الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الزراعية

قسم الهندسة الريفية

تحديد المواقع الملائمة لحصاد مياه المطر(RWH) في منطقة مصياف باستخدام تقانات GIS/RS

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الزراعية

(اختصاص هندسة ريفية)

إعداد المهندس

علي محي الدين الصارم

1439هـ

2018م

الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الزراعية

قسم الهندسة الريفية

تحديد المواقع الملائمة لحصاد مياه المطر (RWH) في منطقة مصياف باستخدام تقانات GIS/RS

Determination Suitable Sites for Rain Water Harvesting (RWH) in Masyaf Area Using GIS/RS Technique

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الزراعية

(اختصاص هندسة ريفية)

إعداد المهندس

علي محي الدين الصارم

بإشراف

الدكتور

رياض بلديه

أستاذ في قسم الهندسة الريفية

كلية الزراعة – جامعة دمشق

الدكتور

محي الدين كلخه

باحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية

مركز بحوث حماة

1439هـ

2018م

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير

في اختصاص الهندسة الريفية

من كلية الزراعة بجامعة دمشق.

This thesis has been submitted as a partial fulfillment of the requirement for the degree of MS in department of Rural Engineering- Agriculture college- Damascus university- Damascus -Syria

شهادة

نشهد بأنَ العمل الموصوف في هذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قام بـه المرشح المهندس **علي الصارم** ، وبإشراف الدكتور **رياض بلديه**(المشرف الرئيسي) الأستاذ في قسم الهندسة الريفية في كلية الزراعة بجامعة دمشق والدكتور **محي الدين كلخه** (المشرف المشارك) الباحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.

إنَ أية مراجع أخرى ذُكرت في هذا العمل موثَّقة في نص هذه الرسالة .

المرشح	المشرف المشارك	المشرف الرئيسي
م. علي الصارم	د. محي الدين كلخه	د. رياض بلديه

Certificate

We witness that the described work in this thesis is the result of scientific research by candidate Engineer. **Ali AL-saram** under the supervision of Associate Professor **Dr. Riyadh Bladia** in the department of Rural Engineering -Agriculture college- Damascus university and **Dr. Mouhiddine kalkha** in General Commission for Scientific Agricultural Research

Any other references in this work are document in the text of the treatise

Candidate	Supervisors	
Eng. Ali.AL-saram	**Dr. Mouhiddine kalkha**	**Associate Pro. Riyadh Bladia**

تصريح

أصرح بأن هذا البحث " **تحديد المواقع الملائمة لحصاد مياه المطر(RWH) في منطقة مصياف باستخدام تقانات GIS/RS** " لم يسبق أن قدم لنيل أية شهادة في هذا الاختصاص، ولا هو مقدم حالياً لنيل شهادة أخرى.

المرشح

المهندس علي الصارم

DECLARATION

It is hereby declaration that these work " **Determination Suitable Sites for Rain Water Harvesting (RWH) in Masyaf Area Using GIS/RS Technique** "

has not been accepted for any degree , nor has it been submitted concurrently for any other degree.

Candidate

Eng. Ali.AL-saram

نوقشت هذه الرسالة وأجيزت بتاريخ 2018/5/13 من قبل لجنة الحـــــكم :

الاستاذ الدكتور فاروق الشوا:

أستاذ في قسم الهندسة الريفية–كلية الهندسة الزراعية–جامعة دمشق

رئيساً وعضواً

الاستاذ الدكتور: رياض بلديه

أستاذ في قسم الهندسة الريفية–كلية الهندسة الزراعية–جامعة دمشق

مشرفاً وعضواً

الدكتور وسيم المسبر:

المدرس في قسم علوم التربة–كلية الهندسة الزراعية–جامعة دمشق

عضواً

شكر وتقدير

(وتعاونوا على البر والتقوى)

*** صدق الله العظيم ***

لقد كان هذا العمل ثمرة من ثمرات التعاون البناء بين كلاً من : وزارة التعليم العالي ممثلة بجامعة دمشق – كلية الزراعة، و وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي ممثلة، بالهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية – مركز بحوث حماة، ونخص بالشكر **الأستاذ الدكتور رياض بلديه و الدكتور محي الدين كلخه** اللذين كان لهما الفضل الأكبر في إنجاز هذا البحث، فلهما مني المحبة والتقدير ،كما أتقدم بالشكر والتقدير للجنة الحكم الذين تكرموا بقبول تحكيم هذا العمل وأثروه بملاحظاتهم القيمة كلاً من الدكتور فاروق الشوا والدكتور رياض بلديه والدكتور وسيم المسبر، كما أتوجه بالشكر العميق لأسرة كلية الزراعة ممثلة بعميدها الدكتور عبد الوهاب مرعي ووكيليها د. عماد العيسى ود. أمير عريشه، كما أتوجه بالشكر والتقدير لأساتذتي في قسم الهندسة الريفية على ملاحظاتهم البناءة في تقييم هذا العمل، كما أتوجه بالشكر للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية ومركز بحوث حماة على التسهيلات والدعم لإنجاز هذا العمل ممثلة بالدكتورة ماجدة مفلح والدكتور محي الدين كلخه ، فلهم مني كل المحبة والتقدير، والشكر موصول إلى وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي على تقديم كافة التسهيلات لإتمام هذا العمل ممثلة بالأستاذ عمر دودكي والأستاذ عبدالله فرهود فلهما مني كل الشكر والتقدير.

وليستسمحنا عذراً كل من قدم مساعدة في أنجاز هذا العمل ولم تسعفنا الذاكرة إلى ذكره.

م. علي الصارم

الإهداء

(والدي)

يا قامةً علتْ وأنت تاج حياتي

فأنت صاحبُ الفضلِ والعونِ والسندِ

(والدتي)

يا قلباً طيباً تربع في وجودي

فأنت العنوانُ لدعمي واصراري والتزامي

(أخوتي)

يا نجوماً أضاءتْ في درب مسيرتي

فبكمْ كبرتُ وعلتْ همتي ومثابرتي

(أصدقائي)

يا عزوةً وقفتمْ إلى جانبي ومعي

فأنتم فخراً لطموحاتي وعلوّ أحلامي

(أساتذتي)

يا مشاعلُ النورُ والعلمُ في تنويري

فأنتمْ الموجهُ والدليلُ لنيلِ شهاداتي

م. علي الصارم

فهرس المحتويات

الفصل الأول

1.المقدمة:..... 1

الفصل الثاني

الدراسة المرجعية وأهداف البحث

3
2. الدراسة المرجعية :..... 3
1.2 الدراسات المتعلقة بتحديد مواقع حصاد مياه الامطار 8
2.2 العوامل المؤثرة في حصاد مياه المطر 11
2. 2. 1 عامل الهطل المطري Precipitation 11
2.2.2 عامل الانحدار Slope 13
2.2.3 عامل الغطاء النباتي/استعمالات الأراضي Land use/Land cover 14
2. 2. 4 عامل التربةSoil..... 15
2. 3 دور التقانات الحديثة في تحديد المواقع الملائمة لحصاد مياه المطر 17
2. 4 أهمية البحث 21
5.2 أهداف البحث 22

الفصل الثالث

3. مواد وطرق البحث

23
1.3 .موقع البحث..... 23
2.3 مواد ومنهجية تحديد مواقع حصاد مياه الأمطار 24
1.2.3 مرحلة الأعمال المكتبية والتحضيرية 24
2.2.3 مرحلة إعداد قواعد البيانات المكانية الرقمية وانتاج الخرائط:..... 24
3.2.3 خريطة الهطل 27
4.2.3 نموذج ارتفاع الرقمي والانحدار 29
5.2.3 خريطة الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي 30
6.2.3 خريطة الترب الرقمية 32
7.2.3 الخرائط الهيدرولوجية 33
3,3 منهجية تحديد مواقع حصاد مياه المطر 35

الفصل الرابع

4.النتائج والمناقشة

38
1.4 الهطل المطري 38
2.4 الانحدار ونموذج الارتفاع الرقمي 40

3,4 الغطاء الأراضي/ استعمالات الأراضي: Land Use/Land Cover..... 46
4,4 التربة: Soil 48
5.4 الهيدرولوجيا 51
6.4 الجيولوجيا 55
7.4 الليثولوجيا 56
8.4 خريطة مواقع حصاد مياه المطر 57
9.4 سيناريوهات المواقع المحتملة لحصاد مياه المطر 63
10.4 تقييم التأثيرات المتبقية لتأثير النسبة المئوية لمؤشرات RWH 72
الاستنتاجات..... 80
التوصيات..... 80
ملخص باللغة الإنكليزية 81
المراجع..... 82
الملحق..... 88
ملحق جدول1 المحطات المناخية..... 89
ملحق جدول2 نقاط التحقق الحقلي..... 91
ملحق جدول3 خصائص الصورة الفضائية LandSat TM 93

فهرس الجداول

جدول1 نقاط الضبط الحقلي للحوض المائي..... 91
جدول2 صفوف قابلية الحصاد المائي..... 35
جدول3 تأثير النسبة المئوية المطبقة(الأوزان) لكل مؤشر RWH 36
جدول4 الارتفاعات 41
جدول5 درجات الانحدار 42
جدول6 اتجاه معارض السفوح 44
جدول7 شكل الأرض 45
جدول8 توزع استعمالات الأراضي/الغطاء الأرضي في الحوض المائي 47
جدول9 توزع وحدات الترب ضمن الحوض المائي..... 51
جدول10 صفوف مواقع حصاد مياه المطر 62

فهرس الأشكال

شكل1 منهجية وضع خرائط مواقع حصاد مياه المطر..... 26
شكل2 طريقة وضع خريطة الهطل المطري..... 28
شكل3 طريقة استنتاج خريطة طبوغرافية شكل الأرض..... 29
شكل4 طريقة استنتاج خريطة استعمالات الأراضي..... 32
شكل5 مراحل وضع الخرائط الهيدرولوجية..... 34
شكل6 تأثير النسبة المئوية المطبقة(الأوزان) لكل مؤشر RWH..... 36
شكل7 منحني التغيير التجريبي للأمطار..... 39
شكل 8 تأثير النسب المئوية% لعوامل على السيناريو1..... 64
شكل 9 تأثير النسب المئوية% لعوامل على السيناريو2..... 66
شكل 10 تأثير النسب المئوية% لعوامل على السيناريو3..... 68
شكل 11 تأثير النسب المئوية% لعوامل على السيناريو4..... 69
شكل 12 تأثير النسب المئوية% لعوامل على السيناريو5..... 71
شكل 13 تأثير السيناريوهات في توزع مناطق RWH..... 71
شكل 14 النسب المئوية% لتوزع مواقع حصاد مياه المطر للنموذج 1..... 74
شكل 15 النسب المئوية% لتوزع مواقع حصاد مياه المطر للنموذج 2..... 75
شكل 16 النسب المئوية% لتوزع مواقع حصاد مياه المطر للنموذج 3..... 77
شكل 17 النسب المئوية% لتوزع مواقع حصاد مياه المطر للنموذج 4..... 78
شكل 18 تأثير النماذج على توزع مناطق RWH..... 79

فهرس الخرائط

خريطة 1 موقع منطقة الدراسة..... 23
خريطة 2 توزع المحطات المناخية داخل وخارج الحوض المائي..... 28
خريطة 3 موزاييك للصور الفضائية..... 31
خريطة 4 نقاط التحقق الحقلي..... 31
خريطة 6 نموذج الارتفاع الرقمي DEM لمنطقة الدراسة..... 34
خريطة 7 خريطة الهطل المطري لمنطقة الدراسة..... 39
خريطة 8 الارتفاع لمنطقة الدراسة..... 40
خريطة 9 الأنحدار لمنطقة الدراسة العاصي..... 42
خريطة 10 اتجاه السفوح لمنطقة الدراسة..... 43
خريطة 11 شكل الأرض لمنطقة الدراسة..... 45
خريطة 12 اتجاه جريان المياه..... 46
خريطة 13 استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي في منطقة الدراسة..... 48
خريطة 14 توزع وحدات الترب..... 50
خريطة 15 تحت الأحواض المائية الفرعية..... 52
خريطة 16 خطوط ونقاط الصرف..... 52
خريطة 17 الشبكة المائية..... 53
خريطة 18 توزع الآبار والينابيع والخزانات..... 54
خريطة19 الجيولوجيا..... 55
خريطة20 الليثولوجيا..... 56
خريطة 21 إعادة ترتيب الهطل المطري تبعاً لأولويات حصاد المياه..... 58
خريطة 22 إعادة ترتيب الأنحدار تبعاً لأولويات حصاد المياه..... 59
خريطة 23 إعادة ترتيب استعمالات الأراضي تبعاً لأولويات حصاد المياه..... 60
خريطة 24 إعادة ترتيب الترب تبعاً لأولويات حصاد المياه..... 61
خريطة مواقع حصاد مياه المطر..... 62
خريطة 26 خريطة السيناريو 1 لـRWH..... 64
خريطة 27 خريطة السيناريو 2 لـRWH..... 66
خريطة 28 خريطة السيناريو 3 لـRWH..... 67

خريطة 29 خريطة السيناريو 4 لـRWH..... 69
خريطة 30 خريطة السيناريو 5 لـRWH..... 70
خريطة 31 النموذج1..... 73
خريطة 32 النموذج2..... 75
خريطة 33 النموذج3..... 76
خريطة 34 النموذج 4..... 78

دليل الاختصارات العلمية

DEM: Digital Elevation Model
ENVI: Environment for Visualizing Images
ESRI: Environmental Systems Research Institute
ETM+: Enhanced Thematic Mapper Plus
FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations
GCP: Ground control point
GIS: Geographic Information System
GPS: Global Position System
ICARDA: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas
LU/LC: Land Use/ Land Cover
RS: Remote Sensing
TM: Thematic Mapper
USGS: United States Geological Survey
UTM: Universal Transverse Mercator
WRI: World Resources Institute
RWH :Rain Water Harvesting

الملخص

هدف البحث إلى تحديد المواقع المحتملة لحصاد مياه المطر في منطقة حوض مصياف باستخدام تقانات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ونموذج الارتفاع الرقمي(GIS/RS/DEM) تم تنفيذ البحث خلال المدة 2016–2017 ولمساحة تقدر 598.15 كم^2 بالاعتماد على عوامل حصاد مياه المطر وهي (الهطل، الانحدار، استعمالات الأراضي، التربة)، أظهرت نتائج التحليل المكاني لخريطة الهطل المطري طريقة Spline بالاعتماد على البيانات المناخية المسجلة خلال الفترة 1970–2015 لـ21 محطة مناخية خارج وداخل الحوض أن هناك تباين كبير في معدلات الهطل المطري بين مناطق الحوض حيث تراوحت بين 342–1500 مم وكذلك بينت التحاليل المكانية لـDEM وجود تباين كبير بين أجزاء الحوض في قيم الارتفاعات 240–1140 م والمرتبطة مع الانحدارات الشديدة بين 0–30 % من الجنوب الغربي باتجاه الشمال الشرقي والتي تعكس تعقيد ووعورة طبوغرافية مناطق الحوض بينما أوضح التفسير البصري لخريطة استعمالات الأراضي بالاعتماد على صورتين فضائيتين Land Sat7Bands قدرة التمييز المكاني لهما 30م باستخدام التصنيف المراقب طريقة الاحتمالية العظمى Maxliklhood method ضمن برنامج ENVI 4.4 توزع منطقة الحوض إلى 8 صفوف باستخدام Jeffries-Matusita Distance (JM) حيث بلغت الدقة 95.21% والمعامل الإحصائي0.91 = Kappa Coefficient وتشمل الأماكن العمرانية 5471 كم2 والغابات المختلطة 142168 كم2 ، الاراضي المروية 163568 كم2، البساتين 44744 كم2 ، المراعي 236386 كم2 ، الأراضي البعلية4740 كم2 الأجسام المائية 0.0153 كم2 و الأراضي الهامشية 4281 كم2، بينما توزعت خريطة التربة إلى 5 وحدات ترابية بالاعتماد على اشتقاق خريطة العليوي حيث توزعت بين الترب الضحلة في الجنوب الغربي إلى الأراضي المتوسطة والطينية واللومية في الجزء الوسطي والجنوبي والأراضي العميقة والطينية في الجزء الشمالي الشرقي لسهول حماة، وبين التحليل الهيدرولوجي باستخدام برنامجArc Hydro tools توزع الحوض إلى 63 مسقط مائي و30 نقطة صرف بالإضافة إلى وجود شبكة من المسيلات المائية تتباين في غزارتها وكثافتها إضافة لوجود مجرى نهر الساروت، بينما أظهرت خريطة مواقع حصاد مياه المطر والتي هي ناتج إسقاط الخرائط(الهطل، الانحدار، استعمالات الأراضي ، التربة) وأعيد تثقيلها تبعاً لأولويات مواقع حصاد مياه المطر إلى 5 صفوف: المنطقة ا غير مناسبة تمتد في الجزء الوسطي من الحوض حيث التربة ضحلة والهطل قليل والانحدار خفيف وتبلغ 130 كم2 مع 22% من مساحة الحوض، بينما المنطقة الثانية ضعيفة التناسب تتوزع في الجزء الوسطي مع الترب متوسطة العمق وهطل قليل

وانحدار خفيف مع مساحة 275 كم2 ونسبة 46% من مساحة الحوض، وكذلك المنطقة الثالثة متوسطة التناسب تمتد في الشمال الشرقي من الحوض مع التربة العميقة، والصرف الجيد، الهطل القليل والانحدارات الخفيفة مع الاراضي المروية وتغطي مساحة 142 كم2 مع 24% من مساحة الحوض، والمنطقة الرابعة مناسبة في الجزء الجنوبي الغربي حيث الهطل مرتفع والانحدارات شديدة والصرف غير كافي والغطاء النباتي غابوي مع مساحة 49كم2 ونسبة 8%، ايضاً المنطقة الخامسة تمتد في الجزء الغربي في مناطق محددة وتغطي مساحة 1 كم2 مع نسبة 0% من مساحة الحوض، وكذلك أظهرت سيناريوهات مواقع حصاد المياه ان المواقع المناسبة لحصاد مياه المطر تزداد مساحتها مع التدرج في زيادة النسبة المئوية لعاملي الهطل والتربة على حساب الانحدار واستعمالات الأراضي ، واوضحت نماذج حصاد المياه ان النموذج 3 و4 مناسبين لحصاد المياه ويمكن الاعتماد عليهما في مشاريع التنمية الريفية.

الكلمات المفتاحية: حوض، مصياف، حصاد مياه المطر، GIS، مواقع

الفصل الأوُل

1. المقدمة Introduction:

يعد تحديد المواقع الملائمة لحصاد مياه المطر Rain Water Harvesting (RWH) أحد أهم الأدوات المتبعة حديثاً في إدارة الموارد المائية بكفاءة عالية، وتدخل ضمن حزمة من الممارسات الهادفة إلى حل المشاكل الحادة للأمن المائي العالمي، وتحديداً في المناطق الجافة وشبه الجافة للاستخدام البشري والزراعي والصناعي، وتسعى المنظمات الدولية المهتمة في مجال الأمن المائي إلى دعم المشاريع ذات الأولوية لتوفير سبل التنمية الريفية والمستدامة في المناطق الفقيرة والتي تعاني من شح الموارد المائية مع توافر الموارد الزراعية والبشرية في تلك المناطق لتحقيق سبل رفع المستوى المعيشي للسكان المحليين.

ويوجد العديد من التوجهات الدولية للاهتمام بطرق حصاد المياه كخطة وقائية للتخفيف من أثر التغيرات المناخية على الموارد المائية والحفاظ على الهاطل المطري من الضياع، إضافة إلى المحافظة على المناطق البيئية الزراعية من التدهور في ظل تراجع معدلات الأمطار وغياب بعض الزراعات بسبب العجز المائي الحاد، مما سبب بدوره تدهور في التنوع الحيوي البيئي الزراعي، ومن هنا كانت فكرة القيام بمشاريع حصاد مياه المطر لدعم المحاصيل الزراعية وخاصة البعلية المهددة بالخروج من العملية الزراعية في ظل استمرار ظروف الجفاف وتدني معدلات الهطل المطري عن المعدل العام وتحديداً خلال العقود الثلاث الأخيرة خوفاً من فشلها، وذلك عبر إيجاد مصادر مياه بديلة للفاقد المطري ومن ضمنها عمليات حصاد مياه المطر، ولكن قبل القيام بهذه العملية لابد من معرفة العوامل المؤثرة بقوة وفعالية في عمليات حصاد مياه المطر، إضافة إلى ضرورة إعداد خرائط لمواقع حصاد المياه في المناطق المستهدفة بالتنمية الريفية كأنظمة قرار داعمة للتنمية المستدامة قبل القيام بهذه العملية لاختيار المواقع المثالية من حيث العوامل المؤثرة في نجاح عملية حصاد المياه والمتمثلة بالمؤشرات التالية: الهطل، الانحدار، استعمالات الأراضي /الغطاء الأرضي والتربة وتلعب هذه المؤشرات الدور الحاسم في تحديد الحجم النهائي للكمية المائية الناتجة من عملية حصاد المياه من ناحية التوافق مع الشروط المثالية لحصاد المياه ، كما أن كل عامل من هذه العوامل تزيد أو تنقص أهميته حسب الموقع الجغرافي المستهدف للقيام بعملية حصاد المياه مع استثناء عامل الهطل حيث يعتبر هو الأهم بالمقارنة مع بقية العوامل، كما أن وضع خرائط لمواقع حصاد المياه يساعد في

تحديد أولويات إدارة الموارد المائية وتوجيه السياسات المائية نحو المناطق الزراعية ذات الأولوية في عملية التنمية الريفية والمستدامة والمستهدفة من قبل مشاريع التنمية الريفية لخلق واقع زراعي ومعيشي للمناطق الزراعية الريفية الفقيرة والتي يعتبر العامل المائي فيها هو العامل الرئيس والحاسم والمحدد للتنمية، وتساعد التقانات الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information System (GIS) والاستشعار عن بعد Remote Sensing (RS) ونظام تحديد المواقع العالمي Global Position System (GPS) ونموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model(DEM) وبرنامج الخرائط المائية Arc Hydro Tool والذي يعمل ضمن بيئة GIS إضافة إلى بعض النماذج الرياضية والتي يمكن تصميمها لتسهيل فهم العوامل التي تشارك وتؤثر بقوة وفعالية على الإدراك الحقيقي والموضوعي لعملية حصاد المياه، حيث استخدمت هذه التقانات في الآونة الأخيرة كأداة فعالة في رسم الخرائط المائية سواء السطحية باستخدام برنامج Arc Hydro Tool أو خرائط المياه الجوفية باستخدام برنامج Arc Hydro Groundwater وأن الفهم الحقيقي لإدارة الموارد المائية لا بد من أن يعتمد على التكامل بين خرائط المياه السطحية والجوفية، لرسم السياسات المائية الواقعية والفعلية والتي تعتبر حالياً الأداة الفعالة في تحقيق هذه الأهداف، كما تعتبر منطقة الدراسة والتي تمثل حوض ساكب من حوض العاصي وتقع بالقرب من مصياف غرباً وتمتد إلى سهول حماة شرقاً من الأحواض التي تنتشر على امتداد جغرافي متباين في كمية الهاطل المطري بشكل كبير، إضافة إلى التنوع في استعمالات الأراضي بين أجزائه، كما يلاحظ فيه اختلافات كبيرة في الطبوغرافيا والتي تترافق مع الانحدارات الشديدة إضافة إلى سيادة الترب الضحلة في معظم أجزائه باستثناء سهول حماة الشمالية، كما تتنوع الزراعات فيه من زراعات مروية في سهول حماة إلى المراعي والاشجار المثمرة في الوسط والغابات في الجزء الغربي مع تداخلها مع بساتين التفاحيات، ويعاني الحوض من نقص حاد في الموارد المائية بالرغم من معدل الهطل المرتفع، إضافة إلى سيادة الصخور الترياسية والتي تعتبر الخزان المائي الجوفي الغزير والحقيقي لحوض العاصي، ومن هنا كان اختيار هذا الحوض لهذه الدراسة بسبب الضياعات الحاصلة للهاطل المطري نتيجة وعورة تضاريس المنطقة مما خلق الأزمة المائية التي تقلل من تطوير العملية الزراعية في هذه المنطقة، إضافة إلى ضرورة تنمية الثروة الحيوانية مع انتشار المراعي الكبير في هذا الحوض والتي تعتبر وجود المياه العامل الأهم والمحدد لتطوير هذا القطاع الحيوي.

الفصل الثاني

2. الدراسة المرجعية Literature review:

تعد مشكلة الأمن المائي من أهم التحديات البيئية في الوضع الراهن العالمي والوطن العربي خاصة، لا سيما وإن معظم البلدان العربية تعتمد على المياه الجوفية المخزنة في ظل التغيرات المناخية العالمية والتبدلات الناتجة في توزع مناطق الاستقرار الزراعي الحالي بسبب التباين في درجات الحرارة وكميات الهطل المطري بين السنوات الماضية والحالية، مما أدى بدوره لخلق ظروف وتحديات جديدة يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار إذا ما أردنا أن نحافظ على الكميات المطلوبة من المياه لاستمرارية الحياة من متطلبات (الشرب، الزراعة)، يضاف إلى ذلك الأنهار التي تجري في البلدان العربية مصادرها غير عربية، وإزاء هذه التحديات التي تواجه المنطقة العربية يعمل الباحثون والخبراء العرب في مجال المياه والبيئة على وضع خطط واستراتيجيات جديدة بديلة تساعد في التخفيف والحد من تفاقم الأزمة المائية بالاعتماد على مجموعة من الأساليب والتقانات الحديثة ومنها مشاريع حصاد المياه ووضع خرائط لها اعتماداً على مجموعة من العوامل المناخية والبيئية والتي لها الدور الحاسم في تشكيل هذه المسطحات المائية وتشمل(الهطل المطري، الانحدار، الغطاء النباتي ، التربة)، وتعتبر كميات الهطل المطري العامل المحدد لتوزع المناطق المناخية الزراعية، والتي ترتبط بنوع ونمط الزراعات السائدة، والمترافقة مع بقية العوامل الطبيعية ذات الأهمية (الطبوغرافيا، التربة، الغطاء الأرضي) (كلخه، 2017).

عموماً يتميز الوطن العربي بندرة موارده المائية لوقوع الجزء الأكبر منه في المناطق الجافة وشبه الجافة، وتتوزع هذه الموارد بين موارد المياه التقليدية (المياه السطحية، المياه الجوفية)، وموارد المياه غير التقليدية (تحلية المياه، مياه الصرف المعالجة، مياه الصرف الزراعي، جمع مياه الأمطار، استمطار السحب) (عنانزة، 2006).

وتفيد معظم الدراسات التي أعدتها المنظمة العربية للتنمية الزراعية بأن المنطقة العربية شهدت في تاريخها الحديث مشروعات كبرى لتسخير مواردها المائية من أجل تأمين مستلزمات الشعوب من الغذاء ولتوفير موارد المياه لغرض الاستخدامات الأخرى المتمثلة في الاستخدامات الصناعية والمنزلية، واليوم يفرض قطاع المياه قيداً على التنمية ويحمل في طياته المستقبلية مخاطر جسيمة ومجموعة من التحديات

والمشاكل ويزداد الاهتمام بوضع المياه في الوطن العربي نظراً لندرتها، وما يصاحب ذلك من تحديات على المدى الطويل (المنظمة العربية للتنمية، 2002).

ومع تزايد الطلب على الماء كنتيجة طبيعية للتطور الاجتماعي والاقتصادي الذي شهدته البلدان العربية بعد الحرب العالمية الثانية والانفجار السكاني، وبالتالي أصبح الاهتمام جلياً بالبحث عن مصادر مياه بديلة ومنها تطبيق تقانات "حصاد مياه الأمطار" للتخفيف من شح الموارد المياه، واستغلال مياه الأمطار(مياه الجريان السطحي والمخزون الجوفي) والاستفادة منها لسد حاجاتنا المائية، فضلاً عن ما يحققه ذلك من حفاظ على البيئة الذي ينعكس بدوره على المجتمع كاملاً، إضافةً إلى أهمية تطبيق حصاد مياه الأمطار في المناطق ذات الهطل المطري الجيد ولعدم امكانية الاستفادة من الهطل في هذه المناطق بسبب طبيعتها الجغرافية الوعرة (المنظمة العربية للتنمية، 2002).

تعرف تقانة حصاد مياه المطر (RWH): بأنها تقانة لجمع وتخزين مياه المطر عند السطح أو تحت السطح ضمن طبقة صخرية أو ترابية، قبل انقطاع جريان المياه (Satya, 2011).

تقنيات حصاد المياه :

* المساقط المائية الصغيرة .

* المساقط المائية الكبيرة .

* حصاد مياه الفيضان .

*** المساقط المائية الصغيرة :**

1- الحواف الطبيعية :

وهي عبارة عن عوائق طبيعية تنجم عن الوضع التضاريسي او الطبوغرافي او تجمع بعض المواد المترسبة بفعل الانجرافات .

2- الحواف الكونتورية المضلعة :

هذه الحواف مناسبة لزراعة الأشجار والمحاصيل والشجيرات الرعوية ويمكن استخدامها في المناطق ذات المعدلات المطرية اقل من 400 ملم وعلى الميول المتوسطة والخفيفة.

3- حصاد المياه على الخطوط المائلة:

وتعتبر من التقنيات الصناعية بالكامل وتستخدم في الاراضي التي تكون ميولها الطبوغرافية ضعيفة جدا (0 – 0.5) % وعند معدلات الهطل المطري (150 – 500 ملم) وتصلح لزراعة الاشجار المثمرة والحراجية والغراس الرعوية.

4- المصاطب الكونتورية:

تستخدم لزراعة المحاصيل والأشجار في المناطق ذات الميول الطبوغرافية الكبيرة والمتوسطة (20 – 50) % ومعدلات هطل مطري (40 – 600 ملم).

5 – الحواف الدائرية والمثلثية :

يمكن انشاء مثل هذه التقنيات على الاراضي ذات الميول الضعيفة (3 – 5 %) وعند معدلات الهطل المطري (150 – 300 ملم) وتصلح لزراعة الأشجار بأنواعها والغراس الرعوية وعند الأقطار الكبيرة يمكن زراعة بعض أنواع من المحاصيل العلفية .

6 – حواف حاجب العين أو الجيوب الترابية والحجرية:

تستخدم هذه التقنية على الميول الطبوغرافية المتوسطة والكبيرة (10 – 50 %) لزراعة العديد من الأشجار المثمرة والحراجية والغراس الرعوية ومعدلات هطل مطري (150 – 600 ملم) .

تعتبر هذه التقنية من التقنيات الناجحة في حالات انجراف التربة الزراعية وفي المناطق التي تتوفر فيها كميات كبيرة من الحجارة بمختلف الحجوم.

7- الأقواس الهلالية ذوات الحواف الآلية:

تستخدم هذه التقنية على الأراضي ذات الميول الطبوغرافية الضعيفة والمتوسطة وعند معدلات هطل مطري (200 – 600 ملم) وتنشأ بواسطة الآلية المحملة على جرار زراعي وتستخدم لزراعة الأشجار والغراس الرعوية وعلى خطوط الكونتور مباشرة.

8- الحفر الصغيرة:

الميول الطبوغرافية الضعيفة (زراعة انواع من الشجيرات والشتول بمختلف انواعها)، (معدلات الهطل المطري 150 – 350 ملم).

9- نظام المعينات ذوات الحواف الترابية:

يصلح استخدام هذه التقنية في المناطق ذات الميول الطبوغرافية المنخفضة ومعدلات الهطل المطري (150 – 300 ملم) (زراعة الأشجار والغراس الرعوية).

***المساقط المائية الكبيرة :**

1- الحواف الحجرية .:

الأمطار 200 – 600 ملم، الميول 1 – 5 %، تنشأ من الحجارة ولا ضرورة لإنشاء مفيض

الزراعة : المحاصيل السنوية والغراس الرعوية

يتطلب إنشاؤها كميات كبيرة من الحجارة

2- الحواف الدائرية كبيرة الأقطار.

3- الحواف الكبيرة لأشباه المنحرفات.

4- سفوح الهضاب والجبال عن طريق الأفنية والحواف الموجهة .

*** حصاد مياه الفيضان :**

1- معترضات أو سدات موجهة للأودية .

2- نظام الجسور الكونتورية .

3- سدات نشر المياه الترابية والحجرية (كونتورية).

4- الحواف الحجرية والجيوب الترابية الكبيرة .

5- الحواف الحجرية المستقيمة المغموسة .

6- حواف السدود الحجرية المعترضة لمجاري الأودية والمسيلات.(عبد العال، 2017).

وأوائل الأمور التي تم العناية بها هي طرق تحديد المواقع المثلى لتنفيذ تطبيقات حصاد مياه المطر، والتي تشكل القاعدة المعتمد عليها في اختيار الموقع الملائم، طريقة الحصاد المناسبة التي تنسجم مع

الحالة البيئية والجغرافية ونمط الزراعات السائدة وتوزع المراعي في الموقع، والحصول على نتائج ملموسة ومحققة للأهداف المرجوة من تطبيق حصاد مياه الأمطار، بالإضافة للفهم الدقيق لوظائف إدارة موارد المياه للحفاظ على هذه المصادر من التأثيرات السلبية الحادة للمناخ، وهذا يستلزم القيام بالمسوحات الجغرافية لحصر التنوع المكاني الكبير للموارد الطبيعية في منطقة الدراسة (الارتفاع، الانحدار، مصادر المياه، الغطاء النباتي، نوع التربة)، وتطبيق التحاليل الهندسية لوصف حصاد المياه الممكن تنفيذه بعد تحديد مواقع حصاد المياه، وظروف التخزين، وطرق النقل للمياه العذبة لأغراض الشرب وسقاية الحيوانات وتحديد أنظمة الري البديلة بناء على طبوغرافية المنطقة وأخيراً التحاليل الاقتصادية لتحديد تكلفة إدارة المياه مع الزمن، وأن تنفيذ هذه التحاليل الجغرافية يتطلب نماذج تحاليل مكانية واضحة، واستخدام التقانات الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS) في مجال تحديد مواقع حصاد مياه المطر بما يتوافق مع ظروف منطقة الدراسة طبوغرافياً، إضافة إلى نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) (كلخه، 2017).

تعرف نظم المعلومات الجغرافية (GIS): بأنها مجموعة من العتاد والبرمجيات والمعطيات المنظمة لجمع وتخزين ومعالجة وتحليل معطيات مكانية لمواقع وتفاصيل منطقة معينة من سطح الأرض منسوباً جغرافياً الى نظام اسقاط موحد ومن ثم المساعدة على اتخاذ القرار المناسب على ضوء هذا التحليل (ESRI, 1991).

وإن النظام الحاسوبي قادر على الاستيعاب والتخزين والتحليل، وعرض المعلومات الجغرافية المرجعة، والتي هي تعريف البيانات تبعاً للموقع كما يعرف اخصائي الـ GIS، كإجراء يتضمن بيئة المستخدم User Environment، والبيانات المكانية Spatial data التي ترسل الى النظام، وتأتي قوة GIS من المقدرة على ربط المعلومات المختلفة في السياق المكاني والوصول الى النتائج حول هذا الارتباط (Johnston and Lucas, 2001b).

كما يعرف الاستشعار عن بعد (RS): بأنه علم دراسة الأهداف والظواهر على سطح الأرض دون الاحتكاك أو التماس المباشر مع الأهداف عن طريق تسجيل الأشعة المنعكسة عن الأهداف ومن ثم معالجتها وتحليلها بهدف الحصول على خصائص الأهداف المدروسة، وتعتمد تقانات الاستشعار عن بعد على مبدأ فيزيائي بسيط، أن سطوح الأجسام المختلفة تعكس الأشعة الساقطة عليها بدرجات لونية

مختلفة، وبالتالي معرفة الخصائص الطيفية لهذه الأجسام وكيفية انعكاسها على الصور الفضائية له أهمية كبيرة في عملية التفسير (Rees, 1990).

ويعرف نظام التموضع العالمي GPS (Global Positioning System) على انه: نظام ملاحي يعتمد على الأقمار الصناعية لتزويد المستخدم ببيانات عن الموقع (Position) والسرعة (Velocity) والوقت (Time) سواء على الأرض أو في البحر أو في الجو وتحت أي ظروف جوية كانت.

الوسيلة الأساسية استخدام ترددات الراديو التي يمكن ارسالها بواسطة الأقمار الصناعية.

-مكونات نظام GPS:

1.القسم الفضائي Space Segment: الأقمار الصناعية الفعالة.

2.قسم التحكم Control Segment: لمراقبة النظام والزمن وحساب المسارات.

3.قسم المستخدم User Segment: أنواع مختلفة من اللواقط. (Rees, 1990).

يختصر الهدف البعيد من تحديد المواقع المناسبة لتنفيذ حصاد مياه الامطار، إمكانية تنفيذ حصاد المياه في منطقة الدراسة من خلال مشاريع التنمية الزراعية التي تعتبر أداة هامة في تحسين الوضع الاقتصادي والاجتماعي للسكان المحليين، وأداة لدعم القرار الزراعي في المناطق الريفية ذات الأولوية في عمليات التنمية الريفية والمستدامة، والتي تشارك مع حزمة من المدخلات المرافقة لها في صياغة واقع زراعي وخدمي يعطي آفاق جديدة لمراحل تجدد وتطور المنظور الوطني للبيئات الزراعية والاقتصادية الراهنة (كلخه، 2017).

1.2 الدراسات المتعلقة بتحديد مواقع حصاد مياه الامطار:

تستخدم تقنية حصاد مياه المطر للتخفيف والحد من تأثير المناخ على الموارد المائية وتم استخدام هذه التقنية قديماً عبر الآبار والأقنية الرومانية والسدود التجميعية عن طريق الصخور المحيطة بالموقع المستهدف في عملية حصاد وتجميع مياه المطر، كما أظهرت معلومات الدراسات التاريخية والأثرية أن تلك التكنولوجية كانت تستخدم لأكثر من 10.000 سنة في كل القارات (Hofman ***et al***, 2014).

في معظم الحالات كانت تستخدم كمصدر مائي بديل في فترات الجفاف وهي كانت استراتيجية صمود الحضارات القديمة في سنوات الجفاف.

