

قسم الجغرافيا

التحليل الرمزي لبعض الظواهر الجيومورفولوجية في إنشاء الخريطة الكتتورية بالحاسب الآلي

دكتور

أحمد أحمد مصطفى

مدرس الجغرافيا الطبيعية

كلية الآداب - جامعة الاسكندرية

صادفت محاولات التحليل الرمزي Symbolic analysis للبيانات الجغرافية المكانية Geographical spatial data باستخدام الحاسب الآلي نجاحاً محدوداً عندما تبين عدم إمكانية استعمال التحليل العددي Numerical analysis للقيام بكل أشكال التحليل المكاني . وإحدى المشكلات التي واجهت الباحثين مشكلة ترجمة البيانات الرمزية Symbolic data إلى نظام بيانات عددي Numeric data structure . وترجع تلك المشكلة إلى صعوبة الترجمة من ناحية ، وإلى النقص الواضح في معرفة وفهم الرموز المستعملة في لغات الحاسب الآلية من ناحية أخرى . ويهدف هذا البحث إلى توضيح أن نجاح التحليل الرمزي في إنشاء الخريطة الكنتورية يعتمد بالدرجة الأولى على التعريف بلغة البيانات الرمزية عن طريق عرض نموذج بيانات لوصف ظاهرات جيومورفولوجية بسيطة والعلاقات بينها مثل قمة ، ضلع جبلي ، وأدى ... ، ومنها تبين إمكانية تلك اللغة في وصف بيانات جيومورفولوجية أكثر تعقيداً .

الإطار العام للبيانات الرمزية

يتضمن هذا الإطار العام التعريف بمفردات لغة الرموز المستخدمة في الحاسبات الآلية . وتنحصر مفردات هذه اللغة في رموز العقدة Node ، العنصر الخطي Segment ، الخلية Cell . وتستخدم تلك الرموز في ادراك الأشياء Entities وخصائصها Attributes التي تكوّن الظاهرة ، وفي ادراك العلاقات Relationships وملاعقها Features التي تربط بين صفات وخصائص الشيء ، وبين صفات وخصائص مجموعة الأشياء التي تكوّن الظاهرة . وهذا يعني أن كل رمز من هذه الرموز الثلاثة يمكن استخدامه في ادراك الأشياء وخصائصها ، كما يمكن استخدامه في ادراك العلاقات وملاعقها .

والظاهرة الجغرافية ما هي إلا مجموعة كائنة| من شيء يمكن ادراكه وتمييزه ولها خصائص عامة مشتركة وتربط بينها علاقات تصل بين الشيء وخصائصه وبين مجموعات هذا الشيء . فظاهرة البحيرات Lakes على سبيل المثال عبارة عن مجموعة لشيء واحد هو البحيرة Lake . ويمكن ادراك أية بحيرة وتمييزها عن طريق صفاتها وخصائصها كالشكل والمنسوب والطول والعرض والمساحة والعمق وحجم المياه وطبيعتها الفيزيائية والكيميائية وحركاتها وشكل الساحل

والكائنات الحية التي تعيش فيها والرواسب المتروكة على قاعها ... الخ .
 ويمكن التعبير عن كل خاصية من تلك الخصائص بقيمة : قيمة لمسوب ، قيمة
 الطول — قيمة العرض — قيمة المساحة — قيمة العمق — قيمة حجم الكتلة
 المائية — قيمة درجة ملوحة المياه — قيمة كثافة المياه — قيمة درجة حرارة
 المياه ... الخ . وترتبط تلك الخصائص بعضها بعلاقات منطوية كالعلاقة بين
 الأبعاد والمساحة ، والعلاقة بين المساحة والعمق وحجم كتلة المياه ، والعلاقة
 بين العمق وطبيعة الكائنات الحية وأنواع الرواسب على القاع ونوع المياه ،
 والعلاقة بين شكل الساحل وبيئته والظروف المناخية المحيطة ... الخ . كما
 ترتبط صفات البحيرة وخصائصها بصفات البحيرات الأخرى وخصائصها
 بعلاقات متشابهة تكوّن في النهاية ظاهرة البحيرات موضع الدراسة ، وتكوّن
 في نفس الوقت عناصر نموذج بياناتها الذي سوف يقوم الحاسب الآلي بترميزه
 في نظام بيانات حتى يمكن تعليفه .

والقيم التي يتحدد على أساسها صفات وخصائص الشيء وعلاقتها إما أن
 تكون قيم عددية متدرجة ومنصلة ومرتبطة Scalar مثل سلسلة الأحداثيات
 كارتيزية على امتداد خط ما ، أو قيم اتجاهية غير عددية Non-Scalar لا ترتبط
 بتصنيف معين .

أنواع الرموز المستخدمة في الحاسبات الآلية :

من المعروف أن الخريطة عبارة عن رمز Symbol للحقيقة التي تعرضها .
 والرموز المستخدمة في الخرائط نوع من القواعد العامة المتفق عليها يستطيع
 الكارتوجراف عرض ما يريد تصويره من خلالها . وتنحصر تلك الرموز في
 رموز الموضع النقطية Point Symbols ورموز الخط Line Symbols ورموز
 المساحة Area Symbols ، وهناك أنواع شكلية عديدة داخل كل رمز من تلك
 الرموز . كما تنقسم تلك الرموز من حيث دلالتها إلى رموز نوعية Qualitative
 تبيّن الاختلاف في النوع ، ورموز كمية Quantitative توضح الاختلاف
 والتباين في الدرجة أو في الكمية .

