Conference Proceedings: Enhancing the Role of Islamic, Social, and Human Studies in Building Society, Volume 23/1, July 2026.

ISSN(Print): 1813-4521 OnLine ISSN:2663-7502
Journal Of the Iraqia University
available online at
https://iasj.rdd.edu.iq/journals/journal/view/247

دور المؤشرات الجيومورفولوجية في تقييم ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي في ناحية الكرامة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

م. د اسامة فالح عبد الحسن المكتوب

وزارة التربية / المديرية العامة للتربية في المثنى

The Role of Geomorphological Indicators in Evaluating Land Suitability for Agricultural and Pastoral Production in Al-Karama Subdistrict Using Geographic Information Systems (GIS)

Dr. Osama Faleh Abdul Hassan Al-Maktoob
General Directorate of Education in Al-Muthanna, Iraq
osamasmawi@gmail.com

الملخص:

تهدف الدراسة إلى تقييم ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي في ناحية الكرامة من خلال تحليل المؤشرات الجيومورفولوجية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية(GIS) ، واعتمدت على مؤشرات الارتفاع والانحدار واتجاه الانحدار وانحناء السطح ومؤشر الوضع الطبوغرافي (TPI) ومؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI) ومؤشر قدرة الجريان السطحي (SPI) ومؤشر وعورة التضاريس (TRI) والتربة.أظهرت النتائج سيادة الأراضي المستوية وشبه المستوية بنسبة ٨٦.٣٧٪ من مساحة المنطقة، مع انتشار الأسطح المتعادلة طبوغرافياً وانخفاض وعورة التضاريس، مما عزز ملاءمة الأراضي للأنشطة الزراعية والرعوية، كما تبين أن تربة السولونشاك تشكل ٨٥.٤٨٪ من مساحة المنطقة، وهو ما يمثل أحد أبرز المحددات الطبيعية للإنتاج الزراعي، وأظهرت خريطة الملاءمة المكانية النهائية سيادة فئة الملاءمة المتوسطة بنسبة ٨٥.٩٢٪ من مساحة المنطقة، تلتها فئة الملاءمة المرتفعة بنسبة ١٤.٠٨٪، في حين اقتصرت فئة الملاءمة المنخفضة على ٠.٠١٪ فقط.وخلصت الدراسة إلى أن المؤشرات الجيومورفولوجية أسهمت في توفير مستويات ملاءمة متوسطة إلى مرتفعة للإنتاج الزراعي والرعوي، في حين شكلت ملوحة التربة العامل الأكثر تأثيراً في الحد من اتساع المناطق عالية الملاءمة.

الكلمات المفتاحية :ملاءمة الأراضي، المؤشرات الجيومورفولوجية، الإنتاج الزراعي، الإنتاج الرعوي، نظم المعلومات الجغرافية(GIS) .

Abstract

This study aims to evaluate land suitability for agricultural and pastoral production in Al-Karama Subdistrict through the analysis of geomorphological indicators using Geographic Information Systems (GIS). The study relied on a set of geomorphological indicators, including elevation, slope, slope aspect, surface curvature, Topographic Position Index (TPI), Topographic Wetness Index (TWI), Stream Power Index (SPI), Terrain Ruggedness Index (TRI), and soil characteristics.The results revealed the dominance of flat and gently sloping lands, which constitute 86.37% of the study area, along with the prevalence of topographically neutral surfaces and low terrain ruggedness, enhancing land suitability for agricultural and pastoral activities. The findings also showed that Solonchak soils cover 85.48% of the study area, representing one of the major natural constraints on agricultural production. Furthermore, the final land suitability map indicated the predominance of the moderately suitable class, covering 85.92% of the study area, followed by the highly suitable class at 14.08%, while the low suitability class accounted for only 0.01%.The study concluded that geomorphological indicators play a significant role in providing moderate to high levels of suitability for agricultural and pastoral production, whereas soil salinity represents the most influential factor limiting the expansion of highly suitable

lands.**Keywords:** Land Suitability, Geomorphological Indicators, Agricultural Production, Pastoral Production, Geographic Information Systems (GIS).

المقدمة

تُعد ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي من الموضوعات المهمة في الدراسات الجغرافية التطبيقية لما لها من دور في توجيه استعمالات الأرض وتحقيق الاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية. وتؤثر الخصائص الجيومورفولوجية بصورة مباشرة في كفاءة الأراضي وإمكاناتها الإنتاجية من خلال تأثيرها في الانحدار وشكل السطح وتوزيع الرطوبة وخصائص التربة، مما يجعل تحليلها أساساً في تحديد مستويات الملاءمة المكانية للأنشطة الزراعية والرعوية.وقد أسهمت تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تطوير أساليب تقييم ملاءمة الأراضي من خلال تحليل ودمج المؤشرات الجيومورفولوجية ضمن بيئة مكانية موحدة، بما يتيح الكشف عن التباينات المكانية وإنتاج خرائط دقيقة تدعم عملية التخطيط واتخاذ القرار.ويركز هذا البحث على تقييم ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي في ناحية الكرامة بالاعتماد على مجموعة من المؤشرات الجيومورفولوجية المتمثلة بالارتفاع والانحدار واتجاه الانحدار وانحناء السطح ومؤشر الوضع الطبوغرافي (TPI) ومؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI)ومؤشر قدرة الجريان السطحي (SPI) ومؤشر وعورة التضاريس والتربة، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية(GIS) ، بهدف تحديد مستويات الملاءمة المكانية وإنتاج خريطة نهائية للملاءمة الزراعية والرعوية في منطقة الدراسة.

المشكلة الرئيسة

كيف يؤثر التباين المكاني للمؤشرات الجيومورفولوجية في مستويات ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي في ناحية الكرامة؟

المشكلات الثانوية

١- ما طبيعة التباين المكاني للمؤشرات الجيومورفولوجية في ناحية الكرامة؟

٢- كيف تنعكس المؤشرات الجيومورفولوجية على مستويات ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي؟

٣- ما التوزيع المكاني لفئات الملاءمة الزراعية والرعوية الناتجة عن دمج المؤشرات الجيومورفولوجية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية؟

الفرضية الرئيسة

تؤدي الاختلافات المكانية في المؤشرات الجيومورفولوجية إلى تباين مستويات ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي في ناحية الكرامة، ويمكن تحديد هذا التباين مكانياً باستخدام نظم المعلومات الجغرافية(GIS) .

الفرضيات الثانوية

١- تسهم مؤشرات الارتفاع والانحدار واتجاه الانحدار وانحناء السطح ومؤشرات (TPI ، TWI، SPI، TRI) والتربة بدرجات متفاوتة في تحديد ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي .

٢- تتركز الأراضي الأعلى ملاءمة في المناطق المستوية وقليلة الوعورة وذات الظروف الطبوغرافية المستقرة .

٣- يمكن لنظم المعلومات الجغرافية إنتاج خريطة مكانية دقيقة توضح مستويات ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي في ناحية الكرامة.

أهمية البحث

تتمثل أهمية البحث في توظيف المؤشرات الجيومورفولوجية ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتقييم ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي في ناحية الكرامة، بما يسهم في تحديد التباينات المكانية لمستويات الملاءمة وإنتاج خريطة مكانية تدعم التخطيط الأمثل لاستعمالات الأراضي وتحقيق التنمية الزراعية والرعوية المستدامة.

أهداف البحث

١- تحليل المؤشرات الجيومورفولوجية المؤثرة في ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي في ناحية الكرامة .

٢- توظيف نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في اشتقاق وتحليل المؤشرات الجيومورفولوجية وإنتاج خريطة الملاءمة المكانية للأراضي .

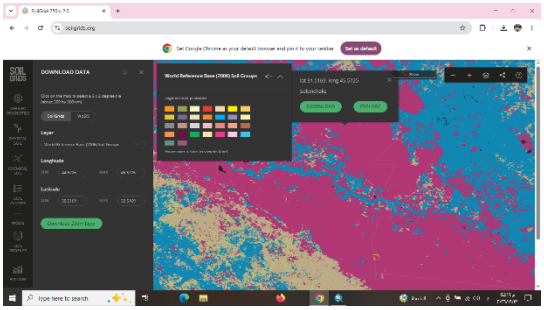
٣- تحديد التباين المكاني لمستويات ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي في ناحية الكرامة .

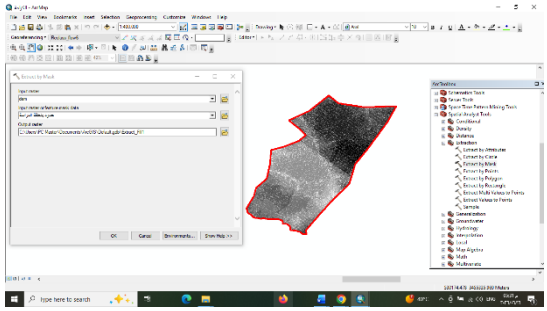
٤- بيان أثر الخصائص الجيومورفولوجية في رفع أو خفض كفاءة استغلال الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي.

منهجية البحث

اعتمد البحث المنهج الوصفي التحليلي بالاستناد إلى تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتقييم ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي في ناحية الكرامة. وتم الاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية (SRTM–DEM) بدقة مكانية (٣٠ م) من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية **[1]** (USGS)، وبيانات التربة الرقمية من قاعدة بيانات (SoilGrids) التابعة لـ (ISRIC) **[2]** يلاحظ شكل(١) .شملت المعالجة المكانية توحيد نظام الإحداثيات وقص البيانات وفق حدود منطقة الدراسة يلاحظ شكل (2)، ومعالجة نموذج الارتفاعات الرقمية يلاحظ شكل (3)، ثم اشتقاق المؤشرات الجيومورفولوجية المتمثلة بالارتفاع والانحدار واتجاه الانحدار وانحناء السطح ومؤشر الوضع الطبوغرافي (TPI) ومؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI) ومؤشر قدرة الجريان السطحي (SPI) ومؤشر وعورة التضاريس(TRI) ، إضافة إلى التربة، باستخدام أدوات التحليل المكاني في برنامج ArcGIS 10.8.2. بعد ذلك أُعيد تصنيف المؤشرات وفق درجات الملاءمة، ثم جرى إسناد الأوزان النسبية لها ودمجها باستخدام أسلوب **التراكب الموزون (Weighted Overlay)** لإنتاج خريطة الملاءمة المكانية النهائية للإنتاج الزراعي والرعوي في ناحية الكرامة.

