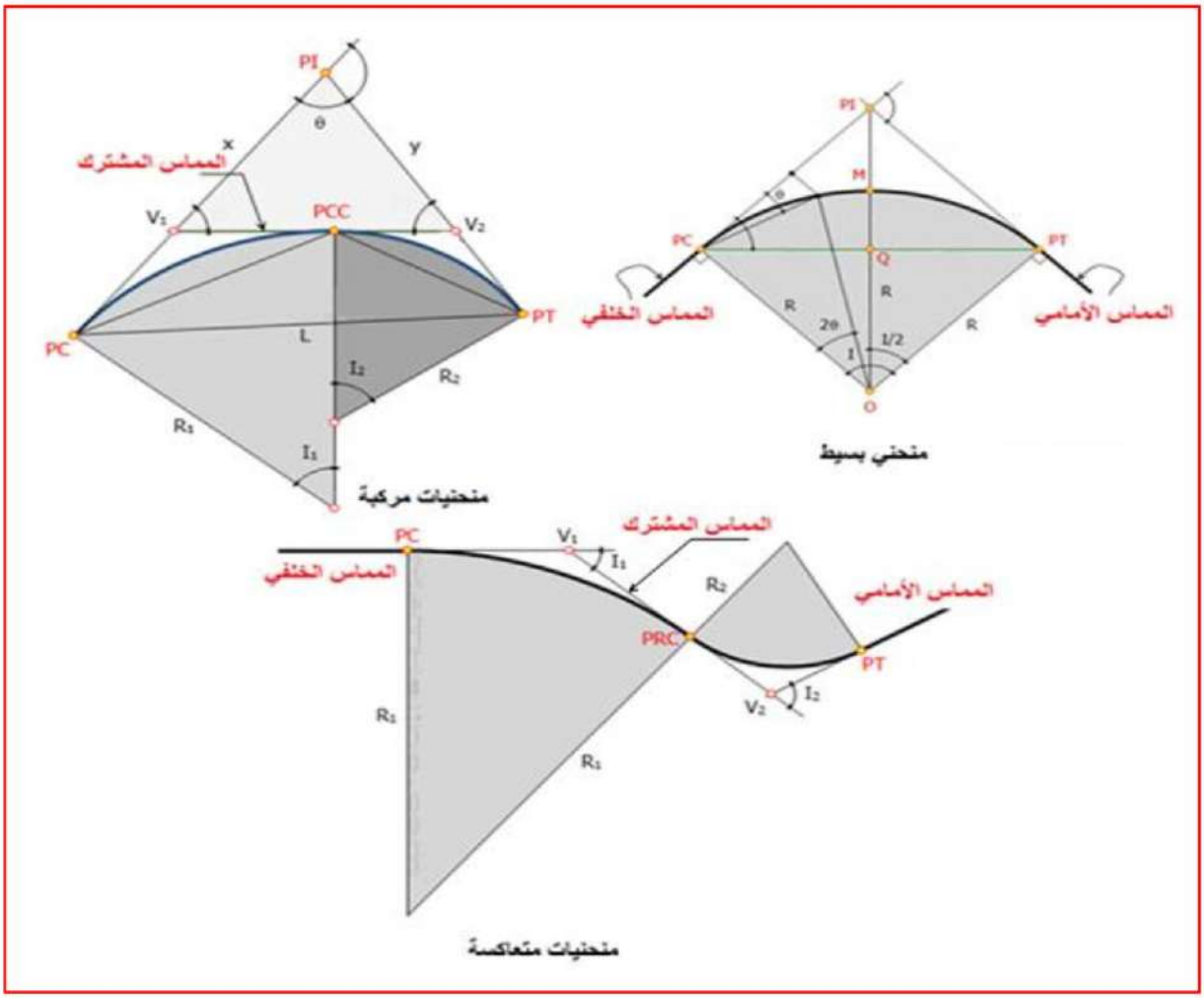


شكل رقم 1-10 تطبيق لتمرين رقم (1)

5-1 رسم المنحنيات Curves Drawing

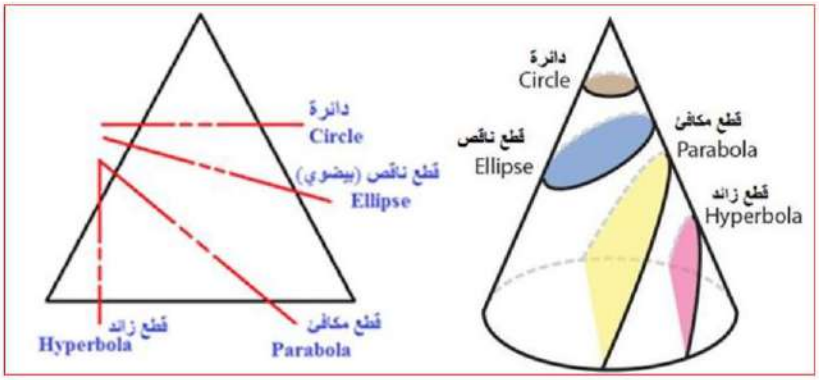
يحتاج المهندس أو الفني المتخصص بهندسة المساحة إلى رسم المنحنيات المختلفة في رسم المرتسمات الكادسترائية والطوبوغرافية بشكل واسع، لذا من الضروري جداً أن يتقن الطالب كيفية رسم تلك المنحنيات، وتستخدم المنحنيات بشكل واسع في الطرق والسكك الحديدية وفي قنوات الري وما إلى ذلك لإحداث تغيير تدريجي في الاتجاه الأفقي وتسمى بالمنحنيات الأفقية. وكذلك تستخدم المنحنيات بالاتجاه العمودي لنفس السبب بعدم التغيير المفاجئ بهذا الاتجاه وتسمى بالمنحنيات الشاقولية. وتصنف المنحنيات إلى ثلاثة أنواع في هندسة المساحة، لاحظ الشكل رقم (1-11):

1. **المنحنيات البسيطة Simple Curves**: وترسم بقوس واحد وهو عبارة عن قطاع من دائرة يربط بين خطين مستقيمين مماسين لطرفي المنحني، نصف قطر القوس هو نفسه في جميع أجزاءه.
2. **المنحنيات المركبة Compound Curves**: ويتكون المنحني المركب من منحنيين بسيطين أو أكثر لهما أنصاف أقطار مختلفة تنحني بنفس الاتجاه وتقع على نفس الجانب من المماس المشترك.
3. **المنحنيات المتعاكسة Reverse Curves**: ويتكون المنحني المتعاكس من قوسين لهما نفس نصف القطر أو مختلفة الأقطار تنحني في اتجاهين متعاكسين مع مماس مشترك عند تقاطعهما.



شكل رقم 1-11 أنواع المنحنيات المستخدمة في هندسة المساحة

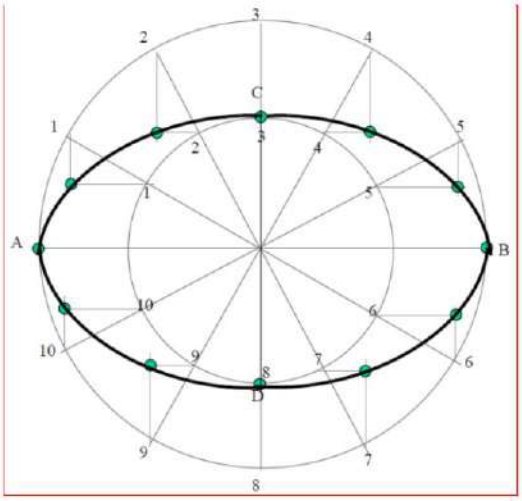
هنالك أربع أشكال هندسية تخص رسم المنحنيات القياسية ناتجة من قطع مخروط قائم بأربع مستويات قطع مختلفة الزوايا، فإذا قطع المخروط بمستوى أفقي موازٍ لقاعدة المخروط سيكون الناتج هو دائرة كاملة Circle ترسم بمركز واحد كما هو معروف، أما إذا قطع المخروط بمستوي مائل يقطع الأحرف الجانبية للمخروط فسيكون الشكل عبارة عن قطع ناقص (الشكل البيضوي) Ellipse، وإذا قطع بمستوي مائل يقطع أحد الأحرف الجانبية والقاعدة سيكون الشكل القطع المكافئ Parabola هو ناتج ذلك القطع، وأخيراً يتم الحصول على القطع الزائد Hyperbola في حالة قطع المخروط بمستوى عمودي يقطع الحرف الجانبي وقاعدة المخروط. الشكل رقم (1-12) يبيّن المسقط الأمامي لمخروط كامل قائم وفيه مستويات القطع الأربع.



شكل رقم 1-12 مخروط قائم والمسقط الأمامي له ومستويات القطع

لقد تعلم الطالب كيف يرسم الدائرة ، القطع الناقص (الشكل البيضوي) والذي يمثل غالباً المنظور المتقايس للدائرة في دراسته السابقة من خلال رسم معين تميل أضلاعه بزاوية 30^{o} عن الأفق وطول ضلعه يساوي قطر الدائرة، وكذلك تعلم رسم القطع الناقص بطريقة المستطيل أو المتوازي أضلاع وطريقة الدائرتين متحدتي المركز. ولا يتسع المجال لإعادة ذكر خطوات رسمهم في هذا الكتاب، بل يجب القيام بالتدريب على رسمهم لإتقان مهارة رسم المنحنيات.

تمرين 1-2: ارسم بمقياس رسم (1:1) القطع الناقص والمبين في الشكل رقم (1-13) بطريقة الدائرتين متحدتي المركز، علماً أن قطر الدائرة الكبيرة (100 mm) وقطر الدائرة الصغيرة (60 mm).



شكل رقم 1-13 تطبيق لتمرين رقم (2)

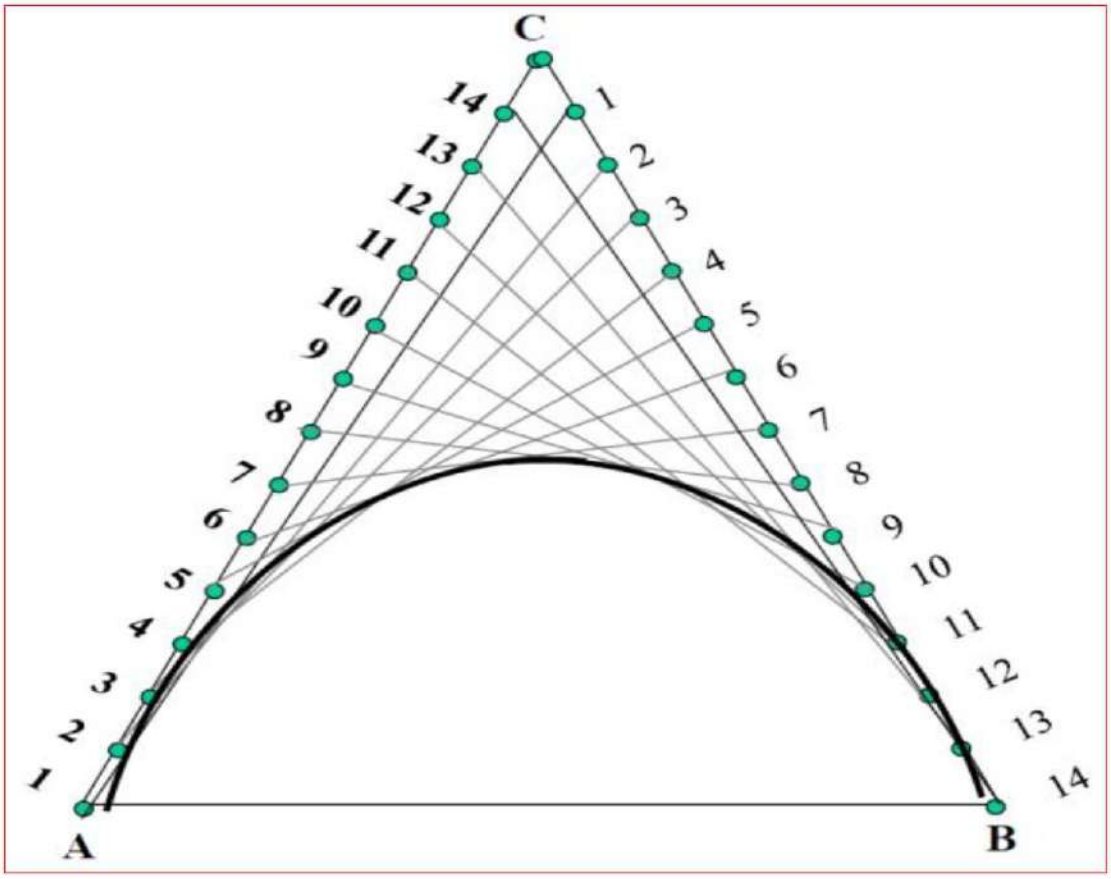
1-5-1 رسم منحني قطع مكافئ Parabolic Curve Drawing

هنالك عدة طرائق لرسم منحنيات القطع المكافئ Parabolic Curves مثل طريقة المستطيل وطريقة المماسات وطرائق أخرى، سيتم في هذا الكتاب توضيح فقط طريقة المماسات في رسم القطع المكافئ ونترك للطالب تعلم باقي الطرائق في مراحل دراسته المقبلة.

خطوات رسم القطع المكافئ بطريقة المماسات:

خطوة 1: رسم مثلث متساوي الساقين طول قاعدته (100 mm) وطول ضلعيه الجانبيين (110 mm).
خطوة 2: تقسيم ضلعي المثلث الجانبية إلى عدد متساوي من التقسيمات ولتكن (14) قسم، ومن ثم ترقم باتجاهين متعاكسين، (كلما كان عدد التقسيمات أكثر كلما زادت دقة رسم المنحني).
خطوة 3: توصيل النقاط المتشابهة بخطوط فاتحة جداً.
خطوة 4: رسم المنحني بحيث يكون مماس لتلك الخطوط من نقاط تقاطع الخطوط.

الشكل رقم (1-14) يبيّن رسم القطع المكافئ بطريقة المماسات.



شكل رقم 1-14 رسم القطع المكافئ بطريقة المماسات

أما في حالة رسم منحنيات غير قياسية فيجب معرفة نقاط تلك المنحنيات ومن ثم استخدام مساطر المنحنيات البلاستيكية أو مسطرة المنحني المرن لتوصيل النقاط المؤشرة والحصول على المنحني المطلوب، ولا بد من التذكر بأنه يجب تأشير نقاط عديدة متقاربة لغرض الحصول على منحني دقيق.

6-1 رسم الزخارف والرموز Symbols and Motifs Drawing

يمكن تعريف هندسة المساحة بشكل مبسط بأنها علم وفن يبحث بالطرائق المختلفة لتمثيل سطح الأرض بتفاصيلها الطبيعية والبشرية كافة، ومن ثم رسم تلك التفاصيل برموز متعارف عليها دولياً بمرتسمات مساحية خاصة أو على الخرائط الجغرافية والطوبوغرافية والتي ترسم بمقاييس رسم مناسبة لتتوافق مع الغرض الذي أسست عليه تلك الخرائط والمرتسمات. وتُعد الأعمال المساحية وتهيئة الرسومات الهندسية الخاصة بتلك الأعمال المهمة الأولى لمعظم المشروعات الهندسية مثل إنشاء الطرق والسكك الحديدية وشق قنوات الري والبزل وبناء القناطر والسدود والجسور وتسوية الأراضي والمشروعات العمرانية المختلفة مثل بناء المدن والمطارات والموانئ، ولا تخلو الحاجة من المرتسمات المساحية الهندسية حتى في أبسط وأدق الأعمال. فالمساحة هي أساس عمل جميع المهندسين تقريباً، ناهيك عن حاجة القوات العسكرية في عملياتها إلى الخرائط والمرتسمات المساحية المتنوعة في تهيئة مواقع الوحدات والخطط العسكرية التكتيكية والاستراتيجية.

إن أساس رسم المرتسمات الهندسية المساحية والخرائط هي كيفية تمثيل تفاصيل الأرض بالرموز والتي هي غالباً ما ترسم باليد الحرة، ولتهيئة الطالب والمتخصص في الأعمال المساحية بإتقان رسم الرموز وسرعة انجاز المرتسمات والخرائط عليه أن يتدرب كثيراً برسم الخطوط والمنحنيات باليد الحرة أو باستخدام أدوات الرسم الهندسي؛ لذا سيتم في هذه الفقرة تناول تمارين رسم خاصة بالزخارف لتحسين مهارة الطالب اليدوية بالرسم.

1-6-1 رسم الزخارف Motifs Drawing

ترسم الزخارف غالباً بتكرار عنصر تصميمي أو أكثر من عناصر الرسم الهندسي عدة مرات بالتنسيق مع بعضها البعض، وقد يكون هذا التنسيق بترتيب مكرر ومنتظم أو بدون ترتيب في بعض الأحيان. النمط السهل هو الذي يتحد فيه كل عنصر داخل التصميم (بغض النظر عن عدد مرات تكراره) لتكوين وحدة متكاملة. وهذا النمط مطبق على تصاميم كثيرة مثل أعمال البناء كالواجهات الخارجية والأبواب والشبابيك والديكورات الداخلية وورق الجدران. ويعتمد التصميم في معظم الأحيان على الألوان ونوعية المادة، فضلاً عن تصاميم العناصر والأشكال.

يستطيع الطالب أن يؤدي تمارين رسم الزخارف المذكورة في هذا الكتاب أو أي زخارف يتمكن من رسمها وبمقاييس رسم مناسبة، ولا ضير من استخدام الألوان الخشبية لإظهار جمالية الزخارف المرسومة. وسيتم إعطاء تمارين للطالب برسم بعض الزخارف في نهاية هذا الفصل.

2-6-1 رسم الرموز Symbols Drawing

تُستخدم الرموز في المرتسمات المساحية والخرائط الطوبوغرافية لتحديد التفاصيل والسمات الطبيعية والبشرية، وتكون الرموز بأشكال وألوان مختلفة لتمثيل تلك السمات بشكل فريد على الخارطة. تشمل التفاصيل الطبيعية المياه مثل (الأنهار والجداول والبحيرات والمستنقعات والأراضي الرطبة) والتضاريس مثل (الجبال والوديان والأودية وغيرها من التضاريس) والنباتات مثل (الغابات والبساتين والحقول الزراعية)، وتشمل تمثيل السمات البشرية مثل المعالم الأثرية والأماكن السياحية والمنشآت المختلفة وخطوط السكك الحديدية والطرق وغيرها. يتم رسم بعض الرموز والحروف يدوياً دون استخدام أدوات الرسم الهندسي.

إن الرموز المستخدمة في الخرائط والمرتسمات المساحية كثيرة جداً ومعظمها رموز دولية تستخدم في معظم بلدان العالم، ومع هذا يتم عادةً وضع مفتاح (دليل) للخارطة أو المرتسم ويمثل مفتاح للرموز المستخدمة ويثبت في مكان محدد على حدود الخارطة، يوضّح المفتاح الرموز المستخدمة بشكل مفصل، وقد تحتوي الخرائط على رموز مختلفة قليلاً لنفس السمة أو الميزة. مع مرور الوقت أصبحت الخرائط أكثر تفصيلاً وأضيفت رموز جديدة للتضاريس الأرضية المختلفة والمعالم الطبيعية وحدود الأرض والمنشآت من صنع الإنسان والتي رسمها المساحون المختصون بذلك. تُعد الرموز الآن مستنداً معقداً يوضّح ويبيّن التفاصيل الدقيقة داخل كل فئة من السمات والمعالم الطبيعية والبشرية.

سيتم في الفصل الثالث من هذا الكتاب شرح مفصل لتمثيل الرموز بالخرائط الطوبوغرافية وطريقة رسمها، ومع هذا سيتم في هذه الفقرة استعراض أهم الرموز الطوبوغرافية شائعة الاستخدام والمبيّنة بالجدول رقم (1-2).

جدول 1-2 أهم الرموز الطوبوغرافية شائعة الاستخدام

ت	التمثيل	رسم الرمز
1	منشآت أبنية	
2	مطار ، مهبط ، ساحة وقوف أو مدرج الطائرات	
3	قناة	
4	بحيرة أو بركة	
5	بحيرة جافة	Dry Lake

تمارين الفصل الأول

ت1) اكتب بالخط الكوفي الهندسي ما يأتي: اسمك بالكامل ، اسم الإعدادية ، الصف والاختصاص.

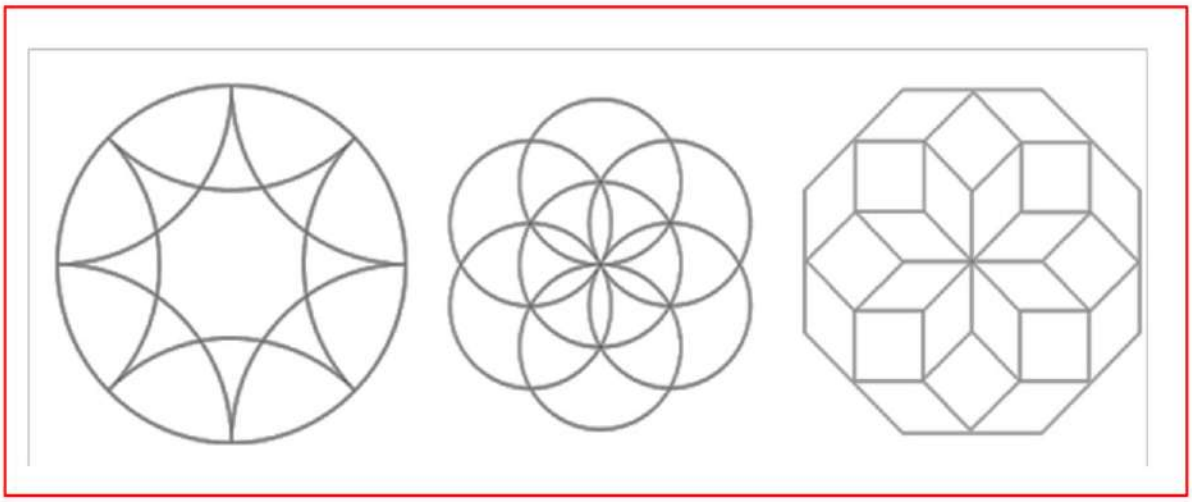
ت2) اكتب بالخط القطبي المستخدم بالرسومات الهندسية ما يأتي:

Ministry of Education , Vocational Education , Industrial Branch , Surveying

ت3) ارسم رسماً هندسياً ثلاث منحنيات باستخدام أدوات الرسم الهندسي ومساطر المنحنيات البلاستكية والمرنة وحسب المعلومات الآتية:

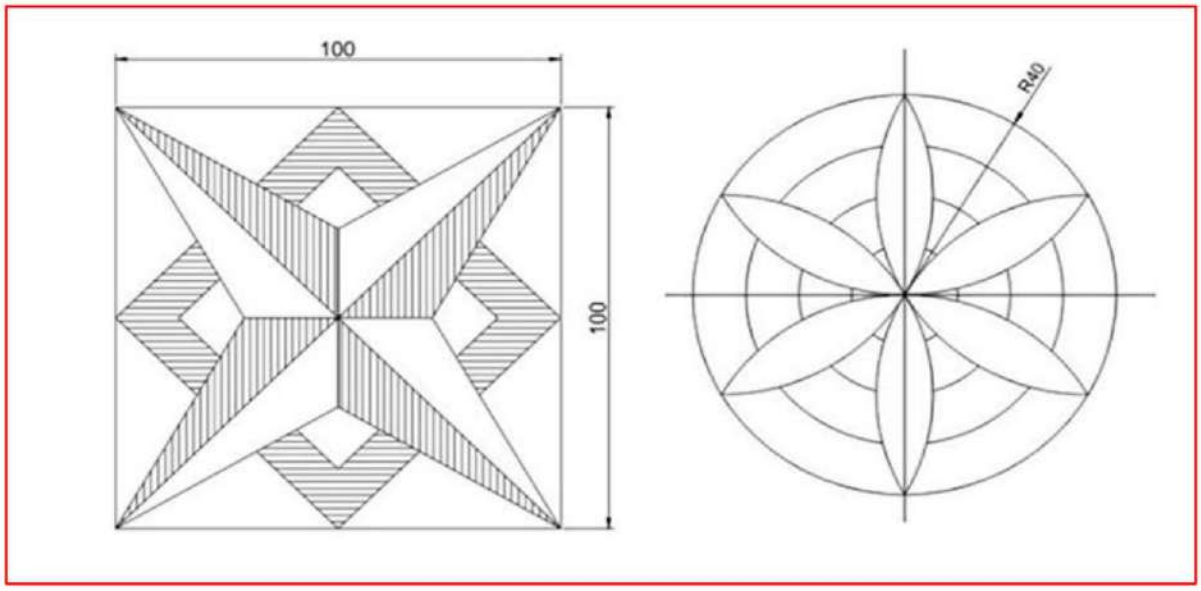
1. منحني بسيط نصف قطره (100 mm) ويمس خطين مستقيمين متقاطعين الزاوية المحصورة بينهما (120^o).
2. منحني مركب بنصف قطرين مختلفين أحدهما (80 mm) والآخر (120 mm) ويمس خطين مستقيمين متقاطعين الزاوية المحصورة بينهما (150^o).
3. منحني متعاكس نصف قطره الأول (120 mm) والآخر (80 mm) والزاويتين المحصورة بين خطي التماس والمماس المشترك تساوي (150^o).

ت4) ارسم الزخارف المرسومة بالشكل رقم (1-15) أدناه بمقياس رسم تكبير (1:2)، مستعيناً بأدوات الرسم الهندسي والفرجال فقط.



شكل 1-15 تمرين رقم (4)

ت5) ارسم الزخارف المرسومة بالشكل رقم (1-16) أدناه بمقياس رسم (1:1)، مستعيناً بأدوات الرسم الهندسي والفرجال فقط.



شكل 1-16 تمرين رقم (5)

الفصل الثاني
مقياس الرسم وأنواعه
Scale and its Types

1-2 المقياس المباشر Direct Scale

يُعرف مقياس الرسم على انه النسبة بين المسافة على الخريطة وما يقابلها من مسافة على الأرض، وهو عنصر أساسي من عناصر الخريطة، إذ أنه يعمل على تصغير الظاهرة الطبيعية بحيث تصبح ذات حجم أصغر من الحجم الأساسي في الطبيعة والذي يمكن تمثيله ورسمه على الورق. تُعد طريقة المقياس المباشر من أبسط الطرائق لتمثيل المقاييس. يمكن التعبير عن مقياس الخريطة في هذه الطريقة بشكل مكتوب أو ما يسمى (بالمقياس اللفظي) مثل 1 سم يساوي 10 كيلومتر (كم)، وهذا يعني أن 1 سم على الخريطة يمثل 10 كيلومترات من المسافة المقابلة على الأرض.

مثال 2-1: إذا كان طول طريق معين 1500 متر، وطول هذا الطريق على الخريطة 3 سم، ما هو مقياس رسم الخريطة (المقياس اللفظي)؟

الحل:

إذا كانت 3 سم على الخريطة تمثل 1500 متر على الأرض، فهذا يعني أن مقياس الخريطة يمكن تمثيله كالاتي:

$$Scale = \frac{3\ cm}{1500\ m} = \frac{3\ cm}{150\ 000\ cm} = \frac{3}{150\ 000} = \frac{1}{50\ 000}$$

إي أن: 1 سم يمثل 500 متر

أو 1 سم يمثل 50 000 سم

مثال 2-2: إذا علمت أن مقياس خريطة معينة كان 1 سم على الخريطة يمثل 7 كم على الأرض،

(أ) احسب المسافة الفعلية بالكيلومترات لمسافة ممثلة بـ 5 سم على الخريطة.

(ب) احسب المسافة على الخريطة إذا كانت المسافة الفعلية 56 كم.

(ج) إذا كانت هناك خريطة أخرى، حيث يتم تمثيل نفس المسافة البالغة 56 كم بـ 4 سم، فأوجد مقياس هذه الخريطة الجديدة (المقياس اللفظي).

الحل:

(أ) مقياس الخريطة هو كل 1 سم يمثل 7 كم.

إذاً المسافة الفعلية = 5 × 7 = 35 كم

(ب) يتم حساب المسافة على الخريطة كالاتي:

مقياس الخريطة هو كل 1 سم يمثل 7 كم.

المسافة على الخريطة = 56 ÷ 7 = 8 سم

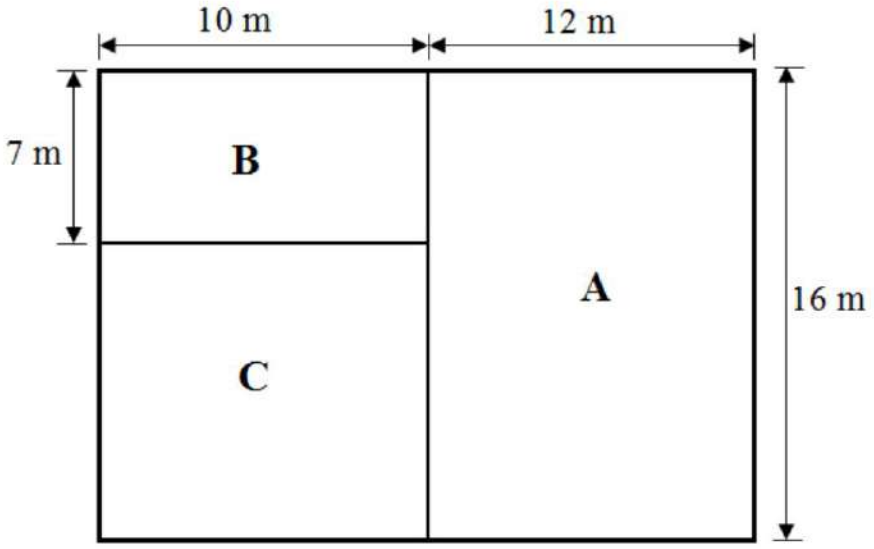
(ج) يمكن حساب مقياس الخريطة الثانية كالاتي:

المسافة على الأرض = 56 كم

المسافة على الخريطة = 4 سم

مقياس الخريطة = 4 سم تمثل 56 كم **أو** 1 سم يمثل 14 كم

تمرين 2-1: رسم مخطط لجزء من الطابق الأرضي لدار سكني الموضح بالشكل رقم (2-1) بمقياس رسم معين (مقياس بشكل مكتوب)، إذا علمت أن طول الجزء A على الخريطة يساوي 4 سم.



الشكل 2-1 يوضح مخطط الطابق الأرضي لدار سكني

ممكن إنجاز التمرين أعلاه من خلال اتباع الاتي:

(أ) يتم حساب مقياس الرسم من خلال مقارنة الطول الحقيقي للجزء A مع طول هذا الجزء على الخريطة ويتم تمثيله كتابياً (لفظياً).

(ب) يتم حساب المساحة الحقيقية للأجزاء A ، B ، C من خلال الأبعاد الحقيقة لهذه الأجزاء والمؤشرة على المخطط.

(ج) رسم المخطط أعلاه على ورقة رسم باستخدام أدوات الرسم الهندسي المناسبة وحسب المقياس الذي تم حسابه بالفقرة (أ).

2-2 المقياس النسبي Fractional Scale

بالإمكان استخدام المقياس النسبي كطريقة للتعبير عن العلاقة النسبية ما بين مسافة الخريطة والمسافة الأرضية أو المسافة على سطح الأرض، فعلى سبيل المثال لو كان هنالك مقياس نسبي مقداره 1000/1 فهذا يعني أن وحدة قياس واحدة على الخريطة تمثل 1000 وحدة على الأرض. من الأمور المهمة التي يجب أن يتم تذكرها دائماً أن كلا قيمتي الكسر (البسط والمقام) يجب أن يكون لهما نفس وحدات القياس، مثل 1 سم تمثل 1000 سم، أو 1 إنج تمثل 1000 إنج.

مثال 2-3: إذا كانت المسافة الفاصلة بين مدينتين 410 كم، في حين أن المسافة على الخريطة بين نفس المدينتين 41 سم، فما هو مقياس رسم الخريطة ممثلاً بشكل نسبي؟

الحل: يجب أولاً توحيد الوحدات قبل حساب المقياس

1 كم = 1000 م

1 م = 100 سم

1 كم = 100 000 سم

ممكن تحويل المسافة الفاصلة بين المدينتين من كم إلى سم كالاتي:

410 كم = 410 × 100 000 = 41 000 000 سم

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{\text{المسافة على الخريطة}}{\text{المسافة على الارض}}$$

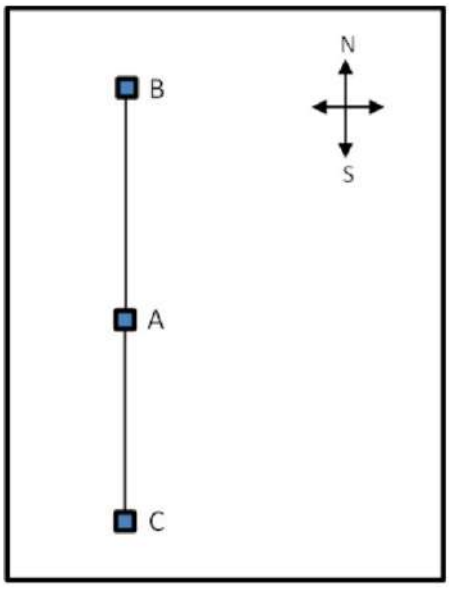
$$= \frac{41}{41\,000\,000}$$

يتم تقسيم البسط والمقام على 41 ليصبح البسط مقداره 1

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{1}{1\,000\,000}$$

مثال 2-4: إذا كانت المسافة الفاصلة بين المحطات A ، B ، C موضحة بالجدول أدناه، وكانت المحطة B تقع شمال المحطة A والمحطة C تقع جنوب المحطة A، احسب مقياس الرسم المناسب (المقياس النسبي).

المحطات	المسافة الحقيقية (متر)	المسافة على الخريطة (سم)
A-B	300	3
A-C	200	2



الحل:

المسافة الحقيقية الكلية من المحطة B إلى المحطة C يمكن حسابها كالاتي:

300 + 200 = 500 متر

المسافة الكلية على الخريطة من المحطة B إلى المحطة C يمكن حسابها كالاتي:

3 + 2 = 5 سم

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{5}{50\,000} = \frac{1}{10\,000}$$

تمرين 2-2: رسم تخطيطي للطابق الأرضي لدار سكني معين كما موضح بالشكل رقم (2-2)، المطلوب الآتي:

1. حساب مقياس الرسم الكسري للمخطط ، إذا علمت أن طول ضلع المربع الصغير (في المخطط) يساوي 0.5 سم والطول الحقيقي لجدار الغرفة العائلية 4.5 متر.
2. رسم المخطط على ورقة الرسم وحسب المقياس الذي تم حسابه بالفقرة أعلاه.

الشكل 2-2 مخطط لدار سكني

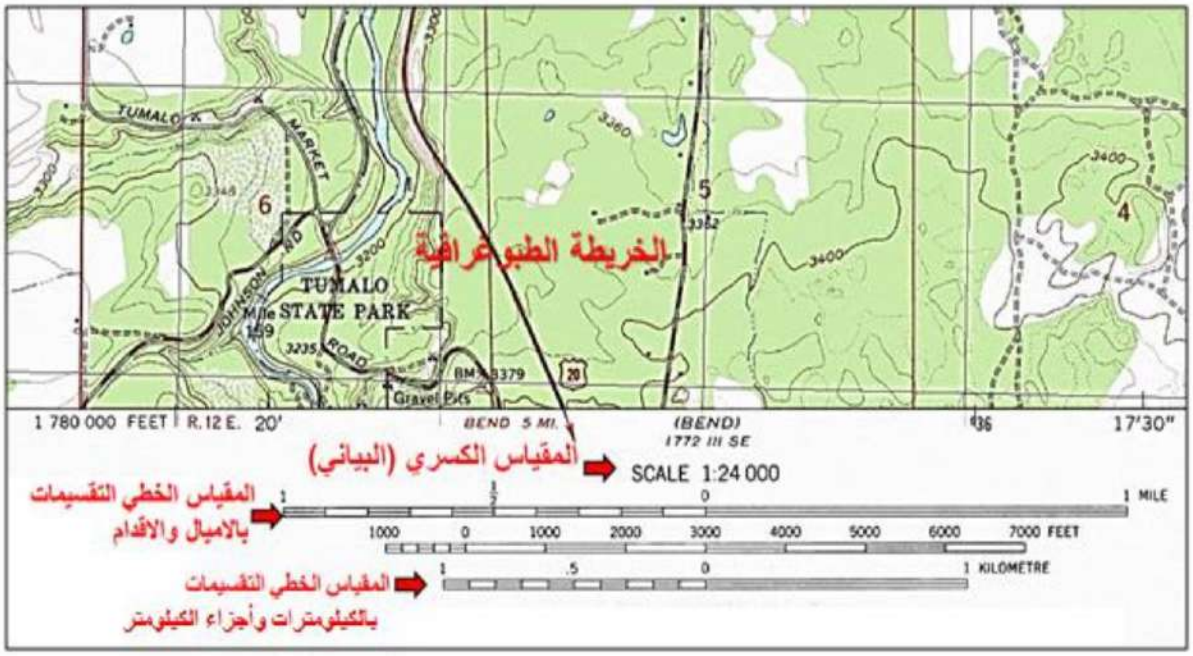
(أ) يتم حساب مقياس الرسم من خلال مقارنة الطول الحقيقي لجدار الغرفة العائلية (4.5 متر) مع البعد على الخريطة (والذي يساوي ست مربعات صغيرة أي ما يساوي 3 سم)

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{3 \text{ سم}}{4.5 \text{ متر}} = \frac{3}{450} = \frac{1}{150}$$

(ب) يتم رسم المخطط أعلاه على ورقة رسم باستخدام أدوات الرسم الهندسي المناسبة وحسب المقياس المحسوب، إذ تُرسم المربعات الداخلية بقلم رصاص افتح من الحدود الخارجية للغرفة والباب والشبابيك.

3-2 المقياس الترسيمي الخطي Linear Graphical Scale

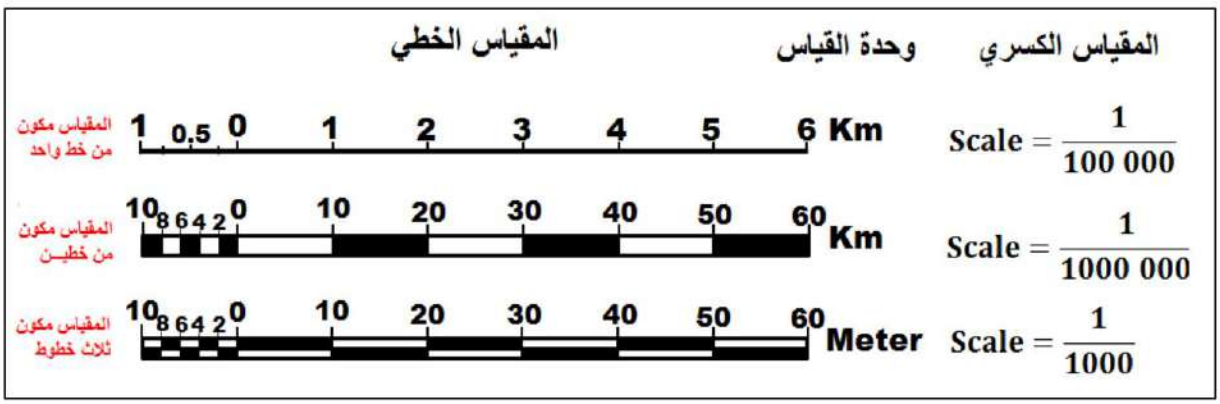
يُعرف المقياس الترسيمي الخطي (Linear Graphical Scale) بأنه خط مستقيم مدرج يرسم عادةً على الهامش الأسفل للخريطة بطول مناسب مساوي لربع طول الخريطة أو أكثر بقليل (غالباً ما يكون طول المقياس (10 cm))، ويكون المقياس الخطي مقسم إلى وحدات تدرجات قياسية متساوية. تمثل هذه الوحدات أو التقسيمات المسافة على الأرض وتكون وحدات التدرج أما بالكيلومترات أو بالأميال أو أجزاء أو مضاعفات أي منها، وكما موضح بالشكل رقم (2-3) ويفضل أن يبدأ ترقيم المقياس الخطي من اليسار وتتزايد الأرقام باتجاه اليمين ويترك القسم الأول الأيسر للتقسيمات الثانوية.



شكل 2-3 موقع المقياس الكسري والخطي في الخريطة الطبوغرافية.

وقد يرسم المقياس الخطي بأشكال مختلفة لأغراض جمالية في تصميم المقياس فبدلاً من رسم المقياس بخط واحد يرسم بخطين متوازيين، وتوضح خطوط الترقيم في أسفل المقياس أو على شكل ثلاث خطوط متوازية بمسافة فاصلة (2-4 mm) بين كل خطين متوازيين. ويتم تظليل المسافة بين خطوط المقياس بحسب ذوق مصمم المقياس، وكما مبين بالشكل رقم (2-4) .

ويمتاز هذا النوع من المقاييس بأنه يحافظ على دقة القياسات على الخريطة ويقلل من الأخطاء الناجمة عن تمدد وانكماش ورق الخريطة نتيجة تأثره بالرطوبة والعوامل الجوية الأخرى لأنه يتأثر بنفس القدر من التشوه الحاصل على ورق الخريطة لأنه مرسوم على نفس ورق الخريطة، ويُعد جزء منها، كذلك لا يتأثر المقياس بتكبير أو تصغير الخريطة لأن المقياس يكبر أو يصغر بنفس النسبة لأنه جزء من تلك الخريطة. ويستخدم المقياس من خلال قياس المسافة المطلوبة بين نقطتين علي الخريطة، بالفرجال مثلاً، ثم تطبيقها على المقياس الخطي لمعرفة البعد بينهما على الخريطة وعلى سطح الأرض مباشرة.



شكل 2-4 أشكال المقياس الخطي

تمرين 2-3: ارسم مقياس ترسيمي خطي بسيط بطول (10 cm) بشكل خطين متوازيين على أن يكون كل خط (1 cm) على المقياس يقابل (100 m) على الأرض، وبيّنْ مقدار دقة المقياس (مقدار قراءة أقل تدرج بالمقياس)، ثم بيّنْ عليه المسافة (680 m).

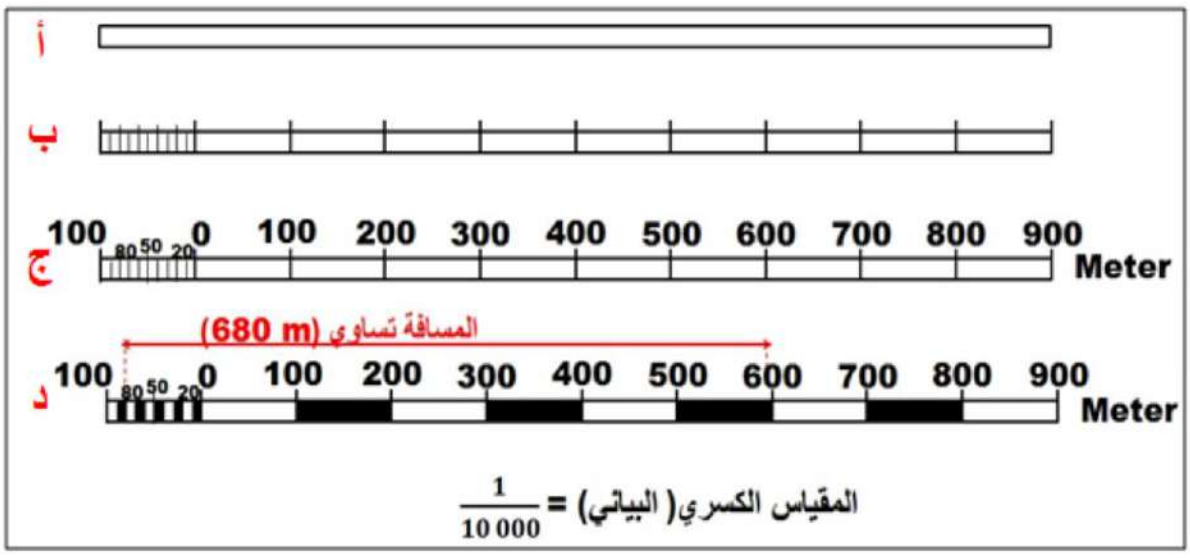
الحل: خطوات الحل موضحة بالشكل (2-5) وتتضمن الآتي:

1. ارسم في منتصف ورقة الرسم مستطيل يمثل خط المقياس بطول (10 cm) وارتفاع (4 mm)، كما في الشكل رقم (2-5 أ).
2. قسم الخط المستقيم إلى عشرة أقسام رئيسة متساوية طول كل قسم (جزء) مساوي إلى (1 cm). ووفقاً لمضمون سؤال التمرين كل جزء من هذه الأجزاء سيكون مقابل إلى (100 m) متر على الأرض، كما في الشكل رقم (2-5 ب).
3. يتم ترقيم الأجزاء الرئيسة من الصفر لغاية التسعمائة مع ترك قسم واحد يسار الصفر يقسم إلى أجزاء ثانوية، بالإمكان أن يكون طول كل جزء (1 mm) والذي يقابل (10 m) على الأرض.
4. ثم ترّقم الأجزاء الرئيسة والفرعية وفقاً لما تقابله على الأرض، كما في الشكل رقم (2-5 ج).
5. لاستخراج قراءة أقل تدريج للمقياس تطبق المعادلة الآتية والتي تبين بأن أقل قراءة للمقياس تساوي (10 m).

أقل قراءة للمقياس = وحدة المقياس البسيط (قيمة كل قسم رئيسي بالمقياس) ÷ عدد الأقسام الفرعية للمقياس

أقل قراءة للمقياس = 100 m ÷ 10 = 10 m

6. القيام بتظليل أجزاء المقياس وتمثيل المسافة (680 m) عليه، كما في الشكل رقم (2-5 د).



الشكل 2-5 خطوات رسم المقياس الخطي

4-2 تصنيف مقاييس الخرائط Classification of Maps Scales

هنالك أنواع عديدة من المقاييس التي تستخدم في علم الخرائط ويمكن تصنيفها إلى صنفين رئيسين هما:

أ- **المقاييس العددية**

ب- **المقاييس التخطيطية**

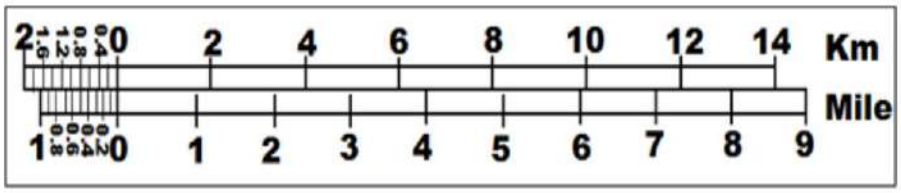
أ- **المقاييس العددية:** لقد تم شرح هذا النوع من المقاييس في بداية هذا الفصل، إذ تكون المقاييس العددية بعدة أنواع وهي:

1. **المقياس الكسري أو البياني:** ويكتب هذا النوع من المقاييس بهيئة كسر بياني مثلاً $(\frac{1}{1000}$ ، $\frac{1}{100})$.
2. **المقياس النسبي:** ويكون هذا المقياس بهيئة نسبة مثلاً (1:1000 ، 1:100).
3. **المقياس الكتابي أو المباشر:** ويعرض هذا النوع من المقاييس وحدة القياس على الخريطة وما يقابلها على الأرض بشكل كتابة مثلاً (كل واحد سنتمتر على الخريطة يقابل عشرة أمتار على الأرض).

ومن أهم عيوب المقاييس العددية أنها تُعد غير دقيقة في حالة تعرض الخريطة إلى الانكماش أو التمدد بفعل الرطوبة أو سوء الخزن. ولابد أيضاً من تغيير المقياس العددي في حالة تكبير أو تصغير الخريطة.

