

تطبيق نموذج RUSLE لتقدير انجراف التربة في قطاع غزة / فلسطين باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

Application of RUSLE model for estimating soil erosion in Gaza strip in Palestine using geographic information system

باسم المغاري

Basim Almughari

Ministry of Education and Higher Education, Gaza, Palestine.

الباحث المراسل: b.asim2010@hotmail.com

Received: (10/12/2019), Accepted: (28/10/2020)

ملخص

هدفت الدراسة إلى حساب كميات انجراف التربة في قطاع غزة، وتحديد المناطق الأكثر تعرضاً للانجراف لاتخاذ التدابير المناسبة، واستعانت بنموذج ارتفاع رقمي من نوع DSM من القمر الصناعي الياباني ALSO بدقة 30متر، وبصورة فضائية من القمر Landsat 8 التقطت بتاريخ 2018/10/29م، وبنظم المعلومات الجغرافية في حساب مفردات المعادلة العالمية لانجراف التربة. أظهرت النتائج أن قيم انجراف التربة بقطاع غزة تتراوح ما بين 0.11-504 طن/هكتار/السنة، بمتوسط مقداره 4.7 طن/هكتار/السنة، وأن إجمالي كميات التربة المجروفة تبلغ 1866658 طن/السنة. وأن المناطق المعرضة لخطر انجراف عالي وعالي جداً تشكل ما نسبته 10% من مساحة قطاع غزة، وتتركز في مدينة غزة وأحواض الأودية (وادي غزة، وادي بيت حانون، وادي السلخا)، وفي منطقة الجروف الشاطئية، وأن نظم المعلومات الجغرافية أداة فعالة وسريعة في دراسة مشكلة انجراف التربة. وأوصت الدراسة باستخدام نموذج RUSLE بالتكامل مع تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تقدير خطر الانجراف المائي، وبضرورة اتخاذ التدابير المناسبة لمنع انجراف التربة بمنطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: المعادلة العالمية المعدلة لانجراف التربة، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد، نموذج الارتفاع الرقمي، قطاع غزة.

Abstract

The study aimed to calculate the amount of soil erosion in Gaza Strip and identify areas of most exposed to soil erosion risk to take appropriate measures. The study used a Digital Elevation Model of the type of DSM

from the Japanese satellite ALSO with a resolution of 30 metre, a satellite image of the satellite Landsat 8 taken on 29/10/2018, and GIS techniques in the calculation of the elements of the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). The results showed that the soil drift values in the study area range between 0.11-504 tons/ha/year, an average of 4.7 tons/ha/year, and that the total amount of soil in the Gaza Strip is 18,66658 tons/year, and the areas at risk of a very high drift account for 10% of the Gaza Strip, and are concentrated in Gaza City and the valleys (Gaza Valley, Beit Hanoun Valley, Salqa Valley) and In the coastal area of the cliffs, GIS is an effective and rapid tool in studying the problem of soil erosion. The study recommended using the RUSLE model to integrate with GIS and RS techniques in estimating the risk of soil erosion, and that appropriate measures should be taken to prevent soil erosion in the study area.

Keywords: Revised Universal Soil Loss Equation, Geographical Information Systems, Remote Sensing, Digital Surface Model, Gaza Strip.

مقدمة

يعد الانجراف المائي أحد أشكال تدهور التربة، لاسيما ترب الأقاليم الجافة وشبه الجافة، بسبب طبيعة المناخ وحساسية التربة وزيادة النشاطات البشرية. وتقدر مساحة الأراضي المعرضة للانجراف بالمياه الجارية في هذه الأقاليم بحوالي 60 مليون كم² (Torab & Kassem, 2007, p1)، إن دراسة طرق حماية التربة والمحافظة عليها من الانجراف أخذت تفتقد بال الجيومورفولوجيين والمختصين بعلم التربة والزراعة والهندسة على مستوى العالم كافة، فقاموا بتطوير العديد من النماذج الرياضية: التجريبية (empirical) والتصورية (conceptual) والفيزيائية (processes based-physical) لتقدير الانجراف المائي، لكن أكثر تلك النماذج التجريبية استخداماً هو نموذج المعادلة العالمية للانجراف المعروف اختصاراً بـ RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)، ومع تطور العلوم وظهور البرمجيات المختلفة وبخاصة نظم المعلومات الجغرافية GIS، بات استخدامهما هاماً في عمليات النمذجة الرياضية للظواهر؛ ومنها ظاهرة الانجراف المائي.

منطقة الدراسة: (قطاع غزة)

يعتبر قطاع غزة جزء من السهل الساحلي الفلسطيني، يبلغ طوله 40 كم، ويتراوح عرضه ما بين 5 إلى 12 كم، ويشغل مساحة قدرها 36500 هكتار (365 كم²)، ويسكنه حوالي 1,943,398 نسمة للعام 2017م (PCBS, 2017, P21). وتبلغ مساحة الأراضي المزروعة 88 كم²، بما نسبته 24% من مساحة قطاع غزة (PCBS, 2017, P130).

مشكلة الدراسة

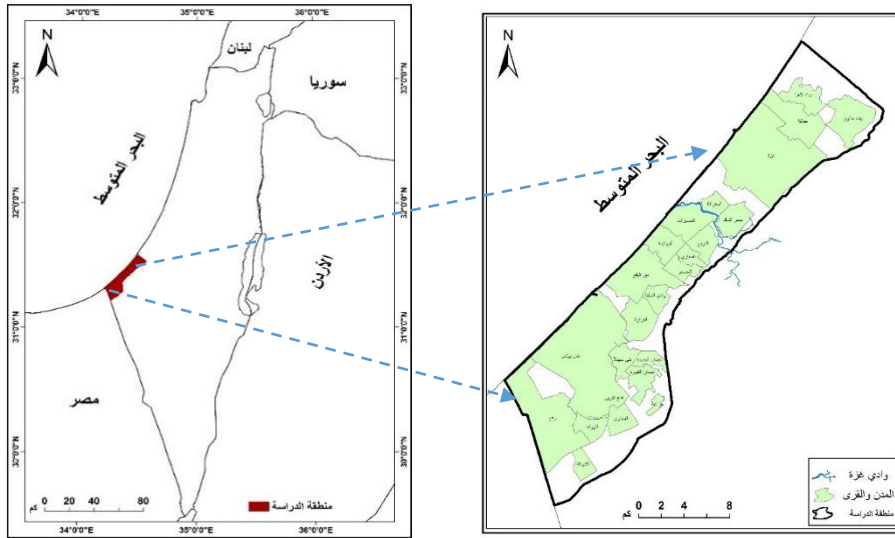
تفتقر منطقة الدراسة "قطاع غزة" إلى دراسة لتقدير انجراف التربة بها، كما أن تقدير انجراف التربة بالطرق التقليدية يعد أمراً غاية في الصعوبة، مما دعا الحاجة إلى تبني واستخدام النماذج الرياضية وتقنية نظم المعلومات الجغرافية، ويمكن صياغة مشكلة الدراسة بالتساؤلات التالية:

1. ما مقدار كمية الانجراف المائي بمنطقة الدراسة؟
2. ما الأماكن الأكثر تعرضاً لخطر انجراف التربة المائي بمنطقة الدراسة؟
3. ما دور تقنية نظم المعلومات الجغرافية في دراسة خطر انجراف التربة بمنطقة الدراسة؟

أهمية الدراسة

تكمن أهمية الدراسة فيما يأتي:

1. تعتبر أول دراسة لتقدير خطر انجراف التربة المائي في قطاع غزة.
2. قد تساعد المخططين وصناع القرار على اتخاذ التدابير المناسبة لحماية التربة من الانجراف في المناطق المعرضة لخطر انجراف عالي.



شكل (1): موقع منطقة الدراسة لعام 2014م. (المصدر: من اعداد الباحث)، بالاعتماد على:

Technical Maps Atlas for Gaza Governorates, Ministry of Planning, Gaza, Palestine, First Edition, 2014.

فرضيات الدراسة

1. تتباين كميات انجراف التربة بفعل المياه في منطقة الدراسة.
2. تعتبر مناطق الأودية والجروف الشاطئية أكثر المناطق تعرضاً لخطر انجراف التربة.
3. قدرات نظم المعلومات الجغرافية الفائقة في معالجة وتحليل البيانات ورسم الخرائط يساعد في حساب مفردات المعادلة العالمية لانجراف التربة RUSLE.

أهداف الدراسة

تهدف الدراسة إلى تحقيق ما يأتي:

1. تطبيق نموذج RUSLE لحساب كميات انجراف التربة بمنطقة الدراسة.
2. دراسة التوزيع المكاني لدرجات انجراف التربة في منطقة الدراسة، وتحديد الأراضي الأشد تعرضاً لخطر الانجراف.
3. إبراز دور نظم المعلومات الجغرافية في دراسة التوزيع المكاني لدرجات انجراف التربة بمنطقة الدراسة، ورسم خرائطها.

مجال الدراسة وحدودها

تقع الدراسة في ثلاثة جوانب، الأول مكاني، وهو قطاع غزة في دولة فلسطين، والثاني موضوعي، ويرتبط بتطبيق نموذج RUSLE في تقدير انجراف التربة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، ويقع هذا الموضوع ضمن تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في مجال علم الجيومورفولوجيا، أما الجانب الثالث زمني، ويرتبط بالفترة 2014-2018م.

الدراسات السابقة

توجد العديد من الدراسات التي استخدمت النماذج الرياضية ونظم المعلومات الجغرافية في دراستها للانجراف المائي، ومنها:

بحثاً نشره Al-Bilbisi و Al-Mohammad في العام (2019م) لتحديد المناطق الأكثر تعرضاً للانجراف في حوض وادي العرب شمال غرب الأردن، بين فيه أن التكامل بين تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والمعادلة العالمية المعدلة للانجراف (RUSLE)، يعد منهجاً علمياً مناسباً لتقدير انجراف التربة من حيث سهولة التطبيق ودقة النتائج. كما أجرى Abdul Rahaman، وزملاؤه (2018م)، دراسة لرسم خارطة مخاطر الانجراف المائي في حوض كلار في الهند باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والمعادلة العالمية المعدلة للانجراف RUSLE، بين فيه أن استخدام نموذج RUSLE ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية هو طريقة فعالة وسريعة، ويعطي نتائج قريبة من الواقع وبتكلفة قليلة، بينما استخدم Mohammed وزملاؤه (2018م) نموذجين من نماذج الانجراف وهما WEPP و RUSLE.

لحساب كمية التربة المنجرفة بفعل الماء في منطقة الشيخ بدر - سوريا ، وأظهرت النتائج أن قيم الانجراف المقدرة وفق برنامج WEPP من 3.564 إلى 188 طن/هكتار/سنة، كما أظهر تحليل الانجراف وفق معادلة RUSLE أن 55% من مساحة منطقة الدراسة تعتبر غير مستقرة ومهددة بالانجراف المائي للتربة، كذلك استخدم Kumar و Kalambukattu (2017م) المعادلة العالمية المعدلة للانجراف (RUSLE) وتقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتقدير انجراف التربة في أحواض المياه الجبلية في وسط الهيمالايا في ولاية أوتارانتشال، بالهند، وأظهرت الدراسة أن متوسط الانجراف المائي بمنطقة الدراسة مرتفع جداً، حيث تبلغ قيمته 65.84 طن / هكتار / سنة. وأن ما يقرب من 63 % من الأحواض المائية بمنطقة الدراسة تزيد معدلات الانجراف بها عن 10 طن / هكتار / سنة، الأمر الذي يتطلب التدخل الفوري لحماية التربة من خطر الانجراف، وأوصت الدراسة باستخدام منهجية التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والمعادلة العالمية المعدلة للانجراف (RUSLE) لتقدير مخاطر الانجراف المائي، وأيضاً استخدم Woldemariam وزملاؤه (2015م) المنهجية ذاتها لتقدير انجراف التربة في حوض Gobe، بمنطقة شرق Hararghe، في إثيوبيا، وأظهرت الدراسة أن متوسط الانجراف المائي بمنطقة الدراسة انخفض من 51.04 طن / هكتار / سنة في عام 2000. إلى 34،26 طن / هكتار / سنة في عام 2016 بفضل إجراءات الصيانة للتربة، ولقد استفاد الباحث من الدراسات السابقة في التعرف على مجموعة من الجوانب، منها المنهجية العلمية، والأدوات العلمية المستخدمة فيها، وطرق معالجة البيانات، ومن نافلة القول: إن جميع الدراسات السابقة تم تطبيقها خارج فلسطين، وبالتالي فإن الدراسة الحالية تتميز بأنها تتناول بعداً مكانياً جديداً وهو قطاع غزة في فلسطين.

