الدراسة الجيومورفولوجية

مناهجها ، ووسائل البحث الحديثة فيها

للدكتور حسن سيد احمد ابو العينين

الجيومورفولوجيا علم من العلوم الجغرافية الحديثة التي لم تعرفها المناهج العلمية إلا منذ أواخر القرن التاسع عشر . ومن ثم نرى أنه من الضروري أن نعرف بهذا العلم وبأصوله وبتطوره .

دلت قواميس الإنجليزية على أن كلمة «جيومورفولوجيا Geomorphology» تشمل دراسة قشرة الأرض وتميز ظواهر السطح التي تتكون فوقها . ولذا استخدمت أحياناً كلمة Geomorphogeney مرادفاً لها . ولكن الأستاذ دادلي ستامب D. Stamp أوضح أن كلمة جيومورفولوجيا تعبير مركب مشتق من عدة مقاطع من كلمات يونانية وهي Ge ومعناها «الأرض» و Morphe ومعناها الشكل و Logos ومعناها علم أو دراسة . وبالتالي فإن المعنى الحرفي لكلمة جيومورفولوجيا هو «علم دراسة سطح الأرض» . وقد اتسع مجال هذا العلم في الآونة الأخيرة حيث شملت موضوعاته التوزيع الجغرافي لظواهر سطح الأرض ودراسة نشأتها ومراحل تطورها والزمن أو الأزمنة التي تكونت فيها ، كما اهتمت كذلك بدراسة توزيع المسطحات المائية والعلاقة بين طبوغرافية اليابس وأشكال قاع المحيطات . أو بمعنى آخر أنماط المنحنى هيبسوغرافي للقشرة الأرضية . وعلى ذلك يمكن تقسيم موضوعات الدراسة الجيومورفولوجية إلى ثلاثة أقسام كبيرة هي :

(١) دراسة شكل سطح الأرض ومظهره العام Morphographic Analysis

ومحور هذه الدراسة هو الإلمام بأشكال المنحدرات سطح الأرض المختلفة وتقسيم هذه الانحدارات من حيث تنوع أنماطها واختلاف درجاتها

وقد تعرض مفهوم الدراسة الجيومورفولوجية وتحديد مجالها لتطور والتعديل منذ أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين ، كما تطورت طبيعة الدراسة نفسها ، وكيفية مادتها تبعاً لاختلاف المناهج التي سلكها الباحثون . والحديث التالي يوضح بعضاً من المناهج القديمة والحديثة ووسائل البحث في علم الجيومورفولوجيا .

المناهج الدراسية القديمة في علم الجيومورفولوجيا

من الحقائق المسلم بها أن كتاب هذا الجيل أسسوا مجال الدراسة الجيومورفولوجية وشكلوا جوهرها على ضوء الدراسات التي قام بها الباحث الأمريكي وليم موريس دافيز W. M. Davis في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين . فلم تكن الدراسة الجيومورفولوجية قبل دافيز دراسة منظمة قائمة على أسس علمية سليمة ، بل كانت في معظم دراسة سطحية وكتابات وتأملات وصفية لبعض الظواهر الجيومورفولوجية التي قد تبهر الباحث ، ويدفعه إعجابه بها إلى الحديث عنها ووصفها ، وبذل محاولات أولية لتفسير نشأتها . وقد أجرى معظم هذه الدراسات جيولوجيو القرن التاسع عشر ، وقد حاول هؤلاء في دراساتهم تفسير تكوين قشرة الأرض ، وما تتميز به من ظواهر طبوغرافية مختلفة . ويؤخذ على هذه التفسيرات القديمة أنها كانت معتمدة اعتماداً كلياً على رأي الباحث وحده . وتبعاً لما يحس أو يشعر به في الخيال ، بالإضافة إلى مقدرته على التخيل وعرض الافتراضات والاستنتاجات النظرية بدلا من كونها مبنية على أسس استنتاجات كمية علمية أو عملية منطقية . وعلى ذلك فقد كانت مناهج دراساتهم كيفية وصفية مجردة Descriptive Approach . وقد ازدهر هذا النوع من الدراسة في أواخر القرن التاسع عشر في كل من المملكة المتحدة وألمانيا ، والولايات المتحدة الأمريكية .

فقد أضيئت مشاعل الدراسة الجيومورفولوجية في المملكة المتحدة بمجهود الباحث الأسكتلندي المشهور جيمس هاتون (١٧٢٦ — ١٧٩٧) الذي دعم دراساته ونتائج أعماله بوساطة البحث الحقلي كما وضع بعض الأسس الهامة التي ساعدت بدورها على تطور المعرفة

الجيومورفولوجية . وأهم ما أضافه هاطون إلى التراث الجيومورفولوجي هو عبارته الخالدة التي تعتبر في الوقت الحاضر بمثابة معادلة بقيمة والمثالية " أن الحاضر مفتاح الماضي "The present is the key to the past" وقد أوضح هاطون كذلك أن ظواهر سطح الأرض تتكون خلال مراحل زمنية طويلة متعاقبة . تسير سيراً تدريجياً بطيئاً ، وعليه فقد تمكن من اكتشاف مبدأ تطور تدريجي لمنتظم Uniformitarianism . وعلى الرغم من إدراك هاطون للدعائم الأساسية في علم الجيومورفولوجيا إلا أن كتاب عشرة سنوا الطريق من بعد وفاته ، وثلاثة تدريجياً تعاليم [illegible] الأول ، وبدأ عدد كتابات جيولوجي بريطانيا في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين من جميلة إلى صورتها الأولية الوصفية التركيبية . ويتضح من هذه الدراسة أن هؤلاء الكتاب لم يتعمقوا بالدراسة لتطور الظواهر جيومورفولوجية لسطح الأرض من زمن إلى آخر ، أو دراسته التي أثرت فيه ، وتلوامل جيولوجية والمناخية التي عملت في تطوره وساعدت في تطويرها ، ولم يتعدوا كونها من صور الأرض التي تشاهد في سطح الأرض [illegible]

