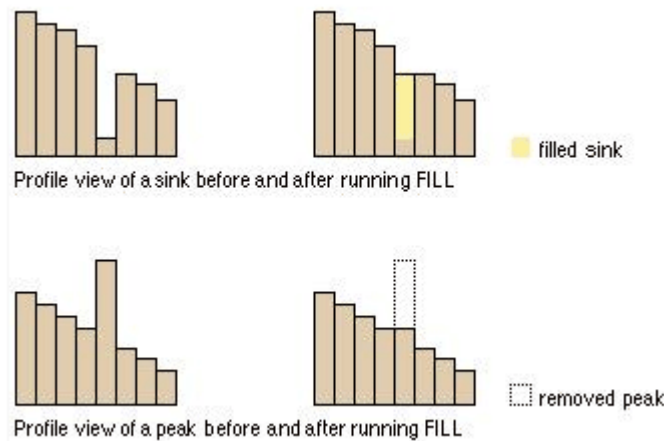


استخلاص شبكة الأودية من ملف DEM

يمكنك الحصول على ملف DEM راجع درس (تنزيل ملف نموذج الإرتفاع الرقمي DEM من SRTM) أو من صفحة بيانات GIS DATA على صفحتي هناك ملف DEM كامل للمملكة العربية السعودية تستطيع انزالها وأقتطاع الجزء الذي تريده من خلال أداة Clip في صندوق الأدوات Toolbox وبعدها تبدأ الخطوات التالية:

١- معالجة القيم الشاذة في الارتفاع: (Fill Sinks)

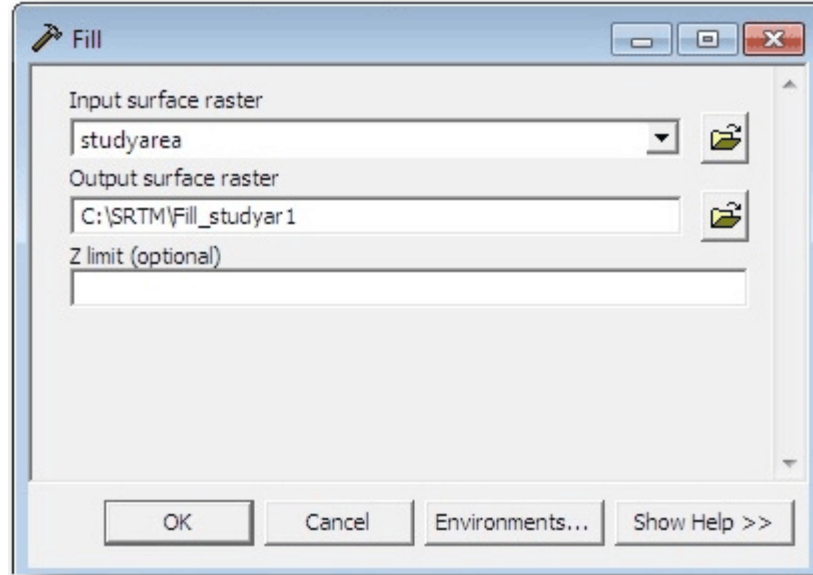
ملف الارتفاع يكون في صورة شبكة خلايا Raster ، كل خلية لها قيمة هي الارتفاع عن سطح البحر والخلية ذات الارتفاع الأعلى تصب في الخلية ذات الارتفاع الأقل في سلسلة متتابعة وتتواصل هذه السلسلة المتتابعة من ارتفاع أكبر إلى أصغر إلى أصغر وهكذا، فإذا ما حدث شذوذ في هذا التتابع مثل أن قابلت خلية ذات ارتفاع أكبر كتل مثلاً أو انخفاض كبير كحفرة فهذا بالنسبة للبرنامج معناه نهاية الوادي ويبدأ بعدها في احتساب وادي جديد، وما هو في الحقيقة إلا نفس الوادي ولكن اعترضه حفرة أو تل لذا من البداية يجب أن نقوم بإزالة هذا الارتفاع الشاذ أو هذه الحفرة وذلك بإعطائهما متوسط قيم الخلايا المجاورة من خلال العملية المسماة Fill Sinks والشكل التالي يوضح لنا هذا الأمر.



شكل رقم (٥) ملف الارتفاع الرقمي SRTM

لعمل Fill Sinks أولاً نذهب إلى القائمة Tools ونختار منها Extension ونتأكد من أن Spatial Analysis تم تفعيله لنعمل عليه وبعد ذلك نضغط على Arc Toolbox ومنه نضغط على Spatial Analysis ومنها نختار Hydrology ثم نختار Fill سوف تظهر الشاشة التالية أمام Input surface raster نختار الملف الجديد (IMG). وأمام Output surface raster ندخل اسم ومسار الملف الناتج كما يمكننا تحديد أقصى حد بالنسبة للارتفاع يمكن التعامل معه ولا يختلف الملف الناتج من حيث الشكل عن الملف المدخل.