شكل (١) تحميل أصناف الترب **شكل(2) قص نموذج الارتفاع الرقمي**

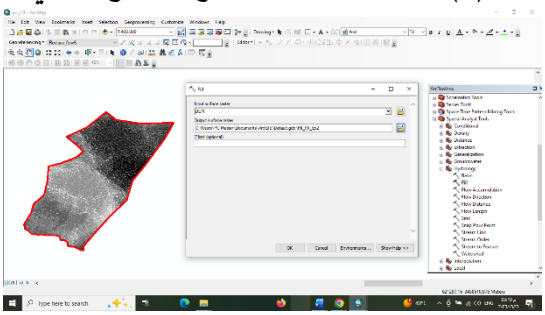




المصدر : –[٣]، https://soilgrids.org/

المصدر : –[٤]، ArcGIS 10.8.2.]

شكل (3) إزالة الفجوات من نموذج الارتفاع الرقمي



المصدر : –[٥]، http://landsat.usgs.gov/index.php, ArcGIS 10.8.2.]

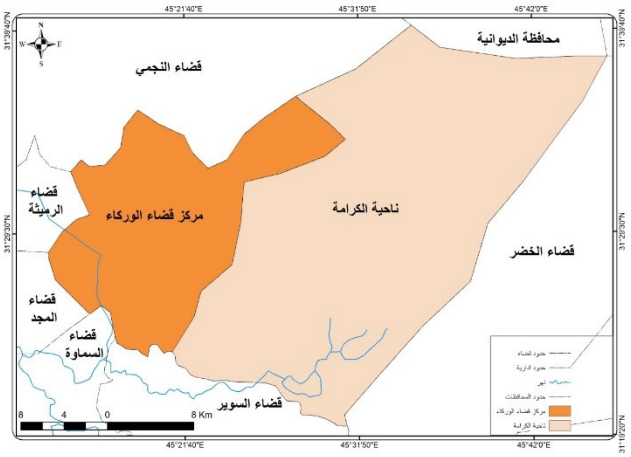
حدود البحث

١– الحدود المكانية :تقتصر الدراسة على ناحية الكرامة الواقعة جنوب العراق، بين خطي طول (45°13′37.787″E–45°46′26.415″E) ودائرتي عرض(31°19′39.745″N–31°39′57.988″N) ، وتبلغ مساحتها (٧١١.١٤ كم²)، يلاحظ خريطة (١–٢).

٢– الحدود الزمانية :اعتمدت الدراسة البيانات المكانية المتاحة التي تمثل الواقع الجغرافي لمنطقة الدراسة خلال مدة إجراء البحث .

٣– الحدود الموضوعية :تقتصر الدراسة على تحليل المؤشرات الجيومورفولوجية والتربة، وتوظيف نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تقييم ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي في ناحية الكرامة.

خريطة (١) الموقع من محافظة المثنى **خريطة (٢) الموضع من الأقضية**



المصدر: -[6 وزارة الموارد المائية، الهيأة العامة للمساحة، قسم إنتاج الخرائط، خريطة محافظة المثنى، بمقياس 1;000 500, بغداد، 2022]،[7 القمر الأمريكي (Landsat 8-9) مرئية (OLI)، الحزم (2,3,4) ٢٠٢٥].

المصدر: -[8 وزارة الموارد المائية، الهيأة العامة للمساحة، قسم إنتاج الخرائط، خريطة محافظة المثنى، بمقياس 1;000 500, بغداد,٢٠٢٢]،[٩ القمر الأمريكي (Landsat 8-9) مرئية (OLI), الحزم (2,3,4) ٢٠٢٥.

اولا: المؤشرات الجيومورفولوجية:

١-الارتفاع: Elevation

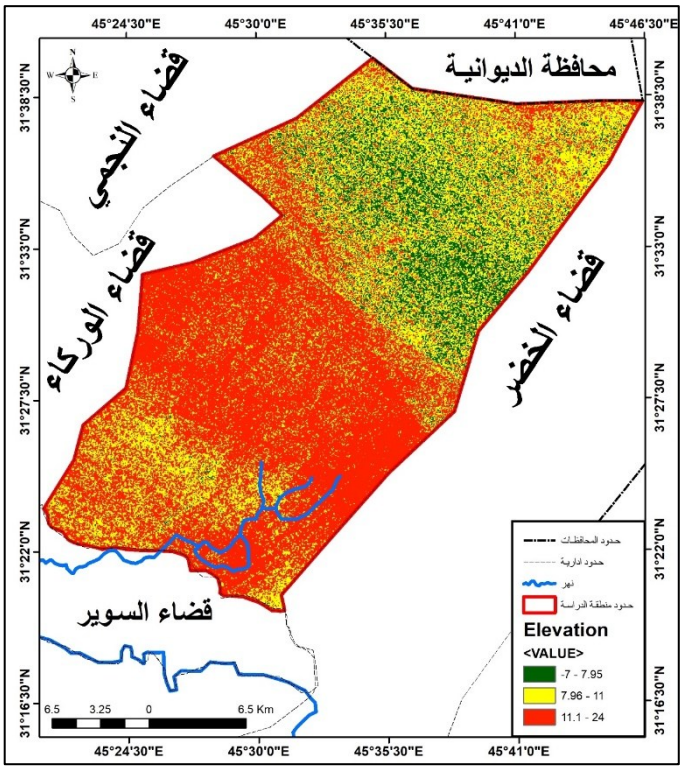
يُعد الارتفاع من المؤشرات الجيومورفولوجية الأساسية المؤثرة في خصائص السطح، إذ يرتبط بأنماط الانحدار والتصريف السطحي وتوزيع التربة والغطاء النباتي، لذلك يُستخدم في تقييم ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي من خلال تحديد التباينات الطبوغرافية وانعكاساتها على إمكانات استغلال الأراضي، يبين جدول (١) تدرج الارتفاعات في منطقة الدراسة، إذ تصدرت الفئة (١١.١-٢٤ م) التوزيع المساحي بمساحة بلغت (٣٧٤.٦١ كم²) وبنسبة (٥٢.٦٨٪) من إجمالي مساحة ناحية الكرامة، مما يدل على سيادة الأراضي المرتفعة نسبياً، وجاءت الفئة (٧.٩٦-١١ م) في المرتبة الثانية بمساحة (٢٤٨.٤٨ كم²) وبنسبة (٣٤.٩٤٪)، في حين سجلت الفئة (-٧-٧.٩٥ م) أقل مساحة بلغت (٨٨.٠٤ كم²) وبنسبة (12.38%) .**جدول (١) الارتفاعات في ناحية الكرامة**

الفئات	المساحة (كم²)	النسبة المئوية (%)	الدلالة على ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي
-٧ - ٧.٩٥	88.04	12.38	ملاءمة متوسطة للاحتمالية الموضعية لتجمع المياه
١١ - 7.96	248.48	34.94	ملاءمة مرتفعة جداً لتوازن ظروف التصريف والرطوبة واستقرار السطح
٢٤ - 11.1	374.61	52.68	ملاءمة مرتفعة نتيجة سيادة الأسطح المستوية نسبياً وانخفاض التأثيرات الطبوغرافية المقيدة للاستغلال
مجموع الفئة الثانية والثالثة	**623.09**	**87.62**	**ملاءمة مرتفعة- مرتفعة**
المجموع	**711.14**	**100.00**	**تشير خصائص الارتفاع إلى ارتفاع ملاءمة معظم أراضي ناحية الكرامة للإنتاج الزراعي والرعوي**

المصادر:- [10 خريطة (٣)، برنامج ArcGIS 10.8.2. في حساب المساحات] .

- **الدلالات الجيومورفولوجية**

تشير النتائج إلى أن نحو (٨٧.٦٢٪) من مساحة منطقة الدراسة تقع ضمن الارتفاعات المتوسطة والمرتفعة نسبياً، الأمر الذي يعكس استقراراً طبوغرافياً ملائماً للأنشطة الزراعية والرعوية. كما أن محدودية الفروق الارتفاعية وانخفاض التباين التضاريسي يسهمان في سهولة استغلال الأراضي وتقليل القيود المرتبطة بحركة المياه والتربة. وبوجه عام، يُعد عامل الارتفاع من المؤشرات الداعمة لملاءمة الأراضي في ناحية الكرامة، نظراً لسيادة الارتفاعات المعتدلة واتساع انتشارها المكاني، يلاحظ خريطة (3)**خريطة (3) الارتفاعات في ناحية الكرامة**



المصادر:- [11 DEM، ArcGIS 10.8.2. في حساب المساحات] .

٢- الانحدار: Slope

يُعد الانحدار من أهم المؤشرات الجيومورفولوجية المستخرجة من نموذج الارتفاع الرقمي(DEM) ، إذ يؤثر في الجريان السطحي والتعرية واستقرار السطح وإمكانات استغلال الأراضي، لذلك يُستخدم على نطاق واسع في تقييم ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي. وقد تم اعتماد تصنيف Zink (1979)لاستخراج فئات الانحدار وتحليل توزيعها المكاني في منطقة الدراسة [١٢، ص٨٨]أظهرت نتائج جدول (٢) سيادة الانحدارات المنخفضة، إذ جاءت فئة المسطح–المستوي في المرتبة الأولى بمساحة ٣١٢.٧٠ كم² وبنسبة ٤٣.٩٧٪، تلتها فئة التموج الخفيف بمساحة ٣٠١.٥٢ كم² وبنسبة ٤٢.٤٠٪. أما فئة المتموج–المقطع–المجزأ فقد بلغت مساحتها ٩٦.٩٣ كم² وبنسبة ١٣.٦٣٪ من إجمالي مساحة المنطقة.**جدول (٢) تصنيف المنحدرات حسب الدرجة (Zink)**

شكل التضرس	درجة الانحدار	تصنيف السطح	المساحة كم٢	النسبة المئوية%	الدلالة على ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي
مسطح–مستوٍ	٠ – ١.٥٦	سهول وأودية	312.70	43.97	ملاءمة مرتفعة جداً لسهولة الاستغلال الزراعي والرعوي وانخفاض القيود الطبوغرافية
تموج خفيف	١.٥٧ – ٣.٢٥	مناطق السفوح	301.52	42.40	ملاءمة مرتفعة مع محدودية تأثير الانحدار على الأنشطة الزراعية والرعوية
المجموع			**614.21**	**86.37**	**مرتفعة جداً–مرتفعة**

