

دراسة مورفومترية لانماط احواض التصريف المائية ضمن محافظة المثنى باستخدام تقانتي نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

نادية أحمد عزيز

زيدون طه عبد الرزاق

Received: 22/ 03/ 2016, Accepted: 13/ 05/ 2016

كلمات مفتاح: الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، نموذج الارتفاع الرقمي، حوض الوادي ورتب التصريف .

الخلاصة

يهدف البحث إلى تحديد الخصائص المورفومترية لأنماط التصريف للمنطقة عن طريق استخدام نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) في الحسابات الهيدرولوجية والمورفولوجية للوديان والمساحات المائية، حيث تم الاعتماد على موديل الارتفاعات الرقمية لمحافظة المثنى باستخدام أدوات ArcToolbox ضمن برنامج ArcMap لتحليل خصائص شبكة التصريف المائية للأحواض. مثلت أنماط التصريف العامل الأهم في تحديد مجاري المياه عن طريق تحديد الانحدارات في المنطقة وتحديد الشكل المورفولوجي والطوبوغرافي لسطح الأرض، كما تم تحديد أربعة أحواض تصريف رئيسية (Watersheds) وتحديد رتب التصريف (Stream Orders) وتصنيفها إلى ست مراتب ثم تحديد نقاط التصريف والتي تمثل نقاط التقاء الرتب والتي من الممكن إن تشكل لاحقا مسطح مائي.

Study of Geomorphology and Drainage Patterns of Muthanna Governorate by Using GIS and Remote Sensing Techniques

Zaidoon Taha Abdulrazzaq

Nadia Ahmed Aziz

Abstract

The research aims to determine the morphometric characteristics of the drainage patterns of the area through the use of a digital elevation model (DEM) in hydrological calculations and morphological valleys and waterbodies. Digital Elevation Data were used in the creation of the database to the Muthanna governorate using ArcToolbox within the ArcMap program to get to the water drainage network of the basin. The drainage patterns represent the main factor to determine the water streams by identifying the slopes in the region and identify morphological and topographical shapes of the earth surface, four major Watersheds and six stream orders are determined then the determination of outlet, which represents the streams orders confluence which can be formed later of waterbody.

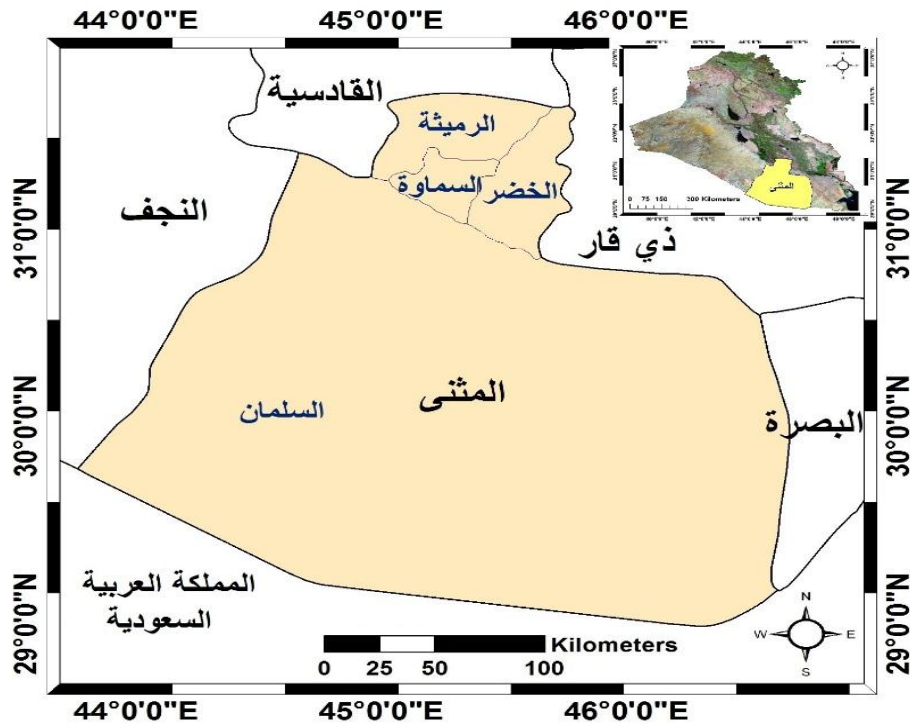
Ministry of Science and Technology/ Space Directorate and Communication. zaidoon.taha@live.com

المقدمة

يعد استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات الاستشعار عن بعد Remote Sensing من الأدوات الهامة والفعالة في تخطيط وإدارة الموارد الطبيعية (التربة والمياه والغطاء النباتي) والمحافظة عليها من أخطار التلوث والاستنزاف ورفع كفاءة استخدامها، والتعرف على خصائصها وأماكن تواجدتها ثم مراقبتها ووضع الخطط لاستغلالها (Lillisand & Kiefer, 2008)، كما تعد من أفضل التقنيات المستخدمة في دراسة التغييرات المورفولوجية والطوبوغرافية وتحليل الظواهر الجيومورفولوجية وتحديد إيعادها وانحداراتها وذلك من خلال عمل مجموعة من الخرائط الجيومورفولوجية (تحليلية وموضوعية) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وتتمثل في خرائط التكوين وإشكال التضاريس والبيانات المورفومترية (الارتفاعات والانحدارات) (حسن وآخرون، ٢٠١٥).

لقد حققت هذه التقنيات تطور كبير رافق الحاجة الملحة لإدارة الموارد المائية باستخدام البرمجيات المتقدمة مثل برنامج ArcGIS وبرنامج Erdas Imaging وغيرها، كوسيلة دعم للباحثين وصناع القرار في إدارة المياه، حيث تعد من أهم الموارد الطبيعية على الإطلاق وعاملاً أساسياً ترتكز عليه حياة الإنسان وكافة أنشطته الاجتماعية والاقتصادية في مختلف المجالات ويتميز المياه من غيرها من الموارد الطبيعية بأن كميته ثابتة في الكرة الأرضية ويتجدد خلال فترة محددة من الزمن بفضل الدورة الهيدرولوجية (البطاط، ٢٠٠٩).