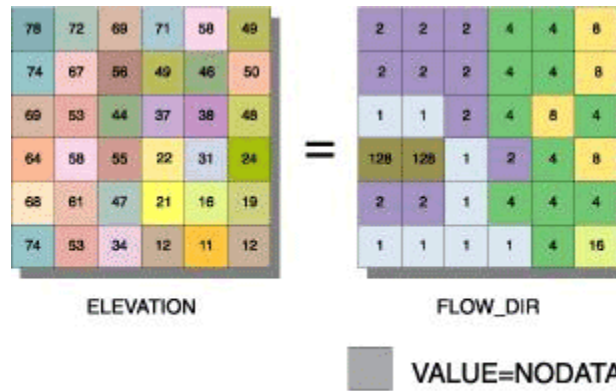
نقوم بادخال الملف بامتداد: IMG Input Surface raster
نحدد اسم ومسار الملف الناتج عن العملية: Output surface raster



شكل رقم (٦): يوضح كيفية عمل Fill

٢- اتجاه الجريان: (Flow Direction)

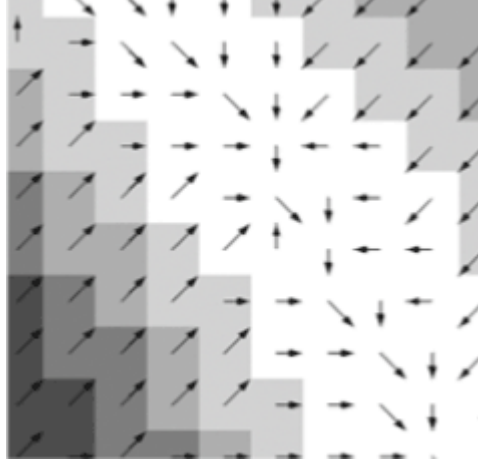
في هذه الخطوة نقوم بتحديد اتجاه الجريان للخلايا على أساس الارتفاع ونلاحظ في هذه الخطوة أننا نعمل على مستوى الخلية وليس على مستوى الارتفاع. أي أن كل خلية تؤدي إلى خلية مجاورة لها تكون أقل ارتفاعاً منها والملف الناتج عن هذه العملية يكون في صورة خلايا شبكية Raster وكل لها قيمة هي رقم من ثمانية أرقام ١ و ٢ و ٤ و ١٦ و ٣٢ و ٦٤ و ١٢٨ و ٢٥٦. وكل رقم له مدلوله عن الاتجاه.