أظهرت الدراسات أن نتائج تطبيق حصاد مياه المطر تقلل من حجم جريان مياه المطر من (20 الى 50) %، ومن المتوقع أن يتغير المناخ في العقود المقبلة، ونتيجة لذلك قد يزداد تواتر وشدة الهطل المطري، ومن المرجح أن يتغير التوازن بين الفترات الجافة والرطبة، فإن من الضروري التكيف مع هذه التغيرات المناخية وتطبيق كل التدابير الممكنة للحد من الجفاف والانجراف المائي وما يصاحب ذلك من تدهور زراعي وبيئي في المنطقة، وتعد تقانة "حصاد مياه المطر" أحد أهم التدابير المتبعة للحفاظ على التوازن البيئي والمائي، حيث أن معظم الدراسات تصف حصاد المياه كتدبير وقائي واحترازي لتوفير المياه (Fewkes, 2012).

إن حصاد المياه يقلل جريان مياه السيول لـ 20% في المناطق شبه الجافة، وأقل في المناطق التي تتلقى كميات أكبر من الجريان، وبالتالي نلاحظ الأهمية الزراعية على وجه الخصوص لتطبيق حصاد المياه لحماية الأراضي الزراعية من الانجرافات والفيضانات، والحفاظ على هذه الكميات من الهطل المطري للاستفادة منها خلال أوقات الجفاف في عملية الري (Farreny and Gabarrell et al, 2011a).

إن تطبيق تقانة "حصاد مياه المطر" يندرج ضمنه مراعاة عدة عوامل أساسية، يأتي في مقدمتها عامل الهطل المطري الذي يعد من العوامل الهامة للتعريف بالمواقع المحتملة لحصاد المياه تبعاً لمعدل الهطل المطري السنوي وغزارته، إضافة لتحديد الهدف من الحصاد من خلال تقدير كميات الهطل المطري التي تم تجميعها، فإمكانية القيام بالحصاد وتنفيذه يختلف تبعاً للمعدل السنوي للهطل المطري، وكمية المياه التي تم تجميعها، علاوةً على ذلك للهطل المطري أهمية اقتصادية في تحديد حجم الحوض، ويعد الغطاء الأرضيLand Cover (نمط استعمال الأراضي) ثاني العوامل الهامة إذ لديه تأثير كبير في التعرية وفقد التربة وتحديد شكل الجريان عن طريق اعتراض مسير الهطل المطري، فيقلل طاقة الجريان، وبالتالي كلما زاد الغطاء الأرضي من حيث وجود الاعشاب أو الزراعات المختلفة أو الغابات انخفض الجريان والعكس صحيح في حال كانت الأرض جرداء، أما بالنسبة للتربة وهو ثالث العوامل، فحسب نوع التربة وقوامها يتفاوت تأثرها بالتعرية وسهولة نقل الرواسب ونوعية الجريان، والعامل الأخير الانحدار، وهو يعد مكمل للعوامل الثلاثة السابقة من خلال درجات الانحدار، حيث يزداد الجريان مع زيادة الانحدار بما يتوافق مع

طبيعة الغطاء الأرضي ونوعية التربة، وبالتالي يعد الانحدار عامل ضروري جداً لتطبيق حصاد المياه وتجميعها (Alejandra, 2008).

وتأتي أهمية الهطل المطري عن العوامل الأخرى كونه العامل الأساسي لحصاد المياه وبدونه لا يمكن أن ينفذ ذلك، وبالتالي يظهر مؤشر الهطل المطري في خريطة حصاد مياه المطر كقاعدة لوضع هذه الخريطة حسب توزع الهطولات وكمياتها (حايك وزملائه، 2015).

أشارت دراسة لـ مشروع حصاد مياه الأمطار في البادية السورية باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة إلى انتشار شبكة من الأودية والمسيلات الموسمية في منطقة الدراسة متباينة في كثافتها تبعاً لطبوغرافية المنطقة ونوع التربة والبيئة التي تسود وكمية الهطل السنوي، حيث تجري مياه هذه المسيلات عادة لفترات محدودة سنوياً تتراوح من بضع ساعات إلى عدة أيام وقد تصل إلى أشهر وذلك تبعاً لظروف الهطل ونظراً لوجود إمكانيات فنية للاستفادة من الجريان غير الدائم، ولافتقار المنطقة إلى مصادر مائية دائمة للاستفادة منها في الزراعة، فإن لهذه المسيلات الموسمية أهمية اقتصادية بحيث يتم اختيار أفضل المواقع من حيث المواصفات الليثولوجية والتكتونية والطبوغرافية لإنشاء سدود صغيرة وسدّات وحفر لتحجز خلفها كميات لابأس بها من مياه الأمطار (الهيئة العامة للاستشعار عن بعد. 2011).

وأوضحت دراسة لحصاد مياه المطر في محافظة طرطوس باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة نجاح تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي GIS في إنجاز مثل هذا النوع من الدراسات موفرة بذلك الوقت والجهد والمال وواضعة أمام صاحب القرار مجموعة من الخيارات المبنية على أساس علمي وتقني، حيث أن إمكانية تحديد مجموعة من المواقع ملائمة لإقامة سدود تخزينية صغيرة عليها كان من الصعب بمكان أو حتى متعذراً بالوسائل التقليدية وبإجراء المسوحات الحقلية لمنطقة مساحتها بحدود المساحة المدروسة وذات طبيعة بيئية وتضاريسية وجيولوجية متباينة مما يبين أهمية استخدام معطيات الصور الفضائية والأنظمة الرافدة لتطبيقات الاستشعار عن بعد كنظام الـ GIS (الهيئة العامة للاستشعار عن بعد. 2017).

2.2 العوامل المؤثرة في حصاد مياه المطر:

تشارك في عملية نجاح تطبيق حصاد المياه عدة عوامل بيئية وطبوغرافية تؤثر بقوة وفاعلية تبعاً للمنطقة المدروسة وموقعها الجغرافي ومدى مساهمة كل عامل على حدى في تقليل أو زيادة حصاد مياه المطر من خلال امكانية استدراج المياه من جهة، وتجميع وحفظ المياه ضمن أحواض مائية من جهة أخرى، حيث يتلخص المبدأ العام لأنظمة الحصاد بوجود منطقتين رئيسيتين:

الأولى: منطقة المسقط المائي (منطقة الجريان السطحي).

الثانية: المنطقة المستهدفة (منطقة التخزين أو الزراعة). وتختلف المنطقتين من حيث تأثرهما بالظروف الهيدرولوجية والطبوغرافية، ويأتي في مقدمة هذه العوامل عامل الهطل المطري، الانحدار، الغطاء النباتي/استعمالات الأراضي والتربة (عبد العال، 2017).

1.2.2 عامل الهطل المطري: Precipitation

يعد من العوامل الهامة للتعريف بالمواقع المحتملة لحصاد المياه تبعاً لمعدل الهطل المطري السنوي وغزارته، ويتفاوت معدل الهطل المطري السنوي في المنطقة العربية، ففي لبنان وسورية يبلغ المعدل 600 و 300 مم/سنة على التوالي، ويصل المعدل السنوي للهطل إلى 130 مم/سنة على بلدان الشمال الافريقي وشبه الجزيرة العربية التي تعد بحاجة للقيام بعملية الحصاد المائي، وتعتبر الموارد المائية المصرية والموريتانية والسورية والسودانية مستنزفة لأن لديها نسب اعتماد عالية في المنطقة تبلغ (97،96،80،77)% على التوالي، إضافة إلى محدودية الموارد المائية المتجددة الاجمالية (مدني، 2008).

تشكل معدلات الهطل المطري دوراً فعالاً في اختيار تقانات الحصاد الملائمة لكل منطقة، وذلك بالتوازي مع تأثير الميول بنسب محددة، فقد يتم تطبيق نظم الحصاد الصغيرة كالحواف الكنتورية في المناطق ذات الهطل المطري الأقل من 400 مم/سنة وميول متوسطة وخفيفة، بينما نظم الخطوط المائلة يتم تنفيذها في مناطق الهطل (150- 500) مم/سنة وذات ميل ضعيف جداً (0.5- 0)%، أما نظم الحصاد الكبيرة كالحواف الحجرية فتطبق في المناطق ذات الهطل (200-600) مم/سنة وميول (5-1)%، ولابد من الإشارة إلى أنه كلما كان المسقط المائي صغير يكون معامل الجريان السطحي مرتفع وبالتالي كفاءة

تطبيق نظم الحصاد الصغيرة أعلى كونها تعتمد على مساحات صغيرة للمساقط المائية ومع زيادة الهطل المطري سيرتفع معامل الجريان (عبد العال،2017).

يعتمد حوض العاصي بشكل رئيسي على الهطولات المطري إذ بلغ حجم الوارد المائي (المطري) فوق الحوض 9764 مم^3 ومتوسط حجم الجريان فوق الحوض 744.67512 مم^3 (عيسى، 2015).

يهّدد الوضع المائي في المنطقة العربية ضغوط بيئية واجتماعية واقتصادية وتلاحظ تأثيرات سلبية كثيرة لتغير المناخ على نظم المياه العذبة في دراسات حديثة، هذه التأثيرات ناتجة أساساً من زيادات ملحوظة ومتوقعة في تقلب درجات الحرارة والتبخر ومستوى البحر والهطل وسوف تواجه مناطق جافة وشبه جافة كثيرة انخفاضاً في الموارد المائية نتيجة تغير المناخ، وهنا تبرز أهمية عملية حصاد مياه المطر في هذه المناطق لدعم الموارد المائية ومواجهة التغيرات المناخية وتأثيراتها على واقع المنطقة الزراعي والخدمي وعلى السكان المحليين، حيث تتنوع أساليب الحصاد وأهدافه بين دعم وتنمية للمناطق الريفية التي تتلقى كميات قليلة من الهطل المطري مقارنةً مع المناطق التي تتلقى كميات عالية من الهطل والتي يهدف الحصاد فيها للتقليل من جريان السيول ومنع حدوث الفيضانات والكوارث البيئية والتنمية الريفية أيضاً لعدم الاستفادة من كمية الهاطل المطري هذه بسبب وعورة التضاريس، علاوةً على ذلك للهطل المطري أهمية اقتصادية في تحديد حجم الحوض (نموشي و طويل، 2005).

وفي دراسة حول تأثير التغيرات المناخية على الواردات المائية لنهر الحصين، تبين أن هناك تناقص في الهطل المطري في المحطات الموجودة في حوض النهر تتراوح بين (7–11)% خلال فترة الدراسة (1960–2002) وأن هناك تناقصاً في الواردات المائية لنهر الحصين بلغت (7.6)% خلال نفس الفترة، ويعتبر حصاد المياه والتوجه لتحديد المواقع الأمثل لتنفيذه في هذه الحالة من أهم الأدوات المتبعة للتكيف والتخفيف من ندرة الموارد المائية نتيجة التغيرات المناخية (عمار، 2010).

وبيَنت دراسة في السهل الساحلي لنهر الكبير الشمالي في سورية إلى ارتفاع مناسيب المياه الجوفية بكميات تزيد على الفواقد في فترات شح المياه بُعيد هطل الأمطار، أي أن الهطل المطري أعلى من الاستهلاك المائي (الأسعد، علي وأخرون، 2014).

إن زيادة شدة المطر تزيد من الجريان الناتج عنها نظراً لانخفاض معدل تسرب التربة مع زمن سقوط المطر إلى أن يصل لمعدل ثابت (معدل التسرب الحدي)، وبالتالي فإن كميات المياه المتجمعة في

الحوض المائي ستزيد مع زيادة حجم الجريان بالتوافق مع وجود ميل خفيف بطبيعة الحال لمساعدة عملية جريان الهطل وهنا لا يجوز أن يكون الميل كبيراً لتفادي الكوارث التي قد تحدث كالانجراف الترابي والفيضانات، بهذه الحال يكون الشكل المثالي لإمكانية تجميع المياه واستدراجها بالطريقة الافضل والتي تحددت شروطها بالآتي (هطل مطري جيد، ميل خفيف، تربة محدودة النفاذية) (محمد والسليم، 2012).

ولا يتوقف حصاد المياه على تجميع مياه الهطل المطري فحسب وإنما قد يتم تجميع عدة أنهار والتقائها في حوض ساكب واحد مما يؤمن امدادات مائية كبيرة وهذا ما اوضحته دراسة هيدرولوجية لحوض الاعوج الذي يعتبر نقطة التقاء نهري الجيناني والسبراني وتأتي مياه الهطل المطري لتغذي المياه الجوفية التي تغذي بدورها نهري الجيناني والسبراني (عمار، 2002).

2.2.2 عامل الانحدار:Slope

بالتزامن مع تأثير عامل الهطل المطري يشكل عامل الانحدار دوراً فعالاً لتأثيره الكبير من خلال تباين درجات الانحدار، حيث يزداد الجريان مع زيادة الانحدار بما يتوافق مع غزارة الهطل المطري، طبيعة الغطاء الأرضي ونوعية التربة، وبالتالي يعد الانحدار عامل ضروري لتطبيق حصاد المياه وتجميعها مع مراعاة أن لا يؤدي الانحدار إلى حدوث انجراف مائي كبير أو انجراف للتربة، أي لابد من تحقق التوافق بين عامل الانحدار وما يلائمه من خصائص بالنسبة للعوامل الأخرى (الهطل المطري، الغطاء النباتي، التربة) (Alejandra, 2008).

فالهطل المطري الغزير وبوجود غطاء عشبي مع درجة انحدار متوسطة إلى عالية يعد جيد للقيام بالحصاد، في حين الأرض الجرداء والهطل المطري العالي مع درجة انحدار متوسطة إلى عالية تسبب انجراف للتربة وهذا لا يساعد في عملية الحصاد، وتبّين أن زيادة الانحدار يؤدي إلى تناقص رشح التربة للماء الأمر الذي يسبب زيادة الجريان السطحي (Fox, ***et al***. 1997).

يزداد الجريان السطحي في المناطق الجافة وشبه الجافة مع وجود غطاء نباتي غير متصل وتربة ليست مغطاة بشكل كامل، ففي المناطق الجافة تكون السفوح العارية بفعل الاحتطاب والرعي الجائر شديدة التعرض لفعل الأمطار والجريان السطحي، أما فوق المنحدرات الصخرية فإن الجريان يسيل بالكامل بفعل الاخاديد المتشكلة، وبالتالي الزخات المطرية القوية تؤدي لحدوث سيلان متوسط الشدة ومع تواجد نقط الضعف المختلفة تتكون القنوات الصغيرة ويصبح تأثير الماء أشد في تعميق هذه القنوات والحركة خلالها

لتأخذ صورة الجداول، أي القنوات الصغيرة نسبياً والتي تشتد الحركة فيها مع وجود السيول والحبيبات الخشنة والحصى يزداد عمق هذه الجداول لتأخذ صورة أعمق وأشد (بلدية، 2014).

ووفقاً لدرجات الانحدار المتباينة تختلف تقانات الحصاد المختلفة، فالمناطق ذات الميل (3–1)% تطبق فيها نظم شرائط الكونتور، وعند الميول (3–5)% تقانات ترابية صغيرة لزراعة الغراس كالأقواس، والميول (5–12)% تقانات حجرية صغيرة، و(12–45)% تقانات حجرية كبيرة كالمصاطب، وتجدر الإشارة إلى أنه في الميول العالي كلما ارتفعت حافة تقنية الحصاد المنفذة (سدات، أقواس،...) كلما قل المردود المائي وذلك بسبب التخفيف من الجريان بين السدات أو الاقواس وبالتالي تباين توزع الواردات المائية في وحدة المساحة أو بين كل سدة وأخرى (عبد العال، 2017).

3.2.2 عامل الغطاء النباتي/استعمالات الأراضي:Land use/Land cover

أظهرت تقديرات الموازنة المائية Jammu Himalya في الهند أن أقل قيم للجريان السطحي السنوي تكون في المناطق التي تعلو المناطق الزراعية ومناطق الغابات الكثيفة، وتكون أعلى في المناطق غير المزروعة أو الغابات المفتوحة، حيث كثافة الغطاء النباتي تعيق عملية جريان المياه السطحية وتخفف من طاقتها، كما تشكل حاجزاً وقائياً يقلل من فعل الامطار السيلية مما يحقق تنظيم تدفق المياه الجارية والحد من آثار الفيضانات وحماية السدود من أثر التوحل السريع، وانعدام الغطاء النباتي يترتب عنه انعكاسات سلبية متعددة تزيد من تفاقم مختلف الاخطار الطبيعية التي قد يعاني منها أي حوض مائي، وكلما ازداد الغطاء العشبي تزداد القدرة على حجز وحفظ المياه مقارنةً مع الأرض الجرداء التي تفقد المياه بسرعة وحجم الجريان فيها كبير (نموشي وطويل، 2005) (Alejandra, 2008).

في دراسة على مستجمع Murchison Bay في Uganda ازدياد الجريان السطحي من 101 مم/سنة عام 1995 إلى 128 مم/سنة عام 2003 أي ما يمثل 26.7% وذلك نتيجة للتغيرات التي طرأت على الغطاء الأرضي حيث انخفضت نسبة أراضي الغابات الحراجية من 31.15% عام 1995 إلى نسبة 13.91% عام 2003 وزادت نسبة المساحات العمرانية من 26.53% إلى 39.09% (Nie et al, 2011).

إن تدفق الجريان السطحي في مستجمعات المناطق الرعوية أعلى 10% من مستجمعات الغابات وهذا يعكس انخفاض اعتراض الهطل المطري (Munoz and Donnell, 2013).

وأيضاً يتم اختيار نوع نظم الحصاد المائي حسب الزراعة كما يلي:

1.الأشجار (مساقط مائية صغيرة، أقواس دائرية، مساقط مائية كبيرة باستخدام الحواف المحددة، حصاد مياه فيضان باستخدام منظمات دخول الجريان).

2.المحاصيل (مساقط مائية صغيرة: أقواس ذات أطار كبيرة، مساقط مائية كبيرة، أشباه المنحرفات، حصاد مياه الفيضان، الموجهات مع الحواف).

3.المراعي (حصاد مياه الفيضان) لتنمية الغطاء النباتي على نطاق واسع، (مساقط مائية صغيرة، أقواس، حواف) على مستوى الغرسة الرعوية أو الشجيرة.

وبالتالي يظهر تأثير الغطاء الارضي واضحاً من خلال إعاقة أو تسهيل الجريان السطحي في منطقة المسقط المائي حيث يستحسن في هذه المنطقة أن يقل فيها الغطاء النباتي لعدم اعتراض الجريان على عكس منطقة التخزين أو الزراعة التي يفضل أن يكون فيها الغطاء الأرضي جيد ومناسب لحجز المياه والاستفادة منها (عبد العال، 2017).

4.2.2 عامل التربة:Soil

تلعب رطوبة التربة دوراً مهماً جداً قبل تنفيذ الحصاد إذ أن زيادة رطوبة التربة تؤدي لزيادة تدفق الجريان من 35–99% في الغابات الناضجة ومن 26–92% في الغابات الثانوية ومن 64–97% في المراعي (Munoz and Donnell, 2013).

تتحكم الخواص الفيزيائية للطبقة السطحية من التربة بعملية تسرب الماء فيها وتؤثر هذه العملية بدورها بكمية الماء المختزنة ضمن التربة وبمقدرتها على توصيل الماء باتجاه الأعماق، حيث إن الجزء الذي لا يتسرب إلى داخل التربة يؤدي إلى تشكيل الجريان السطحي وما يمكن أن ينجم عنه من فقد لمكونات التربة بالانجراف المائي (Mingbinn ***et al***, 2011) (Neris ***et al***, 2013).

إذ أن انخفاض معدل التسرب يساهم في ازدياد معدلات الجريان السطحي والانجراف المائي، حيث تتأثر الخصائص التسربية للتربة بعوامل عدة كقوامها وتركيبها الفلزي، ومساميتها ومحتواها من الفراغات البنيوية ومدى اتساع الفراغات الكبيرة الناجمة عن النشاط البيولوجي فيها (بلدية، 2014).

إن خصائص التربة بتركيبها وقوامها ذات تأثير في حركة الماء في التربة، فالتربة الخشنة تحوي مسامات بأقطار كبيرة نسبياً لذا فإن قوى الجاذبية تؤدي دوراً مهماً في حركة الماء، في حين الترب الناعمة التي تحوي مسامات بأقطار صغيرة نسبياً فإن قوى الشد هي التي تؤدي الدور المهم في حركة الماء، لذلك يكون تقدم جبهة الابتلال أو الجريان أفقياً أكبر مما هو عليه عمودياً في الترب الناعمة في حين العكس صحيح في الترب الخشنة (محمود، 2009).

وأوضحت عدة دراسات في المغرب وتونس وبلدان عربية أخرى أن المناطق ذات النفاذية العالية أي حوالي 50 ملم/ساعة تعد مناسبة للمنطقة المستهدفة (منطقة الزراعة) في عملية الحصاد في حين أن المناطق ذات النفاذية المنخفضة أي حوالي 7.5 ملم/ساعة تعد مناسبة لمنطقة المسقط المائي (عبد العال، 2017).

وأشارت عدة أبحاث إلى أن زيادة نسبة المواد العضوية والمعدنية في التربة تؤدي إلى زيادة قدرة التربة على تسرب الماء لزيادة الفراغات البينية بين حبيبات التربة وهذا يؤدي إلى زيادة تأثير قوى الجاذبية وبالتالي تقل الكثافة الظاهرية والعكس صحيح، ولذلك تضاف المادة العضوية لتحسين خواص التربة للزراعة (ياسين وزملائه، 2012).

وقد وجد أن حركة الماء على سطح التربة تعكس الترابط الوثيق بين التربة والغطاء النباتي، إذ ترتبط التربة بشكل وثيق مع الغطاء النباتي من خلال اختلافها تبعاً لنفاذيتها ودرجة الانحدار فيها وبالتالي تباين الفعل المزيت للماء الذي يسبب حركتها (نموشي وطويل، 2005).

وفي مجال ملائمة المواقع لعملية الحصاد وجد أن المواقع المناسبة لإقامة منشآت حصاد المياه لحوض شمال العراق تغطي مساحة مقدارها 11% من مجموع مساحة الحوض، أما ما تبقى من المساحة فهو غير مناسب (Jastroia ***et al***, 2009).

من خلال استقراء العوامل السابقة وملائمتها لعملية الحصاد المائي نجد أن أفضل معادلة تتناسب مع منطقة تجميع المياه بالنسبة للعوامل السابقة (الهطل المطري: عالي، الانحدار: منخفض، الغطاء النباتي: كثيف، التربة: طينية ثقيلة)، في حين أفضل معادلة تتناسب مع منطقة جريان المياه قبل تجميعها (الهطل المطري: عالي، الانحدار: متوسط، الغطاء النباتي: خفيف أو معدوم، التربة: صخرية)، ويعد الهطل المطري أهم العوامل كونه العامل الأساسي لحصاد المياه وبدونه لا يمكن أن ينفذ ذلك، وبالتالي يظهر

مؤشر الهطل المطري في خريطة حصاد مياه المطر كقاعدة لوضع هذه الخريطة حسب توزع الهطولات وكمياتها.

3.2 دور التقانات الحديثة في تحديد المواقع الملائمة لحصاد مياه المطر:

تساعد التقانات الحديثة المتطورة كتقانات الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) ونظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في تحسين عمليات الرصد المائي، وتعتبر هذه التقانات وسائل هامة في المساعدة في تقدير المخزون المائي لوضع الاستراتيجيات والخطط الكفيلة بالحفاظ على الموارد المائية وتطويرها واستخدامها بشكل أمثل، وتحديد المواقع المثلى لإقامة خزانات مائية وسدود سطحية عن طريق عمليات الحصاد المائي (WRI, 2005).

وأوضحت العديد من الابحاث استخدام هذه التقانات بإدارة الأحواض المائية، وتتضمن إدارة نظام المخزون المائي الجوفي، جدولة الري وإدارة مخاطر تلوث الماء الأرضي، حيث استخدمت تطبيقات GIS في الأحواض المائية لتحديد مواقع حصاد المياه مع مراعاة عوامل حفظ التربة من الانجراف المائي، إضافة لتطبيق مبدأ الادارة المتكاملة للموارد المائية للتخفيف من أثر المناخ على الموارد المائية (Prinz, 2013).

وتم الاعتماد على تقانات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في التخطيط لتطوير وإدارة الموارد الطبيعية، عند المقاييس العالمية والإقليمية والمحلية، وتوظف هذه التقانات في تقييمات استخدامات المياه المتعددة المرتبطة بالتحديات البيئية مثل انجراف التربة، تدهور الأرض بالانجراف المائي، تلوث الماء السطحي والأرضي (Jasrotia ***et al***, 2002).

كما ساهمت تقانات GIS/RS في بناء نماذج رياضية لتحديث وتطوير معادلة فقد التربة العالمية (USLE) حيث يرتبط الانجراف المائي بخصائص الحوض والذي يتأثر بعوامل الانجراف مثل الطبوغرافيا، المناخ، التربة، وخصائص الغطاء الأرضي، وتم الاستفادة من هذه التقانات في تقدير الترسيبات المنقولة بالانجراف المائي عن طريق حساب معادلة انجراف التربة (Saha,2005)،(Alejandra, 2008).

وقد تم استخدام التقانات الحديثة المتطورة مثل الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) ونظام تحديد المواقع الشامل (GPS) في وضع خرائط مناخية، تساعد أصحاب القرار في اتخاذ القرارات المسؤولة في توجيه وإدارة العمليات الزراعية، لربط زراعة المحصول بالموقع الجغرافي استناداً إلى المعطيات المناخية، والتي تساعد في وضع الاستراتيجيات والخطط الكفيلة بتطوير الجانب الزراعي، وفي وضع خرائط طبوغرافية لشكل الأرض، وهي تساعد في فهم الطبيعة الجغرافية لنشوء الأنهار، والمجاري والمساقط المائية وجريانها، تبعاً لانحدارات طبوغرافية الأرض، والتي تساعد في دراسات انجراف التربة، وتحديد مواقع حصاد مياه المطر المثلى (Randall and Barson, 2001)، (Gastellu, 1990).

تم تحديد المناطق المناسبة لحصاد المياه عن طريق تطبيقات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية على نطاق واسع من خلال إعداد قاعدة بيانات رقمية تضم حزمة من المدخلات التي تساهم وتشارك في عملية حصاد المياه وتشمل (أنواع الترب، الغطاء النباتي، الهيدرولوجيا، المناخ) ومن ثم مقاطعة هذه المدخلات للوصول إلى الخريطة النهائية التي تعطي التصور الموضوعي والحقيقي لمواقع حصاد مياه المطر (Bakir, Xingnan, 2008).

أوضحت الدراسات أن نمذجة التضاريس الرقمية له العديد من التطبيقات في الدراسات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية، حيث تم إعداد الخرائط المائية المتعلقة بالتضاريس، مثل شبكة الصرف وحدود المسطحات المائية من البيانات الرقمية وبيانات الاستشعار عن بعد وتحديداً نموذج الارتفاع الرقمي الدقيق المترافق مع الدقة العالية لبيانات القمر الصناعي والتي تعتبر مصادر بيانات أساسية في استنتاج العناصر العامة والتفصيلية لشكل الارض، كما أن للصور الفضائية دور في وضع قواعد بيانات طبوغرافية جديدة تفيد في الدراسات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية التي تتضمن تحاليل السطح المورفولوجي (Frankel and Doland, 2007)،(Reddy and Maji, 2003).

كما تمت الاستفادة من الصور الفضائية في تحديد المسيلات المائية وفقاً لنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) ورصد مواقع الانجراف المائي لتحديد الوسائل البديلة التي تحد من عمليات الانجراف المائي والذي يسبب بدوره انجراف الترب، وبهذا نجد أن التقدم العلمي الكبير في مجال الصور الفضائية و تقانات تحليل هذه الصور إمكانيات هائلة لدراسة مظاهر سطح الأرض دون الحاجة إلى إجراء مسح

حقلي مباشر، مما وفر الكم الهائل من الوقت والجهد والمال، بالإضافة إلى الدقة والشمولية التي يفتقر إليها العمل الحقلي التقليدي) (Randall and Barson, 2001).

وقد تم الاعتماد على خريطة شكل الأرض في الدراسات الجيولوجية والجيومورفولوجية، وعمليات تطوير تخطيط استعمالات الأراضي، وفي وضع خرائط الترب، خرائط الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي، ومن خلال هذه الدراسات والخرائط المنجزة تم قراءة واقع كل منطقة مدروسة ووضع الأسس والقواعد للحفاظ على التربة من الانجراف بفعل الجريان السطحي، وكانت أهم المؤشرات التي تم النظر عليها ومراعاتها هي: الهطل المطري، قوام التربة، الانحدار والغطاء الأرضي، كما ويرتكز وضع خرائط طبوغرافية شكل الأرض لمنطقة الدراسة على الصور الفضائية، ونموذج الارتفاع الرقمي (DEM) في استنتاج الحالة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة، وتشمل خريطة الانحدار، والارتفاع، واتجاه السفوح، وشكل الأرض، Landform والنموذج المجسم D3 (Blaschke, 2010) (Minar and Evans, 2008).

وأوضحت عدة دراسات أن إنتاج خرائط بمقاييس كبيرة لها توظيفها في المشاريع الإنمائية للمناطق الفقيرة بالموارد الطبيعية، وترتبط مباشرة في حياة المواطنين المعيشية، حيث تساهم هذه الخرائط في تنفيذ مشاريع حصاد المياه بهدف زيادة مخزون المياه الجوفية (Roebuck and Rashley, 2006) (Roebuck ***et al***, 2011).

كما تم تصنيف الغطاء الأرضي/استعمالات الاراضي تبعاً للهدف الموجود على الصورة وإنتاج خرائط غرضية لاستعمالات الأراضي (خرائط الأشجار المثمرة)، وتم تقييم دقة التصنيف باستعمال مصفوفة التشويش confusion لتحديد نجاح أخطاء التصنيف المرتكبة commission مثل (استعمالات الأراضي الموجودة ، أماكن وجودها) واخطاء الاغفال omission (استعمالات الأراضي المفقودة بينما هي في الحقيقة موجودة)، واستعملت طريقة تحليل المجموعات الضبابية(fuzzy sets) لحل مشكلة التصنيف (Congalton, 1991) (Gopal and Woodcock, 1994).

تعد خرائط استعمالات الأراضي إحدى أهم الوثائق الاساسية التي تستخدم من قبل متخذي القرار من أجل الحفاظ على المصادر الطبيعية لاستمرارية الإنتاج الزراعي، وترتبط عمليات إدارة الأراضي بخرائط استعمالات الأراضي (WRI, 2005).

تعتمد خرائط استعمالات الأراضي على الترميز الجغرافي الزراعي لجمع البيانات ومعرفة المساحات اللازمة لكل استخدام من أجل الاستثمار الأمثل لهذه المصادر، وتحديداً عند وجود مصادر وبيئات استثمارية تسمح فيه المصادر الطبيعية لتكون رافد جديد لمصادر الدخل للسكان المحليين، وعلى سبيل المثال: تستعمل بيانات استعمالات الأراضي في تخطيط الأراضي للتعريف بالمساحات المناسبة للتوسع بزراعة الزيتون (ESRI, 1991).

وقد تم الاعتماد على التقانات الحديثة في وضع خرائط استعمالات الأراضي، والتي ترتكز على الصور الفضائية ذات الدقة العالية لتميز العناصر الأرضية من خلال البصمة الطيفية، وعلى أخذ نقاط مراقبة أرضية بواسطة جهاز GPS وإسقاطها على الصورة الفضائية لمعرفة ماهية الأهداف الممسوحة على أرض الواقع، وتأتي أهمية الصور الفضائية في تعريف المناطق المتعلقة بالنشاطات البشرية، كما أن استخدام الصور الفضائية في وضع خرائط استعمالات الأراضي لا تحتاج لهدر الوقت كما في الطرائق التقليدية، بالإضافة إلى أن استعمال الصور الفضائية فعال جداً، فهي قادرة على تفسير المظاهر بشكل دقيق وتظهر أجزاء دقيقة لا يمكن الوصول إليها باستخدام وسائل النقل التقليدية (Randall and Barson, 2001).

أكدت الدراسات والابحاث التي تمت في مجال حصاد المياه إلى ضرورة توافر تجهيزات حقلية، واختيار الوقت الدقيق ضمن موسم الهطل المطري لضمان نجاح العمل وانجاز الحصاد، ووجد أن مؤشر الهطل المطري العامل الرئيسي في التعريف بالمواقع المحتملة لحصاد مياه المطر (Oweis and Hachum, 2006).

أشارت العديد من المشاريع والأبحاث التي قدمت في تطوير أنظمة دعم القرار في رسم سياسات إدارة الموارد المائية، عن طريق التعريف بالمواقع القابلة لحصاد مياه المطر إلى وجود تأثير معنوي كبير على مستوى معيشة السكان المحليين في تأمين الموارد المائية لهم والمرتبطة بتطوير الثروة الحيوانية، ودعم بعض الزراعات البعلية في سنوات الجفاف (Abdull and Al-shareef, 2009).

تعد المنطقة المدروسة وهي منطقة مصياف أحد الأحواض الساكبة الفرعية في حوض العاصي، إذ تتمتع منطقة الدراسة بمناخ فصلي أي حسب الفصول، اذ يلاحظ مناخ حار جاف خلال فصل الصيف، ومناخ بارد رطب في فصل الشتاء، وتبين وجود مناطق واعدة من الحوض قابلة لتشكيل الحوضات المائية والتي

تدعم الزراعات البعلية حيث أنها تتلقى كميات هطل مطري جيدة تتراوح بين (342-1500 مم) تساعد على تنمية المنطقة نظراً لعدم إمكانية الاستفادة من هذه الكميات بسبب طبيعة المنطقة من النواحي الطبوغرافية من جهة والاجتماعية من جهة أخرى (كلخه، 2015).

ولذلك يعد تطبيق تقانة "حصاد مياه المطر" إحدى أهم الوسائل البديلة في إيجاد موارد مائية جديدة تدعم العملية الزراعية وتنمية الثروة الحيوانية وبالتالي الوصول الى تنمية ريفية مستدامة التي تتمثل في (دعم المخزون المائي الجوفي، دعم الزراعة البعلية والمروية وزيادة مساحتها، تأمين مياه الشرب للسكان، تأمين المياه للثروة الحيوانية وكذلك للاستخدامات المنزلية والصناعية،.....الخ).

وقبل البدء بعملية الحصاد يجب تحديد المواقع الملائمة الأمر الذي يعد العامل الأساسي لتحديد طريقة تنفيذ الحصاد تبعاً لظروف المنطقة والعوامل المؤثرة فيها (الهطل المطري، الغطاء الأرضي، الانحدار، التربة)، ولذلك إن اعداد الخرائط الغرضية للعوامل السابقة هو القاعدة الاساسية لقراءة واقع المنطقة ومدى حاجتها لتطبيق تقانة الحصاد، وانعكاس ذلك على واقع التنمية في المنطقة المختارة.

ومنها منطقة الدراسة موضوع هذه الورقة، وهي تعتبر ذات أهمية في تأمين المصادر المائية المستخدمة في سد الفجوة في إنتاجية المحاصيل لدعم الزراعات البعلية لتلافي فشلها في سنوات الجفاف، وفي هذا الإطار يتبن أهمية تقانات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد للتعريف بالمواقع المحتملة لحصاد مياه المطر والقيام بعمليات حصاد المياه في المرحلة التالية ومن ثم توظيف هذه المشاريع في عمليات التنمية الريفية والمستدامة.

4.2 أهمية البحث:

تأتي أهمية البحث من الحاجة الماسة للحفاظ على الموارد المائية ضمن منطقة الدراسة، كونها تتلقى أمطار غزيرة بمتوسط 600 مم، ولا تستخدم في الزراعة بسبب الطبيعة المعقدة للتضاريس، إضافة لكون معظم أراضي منطقة الدراسة ضعيفة الخصوبة، وتفتقر للسهول الواسعة وانتشار السهول على نطاقات ضيقة ومحدودة، كما تنتشر في منطقة الدراسة تربية الحيوانات مما يجعل القيام بمشاريع الحصاد المائي ضرورة حيوية لتطوير الثروة الحيوانية، وتساهم أيضاً في تأمين المياه لمتطلبات ري بعض غراس الأشجار المثمرة حيث يعتبر توافر المياه للأغراض الزراعية عامل أساسي ومهم لتطوير الجانب الزراعي في المنطقة المدروسة.

5.2 أهداف البحث:

1 – تحديد المناطق الملائمة لحصاد مياه المطر، باستخدام تقانات نظم المعلومات الجغرافية GIS والاستشعار عن بعد RS.

2 – تحديد طرائق الحصاد المائي الملائمة للمنطقة المختارة.

