مراقبة تغير الجزر الحرارية بمدينة ينبع غرب المملكة

"باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد دراسة فى الجغرافيا المناخية"

د. مبارك سعد آل سالم*

الملخص:

يهدف البحث إلى مراقبة تغير الجزر الحرارية في مدينة ينبع بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي لاندسات للأعوام ٢٠٠١، ٢٠١٠، ٢٠١٩، واتبع البحث منهج التحليل المكاني للمرئيات الفضائية القائم على مجموعة من الخوارزميات الرياضية الخاصة بالقمر الصناعي لاندسات، وتدرجت منهجية البحث بمعالجة المرئيات لاشتقاق طبقات الاشعاع الطيفي، ومن ثم درجات الحرارة من نطاقات الاشعة تحت الحمراء الحرارية، وتصنيف الطبقات الناتجة عن هذه الخوارزميات لتحديد النقاط الساخنة، ومناطق تركز الجزر الحرارية وتغيراتها بين مدة وأخرى في مدينة ينبع، وتوصلت نتائج البحث إلى ارتفاع متوسط درجات الحرارة في المدينة من ٣١,٧٥° عام ٢٠٠١، إلى ٣٢,٥٤° إلى عام ٢٠١٠، إلى ٣٥,٢٤° عام ٢٠١٩، وتوسعت مساحة الجزيرة الحرارية أعلى من ٣٥° من ٠,٧٢ كم^{٢}، بنسبة ٠,٢٢% من إجمالي مساحة المدينة عام ٢٠٠١، إلى ١١,٢٣ كم^{٢}، بنسبة ٣,٤٣% من إجمالي مساحة المدينة عام ٢٠١٠، إلى ١٩٨,٦ كم^{٢}، بنسبة ٦٠,٦٣% من إجمالي مساحة المدينة عام ٢٠١٩، وتغير نمط توزيع الجزر الحرارية بين مدة وأخرى، بسبب التطور الحضري وتغير استعمالات الأرض، التي تؤثر في تباين الاشعاع الطيفي ودرجات الحرارة المشتقة من المرئيات.

(المجلة الجغرافية العربية، المجلد (٥٢) العدد (٧٨) ديسمبر ٢٠٢١، ص ص ٣١٩-٣٤٥)

الكلمات الدالة: مراقبة التغير، الجزر الحرارية، الاستشعار عن بعد، ينبع.

المقدمة:

تعد ظاهرة الجزر الحرارية في المدن المدارية بالمناطق الجافة وشبة الجافة من أهم الظواهر المناخية التي يهتم بها المتخصص في علم المناخ، والعلوم الأخرى المرتبطة به، وللجزيرة الحرارة الحضرية تأثيرات على التخطيط الحضري، والقدرات العملية للسكان، وجودة حياة السكان؛ لاسيما

* حاصل على درجة الدكتوراه من جامعة أم القرى – مكة المكرمة.

للتواصل: e-mail: mobarksaad@hotmail.com

فيما يتعلق باستهلاك الطاقة ونوعية الهواء والماء وصحة الإنسان، حيث يعاني سكان المدن في هذه المناطق من ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية، وتبرز هذه الظاهرة من خلال تعديل غير مقصود للمناخ، يتسبب في جعل المناطق الحضرية أكثر دفئاً من المناطق الريفية المحيطة.

ويشير مفهوم الجزيرة الحرارية الحضرية (UHI) إلى ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض في المناطق الحضرية مقارنة بالمنطقة الريفية المحيطة، الناتجة عن مستويات عالية من انبعاث الطاقة بالقرب من السطح، وامتصاص الإشعاع الشمسي للأجسام الأرضية (Guha, et al., 2018, p. 667).

وتعتبر الجزيرة الحرارية الحضرية احد التعديلات البشرية الرئيسية لنظام الأرض. وبالتالي تعد الجزيرة الحرارية الحضرية ظاهرة مناخية مدنية نموذجية يرتبط تكوينها وشدتها ارتباطًا وثيقًا بنوع الغطاء الأرضي (Wang, et al., 2019, p. 168).