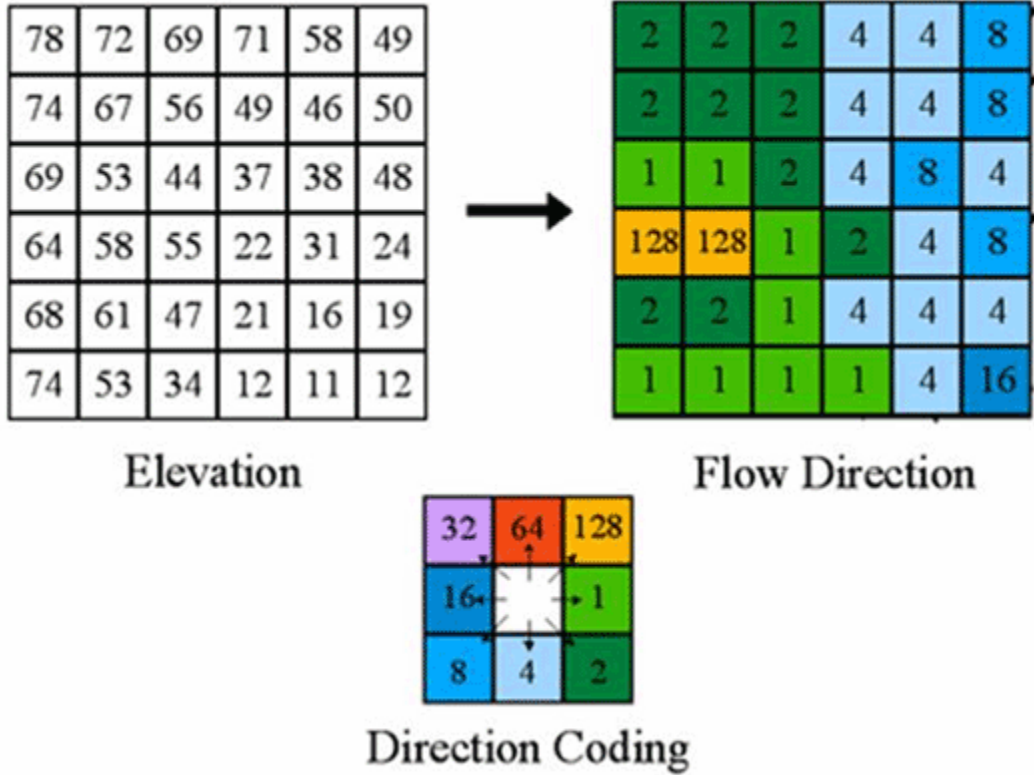


Expression: FLOWDIRECTION(ELEVATION)

بالنظر إلى الشكل أعلاه نجد أن ملف الارتفاع بناءً على قيمة الارتفاع للخلية ومقارنتها مع قيم ارتفاع الخلايا المجاورة ودلالة هذه الأرقام كالتالي:

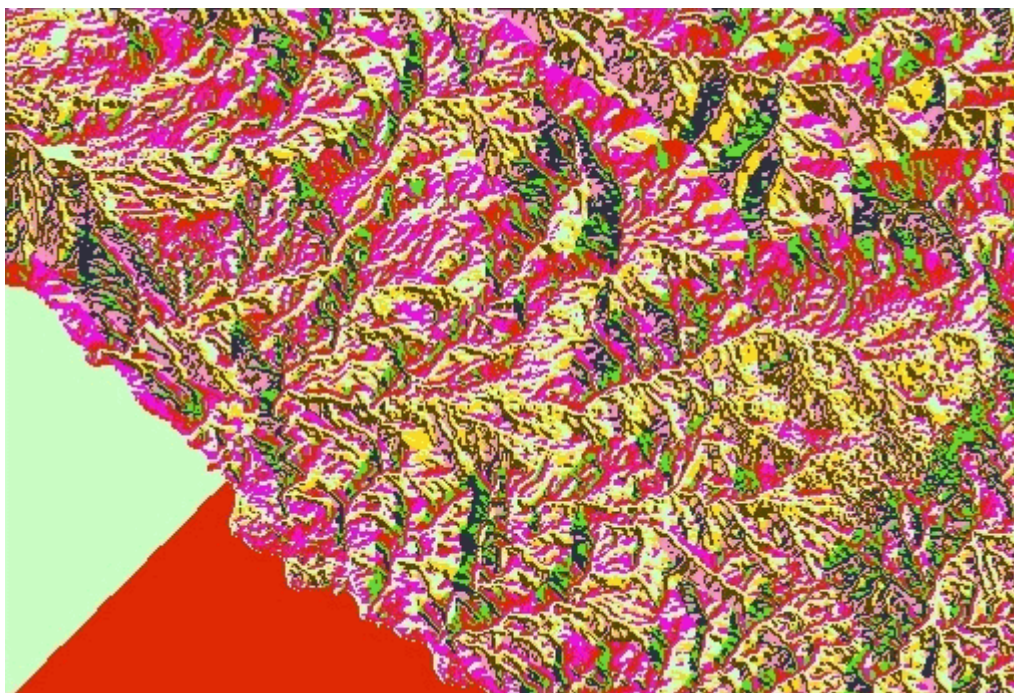
القيمة	الشرح
1	يمثل اتجاه الشرق
2	يمثل اتجاه الجنوب الشرقي
4	يمثل اتجاه الجنوب
8	يمثل اتجاه الجنوب الغربي
16	يمثل اتجاه الغرب
32	يمثل اتجاه الشمال الغربي
64	يمثل اتجاه الشمال
128	يمثل اتجاه الشمال الشرقي





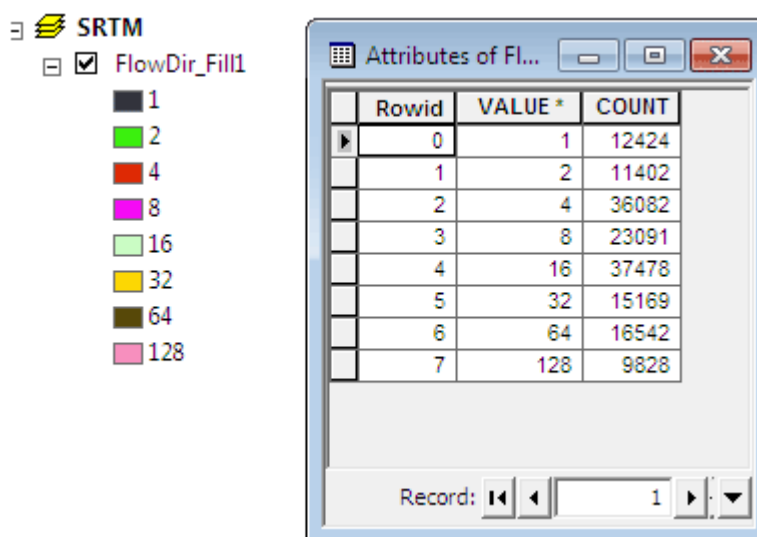
شكل رقم (٩): يوضح ملف الارتفاع و ملف إتجاه الجريان لملف الارتفاع وشكل يوضح مدلول كل رقم

