

استخدام نظام المعلومات الجغرافي وتقنيات الاستشعار عن بعد في نمذجة انجراف التربة المائي في منطقة ظهر الجبل/ السويداء

نبال الصالح⁽¹⁾ ووسيم المسير⁽²⁾ وأحمد ياغي⁽³⁾

الملخص

هدفت الدراسة إلى نمذجة انجراف التربة المائي في منطقة ظهر الجبل ومحيطها في محافظة السويداء باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS وتقنية الاستشعار عن بعد RS. قيمت مخاطر انجراف التربة عن طريق تطبيق أنموذج رياضي ضمن بيئة نظام المعلومات الجغرافي بالاعتماد على عشرة عوامل تؤثر في انجراف التربة المائي. وأنشأت طبقات للعوامل السابقة ثم جمعت لإنتاج خارطة لتقييم مخاطر الانجراف التي قسمت إلى ست درجات. أظهرت النتائج أن 12% من منطقة الدراسة تقع ضمن الدرجتين 5 و 6 اللتين تعكسان قابلية عالية وعالية جداً للانجراف. بينت النتائج أيضاً أن العامل الطبوغرافي الذي يشمل درجة الانحدار وشكل المنحدر والنظام الأرضي وشكل الأرض يساهم بشكل فعال في حدوث الانجراف المائي، وأن المدرجات تعد وسيلة فعالة للتخفيف من خطورة الانجراف في المنطقة المدروسة. كما أثبتت الدراسة أن نظم المعلومات الجغرافية وتقنية الاستشعار عن بعد هما أداتان فعالتان في رسم خرائط التربة والمشاكل المتعلقة بها لا سيما مشكلة الانجراف المائي.

الكلمات المفتاحية: نمذجة، مخاطر الانجراف المائي، نظم المعلومات الجغرافية، استشعار عن بعد، ظهر الجبل.

(1) طالبة ماجستير، (2) أستاذ، قسم علوم التربة، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية.

(3) مدير بحوث الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، سورية.

Using geographic information system and remote sensing in water soil erosion modeling in Dahr Al-Jabal/Al-Sowaida

Alsaleh N.⁽¹⁾, W. Almesber⁽²⁾ and A.Yaghi⁽³⁾

Abstract

This study aimed to describe the water erosion modeling in Daher Aljabal and its surrounding areas in Al-Sowaida Governorate based on GIA and RS. The water erosion risk map was obtained by applying GIS model developed on the basis of ten factors influencing the erosion process. GIS layers were built for every factor. The weights for all factors were added together. Based on sum of these factors, water erosion was divided into six erosion risk levels. Results showed that 12% of the study area was classified in levels 5 and 6, which reflect high and very high water erosion risks. Land topography was the main factor in water soil erosion. Terraces are effective ways to decrease the water soil erodability. Results also showed that GIS and RS were powerful tools in water erosion risk assessment mapping.

Keywords: Modeling, Water Erosion Risk, GIS, RS, Daher Al-Jabal, Syria.

⁽¹⁾Ms. Student, ⁽²⁾Assist. Prof., Dept. Soil Sci., Fac. Agric., Damascus Univ., Syria.

⁽³⁾Dr. Res.Gen. Organ. Remote Sensing, Syria.

المقدمة

يعد الانجراف المائي أحد أسباب تدهور الترب ولاسيما في المناطق الجبلية في سورية. وعادة ما تستخدم القياسات الحقلية لتقدير الانجراف المائي، ومع تطور العلوم وظهور البرمجيات المختلفة ولاسيما نظام المعلومات الجغرافي (GIS) Geographic Information System، بات استخدامه هاماً في عمليات النمذجة الرياضية لظواهر مختلفة ومنها الانجراف المائي.

