



ISSN: 1817-6798 (Print)
Journal of Tikrit University for Humanities

available online at: <http://www.jtuh.tu.edu.iq>

JTUH
مجلة جامعة تكريت للعلوم الإنسانية
Journal of Tikrit University for Humanities

Prof: Fouad AbdulWahab .m
Assist.Lect. saad
Mohammed Jasim

Department of Geography
College Tikrit University for
Humanities
University of Tikrit
Tikrit, Iraq

Keywords:

Water Erosion
Modeling
Fuzzy Logic
EPM, GIS

ARTICLE INFO

Article history:

Received 10 Jan 2018
Accepted 15 Mar 2018
Available online 6 Nov 2018
Email: adxxx@tu.edu.iq

Journal of Tikrit University for Humanities

Building a Model for the Risk of water Erosion in Kifri Basin by the Use of Fuzzy Logic

A B S T R A C T

The study focuses on building a model for water erosion within the semi-mountainous transitional climate characterized by extreme climate elements, tectonic activity and a faulty system of watercourses resulting from an imbalance in the conditions of leadership and border conditions.

These processes reflect an acceleration in the activity of water erosion. Therefore there is a need to identify areas that suffer from the risk of water erosion so as to identify the processes that cause these risks or increase their impact. This helps to build an accurate model for estimating the quantities of water erosion. The modern technologies of informational systems and remote sensing data are one of the most successful ways of building models that simulate the reality by providing an appropriate software environment to simulate reality, accuracy in results, and speed of performance and ease of use. Most of the methods that estimate the size of erosion are descriptive equations that do not deal with and model them spatially by using modern technologies.

The study aims at using Gavrilovic's EPM model using the logic of the spindle, and then building the Extension in the ARC GIS environment. It contains sub-models that can be used to increase or limit the erosion.

© 2019 JTUH, College of Education for Human Sciences, Tikrit University

DOI: <http://dx.doi.org/10.25130/jtuh.26.9.2019.13>

بناء إنموذج لمخاطر التعرية المائية لحوض كفري باستخدام المنطق المضبب

أ.د. فؤاد عبد الوهاب محمد العمري / قسم الجغرافية / كلية التربية للعلوم الإنسانية / جامعة تكريت

م.م. سعد محمد جاسم محمد / قسم الجغرافية / كلية التربية للعلوم الإنسانية / جامعة تكريت

الخلاصة:

تركز الدراسة الموسومة (بناء إنموذج لمخاطر التعرية المائية لحوض كفري باستخدام المنطق المضبب) على بناء إنموذج للتعرية المائية ضمن الإقليم شبه الجبلي ذي المناخ الانتقالي الذي يتميز بالتطرف في عناصر المناخية ونشاطه التكتوني. إذ عكست هذه العمليات تسارعاً في نشاط عمليات التعرية المائية. لذا برزت الحاجة لتحديد المناطق التي تعاني من خطر التعرية المائية، وتشخيص العمليات المسببة لهذه المخاطر أو التي تزيد من تأثيرها ومن ثم بناء إنموذج دقيق لتقدير كميات التعرية المائية.

تعد التقنيات الحديثة بأنظمة المعلومات وبيانات الاستشعار عن بعد من انجح الطرق في بناء النماذج التي تحاكي الواقع كونها توفر بيئة برمجية ملائمة، هدفها محاكاة الواقع والدقة في النتائج والسرعة في الأداء

والسهولة في الاستخدام، كون اغلب الطرق التي قدرت حجم التعرية هي معادلات وصفية لم تهتم بمعالجتها ونمذجتها مكانياً باستخدام التقنيات الحديثة.

عكفت الدراسة الى استخدام إنموذج (EPM) لجافرلوفيك باستخدام المنطق المضرب، ومن ثم بناء امتداد (Extension) له في بيئة برنامج (ARC GIS)، اذ يحتوي على نماذج فرعية تكون بهيئة عوامل (مؤشرات) من الممكن ان تزيد او تحد من التعرية.

المقدمة interdiction

تركز الدراسات الجيومورفولوجية الحالية على جوانبها التطبيقية وذلك بسبب التطورات الهائلة التي حصلت في تقنياتها والمتمثلة ببناء النماذج الرقمية (Digital Models) في بيئة برنامج (ARC GIS). والتحليل الاحصائي، اذ تهدف الدراسة الحالية اساساً الى بناء إنموذج لمخاطر التعرية المائية اعتماداً على نموذج جافرلوفيك باستخدام المنطق المضرب ومن ثم تصنيفه وتحليله، وانعكاس ذلك على البيئة الاقتصادية للسكان.

تعد دراسة التعرية المائية ذات اهمية كبيرة وذلك للتعرف على درجة حساسية السطح بوصفها خطوة اساسية للتقييم البيئي وذلك لانعكاسها على سيادة أصناف واستعمالات الأرض. أذ تبين من الدراسات المشابهة لبيئة منطقة الدراسة والقريبة منها أن المنطقة حساسة للعمليات الجيومورفولوجية.

يعتمد الإنموذج الذي سيتم بناؤه على جانبين الأول سيتم بناءه اعتماداً على المنطق المضرب (Fuzzy Logic)، اعتماداً على المؤشرات التي تدخل في بناء هذا النموذج وهي (T, H, Xa, Q, Y, Ja)، دون استخدام المنطق المضرب أي تدخل المؤشرات بقيمها الحقيقية دون اخضاعها لدوال عضوية، وذلك للتعرف على كميات التعرية المائية والتي تعكس مخاطر على بيئة هذه المنطقة، وتأثيراً واضحاً على استخدامات الاراض.

اما الجانب الاخر فيتم اخضاع هذه المؤشرات الى دالة عضوية تتحصر قيمها ما بين (0_1)، بعد ذلك تطبيق عليها معادلة جافرلوفيك للخروج بنتائج محصورة قيمها ايضاً تتحصر ما بين (0_1). وان الهدف من استخدام المنطق المضرب هو للتعرف على تدرجية شدة التعرية اولاً وللتأكد من دقة تصنيف النموذج ثانياً، وللتعرف على درجة مخاطر التعرية بشكل عام ثالثاً، سيما وان الظواهر الطبيعية لا توجد بينها حدود فاصلة جديراً انما هناك تدرجية في شدتها.

1. موقع منطقة الدراسة Location of study area:

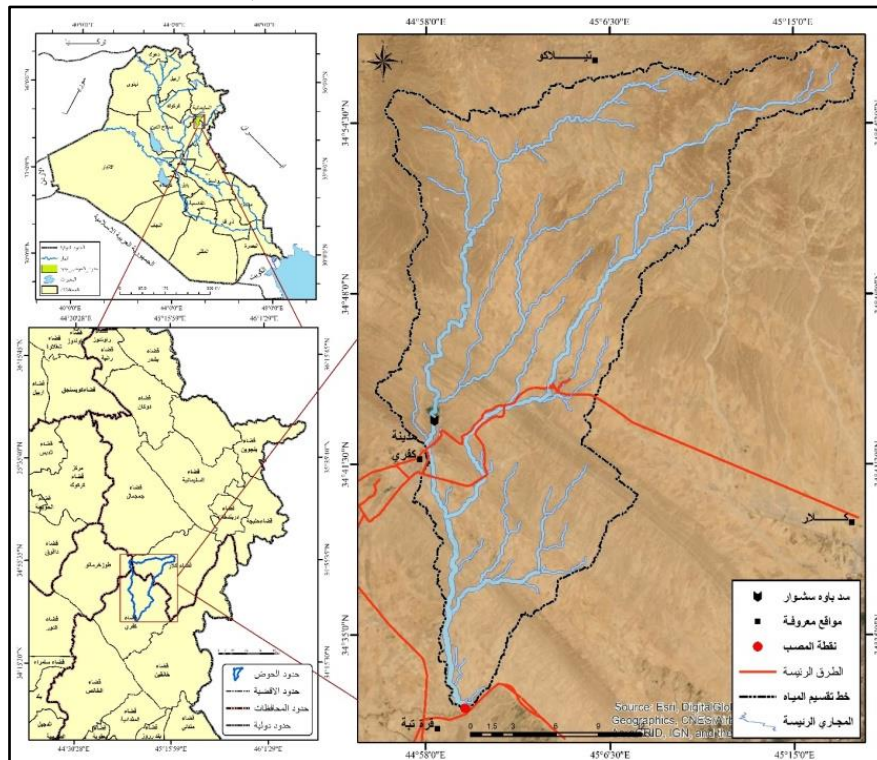
تقع منطقة الدراسة فلكياً ضمن الاحداثيات الجغرافية بين دائرتي عرض (34° 32' 06") و (57' 43" 34°) شمالاً، وبين خطي طول (44° 55' 36") و (45° 17' 56") شرقاً. يقع الحوض ادارياً في اجزائه الشمالية والشمالية الشرقية ضمن قضاء كلار التابع ادارياً الى محافظة السليمانية، اما من الجنوب والجنوب الشرقي فيتبع لقضاء كفري ضمن محافظة ديالى. وتقع مدينة كفري على خط تقسيم المياه للحوض في الجزء الغربي منه. ومن ناحية الغرب والشمال الغربي تحدها حدود ناحية سليمان بك وقرية المفتول التابعة إدارياً

الى محافظة صلاح الدين. وكما في الخريطة (1). اما الخصائص الطبيعية للحوض فيتكون من أربعة مجاري رئيسة قد أقيم على اثنين منها سد (باوه شوار) الذي يقع شمال مدينة كفري بمسافة (2.7) كم، اما المجاري الأخرى فتتجمع في مجرى كفري الرئيسي الذي يقع جنوب شرق المدينة، ويصب في وادي الثور الذي يعد أحد الاودية الرئيسية لوادي (نارين). وعلى هذا الأساس تبلغ مساحة منطقة الدراسة (654) كم²، وبطول مثالي (61.1) كم وبعرض (16.5) كم، يقع معظمه في قضاء كفري.

2. مشكلة الدراسة وتساؤلاتها :Study problem and questions

(يعد إنموذج جافرلوفيك من النماذج المستخدمة في الكشف عن مخاطر التعرية المائية. اذ يعتمد على التعبير المنطقي، المعادلات مقيسة، ومؤشرات. والذي ستعتمد هذه الدراسة عليه وعلى المنطق المضرب لقياس تدرجية الشدة وقياس درجة المخاطر). ومنها تنطق التساؤلات التالية:

- ماهي مدخلات هذا النموذج بفرعيه (المحتمل، والشامل)؟
- كيف يمكن بناء نماذج models فرعية ببيئة ادوات tools في بيئة برنامج GIS تعمل على استخراج كميات التعرية المائية والتي لم يشار اليها في البحوث المنجزة سابقاً؟
- كيف يمكن استخدام المنطق المضرب fuzzy logic في بناء نموذج لمخاطر التعرية المائية من خلال استخدام الدوال العضوية؟
- هل يمكن اعتبار نموذج جافرلوفيك نموذجاً علمياً _ استشارياً في إدارة احواض الإقليم شبه الجبلي؟



خريطة (1) موقع منطقة الدراسة

المصدر: اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي DEM، ARC MAP10.5.1

3. فرضيات الدراسة The hypothesis of the study:

- على ضوء التساؤلات المطروحة انفاً ضمن حقائق المشكلة الرئيسة سيتم صياغة الفرضيات التالية:
- إن منطقة الدراسة في حالة عدم توازن، نتيجة لوجود خلل في سير العمليات الجيومورفولوجية انعكس ذلك على المجاري الرئيسية في الحوض. مما يؤدي الى تسارع في عمليات التعرية المائية وبالتالي انعكاسها على الجوانب البيئية لسكان منطقة الدراسة.
- إن إنموذج جافرلوفيك من أدق الطرائق في قياس كميات التعرية، وذلك لاعتماده على جميع العوامل التي تزيد أو تحد من التعرية المائية واعتماد اغلب مدخلاته على المرنّيات الفضائية التي تقاس بالبيكسل.
- إن برنامج (ARC GIS) وامتداداته الرئيسة كالبناء الهيكلي (Model Builder) وجبر الخرائط (Map Algebra) من اهم الوسائل التي يمكنها تحويل المعادلات الى أداة برمجية رقمية تعمل على قياس كمية التعرية.
- يمكن تحويل معادلة جافرلوفيك الى المنطق المضرب لقياس درجات الشدة والمخاطر للتعرية المائية، اعتماداً على برنامجي (ARC GIS و Matlab).
- يمكن اعتباره نموذجاً استشارياً للكشف عن مخاطر التعرية في الاقاليم شبه الجبلية.

