



جامعة قطر

مكتبة البنين
قسم الدوريات

حولية

مكتبة البنين
والملفوظات الجهادية

غير مصحح بأعارة من المكتبة

العدد التاسع
١٤٠٦ هجرية - ١٩٨٦ ميلادية

طرق التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي

الدكتور محمد محمد عاشور
أستاذ مساعد بقسم الجغرافية

هناك العديد من الأساليب التي يمكن بها وصف الحوض النهري . بعض هذه الأساليب تهتم بالوصف العام والبعض الآخر يهتم بخاصية محددة من خصائص الحوض . كذلك نجد أن بعض هذه الأساليب غير محدد الأبعاد dimensionless بينما البعض الآخر له أبعاد محددة مثل الطول والمساحة وما إلى ذلك . ورغم أن بعض هذه الأساليب قد يبدو مألوفاً ، إلا أننا لا بد أن ندرك أن تطبيق الأسلوب ليس غاية في حد ذاته بقدر ما يعطي من نتائج تفيد في التحليل المورفولوجي . وقبل أن نتطرق لطرق التحليل المختلفة نتعرض بإيجاز لبعض القوانين التي تحكم شبكة التصريف المائي وهي :

- ١ - أعداد المجاري المائية « عدد المجاري النهرية في الرتب المختلفة تميل إلى تكوين متوالية هندسية معكوسة » (Horton, 1945) .
- ٢ - متوسط أطوال المجاري المائية « متوسط طول المجاري النهرية للرتب المتوالية تميل إلى تكوين متوالية هندسية » (Horton, 1945) .

٣ - متوسط انحدار المجاري المائية « متوسط انحدار المجاري النهرية للرتب المتوالية تميل إلى تكوين متوالية هندسية معكوسة » (Horton, 1945) .

٤ - متوسط مساحة الأحواض « متوسط مساحة الأحواض للرتب المتوالية تميل إلى تكوين متوالية هندسية » (Schumm, 1965) (شكل رقم ١) .

فإذا وقعنا المتغيرات السابقة (أعداد المجاري ، متوسط الطول ، ومتوسط الانحدار ثم متوسط مساحة الأحواض) للرتب المتوالية قبالة الرتب على رسم بياني نصف لوغاريتمي يكون فيه المحور الأفقي مقسماً تقسيماً حسابياً يوضح عليه أرقام الرتب بحيث تكون الرتبة الأولى على يسار الرسم أما المحور الرأس فهو مقسم تقسيماً لوغاريتمياً وعليه يوضح أعداد المجاري أو متوسط أطوالها أو متوسط الانحدار أو متوسط مساحة الأحواض .

وقد وجد أن هذه العلاقات تعتبر علاقات طبيعية تربط أي نظام تفرع طبيعي حيث تتجه كل الأفرع إلى جذع واحد . وليس معنى هذا أن التحليل عديم الجدوى بل على العكس فإنه في حد ذاته يعتبر وسيلة سهلة لتصنيف المجاري والأحواض النهرية . كما يساعد هذا الأسلوب على اكتشاف ما إذا كان هناك علاقة بين أي متغيرين . كذلك يحدد بدقة مدى هذه العلاقة .

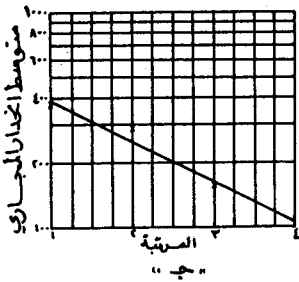
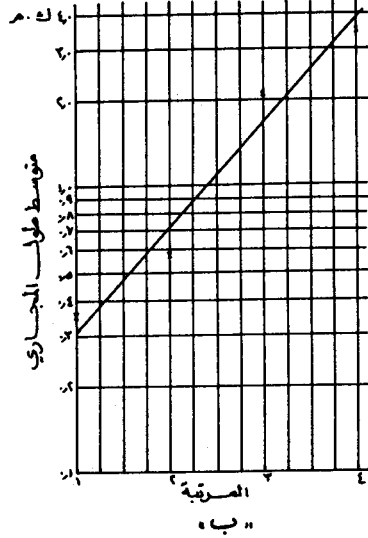
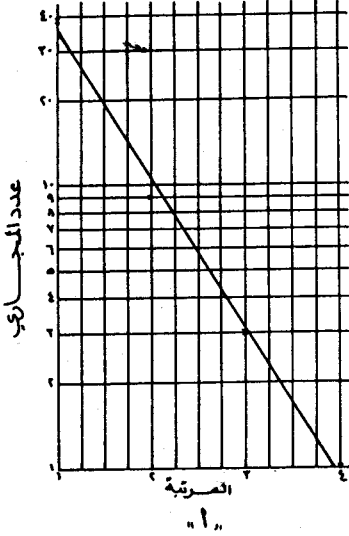
أما عن وسائل التحليل فيمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات هي :

١ - وسائل التحليل المورفولوجي .

٢ - وسائل التحليل الاحصائي .

٣ - وسائل التحليل الكرتجرافي .

وكلها تعتمد على البيانات السابق جمعها من الخرائط وتستخدمها بطريق مباشر أو غير مباشر والتي سبق معالجتها في بحث سابق (محمود عاشور ، ١٩٨٤) .



شكل "أ" أمثلة للعلاقة بين

"أ" رتب المجاري وعددها

"ب" رتب المجاري ومتوسط طولها

"ج" رتب المجاري ومتوسط انحدارها

أولاً : التحليل المورفولوجي :

وكما يظهر من العنوان أنه يهتم بشكل شبكة التصريف والحوض النهري ويقوم أساساً على ما سبق جمعه من بيانات واستخدامها بطريقة مباشرة . ومن المقاييس التي تستخدم في هذا المجال .

(أ) معدل التفرع .

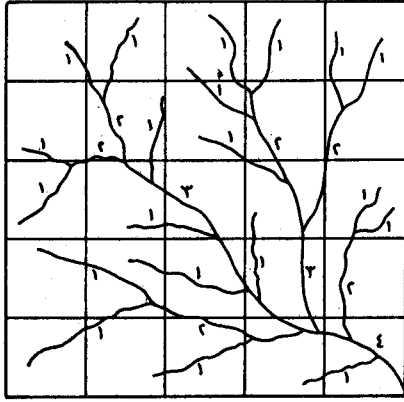
(ب) كثافة التصريف .

(ج) شكل حوض .

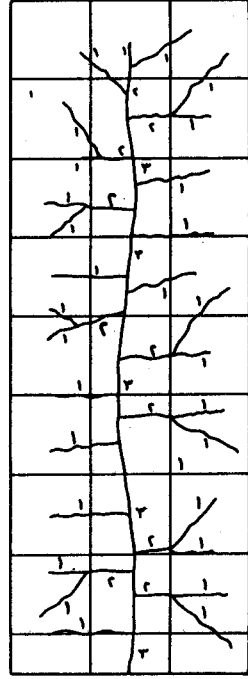
(د) مساحة الحوض .