ب- **المقاييس التخطيطية:** وهي عبارة عن خطوط مستقيمة ترسم على الخريطة بطول مناسب وتكون مقسمة إلى وحدات قياسية متساوية، ويمتاز هذا النوع من المقاييس بأنها لا تتأثر بتمدد أو انكماش الخريطة نتيجة الرطوبة أو المؤثرات الجوية الأخرى لأن هذا النوع من المقاييس هو جزء من الخريطة ومرسوم على نفس ورق الخريطة. وهنالك أنواع عدة مستخدمة من المقاييس التخطيطية، ومن أهمها الأنواع الآتية:

1. المقياس الترسيمي الخطي البسيط (Linear Graphical Scale): وقد تم شرح هذا النوع بشكل مفصل بالفقرة (2-3).
2. المقياس المقارن (Comparative Scale): يجمع هذا النوع من المقاييس الخطية بين مقياسين خطيين لهما نفس قيمة المقياس الكسري وبنظامي وحدات مختلفين، مثلاً يجمع بين نظام الوحدات العالمي (المتري) ونظام الوحدات البريطاني على نفس خط المقياس، وكما هو مبين بالشكل رقم (2-6). إذ يتم تقسيم خط المقياس من الأعلى إلى السنتمترات وترقم عليها ما يقابلها من كيلومترات أو امتار على الأرض. بينما يتم تقسيم أسفل خط المقياس إلى بوصات (إنجات) وما يقابلها من أميال أو أقدام (فوت) على سطح الأرض. ويفضل أن يكون الصفر مشترك بين النظامين العالمي والبريطاني، أما بقية التقسيمات فتكون مختلفة بين النظامين. وبالإمكان في هذا النوع من المقاييس قراءة المسافة المقاسة من الخريطة على ما يقابلها بالطبيعة بنظامي وحدات مختلفين، مثلاً يمكن معرفة مقدار المسافة المقاسة بالكيلومترات وبالأميال بنفس الوقت.



الشكل 2-6 المقياس المقارن

تمرين 2-4: إذا كان المقياس الكسري للخريطة يساوي $\frac{1}{100\,000}$ ، صمم مقياس مقارن تكون تقسيماته من الأعلى بنظام الوحدات العالمي (المتري) ويكفي لقياس مسافة بطول (16 km) وتكون تقسيمات المقياس من الأسفل بنظام الوحدات البريطاني ويكفي لقياس مسافة بطول (10 mile)، علماً بأن الميل الواحد = (1.609 كم)، وكذلك الكيلو الواحد = 100 000 سنتمتر.

الحل:

1. استخرج طول المقياس (L) بوحدة السنتمتر والكافي لقياس مسافة بطول 16 km بالاعتماد على مقياس الخريطة الكسري $\frac{1}{100\,000}$ وكما يأتي:

$$L = 16 \times 100\,000\ cm \times \frac{1}{100\,000} = 16\ \text{cm}$$

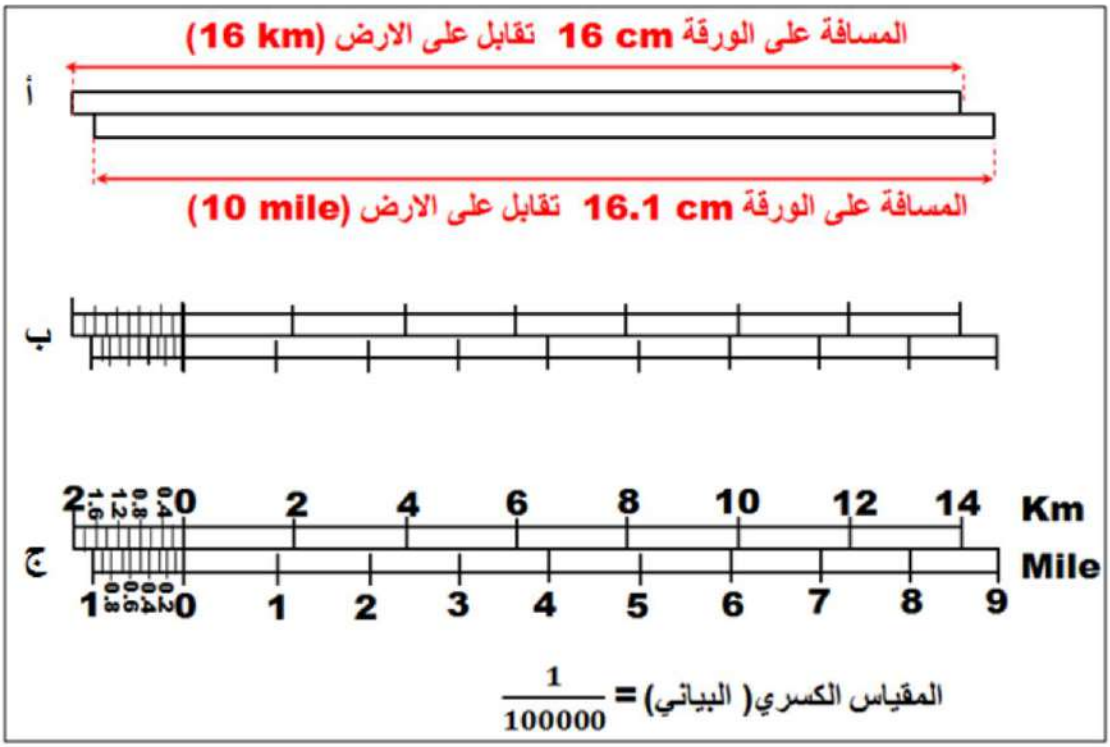
لقد تم ضرب طول المسافة (16 km) بـ (100 000) لغرض تحويل الطول لوحدة السنتمتر (cm)

2. ارسم الجزء العلوي من مقياس الرسم المقارن والمخصص لنظام الوحدات العالمي على شكل مستطيل بطول (16 cm) وعرض (4 mm)، ثم قم بتقسيمه إلى 8 أقسام متساوية طول كل قسم على الورقة (2 cm) والذي يقابل على الأرض (2 km)، كما في الشكل رقم (2-7 أ).
3. اترك الجزء الأول من المقياس للتقسيمات الثانوية ورقم المقياس، كما في الشكل رقم (2-7 ب).
4. استخرج طول المقياس (L) بوحدة السنتمتر والكافي لقياس مسافة بطول 10 ميل بالاعتماد على مقياس الخريطة الكسري $\frac{1}{100\,000}$ وكما يأتي:

$$L = 10 \times 160\,900\ cm \times \frac{1}{100\,000} = 16.1\ \text{cm}$$

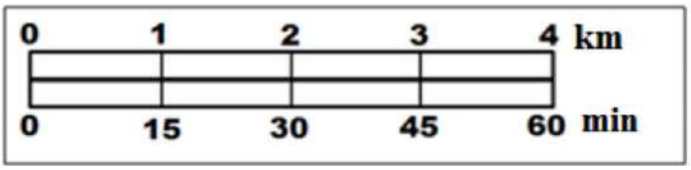
لقد تم ضرب طول المسافة (10 mile) بـ (160 900) لغرض تحويل الطول لوحدة السنتمتر (cm)

5. ارسم الجزء الأسفل من مقياس الرسم المقارن والمخصص لنظام الوحدات البريطاني على شكل مستطيل بطول (16.1 cm) وعرض (4 mm)، ثم قم بتقسيمه إلى 10 أقسام متساوية باستخدام طريقة تقسيم الخط المستقيم التي تم شرحها وسيكون كل قسم من هذه الأقسام يقابل على الأرض (1 mile).
6. اترك الجزء الأول من المقياس للتقسيمات الثانوية ورقم المقياس كما في الشكل رقم (2-7 ج).



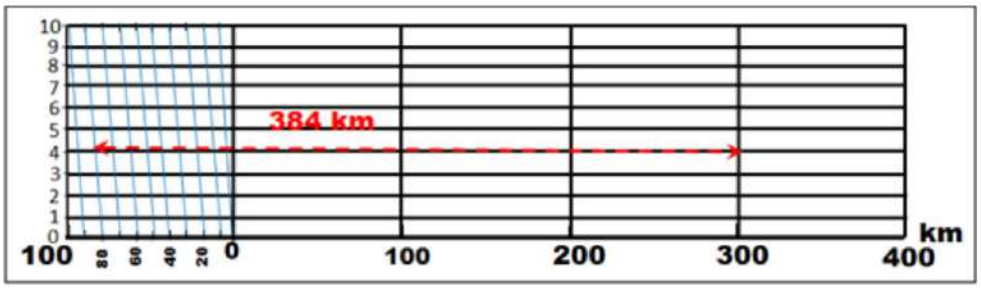
الشكل 2-7 خطوات رسم المقياس المقارن

3. **المقياس الزمني**: هنالك تشابه كبير بين المقياس الزمني والمقياس المقارن، إذ يستند على فكرة مقارنة وحدات قياس المسافة على الأرض مع الوحدات الزمنية، وكما مبين بالشكل رقم (2-8). يتكون المقياس الزمني من مقياس خطي في الأعلى مخصص لقراءة المسافات ومقياس زمني في الأسفل لبيان الوقت اللازم لقطع تلك المسافة بافتراض سرعة ثابتة للسير. فمن الشكل يتبين بأن الزمن المستغرق لقطع مسافة (1 km) يساوي (15) دقيقة (min).



الشكل 2-8 المقياس الزمني

4. **المقياس الشبكي (Diagonal Scale)**: يُعد المقياس الشبكي من أكثر المقاييس دقة وسمي بالمقياس الشبكي لان الجزء الأول من المقياس مقسم إلى أقسام ثانوية وتلك الأقسام الثانوية أيضاً تكون مقسمة بشكل عمودي إلى عشرة أقسام فرعية بدقة كبيرة مما أعطت للمقياس دقة في القياس وشكل شبيه بالشبكة كما مبين بالشكل رقم (2-9). وقد تم إنشاء هذه الشبكة بالمقياس لمضاعفة دقة قراءة المسافات المقاسة من الخريطة، إذ تصل دقة المقياس الشبكي إلى مرتبتين أصغر من المرتبة الرئيسة، ففي هذا الشكل يلاحظ أن المرتبة الرئيسة تعادل الأمتار وستكون الوحدات الثانوية تعادل الدسميتر والأقسام الفرعية تعادل السنتمتر.



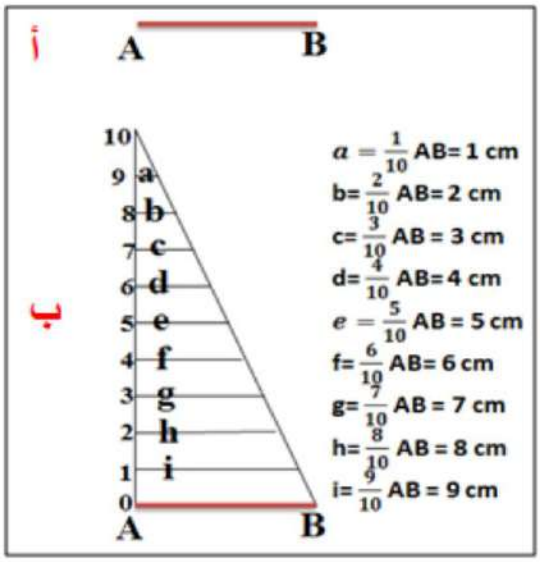
الشكل 2-9 المقياس الشبكي

إن فكرة إنشاء هذا المقياس هي نظرية تشابه المثلثات والخط الذي يقطع المستقيمات المتوازية والتي بينها أبعاد متساوية وهي نظرية هندسية بسيطة وبالإمكان توضيحها بشكل مبسط من خلال المثال الآتي:

مثال 2-5: الخط (AB) طوله يساوي (10 cm)، المطلوب تقسيم هذا الخط إلى تسعة أجزاء بحيث تكون أطوالها تساوي ($\frac{1}{10}$ ،$\frac{2}{10}$ ،.. ،$\frac{9}{10}$) من مقدار طول الخط (AB).

الحل: يتم اتباع نظرية تشابه المثلثات لحل هذا المثال والمبينة بالشكل رقم (2-10) وتتضمن الآتي:

1. رسم الخط (AB) بطول (10 cm) كما في الشكل رقم (2-10 أ).
2. إقامة عمود على الخط (AB) من النقطة A بطول مناسب يمكن تقسيمه إلى عشرة أقسام بسهولة وليكن طول العمود مساوي إلى (5 cm)، ويتم تقسيم العمود إلى عشرة أقسام متساوية، وكما مبين بالشكل رقم (2-10 ب).
3. توصيل نهاية العمود والنقطة B لغرض تكوين مثلث قائم الزاوية في A.
4. رسم خطوط موازية للخط (AB) من الأقسام التي تم تأشيرها على الخط العمودي، وكما مبين بالشكل رقم (2-10 ب). وتسمى هذه الأقسام التسعة بالتسلسل من (a) إلى (i). إذ سيكون طول الخط (a) = $\frac{1}{10}$ من طول الخط AB = 1 cm، وتكون أطوال بقية الخطوط كما موضح بالشكل رقم (2-10 ب).



شكل 2-10 تقسيم الخط إلى تسعة أعشار

تمرين 2-5: قطعة أرض مربعة طول ضلعها (1000 km) تم رسمها على خريطة فكان طول ضلع تلك القطعة (40 cm). المطلوب:

1. استخرج المقياس النسبي لتلك الخريطة.
2. صمم مقياس شبكي للخريطة بطول (20 cm) بحث تكون أقل قراءة له تساوي (1 km)
3. مثل على المقياس المسافة الأرضية التي طولها (467 km).

الحل:

1. لاستخراج المقياس النسبي حسب المعطيات فأن:

كل 40 سنتمتر على الخريطة تقابل 1000 كم على الأرض ، $40\ cm = 1000\ km$
وبقسمة الطرفين على عشرة يصبح كل 4 سم على الخريطة يقابل 100 كم على الأرض، وبعدها يتم توحيد الوحدات من خلال تحويل البعد على الأرض 100 كم إلى السنتمتر، وكما يأتي:

$4\ cm : 100\ km$

$4\ cm : 100 \times 100\ 000\ cm$ (1 نقسم الطرفين على 4 ليكون الجانب الأيسر للمقياس يساوي 1)
$1\ cm : 2\ 500\ 000\ cm$

إذاً المقياس النسبي بعد اختصار الوحدات المتشابه (cm) من الطرفين يساوي:

$1 : 2\ 500\ 000$

2. لرسم المقياس الشبكي بطول (20 cm) وبدقة (1 km)

أ- ارسم مقياس خطي مساوي لطول المقياس الشبكي المراد تصميمه إي بطول (20 cm) على أن تكون أقل قراءة هي أقل بعشر مرات من قراءة المقياس الشبكي المطلوبة بالسؤال، فلو كانت أقل قراءة مطلوبة للمقياس الشبكي (1 km) سوف تكون أقل قراءة للمقياس الخطي (10 km).
يقسم الخط المستقيم إلى (خمسة أقسام رئيسة متساوية) طول كل قسم (جزء) مساوي إلى (4 cm)، وبحسب المقياس النسبي (1 : 2 500 000) سيكون كل 4 سنتمتر على الخريطة يقابل 100 كيلومتر على الأرض، كما في الشكل رقم (2-11 أ).

ب- يتم حساب عدد الأقسام الفرعية للمقياس الخطي الدقيق كما سبق حسابه بالتمرين رقم (3).

عدد الأقسام الفرعية = قيمة كل قسم رئيسي بالمقياس (100 km) ÷ أقل قراءة للمقياس الخطي (10 km)

عدد الأقسام الفرعية = 100 km ÷ 10 km = 10 أقسام فرعية

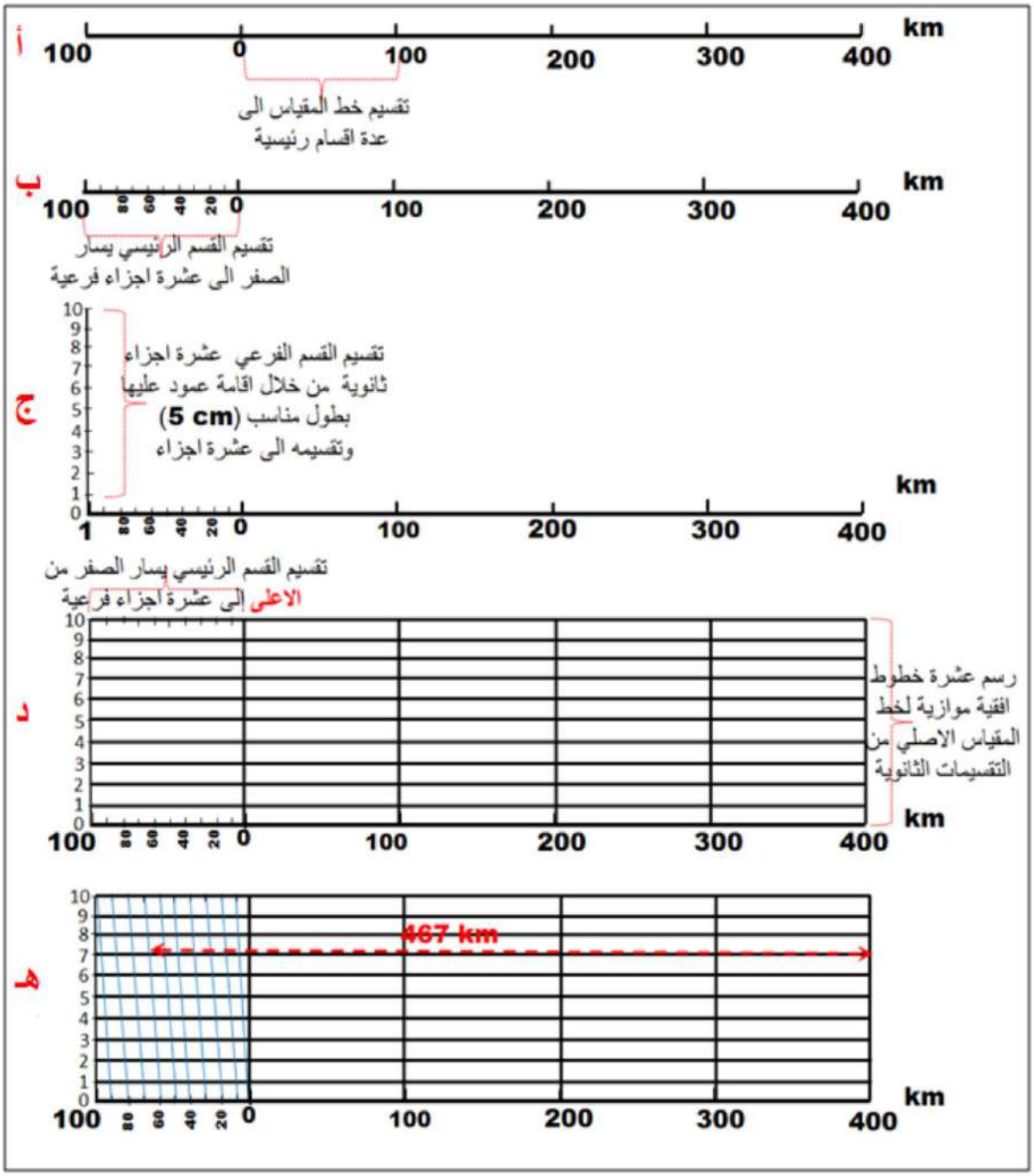
ج- يتم تقسيم القسم الرئيسي في المقياس الخطي والواقع على يسار الصفر إلى عشرة أقسام فرعية بطول (4 cm ÷ 10= 4 mm)، وكما مبين بالشكل رقم (2-11 ب)، إذ ستكون قيمة كل قسم فرعي تقابل (10 km) على الأرض الطبيعية.

د- لغرض رسم شبكة المقياس الشبكي يتم رسم خط عمودي (رأسي) بطول مناسب يسهل تقسيمه إلى عدة أقسام متساوية وليكن مساوي لـ (5 cm) على الطرف الأيسر للمقياس الخطي الذي تم رسمه ثم يقسم الخط العمودي هذا إلى عشرة أقسام متساوية ثانوية، كما في الشكل رقم (2-11 ج).

هـ- ترسم عشرة خطوط أفقيه موازية لخط المقياس الخطي الأصلي من التقسيمات الثانوية التي تم عملها على الخط العمودي على المقياس الخطي، وكما مبين بالشكل رقم (2-11 د).

و- يتم عمل شبكة المقياس بالاعتماد على نظرية (تشابه المثلثات والخط الذي يقطع المستقيمات المتوازية) من خلال رسم خطوط مائلة تصل بين التقسيمات الفرعية يسار الصفر من الأعلى مع التقسيمات يسار الصفر من الأسفل من خلال إيصال التقسيمة الفرعية الثانية من الأعلى بالتقسيمة الفرعية الأولى من الأسفل، وكما مبين بالشكل رقم (2-11 هـ).

وبذلك تم الحصول على المقياس الشبكي المطلوب بطول (20 cm) بحيث تكون دقته (1 km). ويتم بعدها تمثيل المسافة (467 km)، وكما مبين بالشكل رقم (2-11 هـ).



الشكل 2-11 خطوات رسم المقياس الشبكي

5-2 طرائق تغيير المقاييس Change Scales Methods

هنالك نوعان من التغييرات التي تحدث على مقاييس الخرائط وهي كالآتي:

أولاً: التغيير في شكل المقياس: هنالك عدة أشكال وأنواع لمقاييس الخرائط (المقاييس العددية والتخطيطية) وفي هذا النوع من التغيير يتم تحويل شكل مقياس الخريطة من نوع إلى نوع آخر مع بقاء قيمة المقياس ثابتة، مثلاً التغيير من الصيغة العددية للمقياس إلى الصيغة التخطيطية كتحويل المقياس الكسري إلى مقياس خطي، وقد تم التطرق إلى ذلك بالتمارين (من تمرين (2-3) لغاية تمرين (2-5)) أو يكون التحويل داخل نفس الصيغة مثلاً تحويل المقياس اللفظي إلى مقياس كسري أو تحويل المقياس الخطي إلى مقياس شبكي.

ثانيا: التغيير في قيمة المقياس: إن إي عملية تكبير أو تصغير تجري على أي خريطة تؤدي إلى تغيير قيمة مقياس تلك الخريطة، إذ يتطلب الكثير من الأحيان إجراء تغيير مقياس رسم الخريطة بمقياس رسم آخر لأسباب عديدة، أهمها:

- زيادة في وضوح البيانات المكانية غير الواضحة في الخريطة الأصلية.
- القيام بمطابقة وتوحيد مقياس مجموعة من الخرائط من خلال تصغير أو تكبير تلك الخرائط.
- الحاجة إلى تحديث البيانات المكانية لخرائط الأساس من خرائط ذات مقاييس أكبر أو أصغر منها.

هنالك طرائق عديدة لتغيير قيمة مقياس الخريطة منها ما هو آلي مثل استخدام أجهزة التصوير الفوتوغرافي، استخدام جهاز البنتوغراف أو استخدام أجهزة الاستنساخ الطابعات والماسحات الضوئية . ومنها ما هو يدوي تقليدي مثل طريقة المربعات، وسيتم شرح خطوات تلك الطريقة والموضحة بالشكل رقم (2-12) من خلال التمرين رقم (2-6).

تمرين 2-6: الشكل رقم (2-12 أ) يبين خريطة العراق، والتي مقياسها الكسري (R.F) يساوي $R.F = \frac{1}{12\,000\,000}$، استخدم طريقة المربعات لتكبير هذه الخريطة إلى الضعف ثم احسب مقدار المقياس الكسري الجديد.

الحل:

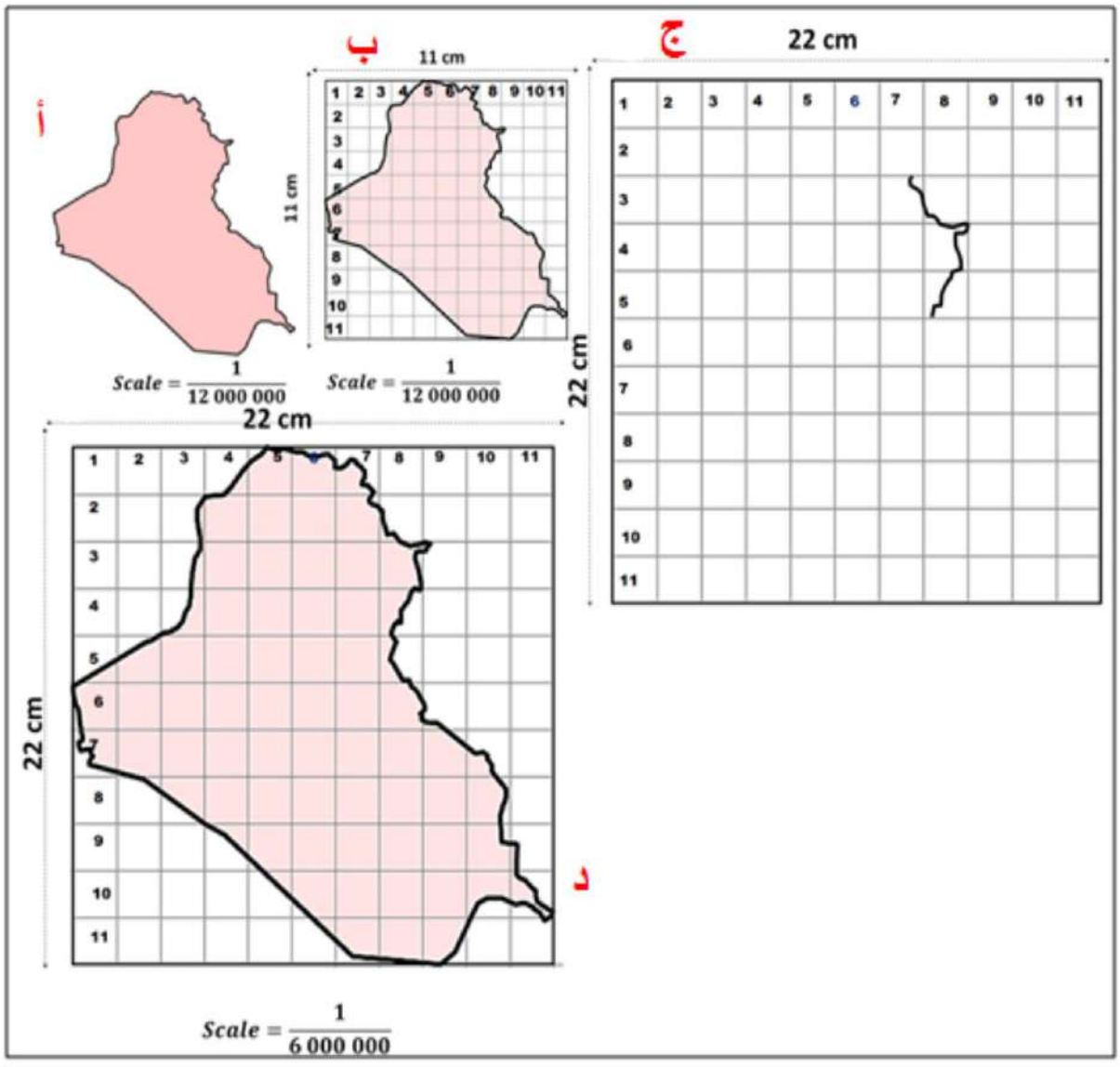
1. تقسيم الخريطة الأصلية المراد تكبيرها أو تصغيرها إلى مجموعة من المربعات المتساوية بالقياس مثلاً أبعاد كل مربع (1 cm x 1 cm)، كما موضح بالشكل رقم (2-12 ب).
2. تقسيم ورقة الرسم الفارغة المراد تكبير أو تصغير الخريطة عليها إلى عدد من المربعات مساوي لعدد مربعات الخريطة الأصلية بأبعاد مختلفة، مثلاً في حالة الرغبة بتكبير الخريطة إلى الضعف ستكون أبعاد كل مربع (2 cm x 2 cm)، أما في حالة الحاجة إلى تصغير مقياس الخريطة إلى النصف ستكون أبعاد كل مربع (0.5 cm x 0.5 cm)، كما موضح بالشكل رقم (2-12 ج). ويفضل ترقيم المربعات المرسومة على الخريطة الأصلية وعلى ورقة الرسم بالاتجاهين الرأسي والأفقي لتسهيل عملية نقل وتتبع البيانات بين الخريطتين.
3. نقل محتويات كل مربع على الخريطة الأصلية إلى ما يقابله من مربع على ورقة الرسم مع ضرورة مراعاة الدقة في نقل التفاصيل والبيانات، وكما هو مبين بالشكل رقم (2-12 ج).

4. تستخرج نسبة التصغير أو التكبير وبعدها مقياس الخريطة الجديدة باتباع الآتي:

نسبة التصغير أو التكبير = طول المربع على الخريطة الجديدة / طول المربع على الخريطة الأصلية، إذاً نسبة التكبير = $\frac{2}{1} = \frac{cm}{1\ cm}$

مقياس الخريطة الجديدة = نسبة التصغير أو التكبير x مقياس الخريطة الأصلية.

مقياس الخريطة الجديد = $\frac{1}{6\ 000\ 000} = \frac{1}{12\ 000\ 000} \times \frac{1}{2}$



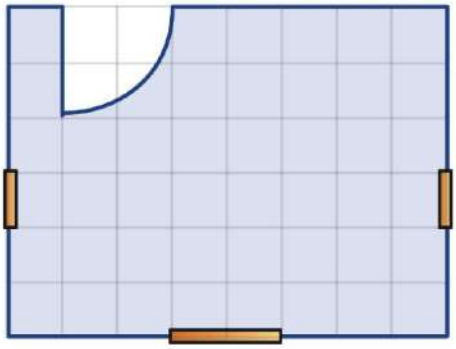
الشكل 2-12 تكبير الخريطة باستخدام طريقة المربعات

تمارين الفصل الثاني

ت1: إذا كان طول طريق معين 2500 متر على الأرض، وطول هذا الطريق على الخريطة 5 سم، فما هو مقياس رسم الخريطة (المقياس اللفظي)؟

ت2: إذا كانت المسافة الفاصلة بين مدينتين 100 كم والمسافة على الخريطة بين نفس المدينتين 2.5 سم، ما هو مقياس رسم الخريطة ممثلاً بشكل نسبي؟

ت3: المطلوب رسم المخطط الموضح بالشكل أدناه على ورقة رسم وحسب مقياس الرسم، إذا علمت أن الطول الحقيقي لضلع المربع الصغير (في المخطط) 1 متر.



$$\text{المقياس} = \frac{1}{100}$$

ت4: ارسم مقياس خطي بسيط بطول (10 cm) بشكل خطين متوازيين على أن يكون كل (1 cm) على المقياس يقابل (10 km) على الأرض. وبيّن مقدار دقة المقياس (مقدار قراءة أقل تدريج بالمقياس). وبعدها بيّن عليه المسافة (68 km).

ت5: ارسم مقياس شبكي للخريطة بطول (20 cm) بحيث تكون أقل قراءة له (1 m)، علماً بأن المقياس النسبي لتلك الخريطة هو 1 : 2 500، ثم مثل على المقياس الشبكي المسافة الأرضية التي طولها (435 m).

ت6: الشكل رقم (12-2 أ) الذي يبين خريطة العراق والتي مقياسها الكسري (R.F) يساوي $\mathbf{R.F = \frac{1}{12\,000\,000}}$، استخدم طريقة المربعات لتصغير هذه الخريطة إلى النصف ثم احسب مقدار المقياس الكسري الجديد.

الفصل الثالث
الخرائط الطبوغرافية
Topographic Maps

3–1 الخرائط الطبوغرافية ورموزها Topographic Maps & its Symbols

1- الخريطة الطبوغرافية: وهي تمثيل رسومي مفصل ودقيق للمعالم الطبيعية والاصطناعية على سطح الأرض، وتتميز الخريطة الطبوغرافية هي أن شكلها ثلاثي الأبعاد لسطح الأرض يتم رسمها على ورقة مستوية ثنائية الأبعاد، إذ يتم تمثيل البعد الثالث وهو الارتفاع باستخدام خطوط الكنتور وهي خطوط تصل بين النقاط الأرضية التي تمتلك ارتفاعات متماثلة عن مستوى سطح البحر بحيث من الممكن رسم ارتفاع الجبال وانحدار المنحدرات فيها، كما في الشكل (3-1).

الشكل 3-1 خريطة طبوغرافية

توضح الخرائط الطبوغرافية وتفسر جميع النقاط التي يتم تحديدها في مكان ما لسطح الأرض من حيث التغيرات في التضاريس والارتفاع ومدى الغطاء النباتي والمسطحات المائية والطرق والمدن وغيرها ، ويتم رسم تضاريس الأرض الطبيعية والتي تعد من اهم الظواهر على الخرائط الطبوغرافية عن طريق رسم الكثير من الخطوط الكنتورية أو التضاريس المضللة التي تستخدم فيها الألوان ويستخدم التظليل لإظهار الارتفاعات والمعالم على الخريطة التي تكون ذات شكل اقرب للواقع، وتعتمد في رسمها على عمليات وأجهزة المساحة الدقيقة .

تُعد الخرائط الطبوغرافية من الأساسيات الواجب توفرها في تصميم أي مشروع هندسي يتطلب فيه شكل الأرض والمناسيب والمنحدرات وتتراوح مقاييسها بين (20000:1) إلى (250000:1) وتختلف المقاييس حسب طبيعة العمل ودقته .

وقد أدى تطور وسائل رسم وإنتاج وطبع الخرائط إلى تطور أساليب التخطيط العلمي لإنتاج الخرائط الدقيقة ومنها الخرائط الطبوغرافية ويعتمد هذا النوع من الخرائط على العمليات المساحية الأرضية والجوية والبحرية التي يجريها أولاً المساحون ثم عملية رسم الخرائط حتى تكتمل الخريطة فتعد هذه الخريطة قاعدة بيانات أساسية للكثير من الأعمال المساحية وذلك لكثرة وتنوع البيانات العامة التي تتضمنها، وتستخدم هذه الخرائط لعدد من التطبيقات منها التخطيط الحضري وإدارة الموارد .. الخ، والخرائط الطبوغرافية متنوعة ومنها الخرائط تضاريسية وخرائط المناخ وخرائط العمران وغيرها.

يمكن أن تمثل المعالم (الظواهر) على سطح الخرائط الطبوغرافية عدد من الظواهر الطبيعية والاصطناعية (البشرية) وبرموز وإشارات واضحة . **إذ يمكن تقسيم المعالم في الخرائط الطبوغرافية إلى قسمين وهما:**

1- **المعالم الاصطناعية (البشرية)**: تمثل جميع المعالم التي هي من صنع الإنسان كالمباني والطرق وسكك الحديد وخطوط الأنابيب والمناجم والسدود ومناطق الترفيه .... الخ، وتسمى بالمعالم الحضرية.
2- **المعالم الطبيعية**: وتشمل على:
   أ- المعالم المائية: تمثل المحيطات والبحيرات والأنهار والجداول والمستنقعات.
   ب- الغطاء النباتي: يمثل الغابات والبساتين والحقول.
   ج- التضاريس: كالجبال والوديان والهضاب.

من الأمور الواجب مراعاتها عند رسم الخرائط هي:

1- يجب أن تكون الخريطة واضحة ومفهومة لمستخدميها وذلك لتحقيق الهدف الذي انتتجت من أجله هذه الخريطة.
2- الدقة في تمثيل العناصر اللازمة لأعداد الخرائط ومنها (الرموز الطبوغرافية ومقياس الرسم والإحداثيات وفهرسة الخريطة وغيرها).

2- الرموز الطبوغرافية: هي لغة الخريطة حيث تمثل المعالم الطبيعية منها والاصطناعية (البشرية) على الخريطة حسب الأشكال الموجودة في الواقع، وتكون الرموز بأشكال وأحجام وألوان مختلفة لتعريف أو لوصف هذه المعالم على الخريطة، وأن أغلب الرموز المستخدمة في الخرائط الطبوغرافية على مستوى العالم متفق عليها دولياً.

تُعد الخريطة رسماً يمثل واقعاً معين لسطح الأرض ونظراً لصعوبة تمثيل المعالم (كالجبال والوديان والنباتات والأنهار والطرق والأبنية) على الخرائط بأشكالها وصورها الحقيقية لذا ينبغي تمثيلها برموز تدل على واقعها بشكل واضح ودقيق، وتكون بهيئة رموز موقعية أو خطية أو مساحية أو تصويرية وفق

معايير دولية، ويتم رسم هذه الرموز قسماً منها باليد والقسم الآخر باستخدام الأدوات الهندسية. وإن الغرض (الوظيفة) من الرموز هو إيصال أكبر عدد من المعلومات من مصمم الخريطة إلى قارئ الخريطة (مستخدم الخريطة).

تستخدم الرموز في الخرائط الطبوغرافية والمخططات المساحية، إذ يتم وضع مفتاح للخريطة في مكان محدد في هامش الخريطة لتوضيح تفاصيل الرموز المستخدمة في تلك الخريطة، وأن الرموز التي تكون غير واضحة أي (غير مفهومة) على الخريطة لا تحقق الفائدة المرجوة منها، بينما الرموز الواضحة يمكن تفسيرها ومعرفة المعالم التي تمثلها دون الحاجة للرجوع إلى مفتاح الخريطة أي أنها تفسر نفسها بنفسها.

تمثل المعالم (الظواهر) على الخريطة الطبوغرافية والتي تكون أما طبيعية أو صناعية (بشرية) **بأربع أشكال من الرموز الملونة وهي:**

1. الرموز الموقعية (النقطية) : مثال عليها (موقع مدينة أو مبنى).
2. الرموز الخطية : مثال عليها (سكة حديد أو طريق) .
3. الرموز المساحية : مثال عليها (مجمع سكني أو بحيرة أو مناطق زراعية).
4. الرموز الرسومية (التصويرية) : تمثل (حقول النفط أو الصناعية).

الألوان المستعملة في الخرائط الطبوغرافية:

إن الألوان المستعملة في الخرائط الطبوغرافية والمتعارف عليها دولياً هي اللون الأسود يستخدم لتمثيل المباني والجسور وغيرها ، واللون الأحمر يستخدم لتمثيل انواع مختلفة من الطرق ، واللون الأزرق يستخدم لتمثيل المسطحات المائية مثل البحيرات والأنهار ، اللون الأخضر يستخدم لتمثيل الغطاء النباتي مثل الغابات والأشجار ، اللون البني يستخدم لتمثيل خطوط الكنتور وغيرها .

تختلف رموز الخرائط الطبوغرافية بالنسبة لتمثيلها المعالم (الظواهر) والعوارض المختلفة إلى:

3-1-1 رموز المعالم الحضرية Culture Symbols

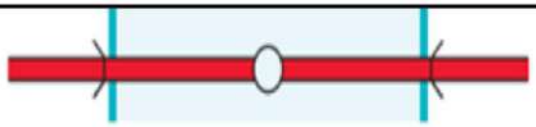
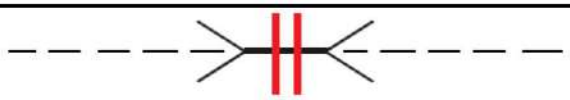
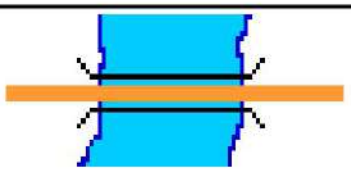
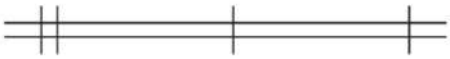
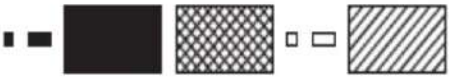
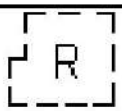
وهي الرموز التي تمثل جميع المعالم الاصطناعية (البشرية) التي تكون من صنع الإنسان في الخرائط الطبوغرافية، وتشمل الطرق والمباني والحدود والسكك الحديدية وخطوط نقل الطاقة وخطوط الأنابيب والمناجم والسدود ومناطق الترفيه ... الخ ، كما في الجدول (3-1).

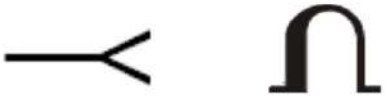
وقد تطورت طرق التمثيل لهذه الرموز حيث تم التعديل والحذف والإضافة لهذه الرموز بسبب التغير في تضاريس سطح الأرض وأيضاً للتطور العمراني والتكنولوجي ونتيجة لهذا التطور يخضع دليل المعايير والمواصفات للرموز للمراجعة دائماً، إذ أصبحت نماذج الرموز وطرائق تمثيلها أكثر وضوحاً وشمولية من السابق.

تمرين 3-1: ارسم بمقياس رسم (1:1) رموز المعالم الحضرية المتنوعة وبالألوان.

جدول 3-1 أنواع الرموز الحضرية

اسم الرمز	شكل الرمز
جامع ، مقام ، مقبرة مسلمين	
كنيسة ، دير ، مقبرة مسيح	
بلدة أو قرية ، مدينة ، عاصمة	
مدرسة أو جامعة	
محطة توليد الكهرباء ، محطة الإطفاء	
الحدود الدولية	
الحدود الإدارية	
حدود المحافظات	
حدود المدن أو الأقضية	
طريق سريع رئيسي	
طريق سريع ثانوي	
طريق معبد	
طريق قيد أو تحت الإنشاء	قيد الانشاء
طريق جبلي	
بوابة على الطريق	
نفق في الطريق السريع	
شارع رئيسي معبد	

جسر متحرك	
جسر مشاة	
جسر على مجرى مائي	
سكة حديدية قياسية (مسار واحد)	
سكة حديدية قياسية (مسارات متعددة)	
سكة حديدية ضيقة (مسار واحد)	
سكة حديدية ضيقة (مسارات متعددة)	
نفق للسكة الحديدية	
محطة قطار	
أنبوب ماء فوق الأرض ، تحت الأرض	
خطوط نقل الطاقة	
مبنى	
ملعب أو مضمار سباق	
منطقة تاريخية أو آثار	

كهف	
منجم	
متنزه ، مخيم	
طاحونة هواء	
أبراج خطوط الكهرباء	

3-1-2 رموز الملاحة الجوية والبحرية Aviation & Marine Symbols

1- رموز الملاحة الجوية Aviation Symbols:

إن رموز الملاحة الجوية مهمة وتخضع للمعايير الدولية، إذ تزود الطيارين والمستفيدين من الملاحة الجوية بكافة المعلومات عن المطارات واتجاهات الملاحة وأيضاً هبوط الطائرات على مدارج المطارات وأبراج المراقبة والتحكم بالطائرات وما إلى ذلك، كما في الجدول (3-2).

تمرين 3-2: ارسم بمقياس رسم مناسب رموز الملاحة الجوية.

جدول 3-2 أنواع رموز الملاحة الجوية

اسم الرمز	الرمز
مهبط طائرات الهليكوبتر	
مهبط الطائرات	
مطار مدني مرخص	
مطار مدني غير مرخص	

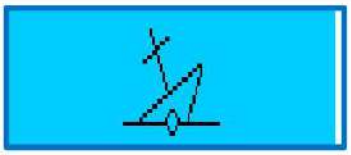
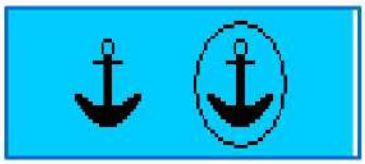
مدرج طائرات معبد	
مدرج طائرات غير معبد	
مطار	
برج التحكم بالطائرات (للاطلاع)	

2- رموز الملاحة البحرية Marine Symbols:

إن رموز الملاحة البحرية في الخرائط الطبوغرافية رموز مصممة لتمثيل المعالم الملاحية البحرية والساحلية وهي مهمة في علم الملاحة، إذ توفر معلومات عن تواجد الصخور والشعاب المرجانية ومواقع المنارات البحرية وطرق النقل البحري، وهي ضرورية للملاحة الآمنة ووسيلة مساعدة للملاحين للحصول على أفضل النتائج عند التخطيط للرحلات البحرية التي تضمن المرور الآمن، وأدناه الجدول (3-3) الذي يبين بعض الرموز لمعالم الملاحة البحرية.

تمرين 3-3: ارسم بمقياس رسم مناسب رموز الملاحة البحرية وبالألوان.

جدول 3-3 أنواع رموز الملاحة البحرية

اسم الرمز	الرمز
محطة (مقر) خفر السواحل	
حدود مائية دولية	
حطام سفينة ظاهر (مكشوف)	
مرسى طائرة مائية (للاطلاع)	

منارة بحرية	
ميناء	
سفينة (للاطلاع)	

3-1- 3 رموز المواقع العسكرية وحقول النفط والغاز Military , Oil & Gas Symbols

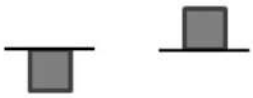
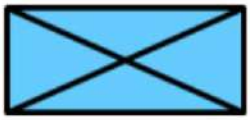
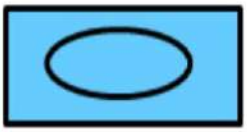
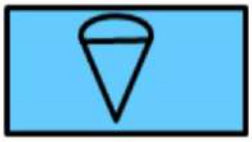
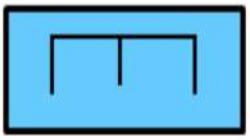
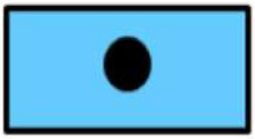
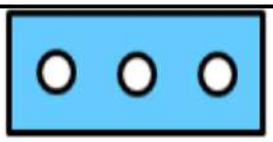
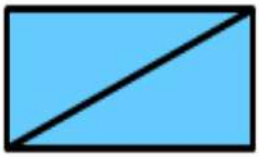
1 - رموز المواقع العسكرية Military Symbols:

إن القوات العسكرية بحاجة إلى معرفة المعالم المختلفة الموجودة على الأرض لتمثيلها على الخريطة للاستفادة منها بمعرفة أماكن تواجد القوات وحجمها ونوعها والمنشآت العسكرية والمستودعات وأيضاً القوات الصديقة والقوات المعادية وغيرها، وهذه المعلومات لا تكتب على الخريطة لحاجة هذه القوات إلى السرية التامة، لذا يتم وضع الرموز والكتابة والتخطيط على ورقه شفافة توضع فوق الخريطة للحفاظ على أمن الخريطة والمعلومات التي تحتويها من الأعداء وأيضاً لا تسبب إرباك لمستعمل الخريطة أثناء العمل عليها، كما في الجدول رقم (3-4). ويجب أخذ جميع الاحتياطات الكفيلة ببقاء الخريطة سليمة.

تمرين 3-4: ارسم بمقياس رسم مناسب رموز المواقع العسكرية وبالألوان.

جدول 3-4 رموز المواقع العسكرية

اسم الرمز	الرمز			
ربية ، حضيرة ، فصيل	●	● ●	● ● ●	
سرية ، كتيبة ، فوج	|	| |	| | |	
لواء ، فرقة ، فيلق ، جيش	X	X X	X X X	X X X X
خندق				

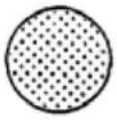
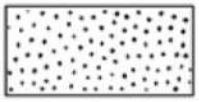
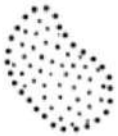
ملجأ سطحي ، ملجأ تحت الأرض	
وحدة المشاة الراجلة	
وحدة المدرعات	
وحدة مظليين	
وحدة الهندسة	
وحدة المدفعية	
حقل الغام مبعثرة	
وحدة استطلاع	

2- رموز حقول النفط والغاز Oil & Gas Symbols:

تُعد حقول النفط والغاز أحد أهم مقومات الدول لأنها تضمن ازدهارها وارتفاع دخلها ولها أهمية كبيرة في اقتصاد الدول، فيتم استخدام الرموز في الخرائط لتمثيل تلك الحقول أو الآبار ومواقعها والمصافي وخطوط الأنابيب وغيرها، ويصف الجدول (3-5) بعض الرموز الشائعة لحقول النفط والغاز في الخرائط الطبوغرافية.

تمرين 3-5: ارسم بمقياس رسم مناسب رموز حقول النفط والغاز وبالألوان.

جدول 3-5 رموز حقول النفط والغاز

اسم الرمز	شكل الرمز	
خزان نفط ، خزان غاز	oil	gas
منشأة نفط أو غاز طبيعي		
نفط و غاز		
بئر نفط ، بئر غاز		
بئر نفط مغلق ، بئر غاز مغلق		
أنبوب نفط أو غاز فوق الأرض ، تحت الأرض		
مخزون (احتياطي) نفط		
مستنقع نفط		
حقل نفط (للاطلاع)		
مصفاة نفط (للاطلاع)		

3-1-4 رموز المعالم المائية والغطاء النباتي

Water Feature & Vegetation Symbols

1- رموز المعالم المائية Water Feature Symbols:

وهي الرموز التي تعطي فكرة واضحة على الأشكال والامتدادات للمعالم المائية، إذ تمثل معالم المسطحات المائية والبحيرات والمحيطات والأنهار بكل سهولة ووضوح، كما في الجدول رقم (3-6).

تمرين 3-6: ارسم بمقياس رسم مناسب رموز المعالم المائية وبالألوان.