4. أهداف الدراسة Objectives of the study:

- تهدف الدراسة الى ما يأتي:
- كيفية بناء نموذج لمخاطر التعرية المائية باستخدام المنطق المضرب والنموذج الرئيسي اعتماداً على نموذج جافرلوفيك.
- الوصول الى نموذج تفسيري واستشاري يدخل الى بيئة برنامج (ARC GIS) لقياس كمية التعرية في الإقليم شبه الجبلي.

5. الية بناء إنموذج مخاطر التعرية لجافرلوفيك EPM:

تعد طريقة (Gavrilovic) (طريقة التعرية المحتملة) (EPM)، من الطرق التجريبية وشبه الكمية التي يمكنها تقدير كمية الايراد الرسوبي فضلاً عن تحديد شدة التعرية والإشارة إلى المناطق التي يُحتمل أن تكون مهددة بواسطة التعرية.

تم بناء جميع النماذج عن طريق (Map algebra) ضمن الحاسبة الشبكية (raster calculator) في أدوات التحليل المكاني (spatial analyst)، ويقصد بجبر الخرائط هو عبارة عن جبر قائم على أساس معالجة البيانات الجغرافية، اقترحه الدكتور دانا توملين (Dr. Dana Tomlin) في أوائل الثمانينيات. اذ أشار الى إنها عبارة عن مجموعة من العمليات البدائية في نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذي يسمح لطبقتين أو أكثر من الطبقات الشبكية (الخرائط) ذات أبعاد متشابهة بإنتاج طبقة شبكية جديدة (خريطة) باستخدام عمليات جبرية مثل الجمع والطرح وما إلى ذلك⁽¹⁾.

ثم بناء أداة Model في بيئة برنامج (ARCGIS)، باستخدام (Model builder)، ومن ثم أداة (Raster) القائمة على الجبر البولوني (Boolean Algebra): هو أحد مواضيع الرياضيات والرياضيات

المنطقية والرياضيات المتقطعة، ويعتبر فرعاً من فروع الجبر حيث يعمل بمتغيرين اثنين هما الصح أو الخطأ ويرمز لهما بالعدد 1 و 0 بعكس الجبر الابتدائي الذي قد يكون المتغير فيه أي عدد كان.

5-1-1. معطيات بناء الإنموذج Model Builder Data :

5-1-1.1. لاندسات 8 Landsat 8 :

وهو عبارة عن تعاون بين وكالة ناسا والمسح الجيولوجي للولايات المتحدة (USGS). يمكن لهذا القمر ان يرسم خارطة لسطح الارض خلال 16 يوماً، وان يجمع معلومات قيمة لاسيما عن الغابات ومجاري المياه والاراضي الزراعية. ويوجد في هذا النوع من المرئيات (11) نطاق كل منها يختص بنوع معين⁽²⁾، وكما في الجدول (1).

تم استخدام هذا النوع من المعطيات في اشتقاق معامل (Xa) اعتماداً على النطاق (2، 3، 4، 5، 6، 7، 8) بعد دمج قنواتها ليتم الحصول على مرئية ملونة يمكن اشتقاق منها أنواع الاغطية النباتية لهذا المعامل. اما الاستخدام الثاني لهذه المرئيات فهو اشتقاق درجات الحرارة اعتماداً على النطاقين (10، 11)، بعد خضوعهم لخوارزمية رياضية سيتم ذكرها لاحقاً. وفيما يخص استخراج التعرية الحالية فيتم استخدام الباند الرابع من خلال قيمة الاشعاع القصوى.

جدول (1) انطقة بيانات لاندسات 8 واستخداماتها

Landsat 8 Operational Land imager (oli) And Thermal Infrared Sensor (tirs) February 11, 2013	Bands النطاقات	Wavelength طول الموجة (micrometers)	Resolution درجة الوضوح (meters)
	Band 1-coastal aerosol السواحل	0.43-0.45	30
	Band 2-Blue الأزرق	0.45-0.51	30
	Band 3-Green الأخضر	0.53-0.59	30
	Band 4-Red الأحمر	0.64-0.67	30
	Band 5-Near I Infrared(NIR) تحت الحمراء القريبة (الغطاء النباتي)	0.85-0.88	30
	Band 6-swir 1 تحت الحمراء المتوسطة	1.57-1.65	30
	Band 7-swir 2 تحت الحمراء المتوسطة	2.11-2.29	30
	Band 8-panchromatic البيانات ومائية (السحب)	0.50-0.68	15
	Band 9-Cirrus	1.36-1.38	30
	Band 10- Thermal Infrared (TIRS)1 تحت الحمراء الحرارية	10.60-11.19	100
	Band 11- Thermal Infrared (TIRS)2 تحت الحمراء الحرارية	11.50-12.51	100

Reference: <https://www.usgs.gov/media/images/landsat-8-band-designations>.

5-1-2. إنموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model DEM :

تم الاعتماد على موقع (EarthData) التابع لهيئة المسح الجيولوجية الامريكية (USGS)، وضمن القمر ALOS - PALSAR لتحميل هذا النوع من المرئيات كونه من يعطي بيانات ذات دقة تمييزية تصل الى (12.5) م. وسيتم الاعتماد على إنموذج الارتفاع الرقمي في عملية استخلاص مؤشر الانحدار (Ja)، الذي يعد مدخل أساسي في بناء خريطة مخاطر التعرية المائية.

5-1-3. معطيات التساقط Precipitation Data :

تم الاعتماد على إنموذج (TRMM) وهو إنموذج لمهمة فضائية مشتركة بين وكالة ناسا والوكالة اليابانية لاستكشاف الفضاء (JAXA) اذ تم اطلاقه في 27 نوفمبر 1997 من مركز تانيغاشيما

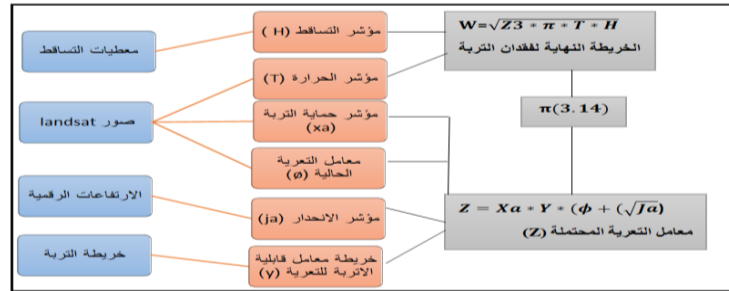
(Tanegashima) للفضاء في تانيغاشيما باليابان. عمل إنموذج (TRMM) مدة 17 عاماً ومن ثم توقف عن العمل في ابريل 2015، ومن ثم عاد دخول الغلاف الجوي للأرض في 16 يونيو 2015، وإلى الوقت الحاضر، اذ يهدف الإنموذج إلى رصد ودراسة هطول الأمطار الاستوائية، والذي هو جزءاً من مهمة ناسا إلى كوكب الأرض، وهو جهد بحثي طويل الأجل ومنسق لدراسة الأرض كنظام عالمي⁽³⁾.

4-1-5. معطيات التربة Soil Data:

يتبع توزيع التربة في المنطقة الى درجة كبيرة كلا من المناخ وتضرس السطح. وعلى ضوء ذلك فقد اتبع تصنيف منظمة الغذاء والزراعة الدولية (FAO) لعام 2006م. والذي يعتمد على خريطة اليونسكو UNESCO مقياس 1/5000000 ويعد من أحدث تصانيف التربة عالمياً.

6. تطبيق المعطيات على مؤشرات التعرية المائية:

سيتم التفصيل عن استنباط مؤشرات إنموذج (EPM) وعن الية دمجها وفق معادلة جافرلوفيك للتعرية المائية. اذ يعطي هذا الإنموذج نوعين من التعرية، الأولى وتسمى بالتعرية النوعية المحتملة (Z)، وتستخدم جميع المعطيات باستثناء العوامل المناخية. اما الثاني فتسمى بمفقودات التربة النهائية (W)، وتستخدم جميع المعطيات بما فيها العوامل المناخية. والشكل (1) يوضح الية عمل هذا الإنموذج.



شكل (1) الية تطبيق إنموذج جافرلوفيك (EPM) Gavrilovic

المصدر: اعتماداً على: جمال شعوان وآخرون، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التقييم الكمي للتعرية المائية بحوض أمزاز (الريف لأوسط) من خلال إنموذج جافرلوفيك EPM، ص77.

1-6. مؤشر قابلية التربة للتعرية (Y):

لقد تم الاعتماد في استخراج قيم هذا المؤشر على خريطة التربة ضمن تصنيف الفاو وعلى الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة بغية الحصول على معامل قابلية التربة للتعرية. والمعتمدة على درجة صلابة الصخور ونسجة التربة، وفقاً لجدول جافرلوفيك وكما في الجدول (2).

جدول (2) مؤشر قابلية التربة للتعرية (Y)

متوسط القيمة	Y	مؤشر حماية التربة
0.2	0.3 - 0.1	صخور صلبة شديدة المقاومة
0.4	0.5 - 0.3	صخور ذات مقاومة متوسطة
0.55	0.6 - 0.5	صخور ذات مقاومة ضعيفة
0.7	0.8 - 0.6	ركام صخري ورواسب خشنة
0.95	1 - 0.9	رواسب رملية ناعمة لا مقاومة لها

Reference: ZORN, M. AND KOMAC, B, 2005: soil erosion on agricultural land in Slovenia- measurements of rill erosion in the besnica valley. Acta geographic slovenica 45-1. Ljubljana.

يتضح من الخريطة (2) ان هنالك تباين في أصناف مقاومة التربة والصخور للتعرية يمكن تمثيلها بقيمة (y)، اعتماداً على خصائصها وكما في الجدول (3).

جدول (3) مساحة أصناف مقاومة التربة والصخور بحسب قيمة إنموذج Y

ت	أصناف مقاومة التربة والصخور	قيمة Y	خصائص الصخور	اللون	المساحة كم ²	النسبة المئوية %
1	مقاومة شديدة جداً	0.2	حجر جيري، جبس		38.3	5.9
2	مقاومة شديدة	0.3	حصى، احجار رملية		333.2	50.9
3	متوسطة المقاومة	0.5	مكتلات صخرية		46.5	7.1
4	قليلة المقاومة	0.8	حصى، طفل، رمل، طين		186.0	28.4
5	غير مقاومة	0.9	رمل، غرين، طين أو طفل، مفتتات صخرية		50.1	7.7
المجموع					654.0	100.0

المصدر: اعتماداً على قيم مؤشر y والتكوينات الجيولوجية والتربة، باستخدام برنامج ARC GIS10.6.1 .
يتضح من الشكل (2) والجدول (3) بأن هناك تباين في درجة مقاومة الصخور للتعرية المائية، فالصخور شديدة المقاومة والشديدة جداً هي التي تتكون من (الحجر الجيري والجبس، الحصى، احجار الرملية) وهذا ينطبق مع تكوينات الفتحة وانجانة والمقدادية، بمساحة بالغة (38.3، 333.2) كم²، ونسبة (5.9، 50.9)% على التوالي، لذا تعطى له قيم منخفضة من مؤشر (y) وهي (0.2، 0.3) بالنسبة للمقاومة الشديدة جداً والمقاومة الشديدة.