وتختلف الجزيرة الحرارية عن ما يعرف بموجات الحر التي تحدث عندما ترتفع درجة الحرارة العظمى عن معدلها أكثر من أربع درجات ولأكثر من ثلاثة أيام متتالية، ونتيجة لذلك يفقد الإنسان كمية من السوائل بسبب التعرق، ويؤثر فقدان الجسم للماء في توازنه (غانم، ٢٠١٠، ص ٨٨).

تم التحقق من الجزيرة الحرارية الحضرية لأول مرة باستخدام تقنيات الأقمار الصناعية في السبعينيات، وتقدم هذا المجال باستمرار مع تطور تكنولوجيا الاستشعار عن بعد، وتنوع الأقمار الصناعية، ودقة التغطية المكانية والزمانية، وشهد العقد الماضي زيادة في الدراسات ذات الصلة بقياس درجة حرارة سطح الأرض من بيانات الاستشعار عن بعد.

وبذلك أصبحت دراسة الجزر الحرارية في المدن باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد من الدراسات المناخية المهمة في تتبع تغير توزيع الجزر الحرارية، حيث تعطي بيانات الاستشعار عن بعد تفاصيل على مستوى خلايا صغيرة، بما يساعد المخطط وصانع القرار في المدن على اتخاذ التدابير اللازمة وفقا لأدق المعلومات. وينصب التركيز على استخدام نطاق الأشعة تحت الحمراء الحرارية من الطيف الكهرومغناطيسي لإجراء قياسات مفيدة لدرجة حرارة سطح الأرض، والتي يمكن أن تكون مفيدة لعدد من الاستخدامات منها قياسات الجزر الحرارية الحضرية (Tomlinson, et al., 2013, p. 296).

تؤثر الجزيرة الحرارية واتساع مناطق تغطيتها بين مدة وأخرى في مدينة ينبع على حياة سكان المدينة ونشاطهم خاصة العاملين تحت أشعة الشمس من خلال كثرة التعرق، الذي يستنزف كميات كبيرة من أملاح الجسم، ويقلل من كمية الماء في الخلايا، وقد يعقب ذلك تعرض هؤلاء العاملين لتشنجات تصيب عضلات الجسم نتيجة نقص الأملاح. وتقود إلى ما يعرف بالإرهاق الحراري، وهي حالة خطرة تنتج من نقص وصول الدم إلى المخ؛ بسبب عدم استطاعة القلب ضخ الدم الكافي، وتظهر على المريض آثار الإعياء والصداع والغثيان وحرارة دون معدلها الطبيعي في الجسم (الراوي،

١٩٩٠، ٢٥٣). وبذلك اكتسبت دراسة الجزر الحرارية الحضرية أهمية كبيرة في جميع أنحاء العالم، بسبب التحضر السريع والتصنيع وزيادة السكان (Peng, et al., 2012, p. 696).

وتعتبر الجزيرة الحرارية في مدينة ينبع وتغيراتها مكانياً وزمانياً نتاج عدة متغيرات مكانية أهمها النهضة التنموية والصناعية التي شهدتها المدينة، وما رافقها من نمو حضري وتوسع حركة وسائل النقل مما عزز من تراكم ملوثات الغلاف الجوي، وتغير أغطية الأرض الطبيعية التي كانت تشكل تبريد طبيعي للمدينة. وأدى التطور الحضري في مدينة ينبع إلى اتساع الجزيرة الحرارية وتغيرها بين مدة وأخرى، حيث يرافق استبدال أغطية الأرض الطبيعية كالمناطق الزراعية والترب الجرداء وموارد المياه والغطاء النباتي، والتي كانت عبارة عن أسطح تتمتع بامتصاص ورطوبة جيدة، بالمنشآت السكنية والصناعية الخرسانية والطرق المسفلتة والبنى التحتية، الآمر الذي ساهم في ازدياد امتصاص أشعة الشمس في الأسطح الحضرية خلال النهار أكثر من الأغطية الطبيعية، وإطلاق الطاقة الحرارية المتراكمة خلال النهار في الجو بكمية أعلى من الأسطح الطبيعية. مما يؤدي الى تسريع تبخر الرطوبة أكثر من الأسطح الطبيعية، ونتيجة لذلك ستكون درجات الحرارة في المناطق الحضرية أعلى مقارنة بالمناطق الريفية المحيطة (Laosuwan, et al., 2017, p. 53).

