استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد في احتساب كميات حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني بمدينة شحات.

ا.م. محمد فرج بلعيد المقرحي
محاضر- كلية العلوم و التقنية قمينس – قسم تقنية مدنية/شعبة مساحة- ليبيا
E-mail: mohamedbaleid79@gmail.com

الملخص
ليبيا تقع تحت عتبة ندرة المياه كونها تعتمد على موارد المياه الجوفية وهي غير متجددة، وبشكل ضعيف على بعض السدود و تحلية المياه و معالجة مياه الصرف الصحي. على هذا الاساس كان لابد من التفكير بمصادر و تقنيات لتوفير مصادر لتعويض النقص بالموارد المائية بالدولة، كاعتماد أنظمة حصاد مياه الأمطار. تهدف هذه الدراسة الى تطبيق تقنيات نظم المعلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد لاحتساب كميات حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني لمدينة شحات بمساعدة البرامج Google Earth وArcGIS10.5 . خلصت نتائج دراسة الى ان الحد الأقصى السنوي لمجموع تساقط الأمطار وفق بيانات هيئة الارصاد الليبية للفترة من 1970 الى 2014 بمدينة شحات تقدر 583mm وما يتم تجميعه بصفة تراكمية من اسطح المباني من كميات لمياه الامطار بالسنة $626941.04\ m^3$ نجد انها تغطي حوالي 16.47% من الطلب على المياه الصالحة للشرب لسكان المدينة. بنهاية هذه الدراسة نوصي بان يتم الاستفادة من مياه الامطار التي تحصد سنويا لغرض الشرب و الاستهلاك البشري، بالإضافة الى استخدامها في الري و الزراعة و تغذية المياه الجوفية لإعادة شحنها. ايضا بان تتبنى الدولة نظام حصاد مياه من اسطح المباني و توفير المتطلبات اللازمة من نظام النقل و التخزين و التنقية، و توعيه المواطنين وتشجيعهم لتنفيذ هذه التقنية كحل لمشكلة البنية التحتية للتخفيف من المشاكل مرورية والازدحام و الحد من المشاكل البيئية الناتجة من تكدس برك مياه الأمطار والتقليل الضغط الزائد على محطات معالجة مياه الصرف الصحي .
الكلمات المفتاحية: نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد، حصاد مياه الامطار من اسطح المباني، مدينة شحات.

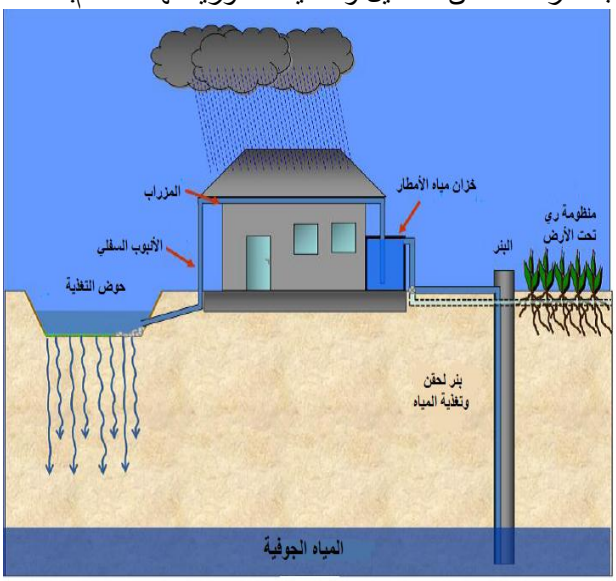
1. مقدمة

الماء مورد طبيعي أساسي لإدامة الحياة، حيث تتعرض الموارد المائية المتاحة بليبيا لضغوط بسبب الطلب المتزايد عليها، والوقت ليس بعيداً لتصبح هذه المصادر التي كان يُعتقد دائمًا أنها متاحة بكثرة و مجانية سلعة نادرة. فنجد ان إجمالي موارد المياه المتجددة بليبيا يبلغ $111.5 m^3/year$ للفرد، فاذا فندنا تلك المصادر التي تعتمد عليها دولة ليبيا نجد انها تعتمد بشكل شبه كامل على موارد المياه الجوفية وهي غير متجددة.
و وفق ما سبق كان لابد من التفكير بمصادر و تقنيات لتوفير مصادر مساندة لسد و تعويض النقص بالموارد المائية بدولة ليبيا، فتم التفكير بإمكانية اعتماد أنظمة حصاد مياه الأمطار حلا لتلك المشكلة.
و الجدير بالذكر إن حصاد المياه ليس بالمفهوم الجديد بل هو مفهوم كان يمارس منذ القدم، وتستند فكرة حصاد المياه على تجميع مياه الأمطار خلال مواسم سقوطها وخزنها للاستفادة منها، و عملية حصاد المياه تحصل في مناطق لا يقل المعدل السنوي لسقوط الأمطار عن 110 mm. وتكوين أي نظام لحصاد المياه كالآتي [1]:

1. المستجمع (Catchment) : وهو جزء من الأرض التي يجري فوقها ماء المطر بشكل جريان سطحي باتجاه منطقة الهدف.
2. منطقة الهدف (Target area) : وهي المنطقة المجهزة لاستلام ماء الجريان السطحي من منطقة المستجمع.
3. وسيلة الخزن (Storage facility) : وهي لخزن الماء من وقت حدوث الجريان السطحي إلى حين استهلاكه لأي غرض، ويمكن أن يكون خزن الماء في التربة حيث تنمو المحاصيل الزراعية أو خزانات سطحية أو طبقات صخرية مائية في الأرض أو أي نوع من انواع الخزن الأخرى.
4. الجريان السطحي لمياه الأمطار (Runoff) : وهو ذلك الجزء من التساقط المطري الذي لا يمتص من قبل التربة، يتولد الجريان السطحي نتيجة العواصف المطرية وإن حدوثه وكميته تعتمدان على صفات العاصفة المطرية من حيث الكمية والشدة والتوزيع و صفات الأرض كالمساحة والانحدار والطول ومحتوى الرطوبة الابتدائي للتربة.

يمكن من خلال جمع مياه الأمطار بشكل مباشر أو غير مباشر، تقليل الاعتماد على مصادر المياه الجوفية بشكل كبير، كما يمكن لمياه الأمطار المجمعة أن تشكل مصدراً لتجديد طبقات المياه الجوفية التي تم استهلاكها بالكامل

بسبب الاستنزاف الشديد لموارد المياه الناتج عن الزيادة السكانية، هذا علاوة على أن حصاد المياه هو أحد الطرق المتبعة لإدارة الفيضانات السطحية والتحكم بمياه الأمطار الغزيرة كما هو موضح بالشكل 1. ايضا من الضروري جداً مراعاة حسن التشغيل والصيانة الدورية لهذا النظام.



شكل 1 أمثلة عن استخدام المياه المجمعة من أسطح المنازل للأغراض المختلفة.

حاليا الاعداد لنموذج حصاد مياه الأمطار اصبح يعتمدا على التحليل الجغرافي المكاني لتوزيع هطول الامطار سنويا. لذك الغرض كان لابد الاستعانة بتقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية لميزاتهما المتعددة وبخاصة في دراسة الموارد الطبيعية والتي من ضمنها الموارد المائية، ولعل الصور الفضائية من بين أفضل الوسائل التي استخدمت لتحقيق ذلك الهدف، لما تتميز به من دقة شمولية وتعددية طيفية تكرارية زمنية ومكانية. وانطلاقاً مما سبق أن تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية أحد الأدوات و التقنيات التحليلية القوية والفعالة بالنسبة لمتخذي القرار والمخططين لاستخدام طرق حصاد المياه.

تناولت العديد من الدراسات مشكلة النقص المياه على الصعيد الدولي والمحلي إلا أن الدراسات التي أجريت على المنطقة محليا لم تتناول أهمية استغلال حصاد مياه الأمطار من أسطح المنازل لسد العجز المائي. اقليميا و عالميا تم إنجاز الكثير من الدراسات فيما يتعلق بحصاد مياه الأمطار من اسطح المباني بالمدن بالاعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد، بعض تلك الدراسات التي أجريت ذات العلاقة بموضوع الدراسة لخصت كالتالي:

Dadhich,& Mathur **,2016**, بحثهما تم استهداف 3 مدن بدولة الهند لتطبيق مبدا حصاد مياه الامطار من اسطح المباني و ذك باستخدام كل من الصور الفضائية المتوفرة ببرنامج Google Earth و الادوات المتوفرة ببرنامج QGIS . بتلك التقنيات التي استخدمت ببحثهما تم تقدير المساحات وكميات المياه التي يمكن حصادها من أسطح المباني داخل كل مدينة. حيث استنتج من واقع النتائج التي توصلوا اليها ببحثهما ان من هذه المدن الثلاث قدرت الكميات المجمعة من مياه الامطار حوالي 4.2 مليون متر مكعب بالسنة [2] .

Robert **وآخرون،2017**، قاموا ببحثهم دراسة الجمع بين تحليل صور الأقمار الصناعية و النمذجة كأدوات لحساب كميات حصاد مياه الأمطار في مدينة مومباسا بدولة كينيا . فتم الكشف عن اسطح المنازل لمنطقة الدراسة ببحثهم باستخدام تصنيف الصور تحت الإشراف. بالإضافة الى حساب النمو السكاني المستقبلي، وتحسين مستويات المعيشة، والمناخ حتى عام 2035 للمدينة مع أربع استراتيجيات للنمذجة .النتائج المتحصل عليها بدراستهم خلصت الى ان تقنيات تصنيف الصور كانت قادرة على اكتشاف مناطق اسطح المباني بالمدينة بدقة مقبولة والعائد السنوي لمحاكاة حصاد مياه الامطار المستقبلي من اسطح المنازل يساوي من 2.3 إلى 23 مليون متر مكعب [3] .

