دور الاستيفاء المكاني فى تحسين دقة النماذج الجغرافية فى بيئة نظم المعلومات الجغرافية

"دراسة تطبيقية على منطقة عسير"

شادية سيف محمد القحطانى[١] **لميعة بنت عبدالعزيز الجاسر[٢]**

الملخص:

تعد تقنيتي الاستيفاء المكاني، مقلوب المسافة الموزونة (IDW) والمرجح الموزون (Kriging)، من أهم الأساليب المستخدمة في تمثيل الارتفاعات الجغرافية بمنطقة عسير، لذلك تمت مقارنة نتائج تطبيقهما باستخدام نموذجين من نماذج الارتفاعات الرقمية هما SRTM وASTER. وأظهرت نتائج الدراسة أن تقنية Kriging تتفوق في دقة تمثيل التضاريس في المناطق ذات التباين المكاني المعقد وفقا لمتوسط نسبة الخطأ RMSE، كما أن هذه التقنية تعتمد على تحليل التباين الجغرافي بين النقاط، مما يجعلها أكثر دقة في بعض الظروف مقارنةً بتقنية IDW، التي تعتمد بشكل أكبر على القرب المكاني للنقاط المعروفة. كما بيّنت النتائج أن نموذج ASTER يحقق دقة أعلى من SRTM في تمثيل الارتفاعات، بفضل اعتماده على تقنية الاستشعار الضوئي، مما يسمح بتمثيل أكثر دقة للتفاصيل الطبوغرافية خاصة في التضاريس الحادة والمعقدة مثل منطقة عسير بالمملكة العربية السعودية. وأكدت الدراسة على ضرورة استخدام Kriging في المناطق ذات التباين المكاني الكبير واعتماد نموذج ASTER في التطبيقات التي تتطلب دقة طبوغرافية عالية.

الكلمات المفتاحية:

الاستيفاء المكاني، مقلوب المسافة الموزونة (IDW)، المرجح الموزون (Kriging)، نماذج الارتفاعات الرقمية، نموذج ASTER، نموذج SRTM، منطقة عسير.

---

(١) طالبة دكتوراة بقسم الجغرافيا، كلية العلوم الإنسانية والإجتماعية، جامعة الملك سعود.

(٢) أستاذ الجغرافيا المُشارك بقسم الجغرافيا، كلية العلوم الإنسانية والإجتماعية، جامعة الملك سعود.

المبحث الأول: "الإجراءات المنهجية للدراسة":

مقدمة الدراسة:

يواجه تطبيق النماذج الجغرافية Geographic models تحديات كبيرة؛ خاصة عندما لا تتوفر لها بيانات كافية، ومن هنا تأتي أهمية تطبيق أسلوب الاستيفاء المكاني Spatial interpolation بهدف تعزيز دقة هذه النماذج، عبر توفير تقديرات دقيقة للمناطق التي لا تتوافر لها بيانات، وبالتالي أنشاء صورة مكانية شاملة وأكثر موثوقية. ويمكن تحسين دقة نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) باستخدام تقنيات الاستيفاء المكاني، مما يتيح تقدير الارتفاعات في مناطق لم يتم قياسها بشكل مباشر، وهذا يعزز من التحليل المكاني في مجالات مثل إدارة الموارد الطبيعية، والتخطيط الحضري (الجابرى ٢٠٢٢، ص ١٨٧).

وتتميز تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) بقدرتها على تحليل وتخزين وعرض البيانات المكانية بطريقة تمكن من تطبيق تقنيات الاستيفاء المكاني بدقة عالية. كما يعد هذا النظام وسيلة قوية لدعم عمليات التنبؤ المكاني عبر دمج مصادر بيانات متعددة وتطبيق تقنيات حسابية متقدمة لتحليل الأنماط المكانية، كما تتيح برامج نظم المعلومات الجغرافية إمكانية تحسين التقديرات المكانية؛ من خلال تمكين المستخدمين من العمل على بيانات عالية الدقة واستنتاج معلومات دقيقة حول توزيع الظاهرات الجغرافية في مناطق شاسعة، مما يعزز من فعالية عملية اتخاذ القرار في مختلف المجالات (El-Quilish.et al, 2018).

ويستخدم الاستيفاء المكاني في الدراسات الطبوغرافية بشكل أساسي لتوليد نماذج الارتفاعات الرقمية، وتحديد خصائص التضاريس للمناطق الجغرافية. ويساعد أيضا في تحسين دقة نماذج التضاريس؛ من خلال تقدير قيم الارتفاعات في المواقع التي لم يتم قياسها بشكل مباشر. كما يستخدم الاستيفاء المكاني لتوليد أسطح رقمية تعكس الارتفاعات عبر مساحة كبيرة لتستخدم في العديد من التطبيقات الجغرافية، مثل دراسة الجريان السطحي، تصميم الطرق، والبنية التحتية (Habib, M., 2020).

ويعد تحسين الدقة المكانية أحد أهم الأهداف الرئيسية لاستخدام تقنية الاستيفاء المكاني، حيث تقوم بتقدير القيم في المناطق التي لم تتوفر لها بيانات كافية، وبالتالي المساهمة في تحسين تحليل البيانات، كما تؤدي إلى ملئ الفراغات أو النقاط غير الممثلة في مجموعة من البيانات، مما يجعل التحليل أكثر شمولية ودقة (عيد وآخرون ٢٠١٧، ص ١٨٣). ويمكن دمج البيانات من مصادر متعددة (مثل بيانات الأقمار الاصطناعية والمحطات الأرضية) باستخدام تقنيات الاستيفاء المكاني، لتحسين دقة البيانات المكانية النهائية.

كما تعد تقنية الاستيفاء المكاني أداة أساسية في تحسين دقة النماذج الجغرافية من خلال تقدير القيم غير المعروفة في المواقع غير المأهولة بالبيانات بناءً على البيانات المتاحة في المواقع المجاورة. وهنا يعتمد الاستيفاء المكاني على مبدأ الجوار المكاني الذي يشير إلى أن المواقع القريبة من بعضها تكون أكثر ارتباطًا من تلك البعيدة، مما يعزز من دقة التقديرات المكانية عند استخدامها في مجالات متعددة، بما في ذلك الطبوغرافيا، المناخ، والهيدرولوجيا (الجابرى ٢٠٢٢، ص ١٨٧). ويتيح هذا الأسلوب تقدير قيم بيانات جغرافية دقيقة تُستخدم لتحسين فهم وتحليل الأنماط الجغرافية المختلفة في مساحات كبيرة.

وتعد نظم المعلومات الجغرافية بيئة مثالية لتطبيق تقنيات الاستيفاء المكاني، حيث توفر أدوات قوية للتعامل مع البيانات المكانية وتصورها خاصة عند دراسة منطقة معقدة تضاريسيا مثل منطقة عسير، التي تتميز بتنوع تضاريسها وصعوبة الوصول إلى بعض المناطق، وبالتالي يصبح الاستيفاء المكاني وسيلة فعالة لزيادة دقة النماذج المكانية عبر تقديم تقديرات دقيقة للمتغيرات الجغرافية غير المتاحة، ومن خلال دمج تقنيات الاستيفاء في بيئة GIS. ويمكن تحسين التحليل الجغرافي وتوفير رؤى مكانية مهمة تدعم عمليات التخطيط وصنع القرار في مجالات متعددة مثل إدارة الموارد الطبيعية، والتخطيط العمراني، والزراعة المستدامة، والسياحة البيئية كما تم عند تحديد مناطق السياحة الطبيعية في حوض وادي بيش بمنطقة عسير (الجاسر، ٢٠١٣، ص ٩).

موضوع الدراسة وأهميتها:

تساهم الدراسة في تحسين دقة النماذج الجغرافية المستخدمة في تحليل التضاريس في منطقة عسير، وهي من المناطق ذات التضاريس المعقدة، من خلال استخدام تقنيات الاستيفاء المكاني، الذي يمكن من خلاله سد الفجوات في البيانات الجغرافية وبالتالي إنتاج نماذج أكثر دقة، حيث تعاني منطقة عسير من نقص في البيانات المكانية الدقيقة بسبب طبيعتها الجغرافية الصعبة، مما يجعلها منطقة مثالية لتطبيق تقنيات الاستيفاء المكاني.

كما توفر الدراسة نماذج مشتقة من نماذج الارتفاعات الرقمية الدقيقة لدعم صانعي القرار في مجالات التخطيط الحضري، وإدارة الموارد الطبيعية، والتنمية المستدامة، والسياحة البيئية . فمن خلال تحسين دقة النماذج الجغرافية باستخدام الاستيفاء المكاني، يمكن تقديم تقديرات أكثر دقة للمتغيرات المكانية، مما يسهم في تحسين تخطيط المدن، وتخصيص الموارد، وتخفيف المخاطر البيئية.

كما تبين الدراسة كيفية استخدام هذه التقنيات لتقدير القيم المفقودة في المناطق الجبلية والنائية، مما يجعل نتائجها قابلة للتطبيق في مناطق أخرى ذات ظروف جغرافية مماثلة.

كما تقدم الدراسة إسهامًا تقنيًا من خلال تحليل ومقارنة نتائج تطبيق عدة تقنيات للاستيفاء المكاني مثل Kriging وIDW. مما يوفر فهمًا أعمق لكيفية تحسين دقة النماذج المكانية باستخدام مختلف الأساليب الجيوإحصائية، وهو ما يسهم في التحليل الجغرافي، وزيادة دقة النماذج الجغرافية بما يؤدي إلى تحسين القدرة على رصد التغيرات البيئية، مما يساعد في وضع سياسات تنموية مستدامة تعتمد على بيانات مكانية دقيقة قابلة للتطبيق.

مشكلة الدراسة:

تمثل مشكلة الدراسة تمهيدًا لفهم كيفية استخدام تقنيات الاستيفاء المكاني لتحسين دقة النماذج الجغرافية في منطقة عسير. وتثير الدراسة تساؤلات حول: كيف يمكن تطبيق تقنيات الاستيفاء المكاني بشكل فعّال لتقدير القيم المكانية غير المتاحة؟ وما هي الأساليب الأكثر كفاءة في استيفاء البيانات الجغرافية تحت الظروف البيئية والجغرافية المتنوعة في المنطقة؟

كما تهدف الدراسة إلى تقديم تطبيق عملي يوضح دور هذه التقنيات في تحسين دقة النماذج الجغرافية، مما يساهم في تطوير أدوات تحليلية أكثر فعالية تُسهم في إدارة الموارد الطبيعية والتخطيط الحضري المستدام، مع استعراض الفوائد المحتملة لتقنيات الاستيفاء المكاني في تعزيز جودة البيانات المكانية والنماذج الجغرافية.

أهداف الدراسة:

١. رصد وتحليل تأثير استخدام تقنيات الاستيفاء المكاني في تحسين دقة النماذج الجغرافية من خلال دراسة فعالية تقنيات الاستيفاء المكاني المختلفة، مثل Kriging و Inverse Distance Weighting (IDW)، في تقدير القيم المكانية الناقصة وتحديد مدى تأثيرها على دقة النماذج الجغرافية في منطقة عسير.
٢. تقييم قدرة تقنية الاستيفاء المكاني على تحسين نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM).
٣. تحليل كيفية استخدام تقنية الاستيفاء المكاني لتحسين دقة نماذج الارتفاعات الرقمية في منطقة عسير، بغرض تحديد تفاصيل التضاريس وتقديم تصورات مكانية دقيقة تعزز من تحليل الجريان السطحي واتجاهات تدفق المياه بالأودية.

٤. مقارنة دقة النماذج المكانية قبل وبعد تطبيق تقنيات الاستيفاء المكاني، من خلال قياس وتحليل الفروقات بين دقة النماذج الجغرافية قبل وبعد تطبيق تقنيات الاستيفاء المكاني.

