رسائل جغرافيّة

نماذج تطوّر الأشكال الأرضيّة

د. محمّد عبدالله الصالح

٢٢٦

ذو القعدة ١٤١٩ هـ
مارس ١٩٩٩ م

دورية علمية محكمة تعنى بالبحوث الجغرافية
يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية

رسائل جغرافية

دورية علمية محكمة تعنى بالبحوث الجغرافية
يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية

إشراف

أ.د. عبدالله يوسف الغنيم

هيئة التحرير

الأستاذ إبراهيم محمد الشطي — الأستاذ الدكتور زين الدين عبد المقصود
الدكتور عبدالله رمضان الكندري — الدكتورة فاطمة حسين العبد الرزاق

سكرتارية التحرير

إقبال الزيد — أحلام المحارب

الجمعية الجغرافية الكويتية

جمعية علمية تهدف إلى النهوض بالدراسات والبحوث الجغرافية
وتوثيق الروابط بين المشتغلين في المجالات الجغرافية في داخل الكويت وخارجها

مجلس الإدارة

إبراهيم محمد الشطي — الرئيس

أ.د. عبدالله يوسف الغنيم — د. أمل يوسف العذبي الصباح
د. عائشة سلطان — د. فاطمة حسين العبد الرزاق
محمد سعيد أبو غيث — علي طالب بهبهاني
د. جعفر يعقوب العريان — فيصل عثمان الجيران

رسائل جغرافية
٢٢٦

نماذج تطوّر الأشكال الأرضيّة

د. محمّد عبدالله الصالح
قسم الجغرافيا - كليّة الآداب
جامعة الملك سعود
الرياض - المملكة العربيّة السعوديّة

ذو القعدة ١٤١٩ هـ
مارس ١٩٩٩ م

بسم الله الرحمن الرحيم

نماذج تطور الأشكال الأرضية

د. محمد عبدالله الصالح

مقدمة

الجيومورفولوجيا هي العلم الذي يعنى بدراسة الأشكال الأرضية landforms وخصوصا طبيعتها (توزيعها وأشكالها وأبعادها ...الخ) ونشأتها وتطورها والعمليات التي شكلتها والمواد التي تتكون منها. والبعد التطبيقي لهذا العلم (الجيومورفولوجيا التطبيقية) يتمثل بشكل رئيس في استخدام المعرفة الجيومورفولوجية في الدراسات الموجهة لخدمة الإنسان مثل تقييم ومسح الموارد الطبيعية وإدارة وتنمية البيئة.

الجيومورفولوجيا علم يهتم به كل من الجغرافي والجيولوجي والمهندس وعلماء التربة. فكل من الجغرافي والجيولوجي يهتم بنشأة وتطور الأشكال الأرضية، ولكن بشكل عام، الجغرافي يركز على الخصائص السطحية للأشكال الأرضية وعلاقاتها بالإنسان. أما الجيولوجي يهتم بالبناء الداخلي للأشكال الأرضية وأعمارها والمواد التي تتكون منها. المهندس من ناحيته يهتم بتأثير الأشكال الأرضية والعمليات الجيومورفولوجية على المشاريع الهندسية. أما اهتمام علماء التربة بالأشكال الأرضية فهو راجع إلى الارتباط القوي بين التربة والجيومورفولوجيا (Scott1989; Bridges 1990; Gerrard1992).

المكتبة العربية تزخر بالعديد من الكتب الجيومورفولوجية القيمة التي تقدم مناقشة عميقة وشاملة لجميع الجوانب الرئيسة لهذا العلم. ولكن القارئ لهذه الكتب

لا يجد تغطية شاملة للنماذج الرئيسة التي تشرح تطور الأشكال الأرضية والمفاهيم الحديثة نسبيا المرتبطة بها. وهذا الجانب ليس نقصا مخلا في هذه الكتب القيمة، إلا أنه من الأمور المهمة لطالب الجيومورفولوجيا في برامج الدراسات العليا بأقسام الجغرافيا. فبعض طلاب الماجستير والدكتوراه في رسائلهم المكتوبة في التسعينات الميلادية شرحوا تطور الأودية في البيئات الجافة من خلال نموذج دورة التعرية للمناطق الرطبة Normal Cycle of Erosion التي قدمها ديفز في نهاية القرن التاسع عشر الميلادي، مع أن ديفز نفسه أدرك أن هذا النموذج غير صالح لشرح تطور الأشكال الأرضية في المناطق الجافة، الأمر الذي دفعه إلى تقديم نموذج دورة التعرية للأراضي الجافة Arid Cycle of Erosion وفقا لمعرفته بالأشكال الأرضية في مناطق الصدوع بجنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية التي لا تعكس الخصائص الجيومورفولوجية لجميع البيئات الصحراوية. ليس هذا فقط بل إن من الطلاب من يصف الأشكال الأرضية سريعة التغير نسبيا والتطور فيها غير تتابعي مثل الكثبان الرملية بأنها في مرحلة الشيخوخة. عليه فإن الهدف من هذه الدراسة هو مناقشة المفاهيم والنماذج الرئيسة المتعلقة بكيفية تطور الأشكال الأرضية.

تأثير الحركات الأرضية على تطور الأشكال الأرضية

يعتقد العلماء أن الطاقة الحرارية في باطن الأرض تؤدي إلى عمليات الرفع والإمالة والثني (الطي) والتصدع للطبقات الصخرية في القشرة الأرضية، كما أن هذه الطاقة تؤدي أيضا إلى عمليات رفع المواد الصخرية المنصهرة (الماجما) من باطن الأرض عبر شقوق القشرة الأرضية لتصل إلى السطح أو بالقرب منه. ومعظم هذه العمليات تحدث نتيجة لحركات أرضية بطيئة ولكن بعضها يحدث بحركات سريعة مثل الزلازل والبراكين. ولاشك أن العمليات الداخلية هي المسؤولة عن تكوين الأشكال الأرضية الأولية primary landforms سواء الكبير منها مثل السلاسل

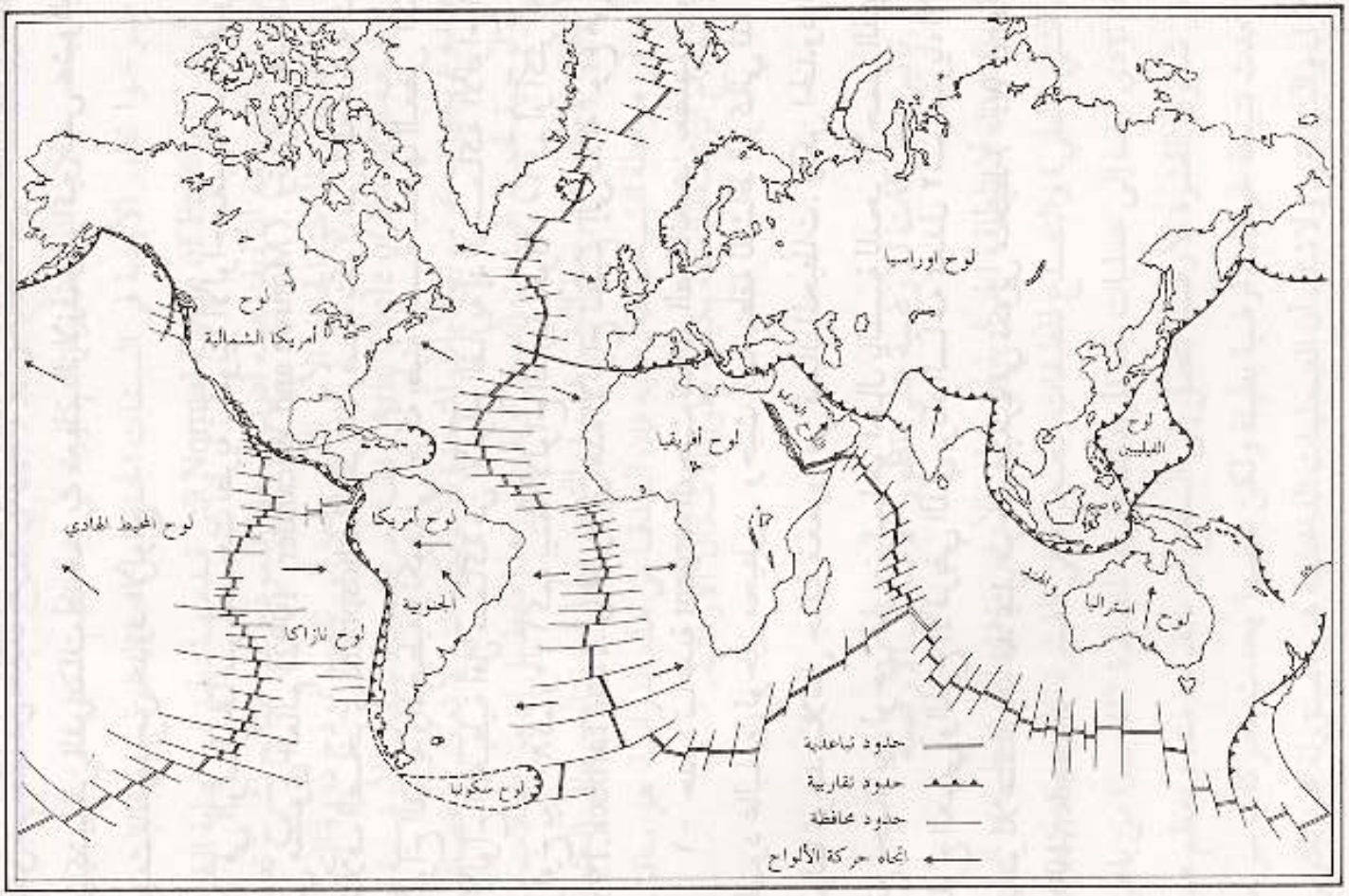
الجبلية التي تمتد عبر القارات أو الصدوع الصغيرة. فعلى سبيل المثال، جبال الألب وجبال الهيمالايا وجبال الأنديز وجبال أورال تعود نشأتها إلى الحركات الأرضية ويمكن شرحها من خلال نظرية تكتونية الألواح (الصفائح) plate tectonics . كما تبين كثير من الدراسات أن حدوث معظم الزلازل والبراكين ليس عشوائيا بل انه يحدث بالقرب من حدود الألواح.

في الوقت الحاضر أصبحت نظرية تكتونية الألواح مقبولة عند الجيولوجيين على مستوى العالم (Monroe and Wicander, 1992). وتفترض هذه النظرية أن الغلاف الصخري Lithosphere للكرة الأرضية يتكون من قطع صلبة تتمثل في الألواح القارية والمحيطية وتكون في حركة بطيئة بالنسبة لبعضها البعض (شكل ١). والألواح المحيطية أقل سماكة من الألواح القارية إذ أن سماكة الألواح المحيطية تتراوح بين ٨٠كم و١٠٠كم، بينما الألواح القارية تكون ١٠٠كم أو أكثر (Lutgens andTarbuck,1986). والحدود بين هذه الألواح تنقسم إلى ثلاثة أنواع هي:

١- حدود تباعدية divergent حيث تتباعد الصفائح عن بعضها. وتوجد هذه الحدود غالبا بين لوحين محيطيين. وحيث أنها منطقة للنشاط البركاني لذا فإنه على طولها توجد سلاسل جبلية مغمورة في قيعان المحيطات. ولكن الحدود التباعدية تقع أحيانا بين لوحين قاريين كما هو الحال بالنسبة للبحر الأحمر الذي يقع بين اللوح العربي واللوح الأفريقي الذي يزداد اتساعه بمعدل ٢سم سنويا، الأمر الذي يدعو للاعتقاد بأنه قد يمثل مرحلة مبكرة في تكوين محيط (Monroe and Wi- cander,1992).

شكل رقم (١)

خريطة تبين الحدود بين الألواح واتجاه حركتها



المصدر: Lutgens and Tarbuck, (2nd ed 1986), Figure 13.4, P.238.

٢- حدود تقاربية convergent حيث تتحرك الألواح باتجاه بعضها البعض وينزلق أحدهما تحت الآخر ليعود إلى الوشاح Mantle وينصهر. وبناء سلاسل الجبال مرتبط بالحدود التقاربية التي قد توجد بين لوحين محيطيين أو بين لوح قاري ولوح محيطي حيث ينزلق اللوح المحيطي تحت اللوح القاري كما هو الحال في غرب أمريكا الجنوبية وذلك لأن كثافة اللوح المحيطي أعلى منها في اللوح القاري. كما توجد الحدود التقاربية بين لوحين قاريين حيث ينزلق أحدهما تحت الآخر ولكن لا يذوب طرف أي منهما في الوشاح وذلك لانخفاض كثافتهما (Monroe and Wicander,1992). وعند ملتقاهما تتشكل سلسلة جبلية كما هو الحال بالنسبة لجبال الهيمالايا التي تشكلت عندما اصطدمت الهند بآسيا منذ حوالي ٥٠ مليون سنة. ويعتقد أن نشأة جبال الألب وجبال الأبلاش وجبال اورال راجع إلى تصادم القارات عبر التاريخ الجيولوجي للكرة الأرضية (Lutgens, and Tarbuck 1986) .