وإذا عرفنا أن بعض هؤلاء الكتاب [illegible] ظواهر جيولوجية سطح الأرض إلى مجموعات كبرى تتعلق بعوامل [illegible] ، تسير سطح الأرض العام في مناطق الجزر البريطانية ، فإن هذه العوامل وحجم تأثيرها يعد على النحو :

(أ) التعرية الجوية : Subaerial or atmospheric denudation

(ب) التعرية البحرية : Marine planation

(ج) التعرية الجليدية : Glacial action

وكان من أنصار الرأى الأول كل من ويتكر Whitaker, 1867 وماو Maw, 1866 وتيدمان Tiddemann, 1868 وأنستد Ansted, 1869 . ومن مؤيدى الرأى الثانى كل من فيليبس Phillips, 1853 وهل Hull, 1857 وماكينتوش Mackintosh, 1865 وجرين Green, 1868 . أما أصحاب الرأى الثالث فهم الباحث جودتشيلد Goodchild, 1872 الذى اقترح أن معظم الظواهر الجيومورفولوجية لسطح الأرض فى العروض المعتدلة يرجع نشأتها إلى فعل التعرية الجليدية .

وعلى ذلك فقد اتسمت الدراسة الجيومورفولوجية فى بريطانيا بالطابع الوصفى العام واعتمادها الكلى على خبرة الباحثين الجيولوجيين واتساع أفقهم وتطور أفكارهم. أما الدراسة الحقلية التى استفدن بفائدتها بعض منهم فكانت فى الواقع دراسة سطحية عابرة حيث كان الباحث يقوم باجراء العمل الحقلى فى منطقة كبيرة المساحة قد تبلغ ٥٠٠ ميل٢ فى أقل من أسبوع واحد . وخلال هذه المدة القصيرة من الزمن يبنى الباحثون استنتاجات وهمية مبنية على افتراضات غير سليمة علمياً . ولذا اتسمت بحوثهم بالنمط الوصفى العام أو المجرد .

أما فى بقية بلدان أوربا عامة وفى ألمانيا خاصة فقد ازدهرت المعرفة الجيومورفولوجية بفضل كتابات الباحث الرائد الذى أثرى بحثه A. Penck وقد استخدم هذا الباحث الوصف الجيومورفولوجى التحليلى فى دراسته لظواهر الجيومورفولوجية لسطح الأرض . وقد عنى أيضاً بحثه بدراسة الأنزلاقات الأرضية Landslides . ويعتبر من أوائل الباحثين الذين بذلوا محاولات جادة فى تصنيف الأنماط المختلفة للانهيارات الأرضية والأراضى المنزلقة وتساقط الصخور وتحرك التربة ، ومعرفة وتحديد العوامل الجغرافية والجيولوجية المختلفة التى تساهم فى نشأة هذه العمليات .

وخلال أوائل القرن العشرين سار فالتر Walter ابن ألبرخت بنك في الطريق الذي سلكه والده من قبل ، وظهرت له كتابات عديدة تدور حول تفسير الأشكال العامة لسطح الأرض . وتحليل ظاهرة الانزلاقات الأرضية وأنماط انحدارات سطح الأرض ومراحل تكوينها . وكانت أهم أبحاثه هي تلك التي ظهرت في كتابه المعروف باسم والتحليل مورفولوجي لظواهر سطح الأرض في عام ١٩٢٤ .

"Die Morphologische Analyse" "Morphological analyses of landforms"

وقد اعتمدت دراسات فالتر بنك على تميز المفتتات الصخرية التي تحللت بدورها من الكتل الصخرية بواسطة عوامل التعرية المختلفة . وأوضح أن عملية تفتيت الصخر وتحلله من أهم العوامل التي تؤدي بطريق مباشر أو غير مباشر إلى انخفاض سطح الأرض Aufbereitung . ونتائج تفتيت أو تحلل الصخر إما أن تنقل بواسطة عوامل النقل المختلفة أو تترك في نفس الموقع الذي تحللت منه أو بجواره . وقد تكون حركة نقل أو سير المفتتات الصخرية بطيئة على شكل ما يسمى باسم زحف التربة وانسياب الغطاءات الصخرية Soil Creep, Mud Flow . أو سريعة وتعرف في هذه الحالة باسم تساقط الأرض و انزلاقها Rockfall and Landslides وقد اهتم فالتر بنك بدراسة أثر كل من فعل التعرية المائية في تشكيل انحدارات سطح الأرض من جهة ، وتأثير قوة الجاذبية الأرضية في نقل المفتتات الصخرية و انزلاقها على طول هذه الانحدارات من جهة أخرى ، وقد أوضح فالتر بنك آراءه وتفسيراته باستخدام رسوم توضيحية متعددة ، ولكن يؤخذ عليها أنها وضعت في أشكال هندسية فرضية ، وبنيت على استنتاجات جيالوجية وهمية . ولم يأخذ في الاعتبار كذلك أثر كل العوامل التحتية المختلفة التي تدخل في تشكيل انحدارات سطح الأرض في المناطق المختلفة.

وعلى ذلك فلم يكن من الحكمة أن يرجع فالتر بنك مثلاً أن التراجع الخلفي لانحدارات سطح الأرض يتم في مراحل متتالية مكوناً في كل مرحلة سطوحاً

موازية لما سبقها من انحدارات وأن أثر فعل عوامل التعرية متساو ومتشابه على طول الأجزاء المختلفة من سطح الانحدارات .

وتبعاً لاهتمام فالربنك بدراسة ظاهرة أو ظواهر جيومورفولوجية محددة والتنقيب عن نشأتها ومراحل تطورها وذلك مثل ظاهرة الانزلاقات الأرضية ، وظاهرة زحف التربة ، أو انماط الانحدارات المختلفة وتحديد العوامل التي تؤثر في تشكيل الظواهر الجيومورفولوجية ، وتؤثر في سرعة أو بطء تكوينها . فقد سلك بنك بذلك طريقاً آخر في الدراسة الجيومورفولوجية وهو منهج «الموضوعي» .