أما الصخور التي تكون متوسطة وقليلة المقاومة فتكون رواسبها من (المكتلات الصخرية والحصى، الطفل، رمل، طين) وتتنطبق مع تكوين بامو وباي حسن بمساحة تبلغ (46.5، 186.0) كم²، ونسبة (7.1، 28.4)%، وتعطى قيمة (0.5، 0.8). اما الصخور غير المقاومة فهي تتألف من الغرين والطين والمفتتات الصخرية وبقيمة (0.9) في رواسب الزمن الرباعي، اذ بلغت مساحتها (50.1) كم²، ونسبة (7.7)% من اجمالي مساحة منطقة الدراسة.

2-6. مؤشر الانحدار (Ja) Slope index

يساعد إعداد خريطة الانحدار تساعد على توضيح وإبراز المتغير الجيومورفولوجي، وتحديد ملامح نوع وشدة التعرية. تم استخلاص مؤشر الانحدار انطلاقاً من إنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وتصميم أداة خاصة تعمل على اشتقاق هذا المؤشر وكما في الشكل (2).



شكل (2) إنموذج انتاج مؤشر Ja

المصدر: اعتماداً على model builder باستخدام برنامج ARC GIS10.6.1 .

جدول (4) مساحات مؤشر Ja للانحدار لمنطقة الدراسة

ت	فئة الانحدار %	الوصف حسب ITC	Description ITC	اللون	المساحة/ كم ²	نسبة المساحة %
1	0 _ 2 %	منبسط	Flat or almost flat		.1716	25.6
2	72.1% _	انحدار خفيف	gently sloping		.0131	47.6
3	137.1% _	منحدر	Sloping		.0413	20.5
4	2013.1% _	متوسط الشدة	Moderately steep		.443	5.3
5	3720.1% _	شديداً جداً	Steep		7.5	1.1
	المجموع				654.0	%100

المصدر: اعتماداً على تطبيق إنموذج Ja باستخدام برنامج Arc GIS 10.6.1.

يستدل مما تقدم على جملة من الحقائق يمكن إيضاحها بالآتي:

- تسود الفئة الأولى والتي يقل انحدارها عن (7%) في مناطق السهول الفيضية والسهول التجميعية المحصورة بين الطيات المحدبة والتي تبلغ نسبة مساحتها (73.2%).
- تنحصر الفئة ما بين (7.1_13%)، والتي تسود مناطق الحافات المتراجعة وتقع على أطراف الطيات المحدبة، إذ تشهد تسارع في عمليات التعرية المائية بسبب التعرية التفاضلية لتعاقب الصخور الصلبة والهشة، ويتواجد فيها أيضاً أنواعاً من تحرك المواد. وتبلغ نسبتها من مساحة منطقة الدراسة (20.5%).
- تسود الفئة الأخيرة التي تمثل نسبة انحدار أكثر من (13.1%)، في المناطق المتضرسة أي شمال منطقة الدراسة ومناطق تواجد حافات ظهور الخنازير، وايضاً تلعب التعرية التفاضلية دوراً مهماً في تجهيز الرواسب، إذ تبلغ نسبة مساحتها (6.4%).

3-6. مؤشر حماية التربة Xa :

يقصد بمؤشر حماية التربة (Xa) في إنموذج (Gavrilovic)، مستويات كثافة التغطية النباتية التي تساعد تثبيت التربة وإبطاء سرعة الجريان السطحي والزيادة في نفاذية المياه بداخلها والتقليص من انجرافها⁽⁴⁾.

لتقييم دور هذا المؤشر في علاقته مع فقدان التربة تم إنجاز خريطة الغطاء النباتي لوادي كفري اعتماداً على المرنّيات الفضائية لسنة 2017. ولتحديد قيم مؤشر حماية التربة تم الاستناد الى المعايير التي حددها جافرلوفيك ومجموعة من الباحثين حسب الجدول (5).

جدول (5) أصناف مؤشر (Xa) لحماية التربة

متوسط القيمة	Xa	مؤشر حماية التربة
0.125	0.05-0.2	غابات مختلطة كثيفة – متوسطة الكثافة
0.3	0.2-0.4	غابات صنوبرية وبقايات نباتية مبعثر على جوانب القنوات المائية
0.5	0.4-0.6	مراعي وغابات او متدهورة
0.7	0.6-0.8	مزارع ومراعي متدهورة
0.9	0.8-1.0	الساحل

Reference: ZORN, M. AND KOMAC, B, 2005: soil erosion on agricultural land in Slovenia-measurements of rill erosion in the besnica valley. Acta geographic slovenica 45-1. Ljubljana.

وبُغية استخلاص مؤشر حماية التربة (Xa) من خلال صور الأقمار الصناعية تم دمج قيم مؤشر

معامل التغطية النباتية (NDVI) اعتماداً على صورة القمر الصناعي لاندسات مع قيم (Xa) بعد ذلك تم

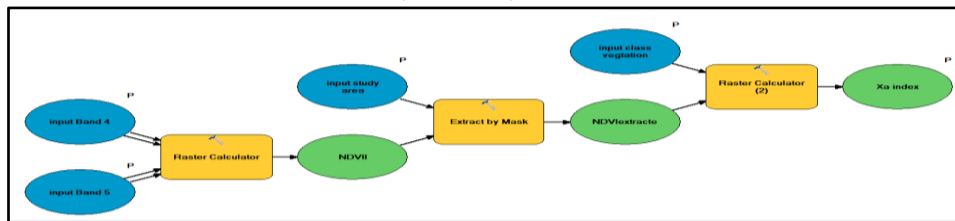
عمل مواءمة لنتائجها مع المعايير التي حددها كل من (Zorn and Komac,2008)، وذلك بحصر القيم الموجبة لمؤشر التغطية النباتية في (0.9) كأعلى قيمة، والتي تمثل المجالات ذات الكثافة النباتية العالية بالمنطقة، والقيم المنخفضة (0.5) كأدنى قيمة والتي توافق مجال الاراض الجرداء. ويتم حسابها من المعادلة الاتية:

$$Xa = (XaVDVI - 0.61) * (-1.25)$$

حيث ان Xa = مؤشر حماية التربة

$XaNDVI$ = معامل التغطية النباتي المعدل لموائمة معايير حماية التربة.

وبهذا تصبح قيم مؤشر حماية التربة محصورة بين (0.5_0.9) بالنسبة للمجالات ذات الكثافة النباتية العالية والكثافة النباتية الشبه معدومة. وقد تم تحديد متوسط القيم التي استخدمناها في معادلة (Xa) اعتماداً على تطبيق معامل التغطية النباتية للقمر الصناعي (Landsat8 OLi)، لعام 2017. وتم تصميم إنموذج يقوم باستنباط مؤشر (Xa) معتمداً بذلك على (band5 و band4) في اشتقاق (ndvi)، وعلى عملية التصنيف الموجه لاشتقاق أنواع الغطاء النباتي بحسب قيم Xa ، بعدها يتم بإدخال الى الإنموذج المصمم وكما في الشكل(3) ليتم إخراج المؤشر بشكله النهائي وكما في الشكل (9).



شكل (3) إنموذج اشتقاق مؤشر Xa لحماية التربة

المصدر: اعتماداً على model builder باستخدام برنامج Arc GIS10.6.1.

جدول (6) مساحات ونسب إنموذج (Xa) لأنواع الاغطية النباتية في منطقة الدراسة

ت	أنصاف إنموذج Xa	قيمة المؤشر	اللون	المساحة/كم ²	النسبة المئوية %
1	مزارع	70.		62.0	9.5
2	مراع وغابات	50.		210.5	32.2
4	أراضي جرداء	0.9		381.5	58.3
	المجموع			654.0	100.0

المصدر: اعتماداً على قيم مؤشر (Xa)، وأنصاف الغطاء النباتي، باستخدام برنامج Arc GIS10.6.1.

يتضح من الجدول (32) بأن الأراضي الجرداء قد احتلت الصدارة في نسبة مساحة تواجدها والبالغة (58.3) %، والتي تمثل أراضي جرداء بسبب انكشاف الطبقات الصخرية والتضرس، اما مناطق المراعي والغابات فهي أراضي ذات تضرس طفيف الى متوسط تنمو فيها النباتات الحولية، وتزداد كثافتها لاسيما في المواسم الرطبة من السنة، إذ تبلغ نسبتها (32.2) %. كما تتركز الغابات المتفرقة في بطون الاودية، فبالنسبة للمزارع فهي الأراضي تشغلها سهول فيضية، قدمات وسهول تجميعية الصالحة للزراعة والمزروعة فعلاً بسبب سهولة استخدام الآليات الزراعية فيها، والبالغة نسبتها (9.5) %.

4-6. مؤشر التعرية الحالية 0:

تختلف قيم مؤشر (0) باختلاف أنواع الاحواض المائية ويتطلب تحديدها عملاً ميدانياً منتظماً فضلاً عن توفر صور الأقمار الصناعية بدرجة وضوح 1متر في المتوسط وفي غياب هذا النوع من المرئيات في

المجال المدروس اعتمدنا على المعادلة التي صاغها (mellivsky 2008) لحساب المؤشر انطلاقاً من صور الأقمار الصناعية (Landsat) والتي تعتمد على:

- الجذر التربيعي للنطاق الثالث (TM3) مقسوم على القيمة القصوى للإشعاع (Qmax). في (Landsat5) وعند مقارنة النطاق الثالث لهذا القمر مع انطقة القمر الصناعي (Landsat8)، فيما يخص الطول الموجي وجد ان النطاق الثالث في القمر (Landsat5) يقابله (Band4) في القمر الصناعي (Landsat8) وكما في الشكل (4)، لذا يمكن تعديل صيغة المعادلة بالاتي:

$$\frac{\sqrt{\text{band4} (0.64 - 0.69)}}{Q \text{ Max}}$$

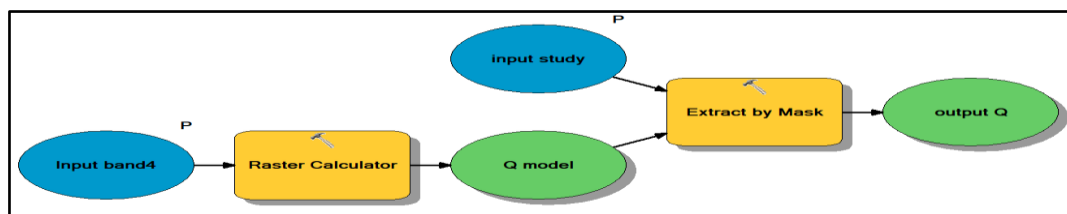
اذ تبلغ قيمة الاشعاع القصوى لهذا النطاق (612.37494)، اذ تم استخلاص قيمته من الملف (text) المرفق مع حزمة أي نوع من اقمار (Landsat) وكما في الشكل (4).

LC08_L1TP_168036_20160312_20170328_01_T1_... LC08_L1TP_168036_20160312_20170328_01_T1_... LC08_L1TP_168036_20160312_20170328_01_T1_... LC08_L1TP_168036_20160312_20170328_01_T1_... LC08_L1TP_168036_20160312_20170328_01_T1_... LC08_L1TP_168036_20160312_20170328_01_T1_... LC08_L1TP_168036_20160312_20170328_01_T1_... LC08_L1TP_168036_20160312_20170328_01_T1_... LC08_L1TP_168036_20160312_20170328_01_T1_... LC08_L1TP_168036_20160312_20170328_01_T1_... LC08_L1TP_168036_20160312_20170328_01_T1_... LC08_L1TP_168036_20160312_20170328_01_T1_...		END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES GROUP = MIN_MAX_RADIANCE RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 769.59338 RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -63.55328 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 788.07306 RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -65.07933 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 726.20258 RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -59.97004 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 612.37494 RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -50.57012 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 374.74292
--	--	--

شكل (4) كيفية استخراج قيمة الاشعاع القصوى للنطاق الرابع Band4

المصدر: اعتماداً على البيانات المتوفرة في مرئية Landsat8.