فقد بين Al abed وزملاؤه (2001) أن التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية وبيانات الاستشعار عن بعد Remote Sensing (RS) والمعادلة العالمية للانجراف (USLE) Universal Soil Loss Equation، يعد منهجاً علمياً فعالاً لرصد مخاطر انجراف التربة على مساحات واسعة. وفي دراسة لتحسين مراقبة تدهور الأراضي في الساحل السوري اللبناني نتيجة الانجراف المائي، تم رسم خارطة لمخاطر الانجراف بالاعتماد على نموذج يقوم على عدة عوامل تؤثر في الانجراف باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وبيانات الاستشعار عن بعد (Yaghi، 2004). كما اعتمد Bou Kheir وزملاؤه (2006)، و Kefi وزملاؤه (2011) المنهجية ذاتها لرسم خرائط مخاطر انجراف التربة في كل من لبنان وتونس على التوالي. بينما اعتمد Baban و Yusof (2001) في رسم خارطة مخاطر الانجراف في جزيرة لانكاوي langkawi في ماليزيا على المعادلة العالمية للانجراف وبيانات الاستشعار عن بعد. وكذلك استخدم Lee (2004) المنهجية ذاتها لرسم خارطة مخاطر الانجراف في منطقة بون Boun في كوريا. وفي إيران طور Masoudi وزملاؤه (2006) أنموذجاً رياضياً لتقييم مخاطر انجراف التربة يعتمد على تسعة عوامل تؤثر في الانجراف، حيث تم رسم خارطة مخاطر الانجراف بالاستعانة بنظم المعلومات الجغرافية. كما أجرى Dengiz وزملاؤه (2009) دراسة لرصد التربة المعرضة لمخاطر الانجراف في مدينة أنقرة في تركيا تقوم على أنموذج رياضي خاص ونظم المعلومات الجغرافية وبيانات الأقمار الاصطناعية. وفي الصين اعتمد Yue-qing وزملاؤه (2009) على المعادلة العالمية للانجراف المعدلة (RUSLE) Revised Universal Soil Loss Equation وتقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تقييم ورسم خرائط مخاطر انجراف التربة في منطقة Guizhou. كما اتبع Chen وزملاؤه (2011) المنهجية ذاتها لرسم خارطة مخاطر انجراف التربة في منطقة Miyun شمال الصين. استخدم Ai وزملاؤه (2013) أنموذج (FDT) Fuzzy Decision Tree وتقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في رسم خارطة مخاطر انجراف التربة الشهرية في الصين.

الأهداف

دراسة انجراف التربة المائي من خلال تطبيق أنموذج رياضي خاص بذلك، يعمل ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية بالاعتماد على بيانات الاستشعار عن بعد والمعادلة العالمية للانجراف. ورسم خارطة مخاطر انجراف التربة في المنطقة المدروسة، وتحديد المناطق الأكثر تعرضاً للانجراف والمناطق غير المهددة بالانجراف، ووضع تصور أولي حول إدارة هذه الظاهرة.

الموقع: تقع منطقة الدراسة على السفح الغربي لجبل العرب، من سليم ومفلة شمالاً إلى حبران وسهوة الخضر جنوباً. حيث تمتد بين دائرتي عرض $36^{\circ} 45' 30''$ و $36^{\circ} 33' 30''$ E وخطي طول $32^{\circ} 49' 00''$ و $N32^{\circ} 33' 00''$. تبلغ مساحتها 343.8993 كم².

التضاريس: تتميز منطقة جبل العرب بتنوع التضاريس، وذلك بسبب النشاطات البركانية ذات الأعمار المختلفة من جهة، والأودية العميقة التي تقطع المنطقة وتتدفق خلال الفصل الرطب من السنة من جهة ثانية. يشكل جبل العرب كتلة جبلية متصلة على شكل تلال بيضاوية مؤلفة من عدد من المخاريط البركانية القديمة المفصولة. يصل أعلى ارتفاع فيه عند تل جينه Tal Gnaieh إلى 1803 م فوق سطح البحر. (Techno export، 1962).

الوضع الجيولوجي: يمتد جبل العرب بشكل شريط عريض، يتجه محوره نحو الشمال الغربي، بدءاً من الحدود السورية الأردنية وحتى جنوب دمشق. تنتشر فيه توضعات الباليوجين والنيوجين والرباعي، إضافة إلى توضعات الميوسين البازلتيّة في الجزء الأوسط منه. تعود الصخور البازلتيّة في جبل العرب إلى العصر الرابع Quaternary (الأدنى، الأوسط، الأعلى، الحديث). تعد سلسلة جبل العرب مركزاً للنشاط البركاني في عصر البليوسين، حيث تشكل اندفاعات البازلت البليوسينية القسم الأكبر من كتلة جبل العرب، وقد تعرضت إلى تعرية نشطة حتى زمننا الحاضر. (حسين، 2000).

المناخ: يقع جبل العرب مقابل الفتحة المتشكلة بين نهاية سلسلة جبال لبنان وبداية سلسلة جبال الجليل في شمال فلسطين، مما يكسب هذه المنطقة مناخاً متوسطياً يتصف بشتاء ماطر وبارد، وصيف حار وجاف. بالإضافة إلى فصلين قصيرين هما الربيع والخريف. تختلف الهطولات المطرية من منطقة لأخرى تبعاً للارتفاع، حيث يسجل أعلى هطول للأمطار في منطقة الدراسة في محطة عين العرب (545 ملم/السنة) والتي تقع على ارتفاع (1510م). مع الإشارة إلى التباين الكبير في معدلات الهطول السنوية والشهرية (أطلس سورية المناخي، 1977). كما تشير البيانات التي تم جمعها من محطة الأرصاد الجوية في السويداء أن أبرد أشهر السنة هو كانون الثاني، وأكثر الأشهر حرارة هو تموز، أما الرطوبة النسبية فهي تزيد على 50% في معظم أشهر السنة. يحدث الصقيع

في منطقة الدراسة خلال الفترة من كانون الثاني حتى نيسان. أما الرياح فهي معتدلة السرعة تقدر ب 3م/ثا وسطياً.