نقوم بإدخال الملف الناتج عن العملية السابقة في Input Surface raster ، ونقوم بتحديد اسم ومسار الملف الناتج في Output Flow direction raster



شكل رقم (١٠): ملف اتجاه الجريان

يمكننا فتح بيانات الملف من خلال الضغط بزر الفأرة الأيمن على الملف FlowDir_Fill1 ونختار Open Attribute Layer فتظهر الشاشة التالية:



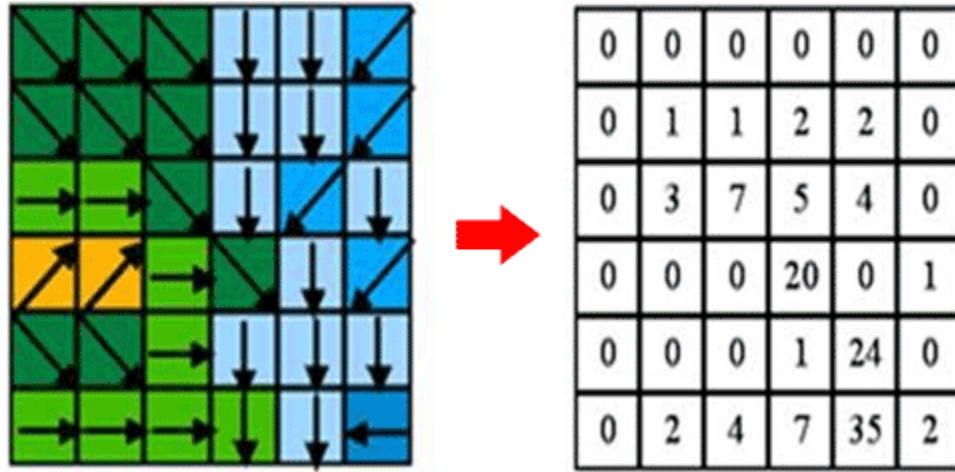
شكل رقم (١١): يوضح كل اتجاه وعدد الخلايا التي لها هذا الاتجاه

نلاحظ أن Value تحتوي الرقم المعبر عن الاتجاه، و Count تحتوي على إجمالي عدد الخلايا لكل اتجاه أي أن ١٢٤٢٤ خلايا لها اتجاه الشرق في الجريان، ولفهم هذه المرحلة بصورة أفضل يجب أن نستحضر مفهوم خطوط تقسيم المياه (Watershed) بين الروافد، حيث أن لكل رافد ووادي مناطق تقسيم مياه بمعنى أن الأمطار الساقطة سوف تسقط على هذا الوادي.

٣- تحديد مناطق تجمع المياه:(Flow Accumation)

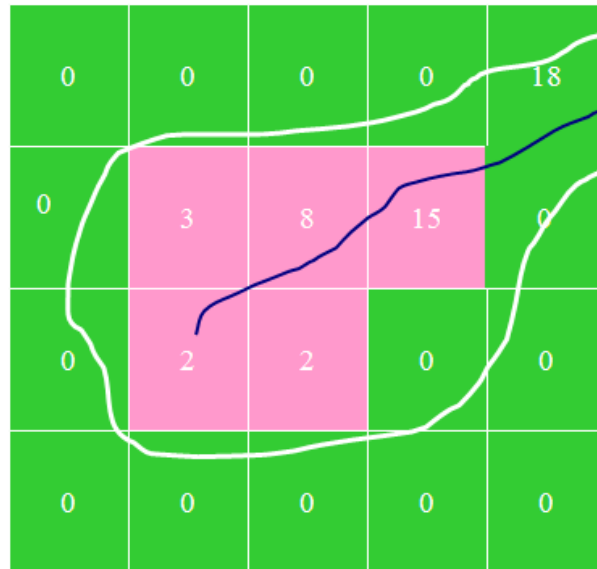
في هذه المرحلة سوف نقوم بحساب تجمعات الجريان حيث أن الناتج يكون ملف راستر تحتوي كل خلية على قيمة، هذه القيمة هي عدد الخلايا التي تكون أكثر ارتفاعاً عن هذه الخلية وتصب فيها أي تتجمع فيها المياه الساقطة على هذه الخلايا.