وتترجم نتائج هذه المعادلة التوزيع المجالي لنطاقات التعرية كما في الشكل (9) وفقاً لنسبة الاشعاع اذ تزداد نسبة الاشعاع بشكل مضطرد مع ارتفاع حدة التعرية. تم تصميم إنموذج لهذه المعادلة داخل بيئة برنامج (ARC GIS) تكون مدخلاته عبارة عن النطاق الرابع في (Landsat8)، وقيمة الاشعاع القصوى لهذا النطاق. وكما في الشكل (5).



شكل (5) إنموذج اشتقاق مؤشر (Q) للتعرية الحالية

المصدر: اعتماداً على model builder باستخدام برنامج ARC GIS10.6.1.

يتضح من الشكل (9) ان المناطق التي تقل فيها قيمة التعرية الحالية بسبب سيادة معادن الطين التي تحتفظ بالمياه، وانتشار الغطاء النباتي الحولي بكثافة لان تاريخ التقاط المرئية هو في موسم الربيع (2017/3/20)، اما المناطق التي تزداد قيمة التعرية الحالية تسود فيها المكنتلات الصخرية والصخور الجبسية والصخور الرملية والتي لا تحتفظ بالمياه وبذلك فأن النبات الطبيعي فيها فقير ومبعثر.

5-6. مؤشر الحرارة T:

تعد الحرارة مؤشراً أساسياً في تشكيل عمليات التجوية الميكانيكية مباشرةً من خلال تأثيرها على تقطيت وتكسر وانفراط حبيبات الصخور سيما عندما تزداد المديات الحرارة اليومية، وتكون لها السيادة في تسارع هذه العمليات في الأقاليم الجافة. كما لها من تأثير واضح على رطوبة الصخور والرواسب التي تقود الى تحلل واكسدة وتميؤ معادن الصخور.

وفي غياب معطيات مناخية دقيقة تتعلق بدرجات الحرارة بمحطات الرصد الجوي لحوض كفري، تم الاعتماد على مرئيات الأقمار الصناعية لتحديد هذا المؤشر والمذكورة انفاً. اذ تم اشتقاق درجات الحرارة للمنطقة من خلال تحويل بيانات النطاق الحراري من الإشعاع الطيفي إلى درجة حرارة السطح باستخدام الثوابت الحرارية في ملف MTL المرفق في ملفات Landsat. وذلك باستخدام القانون⁽⁵⁾:

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)}$$

T = درجة حرارة الغلاف الجوي K وتستخرج من خلال:

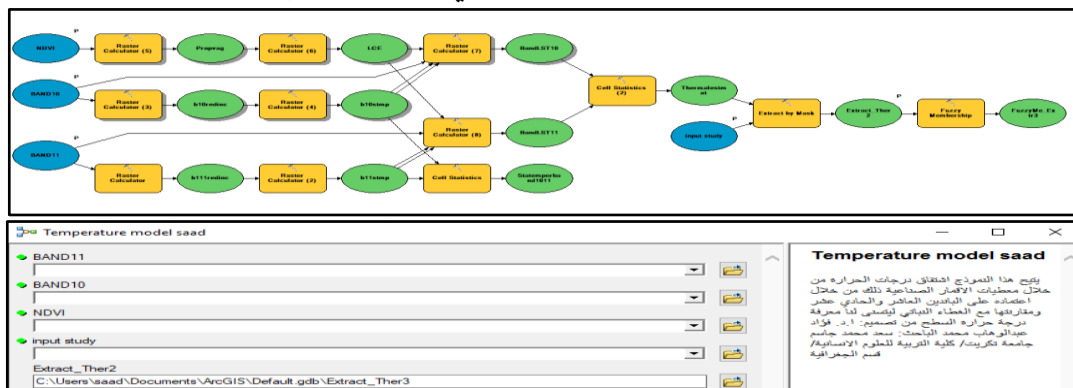
L_λ = الاشعار الطيفي

K_1 = ثابت التحويل الحراري الخاص بالنطاق من البيانات الأولية (K1_CONSTANT_BAND_x)، حيث x هو رقم النطاق الحراري.

K_2 = ثابت التحويل الحراري الخاص بالنطاق من البيانات الأولية (K2_CONSTANT_BAND_x)، حيث x هو رقم النطاق الحراري).

تم تطبيق المعادلة المذكورة انفاً لأجل تصميم مؤشر T واستنباط الخريطة له، وكما في الشكل (6)، و (9).

يلاحظ من الشكل (9) تزايد هذا المؤشر (T) في مناطق انكشاف الصخور الرملية والجبلية بسبب الجفاف وقلة الغطاء النباتي، في حين قل هذا المؤشر في المناطق السهلية لأنها مناطق ذات ترب مزيجية وطينية، كما يقل ايضاً بالاتجاه نحو الشمال والشمال الشرقي نتيجة الارتفاع.

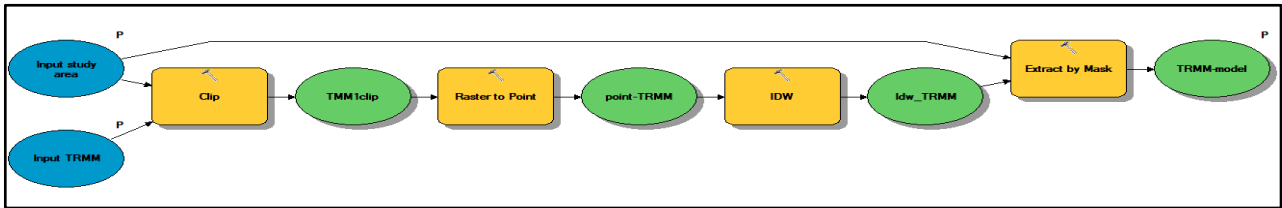


شكل (6) إنموذج اشتقاق مؤشر (T) لدرجات الحرارة

المصدر: اعتماداً على model builder باستخدام برنامج Arc GIS 10.6.1.

6-6. مؤشر التساقطات المطرية (H):

تم الاعتماد في استخراج كميات الامطار على إنموذج (مهمة قياس هطول الأمطار الاستوائية) (TRMM) (Tropical Rainfall Measuring Mission) وذلك بسبب غياب المحطات المناخية داخل حدود منطقة الدراسة، فضلاً عن كون هذا الإنموذج يعطي كمية الامطار على مستوى البكسل بمقاييس يومية وشهرية وسنوية وبدقة تمييزية (100) م. لمدة تتراوح بين 1998_2018. تعتمد الدراسة على المعدلات الشهرية في هذا الإنموذج لمدة (20) عاماً ومن ثم استقطاع منطقة الدراسة من هذا الإنموذج. وبعدها تم تصميم أداة خاصة تعمل على استقطاع منطقة الدراسة ومن ثم تحويل قيم الخلايا الشبكية الى قيم متجهية بصيغة نقاط كي تصبح اشبه بمواضع لقياس الامطار ومن ثم تحويلها الى قيم خلوية. وكما في الشكل (7)، والممثلة في الشكل (9).

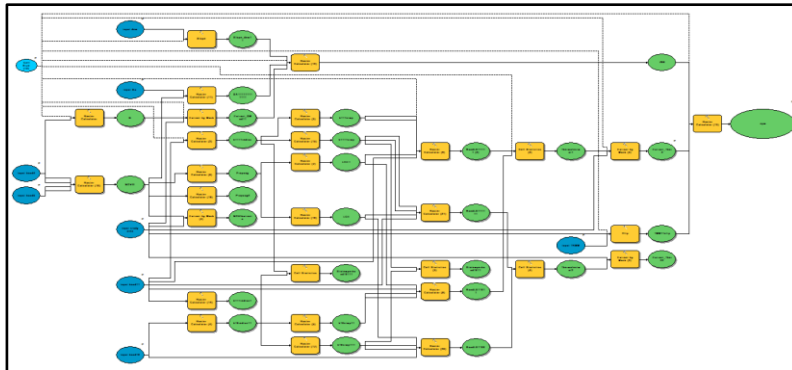


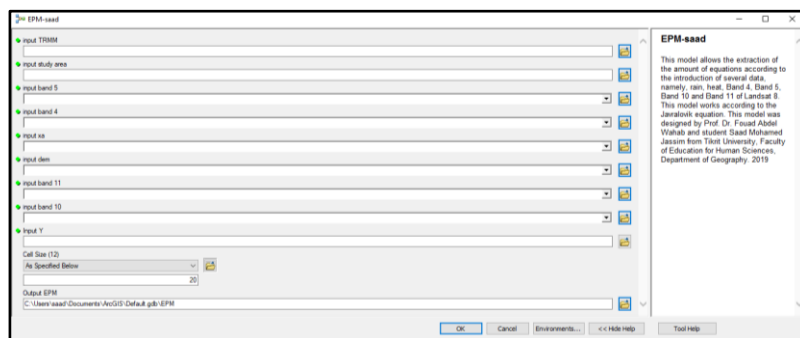
شكل (7) إنموذج اشتقاق (TRMM) لكميات الامطار (H) في منطقة الدراسة للمدة 1998_2018

المصدر: اعتماداً على model builder باستخدام برنامج Arc GIS10.6.1 .

7. تصميم إنموذج جافرلوفيك (EPM) النهائي وتفسير نتائجه:

بعد الاعتماد على المؤشرات المذكورة انفاً ومعادلاتها الخاصة ومعالجتها الياً في جبر الخرائط، تم تصميم أداة نهائية تقوم على استنباط التعرية المائية بمخرجين هما (Z و W)، وكما في الشكل (8)، والذين سيتم توضيحهم ادناه. اذ تعد الأداة المصممة مهمة أساسية في الدراسات الاستشارية لتحديد مخاطر التعرية المائية من حيث النوع والكم والشدة والمساحة. وذلك لشمول هذا الإنموذج بكافة المتغيرات التي تسبب تعرية التربة.

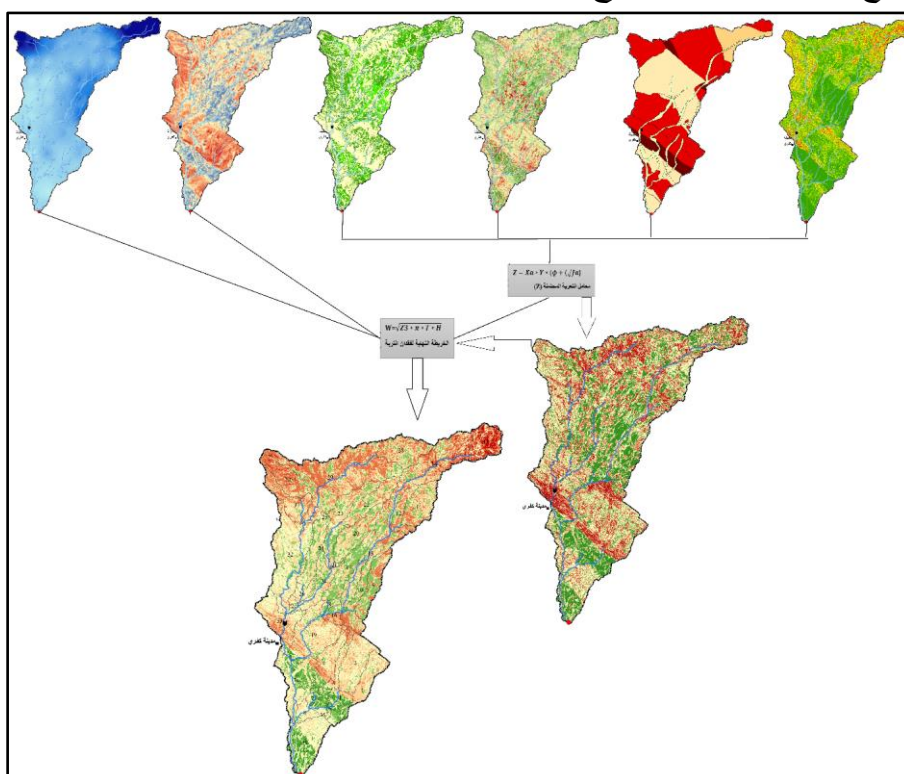




شكل (8) الإنموذج النهائي لمعادلة جافرلوفيك المصممة داخل بيئة برنامج ARC GIS

المصدر: اعتماداً على model builder باستخدام برنامج ARC GIS 10.6.1.