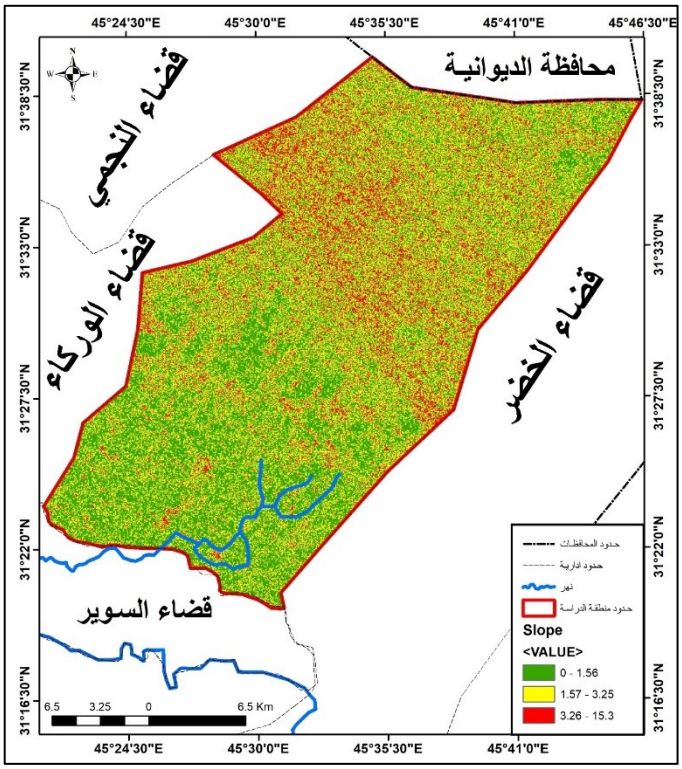
متموج- مقطّع- مجزأ	٣.٢٦ – ١٥.٣	تلال منخفضة- متوسطة الارتفاع	96.93	13.63	ملاءمة متوسطة نتيجة زيادة الانحدار وارتفاع احتمالات التعرية مقارنة بالمناطق السهلية
المجموع			**711.14**	**100.00**	**معظم ناحية الكرامة تتمتع بملاءمة مرتفعة للإنتاج الزراعي والرعوي نتيجة سيادة الأسطح المستوية وخفيفة التموج**

المصادر:- [13] خريطة (٤)، برنامج ArcGIS 10.8.2. في حساب المساحات.

- الدلالات الجيومورفولوجية

تشير النتائج إلى أن الأراضي ذات الانحدارات المنخفضة تشكل ٨٦.٣٧٪ من مساحة ناحية الكرامة، مما يعكس سيادة السطح السهلي وارتفاع ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي. في المقابل، تقتصر الانحدارات الأعلى على ١٣.٦٣٪ من مساحة المنطقة، الأمر الذي يحد من تأثيرها في الملاءمة العامة للأراضي نتيجة زيادة احتمالات التعرية وصعوبة الاستغلال مقارنة بالمناطق المستوية، يلاحظ خريطة (4) .

خريطة (4) درجات الانحدار في ناحية الكرامة



المصدر: - [١٤، DEM، 8.٢ .10 Arc GIS]

٣-اتجاه الانحدار: Aspect

تُعد اتجاهات الانحدار من المؤشرات الجيومورفولوجية المهمة في تقييم ملاءمة الأراضي، لما لها من تأثير في مقدار التعرض للإشعاع الشمسي وما يترتب عليه من تباين في درجات الحرارة والرطوبة والتبخر، الأمر الذي ينعكس على خصائص التربة ونمو الغطاء النباتي. وفي البيئات الجافة وشبه الجافة تختلف الظروف البيئية بين السفوح تبعاً لاتجاهها، إذ تتعرض السفوح الجنوبية لكميات أكبر من الإشعاع الشمسي مقارنة بالسفوح الشمالية، مما يؤثر في كفاءة استغلال الأراضي ومستويات ملاءمتها للإنتاج الزراعي والرعوي [١٥، ص ١٤٢–١٤٥]أظهرت نتائج جدول (٣) تقارباً في توزيع اتجاهات الانحدار داخل منطقة الدراسة، إذ تراوحت نسبها بين ٨.٥٥٪ و١٠.٧٧٪، مما يشير إلى عدم سيادة اتجاه انحدار محدد. وقد سجلت الأراضي المستوية (Flat) أعلى مساحة بلغت ٧٦.٦١ كم² وبنسبة ١٠.٧٧٪ من إجمالي مساحة المنطقة، تلتها الاتجاهات

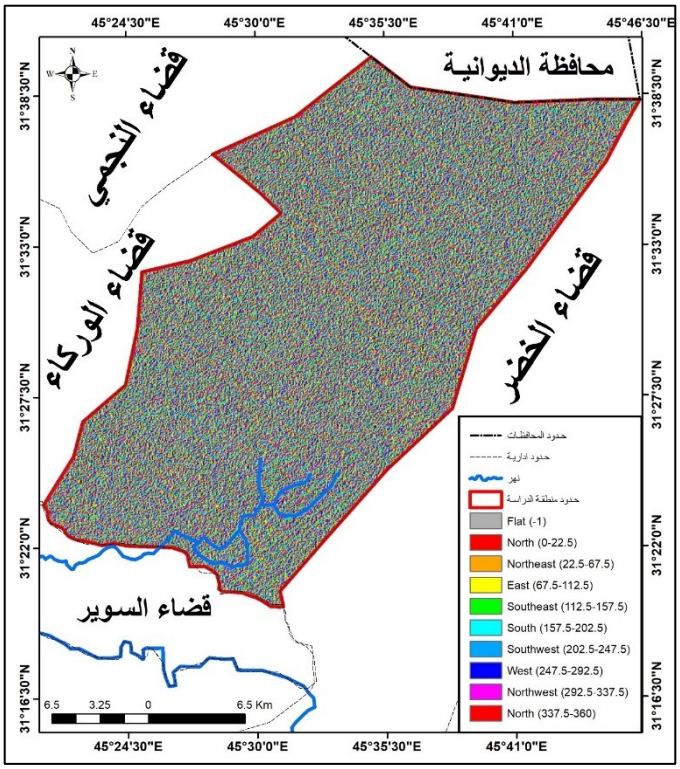
الشرقية بمساحة ٧٦.٠٨ كم² وبنسبة ١٠.٧٠٪، ثم الشمالية الغربية بمساحة ٧٥.٨٤ كم² وبنسبة ١٠.٦٦٪، فالغربية بمساحة ٧٥.٥٢ كم² وبنسبة ١٠.٦٢٪ في المقابل، سجل الاتجاه الجنوبي الشرقي أقل مساحة بلغت ٦٠.٨٠ كم² وبنسبة ٨.٥٥٪، يليه الاتجاه الشمالي ضمن المدى الزاوي ٣٣٧.٥°–٣٦٠° بمساحة ٦١.٥٦ كم² وبنسبة ٨.٦٦%.

- **الدلالات الجيومورفولوجية**

تشير النتائج إلى تجانس نسبي في توزيع اتجاهات الانحدار، وهو ما يعكس الطبيعة السهلية لمنطقة الدراسة وضعف التباين الطبوغرافي فيها. كما أن تقارب مساحات الاتجاهات المختلفة يحد من التفاوت المكاني في الظروف الحرارية والرطوبية، مما يسهم في توفير بيئة مناسبة نسبياً للإنتاج الزراعي والرعوي. وعموماً، لا يمثل اتجاه الانحدار عاملاً مقيداً لملاءمة الأراضي في ناحية الكرامة، بل يدعم استقرار الظروف البيئية الملائمة لاستغلال الأراضي، يلاحظ خريطة (5).**جدول (٣) اتجاه الانحدار في ناحية الكرامة**

الفئات	المساحة (كم²)	النسبة المئوية (%)	الدلالة على ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي
Flat (−1)	76.61	10.77	ملاءمة مرتفعة نتيجة ضعف الميل وانخفاض تأثير العوامل التضاريسية
North (0–22.5)	70.17	9.87	ملاءمة مرتفعة نسبياً نتيجة اعتدال الظروف الحرارية
North (337.5–360)	61.56	8.66	ملاءمة مرتفعة نسبياً نتيجة اعتدال الظروف البيئية
Northeast (22.5–67.5)	72.97	10.26	ظروف حرارية ورطوبية أكثر اعتدالاً نسبياً
East (67.5–112.5)	76.08	10.70	ملاءمة مرتفعة نسبياً نتيجة التعرض المعتدل للإشعاع الشمسي
Northwest (292.5–337.5)	75.84	10.66	ملاءمة مرتفعة نسبياً لاعتدال الظروف الحرارية والرطوبية
المجموع	**433.23**	**60.92**	**ملاءمة مرتفعة إلى مرتفعة نسبياً**
Southeast (112.5–157.5)	60.80	8.55	ملاءمة متوسطة نسبياً نتيجة زيادة التعرض الحراري والتبخر
South (157.5–202.5)	69.96	9.84	ملاءمة متوسطة نسبياً نتيجة زيادة الإشعاع الشمسي وفقدان الرطوبة
Southwest (202.5–247.5)	71.64	10.07	ملاءمة متوسطة إلى مرتفعة تبعاً لدرجة التعرض الشمسي
West (247.5–292.5)	75.52	10.62	ملاءمة متوسطة إلى مرتفعة تبعاً لخصائص الموقع المحلي
المجموع	**277.92**	**39.08**	**ملاءمة متوسطة إلى مرتفعة**
المجموع الكلي	**711.14**	**100.00**	**تتسم معظم اتجاهات الانحدار بملاءمة مرتفعة إلى متوسطة للإنتاج الزراعي والرعوي**

المصدر: – [16] خريطة (٥)، وبرنامج ArcGIS 10.8.2. في حساب المساحات.**خريطة (5) اتجاه الانحدار في ناحية الكرامة**



المصدر: [17] (DEM) , برنامج ArcGIS 10.8.2.