(أ) معدل التفرع : والمقصود به النسبة بين عدد المجاري النهرية لرتبة معينة (س ١) وعدد المجاري للرتبة التي تليها (س ٢) . ويعتبر من المقاييس الهامة نظراً لأن التفرع يعتبر أحد العوامل التي تتحكم في معدل التصريف . ويمكن أن نتفهم هذه العلاقة من خلال دراستنا للشكل رقم (٢) فيه أ ، ب حوضي نهرين ذات مساحة واحدة وطول مجاريهما متساوية ولكنها يختلفان في شكليةما وكيفية تفرع مجاريهما . فإذا سقطت الأمطار بكميات متساوية وفي وقت واحد على كليهما . نلاحظ أن المياه الساقطة على الحوض « أ » تصل إلى المجرى الرئيسي في فترة زمنية أطول منها في « ب » ولكن قمة الفيضان في « ب » عند المجرى الرئيسي أقل من « أ » ويرجع هذا إلى زيادة طول فترة التصريف ، فهناك علاقة بين الزمن ومعدل التفرع وبين التصريف ومعدل التفرع . فكلما قل معدل التفرع كلما زاد خطر الفيضانات (Mc Cullagh 1978) .

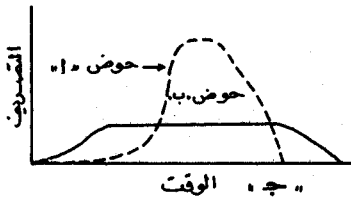
ويحسب معدل التفرع لحوض ما بإيجاد معدل التفرع لكل رتبتين متواليتين ثم إيجاد متوسط المعدلات للرتب المختلفة كما يلي :



« أ »



« ب »



- أ- حوض نهري معدل تفرعه ٢,٧٨ والكثافة ١٥٢ كم/كم^٢؛
 ب- حوض نهري معدل تفرعه ٦٥٠ والكثافة ١٥٨ كم/كم^٢؛
 ج- منحني التصريف للحوضين « أ »، « ب ».

(After Patrick McCullagh, 1978)

٢٨٦٤

نكل « ب » تأثير معدل التفرع

$$2,78 = \frac{\frac{2}{1} + \frac{6}{2} + \frac{20}{6}}{3}$$

هذا وقد اقترح Strahler ما يسمى بمعدل التفرع المرجح Weighted bifurcation ratio . ويوضح جدول رقم ١ كيفية حساب كل من معدل التفرع ومعدل التفرع المرجح .

جدول رقم (١)

معدل التفرغ عدد المجاري × عدد المجاري لكل رتبتين	عدد المجاري لكل رتبتين متواليتين	معدل التفرغ	عدد المجاري	الرتبة
٨٥,٨	٢٦	٣,٣	٢٠	١
٢٤	٨	٣,-	٦	٢
٦	٣	٢,-	٢	٣
			١	٤
١١٥,٨	٣٧	١١,٣	٢٩	المجموع

$$\text{معدل التفرغ للحوض} = \frac{2 + 3 + 3,3}{3} = 2,78$$

$$\text{معدل التفرغ المرجح} = \frac{115,8}{37} = 3,12$$

والجدير بالذكر أن معدل التفرغ يختلف حسب طريقة الترتيب المتبعة وقد حذر كلا من Shreve, 1966 and Wallis, 1964 من الاعتقاد الشائع خطأً بين الباحثين أن معدل التفرغ محسوباً بطريقة ترتيب Horton يتفق مع معدل التفرغ محسوباً بطريقة ترتيب Strahler . لهذا يجب على الباحث أن يكون حذراً في استخلاص النتائج المترتبة على أرقام معدلات التفرغ . وأن يتأكد من طريقة وكيفية حساب معدل التفرغ قبل أن يعقد أي مقارنة بين المعدلات لأحواض مختلفة .

ب - كثافة التصريف Density : وهي النسبة بين طول المجاري المائية في حوض ما أو منطقة ما ومساحة هذا الحوض أو المنطقة أي

$$ك = \frac{ل}{م} \text{ (Horton, 1932,)}$$

حيث ك = الكثافة .
حيث ل = طول المجاري المائية .
حيث م = مساحة الحوض .

على أن تكون وحدة القياس متجانسة كيلو متر و كيلو متر مربع أو ميل وميل مربع . حيث لا يصح استعمال وحدتي قياس مختلفتين .

وتعتبر الكثافة من المقاييس الهامة حيث أنها تعكس أثر كل من نوع الصخر ونظامه والتربة والتضاريس والغطاء النباتي . كما تظهر أحياناً مدى تأثير الإنسان على شبكة التصريف المائي .

كما يستعمل مقياس الكثافة في العديد من الدراسات والمقارنات لسهولة استيعابه وبساطته . ويمكن استعماله للمقارنة بين حوضين أو بين منطقتين تشابه ظروفهما المناخية أو تغطيتها أنواع معينة من الصخور وما إلى ذلك من متغيرات تؤثر على الكثافة

ويرى Horton, 1932 أن كثافة التصريف تكون $0,93$ كم/كم² في المتوسط وترتفع إلى $1,24$ كم/كم² في المناطق المتضرسة ذات الصخور الصماء التي تتمتع بتساقط غزير . بينما تنخفض إلى حد كبير في الأحواض التي تجري أنهارها فوق صخور ذات نفاذية عالية وترتفع فيها معدلات التسرب . كما يرى Langbein, 1947 أن كثافة التصريف في المناطق الرطبة تتراوح بين $0,55$ ، $2,09$ كم/كم² . وقد أثبتت العديد من الدراسات إختلافاً واضحاً مع كل من نتائج Horton, Longbein وقد يرجع هذا الإختلاف إلى مقياس رسم الخريطة المستعملة أو طريقة تحديد المجاري المائية والحوض (Gregory and Walling, 1967) وعلى أية حال لا بد من ذكر طريقة تحديد شبكة التصريف المائي حتى تقوم المقارنة على أسس سليمة .

إلى جانب الطريقة السابقة لقياس كثافة التصريف ، هناك عدة طرق مشابهة منها مقياس تكرار المجاري Stream Frequency (Horton, 1945) لقياس عدد المجاري المائية في مساحة معينة ويعتمد هذا القياس على رتب الأنهار Order وقد اقترح Penck, 1924 قياس المسافة بين نقط اتصال المجاري (المقارن) للدلالة على مدى كثافة التصريف . وكذلك اقترح Smith, 1950 قياس النسيج Texture ratio . لقياس مدى تقارب المجاري المائية . ويحسب نسيج الحوض بقياس طول أكثر خطوط الكونتور تعرجاً وقياس طول محيط الحوض .

$$\text{حيث نسيج الحوض} = \frac{\text{طول أكثر خطوط الكنتور تعرجاً}}{\text{طول محيط الحوض}}$$

حيث من المعروف أن المجاري المائية تعتبر من أكثر العوامل قدره على خلق هذه التعرجات .