الغطاء النباتي الطبيعي: تتميز منطقة الدراسة بغناها بالغطاء النباتي الطبيعي الرعوي والشجري، حيث تعد غابات السندبان في منطقة جبل العرب واحدة من غابات الغطاء النباتي المتوسطي القليلة في سورية. إلا أن هذا الغطاء تعرض لتدهور كبير، نتيجة الرعي المفرط، والقطع الجائر للأشجار، واتساع مساحة الأراضي الزراعية على حساب الأراضي الحراجية.

الوضع الهيدرولوجي: تعد الأمطار والتلوج المصدر الرئيسي للمياه في المنطقة، حيث تغيب المسيلات المائية السطحية الدائمة، ويقتصر على وجود المسيلات المائية المؤقتة خلال فصلي الشتاء والربيع، ويتوقف تدفقها على كمية الأمطار الهائلة وشدتها.

الغطاء البيدولوجي (التربة): بين لولو (1980) أن ترب زهر الجبل تدخل ضمن ثلاث مجموعات من حيث العمق، هي ترب عميقة أكثر من 100سم. وترب متوسطة العمق 50-100سم وترب ضحلة أقل من 50 سم. وبين Habib (1986) أن محتوى التربة من المادة العضوية في منطقة جبل العرب قليل نسبياً وأن تحت سطح التربة متراس، فيما سطح التربة مفكك ومساميته عالية.

مواد البحث وطرقه

تتضمن البيانات فضائية صورة فضائية Landsat ETM أخذت في 10/4/2005 بقدرة تمييز 30m*30m. صور فضائية من التابع الصناعي Quick Bird أخذت عام 2010 عالية قدرة التمييز 2m*2m. شرائح تمثل المسيلات المائية وخطوط التسوية (الكونتور)، وشبكة الطرقات في سورية.

تم الحصول عليها من الهيئة العامة للاستشعار عن بعد. وشملت البيانات مناخية الهطولات المطرية من تسع عشرة محطة مطرية موزعة في منطقة الدراسة والمناطق المحيطة بها. وحفرت عينات التربة 11 مقطعاً موزعاً في منطقة الدراسة، وأخذت عينات التربة من الطبقة السطحية بعمق 25 سم. واستخدم برنامج 9.3 ARG GIS، وبرنامج ERDAS، وجهاز GPS.

بعد جمع عينات التربة، جففت هوائياً في المخبر على درجة حرارة الغرفة وفصلت الأجزاء الكبيرة منها كالحجارة والأجزاء النباتية بعد ذلك جرى تعميمها، ثم نخلها عبر مناخل أقطار تقوبها 2 ملم. وأخذ الجزء الناعم للتحاليل التالية: التحليل الميكانيكي حيث جرى باستخدام طريقة الهيدروميتر، وصححت النتائج حسب درجة الحرارة، ثم أعطي نسيج التربة حسب مثلث القوام. الكثافة الحقيقية وقيست بواسطة البيكنوميتر. الكثافة

الظاهرية وقدرت حقلياً بواسطة الأسطوانة، ثم أعطيت المسامية كنسبة مئوية. كما سجل عمق التربة عند حفر المقاطع. تم الحصول على خارطة تقييم مخاطر انجراف التربة عن طريق تطبيق أنموذج رياضي يعتمد على المعادلة العالمية للانجراف (Wischmeier و Smith، 1978) بعد أن تم تعديلها من قبل الباحث لئلا تتناسب وتقدير مخاطر انجراف التربة (وليس كمية التربة المنجرفة) من جهة، ولتعمل ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية من جهة أخرى. $R = K * T * U * P$ حيث:

R: خارطة مخاطر انجراف التربة وتمثل درجة مخاطر انجراف التربة water erosion risk map

K: الخرائط التي تمثل خواص التربة Soil factors maps

T: الخرائط التي تمثل خواص الطبوغرافيا والتضاريس Topography factors maps

U: الخرائط التي تمثل استعمالات الأراضي والغطاء النباتي وكثافته Land use factors maps

P: الخارطة التي تمثل الهطول Precipitation map

أدخلت عشرة عوامل إلى الأنموذج الرياضي السابق والتي تمثل حدود المعادلة السابقة بعد أن أعطي لكل عامل درجة تتناسب مع دوره في الانجراف (Van Zuidam، 1986)، (الجدول 1). ورسمت شريحة خاصة بكل عامل من هذه العوامل باستخدام نظام المعلومات الجغرافي. على النحو التالي:

- باستخدام التحليل الجيوستاتستيكي ضمن بيئة GIS، وباعتماد على نتائج التحاليل الفيزيائية لعينات التربة، رسمت الشرائح الثلاث الخاصة بالتربة (K)، وهي قوام التربة ومسامية التربة وعمق التربة.