٣) حدود محافظة conservative حيث تنزلق الألواح أفقيا بمحاذاة بعضها البعض في اتجاهين متعاكسين دون زيادة أو نقصان في حجمهما مكونة ما يسمي بالصدوع المحولة Transform fault. ويعد صدع سان اندرياس San Andreas في كاليفورنيا من أشهر الصدوع المحولة. والزلازل العديدة التي تتعرض لها كاليفورنيا ناتجة عن الحركة على طول هذا الصدع.

إن الألواح القارية ثابتة ولا تدخل مكوناتها الصخرية في دورة المادة بين الغلاف الصخري والوشاح، كما أنها أقدم عمرا من الألواح المحيطية. فعلى العكس من المناطق الواقعة وسط الألواح المحيطية، المناطق في وسط الألواح القارية لها بنية (تراكيب) جيولوجية مميزة تكونت في مراحل مبكرة من تاريخ الأرض وذلك مثل الجبال التصدعية. كما أن طبيعة الألواح ليست ثابتة عبر التاريخ الجيولوجي، إذ انه من المعتقد أنها تعرضت إلى تغيرات في الحجم والشكل. كما يعتقد أن الحركة النسبية للألواح تعرضت لتغيرات أثناء التاريخ الجيولوجي للكرة الأرضية (Buck-le1978 Ollier 1981) .

يختلف معدل الرفع الناتج عن عملية بناء الجبال في الأحزمة الجبلية إذ يتراوح بين ١-٥مم/ سنة وقد تصل إلى ١٠مم/ سنة. فعلى سبيل المثال معدل الرفع في الوقت الحاضر في الخليج العربي يقدر بأنه يتراوح بين ٣-١٠مم/ سنة (Chorley et al., 1984). ويعد معدل الرفع سريعا نسبيا عند الحدود التقاربية للمحيط الهادي، إذ أن الرفع لليابان خلال العصر الرباعي وصل ٢كم (Bloom,1998). وتجدر الإشارة هنا إلى أن عملية الرفع في بعض الجبال ناتج عن إعادة توازن القشرة الأرضية Iostatic adjustment.

إن نظرية توازن القشرة الأرضية مبنية على أن الغلاف الصخري يطفو على صخور الأستينوسفير Asthenosphere الأكثر ليونة. فمن المعتقد أن الجبال الشاهقة تطفو على أساسات (جذور) عميقة تمتد في صخور الأستينوسفير. وعند قبول هذه النظرية المبنية على التوازن الطفوي فان تراكم الرواسب (زيادة الوزن) على القشرة الأرضية يؤدي إلى تحريكها إلى أسفل، أما إذا أزيل الوزن بفعل التعرية في المناطق التي تغوص جذورها في الصخور اللينة فإنها تعمل على إعادة وضعها السابق بواسطة الرفع التدريجي والبطيء. وتستمر مثل هذه العملية حتى تضمحل الجذور الغائصة (Lutgens and Tarbuck,1986).

كما أن نظرية تكتونية الألواح لا تشرح عمليات الرفع في القارات epeirogen-ic uplift. وبهذا الخصوص يشير Bloom(1998) إلى أن الجيولوجيين في الوقت الحاضر يعزون الرفع القاري إلى نشاط بقع الوشاح الساخنة Mantle plumes الواقعة تحت القارات. إذ أن حدوث عملية التسخين تؤدي إلى خفض كثافة مادة الوشاح، الأمر الذي يجعل هذه المواد تتحرك رأسيا وببطء على شكل تيارات حرارية مؤدية بذلك إلى حدوث رفع إقليمي مقوس للقشرة القارية. ومن المعتقد أيضا أن الرفع المقوس للقشرة القارية قد يؤدي إلى التصدع الأخدودي riftingوالثورانات البركانية.

المقياس المكاني والمقياس الزماني في الجيومورفولوجيا

إن المدة الزمنية المطلوبة لتشكيل الظواهر الجيومورفولوجية تختلف من شكل إلى آخر. فالأشكال الأرضية الصغيرة يحتاج تشكيلها في الغالب إلى مدة زمنية قصيرة نسبيا، أما الأشكال الأرضية الكبيرة فان تشكيلها يحتاج إلى مدة زمنية طويلة جدا (Selby,1985). وعليه فان معظم الأشكال الأرضية الصغيرة تعد انعكاسا للعمليات الجيومورفولوجية الحالية. أما الأشكال الأرضية الكبيرة فان تشكيلها يستغرق وقتا طويلا ولذا فإنها قد لا تكون انعكاسا للعوامل والعمليات الجيومورفولوجية الحالية. إضافة إلى ذلك، العمليات الجيومورفولوجية ليست متجانسة على جميع الأشكال الأرضية. فالأشكال الأرضية الصغيرة ربما يكون المسؤول عن تشكيلها عملية واحدة. أما الأشكال الأرضية الكبيرة فإنها في الغالب تتعرض لعمليات كثيرة.

الأمر الذي يبرز أهمية كل من المقياس المكاني والمقياس الزماني عند النظر إلى التغير في الأشكال الأرضية. فالأشكال الأرضية تقسم حسب حجمها إلى عشر رتب (جدول ١). الرتبة الأولى يدخل تحتها الأشكال الكبيرة جدا مثل القارات. والرتبة العاشرة من التصنيف تخص الأشكال الصغيرة جدا مثل النيم ripples في المجاري المائية وفي المناطق الرملية.

يعد طول المدة الزمنية التي ينظر من خلالها للتغير في الأشكال الأرضية من العوامل المهمة عند الحديث عن تطور الأشكال الأرضية. ولهذا الغرض اقترح Schumm and Lichty (1965) ثلاث فئات زمنية هي : الزمن الدوري cyclic time (ملايين السنين) والزمن المتعادل graded time (عشرات السنين) والزمن المستقر steady time (ساعات). ولقد تعرف Schumm and Lichty 1965 على عشرة متغيرات في أحواض التصريف، وبينا العلاقة بين هذه المتغيرات وفقا للفترات الزمنية (جدول ٢). المتغيرات في هذا الجدول تم ترتيبها حسب درجة

جدول رقم (١) تصنيف الأشكال الأرضية حسب حجمها

الرتبة	المساحة التقريبية (كم٢)	أمثلة من الأشكال الأرضية	المدة الزمنية التقريبية للاستمرار (العمر التقريبي بالسنين)
١	$١٠^{٧}$	القارات وأحواض المحيطات	$١٠^{٨}$ - $١٠^{٩}$
٢	$١٠^{٦}$	الأقاليم الجيومورفولوجية (الفيزيوغرافية) والدروع والسهول الرسوبية	$١٠^{٨}$
٣	$١٠^{٤}$	وحدات تكتونية متوسطة المقياس (الأحواض الترسيبية والكتل الجبلية والكتل القبابية)	$١٠^{٧}$ - $١٠^{٨}$
٤	$١٠^{٢}$	وحدات تكتونية أصغر (الكتل الصدعية والبراكين والأحواض الطولية والأحواض الترسيبية الثانوية	$١٠^{٧}$
٥	$١٠^{٢}$ - ١٠	وحدات التعرية والترسيب كبيرة المقياس (الدلتاوات والأودية الرئيسة والبيدمونت piedmonts)	$١٠^{٦}$
٦	$١٠^{-١}$ - ١٠	وحدات التعرية والترسيب متوسطة المقياس (السهول الفيضية والمراوح الفيضية والركامات الجليدية والأودية الأصغر والخوانق	$١٠^{٥}$ - $١٠^{٦}$
٧	$١٠^{-٢}$	وحدات التعرية والترسيب صغيرة المقياس (الحيود والمصاطب والكثبان الرملية	$١٠^{٤}$ - $١٠^{٥}$
٨	$١٠^{-٤}$	وحدات كبيرة للعمليات الجيومورفولوجية (منحدرات التلال وأجزاء من المجاري المائية)	$١٠^{٣}$

تابع جدول رقم (١) تصنيف الأشكال الأرضية حسب حجمها

الرتبة	المساحة التقريبية (كم٢)	أمثلة من الأشكال الأرضية	المدة الزمنية التقريبية للاستمرار (العمر التقريبي بالسنين)
٩	١٠-٦	وحدات متوسطة المقياس للعمليات الجيومورفولوجية (الأحواض والحواجز الرسوبية المتعاقبة في المجاري المائية والرواسب النهرية الطولية bars وحفر الاذابة)	١٠٢
١٠	١٠-٨	وحدات صغيرة المقياس للعمليات الجيومورفولوجية (النيم في المجاري المائية وفي المناطق الرملية)	

المصدر: Bloom, A.L. (1998), Table 1.1, P.7.

استقلاليتها في حوض التصريف. ففي الزمن الدوري تعد المتغيرات الأربعة الأولى (الزمن والتضاريس الأولية initial relief والجيولوجيا والمناخ) متغيرات مستقلة. وتؤثر هذه المتغيرات المستقلة بشكل قوي على بقية المتغيرات في الحوض، ولذا فإنها تعد متغيرات تابعة (غير مستقلة) dependent. ولكن عندما ينظر لنظام التصريف في فترة زمنية قصيرة نسبيا (الزمن المتعادل) فان بعض هذه المتغيرات وهي النباتات والتضاريس والهيدرولوجيا (الجريان السطحي وإنتاجية الرواسب لكل وحدة مساحية) تعد متغيرات مستقلة. أما في الزمن المستقر تكون جميع المتغيرات مستقلة ماعدا المتغير العاشر (حجم المياه والرواسب الخارجة من الحوض). فالزمن يعد أهم متغيرات حوض التصريف في الزمن الدوري ولكن أهميته محدودة جدا في كل من الزمن المتعادل والزمن المستقر.

جدول رقم (٢) متغيرات أحواض التصريف وعلاقتها بالزمن

	متغيرات حوض التصريف	الزمن الدوري	الزمن المتعادل	الزمن المستقر
١)	الزمن	مستقل	غير مرتبط	غير مرتبط
٢)	التضاريس الأولية	مستقل	غير مرتبط	غير مرتبط
٣)	الجيولوجيا	مستقل	مستقل	مستقل
٤)	المناخ	مستقل	مستقل	مستقل
٥)	النباتات	تابع	مستقل	مستقل
٦)	التضاريس	تابع	مستقل	مستقل
٧)	الهيدرولوجيا (الجريان وإنتاج الرواسب لكل وحدة مساحية داخل النظام)	تابع	مستقل	مستقل
٨)	مورفولوجية شبكة المجاري	تابع	تابع	مستقل
٩)	مورفولوجية منحدر التل	تابع	تابع	مستقل
١٠)	الهيدرولوجيا (حجم المياه والرواسب الخارجة من الحوض)	تابع	تابع	تابع

* المصدر : Schumm and lichty, (1965) table 1 p.112.

يرى Schumm(1977) أن الأشكال الأرضية في الفئات الزمنية المختلفة تميل نحو حالة من التوازن. وتوجد العديد من المصطلحات التي تستخدم لتعريف حالات التوازن المختلفة، ولكن Schumm استخدم أربعة أنواع منها لفهم تطور الأشكال الأرضية وهي:

١ - التوازن الديناميكي dynamic equalibrium وهو حالة تحدث عندما يكون التغير في الشكل يتأرجح حول المعدل والمعدل نفسه في انخفاض مستمر مع الزمن.

٢ - التوازن الديناميكي المقطع (dynamic metastable equalibrium(punc-tuated equilibrium ، وهو حالة تحدث عندما يكون التغير في الشكل يتأرجح

حول المعدل والمعدل نفسه في انخفاض مستمر مع الزمن ويتعرض أيضا إلى تغيرات مفاجئة ناتجة عن تجاوز العتبات (العتبة حد فاصل بين حالة وأخرى في النظام) thresholds.

٣) التوازن المستقر steady state equalibrium وهو حالة تحدث عندما يكون التغير في الشكل يتأرجح حول معدل ثابت.

٤) التوازن الثابت static equalibrium وهو حالة تحدث عندما لا يكون هناك تغير في الشكل.

وقد ربط Schumm حالات التوازن السابقة بالمقياس الزماني ليبين طبيعة التغير في الأشكال الأرضية (شكل ٢). ويحتوي هذا الشكل على نموذجين أحدهما يبين حالات التوازن في نموذج ديفز للتعرية التدريجية (الانخفاض التدريجي). والآخر يبين حالات التوازن في نموذج يراعي تعرض النظام النهري لنحت عرضي episodic erosion . فقد أدرك Schumm أن التوازن الديناميكي في المجاري قد يختل حينما يحدث نحت مفاجئ (لفترة زمنية قصيرة نسبيا) بسبب تجاوز العتبات وبعد ذلك يعود التوازن إلى الحالة التي كان عليها (التوازن الديناميكي المقطع).