والرموز المستخدمة في لغة حاسبات الآلية تشبه الرموز المستخدمة في الخرائط
 فالعقدة Node تقابل النقطة ، والعنصر الخطي Segment تقابل الخط ، واختابه

Cell تقابل مساحة . وكما ذكرنا من قبل فإن هذه الرموز تستخدم في إدراك الأشياء وخصائصها وفي إدراك العلاقات وملاحظتها . وفيما يلي عرض موجز لهذه الرموز .

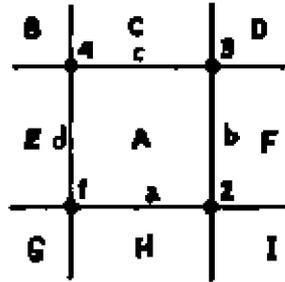
العقدة Node : وهي نمط نقطي Point type يمكن استخدامها في إدراك الأشياء وصفاتها ، وتحدد بأحداثياتها السينية والصادية (x , y) ، وبعدة صفات غيرها . ويمكن أن تكون الصفة إحدى خصائص العقدة أو لها علاقة بإحدى الخصائص . فالنسوب وهو الأحدثى الرأسي (z) خاصة مميزة تبين صفة الارتفاع والانخفاض ، وهذه الصفة بلغة الرموز قيمة عددية غير اتجاهية .

أما في حالة استخدام رمز العقدة في إدراك العلاقات وملاحظتها ، فإن هذه العلاقات يوضحها الاختلاف في موقع العقدة وفي صفاتها المميزة (النسوب مثلاً) . ويتحدد هذا الاختلاف إما بالتغير النسبي أو المطلق للقيم غير الاتجاهية . فقد تكون العقدة نقطة تقاطع عنصرين خطيين ، أو نقطة التقاء عنصرين خطيين أى نقطة اتصال العناصر ، وقد تكون العقدة نقطة تغير في إتجاه العنصر الخطي أى نقطة تغير في صفة العنصر أو صفة الخلية ، كما قد تكون نقطة نهاية عنصر خطي .

العنصر الخطي Segment : وهو نمط خطي Lineal type يمكن استخدامه في إدراك الأشياء وصفاتها ، ويحدده عقدتان مرتبطتان ببعضهما ، ولكل عقدة أحداثياتها السينية والصادية . ويوصف العنصر الخطي بمجموعة من الصفات المميزة هي في الواقع الأحداثيات الكارتيزية لكل نقطة على الخط ، ولكن بشرط أن تتسلسل قيم تلك الأحداثيات من قيمة عقدة البداية حتى تنتهي منطقياً إلى قيمة أحداثيات عقدة النهاية أو الطرف الآخر للخط . أو بمعنى آخر أن تتسلسل قيم الأحداثيات من العقدة الدنيا Low node إلى العقدة العليا High node ، وبذلك يظهر العنصر الخطي في شكل ياتي اتجاهي . وقد تكون الصفة مميزة للعنصر الخطي إحدى خصائصه كمنسوب نقطة عليه . ويجب أن تتبع لعنصر الخطية دالة Function على امتداد كل بعد من أبعادها حتى لا يتسارع خطوط إحدى خصائص الظاهرة مع بعضها . ويعني هذا أن الصفات يجب أن تكون متجانسة عبر العنصر الخطي .

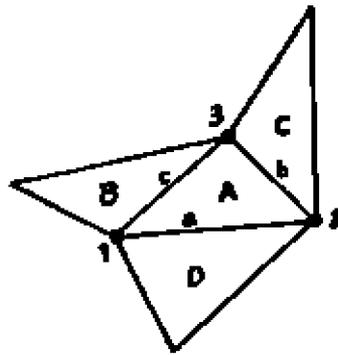
فإنَّما عند استخدام رمز العنصر الخطى في إدراك العلاقات وملاحظتها ، فإنَّ هذه العلاقات يعيها الاختلاف في موضع العنصر الخطى وبين هذا الاختلاف إما بالتغير النسبي أو بالفعل لقيم غير الاتجاهية . كما تظهر معالم العلاقة عند تقاطع خليتين أو عند حدوث انقطاع أو وجود ثغرات في العنصر الخطى يتم وصفه كأحد مميزات الخلية . ويحدث الانقطاع عندما توجد خلية واحدة على أحد جانبي العنصر الخطى بينما يتخلو الجانب الآخر من الخلايا . أما الثغرة فتوجد حيث يكون الحد بين خليتين متجاورتين جزء من عنصر خطى له نفس النقط الاحداثية ولكن بقيم احداثيات سينية وصادية مختلفة . ويعنى هذا وجود جزء من عنصر خطى له قيمتين احداثيتين . وهذا مخالف للوضع العادى . وفي هذه الحالة تبقى على القيم الاحداثية لهذا الجزء من العنصر الخطى بحيث تتفق مع تسلسل القيم الاحداثية للنقط المحدد لإحدى الخليتين ، وبالتالي ينقطع التسلسل الأحدثى لخط الخلية الأخرى . ويسمى مكان الانقطاع بالثغرة .

