التحليل المكاني لعلاقة الانحدارات الأرضية بالتعرية المائية باستخدام طريقتي التربيعات الصغرى العادية (OLS) وطريقة الإنحدار الموزون جغرافياً (GWR) في برنامج ArcGIS Desktop

– دراسة مقارنة بين الطريقتين –

أ.م.د. ناهض هاتف محمد
جامعة بغداد – كلية الآداب
قسم الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية
nahdh@coart.uobaghdad.edu.iq

المستخلص:

في ظل تطور تقنيات البحث العلمي وأدواته خصوصاً ما يسمى بالتحليل المكاني الاحصائي الذي وفرته برامج نظم المعلومات الجغرافية ، اصبح لزاماً على الباحث الجغرافي اتباع هذه الاساليب والتقانات للوصول الى الحقائق المتعلقة بالبحث العلمي للإجابة عن التساؤلات البحثية ، ومنها علاقات الارتباط والتي سيتم اختبارها في هذا البحث بين درجة الانحدار والتعرية المائية باستخدام طريقتي التربيعات الصغرى العادية (OLS) وطريقة الانحدار الموزون جغرافياً (GWR) في برنامج ArcGIS Desktop لحوض ديوانه الواقع في ناحيتي قره داغ و دربندخان ضمن محافظة السليمانية من العراق، ويهدف البحث الى اثبات وتوضيح الفرق بين الطريقتين لقياس علاقة الارتباط في الدراسات الجغرافية، ومن اهم نتائج البحث لوحظ وجود فرق واضح بين طريقة تحليل الانحدار الخطي بطريقة التربيعات الصغرى العادية وطريقة تحليل الانحدار الموزون جغرافياً، اذ ان الطريقة الأولى (OLS) لا تراعي التباينات المحلية داخل منطقة الدراسة ولا تعطي وزناً للمساحة أو الى أي عنصر مرجح آخر له تأثير في نتائج التحليل، أي انها تعطي انطباعاً عاماً لنوع العلاقة بين المتغيرات المستقلة ومدى تأثيرها بالمتغير التابع، على العكس من الطريقة الثانية (GWR) التي تراعي التباينات المحلية الداخلية لمنطقة الدراسة، فضلاً

عن امكانيتها لإعطاء اوزان تُرجح بعض العناصر الداخلة في عملية التحليل. اذ تباينت نسب القيم المسجلة للفئات الثلاثة للانحراف المعياري للبواقي ويبدو ذلك واضحاً في الفئة الوسطى (-٠.٥ – ٠.٥) التي تبين عدم وجود علاقة بين درجة الانحدار من جهة والتعرية المائية من جهة أخرى اذ سجلت فرقاً بلغ (٩.٣%) بين الطريقتين لصالح طريقة (GWR) بمساحة تقدر بـ (١٩٩.٤ كم^{٢}) من مساحة منطقة الدراسة البالغة (٦٠١.٢ كم^{٢}) أي بنسبة (٣٣.٢%) من مساحة منطقة الدراسة (حوض ديوانه) لا تسجل علاقة تذكر بين التعرية المائية ودرجة الانحدار. ووجد ايضاً ان حساب قيم التعرية المائية بطريقة (Bergsma) لا تعطي نتائج دقيقة لقياس شدة التعرية بصورة عامة ولا تسجل علاقة قوية مقارنةً بدرجة الانحدار من ناحية أخرى. وهذا راجع الى عدم اعتماد طريقة (Bergsma) في حساب التعرية المائية على المراتب النهرية واعتمادها فقط على اطوال المجاري المائية.