والشكل (9) يوضح الية مدخلات الإنموذج ومخرجاته النوعية والكمية.



شكل (9) نتائج تطبيق النماذج السابقة لاستخراج إنموذج مخاطر التعرية المائية

المصدر: اعتماداً على معادلة جافرلوفيك ومؤشراته.

يقوم الإنموذج بسلسلة من العمليات التحويلية للحصول على الإنموذج النهائي بالطرق الآتية:

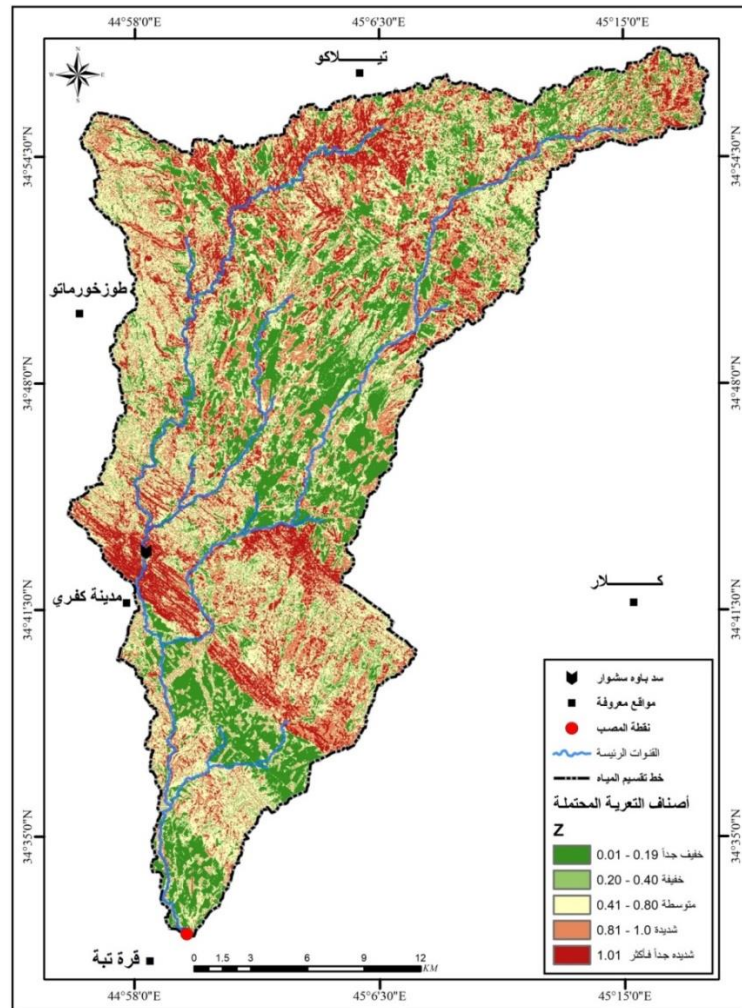
- استخراج معامل التعرية المحتملة Z ويعرف على أنه إنموذج تجميعي لمعامل Xa مضروباً في معامل Y ، وأيضاً مضروباً في معامل التعرية الحالية Q ، مجموعاً مع الجذر التربيعي للانحدار وهو معامل Ja . وتكون قيمها تتحصر بين (0_1) أو تتجاوز الواحد عند وجود تعرية شديدة جداً، فارتفاع القيم عن الصفر دلالة على شدة التعرية، ولم تأخذ هذه المعادلة بنظر الاعتبار القدرات المناخية الا وهي الامطار ودرجات الحرارة. والمذكورة في الشكل (9).

وقد قسم Gavrilovic Z هذه النتائج الى خمسة أصناف وفق القيمة النوعية وكما في الجدول (7). وفي الخريطة (2).

جدول (7) أصناف ومساحات قيم (Z) للتعرية النوعية

النسبة %	مساحة/كم ²	القيمة النوعية	أصناف التعرية	ت
20.9	136.7	0.01_0.19	خفيفة جداً	1
9.1	59.6	0.20_0.40	خفيفة	2
33.4	218.2	0.41_0.80	متوسطة	3
22.5	147.0	0.81_1.0	شديدة	4
14.1	92.5	1.1 أكثر من	شديدة جداً	5
100.0	654.0			المجموع

Reference: Gavrilovic Z, Stefanovic M, Milojevic M, Cotric J (2006) .



خريطة (2) التعرية المحتملة وفق معامل (Z) في منطقة الدراسة

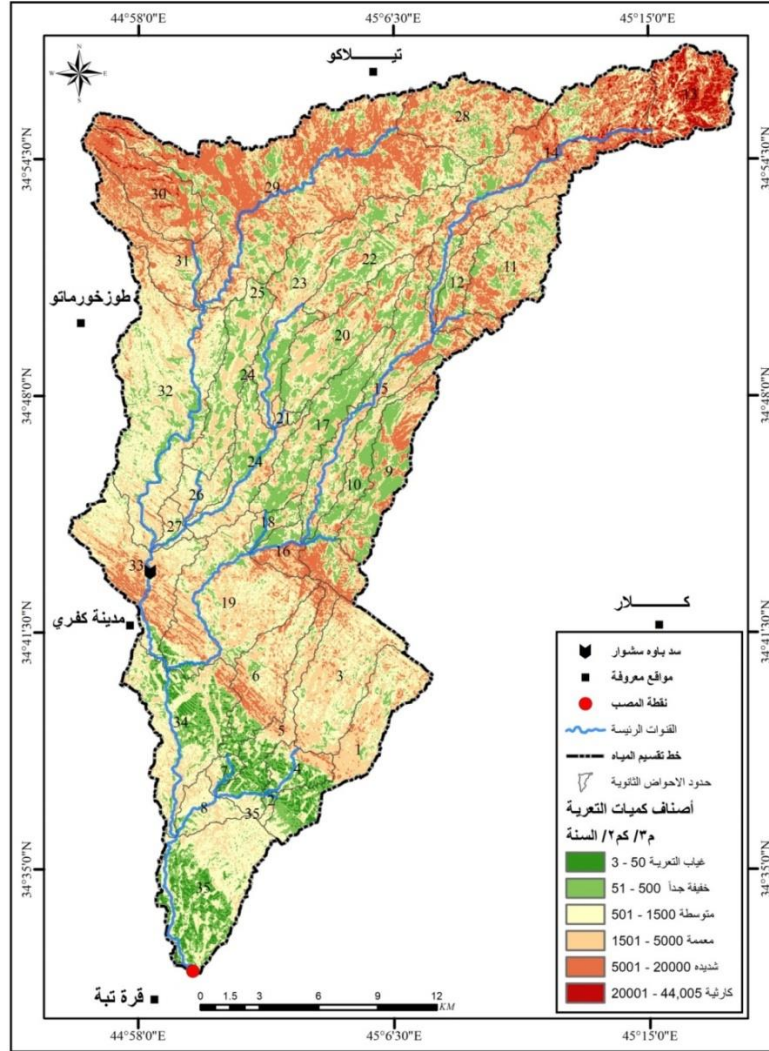
المصدر: اعتماداً على معادلة جافرلوفيك للتعرية المائية.

- دمج معامل (Z) مع العوامل المناخية (H,T)، وفق المعادلة المذكورة في الشكل (27)، وذلك للحصول على الإنموج النهائي للتعرية (W). والذي يعد إنموجاً شاملاً لأنه يأخذ بنظر الاعتبار جميع العوامل التي تحد أو تزيد من عمليات التعرية، لذا امكن دمج معامل Z النوعي مع الظروف المناخية وهي الامطار والحرارة ليخرج بكميات تعرية تقاس بالمتر المكعب في الكيلو متر المربع في السنة (م³/كم²/سنة). ولقد صنف جافرلوفيك النتائج الى ستة أصناف وكما في الجدول (8).

جدول (8) أصناف ومساحات قيم (W) للتعرية الكمية

النسبة %	مساحة/كم ²	كميات التعرية /م ³ كم ² السنة	المصطلح باللغة الانكليزية	أنواع التعرية	ت
2.07	13.5	اقل من 50	weak	ضعيف	1
19.69	128.8	50-500	slight	طفيفة	2
28.27	184.9	500-1500	moderate	متوسطة	3
29.93	195.7	1501-5000	severe	شديده	4
18.07	118.2	5001-20000	Very severe	شديده جداً	5
1.97	12.9	20001 فأكثر	catastrophic	كارثية	6
100.0	654.0				المجموع

Gavrilovic Z, Stefanovic M, Milojevic M, Cotric J (2006).



خريطة (3) كميات التعرية لإنموذج (W) المائية في منطقة الدراسة

المصدر: اعتماداً على معادلة جافرلوفيك للتعرية المائية.

وخلاصة ما تقدم يتضح ما يلي: -

- أن المنطقة المعرّاة بنسبة (50%) من مجموع أراضيها، مما يدل على سيادة التضرر الناتج عن التشكيل التكتوني من جهة وتطرف المناخ من جهة أخرى. لقد قادت هذه الحقيقة الى قلة الوحدة الإنتاجية الزراعية الصالحة للزراعة التي يمتلكها الفلاح.
- شكلت الأراضي الصالحة للزراعة والتي تتصف بضعف عمليات التعرية والبالغة (21.7%) وهذا يعني بأن المنطقة ذات محدودية في اعالة التزايد السكاني الحاصل فيها والمعتمد على الإنتاج الزراعي.

- تحتاج المناطق ذات التعرية المتوسطة والبالغة (28.3%) فأنها تحتاج الى معالجات فنية وإدارية في استثمارها عدا الترب المزيجية الواقعة في بطون اوديتها والتي قد استثمرت بالزراعة الدائمة والاروائية. ولذا فقد انتشرت القرى على طول الروافد الرئيسة الموجودة في المنطقة بسبب توفر هذه الأراضي سواء كانت خفيفة التعرية او متوسطة.

- تتميز الاحواض الواقعة في إقليم الطيات الواطئة جيولوجياً وشبه الجبلي جغرافياً تتميز بصفات انتقالية ذات حساسية شديدة في تدهور التربة وتسارع في عمليات التصحر. ولذا فأنها تحتاج الى إدارة كفؤة في احداث التنمية المستدامة ومعالجة المناطق المتضرسة عن طريق انشاء محميات رعوية والقيام بإعادة اعمار الأراضي المتدهورة عن طريق تشجير المناطق المتضرسة بالغطاء النباتي الرعوي من جهة وانشاء غابات للاستفادة للسفرات السياحية الشعبية من جهة أخرى.

8. بناء إنموذج التعرية باستخدام المنطق المضرب:

Constructing the models of erosion using the F.L

يعرف المنطق المضرب على انه منظومة منطقية تقوم على تعميم للمنطق التقليدي ثنائي القيم، وذلك للاستدلال في ظروف غير مؤكدة.

ويهدف استخدم المنطق المضرب الى تحويل الدوال والاحكام الرياضية التي تسمح بحساب القيم الوسطى بين الحقيقة المطلقة والنفي المطلق والتي تتراوح بين (0_1)، اذ يوفر المنطق المضرب طريقة بسيطة للحصول على استنتاجات محددة من معلومات غير دقيقة وغامضة (مبهمة) وبمعنى اخر ان المنطق المضرب يحاكي حالات اتخاذ القرارات لدى الانسان مقرونة بالمحاولات لإيجاد حلول دقيقة من بيانات دقيقة وتقريبية⁽⁶⁾.