البيانات المستخدمة

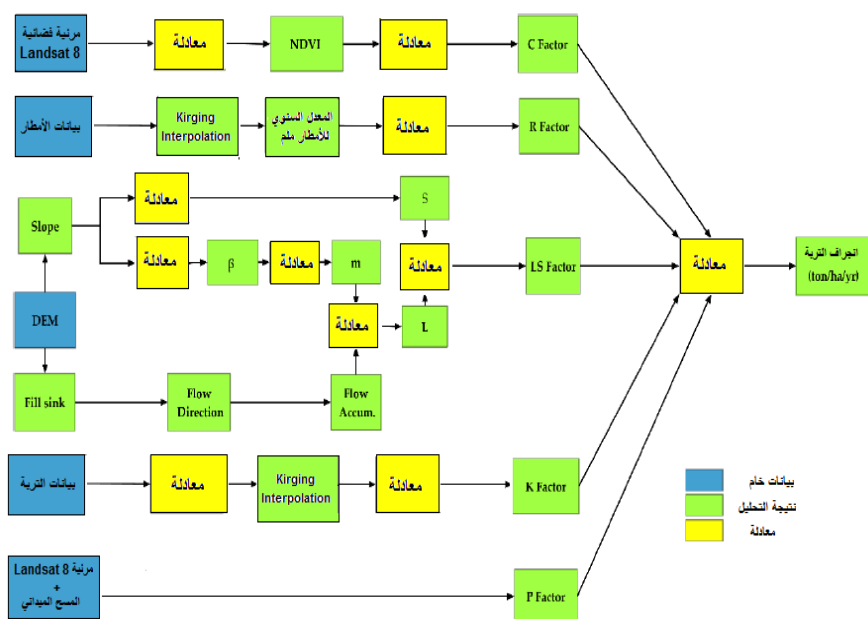
لحساب عوامل RUSLE استخدمت بيانات من مصادر مختلفة، وهي:

1. بيانات هطول الأمطار خلال السنوات الـ 40 الماضية (1974-2014م) لـ 12 محطة مطرية موزعة داخل منطقة الدراسة تم الحصول عليها على شكل ملف (اكسل) من وزارة الزراعة الفلسطينية في تقدير العامل R.
2. نتائج تحليل التركيب الميكانيكي (للرمل % وللصلت % وللطين %) لـ 100 عينة أخذت من 100 موقع داخل منطقة الدراسة تم الحصول عليها على شكل ملف (اكسل) من وزارة الزراعة الفلسطينية لتقدير قيمة العامل K.
3. نموذج تضرر رقمي DSM من القمر الصناعي الياباني ALSO بدقة 30م لعام 2014م لتحديد قيمة العامل LS.
4. صورة فضائية من القمر Landsat8 بدقة 30متر، مصدرها موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) التقطت بتاريخ

2018/10/29م لتحديد قيم NDVI بمنطقة الدراسة، لحساب قيم العامل C، ولتحديد قيم العامل P.

منهجية الدراسة

ترتكز الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، وتعتمد بالدرجة الأولى على تقنية نظم المعلومات الجغرافية في تطبيق المعادلة العالمية المعدلة لانجراف التربة RUSLE لتقدير انجراف التربة بمنطقة الدراسة، وتحديد التوزيع المكاني لدرجات خطورته بمنطقة الدراسة، ويوضح الشكل رقم (2) خطوات تطبيق منهجية نموذج RUSLE لتقدير الانجراف المائي بمنطقة الدراسة باستخدام أدوات برنامج ArcGIS.



شكل (2): خطوات تطبيق نموذج RUSLE في بيئة نظم المعلومات الجغرافية.

المصدر: من اعداد الباحث

الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة

التكوينات الجيولوجية

يتشكل قطاع غزة من تكوينات حديثة وغير سميكة تكونت مع بداية عصر البليوسين قبل 2.6 مليون سنة بعدما تراجع البحر إلى موقعه الحالي، وهي (MAS,2016, P10):

1. كثبان رملية مصدرها الرواسب التي ألقاها نهر النيل في البحر المتوسط ورسبتها التيارات البحرية على الساحل الفلسطيني، والرمال التي حملتها الرياح من سيناء والنقب ووضعتها على السهل الساحلي، ويقدر سمك الكثبان الرملية بـ 15 متراً.
2. ارسابات حديثة تتكون من طمي، ورمل، واللوس، وحصى جلبتها وديان بيت حانون، وغزة، والسلفا من جبال الخليل، وحوض السبع وألقها على الساحل. يبلغ سمكها حوالي 20 متراً.
3. صخور الكركار الرملية تعود لعصر البليوسين بفعل تعاقب العصور الدفيئة مع العصور الجليدية. وهي نوعين، الأول بحري، بسمك يتراوح بين 10 – 100 متر، يتكون من رسوبيات رملية متلاحمة بمعدن الكالسيت (CaCO_3)، ومنها تتكون صخور الخزان الجوفي، والنوع الثاني قاري يتكون في البحيرات والمستنقعات التي تعرضت للتجفيف، وأقصى سمك له 100 متر.
4. الرمال الحمراء المختلطة بالطين والعضويات ويقدر سمكها بـ 10 م
5. تكوينات عصر البليوسين مكونة من الصخور الرملية، والحصى والذي تطلق عليه تسمية تكوينات Pleshet ويبلغ سمكها 15 متر.

الطبوغرافيا

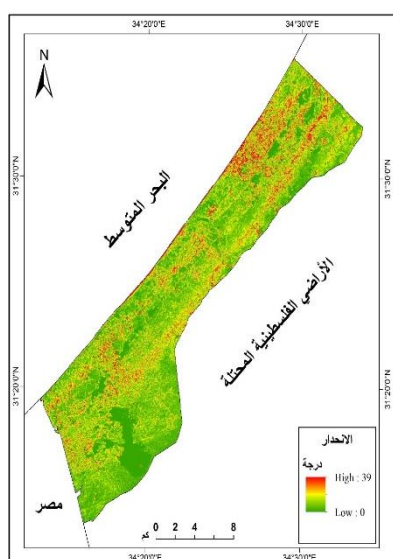
تشتمل دراسة الطبوغرافيا على دراسة قطاع غزة من حيث الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر، ودرجات انحدار السطح.

1. الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر

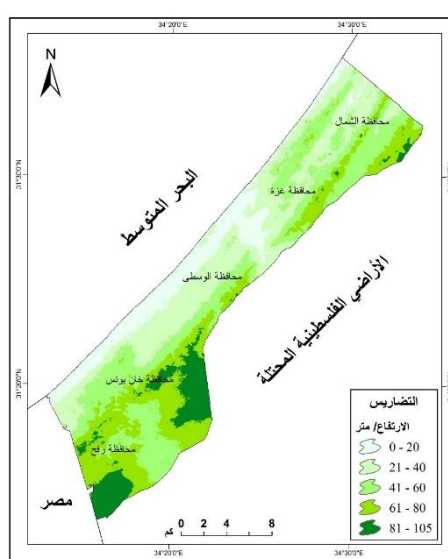
يتميز قطاع غزة بتضاريسه الهادئة قليلة التموج، التي يقل ارتفاع معظمها عن 60م فوق سطح البحر (شكل رقم 3)، باستثناء بعض التلال مثل تل أبو عودة في محافظة رفح وارتفاعه 105 أمتار وهو أعلى منطقة في قطاع غزة، يليه تل خزاعة (89) م، ثم تل بني سهيلا (87) م في محافظة خان يونس، وتل الشعف (80) م، وتل المنطار (85) م شرق مدينة غزة.