الكلمات المفتاحية: التحليل الاحصائي المكاني– التعرية المائية – الانحدار – حوض ديوانه – OLS – GWR – GIS

١ – المقدمة:

ان بداية استخدام الإحصاء في التحليل الجغرافية في منتصف القرن العشرين قد احدث نقلة نوعية في الفكر والمنهج الجغرافية ليخّلص الجغرافية من الوصف والسرد الذي فتك بها وكاد ان يودي بها الى غير رجعة، ومثلما امدّت الأساليب الاحصائية علم الجغرافية بالحياة وبعثتها من جديد، جاءت نظم المعلومات الجغرافية كتقنية وكعلم لتبعث الروح في علم الجغرافية فلسفةً وفكراً ومنهجاً وتطبيقاً لتجعل منها منافساً للعلوم التي تدّعي الريادة في استخدام التقانات الحديثة، ان نظم المعلومات الجغرافية سواء عدّها الباحث الجغرافي علماً أم تقانة فهي تبقى طوق النجاة الذي سيضمن مستقبل أفضل للجغرافية والجغرافيين، فاذا كانت علماً مستقلاً فالجغرافي أولى بها من غيره لأن ميدان المشكلة الجغرافية وموضوعها هو المكان، وإذا عدينها تقنية أو أداة ، فمن باب أولى على الجغرافي ان يتمكن من تقنياته وأدواته، تعد الجغرافية علم العلاقات فلا يمكن لظاهرة طبيعية أو بشرية أن تتشكل وتتكامل بدون أن تتوافر عدة عناصر لتشكيلها، وتتباين هذه العناصر بين القوة والضعف بحسب طبيعة الظاهرة الجغرافية المدروسة وطبيعة عناصرها المكونة لها والظروف المحيطة بها، ان مجرد المعرفة العلمية بوجود علاقة ارتباط منطقية بين العناصر المكونة لظاهرة معينة قد لا تعني شيئاً من الناحية العملية ، وفي ظل تطور تقنيات البحث العلمي وأدواته خصوصاً ما يسمى بالتحليل المكاني الاحصائي الذي وفرته برامج نظم المعلومات الجغرافية ، اصبح

لزاماً على الباحث اتباع هذه الاساليب والتقانات للوصول الى الحقائق المتعلقة بالبحث العلمي للإجابة عن التساؤلات البحثية ، ومنها علاقات الارتباط والتي سيتم اختبارها في هذا البحث بين درجة الانحدار والتعرية المائية باستخدام طريقتي التربيعات الصغرى العادية (OLS) وطريقة الانحدار الموزون جغرافياً (GWR) في برنامج ArcGIS Desktop لحوض ديوانه الواقع في ناحيتي قره داغ و دربندخان ضمن محافظة السليمانية من العراق، ويهدف البحث الى اثبات وتوضيح الفرق بين الطريقتين لقياس علاقة الارتباط في الدراسات الجغرافية.

٢- مشكلة البحث:

٢-١ مشكلة البحث الرئيسة تطرح سؤال مفاده: هل هناك فرق بين طريقة التربيعات الصغرى العادية (OLS) وطريقة الانحدار الموزون جغرافياً (GWR) لحساب علاقة الارتباط وتحليل الانحدار الخطي في الدراسات الجغرافية عن طريق ادوات برامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) التحليلية؟

٢-٢ مشكلة البحث الثانوية تطرح سؤال مفاده: هل ان حساب قيم التعرية المائية بطريقة (Bergsma) تعطي نتائج دقيقة لقياس شدة التعرية بصورة عامة ومقارنةً بدرجة الانحدار من ناحية أخرى؟

٣- فرضية البحث:

٣-١ فرضية البحث الرئيسة تحاول الإجابة على مشكلة البحث الرئيسة بالإجابة: نعم هناك فرق بين طريقة التربيعات الصغرى العادية (OLS) وطريقة الانحدار الموزون جغرافياً (GWR) لحساب علاقة الارتباط وتحليل الانحدار الخطي في الدراسات الجغرافية عن طريق ادوات برامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) التحليلية.