٤-انحناء السطح (Curvature): يُعد انحناء السطح من المؤشرات الجيومورفولوجية المستخرجة من نموذج الارتفاع الرقمي(DEM) ، ويُستخدم في تمييز الأسطح المحدبة والمقعرة والمستوية وما يرتبط بها من تباين في حركة المياه السطحية وتوزيع الرواسب [١٨، ص ٦-٨]. وتمثل القيم الموجبة الأسطح المحدبة التي تتجه فيها المياه نحو التشتت، في حين تشير القيم السالبة إلى الأسطح المقعرة التي تتركز فيها الرطوبة والرواسب، أما القيم القريبة من الصفر فتمثل الأسطح المستوية أو شبه المستوية [١٩، ص ٦٠-٦٣]. وتكمن أهمية هذا المؤشر في بيان أثر شكل السطح في توزيع الرطوبة وخصائص التربة، وانعكاس ذلك على ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي.أظهرت نتائج جدول (٤) سيادة القيم القريبة من الصفر، إذ جاءت الفئة (-٠.١١ – ٠.١١) في المرتبة الأولى بمساحة بلغت ٣٢٦.٥٣ كم² وبنسبة ٤٥.٩٢٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، تلتها الفئة (-٠.٤٣ – -٠.١٢) بمساحة ١٣٢.٢٥ كم² وبنسبة ١٨.٦٠٪، ثم الفئة (٠.١٢ – ٠.٣٥) بمساحة ١٣١.٩٦ كم² وبنسبة ١٨.٥٦٪. أما الفئتان الطرفيتان فقد سجلتا أقل نسب انتشار بلغت ٨.٤٥٪ و٨.٤٨٪ على التوالي، مما يدل على محدودية الأسطح شديدة التقعر أو التحدب داخل منطقة الدراسة.**جدول (٤) فئات انحناء السطح في ناحية الكرامة**

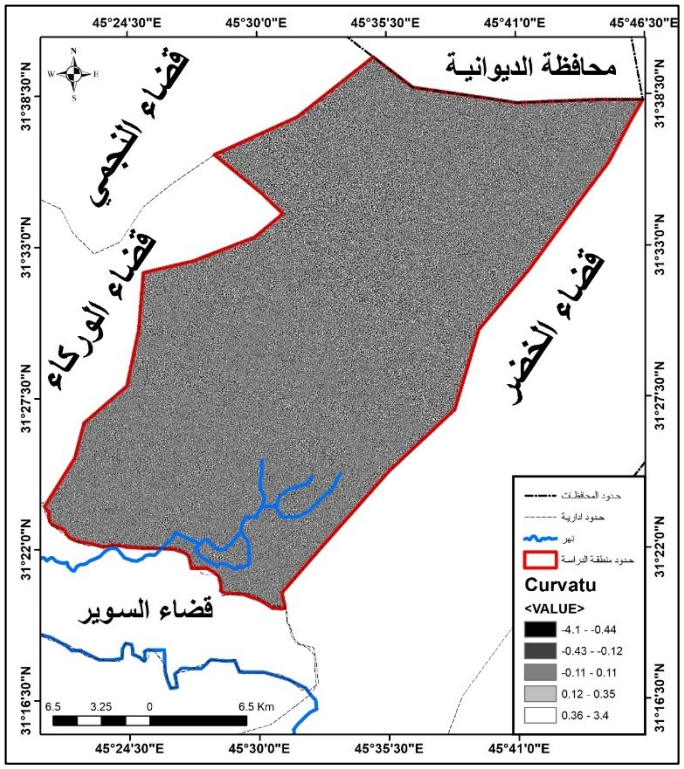
الفئات	المساحة (كم²)	النسبة المئوية (%)	الدلالة على ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي
-4.1 – -0.44	60.12	8.45	ملاءمة مرتفعة نسبياً نتيجة زيادة فرص تجمع الرطوبة والرواسب
-0.43 – -0.12	132.25	18.60	ملاءمة مرتفعة لاعتدال ظروف الاحتفاظ بالرطوبة
-0.11 – 0.11	326.53	45.92	ملاءمة مرتفعة جداً لسيادة الأسطح المستوية واستقرار الظروف السطحية
المجموع	**518.9**	**72.97**	**ملاءمة مرتفعة – ملاءمة مرتفعة جداً**
0.12 – 0.35	131.97	18.56	ملاءمة متوسطة إلى مرتفعة نتيجة زيادة محدودة في تشتت المياه السطحية

0.36 – 3.4	60.28	8.48	ملاءمة متوسطة نتيجة زيادة تحدب السطح وتشتت الرطوبة والرواسب
المجموع	**192.25**	**27.04**	**ملاءمة متوسطة – مرتفعة**
المجموع	**711.14**	**100.00**	**غالبية مساحة المنطقة تتمتع بملاءمة مرتفعة للإنتاج الزراعي والرعوي**

المصدر: – [٢٠، خريطة (٦)، وبرنامج ArcGIS 10.8.2. في حساب المساحات]

-الدلالات الجيومورفولوجية:

تشير النتائج إلى سيادة الأسطح المستوية وشبه المستوية في ناحية الكرامة، إذ شكلت الفئة القريبة من الصفر(0.11 – 0.11-) ما نسبته ٤٥.٩٢٪، وهو ما يعكس استقراراً جيومورفولوجياً وانخفاضاً في التباين الشكلي للسطح. كما تمثل الأسطح المقعرة نسبة ملحوظة من المنطقة، مما يعزز فرص تجمع الرطوبة والمواد الدقيقة ويدعم ملاءمة الأراضي للأنشطة الزراعية والرعوية. أما الأسطح المحدبة فتتميز بتصريف أفضل للمياه لكنها تكون أكثر عرضة لفقدان الرطوبة، في حين تبقى المساحات ذات الانحناءات الشديدة محدودة الانتشار، مما يؤكد الطبيعة السهلية العامة لمنطقة الدراسة وارتفاع ملاءمة معظم أراضيها للإنتاج الزراعي والرعوي، يلاحظ خريطة (6) .**خريطة (6) فئات انحناء السطح في ناحية الكرامة**



المصدر: – [٢١، DEM، 8.٢ .Arc GIS 10]

٥-مؤشر الوضع الطبوغرافي (TPI):

يُعد مؤشر الوضع الطبوغرافي (TPI) من المؤشرات الجيومورفولوجية المستخدمة في تمييز القمم والمنخفضات والأسطح المستوية من خلال مقارنة ارتفاع الخلية بمتوسط ارتفاع الخلايا المجاورة، إذ تشير القيم الموجبة إلى المواضع المرتفعة، والسالبة إلى المنخفضة، في حين تمثل القيم القريبة من الصفر الأسطح المستوية أو ذات الانحدار الثابت [٢٢، ص١-٢]. وقد تم احتسابه وفق المعادلة الآتية [٢٣، ص٤٢]:

$$TPI = Z_0 - \bar{Z}$$

إذ إن:

- **TPI** = مؤشر الوضع الطبوغرافي.
- Z_0= ارتفاع الخلية المركزية (Target Cell) .
- $\bar{Z}$= متوسط ارتفاع الخلايا المجاورة ضمن نافذة التحليل المحددة.

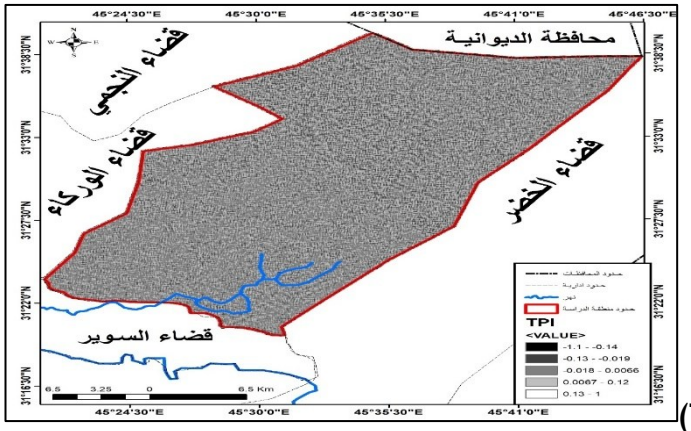
يبين جدول (٥) سيادة الفئة (-٠.٠١٨–٠.٠٠٦٦) بمساحة ٣٨٩.٨٠ كم² وبنسبة ٥٤.٨١٪، تلتها الفئة (-٠.٠٠٦٧–٠.١٢) بمساحة ٢٣٨.٤٠ كم² وبنسبة ٣٣.٥٢٪، ثم الفئة (-٠.١٣–-٠.٠١٩) بمساحة ٨١.١٩ كم² وبنسبة ١١.٤٢٪، في حين اقتصرت الفئتان الطرفيتان على ٠.٢٥٪ فقط من مساحة المنطقة.**جدول (٥) مؤشر الوضع الطبوغرافي(TPI)**

الفئات	المساحة (كم²)	النسبة المئوية (%)	الدلالة على ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي
-١.١ – -٠.١٤	0.85	0.12	ملاءمة متوسطة لارتباطها بالمواضع المنخفضة نسبياً التي قد تتعرض لتجمع المياه أو الرواسب بصورة موضعية
-٠.١٣ – -٠.٠١٩	81.19	11.42	ملاءمة مرتفعة نسبياً نتيجة تمثيلها المناطق المنخفضة المعتدلة القادرة على الاحتفاظ بالرطوبة وتراكم المواد الدقيقة
-٠.٠١٨ – ٠.٠٠٦٦	389.80	54.81	ملاءمة مرتفعة جداً لتمثيلها الأسطح المستوية والمتعادلة طبوغرافياً والمستقرة جيومورفولوجياً
٠.١٢ – 0.0067	238.40	33.52	ملاءمة مرتفعة نتيجة تمثيلها المواضع المرتفعة نسبياً ذات التصريف الجيد ومحدودية القيود التضاريسية
١ – 0.13	0.90	0.13	ملاءمة متوسطة لارتباطها بالمواضع المرتفعة نسبياً ومحدودية انتشارها المكاني
المجموع	**711.14**	**100.00**	**تشير النتائج إلى سيادة الأراضي ذات الملاءمة المرتفعة جداً والمرتفعة للإنتاج الزراعي والرعوي في منطقة الدراسة**

المصدر: – [٢٤، خريطة (٧)، Arc GIS 10. 8.٢]

- الدلالات الجيومورفولوجية

تشير النتائج إلى سيادة الأسطح المستوية وشبه المستوية في ناحية الكرامة، إذ شكلت الفئتان الوسطيتان ٨٨.٣٣٪ من مساحة المنطقة، مما يعكس انخفاض التباين التضاريسي واستقرار السطح. كما تدل الفئات السالبة على وجود مواضع منخفضة نسبياً تساعد على تركيز الرطوبة والرواسب، في حين يقتصر انتشار المواضع المرتفعة والمنخفضة جداً على مساحات محدودة، الأمر الذي يعزز ملاءمة معظم أراضي المنطقة للإنتاج الزراعي والرعوي نتيجة سهولة الاستغلال وانخفاض القيود الطبوغرافية، يلاحظ خريطة (٧).