والمطلوب في هذه المرحلة إدخال الملف الناتج عن عملية اتجاه الجريان FlowDir_Fill1 هذا إذا لم تكن غيرت اسمه وبالنظر إلى الشكل التالي سوف ندرك ما يتم في هذه المرحلة.



شكل رقم (١٢) يسار) يوضح ملف اتجاه الجريان
شكل رقم (١٣) يمين) ملف مناطق تجمع المياه Flow Accumulation

نقوم بإدخال ملف اتجاه الجريان في In flow direction raster
ندخل اسم ومسار الملف الناتج عن العملية في Output accumulation raster



شكل رقم (١٤) يوضح الحاصل في عملية تحديد أماكن تجمع المياه

نجد في الشكل أعلاه أن كل خلية لها قيمة تمثل عدد الخلايا التي تصب فيها وهذا بالتحديد ما يتم تحديده في

الملف الناتج عن العملية، فالخلايا التي قيمتها صفر ليست ضمن حوض الوادي بطبيعة الحال والمجري باللون الأزرق، ونلاحظ أننا لم نصل بعد لتحديد الوادي ولكن تم وضعه في الشكل لتوضيح الفكرة، وأيضاً تم تلوين الخلايا التي هي بناءً على قيمها ستصبح ضمن حوض الوادي لنفس السبب.

المرحلة التالية هي تحديد المجاري المائية (Stream Definition) وهي الأهم والأخطر في كل المراحل لأن الخطوات التالية سوف تبني عليها، وهناك طريقتين في إنجاز هذه الخطوة الطريقة الأولى بالنقر بزر الفأرة الأيمن على طبقة FlowAcc_Flow1 واختيار Properties ومنها نختار Symbology ومن هذه النافذة نختار Classified ومنها نختار Classify فتظهر شاشة جديدة فيها سوف بتغيير القيم في Break Value ولكن السؤال المهم هنا بناءً على ماذا سوف نكتب القيم أو هذه الفئات وما عدد هذه الفئات، الحقيقة أنه لا يوجد قاعدة لتحديد عدد وقيم هذه الفئات وإنما الأمر يرجع إلى خبرة العمل والتجربة ولا شيء آخر، فمثلاً نفترض أن المنطقة يتراوح الارتفاع بها من ٥٠ إلى ٥٠٠ متر فيمكننا تحديد الفئات كالتالي (٢٠ - ٦٠) و (٦٠ - ٨٠) و (٨٠ - ١٥٠) و (١٥٠ - ٣٠٠) و (٣٠٠ - ٥٠٠) وبالضغط على Ok سوف تظهر الناتج على الطبقة FlowAcc_Flow1 فكلما تظهر الروافد كما هي في الخرائط ١:٢٥٠٠٠ وأحياناً تقل الدقة إلى مستوي دقة الخرائط ١:٥٠٠٠.

الطريقة الثانية هي الاعتماد على الاضافة Arc Hydrology Tool ويمكن تنزيل هذه الإضافة وشروح لها من هذه الرابط على موقع شركة ايزري <http://resources.arcgis.com/content/hydro-data-model> وسوف نختار من هذه الصفحة الجزء Download – Tools وبناءً على إصدار ArcGIS الموجود لدينا نقوم بتحديد الأدوات التي نقوم بتحميلها بدءاً من الإصدار ٨,٣ إلى الإصدار ٩,٣.

وسوف يقوم بتنزيل ملف مضغوط به ثلاثة ملفات تحتوي على شرح للأداة وآخر ملف exe لازم لتنزيل البرنامج بصورة صحيحة ويسمى ApFramework بالإضافة إلى الأداة نفسها Archydro_setup ونقوم بتنصيب الملفين.

أما عن كيفية استخدام الطريقة الثانية فإننا نقوم بإضافة الأداة عن طريق View > Toolbars > Arc Hydro Tool.