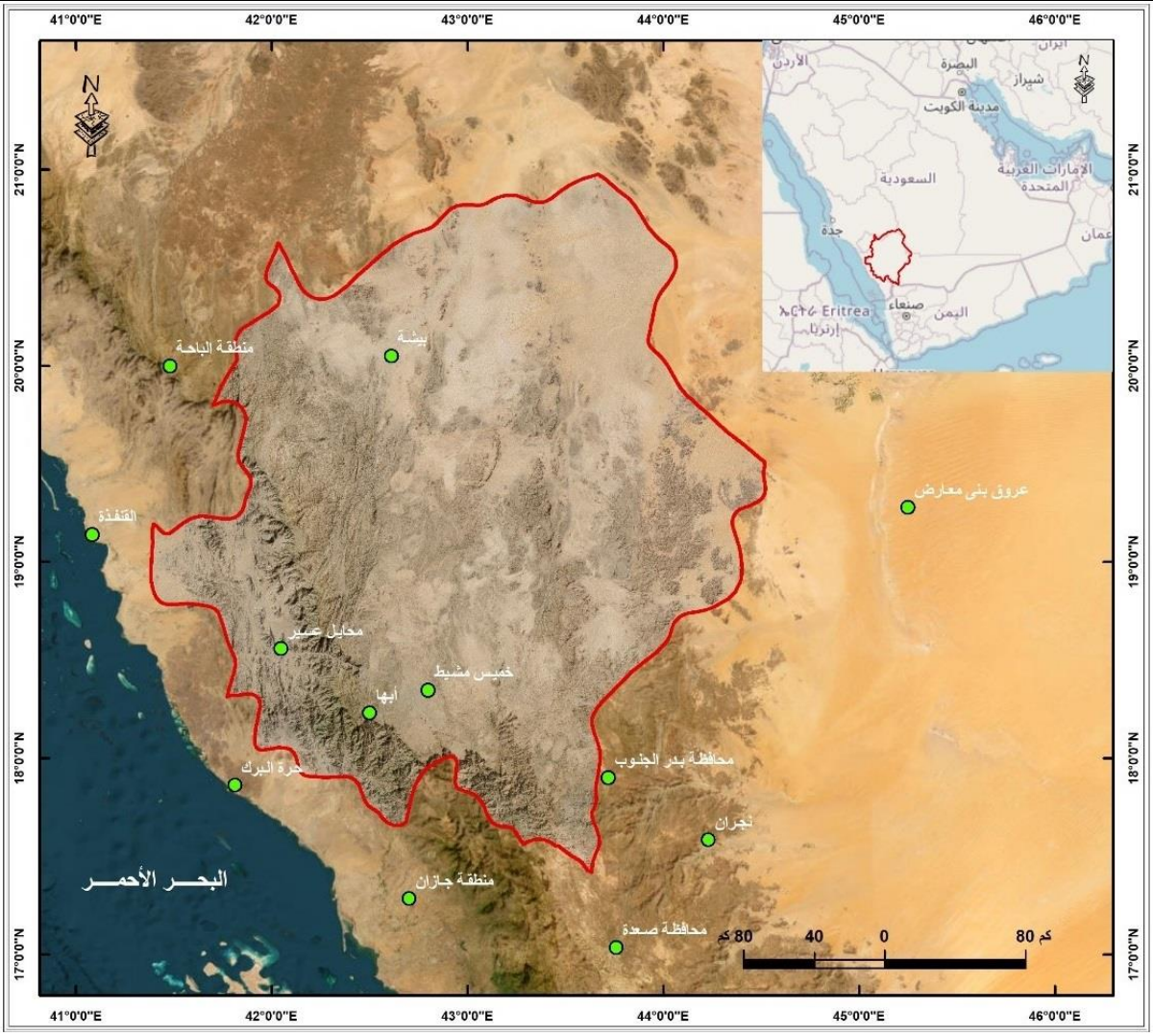
فرضيات الدراسة:

- الفرضية الأولى: توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين تطبيق تقنيات الاستيفاء المكاني (المتغير المستقل) ودقة النماذج الجغرافية (المتغير التابع) في منطقة عسير.
- الفرضية الثانية: توجد تأثيرات ذات دلالة إحصائية لتنوع البيانات المدخلة (المتغير المستقل) على فعالية تقنيات الاستيفاء المكاني (المتغير التابع) في تحسين دقة النماذج الجغرافية.

الحدود المكانية للدراسة:

تم تطبيق الدراسة على منطقة عسير التي تقع جغرافياً جنوبي غرب المملكة العربية السعودية، محصورة بين دائرتي عرض "٥٥ '٢٠ ١٧°- "٣٦ '٤٧ ٢٠° شمالاً، وبين خطي طول "١٠ '٣٠ ٤١° – "٢٥ '٢٩ ٤٤° شرقاً، بمساحة بلغت ٧٧٤٧٧,٩٥ كم٢ (من تحديد وقياس الطالبة باستخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية من الخريطة رقم ١). وتتألف منطقة عسير إداريا من عدة محافظات، أكبرها محافظة تثليث بمساحة ٢٨١٧٠,٥ كم٢ شمال شرق المنطقة، وأصغرها محافظة الحرجة بمساحة ٥٧٩,٥ كم٢ شرق منطقة الدراسة شكل (١).

وتعد منطقة عسير ذات أهمية جغرافية بسبب تنوع تضاريسها، التي تتنوع بين الجبال والهضاب، ما يجعلها منطقة مثالية لتطبيق تقنيات الاستيفاء المكاني. بالإضافة إلى ذلك فإن تفاوت الارتفاعات في المنطقة ووجود مناطق سكنية وزراعية وسياحية يجعل الاستيفاء المكاني أداة أساسية لتحسين دقة النماذج المستخدمة في تخطيط المدن والبيئة الحضرية.

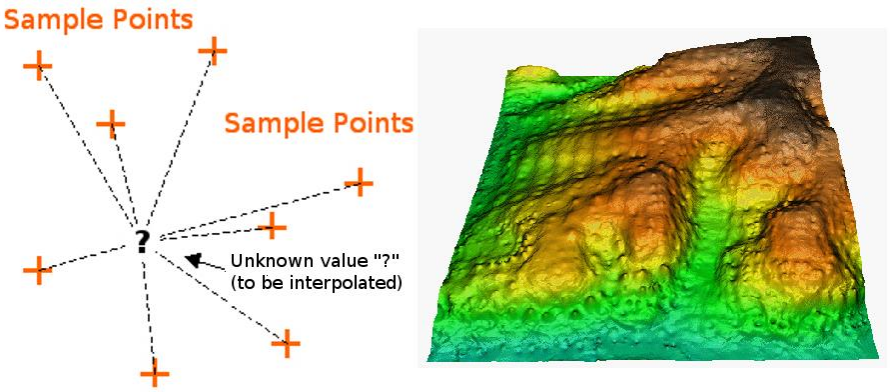


* المصدر: من عمل الطالبة استنادا على الخريطة الرقمية لأمانة عسير (٢٠١٠)، ونموذج الارتفاع الرقمي بدقة تفريقية ٣٠ متر SRTM.

شكل (١) الموقع الجغرافي والفلكي لمنطقة عسير

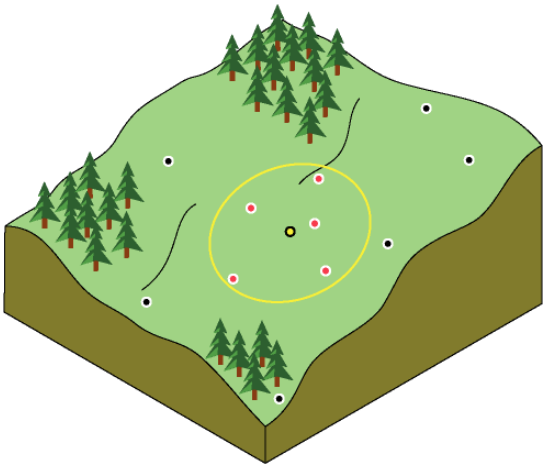
مصطلحات الدراسة:

- الاستيفاء المكاني Spatial Interpolation هو عملية رياضية تُستخدم لتقدير قيم بيانات غير معروفة في مواقع جغرافية معينة استنادًا إلى قيم معروفة في مواقع أخرى قريبة. ويعتمد الاستيفاء المكاني على مبدأ أن القيم الموجودة في أماكن قريبة تكون أكثر تشابهًا من القيم الموجودة في أماكن بعيدة، وفقًا لقانون Tobler's First Law of Geography.



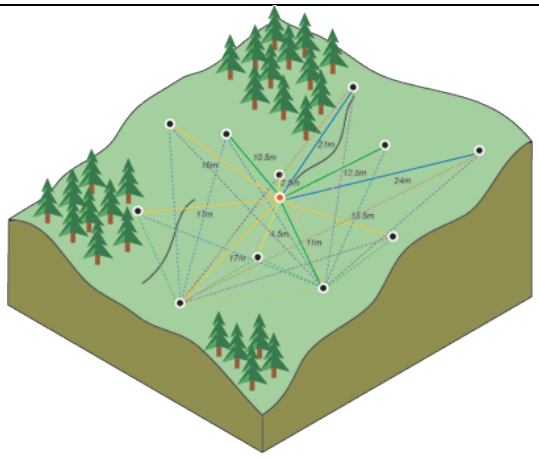
شكل (٢) فكرة عمل الاستيفاء المكانى

- الوزن العكسي للمسافة (Inverse Distance Weighting – IDW) هو أسلوب استيفاء مكاني يعتمد على درجة التأثير أو الوزن لكل نقطة معروفة على المسافة بينها وبين الموقع المطلوب تقدير قيمته. كلما كانت النقطة المعروفة أقرب إلى الموقع المستهدف، زاد وزنها في الحساب، بينما تنخفض الأهمية كلما زادت المسافة.



شكل (٣) طريقة الوزن العكسي للمسافة

- الاستيفاء بطريقة (Kriging) هو تقنية متقدمة من تقنيات الاستيفاء المكاني التي تعتمد على النماذج الإحصائية لتقدير القيم في مواقع غير معروفة بناءً على القيم الموجودة في مواقع أخرى معروفة. يتميز Kriging عن الطرق الأخرى مثل الوزن العكسي للمسافة (IDW) لأنه لا يعتمد فقط على المسافة بين النقاط، بل يأخذ في الاعتبار الأنماط المكانية في توزيع البيانات والتغيرات المكانية بين القيم المعروفة.



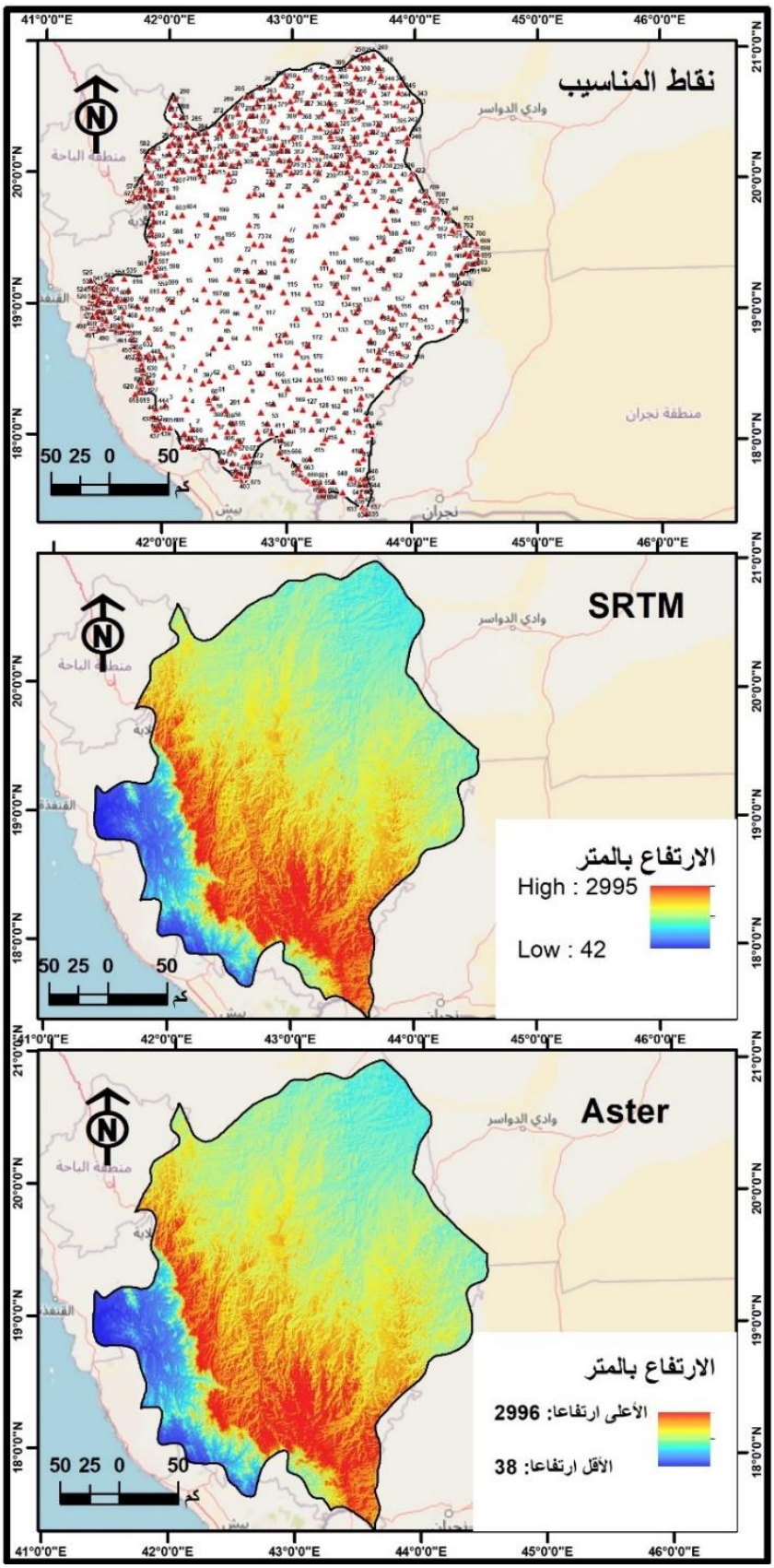
شكل (٤) طريقة Kriging

منهجية الدراسة:

اتبعت الدراسة المنهج التكاملي، الذى يجمع بين عدة مناهج وأساليب علمية لتحقيق أهداف البحث المتعلقة بدور الاستيفاء المكاني في تحسين دقة النماذج الجغرافية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية. يهدف المنهج التكاملي إلى دمج مجموعة من الأدوات لدراسة الظاهرة الجغرافية من جميع جوانبها، بدءًا من جمع البيانات وتحليلها وصولًا إلى استخلاص النتائج وتفسيرها. حيث لمست الباحثة أهمية استخدام تقنيات الاستيفاء المكاني في منطقة عسير لتحسين دقة تمثيل التضاريس ومعالجة التحديات الناتجة عن نقص البيانات المكانية في بعض المواقع. لتحقيق ذلك، تم تطبيق تقنيات مثل Kriging وIDW تم جمع بيانات الارتفاعات من نقاط معروفة باستخدام الخرائط الطبوغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية (مثل SRTM وASTER)، ومن ثم استخدمت هذه البيانات لتقدير القيم المكانية في المواقع التي لا تتوفر فيها بيانات مباشرة (المواقع غير المعروفة)، مما يساهم في سد فجوات البيانات وتحقيق صورة مكانية دقيقة ومتكاملة

أما عن مصادر البيانات فتم جمع نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) لمنطقة عسير من مصادر موثوقة كهيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS مثل SRTM. والخرائط الطبوغرافية للمنطقة من إدارة المساحة الجوية بالرياض خرائط ١: ٥٠٠٠٠٠. كما تم تطبيق تقنيات الاستيفاء المكاني المختلفة باستخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية مثل ArcGIS Pro وبرنامج الاكسيل فى بعض المعادلات الإحصائية.