٣-٢ فرضية البحث الثانوية تحاول الإجابة على مشكلة البحث الثانوية بالإجابة: ان حساب قيم التعرية المائية بطريقة (Bergsma) لا تعطي نتائج دقيقة لقياس شدة التعرية بصورة عامة ولا تسجل علاقة قوية مقارنةً بدرجة الانحدار من ناحية أخرى.

٤- المنهجية والبيانات:

٤-١ التصحيح الاحداثي للخارطة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة (حوض ديوانه في محافظة السليمانية)[١].

٤-٢ اشتقاق الحوض والشبكة المائية من نموذج الارتفاعات الرقمي (DEM)[٢]. خريطة (٢).

٤-٣ حساب أطوال الشبكة المائية بالمتر، لكي تتطابق مع متطلبات معادلة بيركسما (E. Bergsma1996)[٣].

٤-٤ رسم شبكة مربعات (Fishnet) تغطي منطقة الدراسة بمساحة (٤ كم^{٢}) للمربع الواحد، لتحقيق متطلبات معادلة Bergsma. خريطة (٣).

٤-٥ استخراج قيم التعرية المائية وفق معادلة Bergsma وعمل خريطة لها. خريطة (٤).

٤-٦ اشتقاق درجة الانحدار من نموذج الارتفاعات الرقمي (DEM) وعمل خريطة له. خريطة (٥).

٤-٧ إعادة تصنيف قيم نتائج التعرية المائية ودرجة الانحدار بصيغة فئات ترتيبية (١،٢،٣) لكي تتلاءم مع متطلبات مدخلات طريقة (OSL وGWR).

٤-٨ عمل تقاطع Intersect لطبقتي الانحدار والتعرية المائية للحصول على طبقة جديدة تحوي على بيانات الطبقتين لغرض تطبيق طريقتي قياس معامل الارتباط على الطبقتين، بإدخال التعرية كمتغير تابع والانحدار كمتغير مستقل، لأن الانحدار الأرضي دائماً ما يتحكم بشدة التعرية. وعمل خريطة لنتيجة التقاطع. خريطة (٦).

٤-٩ استخراج معامل الارتباط بطريقة OSL. خريطة (٧).

٤-١٠ استخراج معامل الارتباط بطريقة GWR. خريطة (٨).

٥- منطقة الدراسة:

يقع حوض ديوانه جنوب غرب محافظة السليمانية، في قضاء السليمانية، ويمتد بين ناحيتي قره داغ ودربندخان، كما مبين في الخريطة (١)، وتبلغ مساحة الحوض (٦٠١.٢١٥٥٨١) كم^{٢}، يحيط الحوض ويتوسطه عدة جبال وسلاسل جبلية تشكل منابع ومغذيات للحوض ويصب في نهر ديالى.

٦- النتائج:

٦-١ نتائج تحليل الانحدار الخطي بطريقة التربيعات الصغرى العادية (OLS)

المربعات الصغرى العادية (OLS) هي أشهر تقنيات الانحدار المعروفة. وهي أيضًا نقطة البداية المناسبة لجميع تحليلات الانحدار المكاني. فهي توفر نموذجًا عالميًا للمتغير أو العملية التي تحاول فهمها أو التنبؤ بها، ويقوم بإنشاء معادلة انحدار واحدة لتمثيل تلك العملية، ويستخدم الانحدار لتقييم العلاقات بين عنصرين أو أكثر من العناصر تبعاً لجدول بيانات خصائصهما. ويتيح للباحث امكانية تحديد العلاقات وقياسها ويوفر فهمًا أفضل لما يحدث في مكان ما، والتنبؤ بمكان حدوث شيء ما، أو البدء في دراسة أسباب حدوث الأشياء في مكان حدوثها.[٤] وان ما يميز هذه الطريقة انها تعطي مؤشراً للعلاقة بين العناصر المدخلة على مستوى كامل منطقة الدراسة ولا تراعي التباينات الداخلية (المحلية) لطبيعة العلاقة بين المتغيرات الداخلة في النموذج.[٥]

وبعد تنفيذ خطوات العمل والمتمثلة بإدخال البيانات ومعالجتها ظهرت لنا النتيجة متمثلة بالخريطة (٥) والتي تمثل الانحراف المعياري للبواقي (Std Residuals) فضلا عن تقرير احصائي يصف مستوى الثقة الإحصائية للعلاقة بين المتغيرين جدول (١).