ومن الطرق السريعة تلك التي لجأ إليها Carlston and Langbein, 1960 وذلك برسم خط ذا طول معين وليكن (ل) على الخريطة الكونتورية ثم حصر المجاري المائية التي تتقاطع مع هذا الخط (ق) . ويمكن تقدير متوسط المسافة بين المجاري من المعادلة .

$$\text{جا } ٤٥ \times \frac{\text{ل}}{\text{ق}}$$

ثم هناك طريقة Gardiner, 1971 التي حصر فيها عدد نقط المقارن وعدد نقط المنابع على خريطة مقياسها ١ : ٢٥٠٠٠ في جنوب غرب انجلترا كما لجأ McCoy, 1970 إلى الوسائل الالكترونية لقياس كثافة التصريف من الصور الجوية وتوصل إلى أن هذه الوسيلة تناهض الخرائط مقياس ١ : ٢٤٠٠٠ وإن كان يعيها أن الغطاءات النباتية تجبب أجزاء من المجاري النهرية .

(ج) شكل الحوض Basin shape : وهو أحد الخواص المورفومترية الرئيسية لأحواض التصريف وإن كان مفهوماً مركب من أكثر من خاصية مثل الاندماج Compactness والاستطالة elongation . وقد تعددت المحاولات لقياس الشكل سواء من جانب الجيومورفولوجيين المهتمون بالتعرية المائية أو الهيدرولوجيون وغيرهم مما أدى إلى تعدد المقاييس التي تعتمد أما على بعض القياسات الأساسية التي سبق ذكرها مثل محيط الحوض ، المساحة ، الطول ، العرض وقد تعتمد على قياسات أكثر تعقيداً سيرد ذكرها .

ومن المقاييس التي يمكن استخدامها لقياس شكل الحوض ، مقياس Boyce and Clark, 1964 .

$$\text{الشكل} = \frac{ق}{ر=1} - 1000 \times \frac{ل ر}{مجل ر} - \frac{100}{ن}$$

حيث ن عدد الخطوط التي أطوالها 1، ل2، ل3، ل4 وهي تتفرع من المصب على هيئة أشعة بزوايا متساوية حتى محيط الحوض .

كذلك هناك مقياس Blair and Biss, 1967 لقياس الاستطالة والاندماج ويقوم على أساس كيفية توزع المساحة حول مركز الجاذبية في الحوض centre of gravity

ومن المقاييس كذلك معدل الاستدارة Miller's circularity وفيه معدل

$$\frac{م}{م} = \text{الاستدارة}$$

حيث م = مساحة الحوض .

حيث م = مساحة دائرة طول محيطها يساوي طول محيط الحوض فإذا كان الحوض دائري الشكل تماماً كانت استدارته = 1 وهذا لا يحدث في الطبيعة . وكلما اقترب الرقم من الصفر دل هذا على شدة استطالة الحوض .

ويمكن قياس الحوض بطريقة أخرى وذلك بإيجاد النسبة بين قطر دائرة لها نفس مساحة الحوض وأقصى طول للحوض مواز للمجرى الرئيسي . ويتم حساب معدل الاستطالة كما يلي :

$$\text{قطر الدائرة} = \sqrt{\text{مساحة الحوض} \times \frac{7}{22} \times 2}$$

$$\frac{\text{قطر الدائرة}}{\text{أقصى طول للحوض}} = \text{معدل الاستطالة}$$

وكما في المقياس السابق إذا اقترب الناتج من رقم « ١ » كلما كان الحوض أكثر استدارة ويميل الحوض إلى الاستطالة كلما اقترب الناتج من رقم الصفر . والمثال التالي جدول رقم (٢) يوضح كيفية حساب معدل الاستطالة .

جدول رقم (٢)

رقم الحوض	مساحة الحوض كم ^٢	نصف القطر كم	القطر كم	أقصى طول كم	معدل الاستطالة	شكل الحوض
١	٥٢٨	١٢,٩٦	٢٥,٩	٣٥	٠,٧٤	شبه مستدير
٢	٥١,٨	٤,٠	٨,٠	٢٨	٠,٢٩	مستطيل

ومن أهم ما يترتب على شكل الحوض هي مدى حدة الفيضانات فاحتمال الفيضانات القوية يزداد كلما كان معدل الاستدارة منخفضاً .

(د) مساحة الحوض : Basin area من المعروف أنه كلما زادت مساحة الحوض كلما زاد ما يستقبله من أمطار أو أي شكل آخر من أشكال التساقط مما يترتب عليه زيادة احتمال ارتفاع قمة الفيضانات وذلك في حالة تساوي المتغيرات المختلفة مثل نوع الصخر ونظامه والتضرس وشكل شبكة التصريف . ومن هذا المنطلق تقدم Rodda, 1969 بالمعادلة الآتية :

قمة الفيضان = س م ن

حيث م = مساحة الحوض .

حيث س = معامل ثابت يختلف طبقاً لطبوغرافية الحوض

حيث ن = معامل ثابت يختلف بين ٠,٢ ، ٠,٩ ، وتتوقف قيمته على المناخ السائد .

إلى جانب قمة الفيضان هناك متغيرات مورفولوجية ترتبط بمساحة الحوض
فمثلاً نجد أن الأحواض الكبيرة أقل انحداراً من الأحواض الأصغر وقد يرجع هذا
إلى أن الأحواض الكبيرة - أو أجزاء منها تمر في مرحلة متقدمة من الدورة
التحتية على عكس الأحواض الصغيرة التي قد لا تزال في بداية المرحلة
وينسحب هذا كذلك على متغيرات أخرى مثل انحدار المجاري المائية .

ثانياً : التحليل الاحصائي :

يهتم التحليل الاحصائي بوصف المتغيرات المختلفة وصفاً رياضياً
تحليلياً ودراسة العلاقات بين هذه المتغيرات . ويعتبر التحليل الاحصائي من
الوسائل التي لها أهميتها وفائدتها في هذا المجال (Gregory and Walling,
1975 . ويمكن مناقشة التحليل الاحصائي على ثلاث مراحل .

(أ) مرحلة تبويب البيانات وفحصها .

(ب) مرحلة الاحصاء الوصفي .

(ج) مرحلة العلاقات الثنائية بين المتغيرات المختلفة .

(أ) مرحلة تبويب البيانات وفحصها : لعل من أهم الخطوات في
التحليل الاحصائي ترتيب البيانات المتاحة وتبويبها بطريقة تجعل من السهل
التعامل معها من جهة ومن جهة أخرى سهولة التعرف على خصائصها العامة .
وهذا ما يمكن أن نطلق عليه مرحلة جدولة البيانات وتنتهي بمجموعة من
الجداول الخام التي لم يتناولها أي نوع من أنواع المعالجة الاحصائية .

وقد يكون من الضروري لاجراء بعض التحليلات الاحصائية ، أن تكون
الأرقام أو القيم المتاحة لكل متغير موزعه توزيعاً عادياً .