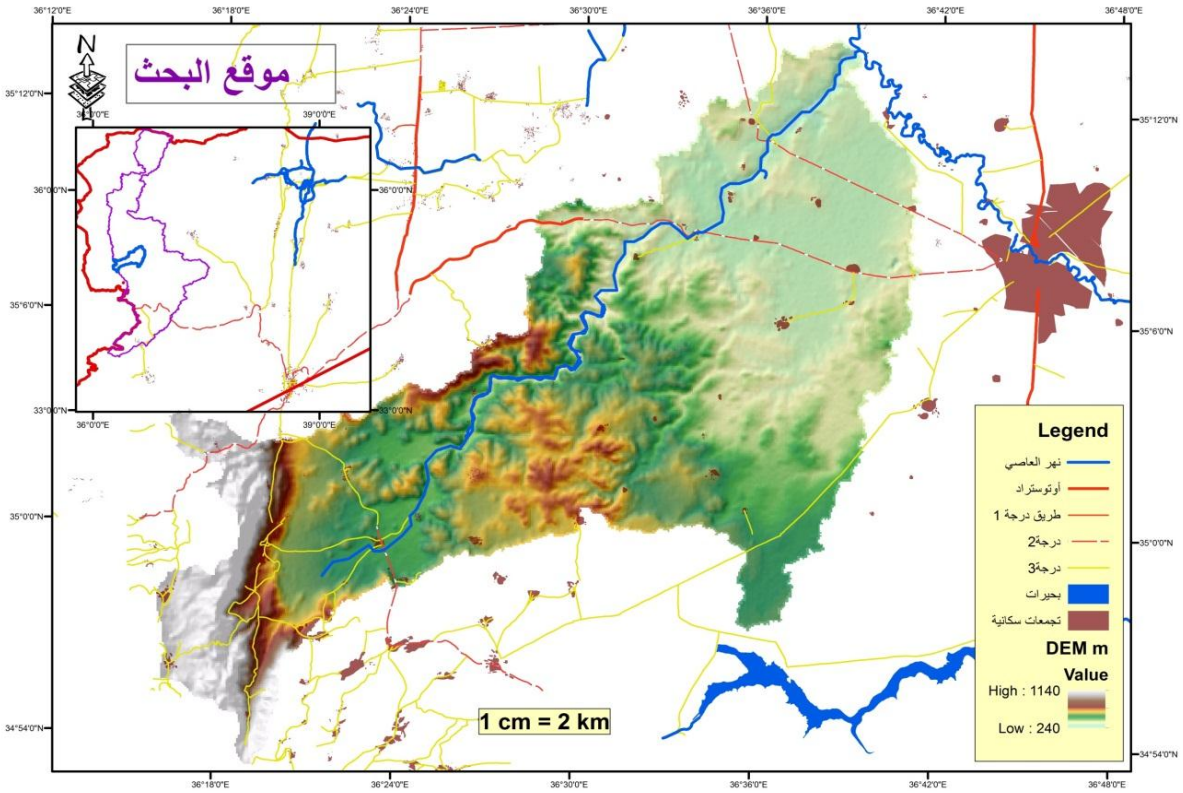
الفصل الثالث

3. مواد وطرائق البحث Materials and Methods:

تم تنفيذ البحث في الفترة الواقعة بين صيف 2016 و نهاية عام 2017

1.3 موقع البحث Research Position :

يشمل البحث الحوض المائي بمنطقة مصياف، الذي يمتد بين خطي عرض 12. "6. '34.53°–06. "55. '35.13° شمالاً وبين خطي طول 17 "36.19'16°–76. "3. '36.39° شرقاً وتبلغ المساحة المدروسة: 598.15 كم² الخريطة (1) ، ويبلغ عدد السكان الموجودون ضمن الحوض المائي 200.000 نسمة وفقاً لإحصائية السكان لعام 2010 (مديرية الإحصاء بحماة. 2010)، تسود في الحوض المائي الترب الناشئة من مادة أصل كلسية وبازلتية، وتعتبر أراضي الحوض المائي من الأراضي المتباينة في الخصوبة حيث تتوزع الترب الضحلة والضعيفة الخصوبة في الجزء الغربي، والمترافقة مع الأشجار الحراجية والمراعي، إلى متوسطة العمق في المناطق الوسطى من الحوض المائي (زراعات بعلية وبساتين التين والكرمة) وأخيراً إلى الترب العميقة في القسم الشرقي من الحوض حيث تنتشر فيه زراعات المحاصيل الاستراتيجية المروية (قمح ، قطن ، شوندر سكري) إضافة إلى بعض المحاصيل البعلية (شعير، عدس) وأشجار مثمرة (زيتون ، فستق حلبي ، لوزيات).



خريطة (1) موقع منطقة الدراسة

يسود في منطقة الدراسة نظام الرطوبة المتوسطيXeric للتربة ، بينما نظام حرارة التربة هو Thermic ويبلغ متوسط الحرارة السنوية في المنطقة المدروسة 22^{o} م والرطوبة النسبية 60 % ومتوسط الهطل المطر600 مم/سنويا على كامل الحوض ومتوسط درجة الحرارة فيه صيفاً 33.5^{o} م ، ومتوسط درجة الحرارة فيه شتاءً1.1^{o} م (مديرية الإرصاد الجوية بحماة، 2015).

2.3 مواد ومنهجية تحديد مواقع حصاد مياه الأمطار:

1.2.3 مرحلة الأعمال المكتبية والتحضيرية:

تم العمل على 4 رقع طبوغرافية مقياس 1:50000 و صورتين فضائيتين+LANDSAT TM دقة 30 م حديثة ملتقطة في2015 ويبين ملحق جدول (3) خصائص هذا النوع من الصور الفضائية (Lille sand.T.m and Kiefer.2004) وتلخصت مراحل العمل المكتبي كالتالي:

1. الإرجاع المكاني للخرائط الطبوغرافية والصور الفضائية Georefrenceing والتصحيح الهندسي.
2. إجراء عملية الموزاييك للرقع الطبوغرافية والصور الفضائية باستخدام نظام ERDAS ونظام التفسير البيئي البصريENVI 4.4.
3. بناء قاعدة البيانات المكانية ضمن نظام الـGIS (طبقات المناخ، طبقات الترب، طبقات الطبوغرافيا، طبقات استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي).
5. رقمنة السمات الأساسية (خطوط التسوية، طرق، هيدرولوجيا، تجمعات سكنية).

2.2.3 مرحلة إعداد قواعد البيانات المكانية الرقمية وانتاج الخرائط:

تم إجراء ترقيم للطبقات الغرضية التالية Thematic layers:

1. شرائح خطوط التسوية من الخرائط الطبوغرافية بمقياس 1:50000 وبمساعدة نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبدقة (30م) لكامل حدود الحوض المائي.
2. شرائح المسيلات والأقنية المائية وخطوط ونقاط الصرف والحوضات المائية من الخرائط الطبوغرافية بمقياس 1:50000 وبمساعدة نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبدقة (30م) لكامل حوض مصياف وباستخدام برنامجArc Hydro tools .
3. شرائح الطرق من الخرائط الطبوغرافية بمقياس 1:50.000 وبمساعدة الصور الفضائية.
4. شرائح التجمعات السكنية من الخرائط الطبوغرافية بمقياس 1:50000 وبمساعدة الصور الفضائية .
5. شرائح المسميات من الخرائط الطبوغرافية بمقياس 1:50.000
6. اشتقاق خريطة الترب مقياس 1:1000.000 حسب (العليوي، 1985)

كما تم وضع خرائط المتعلقة بالمظهر المورفولوجي وتشمل:

7. نموذج الارتفاع الرقميDigital Elevation Model(DEM) لمنطقة الدراسة.
8. نموذج ثلاثي البعد 3D لمنطقة الدراسة.

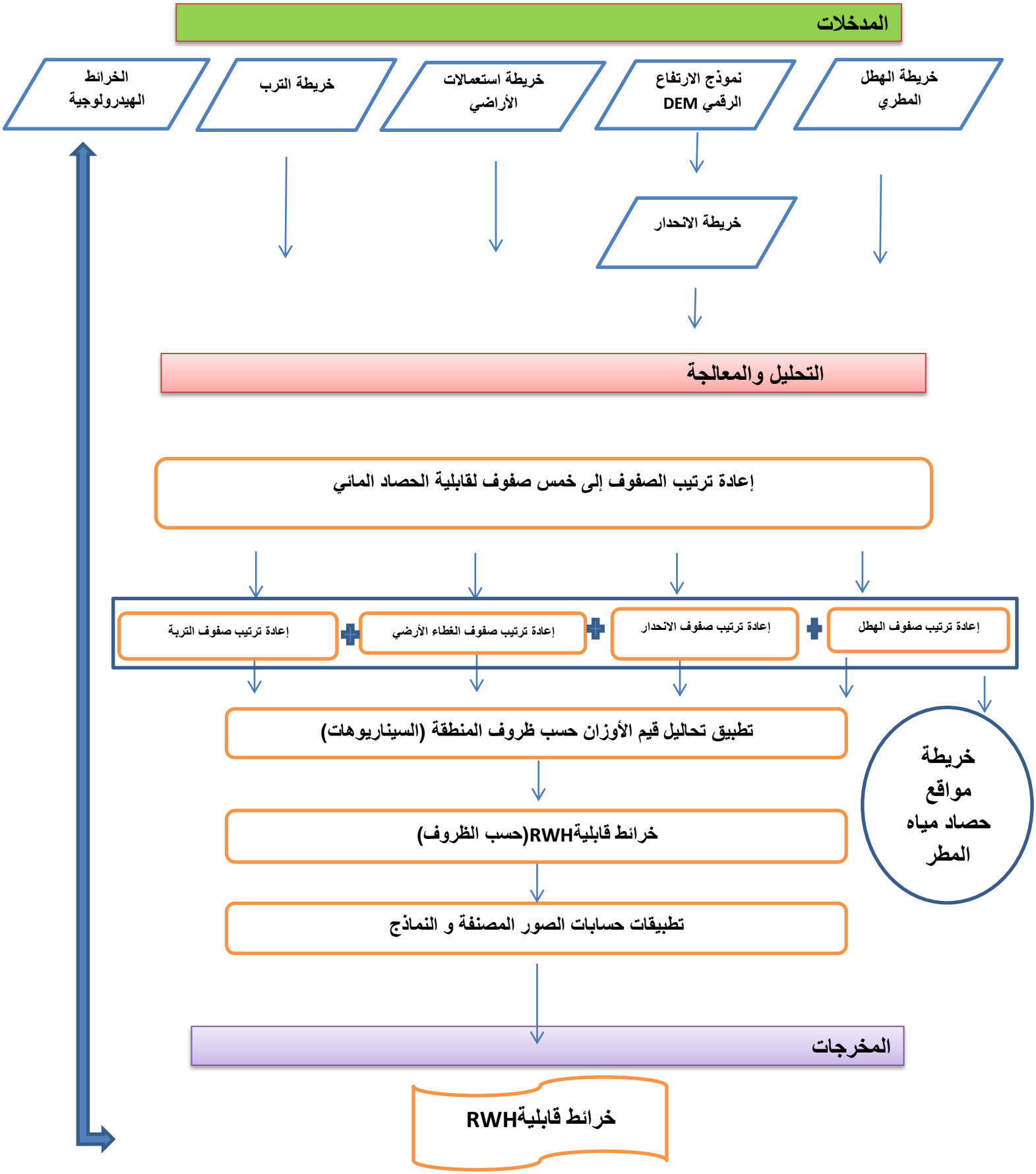
9. نموذج الانحدار Slope% لمنطقة الدراسة.

10. نموذج اتجاه السفوح Aspect لمنطقة الدراسة.

11. نموذج ظلال السفوح Hillshade لمنطقة الدراسة .

كما تم انتاج خرائط مواقع حصاد المياه في المنطقة المدروسة باستخدام المؤشرات التالية حسب ما هو موضح في الشكل(1) قسم المدخلات:

تشمل الخرائط التالية: خريطة الهطل المطري ، نموذج الارتفاع الرقميDEM والانحدار، خريطة الغطاء الأرضي/ استعمالات الأراضي، خريطة الترب.



شكل(1) منهجية وضع خرائط مواقع حصاد مياه المطر حسب(Abrefa *et al*, 2013)

3.2.3 خريطة الهطل:

تعد مراقبة تغيرات الهطل المطري باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS أداة هامة في رصد تغيرات الموارد المائية التي تغذي الأحواض المائية، وتساعد في وضع تصور عن نمو الموارد المائية وانحسارها ضمن مناطق الحوض، وتستند عملية مراقبة تغيرات الهطل المطري، على معالجة بيانات قيم المتوسطات الشهرية والسنوية للهطل المطري المسجلة ضمن 21 محطة مناخية، وتم استنتاجها عن طريق إعداد قاعدة البيانات للمحطات المناخية المنتشرة ضمن المنطقة المختارة ضمن برنامج نظم المعلومات الجغرافية وباستخدام التحليل المكاني Spatial Analyst باستخدام طريقة Spline، وحساب متوسط الهطل السنوي لفترة زمنية 45 عام، حيث تم استخدام معطيات المحطات المناخية الواقعة ضمن الحوض والمحطات الموجودة خارج الحوض الشكل (2).

وشمل العمل الخطوات التالية:

1- جمع البيانات الجغرافية والتي تشمل (أسم المحطة، خط الطول والعرض، الارتفاع عن سطح البحر) بواسطة جهاز تحديد المواقع الشامل GPS ملحق جدول (1) .

2- معالجة البيانات المناخية المسجلة للهطل المطري ضمن المحطة وتدقيقها واستبعاد القيم الشاذة والممتدة بين عامي 1970-2015.

3- إعداد قاعدة البيانات الجغرافية والمناخية بواسطة برنامج (ARCGIS10.2) وإدخال البيانات فيها.

4- إجراء عمليات التحليل المكانيSpatial Analyst باستخدام طريقة spline (Lemans and Cramer, 1991).

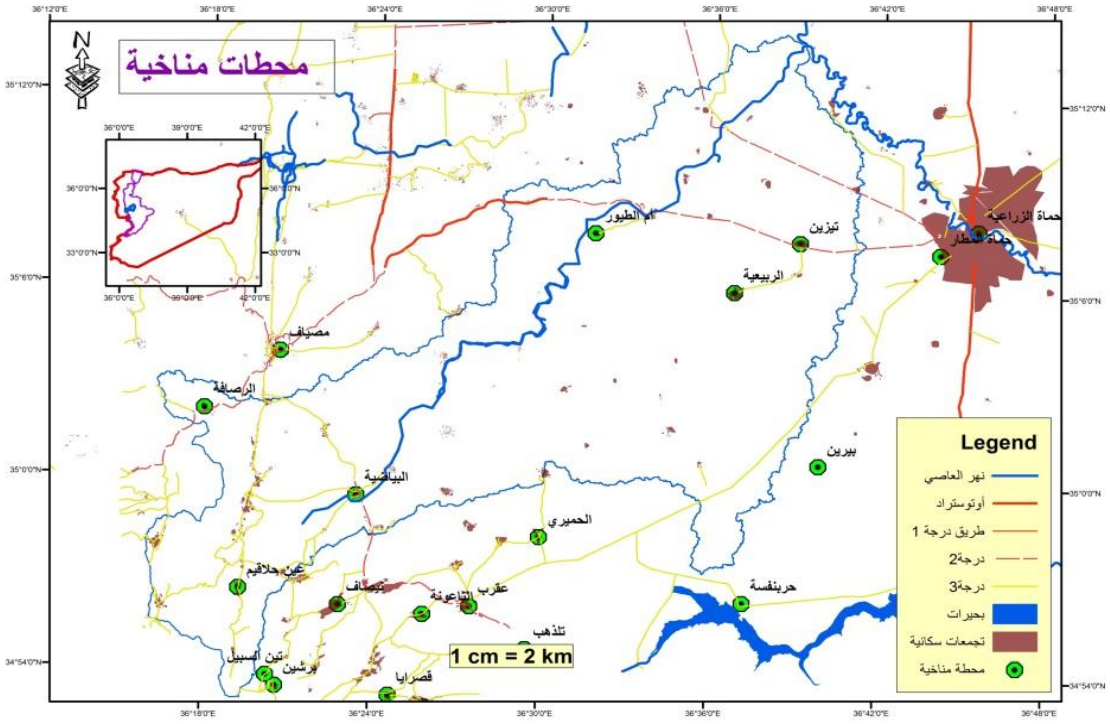
وإنشاء خريطة الهطل المطري بالاعتماد على قاعدة البيانات المناخية التي تتضمن المتوسطات الشهرية الهطل السنوي حسب Penman-Monteith (Hutchinson, 2000) و(Allen and ***et al***, 1998) للمحطات المناخية الرئيسية في الحوض المائي والموضحة في خريطة (2) وذلك لفترة 45 سنة.

5- إعادة ترتيب خريطة الهطل المطري لتحديد أفضل المواقع لحصاد المياه ضمن موقع الدراسة .

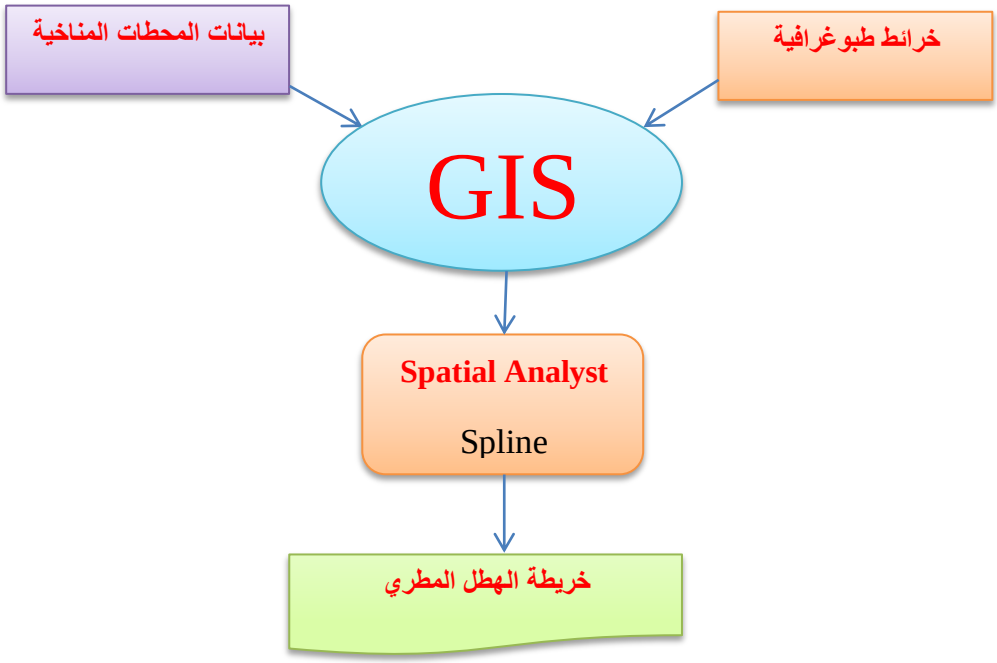
وتم إنشاء جداولExcel وتدقيق للبيانات وبناء قاعدة بيانات ضمن برنامج GIS واستخدم التحليل المكاني Spatial Analyst لإنتاج الخرائط المناخية، واستخدمت طريقة Spline : وهي طريقة لإنتاج السطوح، وتنتج سطح يمر من نقاط العينات، وهو يشبه تقنية الشد المرن في إنتاج السطح بين مواقع المحطات، وهي مناسبة لإنشاء السطوح الملساء مثل السطوح الخاصة بدرجات الحرارة، يمكنها التنبؤ بالارتفاعات والمنخفضات ولها طريقتين:

- **الشد:Tension** يتميز بإجبار السطح على المرور بنقاط محددة، تكون القمم و الوديان مستوية بشكل أكبر، السطح الناتج خشن عند زيادة قيمة التثقيل (weight) يصبح السطح أكثر خشونة.

υ **المنظم:Regularized** يتميز بأن السطح الناتج أكثر تجعيدا، أعلى من القمم وأدنى من الوديان، أكثر نعومة عند زيادة قيمة التوزين (weight) يصبح السطح أكثر نعومة.



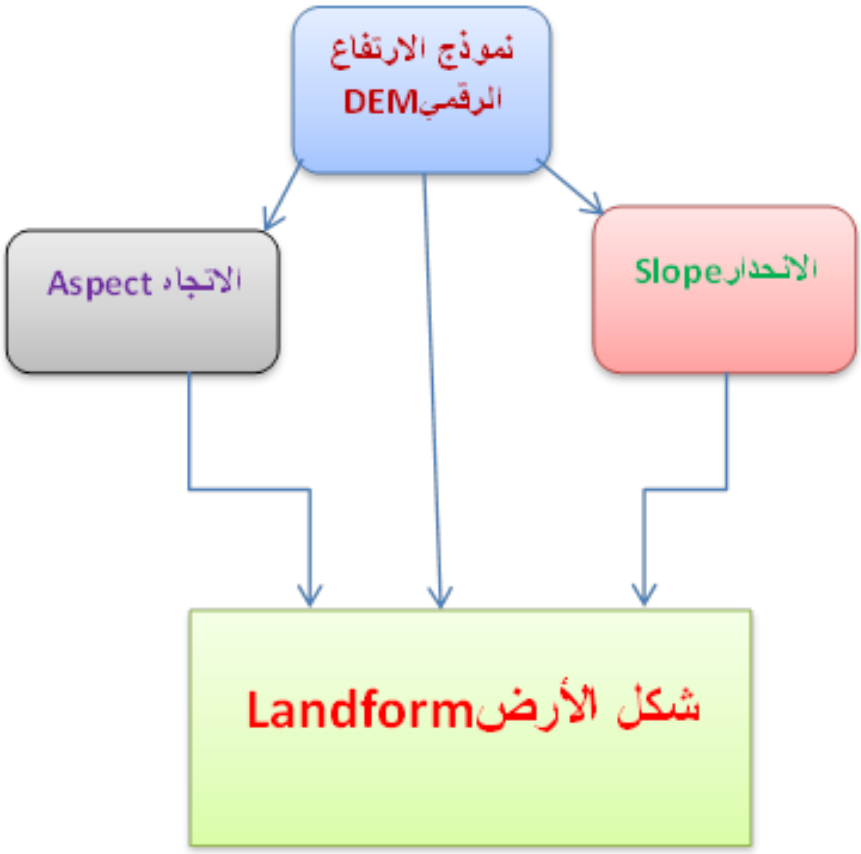
خريطة (2) توزع المحطات المناخية داخل وخارج الحوض المائي



الشكل(2) طريقة وضع خريطة الهطل المطري

4.2.3 نموذج الارتفاع الرقمي والانحدار:

يرتكز وضع خريطة طبوغرافية شكل الأرض بشكل رئيسي على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وبمساعدة الصور الفضائية لمنطقة الدراسة، وبعض نقاط الإرجاع بواسطة جهاز تحديد المواقع الشامل GPS للمساعدة في ضبط الحدود للمستجمع المائي. تم استخدام نموذج ارتفاع رقمي بدقة 30 م عن طريق الصور الفضائية، وتم إدخالها إلى برنامج ArcGIS 10.2 وباستخدام امتداد التحليل المكاني Spatial Analyst تم استخراج خرائط الملامح الطبوغرافية لمنطقة الدراسة وتشمل (خطوط التسوية ،الارتفاع، الانحدار، الاتجاه، شكل الأرض،3D، واتجاه الجريان). وتم استنتاج حدود الحوض وبعض المؤشرات المائية مثل خطوط ونقاط الصرف والشبكة المائية للحوض عن طريق برنامج Arc Hydroلفهم العلاقة بين طبوغرافية الحوض المائي ومواقع حصاد مياه المطر، كما هو موضح في الشكل(3) (DePauw *et al, 2008*).

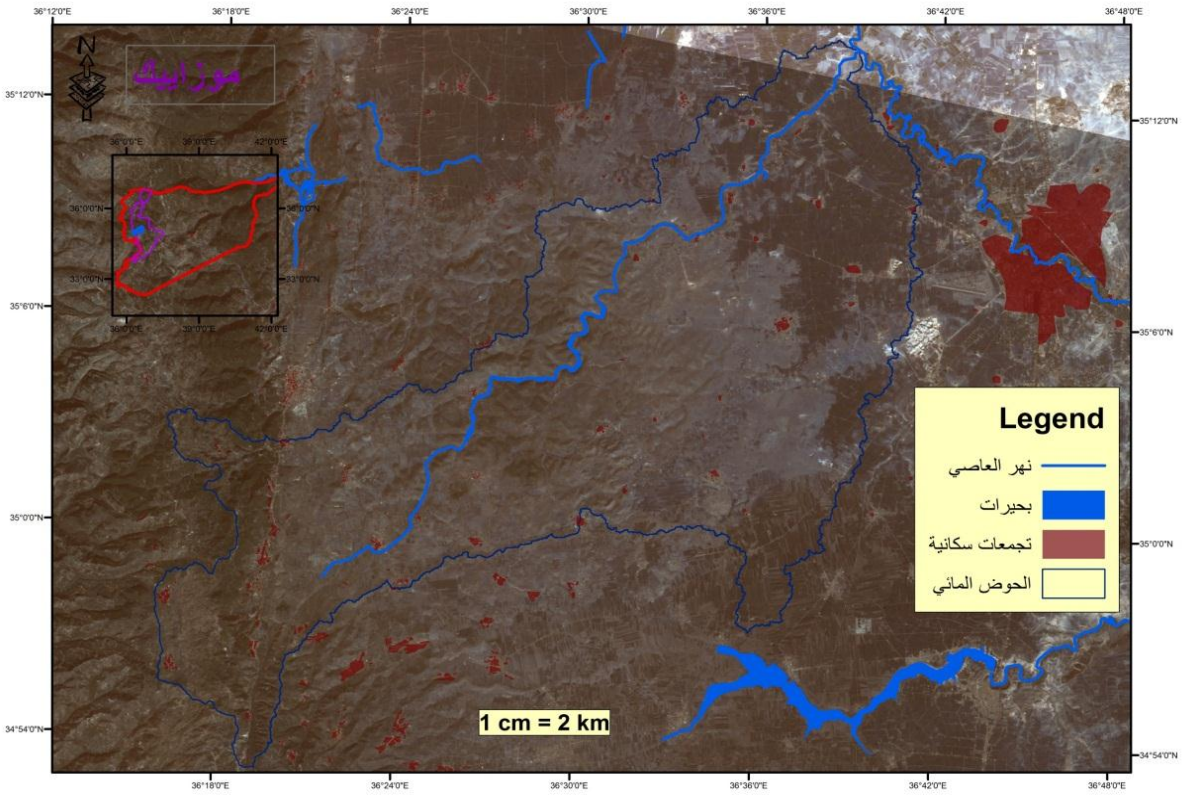


شكل(3) طريقة استنتاج خريطة طبوغرافية شكل الأرض حسب(DePauw *et al*, 2008)

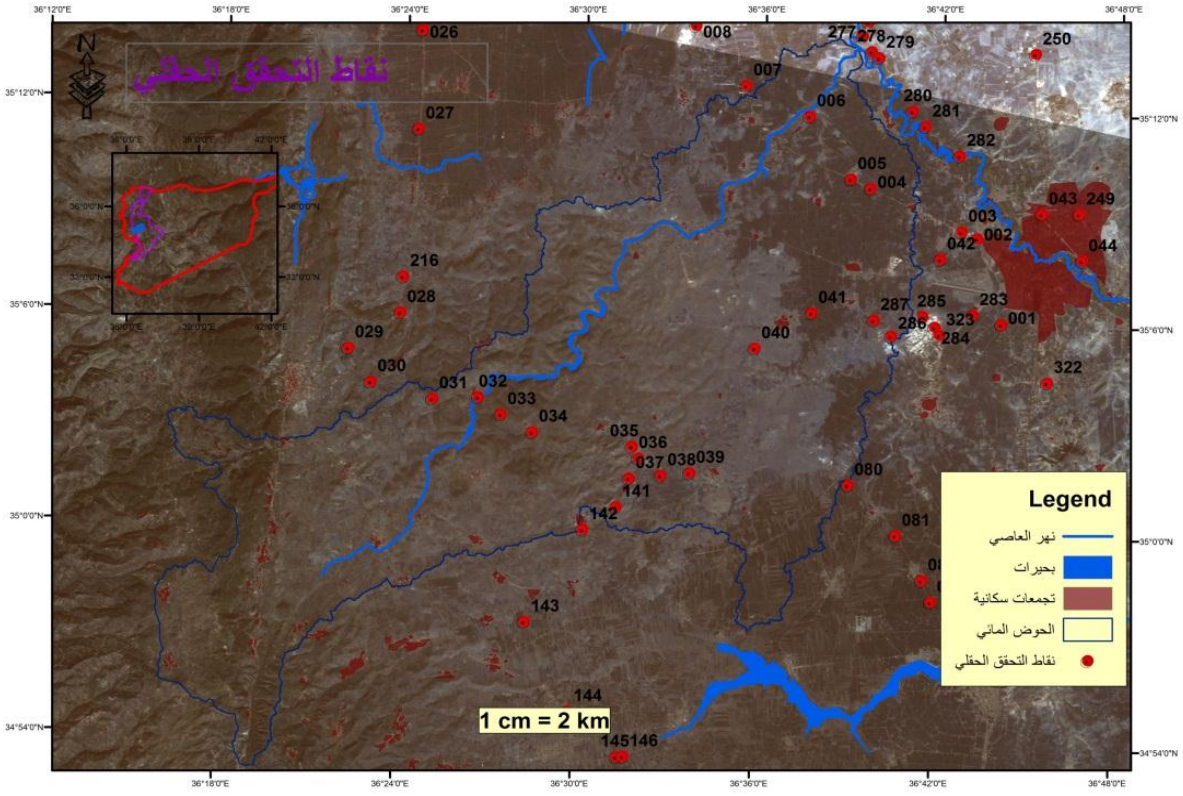
5.2.3 خريطة الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي:

تم الحصول عليها بالاعتماد على صورتين فضائيتين تغطي منطقة الدراسة (174,36)7+ Land sat ونختار الأهداف المصنفة بناء على نقاط التحقق الحقلي الذي يسبق عملية التصنيف وتم اختيار مواقع الاختبار للتحقق من دقة التصنيف اعتماداً على التصنيف المراقب باستخدام طريقة الاحتمالية العظمى Maxliklhood باستخدام برنامج الصور الفضائية ENVI4.4 وتقييم دقة التصنيف من أخطاء المصفوفة، وتم ترتيب خريطة استعمالات الأراضي إلى صفوف حسب الأولوية لعملية حصاد المياه الكلية تختار بناء على التحقق الحقلي المسبق ويعاد تصنيفها وفقاً لأولوية خريطة حصاد المياه.

تم العمل على صورتين فضائيتين للمشاهد التالية (36,35 -174) Landsat TM ملتقطة في عام 2015 وذات دقة مكانية 30 متراً للحزم –bands– متعددة الأطياف Multiple bands special (MBs) وتم تنفيذ الإرجاع المكاني Georeferencing لهذه الصور وفقاً لنقاط الأسناد الأرضية (GCP Ground control point) والتي تم أخذها بواسطة جهاز GPS، حيث يتم إرجاع الصور إلى مكانها الصحيح على سطح الأرض باستخدام برنامج (ENVI 4.4)، و برنامج (ARC GIS 10.2)، واستخدام نظام الإسقاط UTM (WGS 1984) وتم إجراء عملية الدمج mosaic للمشاهدين كما هو موضح في الخريطة (3)، وتم إسقاط حدود الحوض على الصور الفضائية، والتي تم استنتاجها عن طريق برنامج Arc Hydro Tools ضمن بيئة عمل برنامج GIS بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM ثم إجراء عملية تحديد منطقة الحوض المائي لتقليص مساحة العمل وسهولة إجراء عمليات المعالجة والتحاليل، وبعدها تم إجراء تفسير مراقب للصورة الفضائية باستخدام برنامج ENVI) (4.4 لمعرفة جميع المظاهر الموجودة والاستعانة بجهاز تحديد المواقع الشامل (GPS)، حيث تم رصد حوالي 25 نقطة GPS وإسقاطها على الصورة الفضائية لمعرفية ماهية الأهداف الحقلية الخريطة (4)، وقراءة الواقع الحقيقي للصورة، وتم اختيار جميع الأهداف لإظهارها على الصورة ومن ثم الفهم الحقيقي لنمط كل استخدام، عن طريق نقاط تحقق حقلي وتم اسقاطها بشكل كامل على الصورة الفضائية، عن طريق زيارتها على أرض الواقع وإنشاء قاعدة بيانات للمنطقة المدروسة، تتضمن إحداثيات كل نقطة مدروسة وارتفاعها (X, Y, Z) ، ومن ثم إضافة نتائج التوصيف الحقلية بكل نقطة مدروسة وأسقطت على الصورة الفضائية (ملحق الجدول 2).

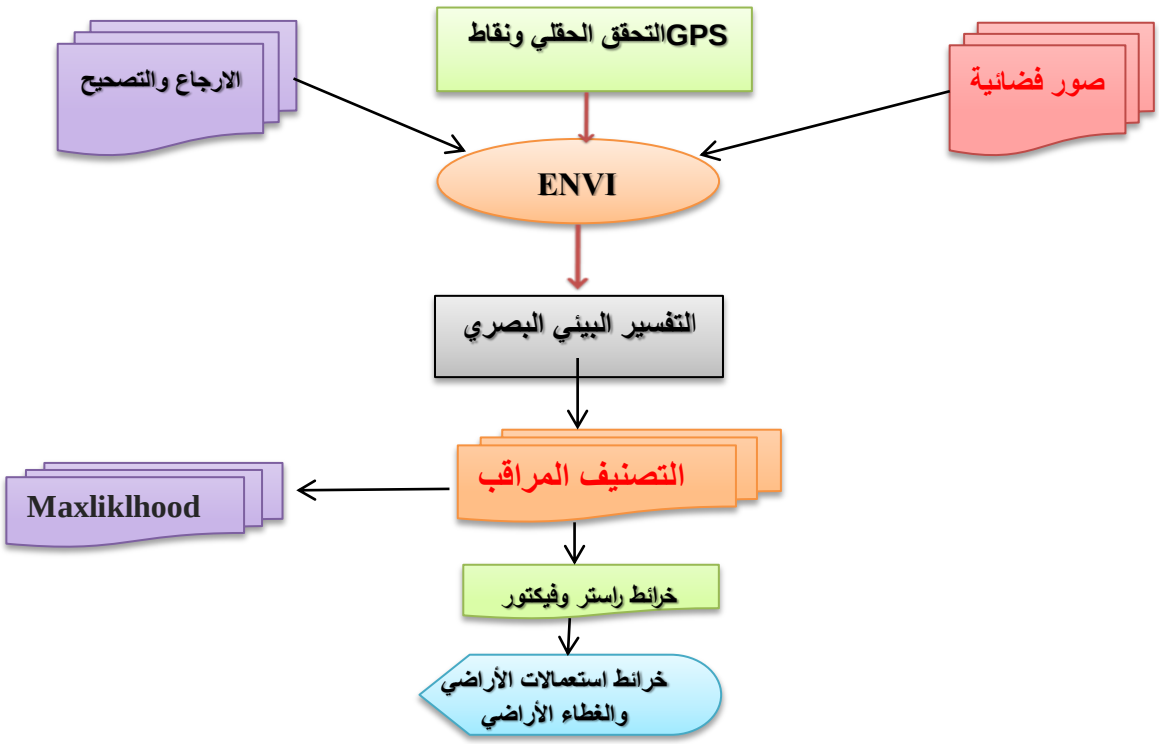


خريطة(3) موزاييك للصورتين الفضائيتين



خريطة(4) نقاط التحقق الحقلي

تم إجراء تصنيف مراقب وفق كل نقطة موصفة بناءً على موقعها الحقيقي ورقمنة الأهداف المشابهة لها بالانعكاس الطيفي، لرقمنة مساحات أكبر لتسهيل عملية المعالجة الآلية للحاسب لكل هدف على الصورة، ومن ثم المطابقة بين نتائج التحليل والأهداف الحقيقية على الأرض، من خلال التفسير المراقب، وإجراء عمليات التحسين، وتوضيح الأهداف المدروسة لإظهارها على الصورة، ومن ثم حساب مساحة كل هدف، والاستخدام الأمثل لكل هدف، واستخراج التحليل الإحصائي لمعرفة دقة التصنيف، واستخدمت طريقة الاحتمالية العظمى Maxliklhood لمعرفة ماهية الأهداف التي يجب عكسها على الصورة ومن ثم التحويل من معطيات خلوية Raster إلى معطيات شعاعية Vector، ومن ثم تخزينها بصيغة Shapefile وعرضها ضمن نظام الإسقاط UTM (WGS1984) لإخراج الخرائط النهائية (خرائط استعمالات الأراضي، التقارير) كما هو موضح في الشكل(4).



الشكل (4) طريقة استنتاج خرائط استعمالات الأراضي تبعاً لـ(Wu et al, 2008)

6.2.3 خريطة الترب الرقمية:

تم الاعتماد على خريطة الترب الرقمية المعدة من قبل إكساد وفقاً للتصنيف الأمريكي 1975 (العليوي، 1985)،(أبو نقطة، 2009).

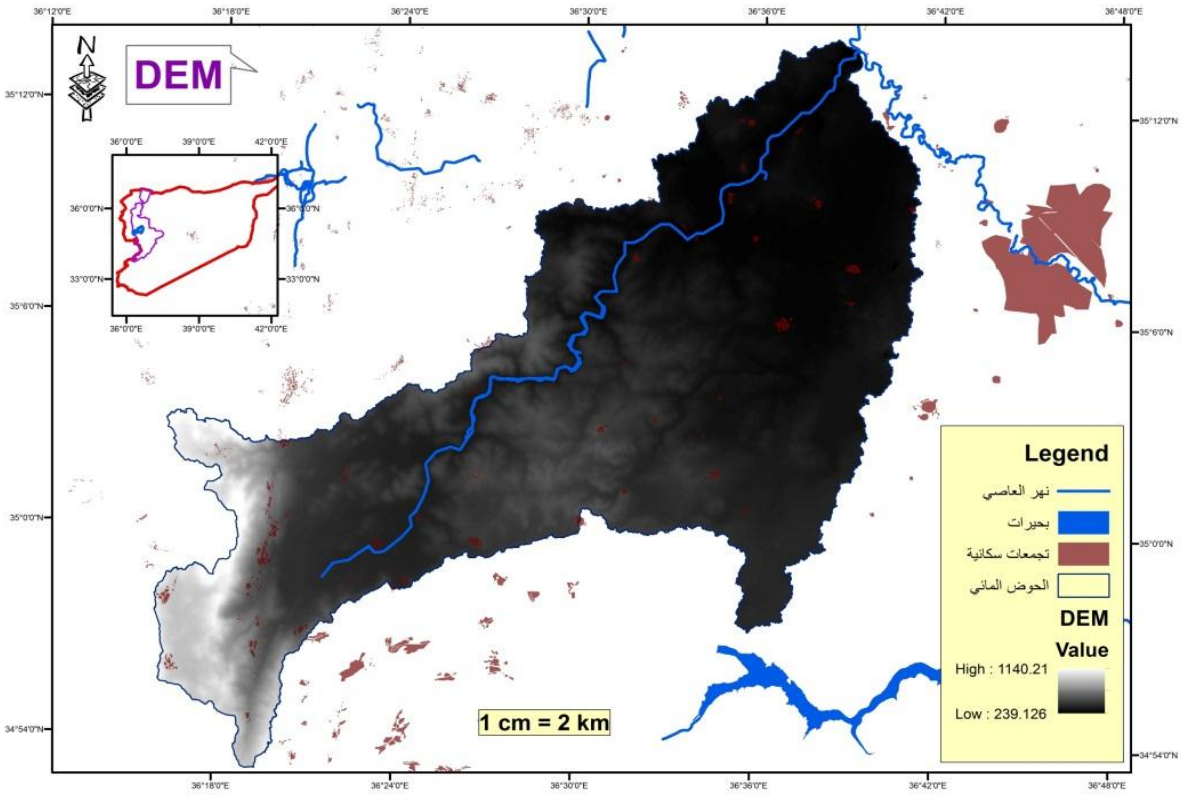
وتشمل على التحضيرات التالية:

1. وضع الخارطة الفيزيوغرافية لمنطقة الدراسة بالاستناد إلى الخرائط الطبوغرافية والصور الفضائية Landsat +TM ذات دقة مكانية 30 م .
2. توصيف الوحدات الفيزيوغرافية.
3. الاستفادة من خريطة الترب المعدة من قبل أكساد، والتي توضح مجموعات الترب في سوريا (العليوي،1985) تبعاً للتصنيف الأمريكي.