جدول (١) ملخص التقرير الاحصائي لنتائج (OLS)

Summary of OLS Results - Model Variables

Variable	Coefficient [a]	StdError	t-Statistic	Probability [b]	Robust_SE	Robust_t	Robust_Pr [b]
Intercept	4.338788	0.534579	8.116264	0.000000*	0.526644	8.238557	0.000000*
CLASSES	-0.083838	0.105738	-0.792887	0.430409	0.100872	-0.831132	0.408604

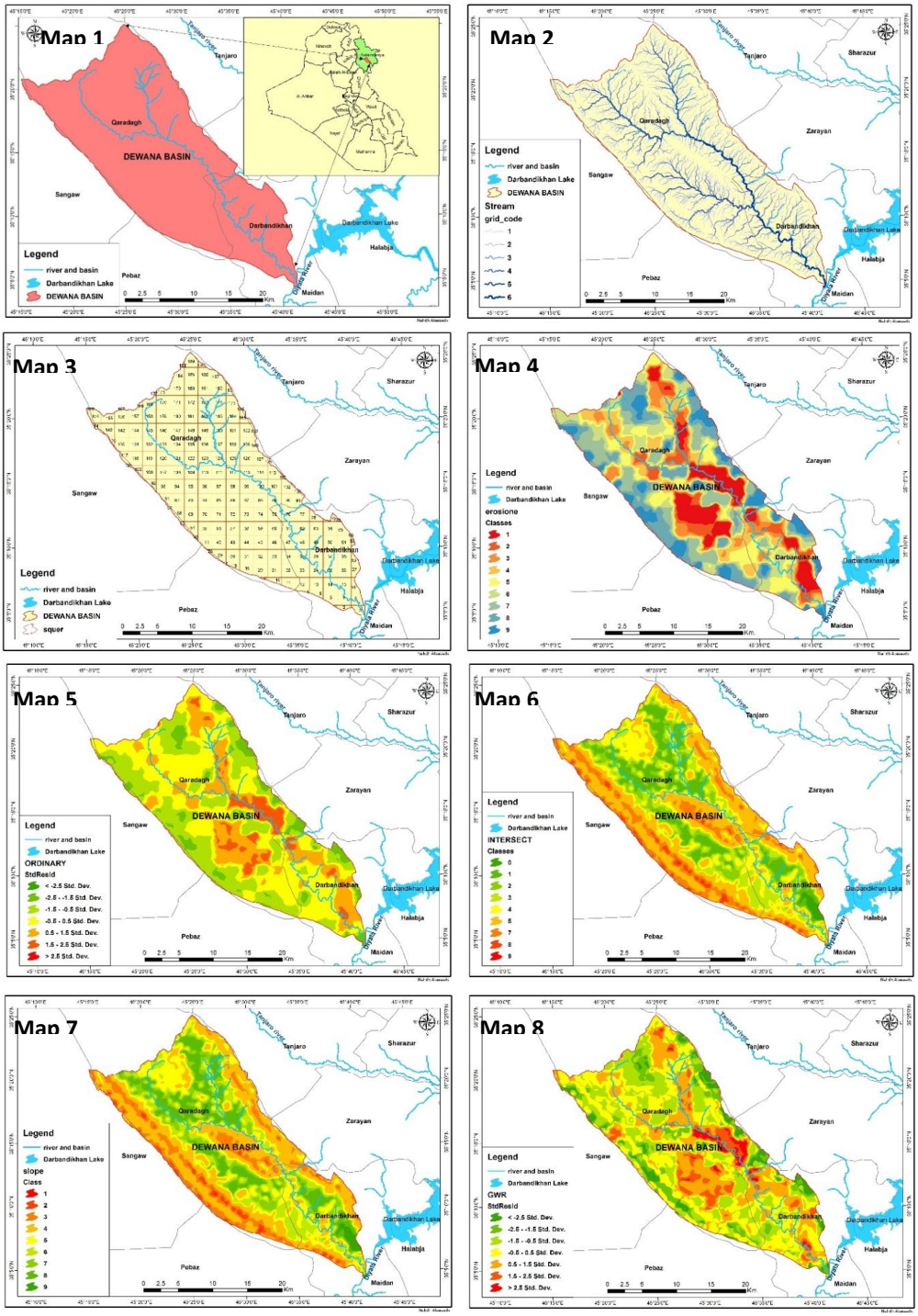
المصدر: ملخص التقرير الاحصائي الناتج من التحليل وفق طريقة (OLS) باستخدام برنامج ArcGIS.