وبناء على ما تقدم سيتم تصميم إنموذج للتعرية المائية والذي هو عبارة عن إنموذج رياضي يتم بناؤه اعتمادا على مفاهيم مأخوذة من نظرية المجموعات المضببة (Theory Sets Fuzzy)، اذ يوصف النظام من خلال العلاقات القائمة بين المدخلات (Inputs) والمخرجات (Outputs) على شكل قواعد معينة. إذ يتألف الإنموذج المضرب من مجموعة قواعد (Rules) يتم من خلالها توصيف النظام، وعادة يكون الإنموذج المضرب مرناً (Flexible) وذا تركيب رياضي واضح يصف العلاقات المترابطة بين المدخلات والمخرجات من اجل المعالجة.

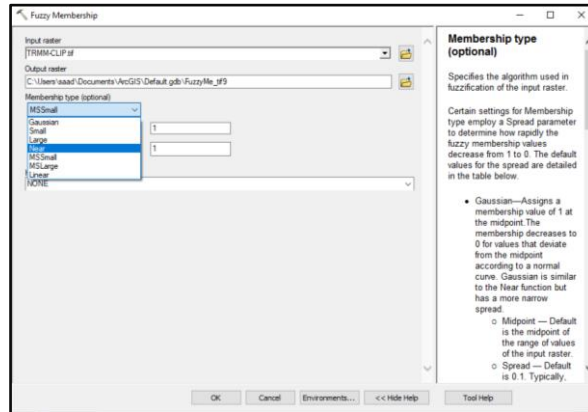
8-1. مراحل بناء الإنموذج الضبابي المقترح:

يمر المنطق الضبابي بمراحل عدة للوصول الى النتائج، بدءاً من مرحلة تضبيب البيانات (Fuzzification) مروراً بإخضاعها لقواعد الاستدلال (Inference) والدمج (Composition) ثم ازالة التضبيب (Defuzzification) وانتهاءً بإخراجها وفقاً للقواعد المضببة (IF-Then)، ليتم تحقيق الأهداف المرسومة من استخدام هذا الإنموذج.

8-2. مرحلة التضييب Fuzzification:

تُعد المرحلة الأولى في بناء الإنموذج المضبيب وتتم فيها تحويل المدخلات الى مدخلات مضببة من خلال استخدام دوال عضوية والتي تكون قيمها محصورة بين (0-1). وتتضمن تحديد دوال العضوية لمتغيرات الدخل لتحديد درجة الحقيقة في كل قاعدة.

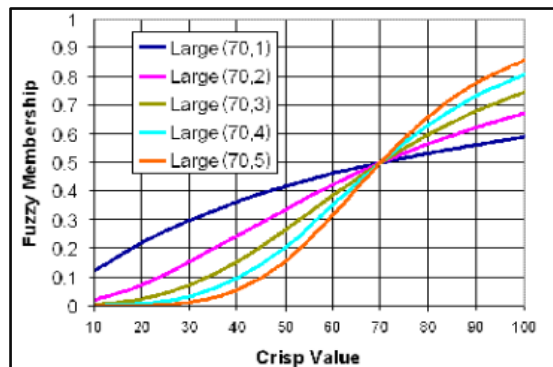
هنالك العديد من الدوال العضوية الموجودة داخل بيئة برنامج (ARC GIS) وكما في الشكل (10)، الا انه تم استخدام الدالتين فقط هما دالتي (MS small و MS large) وذلك بعد اجراء سلسلة من الاختبارات الأولية على أنواع الدوال العضوية الموجودة ضمن بيئة البرنامج واتضح بان من بين أرجح الدوال التي يمكن ان تعمل على قيم البيانات الخلية في التعرية المائية هما هاتين الدالتين، وذلك لتحويلهما البيانات بين (0-1)، اعتماداً على قيم البيانات الخلية. اذ يتم تحويلها اعتماداً على درجة مساهمتها في التعرية فالبكسلات التي تكون قيمها عالية وزيادته قيمها يقابله زيادة في كميات التعرية كالأمطار. لهذا يتم استخدام دالة (MS large) لأنها تقوم بإعطاء العضوية الأكبر للقيم الأكبر أي تكون عضويتها (1)، اما إذا كانت قيم البكسلات عالية لكنها تساهم بشكل عكسي في التعرية أي تعمل على تقليل التعرية كالغطاء النباتي، فهنا يتم استخدام دالة (MS small) لأنها تقوم بإعطاء القيم الكبرى من البكسلات درجة عضوية اقل أي اقترابها من (0).



شكل (10) أنواع الدوال العضوية ضمن بيئة برنامج ARC GIS

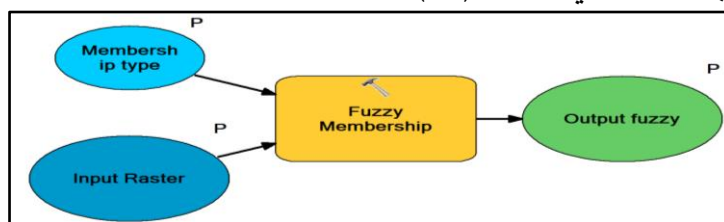
المصدر: اعتماداً على صندوق الأدوات Toolbox في برنامج Arc MAP 10.6.1.

تعتمد هاتين الدالتين في تعريف البيانات اعتماداً على المتوسط الحسابي (mean) والانحراف المعياري (standard deviation) أي قياس مدى انحراف القيم عن المعدل. وكما في الشكل (11).



شكل (11) الية عمل دالتي Fuzzy MS Large و Fuzzy MS Large

وتم تصميم إنموذج يقوم على تحويل جميع مؤشرات (EPM) وفق دالة عضوية متوافقة ليتم تحويل قيمها بين (1_0) وفقاً لعضويتها. وكما في الشكل (12).

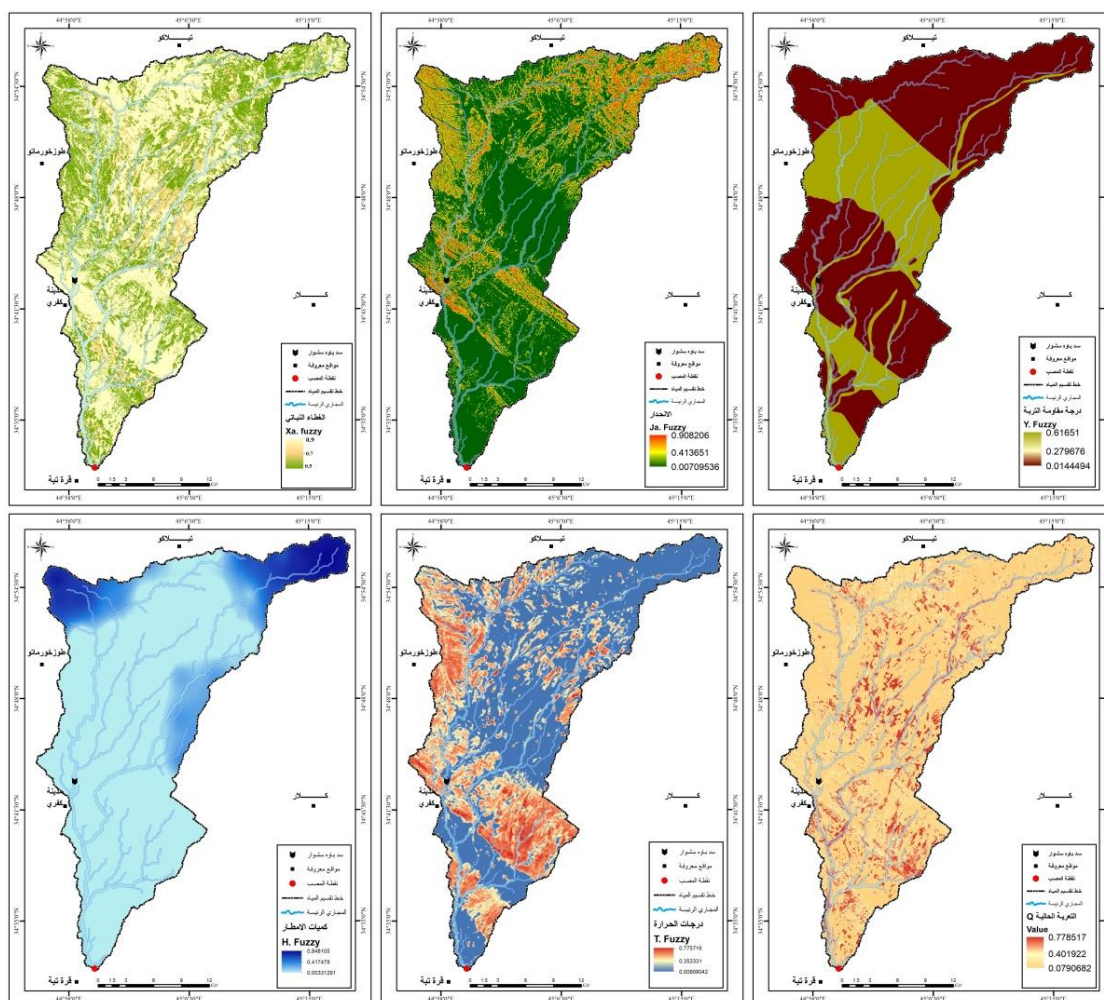


شكل (12) إنموذج تضبيب مؤشرات التعرية وفق EPM

المصدر: اعتماداً على model builder باستخدام برنامج Arc GIS10.6.1.

3-8. مرحلة الاستدلال Inference:

وهي المرحلة التي تتضمن تحديد نتيجة كل قاعدة لوحدها، ومدخلاتها مخرجات الخطوة السابقة، أما مخرجات هذه الخطوة في القيمة المستنتجة لمخرجات كل قاعدة من تطبيق قواعد الاستدلال. وفي هذه الخطوة سيتم تحديد قيم المؤشرات والتي تم تحويلها في الخطوة السابقة، وأمكن تجميعها في الشكل (13).

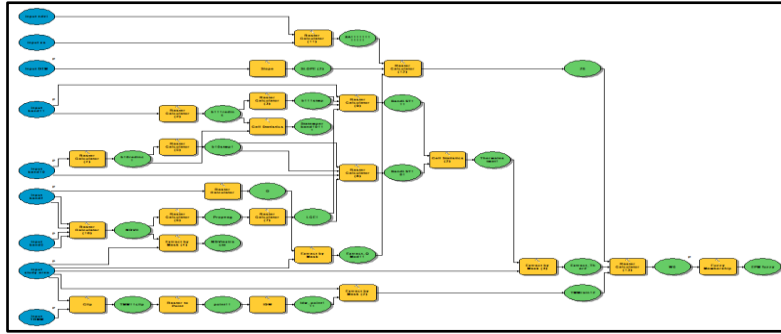


شكل (13) تطبيق مرحلة الاستدلال على مؤشرات التعرية المائية وفق إنموذج EPM

المصدر: اعتماداً على تطبيق إنموذج التضبيب، باستخدام برنامج Arc GIS10.6.1.

4-8. مرحلة الدمج Composition :

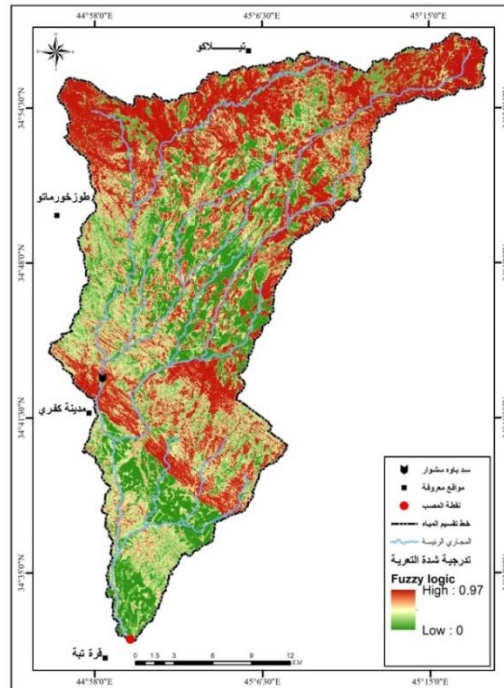
وهي المجموعة التي تمتلك عناصرها درجة عضوية مستمرة وهذه المجموعة يتم تمييزها بدالة عضوية خصصت لكل عنصر درجة عضوية مداها بين الصفر والواحد. ولتكن X مجموعة شاملة تحتوي على جميع العناصر التي تهتم بالتطبيقات الحالية والتي يرمز لها بـ X ولتكن A مجموعة جزئية مضببة من X . وتعني التوصل إلى نتيجة واحدة لكل القواعد من خلال دمج نتائج القواعد الفرعية. وفي هذه المرحلة سيتم دمج العوامل أو المؤشرات المؤشرة على التعرية وفق معادلة جافرلوفيك. وتم بناء أداة خاصة لهذا الغرض وكما في الشكل (14).