لقد زاد الاهتمام بالدراسات المورفومترية لشبكات الأنهار بعد الدراسة الرائدة لهورتون (Horton, 1945)، وتبع ذلك مجموعة كبيرة من الباحثين أمثال (Maxwell, 1955) و (Schumm, 1956) و (Strahler, 1957) و (Shreve, 1966) حيث بينوا أن الخصائص المورفومترية للأحواض النهرية هي نتاج العوامل الطبيعية المتمثلة في التكوين الصخري، والبنية الجيولوجية، والمناخ، والغطاء النباتي.



شكل (1): خارطة إدارية لمحافظة المثنى.

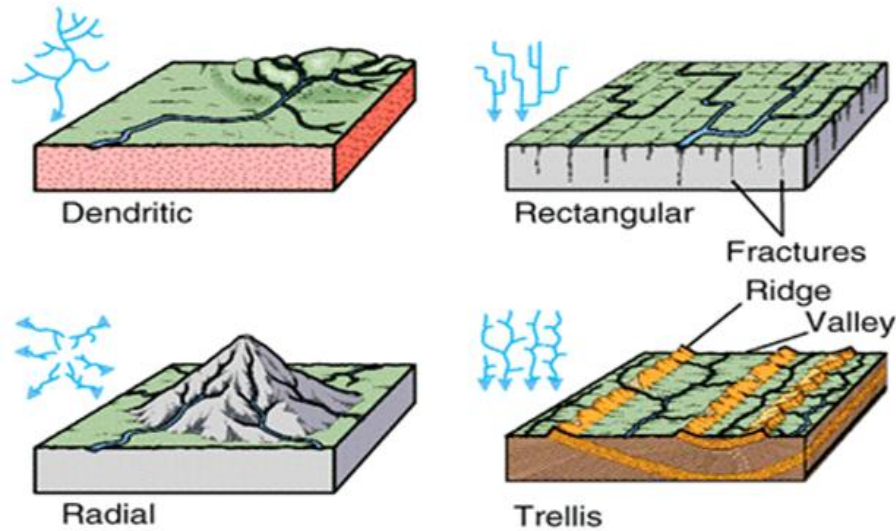
منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة بين خطي طول (٤٤°-٤٧°) وخطي عرض (٢٩°-٣٢°) المتمثلة بمحافظة المثنى (شكل ١). تقسم المحافظة إلى أربعة أفضية وهي (السماوة، السلما، الرميثة والخضر)، وتعتبر ثاني أكبر محافظة في العراق حيث تبلغ مساحتها حوالي (٥٣٠٠٠) كيلو متراً مربعاً، كما يبلغ محيطها حوالي (١٠١٠) كيلو متراً. يحدها من الشمال محافظتي النجف والديوانية، ويحدها من الجنوب المملكة العربية السعودية، ومن الشرق محافظتي البصرة وذي قار.

شبكات ونظم الصرف Drainage Systems and Patterns

يعتبر مجرى المياه الواحد جزء صغير من نظام صرف أكبر منه بكثير. فكل نظام صرف يتكون من حوض الصرف Drainage Basin، وهو يشمل المساحة التي تساهم في جمع الماء للمجرى (Pidwirny, 2006). ويفصل بين كل حوض صرف وآخر خط وهمي يسمى خط تقسيم المياه (Drainage Divide)، ويتراوح حجم هذا الخط من مرتفع يفصل جدولين، إلى القسم الجبلي القاري، الذي يقسم القارات إلى عدة أحواض هائلة. وقد يفصل خط التقسيم نظامي صرف لرافدي نهر واحد عندها يكون هذان النظامان جزءاً من نظام واحد أكبر حجماً. وتتكون نظم الصرف من شبكة من المجاري المائية التي تشكل من مجموعها نظاماً معيناً للصرف (Particular Patterns). وتختلف نظم الصرف من مكان إلى آخر حسب مكونات الصخور التي تخترقها أو النمط التركيبي للصدوع والطيات (شكل ٢) وكما يلي :-

- ١- نظام الصرف الشجري Dendritic Pattern:- وهو أكثر نظم الصرف انتشاراً، ويتميز هذا النظام بروافد متفرعة وغير منتظمة من مجاري المياه التي تشبه فروع الأشجار.
- ٢- نظام الصرف المتعامد Rectangular:- نظام الصرف المتعامد ويمكن هنا ملاحظة العديد من الزوايا القائمة بداخله ويتكون هذا النظام من الصرف في منطقة مقطعة بالصدوع والفواصل.
- ٣- نظام الصرف الإشعاعي Radial:- ويتكون مثل هذا النظام بمناطق مخروطات البراكين المنعزلة وتراكيب القباب المرتفعة.



شكل (٢): أنواع نظم التصريف (Thornberry, 1975).

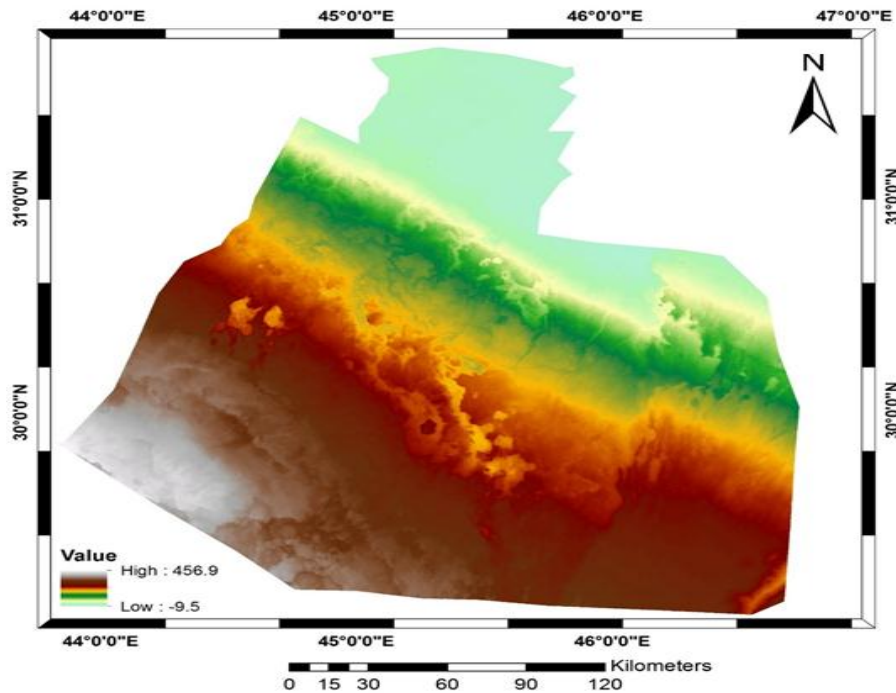
٤- نظام الصرف التعريشي (المتوازي) Trellis :- وهو نظام صرف متعامد تكون فيه الروافد متوازية تقريباً مع بعضها البعض فيما يشبه تعريشه الحدائق، يوجد هذا النوع من الوديان على أجنحة الطيات المحدبة والتي تبدأ عادة بعد خروج الوديان من مناطق محاور الطيات المحدبة (Pidwirny, 2006).