وتفسير قيم الانحراف المعياري للبواقي يشير الى ان القيم الدنيا للفئات والمتمثلة بالقيم السالبة، تعبر عن مناطق العلاقة السلبية بين الانحدار والتعرية المائية (انخفاض شدة التعرية المائية نتيجة انخفاض درجة الانحدار، بينما تشير القيم العليا للفئات والمتمثلة بالقيم الموجبة، والتي تعبر عن العلاقة الإيجابية بين درجة الانحدار والتعرية المائية، أي ان ارتفاع شدة التعرية جاء نتيجة ارتفاع درجة الانحدار، اما الفئة (-٠.٥ – ٠.٥) فتشير الى عدم وجود علاقة بين التعرية المائية ودرجة الانحدار.

ومن خلال جدول الخصائص لنتائج (OLS) وبالتحديد من حقل الانحراف المعياري للبواقي نجد ان الفئات السالبة قد مثلت (٣٢.١%) من القيم بمساحة تقدر بـ (٢١٢.٧ كم^{٢}) من مساحة منطقة الدراسة ، بنسبة (٣٥.٤%) من مساحة منطقة الدراسة، اما الفئة (-٠.٥ – ٠.٥) التي تشير الى عدم وجود علاقة بين التعرية المائية ودرجة الانحدار، فقد مثلت (٣٣.٣%) من القيم التي تشغل ما نسبته (٣٨.٧%) من مساحة منطقة الدراسة بمساحة تقدر بـ (٢٣٢.٧ كم^{٢}) ، أما الفئات بالقيم الموجبة فقد مثلت (٣٤.٦%) من مجموع القيم بمساحة تقدر بـ (١٥٥.٨ كم^{٢}) من مساحة منطقة الدراسة، بنسبة (٢٥.٩%) من مساحة منطقة الدراسة. وهذا مؤشر واضح على ان العلاقة بين درجة الانحدار والتعرية المائية المستخرجة بطريقة (Bergsma) غير قوية جداً، اذ ان (٣٨.٧%) من مساحة منطقة الدراسة لم تسجل وجود علاقة تذكر، وممكن ان يكون ذلك بسبب عدم اعتماد طريقة (Bergsma) على ادخال المراتب النهرية كمدخل في المعادلة، واعتمادها فقط على اطوال مجاري الشبكة المائية بدون مراعاة لمراتبها.

اما فيما يخص التقرير الاحصائي الذي يعطينا نتائج اختبار جودة النموذج المنفذ على منطقة الدراسة من الناحية الإحصائية، بالنظر الى جدول (١) نلاحظ ان قيمة الخطأ المعياري (Std Error) تساوي (٠.٥٣٤) وهي عالية جداً وهذا دليل على عدم دقة النموذج المطبق في حالة الدراسة، أما قوة الخطأ المعياري (Robust_SE) التي بلغت (٠.٥٢٦) وهي قريبة من قيمة الخطأ المعياري والتي تؤكد على عدم قوة النموذج المعتمد (أي عدم قوة العلاقة بين المدخلات)، في حين ان قيمة الاحتمالية

(Probability b) تساوي (٠.٠٠) وهذا مؤشر على ارتفاع مستوى الثقة الإحصائية (المعنوية) لتصل الى (٩٩%) أي ان النتائج موثوق فيها جداً.