- باستخدام التحاليل ثلاثية الأبعاد ضمن بيئة GIS، وشريحة خطوط التسوية تم رسم الشرائح الأربع الخاصة بالطبوغرافيا والتضاريس (T) وهي درجة الانحدار وشكل المنحدر والنظام الأرضي وشكل الأرض.

- بالاعتماد على التفسير البصري والآلي للصور الفضائية المختلفة، رسمت الشرائح الخاصة باستعمالات الأراضي وكثافة الغطاء النباتي (U)، وهي خارطة استعمالات الأراضي وخارطة دليل القرينة النباتية.

- وباستخدام التحليل الجيوستاتستيكي ضمن بيئة GIS وباستخدام البيانات المناخية المطرية للمحطات التسع عشرة في محافظة السويداء رسمت خارطة الأمطار (P).

أدخلت الشرائح السابقة جميعها إلى الأنموذج الرياضي. ثم جرى ربطها مع بعضها ضمن بيئة GIS، وجمعت درجات التنقل، وقسمت إلى ستة صفوف كما هي موضحة في الجدول (2)، بعد أن استبعدت المناطق العمرانية والطرق والمساحات المائية والتكشفات الصخرية من حساب مخاطر الانجراف.

الجدول (1) العوامل المؤثرة في الانجراف ودرجات التثقيب الخاصة بها:

العامل المؤثر	التصنيف	درجة التثقيب	
خرائط خواص التربة (K) Soil factors maps	قوام التربة soil texture	8 4 3 1 1 2 4	
	عمق التربة (سم) Soil depth cm	1-50 50-150	
	مسامية التربة Soil porosity	ممتازة جيدة غير مقبولة	
	درجة الانحدار Gradient(%)	منبسط flat	1
		انحدار خفيف جدا gently sloping	4
انحدار خفيف slight sloping		8	
انحدار متوسط moderately steep		16	
انحدار شديد steep		24	
انحدار شديد جدا very steep		32	
شكل المنحدر slope form		مقعّر concave	1
	محدب convex	2	
	مستقيم straight	3	
النظام الأرضي Land system	منحدرات steeps	24	
	سطوح مستوية plateau	2	
شكل الأرض Land form	مناطق منبسطة plains	2	
	مناطق متموجة undulating land	10	
	منحدرات steeps	24	
	وديان valleys	12	
	استعمالات الأراضي Land use	مناطق عمرانية	(1)NR
		طرق	NR
بساتين		20	
محاصيل		24	
مراعي		22	
التصنيف		12	
حراج متوسط الكثافة		10	
حراج خفيف الكثافة		16	
حراج متناثر		24	
أراض غير مستثمرة		20	
تكشفات صخرية		NR	
أجسام مائية		NR	
مدرجات		(2)-6	
دليل القرينة النباتي NDVI		مياه	NR
	غطاء نباتي خفيف الكثافة جدا	12	
	غطاء نباتي خفيف الكثافة	10	
	غطاء نباتي متوسط الكثافة	8	
الهطول المطري (مم) Rain fall	غطاء نباتي كثيف	6	
	350 - 325	6	
	375 - 350	8	
	400 - 375	10	
	425 - 400	12	
خرائط الهطول (P) Precipitation map			

(1)NR مناطق مستبعدة، (2) أعطي للمدرجات قيمة سلبية لما لها من دور إيجابي في منع حدوث الانجراف.

الجدول (2) صفوف مخاطر انجراف التربة في منطقة الدراسة.