وبسبب عدم وجود محطات مناخية تغطي مساحات صغيرة تمكننا من الحصول على تفاصيل كبيرة لدراسة الجزر الحرارية في مدينة ينبع، وفي ظل تطور تقنيات الاستشعار عن بعد، لجأ الباحث إلى جمع بيانات القمر الصناعي الأمريكي لاندسات (TM, OLI) للأعوام ٢٠٠١، ٢٠١٠، ٢٠١٩، ولكي تكون المقارنة بين كل مدة وأخرى اخذ الباحث المرئيات الفضائية المستخدمة في البحث بفاصل زمني متساوي مقداره تسعة سنوات، ولنفس الفصل والشهر لتتبع التغيرات المكانية زمانياً في الجزر الحرارية بمدينة ينبغ خلال هذه المدة، واتبع البحث منهجية التحليل المكاني القائمة على تطبيق عدد من الخوارزميات التي وردت في كتيب مرئيات القمر الصناعي لاندسات والبيانات الوصفية الخام للنطاقات الحرارية لهذه المرئيات في اشتقاق درجات الحرارة على مستوى خلايا صغيرة ٣٠ متر، وبالتالي مراقبة تغير الجزر الحرارية بين المدينة.

الدراسات السابقة:

من خلال الاطلاع والبحث لم يسبق مراقبة تغير الجزر الحرارية بمدينة ينبع باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد في دراسات جغرافية مناخية من قبل، وبذلك سيحاول البحث استعراض بعض الدراسات السابقة التي تشترك مع هذا البحث في طبيعة البيانات المستخدمة والمنهج والأهداف في دراسة وتتبع تغير الجزر الحرارية باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد من أهمها ما يأتي:

- استخدام (Chedin, et al., 1984) الطريقة الرياضية العكسية لاسترجاع درجات الحرارة من بيانات الأقمار الصناعية عالية الجودة. وتطرق (Li, et al., 2004) إلى اشتقاق حرارة سطح الأرض من مرئيات لاندسات، واستخدام نموذج نقل الاشعاع (MODTRAN 4.1)، ومؤشر (NDVI) لاشتقاق درجات الحرارة. واستخلص (Sobrino, et al., 2004) درجات الحرارة من مرئيات لاندسات، وتطرق لبعض طرق استخلاص درجات الحرارة من خلال تطبيق معادلات تحويل الاشعاع وانبعاثات الأرض بطريقة (NDVI)، وطريقة تصحيح الغلاف الجوي للنطاقين الثالث والرابع بحساب مؤشر (NDVI).
- وقام (QIN, et al., 2010) باشتقاق درجة الحرارة سطح الأرض من مرئيات لاندسات وطبق المعادلة التي قدمتها وكالة الطيران والفضاء الامريكية ناسا لتحليل التباين المكاني لتوزيع درجات الحرارة للكثبان الرملية الممتدة للمنطقة لحدودية بين مصر وفلسطين، وربطت الدراسة التباين بتوزيع الغطاء النباتي على الطرفين. وتطرق (Rozenstein, et al., 2010) لكيفية اشتقاق درجات الحرارة من مرئيات لاندسات 8 باستخدام نموذج split window حيث قدم تعديل لاشتقاق درجات الحرارة بنموذج SWS الذي يستخدم نفاذية الغلاف الجوي والحرارة المنبعثة من سطح الأرض.
- واستخلص (Latif, 2014) درجات الحرارة من مرئيات لاندسات ٨ في منطقة رانشي واستخدام برنامج ERDAS 9.1 لاشتقاق طبقات النبات والتربة والحرارة في منطقة الدراسة. وتطرق (Zhou, et al., 2015) لتأثير الجزر الحرارية في الصين باستخدام بيانات (MODIS) من ٢٠٠٣ إلى ٢٠١٢، وأظهرت النتائج أن تأثير الجزيرة الحرارية الحضرية يتضاءل بشكل كبير نحو المناطق الريفية في غالبية المدن الصينية المدروسة البالغ عددها ٣٢ مدينة. واشتق (YU, et al. 2016) درجات الحرارة من مرئيات لاندسات ٨ بمعادلة نقل الاشعاع في نموذج split window وطريقة single channel.
- ودرس (Abou El-Magd, et al., 2016) التغير المكاني للجزر الحرارية في المناطق الحضرية بمدينة القاهرة باستخدام السلاسل الزمانية من صور الأقمار الصناعية لاندسات بن عامي ١٩٩٠–٢٠٠٩. وقام (Peng, et al., 2016) بتحليل الجزر الحرارية في هونغ كونغ بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية والتغيرات الحضرية واستخدم مرئيات لاندسات في اشتقاق درجات الحرارة بين عامي ١٩٨٧–٢٠٠٩. وقدر (Mohamed, et al., 2016) الانبعاثات لتقييم الجزر الحرارية الحضرية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد المنخفضة والمتوسطة الدقة واستخدم المعادلات التي تعتمد على مؤشر النبات (NDVI) لتحليل واستخراج نتائج الدراسة. وقيم (Ishola, et al., 2016) الجزر الحرارة السطحية الحضرية