2. درجات الانحدار

يعرف الانحدار بأنه ميل سطح الأرض عن المستوى الأفقي، Meshram & Khadse, (2015, P29)، وهو من العوامل المسببة في حدوث انجراف التربة. إن انحدار سطح قطاع غزة في مجمله خفيف، حيث يتراوح ما بين 0-39° بمتوسط مقداره 2.2° وبانحراف معياري 2°، ويوضح الشكل رقم (4) تصنيف درجات الانحدار في قطاع غزة.



شكل (4): درجات الانحدار في قطاع غزة لعام 2014م
المصدر: من اعداد الباحث



شكل (3): تضاريس قطاع غزة لعام 2014م
المصدر: من اعداد الباحث

الأمطار

يتبع قطاع غزة لإقليم البحر المتوسط ذو المناخ شبه الجاف (Cohen, *et al.*, 2008, P190)، والذي يمتاز بصيف حار جاف وشتاء دافئ وممطر (Almughari, 2015, P 93)، يبلغ متوسط أمطاره السنوية 320 ملم، وهي أمطار إعصارية، تسقط ما بين شهري أكتوبر ومايو، لتأثر المنطقة بالمنخفضات الجوية التي تجذب إليها الرياح الغربية والجنوبية الغربية المشبعة ببخار الماء لمروها فوق البحر المتوسط (Almughari, 2015, P 41).

تصنيف التربة

تنقسم التربة في قطاع غزة إلى عدة أنواع، وهي (Ministry of Planning, 2009, p16) و (Abu Samra, 2015, P 70):

1. التربة الرملية: تتميز بانخفاض المواد العضوية، وقلة احتفاظها بالمياه.
2. التربة الرملية اللومية: محتوى المادة العضوية والقدرة على الاحتفاظ بالرطوبة منخفضة لكنها أعلى من التربة الرملية.
3. التربة الرملية الطينية بدرجاتها: وهي ترب فقيرة بالمادة العضوية، قليلة الاحتفاظ بالمياه، وتوجد فيها زراعة الزهور والفراولة والخضار المحمية والحمضيات.

4. التربة اللومية: تعتبر أفضل أنواع التربة للزراعة فهي مثالية من حيث النسيج، ونسبة المادة العضوية بها، وقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة.

5. التربة الطينية والطينية اللومية: ترتفع بها نسبة الطين، وقدرتها على الاحتفاظ بالماء عالية جداً، وهي ملائمة لزراعة المحاصيل الحقلية لغناها بالمواد العضوية.

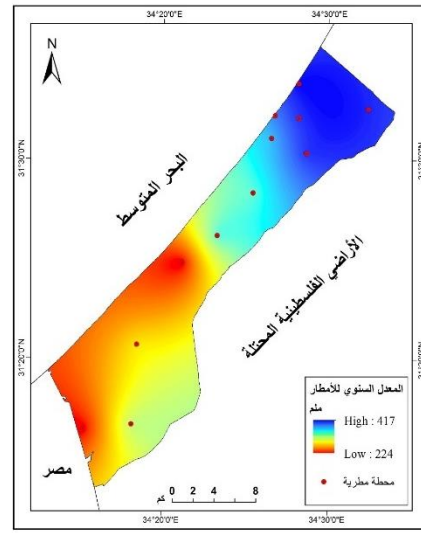
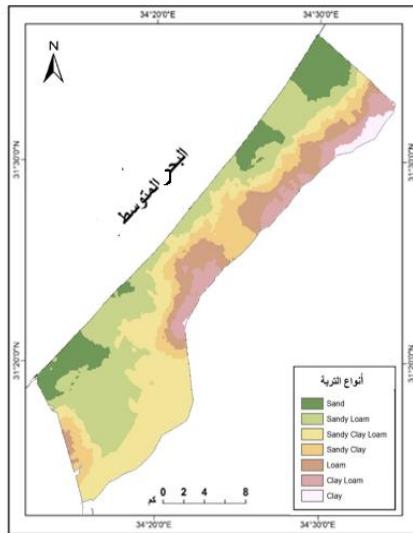
شبكة الأودية (Mushtaha & Alloh, 2015, p.p 159-160)

1. وادي غزة

يعد من أكبر أودية فلسطين شبه الجافة، مساحة حوضه 3403 كم²، بما نسبته 6.12% من المساحة الكلية لفلسطين، ويستحوذ قطاع غزة على 29 كم² من مساحة وادي غزة، ينبع من جبال الخليل ويصب بالبحر المتوسط داخل أراضي قطاع غزة، ويتراوح عرضه داخل قطاع غزة ما بين (180-490) متر، بمتوسط مقداره 335 متر، أما تصريفه السنوي فيتراوح ما بين 20-30 مليون م³، وتحتجز إسرائيل مياه الوادي قبل وصوله لقطاع غزة.

2. وادي بيت حانون

أحد روافد وادي الحسى في فلسطين، يمر بمنطقة بيت حانون شمال شرقي قطاع غزة، ثم يتجه نحو الشمال بفعل وجود الحواجز الرملية ليلتقي بوادي الحسى خارج حدود قطاع غزة، وتبلغ مساحة حوض وادي الحسى 729 كم²، ويبلغ تصريفه السنوي بين 20-30 مليون م³.