طرق البحث

منهجية الدراسة

تمت الدراسة باستخدام موديل الارتفاعات الرقمي والمشتق من البيانات الرادارية (SRTM)، اختصار لعبارة (Shuttle Radar Topography Mission)، وبدقة مكانية ٩٠ متر (شكل ٣)، وهو ملف ناتج عن المسح الراداري للتضاريس قام به مكوك الفضاء إنديفور (Endeavour) التابع لوكالة الفضاء ناسا عام ٢٠٠٠، حيث تمت معالجة الموديل باستخدام برنامج (Arc GIS (V.10.2.1).

استخدم نموذج الارتفاع الرقمي لإجراء الحسابات الهيدرولوجية والمورفولوجية للوديان الأحواض لاستخراج أنماط التصريف للمنطقة. يعد نموذج الارتفاعات الرقمية أحد المكونات الأساسية لأنظمة المعلومات الجغرافية والقاعدة التي يعتمد عليها لاستنتاج خصائص السطح التضاريسي لأي منطقة (العزاوي والعبدي، ٢٠٠٧)، والتي تقيد في العديد من المجالات العلمية والتطبيقية، منها الدراسات البيئية والدراسات الهيدرولوجية وإدارة الموارد الطبيعية. كما انه يعتبر وسيلة متقدمة للتعامل مع البيانات لأنها توفر أساليب دقيقة في تحليل البيانات المكانية وربطها بالبيانات الوصفية. فهو يشكل القاعدة التي يعتمد عليها لاستنتاج المعلومات المتعلقة بالأنهار وروافدها وخصائصها المورفولوجية والنمذجة الهيدرولوجية للوديان.

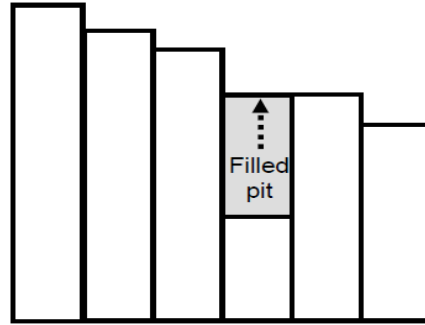


شكل (٣) : موديل الارتفاعات الرقمي (DEM) لمحافظة المثنى.

هناك مجموعة اشتقاقات من الخرائط يجب إعدادها لغرض دراسة مورفولوجية المنطقة وهي:

١. معالجة القيم الشاذة في الارتفاع Fill Sinks

يقوم هذا الاشتقاق بتصحيح نموذج الارتفاع الرقمي وذلك بملىء البالوعات الموجودة في النموذج (ESRI, 2008)، حيث يكون ملف الارتفاع على 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، حيث يقوم بإزالة الارتفاع الشاذ أو هذه الحفرة وذلك بإعطائهما متوسط قيم الخلايا المجاورة من خلال العملية المسماة Fill Sinks كما في الشكل (٤).

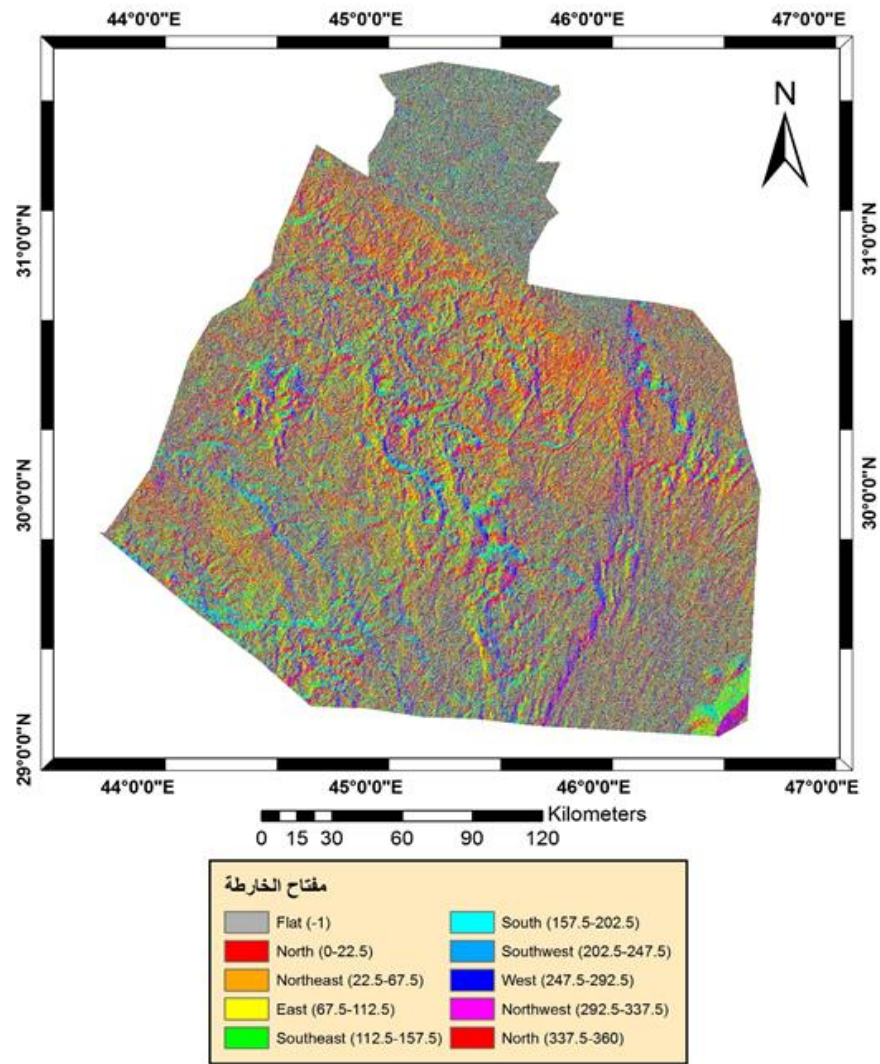


شكل (٤): يوضح عملية تصحيح القيم الشاذة (Chinnayakanahalli, et al. 2006).