باستخدام بيانات الاقمار الصناعية في أبيوكوتا نيجيريا للأعوام ١٩٨٤ و ٢٠٠٣ و ٢٠١٤، وتم استخدام منهج كمي لتقييم الجزر الحرارة السطحية من خلال العلاقات بين درجة حرارة السطح ونوع الغطاء الأرضي، وتوصلت النتائج الى أن المساحات السطحية غير المنفذة لها علاقة ارتباطية موجبة بدرجات الحرارة المرتفعة، وترتبط المناطق النباتية والأسطح المكشوفة بدرجة حرارة متوسطة.

- واستخدم (John, et al., 2017) الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتقييم نمط الجزيرة الحرارية الحضرية في مدينة كادونا في نيجيريا، وتوصل البحث الى تفاقم درجات الحرارة بين مدة وأخرى لعدة أسباب أهمها التحضر وتغير استعمال الأرض الذي يؤثر على الحرارة وبالتالي على الإجهاد الحراري. وراقب (Mirzaei, et al., 2018) الجزر الحرارية الحضرية وتأثيراتها على الحالة الصحية للسكان في مدينة اصفهان باستخدام الاستشعار عن بعد، وتمت مراقبة درجة حرارة سطح الأرض على مدى ثلاث سنوات بواسطة صور القمر الصناعي Landsat-8، وبعد ذلك تم تحديد المناطق التي حدثت فيها ظاهرة الجزر الحرارية العالية (UHI) والجزر الباردة الحضرية (UCI)، وتم تطبيق استبيان لتقييم الحالة الصحية للسكان.
- وقيم (Ahmed, 2018) تأثير الجزيرة الحرارية على النواحي الاقتصادية والاجتماعية في محافظة السويس باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وتوصلت النتائج إلى أن هناك زيادة في درجة الحرارة بين عامي ١٩٨٨ و ٢٠١٤، وتركزت النقاط الساخنة بشكل أساسي في المناطق المبنية المكتظة بالسكان والمنطقة الصناعية ذات الكثافة السكانية العالية. وقيم (Liu, et al., 2020) تغير أغطية الأرض والجزر الحرارية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، وكان هدف البحث تصميم إطار عمل قائم على الاستشعار عن بعد يبحث ويحلل كيفية تأثير تغير الغطاء الحضري على البيئة الحرارية، والتنبؤ به على بيئة الحرارة الحضرية، باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد لعامي ١٩٨٦-٢٠١٦، وأظهرت النتائج وجود تأثير كبير للتوسع الحضري على الجزر الحرارية.
- ودرس (Li, et al., 2020) الجزر الحرارة السطحية الحضرية المستشعرة عن بعد من منظور جديد للمقارنات بين مناطق مختلفة، وحاولت الدراسة استكشاف علاقة بين الجزر الحرارية والعوامل المرتبطة بها، وتوصلت الدراسة إلى أن تأثير عمليات التحضر غير متجانسة وغير واضحة في الجزر الحرارية، وأكدت على أهمية مراجعة منهجية دراسات الجزر الحرارية من منظور المقارنات بين مختلف المناطق. وكشف (Maskooni, et al., 2020) تأثير استخدام الأراضي وتغير الغطاء الأرضي في الجزر الحرارية السطحية الحضرية في مدينة شيراز جنوب ايران باستخدام بيانات لاندسات، وكان هدف البحث تحديد تأثير تغير استخدام