خريطة (٧) مؤشر الوضع الطبوغرافي (TPI)

المصدر: – [٢٥، DEM،٢. 8. Arc GIS 10]

٦- مؤشر الرطوبة الطبوغرافي TWI

يُعد مؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI) من المؤشرات الجيومورفولوجية المستخدمة في تحليل التوزيع المكاني للرطوبة السطحية من خلال الربط بين مساحة التجميع المائي والانحدار، إذ ترتفع قيمه في مناطق تجمع المياه وتنخفض في المناطق المرتفعة أو شديدة الانحدار [٢٦،

ص٤٧-٤٩؛ ٢٧، ص١٠-١٢]. وقد تم احتسابه بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وطبقات اتجاه الجريان وتراكم الجريان والانحدار ضمن بيئة ArcGIS 10.8.2 وفق معادلة Beven & Kirkby [٢٧، ١٢-١٦].

Slope = Slope * 1.570796 / 90
Tan Slope = Con (Slope > 0, Tan (Slope),0.001)
Fa Scaled = (FlowAcc + 1) * Cell size
TWI = Ln (Fa Scaled/ Tan) slope))

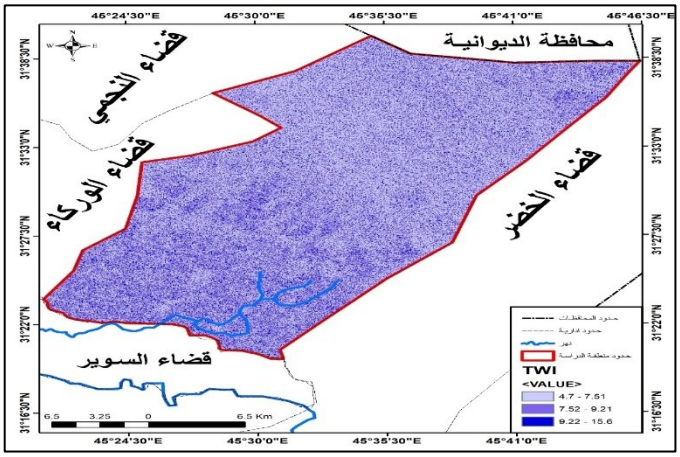
أظهرت نتائج جدول (٦) سيادة الفئة (٤.٧-٧.٥١) بمساحة ٣٩٦.٧٠ كم² وبنسبة ٥٥.٧٨٪ من مساحة المنطقة، تلتها الفئة (٧.٥٢-٩.٢١) بمساحة ٢٢٧.٨٨ كم² وبنسبة ٣٢.٠٤٪، في حين جاءت الفئة (٩.٢٢-١٥.٦) في المرتبة الأخيرة بمساحة ٨٦.٥٦ كم² وبنسبة ١٢.١٧%.

- **الدلالات الجيومورفولوجية**

تشير النتائج إلى سيادة المناطق ذات الرطوبة الطبوغرافية المنخفضة إلى المتوسطة، وهو ما ينسجم مع الطبيعة السهلية الجافة للمنطقة. وتمثل الفئتان الثانية والثالثة مساحة ٣١٤.٤٤ كم² وبنسبة ٤٤.٢١٪، وهي مناطق أكثر قدرة على الاحتفاظ بالرطوبة وتجمع المياه، مما يعزز ملاءمتها للإنتاج الزراعي والرعوي. أما الفئة الأولى فتدل على مناطق ذات تصريف أعلى ورطوبة أقل، الأمر الذي يقلل من ملاءمتها مقارنة بالفئات الأعلى قيمة، يلاحظ خريطة(٨).**جدول (٦) نتائج مؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI)**

الفئات	المساحة (كم²)	النسبة المئوية (%)	الدلالة على ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي
4.7 - ٧.٥١	396.70	55.78	تمثل مناطق ذات رطوبة متوسطة وتصريف جيد، وهي ظروف مناسبة للاستغلال الزراعي والرعوي في البيئات الجافة
7.52 - ٩.٢١	227.88	32.04	ملاءمة مرتفعة لتوافر رطوبة متوازنة تدعم نمو الغطاء النباتي
9.22 - ١٥.٦	86.56	12.17	ملاءمة مرتفعة جداً لارتفاع القدرة على الاحتفاظ بالرطوبة وتركيز الجريان السطحي
مجموع الملاءمة المرتفعة	**314.44**	**44.21**	**الملاءمة المرتفعة جداً-المرتفعة**
	711.14	**100.00**	**تتمتع معظم أراضي المنطقة بدرجات ملاءمة تتراوح بين المتوسطة والمرتفعة للإنتاج الزراعي والرعوي**

المصدر: - [٢٨، خريطة (٨)، Arc GIS 10. 8.٢]**خريطة (٨) مؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI)**



المصدر: - [29، DEM ،٨.٢ Arc GIS 10.]

٧-**مؤشر قدرة الجريان SPI:** يُعد مؤشر قدرة الجريان السطحي (SPI) من المؤشرات الجيومورفولوجية المستخدمة في تقدير الطاقة التعرّوية للجريان السطحي من خلال الربط بين مساحة التجميع المائي والانحدار، إذ تشير القيم المرتفعة إلى زيادة قدرة الجريان على الحت والنقل الرسوبي،

بينما تدل القيم المنخفضة على استقرار السطح وضعف العمليات التعرّوية [٣٠، ص١٩]. وقد تم احتسابه وفق معادلة Moore et al. (1991) [٣١، ص١٢-١٦].

$$SPI=A_s \tan(\beta)$$

حيث إن:

As = مساحة التجميع المائي النوعية (Specific Catchment Area) .

β = زاوية الانحدار.

وتم تطبيق تحويل لوغاريتمي داخل بيئة ArcGIS 10.8.2 لتطبيع القيم وتحسين تمثيل التباين المكاني، باستخدام أداة Raster Calculator وفق الصيغة الآتية:

$$\ln(\text{Flow Accumulation} + 0.001) \times (\text{Slope}/100 + 0.001)$$

حيث إن:

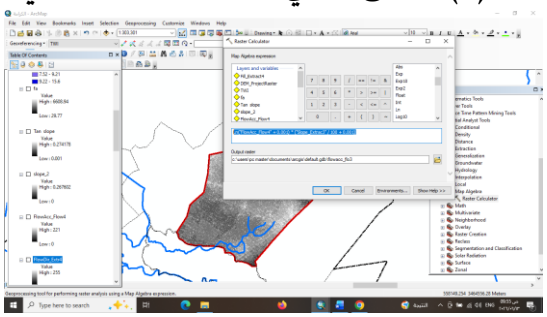
Flow Accumulation = قيمة تراكم الجريان.

Slope = قيمة الانحدار (%).

Ln = اللوغاريتم الطبيعي.

وقد أسهم هذا التحويل في تطبيع القيم وتحسين تمثيل التباين المكاني لمؤشر قدرة الجريان داخل منطقة الدراسة، يلاحظ شكل (٤).

شكل (٤) التطبيق العملي لحساب مؤشر قدرة الجريان SPI



المصدر: -[٣٢، DEM، 8.2 .Arc GIS 10]

أظهرت نتائج جدول (٧) سيادة الفئة (-٠.٠٤٤–٠.٤١) بمساحة ٣٦٤.٨٦ كم² وبنسبة ٥١.٣١٪ من مساحة المنطقة، تلتها الفئة (-٠.١٦–-٠.٠٤٥) بمساحة ٢٣٤.٦٤ كم² وبنسبة ٣٢.٩٩٪، في حين جاءت الفئة (-١.١–-٠.١٧) في المرتبة الأخيرة بمساحة ١١١.٦٥ كم² وبنسبة ١٥.٧٠%.

جدول (٧) نتائج مؤشر قدرة الجريان SPI

الفئات	المساحة (كم²)	النسبة المئوية (%)	الدلالة على ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي
-1.1 – -0.17	111.65	15.70	ملاءمة مرتفعة جداً لانخفاض طاقة الجريان وضعف مخاطر التعرية
-0.16 – -0.045	234.64	32.99	ملاءمة مرتفعة نتيجة محدودية تأثير الجريان السطحي على التربة
المجموع	**346.29**	**48.69**	**ملاءمة مرتفعة جداً- مرتفعة**
-0.044 – 0.41	364.86	51.31	ملاءمة متوسطة إلى مرتفعة مع تزايد قدرة الجريان على النقل والتعرية

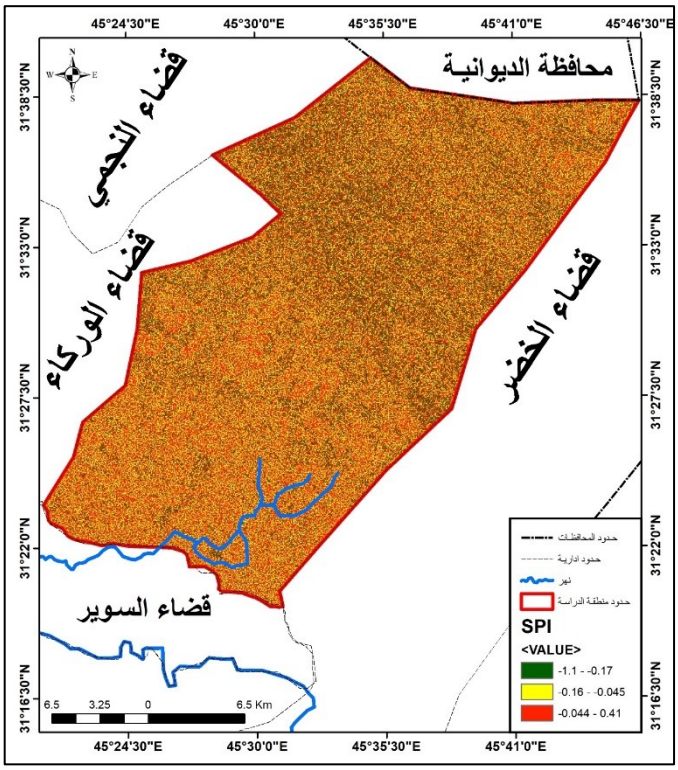
المجموع	711.14	100.00	تتمتع ما يقارب النصف من أراضي المنطقة بظروف مستقرة نسبياً تدعم الإنتاج الزراعي والرعوي