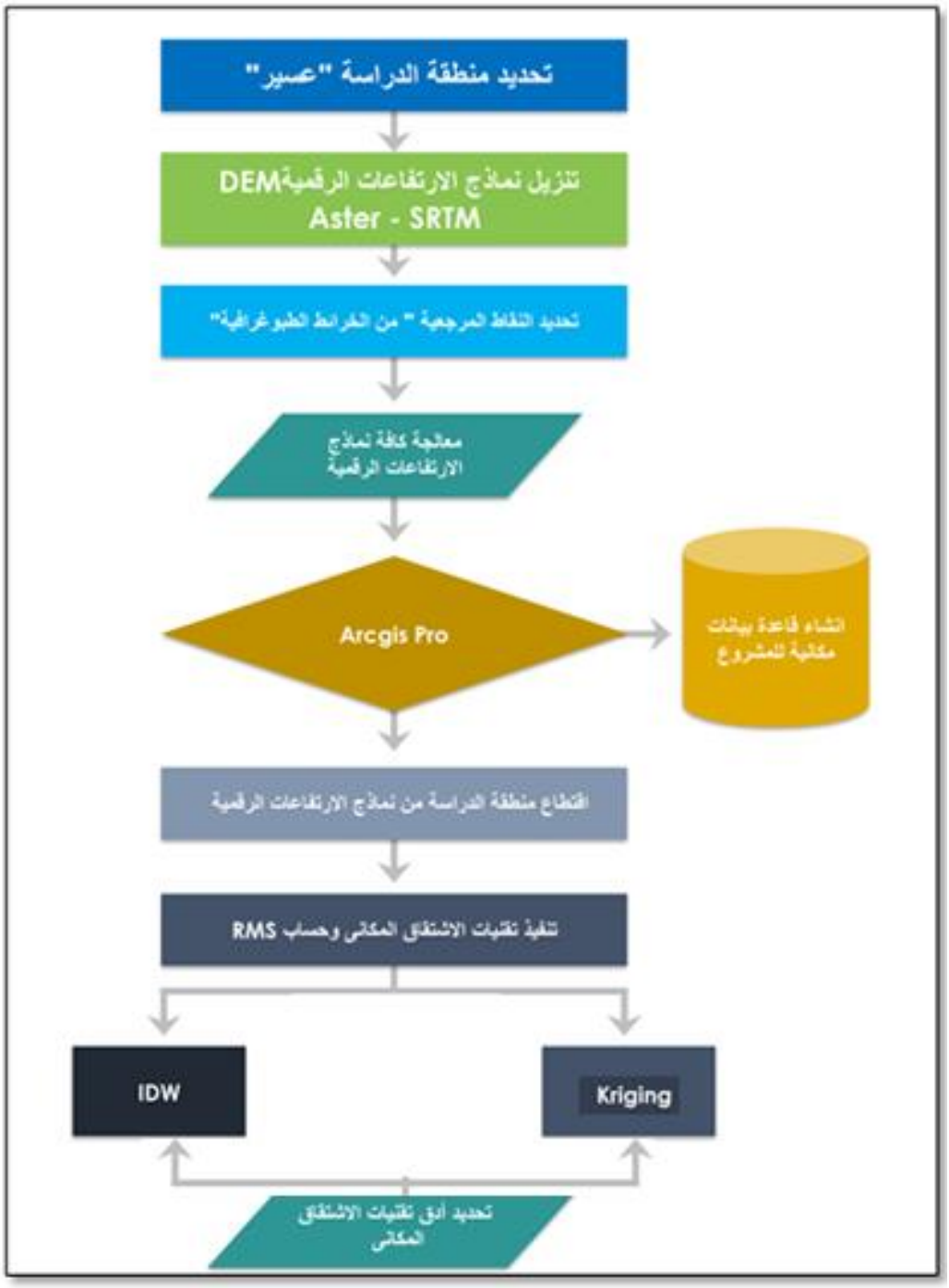
وتضمنت الدراسة عدة خطوات ومراحل منهجية كما بالشكلين رقمي (٢، ٣). تبدأ بتحديد حدود منطقة عسير من الخريطة الرقمية للأمانة، يلي ذلك تنزيل نموذج الارتفاع الرقمي من نوع SRTM أو ASTER بدقة تفريقية تصل إلى ٣٠ مترًا من هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS، ثم تم رسم نقاط الارتفاعات المستخرجة من الخرائط الطبوغرافية، وإنشاء قاعدة بيانات جغرافية للمشروع.



المصدر: من عمل الطالبة استنادا إلى نماذج الارتفاعات الرقمية SRTM وAster ورسمت نقاط المناسيب من الخرائط الطبوغرافية لمنطقة عسير مقياس ١: ٢٥٠٠٠٠.

شكل (٢) مراحل إعداد البيانات المستخدمة في الدراسة

ثم تم معالجة نماذج الارتفاع الرقمية معالجة أولية، ومن ثم استنباط نقاط الارتفاعات منها، وتطبيق تقنيات الاستيفاء المكاني المتعددة. وبعد هذه الخطوة تم مقارنة دقة النماذج المختلفة من خلال حساب الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ، مما ساعد على تحديد أدق تقنيات الاستيفاء واعتمادها لتحسين دقة النماذج الجغرافية كما هو مبين بالشكل (٣).



* المصدر: إعداد الطالبة.

شكل (٣) خطوات الدراسة

الدراسات السابقة:

تُسهم الدراسات السابقة في تحديد السياق البحثي، وتحديد الفجوات البحثية، وتطوير الأسئلة البحثية، واختيار المنهجيات المناسبة، مما يعزز من مصداقية العمل العلمي ويعمق الفهم في المجال المدروس، والجدير بالذكر أن معرفة أهم المراجع العلمية التي يستند إليها تساعد وبشكل كبير في التعرف على الإنجازات العلمية التي تحققت في المجال المدروس، ويسهم هذا في زيادة الإلمام وتوسيع نطاق المعرفة في موضوع البحث، من خلال الاطلاع على أهداف تلك الدراسات وأسئلتها والنظريات التي استندت إليها. وفيما يلي أهم الدراسات التي تم الوصول إليها:

ركزت دراسة الحمامي (٢٠١٠) على بناء الفجوات الخالية من البيانات في نموذج الارتفاع الرقمي لمكوك الفضاء، حيث تناولت الدراسة التحديات الكبيرة التي تواجه تحليل البيانات، وأظهرت كيفية التعامل مع هذه الفجوات باستخدام تقنيات متقدمة.

تناولت دراسة الأسمري (٢٠١٧) طريقة إنشاء نماذج الارتفاع الرقمية واستخدامها في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، مشيرةً إلى أهميتها في تحسين دقة البيانات الجغرافية، وركزت الدراسة على الجزء الأعلى من عقبة المخواة باستخدام تقنيات متقدمة.

أوضحت دراسة عيد وقدورة (٢٠١٧) طرق إنشاء وتقييم نماذج الارتفاع الرقمية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، حيث استعرضت الأساليب المختلفة لإنشاء هذه النماذج وكيفية تقييم جودتها بما يسهم في تحسين التطبيقات الجغرافية.

أكدت دراسة El-Quilish et al. (٢٠١٨) على تطوير نموذج ارتفاع رقمي عالي الدقة في منطقة دلتا النيل بمصر، حيث تم تقييم دقة النموذج باستخدام أساليب نظم المعلومات الجغرافية، وأظهرت الدراسة مساهمة الطرق الحديثة في تحسين جودة البيانات المرتبطة بالارتفاعات.

هدفت دراسة Tran, Q. B., & Nguyen, T. T. (٢٠١٨) إلى تقييم تأثير تقنيات الاستيفاء على دقة نموذج الارتفاع الرقمي، موضحةً كيفية تأثير أساليب الاستيفاء المختلفة على جودة البيانات بما يساعد الباحثين في اختيار الأساليب الأنسب.

قارنت دراسة العزاوي (٢٠١٩) بين تقنيات الاستيفاء المكاني لخرائط مناسيب المياه الجوفية في قضاء تلعفر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، حيث اقترحت الدراسة رؤية شاملة لمختلف التقنيات لتحسين دقة النماذج.

ناقشت دراسة Habib, M. (٢٠٢٠) تأثير تقنيات الاستيفاء على دقة نموذج الارتفاع الرقمي على نطاق واسع، مؤكدةً أن اختيار تقنية الاستيفاء المناسبة يؤثر بشكل كبير على دقة النموذج النهائي.

استعرضت دراسة الجابري (٢٠٢٢) طرق تحسين نموذج الارتفاع الرقمي من الخرائط الطبوغرافية في نظم المعلومات الجغرافية، مع تطبيق عملي على بحيرة الثرثار، مؤكدةً دور البيانات الطبوغرافية في تحسين النماذج وزيادة دقتها.

اختبرت دراسة محمود (٢٠٢٣) دقة نماذج الارتفاعات الرقمية في دراستها لمنخفضات الإذابة بهضبة المعازة الجيرية بمصر، مبينةً أهمية تقييم دقة النماذج في التطبيقات البيئية والجغرافية.

استخدمت دراسة Muttitanon, W. (٢٠٢٤) طرق الاستيفاء المكاني مثل الوزن العكسي للمسافة (IDW)، والجار الطبيعي (Natural Neighbor)، والكريغينغ (Kriging) لنمذجة أعماق طبقات الطين، حيث قارنت الدراسة بين النماذج الناتجة وأكدت دقة طريقة الكريغينغ بقيمة خطأ جذري منخفضة بلغت ٧,٤٧٨ سم.

وتُظهر الدراسات السابقة تطورًا كبيرًا في معالجة وتحليل نماذج الارتفاع الرقمية (DEM) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات الاستيفاء المختلفة. وتتمثل القيمة العلمية لهذه الدراسات في تركيز غالبيتها الدراسات على إنشاء وتقييم دقة نماذج الارتفاع الرقمية في مناطق جغرافية متنوعة. وهناك اهتمام واضح بتحسين تقنيات الاستيفاء ومعالجة الفجوات في البيانات، مما يعكس التحديات التقنية المرتبطة بالنماذج الرقمية.

تنوع الأساليب واستخدام العديد من تقنيات الاستيفاء مثل IDW، Natural Neighbor، والكريغينغ (Kriging)، وأظهرت بعض الدراسات تفوق طريقة الكريغينغ، كما في دراسة Muttitanon (٢٠٢٤)، مما يبرز فعالية هذه التقنية في تمثيل التغيرات المكانية بدقة عالية.

المبحث الثاني: مقارنة تقنيات الاستيفاء المكانى للنماذج الجغرافية بمنطقة عسير:

تعد تقنيات الاستيفاء المكاني أدوات مهمة لتحليل وتقدير المتغيرات الجغرافية في المناطق التي لا تتوفر فيها بيانات مباشرة. وتُستخدم هذه التقنيات على نطاق واسع في بناء النماذج الجغرافية، مثل نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، لتقدير الارتفاعات والتضاريس في منطقة الدراسة. وعادة ما تقوم الجهات المختصة في إنشاء الخرائط الطبوغرافية بأخذ قياسات نقاط الارتفاع حقليا بدقة عالية لأهميتها

في إنتاج الخرائط الطبوغرافية، ولذلك تستخدم هذه النقاط في مقارنة، وقياس دقة نموذج الارتفاعات (الأسري، ٢٠١٨، ص ١٦٥).

وقد ركزت الدراسة على مقارنة أداء تقنيتي الاستيفاء المكاني IDW وKriging عند تطبيقهما على نموذجين من نماذج الارتفاعات الرقمية، وهما نموذج SRTM ونموذج ASTER، في منطقة عسير؛ التي تتميز بتنوع تضاريسها واختلاف الارتفاعات فيها. كما يتميز نموذج مقلوب المسافة الموزونة (IDW) بالاعتماد على النقاط القريبة بشكل أكبر في تقدير قيمة النقاط المجهولة، مما يجعله مناسبًا للبيانات التي تتبع توزيعًا سلسًا، وقد أفادت تلك التقنية في إنجاز العديد من الدراسات التي واجهت نقصا في البيانات كالدراسات المناخية لتقدير غاز الأوزون بمنطقة المسجد الحرام بمكة المكرمة (آل سالم ، ٢٠٢٣، ص ٥٦). وفي المقابل تستفيد تقنية الكريغنج (Kriging) من تحليل التباين الجغرافي بين النقاط لتقدير القيم المجهولة، وتعتبر من الأساليب الجيوإحصائية الأكثر دقة لتقدير التغيرات في المناطق ذات التباين المكاني المعقد.