الوصف	مجموع درجات التثقل	الصف
لا يوجد انجراف	NR	1
درجة قابلية انجراف ضعيفة جداً	30 - 0	2
درجة قابلية انجراف ضعيفة	60 - 31	3
درجة قابلية انجراف متوسطة	90 - 61	4
درجة قابلية انجراف عالية	119 - 91	5
درجة قابلية انجراف عالية جداً	119 <	6

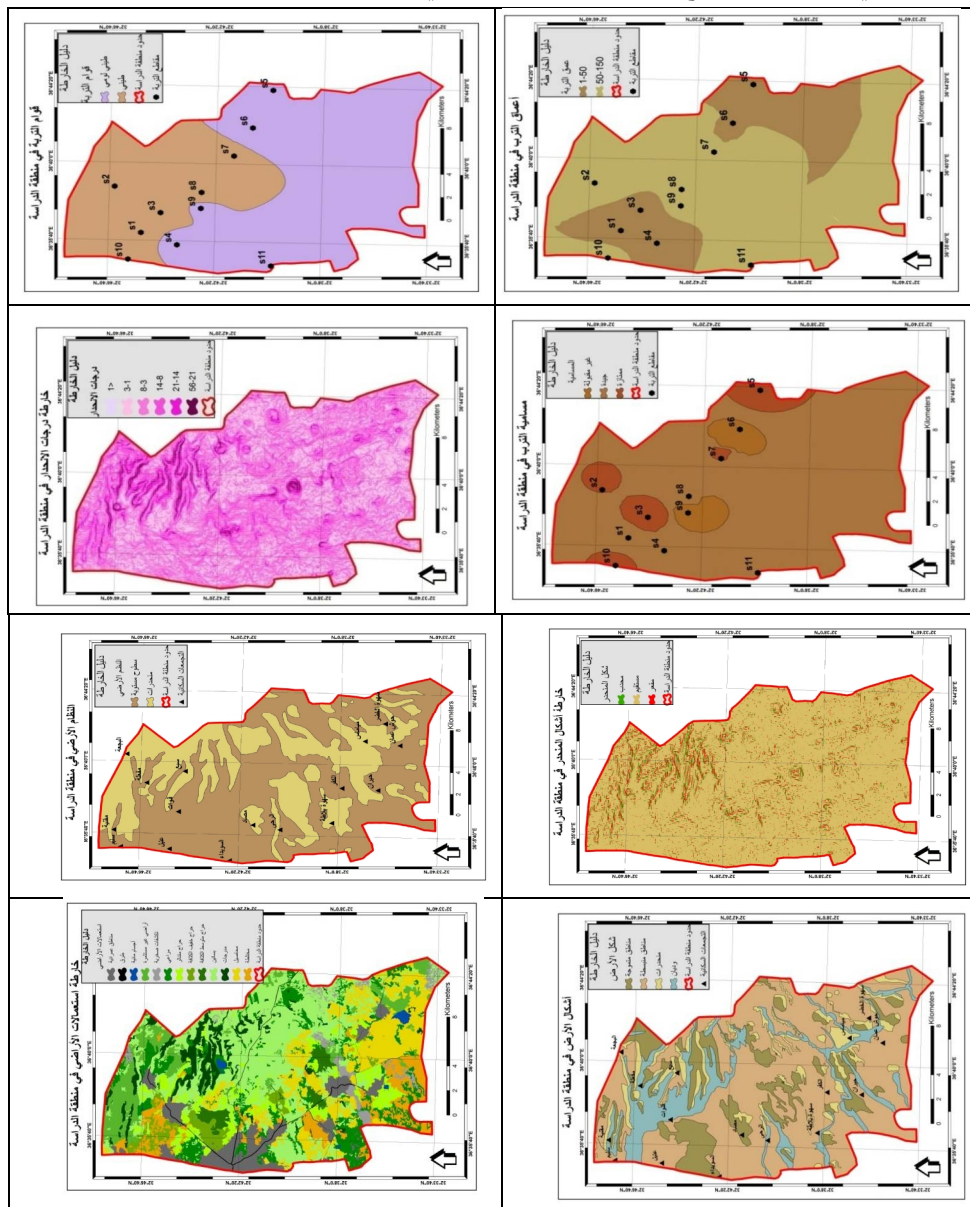
النتائج والمناقشة

تعد الخرائط العشر المنتجة المستخدمة في تطبيق الأنموذج الرياضي (الشكل 1) نتائج بسيطة لا بد من إنتاجها للحصول على خارطة مخاطر انجراف التربة المائي (الشكل 2) والتي تعد النتيجة النهائية للبحث. تتوزع منطقة الدراسة على صفوف العوامل المؤثرة في الانجراف حسب المساحات والنسب المئوية الموضحة في الجدول (3). يبين الشكل (2) والجدول (3) أن منطقة الدراسة تتوزع على ست درجات لمخاطر الانجراف، حيث تعد الأراضي المعرضة لمخاطر انجراف التربة بدرجة عالية وعالية جداً ذات الأولوية الأولى من حيث درجة الخطورة وتشكل حوالي 12% من مساحة المنطقة، كما أن الأراضي المعرضة لمخاطر الانجراف بدرجة متوسطة مهددة بتحولها إلى أراض معرضة لمخاطر عالية وعالية جداً عند إهمالها وعدم تطبيق إجراءات الحماية من الانجراف عليها، وهي تشكل أكثر من 60% من مساحة المنطقة.