النظام الجيومورفولوجي

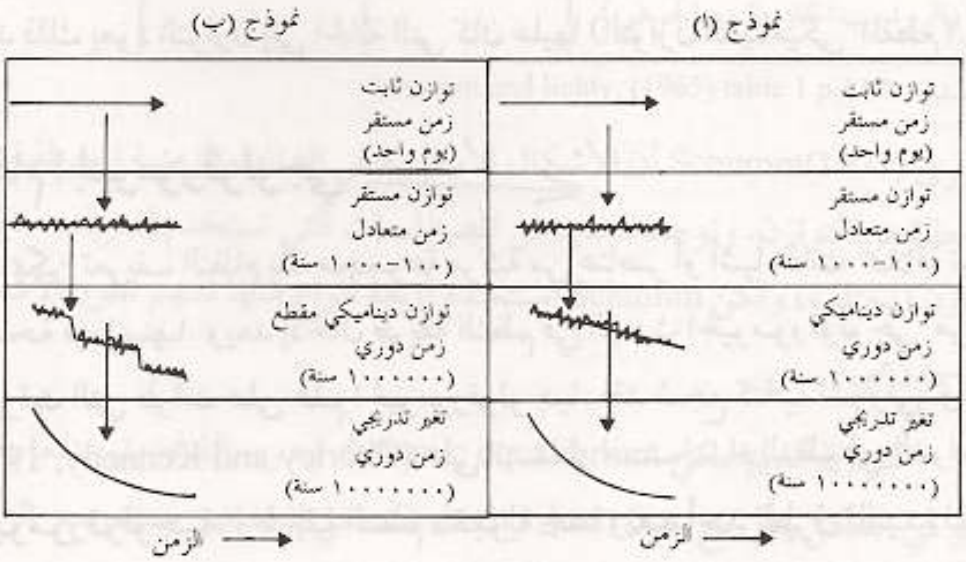
يمكن تعريف النظام بأنه مجموعة مركبة من عناصر أو أشياء ذات علاقة تبادلية واضحة فيما بينها. وبعد إدخال طريقة النظم في البحث الجيومورفولوجي من أهم التغيرات التي طرأت على علم الجيومورفولوجيا. فقد شجع كتاب تشورلي وكندي (Chorley and Kennedy, 1971) على انتشار استخدام النظم في الدراسات الجيومورفولوجية. وطريقة النظم مقبولة جدا وتعد أحد الطرق المفيدة لتنظيم المعلومات الجيومورفولوجية وذلك لأنها تقدم أساسا لبناء نماذج كمية للعلاقة المتبادلة بين العمليات والأشكال الأرضية (McCullagh,1978).

يوجد طريقتان رئيستان لتصنيف النظم هما التصنيف الوظيفي Functional والتصنيف البنائي Structural. التصنيف الوظيفي يقسم النظم إلى ثلاثة أنواع هي: النظام المعزول isolated system والنظام المغلق closed system والنظام المفتوح open system وتعد النظم الجيومورفولوجية من النوع المفتوح الذي يسمح بدخول وخروج كل من الطاقة والمواد عبر حدوده.

أما في التصنيف البنائي فإن النظم الطبيعية تقسم إلى إحدى عشر نوعا ، ويتعلق بالجيومورفولوجيا أربعة أنواع منها هي النظم المورفولوجية Morphological Systems والنظم التعاقبية Cascading Systems ، ونظم استجابة العمليات Process-response Systems ونظم التحكم Control Systems .

شكل رقم (٢)

نموذجان لتطور الأشكال الأرضية: ا) حالات التوازن في نموذج ديفز للتعرية التدريجية، ب) حالات التوازن في نموذج براعي تعرض النظام النهري لنحت عرضي



المصدر: Schumm, (1977), Figure 1-5, p. 12.

النظام المورفولوجي يحتوي على شبكة من المتغيرات المعتمدة على بعضها البعض. ومن أمثلة ذلك نظام شبكة التصريف الذي يتكون من مجاري برتب مختلفة. أما النظام التعاقبي فانه يتألف من سلسلة من النظم الفرعية لكل منها أهميته المكانية وترتبط حركيا بمواد أو طاقة تعاقبية. فعلى سبيل المثال الطاقة وحركة المواد في المجاري المائية تشكل نظام تعاقبي. وعندما يحدث تقاطع بين نظام مورفولوجي ونظام تعاقبي يتشكل نظام استجابة العمليات. وهذا النظام يربط النظم المورفولوجية (الأشكال الأرضية) بالنظم التعاقبية (العمليات والمواد المتحركة). وعندما يتدخل الإنسان في تعديل نظام استجابة العمليات محدثا بذلك تغييرا في توزيع الطاقة والمواد فإنه يصبح نظام تحكم (Rice 1988; Hart 1986) . والنظام الجيومورفولوجي عبارة عن نظام استجابة للعمليات يتألف من الأشكال الأرضية والعمليات والمواد المتحركة التي تتفاعل فيما بينها عبر الزمن (Chorley al et. 1984).

وحيث أن التأثير يكون متبادلا بين المتغيرات في النظام الجيومورفولوجي لذا فان أي تغير في أحد مكونات النظام يتبعه تغيرات تلقائية في المكونات الأخرى بما في ذلك المتغير الأول. والتأثير المتبادل بين المتغيرات في النظام يتم من خلال عملية التغذية الإسترجاعية (المرتدة) feedback والتي يمكن أن تكون موجبة أو سالبة. فالتغذية الاسترجاعية الموجبة positive feedback تحدث إذا كان التفاعل بين المتغيرات يساعد على استمرارية التغير والابتعاد عن حالة التوازن السابقة، ولكنها تحدث غالبا في نطاق مكاني صغير ولفترة زمنية محدودة (Chorley al et 1984) أما التغذية الإسترجاعية السالبة negative feedback والتي تسمى أحيانا التنظيم الذاتي Self-regulation تحدث إذا كان التفاعل بين المتغيرات يميل نحو إعادة النظام إلى حالة التوازن equilibrium التي كان عليها. وتكون عملية التغذية الإسترجاعية السالبة هي المسيطرة في النظام الجيومورفولوجي، اذ أن العناصر المورفولوجية

(الأشكال الأرضية) والتعاقبية (العمليات) في النظام الجيومورفولوجي تميل غالبا إلى الانضباط بهدف تحقيق التوازن Equilibrium. فعلى سبيل المثال، عندما تزيد كمية المياه الجارية (التصريف) في المجرى فإن النحت في قاع وجوانب المجرى أو أحدهما يؤدي إلى زيادة المحيط المبلل فيه. زيادة المحيط المبلل تعني الزيادة في منطقة الاحتكاك الأمر الذي يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة. وتستمر عملية توسيع وتعميق المجرى حتى يصل إلى حالة توازن جديدة.

حالات التوازن في النظام الجيومورفولوجي تتعرض لتغيرات عندما يحدث تجاوز للعتبات thresholds فيه، وتجاوز العتبة يحدث لأسباب خارجية مثل التدهور في الغطاء النباتي الناتج عن التغير المناخي أو لأسباب داخلية مثل التغير في مقاومة الصخور عندما تضعف نتيجة التجوية المستمرة. ولقد أدرك Schumm (1973) أن الاستجابة للتغير في النظام النهري تحدث بطريقة معقدة، وعليه فقد قدم مفهوم الاستجابة المعقدة complex response. فقد ذكر في هذا الصدد أن إحداث تجديد rejuvenation لحوض تصريف صغير (تجربة) نتج عنه استجابة في النظام سعيا لتحقيق حالة توازن جديدة، ولكن الاستجابة لم تكن فقط بالنحت بل كانت بالنحت والترسيب ثم إعادة النحت.

فترة الاستجابة response time للتغير في النظام الجيومورفولوجي تتضمن كل من فترة التفاعل reaction time وفترة الاسترخاء relaxation time (شكل٣). إذ أن فترة التفاعل يقصد بها المدة الزمنية التي يستغرقها النظام بعد حدوث الخلل (التشويش) perturbation ولكن قبل أن يبدأ بالتكيف معه. أما فترة الاسترخاء re-laxation time فتتمثل في المدة الزمنية التي تمتد من بداية تكيف النظام حتى تحقيق حالة توازن جديدة. والمدة الزمنية بعد تحقيق التوازن وتستمر فيها حالة التوازن إلى أن يحدث خلل جديد في مكونات النظام يطلق عليها فترة الاستمرار persistence time. وتختلف طول فترة الاستجابة باختلاف طبيعة المكونات المورفولوجية (الأشكال الأرضية) للنظام وعلى مقدار الخلل.

نماذج تطور الأشكال الأرضية

لقد قدمت العديد من النماذج التي تشرح تطور الأشكال الأرضية، من أشهرها نموذج ديفـــز Davis ونموذج بنك Penck ونموذج كنج King ونموذج هاك Hack ونموذج شوم Schumm. فالنماذج الثلاثة الأولى تربط التغير في الأشكال الأرضية بعامل الزمن time-dependent. أما في نموذج هاك فإن التغير في الأشكال الأرضية مربوط بالعوامل التي تحكم العمليات لا بالزمن time-independent. وأخيرا نموذج شوم الذي جمع فيه بين هذين النوعين من النماذج المتضادة.

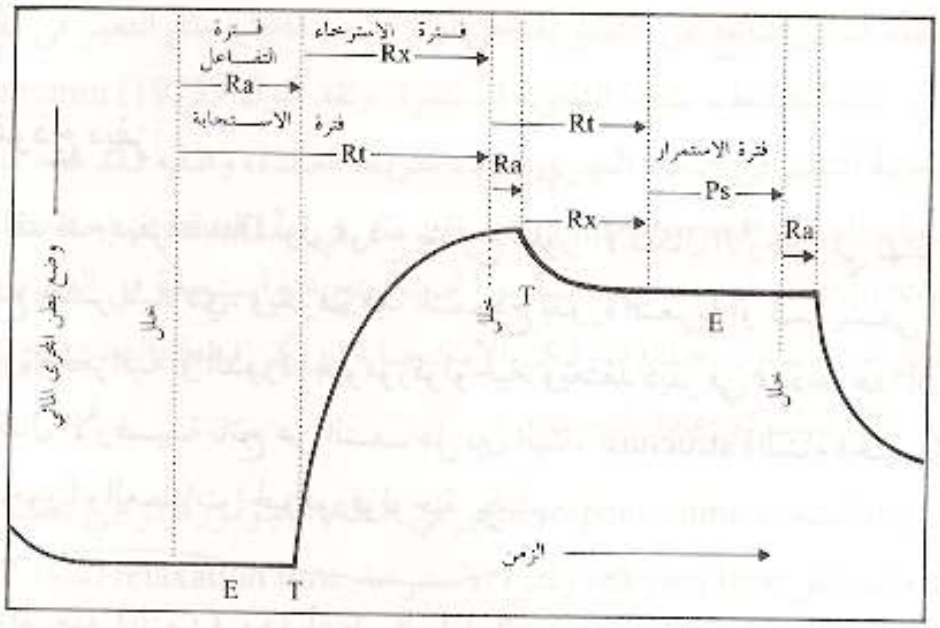
١) نموذج ديفز:

لقد قدم ديفز Davis أول نموذج يشـرح تطور الأشكال الأرضية في نهاية القرن التاسع عشر الميلادي. ويعرف هذا النموذج بدورة التعرية أو كما يسمى أحيانا بالدورة الجغرافية أو الدورة الجيومورفولوجية. ويعتقد ديفز في نموذجه هذا أن تطور الأشكال الأرضيـة ناتج عن التـفـاعل بين البناء structure (البناء الجيـولوجي والصخور) والعمليات الجيومورفولوجية والمرحلة (الزمن). وقد أعطى العامل الزمني أهمية كبيرة إذ أنه كان يرى أن الأشكال الأرضية تتغير تدريجيا مع مرور الزمن. أي أن الأشكال الأرضية لن تبقى بنفس الشكل ولا بنفس المقاسات بل سوف يقل ارتفاعها تدريجيا مع انخفاض في درجات الانحدار.

يرى ديفز أن تطور الأشكال الأرضية يمر بثلاث مراحل متعاقبة (متتابعة) هي: مرحلة الشـباب، ومرحلة النضج ومـرحلة الشـيخوخة (الكهولة)، الأمر الذي

شكل رقم (٣)

فترة الاستجابة للتغير في النظام الجيومورفولوجي



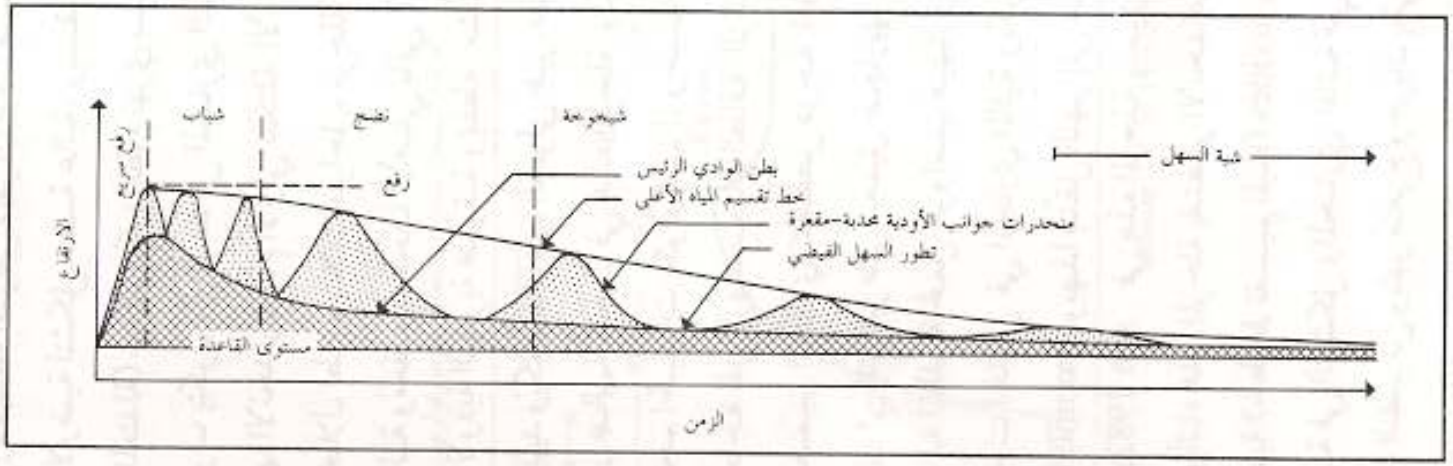
المصدر: Bloom, (3rd ed 1998), Figure 1.7, p.16.