المصدر: - [٣٣، خريطة (٩)، Arc GIS 10. 8.٢]

- **الدلالات الجيومورفولوجية**

تشير النتائج إلى سيادة القيم المنخفضة والمتوسطة لمؤشر قدرة الجريان، مما يعكس انخفاض الطاقة التعرّوية للجريان السطحي نتيجة الطبيعة السهلية وضعف الانحدارات في منطقة الدراسة. وتمثل الفئتان الأولى والثانية مساحة ٣٤٦.٢٩ كم² وبنسبة ٤٨.٦٩٪، وهي مناطق تتسم باستقرار التربة وضعف مخاطر الحت والنقل الرسوبي، مما يعزز ملاءمتها للإنتاج الزراعي والرعوي. أما الفئة الأعلى قيماً فتدل على زيادة نسبية في قدرة الجريان على التعرية والنقل، إلا أن انتشارها المحدود يقلل من تأثيرها في الملاءمة العامة للأراضي، يلاحظ خريطة (٩).

خريطة (٩) مؤشر قدرة الجريان SPI



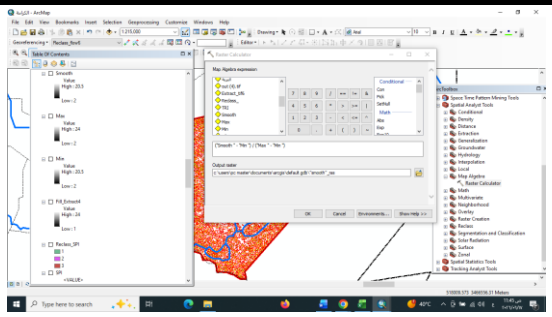
المصدر: -[٣٤، DEM،٨.٢ Arc GIS 10.]

٨- **مؤشر وعورة التضاريس TRI**:يُعد مؤشر وعورة التضاريس (TRI) من المؤشرات الجيومورفولوجية المستخدمة في قياس درجة التباين في الارتفاعات وخشونة السطح، إذ تعبر القيم المنخفضة عن الأراضي المستوية أو قليلة التموج، بينما تشير القيم المرتفعة إلى زيادة الوعورة وتعقد الأشكال التضاريسية [٣٥، ص٢٤-٢٥]. تم استخراج مؤشر وعورة التضاريس (TRI) من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) باستخدام برنامج ArcGIS 10.8.2، إذ جرى حساب أعلى وأدنى Maximum- Minimum قيم الارتفاع وإنتاج سطح ممهد (Smooth Surface) بواسطة أداة Focal Statistics (Mean)، ثم احتساب المؤشر باستخدام أداة Raster Calculator وفق المعادلة:

$$TRI = \frac{(Smooth - Min)}{(Max - Min)}$$

ثم أُعيد تصنيف القيم إلى فئات مكانية تمثل مستويات الوعورة المختلفة، يلاحظ شكل(5) .

شكل (٥) التطبيق العملي لحساب مؤشر وعورة التضاريس TRI



المصدر: -[٣٦، DEM، Arc GIS 10. 8.٢]أظهرت نتائج جدول (٨) سيادة الفئة (٠.٠٦٧-٠.٤٤) بمساحة ٣٠٠.٦٧ كم² وبنسبة ٤٢.٢٨٪ من مساحة المنطقة، تلتها الفئة (٠.٢٦-٠.٠٦٦) بمساحة ٢٨٣.٢٥ كم² وبنسبة ٣٩.٨٣٪، في حين جاءت الفئة (-٣--٠.٢٧) في المرتبة الأخيرة بمساحة ١٢٧.٢٣ كم² وبنسبة ١٧.٨٩%.**جدول (٨) نتائج مؤشر وعورة التضاريس TRI**

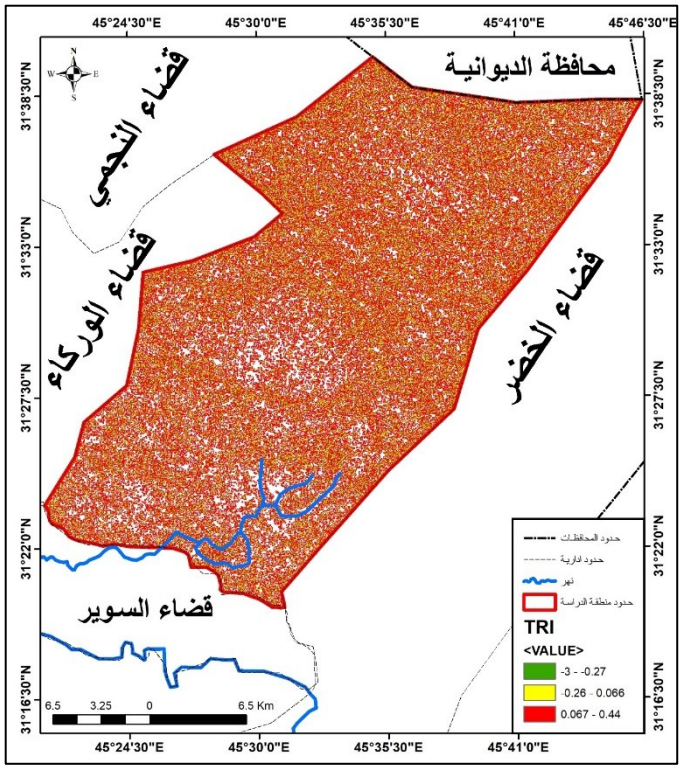
الفئات	المساحة (كم²)	النسبة المئوية (%)	الدلالة على ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي
-٠.٢٧--٣-	127.23	17.89	ملاءمة مرتفعة جداً نتيجة انخفاض وعورة السطح وسهولة الاستغلال الزراعي والرعوي
-٠.٢٦-٠.٠٦٦-	283.25	39.83	ملاءمة مرتفعة لسيادة الأسطح قليلة الوعورة وانخفاض القيود الطبوغرافية
المجموع	**410.48**	**57.72**	**ملاءمة مرتفعة جداً- مرتفعة**
٠.٤٤-٠.٠٦٧	300.67	42.28	ملاءمة متوسطة إلى مرتفعة نتيجة زيادة وعورة السطح نسبياً مقارنة بالفئات الأخرى
المجموع	**711.14**	**100.00**	**تشير النتائج إلى ارتفاع ملاءمة معظم أراضي ناحية الكرامة للإنتاج الزراعي والرعوي نتيجة سيادة التضاريس المستوية وقليلة الوعورة.**

المصدر: - [٣٧، خريطة (١٠)، Arc GIS 10. 8.٢]

-الدلالات الجيومورفولوجية

تشير النتائج إلى سيادة الأسطح المستوية وقليلة الوعورة في ناحية الكرامة، إذ تمثل الفئتان الأولى والثانية مساحة ٤١٠.٤٨ كم² وبنسبة ٥٧.٧٢٪ من مساحة المنطقة، مما يعكس استقراراً جيومورفولوجياً وانخفاضاً في تأثير التعرية والجريان السطحي. أما الفئة الثالثة فتمثل مناطق أكثر وعورة نسبياً، إلا أن انتشارها المحدود يؤكد الطابع السهلي العام للمنطقة، وهو ما يعزز ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي، يلاحظ خريطة (١٠).

خريطة (١٠) مؤشر وعورة التضاريس TRI



المصدر: -[٣٨، DEM، ٨.٢ .Arc GIS 10]

٩- التربة:

تُعد التربة من أهم العوامل المؤثرة في ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي. أظهرت نتائج جدول (٩) سيادة تربة السولونشاك بمساحة ٦٠٧.٨٧ كم² وبنسبة ٨٥.٤٨٪ من مساحة منطقة الدراسة، مما يعكس انتشار الظروف الملحية المرتبطة بالبيئات الجافة وشبه الجافة، يلاحظ صورة (١). وجاءت تربة الفلوفيزول في المرتبة الثانية بمساحة ٧٨.٣٢ كم² وبنسبة ١١.٠١٪، تلتها تربة الريغوسول بمساحة ٢٤.٨١ كم² وبنسبة ٣.٤٩٪، في حين سجلت تربة الجيبسيسول أقل مساحة بلغت ٠.١٤ كم² وبنسبة ٠.٠٠٢٪، يلاحظ صورة(2) .