جدول 3-6 رموز المعالم المائية

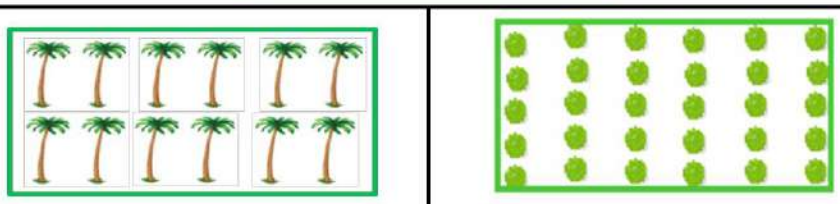
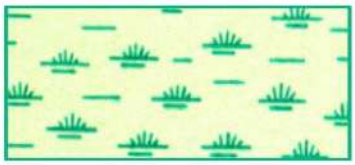
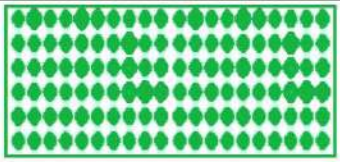
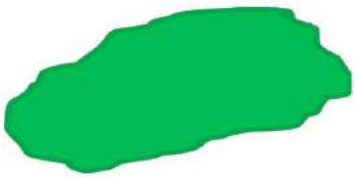
اسم الرمز	شكل الرمز
نبع ، عين ماء	
تيار دائم أو الخط الساحلي	
نهر دائم أو نهر عريض	
قناة	
نفق القناة	
شلال كبير ، شلال صغير	
بركة أو بحيرة دائمية	
بركة أو بحيرة متقطعة	
بركة أو بحيرة جافة	Dry Lake
طريق عبور عبر النهر	FORD
سد مبني	

2- رموز الغطاء النباتي Vegetation Symbols:

تستخدم رموز الغطاء النباتي في الخرائط الطبوغرافية لتمثيل وتمييز المحاصيل المختلفة في الأراضي الزراعية ومساحة الغابات وموقعها وطرق الوصول إليها والتمييز بين الأشجار والأنواع المختلفة للبساتين والمروج وغيرها، ولإضفاء المزيد من الوضوح على الرموز يتم استخدام الألوان فيها ويستخدم اللون الأخضر لتمثيل الغطاء النباتي، كما في الجدول رقم (3-7).

تمرين 3-7: ارسم بمقياس رسم مناسب رموز الغطاء النباتي وبالألوان.

جدول 3-7 أنواع رموز الغطاء النباتي

اسم الرمز	شكل الرمز
مرعى ، مرج	
بستان فواكه ، بستان نخيل	
منطقة عشبية	
مستنقع أو أهوار مشجرة	
منطقة زراعية	
حقل	
غابة	

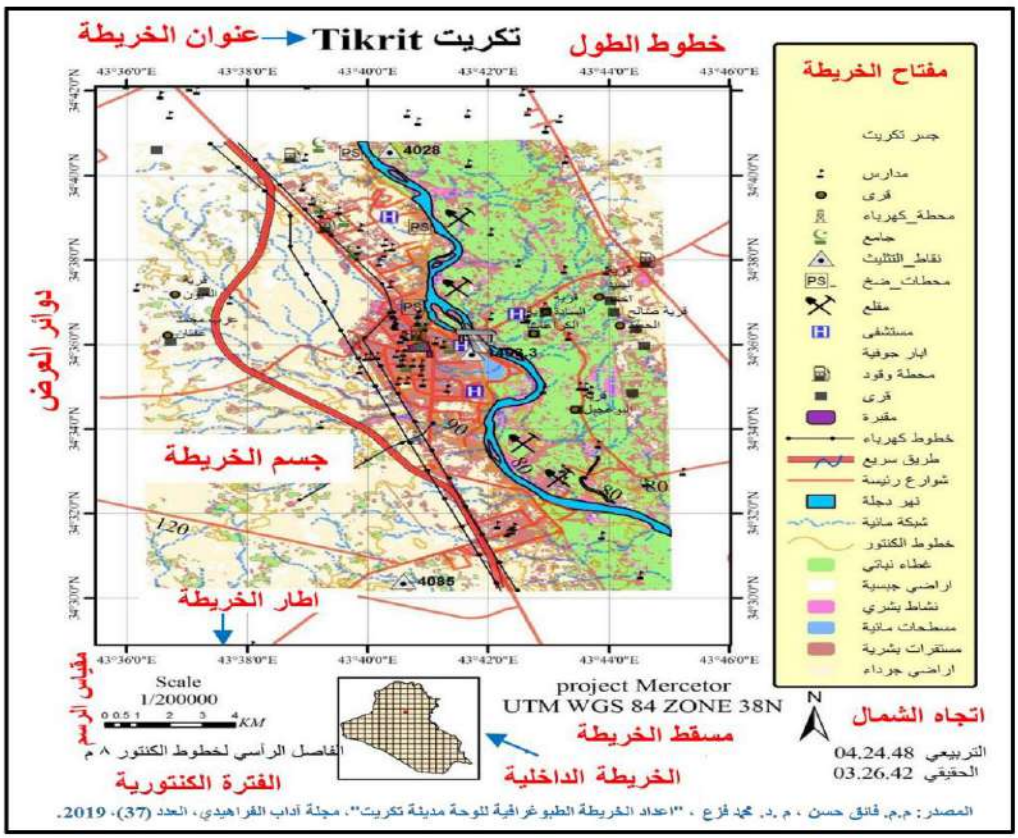
2-3 عناصر وهوامش الخرائط Maps Elements and Margins

إن الخرائط الطبوغرافية تحتوي على المعالم الطبيعية والاصطناعية لتلك المنطقة المرسومة، فيكون إنشاء الخريطة مشتملاً على عدة عناصر أساسية، إذ يحد الخريطة إطار وتسمى هذه المساحة (وجه الخريطة)، ويبعد اطار سميك آخر بمسافة معينة عن الحدود الخارجية للإطار الداخلي للخريطة وذلك لوضع عناصر الخريطة في الفراغ بين الإطارين وتسمى هذه (الهوامش). ومن المهم ملاحظة أنه ليست كل عناصر الخريطة مطلوبة لكل خريطة، فعنصر الخريطة الوحيد المطلوب لإنشاء خريطة هو (وجه الخريطة) نفسها، ويتم تحديد حجم العناصر حسب أهميتها لقارئ الخريطة.

إن العناصر والهوامش الرئيسية المستخدمة في رسم الخرائط، كما في الشكل رقم (3-2) هي:

1- عنوان الخريطة: هو هوية الخريطة والغرض الذي تم إنشاءها من أجله فهو يلخص ويوضح بإيجاز محتويات الخريطة، فمثلاً عنوان خريطة أنهار العراق فهي تدل على انه الخريطة تمثل عدد أنهار العراق وتوزيعها ومجراها، وتحتوي بعض الخرائط على عنوان فرعي إضافي يوفر معلومات وصفية إضافية للخريطة، ويكتب العنوان في وسط الجهة العليا من الخريطة أي في الهامش العلوي للخريطة ويجب أن يكون حجم ونوع الخط مميزاً ويتلاءم مع حجم الخريطة.

2- مقياس الرسم: وهو من أهم العناصر الرئيسة للخريطة لأنه يوضح العلاقة الرياضية بين الأبعاد على سطح الأرض والأبعاد على الخريطة، إذ تُعد جميع الخرائط نماذج مرسومة بمقياس رسم معين عن الواقع، ويتم وضع مقياس الرسم أسفل الخريطة أي في وسط الهامش السفلي للخريطة. والخرائط الطبوغرافية تحتوي على مقاييس عديدة حيث تم شرحها بالتفصيل من أنواع وأشكال مقاييس الرسم في الفصل الثاني من هذا الكتاب.



الشكل 3-2 يوضح العناصر والهوامش في الخرائط الطبوغرافية

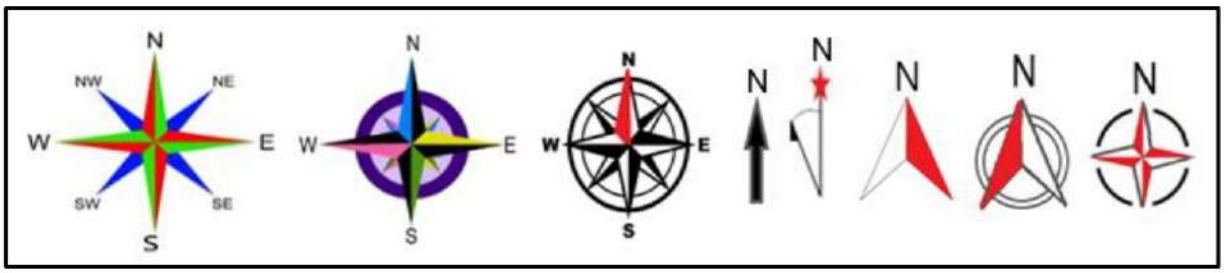
3- إطار وألوان الخريطة: توضع الخرائط داخل إطارات مستطيلة أو مربعة الشكل حسب الخريطة المرسومة وبالتالي تظهر الخريطة بشكل منظم، وتكون الإطارات أما من خط واحد سميك أو قد تكون بشكل خطين متوازيين، وإذا استخدم الإطار ذو الخطين المتوازيين فالمسافة بينهما تكون مناسبة لكتابة أرقام خطوط الطول ودوائر العرض فيها، ويجب أن يكون الإطار بسيط غير مزركش حتى لا يؤثر على وضوح معالم الخريطة.

أما ألوان الخريطة فقد تم ذكرها في موضوع (الألوان المستخدمة في الخرائط الطبوغرافية).

4- مفتاح (دليل) الخريطة: وهو جدول الرموز الملونة الذي يتم فيه وصفها وتوضيحها في الخريطة وهو أشبه بقاموس مصغر، إذ يوفر قائمة كاملة بجميع الرموز المستخدمة في الخريطة والمعالم المقابلة التي تمثلها بإضافة نص لوصف هذه الرموز وذلك لكي لا يتم تفسير الخريطة أو استخدامها بشكل غير صحيح من قبل مستخدم الخريطة، وتُعد من العناصر الرئيسية الأكثر أهمية في الخرائط.

ويتم وضعه في الجانب (الهامش) الأيمن من الخريطة أو في أسفلها، ويكون ترتيب أنواع الرموز في الجدول هي المعالم الاصطناعية ثم الطبيعية وترتيبها حسب شكلها هي من الموقعية ثم الخطية ثم يليها المساحية.

5- اتجاه الشمال: وهو مؤشر اتجاه الخريطة حيث يرسم سهم على الخريطة ليشير إلى أتجاه الشمال الجغرافي (الحقيقي) (True North) ويرمز له TN، وأحياناً يرسم سهمان أحدهما يشير إلى الشمال الجغرافي يرسم بشكل خط عليه شكل نجمة والآخر يشير إلى الشمال المغناطيسي (Magnetic North) ويرمز له MN يرسم بشكل نصف سهم والذي يتم تحديده بواسطة البوصلة المغناطيسية. إن الشمال مغناطيسي لا ينطبق تماماً على الشمال الجغرافي وتكون بينهما زاوية الانحراف المغناطيسي. يكون موقع أتجاه سهم الشمال أما بالجهة اليمنى أو في أسفل الخريطة، وترسم أغلب الخرائط باتجاه الشمال الجغرافي، وله أشكال مختلفة كما في الشكل رقم (3-3).



الشكل 3-3 أنواع أسهم الشمال والاتجاهات الأصلية والفرعية

6- الشبكة الرئيسية (خطوط الطول ودوائر العرض): وهي شبكة من الإحداثيات ترسم على الخريطة الطبوغرافية تكون بشكل مجموعة من الخطوط مفصولة بمسافة منتظمة وذلك لوضع المعالم في أماكنها الصحيحة، وتوضع أرقام خطوط الطول ودوائر العرض على محيط الإطار لوجه (جسم) الخريطة. سيتم شرحها بالتفصيل في الفصل الخامس من هذا الكتاب.

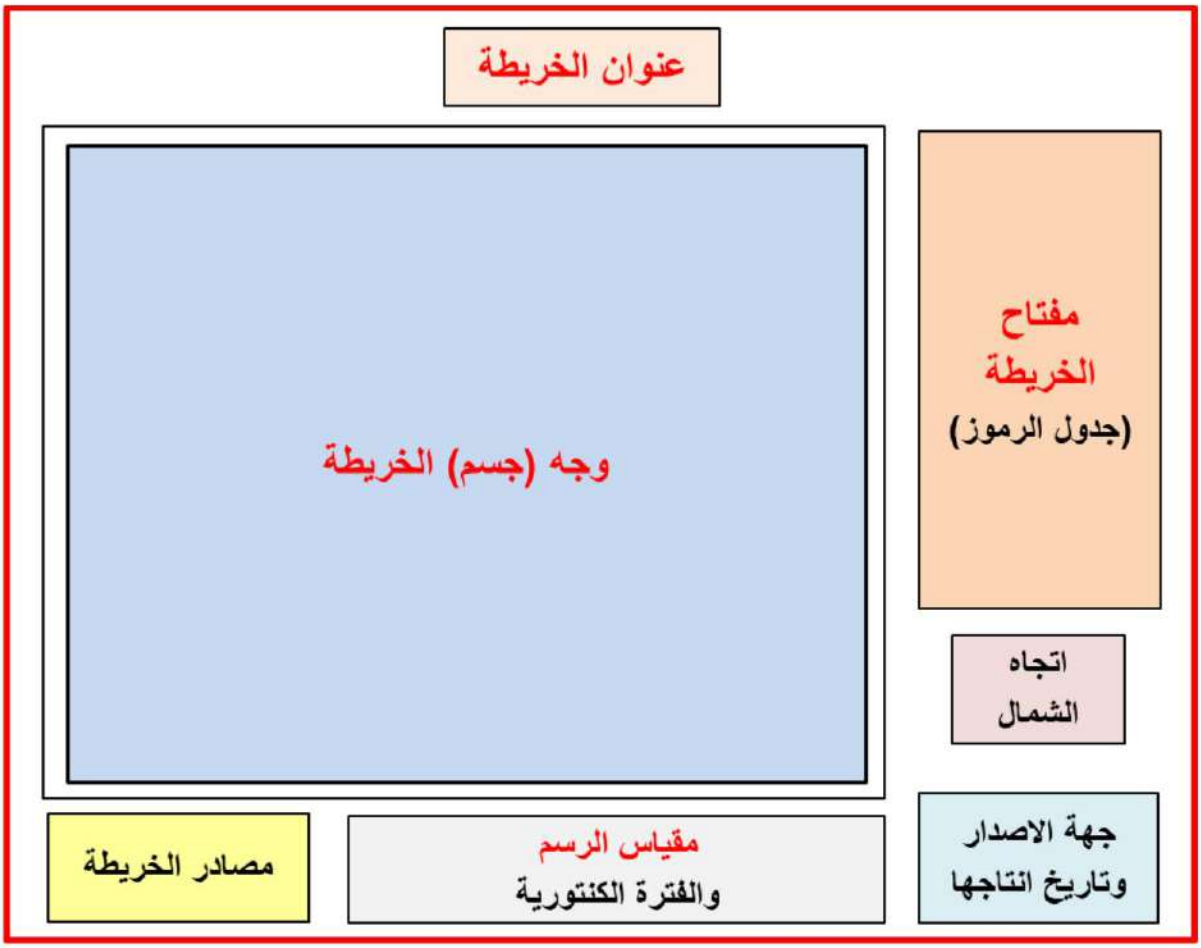
7- دليل المواقع والأسماء: وهو تنطيق الخريطة، إذ تكتب أسماء المعالم الطبيعية مثل الأنهار أو الجبال على الخرائط بشكل مائل، أما المعالم الاصطناعية مثل المدن أو الطرق فتكتب الأسماء بشكل أفقي، ويتوقف حجم خط الكتابة (سمك الكتابة) على أهمية المكان، مثلاً يكون اسم القرية بسمك رفيع يليه في الحجم اسم المدينة ثم اسم المحافظة.

8- عناصر أخرى في الخرائط الطبوغرافية: ومنها مصادر الخريطة وهي بيانات الخريطة هل أنها مأخوذة من صور جوية أو فضائية أو مسوحات حقلية أو خرائط منتجة سابقاً، وفهرسة الخريطة وهي (دليل الخريطة وعلاقتها بالخرائط المجاورة) وهي سلسلة تشبيك الخريطة وتكون على هيئة تسع مربعات صغيرة مثبت فيها رقم تشبيك الخريطة والمناطق المحيطة بها والمربع الأوسط هي الخريطة المرسومة، وتاريخ الرفع المساحي وتاريخ إنتاج الخريطة، ومسقط الخريطة، إذ يثبت نوع المسقط المستخدم للإحداثيات على الخريطة، والخريطة الداخلية وهي خريطة فرعية صغيرة تكون عادةً أكبر في نطاقها من جسم الخريطة، ويضاف إلى ذلك اسم رسام (مصمم) الخريطة، وجهة إصدار الخريطة والفترة الكنتورية إن كانت تضم خطوط كنتورية.

9- هوامش الخريطة الطبوغرافية: وهي عبارة عن هوامش تقع خارج إطار وجه (جسم) الخريطة وهي مهمة جداً في إعطاء المعلومات لقراءة وفهم الخرائط الطبوغرافية بصورة واضحة وصحيحة. ومن هذه الهوامش: الهامش العلوي والسفلي والأيمن والأيسر الذي لا يحتوي على أي عناصر أو معلومات تخص الخريطة، وقد تم سابقاً ذكر ما يحتويه كل هامش من عناصر أو معلومات فيه.

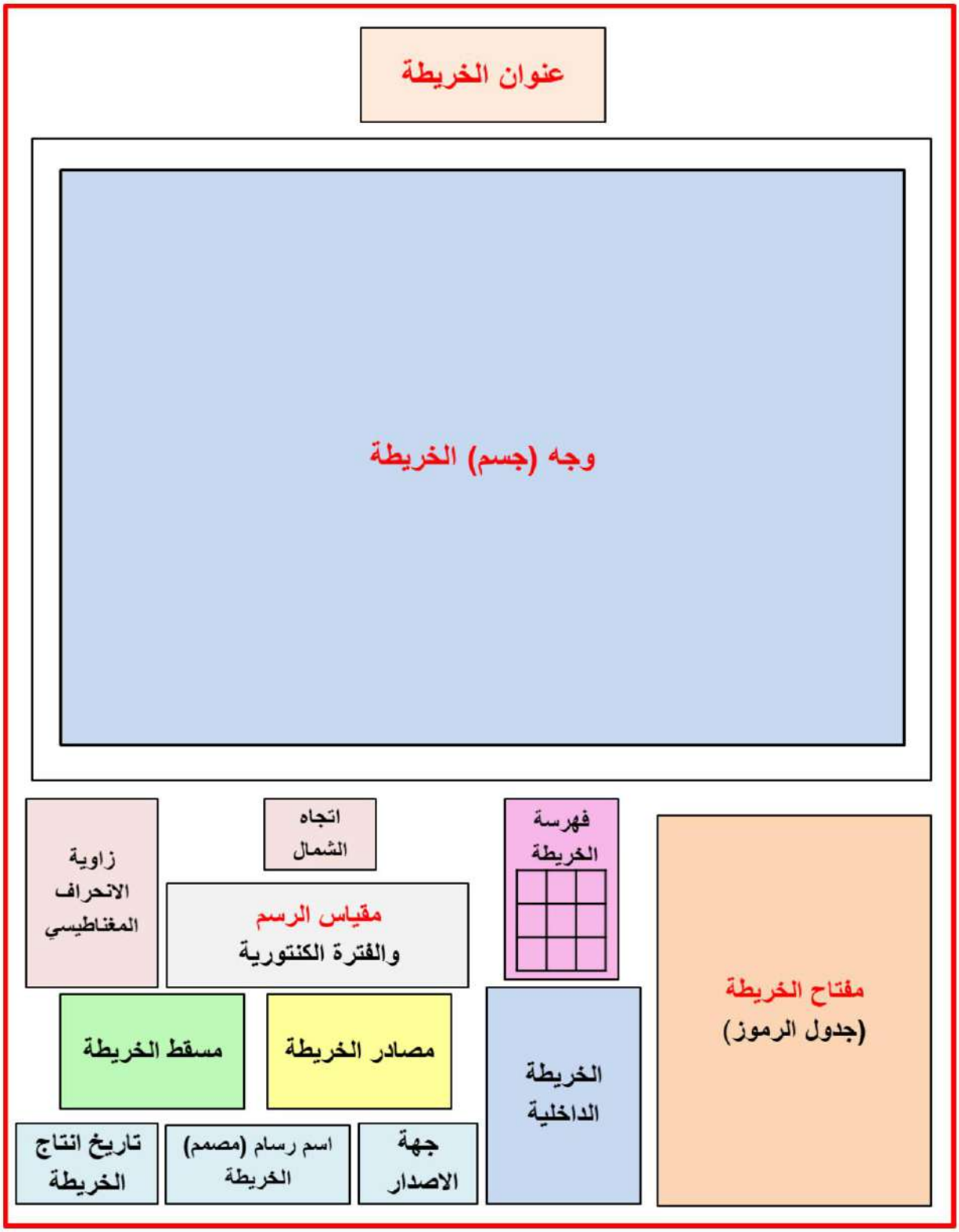
تمرين 3-8: أشر العناصر الرئيسة والهوامش على أي خريطة طبوغرافية تختارها، كما مبيّن في الشكل رقم (3-2) السابق. (واجب بيتي)

تمرين 3-9: ارسم بمقياس رسم مناسب مخططاً بسيطاً للعناصر الرئيسة والهوامش في الخرائط الطبوغرافية، كما في الشكل رقم (3-4).



الشكل 3-4 مخطط بسيط للعناصر الرئيسة والهوامش في الخرائط الطبوغرافية

تمرين 3-10: ارسم بمقياس رسم مناسب مخططاً بكافة العناصر الرئيسة والهوامش في الخرائط الطبوغرافية، كما في الشكل رقم (3-5).



الشكل 3-5 مخطط بكافة العناصر الرئيسة والهوامش في الخرائط الطبوغرافية

3–3 الخرائط الكنتورية Contours Maps

هي الخرائط التي تمثل مناسيب أو ارتفاعات تضاريس سطح الأرض المختلفة (المعالم الطبيعية) بصورة أقرب للواقع باستخدام الخطوط الكنتورية، وهي من أكثر وأدق الطرائق المستخدمة لتمثيل طبوغرافية الأرض. ويُعد تمثيل التضاريس الطبيعية أكثر صعوبة من تمثيل المساحات المسطحة، لأن المساحات المسطحة ذات بعدين فقط طول وعرض فيمكن رسمها، أما التضاريس الطبيعية المتمثلة بالارتفاعات والانخفاضات فيظهر فيها البعد الثالث وهو الارتفاع. إذا كانت الخريطة تحتوي على خطوط الكنتور فقط تسمى خريطة كنتورية .

يعتمد في رسم الخرائط الكنتورية على المسوحات الحقلية وأجهزة المساحة الدقيقة، وتستخدم بصورة واسعة لأنها تبين مناسيب النقاط الأرضية بشكل مباشر، إذ يتم عمل الخرائط الكنتورية بتوصيل هذه النقاط ذات المناسيب المتساوية بخط يعرف بخط الكنتور.

خط الكنتور : هو عبارة عن خط وهمي متعرج والذي تكون جميع النقاط الواقعة عليه بنفس الارتفاع (المنسوب) على سطح الأرض. فمثلاً خط الكنتور 100 هو الخط الذي تقع عليه جميع النقاط التي لها منسوب يساوي 100 متر فوق مستوى منسوب سطح البحر (مستوى مرجعي) .

الفترة الكنتورية (Contour Interval): هي عبارة عن المسافة العمودية بين خط الكنتور والخط الذي يليه ويرمز لها بالرمز (I)، ومقدار الفترة الكنتورية يعتمد على مقياس رسم الخريطة حيث أنه كلما كان مقياس الرسم أكبر تكون الفترة الكنتورية أصغر.

الفسحة الكنتورية: هي المسافة الأفقية بين خطي كنتور متتاليين ويرمز لها (S) وتختلف المسافة الأفقية من مكان لآخر حسب انحدار سطح الأرض.

رسم الخطوط الكنتورية:

يتم رسم الخطوط الكنتورية يدوياً أو باستخدام برامج الحاسوب، إذ يتم رسم كل خط عن طريق أخذ المناسيب لجميع النقاط في المنطقة ومعرفة مواقعها ومناسيبها وتسقيطها على اللوحة، وخطوات الأعداد لرسم الخطوط الكنتورية هي:

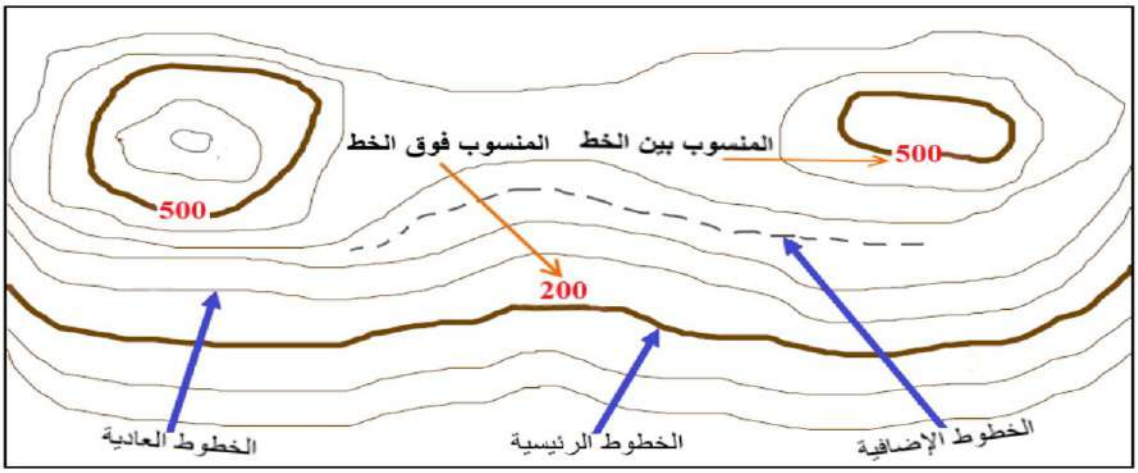
1. تحديد (توقيع) نقاط المناسيب على أرض المنطقة المراد رسم خريطة لها سواء كانت هذه النقاط منتظمة أو مبعثرة.
2. عمل شبكة للمنطقة عن طريق نقاط المناسيب وتحديدها أيضاً على الخريطة.
3. توصيل نقاط المناسيب ذات الارتفاع المتساوي بخط يدوي منحني على الخريطة للحصول على الخطوط الكنتورية مع الاحتفاظ بخواص خطوط الكنتور.
4. بعد رسم الخطوط الكنتورية بأكملها تحذف الشبكة وتبقى فقط الخطوط (بدون نقاط المناسيب) كخريطة جديدة وتكتب قيم المناسيب على خطوط الكنتور للحصول على الخريطة الكنتورية.
5. يرسم كل خط كنتوري خامس أسمك (أغمق) من بقية الخطوط فمثلاً إذا كانت الفترة الكنتورية (1) متر فتكون الخطوط من مضاعفات الخمسة هي أسمك من بقية الخطوط وتدعى بخطوط الفهرس.

طرائق كتابة (مناسيب) خطوط الكنتور: كما في الشكل رقم (3-6)

بالإمكان كتابة المناسيب على خطوط الكنتور بشكل منظم وذلك بكتابتها أما فوق خط الكنتور أو على الخط نفسه وذلك بقطع مسافة صغيرة من الخط وكتابته في مكان تقل فيه تعرجات الخطوط أو كتابة المنسوب في أكثر من موضع على الخط الكنتوري، إذا كانت مساحة الخريطة الكنتورية كبيرة أو خطوط الكنتورية طويلة أو كتابته على خط وترك خط أو أكثر بدون كتابة إذا كان عدد الخطوط الكنتورية كثيرة ومتقاربة.

أنواع خطوط الكنتور: كما في الشكل رقم (3-6)

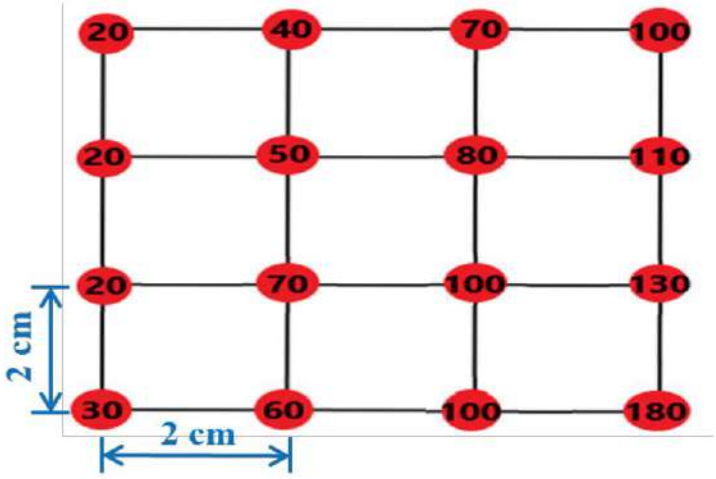
1- خطوط الكنتور الرئيسة .
2- خطوط الكنتور العادية المتوسطة .
3- خطوط الكنتور الإضافية .



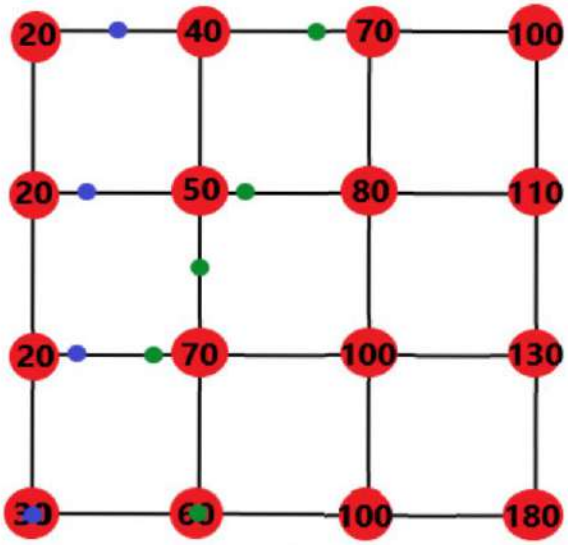
الشكل 3-6 أنواع الخطوط الكنتورية وترقيمها

تمرين 3-11: ارسم بمقياس رسم (1:1) مراحل رسم خريطة كنتورية بفترة كنتورية (30 m) عن طريق رسم خطوط الكنتور ذات المناسيب المنتظمة (30 ، 60 ، 90 ، 120 ، 150) متر، كما في الشكل رقم (3-7).

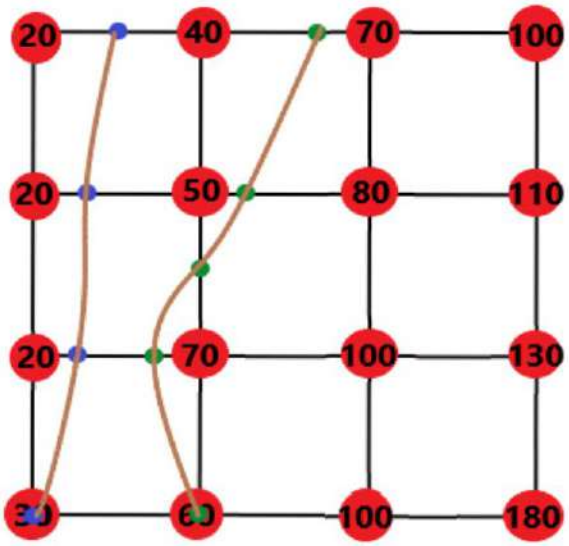
1. المرحلة (1) رسم مخطط شبكة المناسيب المنتظمة وتحديد مناسيب النقاط عليها.
2. المرحلة (2) تحديد نقاط خط الكنتور ذات المنسوب 30 م و 60 م على الشبكة.
3. المرحلة (3) التوصيل بين النقاط المتساوية بالمنسوب 30 م و 60 م لرسم خطوط الكنتور ذات المنسوب 30 م و 60 م.
4. المرحلة (4) رسم جميع خطوط الكنتور المتبقية ذات المناسيب (90 ، 120 ، 150) م.
5. المرحلة (5) رسم الخطوط الكنتورية دون نقاط المناسيب والشبكة لتكوين الخريطة الكنتورية وكتابة رقم المنسوب على كل خط.



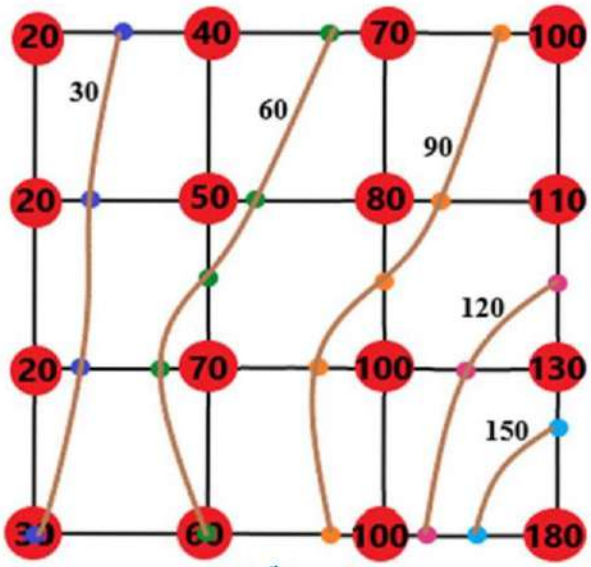
المرحلة (1)



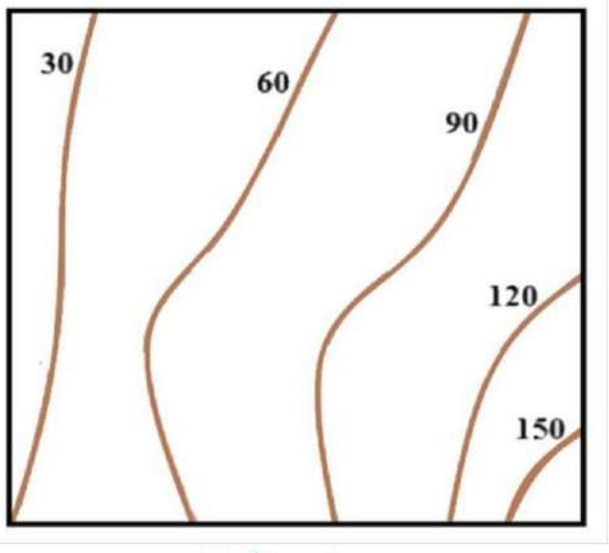
المرحلة (2)



المرحلة (3)



المرحلة (4)

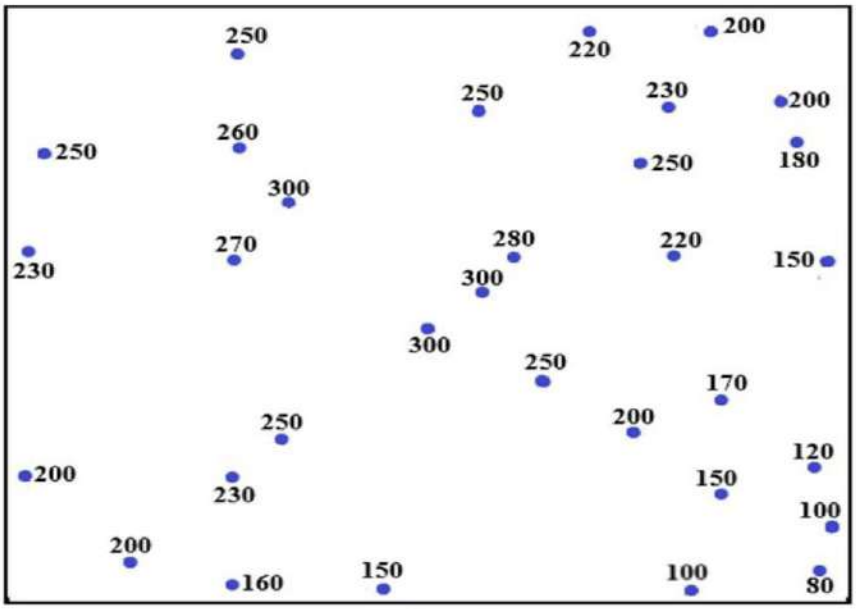


المرحلة (5)

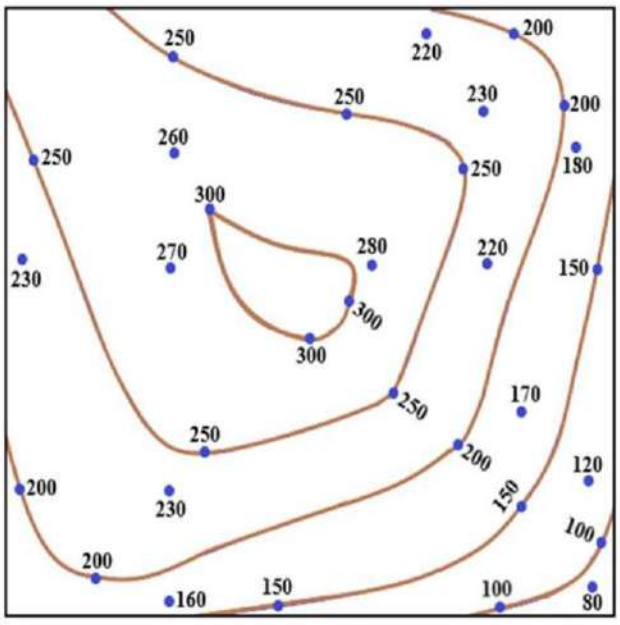
الشكل 3-7 خريطة كنتورية ذات مناسيب منتظمة بفترة كنتورية (30 m)

تمرين 3-12: ارسم من مجموعة المناسيب غير المنتظمة المبينة في الشكل رقم (3-8) الخريطة الكنتورية ذات الخطوط الكنتورية (100 ، 150 ، 200 ، 250 ، 300) متر بفترة كنتورية (50 m)، (باستخدام الورق البياني).

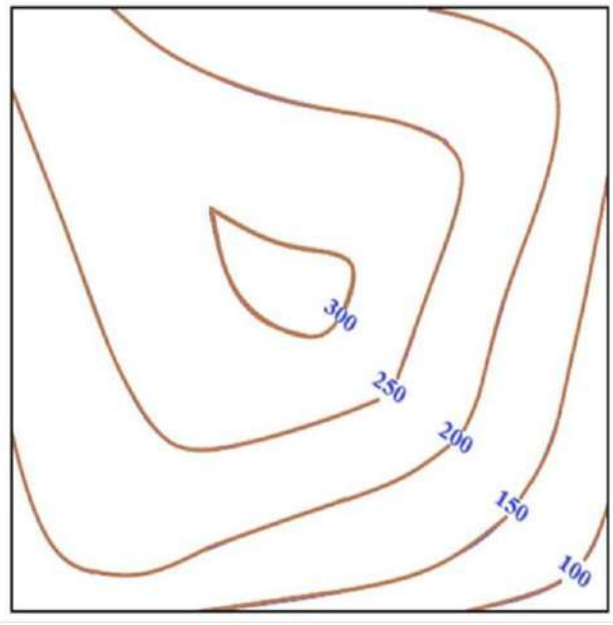
1. المرحلة (1) تحديد نقاط المناسيب غير المنتظمة.
2. المرحلة (2) التوصيل بين جميع النقاط ذات المناسيب المتساوية لرسم الخطوط الكنتورية.
3. المرحلة (3) رسم الخطوط دون نقاط المناسيب لتكوين الخريطة الكنتورية وكتابة أرقام المناسيب.



المرحلة 1



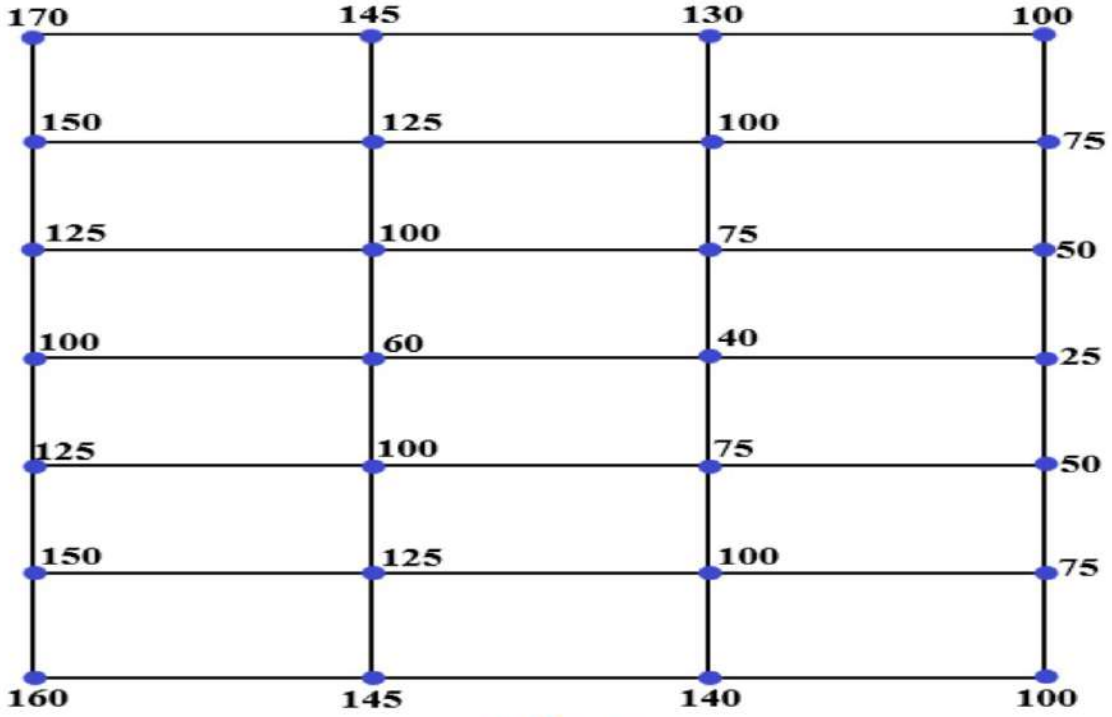
المرحلة (2)



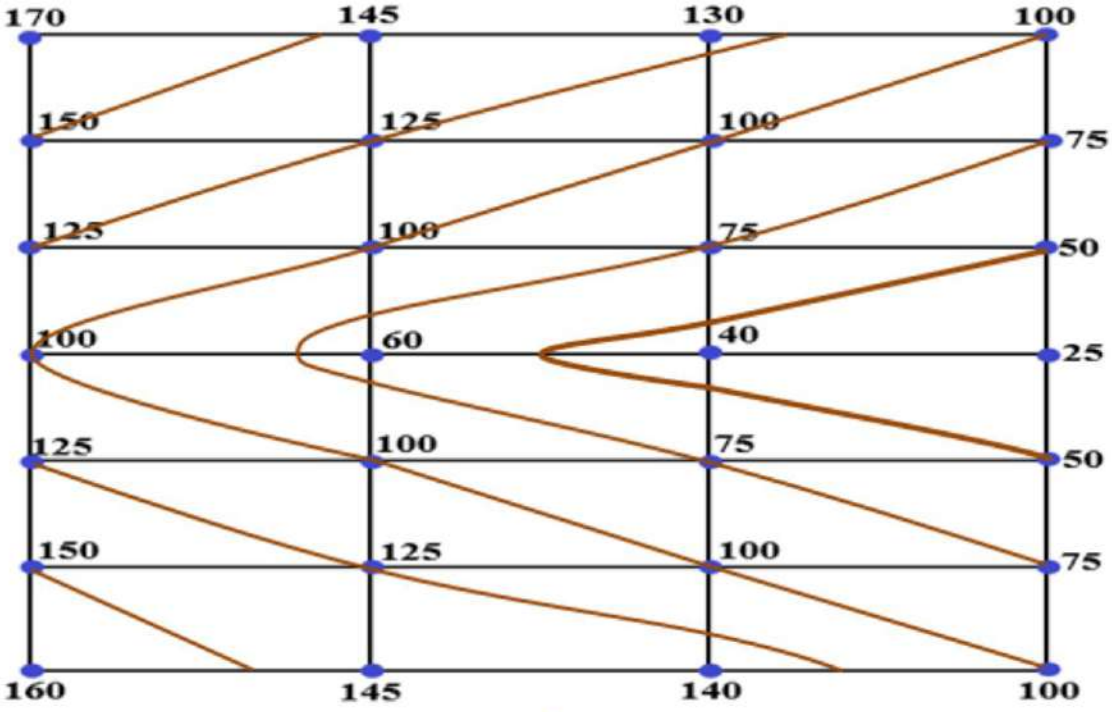
المرحلة (3)

الشكل 3-8 خريطة كنتورية ذات مناسيب غير منتظمة بفترة كنتورية (50 m)

تمرين 3-13: ارسم الخطوط الكنتورية (50 ، 75 ، 100 ، 125 ، 150) متر من شبكة نقاط المناسيب المنتظمة وبفترة كنتورية (25 m) المبينة في الشكل رقم (3-9)، ثم ارسم الخريطة الكنتورية بدون نقاط المناسيب مع كتابة رقم المنسوب على كل خط كنتوري (المرحلة (3) واجب بيتي).



المرحلة (1)



المرحلة (2)

الشكل 3-9 خريطة كنتورية ذات مناسيب منتظمة بفترة كنتورية (25 m)

3-3-1 تمثيل التضاريس على الخرائط الكنتورية
Representing Terrain on Contour Maps

وهي تمثيل مناسيب التضاريس الطبيعية على الخرائط الطبوغرافية باستعمال الخطوط الكنتورية، إذ تُعد الخطوط الكنتورية أفضل طريقة لتمثيل مناسيب سطح الأرض وإن قراءة هذه الخرائط تحتاج إلى تدريب ومعرفة متخصصة، إذ تكون لكل ظاهرة تضاريسية خطوط كنتورية ذات شكل خاص بها فمثلاً (شكل خطوط الكنتور للجبال يختلف عن شكل خطوط الكنتور للأودية وهكذا).

قسمت التضاريس الطبيعية إلى أنواع مختلفة أخرى، وكالآتي:

أولاً: المناطق المنحدرة :

معدل الانحدار (نسبة الانحدار): هي النسبة بين الفترة الكنتورية (المسافة العمودية) والمسافة الأفقية، وتقسم انحدارات سطح الأرض تبعاً لشكلها إلى:

1- الانحدارات المنتظمة Uniform Slopes: تكون المسافات بين خطوط الكنتور على الخريطة متساوية ويزيد الانحدار بتقاربها ويقل بتباعدها.
2- الانحدارات غير المنتظمة Variable Slopes: ومنها الانحدار (المحدب ، المقعر ، المموج ، المدرج ، الشديد ، المتوسط ، البسيط (المعتدل)).

ثانياً: المناطق المرتفعة :

1- الجبال (Mountains): وهي مناطق عالية الارتفاع ويكون الانحدار كبيراً على جوانبها، تكون الخطوط الكنتورية فيها بشكل حلقات متتابعة والمناسيب تتزايد من الخارج نحو الداخل (المركز) وترسم بفاصل كنتوري كبير يتناسب طردياً مع مناسيب سطح الأرض والمسافات بين خطوط الكنتور تكون صغيرة، ومن أمثلتها (جبل ضيق (حاد القمة)، جبل واسع (عريض القمة)، جبل ذو قمتين، جبل متعدد القمم، الجبل الهرمي).

2- الهضاب Plateaus: وهي مناطق متوسطة الارتفاع منبسطة السطح وجوانبها ذات انحدار شديد نحو المنخفضات، تكون الخطوط الكنتورية فيها مقفلة وفي مركزها منطقة خالية من الخطوط نسبياً لأنها ذات سطح مسطح (منبسط) والمسافات بين الخطوط متقاربة نحو الخارج والمناسيب تتزايد نحو الداخل (المركز)، وتكون بشكل حرف U ويكون التحدب للأعلى.

3- التلال Hills: وهي أراضي مرتفعة مع قمة محدبة (جبال صغيرة) وجوانبها منحدرة من جميع الاتجاهات، تكون الخطوط الكنتورية بشكل دوائر تقريباً وتتخذ أشكالاً مختلفة منها:

أ- التلال القبابية Dome Hills: تكون بشكل القباب (الجوانب ذات انحدارات محدبة والقمة عريضة) تكون الخطوط بشكل دوائر متحدة المركز، إذ تتقارب فيها عند السفوح وتتباعد عند القمة، وتكون قمتها أما بشكل مستدير تمثل بحلقات بيضوية أو بشكل طولي تمثل بمستطيل تقريباً.

ب- التلال المخروطية Conical Hills: تكون بشكل مخروطي ذات قمة ضيقة، تكون الخطوط فيها بشكل دوائر متتالية، إذ تتقارب الخطوط عند القمة وتتباعد عند السفوح أي تقل المسافات بينها تدريجياً بزيادة المنسوب نحو الداخل (المركز).

ج- التلال المنتظمة Uniform Hills: تكون الخطوط الكنتورية بشكل حلقات تتساوي المسافات بينها، إذ يكون الانحدار منتظم على الجوانب، إلا أن هذه التلال قليلة في الطبيعة.