T تجاوز العتبة

E توازن

يجعل العامل الزمني مهم جدا في تشكيل سطح الأرض (شكل٤). ولتوضيح نموذج دورة التعرية بصورة مبسطة افترض ديفز أن أرضاً منبسطة رفعت بسرعة إلى أعلى بواسطة الحركات الأرضية لتشكل هضبة عالية. وبسقوط الأمطار (وهذه هي الحالة في المناطق الرطبة المعتدلة) سوف يتكون نظام نهري بسرعة على هذه الأرض المرتفعة. هذا النهر سوف يتكون من عدد من المجاري التابعة التي يحدد اتجاه وسرعة المياه الجارية فيها الانحدار العام الأولي للكتلة الأرضية الأصلية (Small, 1978). وسيمر النهر خلال تطوره بثلاث مراحل، مرحلة الشباب التي تدوم إذا كانت الأرض لم تزل عالية ومعظم سطحها الأصلي باقي (McCullagh,1978). وفي هذه المرحلة تكون الأودية النهرية ضيقة وبمقطع مثلثي الشكل V-Shaped وذات انحدار جانبي شديد ويكون قطاعها الطولي غير منتظم بسبب الشلالات والجنادل. وتكون الأنهار عالية النحت في هذه المرحلة ولكن حمولة النهر من الرواسب قليلة إلا أن حجم الحبيبات يكون كبيرا. وحيث أن الطاقة في مجاري الأنهار الشابة تزيد عن حاجة نقل الرواسب فان الطاقة الزائدة تستخدم في تعميق هذه المجاري. نتيجة لتعميق المجاري تنخفض درجة انحدار مجاري الأنهار تدريجيا، وتستمر المجاري في التركيز على تعميق مجاريها حتى تصبح طاقة المياه الجارية فيها مساوية للطاقة المطلوبة لحمل الرواسب فيها. وبعد تحقيق التوازن بين الطاقة والنقل يسيطر النحت الجانبي في المجاري المائية ويكون التضرس قد وصل إلى حده الأعلى maximum relief وبهذا ينتقل النهر إلى مرحلة النضج (Robin-son 1982; Chorley et al 1984.) . في هذه المرحلة يتميز النهر بدرجة انحدار معتدلة ووادي واسع. وأثناء هذه المرحلة يقتصر الانخفاض السريع نسبيا على المناطق المرتفعة بين الأودية (خطوط تقسيم المياه) divides وتزداد الأودية اتساعا وتبدأ السهول الفيضية في التشكل والمجاري المائية في التعرج. أما مرحلة الشيخوخة فإنها تتميز بقلة التضرس وبنهر متعرج وجريان بطيء جدا وسهل فيضي مفتوح وواسع. إضافة إلى ذلك يعد النهر في هذه المرحلة غير قادر على حمل

شكل رقم (٤)
نموذج دورة التعرية



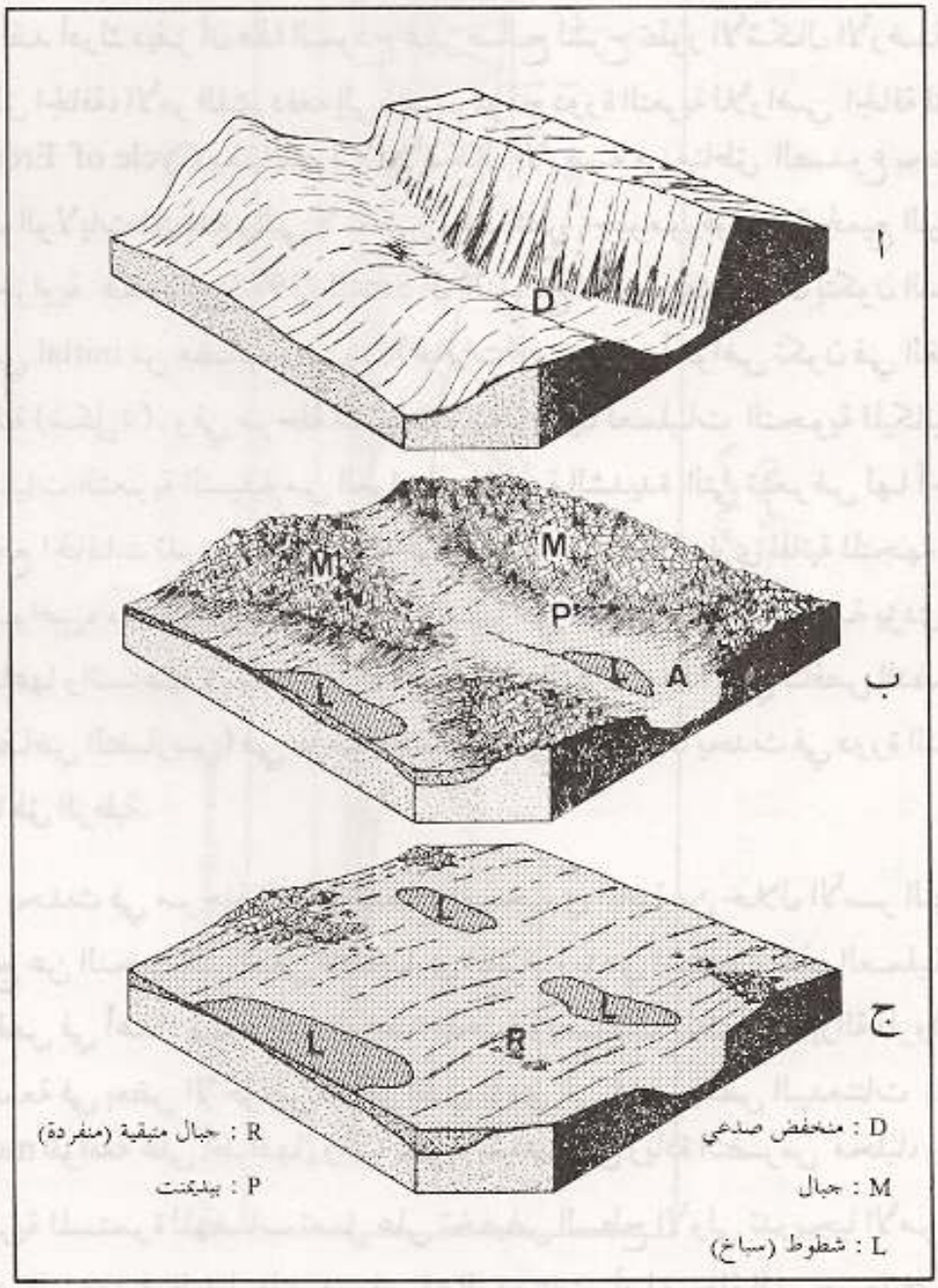
المصدر: Thornes and Brunsden, (1977), Figure 6.2A, p 122

الرواسب إلا قدرا ضئيلا من الرواسب الناعمة. وبنهاية مرحلة الشيخوخة تكون الأرض التي رفعت قد نحتت ووصلت إلى مستوى القاعدة Base-level مكونة مايسمى شبه السهل peneplain .

لقد أدرك ديفز أن هذا النموذج غير صالح لشرح تطور الأشكال الأرضية في المناطق الجافة، الأمر الذي دفعه إلى تقديم نموذج دورة التعرية للأراضي الجافة Arid Cycle of Erosion وفقا لمعرفته بالأشكال الأرضية في مناطق الصدوع بجنوب غرب الولايات المتحدة والتي لا تعكس الخصائص الجيومورفولوجية لجميع البيئات الصحراوية. فقد ذكر Small (1978) أن النموذج الأخير يفترض أن يتكون السطح الأولي initial من هضاب وجروف(حافات) صدعية وأحواض تكون في الغالب مغلقة (شكل٥). وفي مرحلة الشباب وبتعرضها لعمليات التجوية الميكانيكية وعمليات التعرية السيلية من العواصف المطرية الشديدة التي تتعرض لها أحيانا تتراجع الحافات تدريجيا وتقطعها الخوانق التي شكلتها المجاري المائية المتجهة نحو الأحواض، مشيرا إلى أن تراكم الرواسب في هذه الأحواض المغلقة يؤدي إلى ارتفاعها واتساعها لأنها تغطي أقدام الجبال والتلال. وهذا يعني تناقص التضرس (انخفاض التضاريس) في مرحلة الشباب على العكس مما يحدث في دورة التعرية للمناطق الرطبة.

يحدث في مرحلة النضج اندماج للمجاري المائية من خلال الأسر النهري الناتج عن النحت التراجعي للمجاري المائية. ويؤدي استمرار هذه العملية إلى التناقص في أعداد مستويات القاعدة المحلية ويصاحب ذلك أيضا إزالة للرواسب المتجمعة في بعض الأحواض، الأمر الذي يؤدي إلى كشف بعض البيدمنتات pedi-ments الواقعة على أطرافها. وهذا بدوره يساعد على زيادة التضرس محليا، ولكن التعرية المستمرة للهضاب تعمل على تخفيض السطح الأولي تدريجيا الأمر الذي يؤدي إلى انتشار التلال المنفردة واتساع البيدمنتات. أما مرحلة الشيخوخة فتحدث

شكل رقم (٥) دورة التعرية للأراضي الجافة: ا) السطح الأولي الذي يتكون من جروف وأحواض صدعية، ب) مرحلة النضج وقد تكونت فيها جبال تقطعها الأودية والأحواض ملئت بالرواسب الفيضية وتشكلت عليها الشطوط (السباخ)، ج) في مرحلة الشيخوخة يصبح التضرس قليل ومعظم السطح تغطيه الرواسب الفيضية وتظهر في أجزاء متفرقة التلال-الجبال المنفردة.



المصدر: Strahler, (4th ed 1975), Figure 26.13, p.447.

حينما يصبح السطح الأولي عبارة عن أرض قليلة التضرس تتكون من سهول الرواسب الفيضية والبيديمنتات وتظهر في بعض أجزائها التلال المنفردة. وفي هذه المرحلة تتقلص وتتقطع شبكات المجاري المائية نتيجة لنقص الجريان السطحي بسبب انخفاض السطح. وعليه فإنه من الممكن أن تسيطر في أواخر هذه المرحلة عمليات التذرية في شبه السهل الصحراوي desert peneplain وتعمل على تشكيل الكثبان في مناطق الرواسب الفيضية، أو أن تعمل على نقل المواد المفككة وبالتالي تؤدي إلى زيادة مساحة البيديمنتات.

٢) نموذج بنك:

كان بنك Penk أحد المعارضين لنموذج دورة التعرية. فقد أدرك بنك أثناء عمله في أمريكا الجنوبية أنه لا يمكن أن تتطور جميع الأشكال الأرضية وفقا لنموذج دورة التعرية. ففي اعتقاده أن افتراض ديفز بأن أرض منبسطة رفعت بسرعة إلى أعلى بواسطة الحركات الأرضية كان مضللا، وذلك لأنه يرى أن الرفع الناتج عن الحركات الأرضية يتم ببطء (McCullagh,1978). كما أن ديفز في نموذجه لم يعتبر الرفع عملية مستمرة بل أعتبرها أحداث مؤقتة تتكيف معها المجاري المائية بنحت مجاريها وتشكيل المصاطب النهرية terraces. ولكن القياسات الحديثة في أحزمة الجبال البنائية تشير إلى أن الرفع التكتوني قد يستمر لملاين السنين (Bloom, 1998).