المصدر: [1]- وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، شعبة انتاج الخرائط، خريطتي دربندخان وقره داغ، بمقياس ١:١٠٠٠٠٠، لعام ١٩٨٩.

[2]-http://www2.geog.ucl.ac.uk/~ucfafyi/eles/.

٦-٢ نتائج تحليل الانحدار الخطي بطريقة الانحدار الموزون جغرافياً (GWR)

وهو شكل محلي من الانحدار الخطي يستخدم لنمذجة العلاقات المتغيرة مكانيًا، وهو واحد من العديد من تقنيات الانحدار المكاني المستخدمة بشكل متزايد في الجغرافيا والتخصصات الأخرى. يوفر GWR نموذجًا محليًا للمتغير أو العملية التي يراد فهمها أو التنبؤ بها من خلال ملاءمة معادلة الانحدار لكل عنصر في مجموعة البيانات. تقوم GWR ببناء هذه المعادلات المنفصلة من خلال دمج المتغيرات التابعة والتفسيرية(المستقلة) للعناصر التي تقع ضمن عرض النطاق الترددي لكل عنصر هدف، يعتمد شكل وحجم النطاق الترددي على إدخال المستخدم لنوع المتغيرات وطريقة النطاق الترددي والمسافة وعدد معلمات الجوار.[٦]

وبعد تنفيذ خطوات العمل والمتمثلة بإدخال البيانات ومعالجتها ظهرت لنا النتيجة متمثلة بالخريطة (٨) والتي تمثل الانحراف المعياري للبواقي (Std Residuals) فضلا عن تقرير احصائي يصف مستوى الثقة الإحصائية للعلاقة بين المتغيرين جدول (٢).

جدول (٢) ملخص التقرير الاحصائي لنتائج (GWR)

	OID	VARNAME	VARIABLE	DEFINITION
▶	0	Bandwidth	7570.791222	
	1	ResidualSquares	363.062131	
	2	EffectiveNumber	4.950619	
	3	Sigma	2.276608	
	4	AICc	342.2614	
	5	R2	0.399363	
	6	R2Adjusted	0.365489	
	7	Dependent Field	0	Classes_1
	8	Explanatory Field	1	Classes

المصدر: جدول الخصائص الناتج عن التحليل وفق طريقة (GWR) باستخدام برنامج ArcGIS.

وتفسير قيم الانحراف المعياري للبواقي يشير الى ان القيم الدنيا للفئات والمتمثلة بالقيم السالبة، تعبر عن مناطق العلاقة السلبية بين الانحدار والتعرية المائية (انخفاض شدة التعرية المائية نتيجة انخفاض درجة الانحدار)، موزونة (Weight) بمساحة كل فئة من الفئات (أي ان البرنامج يعطي وزن اكبر للمساحة الأكبر وبالعكس) بينما تشير القيم العليا للفئات والمتمثلة بالقيم الموجبة، والتي تعبر عن العلاقة الإيجابية بين درجة الانحدار والتعرية المائية موزونة (Weight) بمساحة كل فئة من الفئات (أي ان البرنامج يعطي وزن اكبر للمساحة الأكبر وبالعكس)، أي ان ارتفاع شدة التعرية جاء نتيجة ارتفاع درجة الانحدار،

اما الفئة (-٠.٥ – ٠.٥) فتشير الى عدم وجود علاقة بين التعرية المائية ودرجة الانحدار بدلالة وزن المساحة المشمولة بهذه الفئة.