4- السرج Saddle: هو منطقة منخفضة بين قمتي جبل أو تل، تكون خطوط الكنتور بشكل مجموعتين من الدوائر قريبتين وبينهما منطقة خالية من خطوط الكنتور.

5- الجرف Cliff: وهو حافة مرتفعة لجبل أو لهضبة التي تنحدر بشدة نحو شواطئ البحيرات والبحار فتظهر الخطوط الكنتورية متقاربة بشدة حيث تتجمع كأنها مدمجة فتكوّن حافة عمودية، إذ تتماس خطوط الكنتور في حالات الجرف أو الشلالات (Waterfalls).

6- النتوء أو البروز Salient or Spur: وهو منطقة بارزة من الأرض المرتفعة تكون الخطوط بشكل حرف V يكون رأسه باتجاه الكنتور الأقل، ويحمل البروز اسم التضاريس الرئيسة فاذا كان ضمن جبل يسمى بروز جبلي وإذا كان ضمن هضبة سميّ بروز هضبة وهكذا.

ثالثا: المناطق المنخفضة :

1- السهول (Plains): وهي أراضي مستوية أو متموجة أحياناً، تنحدر انحداراً بسيطاً نحو جهة واحدة تكون خطوط الكنتور متباعدة أو تكون (بفترة كنتورية صغيرة)، كما هو في سهل العراق الجنوبي.

2- الوديان Valleys: أراضي منخفضة تقع بين منطقتين مرتفعتين وواسعة في المناطق المستوية أو شبه المستوية، تكون الخطوط فيها بشكل خطوط حلقية مقفلة منحنية نحو الداخل أي نحو المنابع وتزيد قيم المناسيب من الداخل إلى الخارج وتكون أما بشكل حرف (V) وتوجد في المناطق الجبلية أو بشكل حرف (U) حيث يكون القاع مسطح والجوانب شديدة الانحدار.

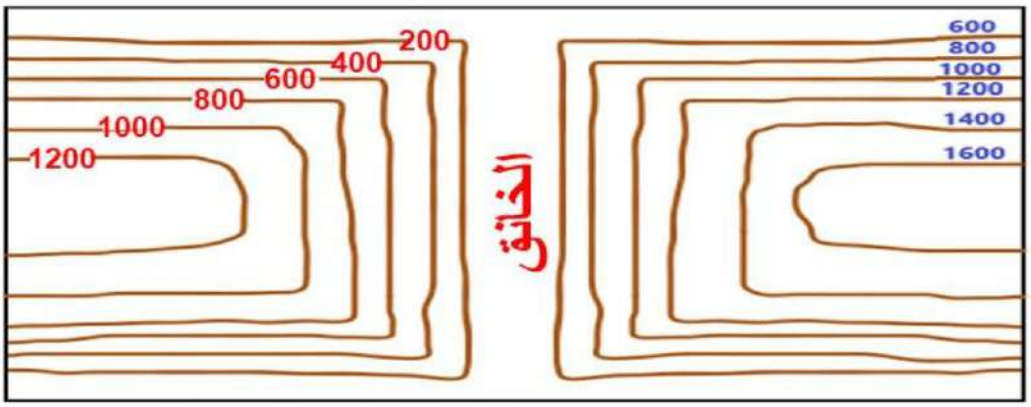
3- الحوض Basin: وهو منطقة منخفضة تحيط به المناطق المرتفعة ذات جوانب شديدة الانحدار من جميع الجهات، تكون الخطوط الكنتورية بشكل خطوط حلقية مقفلة وتقل مناسيبها تدريجيا نحو الداخل (قاع المنخفض)، وأما يكون بشكل حوض دائري أو حوض طولي.

رابعاً: تضاريس مختلفة :

ومنها (الخانق ، المضيق ، الراسم ، خط تقسيم المياه ، خط السطح ، المنخفض ، النفود ، الأنهار).

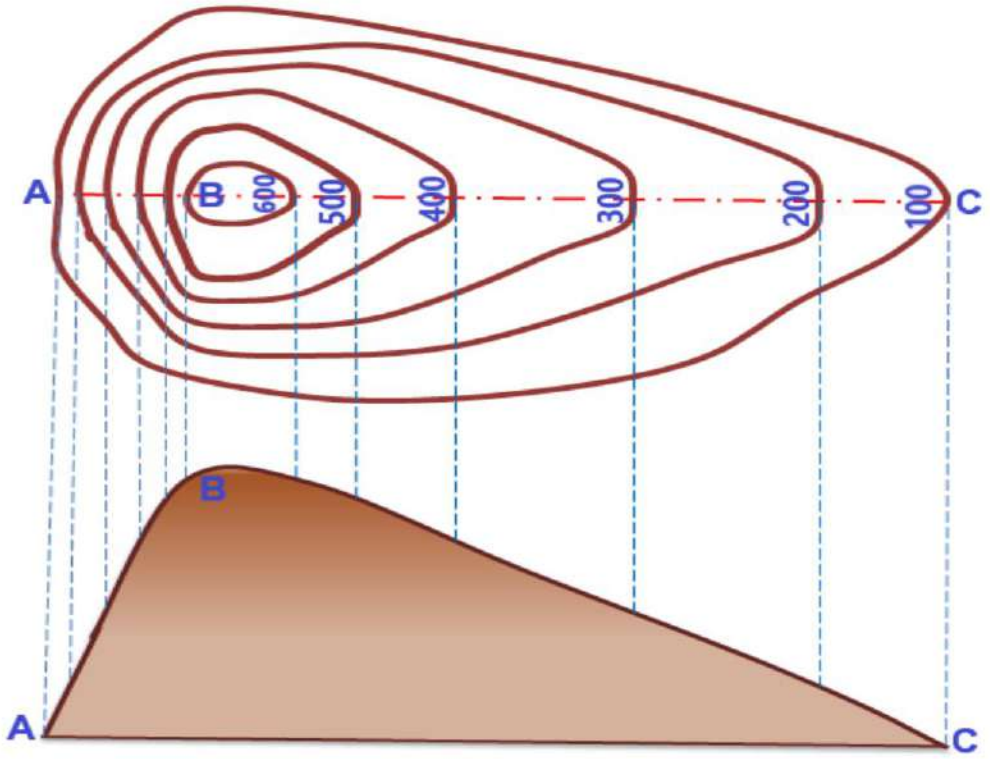
تمرين 3-14: ارسم تمثيل التضاريس المتنوعة لسطح الأرض باستخدام الخطوط الكنتورية للأشكال الآتية:

1. الخانق (Gorge)، كما مبين في الشكل رقم (3-10) أدناه:



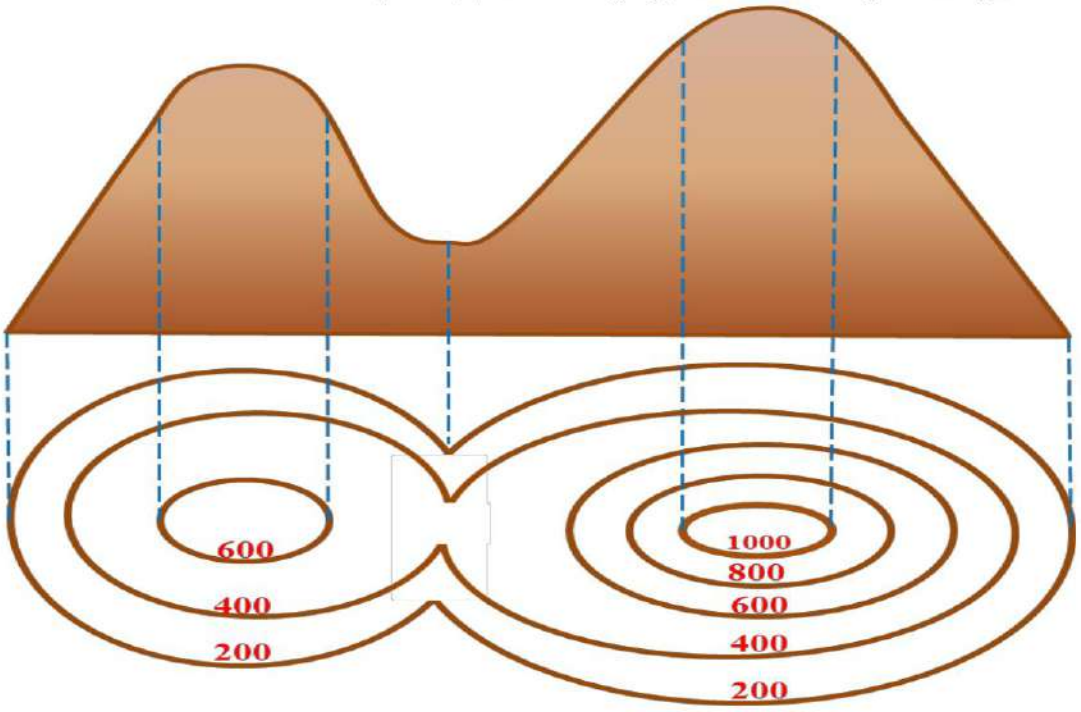
الشكل 3-10 الخانق باستخدام الخطوط الكنتورية

2. تل منتظم ذو انحدار شديد من جهة (A – B) وانحدار معتدل من جهة أخرى (B – C)، كما في الشكل رقم (3-11).



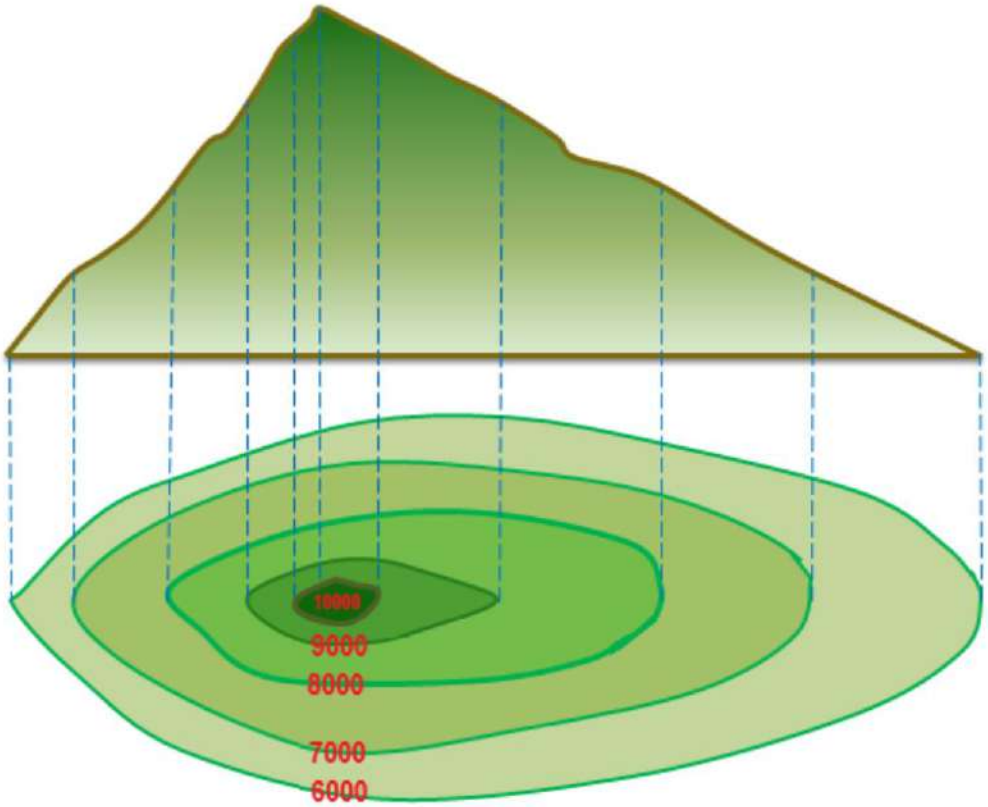
الشكل 3-11 تل منتظم باستخدام الخطوط الكنتورية

3. السرج بين قمتي جبل، كما موضح في الشكل رقم (3-12).



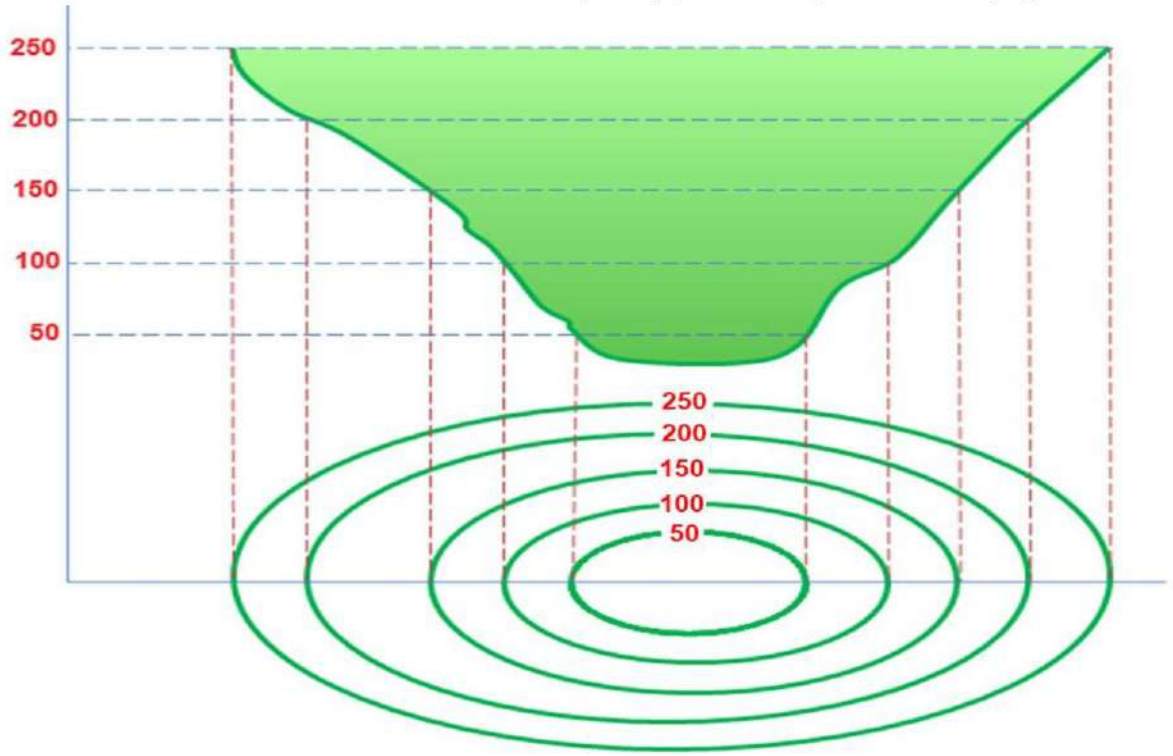
الشكل 3-12 السرج بين قمتي جبل باستخدام الخطوط الكنتورية

4. جبل هرمي ذو انحدار شديد من جهة وانحدار معتدل من جهة أخرى، كما في الشكل رقم (3-13).



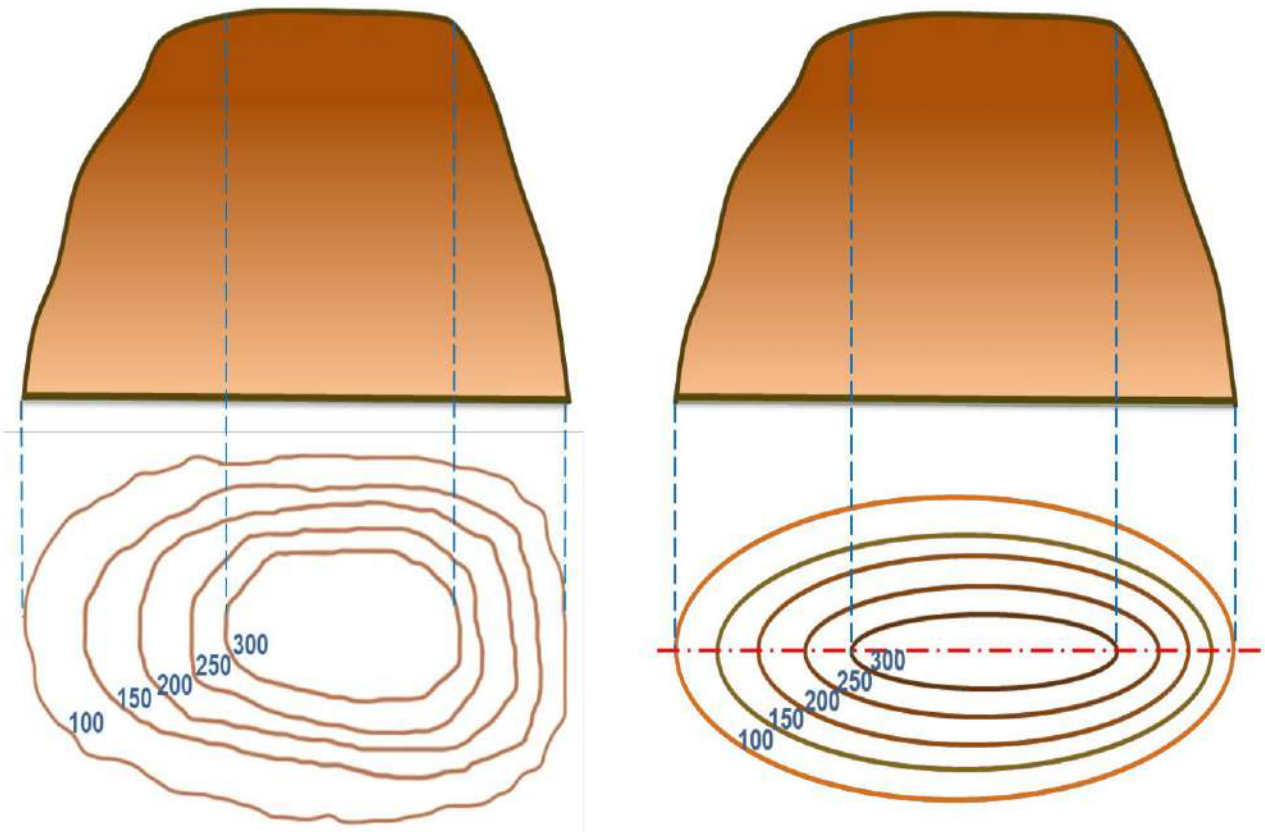
الشكل 3-13 جبل هرمي باستخدام الخطوط الكنتورية

5. الوادي Valley، كما في الشكل رقم (3-14).



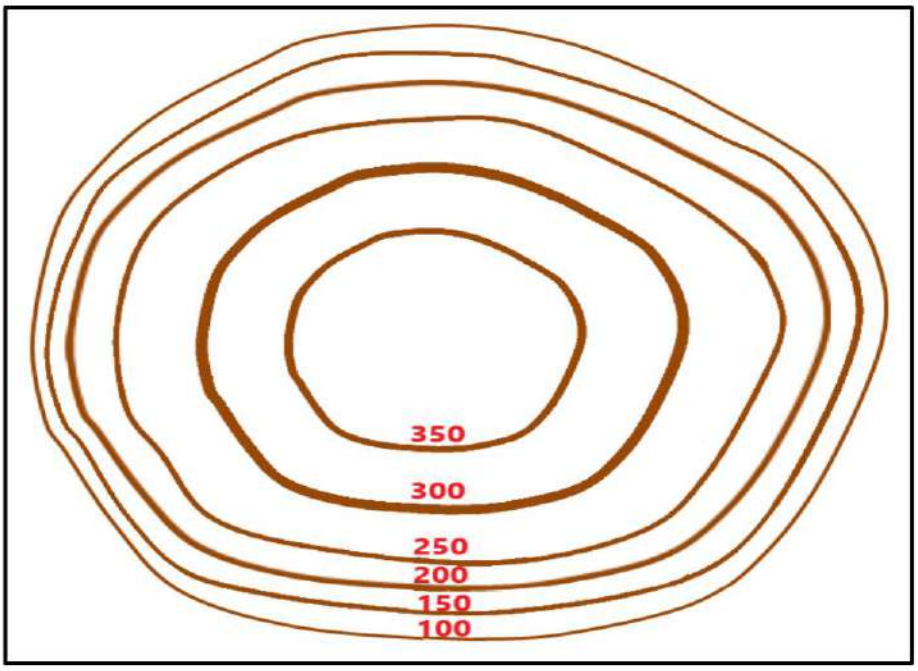
الشكل 3-14 الوادي باستخدام الخطوط الكنتورية

6. الهضبة Plateau، كما موضح في الشكل رقم (3-15).



الشكل 3-15 الهضبة باستخدام الخطوط الكنتورية

7. تل قبابي Dome Hill، كما في الشكل رقم (3-16).



الشكل 3-16 تل قبابي باستخدام الخطوط الكنتورية

3– 4 المقاطع الطولية والعرضية Profiles and Cross-Sections

توضح القطاعات التضاريسية معالم سطح الأرض والتغيرات في مناسيب سطح الأرض بالنسبة لمستوى سطح البحر على طول خط معين، ويمكن تصنيف القطاعات التضاريسية إلى:

1. المقاطع الطولية Profiles:

المقطع الطولي عبارة عن مقطع عمودي في سطح الأرض على امتداد الخط المركزي لأي مشروع وتحدد على طول هذا الخط عدد من النقاط التي يقاس عندها منسوب سطح الأرض باستخدام عمليات التسوية الحقلية وتتفاوت المسافة بين نقطة وأخرى حسب تضاريس الأرض والدقة المطلوبة .

الخط المركزي Center Line: هو خط مركزي وهمي لمشروع هندسي ويكون غير منتظم ويمثل تموجات سطح الأرض على امتداد المقطع الطولي ويسمى خط الأرض الطبيعية (Ground Lines).

خط الإنشاء Grade Line: وهو سطح الإنشاء لأي مشروع ويتم تحديده بعد رسم المقطع الطولي ويكون ذو ميل منتظم ويسمى أحياناً خط التصميم.

طريقة رسم المقاطع الطولية:

1- اختيار النقاط والحصول على مناسيبها المرصودة بعمليات التسوية الحقلية على خط المقطع المطلوب وتكون النقاط التي تؤخذ عندها المناسيب هي: (النقاط التي يتغير عندها ميل سطح الأرض (الانحدار)، والنقاط التي يتغير فيها الاتجاه، والنقاط التي تؤخذ عندها المقاطع العرضية، وأي نقطة أخرى يراها المهندس ضرورية لعمل ودقة المشروع).

2- تحديد المسافات الأفقية بين النقاط المرصودة التي تم اختيارها حسب طبيعة سطح الأرض مثلاً كل: (10 m ، 20 m ، 50 m) ويوجد بالإضافة إلى هذه المسافات محطات رئيسة كل (100 m)، ويتم تسجيلها مثلاً للمحطة رقم (1) هي 00+1 ومحطة رقم (2) هي 00+2 وهكذا.

3- رسم المقطع الطولي على ورق المربعات (الورق البياني) بتمثيل نقاط المسافات على المحور السيني (المحور الأفقي X)، ومناسيب النقاط على المحور الصادي (المحور العمودي Y).

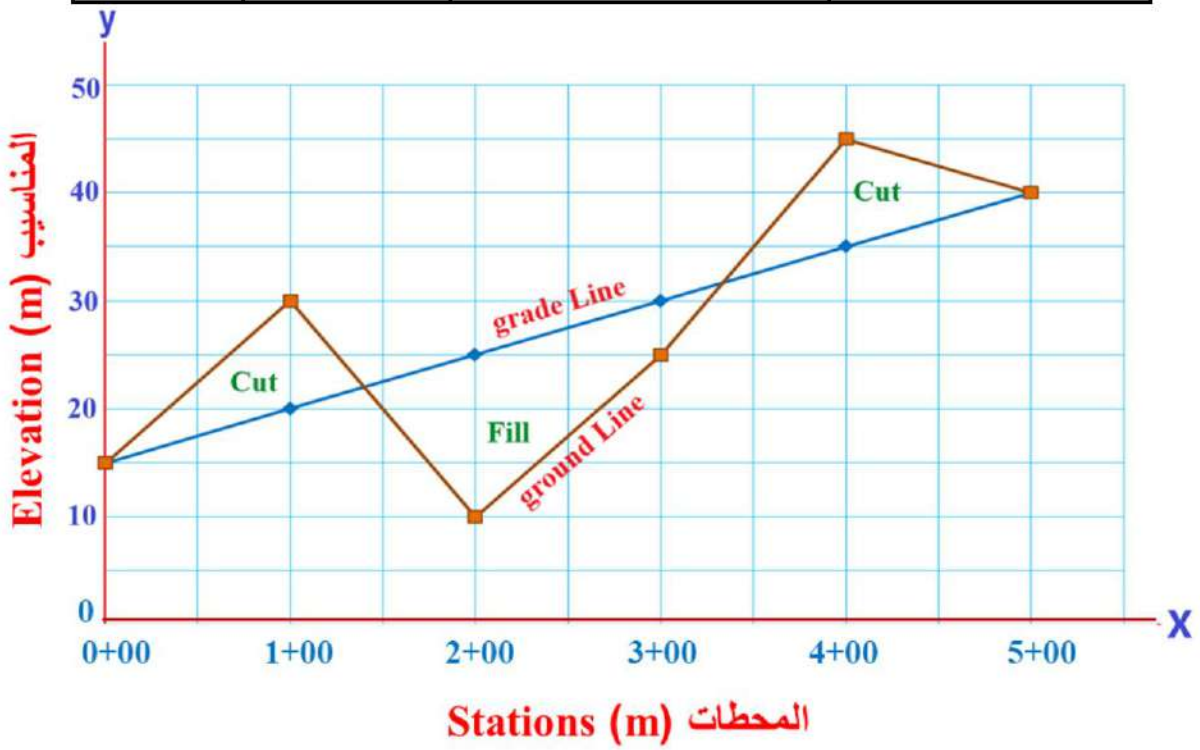
4- إن المسافات الأفقية قد تكون كبيرة جداً مقارنة بالفارق في المناسيب بين نقاط المقطع فيتم اختيار مقياس رسم صغير للمسافات (المقام رقم كبير) مثلاً: مقياس 1 / 500 أو 1 / 1000 بينما يتم اختيار مقياس رسم كبير للمناسيب (المقام رقم صغير) مثلا مقياس 50:1 أو 100:1 أي أن المقياس العمودي أكبر من المقياس الأفقي، إذ يكون أكبر بحدود (10) مرات من المقياس الأفقي وذلك من أجل إظهار الفرق في الارتفاعات (تضاريس الأرض)، إذ أن اتباع أسلوب المقياس المختلف سيظهر تعرجات سطح الأرض بوضوح.

5- تحديد موقع كل نقطة للمقطع الطولي وذلك بتقاطع المسافة الأفقية لها ومقدار منسوبها والتوصيل بين النقاط الناتجة من هذا التقاطع بخطوط مستقيمة ذات ميل منتظم للحصول على شكل المقطع الطولي لتضاريس سطح الأرض ويسمى الخط الناتج بخط الأرض الطبيعية (Ground Line).

6- بعد رسم المقطع الطولي تحدد عليه نقاط مناسيب محور المشروع المقترح فهو أما أن يكون أفقي أو ذو ميل (انحدار) منتظم حسب طبيعة المشروع وبعدها يتم التوصيل بين هذه النقاط لرسم خط الإنشاء (Grade Line) التصميمي الذي يبدأ في بعض الأحيان بنفس منسوب الأرض الطبيعية في النقطة الأولى وينتهي بنفس منسوب الأرض الطبيعية في النقطة الأخيرة.

تمرين 3-15: ارسم المقطع الطولي لطريق مقترح لأحد المشاريع كما في الشكل رقم (3-17) تكون فيه النقطتين الأولى والأخيرة للمشروع بنفس منسوب الأرض الطبيعية، إذا علمت أن مقياس الرسم الأفقي **2500:1** والمقياس العمودي **250:1**، وارسم عليه خط الإنشاء المقترح للطريق باستخدام القياسات الحقلية في الجدول أدناه:

النقطة Point	المحطات Stations	مناسيب خط الأرض الطبيعية Ground Elevation	مناسيب خط الإنشاء Grade Elevation
1	0+00	15	15
2	1+00	30	20
3	2+00	10	25
4	3+00	25	30
5	4+00	45	35
6	5+00	40	40



الشكل رقم 3-17 المقطع الطولي وخط الإنشاء التصميمي لمشروع طريق

2. المقاطع العرضية Cross-Sections :

هي المقاطع العمودية لسطح الأرض تؤخذ باتجاه عمودي على جانبي امتداد الخط المركزي للمقطع الطولي لأي مشروع ويكون طول المقطع العرضي صغير مقارنة بالمقطع الطولي، إن المقاطع الطولية لا يمكن أن توضح تضاريس الأرض الواقعة على جانبي الخط المركزي وبالتالي لا توفر المعلومات

الكافية لتصميم المشروع المطلوب فلذلك يتطلب الحصول على معلومات إضافية يتم الحصول عليها من المقاطع العرضية.

ترسم المقاطع العرضية التصميمية في نفس الوقت الذي ترسم فيه المقاطع الطولية وبنفس الطريقة للحصول على نتائج دقيقة ويتم رسم كل من القياسات الأفقية والعمودية بنفس المقياس وذلك لأجل توضيح الأرض الطبيعية بأبعادها الصحيحة، ويكون طول المقطع العرضي هو عرض المشروع نفسه مع زيادة المسافة من الجانبين الأيمن والأيسر عن حدود المشروع وذلك للإعمال التي تكون حدودها غير معرفة، إذ تثبت مناسيب النقاط على جانبي الخط المركزي يميناً ويساراً بمسافات قصيرة كافية ثم يتم التوصيل بين هذه النقاط بخطوط لرسم المقطع العرضي على مسافات معينة منتظمة على طول خط المشروع وتؤخذ المقاطع عند كل نقطة يتغير فيها ميل سطح الأرض وعند المحطات الكاملة.

تُعد الرسومات المقطعية مهمة لتحديد كميات (حجم) الأعمال الترابية اللازمة لإنشاء المشاريع الهندسية، إذ يتم تعديل الأرض الطبيعية لكي يتم الوصول إلى مناسيب خط الإنشاء للمشروع المطلوب ويتم ذلك عن طريق عمليات الحفر والردم (Cut & Fill). تكون المقاطع العرضية على أشكال متعددة وحسب نوع المقطع والتصميم المراد إنشاؤه وتكون على ثلاث أشكال رئيسة وهي:

أ- مقطع حفر أو قطع (Cut Section): يكون فيه سطح الأرض الطبيعية أعلى منسوب من سطح (خط) الإنشاء.

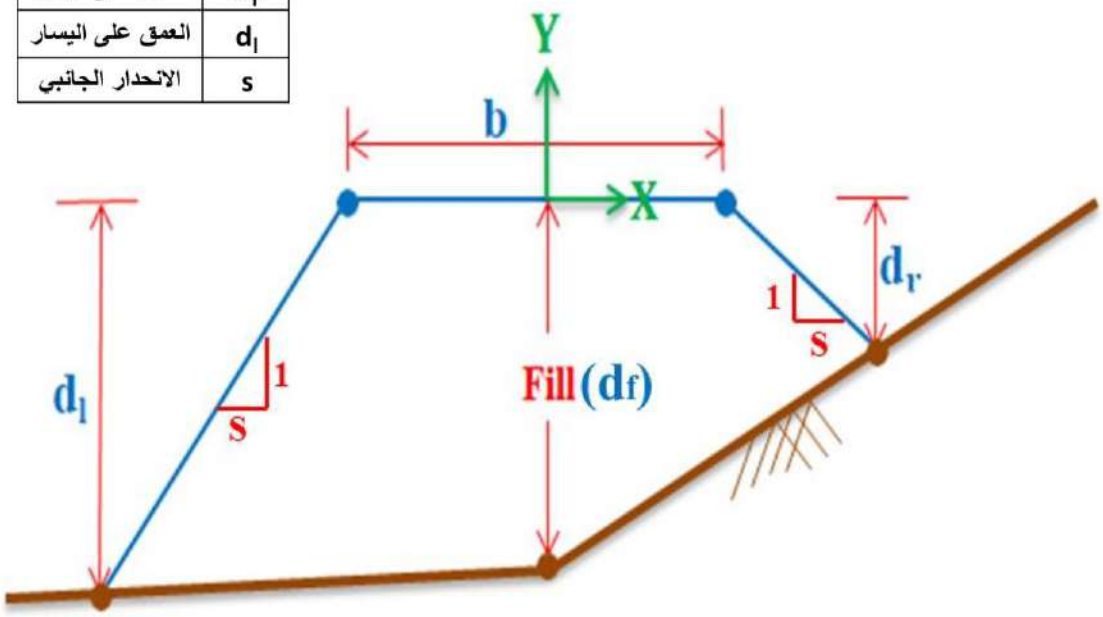
ب- مقطع ردم أو دفن (Fill Section): يكون فيه سطح الأرض الطبيعية أقل منسوب من خط الإنشاء.

ج- مقطع جانب التل (Side Hill Section): يكون فيه سطح الأرض الطبيعية أعلى منسوب في جانب خط الإنشاء وأقل منسوب في الجانب الآخر، أي أنه يحتوي على مقطع حفر وردم في نفس الوقت.

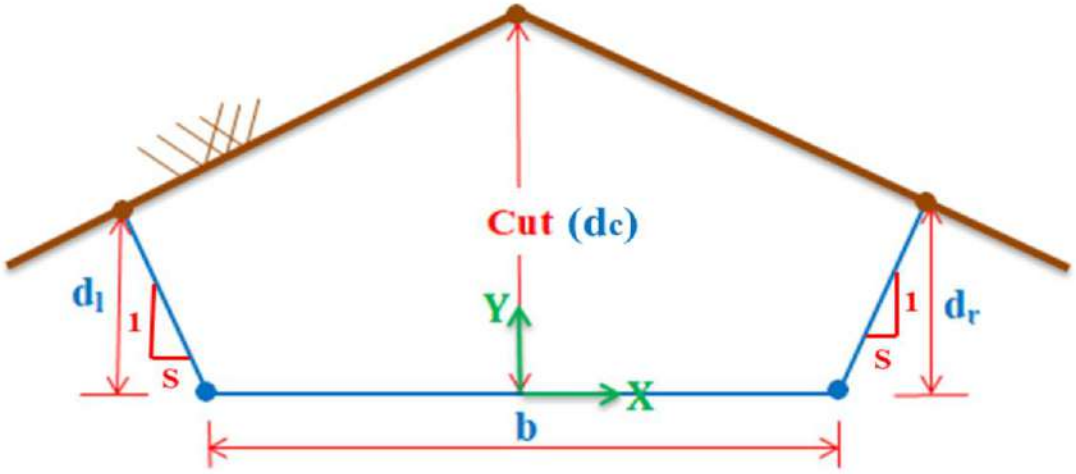
تمرين 3-16: ارسم بمقياس رسم 1:1 أشكال المقاطع العرضية التصميمة لأحد المشاريع الهندسية كما في الشكل رقم (3-18).

b	عرض المشروع
d_c	عمق الحفر
d_f	عمق الردم
d_r	العمق على اليمين
d_l	العمق على اليسار
s	الانحدار الجانبي

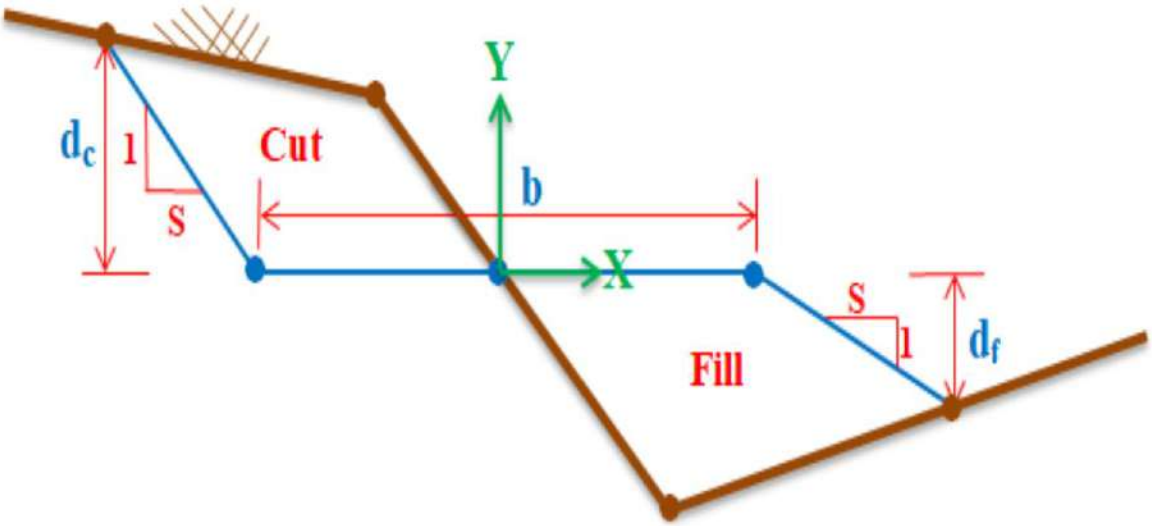
1. مقطع عرضي (ردم Fill) ذو ثلاث ارتفاعات.



2. مقطع عرضي (قطع Cut) ذو ثلاث ارتفاعات.



3. مقطع عرضي (حفر وردم Fill & Cut).



الشكل 3-18 بعض أشكال المقاطع العرضية التصميمية

****

تمارين الفصل الثالث

ت1) ارسم بمقياس رسم مناسب مخططاً بكافة العناصر الرئيسة والهوامش في الخرائط الطبوغرافية .

ت2) ارسم أشكال الرموز للمعالم الطبيعية والحضرية (الصناعية) الآتية:

(حدود دولية ، طريق سريع رئيسي ، جسر مشاة ، ملعب ، منجم ، مطار ، بركة ، جامع منارة بحرية ، وحدة مدرعات ، منشأة نفط ، أنبوب غاز فوق الأرض ، شلال كبير ، مرعى)

ت3) ارسم تمثيل التضاريس المتنوعة لسطح الأرض باستخدام الخطوط الكنتورية للأشكال الآتية:

1- الهضبة 2- الوادي 3- الخانق

ت4) ارسم بمقياس رسم مناسب مقطع عرضي (قطع Cut) ذو ثلاث ارتفاعات.

الفصل الرابع
الهندسة الوصفية
Descriptive Geometry

تمهيد

في هذا الفصل سيتم التعرف على الهندسة الوصفية بشكل مبسط، إذ يمكن تعريفها على أنها علم يبحث بطرائق تمثيل الكائنات الهندسية (نقطة، مستقيم، مستوي) على أي مستوي، مثلاً الرسم على سطح ورقة A3 أو باستخدام برامج الرسم الهندسي في الحاسوب. إن الهدف الأساسي من دراسة هذا العلم هو تعلم رسم الأشكال ثلاثية الأبعاد بدقة متناهية على ورقة ثنائية الأبعاد ضمن قوانين أساسية لابد من الالتزام بها، وكما تعرفنا على ذلك في الصف الأول لمادة الرسم الهندسي ضمن الفصل السادس (قواعد الإسقاط ورسم المساقط المتعددة).

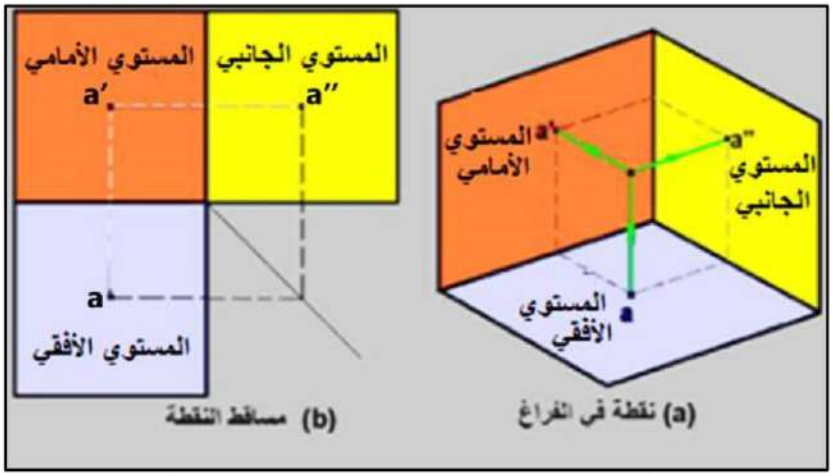
1-4 النقاط في الفراغ Points in Space

لابد من أن يتم التعرف على مفهوم النقطة من وجهة نظر الهندسة الوصفية، إذ تُعد النقطة هي إحدى المفاهيم الرياضية غير المعرفة بصورة واضحة ولم يجد لها العلماء تعريفاً دقيقاً لحد الآن. لذا يمكننا القول بأن النقطة هي أصغر كائن هندسي يمكن تمثيله على سطح الورقة، وبالإمكان القول بأنها ناتج تقاطع مستقيمين وليس لها أبعاد (أي ليس لها طول، عرض، ارتفاع)، إذ لكل نقطة ثلاثة مساقط ومن خلال حركة هذه النقطة تتكون الخطوط في الفراغ (المستقيمات).

1-1-4 تمثيل النقاط في الفراغ

تُعد النقطة هي أساس العمليات الهندسية ومن أهمها عملية الإسقاط على سطح ورقة الرسم لذلك يجب معرفة وتمثيل النقطة ليسهل تمثيل باقي الأشكال الهندسية، ولتبسيط هذه العلمية يستخدم الورق البياني الذي يسهل قياس بعد النقطة عن جميع مستويات الإسقاط الرئيسة.

يرمز للنقطة المراد تمثيلها في الفراغ بحرف كبير مثلا حرف (A)، ستكون مساقطها على المستوي الأفقي فتمثل بحرف صغير (a) أما مسقطها على المستوي الأمامي (الرأسي) نفس الحرف الصغير مع فتحة (a') في حين أن مسقطها على المستوي الجانبي سيكون (a")، بمعنى آخر لكل نقطة ثلاث مساقط وهي (a"، a'، a) وكما موضح بالشكل رقم (4-1).



الشكل 4-1 إسقاط النقطة على مستويات الإسقاط الرئيسة

إن تقاطع المستوى الأمامي مع المستوى الأفقي يمثل المحور (X) بعبارة أخرى بالإمكان أن يطلق عليه خط الأرض وتقاطع المستوي الجانبي والمستوي الأمامي يمثل المحور (Z) وبالإمكان أن يطلق عليه المحور الشاقولي، أما تقاطع المستوي الجانبي مع المستوي الأفقي سوف يمثل المحور (Y) الذي سيكون عمودياً على كل من المحورين (X) و (Z).

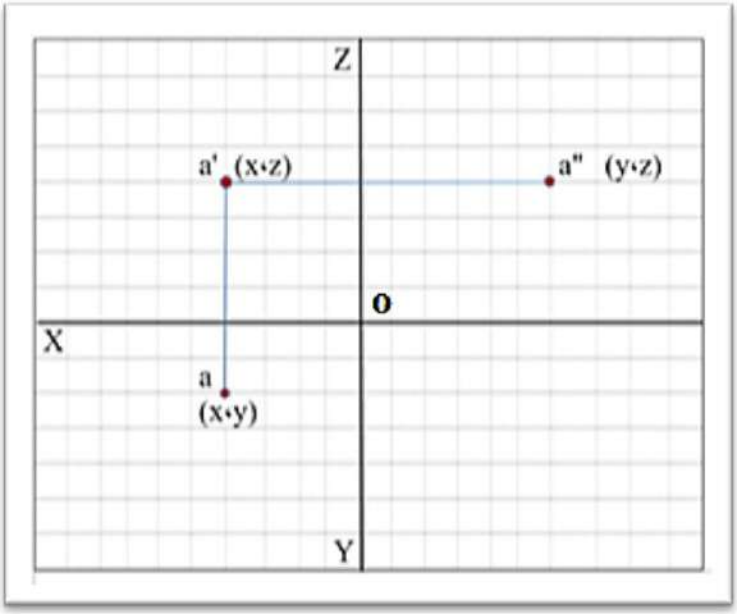
هنالك خطوات يجب أن يتم اتبعاها لإيجاد مساقط أي نقطة، مثلا رسم النقطة (A)، إذ أن إحداثياتها تمثل (x ، y ، z)، ستتم الحاجة إلى استخدام ورق بياني لتمثيل النقاط بسهولة، كما هو موضّح بالشكل رقم (4-2):

1- رسم خطين متعامدين تمثل المستويات الثلاثة، تعيين نقطة تقاطع المستويات كأن تمثل نقطة الأصل التي يبدأ منها القياس ويرمز لها بالرمز (O).

2- يمثل المسقط الأفقي للنقطة (A) البعد الأول لنقطة عن المستوي الأفقي، البدء من نقطة الأصل (O) والحركة على اليسار على المحور (X) مسافة (a) التي تمثل رمز المسقط الأفقي أيضاً ثم القياس على المحور (Y) نحو الأسفل بمقدار (a) ويمكن تمثيله بالإحداثي (x ، y).

3- يمثل المسقط الأمامي للنقطة (A) البعد الثاني لنقطة عن المستوي الأمامي وإحداثياته تمثل (x ، z) ويرمز له بالرمز (a').

4- يمثل المسقط الجانبي للنقطة (A) البعد الثالث للنقطة عن المستوي الجانبي وإحداثياته تمثل (y ، z) ونرمز له بالرمز (a").



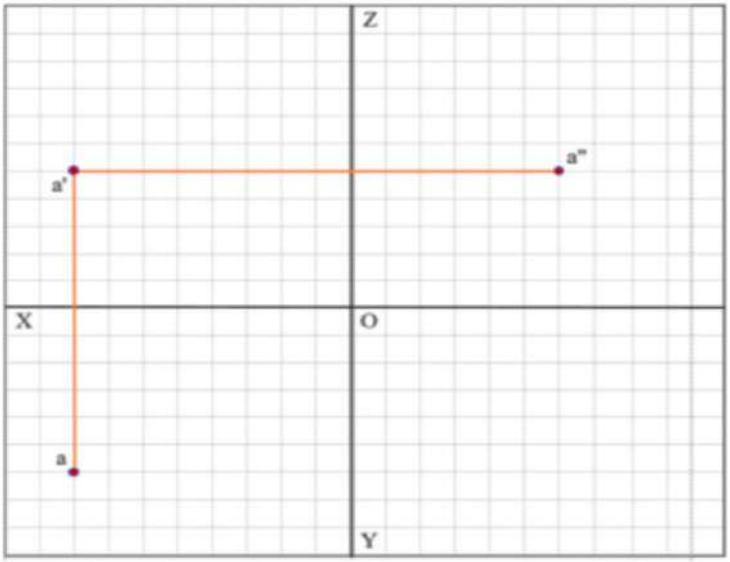
شكل 4-2 مساقط النقطة A

تمرين 4-1: ارسم المساقط الثلاثة لنقطة (A) والتي إحداثياتها (x،y،z) (8،6،5) على التوالي، وكما مبين بالشكل رقم (4-3).

1- يحدد المسقط الأفقي لنقطة (A) بالإحداثي (8،6) ويمثل بالحرف (a).

2- يحدد المسقط الأمامي لنقطة (A) بالإحداثي (8،5) ويمثل بالحرف (a').

3- يحدد المسقط الجانبي لنقطة (A) بالإحداثي (6،5) ويمثل بالحرف (a").



الشكل 4-3 مساقط نقطة A لتمرين (4-1)

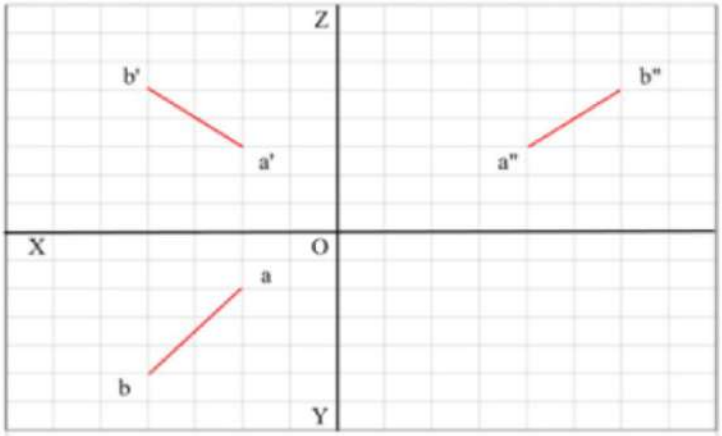
2-4 الخطوط في الفراغ Lines in Space

يُعد المستقيم من العناصر الهندسية الأساسية لرسم أو تمثيل أي شكل هندسي في الفراغ، وكما هو معروف أن المستقيم هو المسافة بين أي نقطتين على استقامة واحدة، لتعيين مساقط المستقيم على مستويات الإسقاط الرئيسة، تتم الحاجة إلى معرفة مساقط نقطيتين منه حتى يتم تمثيله، من الممكن أن يكون المستقيم بحالات عدة في الفراغ بالنسبة إلى مستويات الإسقاط الرئيسة، سيتم دراسة حالة واحدة فقط في هذا الفصل.