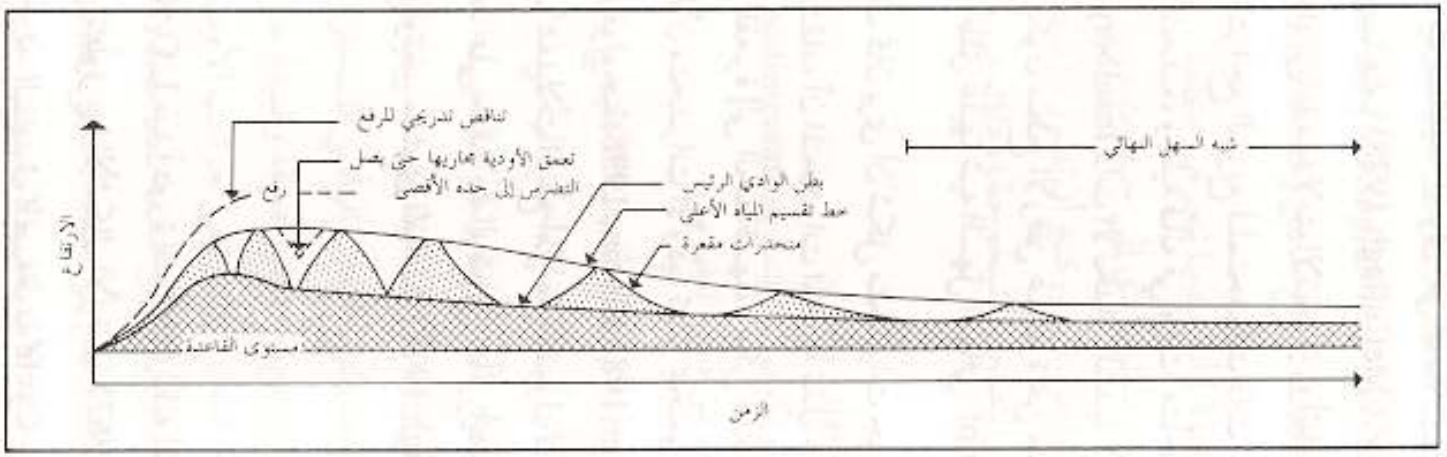
يعتقد بنك في كتابه "التحليل المورفولوجي للأشكال الأرضية"، الذي نشر بعد وفاته باللغة الألمانية عام ١٩٢٤م، أن الأشكال الأرضية ناتجة عن التفاعل بين العمليات الخارجية والعمليات الداخلية، وقد أشار Tuttle(1980) إلى أن هذه العلاقة منطقية ولكنها في غاية البساطة. وبصفته جيولوجي فقد كان هدف بنك يختلف كلية عن هدف ديفز، إذ أن بنك كان يعتقد أن تحليل الأشكال الأرضية وسيلة يمكن استخدامها للتعرف على التاريخ التكتوني الحديث (Rice,1988).

على أية حال، النموذج الذي ورد في كتابه كبديل عن نموذج دورة التعرية لم يكن واضحا وفيه متناقضات وذلك لأن الكتاب نشر بعد وفاته كما أن فهم أسلوبه في الكتابة في غاية الصعوبة. الأمر الذي جعل ديفز يرتكب أخطاء كبيرة عندما ترجم الكتاب إلى اللغة الإنجليزية عام ١٩٣٢م (Thorn,1988).

ويعتقد بنك أن الأشكال الأرضية تعتمد بشكل رئيسي على العلاقة بين القوى الداخلية والخارجية المتضادة معتبرا أن المياه الجارية هي العامل الجيومورفولوجي الرئيسي للعمليات الخارجية (McCullagh 1978; Hart 1986) كما أنه كان يعتقد بأن الحركات التكتونية في بدايتها وفي نهايتها تكون بطيئة. فقد كان يرى أن بداية معدلات الرفع تكون بطيئة ثم يتبعها زيادة في معدلات الرفع ولكنها تتناقص تدريجيا decelerate حتى تتوقف. وخلال فترة الرفع البطيء الأولية تتحطم الأشكال الأرضية السابقة لهذه العملية ويتشكل سطح قليل التضرس (شبه السهل الأولي) Primarrumpf الذي ينتج عن التوازن بين عمليات البناء وعمليات الهدم (Bloom,1998). وفي اعتقاده أيضا أن الزيادة في معدلات الرفع Waxing de-velopment على معدلات التعرية يصاحبها زيادة في معدلات النحت الرأسي، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة معدلات الانحدار وتكوين منحدرات محدبة في شبه السهل الأولي. وعندما تصل معدلات الرفع إلى حدها الأعلى وتبدأ في التناقص التدريجي فانه ولفترة قصيرة يتحقق التوازن بين معدلات الرفع ومعدلات النحت الرأسي Uniform development وفي هذه الحالة تأخذ المنحدرات الشكل المستقيم. ولكنه كان يرى أن الاستمرارية في التناقص التدريجى لمعدلات الرفع Waning development يصاحبها انخفاض في معدلات النحت الرأسي ونشاط لعمليات النحت الجانبي وانخفاض في معدلات الانحدار وتتشكل معها أيضا المنحدرات المقعرة (شكل٦) (Chorley et al., 1984).

كما أن بنك كان يعتقد أنه حينما تتشكل منحدرات الأودية على شبه السهل الأولي فإنها تتعرض للتراجع المتوازي نحو بعضها البعض وتستمر إلى أن تتقاطع

شكل رقم (٦)
نموذج بنك لتطور الأشكال الأرضية



المصدر: Thornes and Brunsden, (1977), Figure 6.2C, p.122

(Bloom,1998). وفي اعتقاده أيضا أن الأجزاء السفلية المستقيمة من المنحدرات الشديدة تستبدل بمنحدرات مستقيمة أخرى أقل انحدارا وهكذا، وتعد هذه الأفكار إسهاما جيومورفولوجيا هاما (McCullagh,1978). ولقد كان يرى أن سرعة التراجع للمنحدرات تزداد بزيادة معدلات الانحدار. وأثناء فترة التناقص التدريجي لمعدلات الرفع يستمر التراجع السريع للمنحدرات ذات الانحدار الشديد إلى أن يقضي على المنحدرات المحدبة، وعليه فانه في وقت متأخر من هذه الفترة تتشكل التلال-الجبال المنفردة Inselbergs ذات الانحدار الشديد (Chorley et al., 1984) وبتلاشي هذه التلال يكون سطح الأرض عبارة عن منحدرات محدبة ذات انحدارات خفيفة والتي أطلق عليها شبه السهل النهائي Endrumpf.

مما سبق يتبين أن بنك كان يرى أن شكل منحدرات جوانب الأودية تعد انعكاسا لمعدلات الرفع، ففي اعتقاده أن المنحدرات المحدبة تدل على زيادة معدلات الرفع بينما تشير المنحدرات المقعرة إلى انخفاضها، ولكن هذه القاعدة غير مقبولة في الوقت الحاضر وذلك لأن منحدرات الأودية تتأثر بمجموعة من العوامل المناخية والجيولوجية والجيومورفولوجية(Thornbuy;1969 Ollier;1981 Bloom; 1998) كما أن ربطه لطاقة النهر بمعدلات الرفع أمر غير مقبول لأن الزيادة أو النقصان في طاقة النهر لا تعتمد فقط على معدلات الرفع بل تتأثر أيضا بعدة عوامل مثل حجم المياه الجارية (التصريف) وتغير مستوى القاعدة (McCullagh,1978).

٣) نموذج كنج:

لقد قبل كنج L.C. King مبدأ دورة التعرية، ولكنه لم يكن متفقا مع ديفز في الرأي على الكيفية التي تتطور بها الأشكال الأرضية (King,1967). فقد قدم كنج (King,1948) دورة تكون السهول الصخرية Pediplanation Cycle عندما وجد أن نموذج ديفز غير ملائم لشرح الأشكال الأرضية في أفريقيا وكذلك

الجزيرة العربية واستراليا (Small,1978). وفي الفترة من ١٩٤٨م إلى ١٩٦٢م قدم كنج العديد من الأبحاث المتعلقة بنشأة وتطور الأشكال الأرضية نشر نتائجها في كتابه "مورفولوجية الأرض" (King,1983). وقد خصص الفصل الخامس في الطبعة الثانية من هذا الكتاب لشرح مبادئ وقواعد دورة تكون السهول الصخرية.

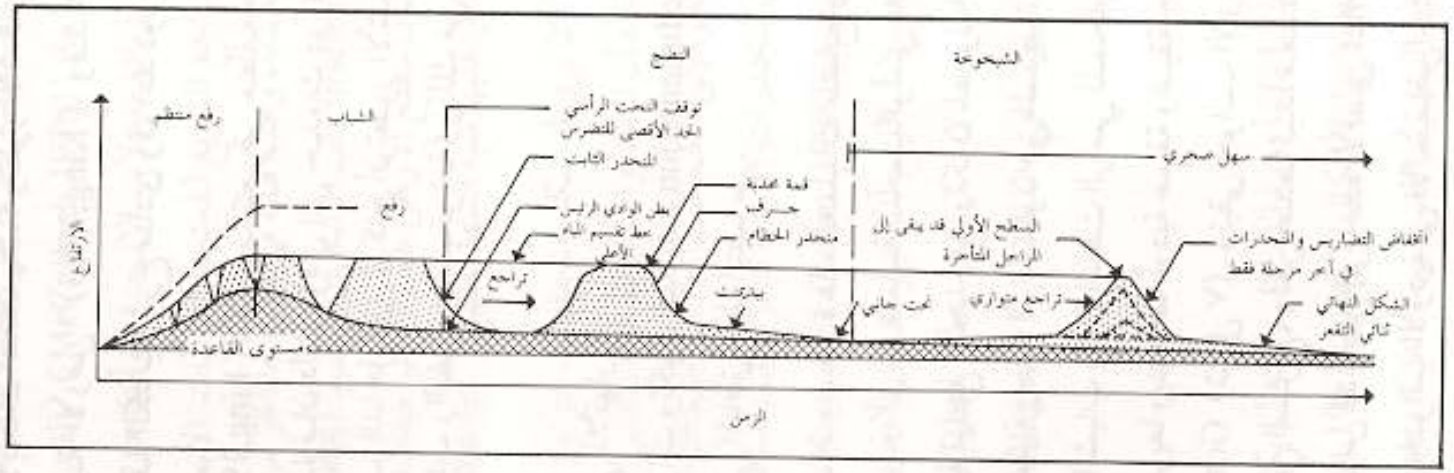
يعتقد كنج (king,1967) أنه عندما تتعرض منطقة ما إلى رفع ينتج عنه تغير في مستوى القاعدة فان ذلك يؤدي إلى حدوث دورة تعرية جديدة تبدأ من السواحل وتتجه نحو الداخل. ويرى كنج أن تطور الأشكال الأرضية يمر بثلاث مراحل متتابعة (الشباب والنضج والشيخوخة) وذلك من خلال العمليات الرئيسة التالية:

١) النحت الرأسي للأنهار.
٢) تراجع المنحدرات وتكون البيديمنت pedimentation.
٣) زحف التربة في المناطق قليلة التضرس.

فهو يعتقد أن نشاط وسيطرة هذه العمليات متتابع ومتوالي ومرتبط بمراحل تطور الأشكال الأرضية، أي أن عملية النحت الرأسي للأنهار هي المسيطرة في مرحلة الشباب وعملية تراجع المنحدرات وتكون السهول الصخرية تكون المسيطرة في مرحلة النضج وعملية زحف التربة تكون هي المسيطرة في مرحلة الشيخوخة (الكهولة). في مرحلة الشباب يكون النحت الرأسي للمجاري المائية (دائمة الجريان أو موسمية الجريان) سريعا وينتج عنه أودية عميقة وضيقة جوانبها شديدة الانحدار Ravines وخوانق Gorges (شكل ٧). وتبقى جوانب الأودية شديدة الانحدار مع استمرار النحت الرأسي السريع، ولكن عندما تبدأ معدلات النحت الرأسي في الانخفاض يكون التضرس قد وصل إلى حده الأقصى maximum relief ، عندها تبدأ درجات الانحدار لجوانب الأودية في الانخفاض حتى تصل إلى حد معين تحدده نوعية الصخور والقوى الطبيعية التي تعمل عليها. وبتوقف النحت الرأسي

شكل رقم (٧)

نموذج تكون السهول الصحراوية



المصدر: Thornes and Brunsden, (1977), Figure 6.2D, p.122.

في المجاري المائية، فيما عدا بعض الإستثنآت، تنتقل الأشكال الأرضية إلى مرحلة النضج.

ينشط النحت الجانبي في مرحلة النضج وتتطور المجاري المائية من خلال هذه العملية ولكن تأثيرها يقتصر على هذا الجزء اليسير من السطح. الأمر الذي يبرز أهميه عمليات التراجع المتوازيparallel retreat للمنحدرات في توسيع الوادي وتشكيل السطح في هذه المرحلة. وتجدر الإشارة هنا إلى أن المنحدرات إما أن تكون جوانب أودية أو أنها ناتجة عن الحركات الأرضية. وعندما تتراجع المنحدرات فإنها تحتفظ بدرجات انحدار ثابتة، ويتطور عند أقدامها سطوح صخرية محدبة خفيفة الانحدار يطلق عليها بيديمنتات pediments مفردها بيديمنت. والتحام البيديمنتات مع بعضها البعض ينتج عنه تشكل سهل صخري pediment plain (pediplain) واسع تظهر فيه الأجزاء المتبقية من السطح الأصلي على شكل جبال وتلال منفردة جوانبها شديدة الانحدار. وخلال هذه المرحلة تتناقص أعداد الجبال والتلال المنفردة. فعندما تكون الجبال والتلال المنفردة قليلة تنتقل الأشكال الأرضية إلى مرحلة الشيخوخة. ونشاط عمليات التجوية في مرحلة الشيخوخة يحدث تغيرات في البيديمنتات وينتج عن ذلك سهول واسعة مقعرة اعتبرها كنج الشكل النهائي ulti-mate landform في الدورة.