Hari ,2019، قام بالدراسة التي اعدها باحتساب كمية حصاد مياه الامطار لسطح مبني مقر كلية فاردهامان للهندسة، حيدر أباد، في ولاية تيلانجانا .حيث استخدم بدراسته برنامج Google Earth Pro. للحصول على صور فضائية للموقع المستهدف ومن ثم استخدام برنامج ArcGIS لاحتساب الكمية الإجمالية المحتملة لمياه الأمطار التي يمكن حصادها من اسطح المبني. بالإضافة ايضا احتساب إجمالي الطلب على المياه لمنطقة الدراسة مع الأخذ في الاعتبار عدد السكان و المستخدمين . واختتم دراسته بعرض النتائج مستخلصا منها مدى جوده وقدره تطبيقات Google Earth Pro و GIS في تقدير كمية مياه الأمطار المجمعة من اسطح المباني و فائدتها لمعالجة نقص المياه السائد في منطقة الدراسة[4].

ان الهدف الرئيسي من هذا البحث هو تطبيق تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والصور الفضائية لاحتساب كميات حصاد مياه الامطار من أسطح المباني لمدينة شحات و حساب التفريغ اليومي بناء على البيانات المطرية من الفترة 1970 حتى 2014 والمساحات المجمعة لأسطح المباني باستخدام البرامج Google Earth و ArcGIS .

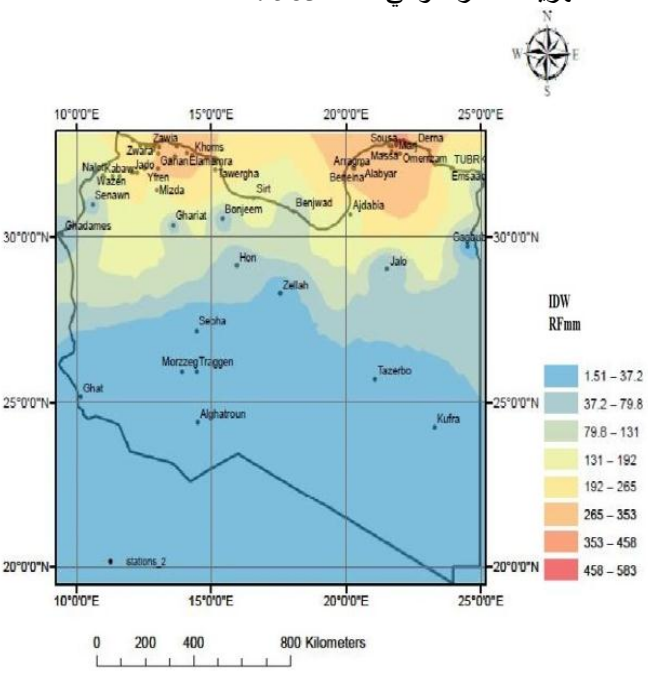
2. البيانات و منهجية عمل الدراسة

1.2 منطقة الدراسة

بعد وعلى البيضاء مدينة من الشرق الى شحات مدينة تقع منها بالتحديد عند دائرتي تقريبا كم10
وخطي $32^0\ 49'\ 30''$،$32^0\ 47'\ 6''$عرض

طول $21^0\ 53'\ 6''$ ،$21^0\ 15'\ 18''$. تتواجد مدينة شحات على الحافة الثانية من الجبل الأخضر(شكل 2) وعلى ارتفاع يصل الى 600m تقريبا وكانت في العصور القديمة يطلق عليها قورينا وسيرين ويجد بها الكثير من الكنوز الاثرية من العصور الرومانية والبيزنطية. التعداد سكاني لمدينة شحات حوالي 63189 نسمة وفق احصائيات عام 2019 بمعدل الاستهلاك اليومي للمياه للفرد 200l/c/d .

حسب خريطة التوزيع المكاني لمتوسط المجموع الشهري للأمطار وفق البيانات المتحصل عليها من 63 محطة ارصاد تغطي لكامل دولة ليبيا كما هو واضح بالشكل 3 ، تقع مدينة شحات بنطاق أعلى مجموع هطول أمطار شهرية امطار حوالي 583 mm .



شكل. 2 موقع مدينة شحات و التوزيع المكاني للمجموع الشهري للأمطار بدولة ليبيا للفترة 1970 حتى 2014.

2.2 التحليل الاحصائي لبيانات تساقط الامطار لمدينة شحات

تتم هذه العملية باحتساب معدل سقوط الامطار على الاسطح المجمعة والتي بالدراسة تتمثل في اسطح المنازل بمدينة شحات. حيث ان الفائدة من اعداد التحليل الاحصائي لكمية الامطار الساقطة على مناطق التغذية في أنها تساعد في تحديد حجم وحدات التخزين وطاقتها الاستيعابية لضمان سلامة وحدات التخزين والحيلولة دون تعرضها لأي نوع من المخاطر فأنه لا يقتصر التعامل مع معدل سقوط الامطار بل لابد من دراسة كميات التساقط المطري في سلسلة زمنية طويلة وتحليل فترات رجوعها، وخصوصا للسنوات التي تحدث فيها أمطار غزيرة فوق المعدل السنوي العام. تستخدم المعادلة التالية في حساب فترات الرجوع و احتمالية حدوثها[1]:

$$T = \frac{m}{n-1} \quad (1)$$

$$P = \frac{1}{T} \quad (2)$$

حيث إن :

T : فترة الرجوع .

