إعداد المخطط التوجيهي لأنظمة المياه باستخدام النماذج الرقمية للارتفاعات ومعالجتها في GIS

جامعة دمشق –كلية الهندسة المدنية –قسم الطبوغرافيا

المهندس محمد وسيم ديب ضاهر – الدكتور المشرف:د.م. بشار دحدل

الملخص

النموذج الرقمي للارتفاع (Digital Elevation Model) واختصاراً (DEM) هو حجر الأساس الذي يبني فوقه تحليل السطوح الطبوغرافية ويمكن تعريفه بأنه الصورة الشبكية التي تحتوي على قيم رقمية تمثل فيه قيمة كل بكسل متوسط ارتفاع سطح الأرض في مساحة هذا البكسل، وظهرت أهمية نماذج الارتفاعات الرقمية بشكل كبير وواسع في العديد من الخرائط المنتجة والتي بدورها تدعم عدد من التطبيقات الهامة كتحليل السطوح، وخطوط الكنتور،وشبكات التصريف، والأحواض المائية . وقد أثبتت هذه النماذج فعاليتها عبر السنين في الدراسات الهيدرولوجية كاستنباط المسيلات المائية والأحواض الصبابة وتحليل الفيضانات.

في هذه البحث تم إجراء التحليل الهيدرولوجي لثلاثة نماذج ارتفاعات رقمية مختلفة المصدر:(طبوغرافية، ونموذج من القمر الصناعي SRTM، ونموذج من تطبيق غوغل ايرث لنفس المنطقة) وبالنتيجة تم اعتماد نموذج الارتفاع الرقمي الطبوغرافي للتحليلات الهيدرولوجية واستنتاج المسيلات واتجاهاتها. تم بناء المخطط التوجيهي للشبكة الهندسية للصرف الصحي والإمداد بمياه الشرب بما يتوافق مع اتجاهات المسيلات ضمن هذه المنطقة ذات التضاريس الصعبة والتي يمكن تعميم هذه النتائج على ذات المناطق ذات التضاريس المشابهة؛ وخاصة بحالة غياب توافر المخططات الطبوغرافية.

الكلمات المفتاحية: نموذج الارتفاع الرقمي، غوغل ايرث، SRTM.

Prepare a master plan for water systems using digital elevation models and manipulate it in GIS

Damascus University - Faculty of Civil Engineering – Department of Topography.

E. Mohamad Waseem Deeb Daher – Supervising Doctor: Dr. Bashar Dadal

ABSTRACT

The Digital Elevation Model (DEM) is the cornerstone on which topographic surface analysis is built, and it can be defined as the network image that contains numerical values in which the value of each pixel represents the average height of the Earth's surface in the area of this pixel, and the importance of elevation models emerged. Numerous maps are widely used in digital formats, which in turn support a number of important applications, such as surface analysis, contour lines, drainage networks, and water basins. These models have proven their effectiveness over the years in hydrological studies, such as estimation of water bodies, estuarine basins and flood analysis.

In this research, the hydrological analysis was carried out for three different digital elevation models: a topographical model, a model from the SRTM satellite, and a model from the Google Earth application for the same area. As a result, the topographical digital elevation model was adopted for the hydrological analyzes and deducing the flows and their directions. The master plan for the engineering network for sewage and drinking water supply was built in accordance with the directions of the flows within this difficult terrain area, and these results can be generalized to the same areas with similar terrain; Especially in the case of the absence of topographical plans.

Keywords: digital elevation model, Google Earth, SRTM.