وفي نفس هذه الحقبة من الزمن (أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين) صدر في أمريكا كتابات وصفية تحليلية لبعض من الظواهر الجيومورفولوجية لسطح الأرض بقلم رائد الجيومورفولوجيا الأول وليم موريس دافز (١٨٥٠ — ١٩٣٤) . وقد بلغ عدد المقالات الجغرافية التي نشرها هذا العالم خلال فترة حياته مايزيد على ٣٠٠ مقالة كتبها بلغات مختلفة منها الإنجليزية ، الفرنسية ، الألمانية ، الإيطالية ، والإسبانية . وقد اهتم وليم موريس دافز بإيضاح العلاقة المتبادلة بين طبيعة التركيب الصخري ونظام طبقاته من جهـــة وتنوع الظواهر الجيومورفولوجية من جهة أخرى . وبين كذلك أن الظواهر الجيومورفولوجية لسطح الأرض لا تختلف فيما بينها من حيث الظهور أو النشأة فقط ، بل إن الظاهرة الواحدة منها لاتتكون بنفس الحجم أو الظهور في نفس الوقت فوق أجزاء سطح الأرض المختلفة . وعلى ذلك فقد بنى دافز نظريته الشهيرة وهي الدورة التحاتية أو الدورة الجغرافية Geographical Cycle

وقد أوضح دافز أن لفعل التعرية المائية دوراً كبيراً في نظام سير الدورة التحاتية نفسها . ففي المناطق ذات الأنهار النشطة التي تتميز بعظم تحاتها الرأسي والجانبي يتآكل سطح الأرض بسرعة ، ويتعرض لعمليات التجزئة والتقسيم بواسطة الأودية النهرية العميقة ، وتتكون منطقة من سطح الأرض تتميز بوعورتها وشدة تضرسها . وقد أطلق دافز على مثل هذه المنطقة تبعاً لمظهرها الجيومورفولوجي بأنها في مرحلة الطفولة ؛ ذلك لأن فعل

عوامل التعرية مازال قوياً ولم يبلغ بعد المدى الذى يضعف فيه حتى تشيخ ظاهرات سطح الأرض وإلى أن تصل صورته تقريباً إلى حالة شبه الثبات وتصبح بطيئة التغير والتعديل . وعلى ذلك قسم دافيز مراحل تكوين ظواهر سطح الأرض وتطورها إلى :

(أ) مرحلة الطفولة	Young Stage
(ب) مرحلة الشباب	Mature Stage
(ج) مرحلة النضج	Old or Senile Stage

وقد تقسم كل من هذه المراحل الكبرى حسب ظهورها الجيومورفولوجى إلى مراحل ثانوية هى Early, Mid or Late Stage

وقد بين دافيز كذلك أن [illegible] على إجراء عملية النحت الرأسى تليها بالإضافة [illegible] من رواسب دون تغير مستوى سطح البحر . فإذا انخفض [illegible] سطح البحر وتراجع الشاطئ بشدة فعل النحت الرأسى النهر [illegible] إنما سيحاول بجانبه أن تعمل مجاريه وتصل [illegible] مستوى [illegible] الذى ينخفض إليه منسوب سطح البحر . وأثناء ذلك الأمر [illegible] تعمق أوديتها . وكذلك تأكل جوانب هذه الأودية بفعل النحت الجانبى lateral erosion وبمرور الزمن وهذه الخطوات الجيومورفولوجية تخلق سهلا منبسطا منخفضا هو مستوى القاعدة Base-level الذى كان من أهم الاكتشافات التى ظهرت وعدلت فى التفكير الجيومورفولوجى . وهذا فقد أعلن الباحث الأمريكى راسيل Russell [illegible] فى عام ١٩٠٤ أن دراسة الجيومورفولوجية بعثت أو [illegible] من جديد بظهور نظرية التطور أو نظرية الدورة الطبيعية Geomorphology was vivified by evolution .

من هذا العرض يتضح أن دافيز اهتم بتفسير ظواهر الجيومورفولوجية لسطح الأرض ودراسة العوامل الجغرافية والجيولوجية المختلفة التى أثرت

فى تطورها ومراحل تكوينها . هذه العوامل جمعها دافيز فى ثلاث كبرى هى:

(ا) طبيعة التركيب الصخرى ونظام طبقاته Structure

(ب) عوامل التعرية Process

(ج) مراحل النمو Stage

ومراحل النمو هى فى الواقع نتيجة للعلاقة المتبادلة بين أثر فعل عوامل التعرية فى أنواع الصخور المختلفة . وبدراسة أشكال مراحل النمو ومعرفة العمر أو الزمن النسبى الذى تكونت فيه الظواهر الجيومورفولوجية لسطح الأرض يمكن استنباط الشكل الأولى أو الصورة الأصلية لهذه الظواهر . أعنى بدراسة الصورة الحالية لظواهر سطح الأرض يمكن للباحث أن يدرك ما إذا كانت الحالة التى عليها تلك الظاهرة الجيومورفولوجية شابة أو ناضجة وإذا كانت مثلا ناضجة فمن الميسر عليه كذلك أن يستنبط الحالات أو المراحل الأولية الأخرى التى مرت بها هذه الظاهرة إلى أن وصلت لحالتها الراهنة على سطح الأرض فى الوقت الحاضر . ومن هنا دعم دافيز الأساس الهاطونى القائل « إن الحاضر مفتاح الماضى » من جهة ورسم معالم المنهج الوصفى الحقلى التجريبى لظواهر سطح الأرض ، وتتبع مراحل تطور هذه الظواهر ونشأتها Genetic description من جهة أخرى . وقد أطلق بعض الكتاب على هذا المنهج من الدراسة اسم المنهج الوصفى الدافيزى .