عندما يتشكل السهل الصخري فإن تعرضه للتعرية يكون ضئيلا جدا، الأمر الذي يجعله يبقى لفترة زمنية طويلة دون حدوث تغيرات تذكر. إذ أن زواله مرتبط بتعرضه لعمليات رفع جديدة تؤدي إلى حدوث دورة جديدة تتراجع خلالها المنحدرات ويتشكل سهل صخري جديد أقل ارتفاعا من سابقه، واستمرار تراجع هذه المنحدرات يؤدي إلى تلاشي السهل الصخري الذي تعرض للرفع. فيرى كنج أن القشرة القارية تتعرض لعمليات رفع عندما يحدث طور لبناء القارات epeiro-

genic phase ، وعندما يتغير مستوى القاعدة تبدأ دورة جديدة مع استمرار الدورات السابقة لها في الأجزاء المرتفعة، مما يعني بقاء المنحدرات والسهول الصخرية المتشكلة في الدورات السابقة لها. الأمر الذي يجعل سطح الأرض يشبه السلم (الدرج)stepped cyclic landscape المتحرك صعودا (شكل٨)، أي أن عمليات التراجع للمنحدرات تستمر مع المحافظة على شكلها حتى يتلاشى السهل الصخري الأقدم وهكذا.

٤) نموذج هاك:

اقترح هاك Hack (1960) نموذج التوازن الديناميكي Dynamic Equilibri-um لتفسير الأشكال الأرضية كبديل عن نموذج دورة التعرية. فهذا النموذج يختلف تماما عن النماذج الدورية cyclic السابقة، إذ أن التغير في الأشكال الأرضية مستقل عن عامل الزمن. فهاك يعزو التغير في الأشكال الأرضية إلى عدم التوازن بين القوى المتضادة وخصوصا بين عمليات التعرية ومقاومة الصخور التي تتعرض لقوى الرفع والإمالة.

نموذج التوازن الديناميكي مبني على افتراض أن الخصائص الهندسية (الأبعاد ودرجات الانحدار) geometry للأشكال الأرضية في نظام التصريف تكون مترابطة والعلاقة بينها قوية، الأمر الذي يجعل الأشكال الأرضية تميل إلى ضبط نفسها لتحقيق التوازن بينها وبين العمليات الجيومورفولوجية. وعندما يتحقق التوازن بين القوى المتضادة وبالتالي بين الأشكال الأرضية والعمليات فأن الخصائص الهندسية للأشكال الأرضية لن تتغير تدريجيا مع الزمن بل ستبقى بنفس الشكل إذا لم يختل التوازن بين القوى المتضادة . ولكن هذا لا يعني أن الأشكال الأرضية ستبقى ثابتة بل أن جميع أجزاء السطح ستنخفض (يقل ارتفاعها) بنفس المعدل مع احتفاظها بأشكالها وأبعادها.

وحيث أن العوامل التي تحكم العمليات الجيومورفولوجية مثل قوى الرفع

شكل رقم (٨)

النمط السلمي لسطح الأرض الناتج عن تراجع المنحدرات لدورة جديدة
مع استمرار تراجع المنحدرات في الدورة السابقة لها

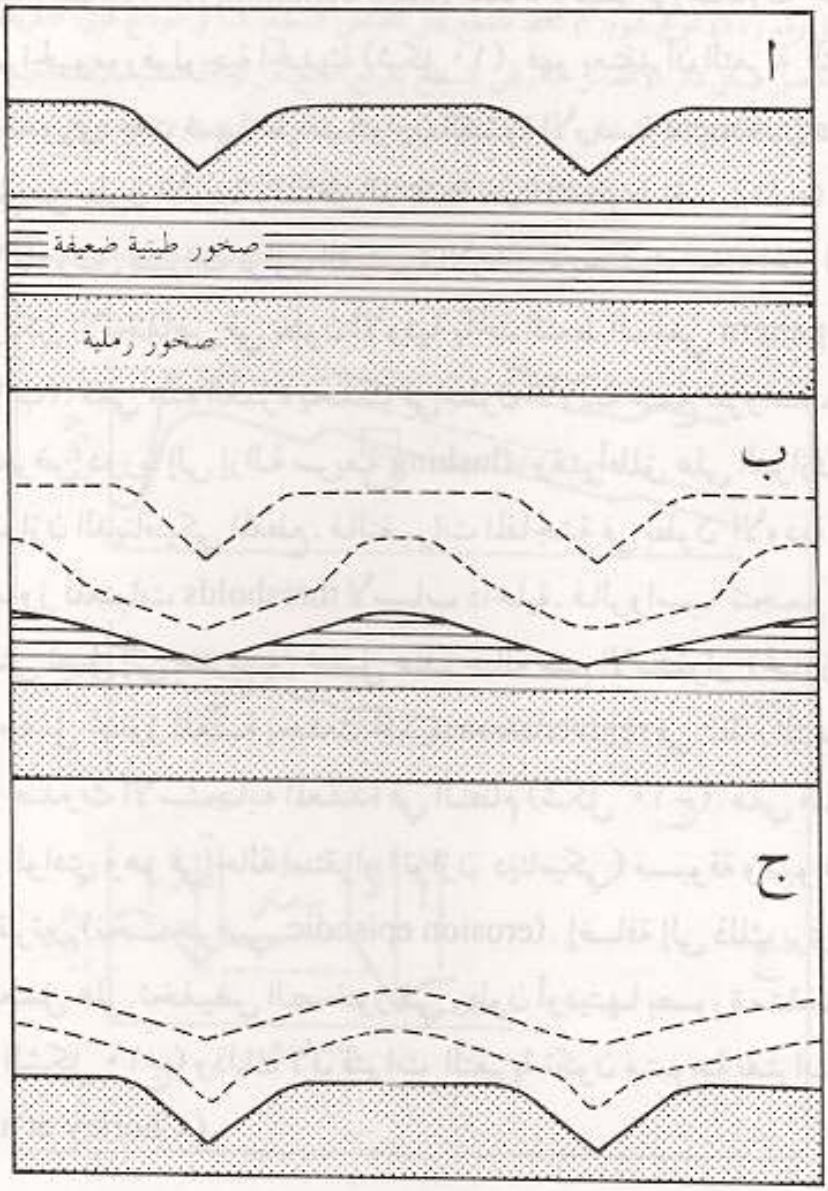
المصدر: King, (2nd ed 1967), Figure 64, P.163

ونوع الصخر والمناخ ومستوى القاعدة واستخدام الأرض وغيرها ليست ثابتة، لذا فان الأشكال الأرضية قد تتغير من وقت إلى آخر، ولكن ليس بالضرورة أن يكون التغير منسجما مع مراحل التطور. ولقد أورد Small (1978) مثالا مبسطا لتوضيح اتجاه التغير في الأشكال الأرضية وفقا لنموذج التوازن الديناميكي. فقد تخيل منطقة تتكون من ثلاث طبقات الطبقة العلوية والسفلية تتكونان من صخور رملية والطبقة الوسطى تتكون من الطين الضعيف (شكل٩). كما افترض أن جميع العوامل المؤثرة في العمليات ثابتة ماعدا نوعية الصخور. لذا فان الأشكال الأرضية في بداية الأمر سوف تتطور في طبقة الصخور الرملية العلوية. وبسبب مقاومة الصخور لعمليات التعرية فان الأودية سوف تكون ضيقة وانحدار جوانبها شديد. وسوف تبقى الخصائص الهندسية للأشكال الأرضية ثابتة حتى تزول طبقة الصخور الرملية مع الزمن بسبب التعرية النهرية وتراجع المنحدرات. وبانكشاف الطبقة الطينية ضعيفة المقاومة فان الأودية سوف تزداد اتساعا ويكون انحدار جوانب الأودية معتدلا. وبزوال هذه الطبقة الهشة فان الأشكال الأرضية سوف تعود كما كانت عليه في البداية.

لقد ذكر هاك أن الزيادة في معدلات الرفع ستؤدي إلى زيادة التضرس، أما حينما تتوقف قوى الرفع فان ذلك سيؤدي إلى انخفاض تدرجي للتضاريس مع مرور الزمن. وهذا يعني أن هاك لم يرفض بشكل مطلق التطور التعاقبي للأشكال الأرضية. وتجدر الإشارة هنا إلى أن هذا النموذج قد وجد قبولا من كثير من الجيومورفولوجيين، إلا انه ليس نموذجا شاملا يمكن استخدامه لتفسير الأشكال الأرضية في جميع البيئات. فلقد أوضح Robinson (1982) أن تطور الأشكال الأرضية المرتبطة بالمياه الجارية في الأحواض ذات التصريف الداخلي يتعارض مع نموذج التوازن الديناميكي، مشيرا إلى أن المياه الجارية في أغلب أحواض التصريف في البيئات الجافة تتسرب وتتبخر قبل خروجها من الحوض، الأمر الذي يؤدي إلى تراكم الرواسب القادمة من المناطق الجبلية في بطون الأودية. وعليه فان التعرية في

شكل رقم (٩)

تطور الأشكال الأرضية على أنواع مختلفة من الصخور وفقا لنموذج التوازن الديناميكي



المصدر: Small, (2nd ed 1978), Figure 68, P.180.

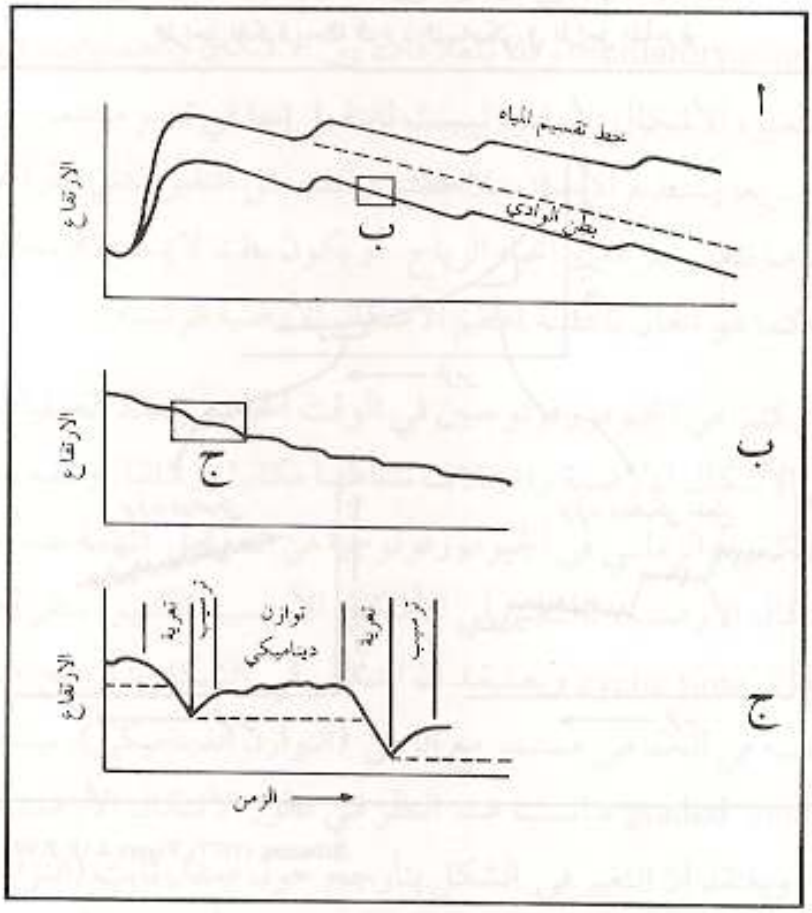
المناطق المرتفعة والترسيب في بطون الأودية تؤديان إلى انخفاض تدريجي للتضاريس.

٥) نموذج شوم Schumm

لقد قدم شوم Schumm(1977) تعديلا لنموذج ديفز في محاولة لجعله يتفق مع المفاهيم الجيومورفولوجية الحديثة (شكل ١٠). فهو يعتقد أن التعرية التدريجية، في الزمن الدوري، يعترضها فترات لتوازن القشرة الأرضية Iostatic adjustment تؤثر في كل من بطون الأودية والمناطق المرتفعة بينها (خطوط تقسيم المياه) divides (شكل ١٠أ). وبين فترات توازن القشرة الأرضية يحدث انخفاض للأشكال الأرضية ولكن الإنخفاض في بطون الأودية يأخذ النمط السلمي stepped pattern (شكل ١٠ب). ففي هذه الفترة يحدث في بطون الأودية تجمع للرواسب storage ولكنها تتعرض دوريا إلى إزالة سريعة flushing. وقد أطلق على التوازن في هذه الحالة بالتوازن الديناميكي المقطع. فالتغيرات المفاجئة في بطون الأودية ناتجة عن حدوث تجاوز للعتبات thresholds لأسباب داخلية. فالرواسب تتجمع في بطون الأودية حتى تصل إلى حد معين تحصل عنده حالة عدم الاستقرار (تجاوز العتبة). وعندما يحصل تجاوز للعتبة يحدث تجديد rejuvenation في نظام التصريف مما يؤدي إلى حدوث الاستجابة المعقدة في النظام (شكل ١٠ج). ففي هذا الشكل يظهر بطن الوادي وهو في حالة استقرار (توازن ديناميكي) مسبوقة ومتبوعة بفترتين غير مستقرتين (نحت عرضي erosion episodic). إضافة إلى ذلك يرى شوم أن المجاري تعمل على تخفيض الصخور في بطون أوديتها بصورة متقطعة (الخط المقطع في الشكل ١٠ج) وذلك لأن فترات التعرية تكون متبوعة بفترات ترسيب (Chorley et al., 1984).