ومن خلال جدول الخصائص لنتائج (GWR) وبالتحديد من حقل الانحراف المعياري للبواقي نجد ان الفئات السالبة قد مثلت (26.6%) من القيم بمساحة تقدر بـ (214.4 كم^{٢}) من مساحة منطقة الدراسة ، بنسبة (٣٥.٦%) من مساحة منطقة الدراسة، اما الفئة (-٠.٥ – ٠.٥) التي تشير الى عدم وجود علاقة بين التعرية المائية ودرجة الانحدار، فقد مثلت (٤٢.٦%) من القيم بمساحة تقدر بـ (١٩٩.٤ كم^{٢}) من مساحة منطقة الدراسة ، بنسبة (٣٣.٢%) من مساحة منطقة الدراسة ، أما الفئات بالقيم الموجبة فقد مثلت (٣٠.٧%) من مجموع القيم بمساحة تقدر بـ (١٨٧.٥ كم^{٢}) من مساحة منطقة الدراسة ، بنسبة (٣١.٢%) من مساحة منطقة الدراسة. وهذا مؤشر واضح على ان العلاقة بين درجة الانحدار والتعرية المائية المستخرجة بطريقة (Bergsma) غير قوية جداً، اذ ان (٤٢.٦%) من القيم التي تشغل ما نسبته (٣٣.٢%) من مساحة منطقة الدراسة لم تسجل وجود علاقة تذكر، وممكن ان يكون ذلك بسبب عدم اعتماد طريقة (Bergsma) على ادخال المراتب النهرية كمدخل في المعادلة، واعتمادها فقط على اطوال مجاري الشبكة المائية بدون مراعاة لمراتبها.

اما فيما يخص التقرير الاحصائي الذي يعطينا بعض الحقائق الإحصائية، بالنظر الى جدول (٢) نلاحظ ان قيمة معامل التحديد (R2) –التي تشير الى مدى تأثير درجة الانحدار على التعرية المائية– فقد بلغت (٠.٣٩) وهي قريبة من قيمة معامل التحديد المعدل (R2 Adjusted) والتي بلغت (٠.٣٦) وهذا يعني ان درجة تأثير الانحدارات الأرضية على التعرية المائية في منطقة الدراسة لا تمثل سوى (٣٩%) فقط من مساحة منطقة الدراسة ، وان النسبة المتبقية وهي (٦١%) تفسرها عوامل أخرى غير درجة الانحدار هي المسؤولة عن التعرية المائية في منطقة الدراسة.

٧– النتائج:

من خلال نتائج التحليل وفق الطريقتين (OLS & GWR) يمكن ان نلخص أبرز النتائج بالجدول (٣) التالي:

جدول (٣) ملخص نتائج التحليل وفق الطريقتين (OLS & GWR)

الفئات	نسبة القيم (OSL)	نسبة القيم (GWR)	المساحة كم٢ (OSL)	المساحة كم٢ (GWR)	نسبة المساحة (OSL)	نسبة المساحة (GWR)
السالبة	٣٢.١	٢٦.٦	٢١٢.٧	٢١٤.٤	٣٥.٤	٣٥.٦
-٠.٥-٠.٥	٣٣.٣	٤٢.٦	٢٣٢.٧	١٩٩.٣	٣٨.٧	٣٣.٢
الموجبة	٣٤.٦	٣٠.٧	١٥٥.٨	١٨٧.٥	٢٥.٩	٣١.٢
المجموع	١٠٠	١٠٠	٦٠١.٢	٦٠١.٢	١٠٠	١٠٠

المصدر: جدول الخصائص الناتج من التحليل وفق الطريقتين (OLS & GWR) باستخدام برنامج ArcGIS.