الأراضي على درجة حرارة سطح الأرض الحضرية، وأظهرت النتائج أن متوسط الحرارة زاد بشكل كبير بين عامي ١٩٩٣-٢٠١٨، بسبب التحضر، وانخفاض المساحات الخضراء، وزيادة المناطق الصناعية. وتطرق (Jain, et al., 2020) لكثافة الجزر الحرارية الحضرية واستراتيجيات التخفيف منها في المناطق الحضرية سريعة النمو باستخدام بيانات لاندسات لتحديد درجة حرارة سطح الأرض والجزيرة الحرارية الحضرية للأعوام ٢٠٠٠ و ٢٠٠٥ و ٢٠١٠ و ٢٠١٥ على التوالي، وتم تحليل الجزر الحرارية الموسمية، واتضح أن درجة الحرارة مرتفعة للغاية وسط المدينة.

مشكلة البحث:

تعد مدينة ينبع من أهم موانى ومدن المملكة على البحر الأحمر، وشهدت المدينة خلال المدة الماضية نهضة تنموية رافقها تطور ونمو حضري، نتج عنه تغير أغطية الأرض الطبيعية التي تتصف برطوبة عالية وقلة ما تطلقه من حرارة مكتسبة الى الغلاف الجوي، وكانت هذه الأغطية بمثابة مبرد طبيعي لهواء المدينة، لكنها تحولت إلى استعمالات عمرانية وطرق وغيرها تتصف برطوبة منخفضة، وتطلق كمية أعلى من الطاقة الحرارية المكتسبة في النهار إلى الغلاف الجوي، ورافق كل ذلك نهضة في مجال صناعية البتروكيمائيات وتوسع في حركة وسائل النقل، وهذا عزز من تغير مكونات الغلاف الجوي، وارتفاع نسبة ملوثات الهواء الناتج عن عوادم المصانع ووسائل النقل، مما أثر في الاشعاع الحراري، وما اعقب ذلك من ارتفاع درجات الحرارة، وتكون (الجزر الحرارية) الحضرية بين مدة وأخرى مقارنة بالمناطق المجاورة لها. ومن هذا المنطق يحاول البحث تغطية الفجوة المتمثلة بعدم وجود دراسات سابقة تكشف انعكاسات كل هذه التغيرات المكانية على ارتفاع درجات الحرارة، وتكون الجزر الحرارية وتحركاتها بين مدة وأخرى مع حركة الانشطة البشرية على سطح الأرض.

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث من كونه يقدم للمخطط الحضري وصانع القرار في مدينة ينبع أحدث المعلومات الخاصة بالنقاط الساخنة، ومدى التغير الذي طرأ على الجزر الحرارية بين مدة وأخرى، وذلك من خلال تقديم معلومات تفصيلية على مستوى خلايا صغيرة للإشعاع الحراري ودرجات الحرارة المرتفعة والجزر الحرارية في المدينة مقارنة بما يحيط بها، وبالتالي تعطي نتائج البحث تفاصيل تساعد المخطط الحضري من وضع خطط لتخفف الآثار المترتبة على ارتفاع درجات الحرارة بين مدة وأخرى، واتساع مساحة الجزيرة الحرارية ٣٥° فأعلى من ٠,٧٢ كم^{٢}، بنسبة ٠,٢٢% من إجمالي

مساحة المدينة عام ٢٠٠١، إلى ١١,٢٣ كم^{٢}، بنسبة ٣,٤٣% من إجمالي مساحة المدينة عام ٢٠١٠، إلى ١٩٨,٦ كم^{٢}، بنسبة ٦٠,٦٣% من إجمالي مساحة المدينة عام ٢٠١٩.

أهداف البحث:

١- الكشف عن مدى التباين المكاني للإشعاع الحراري من مرئيات لاندسات وتغيراته للأعوام ٢٠٠١، ٢٠١٠، ٢٠١٩.

٢- معرفة مدى التباين المكاني في توزيع درجات الحرارة المشتقة من مرئيات لاندسات وتغيراتها للأعوام ٢٠٠١، ٢٠١٠، ٢٠١٩.

٣- تحويل الطبقات المعلوماتية لدرجات الحرارة الى خطوط كنتورية تبين مواقع الجزر الحرارية وتغيراتها في المدينة خلال هذه المدة.