شكل (14) إنموذج EPM المضبب للتعرية المائية

المصدر: اعتماداً على model builder باستخدام برنامج ARC GIS10.6.1 .

وتظهر نتائج تطبيق الإنموذج في الخريطة (4)، اذ توضح تدرجية شدة التعرية، فالمناطق التي تقترب قيمها من (1) هي مناطق ذات تعرية شديدة، اما المناطق التي تقترب من (0) فهي مناطق ذات تعرية خفيفة.

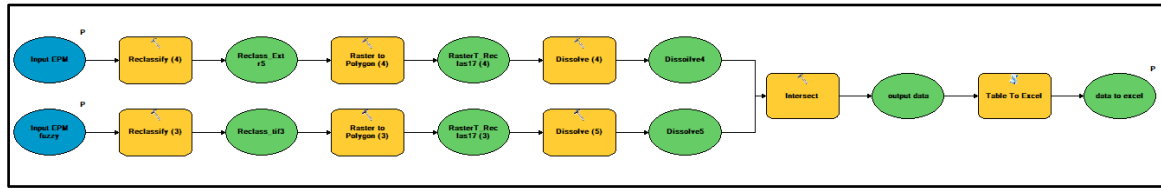


خريطة (4) إنموذج (EPM) المضبب لتدرجية شدة التعرية في منطقة الدراسة

المصدر: اعتماداً على تطبيق إنموذج EPM FUZZY باستخدام برنامج ARC GIS10.6.1 .

ولإزالة التضبيب وموائمة النتائج في إنموذجي (EPM و EPM fuzzy) فقد تم عمل مطابقة رقمية لمعرفة درجة الارتباط بين الإنموذجين. لذلك تم تصميم إنموذج يعمل على مطابقة النتائج وتصديرها الى برنامج

(Excel) لاستخراج درجة الارتباط بين نتائجهما، وذلك من خلال تقسيمهما الى ستة أصناف في برنامج (ARC GIS). أي معرفة مدى توافق الأصناف فيما بينهما، وكما في الشكل (15).



شكل (15) إنموذج المطابقة الرقمية لاستخراج درجة الارتباط بين إنموذجي (EPM و EPM fuzzy)

المصدر: اعتماداً على model builder باستخدام برنامج ARC GIS 10.6.1.

والجدول الاتي يظهر نتائج المطابقة الرقمية لنتائج الإنموذجين على مستوى ستة فئات. إذ أظهرت النتائج درجة ارتباط طردية بلغت (0.899)، بمعنى ان (90) %، متشابهان في النتائج. لذا سيتم الاعتماد على إنموذج (EPM) في الفصل الخامس كونه يعمل على كميات التعرية ومخاطرها. اما المنطق المضرب فسيتم استخدامه في تقييم حالة المنطقة هل هي ذات خطورة عالية ام متوسطة ام خفيفة.

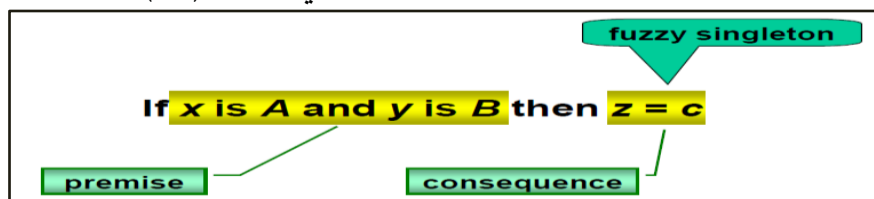
جدول (9) نتائج المطابقة الرقمية بين إنموذجي EPM و EPM fuzzy.

EPM fuzzy	EPM	ID	EPM fuzzy	EPM	ID
0.6	5000	17	0.1	50	1
0.6	5000	18	0.1	50	2
0.6	5000	19	0.1	50	3
0.6	5000	20	0.3	500	4
0.6	5000	21	0.3	500	5
1	20000	22	0.3	500	6
1	20000	23	0.3	500	7
1	20000	24	0.3	500	8
1	20000	25	0.4	500	9
1	20000	26	0.5	1500	10
1	30000	27	0.5	1500	11
1	30000	28	0.5	1500	12
1	30000	29	0.5	1500	13
1	30000	30	0.6	1500	14
1	30000	31	0.5	1500	15
0.898624		الارتباط	0.6	5000	16

المصدر: اعتماداً على تطبيق إنموذج المطابقة الرقمية للإنموذجين.

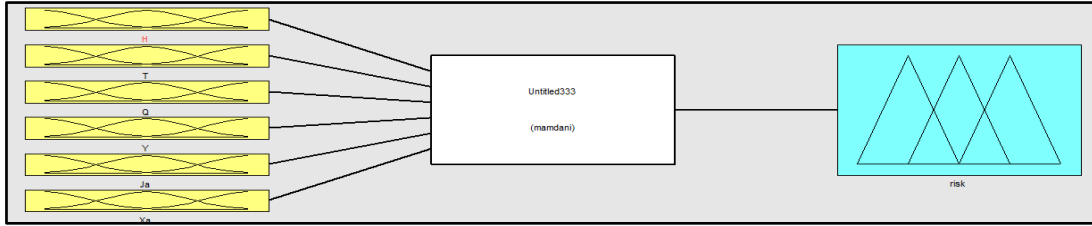
5-8. قواعد المنطق الضبابي IF-Then :

وهي عبارة عن مجموعة من القوانين او العبارات الشرطية المكونة، فالجزء الأول يمل الشرط IF اما الجزء الثاني فانه يمثل النتيجة او جواب الشرط Then⁽⁷⁾. وكما في الشكل (16).



شكل (16) كيفية عمل قواعد المنطق الضبابي

ولتصميم قواعد المنطق المضبب في هذا الإنموذج فقد تم استخدام برنامج الـ Matlab كأداة برمجية كونه يحتوي على مجموعات من الدوال الخاصة ضمن صندوق أدوات المنطق الضبابي (Fuzzy Logic Toolbox). فضلاً عن استخدام مكتبته الخاصة بالمنطق المضبب، وتم اعتماد أحد أنواع أنظمة الاستدلال المضبب وهو إنموذج مامداني (Mamdani) كونه يعمل بشكل أساسي لإعطاء القيمة اللغوية الأكثر وصفاً للعملية قيد البحث فضلاً عن كون دوال العضوية في هي من النوع المتغير وليس الخطي. تم تقسيم القيم اللغوية التي تمثل مستويات الدوال العضوية لستة من معلمات الإنموذج المقترح، وذلك لتحديد درجة الخطورة للتعرية المائية وكما موضح في الشكل (17).



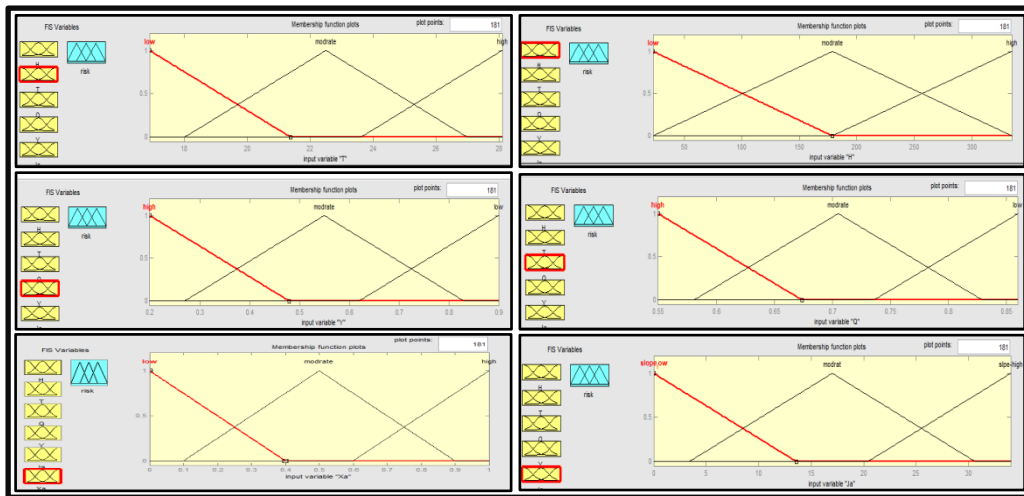
شكل (17) طريقة بناء الإنموذج المضبب باستخدام برنامج Matlab

المصدر: اعتماداً على برنامج Matlab.

فالمستوى الأول يصف القيم اللغوية والمتمثلة بالمنخفضة (Low) والمستوى الثاني فهو لمدى القيم اللغوية المتوسطة (Middle)، والمستوى الثالث لمدى القيم اللغوية المرتفعة (High)، وب نفس الأسلوب تم وصف بقية المتغيرات.

أما في مرحلة تضبيب المدخلات في هذا البرنامج فيتم اللجوء الى تحويل المدخلات الرقمية الى متغيرات لغوية، وذلك بإعطاء تعابير لفظية مع تحديد المجال الرقمي لكل تعبير بشكل مستقل كأن نقول ان التعرية تكون خطرة جداً إذا تجاوزت قيمها (1501) وكما يظهر تابع هذا الانتماء في الشكل (18).

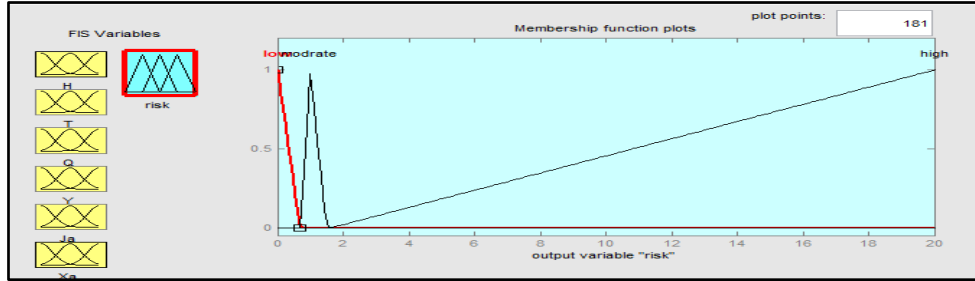
وقد تم تضبيب العوامل كلها فمؤشر (y) ينحصر ما بين (0.2_0.9)، ومؤشر (Ja) بين (0_34)، ومؤشر (Xa) ينحصر بين (0.5_0.9)، ومؤشر (ø) بين (0.55_0.86)، ومؤشر (T) بين (9.16_28.1) ومؤشر (H) بين (23_334.5)، وكما موضح في الشكل (47).



شكل (18) دوال توابع الانتماء لجميع العوامل مع المخرجات

المصدر: اعتماداً على برنامج matlab2013 وعوامل التعرية.