نلاحظ من خلال نتائج التحليل فرقاً واضحاً بين طريقة تحليل الانحدار الخطي بطريقة التربيعات الصغرى العادية وطريقة تحليل الانحدار الموزون جغرافياً، اذ ان الطريقة الأولى (OLS) لا تراعي التباينات المحلية داخل منطقة الدراسة ولا تعطي وزناً للمساحة أو الى أي عنصر مرجح آخر له تأثير في نتائج التحليل، أي انها تعطي انطباعاً عاماً لنوع العلاقة بين المتغيرات المستقلة ومدى تأثيرها بالمتغير التابع، على العكس من الطريقة الثانية (GWR) التي تراعي التباينات المحلية الداخلية لمنطقة الدراسة، فضلاً عن امكانيتها لإعطاء اوزان ترجح بعض العناصر الداخلة في عملية التحليل. ويتضح ذلك من خلال النتائج المبينة في الجدول (٣) اذ تتباين نسب القيم المسجلة للفئات الثلاثة ويبدو ذلك واضحاً في الفئة (-٠.٥ – ٠.٥) التي تبين عدم وجود علاقة بين درجة الانحدار من جهة والتعرية المائية من جهة أخرى اذ سجلت فرقاً بلغ (٩.٣%) بين الطريقتين لصالح طريقة (GWR) وكذلك سجلت فروق كبيرة بين المتغيرات الأخرى المبينة في الجدول (٣).

واثباتاً للفرضية الرئيسة نجد ان هناك فرق بين طريقة التربيعات الصغرى العادية (OLS) وطريقة الانحدار الموزون جغرافياً (GWR) لحساب علاقة الارتباط وتحليل الانحدار الخطي في الدراسات الجغرافية عن طريق ادوات برامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) التحليلية. ويتجلى في ان نتائج طريقة (OLS) هي أكثر تعميماً من طريقة (GWR).

واثباتاً للفرضية الثانوية وجد ان حساب قيم التعرية المائية بطريقة (Bergsma) لا تعطي نتائج دقيقة لقياس شدة التعرية بصورة عامة ولا تسجل علاقة قوية مقارنةً بدرجة الانحدار من ناحية أخرى. وهذا راجع الى عدم اعتماد طريقة (Bergsma) في حساب التعرية المائية على المراتب النهرية واعتمادها فقط على اطوال المجاري المائية.

الهوامش:

[1]- وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، شعبة انتاج الخرائط، خريطتي دربندخان وقره داغ، بمقياس ١:١٠٠٠٠٠، لعام ١٩٨٩.

[2]-http://www2.geog.ucl.ac.uk/~ucfafyi/eles/.

[3]-Eelko Bergsma, Terminology for Soil Erosion and Conservation: Concepts, Definitions, and Multilingual List of Terms for Soil Erosion and Conservation in English, Spanish, French, and German, ISSS, 1996.

[4]- https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-statistics-toolbox/how-ols-regression-works.htm.

[5] - عمر عبد الله القصاب، نظم المعلومات الجغرافية تطبيقات عملية في التحليل الجغرافي باستخدام ArcGIS Desktop، دار نون للطباعة والنشر والتوزيع، العراق، الموصل، الطبعة الأولى،٢٠٢٠، ص١٢٢.

6- ArcGIS 10.4.1 Help.

المصادر :

[1]- وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، شعبة انتاج الخرائط، خريطتي دربندخان وقره داغ، بمقياس ١:١٠٠٠٠٠، لعام ١٩٨٩.

[2]-http://www2.geog.ucl.ac.uk/~ucfafyi/eles/.

[3]-Eelko Bergsma, Terminology for Soil Erosion and Conservation: Concepts, Definitions, and Multilingual List of Terms for Soil Erosion and Conservation in English, Spanish, French, and German, ISSS, 1996.

[4]- https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-statistics-toolbox/how-ols-regression-works.htm.

[5] - عمر عبد الله القصاب، نظم المعلومات الجغرافية تطبيقات عملية في التحليل الجغرافي باستخدام ArcGIS Desktop، دار نون للطباعة والنشر والتوزيع، العراق، الموصل، الطبعة الأولى،٢٠٢٠، ص١٢٢.

6- ArcGIS 10.4.1 Help.