1-2-4 تمثيل المستقيم

1- المستقيم العام بحيث لا يوازي أحد مستويات الإسقاط الرئيسة ولا يكون عمودياً على أي مستوي، لذا عند حساب الطول الحقيقي للمستقيم في الفراغ سيلاحظ أن مساقط هذا المستقيم ستكون أقصر منه الشكل (4-4) يوضّح مساقط المستقيم العام.

بالإمكان رسم المستقيم العام إذا علمت إحداثيات نقاطه أو أي نقطتين تقعان عليه، بعبارة أخرى تستخدم الخطوات المذكورة سابقا لتمثيل مساقط النقطة في تمثيل المستقيم وكما موضّح بالفقرة (4-1-1).



الشكل 4-4 رسم مساقط المستقيم العام

تمرين 4-2: ارسم مساقط المستقيم (AB) الذي إحداثيات نقاطه كما موضحة بالجدول أدناه:

النقطة	x	y	z
A	4	2	5
B	2	5	3

الحل:

أولاً - ترسم مساقط النقطة الأولى (A)، وكما موضح بالشكل رقم (4-6).

1- يمثل المسقط الأفقي لنقطة (A) بالإحداثي (4،2) ويرمز له بالرمز (a).

2- يمثل المسقط الأمامي لنقطة (A) بالإحداثي (4،5) ويرمز له بالرمز (a').

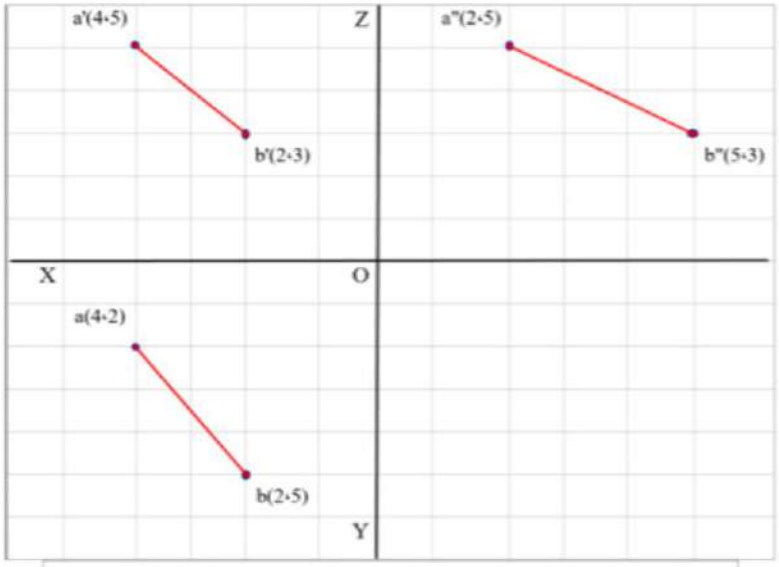
3- يمثل المسقط الجانبي لنقطة (A) بالإحداثي (2،5) ويرمز له بالرمز (a").

ثانياً - ترسم مساقط النقطة الثانية (B).

1- يمثل المسقط الأفقي لنقطة (B) بالإحداثي (2،5) ويرمز له بالرمز (b).

2- يمثل المسقط الأمامي لنقطة (B) بالإحداثي (2،3) ويرمز له بالرمز (b').

3- يمثل المسقط الجانبي لنقطة (B) بالإحداثي (5،3) ويرمز له بالرمز (b").



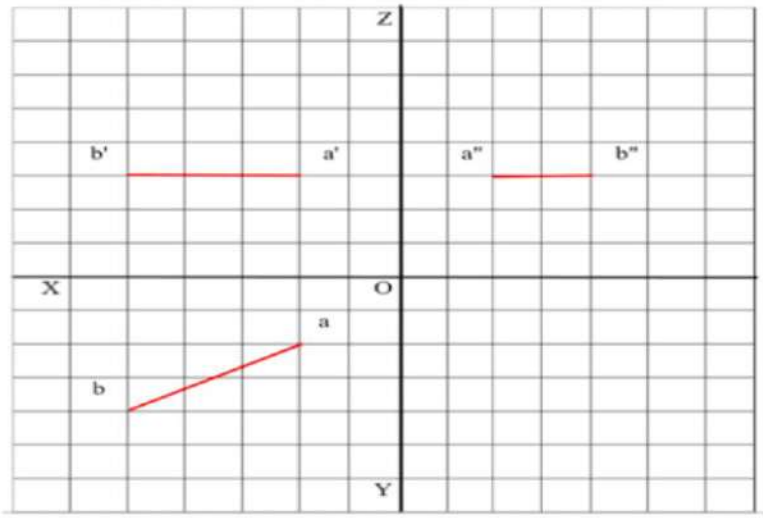
الشكل 4-5 مساقط المستقيم (AB)

4-2-2 الطول الحقيقي للخطوط

من الممكن أن يكون الطول الحقيقي معلوماً للمستقيم إذا كان مسقطه يوازي أحد مستويات الإسقاط، أما إذا لم يوازي أي من مستويات الإسقاط سيكون مسقطه على المستوي أقصر من الطول الحقيقي لذلك المستقيم.

في هذا الفصل سوف يتم التطرق على حالة واحدة من حالات المستقيم وهي:

1- المستقيم الأفقي: هو المستقيم الذي يوازي المستوي الأفقي وكل نقطة على هذا المستقيم تبعد بمقدار ثابت على المستوي الأفقي للإسقاط كما في الشكل رقم (4-6) يلاحظ المسقط الأمامي (a'b') للمستقيم يوازي المستوي الأفقي ويكون طول مسقطه الأفقي (ab) هو الطول الحقيقي للمستقيم.



الشكل 4-6 المسقط الأفقي يوازي المستوي الأفقي

هنالك عدة طرائق لقياس الطول الحقيقي للمستقيم، أما باستخدام المسطرة وذلك بقياس المسقط الأفقي له أو بتطبيق القانون الآتي:

$$\mathbf{T.L} = \sqrt{(\mathbf{x_2} - \mathbf{x_1})^2 \ + (\mathbf{y_2} - \mathbf{y_1})^2}$$

علماً أن:

T.L (True Length): الطول الحقيقي

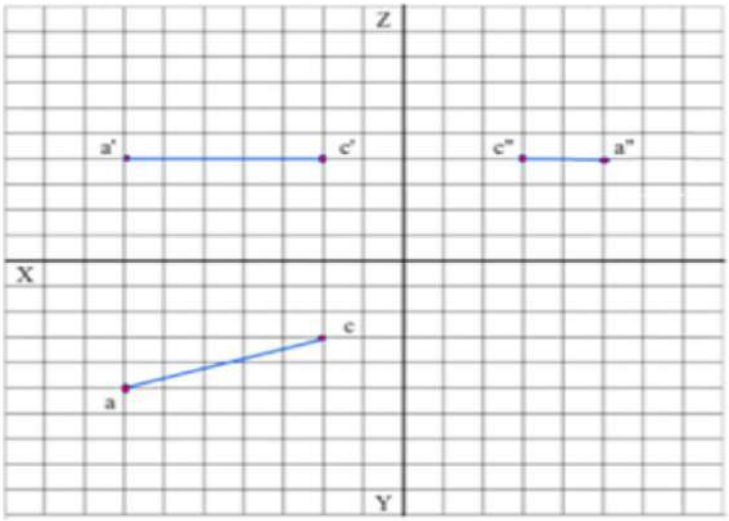
(x1 ، y1): إحداثيات النقطة الأولى ، (x2 ، y2): إحداثيات النقطة الثانية

تمرين 4-3: ارسم المستقيم (AC) الذي إحداثيات نقاطه موضحة بالجدول أدناه، ثم جد طوله الحقيقي.

النقطة	x	y	z
A	7	5	4
C	2	3	4

الحل:

1- تطبق خطوات رسم مساقط المستقيم كما في التمارين السابقة، وكما موضّح في الشكل رقم (4-7).



الشكل 4-7 مساقط المستقيم (AC)

2- يتم قياس المسقط الأفقي (ac) للمستقيم (AC) باستخدام المسطرة، إذ يمثل الطول الحقيقي للمستقيم لأن المسقط الأفقي للمستقيم يوازي المستوي الأفقي.

3- يمكن تطبيق قانون المسافة لحساب الطول الحقيقي للمستقيم (AC) كالآتي:

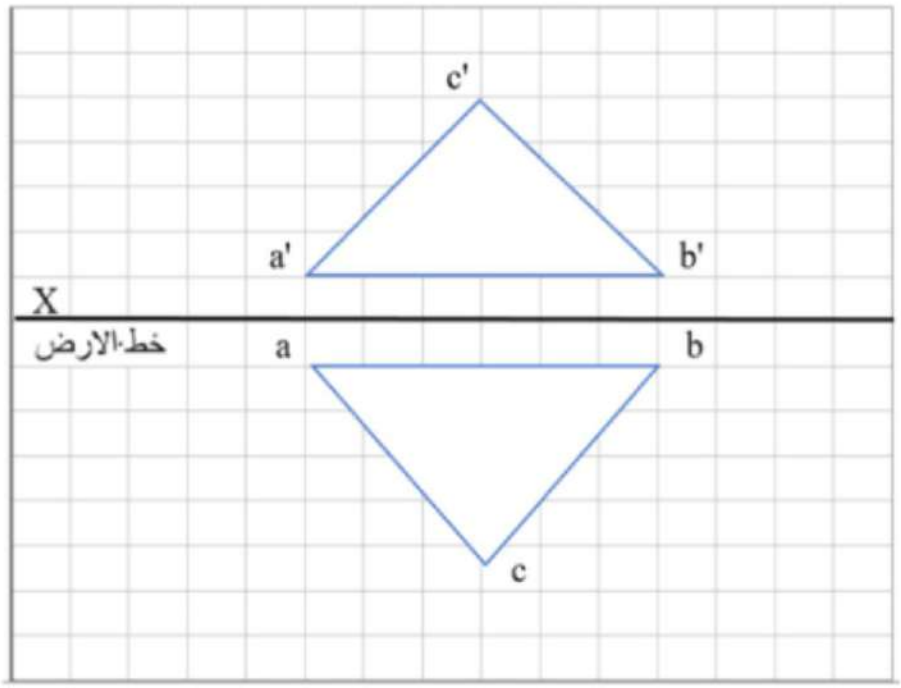
$$\mathbf{T.L} = \sqrt{(\mathbf{x_2} - \mathbf{x_1})^2 + (\mathbf{y_2} - \mathbf{y_1})^2}$$

$$\mathbf{T.L\ (AC)} = \sqrt{(7-2)^2 + (5-3)^2}$$

$$\mathbf{T.L\ (AC)} = \sqrt{21} \approx \mathbf{4.6}$$

3-4 المستويات في الفراغ Planes in Space

يعرّف المستوي على أنه السطح الذي يتكون على الأقل من ثلاث نقاط ليست على استقامةٍ واحدة، لذلك يمكن تمثيل المستوي في الهندسة الوصفية إذا علمنا (مستقيمين متقاطعين) أو (مستقيمين متوازيين) أو (إحداثيات ثلاث نقاط) كما في الشكل (4-8)، لكل مستوي عدة آثار، ويمكن تعريف أثر المستوي على ***أنه خط تقاطع المستوي مع أحد مستويات الإسقاط***.

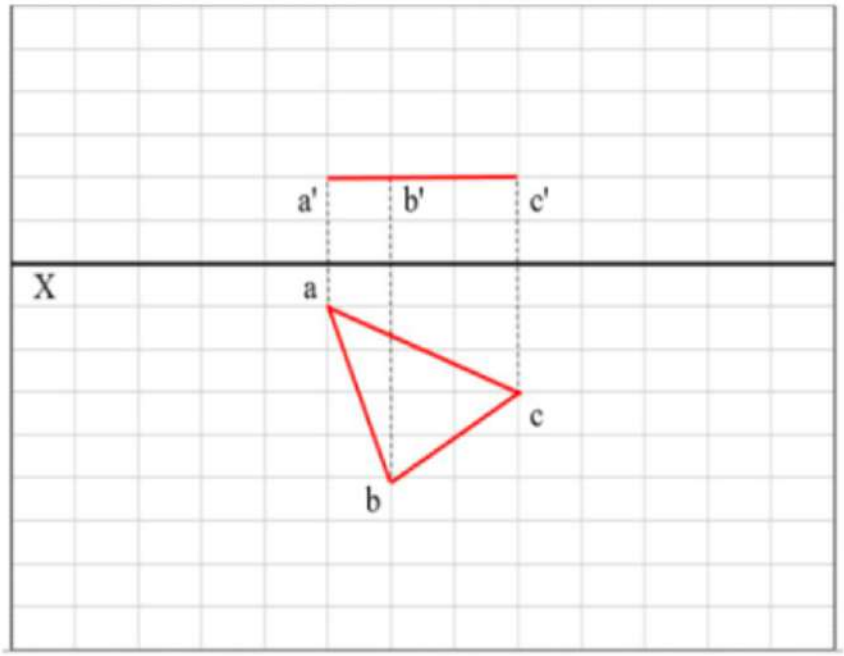


الشكل 4-8 مسقطي المستوي العام

4-3-1 الشكل الحقيقي للمستوي

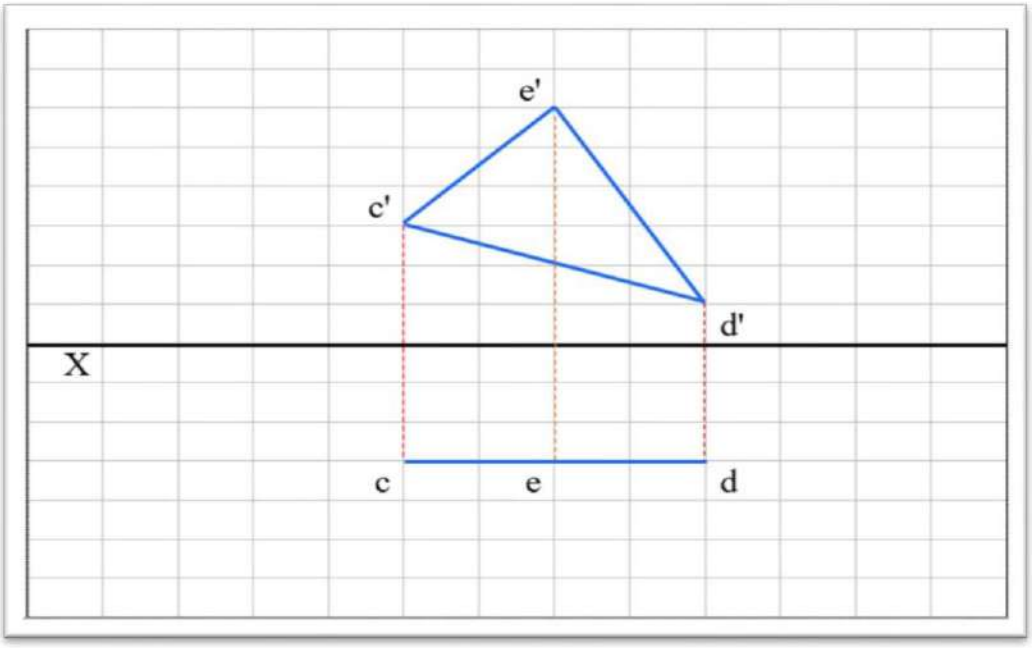
يظهر المستوي بشكله الحقيقي في حالات عدة، وكما يأتي:

1- المستوي الأفقي: يمتلك هذا النوع من المستويات أثراً أمامياً موازياً للمحور الأفقي (خط الأرض). وليس له أثراً أفقياً ويظهر بشكله الحقيقي في المسقط الأفقي، كما موضح بالشكل (4-9).



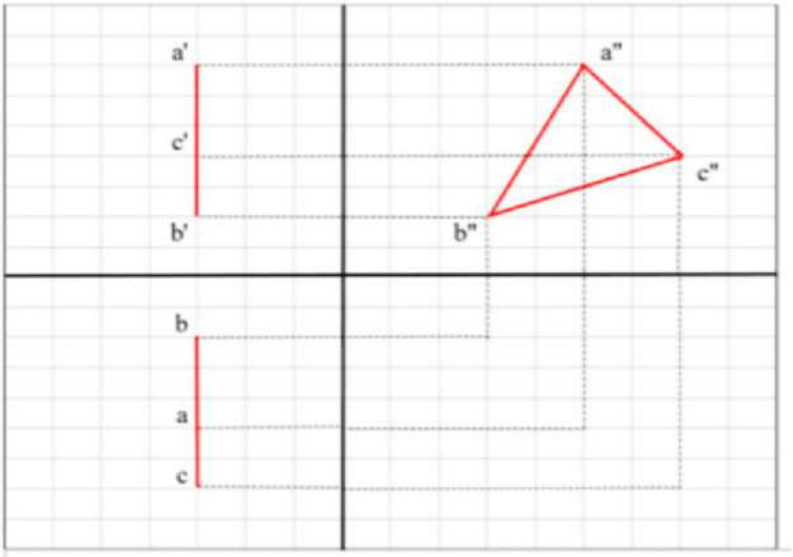
الشكل 4-9 المستوي الأفقي

2- المستوي الأمامي: يكون هذا المستوي موازياً لمستوي الإسقاط الأمامي وليس له أثراً أمامياً، يمتلك أثراً أفقياً يوازي المحور الأفقي (خط الأرض)، ويظهر بشكله الحقيقي في المسقط الأمامي، كما هو موضح بالشكل (4-10).



الشكل 4-10 المستوي الأمامي

3- المستوي الجانبي: يكون هذا المستوي موازياً للمستوي الجانبي أما أثريه الأفقي والأمامي سوف تكون متعامدة على المحور الأفقي (خط الأرض) ويظهر شكله الحقيقي في المسقط الجانبي، كما في الشكل (4-11).



الشكل 4-11 المستوي الجانبي

تمارين الفصل الرابع

ت1) ارسم المساقط الثلاث لنقطة (C) والتي إحداثياتها (4 ، 8 ، 12).

ت2) ارسم المساقط الثلاث لنقطة (B) والتي إحداثياتها (4 ، 8 ، 6).

ت3) ارسم المساقط الثلاث للمستقيم (EF) الذي إحداثيات نقاطه موضحة بالجدول الآتي:

النقطة	x	y	z
E	3	5	8
F	11	13	9

ت4) ارسم المساقط الثلاث للمستقيم (BC) الذي إحداثيات نقاطه كما في الجدول أدناه، ثم احسب طوله الحقيقي.

النقطة	x	y	z
B	9	6	3
C	2	5	3

الفصل الخامس

مساقط الخرائط

Maps Projections

1-5 أنظمة الإحداثيات Coordinates Systems

يُعنى علم المساحة بتمثيل معالم سطح الأرض وما عليها من ظواهر (طبيعية كانت أم اصطناعية) من خلال تحديد مواقع وإحداثيات تلك المعالم الأرضية من أجل رسمها وتوقيعها على الخرائط المساحية بمقياس رسم مناسب. وتتعدد أنظمة الإحداثيات تبعاً لاختلاف نوع الأسطح (كروية كانت أم مستوية) المراد تعيين مواقع النقاط عليها، لذا يفترض بالعاملين في تخصص المساحة اختيار نظام إحداثي مناسب من أجل تعيين مواقع النقاط بشكل دقيق سواء على سطح الكرة الأرضية أو سطح الخريطة المستوي، هنالك أنواع عديدة من أنظمة الإحداثيات المستخدمة في مختلف التخصصات العلمية وسيتم التركيز في هذا الفصل على رسم أنظمة الإحداثيات شائعة الاستخدام في تخصص المساحة، وكما مبين في أدناه:

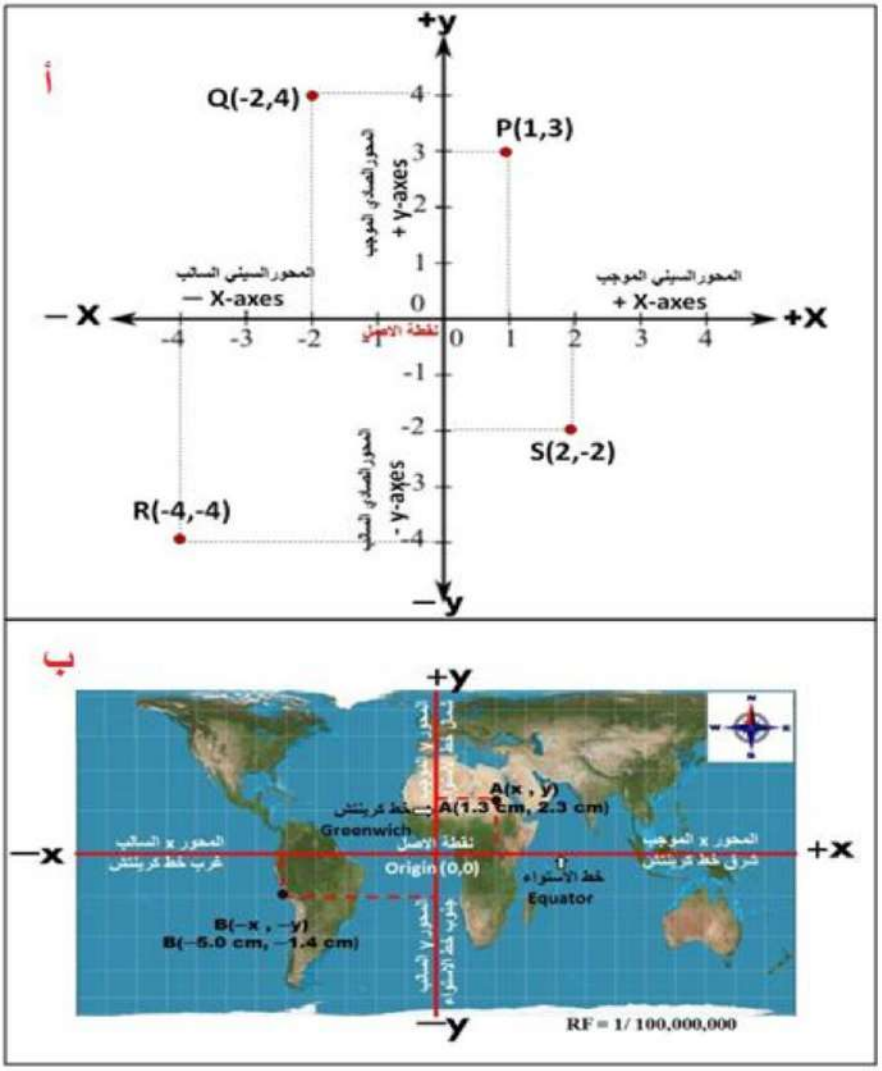
1. أنظمة الإحداثيات المستوية (Plane Coordinate Systems)

تُعد أنظمة الإحداثيات المستوية من أسهل نظم الإحداثيات من الناحية الحسابية وأكثرها شيوعاً. يتضمن هذا النظام الإحداثي محورين رئيسين هما المحور الأفقي (المحور السيني (X-axes)) والمحور العمودي (المحور الصادي (Y-axes))، وكما مبين بالشكل رقم (5-1 أ). ويكون المحور السيني موجب ناحية الشرق وسالباً ناحية الغرب والمحور الصادي يكون موجباً ناحية الشمال وسالباً باتجاه الجنوب، وكما مبين بالشكل رقم (5-1).

من أجل تعيين موقع النقطة في النظام المستوي يجب معرفة أبعاد النقطة عن كلا المحورين (الأفقي والعمودي)، يلاحظ في الشكل رقم (5-1 أ) عند كتابة إحداثي النقاط في هذا النظام فأن الإحداثي السيني يذكر أولاً ويتبعه الإحداثي الصادي داخل قوسين. مثلاً يعبر عن موقع النقطة P بحسب هذا النظام بـ P(1 cm, 3 cm) والذي يعني بأن بعد النقطة عن المحور السيني يساوي 1 cm وبعدها عن المحور الصادي يساوي 3 cm، كذلك يلاحظ بأن نقطة الأصل ذات الإحداثيات (صفر ، صفر) والتي هي نقطة تقاطع المحورين الأفقي والعمودي. فيما يخص الخرائط المساحية المبينة بالشكل رقم (5-1 ب) فأن قيمة الإحداثيات على الخريطة تستخرج بوحدة السنتمتر ولغرض استخراج الأبعاد الأرضية تضرب تلك الإحداثيات بمقام المقياس الموجود في الخريطة (RF=1/100 000 000) وتقسم على (100 000) لتحويل وحدة القياس من السنتمتر إلى الكيلومتر، فمثلاً إحداثيات النقطة (A) على الخريطة هي: A (1.3 cm, 2.3 cm)، فالإحداثيات الأرضية لنقطة A تساوي:

$$X_A = 1.3cm \times \frac{100\,000\,000}{100\,000} = 130\ km$$

$$Y_A = 2.3cm \times \frac{100\,000\,000}{100\,000} = 230\ km$$



شكل 5-1 أنظمة الإحداثيات المستوية

ويُعد نظام الإحداثيات المستوي النظام الأساسي في رسم المخططات والخرائط المساحية المختلفة ذات مقاييس الرسم المختلفة (الطبوغرافية، الكادسترائية والموضوعية ،.. الخ) وكما تم ذكره في شرح أنظمة الإحداثيات المستوية. التمرين (5-1) يوضّح كيفية رسم المضلعات على مخطط مساحي بمقياس رسم معلوم، بعد معرفة الإحداثيات الأرضية المستوية (X,Y) لنقاط رؤوس المضلعات.

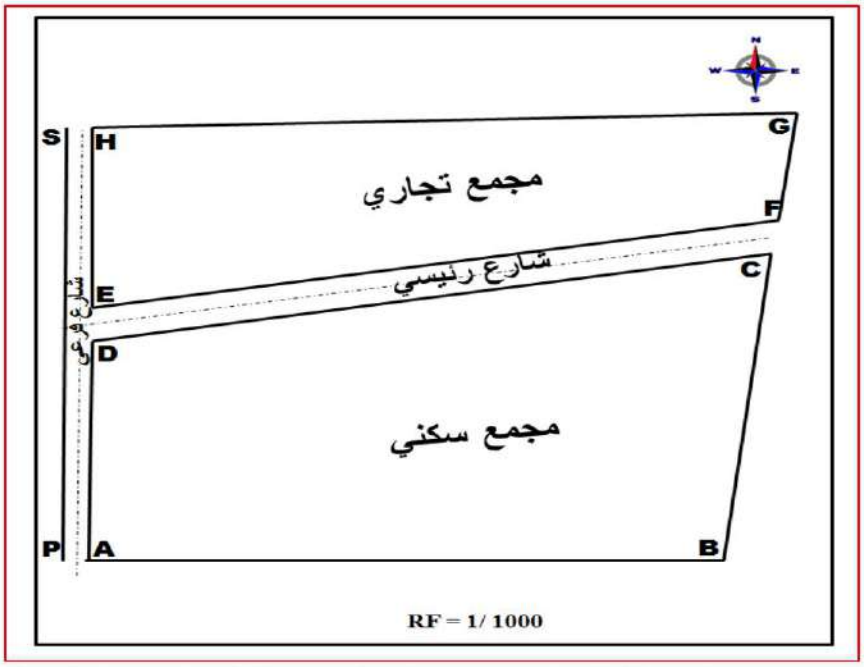
تمرين 5-1: ارسم المخطط المساحي المبين بالشكل رقم (5-2)، إذا كانت الإحداثيات الأرضية المستوية (X,Y) لأركان المضلعات والطرق مبينة بالجدول (5-1)، ومقياس الرسم (scale =1/1000).

الحل: تتبع الخطوات الآتية:

- من مقياس الرسم $\frac{1}{1000}$ يتبين أن كل واحد سنتمتر على ورقة الرسم يقابله 1000 سنتمتر (أي 10 متر) على الأرض.
- تحول جميع الإحداثيات الأرضية للنقاط (X,Y) إلى ما يقابلها من إحداثيات على الخريطة من خلال ضرب الإحداثيات الأرضية بمقياس الرسم وكالآتي:

$$x\ (cm) = X\ (m) \times 100\ (cm) \times scale \quad ،\quad y\ (cm) = Y\ (m) \times 100\ (cm) \times scale$$

- يرسم المحورين المتعامدين الأفقي (X) والعمودي (Y). وتعتبر نقطة الأصل واقعة في الطرف الأسفل الأيسر من الورقة كما هو موضح بالشكل رقم (5-2)، لأن جميع قيم الإحداثيات الأرضية (X,Y) هي موجبة في كلا المحورين (السيني والصادي)، لذا لا توجد ضرورة لرسم المحاور السينية (X-) والصادية السالبة (Y-).
- يتم بعد ذلك رسم نقاط رؤوس المضلعات وفقاً لقيم إحداثياتها المبينة بالجدول رقم (5-1) بعد ضربها بمقياس الرسم.
- توصل بخطوط مستقيمة بين رؤوس المضلعات، وثم يثبت أتجاه الشمال ومقياس الرسم الكسري، كما هو مبين بالشكل رقم (5-2).



شكل 5-2 رسم المخطط المساحي بالاعتماد على الإحداثيات المستوية للمضلعات

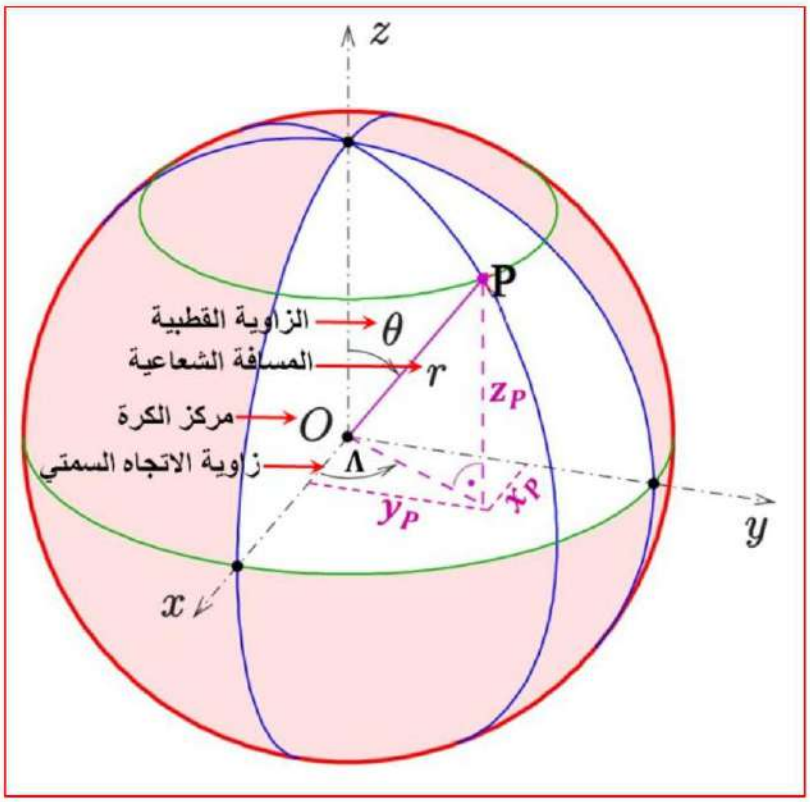
جدول رقم 5-1 الإحداثيات الأرضية المستوية (X,Y) لأركان المضلعات

نقاط أركان المضلعات (Points)	الإحداثيات المستوية لأركان المضلعات		وصف النقاط
	X (m)	Y (m)	
A	10.00	2.00	ركن مجمع سكني
B	50.00	2.00	ركن مجمع سكني
C	53.00	87.00	ركن مجمع سكني
D	10.00	62.00	ركن مجمع سكني
E	10.00	72.00	ركن مجمع تجاري
F	53.50	97.00	ركن مجمع تجاري
G	54.50	127.00	ركن مجمع تجاري
H	54.50	122.00	ركن مجمع تجاري
P	1.00	2.00	حافة طريق
S	1.00	122.00	حافة طريق

2. أنظمة الإحداثيات الكروية والكارتيزية Spherical and Cartesian Coordinate System

تستخدم هذه الأنظمة لتمثيل مواقع النقاط نسبةً إلى مركز الكرة. وتستخدم الكرة كسطح مرجعي وليس السطح المستوي (كما هو الحال في نظم الإحداثيات المستوية). وفي بعض التطبيقات المساحية الدقيقة نحتاج إلى تعيين مواقع الأجسام على سطح الكرة الأرضية، إذ يتم اعتبار شكل الأرض كروي كلما كبرت المنطقة (تتعدى حدود 5 كم^2) المراد إجراء العمل المساحي مثلاً (بعض تطبيقات المساحة الجيودسية).

لو فرضنا أن النقطة P واقعة على سطح الكرة الأرضية كما في الشكل (5-4)، فيتم تعيين موقع النقطة (P) في نظام الإحداثيات الكروي من خلال معرفة ثلاث قيم وهي P (r, θ, Λ) ، إذ أن (r) تمثل نصف القطر من مركز الكرة إلى تلك النقطة والتي تتراوح قيمتها بين ($0 \leq r < \infty$) و (θ) تسمى الزاوية القطبية المقاسة من محور دوران الكرة الأرضية (Z-axes) لغاية المسافة الشعاعية (r) المارة بالنقطة وتتراوح قيمتها بين ($0 \leq \theta < 180^o$)، أما (Λ) وهي تمثل زاوية الاتجاه السمتي أو الزاوية السمتية (azimuthal angle) والتي تقاس من المحور السيني (X-axes) الموجب ومسقط الخط المستقيم الواصل بين مركز الإحداثيات والنقطة P على المستوي (XY) وتتراوح قيمتها بين ($0 \leq \Lambda < 360^o$)، وكما مبين بالشكل رقم (5-3). مثلاً لنفترض إحداثيات نقطة (P(r, θ, Λ)) الواقعة على سطح الكرة الأرضية تساوي ((P (6371 km, 40^o , 60^o)).



شكل 5-3 أنظمة الإحداثيات الكروية (Spherical coordinate systems)

وكما هو ظاهر من الشكل (5-3) يمكن تعيين مواقع النقاط على الأسطح الكروية باستخدام نظام الإحداثيات الكارتيزية (x,y,z) ثلاثية الأبعاد (3D Cartesian Coordinates System)، والذي يُعد من الأنظمة الأكثر استخداماً وشيوعاً في تمثيل مواقع النقاط في الفراغ أو على الكرة الأرضية.

يعتمد هذا النظام على ثلاث محاور متعامدة هي (X-axes, Y-axes, Z-axes) تتقاطع في نقطة الأصل والمتمثلة بمركز الكرة الأرضية. ويقع المحورين X-axes, وY-axes على مستوي دائرة الاستواء. ينطبق محور Z-axes على محور دوران الكرة الأرضية أما محور X-axes فيمر من مركز الكرة الأرضية باتجاه نقطة تقاطع خط كرينتش مع خط الاستواء، أما محور Y-axes فيكون على زاوية 90^o إلى شرق محور X-axes. تتراوح قيم الإحداثيات الكارتيزية (X,Y,Z) بين الصفر – ما لانهاية $(0 \leq (X\ or\ Y\ or\ Z) < \infty)$، من أجل تعيين موقع النقطة P .

في هذا النظام يجب معرفة أو قياس أبعاد النقطة أو المسافات عن المحاور الثلاث (X-axes, Y-axes, Z-axes)، فيكون موقع النقطة (P) هو P(Xp,Yp,Zp)، على سبيل المثال لنفرض أن نقطة (P) تقع على سطح الكرة الأرضية وتمتلك الإحداثيات الكارتيزية الآتية:

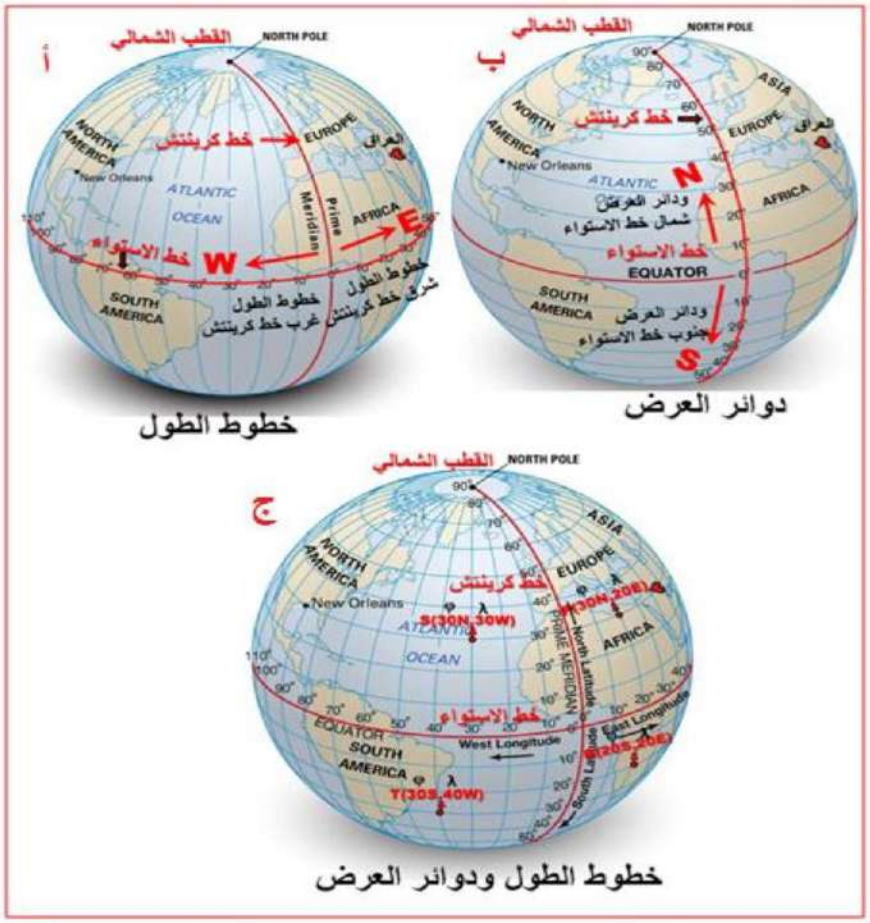
P (1593 km, 2759 km, 5517 km)

3. نظام الإحداثيات الجغرافية (Geographic Coordinate system)

تم إنشاء نظام الإحداثيات الجغرافية لتعيين مواقع النقاط على سطح الأرض باعتبارها كرة. يتضمن هذا النظام تقسيم الكرة الأرضية إلى دوائر وهمية تسمى خطوط الطول ((λ) Longitudes) ودوائر العرض ((φ) Latitudes) تستخدم لتمثيل مواقع الأجسام ومختلف الظواهر الطبيعية الأرضية والبشرية المختلفة. تم اعتبار خط الاستواء يمثل الخط الأفقي الرئيسي وتم اتخاذ خط الطول الرئيسي المار بمدينة كرينتش في إنكلترا ليمثل الخط الرأسي الأساسي في هذا النظام. تم تقسيم دائرة الاستواء إلى 360 قسماً متساوياً، كل قسم مقداره درجة واحدة يمر من هذه الأقسام 360 خط طول بشكل أنصاف دوائر (خطوط طول وهمية) تمد من القطب الشمالي لغاية القطب الجنوبي، كما في الشكل رقم (5-4 أ). وهي مؤلفة من 360 خط طول، تم تحديد خط طول كرينتش كخط طول رئيسي وأعطي درجة صفر وبقية الخطوط تم تقسيمها 180 خط واقعة شرق خط كرينتش و 180خط واقعة غرب كرينتش. لرسم دوائر العرض تم تقسيم خط كرينتش إلى 180 قسم، كل قسم مقداره درجة واحدة، تمر بهذه الأقسام 180 دائرة عرض. تم اعتبار دائرة الاستواء دائرة العرض رقم صفر و 90 دائرة عرض شمال خط الاستواء و 90 دائرة عرض جنوب خط الاستواء، وكما مبين بالشكل (5-4 ب). في النظام الإحداثي الجغرافي فان موقع النقطة يتعين من خلال ذكر مقدار دائرة العرض (φ) ويكتب بعده مقدار خط الطول (λ) مثلاً يعبر عن موقع النقاط (P,S,T,R) في هذا النظام بـ:

P (30 N, 20 E) , S (30 N, 30 W), T (30 S, 40 W), R (20 S, 20 E)

ويعني ذلك بان النقطة P تقع على دائرة عرض (φ) 30 شمالاً وخط طول (λ) 20 شرقاً. ونقطة S تقع على دائرة عرض (φ) 30 شمالاً وخط طول (λ) 30 غرباً، ونقطة T تقع على دائرة عرض (φ) 30 جنوباً وخط طول (λ) 40 غرباً. أما نقطة R تقع على دائرة عرض (φ) 20 جنوباً وخط طول (λ) 20 شرقاً، وكما موضح بالشكل رقم (5-4 ج).



شكل 5-4 نظام الإحداثيات الجغرافية (Geographic Coordinate System)

تمرين 5-2: ارسم نموذج توضيحي للكرة الأرضية مبيّناً عليه مواقع النقاط المدرجة إحداثياتها الجغرافية في الجدول رقم (5-2) أدناه:

جدول رقم 5-2 الإحداثيات الجغرافية لمجموعة مختارة من النقاط

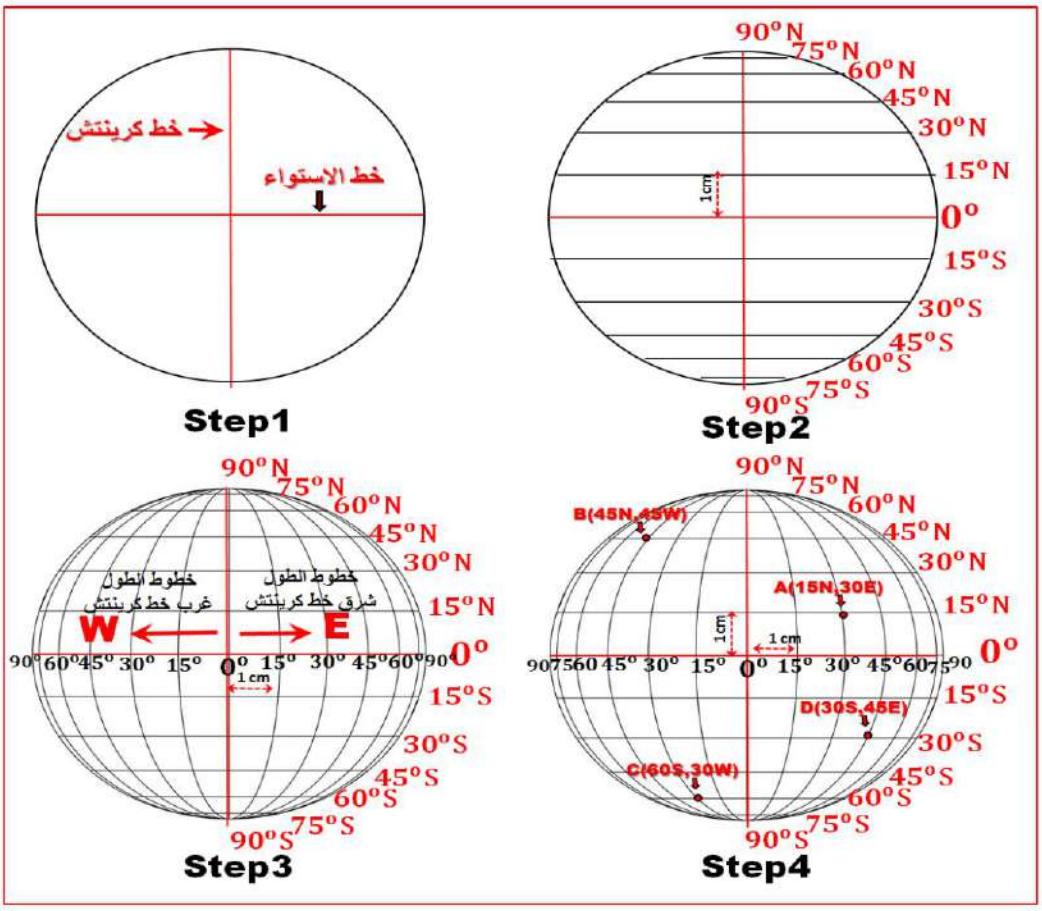
Point	Latitude (φ) دائرة العرض	Longitude (λ) خط الطول
A	15 N	30 E
B	45 N	45 W
C	60 S	30 W
D	30 S	45 E

الحل:

1. ترسم دائرة توضح شكل الكرة الأرضية بنصف قطر 6 cm ويرسم خطين متعامدين في منتصف الدائرة، يرمز الخط الأفقي لخط الاستواء والخط العمودي يرمز إلى خط كرينتش، وكما مبين بالشكل رقم (Step1, 5-5).
2. ترسم دوائر العرض بشكل خطوط مستقيمة (وليس دوائر) لكون النموذج المطلوب للأرض هو نموذج توضيحي. يتم اختيار الفترة الفاصلة بين دائرة عرض ودائرة العرض التي تليها ولتكن (15°)، وتساوي (1 cm) على الرسم، وكما مبين بالشكل رقم (Step2, 5-5).

3. ترسم خطوط الطول بشكل أقواس باستخدام مساطر المنحنيات، ويتم اختيار الفترة الفاصلة بين خط عرض وخط العرض الذي يليه ولتكن (15°)، وتساوي (1 cm) على الرسم، وكما مبين بالشكل رقم (Step3, 5-5).

4. تمثيل مواقع النقاط المدرجة إحداثياتها الجغرافية بالجدول (5-2)، وكما موضح بالشكل رقم (Step4, 5-5).



شكل 5-5 رسم الإحداثيات الجغرافية لمجموعة مختارة من النقاط

5-2 مساقط الخرائط وأنواعها Maps Projections and its Types

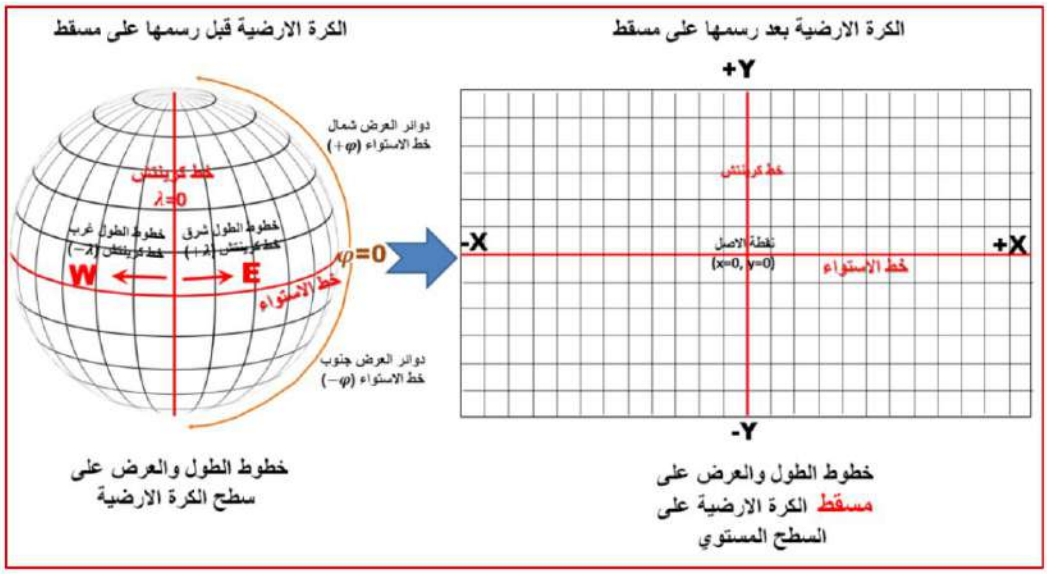
كما هو معروف بأن الشكل الحقيقي للأرض هو شكل مفلطح (إهليجي) وهو شكل غير رياضي وغير منتظم كما هو الحال في الشكل الكروي أو البيضوي، كما مبين بالشكل رقم (5-6)، إذ أن نصف قطر الأرض ومحيطها يختلفان باختلاف الموقع على الأرض بدلاً من أن يكونا متساويين على جميع المناطق على سطح الأرض نتيجة لذلك لا يمكن إجراء الحسابات وتطبيق المعادلات الرياضية على الشكل الحقيقي للأرض. لحل هذه المشكلة قام العلماء باعتبار شكل الأرض أقرب ما يكون أما للشكل كروي أو الشكل البيضوي.

في هذه المرحلة الدراسية سوف يتم اتباع الفرضية التي تعتبر أن شكل الأرض كروي بنصف قطر واحد مساوي لـ (6371.1 km)، نظراً لسهولة إجراء الحسابات على الشكل الكروي مقارنة بالشكل البيضوي، أما في مراحل دراسية متقدمة سوف يتم اعتبار شكل الأرض شكل بيضوي كونه أقرب إلى

شكل الأرض الحقيقي على الرغم من كون معادلات الشكل البيضوي أكثر تعقيداً من الشكل الكروي لكنها تعطي نتائج اكثر دقة في حساب المسافات، الزوايا، والمواقع على سطح الأرض.