٢. حساب اتجاه الانحدار Aspect

اتجاه الانحدار هو المظهر، ويعني هل إن الانحدار هو باتجاه الشمال أو الجنوب أو الشمال الغربي أو الجنوب الغربي (العزاوي والعبيدي، ٢٠٠٧)، وهكذا وحيث أن المظهر (Aspect) يشير إلى المنطقة الأكثر انحدارا لاتجاه الانحدار في موقع معين وان اتجاه الانحدار يعني وجه المنطقة المرتفعة أو وجه التل أو الجبل (Hill face) (Price, 2004). يمكن حساب اتجاه الانحدار Aspect لكل مثلث موجود في شبكة المثلثات المنتظمة (TIN) أو يمكن حسابه لكل خلية موجودة في الهيئة الخلية (Raster) (حسن واخرون، ٢٠١٥). يتم حساب اتجاه الانحدار باتجاه عقارب الساعة وبالدرجات ويبدأ من الشمال بالدرجة (صفر) وينتهي مرة أخرى في الشمال ليكمل دورة كاملة (٣٦٠ درجة) لكل خلية (PIXEL) في الهيئة الخلية (Raster) انحدار معين ينتج عنه المظهر (Aspect) (ESRI, 2008).

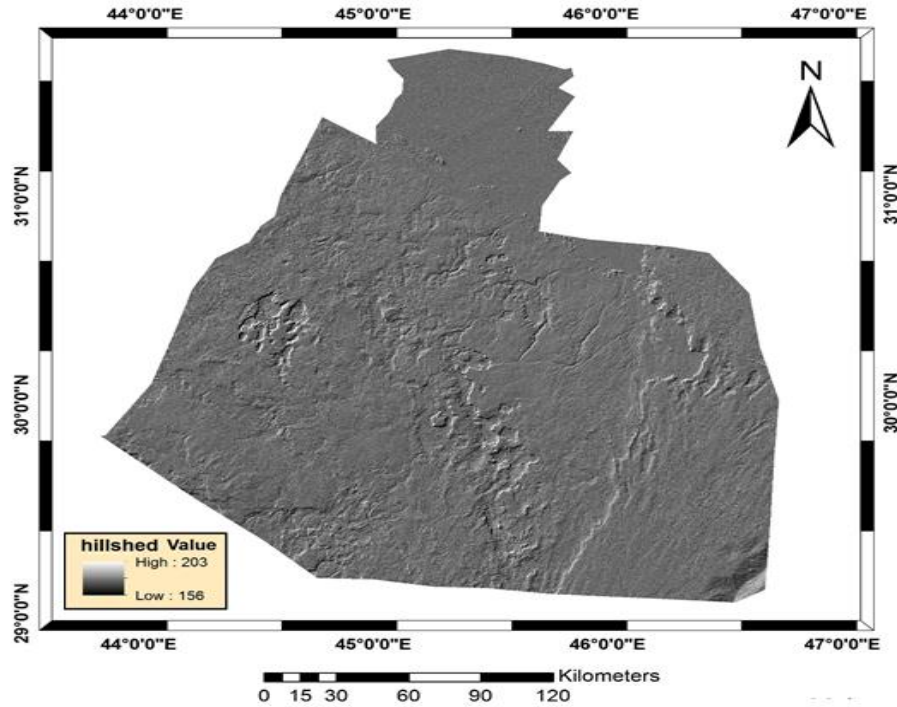
أما أهم فوائد حساب المظهر (Aspect) هي حساب ومعرفة اتجاه الانحدار في المنطقة والذي يساعد في التنبؤ والحد من خطر الانهيارات وانزلاقات التربة والصخور (Land Slide)، حيث كان اتجاه الانحدار في منطقة الدراسة هو الشمال والشمال الغربي كما في (شكل ٥). كما تساعد خارطة المظهر في معرفة المناطق ذات الانحدار القليل لغرض استخدامها في المشاريع المختلفة (العزاوي والعبيدي، ٢٠٠٧).



شكل (٥): يوضح خارطة اتجاه الانحدار (Aspect) لمنطقة الدراسة.

٣. اشتقاق خارطة ظلال التلال (Hill Shade)

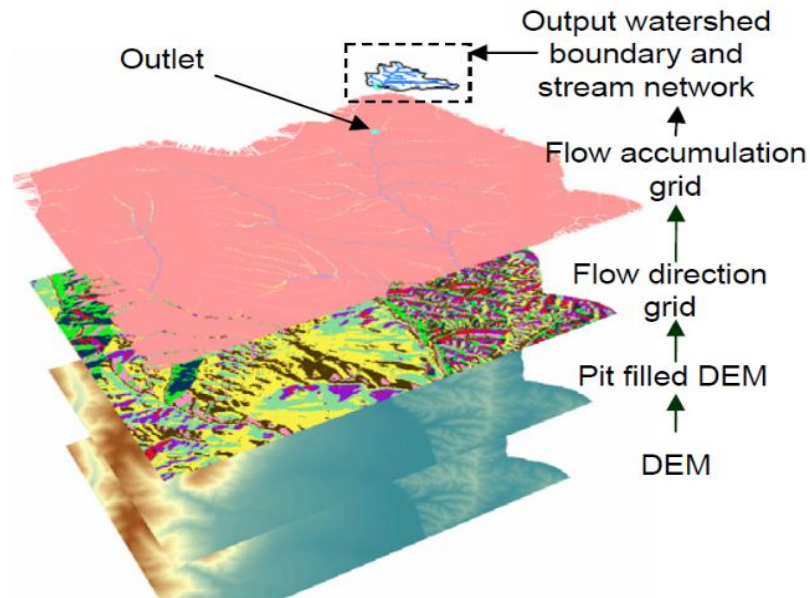
تعطي هذه الميزة إنارة افتراضية للسطح (Surface) بتحديد قيم أو كمية الإضاءة لكل خلية من خلايا الهيئة الخلوية (Raster) تتم عملية تحليل الظلال من خلال تسليط ضوء أو إي مصدر إنارة على كل خلية موجودة في الهيئة الخلوية وحساب تأثير تلك الإنارة على الخلايا المجاورة (شكل ٦) (العزاوي والعبيدي، ٢٠٠٧)، تكون تدرجات اللون الرمادي افتراضية في برنامج Arc GIS. أن المقصود بالإنارة هو ضوء الشمس وتكون زوايا إنارة ضوء شمس ابتداء من (٠-١٨٠ درجة) من لحظات الشروق حتى الغروب حتى تعطي أفضل النتائج ويكون القياس باتجاه عقارب الساعة (Lillisand & Kiefer, 2008). إن الغاية من استخدام هذا الشكل هو حساب الظل لكل خلية وتحديد الخلايا الواقعة تحت تأثير ظل خلايا أخرى في نفس الوقت من اليوم وتستخدم كذلك في تحديد واختيار مناطق لإقامة مشاريع سياحية وتحديد أفضل مواقع لإنشاء ووضع الخلايا الشمسية (العزاوي والعبيدي، ٢٠٠٧).