الخلية Cell : وهي عبارة عن نمط مساحى Area type يمكن استخدامها في إدراك الأشياء وصفاتها ، ويحددها مجموعة من العناصر الخطية التي تصف شكلها الخارجى وتحدد علاقاتها بالخلايا المجاورة . ويمكن أن تكون العلاقة الارتباطية بين الخلية وما يجاورها من خلايا واضحة وصريحة يتم تسجيلها في نظام البيانات كاليانات نفسها ، أو تكون ضمنية يشار إليها بالوضع النسبى لمفردات البيانات (أشكال ١ ، ٢ ، ٣) . ويحدد خلية صفة مميزة تستخدم كدليل لها وقد تكون في نفس الوقت حامية من خصائصها . وكما أشرنا من قبل في رموز العقدة والعنصر الخطى يمكن اختيار منسوب أى نقطة داخل الخلية كدليل لها أى صفة تميزها ودالة توضحها . ويجب أن تتبع العناصر الخطية المحددة للخلية دالة واحدة حتى لا تتقاطع في عند . كما أن كل صفة اتجاهية يعنى أن تكون متجانسة في قياسها عبر الخلية .



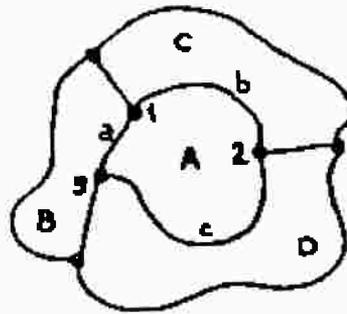
شكل (١)

خلية من شبكة مربعات احداثية ، تتكون من العقد 1 ، 2 ، 3 ، 4 ،
 ويحددها العناصر الخطية a ، b ، c ، d ، وتصل الخلية A بالخلايا المجاورة
 C ، B ، ... ، 1 ، ... ، C ، B



شكل (٢)

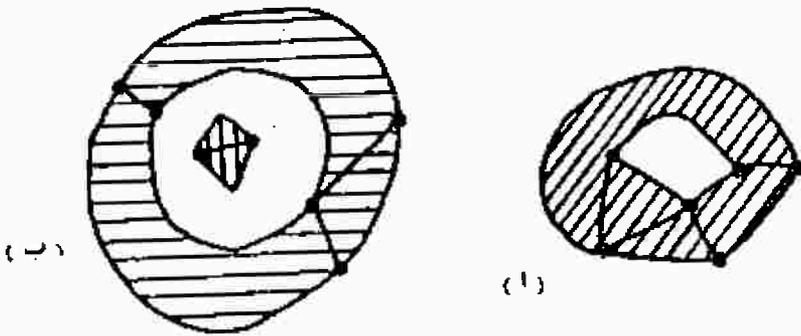
خلية مثلثة الشكل ، وهي جزء من شبكة موزيكية غير منتظمة ، وتتكون
 من العقد 1 ، 2 ، 3 ، ويحددها العناصر الخطية a ، b ، c ، وتصل
 الخلية A بالخلايا المجاورة D ، C ، B ، ... ، D ، C ، B



شكل (3)

خلية من شبكة متداخلة Nested ، تتكون من العقد 1 ، 2 ، 3 . ويحددها العناصر الخطية a ، b ، c ، وتصل الخلية A بالخلايا المجاورة B ، C ، D .

أما في حالة استخدام رمز الخلية في إدراك العلاقات وملاحظتها لمساحية Area Features ، فإن هذه العلاقات أعمقها لاختلاف في موقع الخلية . وبين هذا الاختلاف إما بالتغيرات النسبية أو الفعلية من خلية إلى أخرى في القيمة غير الاتجاهية أو مجموعة رموز اتجاهية . ويتكون من نشاط خلايا المتجاورة والمتشابهة رقعة مساحية Patch يمكن وصفها كمجموعة من الخلايا المترابطة بعلاقات الموقع أو أية صفات مميزة أخرى تعتبر ملامح داخلية أو نظام علاقات هرمي . وقد يكون بداخل الرقعة مساحة أو مساحت غير معروفة of no definition تسمى فجوات holes (شكل 4) .



شكل (4)

أ - رقعة مساحية بداخلها فجوة .