ولقد ذكر شوم انه ينبغي مراعاة أن هذا النموذج ليس أكثر من فرضية عمل working pothesisمبنية على مفهومي العتبات الجغرافية geographic threshold والاستجابة المعقدة، مشيرا إلى أنه يعد مزيدا من التوسع elaboration في نموذج

شكل رقم (١٠) نموج شوم: ا) الخط المقطع يمثل انخفاض السطح كما في نموذج دورة التعرية، أما الخط المتصل فيمثل تأثر الانخفاض التدريجي للسطح بالرفع الناتج عن توازن القشرة الرضية، ب) النمط السلمي لانخفاض بطن الوادي، ج) بطن الوادي وهو في حالة استقرار (توازن ديناميكي) مسبوقة ومتبوعة بفترتين غير مستقرتين (تحت عرضي)

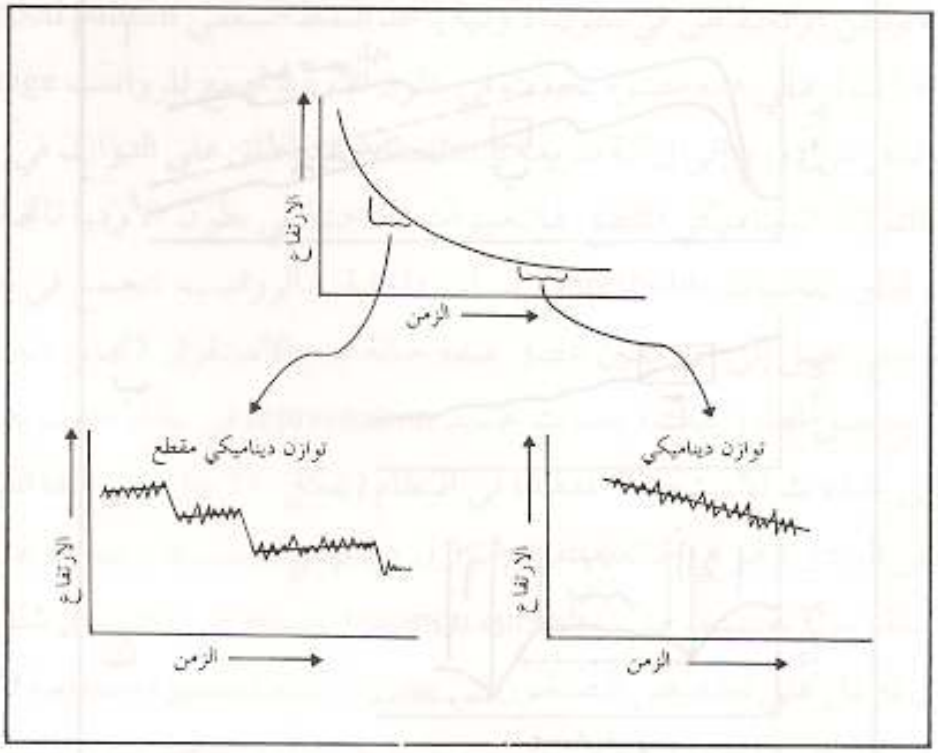


المصدر: Schumm, (1977), Figure 4-17, P.89.

النحت العرضي (شكل٢). كما أكد أن نموذج النحت العرضي ربما ينطبق فقط على المناطق ذات الإنتاج العالي من الرواسب في الأراضي الجافة أو المدارية وكذلك في المراحل المبكرة من تطور أحواض التصريف (شكل ١١). بينما المراحل المتأخرة تسيطر عليها حالة التوازن الديناميكي.

شكل رقم (١١)

سيطرة حالة التوازن الديناميكي المقطع على تطور بطون الأودية في المراحل المبكرة وحالة التوازن الديناميكي في المراحل المتأخرة



المصدر : Schumm, (1977), Figure 4-18, P.90.

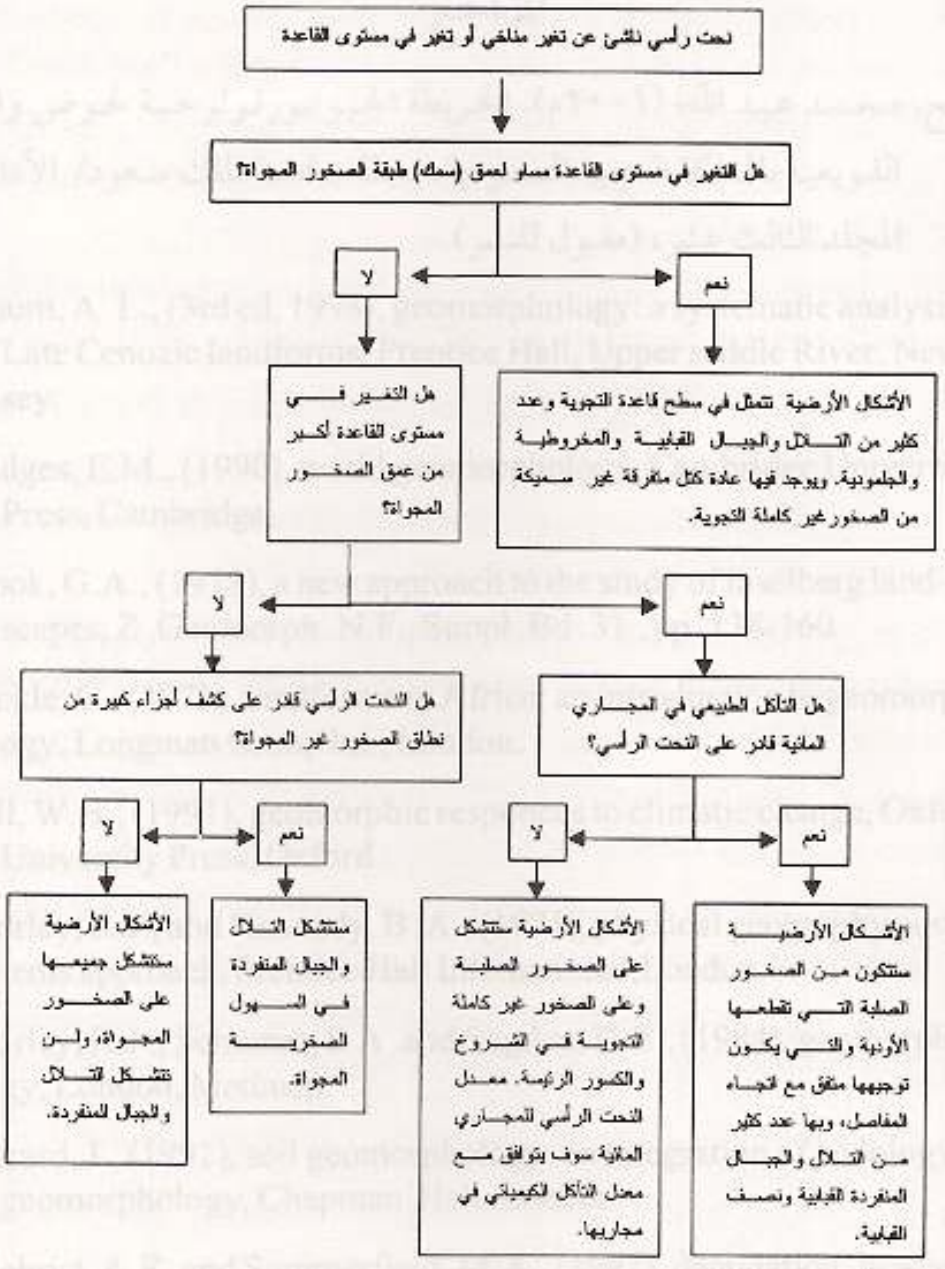
الخلاصة والخاتمة

التغير في الأشكال الأرضية أمر يتفق الجيومورفولوجيون عليه، ولكن محور الخلاف بينهم يتعلق باتجاه التغير، فمنهم من يعتقد أن الأشكال الأرضية تتعرض لتغير (انخفاض) تدريج progressive change ومنهم من يرى أنه ليس بالضرورة أن تكون الأشكال الأرضية في انخفاض مستمر مع الزمن، بل يكون التغير فيها تذبذبيا oscillatory change وفقا للعلاقات بين الأشكال والعمليات. وبغض النظر عن اتجاه التغير، الأشكال الأرضية ليست ثابتة بل إنها في تغير مستمر. ولكن التغير ربما يكون سريعا يستطيع الإنسان ملاحظته وذلك مثل التغير الذي يطرأ على الكثبان الرملية عندما تتغير سرعة أو اتجاه الرياح. أو يكون بطيئا لايمكن للإنسان أن يراه في فترة حياته كما هو الحال بالنسبة لمعظم الأشكال الأرضية الرئيسة.

ويؤمن كثير من الجيومورفولوجيين في الوقت الحاضر بتعدد العمليات المسؤولة عن تكوين الأشكال الأرضية واختلاف نشاطها مكانيا وزمانيا. وعليه يعد كل من المقياسين المكاني والزماني في الجيومورفولوجيا من العوامل المهمة عند الحديث عن تطور الأشكال الأرضية. فالتغير في الأشكال الأرضية الكبيرة ينظر له من خلال الزمن الدوري cyclic time ويعتقد أن التغير في الشكل يتأرجح حول المعدل والمعدل نفسه في انخفاض مستمر مع الزمن (التوازن الديناميكي). بينما يعد الزمن المتعادل graded time مناسب عند النظر في تطور الأشكال الأرضية المتوسطة والصغيرة، ويعتقد أن التغير في الشكل يتأرجح حول معدل ثابت (التوازن المستقر). وعليه فان الجيومورفولوجيين ينظرون إلى تطور الأشكال الأرضية من خلال منهجين هما: المنهج التاريخي historical approach والمنهج الأصولي systematic approach . فللمنهج التاريخي منهج استدلالي (استنتاجي)deductive تستخدم

فيه الأشكال الأرضية (الهدمية والبنائية erosional and depositional) للتعرف على سلسلة الأحداث التي تعرضت لها في الماضي. الأمر الذي يجعله مناسبا عند دراسة الأشكال الأرضية التي تعرضت للتقلبات المناخية والتكتونية وغيرها. أما المنهج الأصولي فهو منهج استقرائي inductive مبني بشكل أساسي على العلاقات بين العمليات والأشكال الأرضية. وهذا المنهج مناسب عند دراسة الأشكال الأرضية المرتبطة بالعمليات الحالية.

وفي الختام، يمكن القول أن اتفاق الجيوموفولوجيين على اختلاف المدة الزمنية المطلوبة لتشكيل الظواهر الجيومورفولوجية واختلاف نشاط العمليات الجيومورفولوجية زمانيا ومكانيا جعل كثير منهم في الوقت الحاضر يؤمن بأن الحصول على نموذج شامل يشرح نشأة وتطور جميع الأشكال الأرضية أمر في غاية الصعوبة. وبهذا الخصوص ذكر Twidale (1990) أنه ينبغي على الجيومورفولوجي أن يلجأ إلى طريقة تعدد فرضيات العمل method of multiple working hypotheses عند محاولة شرح نشأة وتطور الأشكال الأرضية. فعلى سبيل المثال التلال-الجبال المنفردة شائعة الوجود في البيئات الجافة ينظر إلى نشأتها من خلال نموذجين متضادين هما نموذج تكون السهول الصخرية Pediplanation (نموذج King) ونموذج تكون السهول الصخرية المجواة Etching (نموذج Budel) المبني على افتراض أن نشوء هذه الأشكال يتضمن مرحلتين، أولاهما هي تطور الثرى regolith بفعل التجوية الكيميائية والمرحلة الثانية تعريته. وقد قدم Brook (1978) نموذج يجمع بين النموذجين السابقين وهذا الأخير مبني على افتراض أن التلال المنفردة يمكن أن تنشأ فوق السطح أو تحت السطح (شكل رقم ١٢). وفي دراسة أعدها الصالح (٢٠٠١م) عن جيومورفولوجية حوض وادي القويعية وجد أن نشأة التلال-الجبال المنفردة وتطورها في وسط الحوض يمكن شرحها من خلال نموذج تكون السهول الصخرية المجواة. بينما نشأة وتطور التلال-الجبال المنفردة القريبة من الحزام الجبلي للحوض يمكن شرحها من خلال نموذج تكون السهول الصخرية.



المصدر : Brook, (1978), Figure 4, P. 148.

شكل (١٢) نموذج تطور التلال والجبال المنفردة.

المراجع

الصالح، محمد عبد الله، (٢٠٠١م)، الخريطة الجيومورفولوجية لحوض وادي القويعية بالمملكة العربية السعودية، مجلة جامعة الملك سعود/ الآداب، المجلد الثالث عشر، (مقبول للنشر).