شكل (5): المعدل السنوي الأمطار (1974-2014م) في قطاع غزة

المصدر: من اعداد الباحث

شكل (6): أنواع التربة في قطاع غزة لعام 2014م

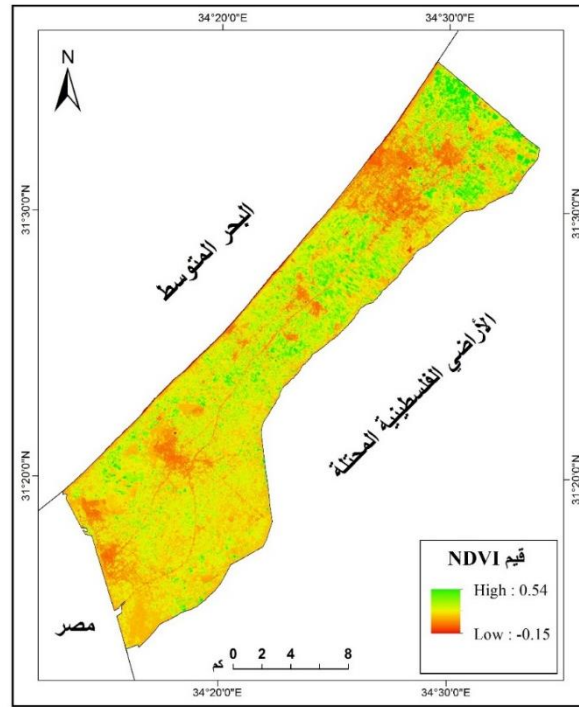
المصدر: وزارة الزراعة الفلسطينية

3. وادي السلفا

أحد الأودية الصغيرة في فلسطين، تبلغ مساحة حوضه 34.5 كم²، معظمها داخل قطاع غزة، ويبلغ تصريفه السنوي بين 1-2 مليون م³.

الغطاء النباتي

يستخدم الدليل النباتي Normalized Difference Vegetation Index، المعروف بـ NDVI في إبراز الغطاء النباتي، ويستند على فكرة أن الأسطح الطبيعية تعكس كميات متساوية من الأشعة الحمراء وتحت الحمراء القصيرة، باستثناء النبات الذي يعكس كمية قليلة من الأشعة الحمراء، وكمية كبيرة من الأشعة تحت الحمراء القريبة، ويحسب مؤشر التغطية النباتية NDVI من المعادلة التالية: (الأشعة تحت الحمراء - الأشعة الحمراء) / (الأشعة تحت الحمراء + الأشعة الحمراء). تتراوح قيم NDVI بين -1 إلى +1، وتشير النواتج موجبة إلى أن الخلية ذات غطاء نباتي، والعكس صحيح (Almughari, 2019, p66)، وينضح من الشكل رقم (7) أن قيم كثافة الغطاء النباتي (NDVI) في قطاع غزة تتراوح بين -0.15 و 0.54، وأن المناطق الواقعة في أقصى شمال قطاع غزة هي الأكثر كثافة في الغطاء النباتي.



شكل (7): قيم NDVI في قطاع غزة لعام 2018م. (المصدر: اعداد الباحث).

نموذج RUSLE

يعد نموذج المعادلة العالمية المعدلة لانجراف التربة المعروفة اختصاراً بنموذج Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) من أكثر النماذج الرياضية استخداماً لتقدير انجراف التربة بفعل الماء، وهو تطوير لنموذج Universal Soil Loss Equation، الذي نشره العالمان Smith و Wischmeier عام 1978م، يمكن بواسطته تقدير الانجراف المائي بناء على ظروف المنطقة، وتحديد الأراضي المتأثرة بالانجراف، ورسم الخرائط اللازمة لها، ويعبر عنه بالمعادلة التجريبية التالية: (Kalambukattu & Kumar, 2017, P 95)

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \text{ : معادلة رقم (1)}$$

حيث:

A = المعدل السنوي لفقدان التربة (طن/ هكتار/ السنة).

R = عامل تعرية المطر

K = عامل قابلية التربة للتعرية

LS = عامل الطوبوغرافية (شدة المنحدر وطول المنحدر).

C = عامل الغطاء النباتي والإدارة البيئية.

P = عامل ممارسات الحفاظ على التربة.

التوزيع المكاني لعوامل انجراف التربة وفقاً لنموذج RUSLE بمنطقة الدراسة:

عامل تعرية المطر (R)

يعتبر عامل R مؤشراً على مدى انجراف التربة بفعل هطول الأمطار، ولعدم توافر بيانات هطول الأمطار في منطقة الدراسة، استخدم متوسط هطول الأمطار السنوي لحساب عامل R من خلال المعادلة التجريبية رقم (2) الملانمة للمناطق الساحلية (Barakat, 2018, p 8):

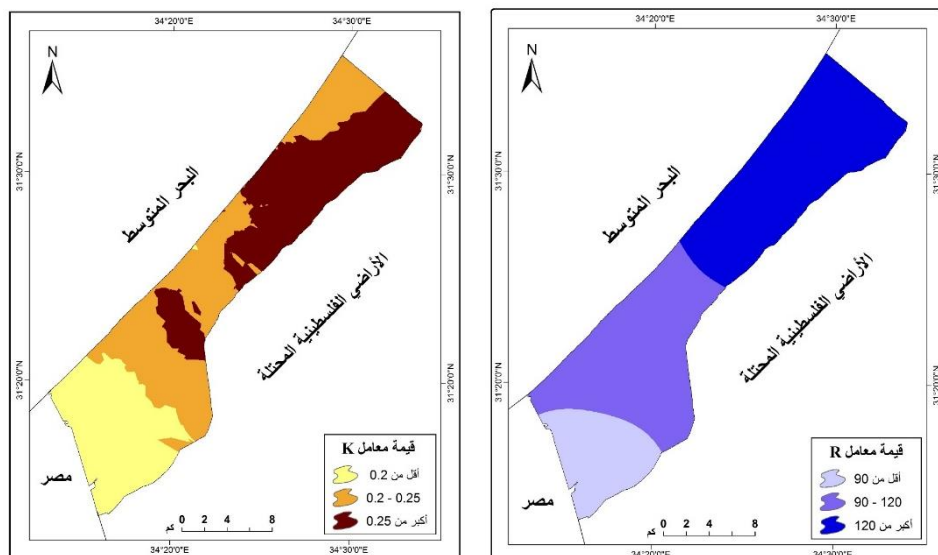
$$R = 3.85 + 0.35 * P \text{ : معادلة رقم (2)}$$

حيث P = معدل الأمطار السنوي.

تتراوح قيمة عامل تعرية المطر بين (82-150)، وترتفع قيمة هذا العامل في شمال ووسط قطاع غزة، وتنخفض قيمته في جنوب قطاع غزة (شكل رقم 8)، ويرجع ذلك لتباين توزيع معدلات الأمطار السنوية في منطقة الدراسة، والتي تزداد كلما اتجهنا نحو الشمال (شكل رقم 4).

عامل قابلية التربة للانجراف (K)

يعبر عامل (K) عن مدى قابلية التربة للانجراف، وهو يرتبط بنسبة الرمل والطين والسلت، وذكر (Salloum, 2015, P303) "أن أكثر المجموعات الميكانيكية انجرافاً هي مجموعة السلت تليها مجموعة الطين، ثم مجموعة الرمل"، وتتراوح قيمة عامل K بين (0-1)، وتزداد قابلية التربة للانجراف باقتراب قيمة هذا العامل من الواحد.