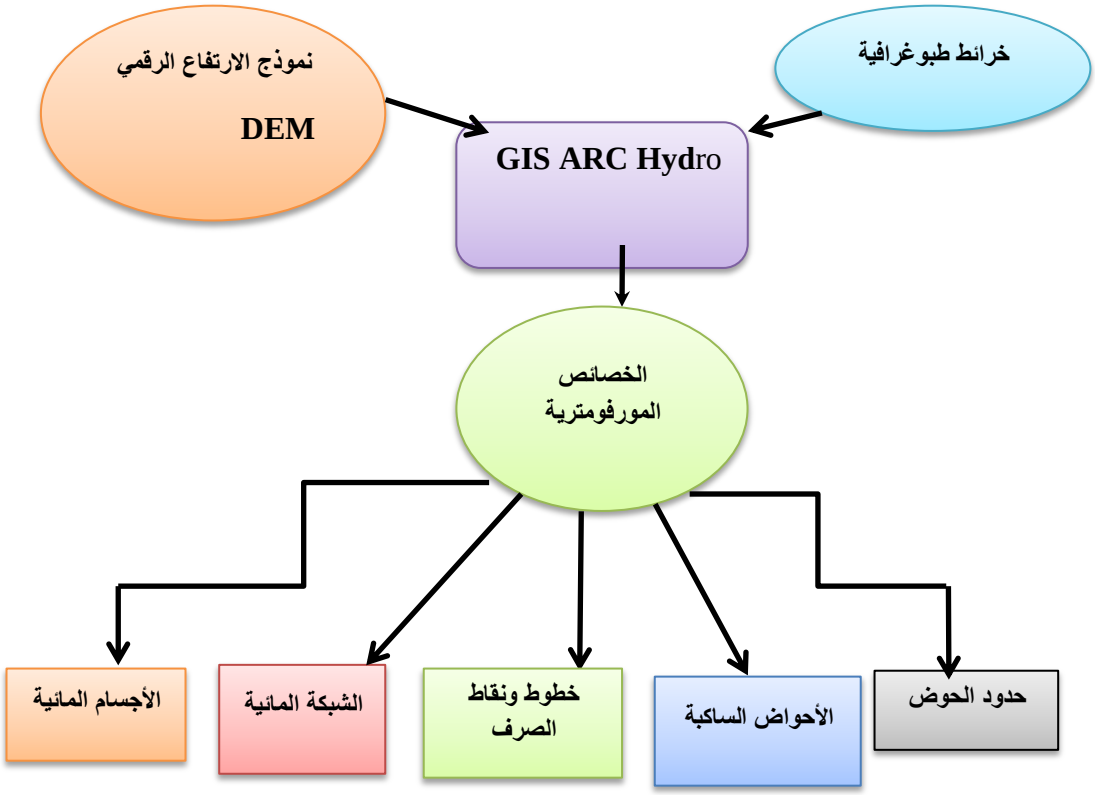
7.2.3 الخرائط الهيدرولوجية Hydrology Map :

تم وضع الخريطة الهيدرولوجية للحوض المدروس باستخدام برنامج Arc Hydro وفق المنهجية التالية:

1. تحديد حدود الحوض من مكاملة معطيات الصور الفضائية ونموذج الارتفاع الرقمي خريطة (6) مع الخرائط الطبوغرافية المرقمنة وتم تنفيذ الإرجاع المكانيGeoreferencing بمساعدة نقاط التحقق الحقلي (GCPs) باستخدام الـGPS لرقمنة حدود الحوض كما هو موضح في الشكل(5):
2. رقمنة نهر العاصي مع جميع الروافد والمجاري المائية والمسيلات المائية التي تدعم وتصب في النهر عن طريق الخرائط الطبوغرافية بمقياس 1:50000 وبمساعدة نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبدقة (30م) لكامل حدود منطقة الدراسة.
3. تحديد الأحواض المائية الفرعية (الحوضات المائية watersheds).
4. تحديد الشبكة المائية والمجاري المائية الرئيسية والفرعية للحوض.
5. تحديد خطوط و نقاط الصرفDrainage points, Line لكامل الحوض .



خريطة (6) نموذج الارتفاع الرقمي DEM لمنطقة الدراسة



الشكل (5) مراحل وضع الخرائط الهيدرولوجية

3.3 منهجية تحديد مواقع حصاد مياه المطر:

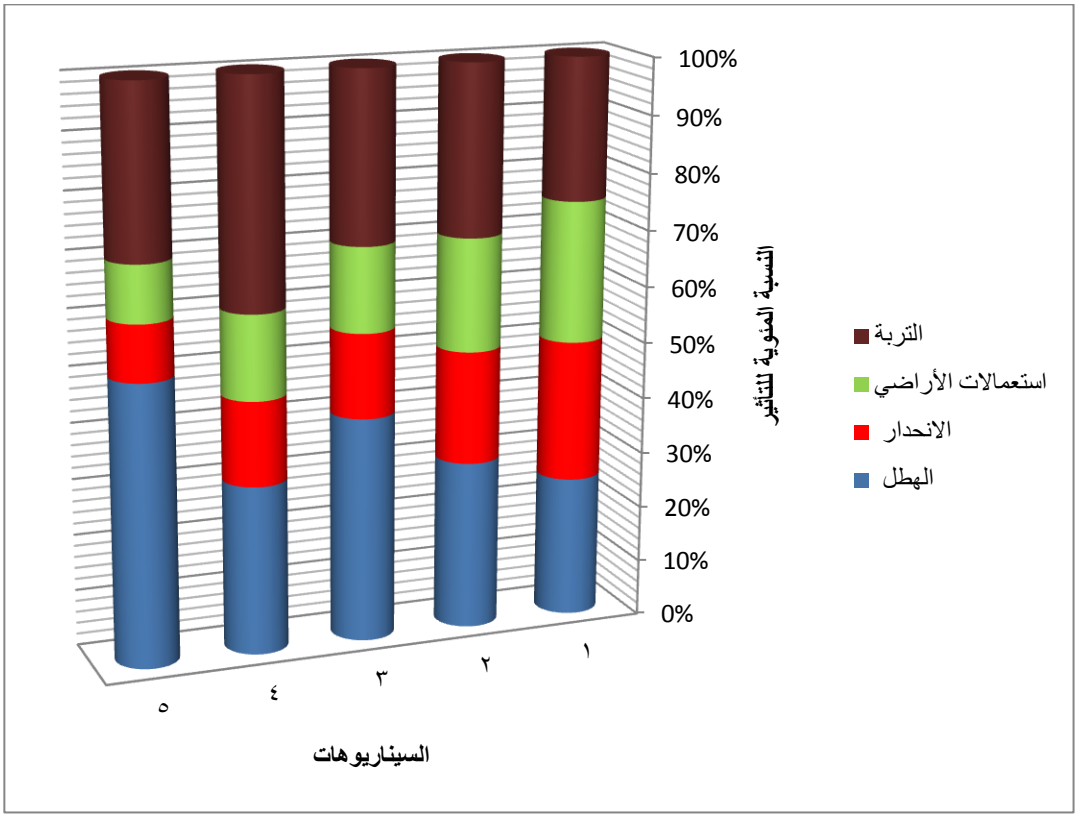
تم تنفيذ المنهجية الموضحة في الشكل(1) قسم المعالجة والتحليل، حيث تم إعادة تصنيف للخرائط السابقة الموضحة في فقرة مواد البحث لخمسة صفوف تعبر عن قابلية الحصاد المائي وفقاً للمؤشرات المدروسة (تناسب معدوم، تناسب ضعيف ، تناسب متوسط ، تناسب جيد، تناسب عالي) كما هو موضح في الجدول(2)، وفق درجة مساهمة كل مؤشر من المؤشرات السابقة في الانجراف المائي ومن ثم تم جمع الخرائط المعاد ترتيبها ضمن Spatial Analyst طريقة Raster calculator والوصول لخريطة مواقع حصاد المياه، وبعدها تم إعطاء أوزان تثقيل لكل عامل حسب الخرائط الناتجة في فقرة مواد البحث بعد إعادة تصنيفها ضمن Spatial Analyst طريقة Raster calculator ، كما هو موضح في الجدول(3) والشكل (6)، ومن ثم انتقاء أفضل المخرجات لمواقع قابلية الحصاد المائي وفق الظروف المناخية والطبوغرافية للمنطقة المدروسة، لاختيار أفضل الطرق للقيام بعمليات الحصاد المائي مستقبلاً.

الجدول (2) صفوف قابلية الحصاد المائي

مؤشرات RWH	غير مناسب	ضعيف	متوسط	جيد	عالي
	1	2	3	4	5
الهطل(مم)	342-200	600-400	800-600	1000-800	1000 <
الانحدار(%)	30-12	12-9	5-9	5-2	2-0
استعمالات الأراضي	المراعي	الأراضي البعلية	الأراضي المروية	الغابات	الأجسام المائية
التربة	ترب ضحلة، لومية رملية	ترب قليلة العمق، لومية طينية	ترب متوسطة العمق، لومية طينية	ترب عميقة، لومية طينية	ترب عميقة، طينية

جدول(3) تأثير النسبة المئوية المطبقة(الأوزان) لكل مؤشر RWH

مؤشرات RWH	السيناريوهات المحتملة تبعاً لمنطقة الدراسة				
	1	2	3	4	5
الهطل	25	30	40	30	50
الانحدار	25	20	15	15	10
استعمالات الأراضي	25	20	15	15	10
التربة	25	30	30	40	30



الشكل (6) تأثير النسبة المئوية المطبقة(الأوزان) لكل مؤشر RWH

ويعد مؤشر الهطل أهم هذه المؤشرات على الأطلاق في التعريف بالمواقع المحتملة لحصاد المياه. كما أن خرائط حصاد المياه دليل عمل متبع في رسم السياسات الزراعية عند المقاييس المناسبة للتنمية المستدامة للمناطق ذات الاهتمام ولوضع استراتيجيات إدارة الموارد المائية لتأمين وتوفير المياه للري في المناطق التي تعاني من نقص في الموارد المائية، والتي تهدد بفشل الزراعات البعلية فيها مما يسهم في زيادة الانتاجية الزراعية .

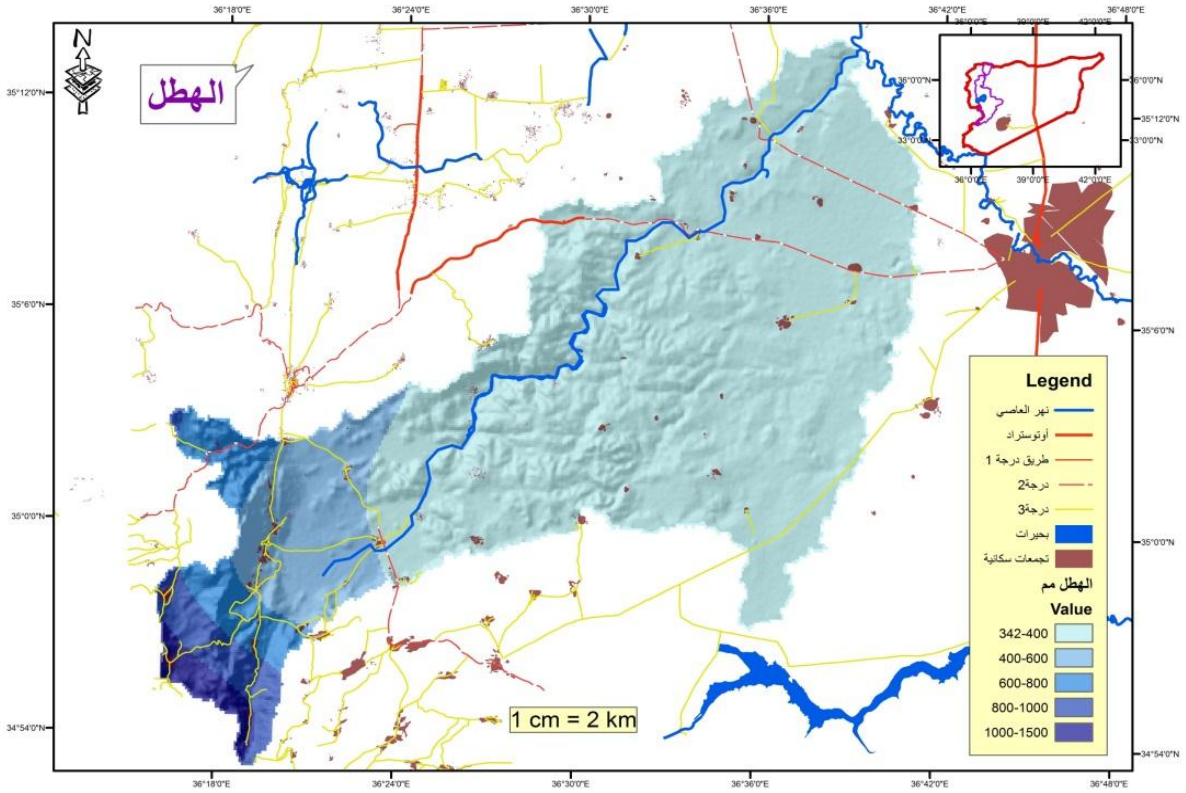
الفصل الرابع

4. النتائج والمناقشة Results and Discussion:

1.4 الهطل المطري:

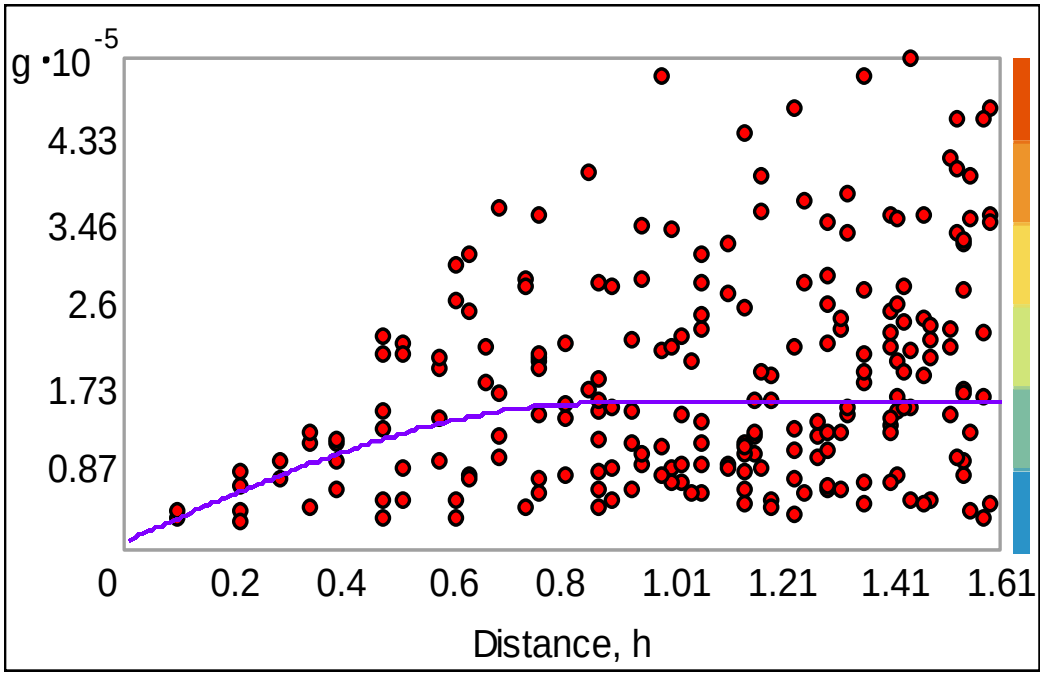
تظهر نتائج خريطة متوسط الهطل المطري السنوي للمستجمع المائي الخريطة (7) أن أدنى متوسط للهطل المطري يتراوح بين 342-400 مم في الجزء الشمالي الشرقي للمستجمع والمترافقة مع السهول الخصبة شمال غرب مدينة حماة حيث ينتشر نمط الزراعات المروية لنوع استعمال الأراضي السائد، مما يجعل معرفة مواقع حصاد المياه وإقامتها وتشيدها وبناء خزانات مائية في هذه السهول لها أهمية كبيرة كمستودعات مائية داعمة للعملية الزراعية في سنوات الجفاف، وكذلك في تدعيم وتغذية المياه الجوفية للحفاظ على منسوب مائي ثابت للزراعات المروية وعدم تأثرها بمشاكل انخفاض قوة الضخ للآبار المائية في سنوات الجفاف، بينما أعلى متوسط للهطل يتراوح بين 800-1500 مم في الجزء الجنوبي الغربي من الحوض حيث تسود الغابات والأشجار المثمرة المتطلبة لمعدلات عالية من الأمطار(التفاحيات ، الجوز، الرمان) مع بعض الزراعات المروية بين التلال والوديان، وأن إقامة وتشيد مواقع حصاد المياه في هذه المنطقة يفيد في تغذية الينابيع في سنوات الجفاف، مما يساهم في تنمية الوضع الاقتصادي والاجتماعي والسياحي، في حين تتراوح كميات الهطل المطري في الجزء الوسطي من الحوض بين 500-800 مم حيث تترافق مع نمط المراعي لنوع استعمال الأراضي السائد مع انتشار الأشجار المثمرة (الزيتون، التين، اللوز، الكرمة) (بلديه وزملائه، 2016).

إن إقامة مشاريع حصاد المياه في هذه المنطقة يساهم في تأمين تنمية وتطوير الثروة الحيوانية، وكذلك يعاني القسم الوسطي من ندرة الآبار بالرغم من توافر السهول الهضابية، وأن إقامة مشاريع حصاد المياه في هذه القسم يساعد في تأمين الري لبساتين الاشجار المثمرة والتي تنتشر في هذه المنطقة وتعاني من النقص الحاد في الموارد المائية لري غراس الأشجار المثمرة، وتؤثر الأمطار الفعالة في العملية الزراعية خلال الفترة بين تشرين الاول إلى أيار (حماه 343مم)، (مصياف1275.9مم)، (البياضية722.3مم)،



خريطة (7) الهطل المطري لمنطقة الدراسة

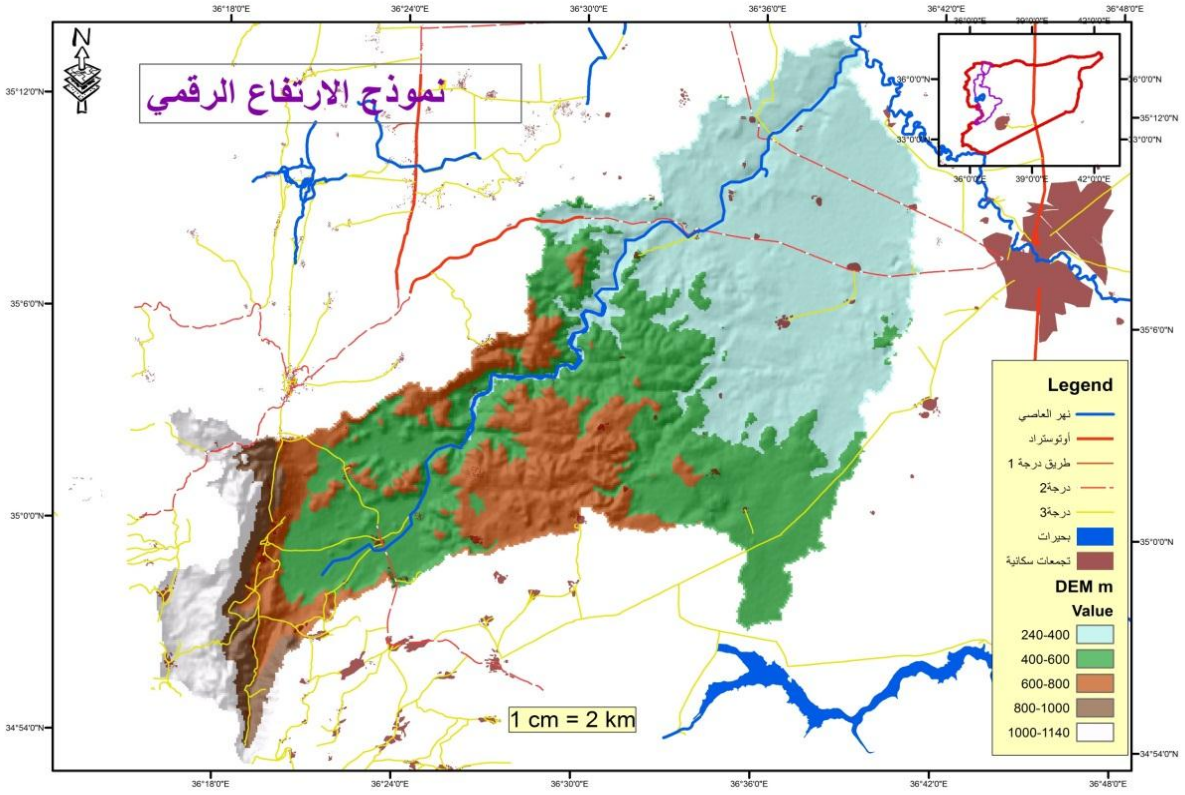
كما تظهر نتائج التحليل الإحصائي الجغرافي Geostatistical analysis عدم خضوع هذه العينات لمنحنى التوزع الطبيعي بسبب التباين الحاد بين قيم الهطل المطري شكل(7).



شكل (7) منحني التغيير التجريبي للأمطار

2.4 الانحدار ونموذج الارتفاع الرقمي:

أظهرت نتائج خريطة نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لحوض العاصي أن أعلى ارتفاع يبلغ 1140 م في الجزء الجنوبي الغربي من الحوض المائي لمنطقة مصياف وأدنى ارتفاع هو 240 م في السهول الشمالية الشرقية لحماة كما هو موضح في الخريطة (8).



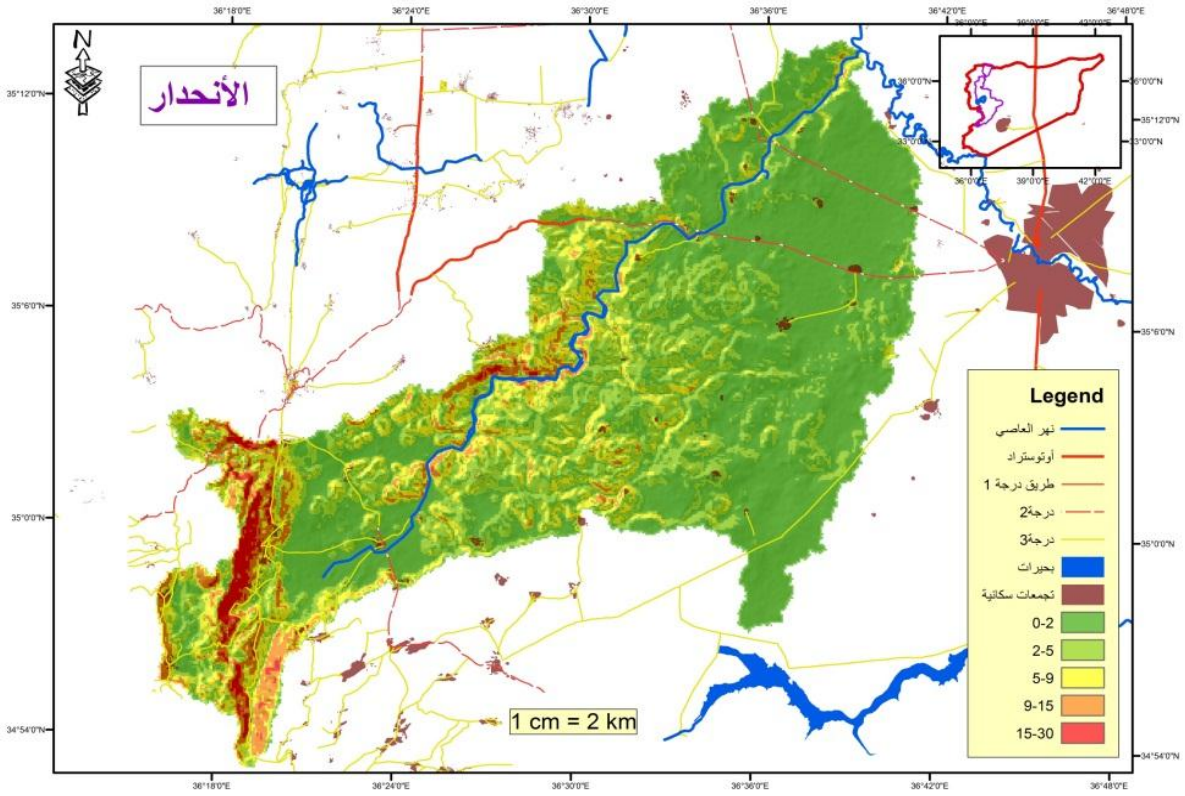
خريطة (8) نموذج الارتفاع الرقمي(DEM) لمنطقة الدراسة

كما بينت خريطة الارتفاع الموضحة في الخريطة (8) أن المناطق قليلة الارتفاع تركزت في الجزء الشمالي الشرقي من الحوض، وتحديداً في سهول حماة الشمالية المحاذية لنهر العاصي، حيث لم تتجاوز ارتفاعاتها400 م وبلغت مساحتها نحو 232.4 كم^2 وبنسبة 38.85%، بينما بلغت مساحة المناطق الشاهقة والتي تزيد ارتفاعاتها عن 1000 م فوق سطح البحر نحو م 44.96 كم^2 وبنسبة 7.54% كما هو موضح في الجدول (4).

جدول(4) الارتفاعات

الصفوف	الارتفاع (م)	التوصيف	المساحةكم^2	%
1	400-240	قليلة الارتفاع	232.41	38.85
2	600-400	متوسطة الارتفاع	195.8	32.73
3	800-600	مرتفعة	104.3	17.43
4	1000-800	مرتفعة جداً	20.68	3.45
5	1140-1000	شاهقة	44.96	7.54
المجموع			598.15	100

وأوضحت خريطة الانحدار كما هو موضح في الخريطة (9) أن أعلى قيمة للانحدار توجد في الجزء الجنوبي الغربي من الحوض وتراوحت بين 15–30 % وبلغت مساحتها9.35 كم^2 وبنسبة 1.56%، بينما الانحدارات المنخفضة والخفيفة في الجزء الشمالي الشرقي من الحوض وتراوحت ما بين (0–2%) وبلغت مساحتها306.8كم^2 وبنسبة 51.29%، أما الانحدارات المتوسطة فإنها تلاحظ في الجزء الوسطي من الحوض وتراوحت ما بين (5–15%) (مجموع الصفين3+4) وتبلغ مساحتها113.9كم^2 وبنسبة 19% من مساحة المنطقة المدروسة، كما هو موضح في الجدول (5).

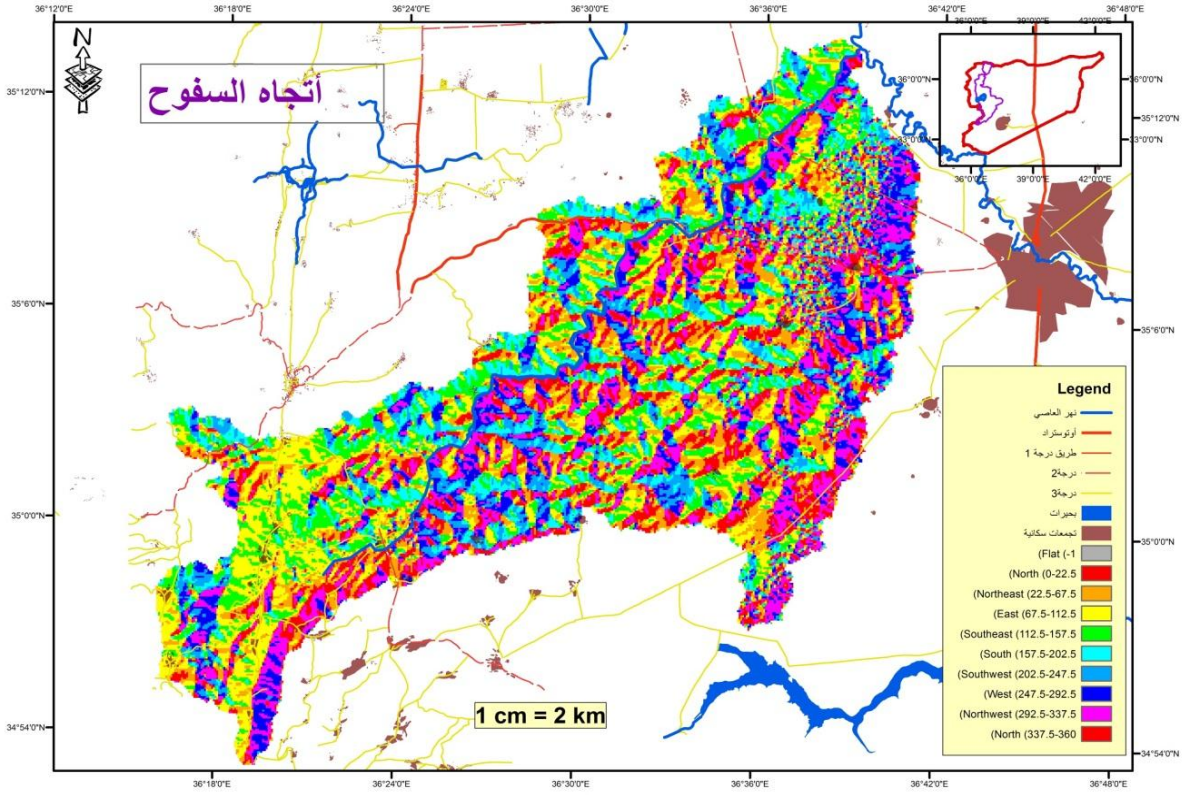


خريطة(9) الأنحدار لمنطقة الدراسة

جدول(5) درجات الانحدار للمستجمع المائي.

الصفوف	الانحدار%	التوصيف	المساحة/كم^2	%
1	2−0	مستو	306.8	51.29
2	5−2	خفيف	168.2	28.12
3	9−5	متوسط	80.35	13.43
4	15−9	قوي	33.45	5.6
5	30−15	شديد	9.35	1.56
المجموع			598.15	100

فيما يخص خريطة اتجاه السفوح Aspects الموضحة في الخريطة (10) فإنها توزعت من حيث المساحة بشكل متساوي تقريبا بكافة الاتجاهات كما هو موضح في الجدول (6) حيث كانت الاتجاهات المنبسطة في الجزء الشمالي الشرقي من الحوض مع مناطق متفرقة في أجزاء الحوض (سهول حماة الشمالية، والسهول الجنوبية الغربية لمنطقة الحولة)، بينما الاتجاهات الشمالية والشمالية الشرقية توزعت في المناطق الوسطى والمناطق الغربية من منطقة الدراسة، بينما الاتجاهات الشرقية والجنوبية الشرقية في المناطق الوسطى والشرقية، في حين أن الاتجاهات الجنوبية والجنوبية الغربية في المناطق الوسطى والشرقية، وأخيراً الاتجاهات الغربية والشمالية الغربية توزعت في أيضاً في المناطق الوسطى والشرقية ومناطق متفرقة في الجزء الغربي من منطقة الدراسة.



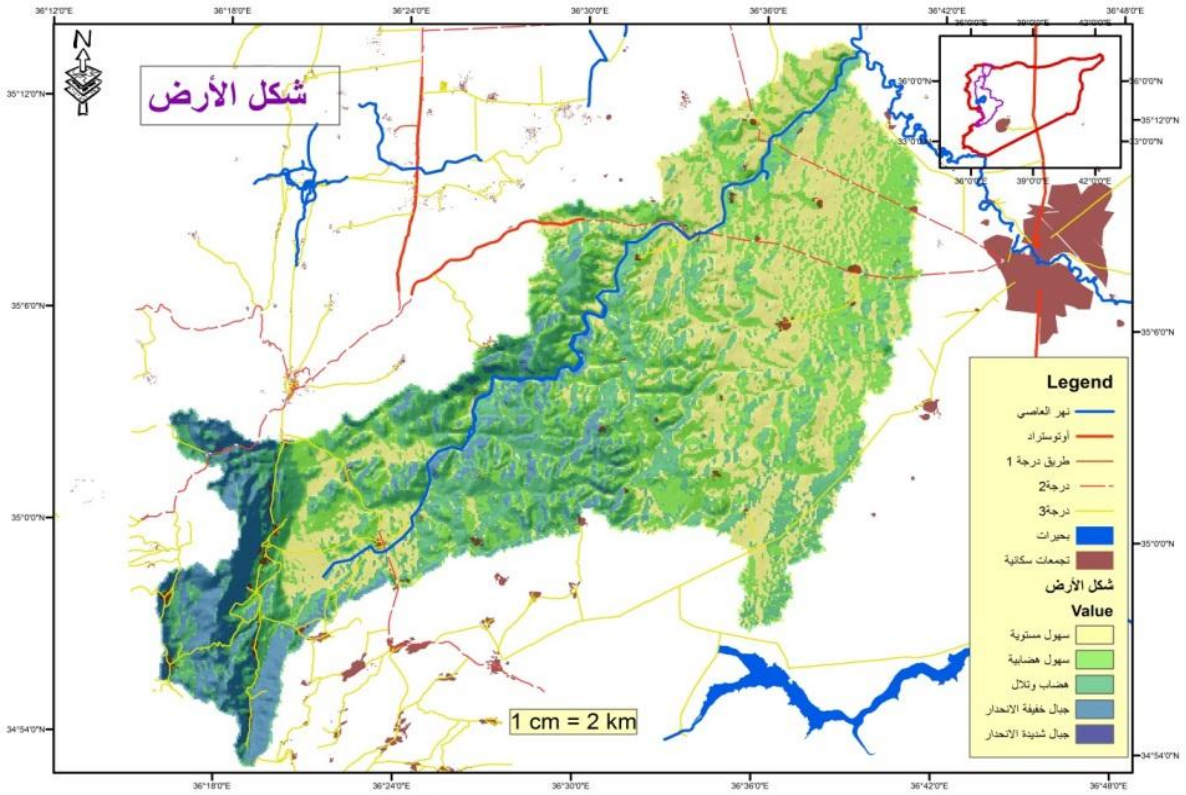
خريطة(10) اتجاه السفوح لمنطقة الدراسة

جدول (6) اتجاه معارض السفوح

الصفوف	اتجاه معارض السفوح	التوصيف	المساحةكم^2	%
1	مسطح	منبسط ومستو	66.65	11.15
2	شمال	قليلة الارتفاع	74.07	12.38
3	شمال شرق	متوسطة الارتفاع	87.8	14.67
4	شرق	مرتفعة	73.53	12.31
5	جنوب شرق	مرتفعة جدا	56.31	9.42
6	جنوب	شديدة الارتفاع	51.12	8.54
7	جنوب غرب	شديدة الارتفاع جداً	51.85	8.66
8	غرب	شاهقة	67.3	11.25
9	شمال غرب	شاهقة جدا	69.52	11.62
المجموع			598.15	100

كما بينت خريطة شكل الأرض Landform الخريطة (11) ان طبوغرافية الحوض المائي يتناقص تعقيدها ووعرتها من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي حيث تركزت السهول المستوية وضعيفة الانحدار أقل من 2% مع ارتفاعات بين (240-400 م) في الأجزاء الشمالية الشرقية المحاذية لنهر العاصي من الحوض وبلغت مساحتها 201.5 كم^2 وبنسبة 33.68%، بينما بلغت مساحة التلال والهضاب والمترافقة مع ارتفاعات 400-600 م مع انحدار خفيف (2–5%) واتجاه شمال شرقي للسفوح 208.5 كم^2 وبنسبة 34.86 % من مساحة الحوض، في حين السفوح الجبلية تزامنت مع ارتفاعات بين 600-800 م وانحدار متوسط بين 5–9% مع اتجاه جنوب شرقي للسفوح وبمساحة 118.7 كم^2 ونسبة 19.85 % من مساحة الحوض، في حين شكل الارض لنمط الجبال ترافق مع ارتفاعات تراوحت بين 800-1000 م ومع انحدار قوي بين 9-15% مع اتجاه جنوب غربي للسفوح ومع مساحة 51.15 كم^2 ونسبة 8.55% من مساحة الحوض، وأخيراً شكل الأرض لنمط الجبال شديدة الارتفاع ترافقت مع ارتفاع تراوح بين 1000–1140م

وانحدار شديد تراوح بين 15–30% مع اتجاه شمالي غربي للسفوح وبمساحة 18.3 كم^2 ونسبة 3.06 % من مساحة الحوض، كما هو موضح في الجدول(7).

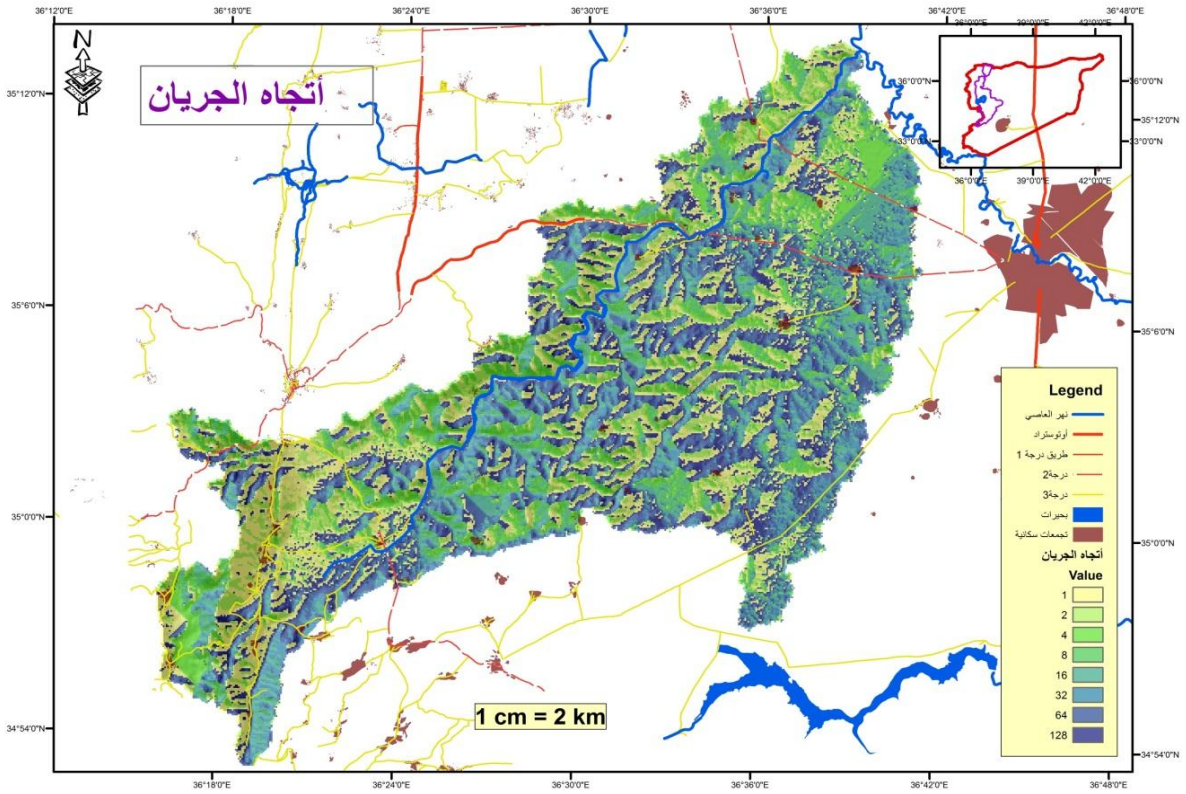


خريطة (11) شكل الأرض لمنطقة الدراسة

جدول(7) شكل الأرض لمنطقة الدراسة

الصفوف	شكل الأرض	التوصيف	المساحةكم^2	%
1	سهول منبسطة	سهول مستوية مع ارتفاعات (240–400 م) وانحدار (0–2%)	201.5	33.68
2	تلال وهضاب	ارتفاعات بين(400–600 م) وانحدار خفيف(2–5%)	208.5	34.86
3	سفوح جبلية	ارتفاعات بين(600–800 م) مع انحدار متوسط (5–9%)	118.7	19.85
4	جبال	ارتفاعات بين (800–1000م) مع انحدار قوي (9–15%)	51.15	8.55
5	جبال شاهقة	ارتفاعات بين (1000–1140 م) مع انحدار شديد (15–30%)	18.3	3.06
المجموع			598.15	100

في حين أظهرت خريطة (12) شكل أتجاه الجريان أن اتجاه جريان المسيلات المائية مترافقة مع شدة الانحدار وكمية الهطل المطري ويظهر تأثيرها بشكل واضح في الجزء الجنوبي الغربي من الحوض وأن طبوغرافية شكل الأرض كان له الدور الحاسم في توجيه اتجاه جريان المياه باتجاه وادي نهر الساروت ليستمر في تدفقه باتجاه الشمال الشرقي ويصب في النهاية في نهر العاصي، إضافة إلى أن طبوغرافية الحوض المائي انعكست على توزع اعماق وقوام الترب، والغطاء النباتي واستعمالات الأراضي وثخانة وغزارة المجاري والروافد المائية والمرتبطة بإظهار وتحديد مواقع حصاد مياه المطر.