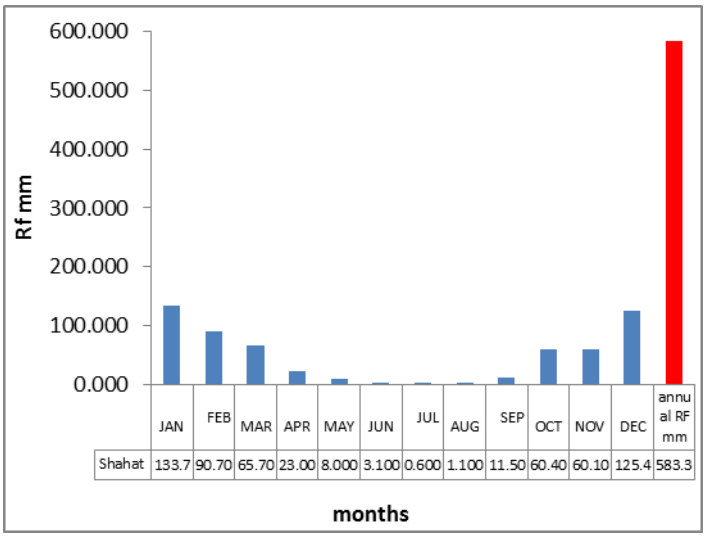
n: عدد سنوات.

m :رتبة الكمية المقصودة في السلسة الزمنية .

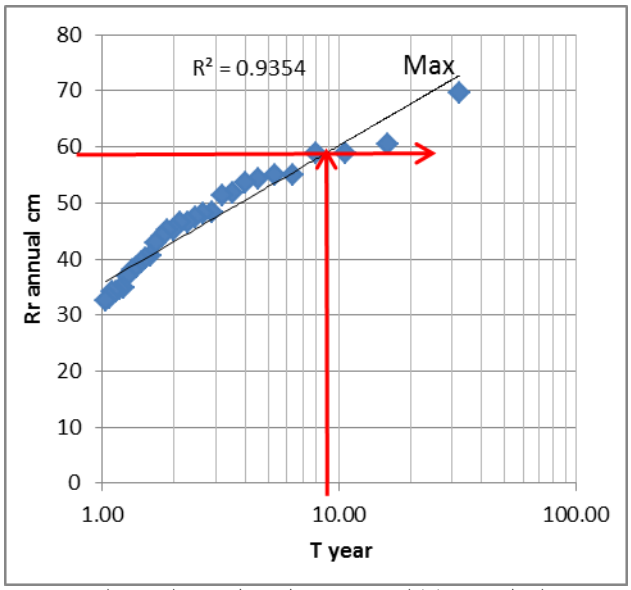
P : احتمال تكرار فترة رجوع محددة .

و بعد الانتهاء من الحسابات يتم رسم مخطط نصف لوغاريتمي بالمحور الافقي يمثل فترات الرجوع T، و بالمحور الافقي يمثل قيم هطول الامطار RF و بالمقياس العادي وهو ما تم عرضه بالشكل رقم 3.

تظهر نتائج تحليل الاحتمالات بالمخططين الاحتمال رقم 3و 4 ان الحد الأقصى السنوي لهطول الأمطار بمدينة شحات هو 583 mm، بفترة رجوع 10 اعوام. ايضا هناك فرصة بنسبة 90٪ لاستقبال 340 mm من الأمطار مرة واحدة كل عام.



الشكل .3 التوزيع البياني لبيانات المجموع الشهري للأمطار لمحطة الارصاد شحات للفترة من 1970-2014.



الشكل.4 مخطط لتوزيع الاحتمال مقابل فترة الرجوع لبيانات المجموع الشهري للأمطار بمدينة شحات للفترة 1970-2014.

3.2 كمية مياه الامطار المجمعة من اسطح المباني:

تحسب كمية المياه المجمعة باستخدام المعادلة العقلانية كالتالي[1] :

$$Q = C \times I \times A \qquad (3)$$

حيث إن:

Q = كمية المياه بالمتر المكعب.

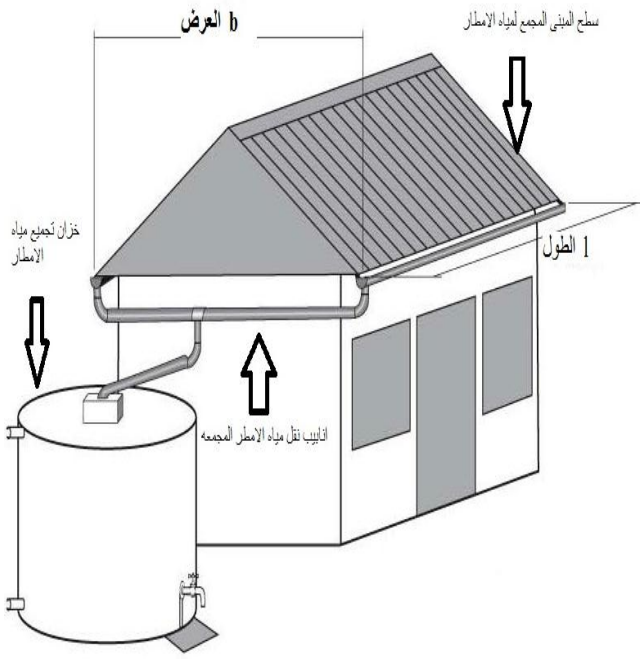
C =معامل الجريان السطحي ويختلف باختلاف نوع السطح انظر الجدول 1.