ولتحقيق هذه الأهداف اتبع البحث منهجية علمية مناسبة كما يأتي:

منطقة الدراسة:

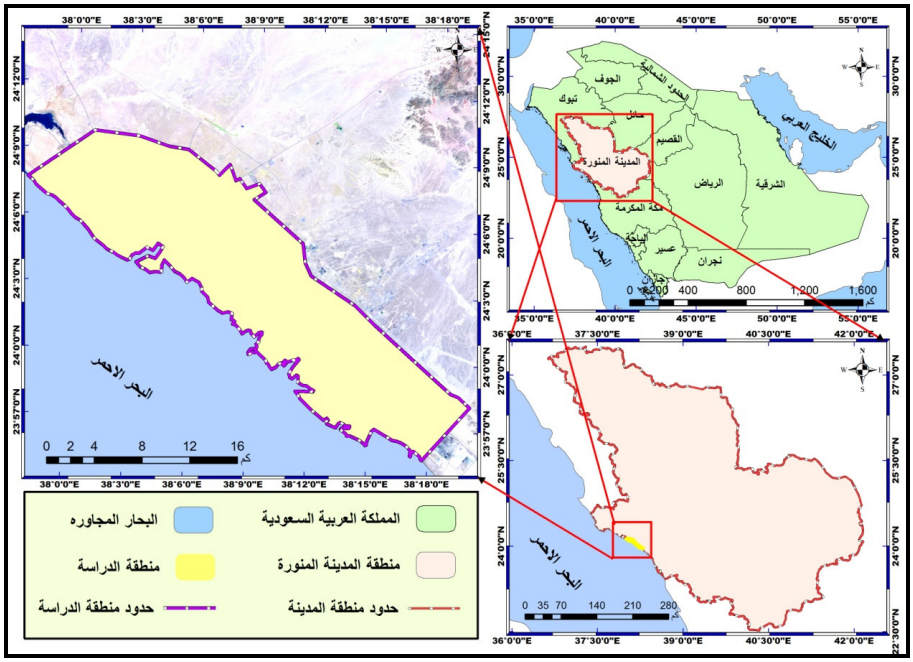
تقع مدينة ينبع مكانياً شكل رقم (١) ضمن الحدود الادارية لمنطقة المدينة المنورة على البحر الاحمر غرب المملكة العربية السعودية، وتقع المنطقة فلكياً بين خطي طول ٠٠ً ٥٦َ ٣٧° و ٠٠ً ١٨َ ٣٨° شرقاً، ودائرتي عرض ٠٠ً ٥٢َ ٢٣° و ٠٠ً ١٠َ ٢٤° شمالاً، وتبلغ مساحة منطقة الدراسة ٣٢٧,٥٦ كم^{٢}، وتعد مدينة ينبع من أهم الموانى والمدن الصناعية في المملكة العربية السعودية التي عادة ما يترتب عليها تلوث الهواء، وتغير مواضع الجزر الحرارية بين مدة وأخرى.

بيانات البحث:

نظراً لوجود محطة مناخية واحدة في المدينة ومن المحتمل أن تتأثر بالظروف المحلية، من الصعب الاعتماد على بياناتها فقط في الحصول على معلومات حول الجزيرة الحرارية الحضرية على المستوى المكاني للمدينة. وبذلك تعتمد معظم دراسات الجزر الحرارية في المدن على درجات حرارة سطح الأرض المشتقة من بيانات الاستشعار عن بعد بدلاً من الطرق التقليدية التي تضمنت بيانات درجة الحرارة من محطات الأرصاد الجوية (Fujibe, 2009, p. 1812).

وعليه اعتمد البحث على بيانات الاستشعار في الكشف عن تغير الجزيرة الحرارية في مدينة ينبع بين مدة وأخرى، وذلك من خلال رصد تغير الاشعاع الحراري ودرجات الحرارة، وبذلك تم تجميع مرئيات القمر الصناعي لاندسات (٥، ٨) بين عامي ٢٠٠١-٢٠١٩ من موقع الماسح الجيولوجي

الامريكي كما تبين نتائج ذلك في الجدول رقم (١) بفاصل زمني ٩ سنوات بين كل مرئية وأخرى، وذلك لاكتشاف تغير توزيع درجات الحرارة والجزر الحرارية في المدينة.



شكل (١) : موقع منطقة الدراسة.

المصدر: هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، خريطة المناطق الادارية للمملكة العربية السعودية: ٥٠٠٠٠٠، ١٤٢٤هـ.