خريطة (12) اتجاه الجريان لمنطقة الدراسة

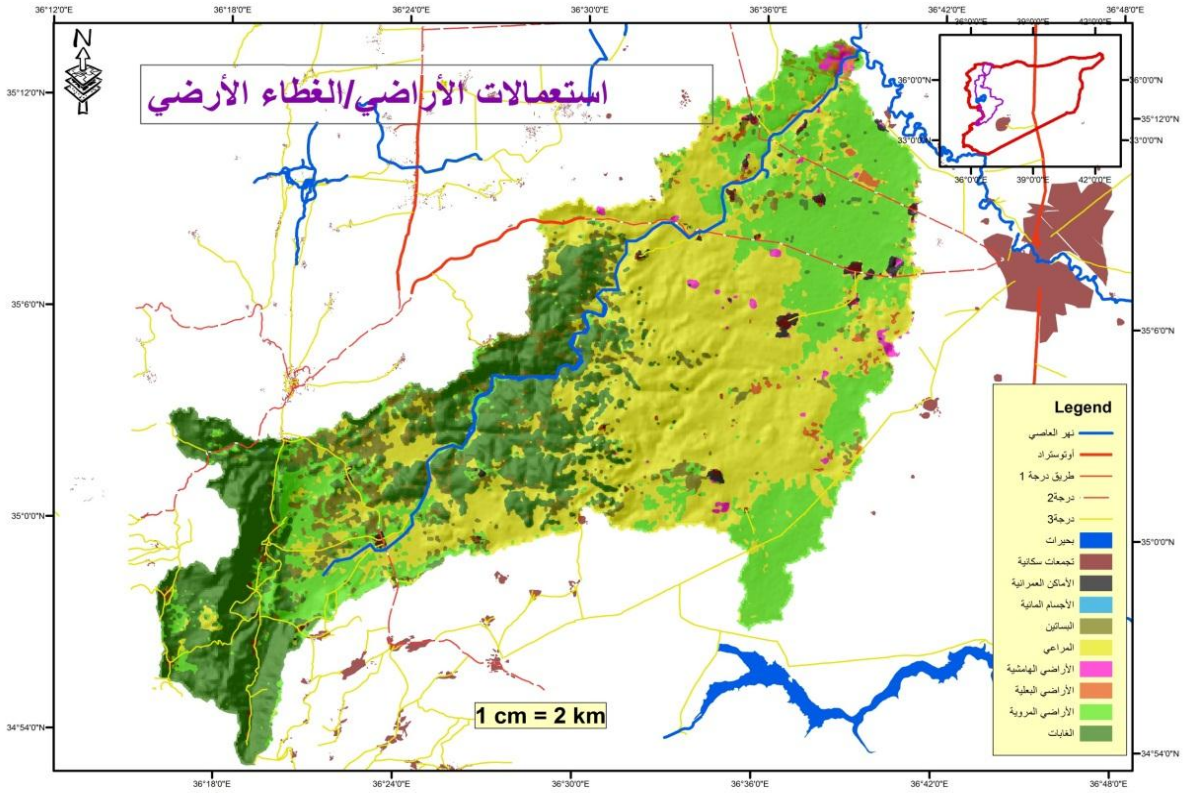
3.4 الغطاء الأراضي/ استعمالات الأراضي:Land Use/Land Cover

حللت مكونات الغطاء الأرضي وفقاً لـ Jeffries-Matusita Distance (JM)، وبين التحليل الإحصائي لتقييم دقة التصنيف حيث كانت الدقة 95.21% عند معامل Kappa Coefficient 0.9 والتي توزعت على النحو التالي :الأماكن العمرانية 5.4 كم^2، الغابات المختلطة 14.2 كم^2، الأراضي الزراعية المروية 162.5كم^2، أراضي الأشجار المثمرة 44.7 كم^2، أراضي المراعي 235.3 كم^2، أراضي زراعية بعلية 4.7 كم^2، مسطحات مائية 0.014 كم^2 ، أراضي هامشية 4.2 كم^2 . لقد تركزت المناطق العمرانية في السهول المنخفضة والتي تعد من أخصب الأراضي بنسبة0.9 % بينما انتشرت الغابات المختلطة في الجزء الغربي من الحوض والذي يتاخم المناطق الجبلية مع بعض الغابات الاصطناعية في

أماكن متفرقة بنسبة23.6% والتي تم تميزها من خلال نقاط التحقق الحقلي، وتركزت الأراضي الزراعية المروية في سهول حماة الشمالية المتاخمة لنهر العاصي بمعدل 27.3% بينما الأشجار المثمرة في الجزء الوسطي من الحوض (اللوز والكرمة، التين والزيتون) بمعدل 7.3% وتوزعت أراضي المراعي في الجزء الوسطي والشرقي من الحوض بمعدل 39.5% بينما انتشرت الأراضي الزراعية البعلية في الجزء الشرقي من الحوض وفي بقع متفرقة في المنطقة الوسطى بمعدل0.7% وتمثلت المسطحات المائية بشكل رئيسي ببعض المستنقعات والرامات في الجزء الجنوبي الغربي من الحوض بمعدل0.001% وتركزت الأراضي الهامشية في الجزء الجنوبي الشرقي من الحوض والتي تتمثل ببعض المصاطب الكلسية بمعدل0.7% خريطة (13) والجدول(8).

جدول(8) توزع استعمالات الأراضي/الغطاء الأرضي في الحوض المائي

مسلسل	الغطاء النباتي/ استعمالات الأراضي	المساحة كم^2	النسبة المئوية%
1	الأماكن العمرانية	5.4	0.9
2	الأجسام المائية	0.14	0.001
3	أراضي زراعات مروية	162.5	27.3
4	أراضي زراعات بعلية	4.7	0.7
5	البساتين	44.7	7.3
6	المراعي	235.3	39.5
7	الأراضي الهامشية	4.2	0.7
8	الغابات المختلطة	141.2	23.6
المجموع	–	598.15	100



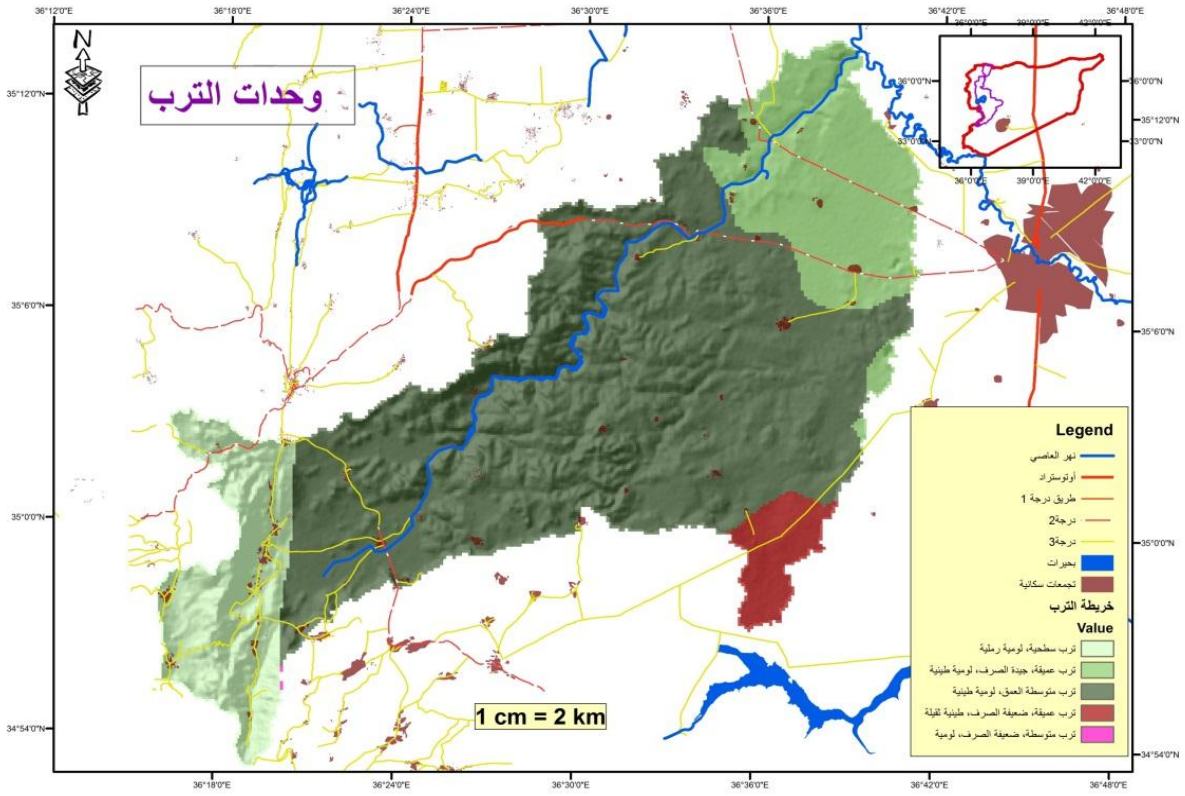
خريطة (13) استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي في منطقة الدراسة

4.4 التربة: Soil

حسب (العليوي، 1985) أمكن تميز رتبتين تتوزع عليها ترب منطقة الدراسة هي: (Entisols, Inceptisols) وفقاً (Soil taxonomy, 1981) كما هو موضح في الخريطة (14)، حيث توزعت رتبة Inceptisols انتشرت في الجزء الوسطي والشمالي من الحوض، وبمساحة 100 كم^{2}ونسبة 17% من مساحة الحوض، ورتبة Entisols توزعت في الجزء الغربي والشمالي من الحوض، وبمساحة 99.15كم^2 ونسبة 17% والباقي صخور خارج الزراعة مع مساحة 399 كم2 ونسبة 66% من المساحة المدروسة، كما أمكن تقسيم منطقة الدراسة حسب (العليوي، 1985) إلى 4 وحدة ترابية كما هو مبين في الجدول(9) والخريطة (14).

أظهرت خريطة الترب ان الحوض يتوزع غلى خمس وحدات ترابية كالتالي:

1. وحدة التربة I14b : وتتبع رتبة Inceptisols وتضم Petrocalcic Xerochrepts-Lithic Xerochrepts وتتسم بالخصائص التالية: ترب عميقة مع صرف جيد وقوام طيني في الجزء الشمالي الشرقي وتنتشر هذه الوحدة في شمال غرب حماة وتشكل نسبة 17% من مساحة الحوض.
2. وحدة التربة E61b: وتتبع رتبةEntisols وتضم LithicXerorthents-Lithic Haploxeralfs ترب متوسطة العمق مع صرف سئ وقوام لومي رملي في الجزء الغربي الجنوبي من الحوض وتشغل مساحة ضيقة من الحوض وتشكل نسبة 0.2 %وتنتشر في منطقة نيصاف وبرشين.
3. وحدة التربة E61c: وتتبع رتبةEntisols وتضم LithicXerorthents-Lithic Xerochrepts ترب عميقة مع صرف سيء وقوام طيني ثقيل في الجزء الجنوبي من الحوض وتنتشر في منطقة الحولة وتشكل نسبة 3.8% من مساحة الحوض.
4. وحدة التربةE61h : وتتبع رتبة Entisols وتضم LithicXerorthents-Lithic Xerochrepts-mountainous ترب قليلة العمق وضحلة على المرتفعات الجبلية مع صرف سئ وقوام لومي رملي في الجزء الغربي من الحوض وتشكل مساحة13% من مساحة الحوض وتنتشر في جبال جنوب وغرب مصياف.
5. وحدة التربة X12a : وتضم Rock outcrops ترب محجرة وضحلة في الجزء الوسطي من الحوض قليلة العمق مع قوام لومي طيني وصرف جيد باستثناء بعض السهول الضيقة المنتشرة بين الوديان والتي تكون متوسطة العمق مع قوام طيني وتشكل هذه الوحدة المساحة الأكبر من الحوض مع سيادة واضحة للمراعي باستثناء بعض الزراعات البعلية والأشجار المثمرة في الوديان وبين التلال وتشكل مساحة67% وتنتشر في مناطق شرق مصياف والقرى المحاذية لنهر الساروت، كما هو موضح في خريطة (14).



خريطة(14) توزع وحدات الترب

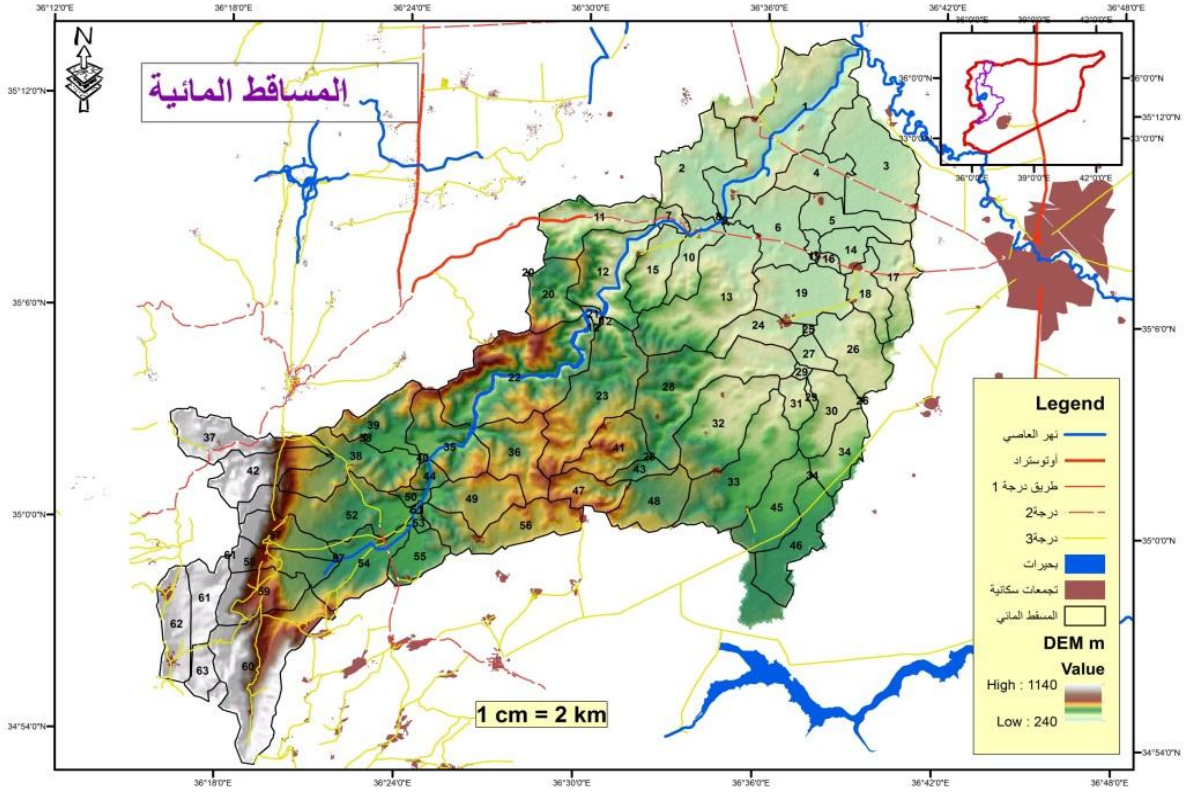
جدول(9) توزع وحدات الترب ضمن الحوض المائي

م	رمز وحدات الترب	وحدات خرائطية	الخصائص والاستعمالات	المساحةكم^2	%	موقع الانتشار
1	I14b	Petrocalcic Xerochrepts-Lithic Xerochrepts	ترب عميقة طينية ، زراعات بعلية	100	17	شمال غرب حماة
2	E61b	LithicXerorthents-Lithic Haploxeralfs	ترب متوسطة العمق رملية، مراعي وزراعات بعلية في الوديان	1.15	0.2	شين ونيصاف
3	E61c	LithicXerorthents-Lithic Xerochrepts	ترب طينية عميقة ثقيلة ، زراعات مروية وبعلية	21	3.8	الحولة
4	E61h	LithicXerorthents-Lithic Xerochrepts-mountainous	ترب ضحلة لومية رملية، غابات وبساتين ومراعي	77	13	جبال مصياف
5	X12a	Rock outcrops	صخور مع ترب لومية طينية، مراعي وأشجار مثمرة	399	66	غرب حماة وشرق مصياف
المجموع				598.15	100	

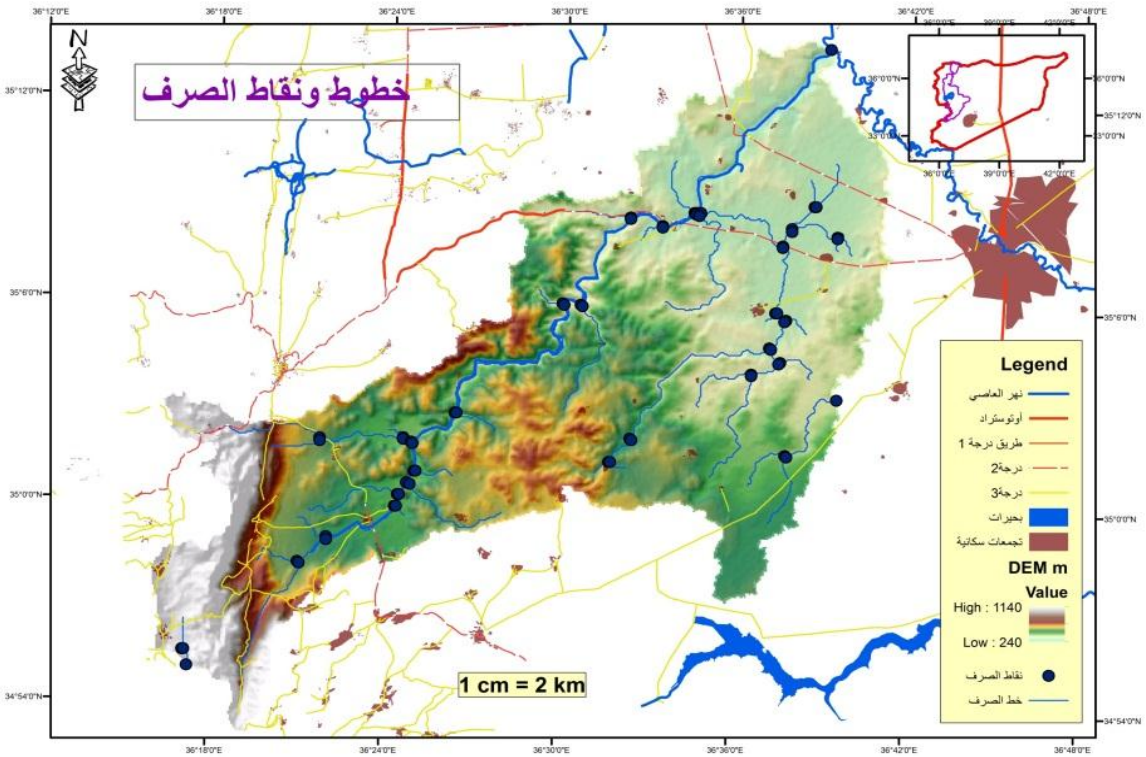
5.4 الهيدرولوجيا

أظهرت الخرائط الهيدرولوجية أن معظم الأشكال الهيدرولوجية في الحوض تتركز ضمن السهول الشمالية الشرقية وأن الحوض يشمل على 63 مستجمع مائي صغير وتغطي بعض هذه الحوضات الحدود الإدارية لقرية واحدة أو أكثر أو وحدة إرشادية كما هو موضح في الخريطة (15)، مما يجعل إمكانية القيام بمشاريع التنمية الزراعية ومشاريع الحصاد المائي في هذا الحوض ممكنة، تبعاً للكثافة السكانية المستهدفة بهذه المشاريع وحجم الحيازات الزراعية، وكذلك وجود30 نقطة صرف توزعت على مجرى نهر الساروت، والتي يمكن أن يستفاد منها في الدراسات المائية كمواقع واعدة للسدود التجمعية

وكذلك خطوط الصرف وهي تقع على نهر الساروت كما هو موضح بالخريطة (16).

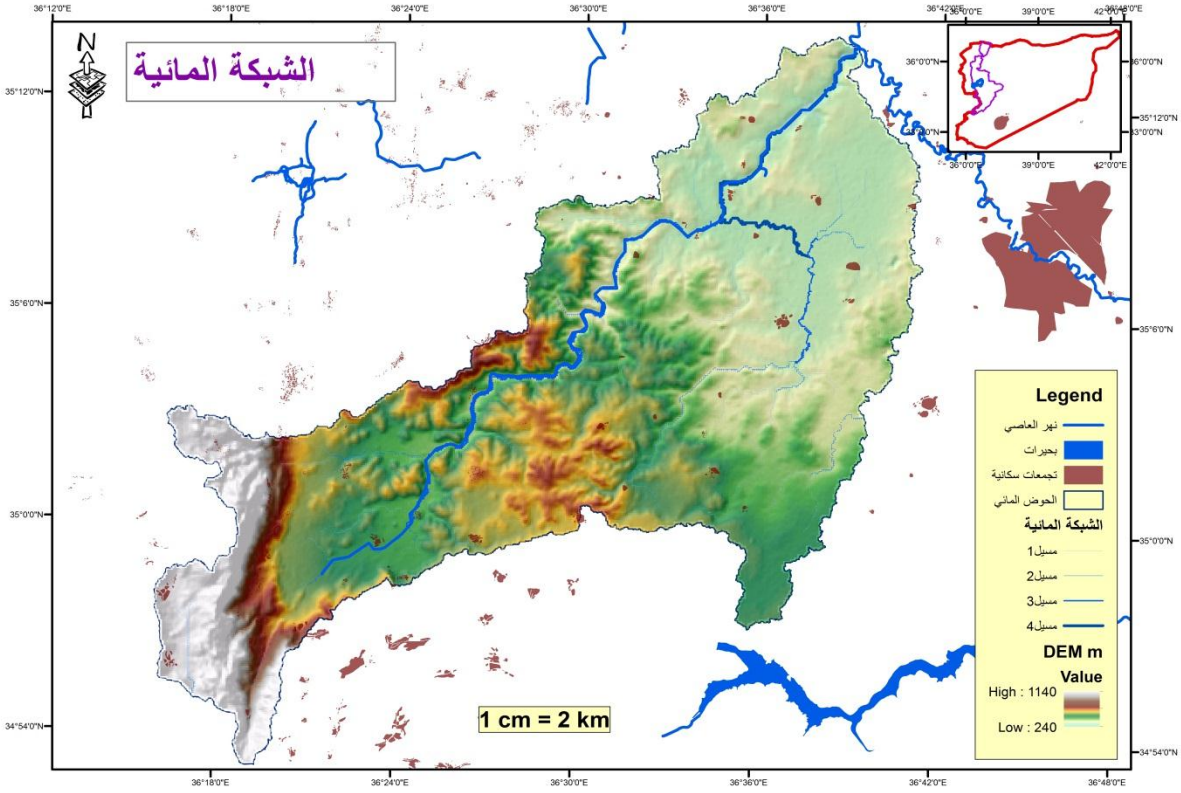


خريطة (15) تحت الأحواض المائية الفرعية



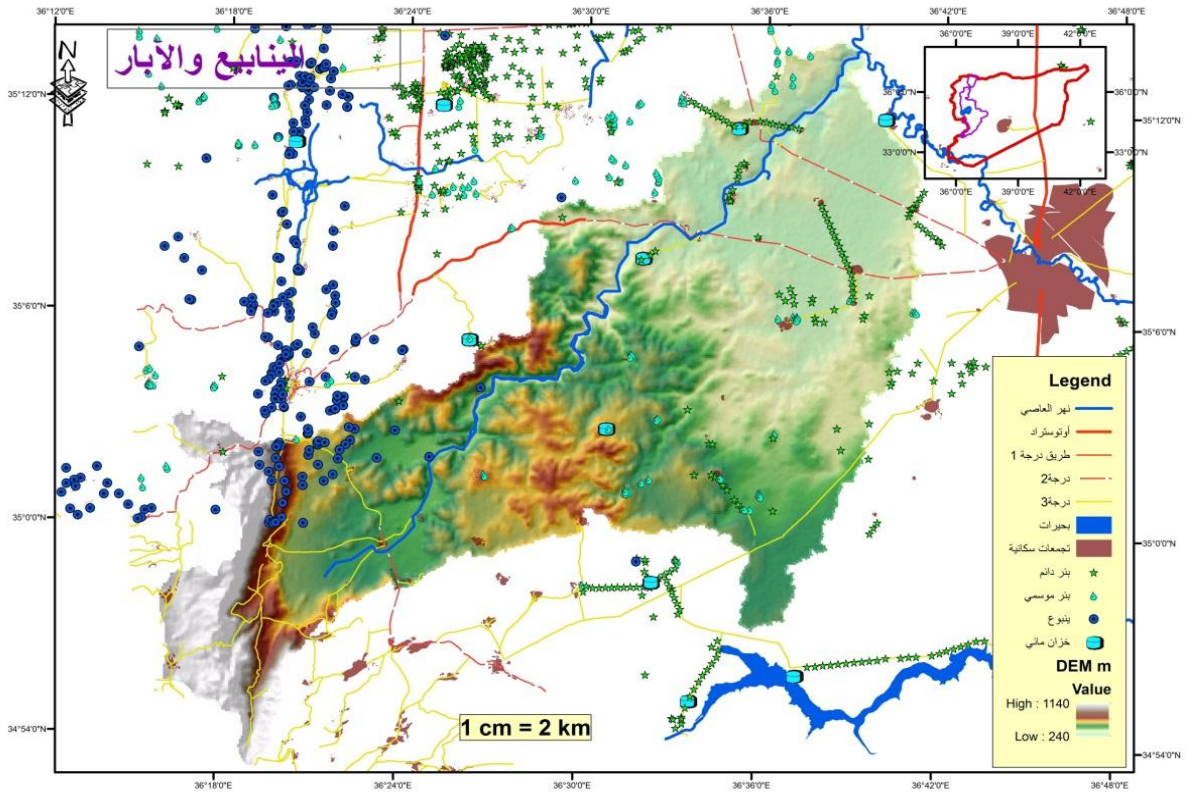
خريطة (16) خطوط ونقاط الصرف

كما أوضحت خريطة الشبكة المائية في الحوض المائي أن هناك شبكة من المسيلات الدائمة والموسمية متباينة في كثافتها والتي تغطي جميع المظاهر الطبوغرافية في الحوض (أودية، سهول، هضاب، جبال) تبعاً لطبوغرافية المنطقة ونوع التربة والمناخ السائد وكمية الهطل السنوي، ولها تأثير كبير في إظهار مواقع حصاد مياه المطر تبعاً للانحدار واتجاه الجريان كما هو موضح في الخريطة(12) والخريطة(15)، وتم تقسيمها إلى 4 أشكال هيدرولوجية تبعاً لعرض المجرى كما يلي (3 مستويات للجداول المائية تبعاً للعرض والغزارة و1 مجرى مائي لنهر الساروت).



خريطة (17) الشبكة المائية

وتنتشر الآبار الدائمة والموسمية في الجزء الوسطي من الحوض، كذلك وجود الينابيع في الجزء الغربي والجنوبي من الحوض (مصياف، وادي العيون، برشين) إضافة إلى بعض الخزانات المائية السطحية التي تتواجد على مجرى نهر الساروت وتتركز في السهول الجنوبية والشرقية من الحوض الخريطة(18). بالإضافة لانتشار المستنقعات المائية والمجمعات المائية غير الدائمة، والتي تتوضع بشكل عام ضمن الأراضي الطينية الثقيلة، وكذلك في المنخفضات المحلية في الجزء الغربي الجنوبي من الحوض، ويتوقف وجودها ونشاطها على موسم الأمطار و شدة الهطولات المطرية.

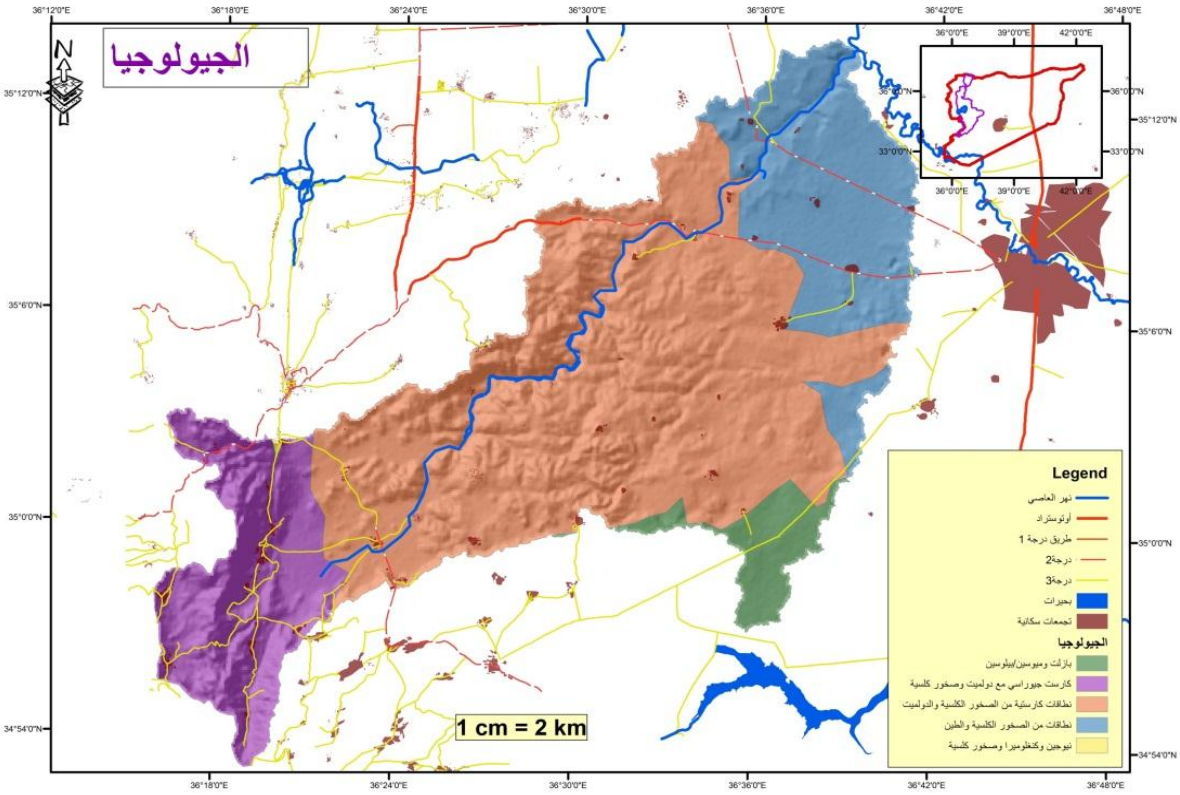


خريطة (18) توزع الآبار والينابيع والخزانات

أظهرت الخرائط الهيدرولوجية السابقة أهميتها في التعريف بالمواقع المحتملة لحصاد مياه المطر وكذلك فائدتها وتحديداً خريطة نقاط الصرف في معرفة المواقع المحتملة لحصاد المياه المطر فيما إذا ترافقت بالعوامل المناسبة لحصاد المياه وتشمل الانحدار، الهطل، قوام التربة، الغطاء النباتي ويضاف إلى هذه العوامل العامل الأهم وهو العامل الاقتصادي–الاجتماعي ومدى فعالية مثل هذه المشاريع في استيعاب الكثافة السكانية الموجود بالقرب من هذه المشاريع والقدرة على ربطها بمشاريع تنمية زراعية تساهم في تطوير الحالة الاقتصادية والمعيشية للسكان المستفيدين من هذه المشاريع.

6.4 الجيولوجيا:

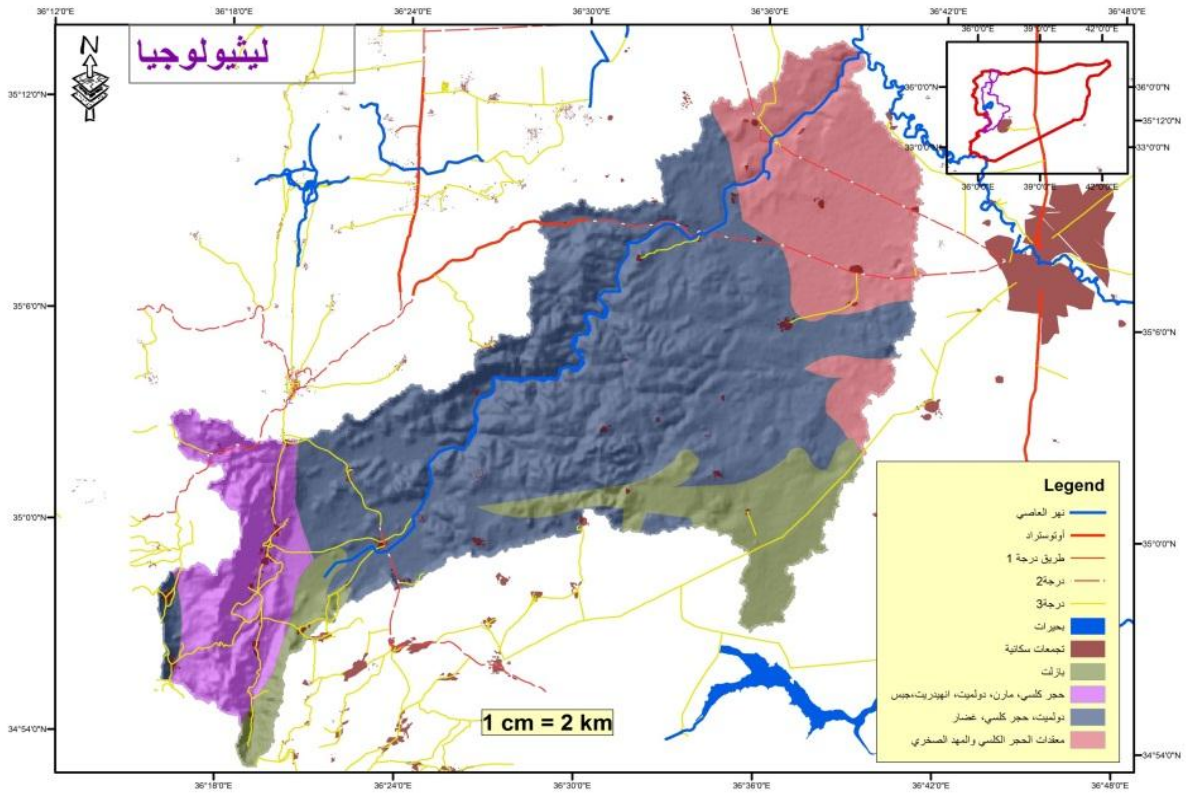
تتوزع الجيولوجيا في منطقة الدراسة على خمسة صفوف حيث تنتشر النطاقات الكلسية مع الطين في الجزء الشمالي الشرقي من الحوض والمترافقة مع السهول العميقة، بينما يتوزع الكارست الجيوارسي مع الدولميت والصخور الكلسية في الجبال غرب وجنوب مصياف، وكذلك النطاقات الكارستية من الصخور الكلسية والدولميت في الجزء الوسطي من الحوض وهذا النوع هو الأكثر انتشاراً بينما يسود البازلت المتشكل في الحقبة الزمنية ميوسين وميلوسين في الجزء الجنوبي من الحوض المرافق لسهل الحولة، وتتوزع النيوجين والكونغلوماميرا في مناطق متفرقة وبمساحات صغيرة جداً من الحوض كما هو موضح في خريطة(19).



خريطة(19) الجيولوجيا

7.4 الليثولوجيا:

تتوزع منطقة الدراسة إلى أربع صفوف ليثولوجياً: وتضم البازلت في الجزء الجنوبي من الحوض المتاخم لسهل الحولة، بينما يسود معقدات الحجر الكلسي مع المهد الصخري في الجزء الشمالي الشرقي من الحوض، وكذلك الدولميت مع الحجر الكلسي والغضار في الجزء الوسطي من الحوض وهو الأكبر مساحة، بينما يسود الحجر الكلسي والمارن وانهيدريت مع الجبس في الجبال المرتفعة في الجزء الغربي من الحوض كما هو موضح في الخريطة (20).