ب - رقتان مساحتان تفصل بينهما فجوة ، ويحدد كل منهما عناصر خطية مقطوعة

التحليل الرمزي لبعض الظواهر الجيومورفولوجية

اختار الباحث منطقة تجمع Catchment area أعد لها قاعدة بيانات data base كمثال لتوضيح عملية التحليل الرمزي في انشاء الخريطة الكنتورية باستخدام الحاسب الآلي . وقد تم بناء شبكة مثلثات غير منتظمة Irregular triangulated network كنظام بيانات لانشاء الخريطة الكنتورية للمنطقة (شكل ٥) . كما تم اختيار ست ظاهرات جيومورفولوجية بسيطة توجد داخل المنطقة ووضع لها تعريف بسيط يناسب الحاسب الآلي . وقد سار العمل على النحو التالي :

- ١ - ترجمت البيانات طبقاً لمفهوم الإطار العام الذي أشرنا إليه من قبل .
- ٢ - وضع تعريف بسيط لكل ظاهرة من الظاهرات الست وترجمت إلى لغة رمزية حتى يمكن استخدامها في التحليل الرمزي .
- ٣ - خزنت البيانات في نظام بسيط مرن . وقد أدخلت البيانات الخاصة بصفات الظاهرة وبيانات العلاقات باستخدام رموز : العقدة ، العنصر الخطي ، الخلية على النحو التالي :

العقدة : الأحداثيات السنية والصادية والمنسوب .
قائمة الخلايا المشتركة في العقدة .
رقم العقدة .

node : x, y, z location

list of triangle cells using this node

node number.

العنصر الخطي : قائمة عقد بداية ونهاية العنصر الخطي .
قائمة الخلايا المثلثية المشتركة في العنصر الخطي .
رقم العنصر الخطي .

Segment : list of end nodes

list of triangle cells using segment

segment number.

الخلية : قائمة العقد

قائمة الخلايا المتثلثة المجاورة .

قائمة العناصر الخطية المحددة للخلية .

قائمة البيانات التي تنساب إلى الخلايا المجاورة (شكل ٦) .
رقم الخلية المتثلثة :

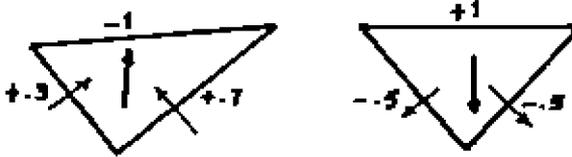
Cell : list of nodes

list of adjacent triangle cells

list of bounding segments

list of flow to adjacent cells

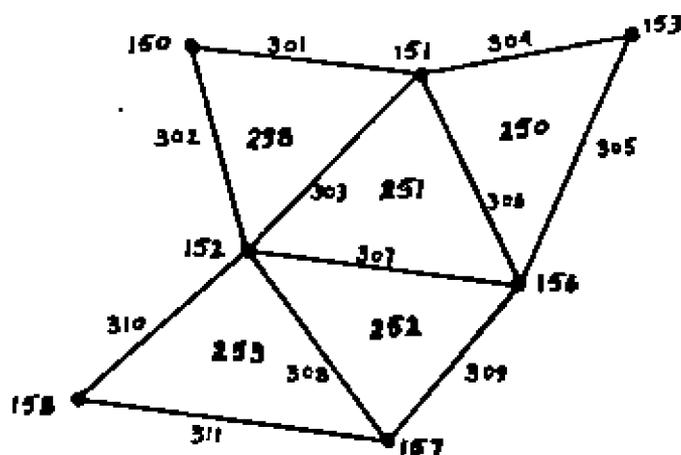
triangle cell number.



شكل (٦)

يشير السهم إلى إتجاه أسافل التحلو ، وتبين الأرقام نسبة الانحدار التي تعبر كل ضلع من أضلاع الخلية المتثلثة . فإذا كانت الإشارة موجبة فإن لم الانحدار سوف تدخل الخلية من هذا الضلع . أما إذا كانت الإشارة سالبة فإن لم الانحدار سوف تخرج من هذا الضلع . وتسمى لم الانحدار الداخلة أو الخارجة أو أى بيانات تدخل الخلية أو تخرج منها بالانسياب . Π_{on} .

ويبين الجدول التالي جزء من البيانات التي استخدمت في تمثيل نظام البيانات المين لي (شكل ٧) .



شكل (٧)