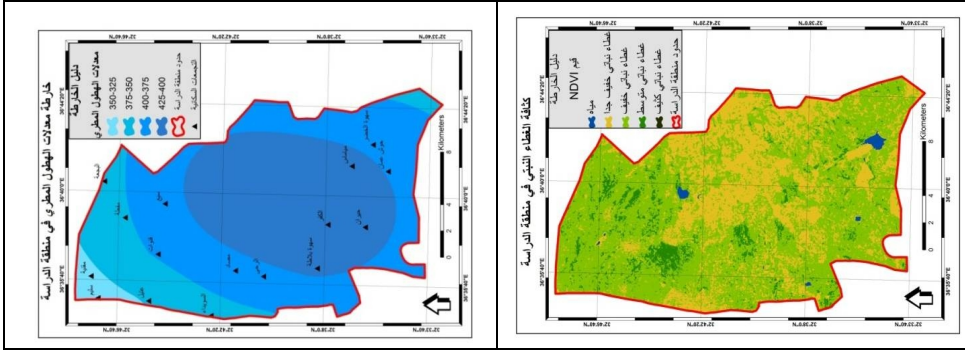
تبين أن النظام الأرضي وشكل الأرض يعدان عاملين أساسيين في حدوث الانجراف، فحيث توجد المنحدرات يحدث الانجراف بدرجات عالية وعالية جداً، فمن مساحة المنحدرات التي تبلغ 32 كم² يتعرض 22 كم² - أي ما يقارب 69% منها - لدرجة عالية وعالية جداً من مخاطر الانجراف.

وباقى مساحتها يتعرض للانجراف بدرجات أقل نتيجة تطبيق بعض إجراءات مكافحة الانجراف فيها. وعند دراسة تأثير درجة الانحدار في حدوث الانجراف وجد أنه كلما زادت درجة الانحدار ازدادت درجة مخاطر الانجراف، فقد تبين أن 65.7% من مساحة المنطقة ذات درجة الانحدار 21-56% تتعرض لمخاطر الانجراف بدرجة عالية وعالية جداً وتقل هذه النسبة مع انخفاض درجة الانحدار. وهذا يتوافق مع ما أكدته Bruce وLal وOkine (1975) أن معدل فقدان التربة السنوي يزداد مع زيادة درجة الانحدار عندما يكون الجريان السطحي ثابتاً. كما أظهرت النتائج أن لنمط استعمال الأراضي دوراً واضحاً في انجراف التربة، حيث تزداد درجة مخاطر الانجراف في أراضي المحاصيل

والحراج المتناثر، مقارنةً مع باقي الاستعمالات عند تماثل العوامل الأخرى. وتقل في الأراضي المغطاة بالحراج متوسط الكثافة والمراعي.



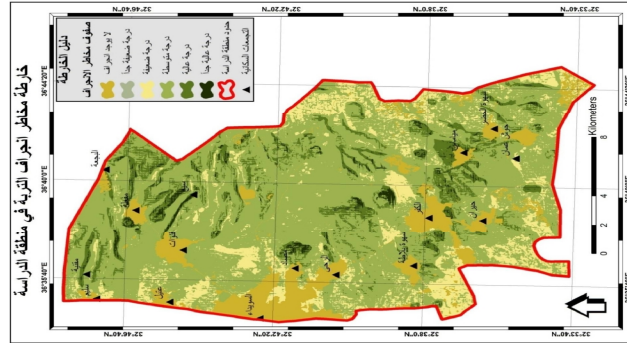
تتمة الشكل (1)...