صورة (١) ترب السولونشاك في ناحية الكرامة صورة (٢) ترب الفلوفيزول في ناحية الكرامة

31° 34' 59.322" N 45° 35' 55.875" E

31° 34' 59.322" N 45° 35' 55.875" E

المصدر:

-[٣٩، الدراسة الميدانية(٢٥-٧)، (٢١-٨)٢٠٢٥]**جدول (٩) أنواع الترب في ناحية الكرامة**

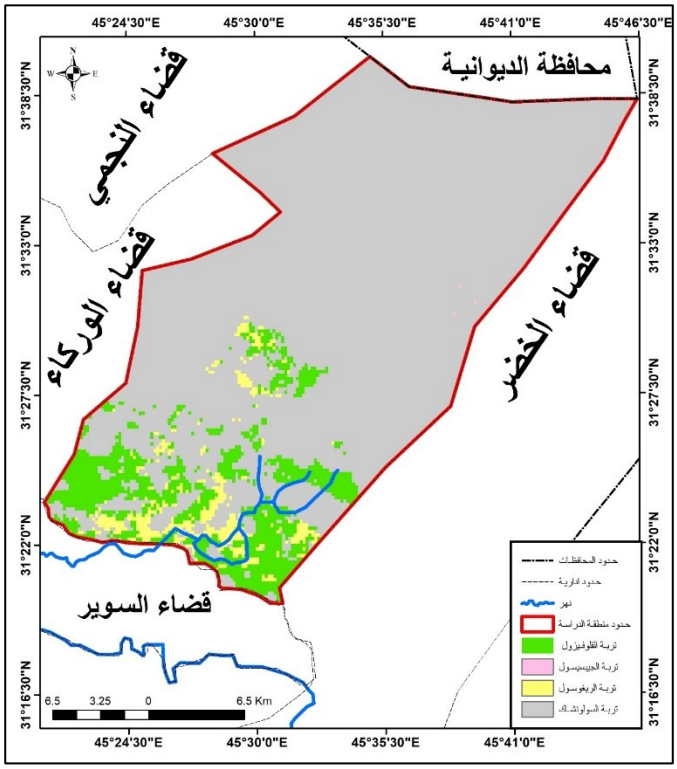
نوع التربة	المساحة (كم²)	النسبة المئوية (%)	الدلالة على ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي
تربة الفلوفيزول	78.32	11.01	ملاءمة مرتفعة جداً لخصوبتها الجيدة وقابليتها العالية للإنتاج الزراعي وتوفير المراعي

تربة الجيبسيسول	0.14	0.02	ملاءمة منخفضة بسبب ارتفاع محتواها الجبسي وما يرافقه من قيود على نمو بعض المحاصيل
تربة الريغوسول	24.81	3.49	ملاءمة متوسطة إلى مرتفعة تبعاً لخصائصها الفيزيائية ودرجة استقرارها وتوافر الرطوبة
تربة السولونشاك	607.87	85.48	ملاءمة منخفضة إلى متوسطة نتيجة ارتفاع الملوحة وما تفرضه من قيود على الإنتاج الزراعي والرعوي
المجموع	**711.14**	**100.00**	**تتباين ملاءمة الأراضي تبعاً لخصائص التربة، مع سيادة تربة السولونشاك ذات القيود الملحية على معظم مساحة المنطقة.**

المصدر: – [٤٠، خريطة (١١)، Arc GIS 10. 8.٢]

– **الدلالات الجيومورفولوجية**

النتائج إلى هيمنة تربة السولونشاك على معظم مساحة المنطقة، وهو ما يعكس تأثير المناخ الجاف وضعف عمليات غسل الأملاح، مما يحد من كفاءة الإنتاج الزراعي والرعوي في أجزاء واسعة من ناحية الكرامة. في المقابل، تمثل مناطق تربة الفلوفيزول أكثر المواقع ملاءمة للإنتاج الزراعي لارتباطها بالرواسب الحديثة وخصوبتها النسبية، بينما تتمتع تربة الريغوسول بملاءمة متوسطة تبعاً لخصائصها الفيزيائية، في حين يبقى تأثير تربة الجيبسيسول محدوداً بسبب ضآلة انتشارها. وعموماً، تُعد ملوحة التربة من أبرز القيود الطبيعية المؤثرة في ملاءمة الأراضي داخل منطقة الدراسة، يلاحظ خريطة (١١).**خريطة (١١) أصناف الترب في ناحية الكرامة**



المصدر: –[٤١، https://soilgrids.org/، Arc GIS 10. 8.٢]

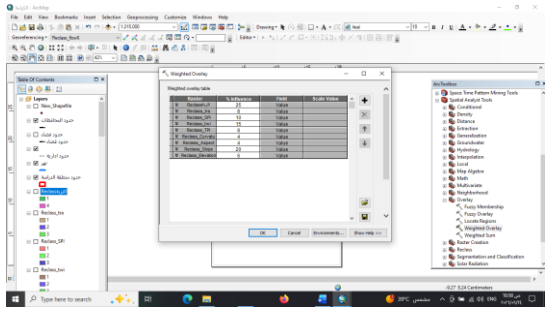
ثانيا: خريطة الملاءمة المكانية:

تُعد ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي من القضايا المهمة في إدارة الموارد الطبيعية، إذ ترتبط بدرجة توافق خصائص البيئة الطبيعية مع متطلبات الأنشطة الإنتاجية، وقد اعتمد البحث على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة مكانية (٣٠ م) وبيانات التربة الرقمية، وتمت معالجة البيانات ضمن بيئة برنامج ArcGIS 10.8.2 من خلال توحيد نظام الإحداثيات وقص البيانات وفق حدود منطقة الدراسة، ثم جرى اشتقاق المؤشرات الجيومورفولوجية المتمثلة بالارتفاع والانحدار واتجاه الانحدار وانحناء السطح ومؤشر الوضع الطبوغرافي (TPI) ومؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI) ومؤشر قدرة الجريان السطحي (SPI) ومؤشر وعورة التضاريس(TRI) ، فضلاً عن إعداد طبقة التربة.ثم أُعيد تصنيف

المؤشرات إلى فئات ملائمة وفق خصائصها الجيومورفولوجية، وأُعطيت أوزان نسبية تبعاً لأهميتها في التأثير على الإنتاج الزراعي والرعوي، وتم دمجها باستخدام أسلوب التراكب الوزني (Weighted Overlay) لإنتاج خريطة الملاءمة المكانية، وأخيراً حُسبت مساحات فئات الملاءمة ونسبها المئوية وتحليل دلالاتها المكانية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

- **مبررات توزيع الأوزان**

اعتمد توزيع الأوزان وفق درجة تأثير كل مؤشر في ملاءمة الأراضي للإنتاج الزراعي والرعوي في ناحية الكرامة. مُنحت التربة أعلى وزن (٢٥٪) لكونها العامل الأكثر تأثيراً نتيجة سيادة تربة السولونشاك المالحة على معظم مساحة المنطقة. وجاء الانحدار بالمرتبة الثانية (٢٠٪) لدوره المباشر في التحكم بالجريان السطحي والتعرية وسهولة استغلال الأراضي. وأُعطي مؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI) وزناً بلغ (١٥٪) لأهميته في تحديد مواقع تجمع الرطوبة في البيئة الجافة.أما مؤشر قدرة الجريان السطحي (SPI) فخصص له وزن (١٠٪) لارتباطه بدرجة استقرار السطح ومخاطر التعرية. ومنح كل من مؤشري الوضع الطبوغرافي (TPI) وعورة التضاريس (TRI) وزناً بلغ (٨٪) لدورهما في تفسير الموقع الطبوغرافي وخشونة السطح. في حين خُصص للارتفاع وزن (٦٪) بسبب محدودية التباين التضاريسي في منطقة الدراسة، وأُعطي كل من اتجاه الانحدار (Aspect) وانحناء السطح (Curvature) وزناً بلغ (٤٪) لكون تأثيرهما أقل مقارنة ببقية المؤشرات، يلاحظ شكل (٦).يبين جدول (١٠) نتائج تقييم الملاءمة المكانية للأراضي في ناحية الكرامة بالاعتماد على المؤشرات الجيومورفولوجية، إذ جاءت فئة الملاءمة المتوسطة في المرتبة الأولى بمساحة بلغت ٦١٠.٩٨ كم² وبنسبة ٨٥.٩٢٪ من إجمالي مساحة المنطقة، مما يدل على سيادة أراضٍ تتوافر فيها مقومات الإنتاج الزراعي والرعوي مع وجود بعض المحددات الطبيعية، ولاسيما ملوحة التربة.**شكل (٦) التطبيق العلمي لخريطة الملاءمة المكانية في ناحية الكرامة**



المصدر: -[42، DEM https://soilgrids.org ,Arc GIS 10. 8.٢]

وجاءت فئة الملاءمة المرتفعة في المرتبة الثانية بمساحة بلغت ١٠٠.١٢ كم² وبنسبة ١٤.٠٨٪، وتمثل المناطق التي تتمتع بخصائص جيومورفولوجية أكثر ملاءمة من حيث استواء السطح وانخفاض الوعورة وتحسن خصائص التربة.أما فئة الملاءمة المنخفضة فقد سجلت مساحة محدودة جداً بلغت ٠.٠٤ كم² وبنسبة ٠.٠١٪، مما يشير إلى محدودية الأراضي التي تعاني من قيود جيومورفولوجية شديدة داخل منطقة الدراسة.

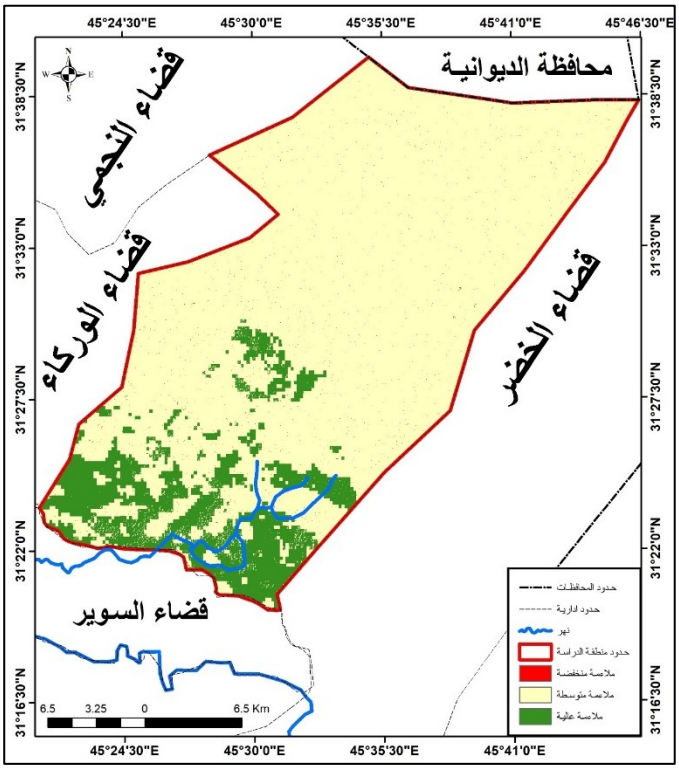
جدول (١٠) مساحات خريطة الملائمة المكانية

الفئات	المساحة	النسبة المئوية
ملاءمة منخفضة	0.04	0.01
ملاءمة متوسطة	610.98	85.92
ملاءمة مرتفعة	100.12	14.08
	711.14	100.00

المصدر: -[43، DEM https://soilgrids.org ,Arc GIS 10. 8.٢]

- **الدلالات الجيومورفولوجية:**

تشير النتائج إلى أن ناحية الكرامة تتمتع عموماً بدرجات ملاءمة متوسطة إلى مرتفعة للإنتاج الزراعي والرعوي، وهو ما يعكس أثر سيادة الأراضي المستوية وانخفاض الانحدارات وضعف وعورة السطح. إلا أن انتشار الترب الملحية، ولاسيما تربة السولونشاك، أسهم في خفض مستوى الملاءمة من المرتفعة إلى المتوسطة في أجزاء واسعة من المنطقة، مما جعل فئة الملاءمة المتوسطة هي السائدة مكانياً. وعليه، فإن الخصائص الجيومورفولوجية تمثل عاملاً داعماً للإنتاج الزراعي والرعوي، في حين تُعد التربة العامل الأكثر تأثيراً في تباين مستويات الملاءمة المكانية، يلاحظ خريطة (١٢).**خريطة (١٢) الملاءمة المكانية في ناحية الكرامة**



المصدر: -[٤٤، DEM https://soilgrids.org, Arc GIS 10. 8.٢]

النتائج:

١- أظهرت نتائج الارتفاعات والانحدارات سيادة الأراضي المستوية وشبه المستوية، إذ بلغت نسبة الانحدارات المنخفضة (٨٦.٣٧٪) من مساحة ناحية الكرامة، مما عزز ملاءمتها للإنتاج الزراعي والرعوي .