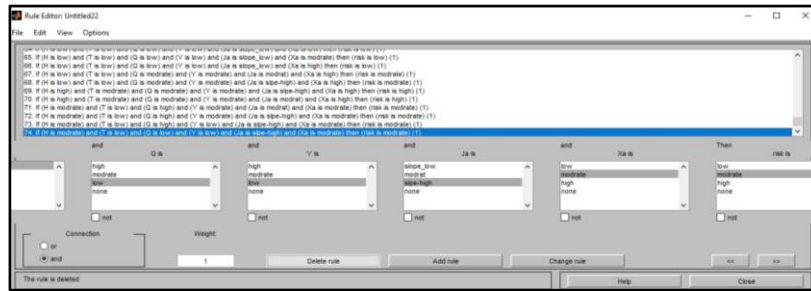
وفي مرحلة تضبيب المخرجات يتم اللجوء الى تحويل المخرجات اللغوية المستخرجة من القواعد الى قيم رقمية وذلك بإعطاء تعابير لفظية لها مع تحديد المجال الرقمي لكل تعبير بشكل مستقل كأن نقول ان خطورة التعرية ضعيفة إذا بلغت بأقل من (500)، وقد تم إعطاء رقم مجرد من الالاف يتراوح بين (0_20000) وتم تحويله الى (0_20) ليتم تسهيل قراءته وكما في الشكل (19).



شكل (19) تابع دالة انتماء مخاطر التعرية

المصدر: اعتماداً على برنامج matlab2013 وعوامل التعرية.

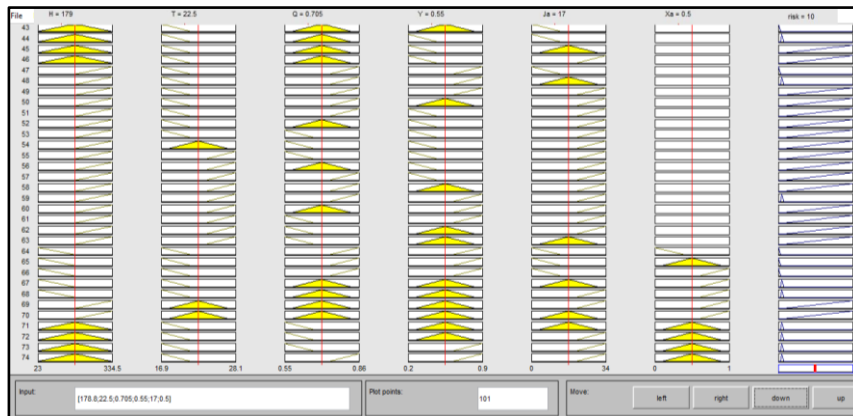
فالقيم التي تراوحت بأقل من (0.5) بمعنى (500) هي خطورة ضعيفة، اما القيم التي تتراوح بين (0.51_1.50) بمعنى (500.1_1500) هي خطورة متوسطة، اما القيم التي تراوحت فوق (1.51) بمعنى (1501) وذات خطورة عالية. والشكل (20) يوضح قواعد الاستدلال (Rule evaluations) التي تم استخدامها في إنموذج الدراسة والتي يتم صياغتها على شكل مجموعة من قواعد If – Then.



شكل (20) قواعد If – Then المستخدمة في الإنموذج المقترح

المصدر: اعتماداً على برنامج matlab2013 وعوامل التعرية.

ويوضح الشكل (21) الواجهة التي تظهر النتيجة النهائية ممثلة بتتابع انتماء المدخلات لـ (74) حالة مدروسة من قاعدة الاستدلال (الاعمة مرتبة بحسب العوامل المؤثرة على التعرية) مع العمود الايسر الذي يمثل النتيجة النهائية لخطورة التعرية.



شكل (21) نافذة حوسبة القواعد المنطقية المستخدمة في تقييم الحالات المطروحة

المصدر: اعتماداً على برنامج matlab2013 وعوامل التعرية.

ولتحديد درجة الخطورة باستخدام المنطق المضرب تم الاعتماد على القيم الموجودة في العوامل المؤثرة على التعرية والمستخرجة وفق الدالتين العضويتين (MS small و MS large)، إذ تم اخذ ثلاث قيم من كل عامل وهي القيمة العليا والقيمة المتوسطة والقيمة الصغرى والتي تم إعطاؤها وفقاً للدالة العضوية، ومن ثم يتم استخراج اقل قيمة لكل قاعدة من جميع العوامل اعتماداً على معادلة استخراج قيمة القاعدة والتي تنص على:

$$\text{Rule}_1: m_1 = \min(\mu_{A_1}(x_0), \mu_{B_1}(y_0))$$

اي اخذ اقل قيمة لكل العوامل.

بعد ذلك نقوم بضرب اقل قيمة مستخرجة من جميع العوامل بقيمة القاعدة وكما في الجدول (10).
فالقاعدة الأولى تنص إذ كانت كل القيم عالية فالتعرية عالية أي رقم (3) أي ان (0.780) يضرب في قيمة القاعدة (3)، اما إذ كانت العوامل منخفضة فتكون درجة الخطورة (1) فتضرب القيمة (0.003) في (1) وكما في المعادلة التالية⁽⁸⁾:-

$$\begin{aligned} \text{Conclusion of rule}_1: c'_1 &= m_1 \cdot c_1 \\ \text{Conclusion of rule}_2: c'_2 &= m_2 \cdot c_2 \end{aligned}$$

اما في حالة استخراج قيمة درجة الخطورة النهائية باستخدام المنطق المضرب فيتم استخدام المعادلة التالية:

$$c' = \frac{\sum_{i=1}^n c'_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

وذلك من خلال جمع قيم الاستنتاج (Conclusion)، ومن ثم تقسيمها على مجموع قيم اقل قيمة (min)، والموضحة في الجدول (10).

جدول (10) الية استخراج مخاطر التعرية اعتماداً على قيم المنطق المضرب

الاستنتاج Conclusions	اقل قيمة للعوامل min	التعرية الحالية Q	النبات Xa	قابلية التربة Y	الانحدار Ja	الحرارة T	الامطار H	القاعدة
0.003	0.003	0.08	0.5	0.015	0.01	0.009	0.003	Rule 1
1.05	0.350	0.4	0.7	0.28	0.41	0.35	0.42	Rule 2
3.9	0.780	0.78	0.9	0.62	0.91	0.78	0.85	Rule 3
4.953	1.133							المجموع

المصدر: اعتماداً على قيم العوامل باستخدام برنامج matlab2013.

بلغت درجة الخطورة النهائية (4.953) وهي درجة عالية جداً اعتماداً على عدد الأصناف المؤثرة في الجدول والتي هي بمثابة قواعد وكانت النتيجة عالية جداً. فإذا كانت درجة الخطورة قريبة من (1) فالخطورة ضعيفة، في حين تكون الخطورة متوسطة إذ اقتربت من (2).

الاستنتاجات conclusions

- إن إنموذج (EPM) من أكثر الطرق تفسيراً لمخاطر التعرية كونه يعمل على مستوى البكسل ويأخذ بنظر الاعتبار جميع العوامل التي تزيد او تحد من التعرية. وعند تطبيق هذا النموذج اتضح بأن

هناك ستة أصناف لمخاطر التعرية تتدرج من المناطق الشمالية باتجاه الجنوبية اخذة بنظر الاعتبار بطون الاودية وسهولها الفيضية.

- ان لبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية القدرة على تصميم وبناء نماذج لمخاطر التعرية المائية، اعتماداً على الجبر البولوني (Boolean Algebra)، في بيئة برنامج (ARC GIS)، وهدفها الدقة في النتائج أولاً، وتهيئة الخطوة الأولى لتصميم برنامج بهذا الخصوص ثانياً، ودعم الجهات المعنية بهذه النماذج للتخطيط ثالثاً.
- تمكنت الدراسة من تصميم امتداد في بيئة برنامج (ARC GIS)، يحتوي على العديد من الأدوات الخاصة باستخراج جميع مؤشرات التعرية (H, T, Ja, Y, Q, Xa)، كما تمكنت الدراسة من دمج هذه المؤشرات وفق معادلة جافرلوفيك للحصول على الأداة النهائية (EPM) والتي تعمل على استخراج درجات التعرية نوعياً وكمياً، وقد تم اختبار هذا النموذج احصائياً باستخدام الانحدار الخطي المتعدد للتأكد من دقته. كما عملت الدراسة على تصميم أدوات تحويليه من أهمها المطابقة الرقمية وتحويل نتائج (EPM) الى مستوى الاحواض الثانوية.
- اثبت المنطق المضرب كفاءة عالية في قياس شدة مخاطر التعرية المائية بشكل عام. والملاحظ عند تطبيقه على برنامجي (ARC GIS) وبرنامج (Matlab) ان المنطقة بأكملها العام تعاني من خطر للتعرية المائية بنسبة (4.953) وهي نسبة عالية جداً مقارنة بعدد أصناف المخاطر وفق المنطق المضرب والبالغة (3).

التوصيات Recommendations

- استخدام نموذج (EPM) لتقدير مخاطر التعرية المائية في المشاريع الاستشارية ضمن المناطق الجبلية وشبه الجبلية، كونه من أكثر الطرق دقة لأنه يقدر حجم التعرية على مستوى البكسل.
- تصميم برنامج خاص لقياس كميات التعرية بالطرق المختلفة، تدخل فيه إجراءات أخرى كالقياسات الحقلية والتحليل المختبرية مستخدماً فيها المنطق المضرب وذلك لحله العديد من المشاكل في التصنيف أي انتماء العنصر لصنف معين.
- العمل على بناء إنموذج لمعادلة (I.T.C) لقياس نوعية التعرية في المناطق الجافة وشبه الجافة، كونها من الطرق النوعية التي لم تخضع لدراسة تفصيلية دقيقة.

قائمة الهوامش:

(1) Longley; et al. Geographic Information Systems and Science. John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-470-72144-5 pp. 414-7.

(²) <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8>.

(3) <https://trmm.gsfc.nasa.gov>.

(4) جمال شعوان وآخرون، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التقييم الكمي للتعرية المائية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية سايس_فايس، مختبر EPM بحوض أمزاز (الريف لأوسط) من خلال نموذج جافرلوفيك الدراسات الجغرافية والتهيئة الكارتوكرافيا، المؤتمر الثالث، مجلة جغرافية المغرب، مجلد 28، عدد 1_2، 2013، ص 80.

(5) Calculating Brightness Temperature using Landsat-8, Using SAGA GIS, IGET_SA_004, department of science and technology, ministry of science and technology, governorate of India, p1-7.

(6) Nedeljkovic . I. Image classification Based on Fuzzy logic, Map soft ltd , Zahumska2A6, Belgrade, 2002.p1.

(7) Hans W. Guesgen, Jochen Albrecht and Ste Grundner,(2000), Erosion Modeling in a Raster-Based GIS with Fuzzy Logic, University of Auckland, Auckland, New Zealand, P2.

(8) Wolfgang Kainz(2002), Fuzzy logic and GIS, Department of Geography and Regional Research, University of Vienna, Austria, p16.

المصادر باللغة اللاتينية:

- 1) jamal shuewan wakhrwna, tawzif alaistishear ean baed wanuzim almaelumat aljughrafiat fi dirasat altaqyim alkamiyi liltaeriat almayiyat bihawd 'amzaz (alriyf li'uwst) min khilal namudhaj jafirlufik EPM, kuliyyat aladab waleulum al'iinsaniat says_ fays, mukhtabar aldirasat aljughrafiat waltahiyat alkartukrafia, almutamar alththalith, majalat jughrafiat almaghribi, mjld28, eadad 1_2, 2013, s80.

قائمة المصادر باللغة الأجنبية :

1. Calculating Brightness Temperature using Landsat-8, Using SAGA GIS, IGET_SA_004, department of science and technology, ministry of science and technology, governorate of India.
2. Hans W. Guesgen, Jochen Albrecht and Ste Grundner,(2000), Erosion Modeling in a Raster-Based GIS with Fuzzy Logic, University of Auckland, Auckland, New Zealand.
3. <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8>.
4. <https://trmm.gsfc.nasa.gov>.
5. Longley; et al. Geographic Information Systems and Science. John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-470-72144-5.
6. Nedeljkovic . I. Image classification Based on Fuzzy logic, Map soft ltd , Zahumska2A6, Belgrade, 2002.
7. Wolfgang Kainz(2002), Fuzzy logic and GIS, Department of Geography and Regional Research, University of Vienna, Austria.