شكل (٦): خارطة ظلال التلال لمنطقة الدراسة.

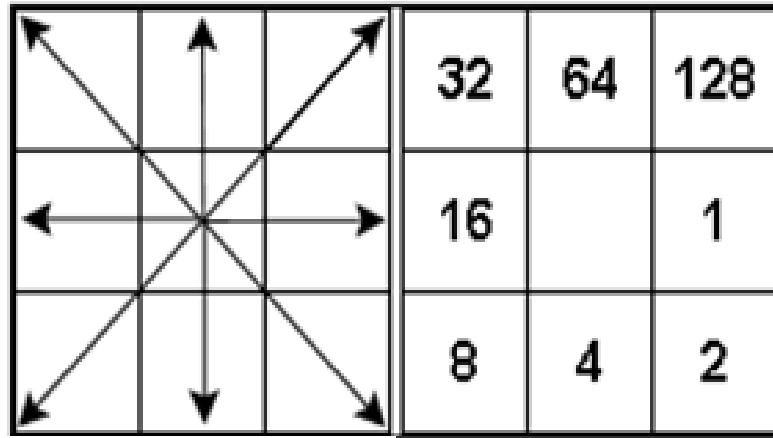
٤. اشتقاق شبكات واحواض التصريف

توفر أنظمة المعلومات الجغرافية وباستخدام نموذج الارتفاع الرقمي إمكانية استنتاج المعالم الخطية كمجري السيول وخطوط التصريف والمعالم المساحية كحدود أحواض التصريف وان استنتاج هذه المعلومات مهمة في الاستفادة منها في مجال عملية المحاكاة لجريان مياه الأمطار. هناك سلسلة من الاشتقاق يجب القيام بها ضمن بيئة برنامج ArcGIS باستخدام حزمة أدوات الهيدرولوجي (Hydrology toolbox) للحصول على أحواض وشبكات تصريف منطقة الدراسة، شكل (٧) وهي كما يلي:



شكل (٧) : يوضح سلسلة اشتقاق أحواض وشبكات التصريف (Chinnayakanahalli, et al. 2006).

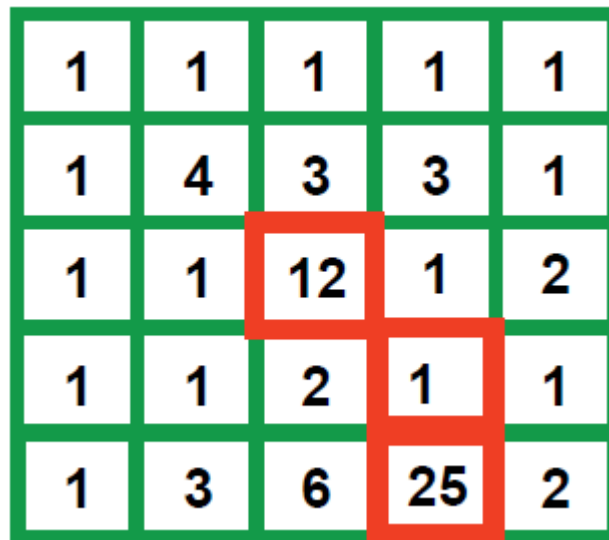
- اتجاه الجريان (Flow Direction): وهي عملية تحديد اتجاه الجريان للخلايا على أساس الارتفاع، أي أن كل خلية تؤدي إلى خلية مجاورة لها تكون أقل ارتفاعاً منها كما في الشكل (٨).



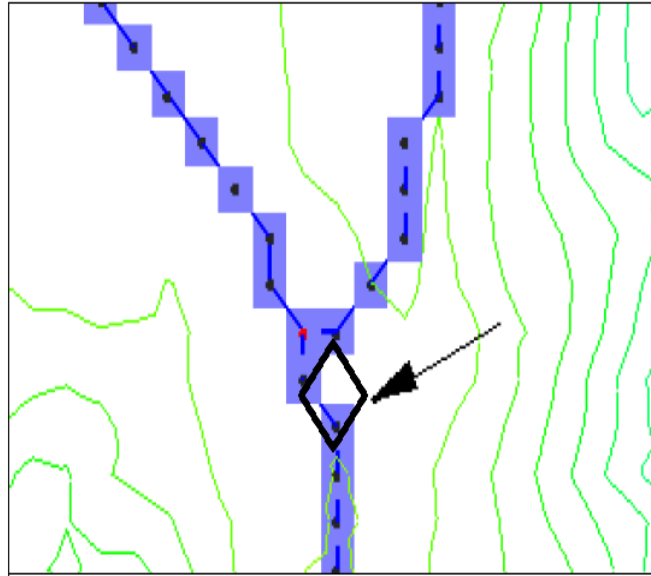
شكل (٨) : يوضح مصفوفة اتجاه الجريان (MaDGIC, 2014).

- تحديد مناطق تجمع المياه (Flow Accumulation)

يقوم بحساب تجمعات الجريان ويكون الناتج على شكل ملف شبكي تحتوي كل خلية على قيمة والتي تمثل عدد الخلايا الأكثر ارتفاعاً عن هذه الخلية وتصب فيها أي تتجمع فيها المياه الساقطة على هذه الخلايا (MaDGIC, 2014) كما في الشكل (٩). عند تطبيق هذا الاشتقاق يتوضح عندها الأودية الرئيسية في المنطقة، عندها نطلب من البرنامج تحديد الأودية الرئيسية باستخدام الإيعاز (Snap Pour Point) وذلك عن طريق عمل ملف نقطي بصيغة (Shapefile) نحدد مواقع نقاط التقاء الأودية الرئيسية (شكل ١٠).