1- مقدمة:

تعتبر شبكات المياه والصرف الصحي واحدة من أهم البنى التحتية في الدول بل إن مدى تقدم الدول أصبح يقاس بمدى فاعلية هذه الشبكات لما تلعبه من دور في تنمية وزيادة التحضر والتقدم على صعيدي السكان والاقتصاد، وتتعدد طرائق إنشاء ورسم وتحليل هذه الشبكات حيث كانت سابقا ترسم وتحلل يدويا أما اليوم فإنها تستخدم برامج ونظم حاسوبية متطورة متعددة الاستخدامات مثل برامج الأوتوكاد والآرشكاد، وأحد هذه النظم المتطورة هي نظم المعلومات الجغرافية (GIS) الذي بدأ استخدامه في فترة الستينيات من القرن المنصرم وأصبح الآن أحد أهم النظم المستخدمة لتحليل البيانات والرسومات مكانيا وزمانيا. إن أحد التطورات الهامة التي انعكست إيجابا على دراسات الظواهر الهيدرولوجية هو توفر النماذج الارتفاعية الرقمية بأشكالها المختلفة، وتوفر البرمجيات اللازمة لاستعراضها وقراءتها وتحليلها، تعد نماذج الارتفاعية الرقمية من أهم مصادر معلومات ارتفاعات سطح الأرض المتاحة والأكثر انتشارا واستخداماً، وهي تغطي تقريبا كامل سطح الأرض ومتوفرة وبدقات مختلفة، وبالتالي نستطيع اعتمادها حتى في أكثر المناطق التي يصعب الوصول إليها بالطرائق التقليدية. ولا يخفى على الباحثين في هذا المجال دور أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) وملحقاتها المتخصصة في مجالات الدراسات المائية، مثل Arc Hydro الذي يعتبر أداة متطورة في تحليل النماذج الارتفاعية الرقمية واستخدامها في دراسات تحديد الأحواض الساكبة واستنتاج مجاري الأنهار، بدءا بالمسيلات الصغيرة المنحدرة من حدود الحوض الساكب وفق منهجيات خاصة، تبدأ بتحسين النموذج الارتفاعي وتهيئته للمسألة المطروحة واستنتاج خارطة اتجاهات الجريان Flow Directions، إلى خارطة المسيلات وتراكماتها التجميعية ومن ثم تشكيل الأحواض الساكبة الجزئية والكلية وبناء الشبكة الهيدروديناميكية بشكل كامل للحوض المدروس ،لقد مرَّت النماذج الارتفاعية الرقمية بخطوات متلاحقة من عمليات التطوير

والتحسين بفضل تطور أدوات جمع مثل هذه البيانات وتكنولوجيا الاستشعار عن بعد. **[1]**

ويمكن الحصول على نموذج الارتفاعات الرقمية من طرائق عدة أهمها:

– من خلال صور الأقمار الصناعية المتخصصة لإنتاج نماذج ارتفاعات رقمية مثل ال (SPOT ortho) والتي تتوافر بدقة (4–2 متر) أو باستخدام طريقة (InSAR) لصور الرادار ومنها صور الرادار (SRTM) الذي يوفر تغطية عالمية وبدقة (30 متر).

– من خلال عمليات الاستيفاء أو الاستكمال (Interpolation) لبيانات حقلية مقاسه مثلا بالنيفو أو قائس المسافات الالكتروني أو بيانات تم تحويلها من الخرائط الطبوغرافية للشكل الرقمي بعملية الرقمنة.

– بيانات جاهزة بواسطة جهات مختصة مثل بيانات (GTOPO) التي تنتجها المساحة الجيولوجية الأمريكية والغير متوفرة لمنطقتنا. **[2]**

إن نماذج الارتفاعات المستوفاة من القياسات الأرضية (سواء المساحة الأرضية أو المساحة التصويرية) تكون أدق جدا من النماذج العالمية المنتجة من مرئيات الأقمار الصناعية ، حيث يمكن أن تصل الدقة الرأسية للنماذج الأرضية حتى (0.1 متر) أو أكثر بينما النماذج العالمية للمرئيات الفضائية ربما لا تتجاوز دقتها (8–5متر). لكن النماذج الأرضية مكلفة جدا وقد لا تكون متوفرة في مقابل أن النماذج العالمية مجانية وبتغطية شاملة لمناطق الكرة الأرضية.