ولذا لابد من دراسة توزيع القيم قبل القيام بأي تحليل احصائي . ولدراسة

التوزيع هناك عدة طرق من بينها « التكرار المتجمع النسبي » حيث يتم توقيع القيم المتاحة على ورق رسم بياني احتمالي arithmetical probability paper ، فإذا كان التوزيع طبيعياً ظهرت النقط الموقعة على امتداد واحد (خط مستقيم) . وإذا لم يكن التوزيع طبيعياً لجأنا إلى إحدى طرق تطبيع البيانات .

وطرق تطبيع البيانات متعددة من بينها ، تحويل الأرقام المتاحة إلى لوغاريتمات الاعداد أو إلى جذورها الطبيعية . فإذا كان المنحنى يميل ميلاً موجباً Positively Skewed (حيث تكون معظم الفئات ذات قيم صغيرة نسبياً) فيمكن تحويل الأرقام إلى لوغاريتماتها . أما إذا كان المنحنى يميل ميلاً سالباً (حيث يكون العدد الأكبر من الفئات ذات قيم مرتفعة نسبياً) فإنه يمكن الحصول على جذورها التربيعية . وعلى أية حال يفضل معالجة الأرقام المتاحة حتى نحصل على أفضل النتائج والجدير بالذكر أنه عادة ما نجد أن أرقام المتغيرات المختلفة في شبكات التصريف النهري تكون غير طبيعية التوزيع (Maxwell, 1960) وفي معظمها يكون منحنى التوزيع يميل ميلاً موجباً ولذا تحول إلى لوغاريتمات الأعداد .

(ب) مرحلة الاحصاء الوصفي Descriptive statistics : وهي محاولة للتعبير عن قيم كل متغير بقيمة واحدة أو أكثر حتى يمكن وصف هذه القيم بدقة وسهولة أكثر . فمثلاً يمكن حساب النسب المئوية للتكرارات المختلفة أو حساب التجمعات التكرارية المطلقة أو النسبية لكل متغير على حده . بالإضافة إلى هذا يمكن التعبير عن هذه البيانات ووصفها بطريقة توضيحية برسم مجموعة من الرسوم البيانية والخرائط التي يمثل كل منها متغيراً من المتغيرات (أنظر وسائل التحليل الكرتجرافي) .

ومن التحاليل الاحصائية التي يمكن استخدامها للتعبير عن مجموعة من

البيانات ، هو حساب مدى تركز العينة أو انتشارها وذلك بحساب المعدلات الآتية :

١ - الوسط الحسابي Mean وهو عبارة عن مجموع القيم مقسوماً على عددها .
أي أنه ملخص عام لمجموعة من القيم العددية . ومن خصائص الوسط الحسابي أن المجموع الجبري لانحرافات القيم عن وسطها الحسابي يساوي صفر .

٢ - الوسيط Median لمجموعة من الأرقام مرتبة حسب قيمها في مصفوفة هو القيمة التي تقع في المنتصف أو أنه الوسط الحسابي لقيمتين تقعان في منتصف المصفوفة .

٣ - المنوال Mode وهو القيمة الأكثر تكراراً عن غيرها وقد لا يكون للقيم منوال وقد يكون لها أكثر من منوال .

والجدير بالذكر أنه في حالة المنحنيات المتماثلة يتطابق الوسط والوسيط والمنوال .

٤ - الانحراف المعياري Standard deviation ويمكن حسابه باستخدام المعادلة الآتية :

$$ع = \sqrt{\frac{\text{مجم} (س - \bar{س})^2}{ن}}$$

حيث ع الانحراف المعياري

س قيمة العينة

$\bar{س}$ المتوسط الحسابي

ن عدد العينات

(ج) مرحلة ايجاد العلاقات الثنائية بين المتغيرات المختلفة :
من الطرق التي يمكن اتباعها لدراسة العلاقة الثنائية بين المتغيرات المختلفة .

- معامل الارتباط .
- معادلة خط الانحدار .

مفهوم الارتباط :

يستخدم معامل الارتباط لتوضيح مدى العلاقة بين قيم أحد المتغيرات وقيم متغير آخر . ويمكن تفهم هذه العلاقة بتوقيع قيم زوجيات المتغيران على رسم بياني انتشاري Scatter plot diagram فإذا افترضنا أن س ، ص هما المتغيران موضع الدراسة ، فإن شكل الانتشار يوضح موضع النقط س١ص١ ، س٢ص٢ . فإذا كانت جميع النقط في الشكل الانتشاري تبدو وكأنها تقع على امتداد خط فهذا معناه ارتباط خطي . فإذا كانت قيمة ص تزداد كلما ازدادت قيمة س فإن الارتباط في هذه الحالة يسمى ارتباطاً خطياً موجباً أو ارتباطاً طردياً . أما إذا كانت قيم ص تتناقص كلما تزايدت قيم س سمي الارتباط بالارتباط العكسي . وفي حالة ما إذا كانت النقط تنتشر على هيئة منحنى فالارتباط لا يكون خطياً . وإذا لم يكن هناك ارتباط بين قيم المتغيرين ظهرت النقط مبعثرة على الشكل الانتشاري دون نظام .

والجدير بالذكر ، أنه إذا وقعت النقط كلها على خط مستقيم فهي بهذا تكون مرتبطة ارتباطاً كاملاً بمعنى أن كلا المتغيرين يتغيران بمعدلات منتظمة . وفي هذه الحالة يكون معامل الارتباط $+1$ (س = + ١) . وقد نجد أن المتغير الأول يتزايد بنفس معدلات تناقص المتغير الثاني وفي هذه الحالة يكون الارتباط سالباً (س = -١) . وبين هاتين القيمتين تتغير قيمة (س) حسب العلاقة بين المتغيرين . وفي حالة عدم وجود أي علاقة بين المتغيرين فإن س = صفر .

طرق حساب معامل الارتباط :

من الطرق التي يمكن استخدامها لدراسة العلاقات الثنائية بين قيم المتغيرات :

- معامل ارتباط بيرسون product-Moment correlation coefficient
- معامل ارتباط سبيرمان Spearman rank correlation test
- معادلة خط الانحدار
- معادلة بيرسون : —

$$r = \frac{\text{مجم (س-س)} (\text{ص-ص})}{\sqrt{\text{مجم (س-س)}^2 (\text{ص-ص})^2}}$$

حيث r = معامل الارتباط

س ، ص قيمتا المتغيران

س ، ص قيمتا المتوسطات الحسابية لكلا المتغيرين .

- طريقة سبيرمان (ارتباط الرتب)

تختلف عن الطريقة السابقة في أنه لا بد من ترتيب قيم كل متغير ترتيباً تصاعدياً أو تنازلياً ثم يحسب الارتباط من المعادلة الآتية :

$$b = \frac{\text{مجم } d}{n(n-1)} - 1$$

حيث b = معامل الارتباط

d = الفروق بين رتب القيم المتقابلة في س ، ص

ق = عدد أزواج القيم س ، ص

ويلاحظ هنا أن النتائج تختلف حسب المعادلة المستخدمة في الحساب ولذا

يجب ذكر الطريقة التي استعملت لحساب الارتباط بين أي متغيرين من المتغيرات التي تم قياسها .