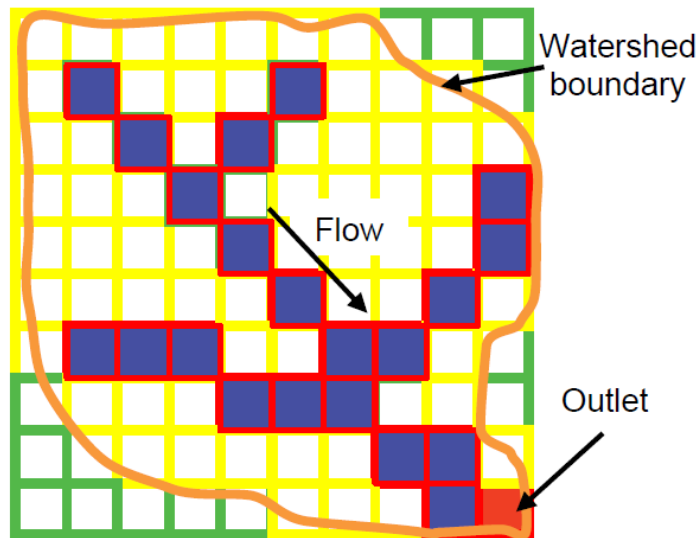
شكل (٩) : يوضح مناطق تجمع المياه (Chinnayakanahalli, et al. 2006).



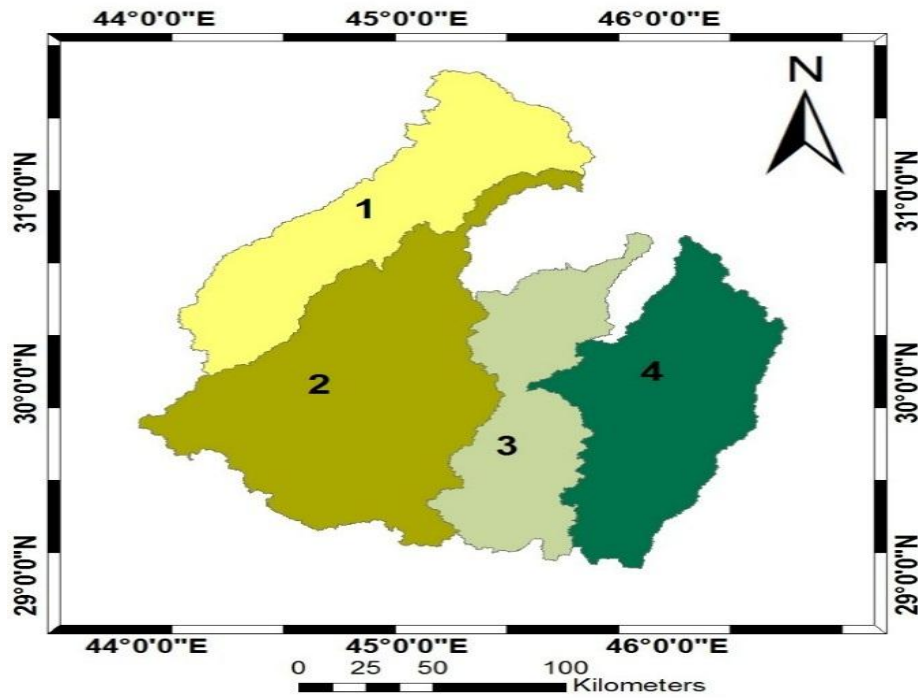
شكل ١٠: يوضح عملية تحديد نقاط التقاء الأودية (Aquaveo, LLC. 2008).

- حوض التصريف (Watershed)

حوض تصريف المياه أو المستجمع المائي هو مساحة من الأرض تتقارب وتتجمع فيها عدة أودية لتشكل مجرى رئيسي واحد حيث تقوم بتجميع مياه الأمطار أو الثلوج وتوجيهها إلى جسم مائي مثل (نهر، بحيرة، هور، بحر أو محيط) عند نقطة واحدة منخفضة الارتفاع (شكل ١١)، تكون عادة عند مصب حوض التصريف (Outlet)، حيث تندمج المياه المتجمعة مع كتلة مائية أخرى، ويمكن تقسيم المستجمع المائي إلى أحواض تصريف أصغر في المساحة اعتماداً على نقاط تجمع داخل المستجمع أعلى ارتفاعاً في اتجاه المراحل العليا من شبكة التصريف (DeBarry, 2004). يتم اشتقاق أحواض التصريف من ملف اتجاه الجريان (Flow Direction) بالاعتماد على ملف نقاط التقاء الأودية (Pour Point) (ArcGIS Resources, 2013). حيث تم تحديد أربعة أحواض تصريف رئيسية لمنطقة الدراسة (شكل ١٢).



شكل (١١) : يوضح عملية اشتقاق حوض التصريف (Chinnayakanahalli, et al. 2006).

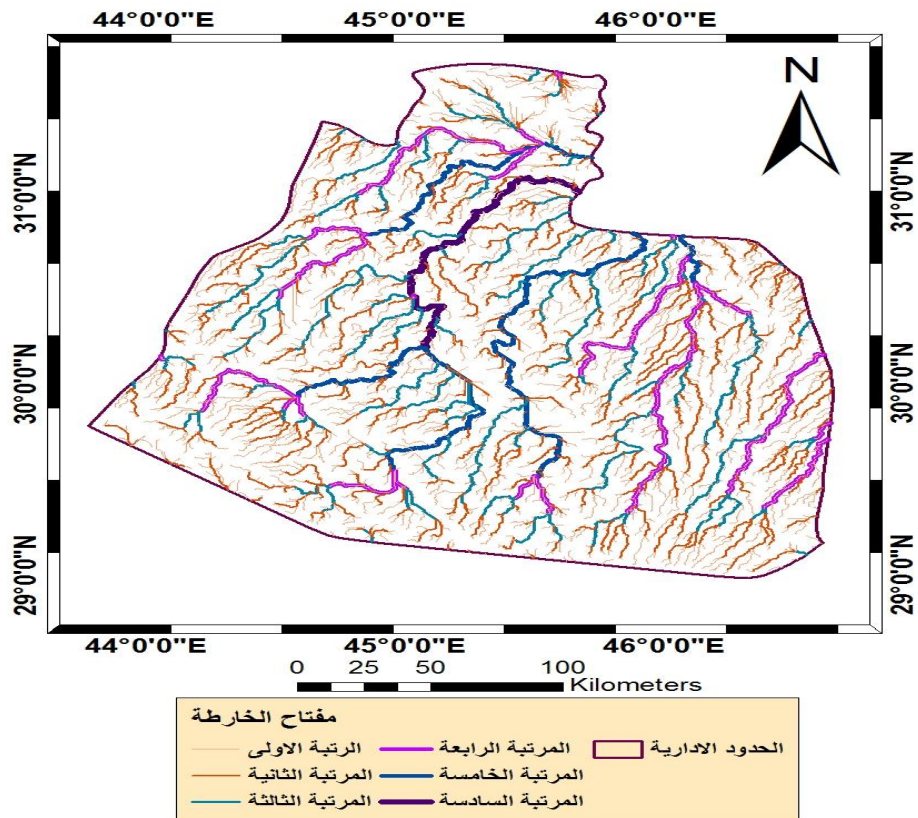


شكل (١٢) يوضح أحواض التصريف الرئيسية لمنطقة الدراسة.