هذا ويعتبر تحليل الخصائص الهيدرولوجية لسطح الأرض واحد من أهم تطبيقات تحليل السطوح الأرضية ويحتاجه المختصون من الحقول المختلفة مثل الزراعة والإدارة البيئية وإدارة الكوارث الطبيعية والتخطيط العمراني، إن الخصائص الهيدرولوجية لسطح الأرض يعني بها مجموعة الخصائص التي تتحكم في حركة ماء المطر الساقط أو المياه السطحية على الأرض وتجمعه. وثمة خاصيتين رئيستين يعنى بهما نظم المعلومات

الجغرافية ((Geographic Information System (GIS) وهما أحواض الصرف والمسيلات المائية. و يعد نظام المعلومات الجغرافية (GIS) أداة قوية للمساعدة لتقدير إمدادات المياه وإدارة الموارد المائية ورسم وتحليل الشبكات الخطية وخاصة شبكات إمداد المياه والصرف الصحي.

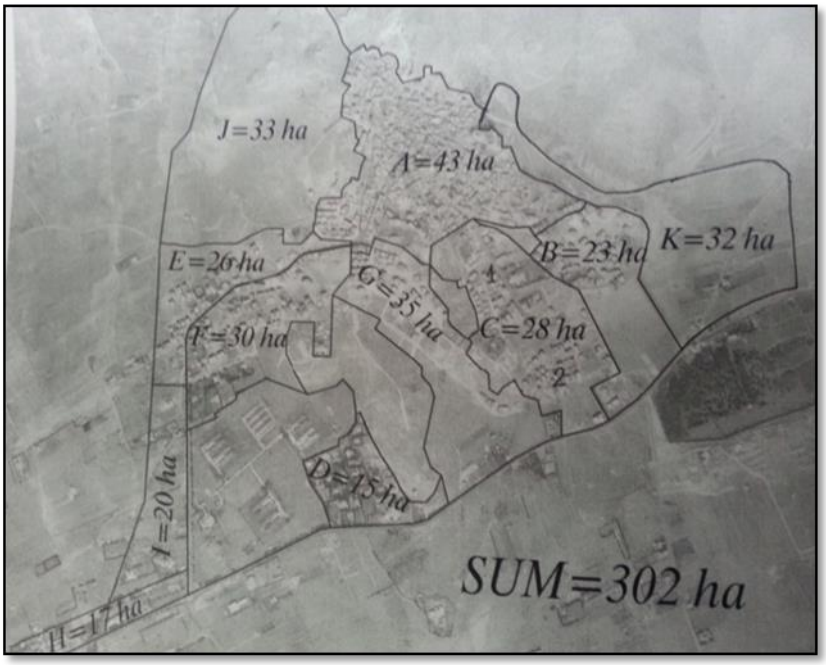
2- أهمية و أهداف البحث:

تبرز أهمية البحث في دراسة وتحليل نماذج الارتفاعات الرقمية الثلاث (الطبوغرافي والمنتج من مرئيات الأقمار الصناعية سواء من (Google Earth) أو من (SRTM) وذلك للاستفادة منها في تخطيط شبكات تمديد المياه والصرف الصحي لمناطق ذات تضاريس صعبة نسبياً وفي حال عدم توافر المخططات الطبوغرافية أيضا. إضافة إلى استخدام التحليلات المكانية ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية لاستنتاج المسارات التخطيطية الفضلى لأنظمة المياه وشبكات الصرف الصحي في منطقة الدراسة ذات التضاريس الطبيعية الصعبة والمعقدة نسبيا، بما يحقق المسار الأمثل للشبكات ويمنع تعارضها مع الشبكات الأخرى في المنطقة، وربطها بالشبكات الحالية القائمة بالمدينة إضافة لإمكانية العودة إليه لأعمال الصيانة والتوسع المستقبلية.

و تتمثل أهداف البحث باستخدام النمذجة الهيدرولوجية لنماذج الارتفاعات الرقمية الثلاث ومقارنتها من حيث شكل الجريان وانتشاره وأطوال المسيلات، ومن ثم إنشاء الشبكة الهندسية كمخطط توجيهي لشبكة تمديد المياه وشبكة الصرف الصحي بما يتلاءم مع الدراسة الهيدرولوجية .