الشكل (1) شرائح العوامل الداخلة في حساب الانجراف في منطقة الدراسة

وهذا يتوافق مع ما أكدته Kosmas وزملاؤه (1997) أن نمط استخدام الأراضي يؤثر بشكل كبير في الجريان السطحي وبالتالي في انجراف التربة، وما أشار إليه Yan وزملاؤه (2003) إلى أن للغابات والمراعي دوراً أكبر بكثير من الأراضي الزراعية في حماية التربة من الانجراف. كما أن للمدرجات دوراً كبيراً في تخفيف مخاطر الانجراف، حيث وجد أنه في المنحدرات التي أنشئت فيها هذه المدرجات تتناقص درجة مخاطر الانجراف مقارنة مع المنحدرات المماثلة التي لم ينشأ فيها مدرجات، حيث تعمل هذه المدرجات على تخفيف شدة الانحدار وبالتالي تخفيف شدة الجريان السطحي. أما تأثير العامل المطري، فيظهر على المحاصيل المزروعة في المنحدرات، حيث تتعرض المحاصيل في المناطق التي تتلقى أمطاراً تزيد على 375 ملم سنوياً لدرجة عالية جداً من مخاطر الانجراف، في حين أن المحاصيل المزروعة في مناطق تتلقى أمطاراً أقل من 375 ملم سنوياً تتعرض لدرجة أقل من درجات مخاطر الانجراف، حين تتماثل العوامل الأخرى. أما عامل التربة فلم يكن له دور واضح وأثر كبير في الانجراف لأن خواص التربة المدروسة كانت في أغلب الحالات متجانسة.

الشكل (2)
خريطة مخاطر انجراف
التربة في منطقة
الدراسة.



الجدول (3) مساحات صفوف العوامل المؤثرة في الانجراف المائي منفردة ومجمعة.

العامل المؤثر	التصنيف	المساحة	النسبة المئوية
قوام التربة soil texture	طيني clay	126.71	36.84
	طيني لومي loamy clay	217.19	63.16
عمق التربة (سم) Soil depth cm	1-50	99.26	28.86
	50-150	244.64	71.14
مسامية التربة Soil porosity	ممتازة	28.34	8.25
	جيدة	297.18	86.41
	غير مقبولة	18.38	5.34
درجة الانحدار (%) Gradient	منبسطة flat	8.86	2.58
	انحدار خفيف جدا gently sloping	100.52	29.24
	انحدار خفيف slight sloping	164.69	47.89
	انحدار متوسط moderately steep	50.43	14.66
	انحدار شديد steep	16.90	4.04
	انحدار شديد جدا very steep	5.50	1.59
شكل المنحدر slope form	مقعر concave	18.46	5.37
	محدب convex	18.82	5.47
	مستقيم straight	306.62	89.16
النظام الأرضي Land system	منحدرات steep	131.22	38.16
	سطوح مستوية plateau	212.68	61.84
	مناطق منبسطة plains	203.60	59.20
شكل الأرض Land form	مناطق متموجة undulating land	55.84	16.24
	منحدرات steep	32.19	9.36
	وديان valleys	52.27	15.20
	مناطق عمرانية	29.26	8.49
استعمالات الأراضي Land use	طرق	1.01	0.29
	بساتين	96.52	28.07
	محاصيل	50.85	14.78
	مراع	39.74	11.57
استعمالات الأراضي Land use	حراج متوسط الكثافة	7.28	2.12
	حراج خفيف الكثافة	11.99	3.49
	حراج متناثر	23.39	6.80
	أراض غير مستثمرة	29.03	8.44
	تكشافات صخرية	8.88	2.58
	أجسام مائية	1.90	0.55
	مدرجات	18.69	5.44

تتم الجدول (3)...

0.62	2.12	مياه	دليل القرينة النباتي الطبيعي NDVI
31.69	108.97	غطاء نباتي خفيف الكثافة جدا	
61.62	211.92	غطاء نباتي خفيف الكثافة	
6.0	20.63	غطاء نباتي متوسط الكثافة	
0.08	0.26	غطاء نباتي كثيف	
2.72	9.35	350 – 325	الهطول المطري (مم) Rain fall
16.40	56.41	375 – 350	
40.14	38.05	400 – 375	
40.74	140.09	425 – 400	
12.07	41.53	لا يوجد انجراف	مخاطر الانجراف بعد تطبيق الأنموذج الرياضي
0	0	درجة قابلية انجراف ضعيفة جدا	
13.09	45.0	درجة قابلية انجراف ضعيفة	
63.0	216.64	درجة قابلية انجراف متوسطة	
10.17	34.95	درجة قابلية انجراف عالية	
1.67	5.78	درجة قابلية انجراف عالية جدا	

واستنتج أنه يجب معرفة أسباب تدهور التربة وتحديد لها في كل منطقة، من أجل اتخاذ الإجراء الأنسب لمكافحة التدهور الحاصل. لذلك ينصح بتطوير تكنولوجيا تنبؤ دقيق، لتقييم مدى الانجراف وشدته، وضرورة وضع خرائط قابلية انجراف التربة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. ويجب إقامة المدرجات في المنحدرات لتخفيف درجة الانحدار وبالتالي انجراف التربة، والعمل على صيانة هذه المدرجات بشكل دوري. وتشجيع إقامة المحميات في المناطق التي لا تزال تحوي على تجمعات حراجية، بهدف الحفاظ عليها ومساعدتها على التجدد الطبيعي، وتطبيق الاستراتيجيات اللازمة لتجديد الغطاء النباتي وزيادة كثافته.