المناهج الدراسية الحديثة فى علم الجيومورفولوجيا

كان لكتابات كل من وليم موريس دافيز فى أمريكا ، وجيمس هاطون فى انجلترا ، وفالتر بنك فى ألمانيا ، تأثير كبير فى دفع عجلة المعرفة الجيومورفولوجية خطوات سريعة نحو التطور والتقدم وبفضلها أخذت تتغير مناهج الدراسة الجيومورفولوجية عما كانت عليه من قبل خلال مراحل نشأتها الأولى . وقد بذل كتاب هذا الجيل من الجهد الكثير فى القيام بدراسة

سطح الأرض ومظاهره دراسة عملية كمية قائمة على أسس علمية سليمة كما اهتموا كذلك بدراسة أقاليم معينة من سطح الأرض وتحديد ظواهرها الجيومورفولوجية ومعرفة مدى اختلاف مظاهر السطح من إقليم لآخر. وعليه فقد تعرضت المناهج الوصفية الأولية للتعديل والتطوير، كما ظهر فى الميدان بعض المناهج العلمية الجديدة، ساعدت بدورها على اتساع أفق الدراسة الجيومورفولوجية فى الوقت الحالى. ويمكن أن نقسم هذه المناهج الحديثة إلى ما يلى :

(١) المنهج الأقليمى Regional Approach

المقصود بالمنهج الأقليمى فى الدراسة الخاصة لإقليم محدد من سطح الأرض وتميز ظواهر الجيومورفولوجية التى تشكل سطحه وتفسير التوزيع الجغرافى لهذه الظواهر، وتتبع نشأتها ومراحل تطورها، ثم جمع هذه الظواهر وتقسيمها إلى أقاليم جيومورفولوجية ثانوية متباينة تختلف كل منها من حيث خصائصها ومميزاتها الجيومورفولوجية. وبإتباع هذا المنهج يتعرض الباحث لمشكلة هامة، وهى كيفية تحديد الإقليم نفسه والذى تخصه الدراسة. فقد قام بعض الكتاب مثلا بدراسة أقاليم معينة تميز حدودها وأبعادها اختلاف مظاهرها الجيومورفولوجى التام عن الأقاليم الأخرى المجاورة لها. ومن هذه الأبحاث تلك التى أجريت للدراسة لإقليم السهول الوسطى فى الولايات المتحدة الأمريكية، وتحديد صفاته الجيومورفولوجية وتقسيمه إلى أقاليم ثانوية تبعاً لاختلاف أشكالها ومظاهرها (١). هذا على الرغم من تضارب آراء الباحثين فى تحديد أبعاد إقليم السهول الوسطى الأمريكية نفسه وكيفية تميزه عن غيره من الأقاليم الجيومورفولوجية الأخرى. وهناك فئة أخرى من الكتاب قاموا بدراسة وحدات سياسية معينة، أو بمعنى آخر لم تكن الحدود الفاصلة للإقليم حدوداً طبيعية بل حدوداً سياسية قد لا تتمشى مع الاختلاف

(1) G. M. Lewis, "Changing emphases in the description of the natural environment of the American Great Plains area"

T. P. Institute of Brit. Geog., No. 30 (1962), 7-19

فى المظاهر الجيومورفولوجية المختلفة للمنطقة . ولكن قسمت هذه الوحدة أو الوحدات السياسية إلى أقاليم جيومورفولوجية متباينة . ومن أقدم هذه الدراسات تلك التى قام بها الأستاذ فينمان N. M. Fennemain فى عام ١٩١٤م عند دراسته للأقاليم الفيزيوغرافية فى الولايات المتحدة الأمريكية . وقد سلك منهج فينمان كل من ديزى G.F. Deasy فى دراسة الأقاليم الجيومورفولوجية فى شبه جزيرة متشوريا عام ١٩٤٨ . والأستاذ هاموند E. H. Hammond فى دراسة الأقاليم جيومورفولوجية فى الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٥٤ وكذلك والاس W. H. Wallace فى دراسة الأقاليم الجيومورفولوجية لنيوزيلند عام ١٩٥٥ .

ولم يكن أساس هذه التقسيم الجيومورفولوجية واحداً فى كل منها ، بل تبع كل باحث أسساً مختلفة فى تصنيفه الأقاليم الجيومورفولوجية وفقاً لاختلاف مظاهر سطح الأرض وأشكاله من إقليم لآخر . فقسمها بعضهم كان وصفياً من حيث تحديد سمات جيومورفولوجية ، ومعنى تشابه كل الأجزاء المختلفة فى الإقليم جيومورفولوجى الواحد من جهة ، أو تميز مناطق حدية Marginal areas أو فاصلة بين إقليمين جيومورفولوجيين مختلفين متجاورين من جهة أخرى .

وقد أكد باحث فينمان ١٩٤١ مثلاً أن التقسيم يجب أن يكون على الاختلاف فى تضاريس فيزيوغرافى (١) تتفق مع تاريخه متفقة مع الأساس على أساس الاختلافات فيزيوغرافية حيث إن هذه الاختلافات ذخيرة وليدة تطور فيزيوغرافى معين تعرضت له مناطق سطح الأرض المختلفة

"Advision based on "physiographic history" would agree in the main with one based on "topography" because the latter is the product of the former"

---

(١) يقصد فينمان N. M. Fenneman بتعبير (التطور الفيزيوغرافى) هو التركيب من التطور الجيولوجى والعمليات المناخية التى تعرضت لها الإقليم فى تشكيل مظاهر سطح الأرض من جهة وتكوين أنواع مختلفة من التربة والغطاءات النباتية الطبيعية من جهة أخرى .

وقد اتفقت أسس تقسيم التى استخدمها ديزى G. F. Deasy عام ١٩٤٨ م فى دراسته للأقاليم الجيومورفولوجية فى شبه جزيرة منشوريا إلى حد كبير مع تلك التى رجحها فينمان فى أمريكا من قبل . وقام ديزى بتقسيم الأقاليم الجيومورفولوجية الكبرى إلى أقاليم ثانوية تبعاً لاختلاف شكل سطح الأرض ومظهره العام فى تلك الأقاليم المختلفة .