3- مواد وطرق البحث:

منطقة الدراسة : صيدنايا هي مدينة سورية تتبع إدارياً لمنطقة التل في الريف الغربي لمحافظة ريف دمشق وتتميز بطبيعة جغرافية جبلية عالية وصخرية قاسية. تقع منطقة الدراسة بمنطقة التوسع غربي المخطط التنظيمي وهي المنطقة **J** على الشكل (1) .



الشكل (1) : المخطط التنظيمي لمدينة صيدنايا مع منطقة التوسع (J)

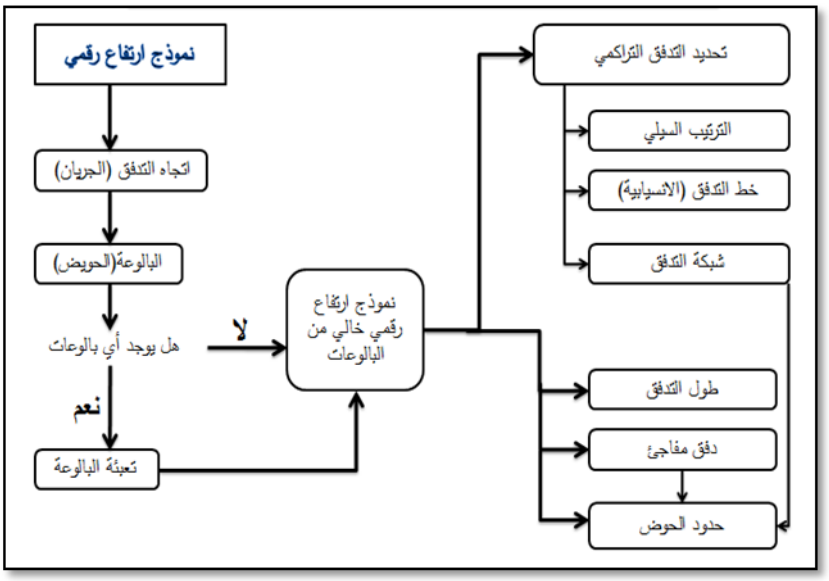
البيانات والبرامج المستخدمة :

- مخطط طبوغرافي بمقياس 1/2000
- نموذج ارتفاعي رقمي من القمر SRTM.
- 1500 نقطة مستخلصة من تطبيق Google Earth .
- المخطط التنظيمي و شبكات المياه والصرف الصحي لمدينة صيدنايا.
- برنامج ArcGIS 10.3.

التحليلات الهيدرولوجية:

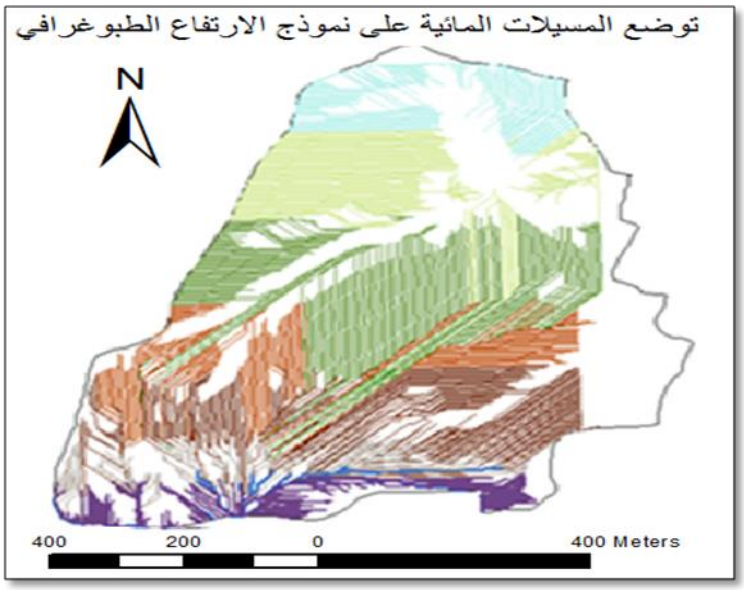
تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في علم الهيدرولوجيا مفيدة بشكل خاص للتحليلات على نطاق مستجمعات المياه مثل نمذجة المياه السطحية والجوفية المتكاملة ، ونمذجة المياه الجوفية الإقليمية ، وتحليلات جودة المياه. وتشمل هذه الدراسة مجموعة من