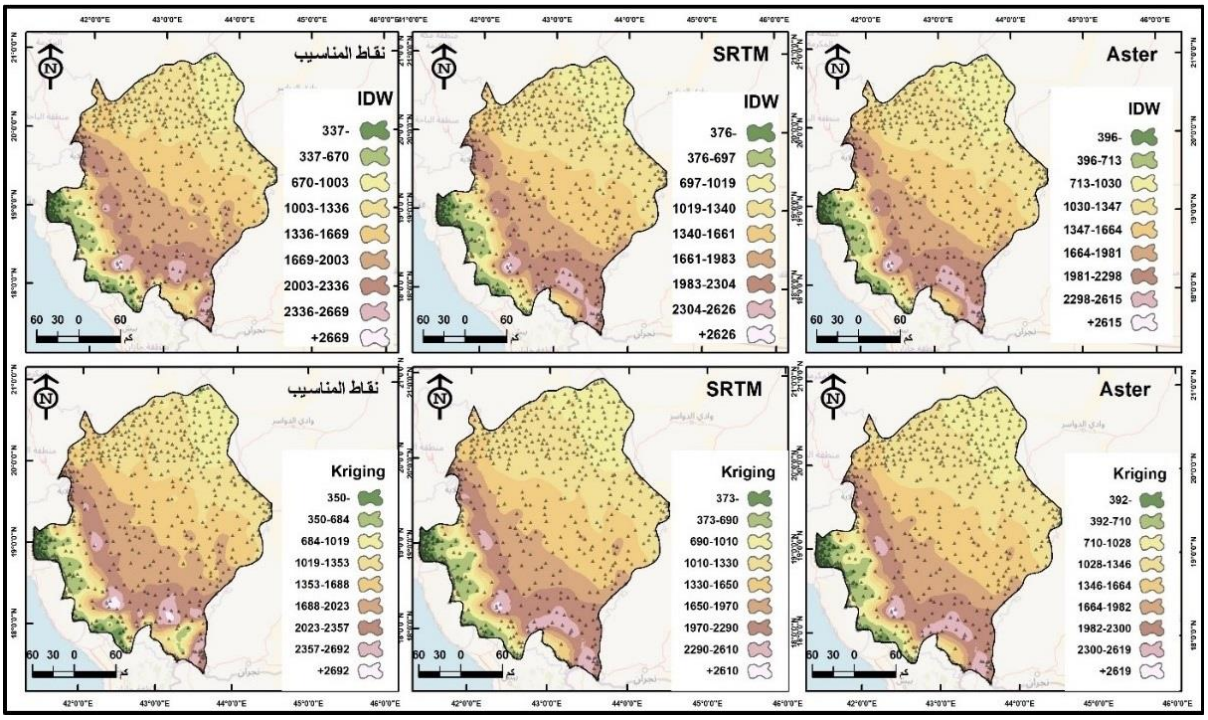
قامت الدراسة بالاعتماد على تحديد وتوقيع أكثر من ٧٠٠ نقطة من نقاط المناسيب المستخلصة من الخرائط الطبوغرافية لمنطقة عسير كما يتضح بالشكل رقم (٤) والملحق رقم (١) ، بهدف تسهيل المقارنة بين النقاط ذات الدقة العالية المستمدة من الصور الجوية والنقاط الثابتة الأرضية الموجودة في الخرائط الطبوغرافية، ومقارنتها مع النقاط المستنبطة من نماذج الارتفاعات الرقمية المتنوعة. وتمت المقارنة بين تقنيات الاستيفاء المكاني، وهما تقنية مقلوب المسافة الموزونة (IDW) وتقنية كريغنج (Kriging)، لتحديد مدى دقة وكفاءة كل منهما عند استخدامها على نماذج الارتفاعات الرقمية SRTM وASTER في منطقة عسير.

وقد تم تقييم أداء كل من هذه التقنيات باستخدام نقاط المناسيب كمعيار للمقارنة، بالإضافة إلى قياس اختلافات الارتفاعات ضمن الفئات المختلفة لكل نموذج، مما ساهم في تحديد أنسب طريقة استيفاء لتمثيل التضاريس بدقة. تبرز أهمية هذه المقارنة في دورها في تحسين دقة نماذج الارتفاعات الرقمية وتوجيه الأبحاث المستقبلية نحو اختيار تقنية الاستيفاء الأمثل لتمثيل البيانات الطوبوغرافية في التحليل المكاني. وتبين من خلال الشكل التالي (٤) والملحق (١) ما يلي:

- **تحليل نموذج مقلوب المسافة الموزونة IDW:**

تدرجت فئات الارتفاعات بناءً على نقاط المناسيب وفقًا لنموذج (IDW)، من أقل من ٣٣٧ متر إلى أكثر من ٢٦٦٩ متر. وقد تركزت المناطق منخفضة المناسيب (٣٣٧ – ٦٧٠ متر) بالقرب من

ساحل البحر الأحمر، وبدأت الارتفاعات بالزيادة نحو الشمال الشرقي، حيث ترتفع الأراضي إلى أكثر من ١٠٠٠ متر في مناطق وادي تثليث، وبيشة، ورنية والدواسر. ثم يزداد الارتفاع في منطقة الحرات الموجودة حول نواصيف لتصل إلى أكثر من ١٦٠٠ متر، وتضم جبل تثليث، بينما سجلت قمم جبلية ارتفاعات تزيد عن ٢٠٠٠ متر في مواقع مثل جبل السراة العالي وشعف آل يمن وتهلل وغيرها من القمم الجبلية.



شكل (٤) مقارنة بين نماذج الارتفاعات الرقمية باستخدام طريقتين IDW & Kriging لمنطقة عسير

وقد تراوحت الارتفاعات في نموذج الارتفاع الرقمي SRTM، بين أقل من ٣٧٦ متر إلى ما يزيد عن ٢٦٢٦ متر. وكانت فئة الارتفاع الأكثر انتشارًا هي الفئة التي تتراوح بين ٢٢٩٠ و٢٥١٠ متر، خاصة في الجنوب. كما ظهرت فئات ارتفاع بارزة بين ١٦٥٠ و١٩٧٠ متر في شرق المنطقة ووسطها، حيث تتركز المناطق التي تصب فيها الأودية الرئيسية. أما في نموذج الارتفاع الرقمي ASTER، فقد تراوحت الارتفاعات بين أقل من ٣٩٦ متر إلى ما يزيد عن ٢٦١٥ متر، مع تباين ملحوظ في فئات الارتفاعات ضمن المنطقة.

- **تحليل المرجح الموزون Kriging:**

أظهرت فئات الارتفاعات تدرجًا من أقل من ٣٥٠ متر إلى أكثر من ٢٦٩٢ متر بناءً على نقاط المناسيب، مما يعكس تفاوتًا أكبر في الارتفاعات عن تقنية IDW وفي نموذج SRTM، تراوحت

الارتفاعات بين أقل من ٣٧٣ متر إلى ما يزيد عن ٢٦١٠ متر، بينما في نموذج ASTER تراوحت بين أقل من ٣٩٢ متر إلى ما يزيد عن ٢٦١٩ متر، مما يظهر تباينًا مماثلًا بين الفئات المختلفة.

- **المقارنة بين نتائج تقنيتي IDW وKriging:**

أظهرت المقارنة بين تقنيتي IDW وKriging وجود فروقات ملحوظة في تمثيل الارتفاعات كما يلي:

- عند استخدام تقنية Kriging، كانت هناك قيم أعلى للارتفاعات مقارنةً بتلك الممثلة بواسطة IDW، حيث تراوح الفارق بين ١٣ متر و٢٥ متر في مختلف الفئات.
- عند تطبيق تقنية IDW على النقاط المستنبطة من نموذج الارتفاعات SRTM بالمقابل، فقد سجلت قيمًا أعلى من Kriging بفارق تراوح بين ٣ و١٦ متر على مستوى جميع الفئات.
- وعند تطبيق التقنيتين على النقاط المستنبطة من نموذج ASTER، كانت الفئات الأربع الأولى ذات فرق يتراوح بين ١ و٤ متر لصالح IDW، بينما كانت الفئات الخمس الأخيرة لصالح Kriging بفارق تراوح بين ١ و٥ متر. وقد توصلت دراسات مماثلة على مناطق أخري لوجود تلك الفروقات بين التقنيتين (الكبيسي، ٢٠٢٢، ص ص ٥١٢-٥١٣).

المبحث الثالث: تقييم تقنيات الاستيفاء ودورها في تحسين دقة النماذج:

تم قياس دقة تقنيات الاستيفاء للنقاط المستنبطة من الخرائط الطبوغرافية ومقارنتها بنماذج الارتفاعات الرقمية المختلفة وذلك من خلال قياس متوسط نسبة الخطأ التربيعي RMSE، المعروف اختصارًا بـ (Root Mean Square Error) RMSE، وهو مقياس إحصائي يستخدم لتقييم مدى دقة نموذج ما عند تقدير قيم بيانات معينة مقارنةً بالقيم الفعلية أو القيم المرجعية. يعد RMSE أحد أكثر المؤشرات شيوعًا لقياس دقة النماذج الجغرافية، خاصةً في تحليل بيانات الارتفاعات الرقمية (DEM) أو في تطبيقات الاستيفاء المكاني.

ومن استخدام بيانات الملحق (١) الناتج عن استخدام ما يزيد عن ٧٠٠ نقطة مناسيب مصدرها الخرائط الطبوغرافية ، فقد تم استخدام قياس خطأ الجذر التربيعي (RMSE) لتقييم دقة كل من نماذج الارتفاعات الرقمية، حيث بلغ RMSE لنموذج SRTM حوالي ٢٥١,٠٢، بينما بلغ RMSE لنموذج ASTER حوالي ٢٤٨,٣٤.

وتشير هذه النتائج إلى أن كلا من تقنيتي IDW وKriging لهما مزايا وعيوب متفاوتة في تمثيل الارتفاعات في منطقة عسير. فتُظهر تقنية Kriging دقة أعلى في التقدير بفضل استخدامها لتحليل

التباين المكاني، كما أظهرت دراسات أخرى استخدمت تلك التقنيات وقارنت بينها (الكبيسي، ٢٠٢٢، ص ٥١٣)، بينما تتميز تقنية IDW بالبساطة وسهولة الاستخدام، مما يجعلها خيارًا مناسبًا لبعض التطبيقات، خاصة في المناطق ذات التوزيع المتساوي لنقاط البيانات.

وفي سياق استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، يُستخدم (متوسط نسبة الخطأ التربيعي RMSE) لتقييم مدى دقة تقنيات الاستيفاء المكاني، مثل مقلوب المسافة الموزونة (IDW) وكريغنج (Kriging)، عند تقدير ارتفاعات النقاط غير المعروفة بناءً على النقاط المعروفة. وتعتبر مقارنة RMSE بين نموذجين أو تقنيتين مؤشرًا موثوقًا لاختيار النموذج الأكثر دقة لتمثيل التضاريس أو التوزيعات الجغرافية الأخرى.

ويتضح مما سبق أنه إذا كان RMSE لنموذج SRTM يساوي ٢٥١.٠٢ ، بينما RMSE لنموذج ASTER يساوي ٢٤٨,٣٤، فهذا يشير إلى أن نموذج ASTER قد يكون أكثر دقة في تمثيل الارتفاعات. يمكن استخدام هذه القيم لتحديد النموذج الأفضل لتمثيل التضاريس بشكل أكثر واقعية، ولتقييم أداء تقنية الاستيفاء المكاني المستخدمة. وبناء على هذا يوفر RMSE وسيلة موضوعية لتقييم دقة النماذج ويعد أداة أساسية في التحليل المكاني والتقييم الجغرافي.

ومن خلال ما أوردته دراسات بحثية يمكن القول أن نموذج الارتفاعات الرقمية ASTER (Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer) غالبًا أكثر دقة من SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) حقق أعلى دقة بناء على المؤشر السابق وتفسير ذلك هو أن نموذج يُعد نموذج ASTER أكثر دقة في كثير من الأحيان بفضل دقته المكانية، وطريقة الاستشعار البصرية التي تتيح تفاصيل طوبوغرافية دقيقة، مما يجعله خيارًا مناسبًا للأبحاث التي تتطلب معلومات دقيقة عن التضاريس، خاصة في المناطق ذات التضاريس المعقدة.

وبناء على ما سبق فإن Aster يتميز عن SRTM فيما يلي:

- ASTER أكثر دقة في الكشف عن التفاصيل الصغيرة في التضاريس، خاصةً في المناطق ذات التغيرات الطبوغرافية الحادة.
- ASTER يستخدم تقنية الاستشعار الضوئي (optical stereoscopy)، مما يسمح له بتسجيل بيانات ارتفاعات عالية الدقة بناءً على اختلاف زاوية النظر، ويمكنه التقاط تفاصيل طوبوغرافية أدق. عكس SRTM يعتمد على تقنية الرادار (RADAR interferometry)، والتي قد تواجه صعوبة في التحديد

الدقيق للارتفاعات في المناطق الوعرة أو ذات التضاريس المعقدة بسبب ظاهرة الظل الراداري أو التشتت.

- نموذج ASTER يُظهر دقة أفضل في المناطق ذات التضاريس المتوسطة والمنخفضة، حيث يمكنه التقاط الاختلافات الطفيفة في الارتفاعات.
- توفر ASTER عادةً صورًا أقل تشوهًا في التضاريس الوعرة، لأنها تستخدم زوجًا من الصور الملتقطة بزوايا مختلفة لإنشاء نموذج الارتفاع الرقمي، مما يتيح معالجة أفضل للتضاريس. بينما SRTM، نتيجة لطبيعته الرادارية، قد يواجه تحديات مع التشويش في المناطق الجبلية المعقدة، حيث لا يمكن للنظام التقاط بعض التفاصيل بسبب زاوية النظر الثابتة للرادار.
- يوفر نظام ASTER بيانات أكثر حداثة، حيث أنه لا يزال يُستخدم في مهام الاستشعار الفضائي حتى اليوم، ويتم تحديث بياناته دوريًا. وعلى النقيض، تم جمع بيانات SRTM في مهمة واحدة بين عامي ٢٠٠٠ و٢٠٠١، مما قد يجعلها أقل حداثة من حيث تمثيل التضاريس الحالية.