I =معدل هطول الأمطار الكلي.

A =مساحة سطح تجمع المياه بالمتر المربع، A= b x l، انظر الشكل 5.

الجدول:1معامل الجريان السطحي لأنواع مختلفة من مجمعات المياه.

نوع السطح المجمع للمياه	معاملات الجريان السطحي
البلاط	0.8 – 0.9
صفائح معدنية مموجة	0.7 – 0.9
العضوية (سقف القش)	0.2
الخرسانة	0.6 – 0.8
رصيف من الطوب	0.5 – 0.6
التربة على المنحدرات أقل من 10 في المئة	0.0 – 0.3
مجمعات صخرية طبيعية	0.2 – 0.5



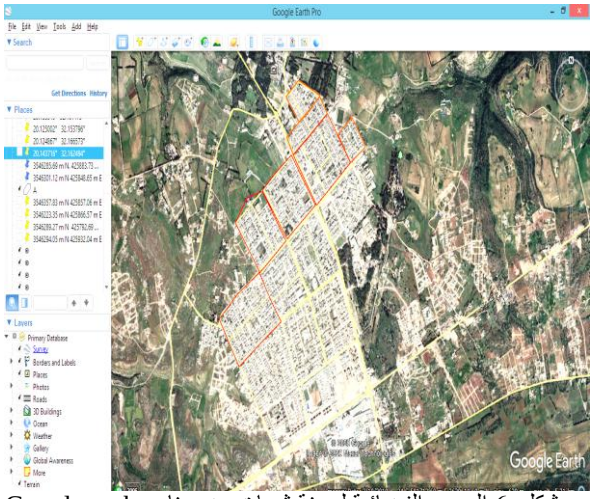
شكل.5 نظام حصاد مياه الامطار من اسطح المنازل.

3. احتساب كمية حصاد مياه الامطار من اسطح المنازل لمدينة شحات بالاعتماد على تقنيات الاستشعار عند بعد و نظم المعلومات الجغرافية:

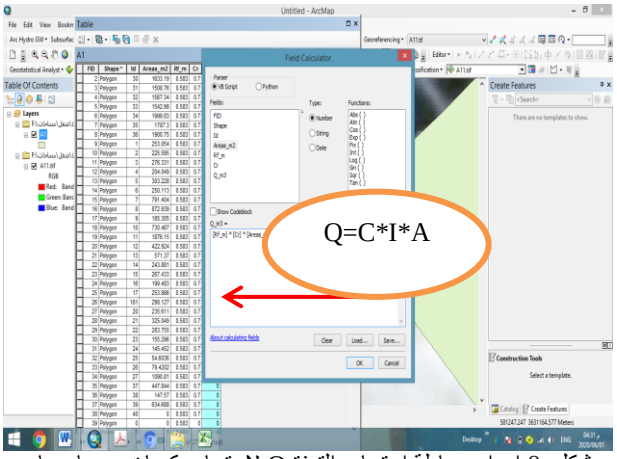
تم استيراد الصور الفضائية الرقمية تغطي كامل مدينة شحات من برنامج Google Earth Pro الي برنامج ArcGIS10.5 لتحويلها الى صور فضائية بنظام اسقاط WGS 84/UTM لمنطقة 34 N للمرجع الليبي LGD2006 وهو نظام الارجاع الجغرافي الواقع به منطقة الدراسة انظر الشكل6. بعد الانتهاء من رسم المضلعات التي تمثل اسطح المنازل بشكل تلقائي تم انشاء جدول لإدراج به البيانات الوصفية التي تخص كل مضلع. فتم اضافة اعمدة تختص بإدراج المساحة A m^2 لكل مضلع و قيم سقوط الامطار I m/y و قيم معامل خشونة السطحC وعمود اخر لاحتساب قيم كميات المياه المجمعة من اسطح المباني Q m^3/y وفق المعادلة رقم3.

فأسطح المباني تم قياس مساحتها بمساعدة صور Google Earth وبرنامج ArcGis 10.5 اما معامل الجريان السطحي يعتمد على نوع سطح المبنى حيث تم افتراض معاملات الأسطح (C) في هذه الدراسة لتكون للخرسانة = 0.75 و مجموع الأمطار الشهرية (محطة شحات 1970-2014) = 0.583 m /y، و تم احتساب كمية التدفق وفق المعادلة رقم 3 باستخدام اداة Filed calculator كما وضح بالأشكال 7و8.

حيث عرضت بالأشكال من 9 الى 19 و الجدول 2 كامل النتائج التي تم الحصول عليها .