الخطوات التي تطبق على نماذج الارتفاعات الثلاثة السابقة والتي يمكن تلخيصها بما يلي وفق الشكل التالي (2) :

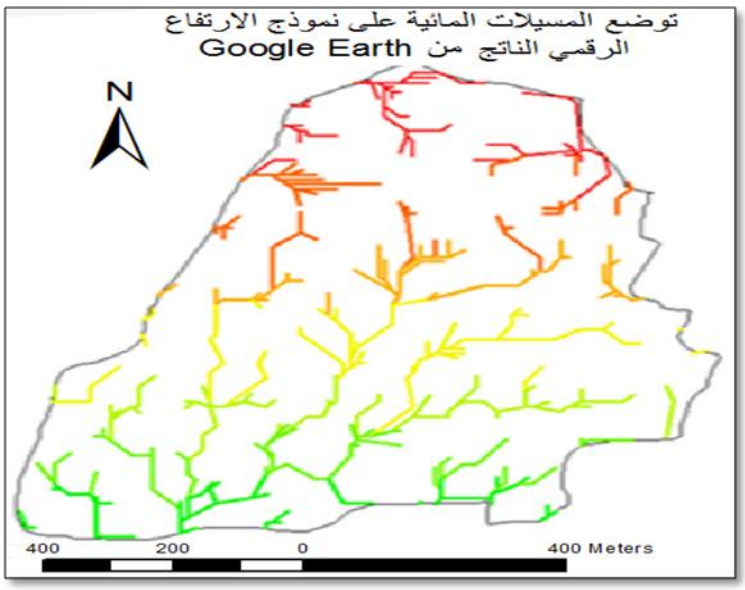


الشكل (2): خطوات الدراسة الهيدرولوجية

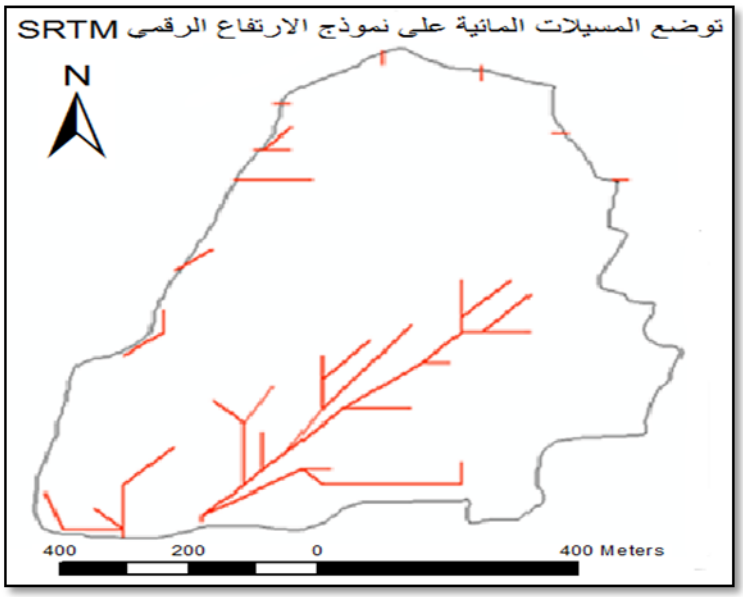
بعد الانتهاء من خطوات التحليل الهيدرولوجية وفق الخطوات في الشكل (2) تم إيجاد المخطط الهيدرولوجي للمنطقة المدروسة وتحديد اتجاهات الجريان عليه من المنبع إلى المصب وذلك للنماذج الارتفاعية الثلاثة. وبالمقارنة بين المخططات الهيدرولوجيةالناتجة عن النماذج الارتفاعية الثلاث (Topo، Google Earth،SRTM) فقد وجد توافق بين مسارات السيول واتجاهاتها بين النماذج الارتفاعية الثلاث. نتائج إتباع الخطوات الهيدرولوجية توضح المسيلات المائية على النماذج الارتفاعية الثلاثة كما يظهر بالأشكال التالية (3,4,5)على التوالي:



الشكل (3): توضع المسيلات المائية على النموذج الناتج من المخططات الطبوغرافية

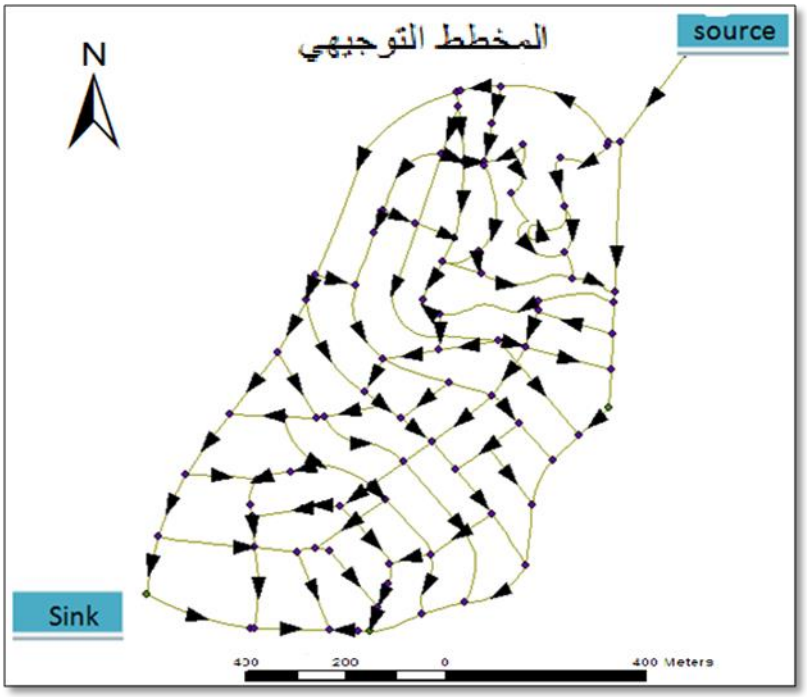


الشكل (4): توضع المسيلات المائية على النموذج الناتج من نقاط Google Earth



الشكل (5): توضع المسيلات المائية على النموذج الناتج من SRTM

و بعد التأكد من توافق اتجاهات الجريان في النماذج الثلاثة مع بعضها البعض ومع اتجاه الجريان وفق محاور شبكة الطرق المعتمدة في منطقة التوسع تم اعتماد المخطط التالي لمحاور الطرق موضحا عليه اتجاهات الجريان كمخطط توجيهي لأنظمة المياه في منطقة التوسع لمدينة صيدنايا كما هو في الشكل (6) حيث يظهر عليه اتجاهات الجريان من المنبع إلى المصب مطبقة على محاور شبكة الطرق. ويظهر في الشكل (7) المخطط التوجيهي لمنطقة التوسع واتصاله بخطوط الجريان الرئيسية لشبكة المياه في مدينة صيدنايا وكما هو واضح في الشكل هنالك تواصل وتكامل لخطوط الشبكة بين المدينة والتوسع.