المراجع References

- أطلس سورية المناخي، وزارة الدفاع. دمشق 1977.
- حسين، كمال محي الدين. 2000. جيولوجية سورية الإقليمية، منشورات جامعة دمشق، مطبعة قحمة إخوان.
- لولو، عبد الرحيم. 1980. تصنيف أراضي منطقة ضهر الجبل في السويداء وملاءمتها لزراعة الأشجار المثمرة، مديرية الأراضي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق، سورية.
- المديرية العامة للأرصاد الجوية، دائرة الأرصاد الجوية في محافظة السويداء.
- Al-Abed, M., A. YAGHI. S. Zhou. and W. Renchao. 2001. An Integrated GIS/RS Approach for Soil Erosion Assessment and Modeling in Syrian Coastal Soils, *Pedo sphere* 11(2): 167-174.
- Ai, L., N.F. Fang. B. Zhang. and Z.H. Shi. 2013. Broad area mapping of monthly soil erosion risk using fuzzy decision tree approach: integration of multi-source data within GIS, *International Journal of Geographical Information Science* 27 (6): 1251-1267.
- Baban, S. M. J., and K. W. Yusof. 2001. Modelling soil erosion in tropical environments using remote sensing and geographical information systems, *Hydrological Sciences Journal* 46(2): 191-198.
- Bou Kheir, R., O. Cerdan. and C. Abdallah. 2006. Regional soil Erosion risk mapping in Lebanon, *Geomorphology* 82 (3-4): 347-359.
- Bruce-Okine, E., and R. Lal. 1975. Soil erodibility as determined by raindrop technique, *Soil science* 119 (2): 156-194.
- Chen, T., R. Niu. P. Li. L. Zhang. and B. Du. 2011. Regional soil erosion risk mapping using RUSLE, GIS, and remote sensing: a case study in Miyun Watershed, North China, *Environmental Earth Sciences* 63(3): 533-541.
- Dengiz, O., T. Yakupogly. and O. Baskan. 2009. Soil erosion assessment using geographical information system (GIS) and remote sensing (RS) study from Ankara-Guvenc Basin, Turkey, *Journal of environmental biology* 30(3): 339-344.
- HABIB, H. 1986. Genesis, surface charge and classification of soils developed on Icanic ash and basalt in an arid climate (Syria). Ph. D. thesis, State Univ. of Ghent, Belgium. P 192.
- Kefi, M., k. Yoshino. y. Setiawan. k. Zayani. and M. Boufaroua. 2011. Assessment of the effects of vegetation on soil erosion risk by water: a case of study of the Batta watershed in Tunisia, *Environmental Earth Sciences* 64 (3): 707-719.
- Kosmas, C., N. Danalatos. L. H. Cammeraat. M. Chabart. R. Farand. L. Gutierrez. A. Jacob. H. Marques. A. Mizara. N. Moustakas. J. M. Nicolau. C. Oliveros. G. Pinna. R. Puddu. M. Roxo. A. Simao. G. Stamou. N. Tomasi. D. Usai. and A. Vacca. 1997. The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions, *CATENA*. 29(1): 45-59.
- Lee, S. 2004. Soil erosion assessment and its verification using the Universal Soil Loss Equation and Geographic Information System: a case study at Boun, Korea, *Environmental Geology* 45 (4): 457-465.

- Masoudi, M., A. M. Patwardhan. and S. D. Gore. 2006. Risk assessment of water erosion for the Qareh Aghaj subbasin, Southern Iran, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment 21(1): 15-24.
- TECHNOEXPORT. 1962. The geomorphological map of Syria, scale 1/500000 An explanatory note. Moscow USSR. 160p.
- Van Zuidam R. A. 1986. Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping, Smits Publishers, The Netherlands. pp 442.
- Wischmeier, W.H., and D. D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. Agricultural Handbook 537. US Department of Agriculture, Washington, DC, USA.
- Yaghi, A. 2004. Improving Costal Land Degradation Monitoring in Lebanon and Syria, General Organization of Remote Sensing, Damascus - Syria.
- Yan, Z., L. Baoyuan. Z. Qingchun and X. Yun. 2003. Effect of different vegetation types on soil erosion by water, Acta Botanica Sinica 45(10):1204-1209.
- Yue-qing, X., P. Jian and S. Xiao-mei. 2009. Assessment of soil erosion using RUSLE and GIS: a case study of the Maotiao River watershed, Guizhou Province, China, Environmental Geology 56 (8): 1643-1652.

Received	2014/02/17	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2014/07/01	قبول البحث للنشر