جزء من نظام البيانات المبين في الجدول

جدول يمثل البيانات الموضحة في شكل (٧).

```

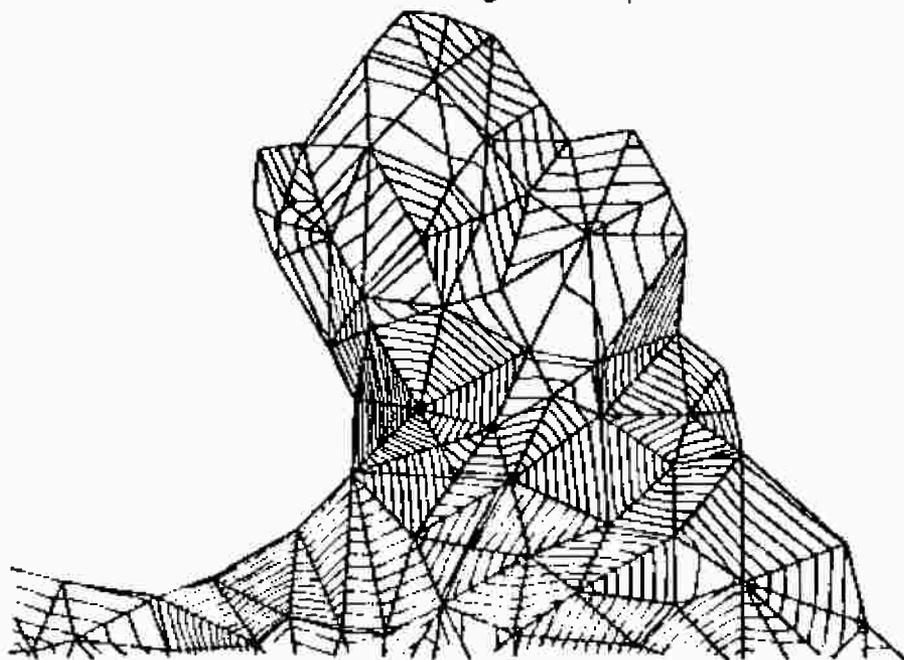
node ( 150, 6987, 2152, 1010, [238] );
node ( 151, 8482, 1861, 1240, [238, 251, 250] );
node ( 152, 7344, 1345, 910, [238, 251, 252, 253] );
node ( 153, 9562, 1928, 1200, [250] );
node ( 156, 9675, 510, 1387, [250, 251, 252] );
node ( 158, 6986, 24, 1255, [253] );
segment ( 301, [150, 151], [238, 0] );
segment ( 302, [150, 152], [0, 238] );
segment ( 303, [152, 151], [238, 251] );
segment ( 304, [151, 153], [250, 0] );
segment ( 305, [153, 156], [250, 0] );
segment ( 306, [151, 156], [250, 251] );
segment ( 307, [152, 156], [251, 252] );
segment ( 308, [152, 157], [253, 252] );
segment ( 309, [156, 157], [252, 0] );
segment ( 310, [152, 158], [253, 0] );
segment ( 311, [158, 157], [253, 0] );
cell (238, [150, 151, 152], [ 0, 251, 0], [301, 303, 302], [ 1, 3, 2] );
cell (250, [151, 153, 156], [ 0, 0, 251], [304, 305, 306], [ 7, 0, 0] );
cell (251, [151, 156, 152], [250, 252, 238], [306, 307, 303], [ 1, 3, 0, 1] );
cell (252, [152, 156, 157], [251, 0, 253], [307, 309, 308], [ 8, 2, 0, 0] );
cell (253, [152, 157, 158], [252, 0, 0], [308, 311, 310], [ 6, 0, 0] );

```

ويجب بعد ترجمة البيانات إلى بيانات رمزية طبقاً للإطار العام ، ترحيم التعاريف البسيطة إلى رموز . ويجب أن يكون مفهوماً قبل تكويد تلك التعاريف أن أساس التحليل يقوم على تحديد أي التقطيعين المحددين للعنصر الخطي أعلى متسوية من الأخرى ، لذا يجب مراجعة كل عنصر خطي لتحديد منسوب عقديته وتعيين أيهما أكثر ارتفاعاً . ويتم ذلك بإصدار أمر إلى الحاسب الآن لعرض بيانات عقد العناصر الخطية في ترتيب تنازلي بالنسبة لكل عنصر خطي على حده . فإذا كانت إحدى النقط في وضع غير صحيح سوف تظهر على شاشة الحاسب ومضه تشير إلى الخطأ . ويتم المراجعة على النحو التالي :

```
node switch ( N ) = segment ( N, [ V1, V2 ], T ),
node ( V1, _ , _ , Z1, _ ),
node ( V2, _ , _ , Z2, _ ),
Z2 < Z1,
retract ( segment ( N, _ , _ ) ),
asserta ( segment ( N, [ V2, V1 ], T ) ),
check_all_node = node _ switch ( X ), fail.
```

وبهذه الطريقة يتم مراجعة كل العقد .



شكل (٥)

شبكة المثلثات غير المنتظمة وخطوط الكنتور لمنطقة التجميع المختارة

القاع Pit :

تعتبر قاعدة تمثيل القاع على انعكاس من قاعدة القمة . فالعقدة التي تحتل رأس الترتيب التنازلي لمناسيب عقد العناصر الخطية لا يمكن أن تكون قاعاً ، ولكن العقدة التي تحتل مؤخرة الترتيب هي التي تحتل القاع بشرط ألا تتصل بأى عقدة أدنى منها في المنسوب عبر عنصر خطي . وذلك على النحو التالي :

$$\text{Pit} = \{ N \mid \text{node}(N) \text{ is a node} \text{ and } \text{segment}(N) \text{ is not a segment} \}$$

انسياب البيانات Flow :

لتحديد اتجاه انسياب بيانات نحو العنصر الخطي أو بعيداً عنه ، فمن الضروري اخراج معلومات من الخلية المعنية وفحصها بالنسبة للعناصر الخطية التي تحدها . وتتبع القواعد التالية لتحديد أي تلك العناصر له علاقة بالانسياب :