نتائج الدراسة:

توصلت الدراسة إلى ما يلي من نتائج:

- تتميز تقنيات الاستيفاء المكاني، ومقلوب المسافة الموزونة (IDW) وتحليل المرجح الموزون (Kriging) بخصائص متفاوتة في تمثيل الارتفاعات الجغرافية بدقة. حيث أظهرت النتائج أن تقنية Kriging تقدم دقة أعلى في المناطق ذات التضاريس المعقدة بفضل قدرتها على تحليل التباين المكاني، بينما تتميز تقنية IDW بالبساطة وسهولة الاستخدام، ما يجعلها ملائمة للمناطق ذات التوزيع المتساوي للبيانات.
- أظهرت المقارنة بين نموذج الارتفاعات الرقمية SRTM ونموذج ASTER تفوق الأخير في دقة تمثيل التضاريس، حيث سجل ASTER قيمًا أقل في متوسط الخطأ التربيعي (RMSE)، مما يشير إلى دقته الأفضل، خاصة في المناطق التي تتطلب تفاصيل طبوغرافية دقيقة. وتعزى هذه الدقة العالية إلى اعتماد ASTER على تقنية الاستشعار الضوئي، التي تسهم في تحقيق صور طبوغرافية دقيقة وصور أقل تشوهًا في المناطق ذات التضاريس الحادة، بخلاف SRTM الذي يعتمد على تقنية الرادار وقد يعاني من التشويش في التضاريس المعقدة.
- يمكن الاعتماد على تقنيات الاستيفاء المكاني في استكمال النقص في بيانات الارتفاعات للمناطق المتضرسة والوعرة مثل منطقة عسير.

التوصيات:

بناءً على هذه النتائج، توصي الدراسة بما يلي:

- استخدام تقنية Kriging في تمثيل التضاريس في المناطق التي تتميز بتباين مكاني معقد، حيث تقدم دقة أعلى في تمثيل التفاصيل الدقيقة للارتفاعات.
- تفضيل نموذج ASTER عند اختيار بيانات الارتفاعات للمشروعات البحثية والتنموية التي تتطلب دقة عالية وتفاصيل طبوغرافية واضحة، خاصة في المناطق الجبلية الوعرة.
- إجراء دراسات مقارنة إضافية في مناطق جغرافية متنوعة للتحقق من كفاءة تقنيات الاستيفاء المكاني على نماذج ارتفاعات مختلفة، مما يسهم في تعزيز موثوقية هذه النماذج واختيار الأفضل منها في تطبيقات التحليل المكاني.
- تحديث قواعد البيانات الطبوغرافية بشكل دوري، واعتماد مصادر بيانات حديثة مثل ASTER، لضمان دقة التمثيل الطبوغرافي مع مرور الوقت، خاصة في المناطق التي تشهد تغييرات بيئية مستمرة.

ملحق (١) نقاط المناسيب والنقاط المستنبطة من نموذج SRTM ونموذج Aster بمنطقة عسير

Aster	SRTM	نقاط المناسيب	Y	X	عدد النقاط
2269.68	2268.9	2402	2067222.659	225096.5891	93
1464.27	1448.77	1618	2054377.527	215081.82	94
1066.02	1063.73	1123	2153418.514	433324.2827	95
1024.64	1032.5	1034	2164901.463	426152.4375	96
1213.07	1210.74	1241	2144406.096	425424.8172	97
1235.86	1243.5	1384	2130647.018	417997.0163	98
1326.22	1322.3	1464	2122344.752	405000.0238	99
1137.83	1132.38	1132	2115022.728	423728.8765	100
1609.92	1610.85	1677	2114258.313	395287.4897	101
1591	1595.22	1658	2121707.157	373345.8665	102
1347.71	1353.51	1551	2110168.747	363735.7485	103
1207.69	1208.28	1219	2132102.594	353949.6194	104
1381.36	1387.29	1515	2134558.252	339798.4113	105
1695.66	1695.21	1811	2114503.618	331741.0267	106
1382.95	1383.72	1641	2120033.912	328783.0883	107
1534.09	1535.6	1649	2132579.863	325392.8423	108
1377.05	1378.2	1451	2152831.937	336313.2644	109
1522.76	1514.14	1653	2140176.555	319454.9437	110
1372.63	1378.37	1388	2127288.365	311664.8875	111
1451.11	1457.6	1444	2113099.171	305929.0334	112
1761.31	1764.63	1808	2079010.487	286256.8763	113
1566.86	1574.4	1735	2106067.595	287212.7864	114
1647.31	1656.14	1751	2114318.419	284441.0177	115
1613.23	1612.2	1642	2131959.466	266316.3227	116
1773.03	1777.56	1774	2090263.774	265858.9246	117
1755.49	1760.27	1751	2076308.954	254406.3284	118
1898.69	1901.1	2022	2053615.764	272090.338	119
1792.88	1800.79	1890	2073717.512	281024.7286	120
1887.37	1902.01	1907	2045410.111	264797.4498	121
1930.45	1935.03	2005	2038868.976	257231.5775	122
2007.24	2010.34	2006	2047319.364	245323.741	123
2057.02	2059.63	2135	2032696.882	288109.7638	124
1911.39	1912.04	1917	2051849.779	294722.1692	125
2167.74	2145.4	2294	2032734.302	305961.2089	126
2494.71	2488.38	2653	2014996.405	300739.6221	127
2345.42	2344.75	2661	2011728.858	310865.7181	128
1800	1802.26	1888	2070786.911	273806.0639	129
1647.54	1643.39	1709	2092704.179	295526.4606	130
1628.74	1628.99	1811	2087765.372	313557.7995	131
1502.63	1504.49	1727	2098009.827	306989.9083	132
1603.06	1593.47	1626	2075797.558	327369.1376	133
1456.53	1452.88	1447	2097101.024	330578.3999	134
1654.37	1648.29	1868	2091538.483	337271.4343	135
1451.33	1450.7	1617	2096816.556	345923.8898	136
1438.76	1435.65	1561	2101094.365	348182.1425	137
1387.57	1392.53	1398	2085151.669	362906.0983	138
1555.25	1546.79	1825	2081870.327	348599.4698	139
1469.66	1467.85	1481	2064031.239	365266.1129	140
1545.59	1549.94	1746	2057429.847	351061.8589	141
1512.01	1516.63	1616	2058681.421	365084.269	142
1696.43	1696.6	1846	2041342.521	355395.3028	143
1917.35	1912.8	2096	2034663.776	372540.4354	144
1764.41	1753.61	1822	2063387.223	382717.8665	145
1630.45	1631.28	1795	2076096.932	375187.6053	146
1653.95	1659.86	1733	2068468.835	389859.0712	147
1744.81	1740.05	1825	2052783.009	391708.2492	148
2187.02	2188.97	2211	2007355.645	354851.9273	149
1880.49	1892.99	1906	2045204.744	374048.8035	150
1540.47	1541.54	1562	2055304.11	373971.9427	151
1776.24	1779.77	1937	2052710.008	378842.3263	152
1442.61	1460.25	1636	2077907.468	400034.819	153
1440.54	1444.18	1494	2084043.098	394327.4194	154
1709.74	1715.27	1804	2091984.321	377445.4845	155
1703.34	1705.25	1758	2099801.116	380723.369	156
1686.88	1695.92	1768	2101868.934	375718.5172	157
1498.45	1508.41	1676	2094305.983	368567.6623	158
1505.32	1512.5	1672	2073651.576	358657.4123	159
1961.63	1950.21	1982	2033743.882	326482.3377	160
2002.19	1996.28	2139	2023484.905	335965.8686	161
2170.73	2160.12	2237	2010502.616	320941.4468	162
2148.59	2144.65	2387	2034600.379	315479.742	163
2104.78	2103.51	2321	2040794.683	306546.4647	164
2036.97	2045.93	2203	2034992.838	278418.1226	165
2027.3	2030.12	2057	2037760.644	273843.9986	166
2084.25	2102.5	2260	2020092.745	275941.38	167
2224.93	2230.86	2367	2012528.476	265259.9032	168
2185.94	2184.4	2237	2016610.387	290670.5358	169
1858.53	1856.81	1871	2053393.961	305595.8874	170
1814.19	1816.16	1778	2063445.605	296069.4666	171
1710.58	1710.5	1717	2069452.153	305545.3988	172
1590.88	1590.38	1806	2048663.193	364294.0951	173
1938.52	1938.73	2063	2041351.853	344606.275	174
1978.42	1979.43	2121	2025400.445	350667.987	175
2050.44	2051.77	2127	2019530.938	349470.4156	176
1601.6	1608.67	1786	2079772.975	378443.9396	177
1410.68	1412.95	1564	2082324.532	417573.9723	178
1240.87	1241.14	1362	2094451.487	429966.9812	179
1090.35	1095.76	1259	2121698.569	431196.0814	180
1125.04	1121.78	1119	2154952.334	410682.393	181
1066.56	1071.79	1081	2173065.108	411520.9457	182
1171.56	1168.09	1183	2165769.368	388223.463	183
1148.06	1148.45	1196	2168354.391	371868.0233	184
1119.79	1122.11	1226	2175793.044	370224.9422	185
1082.88	1086.3	1156	2188173.219	393648.5777	186

Aster	SRTM	نقاط المناسيب	Y	X	عدد النقاط
2041.36	2016.23	2112	2023665.997	253510.9941	0
562.271	548.149	922	1994571.186	200585.6967	1
377.868	378.826	629	1998229.909	207007.7679	2
752.214	757.951	1052	2018655.287	184047.9755	3
1356.39	1349.88	1807	2015133.333	202538.8465	4
1819.56	1814.2	2052	2024746.532	200892.7455	5
585.733	584.591	536	2042788.059	183375.0649	6
576.896	582.476	724	2043412.328	195649.4578	7
1128.02	1121.31	1227	2040789.024	205356.3656	8
447.885	456.128	451	2053617.596	186100.9137	9
369.012	373.384	382	2072102.746	184241.0924	10
1814.2	1818.15	1902	2075712.122	199244.4332	11
517.084	513.903	1514	2090143.103	193265.7188	12
1581.79	1568.81	1683	2106640.09	190059.4544	13
2619.18	2608.43	2782	2100517.981	203719.2518	14
2378.29	2367.96	2364	2117275.643	198507.1569	15
2192.93	2181.56	2521	2150148.089	191546.7137	16
1964.3	1959.35	2021	2154862.664	205223.6603	17
1601.51	1607.52	1809	2172698.331	212791.1	18
1749.77	1728.49	1879	2195537.835	187276.5322	19
1700.42	1701.2	1781	2211157.689	191137.2821	20
1302.66	1296.73	1581	2209042.983	216869.328	21
1196.74	1201.16	1205	2208132.951	237261.2816	22
1303.64	1310.34	1432	2201764.411	235732.5967	23
1284.45	1293.57	1515	2198221.657	260021.1942	24
1252.02	1252.93	1308	2196012.921	255347.0118	25
1290.81	1285.87	1411	2206787.971	274808.4273	26
1288.35	1287.13	1323	2197007.274	282567.4318	27
1237.38	1236.64	1239	2197232.808	296810.1868	28
1201.7	1211.15	1284	2202100.676	306117.4584	29
1056.33	1063.41	1039	2198748.592	331064.1187	30
1128.17	1131.1	1380	2191508.226	323952.0997	31
1191.01	1206.63	1311	2204072.961	335568.1415	32
963.249	969	967	2208476.381	347470.078	33
1154.86	1150.11	1408	2193568.198	339302.5482	34
1060.07	1059.95	1206	2188314.195	334205.8258	35
967.716	966.385	1003	2207484.594	355742.2535	36
1102.32	1095.69	1205	2200077.279	351726.2668	37
1020.75	1024.73	1178	2193070.604	354969.9482	38
1014.66	1014.71	1018	2187873.922	362593.8183	39
1045.67	1061.74	1129	2193414.561	374568.5336	40
1019.7	1018.5	1009	2194448.075	377410.5706	41
1092.6	1097.53	1161	2184380.203	376592.8531	42
980.32	985.851	1077	2207362.476	380799.9084	43
989.809	993.152	1206	2178214.069	423833.1509	44
1110.34	1117.31	1218	2183025.75	398870.2411	45
2207.04	2216.91	2266	1996144.26	359320.0256	46
2090.24	2090.34	2094	1998272.624	339411.8059	47
2143.14	2142.65	2196	2005058.937	331032.1157	48
2536.84	2538.38	2623	1991882.325	320158.2406	49
2480.39	2458.61	2720	1998157.16	308375.4461	50
2398.39	2391.8	2435	2002006.492	295037.7284	51
2326.87	2330.25	2384	1996773.885	289212.6169	52
2304.2	2313.1	2432	2002982.572	271217.3926	53
2316.03	2322.94	2380	1995947.149	262490.4724	54
1365.06	1351.87	1702	1996323.258	243137.7715	55
1643.93	1638.93	1902	2003508.125	239805.334	56
797.391	789.221	1081	1992949.245	225722.0115	57
2647.34	2590.62	2889	2016264.101	224387.7538	58
2948.31	2948.52	3016	2020969.95	221508.8663	59
2926.33	2914.04	3004	2023508.88	220890.9103	60
2597.28	2613.68	2748	2025357.978	226103.3137	61
2557.6	2551.13	2617	2039623.47	221879.5512	62
2162.05	2180.77	2246	2043426.72	234257.6362	63
1888.57	1893.58	1899	2068371.319	236942.468	64
2091.24	2091.43	2243	2074913.89	230857.9479	65
1970.82	1973.51	2062	2089301.019	238415.0619	66
1780.99	1789.69	1787	2095113.785	256701.8272	67
1761.29	1760.36	1854	2106078.873	229879.0785	68
1691.26	1691.49	1819	2125893.665	239258.2987	69
1660.18	1659.92	1734	2124452.47	246173.0473	70
1617.89	1621.65	1656	2132944.198	253397.8382	71
1762.92	1765.84	1866	2143795.175	248067.9886	72
1529.69	1532.01	1702	2155124.837	259797.4779	73
1451	1468.07	1546	2154625.711	265688.9115	74
1416.83	1435.49	1502	2163347.374	255810.3962	75
1440.65	1427.06	1502	2171601.789	255348.5618	76
1482.25	1484.3	1486	2160269.521	286447.1851	77
1453.19	1469.85	1570	2162969.535	306234.1894	78
1238.54	1233.56	1235	2163624.89	311485.3373	79
1336.34	1344.92	1467	2174002.197	327291.7928	80
1307.69	1304.55	1463	2178848.219	330107.9204	81
1195.54	1202.98	1495	2180493.144	313160.0306	82
1193.18	1201.05	1425	2187586.304	312511.4123	83
1380.63	1386.96	1418	2180182.333	276154.5452	84
1476.84	1484.82	1542	2151566.131	284994.4413	85
1503.72	1488.78	1526	2142369.609	285135.2243	86
1513.93	1516.45	1592	2133838.12	286985.6614	87
1682.82	1686.13	1765	2120042.982	272979.8133	88
1653.71	1655.28	1693	2112789.078	261142.5179	89
1712.24	1716.83	1792	2110875.314	266553.8989	90
1722.65	1728.26	1784	2107890.044	252985.692	91
1736.58	1743.01	1834	2116773.268	248872.0025	92