شكل (8): قيم معامل R في قطاع غزة للفترة 1974-2014م. المصدر: من اعداد الباحث
شكل (9): قيم معامل K في قطاع غزة لعام 2014م. المصدر: من اعداد الباحث

لتقدير قيم عامل K استخدمت المعادلة التجريبية رقم 3:

$$\text{ERFAC-K} = 0.32 * \left(\frac{\text{السلت \%}}{\text{\%الطين + \%الرمل}} \right)^b \quad (\text{Badmos, et al, 2015, P614}): (3)$$

حيث $b = 0.27$ رقم ثابت.

تتراوح قيمة عامل K بمنطقة الدراسة بين (0.15-0.3)، وتقل قيمة هذا العامل في جنوب قطاع غزة لسيادة التربة الرملية، بينما ترتفع قيمته في ترب منطقة وادي غزة ووادي السلقا ومدينة غزة وبيت حانون لارتفاع محتواها من السلط والطين (شكل رقم 9).

عامل الطبوغرافيا (LS)

يؤثر عامل (LS) على كمية انجراف التربة، من خلال طول المنحدر ودرجة الميل، فكلما زاد طول المنحدر زادت كمية انجراف التربة لزيادة مسافة الجريان السطحي، كما تزداد كمية انجراف التربة بزيادة درجة الميل لزيادة سرعة الجريان (Barakat, 2018, p 23)، ولتحديد قيمة العامل LS طبقت المعادلة رقم (4): (Benavidez, *et al*, 2018, 6070)

$$L = (\lambda/72.6)^m$$

$$m = \beta / (\beta + 1)$$

$$\beta = (\sin \theta / 0.0896) / [3.0 \times (\sin \theta)^{0.8} + 0.56]$$

$$S = 10.8 \times \sin \theta + 0.03 \quad \text{إذا كان الانحدار أقل من 9\% فإن}$$

$$S = 16.8 \times \sin \theta - 0.50 \quad \text{وإذا كان الانحدار أكبر من أو يساوي 9\% فإن}$$

$$S = 3.0 \times (\sin \theta)^{0.8} + 0.56 \quad \text{ولكن إذا كان الانحدار أقصر من 15 قدمًا فإن}$$

$$\lambda = \text{طول الانحدار (قدم)}$$

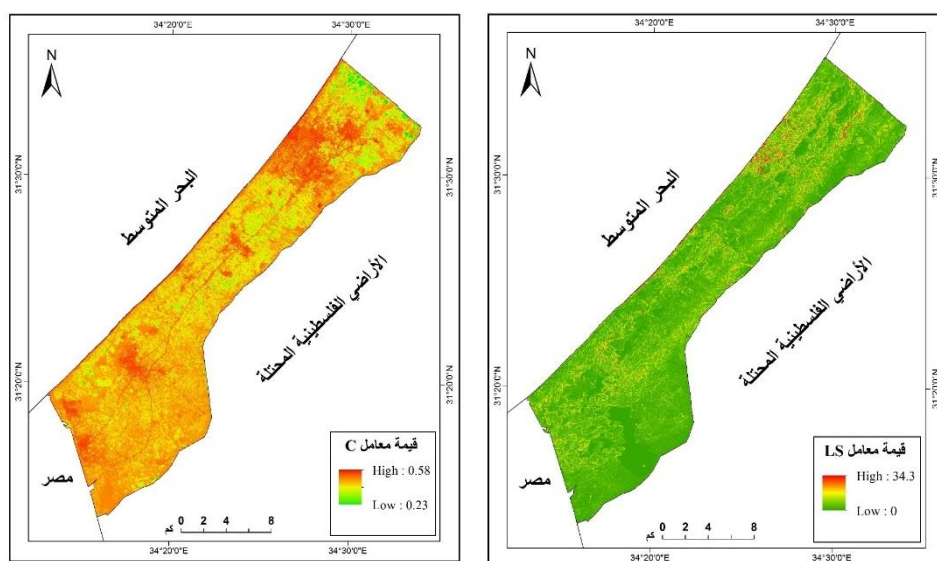
$$\theta = \text{زاوية الانحدار}$$

تتراوح قيمة عامل الطبوغرافيا LS في منطقة الدراسة بين 0 - 34.3 (شكل رقم 10)، وتتركز القيم العالية في مدينة غزة وبيت حانون وجباليا وبيت لاهيا وفي منطقة الجروف الشاطئية، ويفسر ذلك بارتفاع درجة انحدارها (شكل رقم 4).

عامل الغطاء النباتي والإدارة البيئية (C)

يوفر الغطاء النباتي الحماية للتربة من الانجراف عن طريق خفض سرعة الجريان السطحي، وتقليل حدة ارتطام قطرات المطر بسطح التربة، ومنع الفعل التخريبي لها. تم حساب قيم العامل C بمنطقة الدراسة باستخدام المعادلة رقم 5، بعد الحصول على قيم مؤشر الغطاء النباتي NDVI بمنطقة الدراسة باستخدام المعادلة رقم 6

$$C = (1 - NDVI) / 2 \quad \text{معادلة رقم (5): (Woldemariam, et al, 2018, P12)}$$



شكل (10): قيم معامل LS في قطاع غزة لعام 2014م. المصدر: من اعداد الباحث

شكل (11): قيم معامل C في قطاع غزة. لعام 2018م. المصدر: من اعداد الباحث

معادلة رقم (6): مؤشر الاختلاف النباتي المعدل NDVI = $\frac{\text{الأشعة تحت الحمراء} - \text{الأشعة تحت الحمراء}}{\text{الأشعة تحت الحمراء} + \text{الأشعة تحت الحمراء}}$

(Almughari, 2019, p66)

تتراوح قيمة العامل C ما بين 0.23 و 0.58 (شكل رقم 11) بحيث ترتفع في المناطق العمرانية لانخفاض كثافة الغطاء النباتي، وتنخفض في أقصى شمال قطاع غزة لارتفاع قيم كثافة الغطاء النباتي (شكل رقم 7) حيث العلاقة بينهما عكسية (Barakat, et al., 2014, p 99).

عامل ممارسات الحفاظ على التربة (P)

يعتمد عامل P على نوع صيانة التربة وكميتها، وتتراوح قيمته بين 0-1، وتشير القيم المرتفعة لهذا العامل إلى قلة إجراءات صيانة التربة (Woldemariam, et al, 2018, P12).

وتم تقدير قيمة العامل (P) بمنطقة الدراسة بـ 0.9 نظراً لعدم وجود إجراءات كافية لصيانة التربة من الانجراف.