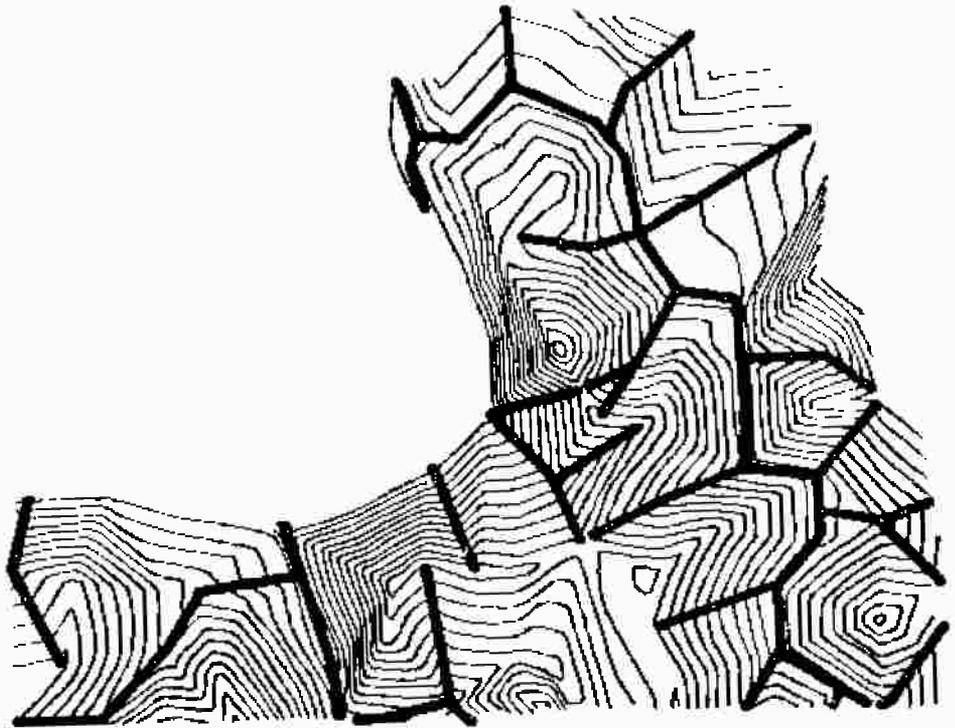
$$\begin{aligned} \text{cell_flow}(C, S, F) &= \text{cell}(C) \text{ is } [S, \dots] \text{ and } [F, \dots] \\ \text{cell_flow}(C, S, F) &= \text{cell}(C) \text{ is } [S, \dots] \text{ and } [F, \dots] \\ \text{cell_flow}(C, S, F) &= \text{cell}(C) \text{ is } [S, \dots] \text{ and } [F, \dots] \end{aligned}$$

الوادي Valley :

يعتبر الوادي عنصراً خطياً تنساب نحوه البيانات من الجانبين . ويحدد هذا الانسياب ما نحتاج إليه من بيانات عند مراجعة العنصر الخطي ، فإذا كان التدفق من كلا الجانبين إشارته سالبة فإن هذا العنصر الخطي يعتبر وادياً . وتضع القاعدة التالية في تحديد الأودية :

$$\begin{aligned} \text{valley}(S) &= \text{segment}(S) \text{ is } [C1, C2] \text{ and } \\ &\text{cell_flow}(C1, S, F1) \text{ and } F1 > 0 \text{ and } \\ &\text{cell_flow}(C2, S, F2) \text{ and } F2 < 0 \end{aligned}$$

وتمثل الخطوط السميكة في (شكل ٩) الأودية في منطقة التجمع المختاره .



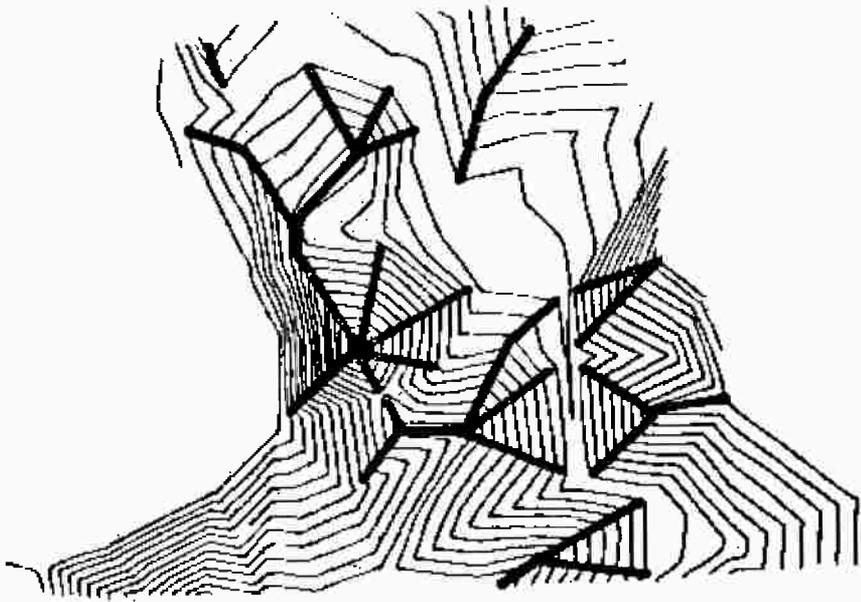
شكل (٩)
الأودية في منطقة التجميع

الضلع الجبل Ridge :

يعتبر الضلع الجبل عنصراً خطياً تنساب منه الينانات إلى الخارج ، وهو بذلك عكس الوادي . فإذا كان تدفق الينانات من جانبي العنصر الخطي اشارته موجه ، فإن هذا العنصر يعتبر ضلعاً جبلياً . وتتبع القاعدة التالية في تحديد الضلع الجببية :

ridge (S) :- segment (S, _ , [C1, C2]) .
 sell_flow (C1, S, F1) , F1 <= 0 ؛
 sell_flow (C2, S, F2) , F2 >= 0 .