Aster	SRTM	نقاط المناسيب	Y	X	عدد النقاط
1232.25	1231.16	1228	2155421.858	383763.6525	187
1389.89	1389.92	1416	2157360.191	369891.5987	188
1172.96	1171.33	1291	2153645.993	359473.6842	189
1462.94	1470.63	1562	2135305.815	367832.7271	190
1696.48	1699.12	1819	2110366.046	338156.4928	191
1265.14	1257.44	1436	2125997.864	358809.2891	192
1757.98	1761.15	1935	2134345.723	221219.0773	193
1631.08	1618.44	1727	2153419.771	223512.2848	194
1460.26	1461.41	1721	2156394.212	231619.2062	195
2073.36	2059.69	2092	2117339.863	217264.7658	196
2150.29	2139.34	2203	2106344.043	221044.0177	197
1655.5	1663.96	1802	2170277.988	224208.6471	198
1408.9	1402.88	1673	2177232.338	226188.5807	199
1963.75	1957.37	1876	2090974.279	226645.409	200
2315.71	2312.87	2860	2014293.25	235488.496	201
1570.33	1580.39	1711	2124320.859	258998.4054	202
1293.81	1294.88	1427	2140327.855	402277.7054	203
1302.21	1304.53	1335	2149857.461	380820.1982	204
1417.24	1412.92	1457	2142400.652	373648.1329	205
1190.15	1192.1	1200	2083018.07	429074.7573	206
1610.06	1610.2	1609	2216165.027	193541.1083	207
1673.02	1677.78	1702	2222353.843	187112.6734	208
1510.01	1509.27	1522	2226955.59	191658.4379	209
1569.88	1567.6	1645	2217385.94	199762.0517	210
1387.92	1389.38	1507	2227721.64	202171.1426	211
1317.01	1319.25	1348	2226557.18	211195.7848	212
1323.89	1323.09	1365	2222976.477	214762.754	213
1273.16	1275.82	1274	2227973.505	216119.3853	214
1251.78	1254.36	1277	2222450.782	223839.6737	215
1261.39	1252.51	1307	2229821.712	224454.4508	216
1234.83	1226.34	1282	2233872.161	231069.0824	217
1243.05	1229.38	1365	2231468.639	236547.3518	218
1181.51	1191.8	1282	2223821.994	233284.1318	219
1226.08	1219.14	1277	2217636.865	225557.1311	220
1209.96	1209.44	1207	2214428.333	238163.2071	221
1289.94	1296.97	1350	2214447.445	274670.5825	222
1305.68	1313.28	1478	2223469.724	269828.153	223
1233.02	1241.04	1338	2218515.403	286455.4668	224
1227.28	1244.28	1370	2221372.923	288939.9747	225
1212.91	1211.17	1210	2215612.054	291241.0043	226
1158.57	1168.82	1117	2216053.737	305966.9737	227
1151.73	1157.26	1253	2215516.61	314685.5089	228
1080.2	1081.46	1351	2223583.297	323292.0514	229
1096.35	1098.67	1161	2220015.536	328134.3553	230
1112.03	1096.17	1246	2216754.008	338677.1131	231
1009.13	1013.17	1226	2222206.048	339304.8204	232
1043.73	1041.65	1116	2227646.073	341245.6925	233
966.48	968.696	1019	2217418.038	346847.6817	234
919.88	921.525	936	2222450.371	359831.0781	235
947.639	945.553	965	2213095.053	359815.7571	236
940.503	935.91	942	2214047.076	364682.7156	237
943.074	941.588	962	2214615.425	376137.6542	238
896.721	899	919	2228119.381	376372.805	239
903.885	907.522	975	2240903.581	389586.7232	240
857.594	859.875	989	2245623.011	389597.0396	241
835.441	837.83	862	2254008.571	386372.713	242
802.954	800.332	805	2269282.637	393123.7684	243
805.223	806.774	842	2283556.898	382087.1838	244
786.34	781.739	889	2290345.801	384533.4292	245
822.835	827.594	836	2288601.153	369491.8715	246
836.374	836.705	898	2298586.268	367171.3612	247
866.266	870.912	1002	2304838.08	365358.7257	248
882.027	883.559	954	2315261.505	361126.7786	249
846.951	855.136	866	2313438.533	354953.7126	250
851.703	847.126	85	2312885.704	350731.2076	251
877.158	882.332	887	2306713.887	341266.6354	252
874.257	879.404	903	2304283.965	346474.0928	253
942.892	944.833	1046	2298801.944	311539.8969	254
985.099	985.158	1108	2289950.771	317172.4123	255
976.826	978.563	996	2296119.927	297472.7222	256
1007.83	1016.94	1283	2296970.803	286617.7622	257
1074.99	1089.79	1235	2293210.632	285578.4901	258
1167.68	1181.15	1249	2290900.498	283248.2314	259
1074.95	1096.84	1202	2280769.454	280935.1337	260
1083.41	1096.89	1157	2281258.994	274153.6523	261
1032.51	1038.6	1058	2288343.792	264784.401	262
1090.96	1085.79	1225	2278387.175	266710.7013	263
1075.38	1080.19	1144	2280985.694	257317.708	264
1106.96	1109.9	1174	2280127.32	252521.0804	265
1081.66	1090.73	1231	2274296.877	262166.7546	266
1123.08	1129.03	1211	2270526.827	258896.3669	267
1091	1103.64	1176	2271400.17	273605.5039	268
1199.11	1209.42	1246	2271139.295	244365.3029	269
1132.57	1141.13	1198	2265907.442	245955.9587	270
1082.21	1090.28	1124	2263589.683	255976.6699	271
1159.41	1165.1	1261	2261802.385	235778.272	272
1113.35	1113.09	1219	2254580.777	247656.8483	273
1093.37	1100.76	1185	2256602.217	252179.4819	274
1119.24	1125.35	1213	2248387.496	251623.4328	275
1170.6	1172.12	1255	2251106.221	241679.3982	276
1388.54	1383.05	1441	2255970.197	237954.9789	277
1463.03	1459.38	1645	2256101.442	230838.7897	278
1259.21	1263.75	1428	2252621.619	232216.1559	279
1231.12	1230.53	1256	2249575.044	230159.6971	280

Aster	SRTM	نقاط المناسيب	Y	X	عدد النقاط
1272.54	1277.67	1321	2249665.021	219260.1343	281
1285.58	1285.47	1334	2244368.317	216885.3909	282
1326.99	1329.76	1300	2249388.35	211755.5023	283
1322.02	1325.23	1409	2248157.106	208471.8489	284
1357.24	1357.23	1395	2254578.964	202951.8142	285
1322.6	1320.96	1422	2247133.711	202942.6243	286
1311.44	1310.92	1385	2262766.406	199117.4058	287
1343.24	1350.38	1401	2265014.277	192517.1126	288
1376.78	1383.45	1435	2272041.616	188867.9584	289
1339.68	1343.77	1361	2278129.149	192833.228	290
1327.43	1326.72	1361	2255356.727	192323.7884	291
1318.92	1312.65	1341	2248854.71	190257.2809	292
1308.87	1308.99	1381	2244446.788	196149.2815	293
1359.28	1362.39	1350	2240730.806	190410.0473	294
1363.14	1366.25	1377	2239162.993	196753.1856	295
1522.22	1524.96	1541	2234165.432	195470.771	296
1450.83	1456.01	450	2238653.252	187465.7837	297
1532.72	1539.19	1581	2231938.51	187842.6843	298
1594.64	1588.3	600	2223605.233	189088.1494	299
1623.33	1619.34	600	2216199.968	186803.0685	300
1307.08	1317.46	1304	2218660.878	207915.9871	301
1325.19	1324.06	1458	2218751.909	212601.104	302
1351.16	1350.76	1516	2214961.278	213555.4401	303
1181.27	1169.65	1201	2221925.482	240187.9851	304
1151.33	1144.84	1188	2224713.261	247041.3956	305
1147.53	1147.3	1150	2224374.1	263686.4913	306
1128.93	1132.54	1205	2231914.299	261121.4513	307
1220.39	1215.32	1316	2236896.307	268394.0907	308
1269.58	1265.05	1445	2239168.984	276721.4829	309
1115.16	1118.68	1178	2239667.4	283949.866	310
1118.82	1128.42	1327	2234928.411	281960.3876	311
1179.28	1186.8	1255	2226565.734	290058.0433	312
1131.79	1139.37	1216	2228762.609	296753.0453	313
1131.09	1138.73	1199	2226951.858	280964.275	314
1157.63	1139.79	1150	2234816.09	287610.6123	315
1079.61	1084.66	1114	2240346.542	304825.6243	316
1119.14	1123.8	1198	2245187.099	292789.4107	317
1097.74	1100.56	1314	2238499.387	311747.4048	318
1085.39	1093.43	1133	2233355.452	317800.194	319
1120.46	1128.25	1145	2227810.583	306296.7906	320
1040.35	1042.6	1224	2229810.202	328609.112	321
1004.03	1016.55	1195	2244322.391	325193.4844	322
969.635	975.718	1013	2245049.357	334824.1949	323
1026.88	1025.05	1102	2247133.523	324386.9831	324
993.899	997	1050	2250821.069	328618.5801	325
1061.56	1069.34	1201	2256376.06	329488.679	326
1068.49	1061.64	1221	2256856.59	323651.7722	327
939.94	945.177	1012	2263776.942	335560.4069	328
917.177	926.528	964	2253709.077	344008.6642	329
896.81	897.825	954	2249336.304	354861.0526	330
924.88	923.079	923	2243401.511	344332.7788	331
905.928	901.743	930	2243122.218	354609.8782	332
888.656	878.552	896	2250745.554	360258.7098	333
882.647	878.981	895	2241111.599	366125.9776	334
875.147	872.235	889	2245322.539	372102.4445	335
879.213	875.314	888	2235119.046	375746.3947	336
939.66	938.031	990	2230591.058	348913.4302	337
973.564	972.534	1032	2233227.75	346210.8049	338
988.949	989.424	1112	2234322.645	339337.2076	339
992.584	998.027	1081	2238979.709	337093.1757	340
855.375	851.918	868	2256709.875	365393.0211	341
833.012	829.982	881	2264886.548	379356.5614	342
781.987	780.841	800	2276186.489	394238.5625	343
834.958	835.81	907	2275140.761	380361.8059	344
813.461	800.81	800	2289056.801	376137.7021	345
847.126	848.644	864	2282071.601	361209.2862	346
867.637	866.596	898	2275334.283	363098.9411	347
865.44	858.178	895	2282848.832	349174.8567	348
871.828	885.468	898	2283821.964	342524.5633	349
923.756	940.579	996	2282797.051	332657.8576	350
1067.08	1076.68	1161	2285803.395	322025.7956	351
952.703	953.781	1146	2275513.256	323530.4067	352
992.932	1002.12	1124	2270162.469	325088.0776	353
909.624	911.011	945	2268417.201	341947.3684	354
905.151	908.456	933	2263795.991	350531.0936	355
885.883	884.881	903	2277889.165	343151.5507	356
884.409	876.983	989	2287839.399	342500.001	357
950.966	958.069	1045	2291043.416	331252.3003	358
855.566	851.045	874	2295668.013	358244.8633	359
988.785	995.98	1027	2294243.917	327381.1438	360
1029.82	1036.9	1147	2288502.682	315980.1662	361
990.872	989.187	1016	2281828.423	294948.2846	362
988.736	988.507	987	2281058.671	310132.2878	363
1012.58	1028.77	1211	2274992.944	304853.5846	364
984.95	987.143	1075	2266482.828	317975.5326	365
1040.05	1044.86	1076	2253731.626	315541.9233	366
1037.39	1042.73	1075	2255861.803	307491.599	367
1071.18	1079.43	1118	2256512.601	296755.1061	368
1173.58	1193.24	1248	2256875.971	283220.2154	369
1346.65	1363.81	1457	2246797.888	277997.0507	370
1092.04	1100.28	1142	2246954.044	266190.5911	371
1189.49	1185.23	1259	2251906.989	260541.3612	372
1100.69	1104.01	1144	2264124.572	258476.6242	373
1234.65	1237.46	1398	2264654.195	267797.6099	374