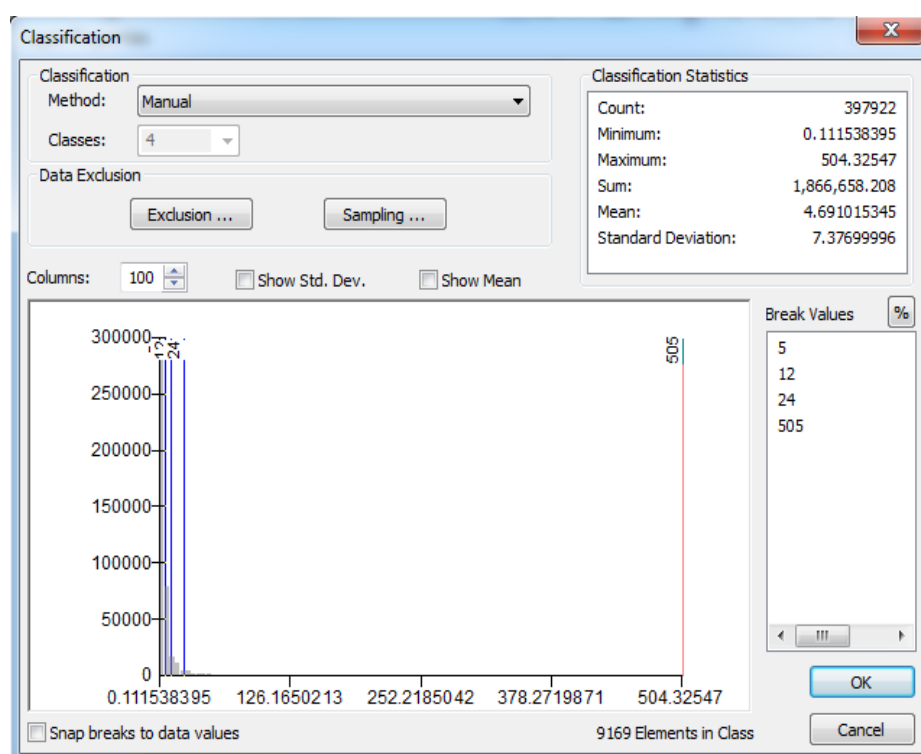
النتائج والمناقشة

بتطبيق نموذج المعادلة العالمية المعدلة لانجراف التربة RUSLE ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية لحساب كمية الانجراف المائي بمنطقة الدراسة، ورسم خارطة التوزيع المكاني لمعدلات انجراف التربة، اتضح ما يأتي: -

1. تتراوح قيم الانجراف المائي بمنطقة الدراسة ما بين 0.11- 504 طن/هكتار/السنة، بمتوسط مقداره 4.7 طن/هكتار/السنة، وأن إجمالي كميات التربة المجروفة سنوياً بفعل الماء في منطقة الدراسة تبلغ 1866658 طن (شكل رقم 12).

2. تصنف منطقة الدراسة بأنها ذات خطورة انجراف مائي خفيف إلى متوسط حيث أن 90% من مساحة منطقة الدراسة تقل كميات الانجراف المائي بها عن 12 طن /هكتار/السنة (جدول رقم 1)، ويفسر ذلك بأن متوسط كميات الأمطار التي تتلقاها منطقة الدراسة قليل، يقدر بحوالي 320 ملم/السنة، وأن متوسط انحدار منطقة الدراسة في مجمله بسيط، يقدر بـ 2.2°.

3. تتعرض المناطق الجنوبية من قطاع غزة لخطر انجراف مائي قليل مقارنة بالمناطق الوسطى والشمالية من قطاع غزة (شكل رقم 13)، ويفسر ذلك بأنها تتلقى معدلات أمطار قليلة مقارنة بالمناطق الشمالية والوسطى، ولسيادة التربة الرملية عالية النفاذية بها، بينما تعتبر مدينة غزة، ومناطق الأودية (وادي بيت حانون، وادي غزة، وادي السلقا)، ومنطقة الجروف الشاطئية مناطق معرضة لخطر انجراف مائي عالي وعالي جداً (شكل رقم 13)، بسبب تميزها بدرجات انحدار عالية مقارنة بغيرها من مناطق قطاع غزة، ولقلة الغطاء النباتي بها.



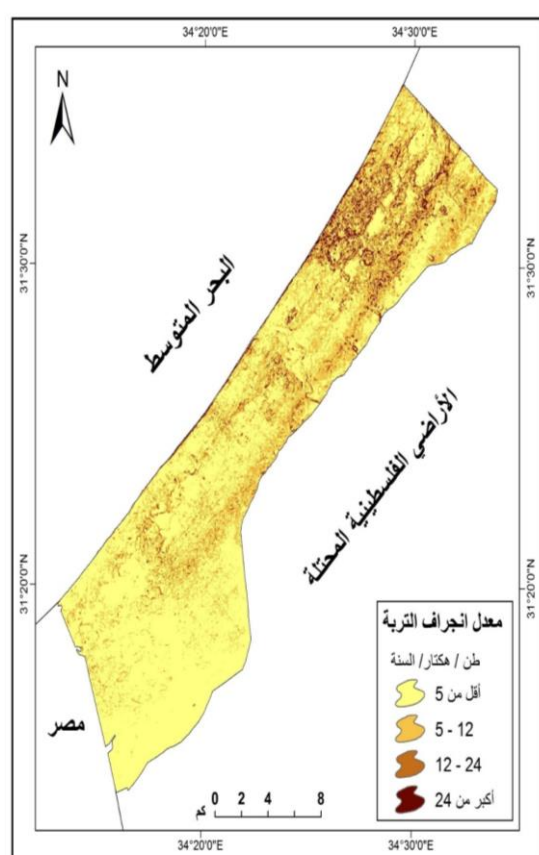
شكل (12): تصنيف معدل انجراف التربة في برنامج ArcGIS

المصدر: اعداد الباحث

جدول (1): مساحة فئات درجات الانجراف المائي (طن/هكتار/ السنة) كم² بمنطقة الدراسة لعام 2019م.

الرقم	طن /هكتار/ السنة	التصنيف	كم ²	%100
1	5-0	خفيف	231	63
2	12-5	متوسط	98	27
3	24-12	مرتفع	26	7
4	24+	مرتفع جدا	10	3
المجموع	-		365	100

المصدر: اعداد الباحث، 2019م



شكل (13): قيم معدلات الانجراف المائي في قطاع غزة لعام 2019م.