الشكل (6): توضع اتجاهات الجريان على محاور شبكة الطرق

الشكل (7): المخطط التوجيهي لمنطقة التوسع واتصاله بخطوط الجريان الرئيسية لشبكة المياه في مدينة صيدنايا

4- النتائج ومناقشتها:

بمقارنة أطوال المسيلات الثلاثة يظهر أن المخطط الهيدرولوجي الناتج عن المخطط الطبوغرافي هو صاحب المسيلات الأطول وبالتالي هو الأكثر كثافة بين المخططات الثلاثة وبفارق كبير ناتج عن اختلاف الدقة بين المخططات الطبوغرافية ومرئيات الأقمار الصناعية ومن ثم يليه المخطط الناتج عن (Google Earth) ومن ثم المخطط الناتج عن(SRTM) بأقل قيم لأطوال المسيلات وأقل تغطية للمنطقة. إن أطوال مسيلات الرتب الأولى و الثانية المستنتجة من النماذج الارتفاعية المدروسة أقل من تلك المرقمنة من الخارطة الطبوغرافية وخاصة في المخطط الناتج عن (SRTM). ولا بد من الإشارة إلى أن نتائج مجموع أطوال المسيلات المائية بحسب الرتب لاشك وأنها حساسة بالدرجة الأولى للعتبة التي تم اعتمادها لاستنتاج المسيل المائي وان تغيير قيمة هذه العتبة كفيل بتغيير النتائج والمقارنات كليا. **[3]**

تم استخراج النتائج السابقة اعتماداً على عتبة اشتقاق المسيلات المائية (مساحة أصغر حويضة لاستنتاج المسيل المائي) مساوية ل 10 وبتصغير العتبة إلى 5 تظهر النتائج انه بتغير العتبة قد تغيرت قيمة أطوال المسيلات المائية بمقدار عكسي فكلما نقصت قيمة العتبة زادت أطوال المسيلات المائية وبالعكس وقد كانت الزيادة في المسيلات ذات الرتب الأولى والثانية بشكل رئيسي ، وظهر ذلك بشكل واضح على المخطط الناتج من SRTM حيث أن المسيلات من الرتب الأولى والثانية قد غطت مناطق ذات ارتفاعات عالية لم تكن تغطيها في قيم العتبة السابقة وذلك لأن العتبة تحدد القيمة الدنيا التي تعطى لكل حويضة.

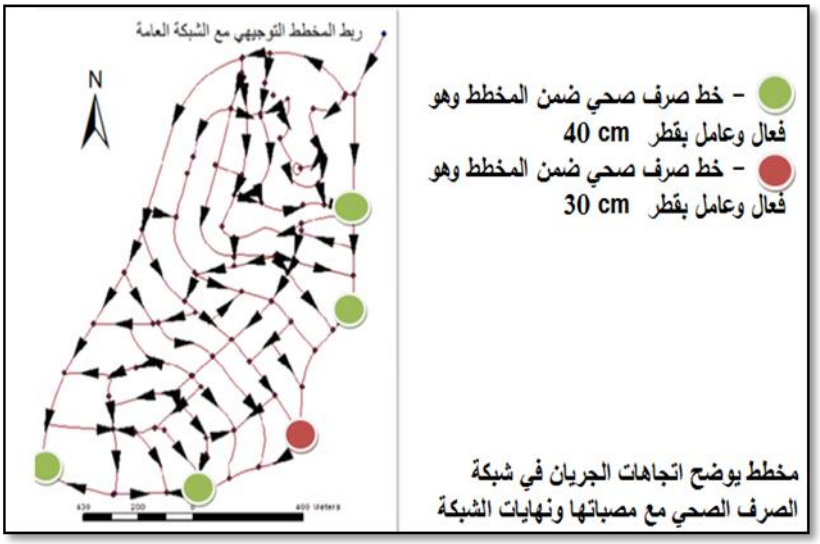
إن الميول الناتجة عن مخطط الهيدرولوجي ل Google Earth هي الأقرب والأكثر توافقا مع الميول الناتجة عن المخطط الطبوغرافي وفي المرتبة التالية يأتي المخطط الناتج عن SRTM. كما أن اتجاهات المسيلات المائية في المخططات الهيدرولوجية الناتجة عن النماذج الارتفاعية الثلاثة متوافقة تماما فيما بينها ومتوافقة مع الطبيعة الطبوغرافية

للمنطقة ومخطط الانحدار في كل منها وهذا يؤكد صحة النتائج التي تم الحصول عليها.وبالتالي وبنتيجة التحليلات الهيدرولوجية يجب استخدام عتبة أقل أو تساوي 5 متر لاستخراج المسيلات للدراسات الهيدرولوجية للمرئيات الفضائية بالمناطق صعبة التضاريس.