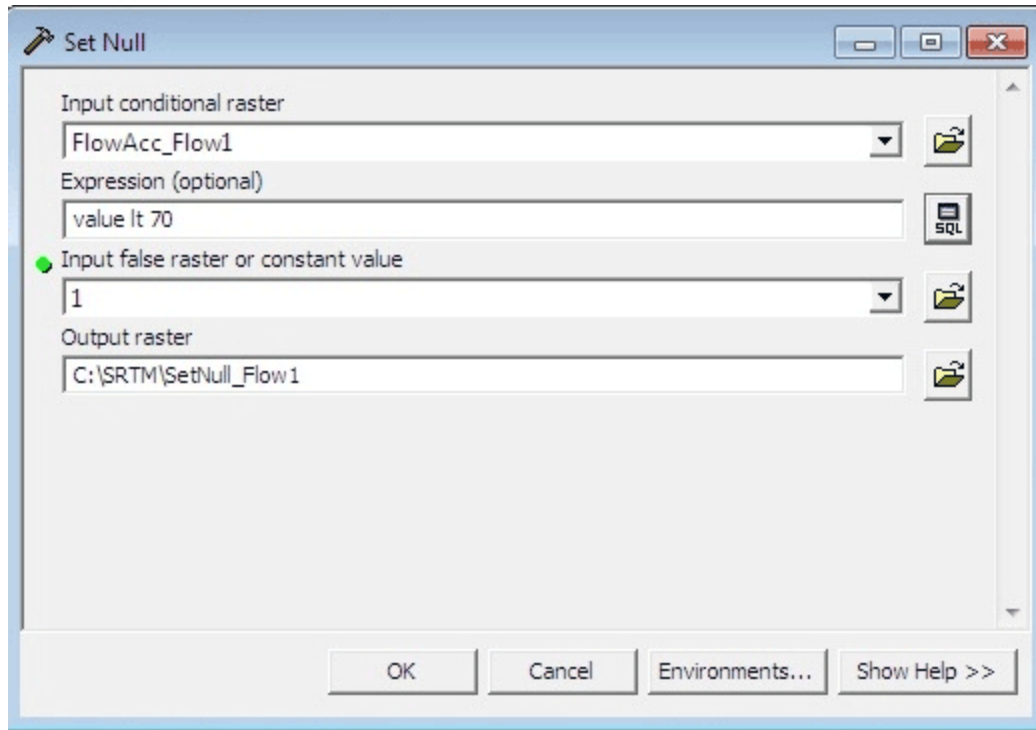
ونختار من هذا الشريط المضاف Terrain Preprocessing نختار منها Stream Denifination ونقوم بإدخال ملف تجمع المياه Flow Accumulation وسوف يقوم البرنامج بتحديد اسم ومسار افتراضي للمخرج وسوف تظهر شاشة تالية نقوم فيها بتحديد بداية احتساب الروافد إما عن طريق عدد الخلايا اللازمة لاحتساب ذلك الانخفاض رافد أو المساحة بالكيلومتر المربع والرقم الذي سوف نكتبه سوف يمثل الحد الأدنى لاحتساب أن ذلك رافد بمعنى أن أي مساحة أو عدد خلايا يقل عن الرقم المكتوب لن يتم احتسابه رافداً ضمن شبكة الوادي بما يعضد ما ذكرناه آنفاً بأهمية هذه المرحلة.

٤- إعادة تحديد قيم للخلايا التي لها قيم كاذبة:

في المرحلة السابقة تم تحديد مناطق تجمع المياه وحتى يظهر البرنامج هذه المناطق قام بإعطاء هذه المناطق الرقم صفر وأعطى باقي المناطق القيمة ١ في حين أنه كان من المفترض العكس أن مناطق تجمع المياه هي التي يكون لها قيمة وهذه ما سوف يتم عمله في هذه المرحلة.

من داخل Arc Toolbox نختار منها Spatial Analyst Tools نختار منها Conditional ومنها نختار SetNull والمدخل في هذه المرحلة هو Flow Accumulation Grid بعد عمل Classify لها أما إذا قمت بعمل Stream Definition فليست في حاجة إلى هذه المرحلة فقم بتجاوزها وانتقل إلى المرحلة التالية، وبالنسبة إلى خانة Expression فسوف نكتب التالي Value It 70 وهذه يعني اعتبار أن أدنى ارتفاع هو ٧٠ متر وأمام value raster or constant Input سوف نكتب القيمة الكاذبة التي سوف يقوم بتغييرها وهي " ١ " والبرنامج سوف يحدد اسم ومسار افتراضي للمخرج من هذه العملية SetNull_Flow1 ، وأمام Output raster نحدد مسار الملف الناتج ونكتب اسمه.