المصدر: من اعداد الباحث

النتائج والتوصيات

نتائج الدراسة

توصلت الدراسة إلى عدد من النتائج أبرزها ما يأتي: -

1. يبلغ إجمالي كميات التربة المجروفة سنوياً بمنطقة الدراسة حوالي 1866658 طن.
2. تتراوح قيم انجراف التربة بمنطقة الدراسة ما بين 0.11-504 طن/هكتار/السنة، بمتوسط مقداره 4.7 طن/هكتار/السنة.

3. تعاني المناطق الجنوبية من قطاع غزة من خطر انجراف قليل مقارنة بخطر انجراف التربة في المناطق الوسطى والشمالية من قطاع غزة
4. تشكل المناطق المعرضة لخطر انجراف عالي وعالي جداً ما نسبته 10% من إجمالي مساحة قطاع غزة، وتتركز في مدينة غزة وأحواض الأودية (وادي غزة، وادي بيت حانون، وادي السلخا) وفي منطقة الجروف الشاطئية.

التوصيات

- يوصي الباحث من خلال ما توصل إليه من نتائج بما يأتي:
1. يجب الأخذ بعين الاعتبار مشكلة انجراف التربة وما يترتب عنها من أخطار بيئية، والاستفادة من الخرائط التفصيلية الواردة في الدراسة، عند تخطيط استعمالات الأراضي والمشاريع التنموية بمنطقة الدراسة.
 2. إتباع هذه الدراسة بدراسة لاحقة تختص بانجراف التربة الريحي لتكتمل الصورة عن مخاطر انجراف التربة بمنطقة الدراسة.
 3. التوسع في إنشاء برك جمع مياه الأمطار للاستفادة منها في مشاريع التنمية الزراعية وتوفير مياه الشرب، والحد من دورها في انجراف التربة.
 4. ضرورة تعميم هذه الدراسة لتشمل مناطق أخرى من فلسطين لإعطاء صورة متكاملة عن مشكلة انجراف التربة في كامل الأراضي الفلسطينية.
 5. العمل على توفير الحماية اللازمة للمناطق المعرضة لخطر انجراف عالي وعالي جداً بمنطقة الدراسة، من خلال اتباع أسلوب الزراعة الشريطية، والدورات الزراعية، وتثبيت الجروف الشاطئية، واستخدام الأسمدة الطبيعية.

References (Arabic & English)

- Abdul Rahaman, S. Aruchamy, S. Jegankumar, R. & Abdul Ajeez, S. (2015, October 28–30). Estimation of annual average soil loss, based on RUSLE model in kallar watershed, bhavani basin, tamil nadu, india. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. *Paper presented at the Joint International Geoinformation Conference on Kuala Lumpur, Malaysia.*
- Abu Samra, Samah A. (2014). *Determination of Physico-chemical Properties of Top Soil in Gaza Strip for Agricultural Purposes*, (Unpublished Master's Thesis). The Islamic University of Gaza, Palestine.

- Almughari, B. (2015) *Morphometric Characteristics of Al-Hasa Wadi Using GIS a Study in Applied Geomorphology*, Unpublished Master's Thesis, Islamic University of Gaza. Palestine.
- Almughari, B. (2019). *Use of Geographical Information Systems In The Study Of Morphometric: Case study, Abo Nar Basin – Palestine In 2014-2018*, Unpublished Ph.D Thesis, University of Albutana, Sudan.
- Badmos B. K. Agodzo S. K. Villamor. G. B. & Odai, S. N. (2015). An Approach for Simulating Soil Loss from an Agro-Ecosystem Using Multi-Agent Simulation: A Case Study for Semi-Arid Ghana. *Land*, 4, 626-607.
- Barakat, M. (2018). Prediction of the Soil Lost Ammount by Water Erosion in the Hawiz Dam Basin Region Using the Revised Universal Soil Equation (RUSLE) and Geographic Information System Technology (GIS), *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series*, 40(5), 11-29.
- Barakat, M. Mahfoud, I. Kwyas, A. (2014). Estimation of Vegetation Factor (C) using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in lower and Middle Basin of Al-Kabeer Alshamali River in Lattakia/Syria, *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series*, 36(5), 99-107.
- Benavidez, R. Jackson, B. Maxwell, D. & Norton, K. (2018). A review of the (Revised) Universal Soil Loss Equation (RUSLE): with a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22, 6059-6086.
- Cohen, S. Svoray, T. Laronne, J. & Alexandrov, Y. (2008) Fuzzy-based dynamic soil erosion model (FuDSEM): Modelling approach and preliminary evaluation, *Journal of Hydrology*, 365,185-198.
- Kalambukattu, J. G. & Kumar, S. (2017). Modelling soil erosion risk in a mountainous watershed of Mid-Himalaya by integrating RUSLE model with GIS. *Eurasian Journal of Soil Science*, 6 (2), 92-105.

- MAS. (2016). *Natural resources in Palestine: Determinants of exploitation and mechanisms for maximizing utilization*, Palestine.
- Meshram, S. A. & Khadse, S. P. (2015). Morphometric Analysis of Madurai Basin –A case study of Cauvery sub watershed region of Tamil Nadu –India, *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 3 (2), 23-32
- Ministry of Planning. (2009). *Sectoral outline, Agriculture sector 2010-2020*, Gaza, Palestine.
- Ministry of Planning. (2014). *Technical Maps Atlas for Gaza Governorates*, First Edition, Gaza, Palestine.
- Mohammed, S. kbibo, I. alshihabi, O. & mahfoud, E. (2016). Estimating water erosion on AL-shiekh Badr region (Syria) by using RUSLE and WEPP model, *International Journal of Environment & Water*, (5)1, 102-103.
- Mushtaha, A. K. & Al-Iloh, M. N. (2015). *Physical geography of Palestine*. Al-Azhar University, Gaza, Palestine.
- Palestinian Central Bureau of Statistics. (2017). *Statistical Book of Palestine*, Ramallah, Palestine.
- Salloum, M. (2015) Study of the Effect of Rainstorms Frequency on some Soil Water erosion under a Rain Simulator, *TishreenUniversity Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series* Vol. (37) 3, 289-305.
- Torab, M. & kasseem, H. (2007, March). Soil erosion of the Northern slopes of the Eastern range of the Green Mountain, *paper presented at the soil Symposium in the Dry and Sub-Dry areas*, Department of Geography, Faculty of Arts in Demanhor: University of Alexandria.
- Woldemariam, G. W. Iguala, A. D. Tekalign, S. & Reddy, R. U. (2018). Spatial Modeling of Soil Erosion Risk and Its Implication for Conservation Planning: The Case of the Gobeles Watershed, East Hararghe Zone, Ethiopia. *Land*, 7(25),1-25.