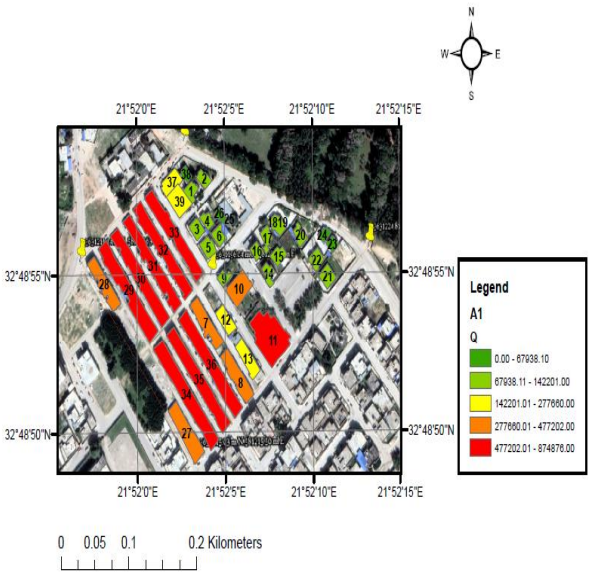
شكل .6 الصور الفضائية لمدينة شحات من برنامج.Googleearth.



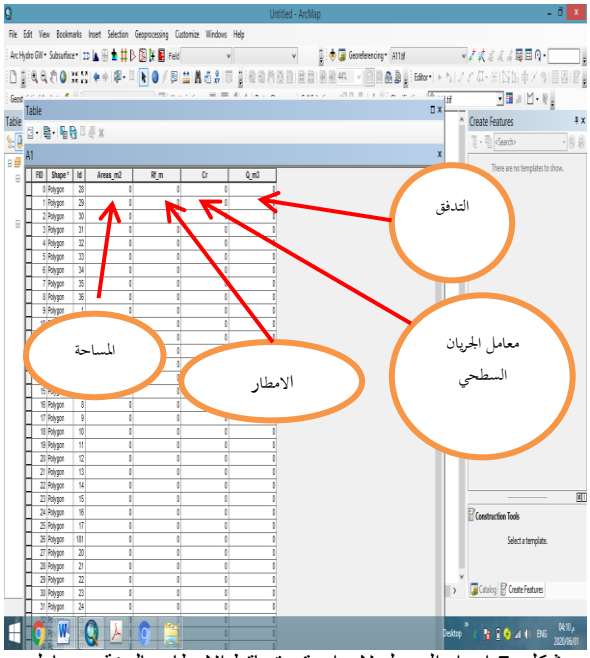
شكل. 8 ادراج معادلة احتساب التدفقQ لاحتساب كميات حصاد مياه الامطار .

جدول: 2 النتائج النهائية من احتساب الحصاد لمياه الامطار من اسطح المباني بمدينة شحات .

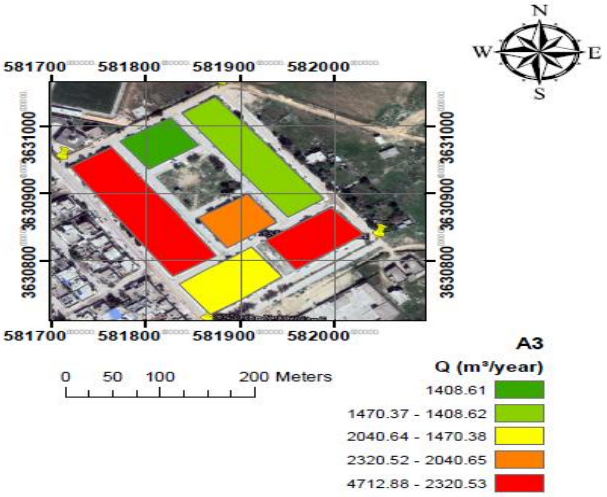
Q m^3/year	I m/year	C	A m^2	
716042.9	0.584	0.75	1634801	المجموع



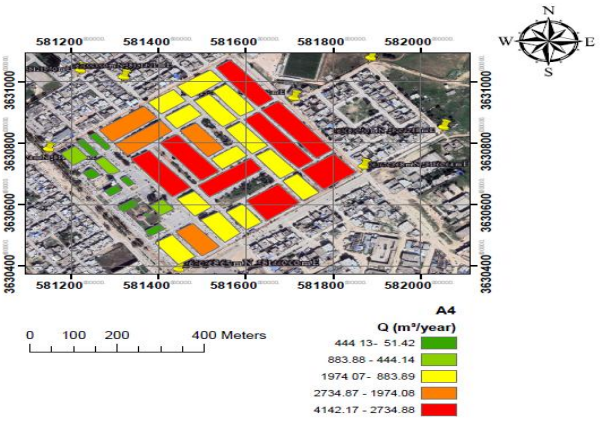
شكل.9 توزيع كميات مياه الامطار المجمعة بالسنة من مسطحات المباني للصورة فضائية رقم1 لمدينة شحات.



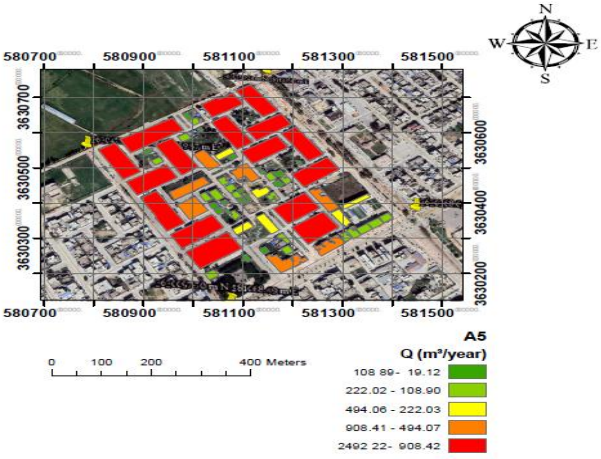
شكل .7 اعداد الجدول لإدراج قيم تساقط الامطار بالسنة و معامل خشونة السطح و احتساب مساحة الاسطح للمنازل.