ولكن من المحتمل أن ما نصل إليه من نتائج قد يكون وليد الصدفة البحتة وليس نتيجة علاقات سببية بين المتغيرين موضع التحليل . ولهذا يكون من الضروري اجراء اختبار الثقة Significance لمعامل الارتباط . علماً بأنه كلما زاد عدد العينات كلما ازدادت الثقة في النتائج . ويمكن الحصول على الدلالة الاحصائية لمعامل الارتباط من جداول اختبارات T-Table . أو يمكن حسابها كما يلي :

$$t = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

حيث r = معامل الارتباط n = عدد العينات

وبشكل عام أصبح من المتفق عليه أن مستوى ٠,٠٥ يعتبر كافياً في الدراسات الجغرافية وإن كان يترك للباحث تحديد مستوى الثقة المطلوب حيال موضوع دراسته .

معادلة خط الانحدار :

إذا كان هناك ارتباط ذو دلالة Significant بين أي متغيرين من المتغيرات التي تم قياسها ، يمكن إيجاد معادلة تشرح العلاقة بين هذين المتغيرين . وهذه المعادلة تعرف بمعادلة خط الانحدار .

والخطوة الأولى لاستخراج معادلة خط الانحدار هي توقيع قيم المتغيرين س ، ص على رسم انتشاري Scatter plot diagram فإذا كانت النقط تنتشر في اتجاه خطي محدد ، أمكن حساب معادلة خط الانحدار . فإذا افترضنا أن هذا

الخط يقطع الاحداثيات الصادية في نقطة أ عندما تكون قيمة س = صفر وانحدار الخط = ب فتكون معادلة خط الانحدار ص = أ + ب س وتكون قيمة ب موجبة إذا زادت كل من س ، ص معاً في اتجاه واحد . وتكون سالبة إذا تزايدت قيم أحد المتغيرين بينما تتناقص الأخرى . ويمكن حساب انحدار الخط كما يلي :

$$\frac{\text{ص}}{\text{س}} = \text{ظا}$$

هذا ويمكن استخدام معادلة خط الانحدار بغرض التنبؤ . فمثلاً إذا عرفنا الطول الكلي للمجري النهرية في حوض ما ، أمكن تقدير المساحة بالتعويض في المعادلة ص = أ + ب س وفيها يكون المتغير س هو المتغير المستقل والمتغير ص غير مستقل . علماً بأن لفظي مستقل dependent وغير مستقل Independent يقتصر على دلالتها الاحصائية وليس لها أية دلالة جيمورفولوجية . وإن كان من المعروف أن المتغيرات الجيومورفولوجية غير مستقلة من حيث النشأة . فقد تكون هناك علاقة بين أطوال المجاري في حوض ما ومساحة هذا الحوض ، فمثلاً نجد أن النحت التصاعدي للمجري المائية قد يؤدي إلى تراجع خطوط تقسيم المياه ، ويترتب على هذا التراجع زيادة مساحة الحوض . وعلى ذلك نجد أن المساحة متغير غير مستقل والأطوال متغير مستقل . على العكس قد يكون لدينا حوضين يختلفان من حيث المساحة وقد وصلا إلى حالة من الاستقرار وتوقفت منابعها العليا عن التراجع نحو خطوط التقسيم . ولكن لأن أحد الأحواض يفوق الآخر من حيث المساحة فإنه يضم مجاري أكثر طولاً . وفي هذه الحالة نجد أن الأطوال متغير غير مستقل والمساحة هي المتغير المستقل .

كيفية تحديد مسار خط الانحدار :

من الممكن رسم خط الانحدار بالنظر ليمر قدر الامكان بين أكبر عدد من النقاط الموقعة على الشكل البياني . ولكن وجد أن هذا المسار لا يكون دقيقاً ولذا

يكون من الأفضل تحديد مسار هذا الخط بالوسائل الرياضية .

وقد عرفنا فيما سبق كيف يمكن تقدير قيم المتغير المستقل بمعرفة قيم المتغير غير المستقل واستخدام معادلة خط الانحدار وإن كان من الصعب معرفة مدى دقة النتائج . ولكن يمكن القول أنه كلما كانت النقاط تنتشر حول خط الانحدار مباشرة ، قليلة التبعر وكلما زاد عدد النقاط وارتفعت دلالتها الاحصائية زادت الثقة فيما نحصل عليه من نتائج . (شكل ٣ أ ، ب) .
ويمكن الحصول على قيم أ ، ب من المعادلتين الآتيتين :

$$ب = \frac{\text{مجم (س ص)} - (ن س ص)}{\text{مجم (س) ٢ - ن (س) ٢}}$$

$$أ = ص - ب س$$

حيث ن هي عدد النقاط

ص هي المتوسط الحسابي لقيم المتغير ص

س هي المتوسط الحسابي لقيم المتغير س

ويمكن تحديد موقع واتجاه الخط بفرض قيمتين للمتغير س ثم التعويض في

المعادلة ص = أ + ب س .

وبما أن قيمتي أ ، ب معلومتين وقيمة س مفترضة يمكن إيجاد قيمة ص ومن

ثم يمكن توقيع الخط .

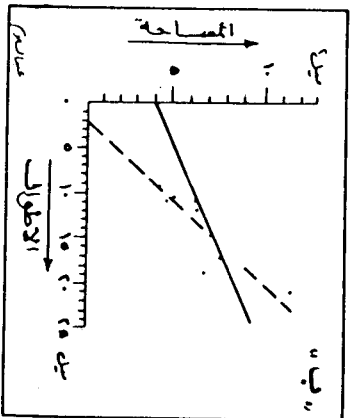
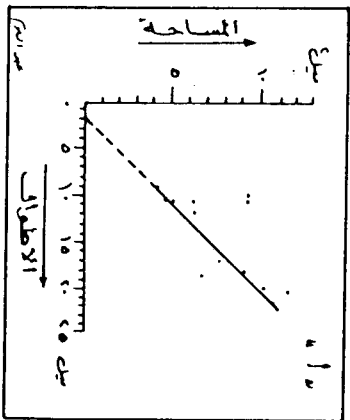
كذلك يمكن حساب مدى انتشار النقط حول الخط المرسوم حيث أنه من

النادر أن تقع النقاط كلها على الخط ولذا يكون هناك فارق بين موقع النقاط

الموقعة على الرسم والخط ولمعرفة مدى دقة الخط يمكن حساب قيم الفوارق أو ما

يسمى بالمتبقيات Residuals علماً بأنه كلما كان الارتباط وثيقاً بين قيم المتغيرين

انخفضت قيم المتبقيات والعكس .



شكل ٣.