وتمثل الخطوط السميكة في (شكل ١٠) خطوط الضلع الجبلية في منطقة التجميع .



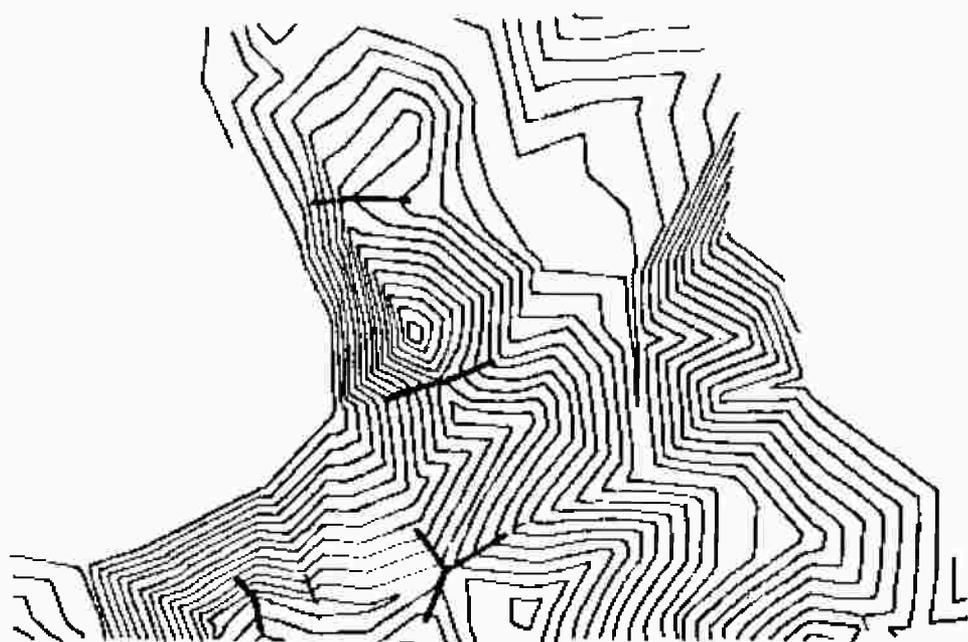
شكل (١٠)
الطروع الجبلية في منطقة التجميع

الأحباس العليا Top reaches :

يستخدم هذا المصطلح أحياناً للتعبير عن المنابع العليا للوادي فتسمى بالأحباس العليا للوادي ، وأحياناً أخرى في التعبير عن مصاعد النهر upstream فيسمى بالأحباس العليا للمجرى . لذا يجب التمييز بداية بين الوادي والمجرى حتى يمكن تحديد المقصود بمصطلح الأحباس العليا . ويشيع في البيئات الجافة استخدام كلمة وادي مرادفة للمجرى الجاف وبذلك يقصد بالأحباس العليا مصاعد المجرى الجاف . وفي هذا البحث من أجل تبسيط قواعد التحليل الرمزي باستخدام الحاسب الآلي يقترح الباحث اعتبار الأحباس العليا للوادي هي نفسها الأحباس العليا للمجرى إذا كانت نقطة بداية المجرى الذي يجري في قاع الوادي عبارة عن عقدة node يبدأ منها مجرى آخر ينحدر في قاع وادي في الاتجاه العكسي . وبذلك يمكن استخدام القاعدة التالية في تحديد الأحباس العليا في منطقة التجميع المختارة :

$\text{top_reach}(S)$ $\text{valley}(S)$,
 $\text{segment}(S, [U, V])$,
 $\text{segment}(O, [U, V], S, \text{not } 0)$,
 $\text{valley}(C)$

وتبين الخطوط السميكة في (شكل ١١) مواقع الأحبار العليا في منطقة التجميع .



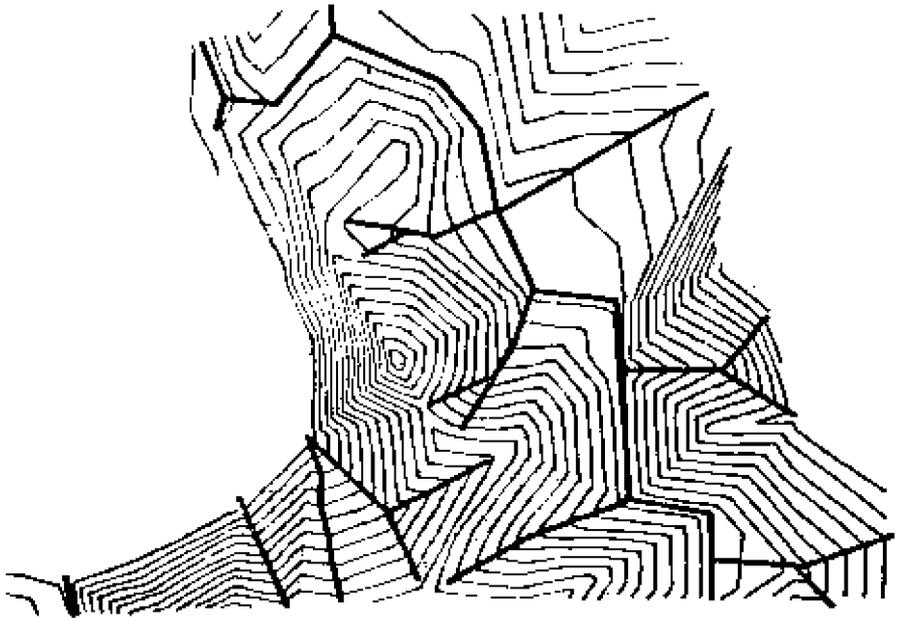
شكل (١١)
 الأحبار العليا في منطقة التجميع