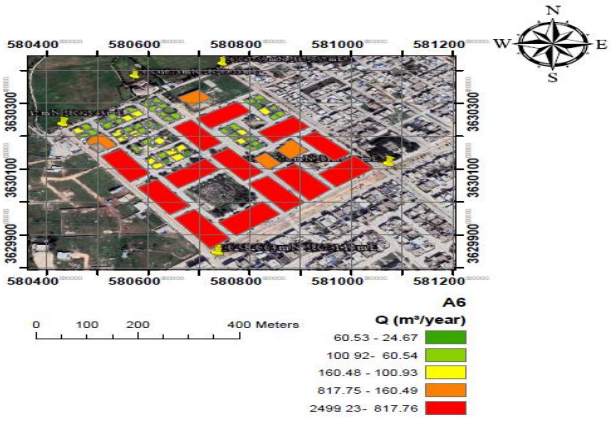
شكل.10 توزيع كميات مياه الامطار المجمعة بالسنة من مسطحات المباني للصورة فضائية رقم 2 لمدينة شحات.



شكل.11 توزيع كميات مياه الامطار المجمعة بالسنة من مسطحات المباني للصورة فضائية رقم 3 لمدينة شحات.

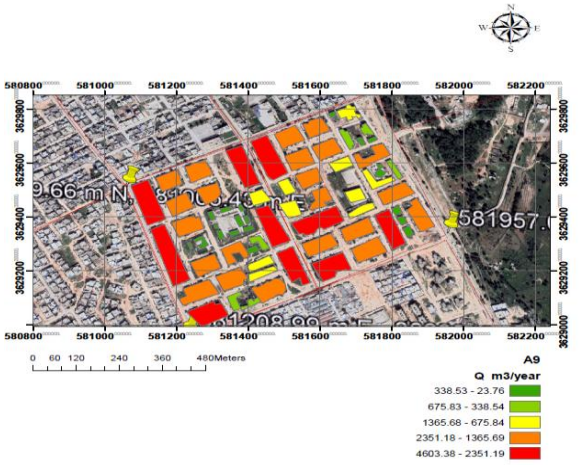


شكل.12 توزيع كميات مياه الامطار المجمعة بالسنة من مسطحات المباني للصورة فضائية رقم 4 لمدينة شحات.



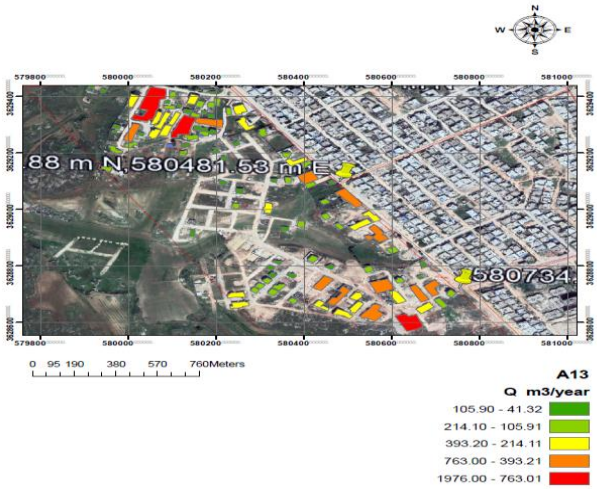
شكل.13 توزيع كميات مياه الامطار المجمعة بالسنة من مسطحات المباني للصورة فضائية 5 لمدينة شحات.

شكل.14 توزيع كميات مياه الامطار المجمعة بالسنة من مسطحات المباني للصورة فضائية 6 لمدينة شحات.



شكل.15 توزيع كميات مياه الامطار المجمعة بالسنة من مسطحات المباني للصورة فضائية رقم 7 لمدينة شحات.

شكل.16 توزيع كميات مياه الامطار المجمعة بالسنة من مسطحات المباني للصورة فضائية رقم 8 لمدينة شحات.

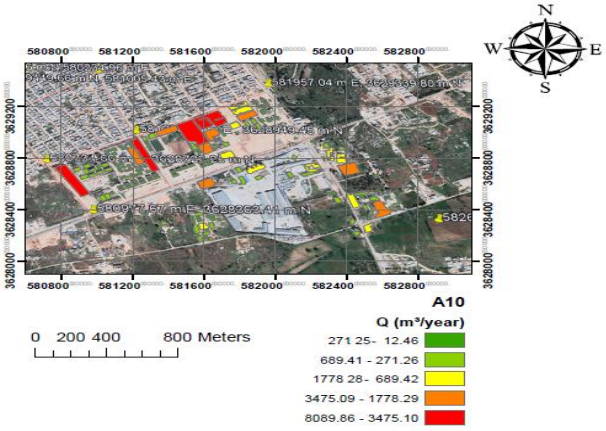


شكل.19 توزيع كميات مياه الامطار المجمعة بالسنة من مسطحات المباني للصورة فضائية رقم 11 لمدينة شحات.