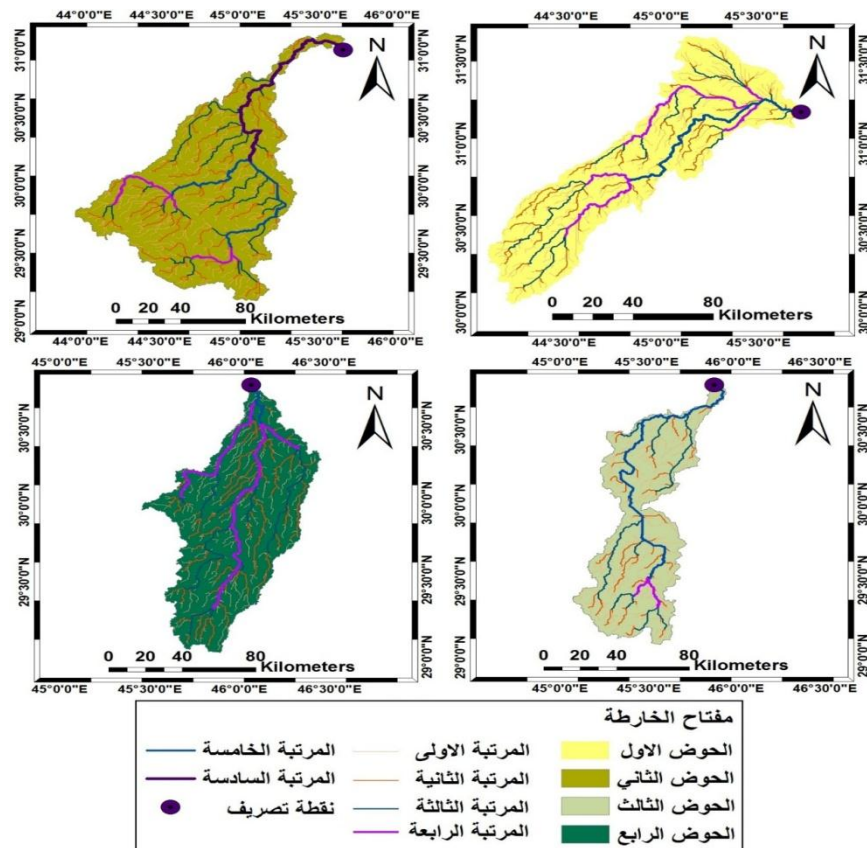
- الرتب النهرية Stream Orders

يعد حساب الرتب النهرية ومعرفة عدد الرتب النهرية وعدد الرتب للوادي رقم له مدلول على قوة الوادي بالنسبة للجيومورفولوجيا، إذ اعتمد في هذا البحث على طريقة (Strahler, 1957) والتي تنص على إن أي رافد لا يرفده روافد نهريّة أخرى يعتبر من الدرجة الأولى، وإن التقاء رافدين من المرتبة الأولى يكونان رافد من المرتبة الثانية، وهكذا في باقي الرتب الأعلى، وإن دخول رافد من مرتبة أقل على رافد من مرتبة أعلى لا يؤثر على ترتيب المرتبة الأعلى.

يتم اشتقاق الرتب النهرية ببرنامج ArcGIS من خلال الإيعاز (Stream Order) الموجود ضمن حزمة الهيدرولوجيا والتي تشتق من ملف تجمع المياه (Flow Accumulation) وملف اتجاه الجريان (Flow Direction)، إذ وصل عدد الرتب إلى المرتبة السادسة (شكل ١٣)، ثم اجري عليها عملية عزل (Extraction) حسب أحواض التصريف الموجودة في المنطقة (شكل ١٤).



شكل (١٣) : الرتب النهرية لمنطقة الدراسة.



شكل (١٤) : أحواض وشبكات تصريف منطقة الدراسة.

٥. خصائص الحوض وشبكات التصريف المائية

تعد خصائص الحوض وشبكة التصريف المائية انعكاس للظروف الجيولوجية والتضاريسية والمناخية، فضلاً عن عامل الزمن، ويمكن حساب هذه الخصائص من خلال تطبيق المعادلات الآتية على منطقة الدراسة (Morisawa, 1985).

$$\text{كثافة التصريف الطولية للحوض} = \frac{\text{مجموع اطوال الجداول المائية}}{\text{مساحة الحوض}}$$

$$\text{كثافة التصريف العددية للحوض} = \frac{\text{مجموع اعداد الجداول المائية}}{\text{مساحة الحوض}}$$

$$\text{نسبة التقطع للحوض} = \frac{\text{مجموع اعداد الجداول المائية}}{\text{مساحة الحوض}}$$

تم حساب خصائص الحوض وشبكات التصريف المائية بشكل آلي بواسطة برنامج ArcGIS وبرنامج Excel كما مدرجة في الجدول (١)، كما تم حساب عدد الجداول لكل رتبة وأطوالها كما في الجدول (٢).

جدول (١) : خصائص أحواض وشبكات التصريف منطقة الدراسة.

رقم الحوض	مساحة الحوض (كم ^٢)	محيط الحوض (كم)	طول الحوض (كم)	أقصى عرض للحوض (كم)	عدد المراتب	عدد الجداول المائية	مجموع اطوال الجداول المائية (كم)	كثافة التصريف الطولية	كثافة التصريف العددية	نسبة التقطع
1	8324.1	738.29	163.1	75	5	407	2144.782	0.2577	0.049	0.551
2	13839	974.44	217	132	6	619	2557.051	0.1848	0.045	0.635
3	6746.7	748.77	187.1	48.66	5	311	1024.421	0.1518	0.046	0.415
4	8990.8	679.45	191.1	84	5	378	2339.972	0.2603	0.042	0.556

جدول (٢): عدد الجداول وأطوالها لكل رتبة.