Aster	SRTM	نقاط المناسيب	Y	X	عدد النقاط
455.172	467.471	459	2085711.196	145479.0963	469
291.815	295.072	296	2082301.933	141768.5098	470
220.17	231.796	255	2082775.442	138479.7766	471
121.218	99.5741	167	2081974.782	135173.8248	472
116.243	104.455	184	2083386.699	134046.0131	473
220.195	218.529	223	2083774.115	139091.0333	474
116.395	77.6201	121	2083429.745	130722.8429	475
110.987	98.9159	118	2084703.914	131006.9481	476
150.443	99.4206	163	2084230.405	132487.739	477
193.475	174.856	211	2086227.751	137050.6412	478
175.766	169.549	188	2089129.068	135862.5648	479
153.54	147.345	179	2088207.879	133942.7021	480
166.341	98.227	180	2088001.257	129999.6659	481
101.71	94.7223	116	2087183.378	125212.9232	482
113.457	107	149	2089826.417	126271.8609	483
95.5088	87.9442	109	2090850.918	124455.3093	484
124.979	106.54	141	2091307.208	126306.2979	485
155.69	139.808	161	2092658.86	130206.2879	486
95.625	80	109	2088590.452	122210.9856	487
82.274	72.8305	92	2083421.825	127328.7324	488
83.5184	66.2462	86	2082802.51	124868.0023	489
72.2389	63.0816	81	2081927.975	124723.422	490
81.9095	62.2585	89	2084364.682	122191.5037	491
83.3174	86.321	100	2086364.122	122029.2917	492
86.1505	58.2854	86	2088740.881	120347.2234	493
113.368	64.3369	108	2090345.369	121852.9743	494
83.8949	59.3982	91	2090821.426	119842.9556	495
81.0116	52.442	91	2091100.008	119779.4813	496
87.4253	73.2778	97	2091491.432	122075.1342	497
74.5961	62.7564	94	2092584.601	120780.9643	498
84.4949	73	89	2094562.882	119201.1602	499
95.5083	97.3577	100	2095483.259	122297.2942	500
155.311	156.311	157	2096569.374	121807.1317	501
91.7837	77.642	0	2097764.807	120583.4888	502
97.9878	75.771	103	2098329.022	121694.2886	503
92.0624	76.9546	98	2098748.658	120907.9129	504
78.9231	69.0857	89	2098794.5	119021.3164	505
130.521	132.985	131	2100857.414	120946.7027	506
96.2393	101.996	97	2100857.414	119356.3195	507
106.091	92.1872	106	2101619.106	122512.4014	508
77.7444	66.1521	83	2102602.957	119282.2662	509
87.4181	74.6989	93	2104436.658	121750.7102	510
108.928	103.68	115	2105621.511	120922.0182	511
130.473	114.988	135	2108125.219	120678.7002	512
162.781	131.705	170	2112176.993	121528.5502	513
178.382	144.127	185	2112310.994	122526.5068	514
194.621	207.3	196	2113693.323	122614.6656	515
151.243	136.795	159	2114998.072	121249.9687	516
178.462	181.585	182	2115756.237	122537.0859	517
148.344	120.271	173	2115985.45	120544.699	518
174.219	174.807	186	2116376.874	124063.9948	519
151.731	122.503	183	2117166.776	120668.1212	520
185.061	146.605	180	2117974.31	122935.5633	521
173.013	147.951	184	2119906.749	120311.9599	522
215.183	222.805	218	2119607.01	123506.8317	523
245.584	254.562	257	2123708.153	121193.5471	524
232.75	249.066	243	2124512.16	120964.3344	525
233.621	237.334	242	2102409.008	128717.2321	526
190.717	210.252	207	2104932.551	128028.4922	527
109.481	106.756	113	2101874.545	124298.2766	528
257.585	271.213	260	2100722.972	127934.8235	529
258.445	268.342	260	2100497.066	128089.1013	530
108.946	96.0982	117	2096783.38	126276.3377	531
116.817	102.645	137	2093695.4	127146.0234	532
95.3968	75.9158	105	2093156.997	123351.1082	533
102.999	66.3518	107	2093786.662	122714.6728	534
1644.79	1483.28	1725	2126088.268	149686.2203	535
218.534	233.133	224	2114070.064	130912.2464	536
214.444	227.6	223	2117350.188	129586.4219	537
224.464	233.514	226	2117763.432	126771.1974	538
191.428	187.365	196	2116833.633	125092.3938	539
240.074	238.166	242	2119898.526	127761.2611	540
240.009	243.808	241	2119514.36	129468.1099	541
268.402	270.036	275	2121534.283	131661.251	542
199.35	192.181	206	2118374.688	132840.7182	543
271.915	282.745	300	2110464.167	124157.3149	544
174.211	176.322	188	2109406.606	127885.2343	545
153.33	151.319	157	2104108.708	126878.021	546
276.258	275.787	277	2097269.273	131844.1353	547
152.34	147.287	160	2090586.43	134184.0509	548
421.669	423.446	434	2097008.127	136776.6903	549
267.951	277.307	0	2105001.612	137230.268	550
436.594	436.456	449	2097928.429	137690.4193	551
222.372	230.534	228	2106533.926	130894.0461	552
157.889	163.936	159	2111256.252	136154.3028	553
287.737	286.95	291	2124760.699	138146.2794	554
399.244	391.009	402	2113113.423	137657.5514	555
662.071	672.649	665	2102122.38	161006.9436	556
864.57	876.294	868	2093262.495	164459.6561	557
1021.22	1022.42	1074	2092116.478	172460.4839	558
1123.34	1127.61	1125	2128251.168	176213.301	559
810.863	814.257	821	2132691.415	170299.1077	560
809.46	817.901	815	2131883.652	168347.0144	561
815.754	822.099	818	2101456.743	181410.0527	562

Aster	SRTM	نقاط المناسيب	Y	X	عدد النقاط
1091.74	1103.5	1235	2267048.538	275962.2983	375
1042.15	1043.86	1047	2270139.683	291952.5478	376
1033.9	1029.75	1039	2267297.455	298248.6537	377
1145.85	1148.75	1315	2243823.09	259123.4453	378
1214.25	1218.29	1262	2240384.348	246203.7099	379
1329.23	1338.97	1347	2239239.46	234681.2702	380
1276.48	1278.02	1318	2238126.006	221663.7728	381
1395.07	1396.99	1438	2238570.086	210660.1175	382
1320.47	1315.92	1438	2234627.183	209971.9962	383
1355.14	1357.52	1383	2241358.681	205543.9694	384
1203.9	1202.56	1256	2232474.833	246398.8561	385
1116.33	1116.12	1137	2237071.773	252001.5436	386
1000.67	1006.31	1046	2276348.254	290601.649	387
935.266	943.141	950	2298339.006	326246.2686	388
1010.62	1007	1237	2302637.615	324556.8171	389
867.824	871	882	2297157.505	346117.6318	390
853.293	851.348	864	2267890.155	364960.9395	391
928.086	927.733	963	2225911.348	352938.981	392
1031.1	1029.06	1245	2222350.265	334083.8023	393
1140.16	1137.84	1150	2222512.235	314113.7164	394
855.001	849.18	871	2252771.001	376850.6548	395
935.537	934.975	1006	2215133.446	393026.9725	396
1653.4	1661.92	230	2037275.646	216163.7542	397
1219.43	1213.76	120	2003585.347	227840.9157	398
325.173	319.101	58	1987314.986	215583.5947	399
245.779	252.137	10	1989578.218	206839.1449	400
516.37	518.521	64	1963446.782	244102.586	401
510.84	520.795	21	1971829.07	231868.6646	402
547.651	549.259	90	1956829.496	248563.8537	403
751.733	759.92	52	1969887.612	241156.5909	404
1615.54	1610.83	648	1987639.765	247794.2595	405
1044.75	1050.35	86	1983997.796	244166.0925	406
759.062	752.574	97	1981578.83	239745.4329	407
1039.54	1041.94	166	1996215.776	236813.4422	408
1550.94	1546.24	246	2002850.974	241136.2253	409
2364.57	2376.76	358	1995012.945	274051.7455	410
2330.66	2334.09	450	1994487.293	283269.8162	411
2260.85	2269.65	2250	1980135.622	350978.3282	412
2191.54	2193.5	187	1988368.608	334067.5499	413
2147.86	2155.42	993	1993971.524	354786.4957	414
1429.03	1409.8	926	1973763.066	306940.9909	415
2446.91	2445.79	1174	1987457.003	318216.099	416
2739.67	2742.28	956	1990441.094	320209.4316	417
2239.42	2246.07	2431	1973139.118	352100.3159	418
2233.27	2231.93	2490	1970347.894	347912.5897	419
2033.87	2030.04	2784	2004513.058	348875.2792	420
913.209	908.529	1078	2226415.05	368365.7216	421
959.017	959.303	1148	2210981.048	392517.3954	422
1044.32	1049.15	1247	2193311.183	396770.5416	423
1103.03	1106.13	1321	2184819.018	398940.0141	424
1184.74	1202.21	1378	2162113.257	400009.69	425
1013.22	1012.88	1200	2147508.531	439176.2295	426
1109.59	1100.09	1265	2136608.947	438789.7202	427
1099.37	1089.86	1265	2115093.44	432336.0255	428
1145.8	1159.98	1385	2109102.324	422550.5115	429
1180.32	1187.83	1409	2104602.66	415870.6799	430
1533.92	1543.89	1535	2094882.54	395882.5836	431
1496.92	1509.75	1667	2069835.222	372168.941	432
554.978	560.173	567	2004929.398	178931.9827	433
322.584	315.55	329	1999532.61	181508.8051	434
163.493	172.485	178	1999412.08	183506.1509	435
362.66	370.359	371	1999610.093	178719.4083	436
279.092	280.447	299	1999291.551	175577.0322	437
271.109	265.209	283	1999971.681	175249.8808	438
179.937	187.731	183	1998106.67	176627.7463	439
376.618	381.929	390	2007068.955	175403.3981	440
291.372	299.089	296	2009801.031	174145.1879	441
542.867	540.353	551	2014207.699	175779.5468	442
728.191	713.385	736	2015780.122	175629.7922	443
704.862	704.443	706	2015679.361	176128.9742	444
1085.69	1088.51	1134	2061328.58	180577.9256	445
332.673	330.743	343	2059134.443	174759.1535	446
551.446	551.077	550	2061605.298	170368.4363	447
390.031	394.21	398	2060124.507	168379.6997	448
505.663	513.457	505	2058869.623	164112.9557	449
541.989	541.466	552	2057200.117	164063.3665	450
438.759	434.568	499	2053690.298	164669.4576	451
1074.66	1076.07	1082	2058160.386	162078.0322	452
260.413	254.22	264	2066246.303	159098.2677	453
391.913	403.94	394	2069046.224	157599.5696	454
423.028	417.951	425	2072131.779	156985.9849	455
229.532	238.34	232	2074325.168	156901.3525	456
517.37	526.825	521	2077047.509	156305.3996	457
271.696	263.247	277	2078644.945	151714.0938	458
310.901	313.868	312	2079071.633	152553.3648	459
358.445	368.262	360	2079124.528	154164.9061	460
293.975	297.024	297	2080235.328	151950.3592	461
237.647	236.349	240	2079762.797	149263.2816	462
339.125	350.928	342	2080542.12	147373.1587	463
310.547	309.172	314	2082164.185	150041.9985	464
611.707	599.021	615	2082956.236	153683.711	465
622.735	620.642	623	2085831.726	152383.7143	466
479.654	479.358	486	2086709.869	149594.3175	467
612.342	615.721	623	2087992.647	148802.2666	468