4. مناقشة النتائج

بعد الانتهاء من الدراسة و اتمام جميع الحسابات نستطيع ان نستعرض مناقشة النتائج وفق ما يلي:

1. من واقع البيانات المكانية لمتوسط المجموع الشهري لهطول الامطار من 63 محطة خلال فترة 40 عام المتحصل عليها من المركز الوطني الليبي للأرصاد الجوية كما الخريطة بالشكل 2 تبين ان مدينة شحات هي الاعلى بكمية تساقط المطر 0.584 m في السنة بفترة رجوع عشرة اعوام .
2. تم تحميل الصور الفضائية لمدينة شحات لإعداد الخرائط الرقمية واحتساب مساحات اسطح المباني بواسطة برنامج Google earth و ArcGIS10.5 حيث لخصت النتائج النهائية بالجدول رقم 2 نجد ان مجموع الحصاد لكمية الأمطار بالسنة تقدر $716042.9m^3$ بمجموع مساحات لمسطح المباني بمدينة شحات $1634801.2m^2$.
3. ان مجموع الاستهلاك الشهري للأفراد بمدينة شحات $4094647.2m^3$ وما يتم تجميعه بصفة تراكمية من اسطح المباني من كميات لمياه الامطار $626941.04m^3$ نجد انها تغطي حوالي 15.3% من الطلب على المياه الصالحة للشرب لسكان المدينة.



شكل.17 توزيع كميات مياه الامطار المجمعة بالسنة من مسطحات المباني للصورة فضائية رقم 9 لمدينة شحات.

شكل.18 توزيع كميات مياه الامطار المجمعة بالسنة من مسطحات المباني للصورة فضائية رقم 10 لمدينة شحات.

5. الخلاصة و الاستنتاجات

بهذه الدراسة تم الحصول على صور فضائية تغطي كامل مدينة شحات باستخدام برنامج Google Earth، و باستخدام برنامج ArcGIS10.5، تم معالجتها و ضبطها و تحويلها الى خرائط رقمية مرجعة جغرافياً. حيث تم استخدام برنامج ArcGIS10.5 ايضا باحتساب مساحة المباني بالمدنية و اتمام الحسابات و انتاج الخرائط التي

توضح توزيع كميات مياه الامطار المجمعة من اسطح المباني. حيث بلغ الحصاد لكمية الأمطار بالسنة $716042.9m^3$ وما يتم تجميعه بصفة تراكمية من اسطح المباني من كميات لمياه الامطار بالسنة $626941.04\ m^3$ نجد انها تغطي حوالي 15.3% من الطلب على المياه الصالحة للشرب لسكان المدينة. بنهاية هذه الدراسة نوصي بتالي :

1. ان تجميع مياه الامطار و تخزينها يقلل التصريف بشبكات الصرف للطرق بذلك يتم المحافظة على عمرها ونظافتها وتقليل من تزاحم سير السيارات بمدينة شحات الناتج من سوء تصريف مياه الامطار و ما تسببه من اضرار.
2. يمكن استخدام مياه الامطار المجمعة في الري و الزراعة او يمكن تجميعها في خزانات أرضية تسمح بتغذية المياه الجوفية او حقنها بالآبار لإعادة شحن المياه الجوفية و تخفيف من اضرار تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية، ايضا الحد من المشاكل البيئية الناتجة من تكدس برك مياه الأمطار، وأيضاً لتقليل مخاطر الفيضانات والسيول .
3. ان تتبنى الدولة نظام حصاد مياه من اسطح المباني و توفير المتطلبات اللازمة له من نظام النقل و التخزين و التنقية. و توعيه المواطنين وارشادهم وتشجيعهم لتنفيذ هذه التقنية و ايضا شركات الانشاء و التعمير العامة و الخاصة و الهيئات بمدينة شحات.
4. ونوصي ان تستغل مياه الامطار التي يتم حصادها من اسطح المنازل بتنمية السياحة بمدنية شحات ذلك بإنشاء حدائق و انشاء بحيرات تغذى بمياه الامطار لإضافة منظر جمالي للمدينة .

6. المراجع

[1]. Harteng, H., Karuki, I. and, Sharafaddin A. Saleh, "Design and Construction of Ferrocement Tanks Using Rooftop Water Harvesting", Social Fund for Development, Sana'a Yemen, 2008 النسخة المترجمة الى اللغة (العربية).

[2]. Dadhich, G., Mathur, P., "GIS based Analysis for Rooftop Rain Water Harvesting", International Journal of Computer Science & Engineering Technology (IJCSET), Vol. 7, No. 04, PP:129-143 ,2016, ISSN : 2229-3345.

[3]. Robert, O., Ojwang, l., Jörg, D., Prajna, K., "Rooftop Rainwater Harvesting for Mombasa: Scenario Development with Image Classification and Water Resources Simulation", Water 2017, Vol. 9, No.359,PP:1-19.
www.mdpi.com/journal/water.

[4]. Hari, D., "Estimation of Rooftop Rainwater Harvesting Potential using Applications of Google Earth Pro and GIS", International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), Vol.8, No.9, PP:1122-1127, 2019, ISSN: 2278-3075.