خريطة(20) الليثولوجيا في منطقة الدراسة

8.4 خريطة مواقع حصاد مياه المطر:

تم استنتاج خريطة مواقع حصاد مياه المطر عن طريق إسقاط الخرائط التالية وهي (خريطة الهطل المطري، خريطة الانحدار وDEM، خريطة استعمالات الأرضي، خريطة وحدات الترب، خريطة الهيدرولوجيا) ضمن نفس الامتداد المكاني والجغرافي بعد ان تم إعادة ترتيبها إلى خمس صفوف تبعاً لأولوية إظهار مواقع حصاد المياه كما هو موضح في الخريطة (21) و(22) و(23) و(24) ، ضمن بيئة GIS وباستخدام التحليل المكاني نتج عنه خمسة مناطق لقابلية مواقع حصاد مياه المطر، حيث تم دمج 5 صفوف لتوزع كميات الهطل المطري مع خمسة صفوف لدرجات الانحدار مع 5 صفوف للاستعمالات الأرضي و5 وحدات للترب مع الخريطة الهيدرولوجية) نتج عنها خريطة توزع مناطق حصاد المياه الخريطة (25) وأعيد تصنيفها تبعاً لأولوية مناطق حصاد مياه المطر إلى خمسة صفوف وهي:

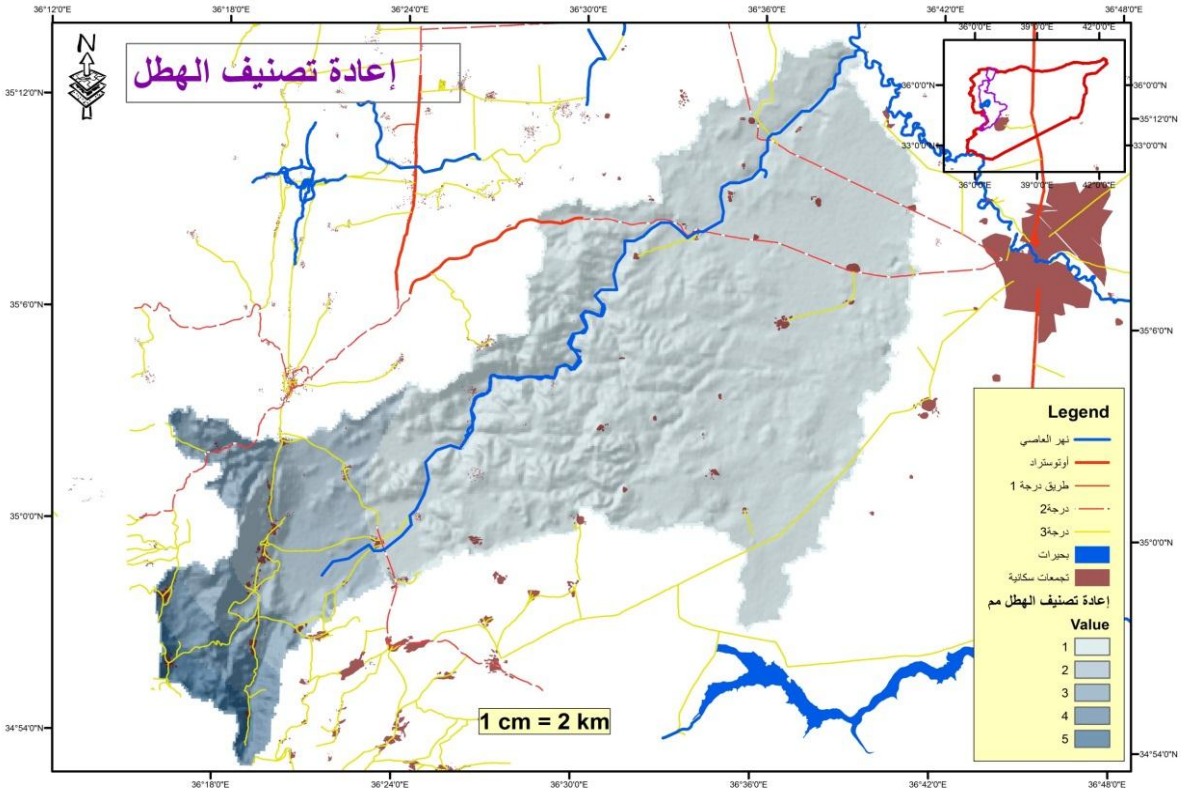
1.المنطقة الأولىI : تناسب معدوم لحصاد المياه وتنتشر في المنطقة الوسطى من الحوض، وهذه المنطقة تترافق مع السمات التالية (الترب السطحية وكميات الهطل المطري القليلة والانحدارات المتوسطة مع انتشار المراعي كنمط استعمالا ت الأراضي) وتغطي مساحة 130 كم^2 مع 22% من مساحة الحوض.

2.المنطقة الثانية II: تناسب ضعيف لمواقع حصاد المياه وتنتشر في الجزء الوسطي من الحوض، والمترافقة مع السمات التالية (الترب العميقة والهطل القليل والانحدار المتوسط وانتشار المراعي مع أشجار مثمرة متفرقة) وتغطي مساحة 275 كم^2 مع 46% من مساحة الحوض.

3. المنطقة الثالثةIII: تناسب متوسط وتمتد في الجزء الشمالي الشرقي والوسطي من الحوض مع السمات التالية (الترب العميقة، والصرف الجيد، والهطل القليل، والسهول المستوية بدون انحدارات، والمترافقة مع انتشار الزراعات المروية كنمط استعمالا ت الأراضي) وتغطي هذه المنطقة 142كم^2 مع 24% من مساحة الحوض.

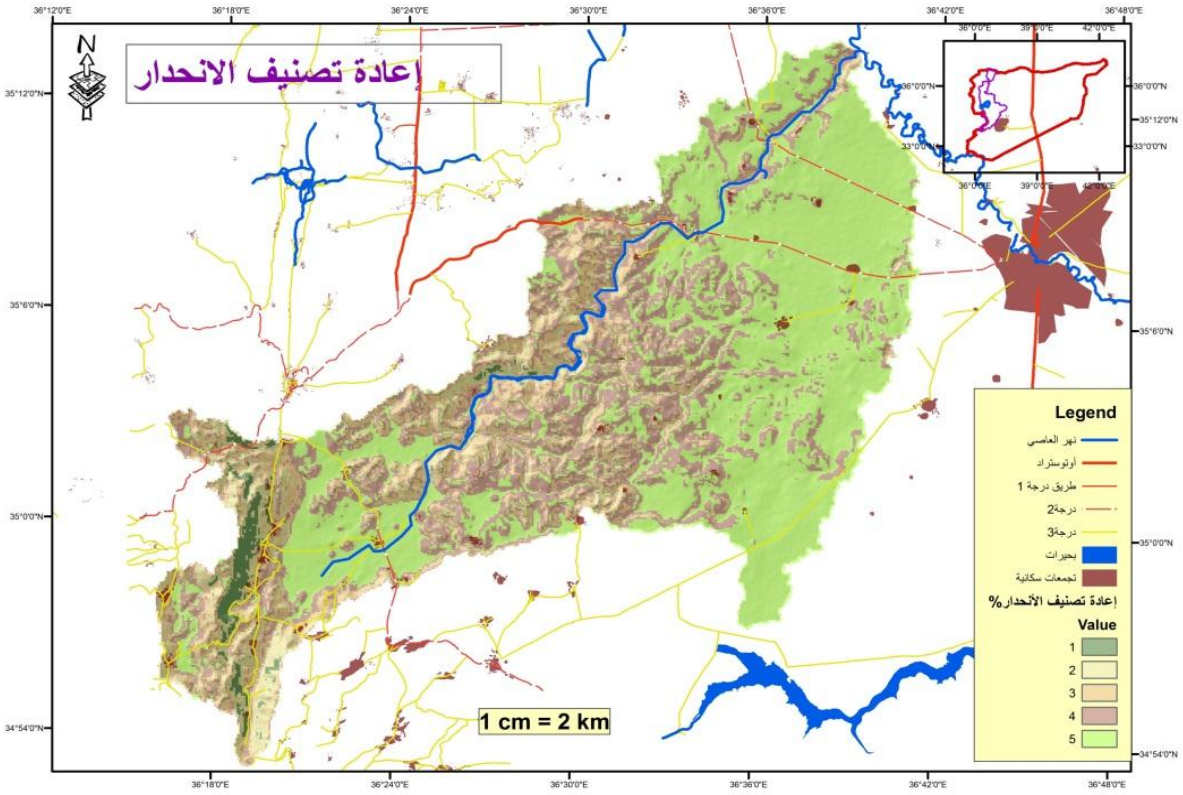
4. المنطقة الرابعةIV : تناسب جيد لمواقع حصاد المياه وتتوزع في الجزء الجنوبي والغربي والشرقي من الحوض والمترافقة مع كميات الهطل المنخفضة في الجزء الشرقي والمرتفعة في الجزء الغربي، والانحدارات المعدومة والشديدة، وعدم كفاية الصرف، وانتشار الزراعات المروية والغابات كنمط استعمالات الأراضي وتغطي هذه المنطقة مساحة 49كم^2 مع 8% من مساحة الحوض.

5.المنطقة الخامسةV : تناسب عالي وتمتد في الجزء الغربي في مواقع محددة (تحت أقدام الجبال) وتغطي مساحة 1كم^2 من مساحة الحوض كما هو موضح في الخريطة (25) والجدول(10).



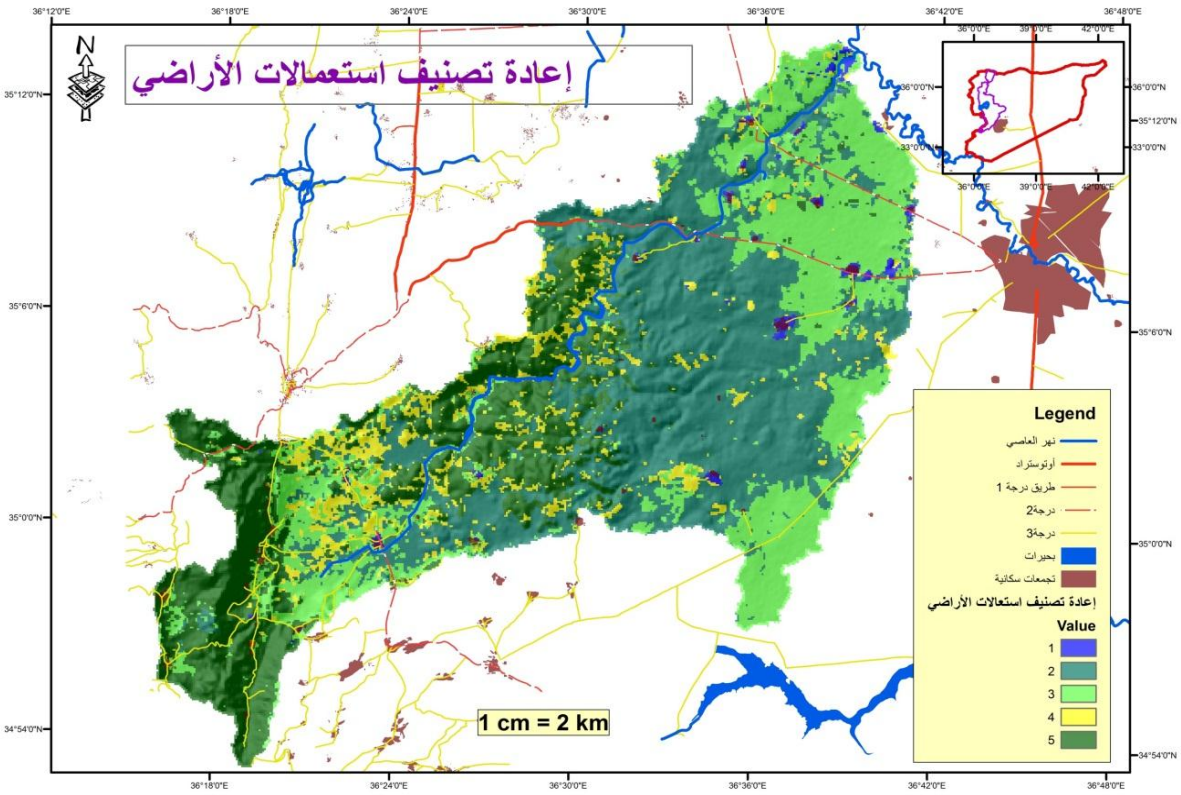
خريطة (21) إعادة ترتيب الهطل المطري تبعاً لأولويات حصاد المياه

تبين في الخريطة السابقة أن زيادة شدة الهطل المطري تؤدي لزيادة كميات الهطل المطري المجمعة، وبالتالي الحصاد المائي يخفف من أثر التغييرات المناخية على الواردات المائية وهذا ما أوضحته دراسة على نهر الحصين (عمار، 2011).



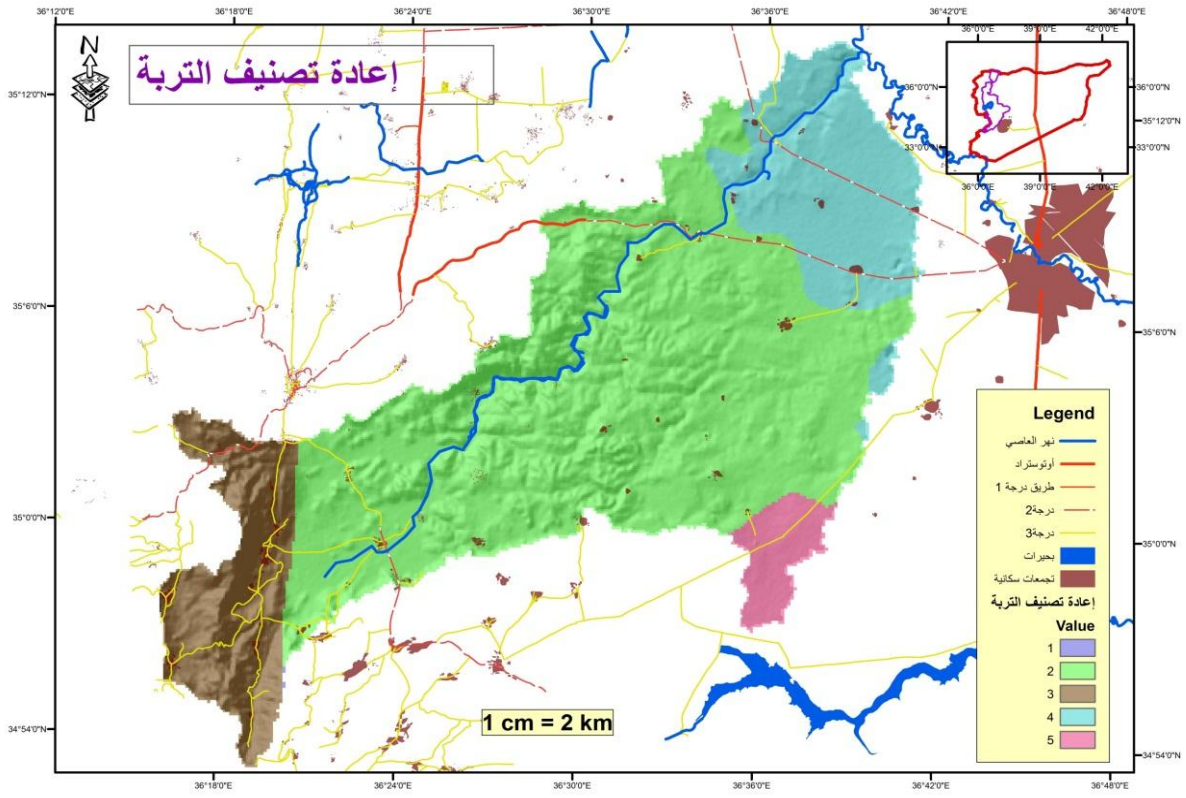
خريطة (22) إعادة ترتيب الانحدار تبعاً لأولويات حصاد المياه

لاحظنا في الخريطة السابقة أن لزيادة درجات الانحدار تأثير عكسي على تجميع المياه، وبالتالي كلما قل الانحدار كانت امكانية تجميع المياه عالية جداً وهذه ما أكد عليه (Alejandra, 2008).



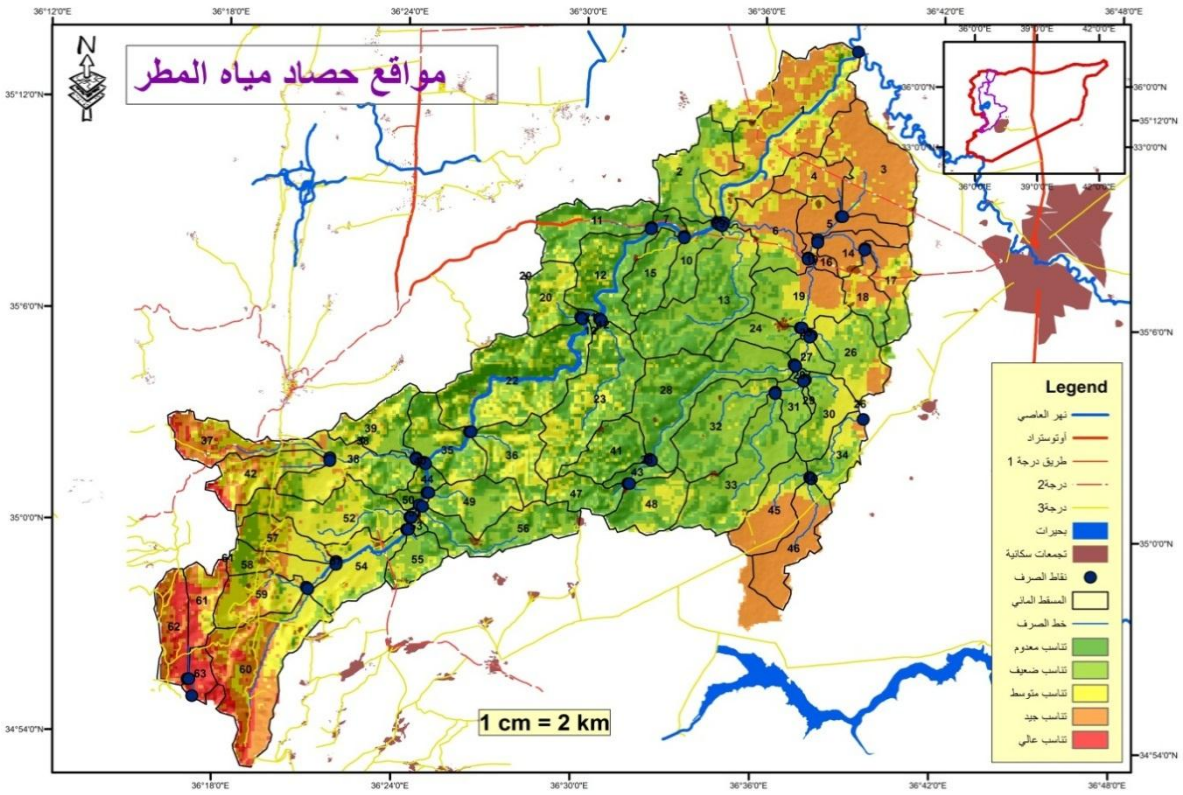
خريطة (23) إعادة ترتيب استعمالات الأراضي تبعاً لأولويات حصاد المياه

لاحظنا في الخريطة السابقة تباين توزع المناطق المناسبة للحصاد المائي تبعاً لنمط الغطاء النباتي السائد، حيث أكدت دراسة على انخفاض حجم الوارد المائي بسبب انخفاض الغطاء الغابي بمعدل 20مم/سنة بين عامي 1995 و2003 (Nie et al, 2011)، كما أن مستجمعات الغابات تتجمع فيها المياه بنسبة أعلى من المناطق الرعوية بحوالي 10% (Munoz and Donnell, 2013).



خريطة (24) إعادة ترتيب الترب تبعاً لأولويات حصاد المياه

من الخريطة السابقة وجدنا أن الترب الطينية العميقة أفضل من التربة اللومية واللومية الرملية ومناطق الصخور لتجميع المياه، وذلك تبعاً لتركيب التربة وقوامها ودرجة نفاذيتها الأمر الذي يسهل أو يعيق حركة المياه بين مسامات التربة وهذا ما اوضحه (عبد العال، 2017) و (محمود، 2009).



خريطة (25) مواقع حصاد مياه المطر

جدول(10) صفوف مواقع حصاد مياه المطر

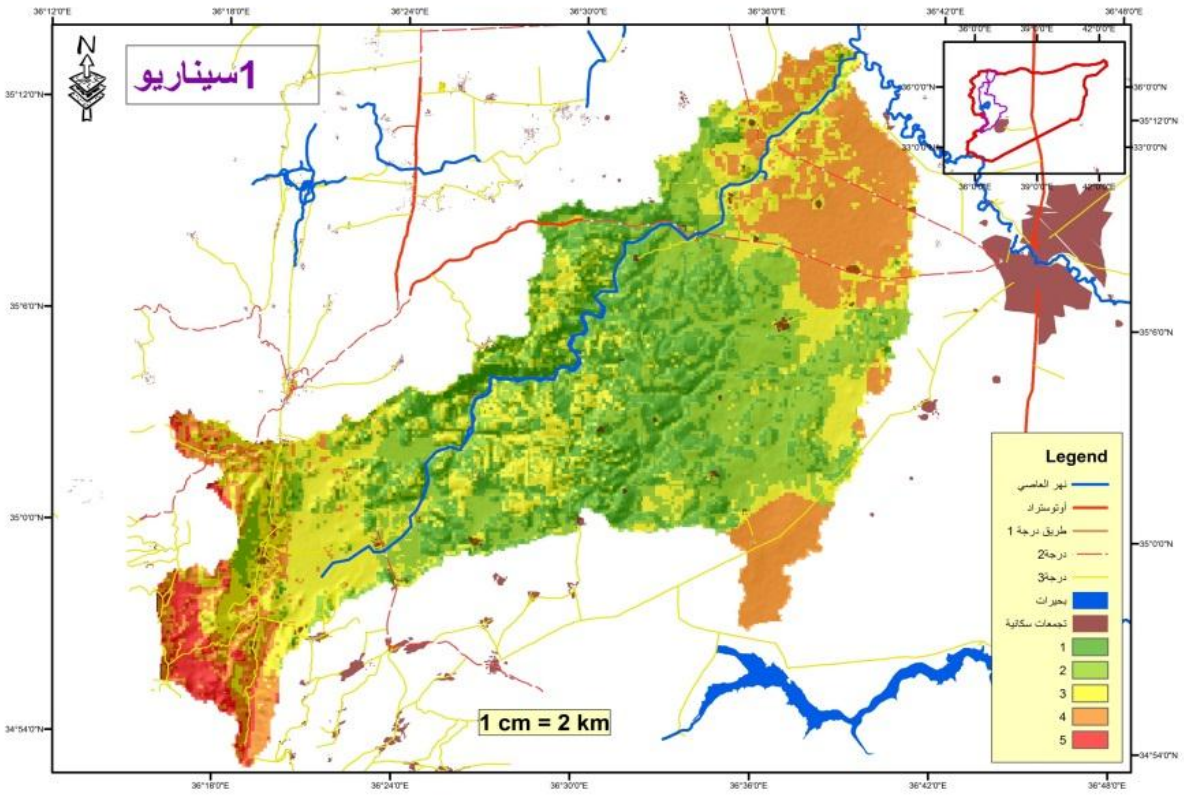
م	RWH	التوصيف	المساحة كم^2	%
1	I	تناسب معدوم	130	22
2	II	تناسب ضعيف	275	46
3	III	تناسب متوسط	142	24
4	IV	تناسب جيد	49	8
5	V	تناسب عالي	1	0
المجموع			598	100

هذا وتنتشر أيضا في منطقة الدراسة بعض التجمعات المائية الطبيعية وهذا ما نحن بحاجته لتنمية هذه المناطق والحفاظ على الموارد المائية فيها للاستفادة منها في عمليات التنمية الريفية، إضافة لإنشاء مناطق جديدة يتم اختيارها اعتماداً على واقع وظروف المنطقة طبوغرافيا، مناخياً، اجتماعياً واقتصادياً.

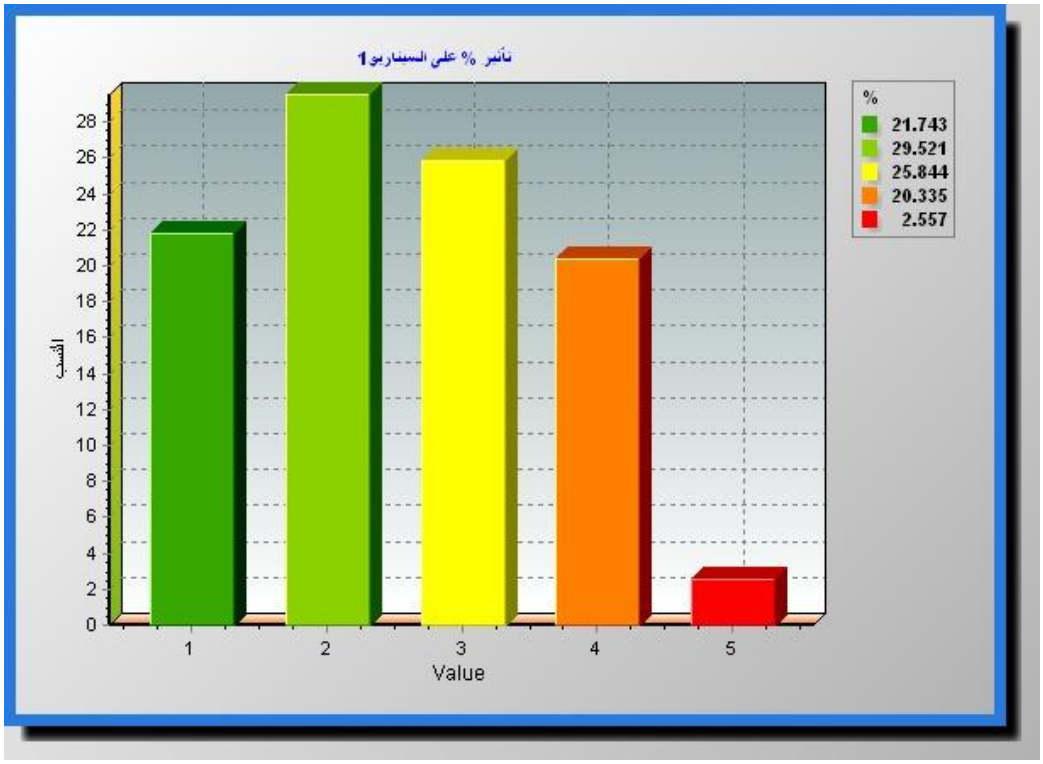
9.4 سيناريوهات المواقع المحتملة لحصاد مياه المطر:

تم وضع سيناريوهات للمواقع المحتملة لحصاد المياه وذلك وفقاً لتقلبات المناخ خلال السنوات وتفوق عامل على عامل أخر في إظهار مواقع حصاد المياه بالمقارنة مع العوامل الأخرى، وهذا له أهمية في سنوات الجفاف والسنوات الرطبة حيث يكون عامل الهطل المطري له الدور الحاسم في إظهار مواقع حصاد المياه خلال السنة الرطبة وفي سنة الجفاف يكون عامل التربة هو الأهم في إظهار مواقع حصاد المياه عن طريق قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه وهذا مرتبط بالخصائص الفيزيائية للتربة (القوام والبناء والمسامية ومعامل النفاذية والمحتوى من المادة العضوية ونوع معدن الطين)، إضافة إلى دور كل من عامل الانحدار والغطاء النباتي ونوع ونمط استعمالات الأراضي.

الخريطة السابقة تم استنتاجها مع افتراض تساوي تأثير العوامل السابقة بنسب متساوية 25% لكل منها وتعتبر كشاهد في هذه الدراسة ويمكن اعتبارها سيناريو 1 والشكل البياني المرافق للخريطة يعبر عن تأثير النسب المئوية للشاهد أوالسيناريو 1 في إظهار وتوضيح الانتشار الجغرافي لمواقع حصاد المياه وهذه الاحتمالية تظهر ان حوالي51.2 % من اختبار الشاهد هي ضعيفة التناسب لاحتمالية حصاد المياه و23% هي جيدة التناسب وحوالي 25% هي متوسطة التناسب كما هو موضح في الشكل(26) والمخطط البياني الشكل(8).

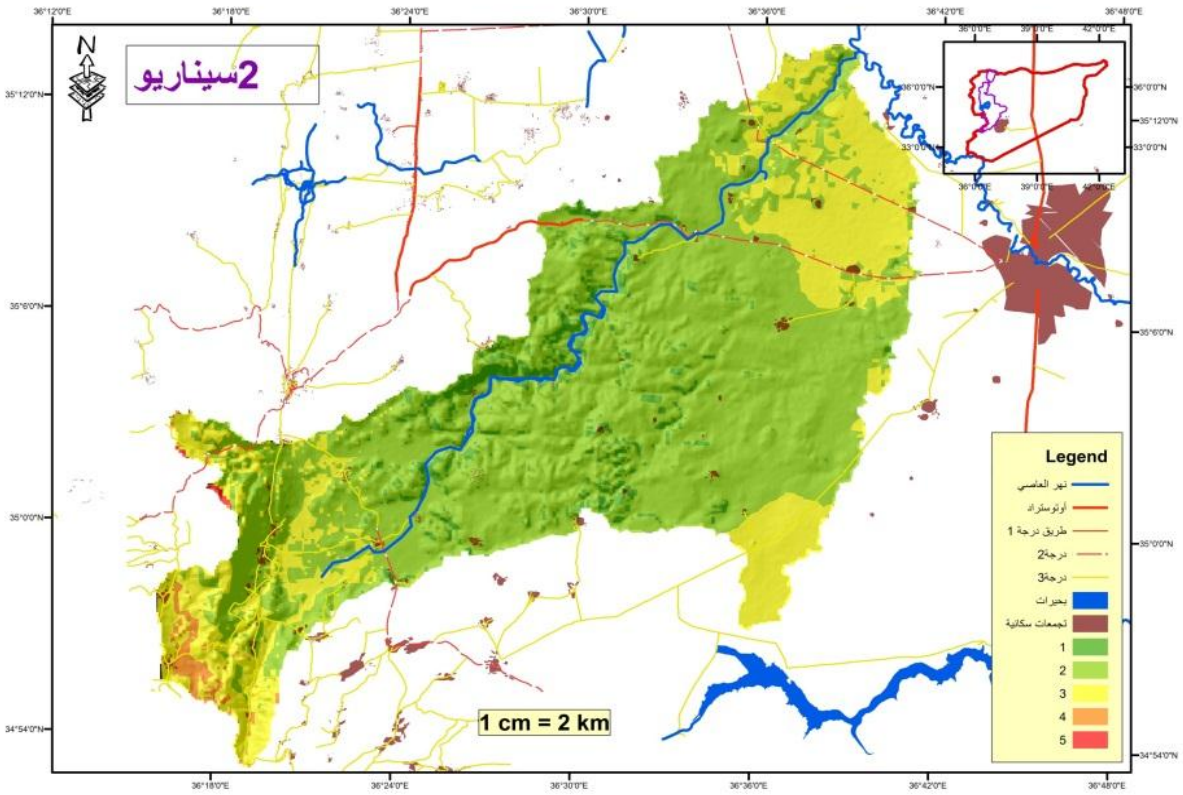


خريطة (26) السيناريو 1 لـRWH

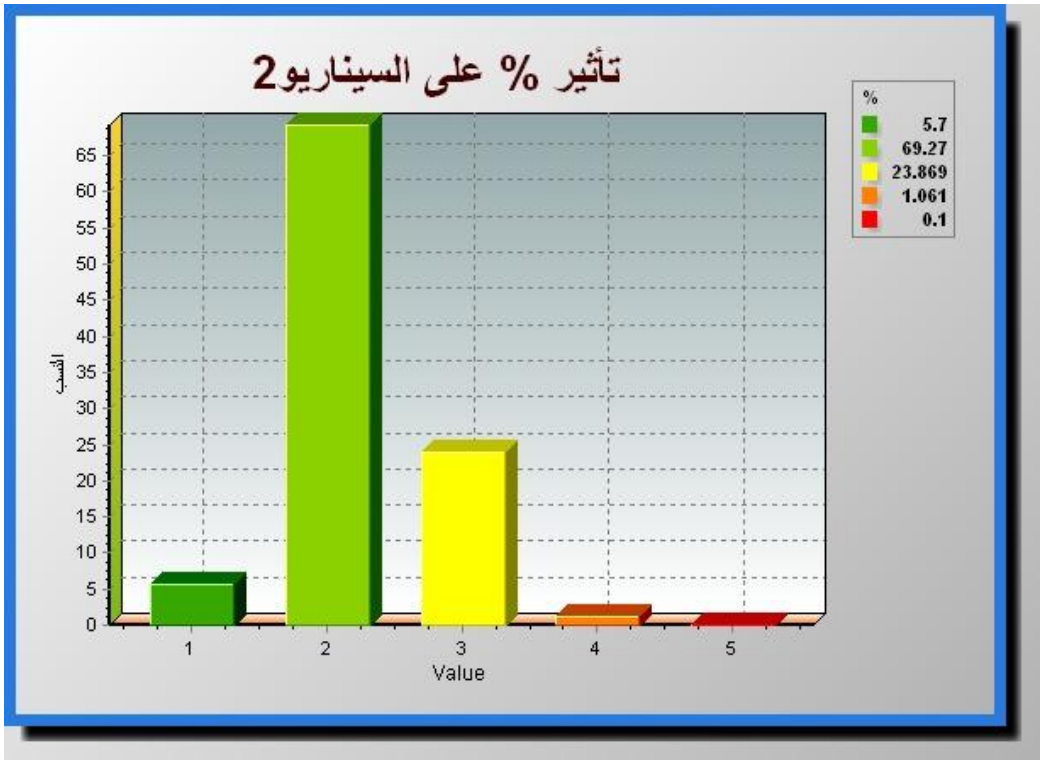


شكل(8) تأثير النسب المئوية% لعوامل على السيناريو1

وفي **السيناريو2:** نستخدم النسب المئوية الموضحة في الجدول3 وهي تأثير نسبة30% بدل من 25% لكل من عامل الهطل وعامل التربة حيث يعتبر هذان العاملان هما الأهم ولذلك نستخدم في هذه الدراسة التدرج التصاعدي لقيم هذين العاملين وملاحظة التغير الجغرافي لامتداد أو انحسار مساحات المناطق لاحتمالية حصاد مياه المطر، بينما ينخفض تأثير استعمالات الأراضي والانحدار من 25% إلى20% باعتبار تأثيرهما أقل في احتمالية إظهار مواقع حصاد مياه المطر بالمقارنة مع عاملي الهطل والتربة، وتظهر النتائج ضمن هذه النسب زيادة مساحة المنطقة ضعيفة التناسب بنسبة 24% من 29% إلى 69% على حساب المناطق جيدة التناسب حيث انخفضت بمقدار 19% من 20% إلى 1% وتنخفض المناطق عالية التناسب من 2.5 إلى 0.1% بالمقارنة مع الشاهد(السيناريو1) بينما المناطق متوسطة التناسب انخفضت بمقدار 2% عن السيناريو1 من 25 إلى 23% ويعزى سبب ارتفاع مساحة المناطق ضعيفة التناسب وانخفاض مساحة المناطق عالية التناسب بالرغم من ارتفاع قيم تأثير عامل الهطل والتربة إلى الانحدارات الشديدة وانتشار التربة الضحلة والتي هي غير مناسبة لحصاد المياه كما هو موضح في الخريطة(27) والشكل(9).



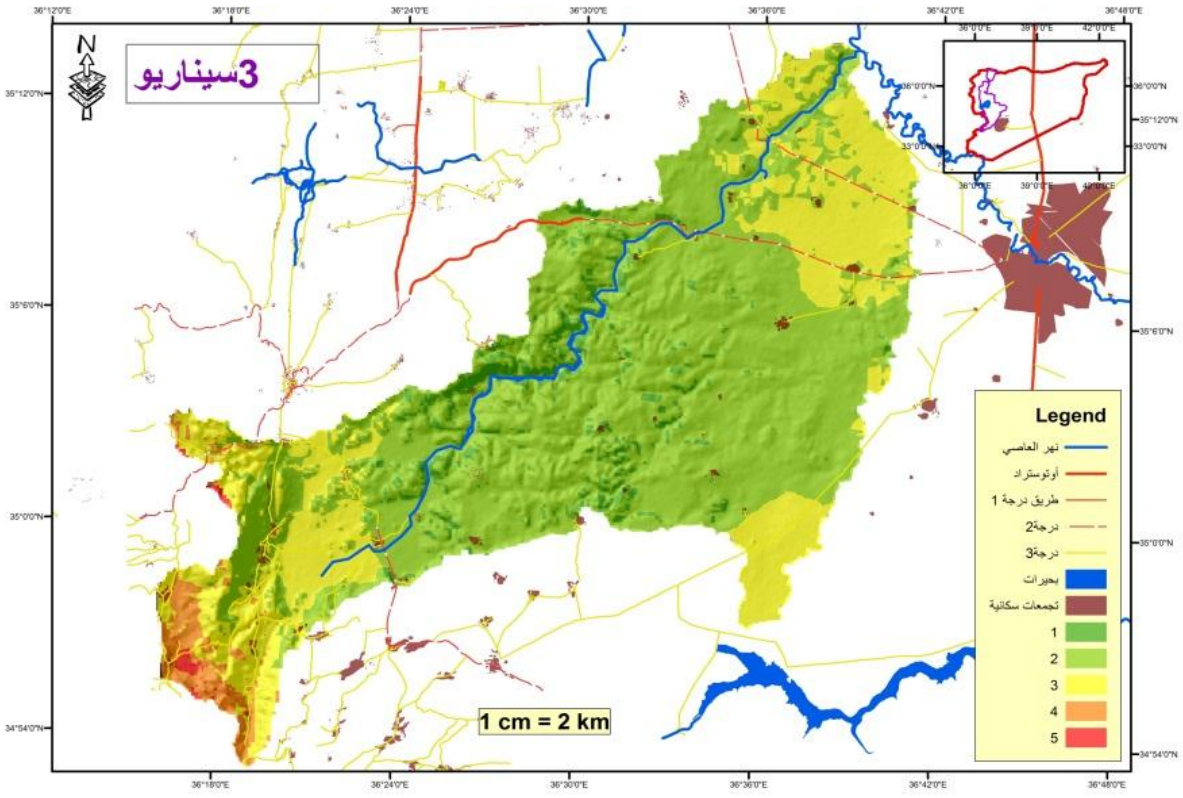
خريطة (27) السيناريو2 لـRWH



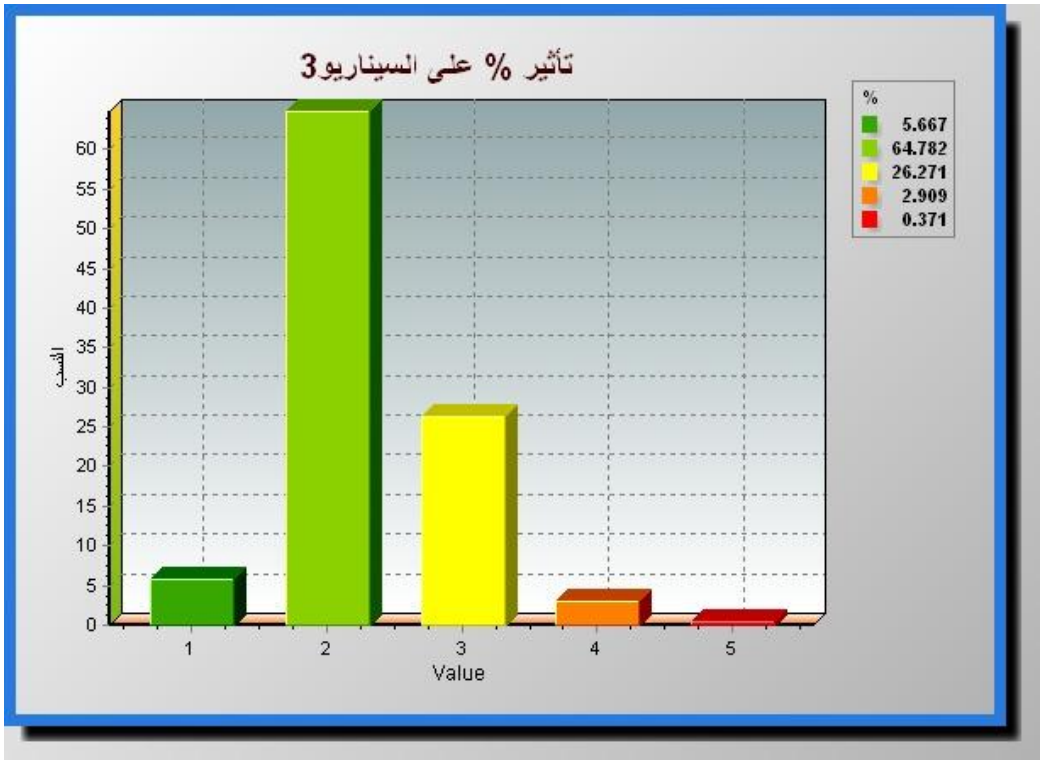
الشكل(9) تأثير النسب المئوية % للعوامل على السيناريو2

السيناريو الثالث3: ومع الاستمرار في الاستراتيجية السابقة في التدرج بقيم الهطل والتربة تطبق الأوزان الجديدة على المؤشرات المؤثرة في حصاد مياه المطر حيث الزيادة الإضافية في عامل الهطل مع ثبات قيمة عامل التربة والنقصان في قيم عاملي الانحدار واستعمالات الأراضي (الهطل يزداد من 30% إلى 40%، التربة ثابتة عند القيمة 30 % بينما ينخفض تأثير كلاً من الانحدار واستعمالات الأراضي من 20% إلى 15%).