وبمحصلة الدراسة الهيدرولوجية للمخططات الناتجة عن النماذج الارتفاعية الثلاثة فانه عند الحاجة لإيجاد مخطط توجيهي (Master Plan) لمنطقة ذات طبيعة طبوغرافية مشابهة لمنطقة الدراسة وكانت هذه المنطقة لا تحتوي على مخططات طبوغرافية رقمية يمكن عندها الاعتماد على المخطط الناتج عن نموذج الارتفاع الرقمي وفق Google Earth لأنه يعطي النتائج الأكثر توافقاً وقرباً للمخططات الطبوغرافية وبدرجة توافق أكبر من المخططات الناتجة عن نموذج الارتفاع الرقمي وفق SRTM.

إن المخطط التوجيهي الناتج عن هذه الدراسة هو مخطط مهم جدا وأساسي للبدء في المرحلة التصميمية المهنية للشبكة الهيدرولوجية والتي يأتي دورها مباشرة بعد الانتهاء من إعداد المخطط التوجيهي.

وبإجراء الدراسات الهيدرولوجية لشبكة الصرف الصحي تبين تطابق الشبكة مع اتجاهات الجريان وفق محاور الطرق الموجودة وبالتالي يمكن اعتماد هذه الاتجاهات في تصميم شبكة الصرف الصحي اللازمة لمنطقة التوسع وفق اتجاهات الحريان السابقة مع الأخذ بعين الاعتبار فرق الميول على طول محاور الطرقات وفق خطوط الكونتور الموجودة وتوضع غرف التفتيش في الأماكن المناسبة والاعتماد على التعداد السكاني وكمية التصريف في تحديد الأقطار المستخدمة. حيث يظهر الشكل (8) مخطط يوضح اتجاهات الجريان في شبكة الصرف الصحي مع مصباتها ونهايات الشبكة في المدينة:



الشكل (8): مخطط يوضح اتجاهات الجريان في شبكة الصرف الصحي

5- الاستنتاجات والتوصيات:

- استكمال الدراسة مستقبلاً على المخطط التوجيهي الناتج لتمديد شبكات الصرف الصحي وإمداد المياه للعقارات حسب المخطط التنظيمي لمنطقة الدراسة.

- إجراء دراسة مماثلة تماما على مناطق ذات ارتفاعات مختلفة وإجراء عمليات المقارنة والإحصاء مع الدراسة الحالية وبحث إمكانية تعميم النتائج.

- نقترح التوسع في استخدام نظم المعلومات الجغرافية و صور الأقمار الصناعية في مختلف أنواع الدراسات وخاصة الهيدرولوجية على أراضي الجمهورية العربية السورية وذلك كون الأرقام الناتجة عن استخدام التكنولوجيا الحديثة (gis) تعتبر جيدة مقارنة مع الأرقام الناتجة عن المخططات التقليدية.

المراجع References

المراجع الأجنبية :

[1] - Burrough, P.A., McDonnell, R.A., (1998)" Principles of Geographical Information Systems". Oxford University Press Inc., New York, 333 pp.

[2] - Jacobsen,k.(n.d). DEM generation from satellite data. Germany: University of Hannover.

[3] - Harris, B., McDougall, K., Barry, M., (2012) "Comparison of Multi-Scale Digital Elevation Models for Defining Waterways and Catchments over Large Areas ".

المراجع العربية:

1- **الأشرف**، نبيل إدارة العمل المساحي في سورية، المهندس العربي 2008.

2- **دحدل**، بشار (2020) كتاب المساحة والتوثيق المعماري، منشورات جامعة دمشق.

3- **الغامدي**، علي معاضة (2005)، طرق اشتقاق نماذج الارتفاع الآلية من خطوط كونتور خرائط 1/50000 الطبوغرافية وأثرها على تحليل الرؤية، المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية الأولى.