Arc Toolbox > Spatial Analyst Tools > Conditional > SetNull

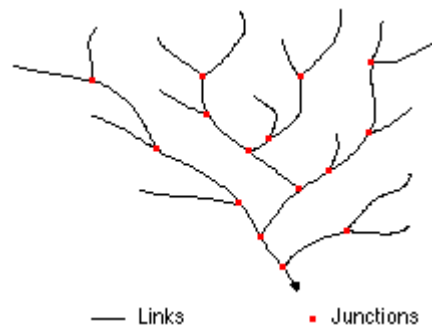


شكل رقم (١٥) كيفية تحديد قيم للخلايا ذات القيم الكاذبة باستخدام البرنامج

٥- ربط الروافد: (Stream Link)

في جميع المراحل السابقة كان العمل على مستوى الخلية أو الرافد ويجب أن تتصل الروافد داخل الوادي الواحد لذا في هذه الرحلة سوف يتم تحديد نقاط الاتصال Junction بين الروافد links ونقاط التقاء عناصر الشبكة وإعطاء كل نقطة اتصال قيمة منفردة، والمدخلات في هذه العملية هي Input Stream Raster وسوف ندخل الملف الناتج عن العملية السابقة SetNull_Flow1 أما إذا كنا قد قمنا بالعملية Stream Definition فإننا سوف نستخدم الناتج من هذه العملية، وأمام Input Flow Direction سوف ندخل ملف اتجاه الجريان الذي تم إنجازه في الخطوة الرابعة.

Arc Toolbox > Spatial Analysis Tools > Hydrology > Stream link

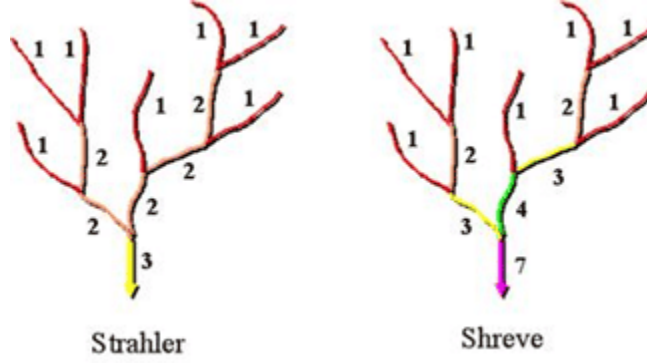


شكل رقم (١٦) يوضح الروافد ونقاط اتصال أو إلتقاء هذه الروافد

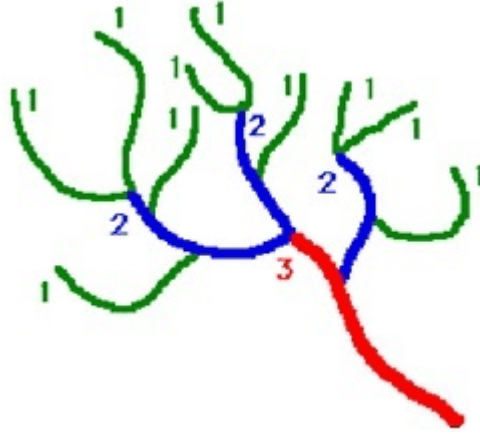
نقوم بادخال الملف الناتج عن العملية السابقة في Input stream raster
ندخل ملف اتجاه الجريان في Input flow direction raster
نحدد اسم ومسار الملف الناتج عن العملية في Output raster

٦- حساب الرتب النهرية: (Stream Order)

سوف نقوم في هذه المرحلة بحساب الرتب النهرية ومعرفة عدد الرتب النهرية وعدد الرتب للوادي رقم له مدلول على قوة الوادي بالنسبة للجيومورفولوجيا وليس بنفس الأهمية بالنسبة للهيدرولوجيا، إذ أن المهم هو الخصائص المورفومترية المتعلقة بالنمذجة الهيدرولوجية لذلك فإنك لن تجد هذه الأمور داخل البرامج المتخصصة في النمذجة الهيدرولوجية مثل برنامج Water Modeling System أو WMS وذلك لعدم أهميتها من الناحية الهيدرولوجية بالإضافة لعدم وضوحه والاتفاق على طريقة الترتيب هل طريقة استيلر أو شريف ويمكن المقارنة بين الطريقتين في الشكل أدناه جهة اليسار والصورة جهة اليمين توضح طريقة استيلر بصورة أوضح وتعرض كل رتبة بلون مختلف.



شكل رقم (١٧) تصنيف الرتب حسب طريقة استيلر وطريقة شريف



شكل رقم (١٨) تطبيق تصنيف استيلر على الوادي

والبيانات المدخلة إلى هذه الخطوة هي ناتج العملية السابقة Stream Link وأمام Input Flow Direction Raster نضع ملف اتجاه الجريان والبرنامج سوف يعين اسم ومسار الناتج وعليك أن تختار أحد الطريقتين Strahler أو Shreve ثم نضغط Ok.

والناتج يكون ملف شبكي Raster يظهر فيه الروافد كل رافد حسب الرتبة التي ينتمي إليها بلون مختلف.