أما الأستاذ هاموند E. H. Hammond فقد أوضح أنه يقابل أيا من التقاسيم الجيومورفولوجية صعوبات عديدة أهمها جميعاً هى مشكلة مقياس رسم الخريطة (الفرق فيما بعد) . وقد وضعت الأقاليم الجيومورفولوجية على خرائط ذات مقاييس صغيرة كان من العسير على الباحث أن يوضح كل التفاصيل التى يشاهدها فى الحقل وقد رجح هاموند عام ١٩٥٤ م أن أهم العناصر التى تشكل سطح الأرض وتميز بعضها عن بعض هى : درجة انحدار السطح وأشكاله ، منسوب المنطقة بالنسبة لمستوى سطح البحر ، درجة تضرس المنطقة وأخيراً تركيب الصخور المكونة لقشرة الأرض . ووفقاً لهذه العناصر مجتمعة أمكنه أن يقسم أمريكا الشمالية إلى الأقاليم الجيومورفولوجية التالية :

١ — السهول المستوية .

٢ — السهول غير المستوية الطبع .

٣ — سهول مستوية تتوسطها بعض التلال المنعزلة .

٤ — مناطق هضبية منخفضة .

٥ — مناطق تلالية .

٦ — مناطق جبلية منخفضة .

٧ — مناطق جبلية مرتفعة .

٨ — قمم جليدية .

وقد اتبع الباحث ولاس W. H. Wallace عند تقسيمه الأقاليم الجيومورفولوجية فى نيوزيلندا عام ١٩٥٥ م نفس الأسس التى بنى عليها

الأستاذ هاموند تقسيمه السابق من قبل ، مع إضافة بعض التعديلات الثانوية إليها . فقد أوضح والاس أن أهم ما يميز أقاليم سطح الأرض المختلفة هى العناصر العامة التالية :

(أ) الارتفاع أو منسوب السطح المحلى .

(ب) درجة انحدار سطح الأرض وأشكاله المختلفة .

(ج) شكل سطح الأرض ومظهره العام .

ورجح الأستاذ ثورنبرى Thornbury فى عام ١٩٦٥ ، تقسيما آخر صنف بموجبه نماذج مختلفة من سطح الأرض فى الولايات المتحدة الأمريكية وكان أساس هذا التقسيم ما يلى :

(أ) اختلاف التركيب الصخرى .

(ب) بناء الطبقى للصخور وأشكال الكتل الصخرية . ومدى تأثرها بفعل الحركات التكتونية .

(ج) تطور جيومورفولوجى للمنطقة . والدورة التحاتية التى مرت بها

من هذا العرض يتضح أن الأقاليم الجيومورفولوجية فى منطقة واحدة قد تختلف فى أنواعها وصفاتها وفقاً للأسس المختلفة التى بنيت عليها تلك التقسيم . وقد حاول بعض الكتاب ومنهم الأستاذ بنتز D. L. Linton عام ١٩٥١ أن يضعوا أسساً ثابتة يمكن استخدامها فى تقسيم الأقاليم الجيومورفولوجية المختلفة وتمييزها فى العالم . كما حاول بعض الآخر الاستعانة بالدراسات الكمية الحسية والرياضية فى استنباط المعلومات الخاصة عن ظواهر الجيومورفولوجية لسطح الأرض . ثم تصنيف هذه الظواهر وتحديد أوضاعها فى أقاليم جيومورفولوجية متباينة قائمة على نتائج الدراسات الرياضية الحسابية . ومن أهم الأبحاث التى ظهرت فى هذا المجال هى تلك التى تقوم بها هيئة البحوث العلمية والهندسية التابعة لقوات الولايات المتحدة الأمريكية العسكرية .

وتتلخص الصعوبات التى تواجه المنهج الإقليمى فى الدراسة الجيومورفولوجية فيما يلى :

(ا) مشكلة التقسيم والتجميع :

على الرغم من أن أى باحث يضع عادة أسساً ثابتة محددة عند تقسيمه الأقاليم الجيومورفولوجية المختلفة فإن المميزات الجيومورفولوجية لكل من هذه الأقاليم قد لا تطابق تماماً الأسس التى أقام عليها الباحث تقسيمه ، أو ربما تتفق فعلا مميزات بعض أجزاء من الإقليم الجيومورفولوجى الواحد مع هذه الأسس الموضوعة . ولكن قلما نجد أن كل أجزاء الإقليم الواحد متشابهة كل التشابه . وكثيراً ما يصادف الباحث مناطق قد تكون صغيرة المساحة محدودة الامتداد ، ولكنها تتشكل بصفات ثانوية لا تتمشى مع الشروط العامة التى وضعت لتحديد إقليم جيومورفولوجى ما . وفى هذه الحالة نجد الباحث نفسه مضطراً خاصة تحت بعض الظروف إلى أن يعمم دراسته ويجمع كلا من هذه المناطق الثانوية الصغيرة ويعتبرها ضمناً بالأقاليم الجيومورفولوجية العامة المجاورة .

(ب) مشكلة المناطق الحدية :

يقصد بالمناطق الحدية هى تلك الأراضى التى تمثل صفاتها ومميزاتها مرحلة انتقالية أو واقعة بين إقليمين جيومورفولوجيين مختلفين متجاورين . هذه المناطق قد تشابه كلا من هذين الإقليمين المتجاورين فى بعض من صفاتهما الجيومورفولوجية . وبالتالى يصبح من العسير على الباحث أن يحدد إلى أى من الأقاليم يمكن إضافة هذه المناطق الحدية . ومن هنا يدرك كذلك أن الحدود الفاصلة بين الأقاليم الجيومورفولوجية المختلفة قد تكون فى بعض الأجزاء حدوداً صورية . وليس بحقيقة أن هذا الحد ينفصل بين أراضى أو أقاليم جيومورفولوجية مختلفة عن بعضها البعض تمام الاختلاف .

(ج) مشكلة مقياس رسم الخريطة :

تختلف مدى كثافة المعلومات التي توضحها الخريطة تبعاً لاختلاف مقياسها . فإذا كانت الخريطة ذات مقياس صغير فإنه من الصعب أن يوضح عليها كل التفصيلات الثانوية التي درسها الباحث أثناء قيامه بالبحث الحقلي والعكس قد يكون صحيحاً . ومعنى هذا أنه حتى لو تمكن الباحث من أن يلاحظ كل المميزات الجيومورفولوجية للأقاليم المختلفة أو أجزاء الإقليم الواحد ، فقد يكون عسيراً أن يصورها تماماً على الخريطة في حالة ما إذا كانت الأخيرة ذات مقياس صغير .