Aster	SRTM	نقاط المناسيب	Y	X	عدد النقاط
1406.23	1406.35	1410	1956273.546	303492.8398	657
1576.13	1583.62	1587	1953420.507	306206.2194	658
1244.05	1248.12	1255	1954280.276	305128.5821	659
1336.13	1336.39	1346	1952765.439	309033.4878	660
1300.59	1308.79	1300	1952428.76	310410.129	661
1667.66	1644.99	1674	1960157.403	299286.5694	662
1297.43	1266.96	1310	1964095.125	298374.7773	663
1175.07	1156.3	1186	1965259.954	296506.4744	664
1100.25	1085.65	1106	1972265.497	288458.5422	665
1186.15	1180.69	1192	1972995.406	287590.5429	666
1177.37	1170.22	1190	1978538.765	281412.6233	667
1512.6	1494.57	2050	1989196.006	282577.5589	668
1097.48	1091.22	1102	1970174.706	254106.0429	669
1809.59	1815.94	1841	1975159.859	250630.712	670
2556.24	2564.02	2562	1990347.744	263552.662	671
848.851	839.558	851	1975695.806	255468.6333	672
1516.27	1511.22	1529	1975045.615	252121.3568	673
771.673	760.575	779	1961269.706	248286.4376	674
423.634	427.037	433	1958879.153	252980.2503	675
562.843	563.14	570	1955125.387	248460.7047	676
563.543	554.555	580	1956551.311	244367.2344	677
698.308	697.527	701	1958839.018	244230.7747	678
720.373	717.007	772	1970375.382	233060.1426	679
606.444	613.581	635	1990500.847	203872.8504	680
146.73	149.788	148	1983406.783	199359.1092	681
438.764	436.651	448	1983883.388	205993.961	682
207.469	213.588	212	1983811.145	203822.6461	683
188.565	192.488	192	1982093.88	208654.6526	684
199.521	198.841	204	1999420.433	189060.1956	685
227.647	235.812	229	1999338.602	188271.1052	686
1100.43	1111.97	1117	2157859.765	437794.304	687
1117.28	1120.68	1133	2152389.949	448002.3042	688
1059.48	1050.02	1065	2145824.498	442336.3833	689
1002.49	999	0	2139695.12	447233.3783	690
1041.99	1042	1051	2138781.821	448000.5494	691
1071.08	1066.26	1076	2139338.933	448365.869	692
1033.84	1032.73	1037	2138767.939	445274.8999	693
1189.04	1187.11	1195	2131402.579	435600.8033	694
1000.06	960.429	1007	2147611.595	448670.9109	695
1136.04	1131.12	1141	2152298.646	446603.202	696
1005.59	987.891	1007	2154082.136	447940.2717	697
990.089	985.662	995	2157099.384	447864.7528	698
991.426	982.825	998	2155625.48	448085.4643	699
1048.85	1036.76	1055	2157255.005	444063.0892	700
1102.7	1101.75	1114	2169085.081	434587.6122	701
1108.78	1105.27	1124	2168114.701	433346.0964	702
1092.87	1095.8	1096	2170469.3	433417.4479	703
1032.47	1008.2	1137	2167161.936	427621.1433	704
1281.34	1278.38	1314	2183166.509	414329.1588	705
1243.95	1217.6	1955	2187995.008	415254.9279	706
1204.46	1190.52	1219	2189014.442	412622.0582	707
1192.68	1181.25	1195	2191077.392	409916.9451	708
1194.36	1192.77	1198	2196768.565	404538.8271	709

Aster	SRTM	نقاط المناسيب	Y	X	عدد النقاط
324.181	327.684	330	2107986.022	149582.0439	563
599.383	602.79	663	2098036.072	149174.0705	564
328.937	330.38	335	2075883.484	169984.4135	565
2034.39	2030.97	2040	2192503.492	154188.0764	566
1951.73	1937	1950	2195757.42	157109.2155	567
1966.13	1959.4	1970	2197295.344	157156.3974	568
2069.04	2065.7	2070	2198005.587	159135.5247	569
2029.44	2025.02	2037	2197635.823	160488.8625	570
1915.01	1919.39	1925	2201292.35	158926.5338	571
1825.25	1825.5	1831	2201170.771	160481.4672	572
1948.18	1938.22	1935	2201200.352	161842.2004	573
1965.67	1962.72	1964	2201903.945	163541.3258	574
1813.04	1816.55	1838	2200540.799	163405.914	575
1823.04	1843.24	1841	2203357.364	168515.452	576
1989.01	1991.09	1992	2208441.265	164990.0514	577
1783.29	1787.5	1789	2200829.678	181171.9401	578
2023.33	2030.77	2042	2201453.945	175387.6287	579
2029.63	2023.36	2081	2201040.701	171151.878	580
1591.7	1600.5	1594	2227027.344	169418.1973	581
1511.22	1509.88	1517	2233672.552	173816.5726	582
1603.34	1607.12	1609	2229176.804	170073.0315	583
1517.13	1523.91	1529	2223204.138	177633.0286	584
1629.14	1620.06	1629	2212509.836	173671.4287	585
1694.58	1689.97	1693	2212456.869	172127.8172	586
1632.89	1642.15	1639	2218272.652	168332.3489	587
2288.08	2292.66	2323	2158937.315	187310.8559	588
2325.62	2332.86	2323	2162421.381	174451.3808	589
2268.64	2271.33	2273	2163702.255	171655.2517	590
1760.41	1762.16	1789	2154541.643	174129.2154	591
1542.57	1543.17	1554	2155310.138	171835.5525	592
1410.85	1402.52	1413	2148062.636	176694.8075	593
795.649	800.116	795	2140338.431	175722.0106	594
1251.62	1247.55	1253	2136145.255	173717.4344	595
703.182	708.831	700	2136381.034	170243.7031	596
1426.77	1429.73	1428	2133451.988	175555.4578	597
1919.26	1930.54	1932	2129452.415	184283.4389	598
1624.94	1749.01	1679	2115902.216	183522.1309	599
462.898	474.044	479	2107911.712	145375.6676	600
292.99	287.351	327	2109981.476	143631.0355	601
181.364	199.675	187	2107453.452	142466.2626	602
2042.48	2035.35	2046	2179029.441	191575.3984	603
1874.41	1878.86	1894	2179924.249	198618.3993	604
2129.85	2120.03	2141	2180587.722	173703.5873	605
1972.48	1969.14	1973	2188757.419	180229.8859	606
2017.33	2012.19	2018	2187374.127	174507.5516	607
2286.56	2281.98	2294	2193510.267	171268.0483	608
2267.78	2272.61	2278	2193959.541	171350.8093	609
2167.67	2170.18	2172	2195579.293	164670.8115	610
1966.35	1967.58	1972	2195416.451	158753.8702	611
2251.33	2251.86	2260	2174447.642	174422.1632	612
2194.63	2200.76	2215	2170081.84	171926.7105	613
2240.32	2243.05	2252	2166369.636	172365.6604	614
427.719	439.313	439	2107894.003	167449.9008	615
1432.9	1441.56	1469	2116482.077	152878.021	616
498.692	499.856	504	2030846.172	160101.7342	617
440.751	439.383	441	2029438.277	159948.1177	618
323.5	318.919	460	2028541.359	159325.8794	619
428.075	433.648	510	2028003.053	158658.1353	620
632.401	627.229	639	2041468.264	169206.1877	621
842.109	836.768	850	2038359.939	169381.1001	622
782.883	798.374	788	2038472.782	170178.0548	623
610.342	617.88	620	2037718.143	171366.4343	624
750.948	738.617	754	2035725.756	164373.6851	625
843.229	858.371	849	2034124.574	162740.9857	626
818.132	809.463	824	2029673.592	166339.3076	627
894.179	893.973	905	2032376.896	163429.3813	628
836.237	836.626	840	2038127.875	163868.453	629
655.99	657.93	670	2046257.159	165364.8482	630
577.914	569.301	548	2049216.588	165202.8867	631
726.753	707.372	608	2063212.871	162008.0081	632
2207.71	2210.34	2224	1932506.008	350596.6259	633
2227.67	2230.01	2237	1932396.691	351513.4765	634
2204.12	2201.79	2212	1930086.933	353103.8597	635
2073.39	2065.85	2118	1929763.253	355091.1818	636
2096.9	2102.58	2105	1926879.154	354890.4787	637
2590.48	2575.1	2615	1944551.776	334886.6124	638
2301.73	2306.15	2322	1942224.122	350274.9921	639
2330.63	2332.92	2371	1948006.31	352362.4914	640
2235.09	2227.01	2252	1947193.478	355170.4551	641
2342.31	2343.19	2372	1951054.428	349295.8995	642
2384.65	2382.79	2394	1955968.365	344455.8569	643
2296.14	2276.52	2306	1951386.95	354631.0305	644
2272.37	2275.26	2283	1955036.949	350066.8777	645
2308.22	2306.64	2329	1956043.323	352662.2637	646
2570.96	2564.42	2586	1956828.535	341643.2749	647
2201.19	2213.28	228	1953991.706	326813.7169	648
1874.59	1869.92	1883	1944636.015	320213.2634	649
1480.53	1484.12	1510	1951112.805	315849.3578	650
1395.42	1400.02	1403	1950926.592	314140.1946	651
1836.45	1844.49	1856	1947608.023	317545.22	652
1787.99	1798.44	1795	1947800.885	319433.945	653
1823.4	1793.86	1766	1942545.707	318178.3419	654
1742	1738.71	1757	1946482.768	319140.2616	655
1629.4	1634.12	1602	1946265.698	315837.387	656

المراجع العربية والإنجليزية:

١. المراجع العربية:

- الجاسر، لميعة عبد العزيز محمد (٢٠١٣)، تحديد مناطق السياحة البيئية في حوض وادي بيش جنوب غرب المملكة العربية السعودية باستخدام تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسائل جغرافية، الرسالة ٣٩٤، قسم الجغرافيا – جامعة الكويت.
- الكبيسي، أحمد محمد جهاد (٢٠٢٢)، معالجة بيانات SRTM للتحقق من صحة خوارزمية Kriging ومقارنة الاختبارات الإحصائية باستخدام ARC GIS 10.8، المجلة العربية للآداب والدراسات الإنسانية، مج ٦– ع٢٤، (٤٩٣–٥١٦).
- آل سالم، مبارك سعد ظافر (٢٠٢٣)، استخدام خوارزمية IDW للتنبؤ بنمط التوزيع المكاني لغاز الأوزون O3 في المنطقة المركزية لمدينة مكة المكرمة، مجلة العلوم التربوية والدراسات الإنسانية، ع ٣٥، جامعة تعز، صنعاء.
- الأسمري، عبد الله حسن محمد (٢٠١٧)، إنشاء نموذج ارتفاعات رقمي واستخدامه في تطبيقات ومنتجات نظم المعلومات الجغرافية: دراسة حالة الجزء الأعلى من عقبة المخواة، مجلة مركز الخدمة للإستشارات البحثية، مج ١٩، إصدار ٥٥، ١–٤٤.
- الأسمري، عبد الله حسن محمد (٢٠١٨)، تقييم دقة نموذج ارتفاعات رقمي منشأ من بيانات المساحة الجوية: دراسة مقارنة نموذج DTM مع نماذج محلية ونماذج عالمية، مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية، العدد ٢٥، كلية الآداب – جامعة المنوفية، (١٣٥–١٨٥).
- الجابري، علي خليل خلف غضا (٢٠٢٢)، تحسين نموذج الارتفاع الرقمي من الخرائط الطوبوغرافية في نظم المعلومات الجغرافية: دراسة تطبيقية على بحيرة الثرثار، مجلة جامعة الأنبار للعلوم الانسانية، ع ٤، العراق، ص (١٨٣–٢٠٦).
- الحمامي، عاهد ذنون شهاب (٢٠١٠)، بناء الفجوات الخالية من البيانات في نموذج الارتفاع الرقمي لمكوك الفضاء، مجلة التربية والعلم، مج ١٧ع.
- العزاوى، على عبد عباس (٢٠١٩)، مقارنة تقنيات الاستيفاء المكاني لخرائط مناسيب المياه الجوفية في قضاء تلعفر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS، مجلة جامعة كركوك للدراسات الإنسانية، مج ١٤ع، (٢٢٦–٢٤٤).

- عيد، صفية، وقدورة، عائشة وصفي فرج (٢٠١٧)، إنشاء وتقييم نماذج الارتفاع الرقمية DEM باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة الآداب والعلوم، ع٣٩، (١٨١–١٩٤).
- محمود، هاجر محمود زكي (٢٠٢٣)، اختبار دقة نماذج الارتفاعات الرقمية في دراسة منخفضات الإذابة بهضبة المعازة الجيرية بالصحراء الشرقية في مصر، مجلة كلية الآداب، ج ٦٧–٤٧٧–٥١٤.

٢. المراجع الإنجليزية:

- *El-Quilish, M., El-Ashquer, M., Dawod, G., & El Fiky, G. (2018). Development and accuracy assessment of high-resolution digital elevation model using GIS approaches for the Nile Delta Region, Egypt. American Journal of Geographic Information System, 7(4), 107-117.*
- *Habib, M., Alzubi, Y., Malkawi, A., & Awwad, M. (2020). Impact of interpolation techniques on the accuracy of large-scale digital elevation model. Open Geosciences, 12(1), 190-202.*
- *Muttitanon, W. (2024). Comparative Modeling of Coastal Clay Layer Depths Using Spatial Interpolation Techniques Versus Conventional Methods: A Case Study in Chonburi Province, Thailand.*
- *Tran, Q. B., & Nguyen, T. T. (2008). Assessment of the influence of interpolation techniques on the accuracy of digital elevation models. VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences, 24(4).*

The Role of Spatial Interpolation in the Asir Region in Enhancing the Accuracy of Geographic Models: "Applied Study Using (GIS)"

Abstract:

The spatial interpolation techniques, Inverse Distance Weighted (IDW) and Kriging are among the most widely used methods for representing geographic elevations in the Asir region. This study compares the results of applying these techniques using two digital elevation models (DEMs): SRTM and ASTER. The findings indicate that the Kriging technique outperforms IDW in accurately representing terrain in areas with complex spatial variability, as evidenced by the lower Root Mean Square Error (RMSE). Kriging's reliance on analyzing spatial variances between points makes it more precise under certain conditions than IDW, primarily based on known points' spatial proximity. Furthermore, the results show that the ASTER model provides higher accuracy than SRTM in representing elevations due to its optical sensing technology, enabling a more detailed representation of topographic features, particularly in sharp and complex terrains like those found in the Asir region, Saudi Arabia. The study emphasizes the importance of utilizing the Kriging technique in areas with significant spatial variability and recommends adopting the ASTER model for applications requiring high topographic accuracy.

Keywords:

Spatial Interpolation, Inverse Distance Weighted (IDW), Kriging, Digital Elevation Models, ASTER Model, SRTM Model, Asir Region.