يلاحظ أن تأثير الزيادة 40% من الوزن لعامل الهطل هي زيادة إضافية للامتداد الجغرافي للمناطق المتوسطة التناسب على حساب المناطق ضعيفة التناسب من 23% إلى 26%، إضافة إلى زيادة في المناطق جيدة التناسب من 1% إلى 2% والمناطق عالية التناسب بنسبة 0.2% من 0.1% إلى 0.3% وهذا يظهر أن الزيادة في الوزن المطبق للهطل وبدون زيادة مطبقة لوزن التربة غير مناسبة للحصول على نتائج جيدة لمواقع حصاد مياه المطر، كما هو موضح في الخريطة(28) والشكل (10)،

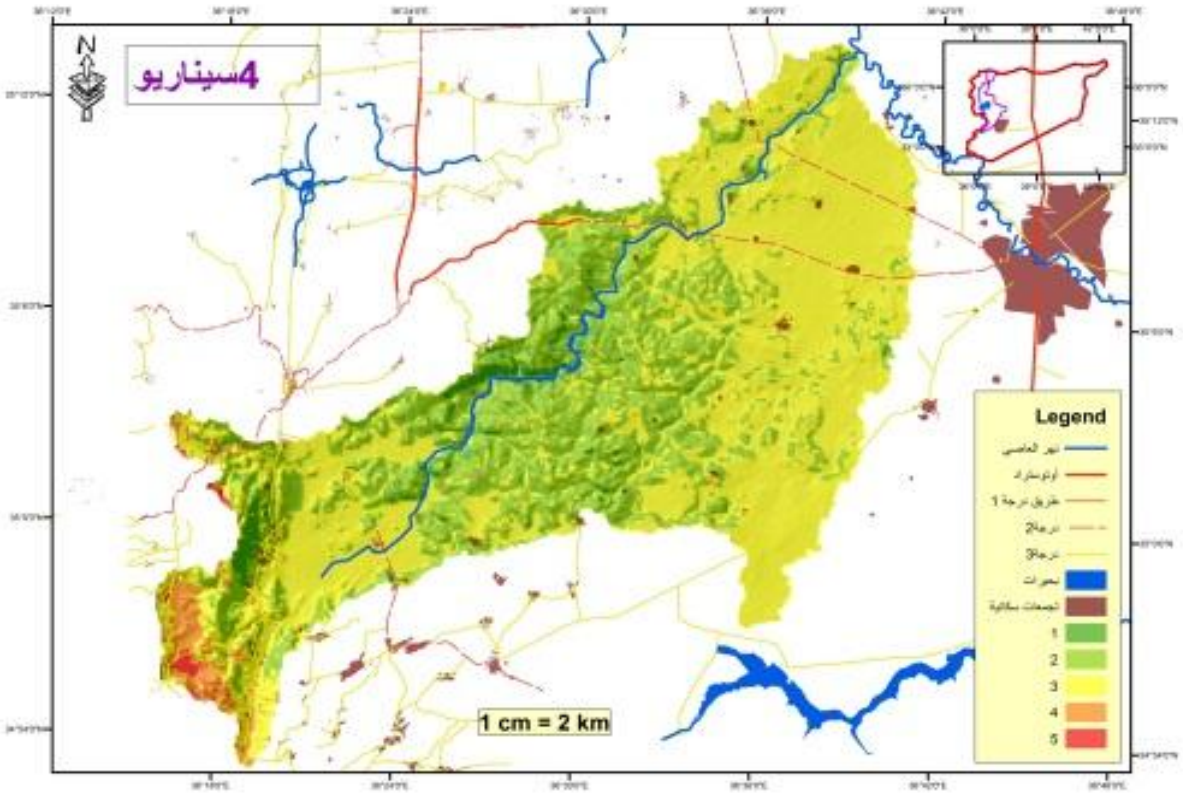


خريطة (28) السيناريو 3 لـRWH

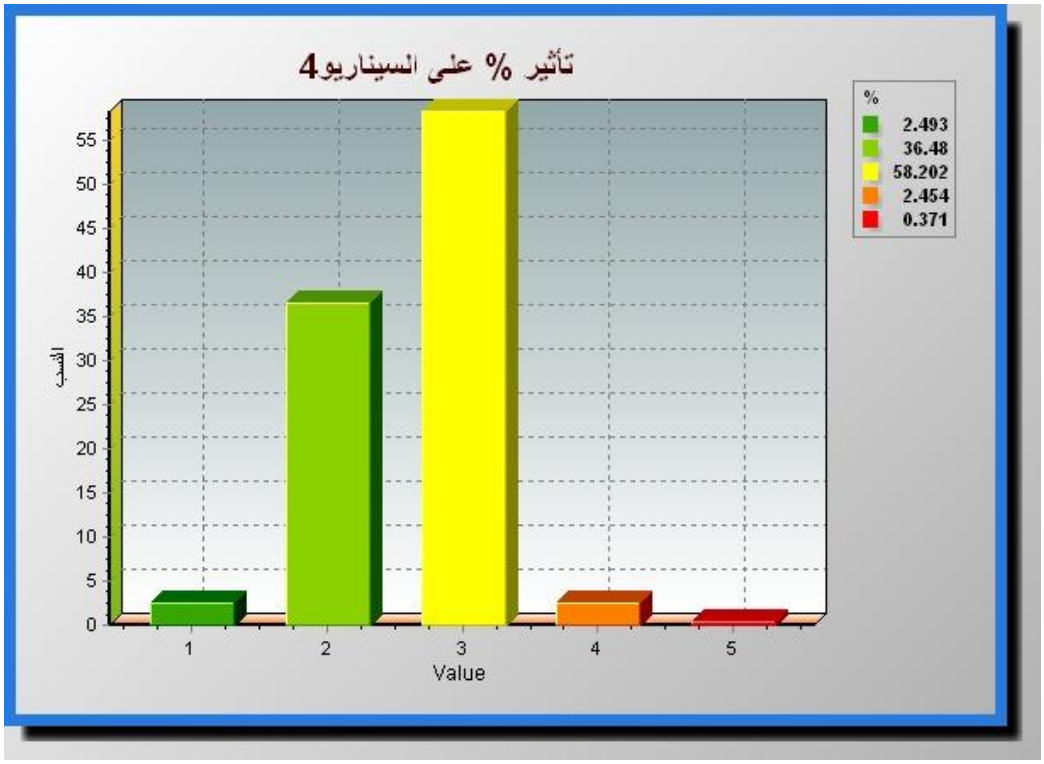


شكل (10) تأثير النسب المئوية% لعوامل على السيناريو3

السيناريو الرابع 4 : النمذجة للسيناريو الرابع تكون الأوزان الجديدة على الترتيب التالي عامل الهطل المطري تنقص قيمته من 40% إلى 30%، وعامل التربة تزداد قيمته من 30% إلى 40% بينما يحافظ كلاً من عامل استعمالات الأراضي والانحدار على نسبة 15% للتأثير على التوزع الجغرافي للمواقع المحتملة لحصاد مياه المطر، مع هذه التغيرات في النسب المئوية للتأثير ترتفع مساحة المناطق متوسطة التناسب على حساب المناطق ضعيفة التناسب بنسبة 32% من 36% إلى 58% وتنخفض المناطق ضعيفة التناسب بنسبة 28% من 64% إلى 36% بينما تحافظ كلاً من المناطق الجيدة التناسب وعالية التناسب على نسبة توزعها الجغرافي كما هو موضح في الخريطة (29) والشكل (11).

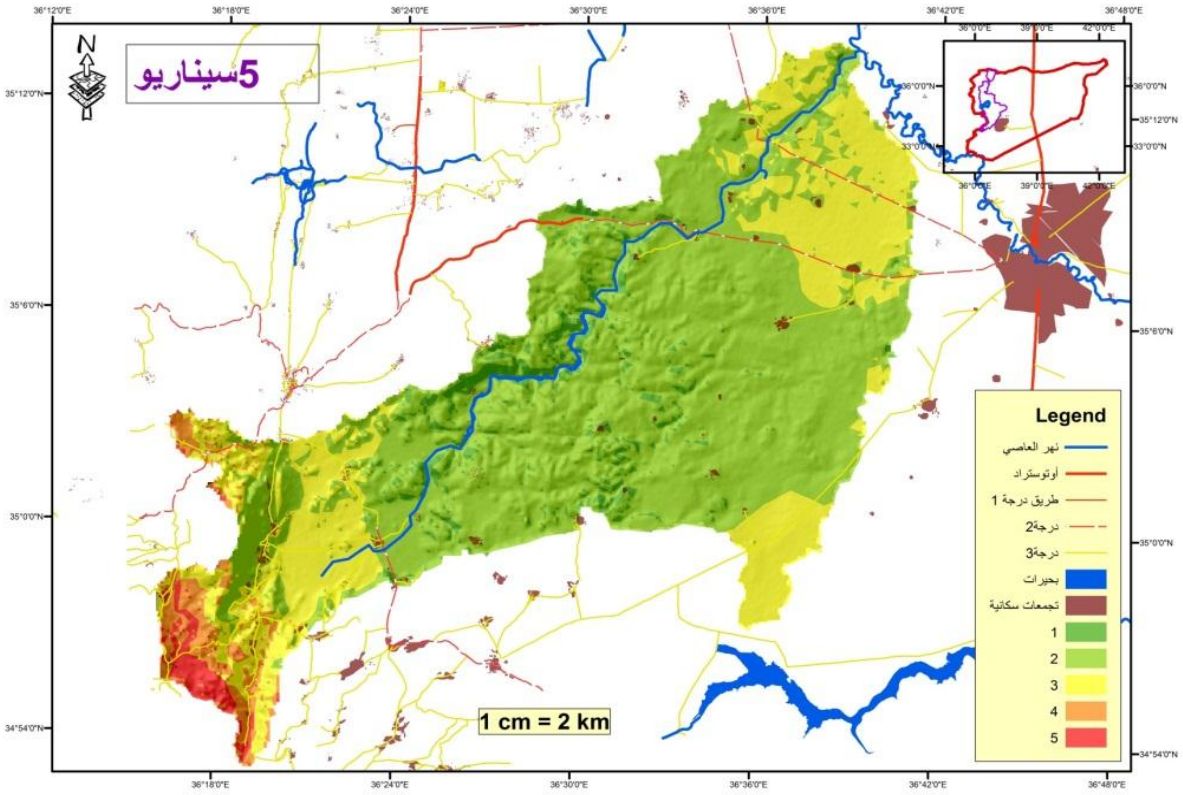


خريطة (29) السيناريو4 لـRWH

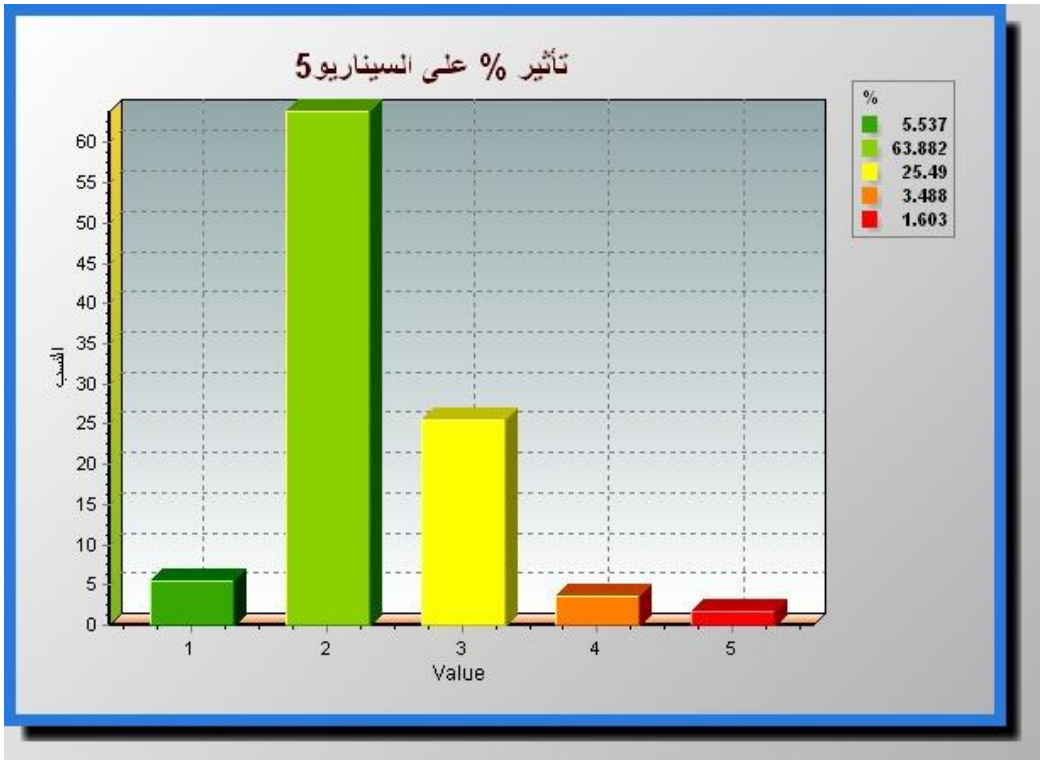


شكل (11) تأثير النسب المئوية% لعوامل على السيناريو4

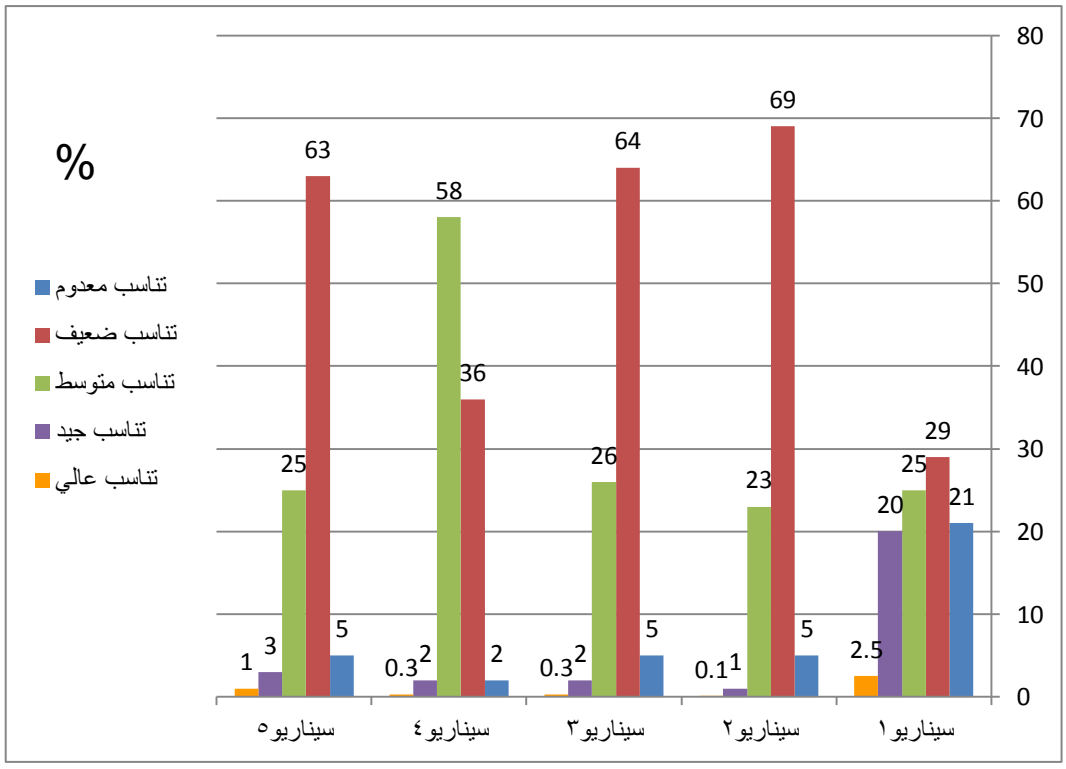
نمذجة السيناريو الخامس، يزداد الهطل إلى 50% ، وتحافظ التربة على 30 %، بينما الاستعمالات الأراضي والانحدار تتناقص إلى 10% للتأثير، كما يظهر في الجدول 2 والنتائج تظهر في الخريطة (30) والشكل(12)، كما يلاحظ أن المناطق المصنفة ضعيفة التناسب تزداد من 36% إلى 63% بنسبة 27%، بينما المناطق متوسطة التناسب تنخفض من 58% إلى 25% وبنسبة 33% مع الزيادة في المناطق المصنفة كمناسبة وعالية التناسب بنسبة1% و 0.7% على الترتيب بالمقارنة مع السيناريو4.



خريطة (30) السيناريو5



الشكل(12) تأثير النسب المئوية للعوامل على السيناريو5



الشكل (13) تأثير السيناريوهات في توزع مناطق RWH

يظهر الشكل (13) تأثير السيناريوهات في توزع مناطق حصاد مياه المطر، حيث اتضح وبمقارنة السيناريوهات الخمس فيما بينها، أن السيناريو الرابع يحاكي واقع المنطقة من حيث النسب المئوية المعطاة لكل من عاملي الهطل المطري والتربة بشكل خاص، وكما هو واضح تغطية هذا السيناريو المناطق المتوسطة والجيدة التناسب بنسب مئوية جيدة على خلاف باقي السيناريوهات التي قد لا تنطبق النسب المئوية المعطاة للهطل المطري والتربة على واقع المنطقة أو انطباقه بنسب متدنية وهذا ما لا نريده في اختيارنا للمواقع المثلى للحصاد.

10.4 تقييم التأثيرات المتبقية لتأثير النسبة المئوية لمؤشرات RWH

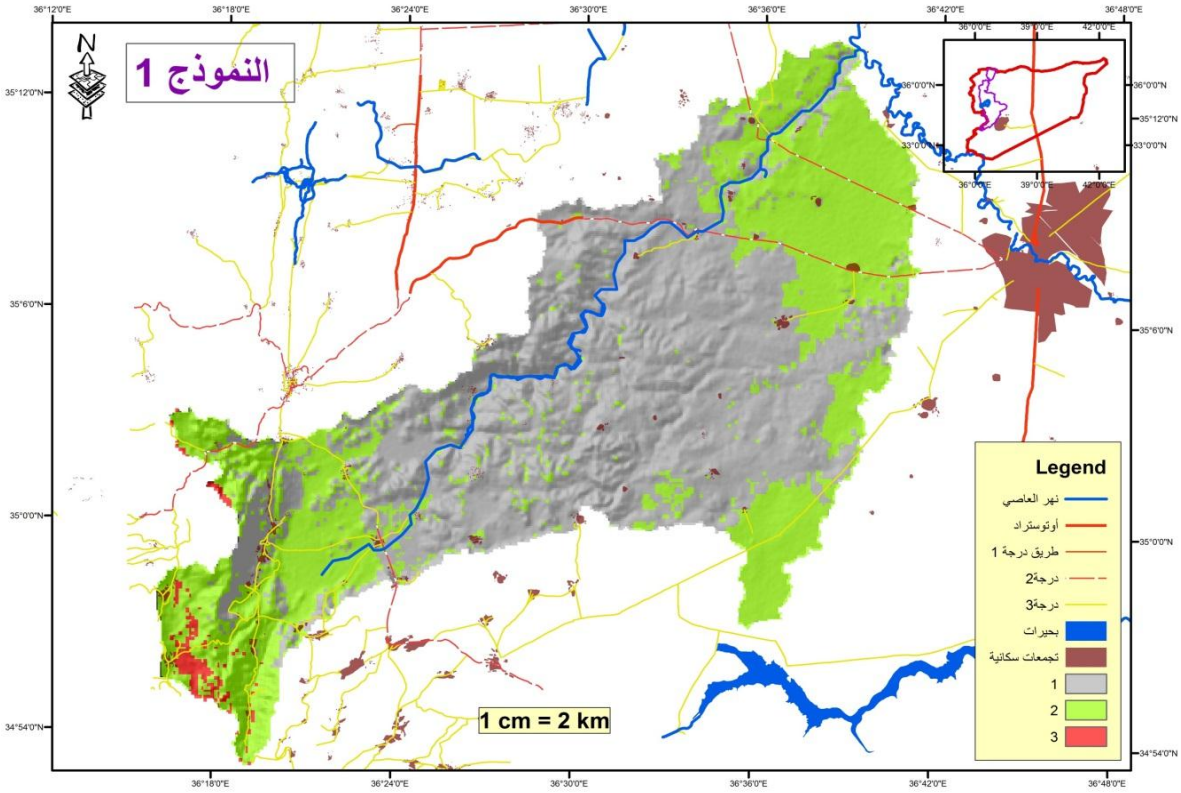
لمعرفة اتجاه البيانات وتحليل المؤشرات المتبقية هناك حاجة لتطبيق تقاطع الراستر لتطوير اتجاه السطوح المتحصل عليها من حالة السيناريوهات الخمس لمعرفة اتجاه خط البيانات(Christakos, ***et al***. 2001) وزيادة تركيز سير اتجاه البيانات لمعرفة تأثيرها الحقيقي ومعرفة مدى مساهمة النسب المئوية للعوامل المؤثرة في توضيح الانتشار الجغرافي لمناطق حصاد مياه المطر(Tercan and Sohrabıan. 2012).

الحالة1 كشاهد اختبار مع تساوي نسب التأثير، يتم مقاطعتها مع بقية السيناريوهات للحصول على النماذج التي توضح تأثيرات النسب المئوية على توزع مواقع حصاد مياه المطر حيث يتم تطبيق تقاطع السيناريو 1 أو شاهد الاختبار والذي تكون فيه نسب المئوية للعوامل متساوية في التأثير مع السيناريو2 ونحصل على النموذج 1، ومن ثم نجري تقاطع الشاهد مع السيناريو 3 للحصول على النموذج 2، ومن ثم نطبق تقاطع الشاهد مع السيناريو 4 لحصول على النموذج3، وأخيراً نطبق تقاطع الشاهد مع السيناريو5 للحصول على النموذج4، والاختلاف في النسبة المئوية لتأثير المؤشراتRWH يعاد تصنيفه إلى 3 صفوف تمتد بين (الاحتمالية العالية (1)، الاحتمالية المتوسطة(2)، الاحتمالية المنخفضة(3).

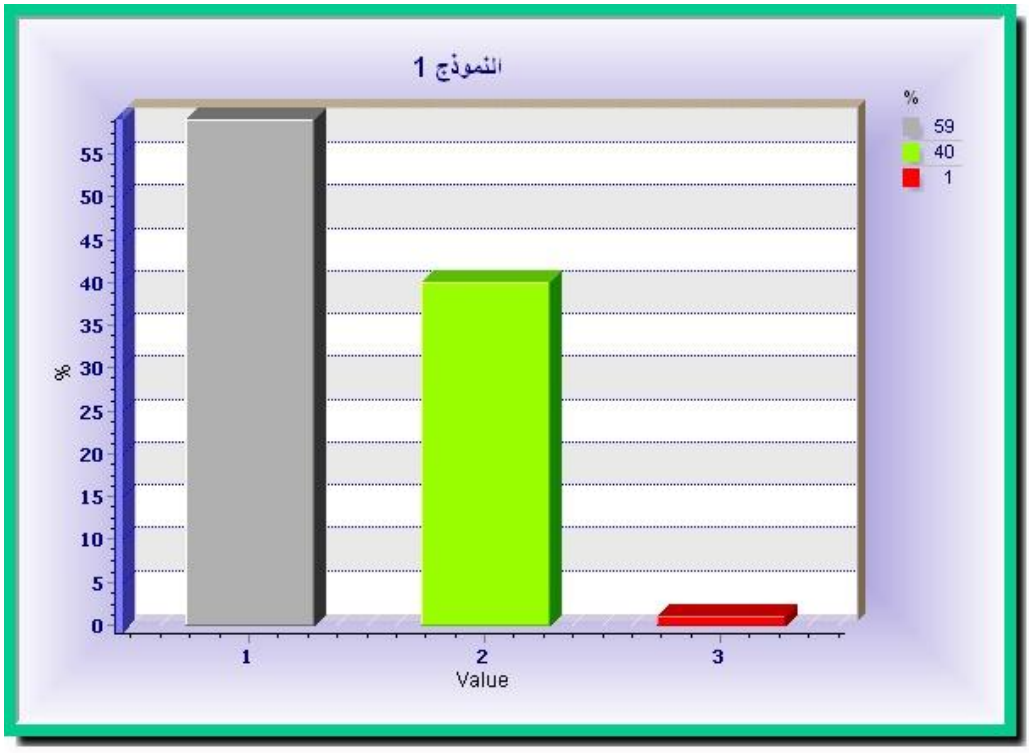
النموذج1: سيناريو1–سيناريو2

ينتج من تقاطع السيناريو2 (نسب تأثير الهطل و التربة 30% ، استعمالات الأراضي و الانحدار 20 %) مع شاهد الاختبار(سيناريو1) هذا التقييم يشير إلى ان 40% من المواقع المحتملة ضمن الاحتمالية المتوسطة وتمتد بين الجزء الشرقي والغربي، بينما الاحتمالية المنخفضة تتوزع في الجزء الوسطي من الحوض والاحتمالية العالية في مواقع محددة في الجزء الغربي والمترافقة مع كميات الهطل المطري

المرتفعة والانحدارات الخفيفة والتربة المتوسطة العمق (السهول بين الجبال) والغطاء النباتي الغابات والاشجار المثمرة كما هو موضح في الخريطة(31) والشكل(14).



الخريطة(31) النموذج1

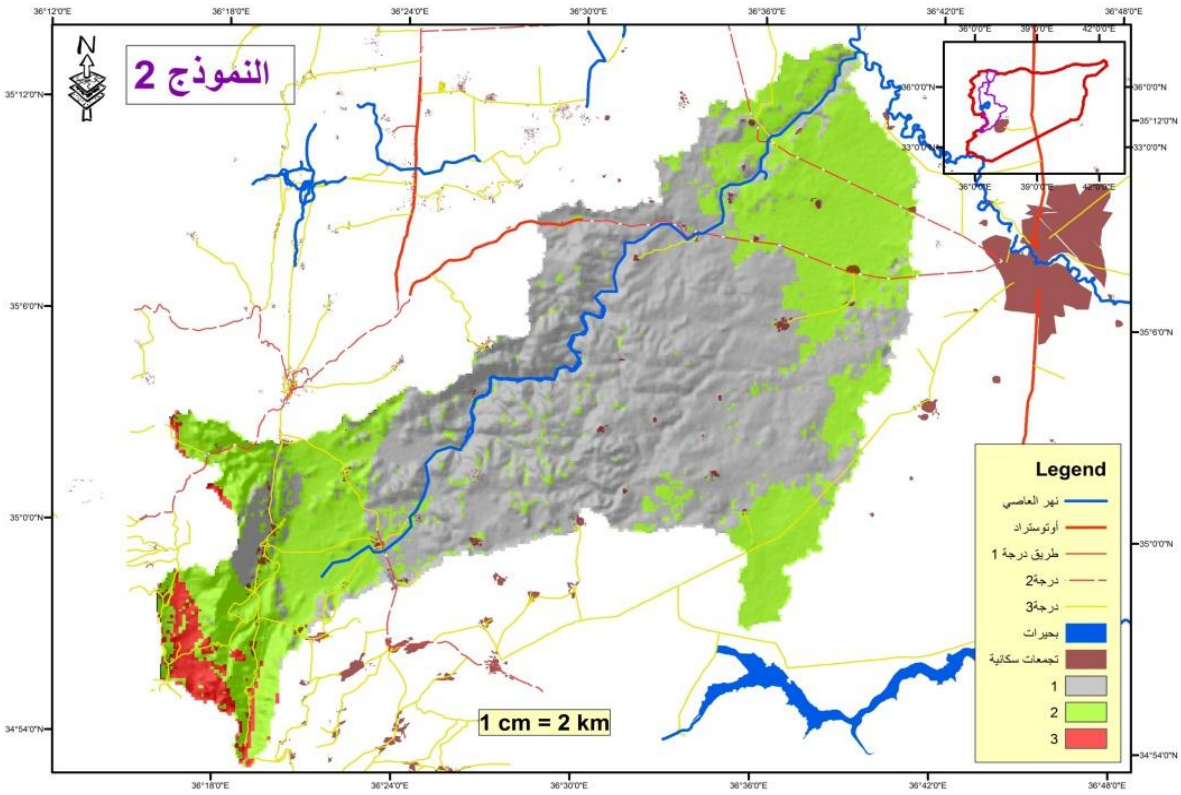


الشكل(14) النسب المئوية% لتوزع مواقع حصاد مياه المطر للنموذج 1

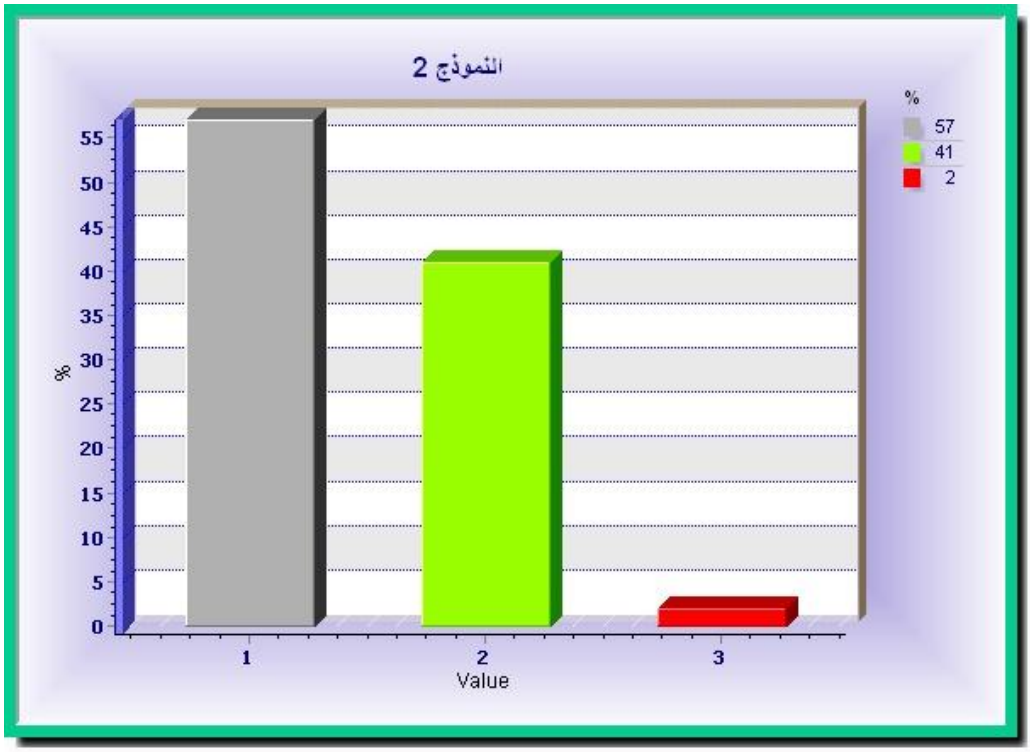
النموذج 2: سيناريو 1–سيناريو 3

ينتج من تقاطع السيناريو 1 مع السيناريو 3 والذي هو ناتج تأثير (الهطل 40%، التربة 30%، استعمالات الأراضي والانحدار 15%) مع شاهد الاختبار (السيناريو 1).

تظهر النتائج ارتفاع المناطق المتوسطة التناسب بنسبة 1% من 40% إلى 41% وترتفع المناطق عالية التناسب بنسبة 1% من 1% إلى 2% بينما المواقع المحتملة ضمن مدى الاحتمالية المنخفضة تنخفض بنسبة 2% من 59% غلى 57% كما هو موضح في الخريطة (32) والشكل (15).



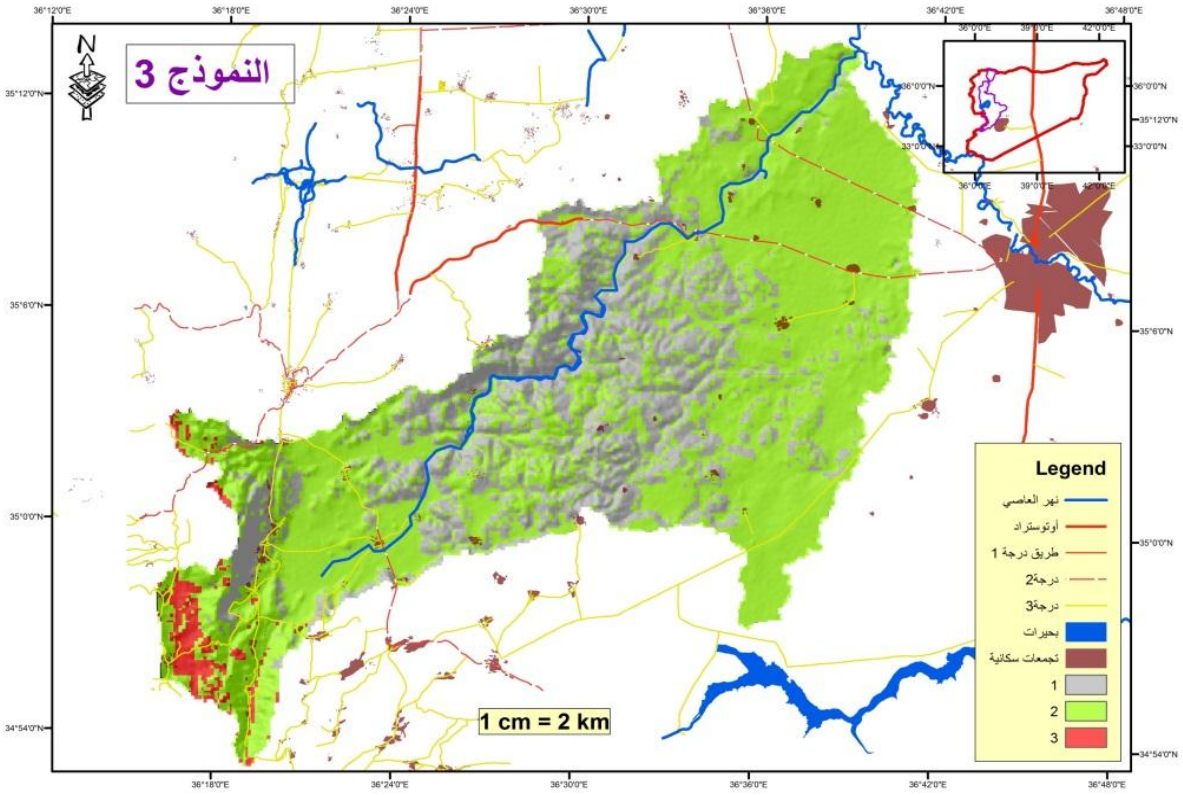
خريطة(32) النموذج2



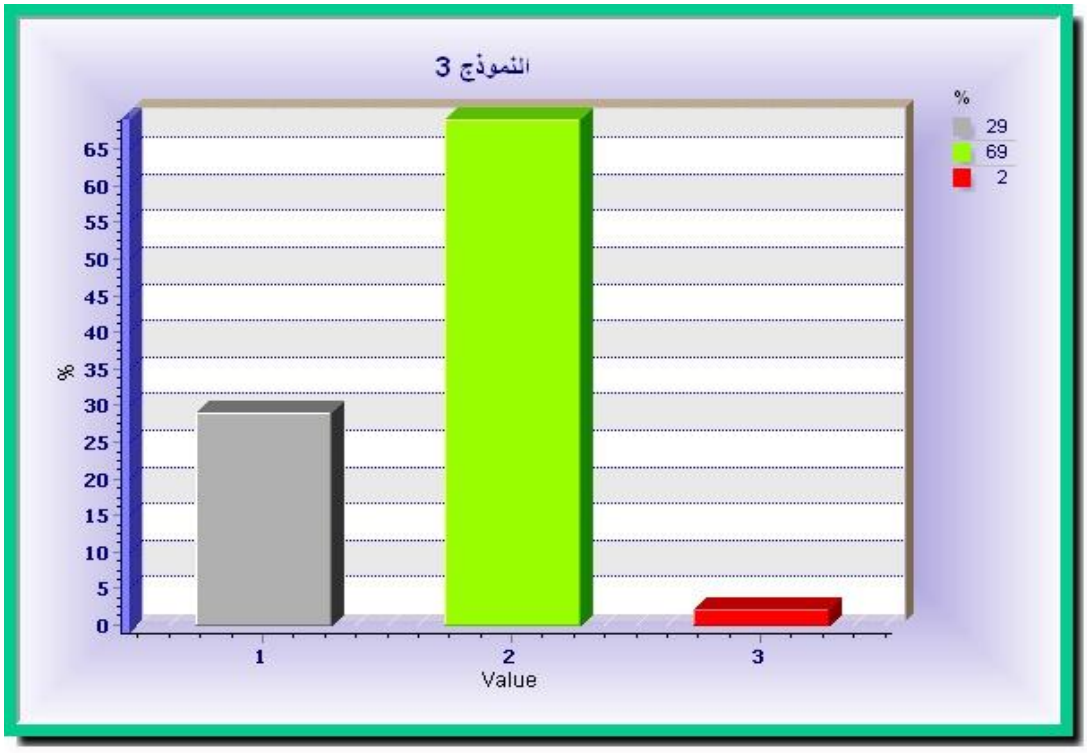
الشكل(15) النسب المئوية% لتوزع مواقع حصاد مياه المطر للنموذج 2

النموذج 3: سيناريو 1_ سيناريو 4

ينتج من تقاطع السيناريو 4 مع شاهد الاختبار (السيناريو 1)، في هذا النموذج تزداد رقعة المناطق متوسطة التناسب بنسبة 28% من 41% إلى 69% على حساب مساحة المناطق منخفضة التناسب التي تتناقص من 57% إلى 29% ومع ثبات قيمة المناطق عالية التناسب 2% هذا دليل أن الترب في منطقة المشروع لها تأثير أكبر في تقييم المواقع المحتملة كمقارنة مع زيادة تأثير الهطل كما هو موضح في الخريطة(33) والشكل(16).