Arc Toolbox > Spatial Analysis Tools > Hydrology > Stream link
ندخل الملف الناتج عن العملية السابقة في Input stream raster
ندخل ملف اتجاه الجريان في Input flow direction raster
نحدد مسار ونكتب اسم الملف الناتج عن العملية في Output raster

نختار أحد طريقتي التصنيف STRAHLER/SHREVE في Method of stream ordering

٧- تحويل الشبكة المائية من ملف شبكي Raster إلى ملف خطي Vector:

هذه المرحلة سوف نقوم فيها بتحويل الملف الشبكي إلى خطي Vector باستخدام الأمر Stream to Feature والمدخلات لهذه العملية هي Input Stream Feature وفيها نضع الملف الناتج عن العملية السابقة Stream Order وأمام Input Flow Direction نقوم بإدخال ملف اتجاه الجريان والبرنامج سيعين اسم ومسار الملف الناتج. ناتج هذه العملية هو ملف خطي في صورة Shapefile ونوعه خط Line والحقل Grid Code وهو يتضمن رتبة الراقد.

بالتالي يكون لدينا الروافد والشبكة المائية كاملة ولكن يتبقى لنا بعض الوظائف التي يمكن تعلمها ثم شرح كيفية استخراج البيانات التي تستخدم في عمل التحليلات الموقوتية.

Arc Toolbox > Spatial Analysis Tools > Hydrology > Stream to Feature

ندخل الملف الناتج عن العملية السابقة في Input stream raster
ندخل ملف اتجاه الجريان في Input flow direction raster
نحدد مسار ونكتب اسم ناتج العملية في Output Polyline features



شكل رقم (١٩) ناتج العملية طبقة ملف خطي وتحتها الملف الشبكي

٨- تحديد مساحة الحوض: (Basin)

تتم جميع العمليات على الملف الشبكي كاملاً ولكن إذا أردنا إظهار مساحة الحوض لكل وادي منفصلاً كيف يتم ذلك؟ هذا ما سوف نقوم بعمله في هذه الخطوة من خلال الأمر Basin والموجود أيضاً ضمن Hydrology حيث يطلب البرنامج إدخال ملف اتجاه الجريان فقط ليخرج لنا ملف به كل حوض وادي له لون يميزه عن الوادي عن بقية الأودية بالملف.

Arc Toolbox > Spatial Analysis Tools > Hydrology > Basin
ندخل ملف اتجاه الجريان في Input flow direction raster
نحدد مسار ونكتب اسم الملف الناتج عن العملية في Output raster

ومن الجدير بالذكر أنه يمكن فصل كل واد منفرداً وتحويل إلى صورة خطية Vector وذلك من خلال الخطوات التالية، والمدخل إلى هذه العملية هو الملف الناتج عن عملية تحديد الأحواض Basin ونختار الحقل الذي سوف يتم أخذه من الخلية هل قيمه أم العدد والصحيح أن نختار القيمة Value وبالتالي يكون كل وادي لدينا منفرداً وفي صورة Vector وبالتالي يمكننا معرفة مساحة ومحيط الحوض بصورة بسيطة.

Arc Toolbox > Conversion Tools > From Raster > Raster to Polygon
ندخل الملف الناتج عن Basin في Input raster
نحدد Value في Field
نحدد مسار ونكتب اسم ناتج العملية في Output polygon features

٩- الوصول للبيانات اللازمة لانجاز معادلات التحليل المورفومتري:

يجب أن نعلم أن البرنامج يعتبر نقط الالتقاء فواصل بين الروافد بمعنى وجود نقطة التقاء يقوم بتجزئة الرافد في حين أنه طالما أن الرافد لا يتجزأ وإن مر به نقطة التقاء إلا إذا تغيرت رتبته إلى رتبة أعلي فقط ولكن البرنامج كما ذكرنا يجعل كل جزء Segment منفصلاً فيجب عمل دمج Merge لهذا الرافد الذي قطعه البرنامج إلى أجزاء منفصلة وذلك قبل البدء في استخلاص أي بيانات ويجب أيضاً عمل Topology واستخدام القاعدة Must Not Have Paused وذلك للتأكد من أننا استكملنا عملية الدمج لكل الروافد.

لدينا من الخطوة السابقة مساحة الحوض ومحيطه، ويمكن استخدام أدوات القياس Measurement في قياس أقصى عرض وطول للوادي.

يجب فصل كل وادي على حدة وذلك بعمل اختيار Selection على كل روافد الوادي ثم عمل Export data له، كما نقوم بالتعامل مع كل رتبة بصورة منفردة ونستخدم الامر Statistics في استخلاص بيانات كل رتبة على حدة.

تقديم: أ. فهد المطلق
المصدر: CAD, GIS, & GPS Magazine