شكل 5-6 الشكل الحقيقي (الجيوئيد) والأشكال الرياضية (البيضوي والكروي) للأرض

بناءً على ما جاء في أعلاه، من أجل رسم خرائط على سطح الورقة المستوي (المسطح) لأي منطقة من مناطق الكرة الأرضية ذات السطح الكروي لابد من اختيار مسقط خريطة ملائم فمن غير المُمكن رسم أي خريطة دون القيام بعمل مسقط لها. إذ أن علم مساقط الخرائط هو أحد العلوم التي تختص بإظهار ورسم السطح الكروي والمنحني للأرض على سطح الخريطة المستوي والثنائي الأبعاد، كما هو مبين بالشكل (5-7). إذ أن من غير المُمكن إسقاط الكرة على سطح مستوي بدون حصول تشويه في الشكل أو الأبعاد أو غيرها من العناصر الأخرى، وهذا يعني أن كل إسقاط لخريطة الكرة الأرضية (رسم شبكة خطوط الطول ودوائر العرض والظواهر الجغرافية من الكرة الأرضية إلى سطح الخريطة المستوي) يحتوي على عيب أو تشوه مُختلف عن الآخر فمن غير الممكن وجود مسقط خريطة خالي من التشوهات أو دقيق تماماً.



شكل 5-7 إسقاط السطح الكروي للأرض على سطح الخريطة المستوي

لذلك هنالك أنواع متعددة من المساقط كل نوع من هذه الأنواع له ميزات وعيوب ويخدم غرض هندسي معين مثل:

1. مساقط المساحة الصحيحة (Equal Area Projections)

تكون المساحات المقاسة على المسقط صحيحة أما المسافات (الأبعاد) والزوايا المقاسة على هذا المسقط فتكون في الغالب فيها تشوهات.

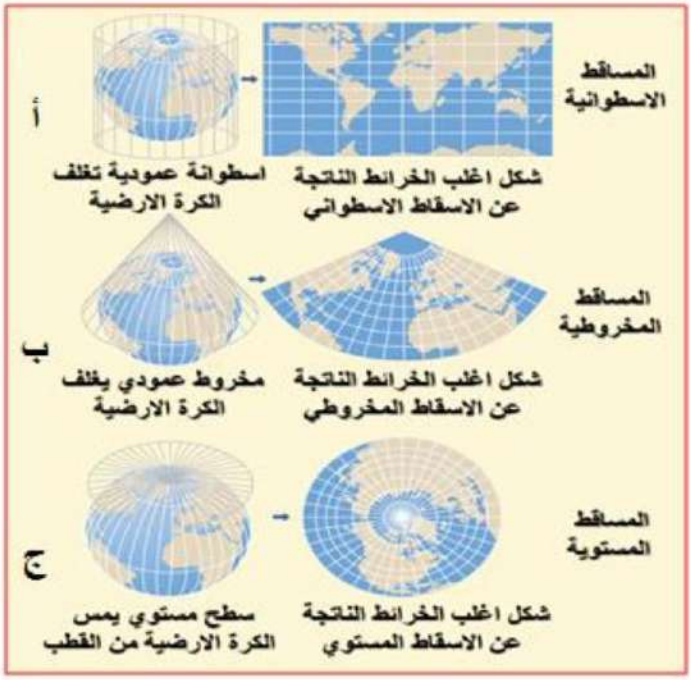
2. مساقط الأشكال الصحيحة (Conformal Projections)

تكون الزوايا المقاسة على المسقط صحيحة أما المسافات (الأبعاد) والمساحات المقاسة على هذا المسقط فتكون في الغالب فيها تشوهات.

3. مساقط المسافات الصحيحة (Equidistant Projections)

تكون المسافات المقاسة على المسقط صحيحة أما المساحات والزوايا المقاسة على هذا المسقط فتكون في الغالب فيها تشوهات.

وهنالك تصنيفات عديدة لمساقط الخرائط إلا أن أكثرها تداولاً هو التصنيف الذي يعتمد الشكل المغلف للكره الأرضية، وكما مبين بالشكل رقم (5-8)، لذا يمكن تصنيف المساقط إلى الآتي:



شكل 5-8 تصنيف مساقط الخرائط حسب الشكل الهندسي المغلف للكرة الأرضية

1. المساقط الأسطوانية (Cylindrical Projections)

سميت هذا النوع من المساقط بالأسطوانية لأنها تستند إلى فكرة افتراض أسطوانة من الورق الشفاف أو البلاستك تحيط بنموذج شفاف للكرة الأرضية تكون الأسطوانة مماسة للكرة من أحد دوائر العرض. تظهر في هذا النوع من المساقط خطوط الطول ودوائر العرض على شكل خطوط مستقيمة وتتقاطع بزوايا قائمة. تكون خطوط الطول متوازية ولا تلتقي عند الأقطاب وتتباعد عن بعضها البعض بمسافات متساوية. بينما ترسم دوائر العرض بشكل خطوط مستقيمة متوازية أيضاً تتباعد عن بعضها البعض عادةً بمسافات مختلفة اعتماداً على نوع المسقط. تكون هذه المساقط ملائمة لتمثيل خريطة العالم ككل، إذ تكون نسبة التشوه في المناطق حول خط الاستواء أقل نسبة تشوه وأقرب للواقع، بينما تكون نسبة التشوه عالية جداً حول المناطق القطبية. من المساقط الأسطوانية المشهورة والمستخدمة بكثرة هي: مسقط مركيتر ، مسقط لامبرت ومسقط غول.

2. المساقط المخروطية (Conical Projections)

فكرة هذه المساقط تتمثل في افتراض مخروط من الورق أو البلاستيك يحيط بنموذج شفاف للكرة الأرضية، وأفضل وضعية لهذا المخروط أن يكون راسه عمودياً على أحد قطبي الأرض. وفي هذه الحالة يصبح المخروط ملامساً لسطح الأرض عند دائرة عرض معلومة تعرف باسم (دائرة العرض الرئيسة (Standard Parallel) وتظهر على شكل أقواس، وإن مقياس الرسم يكون على دائرة العرض الرئيسة صحيحاً، من أهم ما يميز المساقط المخروطية بشكل عام أن تظهر خطوط الطول مستقيمة (في اغلب المساقط المخروطية) تتقارب باتجاه القطب ويكون مقياس الرسم عليها صحيحاً.

أمَّا بالنسبة لدوائر العرض فتظهر بشكل أقواس متحدة المركز ويكون مقياس الرسم صحيحاً في دائرة العرض الرئيسة ، وتتلاقى خطوط الطول ودوائر العرض بزوايا قائمة، ولا تكون هناك تشوهات كبيرة في هذه المساقط في المنطقة الواقعة بالقرب من دائرة العرض الرئيسية وتزداد التشوهات كلما كانت المنطقة بعيدة عن الدائرة الرئيسة شمالاً أو جنوباً، إذ يستخدم هذا المساقط لرسم المناطق التي يكون امتدادها كبيراً باتجاه شرق غرب، ومحدوداً في اتجاه شمال جنوب. ومن أشهر المساقط المخروطية هي مسقط بون المخروطي والمسقط المخروطي القاطع. وهي الأنسب للاستعمال كخرائط إقليمية أو نصف كروية وبالنادر ما تكون خريطة كاملة للعالم، وذلك لأن التشويه فيها لا يجعلها مناسبة لتكوّن صورة كاملة للأرض، لكنها رائعة لخرائط الطقس وتوقعات المناخ.

3. المساقط المستوية (Azimuthal Projections)

إن فكرة عمل هذه المساقط تُشبّه في وجود لوحات مستوية ملامسة سطح الكرة الأرضية الشفاف، بعد أن قمنا برسم خطوط الطول ودوائر العرض والتفاصيل الثانية عليه عند نقطة محددة، ويمكن عمل هذه المساقط حسب النقطة التي تلامس فيها اللوحة سطح النموذج الشفاف وتتسم هذه المساقط بخطوط الزوال المستقيمة والموازيات تكون حول النقطة المركزية، كما أن المسافات المتوازية متساوية البعد. وهذه المساقط مفيدة لإيجاد الاتجاه من أي نقطة على الأرض باستخدام النقطة المركزية كمرجع.

تمرين 5-3: ارسم الشبكة التربيعية لخريطة العالم للمنطقة الواقعة بين دوائر العرض ($\varphi = 15^o \; to \; \varphi = 90^o \; N$) وخطوط الطول ($\lambda = 90^o \; W \; to \; \lambda = 90^o \; E$) على المساقط الآتية:

1. مسقط مخروطي بسيط بدائرة عرض أساسية (45^o).
2. المسقط المستوي المركزي.

علماً بان الفترة فاصلة بين خطوط الطول ودوائر العرض مقدارها (15^0).

ملاحظة:

1. لم يتضمن التمرين (5-3) رسم نموذج للمساقط الأسطوانية وذلك لأنه سوف يتم التطرق لها بشكل مفصل في الفقرة القادمة.

2. إن جميع الأبعاد الضرورية لرسم المسقطين (المخروطي والمستوي) والتي تم استخراجها خلال تطبيق القوانين الخاصة بهما تم إعطاءها بشكل جاهز وكما في الأشكال المرقمة (5-10) و (5-11)، إذ لا يتوجب على الطلبة في المرحلة الدراسية الحالية الدخول في الحسابات الرياضية للمساقط والتي سوف يتم دراستها بشكل أكثر تفصيلاً في مراحل دراسية متقدمة.

الحل:

أولاً: البدء بخطوات رسم المسقط المخروطي البسيط، وكما مبين بالشكل رقم (5-9).

الخطوة الأولى: يرسم خط عمودي بطول (18.2 cm) في منتصف ورقة الرسم، إذ يمثل هذا الخط (خط الطول الرئيسي (كرينتش))، وتوضع نقطة (A) في الطرف العلوي من الخط، وكما مبين بالشكل (Step1, 9-5)، وكما تمت الإشارة له في الملاحظة أعلاه، فأن طول الخط وجميع أبعاد المسقط تم حسابها بالاعتماد على قوانين المسقط.

الخطوة الثانية: وضع إبرة الفرجال في النقطة (A) ويفتح الفرجال بمقدار (R=12 cm) وترسم نصف دائرة والتي تمثل دائرة العرض الأساسية (دائرة 45^0) في المسقط، إذ تمثل جميع دوائر العرض ومن ضمنها القطب الشمالي في هذا المسقط بشكل أقواس من دوائر. لغرض استخراج المسافة التي تفصل بين خطوط الطول والتي أعطيت بالتمرين لكل (15^0)، يتم التأشير لتقسيم طول دائرة العرض الأساسية كل (15^0) والتي تساوي على المسقط (2.2 cm). ولغرض استخراج المسافة التي تفصل بين دوائر العرض والتي أعطيت بالتمرين لكل (15^0)، يتم التأشير لتقسيم طول خط الطول الرئيسي (كرينتش) كل (15^0) والتي تساوي على المسقط (3.1 cm)، وكما مبين بالشكل (Step2, 9-5).

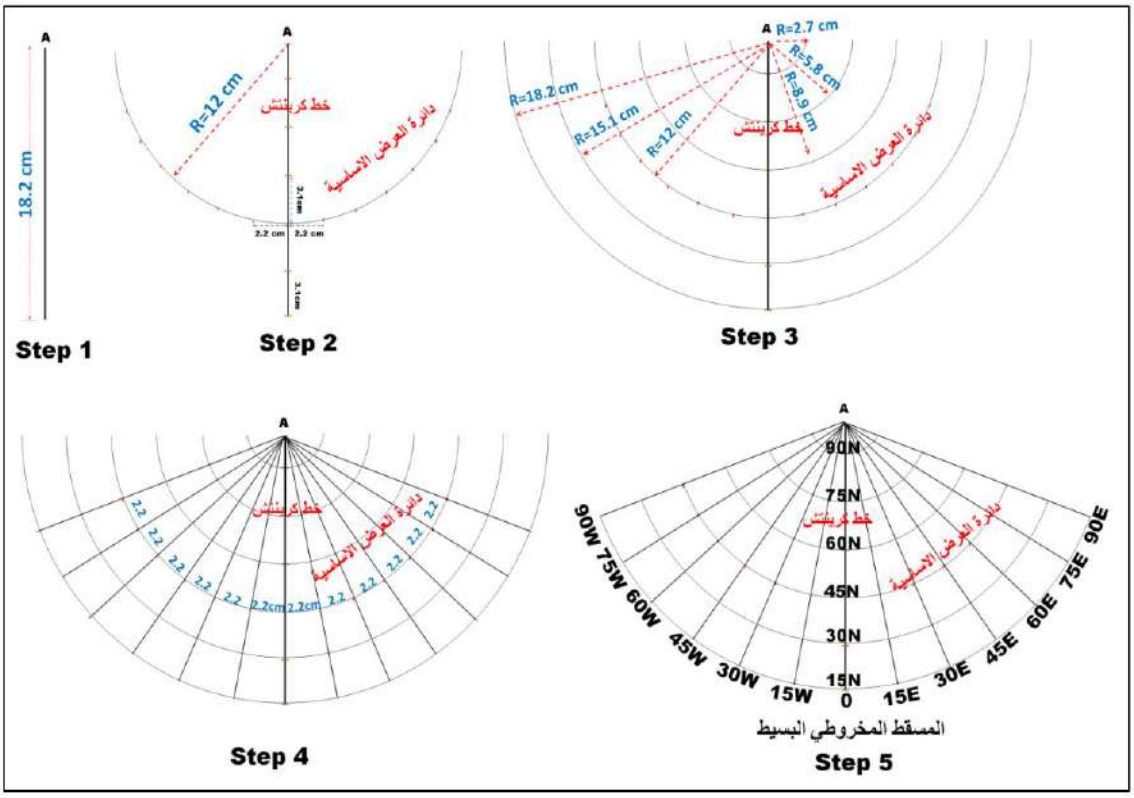
الخطوة الثالثة: وضع إبرة الفرجال في نقطة (A) ويفتح الفرجال بمقدار أنصاف الأقطار (R) المعطاة في الجدول رقم (5-3) أدناه لدوائر العرض المطلوب رسمها بالتمرين (من دائرة عرض $\boldsymbol{\varphi = 15^o}$ لغاية $\boldsymbol{\varphi = 90^o}$). ويتم رسم جميع دوائر العرض المطلوبة بشكل قوس بطول نصف دائرة، أي أطول من الطول المطلوب لدائرة العرض وبعد نهاية الرسم يتم مسح الزيادة بأطوال دوائر العرض وخطوط الطول إن وجدت، وكما مبين بالشكل (Step3, 9-5).

جدول (5-3) مقدار أنصاف أقطار دوائر العرض

نصف القطر (Rcm)	دائرة العرض ($\boldsymbol{\varphi^o}$)
2.7 cm	$\boldsymbol{90^o}$
5.8 cm	$\boldsymbol{75^o}$
8.9 cm	$\boldsymbol{60^o}$
12 cm	$\boldsymbol{45^o}$
15.1 cm	$\boldsymbol{30^o}$
18.2 cm	$\boldsymbol{15^o}$

الخطوة الرابعة: ترسم خطوط الطول على المسقط بشكل خطوط مستقيمة، إذ تصل بين التقسيمات الموجودة على دائرة العرض الأساسية ونقطة (A) باستخدام المسطرة على أن يمد الخط المستقيم لكل خط طول ليشمل جميع دوائر العرض (من دائرة عرض $\boldsymbol{\varphi = 15^o}$ لغاية دائرة عرض $\boldsymbol{\varphi = 90^o}$)، وكما مبين بالشكل (Step4,9-5).

الخطوة الخامسة: وهي آخر خطوة بالرسم ويتم فيها وضع أرقام خطوط الطول ودوائر العرض، كما مبين بالشكل (Step5, 9-5). ويتم مسح جميع الأطوال الزائدة لخطوط الطول ودوائر العرض.



شكل 5-9 خطوات رسم المسقط المخروطي البسيط بدائرة عرض رئيسية (45^o)

ثانياً: البدء بخطوات رسم المسقط المستوي المركزي، وكما مبين بالشكل (5-10).

الخطوة الأولى: يرسم خطين متعامدين في منتصف ورقة الرسم يلتقيان في نقطة (P) والتي سوف تمثل القطب الشمالي، طول الخط العمودي (8 cm) وطول الخط الأفقي (16 cm). يمثل الخط العمودي (خط الطول الرئيسي (كرينتش))، وكما مبين بالشكل (Step1, 10-5)، وكما تمت الإشارة له في الملاحظة آنفاً فأن أطوال الخطوط وجميع أبعاد المسقط تم حسابها بالاعتماد على قوانين المسقط.

الخطوة الثانية: دوائر العرض في المساقط المستوية تمثل بشكل دوائر كاملة متحدة المركز، إلا أنه في هذا التمرين مطلوب فقط رسم المنطقة الواقعة بين (خط طول (90^o E) وخط طول (90^o W)) عليه فأن دوائر العرض بين هذين الخطين ستكون بشكل أنصاف دوائر لها مركز واحد وهو النقطة (P). ترسم دوائر العرض المطلوبة من خلال وضع إبرة الفرجال في النقطة (P) ويفتح الفرجال بمقدار أنصاف الإقطار (R) المعطاة في الجدول (5-4) أدناه لدوائر العرض المطلوب رسمها بالتمرين (من دائرة عرض $\varphi = 15^o$ لغاية دائرة عرض $\varphi = 90^o$). ويتم رسم جميع دوائر العرض المطلوبة بشكل أنصاف دوائر، وكما مبين بالشكل (Step2, 10-5).

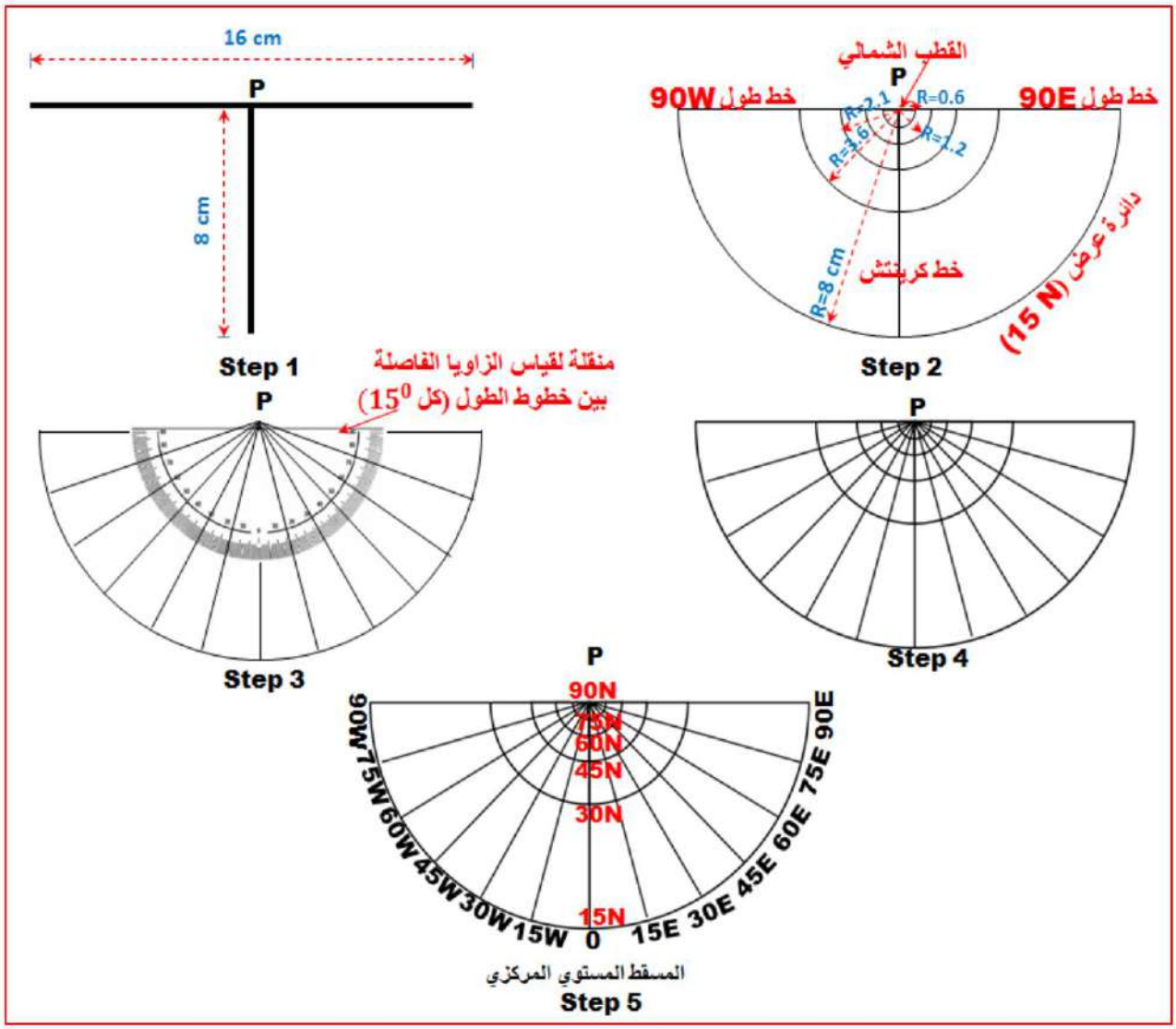
جدول 5-4 مقدار أنصاف أقطار دوائر العرض

نصف القطر (Rcm)	دائرة العرض (φ^o)
0 cm	90^o
0.6 cm	75^o
1.2 cm	60^o
2.1 cm	45^o
3.6 cm	30^o
8.0 cm	15^o

الخطوة الثالثة: تمثل خطوط الطول على هذا المسقط بشكل خطوط مستقيمة تلتقي جميعها بنقطة القطب. ولغرض استخراج الزاوية على المسقط والتي تفصل بين خطوط الطول والتي تساوي (15^0) يتطلب استخدام منقلة لتقسيم دوائر العرض المرسومة إلى أقسام متساوية كل قسم يساوي (15^0)، وكما مبين بالشكل (Step3, 10-5). بعد وضع تأشيرات الزاوية الفاصلة بين خطوط الطول على أي دائرة عرض مختارة وحسب حجم المنقلة المستخدمة، ترسم خطوط الطول على المسقط بشكل خطوط مستقيمة، إذ تصل بين التقسيمات الموجودة على دائرة العرض المؤشر عليها التقسيمات ونقطة القطب (P) باستخدام المسطرة على أن يمتد الخط المستقيم لكل خط طول ليشمل جميع دوائر العرض (من دائرة عرض $\varphi = 15^o$ لغاية $\varphi = 90^o$)، وكما مبين بالشكل (Step 3, 10-5).

الخطوة الرابعة: يتم مسح جميع الأطوال الزائدة لخطوط الطول ودوائر العرض، وكما مبين بالشكل (Step 4, 10-5).

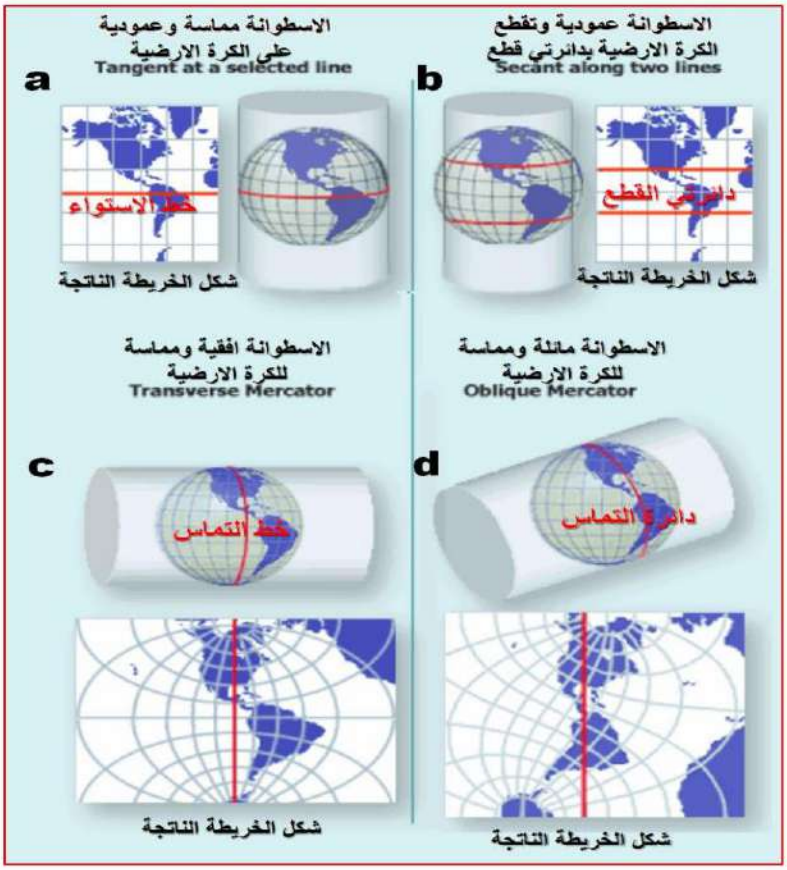
الخطوة الخامسة: وهي آخر خطوة بالرسم يتم فيها وضع أرقام خطوط الطول ودوائر العرض، كما مبين بالشكل (Step 5, 10-5).



شكل 5-10 خطوات رسم المسقط المستوي المركزي

3-5 المساقط الأسطوانية Cylindrical Projections

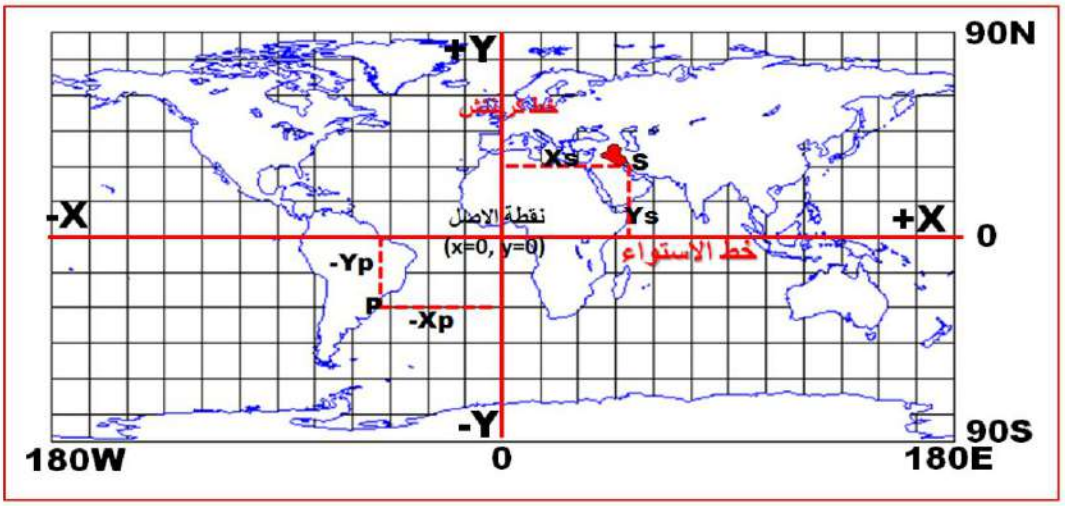
تنشأ المساقط الأسطوانية كما تمت الإشارة لها آنفاً من إسقاط سطح الكرة الأرضية على سطح أسطوانة والتي أما أن تمس النموذج المصغر للكرة الأرضية رأسياً أو عرضياً أو تكون قاطعة له أو تمس الأرض بصورة مائلة، وكما مبين بالشكل رقم (5-11). وبناءً على ذلك توجد العديد من الأنواع والتصنيفات للمساقط الأسطوانية وطرائق إسقاط الخرائط عليها، إلا انه سوف يتم التركيز في هذه المرحلة على رسم المساقط الأسطوانية والتي تكون فيها الأسطوانة عمودية ومماسة للكرة. المساقط التي سوف يتم رسمها في هذا الفصل هما المسقط الأسطواني البسيط ومسقط مركيتر.



شكل 5-11 أنواع المساقط الأسطوانية

يُعد المسقط الأسطواني البسيط من أبسط أشكال المساقط الأسطوانية. تكون شبكة الإسقاط فيه عبارة عن مستطيل طوله يساوي ضعف عرضه والمستطيل مقسم إلى شبكة من المربعات متساوية الأبعاد، كما مبين بالشكل (5-12)، إذ يمثل طول المستطيل طول خط الاستواء أما عرض المستطيل فيمثل طول خط الطول. تظهر خطوط الطول ودوائر العرض في هذا المسقط بشكل خطوط مستقيمة ومتعامدة.

تكون المسافة الفاصلة بين خطوط الطول مساوية للمسافة الفاصلة بين دوائر العرض. تكون أطوال جميع خطوط الطول في المسقط حقيقية وخالية من التشوه. وتظهر دوائر العرض بشكل خطوط متوازية ومساوية بالطول لطول خط الاستواء، مما يعني بأن جميع دوائر العرض في هذا المسقط ماعدا خط الاستواء فيها نسبة تشوه تزداد كلما ابتعدت شمال أو جنوب دائرة الاستواء، لذلك لا يفضل استخدام هذا المسقط في رسم خرائط العالم لأن التشويه في المسافات والمساحات والزوايا يكون كبيراً عند الابتعاد عن خط الاستواء شمالاً أو جنوباً في أتجاه أقطاب الكرة الأرضية.



شكل 5-12 المسقط الأسطواني البسيط

هنالك مجموعة من الخطوات المتسلسلة التي يفترض اتباعها لغرض إنشاء ورسم الشبكة التربيعية في أي مسقط وهذه الخطوات هي:

1. اختيار نموذج لشكل الأرض المراد إسقاطه (أي يفرض شكل الأرض أما كروي أو بيضوي) وفي هذه المرحلة سوف يتم اعتبار شكل الأرض كروي.
2. تحويل قيم الإحداثيات الجغرافية لخطوط الطول ودوائر العرض من سطح الأرض الكروي (φ,λ) إلى إحداثيات مستوية (x,y) على سطح الخريطة المستوي، وهذه العملية تتم من خلال تطبيق القوانين الرياضية ومعادلات التحويل الخاصة بكل مسقط. وسوف لا يتم الخوض بشرح القوانين والمعادلات الرياضية للمساقط بهذه المرحلة الدراسية نظراً لصعوبتها وسيتم التطرق لها بمراحل دراسية قادمة.
3. تحويل مقدار الإحداثيات المستوية (x,y) من الأبعاد الأرضية إلى أبعاد الخريطة باستخدام مقياس رسم مناسب.

بعد الانتهاء من رسم الشبكة التربيعية لمسقط خريطة العالم تبدأ عملية رسم حدود القارات والدول على المسقط من خلال تحول مقدار الإحداثيات الجغرافية (φ,λ) لحدود تلك القارات والدول إلى إحداثيات مستوية (x,y) على سطح الخريطة من خلال تطبيق القوانين الرياضية ومعادلات التحويل الخاصة بكل مسقط. وهذه العملية تحتاج إلى معرفة الجداول الخاصة بجميع الإحداثيات الجغرافية (φ,λ) لحدود المنطقة المراد رسمها وسوف لايتم الخوض بها في هذه المرحلة الدراسية لانها تحتاج الى وقت وجهد عالي وحسابات معقدة .لذا بعد التطور الذي حدث بالحاسوب الالكتروني اصبح رسم خرائط العالم بمختلف مساقطها يتم باستخدام برامجيات رسم الخرائط المحملة على الحاسوب الإلكتروني.

- **المعادلات الرياضية لرسم المسقط الأسطواني البسيط (للاطلاع فقط)**

هنالك معادلتين رئيستين تستخدمان في إجراء الحسابات الخاصة بتحويل الإحداثيات الجغرافية لخطوط الطول ودوائر العرض على الكرة الأرضية إلى إحداثيات مستوية (x,y) على المسقط الأسطواني البسيط. لذا تستخدم تلك المعادلات في حساب الشبكة التربيعية للمسقط وحساب مواقع النقاط على ذلك المسقط .

ملاحظة: تم وضع تلك المعادلات لزيادة الجانب المعرفي لدى المدرس والطالب وهي للاطلاع فقط ولا يطلب من الطالب إجراء أي حسابات على المسقط باستخدام تلك المعادلات. وإنما تذكر الأبعاد الضرورية لرسم المسقط مع القيم المعلومة في السؤال كما هو موضّح بالتمرين (5-4) كي يتمكن الطالب من رسم المسقط بسهولة وبدون الدخول في الحسابات الرياضية المعقدة للمسقط والتي سوف يدخل في تفاصيلها في مراحل دراسية متقدمة.

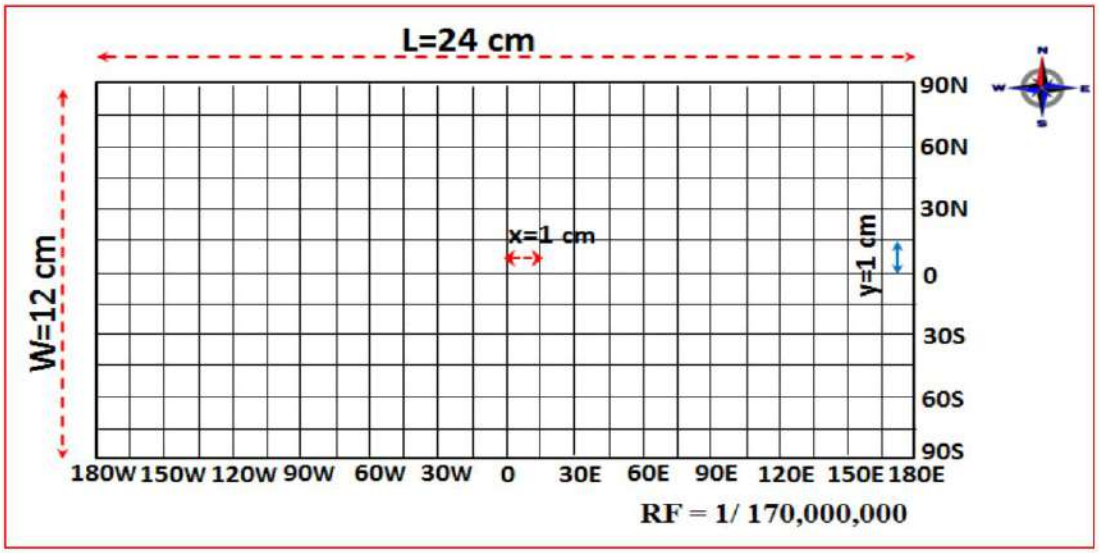
$$x = \frac{\pi R\,(\lambda^o - \lambda_0^o)}{180} \times scale \qquad (5\text{-}1)$$

$$y = \frac{\pi R\,(\varphi^o - \varphi_0^o)}{180} \times scale \qquad (5\text{-}2)$$

إذ أن :(x,y) الإحداثيات المستوية على المسقط ، (π) النسبة الثابتة = 3.14، (R) نصف قطر الكرة الأرضية ويساوي تقريبا (6371.1 km)، (φ^o, λ^o) الإحداثيات الجغرافية للنقطة المراد حساب موقعها على المسقط، (λ_0^o) مقدار خط الطول الرئيسي كرينتش(Greenwich) المار بنقطة الأصل ويساوي صفر، (φ_0^o) مقدار خط العرض الرئيسي (خط الاستواء) المار بنقطة الاصل ويساوي صفر، $(scale)$ مقياس رسم المسقط ويستخدم لتحويل الأبعاد الأرضية إلى أبعاد على المسقط بوحدة السنتمتر (cm).

تمرين 5-4: ارسم الشبكة التربيعية لخريطة العالم على المسقط الأسطواني. بمسافة فاصلة بين خطوط الطول (15^0)، وبين دوائر العرض (15^0)، إذا كانت أبعاد ذلك المسقط موضحة في الشكل (5-13):

- مقياس رسم الخريطة $\left(Scale = \frac{1}{170\,000\,000}\right)$
- نصف قطر الكرة الأرضية (بالسنتمتر) بعد تحويله باستخدام مقياس رسم الخريطة (R=3.8 cm)
- طول الشبكة الكلي على المسقط (L) = 24 cm
- عرض الشبكة الكلي على المسقط (W) = 12 cm
- المسافة بين كل خطي طول متجاورين بالدرجات (15^0) وتساوي على المسقط (x=1 cm)
- المسافة بين كل دائرتي عرض متجاورتين بالدرجات (15^0) وتساوي على المسقط (y=1 cm)

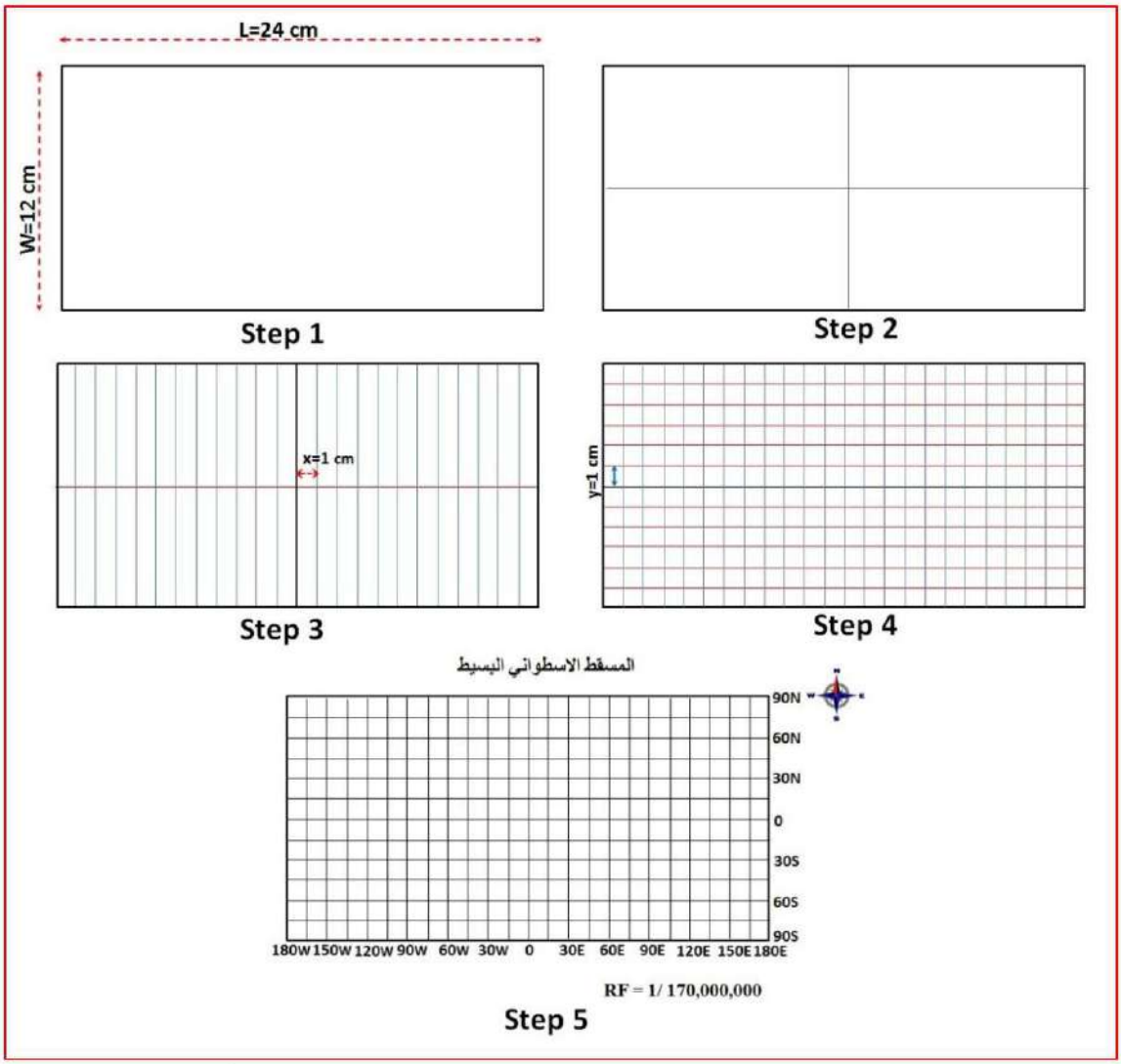


شكل 5-13 أبعاد الشبكة التربيعية لخريطة كل العالم على المسقط الأسطواني البسيط

الحل: خطوات رسم المسقط موضحة بالشكل رقم (5-14)، وهي تتضمن:

1. الخطوة الأولى رسم مستطيل بأبعاد المسقط الكلية الطول (L=24 cm) والعرض (W=12 cm).
2. الخطوة الثانية رسم خطين متعامدين ينصفان طول وعرض المستطيل ويمثل الخط الأفقي خط العرض الرئيسي (خط الاستواء) والخط العمودي يمثل خط الطول الرئيسي كرينتش.
3. الخطوة الثالثة رسم خطوط الطول بفاصلة (15^0) وتساوي على المسقط (x=1 cm) بين كل خطين متتالين. وممكن معرفة العدد الكلي لخطوط الطول على المسقط من خلال قسمة (360^0) على مقدار الفاصلة بالدرجات (15^0):

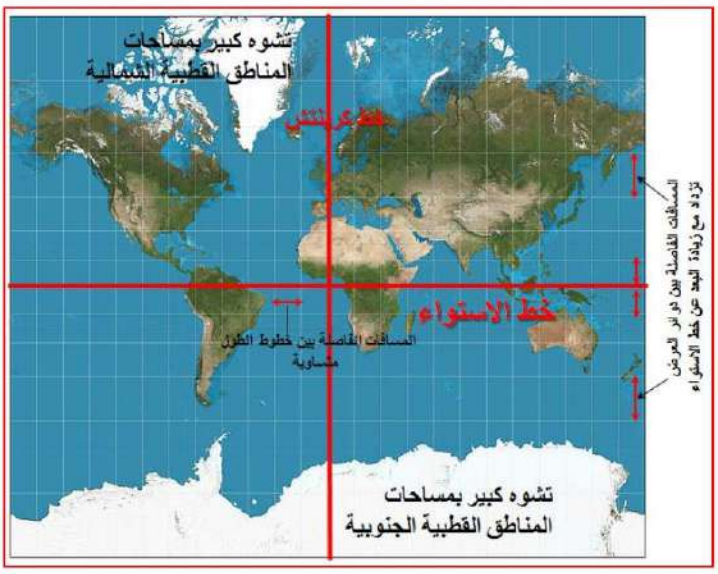
   عدد خطوط الطول =$\frac{360}{15}$ = 24 خط، وبواقع (12) خط شرق كرينتش و(12) غرب كرينتش.
4. الخطوة الرابعة (Step 4) رسم خطوط العرض بفاصلة (**15^0**) بين كل خطين متتالين وتكون متساوية على المسقط أيضاً وتساوي على المسقط (y= 1 cm).
5. الخطوة الخامسة (Step 5) وهي آخر خطوة بالرسم ويتم فيها وضع أرقام خطوط الطول ودوائر العرض، كما مبين بالشكل (Step5, 14-5). وكذلك يكتب مقياس الرسم الكسري ويوضع اتجاه الشمال على المسقط.



شكل 5-14 خطوات رسم الشبكة التربيعية لخريطة العالم على المسقط الأسطواني البسيط

1-3-5 مسقط مركيتر Mercator Projection

مسقط مركيتر هو مسقط أسطواني، يُعد مسقط اتجاهات صحيحة (Conformal Projection). قام بتصميمه العالم الخرائطي جيراردوس مركيتر (1512-1594) في القرن السادس عشر عام 1569. يشترك هذا المسقط بالمواصفات مع العديد من المساقط الأسطوانية والتي تتمثل بكون خطوط الطول ودوائر العرض متعامدة على بعضها. وخطوط الطول هي خطوط عمودية متوازية والمسافات بين خطوط الطول تكون متساوية. يضاف إلى ذلك تكون دوائر العرض خطوط مستقيمة متوازية ومتساوية بالطول مع طول خط الاستواء. مما يعني بأن جميع دوائر العرض في هذا المسقط ماعدا خط الاستواء فيها نسبة تشوه تزداد كلما ابتعدت شمال أو جنوب دائرة الاستواء، إلا أن هذا المسقط يختلف عن أغلب المساقط الأسطوانية بكون المسافات الفاصلة بين دوائر العرض تزداد مع زيادة البعد عن خط الاستواء شمالاً وجنوباً، كما موضح بالشكل رقم (5-15).



شكل 5-15 مسقط مركيتر

ويعود سبب ذلك الاختلاف للمحافظة على أن تكون الاتجاهات المقاسة بين أي نقطتين على هذا المسقط صحيحة وخالية من التشوه. يستخدم هذا المسقط لإعداد الخرائط الملاحية (ملاحة جوية، بحرية، برية) لكونه مسقط اتجاهات صحيحة. ومن أهم عيوب مسقط مركيتر هي عدم ملائمته لإسقاط المناطق القطبية الشمالية والجنوبية من الكرة الأرضية، لأنه يسبب زيادة بنسبة التشوه عند إسقاط تلك المناطق بشكل كبير جداً، فمثلاً ستظهر مساحة جزيرة كرينلاند (Greenland) الواقعة في القطب الشمالي أكبر على المسقط من مساحة قارة أمريكا الجنوبية، بينما المساحة الحقيقية لكرينلاند هي أصغر بكثير من ذلك فهي أصغر من الجزيرة العربية.

- **المعادلات الرياضية لرسم المسقط (للاطلاع فقط)**

هنالك معادلتين رئيستين تستخدمان في إجراء الحسابات الخاصة بتحويل الإحداثيات الجغرافية لخطوط الطول ودوائر العرض على الكرة الأرضية إلى إحداثيات مستوية (x,y) على مسقط مركيتر الأسطواني، لذا تستخدم تلك المعادلات في حساب الشبكة التربيعية للمسقط وحساب مواقع النقاط على ذلك المسقط .

ملاحظة: تم وضع تلك المعادلات لزيادة الجانب المعرفي لدى المدرس والطالب وهي للاطلاع فقط ولا يطلب من الطالب إجراء أي حسابات على المسقط باستخدام تلك المعادلات، وإنما تذكر الأبعاد الضرورية لرسم المسقط مع السؤال كما في موضح بالتمرين (5-5) حتى يتمكن الطالب من رسم المسقط بسهولة وبدون الدخول في الحسابات الرياضية المعقدة للمسقط والتي سوف يدخل في تفاصيلها في مراحل دراسية متقدمة.

$$x = \frac{\pi R\,(\lambda^o - \lambda_0^o)}{180} \times scale \qquad (5\text{-}3)$$

$$y = R\,ln\left[tan\left(45 + \frac{\varphi^o}{2}\right)\right] \times scale \qquad (5\text{-}4)$$

إذ أن : (x,y) الإحداثيات المستوية على المسقط، $(\boldsymbol{\pi})$ النسبة الثابتة = 3.14

(R) نصف قطر الكرة الأرضية ويساوي تقريبا (6371.1 km)، $(\boldsymbol{\varphi^o, \lambda^o})$ الإحداثيات الجغرافية للنقطة المراد حساب موقعها على المسقط، $(\boldsymbol{\lambda_0^o})$ مقدار خط الطول الرئيسي كرينتش (Greenwich) المار بنقطة الأصل ويساوي صفر، $(\boldsymbol{ln})$ قيمة اللوغاريتم الطبيعي

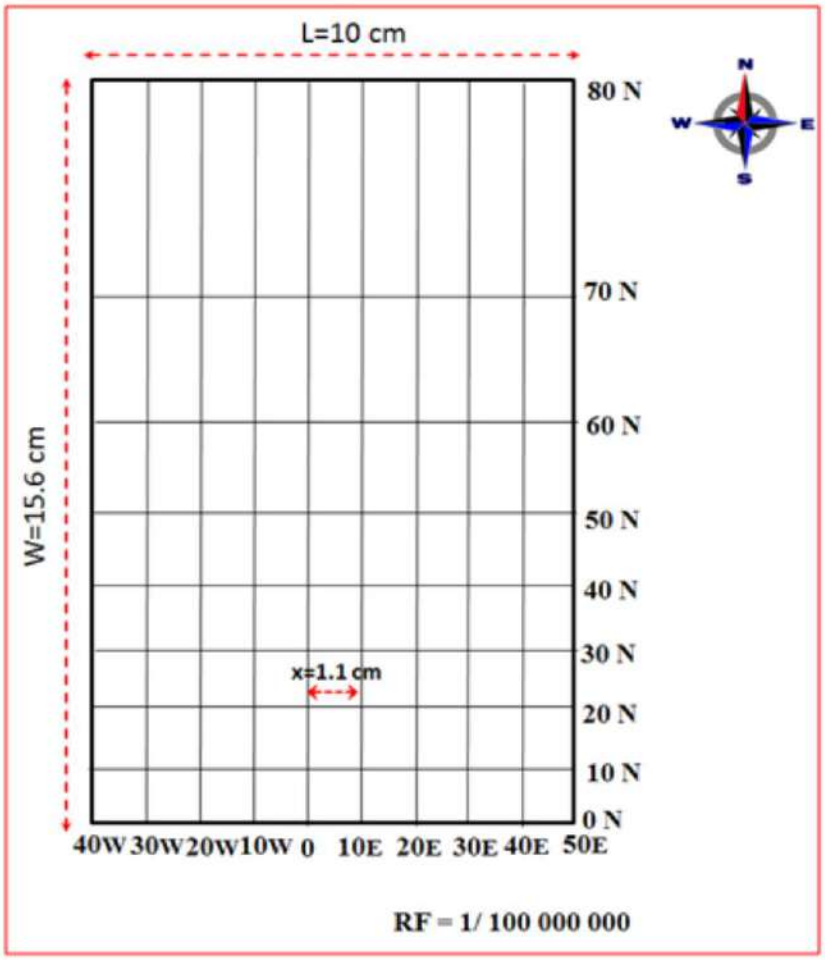
$(\boldsymbol{scale})$ مقياس رسم المسقط يستخدم لتحويل الأبعاد الأرضية إلى أبعاد على المسقط بوحدة (cm).