رقم الحوض	عدد جداول الرتبة الاولى (كم)	اطوال جداول الرتبة الاولى (كم)	عدد جداول الرتبة الثانية	اطوال جداول الرتبة الثانية (كم)	عدد جداول الرتبة الثالثة	اطوال جداول الرتبة الثالثة (كم)	عدد جداول الرتبة الرابعة	اطوال جداول الرتبة الرابعة (كم)	عدد جداول الرتبة الخامسة	اطوال جداول الرتبة الخامسة (كم)	عدد جداول الرتبة السادسة	اطوال جداول الرتبة السادسة (كم)
1	306	1412.9	79	635.32	16	61.425	5	34.2032	1	0.8859		
2	481	2164	104	238.86	25	113.08	6	21.9957	2	11.8318	1	7.32451
3	237	961.07	56	13.742	15	43.964	2	1.19913	1	4.44663		
4	301	1401.2	62	885.23	11	44.755	3	8.12119	1	0.69587		

النتائج والمناقشة

١. لاستخدام التقنيات الحديثة للاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية أهمية كبيرة في الحصول على بيانات ومعلومات دقيقة يصعب الوصول إليها بوسائل الدراسة التقليدية، كما بينت الدراسة إمكانية نموذج الارتفاع الرقمي وبرمجيات الحاسوب في تحليل وحساب المعاملات والخصائص المورفومترية بدقة كبيرة.
٢. توفير الوقت والجهد خاصة بعد تطور تقنية الاستشعار عن بعد وارتباطها بتقنيات الحاسبات الآلية والبرامج المختلفة والتي تحول البيانات إلى معلومات وأيضاً استخدام برامج الحاسوب التي تعتمد على المعادلات الرياضية الأساسية.
٣. أوضحت خارطة المظهر Aspect اتجاه الانحدار في منطقة الدراسة وهو الشمال والشمال الغربي.
٤. أوضحت خارطة الظلال إن أفضل مواقع لوضع خلايا شمسية هو الجزء الشمالي من المنطقة بينما يمكن الاستفادة من المناطق ذات الظلال العالية في حالة إقامة مشاريع سياحية كما في جنوب وجنوب شرق المنطقة.
٥. تم تحديد نوعين من أنماط التصريف في منطقة الدراسة وهما النمط الشجري والنمط المتوازي.
٦. وصل عدد رتب أنماط التصريف في المنطقة إلى الرتبة السادسة مما يؤهلها إلى تجميع وحصاد المياه بشكل جيد وبطاقة استيعابية جيدة. بالإضافة إلى تحديد ثلاثة مواقع أخرى ملائمة للسدود والخزانات في ضوء المعلومات المورفومترية والهيدرولوجية.
٧. بينت الدراسة إمكانية توظيف وتطبيق النتائج المشتقة من نموذج الارتفاع الرقمي والذي يدعم بشكل مباشر عمليات صنع القرار في مختلف المجالات العلمية كالهندسة المدنية وإدارة الموارد المائية واستعمالات الأرض.

المصادر

- البطاط، منتظر فاضل، ٢٠٠٩. تلوث المياه في العراق وآثاره البيئية. مجلة القادسية للعلوم الإدارية والاقتصادية، المجلد ١١، العدد ٤.
- العزاوي، علي عبد العبيدي، احمد حامد، ٢٠٠٧. اشتقاق المعلومات الجيومورفولوجية من البيانات الرادارية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية الموصل دراسة حالة، مجلة جامعة تكريت للعلوم الإنسانية، المجلد ١٤، العدد ١٠.
- حسن، احمد عباس. ناجي، ميثم محمد و رشيد، مؤيد جاسم، ٢٠١٥. استخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة جيومورفولوجية لطية بيخير شمال العراق. مجلة جامعة بابل، العلوم الصرفة والتطبيقية، المجلد ٢٣، العدد ١.

Aquaveo, LLC. ,2008. Watershed Modeling System, WMS v8.1 Tutorials– Volume 2, http://www.utdallas.edu/~brikowi/Teaching/Applied_Modeling/SurfaceWater/WMS/Tutor_81_VOL_II.pdf.

ArcGIS Resources ,2013. “ArcGIS Help 10.1”. ESRI, Retrieved 8 March 2014 from <http://resources.arcgis.com/en/help/>.

- Chinnayakanahalli, K. Hill, R. Olson, J. Kroeber, C. Tarboton, D. G. and Hawkins, C. ,2006.** The Multi-Watershed Delineation Tool: GIS Software in Support of Regional Watershed Analyses. GNU General Public License version 2, <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>.
- DeBarry, P. A. ,2004.** Watersheds: Processes, Assessment and Management. John Wiley & Sons Inc. Canada, 740P.
- ESRI ,2008.** Manual of Arc GIS. Version 9.3, USA.
- Horton, R. E. ,1945.** Erosional development of streams and their drainage basins, Bull. Geol. Soc. Amer., 56: 275-370.
- Lillisand, T. M. and Kiefer, R. W. ,2008.** Remote sensing and Image Interpretation. John Wiley and sons Inc. 6th Ed. Canada, 756p.
- MaDGIC, 2014.** Watershed Delineation with ArcGIS 10.2.x. Trent University Library Maps, Data & Government Information Centre.
- Maxwell, J. C. ,1955.** The bifurcation Ratio in Horton's law Numbers, Am. Geophys. Union. Tr., 36: 520.
- Morisawa, M. ,1985.** Morphology Texts Rivers form and Process, Longman group Ltd, New York.
- Pidwirny, M. ,2006.** The Drainage Basin Concept. Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition.
- Price, M. H. ,2004.** Mastering Arc GIS, McGraw Hill companies, P 586.
- Schumm, S. A. ,1956.** Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Amboy. New Jersey: Geol. Soc. Am. Bull., 67: 597- 646.
- Strahler, A. N. ,1957.** Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. Am. Geophys. Union, Vol. 38 (6), pp. 913-920.
- Shreve, R. L. ,1966.** Statistical law of stream numbers. J. Geology, Vol.74, pp.17-38.
- Thornberry, W. D.,1975.** Principles of Geomorphology. Dar Al-Kutub Press, Mosul.