(٢) المنهج الرياضي أو الكمي Quantitative Approach

تواجه كل من الدراستين الجيومورفولوجية الوصفية والإقليمية في الوقت الحاضر نقداً شديداً من بعض الباحثين والكتاب الذين تهتم بدراسة العوامل الجغرافية دراسة تفصيلية قبل أن يشيروا إلى أية نتائج خاصة بأصل الظواهر الجيومورفولوجية المختلفة وتكوينها ونشأتها وتطورها . وتبعاً لآراء هذه المجموعة الأخيرة من الكتاب فإنه يصبح من الصعب تتبع أصل ظاهرة جيومورفولوجية ما أو تحديد عمرها طالما أن العوامل الجغرافية المختلفة التي أدت إلى تكوينها لم تدرس دراسة علمية كافية . هذا فضلاً عن أن الدراسة الجيومورفولوجية الوصفية تتأثر كيفيتها تبعاً لمدى خبرة الباحث القيام بالعمل الحقلي . كما قد توصف مزايا بعض الظواهر جيومورفولوجية وتحدد نشأتها وتطورها وفقاً لما يعتقده الباحث أن يكون بدلاً من الواقع فعلاً . وعليه فقد اعترض بعض الباحثين على مناهج الدراسة الوصفية الكيفية ورجحوا بأن هذا الوصف يجب ألا يعتمد على خبرة الباحث في الحقل فقط ، بل يجب أن يعتمد كذلك على أسس الدراسة الرياضية الكمية وتأثير فعل كل من عوامل التعرية المختلفة في الحقل . هذه الدراسة تعرف باسم :

Statistical or Morphometric analysis

وباستخدام هذه المبادىء أو المناهج الجديدة فى الدراسة الجيومورفولوجية تصبح النتائج الدراسية علمية عددة Quantitative بدلا من كونها دراسات وصفية عامة Qualitative وقد أوضح الأستاذ ديورى Dury, G. H. عام ١٩٥١ أن تعبير « الدراسة الرياضية Morphometric Analysis تعبير جامع مانع يدخل ضمن معناه عدة دراسات حسابية أخرى هى :

(أ) دراسة عناصر سطح الأرض Geometric analysis

(ب) دراسة العلاقة بين كل من مساحة المنطقة وحجومها Arithmetric analysis

(ج) دراسة أنواع تغيرات سطح الأرض وتحديد كل مجموعة منها بالنسبة لمساحة المنطقة Volumetric analysis

(د) دراسة تغيرات سطح الأرض Clinometric analysis

وأوضح أن من بين المنهج الرياضى فى الدراسة جيومورفولوجية قد يستخدم مجموعة من أى من هذه الدراسات مجتمعة أو كلها معا .

ومن أهم الأبحاث الجيومورفولوجية الرياضية التى أجريت فى الآونة الأخيرة هى تلك التى تصدر نشرات دورية بحوث علمية وعلمية تابعة للقوات المسلحة الأمريكية . وقد خصصت هذه الأبحاث بدراسة تحليلية لعناصر سطح الأرض خاصة فى المناطق الصحراوية من أمريكا الشمالية . ويعتبر هذا المنهج المدرسى فى الوقت الحاضر فى أمريكا شتراهلر A. N. Strahler الذى يعد بحق مؤسس المنهج الرياضى حديث فى علم الجيومورفولوجيا ومن أكبر مؤيديه فى هذا الميدان كذلك روبرت هورتون الذى ظهرت سلاسل بحوثه منذ عام ١٩٤١ . أما فى انجلترا فمن أشهر مؤيدى المنهج الرياضى فى الدراسة الجيومورفولوجية الأستاذان ديورى G. H. Dury, 1951 وكورلى R. J. Chorley, 1958

وقد جاء فى الدراسات التى قامت بها هيئة البحوث العلمية والهندسية التابعة لقوات الولايات المتحدة العسكرية بتحديد عناصر سطح الأرض ودراستها دراسة تحليلية رياضية واقتراح عدة معادلات توضح العلاقة المتبادلة بين أثر فعل عوامل التعرية وظاهرات سطح الأرض . ومن أهم عناصر سطح الأرض التى أشاروا إليها فى دراساتهم هى :

١ ـ درجة تضرس سطح الأرض :

ويقصد بذلك العلاقة بين أشكال مظاهر سطح الأرض وامتدادها بالنسبة إلى المساحة الكلية للإقليم . وهذه يمكن الحصول عليه بمعرفة مدى تقارب أو تباعد السلاسل الجبلية والخوانق النهرية عن بعضها البعض . وبالتالى قد تقسم سطح المنطقة من حيث درجة التضرس إلى :

(أ) منطقة شديدة التضرس Coarse grain

(ب) منطقة بسيطة التضرس Fine grain

٢ ـ السطح المحلى Local Relief : ويقصد به كل من :

(أ) متوسط منسوب أجزاء المنطقة بالنسبة لمستوى سطح البحر .

(ب) البعد الرأسى بين كل من أعلى منسوب لمناطق الجبلية المرتفعة وأقل منسوب للمناطق السهلية المنخفضة فى الإقليم بالنسبة لمستوى سطح البحر .

٣ ـ معدل ارتفاع المنطقة Elevation relief ratio

وتشمل نسبة أجزاء كل من المناطق الجبلية المرتفعة و مناطق السهلية المنخفضة فى الإقليم وتوضحها المعادلة الآتية :

$$\text{م س} = \frac{\text{م} - \text{ق}}{\text{س}}$$

حيث إن :

م س = معدل ارتفاع المنطقة .

م = متوسط ارتفاع المنطقة .

ق = أقل منسوب فى المنطقة .

س = السطح الحى (البعد الرأسى بين كل من أعلى وأقل منسوب فى المنطقة) .