تمرين 5-5: ارسم الشبكة التربيعية لخريطة العالم على مسقط مركيتر الأسطواني للمنطقة الواقعة بين دوائر العرض $(\varphi = 0^o\ to\ \varphi = 80^o N)$ وخطوط الطول $(\lambda = 40^o\ W\ to\ \lambda = 50^o\ E)$ وبمسافة فاصلة بين خطوط الطول ودوائر العرض مقدارها (10^0) وكما مبين بالشكل رقم (5-16)، إذا كانت أبعاد ذلك المسقط موضحة في أدناه:

- مقياس رسم الخريطة $\left(Scale = \frac{1}{100\,000\,000}\right)$
- نصف قطر الكرة الأرضية (بالسنتمتر) بعد تحويله باستخدام مقياس رسم الخريطة (R=6.4 cm)
- طول الشبكة الكلي على المسقط (L) = 10 cm
- عرض الشبكة الكلي على المسقط (W) = 15.6 cm
- البعد بين خطوط الطول متساوي مقداره بالدرجات (10^0) ويساوي على المسقط (x) = 1.1 cm

الحل: خطوات رسم المسقط موضّحة بالشكل (5-17)، وهي تتضمن:

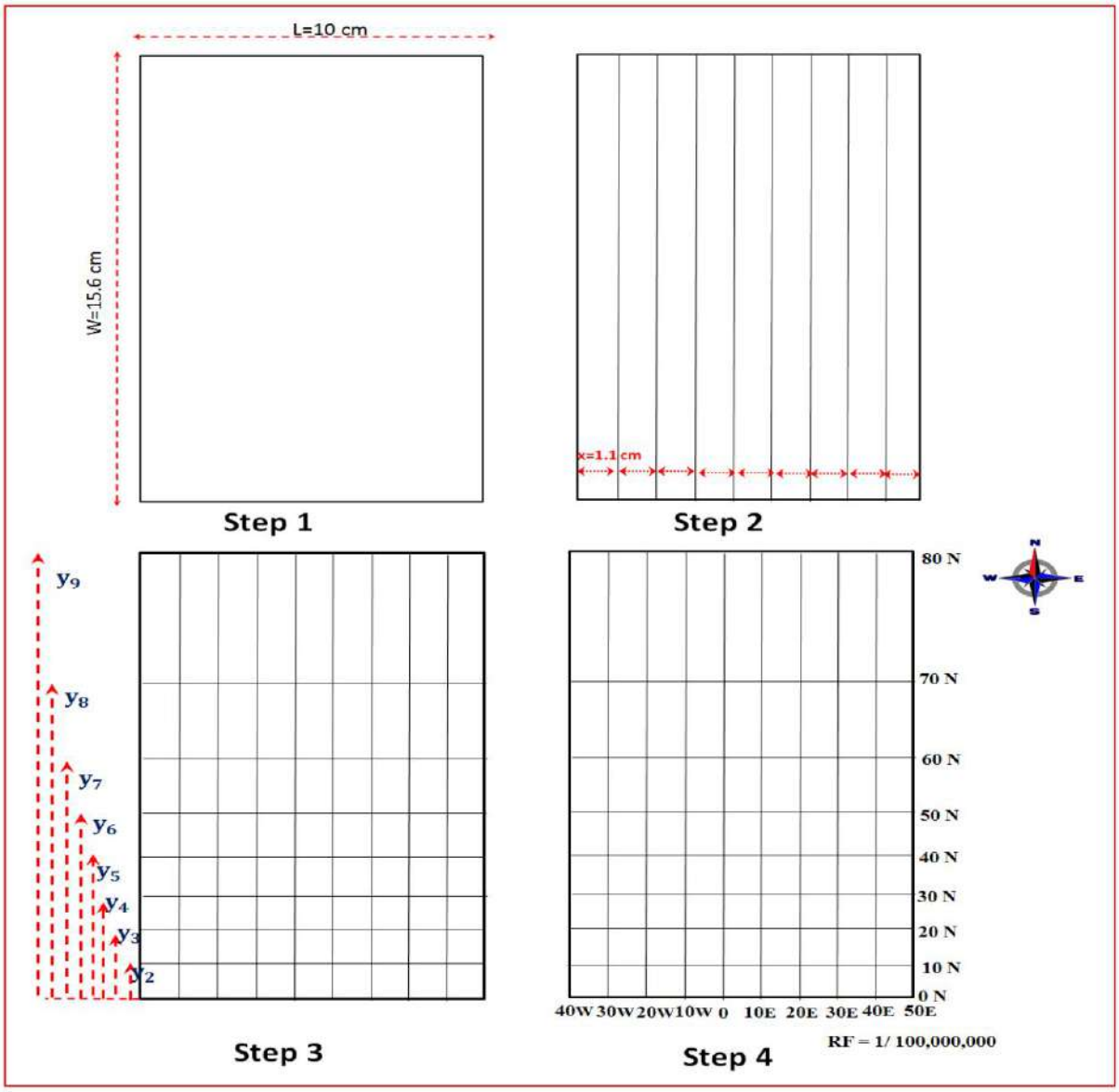
1. الخطوة الأولى رسم مستطيل بأبعاد المسقط الكلية الطول (L=10 cm) والعرض (W=15.6 cm)
2. الخطوة الثانية بالاعتماد على الشكل رقم (5-17) يفرض الضلع الأيسر للمستطيل ليمثل خط الطول $(40^o\ W)$ وبعدها ترسم خطوط الطول والتي تكون موازية للضلع الأيسر للمستطيل ومساوية له بالطول بفاصلة (10^o) والتي تساوي على المسقط (x=1.1 cm) بين كل خطين متتالين، وسيكون عدد جميع خطوط الطول بما فيها طرفي المستطيل الأيمن والأيسر مساوي إلى 10 خطوط طول.
3. الخطوة الثالثة رسم خطوط العرض بفاصلة (10^o) بين كل خطين متتالين وتساوي على المسقط لقيمة (y) المعطاة قيمتها بالجدول رقم (5-5).
4. الخطوة الرابعة وهي آخر خطوة بالرسم ويتم فيها وضع أرقام خطوط الطول ودوائر العرض، كما مبين بالشكل (Step4،17-5)، ويكتب مقياس الرسم الكسري ويوضع أتجاه الشمال على المسقط.



شكل 5-16 أبعاد الشبكة التربيعية لخريطة العالم على مسقط مركيتر

جدول 5-5 قيم المسافات الفاصلة (y) بين دائرة الاستواء ودوائر العرض المختلفة

دوائر العرض φ	نصف قطر الكرة الأرض بالسنتمتر R (cm)	بعد دوائر العرض عن دائرة الاستواء شمالا وجنوبا $y = R\ ln\left[tan\left(45 + \frac{\varphi^o}{2}\right)\right]$
0^0 N	6.4	$y_1 = 0$
10^0 N	6.4	$y_2 = 1.1$ cm
20^0 N	6.4	$y_3 = 2.3$ cm
30^0 N	6.4	$y_4 = 3.5$ cm
40^0 N	6.4	$y_5 = 4.9$ cm
50^0 N	6.4	$y_6 = 6.5$ cm
60^0 N	6.4	$y_7 = 8.4$ cm
70^0 N	6.4	$y_8 = 11.1$ cm
80^0 N	6.4	$y_9 = 15.6$ cm



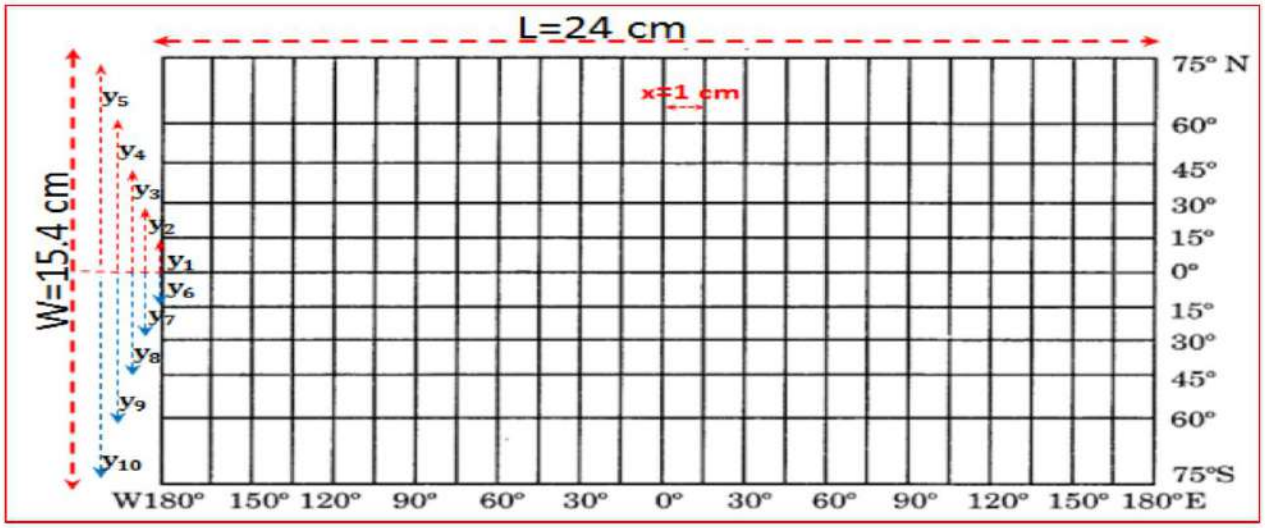
شكل 5-17 خطوات رسم الشبكة التربيعية لجزء من خريطة العالم

تمرين 5-6 : ارسم الشبكة التربيعية لخريطة العالم على مسقط مركيتور الأسطواني للمنطقة المحصورة بين دوائر العرض $(\varphi = 75^oS\ to\ \varphi = 75^oN)$ وخطوط الطول $(\lambda = 180^oW\ to\ \lambda = 180^oE)$ وبمسافة فاصلة بين خطوط الطول ودوائر العرض مقدارها (15^0) كما مبين بالشكل (5-18) والجدول (5-6)، إذا كانت أبعاد ذلك المسقط موضّحة في أدناه:

- مقياس رسم الخريطة $\left(Scale = \frac{1}{170\ 000\ 000}\right)$
- نصف قطر الكرة الأرضية (بالسنتمتر) بعد تحويلة باستخدام مقياس رسم الخريطة (R=3.8 cm)
- طول الشبكة الكلي على المسقط (L) = 24 cm
- عرض الشبكة الكلي على المسقط (W) = 15.4 cm
- البعد بين خطوط الطول متساوي مقداره بالدرجات $(\mathbf{15^0})$ ويساوي على المسقط (x) = 1 cm

جدول 5-6 قيم المسافات الفاصلة (y) بين دوائر العرض المختلفة

دوائر العرض φ	نصف قطر الكرة الأرض بالسنتمتر	بعد دوائر العرض عن دائرة الاستواء شمالاً وجنوباً $y = R\,ln\left[tan\left(45 + \frac{\varphi^o}{2}\right)\right]$
75^0 N	3.8	$y_5 = 7.7$ cm
60^0 N	3.8	$y_4 = 5$ cm
45^0 N	3.8	$y_3 = 3.3$ cm
30^0 N	3.8	$y_2 = 2.1$ cm
15^0 N	3.8	$y_1 = 1$ cm
0	3.8	0
15^0S	3.8	$y_6 = -y_1 = -1$ cm
30^0 S	3.8	$y_7 = -y_2 = -2.1$ cm
45^0 S	3.8	$y_8 = -y_3 = -3.3$ cm
60^0 S	3.8	$y_9 = -y_4 = -5$ cm
75^0 S	3.8	$y_{10} = -y_5 = -7.7$ cm



شكل 5-18 أبعاد الشبكة التربيعية لخريطة العالم على مسقط مركيتور

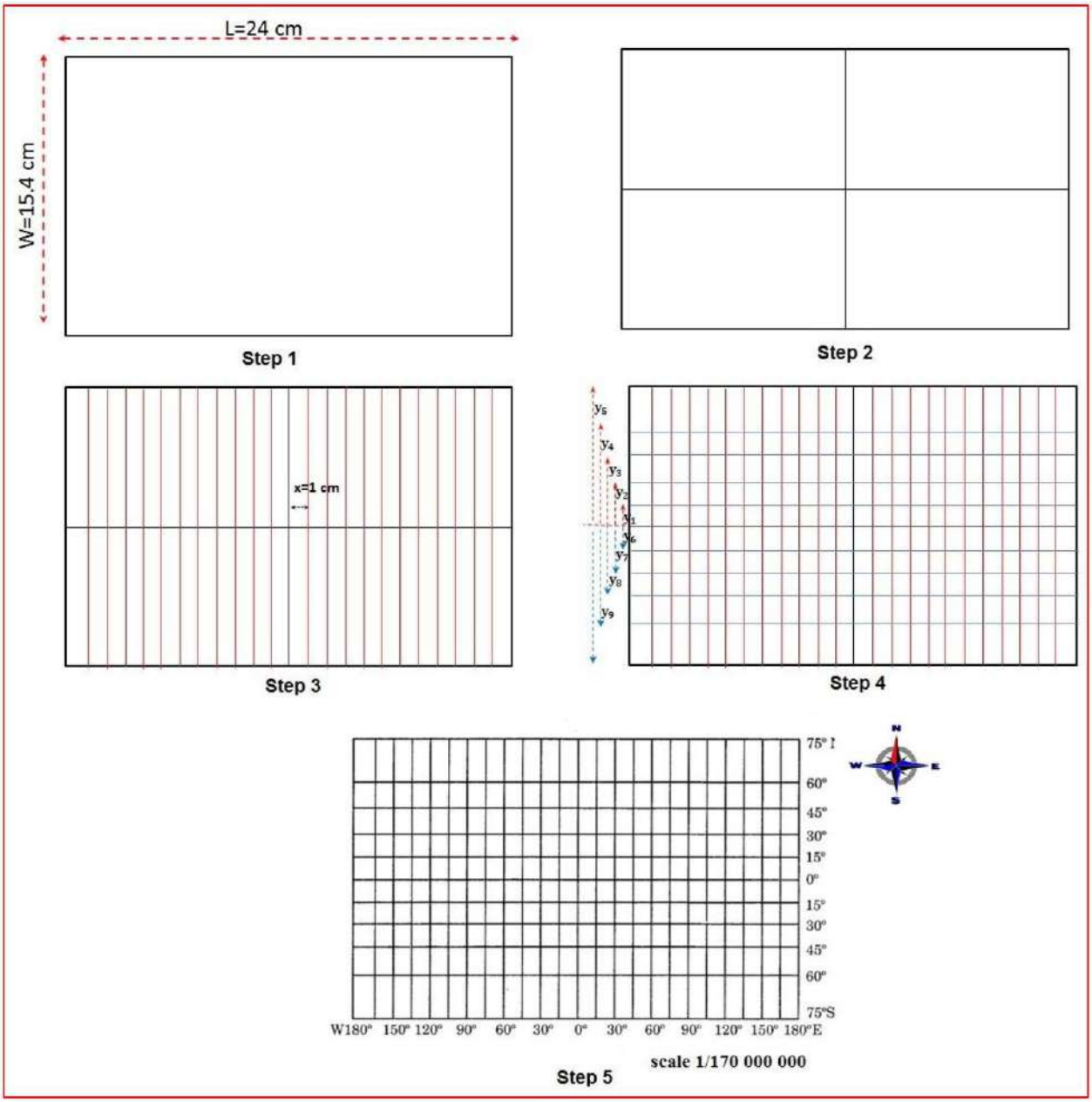
الحل: خطوات رسم المسقط موضحة بالشكل (5-19)، وهي تتضمن:

1. الخطوة الأولى رسم مستطيل بأبعاد المسقط الكلية الطول (L=24 cm) والعرض (W=15.4 cm).
2. الخطوة الثانية رسم خطين متعامدين ينصفان طول وعرض المستطيل ويمثل الخط الأفقي خط العرض الرئيسي (خط الاستواء) والخط العمودي يمثل خط الطول الرئيسي كرينتش.
3. الخطوة الثالثة رسم خطوط الطول بفاصلة (15^0) وتساوي على المسقط (x=1 cm) بين كل خطين متتالين، وممكن معرفة العدد الكلي لخطوط الطول على المسقط من خلال قسمة (360^0) على مقدار الفاصلة بالدرجات (15^0):

عدد خطوط الطول $=\frac{360}{15}= 24$ خط، وبواقع (12) خط شرق كرينتش و(12) غرب كرينتش.

4. الخطوة الرابعة رسم خطوط العرض بفاصلة ($\mathbf{15^0}$) بين كل خطين متتاليين وتساوي على المسقط لقيمة (y) المعطاة قيمتها بالجدول رقم (5-6).

5. الخطوة الخامسة وهي آخر خطوة بالرسم ويتم فيها وضع أرقام خطوط الطول ودوائر العرض كما مبين بالشكل (Step5,19-5) وكذلك يكتب مقياس الرسم الكسري ويوضع اتجاه الشمال على المسقط.



الشكل 5-19 خطوات رسم الشبكة التربيعية لمسقط مركيتور

تمارين الفصل الخامس

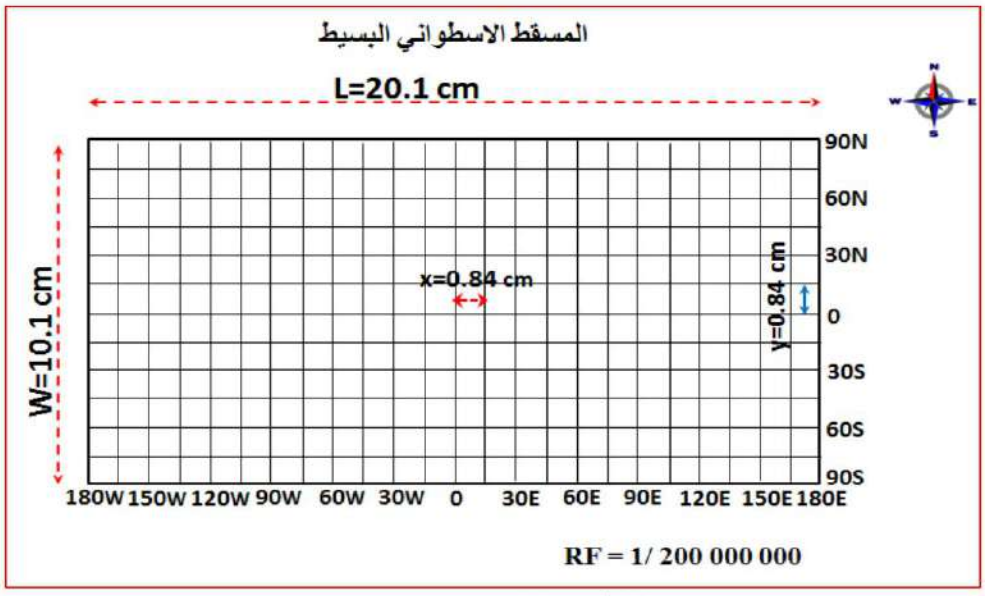
ت1) ارسم نموذج توضيحي للكرة الأرضية وبيّن عليه مواقع النقاط المدرجة إحداثياتها الجغرافية في الجدول (5-7) أدناه:

جدول 5-7 جدول تمرين رقم 1

Point	Latitude (φ) دائرة العرض	Longitude (λ) خط الطول
A	10 N	20 E
B	40 N	55 W
C	40 S	30 E
D	320 S	45 W

ت2) ارسم الشبكة التربيعية لخريطة كل العالم على المسقط الأسطواني بمسافة فاصلة بين خطوط الطول (15^0)، وبيّن دوائر العرض مقدارها (15^0)، إذا كانت أبعاد ذلك المسقط موضحة في أدناه وفي الشكل (5-20).

- نصف قطر الكرة الأرضية (بالسنتمتر) بعد تحويلة باستخدام مقياس رسم الخريطة (R=3.2 cm)
- طول الشبكة الكلي على المسقط (L) = 20.1 cm
- عرض الشبكة الكلي على المسقط (W) = 10.1 cm
- المسافة الفاصلة بين كل خطي طول وخطي عرض متجاورين متساوية ومقدارها بالدرجات (15^0) وتساوي على المسقط (x)= 0.84 cm



شكل 5-20 رسم تمرين 2

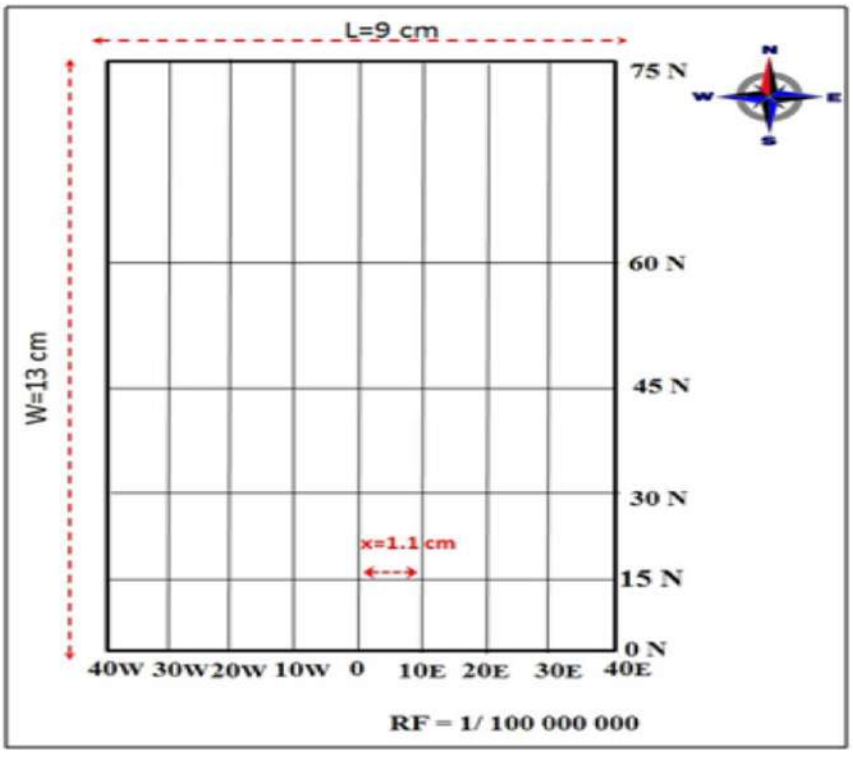
ت3) ارسم الشبكة التربيعية لخريطة العالم على مسقط مركيتر الأسطواني للمنطقة الواقعة بين دوائر العرض ($\varphi = 0^o$ to $\varphi = 75^o$N) وخطوط الطول ($\lambda = 45^o$W to $\lambda = 45^o$ E) وبمسافة فاصلة بين خطوط الطول ودوائر العرض مقدارها (15^0)، إذا كانت أبعاد ذلك المسقط موضحة في أدناه وفي الشكل (5-21) والجدول (5-8):

- نصف قطر الكرة الأرضية (بالسنتمتر) بعد تحويله باستخدام مقياس رسم الخريطة (R=6.4 cm)
- طول الشبكة الكلي على المسقط (L) = 9 cm

- عرض الشبكة الكلي على المسقط (W) = 13 cm
- المسافة الفاصلة بين كل خطي طول متجاورين متساوية ومقدارها بالدرجات ($\mathbf{10^0}$) وتساوي على المسقط (x)= 1.1 cm
- المسافة بين خط الاستواء وخطوط العرض بزيادة مقدارها ($\mathbf{15^0}$) مبينة بالجدول (5-8).

الجدول (5-8) جدول تمرين 3

دوائر العرض φ	نصف قطر الكرة الأرض بالسنتمتر R (cm)	بعد دوائر العرض عن دائرة الاستواء شمالاً وجنوباً $y = R\,ln\left[tan\left(45 + \frac{\varphi^o}{2}\right)\right]$
0^0 N	6.4	$y_1 = 0$
15^0 N	6.4	$y_2 = 1.7$ cm
30^0 N	6.4	$y_3 = 3.5$ cm
45^0 N	6.4	$y_4 = 5.6$ cm
60^0 N	6.4	$y_5 = 8.4$ cm
75^0 N	6.4	$y_6 = 13$ cm



شكل 5-21 رسم تمرين 3

الفصل السادس
الرسم المعان بالحاسوب
Computer Aided Drawing

1-6 تنصيب وتهيئة برنامج الرسم Installation & Preparation of AutoCAD

يُعد برنامج الأوتوكاد من أشهر البرامج المستخدمة في الرسم الهندسي في الوقت الحالي، بسبب ما يتضمنه من قدرات هندسية هائلة وأدوات برمجية تساعد المستخدم على رسم المخططات الهندسية للمباني والطرق والجسور وإنشاء المساقط الهندسية.

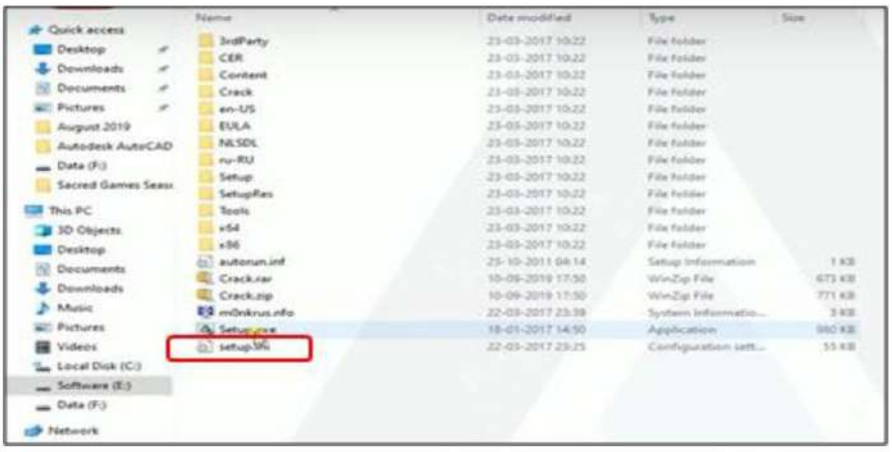
لتتم عملية تنصيب برنامج AutoCAD بنجاح، يجب تهيئة وتحضير الأمور الآتية:

1. تهيئة القرص المضغوط CD-ROM والذي يحتوي على الملفات الخاصة ببرنامج AutoCAD.
2. تحضير المعلومات الضرورية التي سيتم إدخالها لتعريف النسخة الخاصة بالمستخدم من البرنامج، مثل اسم المستخدم، اسم الشركة التي يعمل بها، والرقم التسلسلي Serial Number لنسخة البرنامج والتي يمكن إيجادها عادةً مع ملحقات البرنامج (في الجهة الخلفية للعلبة).
3. جهاز حاسوب حديث مع معالج عالي السرعة لاستيعاب برنامج الـ AutoCAD.
4. ذاكرة RAM (ذاكرة الولوج العشوائية Random Access Memory) مقدارها (32 MB) (ميكابايت)، يفضل أن تكون (64 MB).
5. مساحة فارغة على القرص الصلب للحاسبة (Hard) تتعدى (5 GB) (كيكابايت) ليتم تثبيت البرنامج بالتجهيزات الافتراضية.
6. محرك الأقراص المضغوطة CD-ROM Drive لقراءة محتويات القرص المضغوط.

1-1-6 تنصيب برنامج AutoCAD

بعد إتمام عملية التحضير، ممكن اتباع الخطوات الآتية لتنصيب برنامج AutoCAD انطلاقاً من نظام التشغيل ويندوز (Windows)، إذ سيتم العمل على برنامج AutoCAD 2016.

1. إدخال القرص المضغوط CD-ROM الخاص ببرنامج AutoCAD إلى الحاسبة، إذ يتم فتح الملف الخاص بالبرنامج والضغط على الأيقونة Setup.exe، لاحظ الشكل رقم (6-1).



الشكل 6-1 مكونات الملف الخاص ببرنامج AutoCAD

2. سيعلن عن بدء التحضير لعملية تثبيت البرنامج، إذ يُطلب الانتظار لبعض الوقت، ثم يتم عرض نافذة، كما موضّح بالشكل رقم (6-2).

الشكل 6-2 واجهة بدء تنصيب البرنامج

3. يتم الضغط على الجزء المؤشر بالمستطيل الأحمر Install (تنصيب) ستظهر نافذة، لاحظ الشكل رقم (6-3).

الشكل 6-3 نافذة الموافقة على شروط استخدام البرنامج

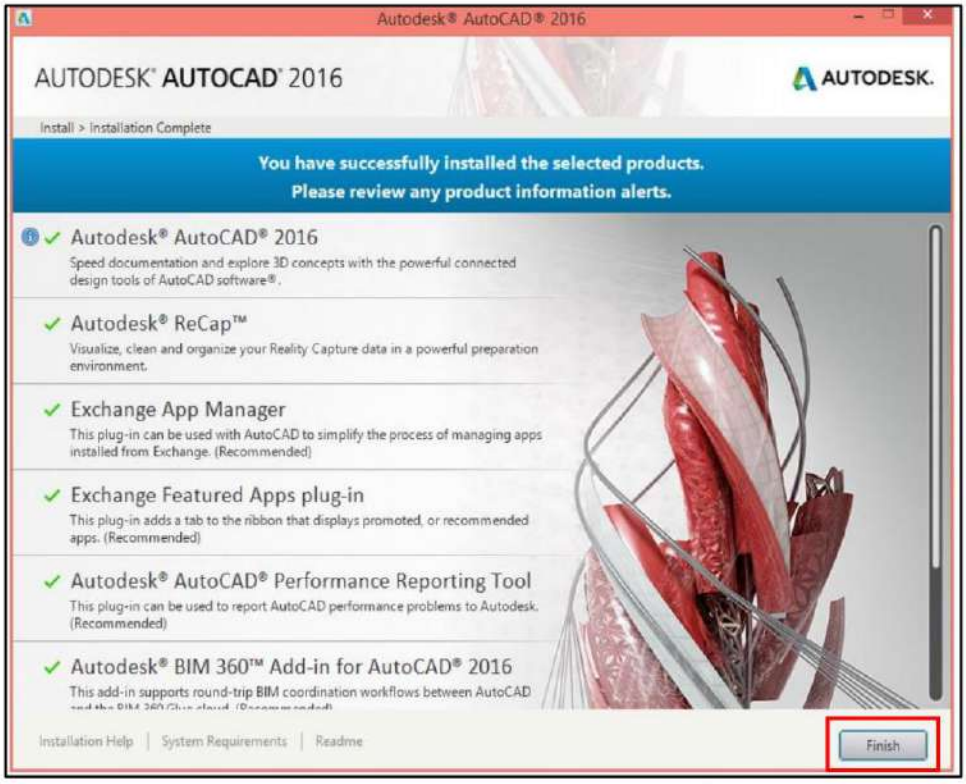
4. بعد قراءة شروط تنصيب البرنامج والموافقة عليها يتم اختيار I Accept ومن ثم الضغط على Next (المستطيل المؤشر بالأحمر)، إذ ستظهر نافذة، كما في الشكل رقم (6-4).

الشكل 6-4 تحديد مكان خزن ملفات تنصيب البرنامج.

5. يتم تحديد مكان خزن ملفات تنصيب البرنامج على الحاسبة من خلال الضغط على أيقونة Browse ومن ثم اختيار المسار المناسب للخزن، بعد ذلك يتم الضغط على أيقونة Install (المستطيل المؤشر باللون الأحمر)، إذ ستظهر النافذة الموضحة بالشكل رقم (6-5):

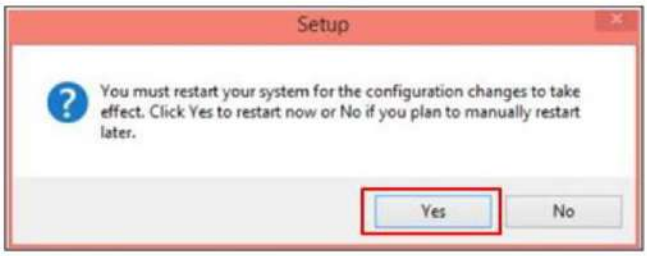
الشكل 6-5 نافذة تثبيت البرنامج وشريط تقدم نسبة التثبيت

6. بعد الانتهاء من عملية التنصيب تظهر النافذة الآتية ليتم الضغط على أيقونة Finish للتنبيه على الانتهاء من تنصيب البرنامج،+ وكما موضح بالشكل رقم (6-6).



الشكل 6-6 نافذة الانتهاء من تنصيب البرنامج

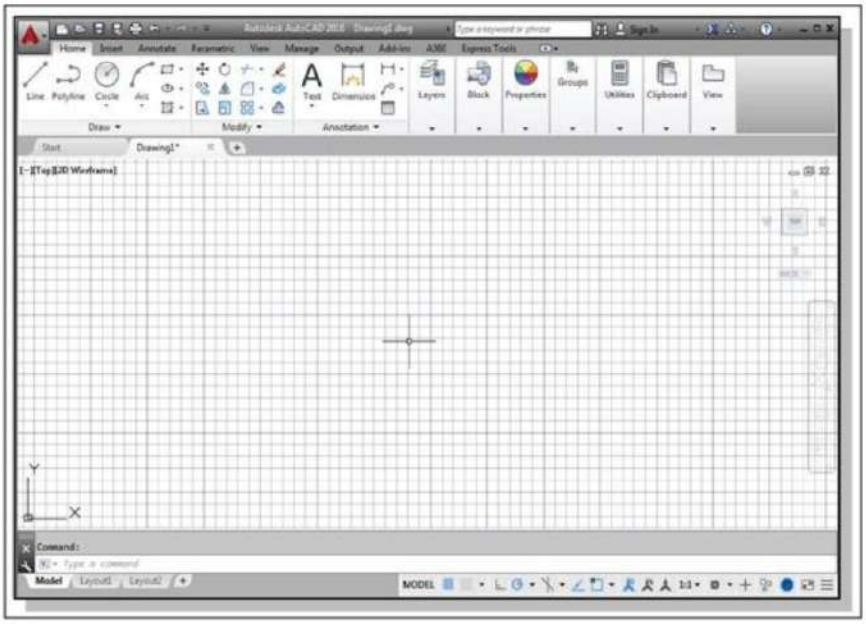
7. بعد الانتهاء من عملية التنصيب سيطلب البرنامج إعادة تشغيل الحاسبة من خلال الضغط على أيقونة Yes الموضحة بالشكل رقم (6-7).



الشكل 6-7 نافذة إعادة تشغيل الحاسبة

6-1-2 تهيئة برنامج AutoCAD

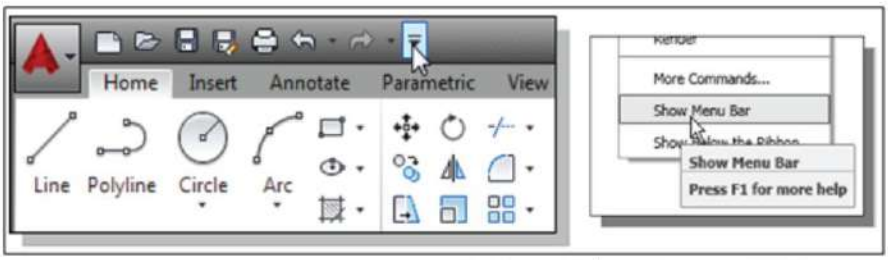
بمجرد تحميل برنامج AutoCAD 2016 من ذاكرة الحاسوب ستظهر الواجهة الرئيسة للبرنامج على شاشة الحاسوب، وكما موضح بالشكل رقم (6-8).



الشكل 6-8 الواجهة الرئيسية لبرنامج AutoCAD 2016

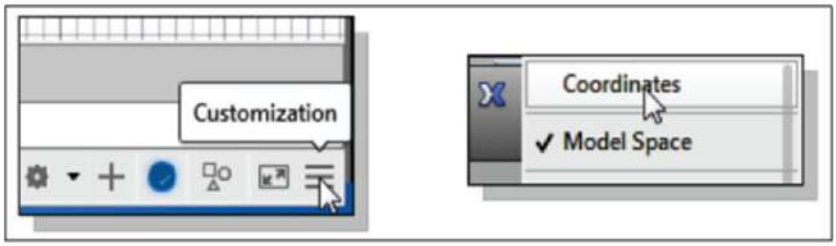
ملاحظة: إن برنامج AutoCAD 2016 يقوم تلقائياً بتعيين أسماء الملفات الخاصة بالرسم مثل Drawing X، فعلى سبيل المثال في الشكل السابق فأن برنامج AutoCAD فتح نافذة الرسم بوحدات رسم افتراضية وتسمية الملف الخاص بالرسم Drawing 1، ومن الممكن تغيير اسم الملف حسب رغبة المستخدم وخزنه في ذاكرة الحاسوب.

من الأمور المهمة لتهيئة البرنامج هي النقر فوق السهم الأسفل (down arrow)، لاحظ الشكل رقم (6-9)، والموجود في شريط الوصول السريع (Quick Access Bar)، إذ يتم الضغط على اختيار شريط القوائم (Show Menu Bar). إن شريط القوائم يوفر الوصول لجميع أوامر AutoCAD.



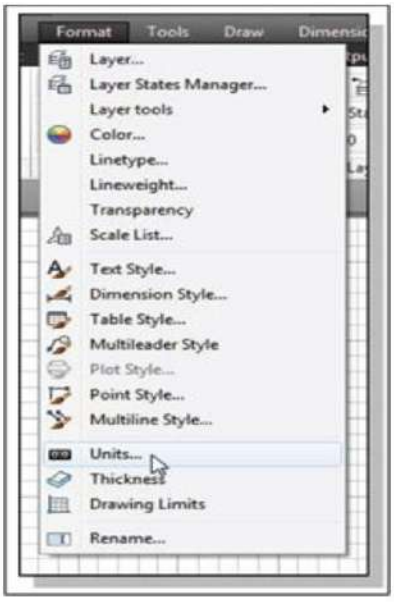
الشكل 6-9 شريط الوصول السريع (Quick Access Bar)

لتشغيل وتفعيل نظام الإحداثيات في برنامج AutoCAD 2016، يتم استخدام خيار التخصيص (Customization) الموجود في الزاوية اليمنى السفلى من واجهة البرنامج ومن ثم الضغط على أيقونة Coordinates، وكما موضح بالشكل رقم (6-10).



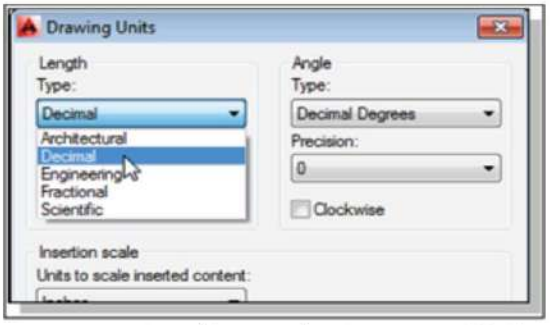
الشكل 6-10 تفعيل نظام الإحداثيات لبرنامج AutoCAD 2016

من الأمور الضرورية والمهمة الأخرى الواجب تحديدها قبل البدء بالرسم ببرنامج AutoCAD هي تحديد نظام الوحدات (Units)، إذ أن كل عنصر يتم رسمه بنظام CAD يتم قياسه بنظام وحدات معين. يتم تحديد نوع الوحدات في بيئة AutoCAD 2016 من خلال الذهاب إلى Format ومن ثم اختيار Units، لاحظ الشكل رقم (6-11).



الشكل 6-11 قائمة Format

بعد اختيار Units ستظهر الواجهة الموضحة بالشكل رقم (6-12)، من هذه الواجهة يتم الضغط فوق Length Type لعرض أنواع مختلفة من وحدات الطول المتاحة، حيث يحدد النوع المطلوب.



الشكل 6-12 واجهة تحديد الوحدات Units

كذلك من الممكن تفحص الإعدادات الخاصة بالزوايا والمتوفرة في نفس الواجهة من خلال الضغط على Angle Type واختيار نوع الزاوية المطلوب.

تمرين 6-1:

يتم تدريب الطلبة على كيفية تنصيب برنامج AutoCADعلى الحاسوب من خلال إجراء عملية التنصيب أمام الطلاب وبشكل خطوات عملية من قبل مدرس المادة، بعدها يقوم كل طالب بالآتي:

1. تنصيب البرنامج على الحاسوب الشخصي.
2. تشغيل البرنامج والتعرف على الواجهة الرئيسة له.
3. تهيئة البرنامج من خلال تفعيل نظام الإحداثيات وتحديد نوع وحدات القياس، واقتراح اسم الملف وخزنه في ذاكرة الحاسوب.

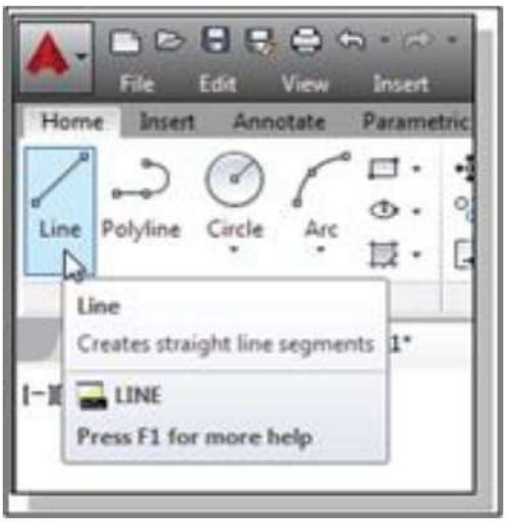
6-2 الأدوات شائعة الاستخدام ببرنامج الأوتوكاد

Common Used Tools in AutoCAD

توفر بيئة الأوتوكاد العديد من الأدوات والإيعازات التي تساعد بشكل كبير في عملية الرسم، إذ أن من الممكن بسهولة تغيير أو تعديل الشكل المرسوم باستخدام هذه الأدوات، وكما موضح في أدناه:

6-2-1 رسم الخط Line

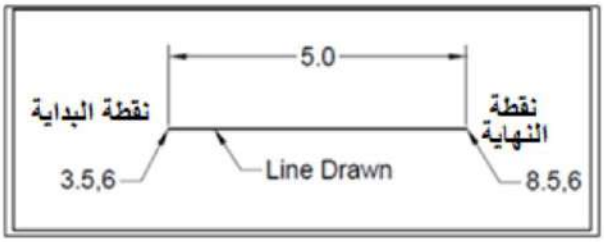
لرسم الخط ببرنامج AutoCAD 2016 يتم نقل المؤشر إلى الرمز الأول في شريط أدوات الرسم Draw toolbar، إذ أن هذا الرمز هو رمز الخط Line. يتم تحديد الرمز بالنقر مرة واحدة باستخدام الزر الأيسر للماوس، والذي سيؤدي إلى تنشيط أمر الخط، كما موضح بالشكل رقم (6-13).



الشكل 6-13 اختيار أمر رسم الخط Line

ملاحظة: من الممكن استخدام علامة @ لتحديد الإحداثيات النسبية أسهل من تحديد الإحداثيات المطلقة بدون علامة @. فعلى سبيل المثال يراد رسم خط يبدأ من الإحداثي (3.5,6) وبطول أفقي مقداره 5 وحدات، فسيتم الضغط على أيقونة Line فستظهر عبارة :Specify first point يتم إدخال 3.5,6 في منطقة commond prompt area وبعدها الضغط على Enter فستظهر

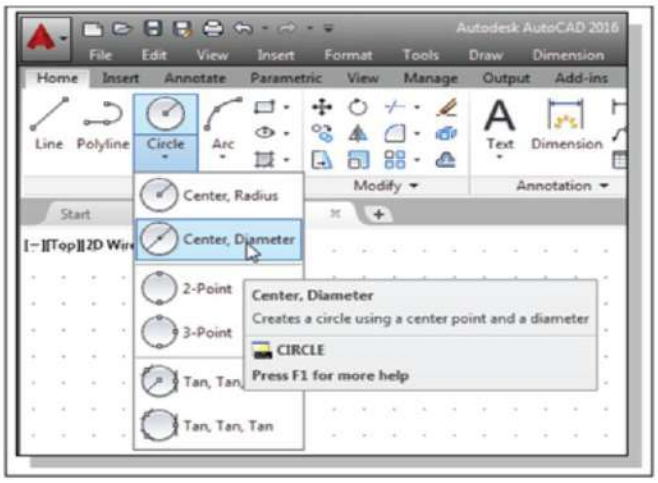
العبارة :To Point فيتم إدخال 5,0@ (حيث الرقم 5 يمثل طول الخط والرقم صفر يمثل الزاوية) والضغط على مفتاح Enter فيظهر الرسم كما في الشكل رقم (6-14).



الشكل 6-14 رسم خط بالاعتماد على الإحداثيات النسبية

6-2-2 رسم الدائرة Circle

في شريط أدوات الرسم Draw toolbar، يتم النقر فوق المثلث الصغير الموجود أسفل رمز الدائرة. إذ أن المثلث الصغير يشير إلى أن هنالك خيارات مختلفة لرسم الدائرة، وكما موضح بالشكل رقم (6-15).



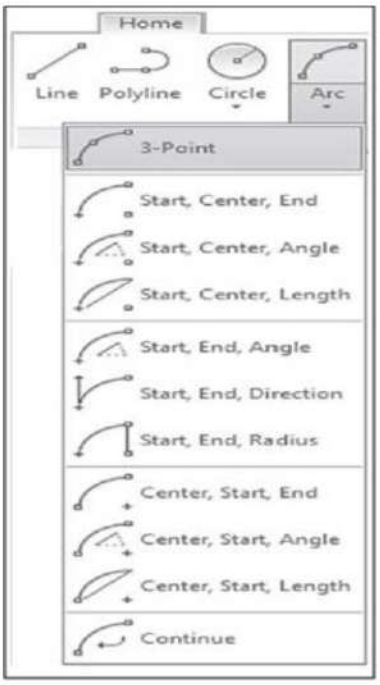
الشكل 6-15 اختيار أمر رسم الدائرة Circle

لاحظ الخيارات المختلفة المتاحة ضمن القائمة الفرعية للدائرة والتي يمكن توضيحها كالاتي:

1. Center, Radius: رسم دائرة بالاعتماد على نقطة المركز ونصف القطر.
2. Center, Diameter: رسم دائرة بالاعتماد على نقطة المركز والقطر.
3. 2 Points: رسم دائرة بالاعتماد على نقطتي نهاية القطر.
4. 3 Points: رسم دائرة على أساس ثلاثة نقاط على المحيط.
5. TTR–Tangent, Tangent, Radius: رسم دائرة على أساس نصف القطر والمماس لعنصرين.
6. TTT–Tangent, Tangent, Tangent: رسم دائرة على أساس المماس لثلاثة عناصر.

6-2-3 رسم القوس Arc

يوجد الأمر Arc في شريط أدوات الرسم Draw toolbar، إذ أن هنالك أحد عشر طريقة مختلفة لإنشاء الأقواس. لرؤية الخيارات، انقر فوق المثلث الصغير المجاور لإظهار الأمر Arc، كما موضح في الشكل رقم (6-16).

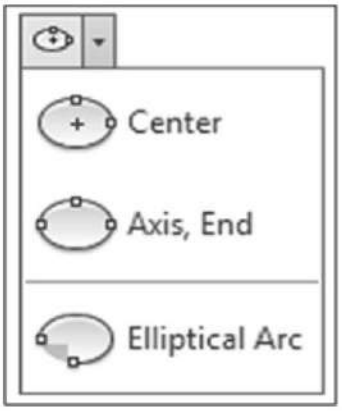


الشكل 6-16 اختيار أمر رسم القوس Arc

ملاحظة: من الممكن اختيار أو تحديد النقاط المطلوبة لرسم القوس أما عن طريق تحديد إحداثيات هذه النقاط كما تم توضيحه سابقاً أو بالضغط بالماوس مباشرة على ثلاثة نقاط بالشاشة.