المجرى Stream :

يمكن استخدام القاعدة التالية في تحديد المجرى :

$\text{stream}(S) ::= \text{valley}(S)$,
 $\text{not}(\text{top_reach}(S))$.

وتوضح الخطوط السميكة (شكل ١٢) المجرى النهرية في منطقة التجميع .



شكل (١٢)
خطوط انجاري النهرية في منطقة التجميع

خاتمة :

استخدمنا نظام تكويد لغة الفورتران في تقديم هذا النموذج المبسط لتحليل الرمزى لبعض الظواهر الجيومورفولوجية البسيطة باستخدام الحاسب الآلى . ويشير هذا النموذج إلى امكانيات التحليل الرمزى للبيانات الجغرافية المكانية في انشاء الخرائط الكنتورية وخطوط ظواهرها الجيومورفولوجية بشرط تصميم إطار تعريف رمزى مناسب يقوم على فهم واضح ومحدد للظواهر الجيومورفولوجية ومصطلحاتها ، وعلى ادراك أن الخريطة الكنتورية خريطة وصفية بالدرجة الأولى وليست خريطة أصولية . لذا يجب استعمال عبارات وصفية والابتعاد عن العبارات الأصولية عند صياغة التعريفات الرمزية .

كما يشير هذا النموذج إلى مرونة التحليل الرمزى في معالجة ظواهر أكثر تعقيداً تضم عناصر متعددة وعلاقات متشابكة وتمثيلها على الخريطة الكنتورية وفي انشاء الخرائط الجيومورفولوجية . إذ يمكن اعتبار الخريطة الكنتورية مجموعة من الرقع المساحية المتداخلة تضم قيم متعددة ومركبة من إحداثيات سينية وصادية ورأسية في نظام هرمى . والخريطة الجيومورفولوجية تضم أيضاً ظواهر خطية ومساحية متداخلة ومترابطة ، فخط تقسيم المياه المحدد للحوض النهري هو في نفس الوقت محور الكتلة الجبلية ، وخط المجرى النهري — خط تجمع المياه — المحدد للكتلة الجبلية هو محور الحوض النهري . وكذلك جانب الوادى هو سفح المرتفع المجاور ، وواجهة المصبطة العليا هي مؤخرة المصبطة الأحدث منها . كما يحوى المجرى النهري على جزر نهرية مختلفة الشكل والمساحة ، ويضم السهل الكارستى أشكال مساحية مختلفة من الدولينات Doline والأوفانات Uvala وأقماغ الإذابة Sink Hole ومجارى مائية وقيعان جافة مجارى نهرية غائرة Sinking Creek . وهذه أمثلة لتداخل الظواهر الجيومورفولوجية في بعضها البعض . ويمكن معالجتها — إذا وضع تعريف مناسب لها — في قيم مركبة من إحداثيات كارتيزية وتمثيلها في خرائط باستخدام الحاسبات الآلية .

References

- 1 - Board, C., "How Can Theories of Cartographic Communication Be Used to Make Maps More Effective ?" *International Yearbook of Cartography*, 18, PP. 41-49, 1978.
- 2 - Clark, S., "Dynamic Cartography - The Moving Map". Computer generated dynamic maps on video tape, Geographic information Systems Laboratory, State Univ. of New York at Buffalo, 1982.
- 3 - Freeman, H., "Map Data Processing and the Annotation Problem", *Proc 3rd. Skandinavian conf. on Image Analysis*, Copenhagen, Denmark, 1983.
- 4 - McKellar, H.N. & Homer, M. & Pearlstine, L. & Kitchens, W., "Preliminary Analysis of Energy Flow Impacts of River Diversion". W.R. Mitsch, Bosserman & J. Klopatek (eds.) *Energy and Ecological Modelling*. PP. 315-326, New York, 1981.
- 5 - Moellering, H., "Winds : A Computer Program for the Analysis of Geographical Interactions". Cartography Laboratory, Univ. of Michigan, 1975.
- 6 - Olson, J.M., "Spectrally Encoded Two-Variable Maps". *Annals Association of American Geographers*, Vol. 71, No. 2, PP. 259-276, 1981.
- 7 - Yoeli, P., "The Logic of Automated Map Lettering". *The Cartographic Journal*, 9, PP. 99-108, 1972.