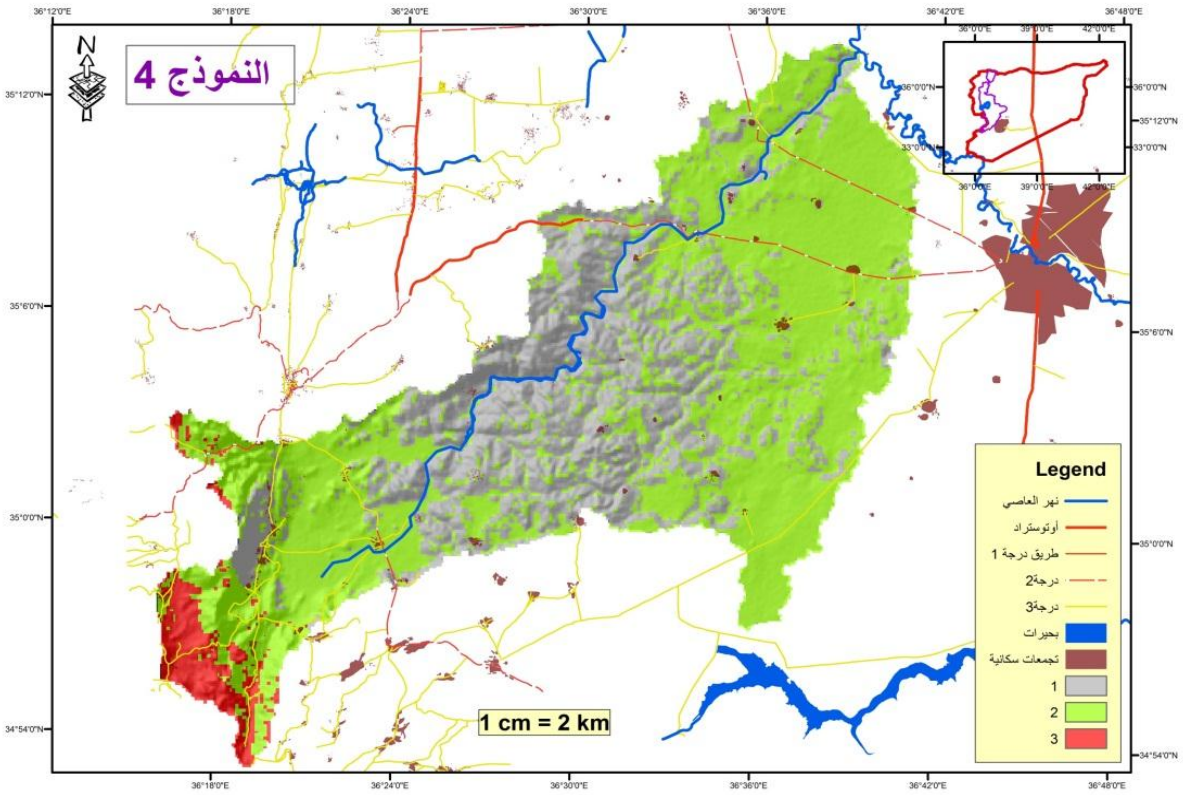
خريطة(33) النموذج3



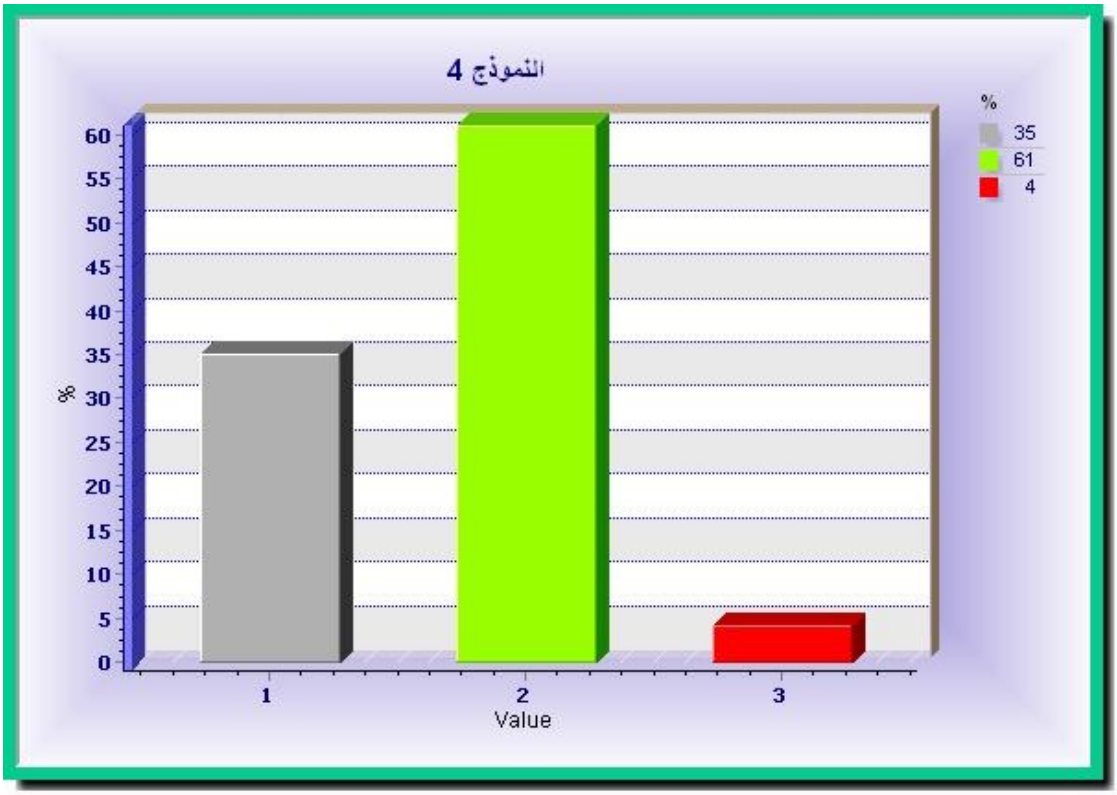
الشكل(16) النسب المئوية% لتوزع مواقع حصاد مياه المطر للنموذج 3

النموذج 4: سيناريو 1_ سيناريو 5

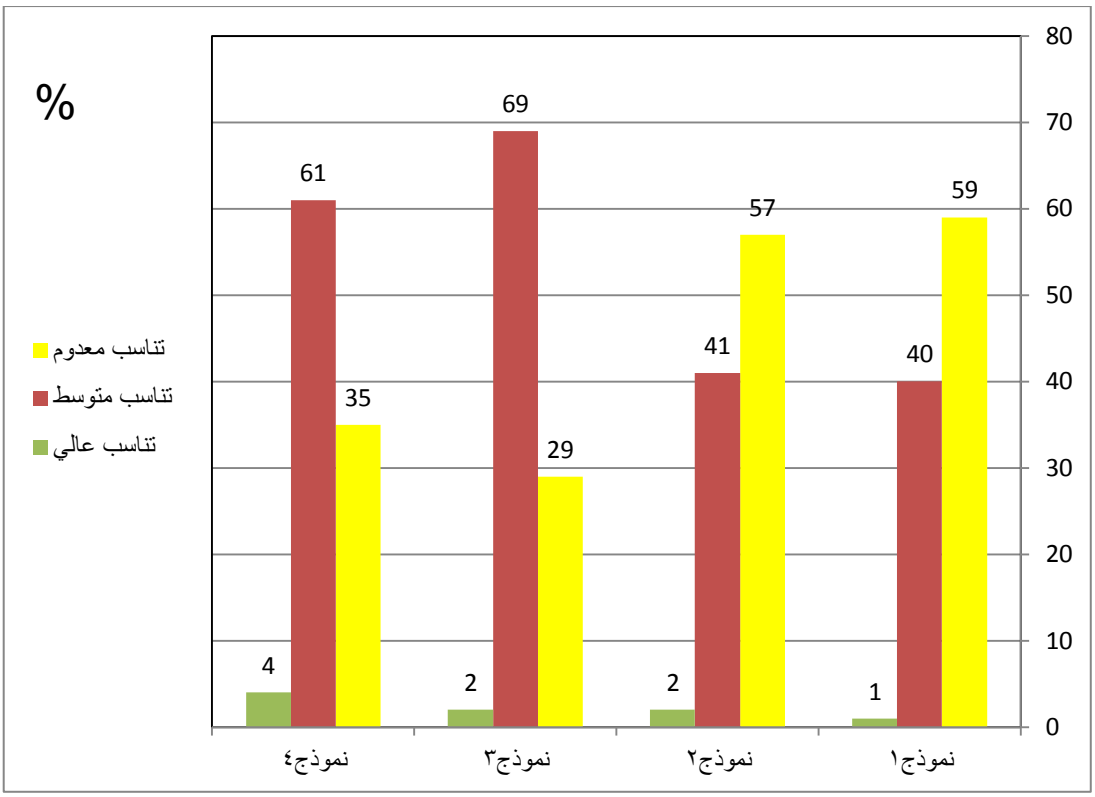
وينتج عن تقاطع السيناريو 1 مع السيناريو 5(والذي نسب تأثيره 50% للهطل و30% للتربة و10% لكل من الانحدار واستعمالات الأراضي)،. والنتيجة تظهر أن 4% من منطقة الدراسة ضمن مدى الاحتمالية العظمى مع تتناقص في امتداد مواقع الاحتمالية المتوسطة بنسبة 8% من 69% إلى 61% والمناطق ضعيفة التناسب تزداد من 29% إلى 35% كما هو واضح في الخريطة (34) والشكل(17).



الخريطة(34) النموذج4



الشكل(17) النسب المئوية% لتوزع مواقع حصاد مياه المطر للنموذج 4



الشكل(18) تأثير النماذج على توزع مناطق RWH

يظهر الشكل (18) الخطوط البيانية للنماذج الأربعة الناتجة عن تقاطع السيناريو الشاهد(1) مع باقي السيناريوهات الموضوعة، ويتضح أن النموذج الثالث من أفضل النماذج كونه يشتمل على أعلى نسبة مئوية للمناطق المتوسطة التناسب بالمقارنة مع النسب الأقل منها لنفس المناطق، وبالتالي تقاطع السيناريو الشاهد مع السيناريو الرابع من أفضل النماذج التي تحاكي واقع منطقة الدراسة وتحقق نسب مئوية جيدة ومناسبة لتحديدها كمواقع مثلى لتنفيذ حصاد مياه المطر ضمن ظروف منطقة الدراسة.

الخلاصة:

تشير النتائج إلى ان مناطق الاحتمالية العظمى لحصاد مياه المطر تنتشر في الجزء الغربي الجنوبي للحوض والمترافقة مع كميات الهطل المطري العالية مع توافر الانحدارات الشديدة وينصح في هذه المناطق تطبيق تقانات المصاطب الحجرية لحصاد المياه، و الترب المستوية تحت اقدام الجبال مع توافر الغطاء النباتي الغابي مع الاشجار المثمرة، بينما مناطق الاحتمالية المنخفضة تنتشر في الجزء الوسطي من الحوض (كميات هطل مناسبة مع انحدارات متوسطة وغطاء نباتي رعوي مع ترب ضحلة وصخرية)

وهنا ينصح باستخدام تقانات شرائط الكونتور، بينما تنتشر مناطق الاحتمالية المتوسطة في الجزء الشمالي الشرقي من الحوض(الهطل المطري مناسب مع انحدارات مستوية وترب عميقة وزراعات مروية كنمط استعمالات اراضي) وينصح في هذه المناطق استخدام تقانات الأكتاف الترابية.

تشير مخرجات نتائج هذا العمل إلى اعتمادها على عاملي الهطل المطري والتربة كعاملين اساسين في إظهار المواقع الحاسمة والنهائية والمهمة في مشاريع التنمية الريفية للمناطق والبيئات الزراعية المستهدفة في أي عملية تنموية مستقبلية، وتعتبر مخرجات هذه الخرائط دليل لرسم السياسات الزراعية ومورد هام بضخ المعلومات المائية لصانعي القرار في رسم استراتيجيات إدارة الموارد المائية.

الاستنتاجات:

1- أوضحت خريطة مناطق حصاد مياه المطر أنها اداة فعالة في عملية الإدارة المستدامة للموارد المائية تحت ظروف الجفاف .

2- تفيد RWH في إدارة الأحواض المائية على مستوى المناطق وتحت المناطق تبعاً لحجم مشروع حصاد المياه.

3- تعتبر RWH أحد اهم المسوحات الهيدرولوجية في مشاريع التنمية الريفية والتنمية المستدامة للمناطق الريفية المستهدفة في تنمية العامل الاقتصادي- الاجتماعي للمناطق الفقيرة بالموارد الطبيعية.

التوصيات:

1- الاستمرار في دراسة مشاريع حصاد المياه لدعم العملية الزراعية للحد من تأثير التغيرات المناخية على المحاصيل الزراعية.

2- إقامة مشاريع حصاد مياه على مستوى اقليمي لدعم تغذية المياه الجوفية.

3- الاهتمام بوضع خرائط المصادر المائية ودراسة وتصميم مشاريع الحصاد المائي والقراءة العلمية من قبل أصحاب القرار في الاستفادة المثلى من مياه الحوض.

Summary:

Search aimed to determination suitable sites for Rain Water Harvesting (RWH) in Masyaf area using (GIS/RS/DEM), during 2015-2016 for 598.15 $km^2$by Using RWH factors(precipitation, slope, land use/land cover, soil) processing precipitation data which recorded in climate station which spread inside and outside catchment which numbered 21 station during 1970-2015 , Spatial analyst with Spline method showed there was high difference amount of precipitation among parts of catchment which ranged between 342-1500 mm also Spatial analyst showed there was high difference in elevation degrees among zone of catchment which ranged between240-1140m related with high slope ranged between 0-30 %decreased degree of complexity from south western to north eastern that showed effect topography in Masyaf catchment, while, Maxliklhood method used in Visualizing imagine interpretation had done in (ENVI 4.4) program for tow photo Land Sat7 Bands using, resolution accuracy 30 m Supervised classification had done to know the pattern of distribution land use / land cover classed using Jeffries-Matusita Distance (JM) where accuracy was 95.21% and (Kappa Coefficient = 0.91) to separated land cover elements for 8 elements in follow: Urban area5.4 km^2 , mixed forest 142.1 km^2 , agro irrigated land 163.5 km^2, orchards 44.7 km^2 , posture land 235.3 km^2 , rain fed agro land 4.7 km^2 , water bodies 0.0153 km^2, and rang land 4.2 km^2,soil map divided to 5 soil unit distributed shallow soil in south western part to deep soil in north eastern part, Mapping hydrology showed, 63 catchment ,and 30 drainage point in addition to water network of permanent and seasonal that covered all topographic forms, Final map that collected and overlay for previous map (precipitation, slope, land use, soil) and reclassify for 5 class and weighted according priority of rain water harvesting showed that study area distributed for 5 classes the first zone not suitable extend in middle part from catchment where soil shallow and participation little and slope moderate and cover 130 km^2 with 22% percentage, while second zone marginally suitable extant in middle part with midi deep soil and little precipitation and moderate slope and covered 275 km^2 with 46% percentage ,otherwise the third zone moderately suitable extend in north eastern with deep soil ,well drainage, little precipitation, flat slope, irrigated land and covered142 km^2 with 24% percentage, while fourth zone suitable in south and west part from catchment where high precipitation, and steeply slope, deficient drainage ,forests and cover 49 km^2 with 8%percentage, also, fives zone extent in west part in limited area and cover 1 km2 with 0% percentage, scenario RWH sites showed increased spread area of RWH with gradated in increase effect percentage for precipitation and soil factor with decreased slope and land use/land cover factor ,and modeling RWH showed that 3,4 model suitable for rural development projection.

Key words: catchment, Masyaf, RWH, GIS, sites

المراجع:

1. **أبو نقطة فلاح**، 2009– محاضرة في كلية الزراعة–جامعة دمشق.
2. **الأسعد، علي وأخرون: العلاقة بين الهطل المطري ومناسيب المياه الجوفية في السهل الساحلي لنهر الكبير** الشمالي- سورية، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية- سلسلة العلوم الهندسية- المجلد(36)- العدد (2). 2014.
3. **العليوي**. محمد، 1985 – خريطة الترب لسوريا ولبنان – المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (اكساد) المقياس 1:1000,000
4. **المنظمة العربية للتنمية الزراعية:** الدراسة القطرية حول تعزيز استخدام تقانات حصاد المياه ، تونس، السودان، سورية، مصر، اليمن. 2002
5. **الهيئة العامة للاستشعار عن بعد** – 2011، مشروع حصاد مياه الأمطار في البادية السورية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة.
6. **الهيئة العامة للاستشعار عن بعد** – 2017، دراسة لحصاد مياه الأمطار في طرطوس باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة.
7. **بلدية، رياض**: فيزياء التربة – منشورات جامعة دمشق. 2014
8. **تقرير مديرية إحصاء حماة**–2010
9. **حايك شريف، عمار غطفان، عيسى شادي**: العلاقة بين الهطل المطري والجريان في حوض نهر مرقية – مجلة جامعة تشرين – المجلد (37) العدد (6) 2015
10. **عبد العال، عاطف**، التطبيقات العملية لأنظمة الحصاد المائي، دورة تدريبية، مركز البحوث العلمية الزراعية في السويداء.2017
11. **عمار، غطفان**، تأثير التغيرات المناخية على الواردات المائية لنهر الحصين. مؤتمر الخليج التاسع للمياه، سلطنة عمان.2010
12. **عدنان، عمار**، دراسة هيدرولوجية ونموذج تصوري لحوض الاعوج– مجلة جامعة دمشق– مجلد(18)– عدد(1).2002
13. **عنانزة، علي**: خطة مقرر إدارة المياه - جامعة البحرين – كلية الآداب – قسم العلوم الاجتماعية. 2006
14. **عيسى مريم**، العلاقة بين الجريان النهري والهطل في حوض العاصي– مجلة جامعة دمشق– المجلد(31)– العدد(3).2015

15. **كلخه، محي الدين:** ندوة علمية حول وضع الخرائط الهيدرولوجية في حوض العاصي باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية GIA/RS. 2017
16. **كلخه، محي الدين** – 2015– وضع خرائط المناطق البيئية الزراعية في حوض العاصي باستخدام تقانات GIS/RS"– رسالة دكتوراه– قسم علوم التربة واستصلاح الأراضي–كلية الزراعة–جامعة حلب–سورية–صفحة(72،68).
17. **نموشي عبد المالك، طويل صباح،** الحمولة الصلبة في حوض وادي الرمال وتأثيرها على الموارد المائية السطحية. جامعة منتوري. قسنطينة. كلية علوم الأرض، الجغرافية والتهيئة العمرانية فرع الأوساط الفيزيائية. 2005.
18. **مديرية الأرصاد الجوية** –2015– محطة الأرصاد الجوية بحماة.
19. **محمد، محمد، السليم رشا،** تقدير حجم الجريان السطحي والترسبات لجابية شمال العراق لأغراض حصاد المياه باستخدام نظام المعلومات الجغرافية، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية– المجلد(28)– العدد(1). 2012
20. **محمود طارق،** تقدم جبهة الابتلال وتوزيع الرطوبة في تربة مزيجية غرينية تحت مصدر تنقيط خطي، رسالة ماجستير، جامعة الموصل. 2009
21. **مدني محمد،** تأثير تغير المناخ على البلدان العربية، المجلة البيئية العربية الاولى، عدد 128. 2008.
22. **ياسين، حقي،** محمود محمد، سليمان، زياد، تأثير تغير الكثافة الظاهرية للتربة مع العمق في تقدم جبهة الابتلال تحت مصدر تنقيط خطي، مجلة جامعة دمشق– المجلد(28)– العدد(2).2012

1. Abdulla, F. A., and AL-shareef, A. 2009. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. Desalination 243(1): 195-207.
2. Abrefa K. Nketiaa; Eric K. Forkuob, Eric Asamoaha; James K.(2013) using a gis-based model as a decision support framework for identifying suitable rain water harvesting sites Senayaa a CSIR – Soil Research Institute, PMB, Academy Post Office, Kwadaso, Kumasi, Ghana bDepartment of Geomatic Engineering, KNUST, Kumasi, Ghana.
3. Alejandra M.Rojas,2008. Soil Erosion Calculation Using Remote Sensing and GIS in RÍO GRANDE DE ARECIBO Watershed, PUERTO RICO(April 28 - May 2, 2008).
4. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D.,Smithm., 1998. crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirement. FAO irrigation and drainage. paper56, FAO, Rome,300pp D.C. 503 pp.

5. Bakir Mohamad, Xingnan Zhang., 2008. Twelfth International Water Technology Conference, IWTC12 2008 Alexandria, Egqypt M, Xingnan . Z
6. Blaschke T., 2010.Object-based image analysis for remote sensing, ISPRS journal of Photogrammetry and Remote Sensing 65(1), ,pp. 2-16.
7. Christakos, G., P. Bogaert, et al. (2001). Temporal GIS : advanced functions for field-based applications. Berlin; New York, Springer
8. Congalton, R. 1991.A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment 37: 35-46. QC808.5 .R38 Engineering
9. De Pauw, E., A. Mirghasemi, A. Ghaffari, B. Nseir 2005. Agroecological Zones of Karkheh River Basin. Draft report. Resilience Project, Water and Food Challenge Project. ICARDA,20 pp.
10. De Pauw, E.,A.Ghaffari, Mirghasemi, A., Nseir.,B.2008.Agro-Ecologecal Zones OF Karkheh river basin, A reconnaissance assessment of climatic and edaphic patterns and their similarity to areas inside and outside the Basin. ICARDA, Aleppo, Syria,77pp.ISBN92-9127-212-6.Digital Media Series 34.
11. ESRE Document. 1991- 380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100, USA.
12. - Fox, D.M.; Bryan, R.B.; Price, A.G. The influence of slope angle on final infiltration rate for interrill conditions. *Geoderma* 1997, *80*, 181–194.
13. Farreny, R., Gabarrell, X. en Rieradevall, J. (2011a) Cost-efficiency of rainwater harvesting strategies in dense Mediterranean neighbourhoods.
14. Fewkes, A. (2012) A review of rainwater harvesting in the UK. Structural Survey 30(2), 174-194.
15. Frankel, K. L., and Dolan, J. F., 2007.Characterizing arid region alluvial fan surface roughness with airborne laser swath mapping digital topographic data. Journal of Geophysical Research, 112, F02025.of a global assessment of potential crop productivity]. over large spatial extents: an example from the Murray– Darling from thematic mapper data of a cropped organic- inorganic soil landscape.
16. Gastellu-Etchegorry ED., J.P- 1990. Satellite remote sensing for agricultural projects. World Bank. 227 pp. S494.5.R4 S27x 1990 Mann.
17. -Jasrotia, A., Dhiman, S., and Aggarwal, S.: Rainfall-runoff and soil erosion modeling using Remote Sensing and GIS technique – a case study of tons watershed, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 30(3), 167–180, 2002.

18. Gopal, S. & Woodcock, C. 1994. Theory and methods for accuracy assessment of thematic maps using fuzzy sets. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 60(2): 181-188.
19. Gould, J. and Nissen-petersen, E 1999. Rainwater catchment systems for domestic supply, IT Publications London.
20. Hutchinson, M.F.,2000. Anusplin version 4.1.userguide. center for resource and environment studies, Australian National University, Canberra.
21. Jasrotia, A., Dhiman, S., and Aggarwal, S.:(2002). Rainfall-runoff and soil erosion modeling using Remote Sensing and GIS technique – a case study of tons watershed, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 30(3), 167–180,.
22. Johnston, K and Lucas,N., 2001a. Using Arc GIS Geostatistical Analyst(GIS by ESRI) 380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100, USA.
23. Johnston, K and Lucas,N., 2001b. Using Arc GIS Spatial Analyst(GIS by ESRI) 380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100, USA.
24. Hofman, H; Paalman, M: Rainwater harvesting, a sustainable solution for urban climate adaptation; KWR Watercycle Research Institute, PO Box 1072, 3430 BB Nieuwegein, The Netherlands. 2014
25. Lemans, R., Cramer, W., 1991. The IIASA database for mean monthly values of temperature, precipitation and cloudiness on a global terrestrial grid. Research Report RR-91-18. November 1991. International Institute of Applied Systems Analyses, Luxemburg, pp. 61Lincoln, NE.management: Opportunities and logistic constraints. Photogramm Remote Sensing 48(4): 29-34
26. Lille sand. T.m. and Kiefer r, remote sensing and image interpretation, fifth edition, john Wiley& sons, inc, united states of America2004.
27. McCoy, J. (2004). ArcGIS 9. Geoprocessing in ArcGIS. Redlands, CA: ESRI, USA.
28. Minár, J., Evans, I. S. 2008. Theoretical basis of elementary landform segmentation in geomorphological mapping. Geomorphology, nr. 95, p. 236-259, ISSN: 0169-555X.
29. - MINGBIN, H. ; LEE BARBOUR, S. ; ELSHORBAGY, A. ; ZETTL, JD. ; CHENG, SB. *Infiltration and drainage processes in multi-layered coarse soils.* Canadian Journal of Soil Science, Vol. 91(2), 2011, 169-183.
30. - Mu˜noz Villers, L. E. and McDonnell, J. J: Land use change effects on runoff generation in a humid tropical montane cloud forest region_www.hydrol-earth-syst-sci.net/17/3543/2013/.
31. - NERIS, J. ; TEJEDOR, M. ; FUENTES, J. ; JIMÉNEZ, C. *Infiltration, runoff and soil loss in Andisols affected by forest fire (Canary Islands, Spain).* Hydrol. Process., Vol. 27, 2013, 2814–2824.

32. - Nie, W., Yuan, Y., Kepner, W., Nash, M.S., Jackson, M. and Erickson, C. (2011) Assessing Impacts of Landuse and Landcover Changes on Hydrology for the Upper San Pedro Watershed. Journal of Hydrology, 407, 105-114.
33. Oweis, T., and hachum, A. 2006. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. Agricultural Water Management 80(1): pp. 57-73.
34. Prinz,B(2013). the Regional ACSAD Conference on "Rainwater Harvesting as an Option for Adaptation to Climate Change in Arab Region"20 – 22 May 2013 in Beirut, Lebanon.
35. Radhakrishna, B. 1997. Rain water harvesting. Journal-Geological Society of India 50: pp. 247-254.
36. Raes, D., Lemmens, H., Van Aelst, P., Vanden Bulcke, M., and Smith, M.: IRSIS (1998). Irrigation scheduling information system, Manual, edited by: Leuven, K. U., Dep. Land Management Reference Manual 3, 1, 199 pp.
37. Randall, L., and Barson, M., 2001. Mapping agricultural commodities and land management practices from geocoded agricultural census data.. National Land and Water Resources Audit, Canberra.
38. Reddy, G. P., O. and Maji, A. K., 2003. Delineation and Characterization of Geomorpholo-gical features in a part of Lower Maharahstra Metamorphic Plateau, using IRS-ID LISS-III data, Journal ofthe Indian Society of Remote sensing, Vol.31 (4):241-250. 51-53-54-
39. Rees W. G ., 1990 physical principles of remote sensing : Cambridge, university pres, 246p
40. Reston, VA: United Stes Department of Interior, U.S. Geological Survey. iv, 33 pp. GA118 .L25 1990 Mann Reference
41. RICHARD J.,A.; and Jia., X; 1999. Remote Sensing Digital Image Analysis . An Introduction (3rd ed.), Springer-Verlag.
42. Richard J.,A.; and Jia., X; 1999. Remote Sensing Digital Image Analysis . An Introduction (3rd ed.), Springer-Verlag
43. Roebuck, R. M., Oltean-Dumbrava, C., Tait, S. 2011. Whole life cost performance of domestic rainwater harvesting systems in the United Kingdom. Water and Environment Journal 25(3): pp. 355-365.
44. Roebuck, R., and Ashley, R. 2006. Predicting the hydraulic and life-cycle cost performance of rainwater harvesting systems using a computer based modeling tool. Proceeding of the 4th International Conference on Water Sensitive Urban Design.
45. Saha S.K. (2005). Water and Wind Induced Soil Erosion Assessment and Monitoring using Remote Sensing and GIS. Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology. 315-330

46. Satya, R. 2011. Rain Water Harvesting Potential of Pallavapuram Area of Meerut: A GIS Study. 12th Esri India User Conference, 2011.
47. Tercan, A., and Sohrabıan, B. (2012). Multıvarıate geostatıstıcal sımulatıon of coal qualıty data by ındependent components. International Journal of Coal Geology, Volume 112, pp. 53–66.
48. United States Department of the Interior - U.S. Geological Survey. 1990. Land use and land cover digital data from 1:250,00- and 1:100,000-scale maps: Data users guide 4 (US GeoData - National Mapping Program Technical Instructions).
49. WRI., 2005. World Resources Institute in collaboration with United Nations
50. Wu, W., De Pauw, E. and Zucca, C. (2008). Land degradation monitoring in the West Mu Us, China. Proceedings of ISPRS 2008, Part B 8:847–858.

الملحق

جدول (1): المحطات المناخية داخل وخارج منطقة الدراسة

المحافظة	Station Type	الارتفاع عن سطح البحر	الاحداثيات (جغرافية)		p	المحطات
Muhafaza		Elevation(m)	Coordinates (Geographic)			
			Long	Latitude		
Hama	P	250	36° 23'	35° 25'	871.2	جورين
Hama	C	170	36° 19'	35° 33'	714.5	الجيد
Hama	C	170	36° 20'	35° 26'	693.5	الكريم
Hama	C	250	36° 23'	35° 25'	543.2	حواش الغاب
Hama	S	460	37° 51'	35° 24'	184.9	أثريا
Hama	C	175	36° 22'	35° 19'	484	حورات عمورين
Hama	C	500	36° 15'	35° 18'	1284.6	عين الكروم
Hama	C	270	36° 35'	35° 15'	388.4	محردة
Hama	S	316	36° 45'	35° 08'	342.6	حماة
Hama	S	305	36° 42'	35° 07'	345.2	حماة- الزراعية
Hama	C	530	36° 21'	35° 04'	1212.7	مصياف
Hama	S	480	37° 02'	35° 00'	312.2	السلمية
Homs	S	300	36° 44'	34° 57'	364.7	الرستن
Homs	C	695	36° 26'	34° 47'	993.1	شين
Hama	P	300	36 ° 67'	35 ° 15'	344.2	شيحا
Hama	P	750	36 ° 31'	35 ° 23'	790.5	أبو قبيس
Hama	P	190	36 ° 42'	35 ° 20'	517.6	جب رملة
Hama	P	600	36 ° 32'	35 ° 20'	828.0	دير شميل
Hama	P	600	36 ° 98'	35 ° 17'	345.1	شيخ علي كاسون
Hama	P	350	36 ° 53'	35 ° 12'	377.3	أم الطيور
Hama	P	520	37 ° 27'	35 ° 13'	229.2	مبعوجة
Hama	P	290	36 ° 61'	35 ° 12'	359.8	ربيعة
Hama	P	310	36 ° 65'	35 ° 10'	366.5	تيزين
Hama	P	500	36 ° 44'	35 ° 08'	585.9	دير الصليب
Hama	P	420	36 ° 39'	35 ° 07'	607.5	ربعو

Hama	P	350	36 ° 88'	35 ° 07'	359.4	سد الكافات
Hama	P	375	36 ° 39'	34 ° 99'	722.3	بياضية
Hama	P	470	36 ° 44'	35 ° 02'	581.8	سيغاتا
Hama	P	970	36 ° 29'	35 ° 02'	1460.2	رصافة
Hama	P	360	36 ° 66'	35 ° 01'	335.9	بيرين
Hama	P	390	36 ° 50'	34 ° 97'	490.2	حميري
Hama	P	380	36 ° 62'	34 ° 93'	415.3	حربنفسة
Hama	P	410	36 ° 45'	34 ° 93'	660.3	عقرب (عيون)
Hama	P	450	36 ° 43'	34 ° 93'	695.4	تاعونة
Hama	P	670	36 ° 37'	34 ° 93'	1110.0	نيصاف
Hama	P	600	36 ° 32'	34 ° 93'	1571.1	عين حلاقيم
Hama	P	870	36 ° 34'	34 ° 89'	1714.4	تين السيل
Hama	P	510	36 ° 43'	34 ° 88'	872.9	مريمين
Hama	P	920	36 ° 34'	34 ° 89'	1480.1	برشين
Hama	P	380	36 ° 49'	34 ° 90'	579.6	تل ذهب
Hama	P	540	36 ° 41'	34 ° 88'	878.7	قصرايا
Hama	P	375	36 ° 52'	34 ° 87'	479.3	تلدو

جدول(2): نقاط التحقق الحقلي بجهاز GPS

البيانات الحقلية لنقاط الضبط والتحقق الحقلي في الحوض المائي					
،الصورة الفضائية 173- التاريخ 22,5,2016القائمون بالعمل (د. كلخه، م. الصارم) 36					
Point No	**Location (GPS)**		**Elevation**	**Land Use/Cover**	**Description**
	Lat. (N)	Long. (E)	**(m a m sl)**	**Type**	
1	35.00˙394	36.31˙201	500	أشجار مثمرة	قرية البجة ÷أشجار مثمرة(تين+ زيتون)
2	34.59˙597	36.30˙142	457	تجمعات سكنية	قرية بيصين
3	34.57˙204	36.28˙218	384	محاصيل حقلية	قمح مروي
4	34.54˙496	36.29˙526	383	أشجار مثمرة	أشجار مثمرة(مشمش)
5	34.48˙004	36.28˙027	607	غابات	غابات طبيعية
6	34.48˙008	36.26˙187	739	أشجار مثمرة	أشجار الزيتون والتفاح
7	34.46˙5	36.25˙167	815	تجمعات سكنية	مدينة شين
8	34.45˙275	36.25˙259	692	أشجار مثمرة	أشجار الزيتون
9	35.05˙147	36.35˙519	316	أراضي هامشية	تلال قرية بحرة والربيعية
10	35.06˙171	36.37˙447	286	محاصيل حقلية	قمح مروي
11	34.53˙339	36.31˙329	380	محاصيل حقلية	قمح مروي
12	34.53˙348	36.31˙469	397	محاصيل حقلية	قمح مروي
13	34.52˙346	36.31˙318	369	مائي	تلدو
14	34.50˙572	36.31˙47	404	جسم مائي	سد تلدو
15	34.50˙073	36.32˙28	415	محاصيل حقلية	قمح مروي
16	34.49˙233	36.33˙522	447	أراضي هامشية	مراعي
17	34.49˙061	36.34˙129	447	هامشي	مراعي

18	34.48'3	36.32'018	453	سد مائي	سد الحولة
19	34.48'338	36.29'286	480	محاصيل حقلية	شعير
20	34.48'004	36.28'027	607	غابات	غابات
21	34.48'008	36.26'187	739	أشجار مثمرة	بساتين الزيتون
22	34.48'041	36.25'393	809	أشجار مثمرة	زيتون
23	34.46'5	36.25'167	815	تجمعات سكانية	شين
24	34.45'275	36.25'259	692	أشجار مثمرة	زيتون
25	34.44'138	36.25'287	595	أشجار مثمرة	زيتون

جدول (3): خصائص الصورة الفضائية LandSat TM

البندات	الطول الموجي بالميكرومتر	دقة التمييز المكاني بالمتر	نوع الموجة
1	0.52-0.45	30	أزرق مرئي
2	0.60-0.52	30	أخضر مرئي
3	0.69-0.63	30	أحمر مرئي
4	0.90-0.76	30	تحت الأحمر القريب
5	1.75-1.55	30	تحت الأحمر المتوسط
6	12.52-10.40	30*(120)	تحت الأحمر الحراري
7	2.35-2.08	30	تحت الأحمر المتوسط

Damascus university

FACULTY OF AGRICULTURE

department of Rural Engineering

Determination Suitable Sites for Rain Water Harvesting (RWH) in Masyaf Area Using GIS/RS Technique

THESIS SUBMMITED FOR

M.S . IN RURAL ENGENEERING

BY

Engineer. Ali.AL-saram

Supervisors

Dr. Riyadh Bladia
department of Rural Engineering
Damascus

Dr. Mouhiddine kalkha
General Commission for Scientific Agricultural Research
Hama Center

1439 H
2018 G

Damascus university

FACULTY OF AGRICULTURE

Department of Rural Engineering

"Determination Suitable Sites for Rain Water Harvesting (RWH) in Masyaf Area Using GIS/RS Technique "

THESIS SUBMMITED FOR

M. S. IN RURAL ENGENEERING

BY

Eng. Ali.AL-saram

1439 H

2018 G