١. رسم بياني انتشاري يوضح مدى الارتباط بين مساحة الأحواض ومجموع أطوال المجاري المائية لعشرة أحواض من المرتبة الثالثة
 ب. الخط المتقطع تم تحديده بالنظر. أما الخط الثاني فقد حدد حسابياً

رأينا فيما سبق أن العلاقة بين المتغيرات المختلفة يمكن فحصها احصائياً بين كل متغيرين بإيجاد معامل الارتباط وحساب معادلة خط الانحدار وهذا ما يسمى بالارتباط الخطي . إلى جانب هذا يمكن إيجاد العلاقة بين جميع المتغيرات باستخدام الارتباط المتعدد Multiple Correlation أو Multiple regression لفحص درجة العلاقة بين ثلاثة متغيرات أو أكثر . ولكن تقابلنا مشكلة في غاية التعقيد ، حيث يصعب أن نقرر أي المتغيرين يكون مستقلاً والآخر غير مستقل ثم أي المتغيرات ترتبط ببعضها ، وينبع هذا من واقع العلاقات الجيمرفلوجية المعقدة المتشابكة . فقد يظهر التحليل الاحصائي ارتباطاً بين متغيرين لا تربطهما أية علاقة من حيث النشأة . ولهذا يجب أن نتوخى الدقة في تحليل نتائج الدراسات الاحصائية .

ومما لا شك فيه أن المعالجة الاحصائية للبيانات المورفومترية لشبكات التصريف النهري تأتي بثمارها الطيبة إذا توخينا الدقة في المعالجة الحسابية أولاً ثم تحليل النتائج . ولكن اتساع منطقة الدراسة وتعدد الأحواض وارتفاع عدد المتغيرات التي تم قياسها ، قد يجعل من الصعب القيام بهذا الكم الهائل من العمليات الحسابية والتي قد نتعرض خلالها لأخطاء قد تغير تماماً فيما نحصل عليه من نتائج . ولهذا يفضل استخدام الحاسب الألكتروني . وخاصة وأنها متوفرة في العديد من المراكز العلمية حالياً . كذلك أن العمليات الحسابية المطلوبة مثل إيجاد المتوسطات وحساب الانحراف المعياري ومعامل الارتباط ومعادلة خط الانحدار واختبارات الثقة إلى جانب توقيع الرسوم البيانية الانتشارية والمنحنيات ورسم الخرائط وما إلى ذلك أصبحت من البرامج المتوفرة في معظم مكاتب الحاسبات الالكترونية . ويمكن تخزين كل البيانات في ذاكرة الحاسب الالكتروني واستدعاء هذه البيانات واستخدامها في أي وقت كذلك يمكن تعديلها وإضافة إليها حسب رغبة الباحث .

ثالثاً : التحليل الكرتجرافي :

التعبير الكرتجرافي أحد الوسائل التي تستخدم في كثير من ميادين العلم . فهو وسيلة سهلة للعرض أو للمقارنة بين خصائص مناطق مختلفة كما أنه أداة هامة من وسائل التحليل . ويعتمد التعبير الكرتجرافي على التمثيل الرمزي للظاهرة . وطرق التمثيل والأساليب الفنية التي تستخدم في التعبير عن الظاهرة متعددة وإن كان هناك شبه اتفاق عالمي على الرموز المستخدمة ومازالت الأساليب في تطور مستمر . وقد يلجأ البعض إلى استخدام رموز خاصة وإلى ابتكار أساليب جديدة بهدف التعبير والتحليل . والحوض النهري كأبي ظاهرة أخرى يمكن التعبير عنها بالوسائل الكرتجرافية وإبراز خصائصه المورفومترية كما يمكن تحليل هذه الخصائص باستخدام بعض الوسائل الكرتجرافية . ومن هذه الوسائل .

(أ) المدرجات والمنحنيات التكرارية .

(ب) خرائط الكوروبلث والأيسوبلث .

(ج) المنحنى الهبسوم تري .

(أ) المدرجات والمنحنيات التكرارية :

لعل من أبسط طرق الدراسة هو المقارنة بين الأشكال البيانية التي يوضح كل منها أحد المتغيرات . فمثلاً يمكن رسم مجموعة من المنحنيات التكرارية أو المجمعات التكرارية المطلقة أو النسبية لمجموعة من المتغيرات كل على حده لكل حوض منفرد أو لمجموعة من الأحواض وذلك لإبراز خصائصها أو المقارنة بينها .

ولرسم المصّلع التكراري أو المنحنى التكراري لأي متغير من المتغيرات التي تم قياسها ، يرسم محورين الأفقي منها يوضح أرقام الأحواض المختلفة أما المحور الرأسي فيوضح تكرار الأعداد . ثم يرسم عامود أو مستطيل يمثل تكرار المتغير في كل حوض وهذا ما يسمى بالمجمع التكراري ويمكن رسم المنحنى

التكراري برسم منحنى يمر بالنقطة الوسطى من قمة كل مستطيل ثم يمهّد Smooth هذا المنحنى وهذا ما يسمى بالمنحنى التكراري (أنظر شكل ٤) .

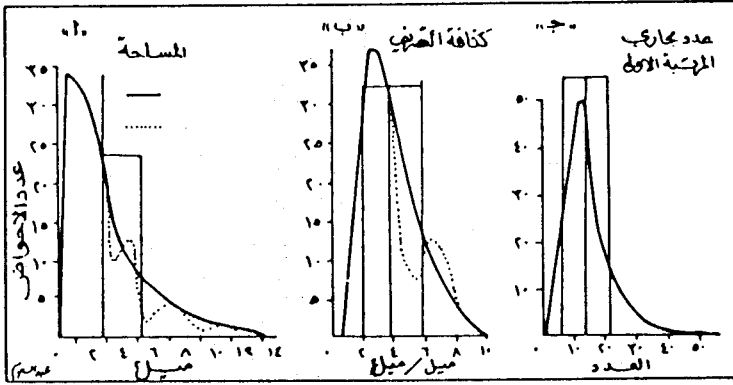
كما يمكن التعبير عن بعض النتائج الاحصائية بالرسم البياني ومنها ما يسمى بأعمدة المدى Range diagram لكل متغير على حده وتوضح هذه الأعمدة القيم الدنيا والعظمى والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري . ولرسم أعمدة المدى لأي متغير من المتغيرات يرسم محورين الأفقي منها مقسم إلى أقسام متساوية يوضح عليه أرقام أو أسماء الأحواض المختلفة والمحور العمودي يوضح عليه التكرار وأمام كل حوض يرسم خط رأسي طوله يمثل عدد التكرارات وتقع قاعدته عند أدنى قيمة وتقع قمته عند أقصى قيمة ثم يرسم عليه ثلاثة خطوط أفقية صغيرة الأوسط منها يمثل الوسط الحسابي والأسفل والأعلى يمثلان الانحراف المعياري (شكل ٥) .