Bloom, A .L., (3rd ed, 1998), geomorphology: a systematic analysis of Late Cenozic landforms, Prentice Hall, Upper saddle River, New Jersey.

Bridges, E.M., (1990), world geomorphology, Cambridge University-Press, Cambridge.

Brook, G.A., (1978), a new approach to the study of inselberg landscapes, Z .Geomorph .N.F., Suppl .Bd .31 , pp .138-160.

Buckle, C., (1978), landforms in Africa: an introduction to geomorphology, Longman Group ltd., London.

Bull, W.B., (1991), geomorphic responces to climatic change, Oxford University Press, Oxford.

Chorley, R.J., and Kennedy, B .A., (1971), physical geography: a systems approach, Prentice Hall International,London.

Chorley, R.J ., Schumm, S.A .and Sugden, D.E., (1984), geomorphology, London, Methuen.

Gerrard, J., (1992), soil geomorphology: an integration of pedology and geomorphology, Chapman|Hall, London.

Gilchrist, A.R .and Summerfield, M.A., (1991), denudation, isostas and landscape evolution, Earth Surface P ocesses and Landforms, vo 16 , pp. 555-562.

Hack, J.T., (1960), interpretation of erosional topography in humid temperate regions, American Journal of Science, vol . 258A, pp .80-97.

Hart, M.G., (1986), geomorphology: pure and applied, George Allen Unwin, London.

Kerr, A., (1997), approaches to modelling long-term landscape evolution: lessons from ice sheet modelling, Earth Surface Processes and Landforms, vol . 22 , pp. 267-271.

King, L.C., (1948), a theory of bornhardts, The Geographical Journal, vol .112 , pp . 83-87.

King, L.C., (1953), canons of landscape evolution, Bulletin of the Geological Society of America, vol . 64 , pp .721-751.

King, L.C., 2 nd ed, (1967), the morphology of the Earth, Oliver and Boyd, Edinburgh.

King, L.C. (1983) wandering continents and spreadingsea floors on an expanding earth, John Wiley and Sons, Chichester.

Lane, S.N .and Richards, K., (1997), linking river channel form and process: time, space and causality revisited, Earth Surface Processes and Landforms, vol . 22 , pp .249-260.

Lutgens, F.K., and Tarbuck, E.J., (2nd ed, 1986), essential of geology, Chares E .Merrill Publishing Company, London.

McCullagh, P., (1978), modern concepts in geomorphology, Oxford, Oxford Univerity Press.

Monroe,J.S .and Wicander,R., (1992), physical geology: exploring the Earth, New York, West Publishing Company.

Ollier, C., (1981), tectonics and Landforms, Longman, London.

Ollier, C., (1995), clasics in physical geography revisited, King, L.C. 1953: canons of landscape evolution,

Progress in Physical Geography, vol .19 , pp .371-377.

Petts, G .and Foster, I., (1985), rivers and landscape, Edward Arnold, London.

Rice, R.J., 2nd ed, (1988), fundamentals of geomorphology, Longman Scientific Technical, London.

Robinson, E.S., (1982), basic physical geology, New York, John Willy and Sons.

Scott, R .C., (1989), physical geography, West publishing Company, New York.

Schumm, S.A., (1973), geomorphic thresholds and complex response of drainage systems, in: M .Morisawa,) ed(, fluvial geomorphology, George Allen Unwin, London, pp .299-310.

Schumm, S .A., (1977), the fluvial system, John Wiley sons, London.

Schumm, S.A., and Lichty, R.W., (1965), time, space, and causality in geomorphology, American Journal of Science, vol .263 , pp .110-119.

Selby, M.J . (1985), Earth ' s chnging surface: an introduction to geomorphology, Clarendon, Oxford.

Small, R.J., (2nd ed ,1978), the study of landforms: a textbook in geomorphology, Cambridge University Press, cambridge.

Strahler, A.N., (4th ed, 1975), physical geography, John Wiley Sons, New York.

Tippett, J.M .and Kamp, P.J.J., (1995), quantitative relationships between uplift and relief parameters for the Southern Alps, New Zealand, as determined by fission track analysis, Earth Surface Processes and Landforms, vol . 20 , pp .153-175.

Thorn, C.E., (1988), an introduction to theoretical geomorphology, Unwin Hyman, London.

Thornbury, W.D.,(2nd ed, 1969), principles of geomorphology, John Wiley Sons, New York.

Thornes, J.B., (1987), environmental systems- patterns, processes and evolution, in: M .Clarck, K.J .Gregory and A .Gurnell,) eds(, hori-

zons in physical geography, Macmillan Education Ltd., London pp. 27-46.

Thornes, J.B .and Brunsden, D., (1987), geomorphology and time, Methuen Co .Ltd., London.

Tuttle, S.D., (3rd ed,1980), landforms and landsacpes, WM .C .Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa.

Twidale, C.R., (1990), the origin and implication of some erosional landform, Journal of geology, Vol .98 , pp .343-364.

شكر وتقدير

يسعدني أن أتقدم بخالص الشكر والتقدير لكل من الأستاذ الدكتور السيد البشرى محمد والأستاذ الدكتور عبدالله أحمد سعد الطاهر والدكتور ناصر عبدالعزيز السعران _قسم الجغرافيا، جامعة الملك سعود_ على قراءتهم لهذا البحث وعلى ما أبدوه من ملاحظات قيمة. ويسرني أيضا أن أدون شكري وتقديري للأستاذ صلاح الدين سليمان تركي _خبير إنتاج الخرائط بقسم الجغرافيا، جامعة الملك سعود_ الذي قام برسم وإنتاج الأشكال في هذه الدراسة.

سلسلة أعداد الدورية لعامي ١٩٩٨-١٩٩٩

٢١٢- التجربة العربية في تقنية نظم المعلومات الجغرافية	د. محمد عبدالجواد محمد علي
٢١٣- تقدير التبخر الشهري في المملكة العربية السعودية	د. عبدالله أحمد سعد الطاهر
٢١٤- السمات الديموغرافية في دولة قطر	أ. د. محمد أحمد الرويثي أ. د. مصطفى محمد خوجلي
٢١٥- دور مقومات الإنتاج الزراعي في التنمية الزراعية بمنطقة الجوف	د. صالح علي الشمراني
٢١٦- النظم الهيدرولوجية الكارستية	د. محمد فائد حاج حسن
٢١٧- المياه في المدينة السعودية	د. محمد محمود السرياني
٢١٨- ظاهرة تعكر أودية الهضاب العليا بالشرق الجزائري	د. محمد بوروبة
٢١٩- أفريقيا الإقليم رحلة في الرسم والاسم	د. يوسف بن أحمد حوالة
٢٢٠- التحليل الجغرافي للعمالة الوافدة في المملكة العربية السعودية	د. محمد بن عبدالعزيز القباني د. أحمد مصطفى النحاس
٢٢١- الاستخدامات التجارية بمدينة خميس مشيط	د. فريال بنت محمد الهاجري
٢٢٢- بعض ملامح الخدمات الفندقية في حاضرة الدمام «دراسة في الجغرافية الاقتصادية»	د. عبداللطيف حمود النافع
٢٢٣- الأقاليم الجغرافية النباتية في شبه الجزيرة العربية	د. جاسم محمد كرم
٢٢٤- تحديد الدوائر الانتخابية لدولة الكويت باستخدام نظم المعلومات الجغرافية «دراسة في جغرافية الانتخابات»	د. جاسم محمد العلي
٢٢٥- المناخ وزراعة العنب في الطائف	د. صقر علي العمري

سلسلة اصدارات وحدة البحث والترجمة

١ ـ تقلبات المناخ العالمي	عرض وتعليق: أ.د. محمد صفي الدين أبو العز
٢ ـ محافظة الجهراء	أ.د. زين الدين غنيمي
٣ ـ تعدادات السكان في الكويت	د. أمل العذبي الصباح
٤ ـ أقاليم الجزيرة العربية الكتابات العربية القديمة والدراسات المعاصرة	أ.د. عبدالله يوسف الغنيم
٥ ـ أشكال سطح الأرض المتأثرة بالرياح في شبه الجزيرة العربية	أ.د. عبدالله يوسف الغنيم
٦ ـ حول تجربة العمل الميداني لطلاب الجغرافيا بجامعة الكويت	أ.د. صلاح الدين بحيري
٧ ـ الاستشعار من بعد وتطبيقاته الجغرافية في مجال الاستخدام الارضي	أ.د. علي علي البنا
٨ ـ البدو والثروة والتغير: دراسة في التنمية الريفية للامارات العربية المتحدة وسلطنة عمان	ترجمة د. عبد الاله أبو عياش حسن صالح شهاب
٩ ـ الدليل البحري عند العرب	د. ناصر عبدالله الصالح
١٠ ـ بعض مظاهر الجغرافيا التعليمية لمقاطعة مكة المكرمة	حسن صالح شهاب
١١ ـ طرق الملاحة التقليدية في الخليج العربي	د. عبدالحميد أحمد كليو
١٢ ـ نباك الساحل الشمالي في دولة الكويت دراسة جيومورفولوجية	د. محمد اسماعيل الشيخ
١٣ ـ جغرافية العمران عند ابن خلدون	د. عبد العال الشامي
١٤ ـ السمات العامة لمراكز الاستيطان الريفية في منطقة الباحة	د. محمد محمود السرياني
١٥ ـ جزر فرسان دراسة جيومورفولوجية	د. محمد سعيد البارودي
١٦ ـ جوانب من الشخصية الجغرافية للمدينة المنورة	د. محمد أحمد الرويثي

سلسلة منشورات وحدة البحث والترجمة

١- بيئة الصحاري الدافئة	ترجمة :أ . د . علي علي البنا
٢- الجغرافيا العربية	تعريب وتحقيق : د . عبدالله يوسف الغنيم د . طه محمد جاد
٣- مدن مصر وقراها عند ياقوت الحموي	د . عبدالعال الشامي
٤- العالم الثالث : مشكلات وقضايا	ترجمة :أ . د . حسن طه نجم
٥- التنمية الزراعية في الكويت	أ . د . محمد رشيد الفيل
٦- القات في اليمن : دراسة جغرافية	د . عباس فاضل السعدي
٧- هيدرولوجية الأقاليم الجافة وشبه الجافة	تعريب : د . سعيد أبو سعدة
٨- منتخبات من المصطلحات العربية لأشكال سطح الأرض	أ . د . عبدالله يوسف الغنيم
٩- البلدان اليمانية عند ياقوت الحموي	تحقيق القاضي إسماعيل بن علي الأكوع
١٠- المدن الجديدة بين النظرية والتطبيق	د . أحمد حسن إبراهيم
١١- الأبعاد الصحية للتحضر	ترجمة : أ . د . محمد عبدالرحمن الشرنوبي
١٢- التطبيقات الجغرافية للاستشعار من بعد : دليل مراجع	د . صبحي المطوع
١٣- قواعد علم البحر	د . حسن صالح شهاب
١٤- الانسياق الرملي وخصائصه الحجمية بصحراء الدهناء على خط الرياض ـ الدمام	مشاعل بنت محمد بن سعود آل سعود
١٥- التخطيط الحضري لمدينة الأحمدي وإقليمها الصناعي	د . وليد المنيس ـ د . عبدالله الكندري
١٦- كيف ننقذ العالم	ترجمة :أ . د . علي علي البنا أ . د . زين الدين عبدالمقصود
١٧- أودية حافة جال الزور بالكويت تحليل جيومورفولوجي	د . عبدالحميد كليو
١٨- الألواح الجيولوجية ونظمها التكتونية	ترجمة :أ . د . حسن أبو العينين
١٩- جيومورفولوجية منطقة الخيران جنوب الكويت	د . السيد السيد الحسيني
٢٠- الشواتب في تحقيق الفوائد في أصول علم البحر والقواعد	تأليف : شهاب الدين أحمد بن ماجد
٢١- التحضر في دول الخليج العربية	د . خالد محمد النعقري
٢٢- جغرافية العالم الثالث	تعريب : د . حسن طه نجم د . مكي محمد عزيز
٢٣- الصور الجوية ـ دراسة تطبيقية	د . خالد العنقري
٢٤- جيومورفولوجية منخفض أم الرمم بالكويت	د . عبدالحميد كليو
٢٥- جيومورفولوجية منطقة كاظمة	د . محمد إسماعيل الشيخ
٢٦- السرحات السلطانية	د . عبدالعال عبدالمنعم محمد الشامي
٢٧- اليابانيون الأمريكيون	د . عبدالله بن ناصر الوليعي
٢٨- بحار الرمال في المملكة العربية السعودية	د . عبدالله بن ناصر الوليعي
٢٩- كفاءة الري وجدولة المياه في منطقة الخرج بالمملكة العربية السعودية	د . نورة بنت عبدالعزيز آل الشيخ
٣٠- البحث الجغرافي في دولة الكويت	أ . د . عمر الفاروق السيد رجب
٣١- الطرق والمسالك الشرقية لمصر في العصر الوسيط	أ . د . عبدالعال عبدالمنعم الشامي