٤ ـ متوسط انحدار سطح المنطقة Average Slope

ويقصد به متوسط انحدار سطح المنطقة محسوباً بالنسبة إلى الامتداد الأفقى . ويمكن إيجاد هذا المتوسط بطريقة حسابية بسيطة وذلك بعمل عدة قطاعات فى اتجاهات متعددة على الخريطة ثم بحسب عدد خطوط الكنتور التى تمر بهذه الخطوط وبالتالى يمكن إيجاد متوسط انحدار سطح باستخدام معادلة وينتورث Wentworth Equation وهى :

$$\text{ض ح} = \frac{\text{ف} \times \text{ع}}{٣٣٦١}$$

حيث إن :

ض ح = ظل زاوية الانحدار .

ف = الفاصل الرأسى بين خطوط الكنتور محسوباً بالأقدام .

ع = عدد خطوط الكنتور التى تمر بخطوط القطاعات فى كل "ميل" .

أما الباحث روبرت هورتون فقد اهتم بدراسة تصريف الأنهار وجيومورفولوجية الأودية النهرية ، مستعيناً فى ذلك بنتائج منهج الرياضى . ومن أهم أبحاثه تلك التى ظهرت فى عامى ١٩٤١ ـ ١٩٥٠ . وقد أوضح هورتون بأن المجارى النهرية يمكن أن تقسم إلى مجموعات مختلفة تبعاً لصلتها المباشرة أو غير المباشرة بمجرى النهر الرئيسى . وعلى ذلك فقد قسم مجارى الأنهار فى منطقة ما إلى :

مجرى النهر الرئيسى ـ أنهار المجموعة الأولى ـ أنهار المجموعة الثانية ـ أنهار المجموعة الثالثة ـ أنهار المجموعة الرابعة ـ وهكذا .. ويقصد بأنهار المجموعة الأولى هى تلك الروافد التى تصب مباشرة فى النهر الرئيسى . أما أنهار المجموعة الثانية فهى مجموعة الروافد التى تصب فى مجارى أنهار المجموعة الأولى مباشرة وتغذى النهر الرئيسى بطريق غير مباشر . وعليه تمكن هورتون من استنباط ما أسماه بتعبير (نسبة امتداد مجموعات المجارى النهرية) Bifurcation Ratio ويحصل على هذه النسبة بمعرفة نسبة عدد المجارى النهرية بين مجموعتين نهريتين مختلفتين أو أكثر . فقد يقال مثلا ان نسبة أنهار المجموعة الرابعة إلى المجموعة الثالثة إلى المجموعة الثانية هى : ٦ : ٤ : ٢ ومعنى هذا أنه يعنى حوض هذا النهر عدد كبير من الروافد والسيلات الجبلية القصيرة والتى تصب بدورها فى الروافد الثانوية للنهر الرئيسى . وتدل هذه النسبة كذلك على أن كثافة التصريف النهرى (أنظر أسفله) فى المناطق أعلى من حوض النهر كبيرة . وتبعاً لقلة عدد المجارى النهرية تقل الكثافة النهرية فى الجزء الأوسط والأدنى من حوض هذا النهر . وقد تقارن المجموعات نهرية مختلفة ليس فقط تبعاً لأعداد مجاريها ولكن كذلك حسب اختلاف أطوالها . وهذا ما أطلق هورتون عليه تعبير (اختلاف نسبة أطوال المجارى النهرية Length Ratio

ووفقاً لدراسة هورتون فإن كثافة التصريف النهرى فى منطقة ما Drainage density عبارة عن الطول الأجمالى لمجارى النهرية فى حوض النهر (محسوبة بالأميال مثلا) ومقسومة على مساحة هذا الحوض (بالأميال المربعة) كما توضحها المعادلة الآتية :

$$\text{ك ص} = \frac{\text{ن}}{\text{م}^2}$$

حيث إن :

ك ص = كثافة التصريف النهرى .

ل = الطول الاجمالى للمجارى النهرية فى حوض النهر (بالأميال مثلا) .

م٢ = مساحة هذا الحوض (بالأميال المربعة) .

أما الباحث الأمريكى شترهلر فهو مؤسس المنهج الرياضى فى علم الجيومورفولوجيا . وقد طبق آراءه فى مقالات متعددة اختصت بدراسات تحليلية حسابية لظاهرات سطح الأرض المختلفة ، وتمييز درجة انحدارات سطح الأرض وأشكال التضاريس والتصريف النهرى ، ومن هذه المقالات تلك التى ظهرت فى أعوام ١٩٤٩ ، ١٩٥٤ ، ١٩٥٦ ، ١٩٥٨ .

ويجب أن نشير كذلك إلى أن نتائج المنهج الرياضى ليست صحيحة تماماً بل هى أيضاً تشبه الدراسة الوصفية الكيفية فى عموميتها . وقد تعرض منهج الكيفى فى الدراسة الجيومورفولوجية للنقد الشديد خاصة فى كتابات الباحث الانجليزى كلارك J. I. Clarke عام ١٩٥٨ . ويتساءل هذا الباحث فى كتابته عن العناصر الأساسية التى تقوم عليها الدراسة الرياضية الحسابية ويجيب نفسه بأنها تشمل :

(أ) الخريطة الكنتورية المتقنة .

(ب) تعيين مناسيب الأرض المختلفة لسطح الأرض وتحديد قيم الانحدار عليها ودرجاته .

(ج) استخدام القوانين والمعادلات الرياضية .