(ب) خرائط الايسوبليث والكوربليث :

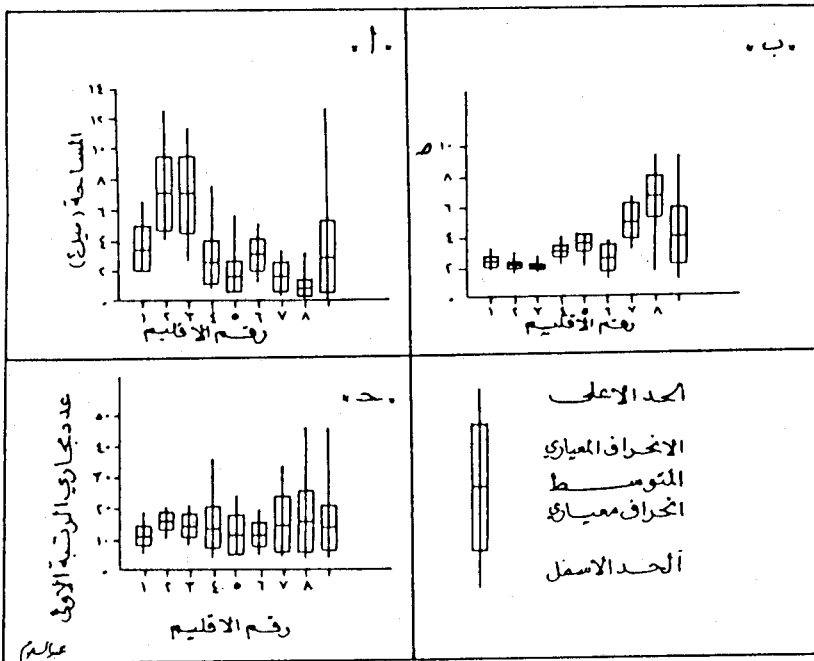
يمكن رسم هذين النوعين من الخرائط للتعبير عن أي من المتغيرات التي تم قياسها ويتميزان بتوضيح الكم إلى جانب التوزيع الجغرافي .

وتتضمن خرائط أيسوبليث Isopleth مجموعة من الخطوط التي يعبر كل منها عن كمية معينة ويمر بنقط على الخريطة لها نفس القيمة مثل خطوط الكونتور التي تمر بنقط الارتفاعات المتساوية وخطوط الحرارة المتساوية التي تمر بنقط تتساوى فيها درجات الحرارة والأمثلة هنا متعددة .

ولرسم خرائط أيسوبليث توقع قيمة المتغير عند مركز كل حوض ثم نرسم خطوطاً لتصل بين نقط متساوية القيمة على أن تكون قيم الخطوط دائرية إلى حد ما وأن يكون الفاصل الخطي ثابتاً في الخريطة كلها . فمثلاً قد نختار فاصل خطي كل خمس وحدات وبهذا تكون أرقام الخطوط صفر ، ٥ ، ١٠ ، ١٥



«أ» مساحة أحوض «ب» الكثافة «ج» عدد مجاري المرتبة الأولى
 شكل « ٤ » المنحنيات التكرارية



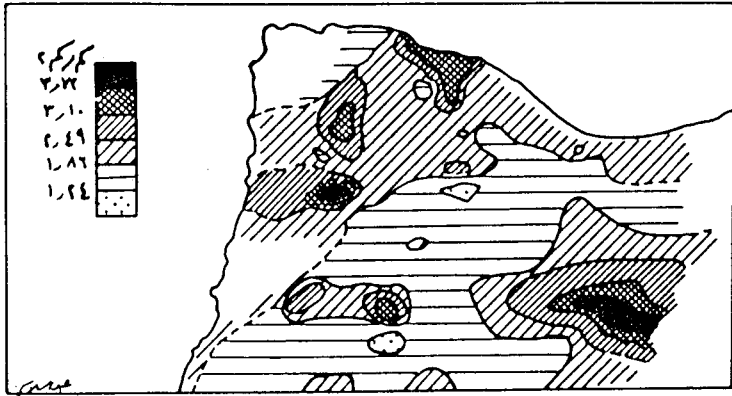
«أ» مساحة الحوض «ب» الكثافة «ج» عدد مجاري المرتبة الأولى
 شكل « ٥ » أعمدة المدى

وهكذا أو كل وحدتين فتكون أرقام الخطوط صفر، ٢، ٤، ٦، وهكذا ويتحدد هذا على أساس مقياس الرسم المتاح ثم النتائج أو الأرقام ويراعى هنا عدم ازدحام الخريطة بالخطوط حتى لا تبدو بقعة معتمة أو أن تتباعد الخطوط إلى حد كبير وتبدو الخريطة خالية يصعب الاستفادة منها وتوصيل النقط المتساوية القيمة يحتاج إلى تصور دقيق لمنطقة الدراسة وخبرة وممارسة لعملية رسم الخطوط المتساوية (شكل ٦).

ولرسم خرائط الكوربليث Coropleth توضح قيمة المتغير التي قد تكون أعداد المجاري المائية أو كثافة التصريف أو مساحة الأحواض في مراكز الأحواض قدر الإمكان. ثم تفرغ هذه القيم في كشف وتقسيم إلى فئات متساوية الطول وهنا تأتي مشكلة عدد الفئات فيجب ألا تكون قليلة جداً ولا تفرط في عددها ثم نميز كل فئة من الفئات السابقة بلون أو ظل معين. وحسب قيمة كل حوض بلون أو يظلل وهنا نلاحظ أن الحدود الأصلية للأحواض قد تختفي وتتصل الظلال أو الألوان بعضها ببعض وتصبح الخريطة مجموعة من الألوان أو الظلال لكل منها دلالة رقمية. ولزيادة الاستفادة من هذا النوع من الخرائط يجب أن تختار الظلال أو الألوان بدقة حيث تكون متدرجة من الألوان الفاتحة إلى الألوان الداكنة على أن يراعى أن القيم المنخفضة يقابلها ظلال أو ألوان فاتحة والعكس بالنسبة للألوان الداكنة التي تقابل أرقام مرتفعة (أنظر شكل ٧).

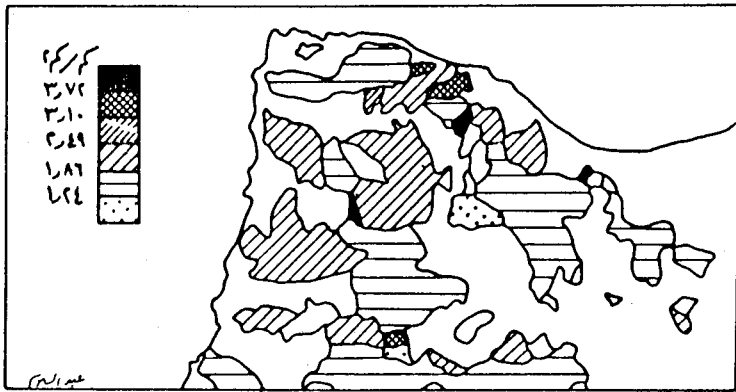
(ج) المنحنى الهبسومتري :