٢- بينت نتائج اتجاه الانحدار وانحناء السطح تقارب توزيع الفئات المكانية وسيادة الأسطح المستوية وشبه المستوية، الأمر الذي أسهم في استقرار السطح وسهولة استغلال الأراضي .

٣- أوضح مؤشر الوضع الطبوغرافي (TPI) سيادة المناطق المتعادلة طبوغرافياً بنسبة (٥٤.٨١٪)، مما يعكس انتشار البيئات السهلية الملائمة للأنشطة الإنتاجية .

٤- أظهرت نتائج مؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI) تركز أكثر من نصف مساحة المنطقة ضمن الفئات ذات الرطوبة المتوسطة، مما يوفر ظروفاً مناسبة نسبياً للاحتفاظ بالرطوبة .

٥- بين مؤشر قدرة الجريان السطحي (SPI) سيادة الفئات منخفضة القدرة التعرّوية، مما يدل على محدودية تأثير الجريان السطحي في معظم أجزاء المنطقة .

٦- كشفت نتائج مؤشر وعورة التضاريس (TRI) عن انخفاض درجة وعورة السطح، إذ سادت الفئات منخفضة ومتوسطة الوعورة، مما يزيد من ملاءمة الأراضي للزراعة والرعي .

٧- تبين أن تربة السولونشاك تشكل (٨٥.٤٨٪) من مساحة المنطقة، مما يجعل الملوحة أحد أهم المحددات الطبيعية المؤثرة في كفاءة استغلال الأراضي .

٨- أظهرت خريطة الملاءمة المكانية سيادة فئة الملاءمة المتوسطة بمساحة (٦١٠.٩٨ كم²) وبنسبة (٨٥.٩٢٪) من مساحة المنطقة .

٩- بلغت مساحة الأراضي ذات الملاءمة المرتفعة (١٠٠.١٢ كم²) وبنسبة (١٤.٠٨٪)، وتتركز في المواقع التي تتمتع بخصائص جيومورفولوجية أكثر ملاءمة .

١٠- سجلت فئة الملاءمة المنخفضة أقل مساحة بلغت (٠.٠٤ كم²) وبنسبة (٠.٠١٪)، مما يدل على محدودية الأراضي ذات القيود الجيومورفولوجية الشديدة .

١١- أكدت الدراسة فاعلية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تحليل المؤشرات الجيومورفولوجية ودمجها وإنتاج خريطة دقيقة للملاءمة المكانية للإنتاج الزراعي والرعوي في ناحية الكرامة.

المقترحات

١- توجيه التوسع الزراعي والرعوي نحو المناطق ذات الملاءمة المرتفعة والمتوسطة التي حددتها خريطة الملاءمة المكانية .

٢- اعتماد مخرجات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تخطيط استعمالات الأراضي وتحديد أولويات الاستثمار الزراعي والرعوي .

٣- تنفيذ برامج لمعالجة ملوحة التربة في المناطق التي تسود فيها تربة السولونشاك لرفع كفاءتها الإنتاجية .

٤- استثمار الأراضي المستوية وشبه المستوية في التوسع الزراعي لارتفاع درجة ملاءمتها وسهولة استغلالها .

٥- المحافظة على الغطاء النباتي وتنظيم الرعي للحد من تدهور التربة والمحافظة على استقرار السطح .

٦- استغلال المناطق ذات الرطوبة الطبوغرافية الأعلى في زراعة المحاصيل الأكثر احتياجاً للمياه .

٧- الحد من الأنشطة التي تزيد من التعرية في المناطق ذات قيم مؤشر قدرة الجريان المرتفعة نسبياً .

٨- إنشاء قاعدة بيانات مكانية محدثة للمؤشرات الجيومورفولوجية لدعم التخطيط وإدارة الموارد الطبيعية .

٩- إجراء تحديث دوري لخرائط الملاءمة المكانية لمواكبة التغيرات البيئية واستعمالات الأراضي .

١٠- إجراء دراسات مستقبلية تدمج المؤشرات الجيومورفولوجية مع الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة والموارد المائية للوصول إلى تقييم أكثر دقة لملاءمة الأراضي.

المصادر:

1- https://earthexplorer.usgs.gov/

2- https://soilgrids.org/

3- https://soilgrids.org/

4- ArcGIS 10.8.2.,

5- ArcGIS 10.8.2.,http://landsat.usgs.gov/index.php

٦- وزارة الموارد المائية، الهيأة العامة للمساحة، قسم إنتاج الخرائط، خريطة محافظة المثنى، بمقياس 1:500 000, بغداد, 2022.

٧- القمر الأمريكي (Landsat 8-9) مرئية (OLI)، الحزم (2,3,4) ٢٠٢٥.

٨- وزارة الموارد المائية، الهيأة العامة للمساحة، قسم إنتاج الخرائط، خريطة محافظة المثنى، بمقياس 1:500 000, بغداد, 2022.

٩- القمر الأمريكي (Landsat 8-9) مرئية (OLI)، الحزم (2,3,4) ٢٠٢٥.

١٠- خريطة (٣)، برنامج ArcGIS 10.8.2. في حساب المساحات.

١١- DEM، ArcGIS 10.8.2. في حساب المساحات

12- Stam Marin Ed 1999, GIS Solution in Natural Resource Management, Tenewable Natural Resources Foundation and National Academy of Sciences – National Research Council, Washington, 1999, p88.

١٣- خريطة (٤)، برنامج ArcGIS 10.8.2. في حساب المساحات.

١٤- DEM،٢. Arc GIS 10. 8

15- R. J. Huggett, *Fundamentals of Geomorphology* (5th ed.), London: Routledge, pp. 142–145, 2017.

١٦- خريطة (٥)، وبرنامج ArcGIS 10.8.2. في حساب المساحات.

١٧- (DEM)، برنامج ArcGIS 10.8.2.

18- Saleem, N., Huq, M. E., Twumasi, N. Y. D., Javed, A., & Sajjad, A. 2019. Parameters derived from and/or used with digital elevation models (DEMs) for landslide susceptibility mapping and landslide risk assessment: a review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *8*(12), 545.

19- Wilson, J. P., & Gallant, J. C. (2000). Digital terrain analysis. *Terrain analysis: Principles and applications*, *6*(12), ٧.

٢٠- خريطة (٦)، وبرنامج ArcGIS 10.8.2. في حساب المساحات

٢١- DEM، برنامج ArcGIS 10.8.2.

22- Weiss, A. (2001, July). Topographic position and landforms analysis. In *Poster presentation, ESRI user conference, San Diego, CA* (Vol. 200, p. 2001).

23- De Reu, J., Bourgeois, J., Bats, M., Zwertvaegher, A., Gelorini, V., De Smedt, P., ... & Crombé, P. (2013). Application of the topographic position index to heterogeneous landscapes. *Geomorphology*, *186*, 39-49.

٢٤- خريطة (٧)، وبرنامج ArcGIS 10.8.2. في حساب المساحات.

٢٥- DEM، برنامج ArcGIS 10.8.2.

26- Moore, I. D., Grayson, R. B., & Ladson, A. R. (1991). Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological processes*, *5*(1), 3-30.

27- Moore, I. D., Grayson, R. B., & Ladson, A. R. (1991). Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological processes*, *5*(1), 3-30.

٢٨- : خريطة (٨) وبرنامج ArcGIS 10.8.2. في حساب المساحات

٢٩- بيانات نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) ومعالجتها وتحليلها باستخدام برنامج ArcGIS 10.8.2.

30- Nematollahi, F., Solhi, S., & Ramesht, M. H. (2021). Terrain Surface, Visualization Modeling. *Quantitative Geomorphological Research*, *9*(4), 1-24.

31- Moore, I. D., Grayson, R. B., & Ladson, A. R. (1991). Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological processes*, *5*(1), 3-30.

٣٢- DEM،Arc GIS 10. 8.٢

٣٣- خريطة (٩) وبرنامج Arc GIS 10. 8 في حساب المساحات

٣٤- DEM،Arc GIS 10. 8.٢

35- Riley, S. J., DeGloria, S. D., & Elliot, R. (1999). Index that quantifies topographic heterogeneity. *intermountain Journal of sciences*, *5*(1-4), 23-27.

٣٦- DEM،Arc GIS 10. 8.٢

٣٧- خريطة (١٠) وبرنامج ArcGIS 10.8.2. في حساب المساحات

٣٨- بيانات نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) ومعالجتها وتحليلها باستخدام برنامج ArcGIS 10.8.2.

٣٩- الدراسة الميدانية(٢٥-٧)، (٢١-٨)٢٠٢٥

٤٠- خريطة (١١) وبرنامج ArcGIS 10.8.2. في حساب المساحات

٤١- https://soilgrids.org/،Arc GIS 10. 8.٢

42- , https://soilgrids.org DEM.٢، Arc GIS 10. 8

43- , https://soilgrids.org DEM.٢، Arc GIS 10. 8

44- , https://soilgrids.org DEM.٢، Arc GIS 10. 8