ويضيف كلارك أن كلا من هذه العناصر لا يمكن أن تمد الدراسات الجيومورفولوجية بنتائج صحيحة تماماً ولا يستبعد أن يشوبها أى تعميم ذلك لأن المعلومات التى توضحها الخريطة الكنتورية تختلف فى كثير تبعاً لاختلاف مقياس رسم الخريطة . كما تختلف أشكال الخرائط التوضيحية حسب المسقط التى استخدمت فى إنشائها . ومن الصعب كذلك تحديد الأسلوب الحقيقى

وابراز أبعادها وأشكالها باستخدام الستريومتروجراف Stereometrograph من وسائل الدراسة الحديثة فى الوقت الحاضر وتبرز أهمية استخدام الصور الجوية خاصة عند القيام بدراسة مناطق تبعد كثيراً عن مركز إقامة الباحث ، مما يجعل من الصعب له الوصول إلى الحقل باستمرار . وبذا تعتمد دراسة الجيومورفولوجية فى كل من المناطق الصحراوية وكذلك فى المناطق الجبلية فى وقتنا الحاضر عامة على أساس المعلومات والنتائج المستمدة من تفسير الصور الجوية . وفى المناطق السهلة المواصلات والقريبة من مركز إقامة الباحث قد يلزم الأمر كذلك استخدام الصور الجوية فى دراسة ظواهر جيومورفولوجية معينة . فقد يصعب مثلا أن يقوم الباحث برسم ظواهر الجيومورفولوجية الثانوية الناشئة عن فعل انزلاق الأرض Landslides وتحديد اتجاهات الأرض المنزلقة فى الحقل ويمكن التغلب على مثل هذه الصعوبات باستخدام صور جوية وتفسير محتوياتها . ودراسة ظواهر جيومورفولوجية فى مراحل فى دور التكوين فى الوقت الحاضر تعتبر كذلك باستخدام الصور الجوية حتى يمكن عمل دراسات مقارنة بتغير من وقت وآخر يحدث بين كل عام وآخر فى الشكل العام لهذه الظواهر وأشياء قد يعجز الباحث الحقلى لدراسة ظواهر الناشئة عن فعل الرياح الأرضية كأن من يتعذر وضع هذه التغيرات على خرائط وتحديد أشكالها الخارجية وسطحها العام فى الحقل وحده . ولكن تعتبر الصور الجوية وتفسيرها أكمل هذه الخريطة أوضح منظم لظواهر الرياح فى هذه المنطقة انظر شكل (٣) .

وخلاصة القول يمكن أن نحدد قيمة استخدام الصور الجوية فى دراسة جيومورفولوجية فى النقاط التالية :

١ — توضح الصور الجوية صورة عامة لإقليم الدراسة وبواسطة استخدام فحص الاستريوسكوبى تظهر الظواهر الجيومورفولوجية بصورة مجسمة A three dimensional view .

٢ – حيث إنه يمكن فحص عديد من الصور الجوية فى وقت واحد فإنه قد يمكن بالتالى كذلك تحديد توزيع الجغرافى لبعض الظواهر الجيومورفولوجية التى تهم الباحث فى أجزاء المنطقة العظيمة الامتداد ، كما أنه يصبح من السهل تحديد معالم هذه الظواهر وتمييز أشكالها واختلاف طبيعتها من منطقة إلى أخرى .

٣ – من السهل عمل مقارنة شاملة بين كل من التركيب الصخرى من جهة وظواهر سطح الأرض ونوع الغطاء النباتية وتكوينات التربة من جهة أخرى .

٤ – عند فحص الصور جوية ، ودراسة النقاط التى تخص الباحث فى الدراسة من السهل عليه بالتالى تحديد ما يريد أن يقوم بعمله فى الحقل فى المستقبل . أو بمعنى آخر يمكنه أن يضع تخطيطاً عاماً للخطط التى سيقوم بعملها فى الحقل مستقبلا .

٥ – يمكن للباحث أن يستخدم الصور الجوية عدة مرات فى نفس المكان دون أن يكلف نفسه مشقة تعب السفر والارتحال إلى المكان المقصود بالدراسة .

٦ – توفر طريقة استخدام الصور جوية تكاليف التى تصرف عادة على المواصلات والبحث فى الحقل كما توفر للباحث كذلك وقتاً طويلا وجهداً كبيراً يستنفد منه خلال إجراء العمل الحقلى .

ولكن تجدر الاشارة إلى أن استخدام الصور الجوية فى تفسير الظواهر الجيومورفولوجية المختلفة يجب أن تستخدم جنباً إلى جنب مع دراسات البحث الحقلى . وأن يستفيد الباحث من كل هذه الوسائل العلمية فى استيعاب مادته وجمع المعلومات التى تخص دراسته .

وتؤخذ كل مجموعة من هذه
وباستعمال الآلة

Horton, R., E, "Hydrophysical approach to quantitative morphology". Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 56. (1941), 275 — 370.

Horton, R. E., "Erosional development of streams and their drainage basins, Hydrophysical approach to quantitative morphology". Bull. Geog. vol. 41. (1950), 209.

Linton, D. L., "The delimitation of morphological regions". London Essays in Geography, Editors, O. Stamp. and S. W. Wooldridge, (1951), 199 — 217.

Mackintosh, D.E., "The relative extent of atmospheric and oceanic denudation". Adva. of Sci. (1865), 65 — 66.

Maw, G., "Notes on the comparative structure of surfaces, produced by subaerial and marine denudation". Geological Mag., vol. 3 (1866), 439 — 451.

Penck, A, "Morphologie der Erdaberfläche". Pub. Stuttgart, J. Engelhorns, (1894).

Penck., W., "The morphological analysis of landforms" Translated by Hella Czech and Katherine C. Boswell., London (1953).

Phillips, J., "The rivers, mountains and Sea — coast of Yorkshire London (1853).

Stamp, D. L., "A glossary of geographical terms" Longmans, London (1961).

Strahler, A. N., "Recent developments in the quantitative analysis of erosional landforms". Ann. Assoc. Amer. Geog., vol. 39 (1949) 65.

Strahler, A. N., "Statistical analysis in geomorphic research." Journal of Geology, vol. 62. No. 1. (1954).

Strahler, A. N., "Basic principles of quantitative geomorphology" Ann. Assoc. Amer. Geog., vol. 46. (1956), p. 275.

Strahler, A.N., "Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms". Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 69 (1958), 279 — 300

Thornbury, W. D., "Principles of geomorphology". Wiley, New York. (1958).

Thornbury, W. D., "Regional geomorphology of the United States. J. Wiley and Son, New York, (1965).

Tiddeman, K. H., "The valleys of Lancashire". Geological Mag., vol. 5. (1868), 39 — 40.

Wallace, W. H., "Newzealand Landforms". Newzealand geographers, vol. II. No. 1. (1955) p. 17.

Whitaker, W., "On subaerial denudation". Geological Mag. vol. 4 (1867), 327 — 328.