ويوضح العلاقة بين مساحة السطح عند ارتفاع معين وهذا الارتفاع. ويستخدم في المناطق التي تمتاز بوحدها الطبيعية مثل الجزر أو أشباه الجزر أو الأحواض النهرية. وهو أحد الوسائل الكمية التي تصف مورفولوجية الحوض النهري (Strahler, 1952). حيث يمكن من شكل المنحنى أن نتبين إلى حد ما



شكل ٦. خريطة أيسوبليت لكثافة التصريف لمجموعة من الأحواض النهرية
«شمال غرب ديفون بإنجلترا»

عن " Gardiner, 1975 "



شكل ٧. خريطة كوروبليت لكثافة التصريف لمجموعة من الاحواض النهرية
«شمال غرب ديفون بإنجلترا»

عن " Gardiner, 1975 "

المرحلة التي وصل إليها الحوض أو أي جزء من أجزاء الحوض فالأجزاء المرتفعة شديدة الانحداد ترتبط بمناطق مازالت في مرحلة الشباب أو بداية النضج أما الأجزاء المنبسطة قليلة الانحدار فتدل على مناطق قد وصلت إلى مرحلة متقدمة من الدورة التحاتية . فهو ببساطة يعبر عن توزيع الأحجام بين خطوط الكونتور المختلفة ولرسم المنحنى الهبسومتري لأحد الأحواض تتبع الخطوات الآتية :

- تقدير المساحة الكلية للحوض .

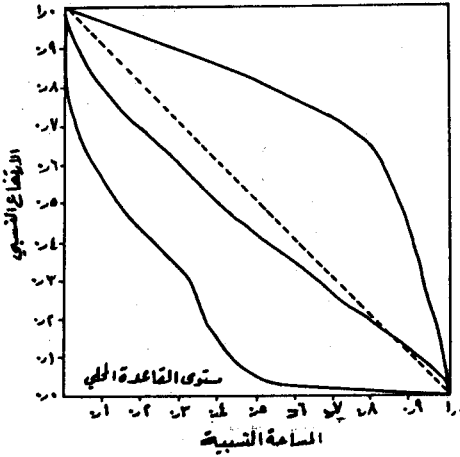
- قياس المساحة المحصورة بين أي خط كونتور والحدود العليا للحوض . ، وفي حالة تقارب خطوط الكونتور يمكن التجاوز عن بعض الخطوط ما عدا في الأجزاء العليا من الحوض حيث لا بد من استعمال كل خطوط الكونتور (Strahler, 1952, P 1120) .

- رسم محورين أحدهما رأسي والآخر أفقي يمثل المحور الرأسي الارتفاعات والمحور الأفقي يمثل المساحات .

- توقيع النقاط ثم توصيلها لتمثيل المنحنى الهبسومتري المطلق ويمكن رسم المنحنى الهبسومتري كذلك على أساس النسب المئوية وذلك بحساب النسب المئوية للمساحات المحصورة بخطوط الكونتور من المساحة الكلية للحوض . ثم توقيع النسب المئوية للمساحات على المحور الأفقي مقابل الارتفاعات على المحور الرأسي على هيئة متجمع هابط . ويسمى المنحنى في هذه الحالة بالمنحنى الهبسومتري النسبي Percentage Hypsometric Curve .

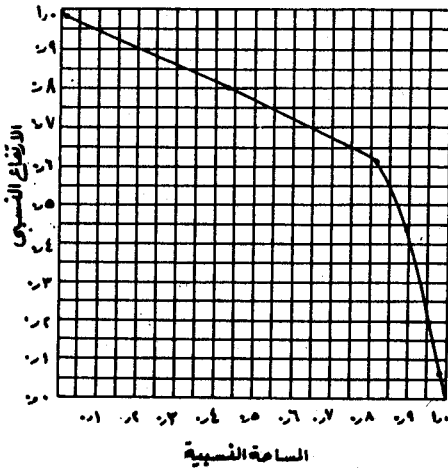
كذلك يمكن حساب النسب المئوية للارتفاعات من الارتفاع الكلي للحوض وتوقيع المنحنى الهبسومتري بهذه الطريقة يسهل المقارنة بين الأحواض المختلفة مهما اختلفت مساحاتها أو ارتفاعاتها (شكل ٨) .

أقصى ارتفاع



شكل ٨-٢، المنحنيات الهيسومترية لثلاثة أحواض نهريّة

أقصى ارتفاع



شكل ٨-٣، المنحنى الهيسومتري لحوض نهري

يلاحظ أن عدد المربعات التي تقع أسفل المنحنى حوالي ٢٨٥ مربعاً

من بين ٤٠٠ مربع وبذلك يكون $\frac{285}{400} = 0.71$

References

- 1) Blair, D.J. and Biss. T.H. (1967) The Measurement of Shape in geography Quantitive Bulletin. Department of Geography, Nottingham University, 11, 27 PP.
- 2) Boyce, R.B and Clark, W.A.A. (1964) The concept of Shape in geography. Geographical Review, 54, 561-572.
- 3) Carlston, C.W and Langbein, W.B. (1960) Rapid approximation of drainage density: Line intersection method. U.S. Geological Survey. Water Resources Div. Bull. 11.
- 4) Gardiner, V. (1971) A drainage density map of Dartmoor. Transactions of the Devonshire Association, 103, 167-180.
- 5) Gregory, K. J. and Walling. D.E (1973) Drainage basin, Form and process. London. (456 pp).
- 6) Horton, R.E (1932) Drainage basin Characteristics. Transactions of the American Geophysical Union, 13, 350-361.
- 7) Horton, R.E (1945) Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bulletin of the Geological society of America, 56, 275-370.
- 8) Langbein, W. B. (1947) Topographic characteristics of drainage basins U.S Geol. Survey, Water supply paper 968 G, 125-57.
- 9) Maxwell, J.C (1960) Quantitative Geomorphology of the San - Dimas Experimental Forest, California. Office of Naval Research, Geography Branch, Project N R 389 - 042 Tech. Rept. 19,95 PP.
- 10) McCoy R.M. (1970) Application of radar imagery to drainage analysis in: Earth resources aircraft program status review, N.A.S.A., Houston, 1968, 3. Hydrology, Oceanography and sensor studies, 27-1 to 27-18.
- 11) McCullagh, P. (1978) Modern Concepts in Geomorphology, Science in Geography (6) Oxford University press.

- 12) Penck, W. (1924) Morphological analysis of landforms, trans. H. Czecha and K.C. Boswell, 1953, 111-118.
- 13) Rodda, J.C. (1969). The flood hydrograph. In R.J. chorley (ed.) Water, Earth and Man, London, 405-18.
- 14) Schumm, S.A (1956) The Evolution of drainage Systems and slopes in badlands at perth Ambay, New - Jersey. Bulletin of the Geological Society of America, 67, 597-646.
- 15) Smith, K.F (1950) standards for granding Texture of erosional topography. American journal of science, 248, 655-668.
- 16) Strahler, A.N (1952) Hypsometric (area - altitude) analysis of erosional topography. Bulletin of the Geological society of America, 63, 1117-1142.