6-2-4 رسم الشكل البيضوي Ellipse

يمكن اختيار الأمر الخاص برسم الشكل البيضوي من شريط أدوات الرسم Draw toolbar . بعد الضغط على المثلث الصغير المجاور للأمر Ellipse ستظهر قائمة تحتوي على عدة خيارات مختلفة لرسم الشكل البيضوي، وكما موضح بالشكل رقم (6-17).



الشكل 6-17 اختيار الأمر Ellipse

فعلى سبيل المثال لو تم الضغط على الاختيار الأول لرسم الشكل البيضوي Center فستظهر في command prompt area الرسالة النصية الآتية:

"Specify center of ellipse:"

في هذه الحالة يطلب البرنامج إدخال أو تحديد مركز الشكل البيضوي، فيتم أما إدخال إحداثيات المركز أو الضغط بالزر الأيسر للماوس في أي مكان في الشاشة لتحديد مركز الشكل المطلوب.

بعد تحديد المركز ستظهر العبارة الآتية:

"Specify endpoint of axis:"

سيطلب البرنامج إدخال نقطة ثانية تمثل نهاية المحور الرئيسي للشكل البيضوي، فيتم إدخال هذه النقطة كما في الخطوة السابقة، بعد تحديد هذه النقطة ستظهر العبارة الآتية:

"Specify distance to other axis or [Rotation]:"

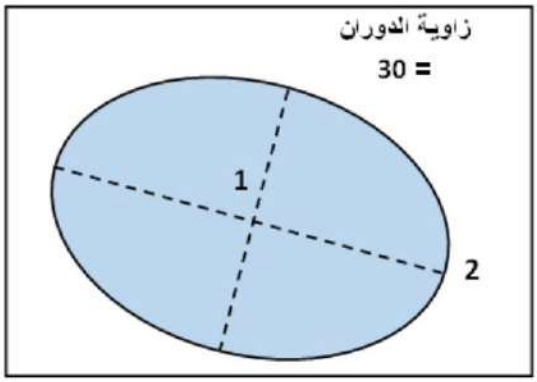
في هذه الحالة أما يتم إدخال المسافة إلى المحور الثاني للشكل البيضوي أو إدخال حرف R للحصول على خيار ثاني لإدخال قيمة الزاوية لدوران المحور الرأسي للشكل البيضوي وكالاتي:

Specify distance to other axis or [Rotation]: **R**

بعد ذلك يتم الضغط على مفتاح enter فستظهر العبارة الآتية:

Specify rotation around major axis: **30**

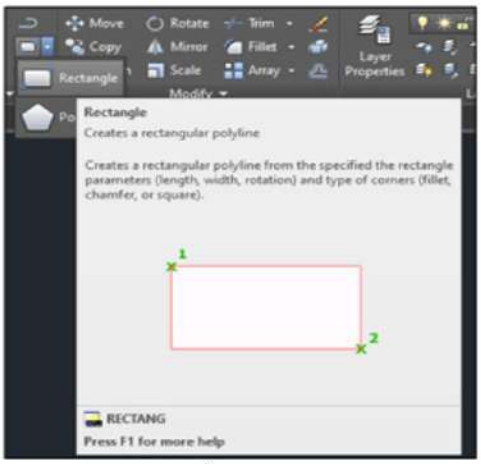
فيتم إدخال زاوية دوران المحور الرئيسي للشكل البيضوي والتي ستكون قيمتها مثلا مساوية إلى 30 ، بعد ذلك يتم ضغط مفتاح enter للحصول على الشكل المطلوب، وكما موضح بالشكل رقم (6-18).



الشكل 6-18 رسم الشكل البيضوي Ellipse

6-2-5 رسم المستطيل Rectangle

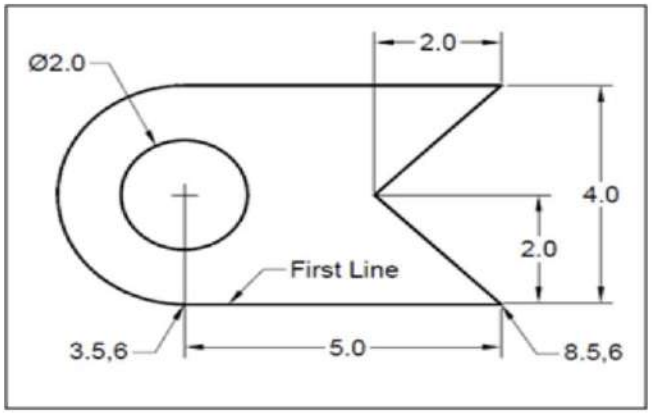
يمكن اختيار الأمر الخاص برسم المستطيل من شريط أدوات الرسم Draw toolbar . بعد الضغط على الأمر Rectangle يُمكن استخدام الماوس والضغط في أي مكان من الشاشة ومن ثم سحب الماوس في الاتجاه المطلوب والضغط مرة ثانية بالماوس للانتهاء من الإيعاز Rectangle، وكما موضح بالشكل رقم (6-19).



الشكل 6-19 اختيار الأمر Rectangle

تمرين 6-2:

يطلب مدرس المادة المختص من كل طالب رسم الشكل الآتي باستخدام برنامج الأوتوكاد معتمداً على ما تعلمه من الإيعازات والأوامر الخاصة بالرسم في برنامج الأوتوكاد.



يُمكن اتباع الخطوات التالية لإكمال الرسم المطلوب:

يتم أولاً الضغط على الأمر Line إذ ستظهر في شاشة command prompt area الرسالة النصية الآتية:

"Specify First Point:"

هنا يتم إدخال إحداثيات نقطة البداية للخط الأول ولتكن 3.5,6

Specify First Point: **3.5,6**

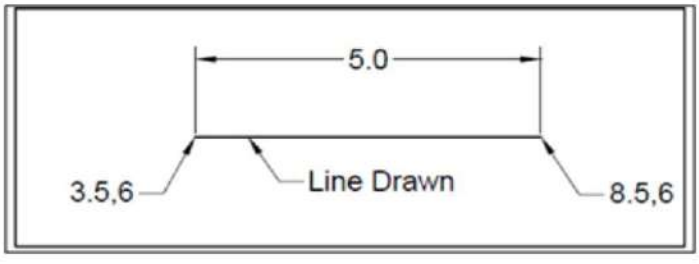
بعدها يتم الضغط على مفتاح Enter والذي سيخبر البرنامج بأنه تم إدخال الإحداثي الأول للخط وأنه جاهز لإدخال الإحداثي التالي والذي سيكون نهاية الخط، إذ ستظهر العبارة النصية الآتية:

"To Point:"

هنا يجب إدخال إحداثيات نهاية الخط والتي ستكون في المثال أعلاه 8.5,6

To Point: **8.5,6**

بعدها ممكن الضغط على مفتاح Enter لأنهاء الإيعاز ورسم الخط بالإحداثيات المطلوبة، لاحظ الشكل رقم (6-20).



الشكل 6-20 رسم الخط الأول للشكل المطلوب

لإكمال عملية الرسم يتم الضغط مرة ثانية على الأمر Line وإدخال إحداثيات نهاية الخط الأول للبدء بالرسم من جديد وكالاتي:

Specify First Point: **8.5,6**

بعد الضغط على مفتاح Enter سيطلب البرنامج إدخال إحداثيات النقطة التالية وهنا ممكن الاستفادة من الأبعاد المثبتة على الشكل وإدخال الإحداثيات النسبية، وكالاتي:

To Point: @-2,2

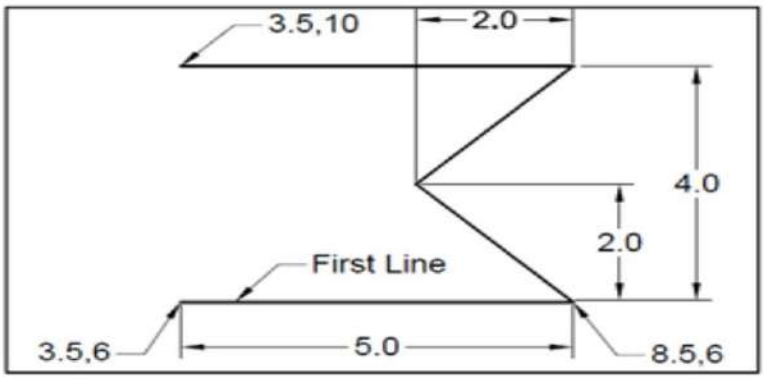
بعدها يتم الضغط على مفتاح Enter وإدخال النقطة التالية، وكالاتي:

To Point @2,2

بعدها يتم الضغط على مفتاح Enter وإدخال النقطة التالية، وكالاتي:

To Point @-5,0

بعدها يتم الضغط على مفتاح Enter بدون إدخال إحداثيات والذي سيؤدي إلى إنهاء إيعاز Line ورسم الشكل المطلوب، وكما موضح بالشكل رقم (6-21).



الشكل 6-21 رسم الشكل (الخطوط)

لإكمال الرسم المطلوب يتم الضغط على الأمر Arc واختيار 3-point، إذ سيتم إدخال إحداثيات النقطة الأولى للقوس والتي ستكون إحداثيات نهاية الخط الأخير الذي تم رسمه بالخطوة السابقة 3.5,10 وكما موضح بالشكل رقم (6-20) السابق.

Specify start point of arc or [Center]: **3.5,10**

بعدها يتم الضغط على مفتاح Enter لتظهر العبارة الآتية:

Specify second point of arc or [Center/End]:

هنا يتم كتابة الحرف C والضغط على مفتاح Enter لإدخال إحداثيات مركز القوس، وكالاتي:

Specify second point of arc or [Center/End]: **C**

يتم إدخال إحداثيات مركز القوس والتي ستكون وحدتين اسفل نقطة البداية والتي يمكن كتابتها كالاتي:

Specify center point of arc: **@0,-2**

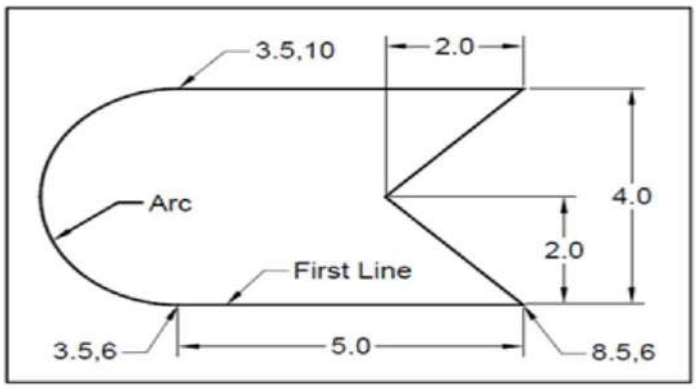
بعدها يطلب البرنامج إدخال إحداثيات نقطة نهاية القوس وكالاتي:

Specify end point of arc:

إحداثيات نهاية القوس ستكون وحدتين أسفل مركز القوس والتي يمكن كتابتها كالاتي:

Specify end point of arc: **@0,-2**

بعد ذلك يتم ضغط مفتاح Enter لإنهاء إيعاز رسم القوس ويصبح الرسم كما موضح بالشكل (6-22).



الشكل 6-22 رسم الشكل (الخطوط مع القوس).

لإكمال رسم الشكل المطلوب بقي فقط إضافة الدائرة والتي يمكن رسمها من خلال الضغط على الأمر circle واختيار Center, Radius، إذ ستظهر العبارة الآتية:

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr]:

يتم إدخال إحداثيات مركز الدائرة والتي ستكون 3.5,8

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr]: **3.5,8**

بعدها الضغط على مفتاح Enter، إذ ستظهر العبارة الآتية:

Specify radius of circle or [Diameter]:

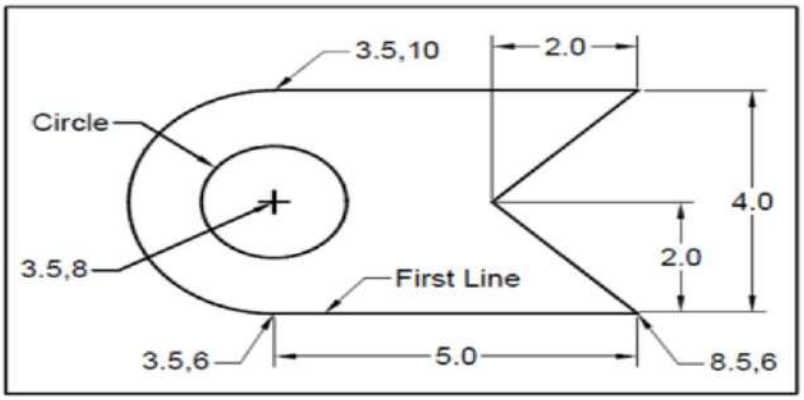
يطلب البرنامج إدخال قيمة نصف قطر الدائرة أو كتابة حرف D لإدخال قيمة قطر الدائرة، في هذا المثال سيتم إدخال حرف D وكالاتي:

Specify radius of circle or [Diameter]: **D**

بعدها يتم الضغط على مفتاح Enter ليتم إدخال قيمة قطر الدائرة والتي ستكون في هذا المثال مساوية إلى وحدتين وكالاتي:

Specify diameter of circle: **2**

بعد الضغط على مفتاح Enter يتم رسم الدائرة ويصبح الشكل النهائي للرسم المطلوب، كما موضح بالشكل رقم (6-23).



الشكل 6-23 رسم الشكل المطلوب لتمرين رقم 2

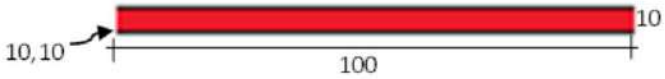
3-6 رسم الرموز الطبوغرافية ببرنامج الرسم الأوتوكاد
Topographic Symbols Drawing by AutoCAD

ممكن تمثيل ورسم الرموز والعلامات الخاصة بتمثيل العوارض الطبوغرافية على الخرائط باستخدام برنامج الأوتوكاد من خلال الإيعازات والأوامر التي تم شرحها في الفقرة السابقة وكالاتي:

1-3-6 الرموز الخاصة بتمثيل الطرق

سيتم التعرف في هذه الفقرة على كيفية توظيف برنامج الأوتوكاد لرسم الرموز الخاصة بالطرق وسنبدأ بتمثيل الرمز الخاص بالطريق السريع الرئيس Primary highway والذي يرمز له عادة برمز خطين متوازيين لونهما اسود والمسافة الفاصلة بينهما باللون الأحمر وكالاتي:

لرسم هذا الشكل باستخدام برنامج الأوتوكاد سنفرض أن إحداثيات نقطة البداية (10,10) وطول الرمز 100 وحدة وعرضه 10 وحدات وكما موضح بالشكل أدناه:



يتم أولاً الضغط على الأمر Line إذ ستظهر في شاشة command prompt area الرسالة النصية الآتية:

"Specify First Point:"

هنا يتم إدخال إحداثيات نقطة البداية للخط الأول ولتكن 10,10

Specify First Point: **10,10**

بعدها يتم الضغط على مفتاح Enter والذي سيخبر البرنامج بأنه تم إدخال الإحداثي الأول للخط وأنه جاهز لإدخال الإحداثي التالي والذي سيكون نهاية الخط، إذ ستظهر العبارة النصية الآتية:

"To Point:"

هنا يجب إدخال إحداثيات نهاية الخط والتي ستكون في المثال أعلاه 110,10

To Point: **110,10**

بعدها ممكن الضغط على مفتاح Enter لإنهاء الإيعاز ورسم الخط بالإحداثيات المطلوبة.

بنفس الأسلوب يتم رسم الخط الثاني ولكن بإحداثيات مختلفة والتي ستكون 10,20 لنقطة البداية و 110,20 لنقطة النهاية.

بعد ذلك يتم رسم المستطيل وذلك بالضغط على الإيعاز Rectangle فتظهر العبارة الآتية:

"Specify first corner point or [Chamfer/ Elevation / Fillet / Thickness / Width]:"

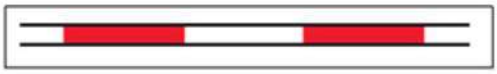
يتم إدخال إحداثيات الركن الأول للمستطيل وفي هذه الحالة ستكون 10,10 ومن ثم ضغط مفتاح Enter، إذ ستظهر العبارة الآتية:

"Specify other corner Point:"

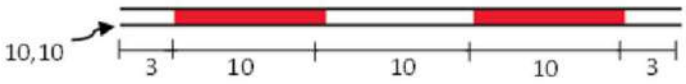
يتم إدخال إحداثيات الركن المقابل لنقطة البداية وفي هذه الحالة ستكون 110,20 ومن ثم الضغط على مفتاح Enter سيظهر المستطيل المطلوب على الشاشة.

ملاحظة: لمليء المستطيل باللون الأحمر يمكن الذهاب للأمر Hatch والموجود في شريط أدوات الرسم Draw toolbar واختيار اللون والرمز المطلوب لمليء المستطيل.

ولتمثيل الرمز الخاص بالطريق السريع الثانوي Secondary highway والذي يُرمز له عادةً بخطين متوازيين لونهما أسود والمسافة الفاصلة بينهما مقطعة إلى مناطق مستطيلة باللونين الأحمر والأبيض، وكما موضح في أدناه:



لرسم هذا الشكل باستخدام برنامج الأوتوكاد سنفرض أن إحداثيات نقطة البداية (10,10) وطول الرمز 36 وحدة وعرضه 3 وحدات والمناطق المستطيلة بطول 10 وحدات لكل واحدة منها، وكما موضح بالشكل أدناه:



يتم أولاً الضغط على الأمر Line إذ ستظهر في شاشة command prompt area الرسالة النصية الآتية:

"Specify First Point:"

هنا يتم إدخال إحداثيات نقطة البداية للخط الأول ولتكن 10,10

Specify First Point: **10,10**

بعدها يتم الضغط على مفتاح Enter والذي سيخبر البرنامج بأنه تم إدخال الإحداثي الأول للخط وأنه جاهز لإدخال الإحداثي التالي والذي سيكون نهاية الخط، إذ ستظهر العبارة النصية الآتية:

"To Point:"

هنا يجب إدخال إحداثيات نهاية الخط والتي ستكون في المثال أعلاه 46,10

To Point: **46,10**

بعدها ممكن الضغط على مفتاح Enter لإنهاء الإيعاز ورسم الخط بالإحداثيات المطلوبة.

بنفس الأسلوب يتم رسم الخط الثاني ولكن بإحداثيات مختلفة والتي ستكون 10,13 لنقطة البداية و 46,13 لنقطة النهاية.

بعد ذلك يتم رسم المستطيل الأول وذلك بالضغط على الإيعاز Rectangle فتظهر العبارة الآتية:

"Specify first corner point or [Chamfer/ Elevation / Fillet / Thickness / Width]:"

يتم إدخال إحداثيات الركن الأول للمستطيل وفي هذه الحالة ستكون 13,10 ومن ثم ضغط مفتاح Enter، إذ ستظهر العبارة الآتية:

"Specify other corner Point:"

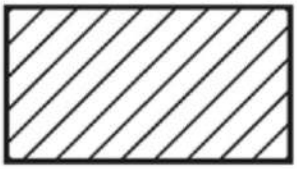
يتم إدخال إحداثيات الركن المقابل لنقطة البداية وفي هذه الحالة ستكون 23,13 ومن ثم الضغط على مفتاح Enter سيظهر المستطيل الأول على الشاشة.

يتم اتباع نفس الأسلوب لرسم بقية المستطيلات بالتتابع للحصول على شكل الرمز النهائي.

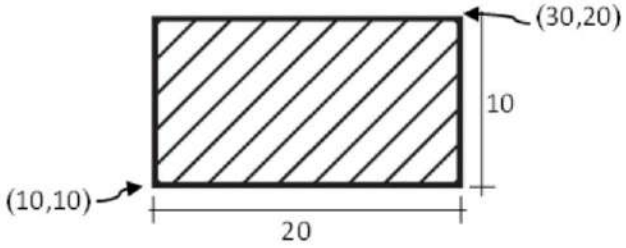
ملاحظة: لمليء المستطيلات باللون الأحمر يمكن الذهاب للأمر Hatch والموجود في شريط أدوات الرسم Draw toolbar واختيار اللون والرمز المطلوب لمليء المستطيل.

6-3-2 الرموز الخاصة بتمثيل البنايات

سيتم التعرف في هذه الفقرة على كيفية استخدام برنامج الأوتوكاد لرسم الرموز الخاصة بالبنايات Buildings والتي يرمز لها عادة برمز مستطيل مظلل بخطوط متوازية بشكل مائل وكالاتي:



لرسم هذا الشكل باستخدام برنامج الأوتوكاد سنفرض أن إحداثيات نقطة البداية (الركن الأول) (10,10) وطول الشكل 20 وحدة وعرضه 10 وحدات لتكون إحداثيات الركن المقابل للركن الأول (30,20)، وكما موضح بالشكل أدناه:



يتم أولاً الضغط على الأمر Rectangle فتظهر العبارة الآتية:

"Specify first corner point or [Chamfer/ Elevation / Fillet / Thickness / Width]:"

يتم إدخال إحداثيات النقطة الأولى (الركن الأول) للمستطيل ولتكن 10,10

Specify first corner point or [Chamfer/ Elevation / Fillet / Thickness / Width]: **10,10**

ومن ثم الضغط على المفتاح Enter بعدها ستظهر العبارة الآتية:

"Specify other corner Point:"

يتم إدخال إحداثيات الركن المقابل لنقطة البداية ولتكن 30,20

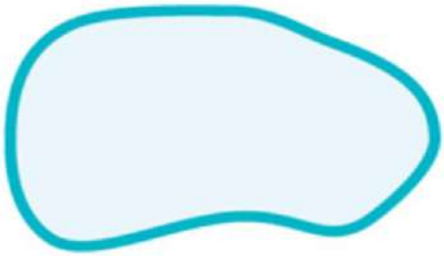
Specify other corner Point: **30,20**

بعدها يتم الضغط على مفتاح Enter سيظهر المستطيل المطلوب على الشاشة.

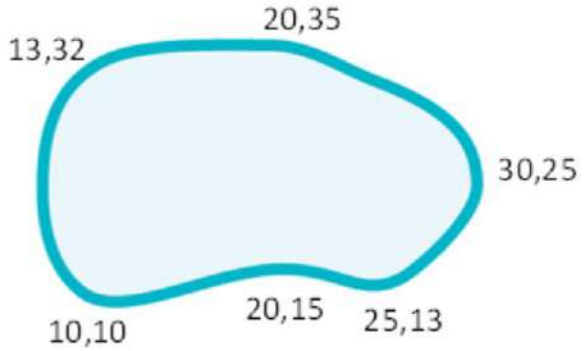
ملاحظة: لمليء المستطيل بالتظليل المطلوب يمكن الذهاب للأمر Hatch والموجود في شريط أدوات الرسم Draw toolbar واختيار الرمز الملائم لمليء المستطيل.

6-3-3 الرموز الخاصة بتمثيل المسطحات المائية

من الممكن رسم الرموز التي تمثل المسطحات المائية باستخدام برنامج الأوتوكاد، إذ سيتم أولاً التعرف على كيفية رسم رمز البحيرة أو البركة (الدائمية) والتي يُرمز لها عادةً برمز الشكل البيضوي غير المنتظم باللون الأزرق الغامق مظلل باللون الأزرق بدرجة افتح من حدود الشكل، وكما موضح في أدناه:



لرسم هذا الشكل باستخدام برنامج الأوتوكاد سنفرض أن إحداثيات نقطة البداية (10,10) وإحداثيات بقية النقاط موضحة بالشكل أدناه:



يتم أولاً الضغط على الأمر Spline، إذ ستظهر العبارة الآتية في شاشة Command

"Specify the first point of the spline:"

يتم إدخال إحداثيات النقطة الأولى للـ Spline ولتكن (10,10)، بعدها يتم الضغط على مفتاح Enter إذ تظهر العبارة الآتية:

"Specify the next point of the spline:"

يتم إدخال إحداثيات النقطة الثانية للشكل ولتكن (20,15) ومن ثم الضغط على مفتاح Enter وبعدها سيطلب البرنامج إدخال إحداثيات بقية النقاط بالتتابع (وحسب الشكل أعلاه)، بعد إدخال إحداثيات النقطة الأخيرة يتم كتابة الحرف c في شاشة command لغلق الشكل ومن الضغط على مفتاح Enter لإنهاء الأمر.

ملاحظة: لمليء الشكل بالتظليل المطلوب يمكن الذهاب للأمر Hatch والموجود في شريط أدوات الرسم Draw toolbar واختيار الرمز الملائم لمليء المستطيل.

4-6 رسم الخطوط الكنتورية ببرنامج الرسم الأوتوكاد

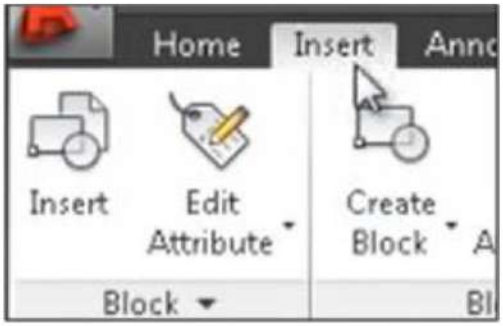
Contour Lines Drawing by AutoCAD

من الممكن رسم الخطوط أو الخرائط الكنتورية باستخدام برنامج الأوتوكاد بطريقتين: أما باستخدام صورة للخارطة الكنتورية أو برسم الخطوط الكنتورية بالاعتماد على شبكة المربعات.

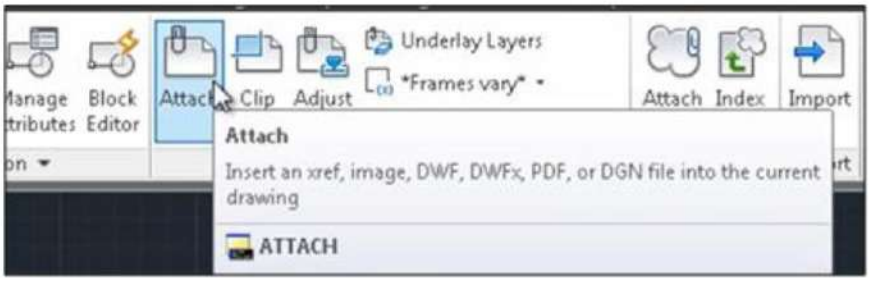
1-4-6 رسم الخطوط الكنتورية من صورة الخارطة الكنتورية

ممكن في هذه الطريقة إنتاج خطوط كنتورية بالاعتماد على صورة خارطة كنتورية تم إنتاجها سابقاً، إذ تُستدعى الخارطة الكنتورية على شكل صورة، ومن ثم رسم الخطوط الكنتورية بواسطة الأمر Spline وكالاتي:

1. يتم استدعاء الصورة الخاصة بالخارطة الكنتورية من خلال الضغط على Insert الموجود في شريط المهام، وكما موضح بالشكل أدناه:

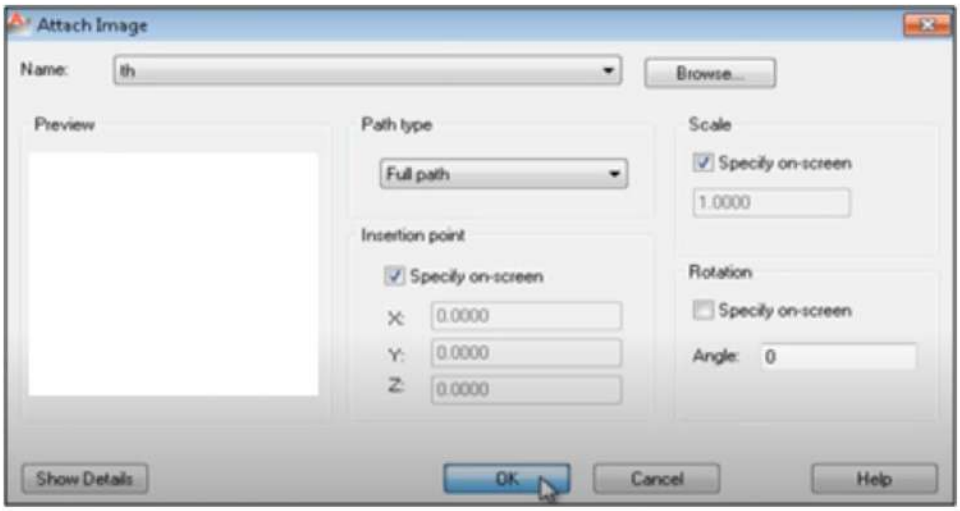


2. بعدها يتم الضغط على الخيار Attach، وكما موضح بالشكل أدناه:

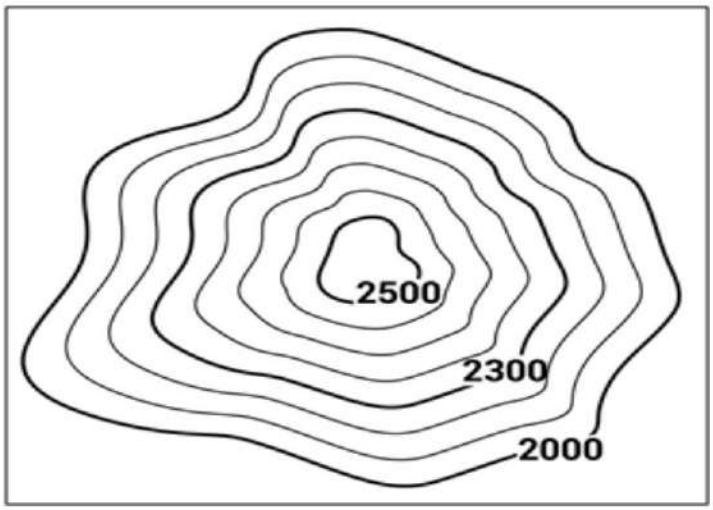


3. بعد ذلك ستظهر نافذة لاختيار الملف الخاص بصورة الخارطة المطلوبة وثم الضغط على open.

4. ستظهر النافذة الآتية، ويتم الضغط على Ok.



5. يتم الضغط على الماوس في أي مكان في الشاشة لتحديد موقع الصورة، بعدها يتم تحديد المقياس أو حجم الصورة المناسب ومن ثم الضغط على الماوس ستظهر الصورة المطلوبة على الشاشة وكالاتي:



6. يتم الضغط على الأمر Spline، إذ ستظهر العبارة الآتية في شاشة Command

"Specify the first point of the spline:"

يتم الضغط على النقطة الاولى في الخط الاول ذو المنسوب (2000)، بعدها ستظهر العبارة الآتية:

"Specify the next point of the spline:"

يتم الضغط على النقطة الثانية للخط (يتم اختيار النقاط التي تمثل تغير الانحناءات في الخط)، وبعدها يتم الضغط على النقطة التالية وهكذا لحين اكمال جميع نقاط الخط الاول .

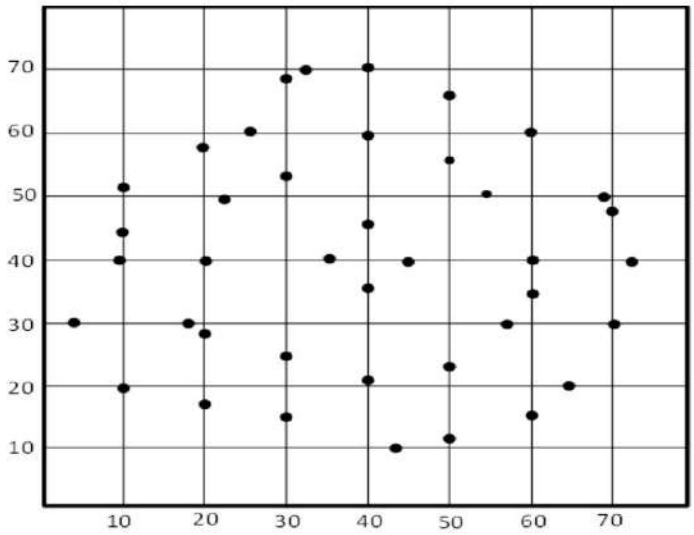
يُعاد نفس الاسلوب لرسم الخط الكنتوري الثاني والثالث لحين اكمال جميع الخطوط للخارطة الكنتورية المطلوبة.

6-4-2 رسم الخطوط الكنتورية بالاعتماد على شبكة المربعات

من الممكن أيضاً رسم الخارطة الكنتورية باستخدام برنامج الأوتوكاد بالاعتماد على شبكة المربعات التي عادةً ما تحتوي على نقاط بإحداثيات ومناسيب مختلفة، وكما موضح بالتمرين أدناه:

تمرين 6-3:

يطلب مدرس المادة المختص من كل طالب رسم خطوط كنتورية بالاعتماد على المعطيات في الجداول (6-1 ، 6-2 ، 6-3).



الجدول 6-1 إحداثيات خط الكنتور الأول

X	Y	Z		X	Y	Z
10	20	100		60	60	100
20	17	100		50	67	100
30	15	100		40	70	100
43	10	100		32	70	100
50	12	100		30	68	100
50	15	100		25	60	100
65	20	100		20	58	100
70	30	100		10	52	100
72	40	100		10	43	100
70	48	100		9	40	100
68	50	100		3	30	100

الجدول 6-2 إحداثيات خط الكنتور الثاني.

X	Y	Z		X	Y	Z
57	30	105		22	50	105
60	35	105		20	40	105
60	40	105		18	30	105
55	50	105		20	28	105
50	55	105		30	25	105
40	60	105		41	22	105
30	53	105		50	23	105

الجدول 6-3 إحداثيات خط الكنتور الثالث.

X	Y	Z
40	35	110
47	40	110
40	46	110
35	40	110

يُمكن اتباع الخطوات الآتية لحل هذا التمرين وكالاتي:

تحتوي الجداول 6-1 ، 6-2 ، 6-3 على إحداثيات ومناسيب لثلاثة خطوط كنتورية متتالية، إذ اصبح بالإمكان استخدام الأمر Spline لرسم هذه الخطوط باستخدام برنامج الأوتوكاد، وكالاتي:

يتم الضغط على الأمر Spline، إذ ستظهر العبارة الآتية في شاشة Command

"Specify the first point of the spline:"

يتم إدخال إحداثيات النقطة الاولى في الخط الاول ذو المنسوب (100) والضغط على مفتاح Enter، بعدها ستظهر العبارة الآتية:

"Specify the next point of the spline:"

يتم إدخال إحداثيات النقطة الثانية للخط والضغط على مفتاح Enter، وبعدها يتم إدخال إحداثيات بقية النقاط بالتتابع لحين اكمالها وغلق الخط على نقطة البداية.

يُعاد نفس الاسلوب لرسم الخط الكنتوري الثاني والثالث لحين اكمال جميع الخطوط للخارطة الكنتورية المطلوبة.

6-5 رسم مسقط مركيتر ببرنامج الأوتوكاد

Mercator Projection by AutoCAD

من الممكن أيضاً رسم مسقط مركيتر باستخدام برنامج الأوتوكاد من خلال استخدام الأمر Line، إذ ستُرسم خطوط بمسافات فاصلة معينة تمثل الفرق ما بين خطوط الطول ودوائر العرض، وكما موضح في المثال الآتي:

المطلوب: رسم الخطوط الشبكية لمسقط مركيتر باستخدام برنامج الأوتوكاد للمنطقة الواقعة ما بين دائرة العرض (20^0N-80^0N) وخط الطول (10^0E-40^0W) وبمسافة فاصلة مقدارها 10^0 وبمقياس رسم مساوي إلى R.F.=1:80 000 000، علماً أن المسافة الفاصلة مابين خطوط الطول على خط الاستواء تساوي 1.39 cm والمسافة الفاصلة ما بين دوائر العرض مقاسة من خط الاستواء، كما موضح بالجدول رقم (6-4):

الجدول (6-4) قيم المسافات الفاصلة بين دوائر العرض

المسافة الفاصلة	دائرة العرض (Ø)
2.85	20°
4.39	30°
6.10	40°
8.09	50°
10.54	60°
13.88	70°
19.49	80°

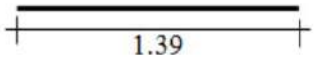
1. يتم رسم خط أفقي يبدأ من نقطة معينة ويكون بطول 1.39 وحدة، إذ يتم أولاً الضغط على الأمر Line فتظهر العبارة الآتية في شاشة command:

"line Specify first point:"

يتم الضغط بالماوس في أي مكان من الشاشة فتظهر العبارة الآتية:

To Point:

فيتم إدخال 1.39,0@ والضغط على مفتاح Enter فيظهر الخط المطلوب وكالاتي:



2. يتم رسم الخط العمودي الأول بطول 65.34 وحدة (مجموع المسافات الفاصلة ما بين دوائر العرض مقاسة من خط الاستواء)، إذ من الممكن رسم هذا الخط بالضغط على الأمر Line ستظهر العبارة الآتية:

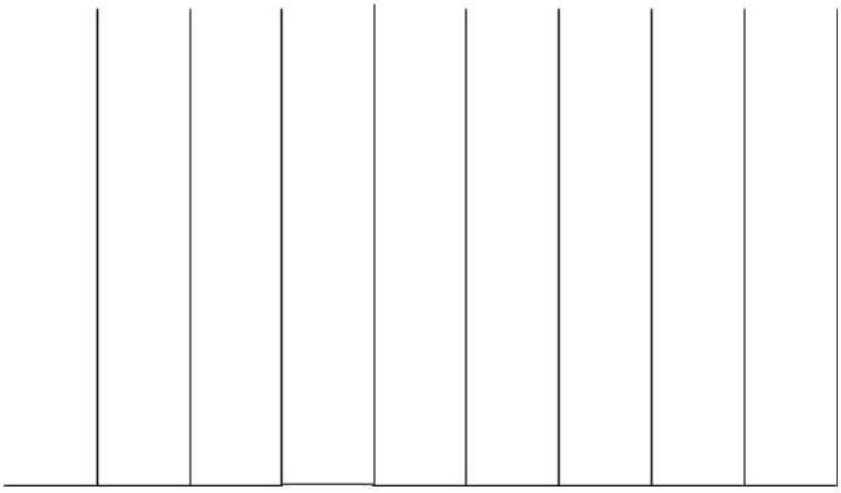
"line Specify first point:"

يتم الضغط بالماوس على نهاية الخط الأفقي الذي تم رسمه بالخطوة السابقة فتظهر العبارة الآتية:

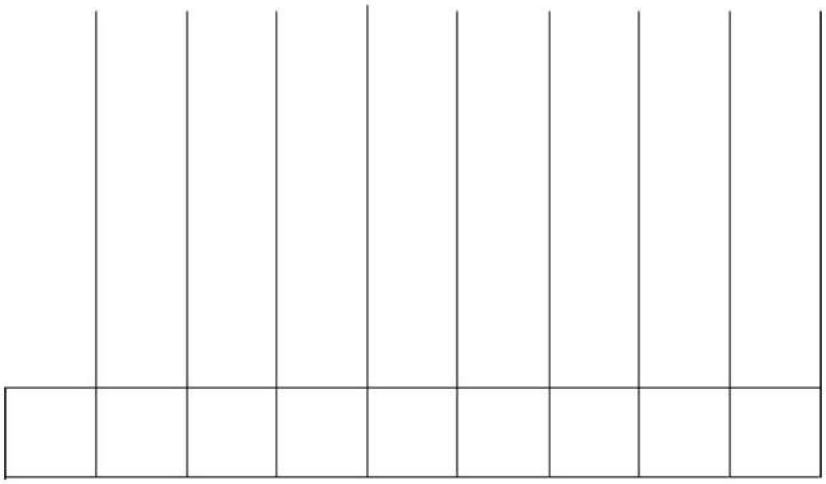
To Point:

يتم إدخال 0,65.34@ والضغط على مفتاح Enter فيظهر الخط المطلوب وكالاتي:

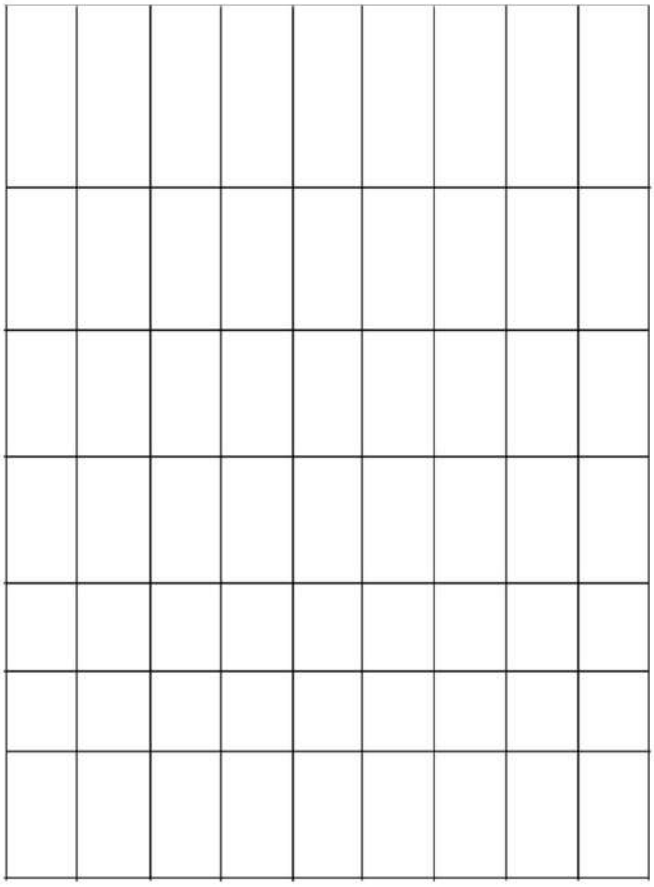
3. تكرر هذه العملية لحين رسم جميع خطوط الطول المطلوبة، وكما موضح بالشكل أدناه:



4. لرسم الخطوط الأفقية، يتم رسم خط عمودي، باستخدام الأمر Line، من نقطة البداية بطول 2.85 وحدة، بعدها يتم رسم خط أفقي من نهاية الخط العمودي موازي لخط الاستواء، وكما موضح بالشكل أدناه:



5. يتم تكرار هذه العملية لرسم بقية الخطوط الأفقية بالاعتماد على المسافات الفاصلة الموضحة في الجدول أعلاه، بعد إكمال رسم الخطوط سيكون الشكل كالاتي:



تمرين 6-4: المطلوب رسم الخطوط الشبكية لمسقط مركيتر باستخدام برنامج الأوتوكاد للمنطقة المحصورة بين ($\varphi = 75^o\ S\ to\ \varphi = 75^o\ N$) ، وباتباع الخطوات التي تم شرحها في الفقرة 6-5، علماً أن أبعاد ذلك المسقط كالاتي:

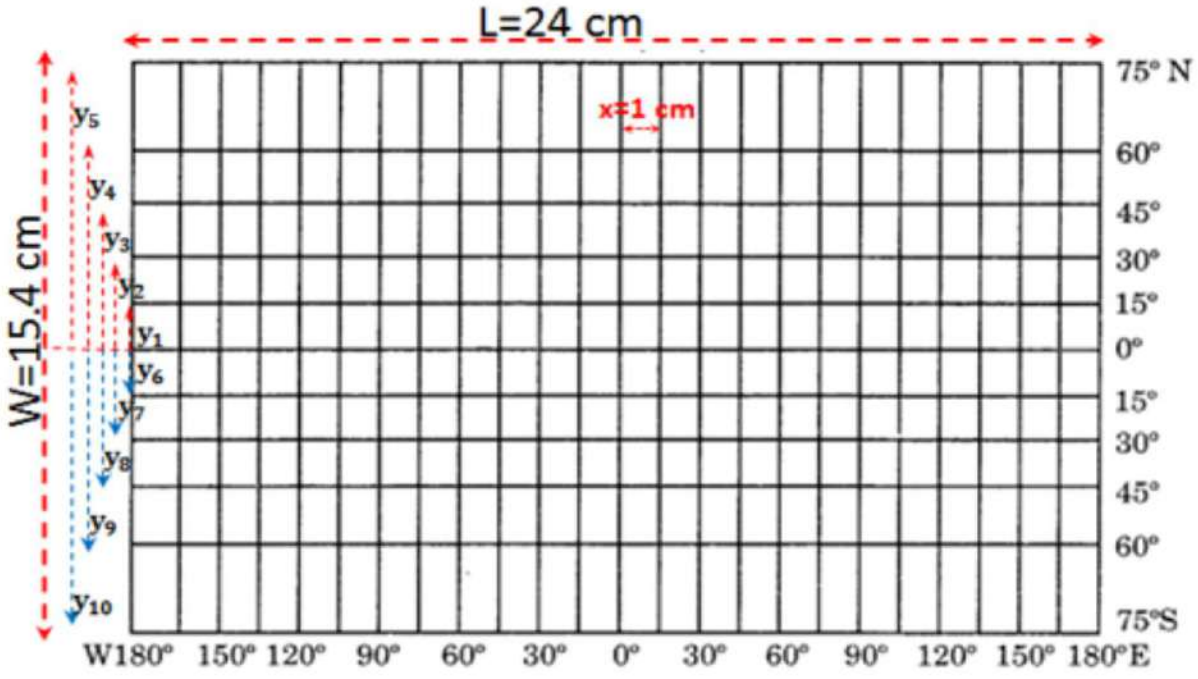
طول الشبكة الكلي على المسقط (L) = 24 cm

عرض الشبكة الكلي على المسقط (W) = 15.4 cm

البعد بين خطوط الطول متساوي (x) = 1 cm

الجدول (6-5) قيم المسافات الفاصلة بين دوائر العرض

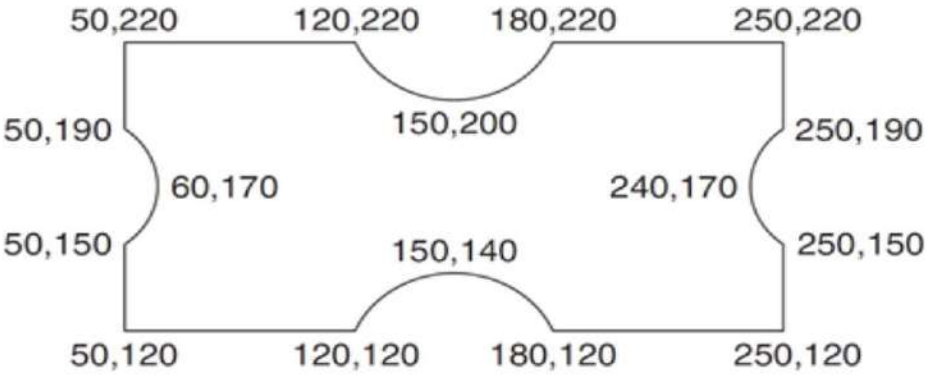
دوائر العرض (φ)	بعد دوائر العرض عن دائرة الاستواء شمالا وجنوبا
75^0 N	$y_5 = 7.7$ cm
60^0 N	$y_4 = 5$ cm
45^0 N	$y_3 = 3.3$ cm
30^0 N	$y_2 = 2.1$ cm
15^0 N	$y_1 = 1$ cm
0	0
15^0 S	$y_6 = -y_1 = -1$ cm
30^0 S	$y_7 = -y_2 = -2.1$ cm
45^0 S	$y_8 = -y_3 = -3.3$ cm
60^0 S	$y_9 = -y_4 = -5$ cm
75^0 S	$y_{10} = -y_5 = -7.7$ cm



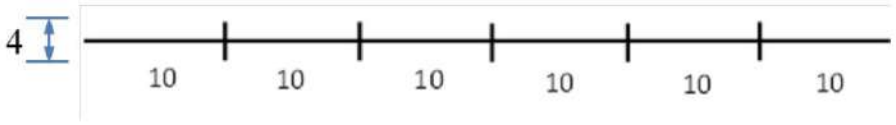
الشكل 6-24 الأبعاد اللازمة لرسم المسقط.

تمارين الفصل السادس

ت1) باستخدام إيعاز رسم الخط Line وإيعاز رسم القوس Arc (3-point) لبرنامج الأوتوكاد، ارسم الشكل أدناه معتمداً على الأبعاد المؤشرة عليه.



ت2) باستخدام إيعازات الرسم لبرنامج الأوتوكاد، ارسم رمز سكة حديد ذات المسار الفردي والموضحة في الشكل أدناه معتمداً على الأبعاد المؤشرة عليه.



ت3) باستخدام الأمر Spline ارسم الخارطة الكنتورية الموضحة في الشكل أدناه، وباتباع الخطوات التي تم شرحها في الفقرة 6-4-1.