جدول (١) : بيانات مرئيات القمر الصناعي لاندسات (٥، ٨) المستخدمة في البحث.

العدد	المرئية	المستشعر	الدقة المكانية	ID	Path	Row
١	لاندسات ٥ بتاريخ ٣-١١-٢٠٠١	TM	٣٠ م	LT05_L1TP_171043_20011103_20180930_01_T1	١٧١	٤٣
٢	لاندسات ٥ بتاريخ ٢٨-١١-٢٠١٠	TM	٣٠ م	LT05_L1TP_171043_20101128_20180116_01_T1	١٧١	٤٣
٣	لاندسات ٨ بتاريخ ٥-١١-٢٠١٩	OLI	١٥ م	LC08_L1TP_171043_20191105_20191115_01_T1	١٧١	٤٣

المصدر: الماسح الجيولوجي الامريكي (https://earthexplorer.usgs.gov/).

منهجية البحث:

١- بعد الحصول على ثلاث مرئيات فضائية للقمر الصناعي لاندسات (٥، ٨) من موقع الماسح الجيولوجي الامريكي (USGS) كما يبين الجدول السابق رقم (١) للأعوام ٢٠٠١، ٢٠١٠، ٢٠١٩ لاشتقاق طبقات الاشعاع الحراري ودرجات الحرارة واكتشاف التغيرات المكانية التي طرأت عليها بين مدة وأخرى.

٢- معالجة المرئيات الفضائية المشار اليها في الجدول اعلاه وتدرجت خطوات المعالجة كما يأتي:

أ- جمع (bands) كل مرئية باستخدام اداة (layer Stack) ببرنامج (ERDAS IMAGINE 2014) لنحصل على مرئية مدمجة مكونه من سبع نطاقات لمرئيات لاندسات ٥، واحدى عشر نطاق بالنسبة لمرئيات لاندسات ٨ شكل رقم (٢).

ب- تحسين الدقة المكاني لمرئيات لاندسات (٨) من خلال دمج نطاقات المرئيات مع النطاق البنكروماتي رقم ٨ لنحصل على مرئية بدقة ١٥ متر.

ج- تحسين الاشعاع للمرئيات باستخدام اداة (Rescale) ضمن ادوات Radiometric في البرنامج السابق نفسه.

د- ازالة الغيوم من بعض المرئيات الفضائية باستخدام اداة (Haze Reduction) ضمن ادوات Radiometric في البرنامج السابق نفسه.

هـ- اشتقاق طبقات الاشعاع الحراري من مرئيات لاندسات (٥، ٨) بالمعادلة:

$$LA = ML*QCAL+AL \ (USGS.2015).$$

حيث LA الاشعاع الحراري، ML قيمة ثابتة تستخلص من البيانات الوصفية للمرئية وتساوي نحو ٠,٠٥٥٣٧٥ من النطاق الحراري السادس لمرئية لاندسات (٥) و ٠,٠٠٠٣٣٤٢ من النطاقين الحراريين العاشر والحادي عشر لمرئيات لاندسات (٨)، QCAL النطاقات الحرارية (٦، ١٠، ١١)، AL قيمة تستخلص من البيانات الوصفية للمرئية وتساوي نحو ١,١٨٢٤٣ من مرئية لاندسات (٥)، و ٠,١ من مرئية لاندسات (٨).

و- اشتقاق درجات الحرارة من مرئيات لاندسات لكشف التغيرات الحرارية التي طرأت على المنطقة خلال مدة الدراسة وذلك بإتباع المعادلة الاتية:

$$T = K2 / (Log((K1 / LA) + 1) (USGS, 2015).$$

حيث T = درجات الحرارة بالكلفانية، K1 قيمة تستخلص من البيانات الخام للقمر الصناعي، وتختلف باختلاف القمر الصناعي حيث تساوي ٦٠٧,٧٦ في مرئيات لاندسات (٥)، وتساوي في النطاق الحراري رقم (١٠) من مرئيات لاندسات ٨ نحو ٧٧٤,٨٨٥٣، ونحو ٤٨٠,٨٨٨٣ في النطاق الحراري رقم (١١)، K2 وهي قيمة ثابتة تستخلص كذلك من البيانات الخام للقمر

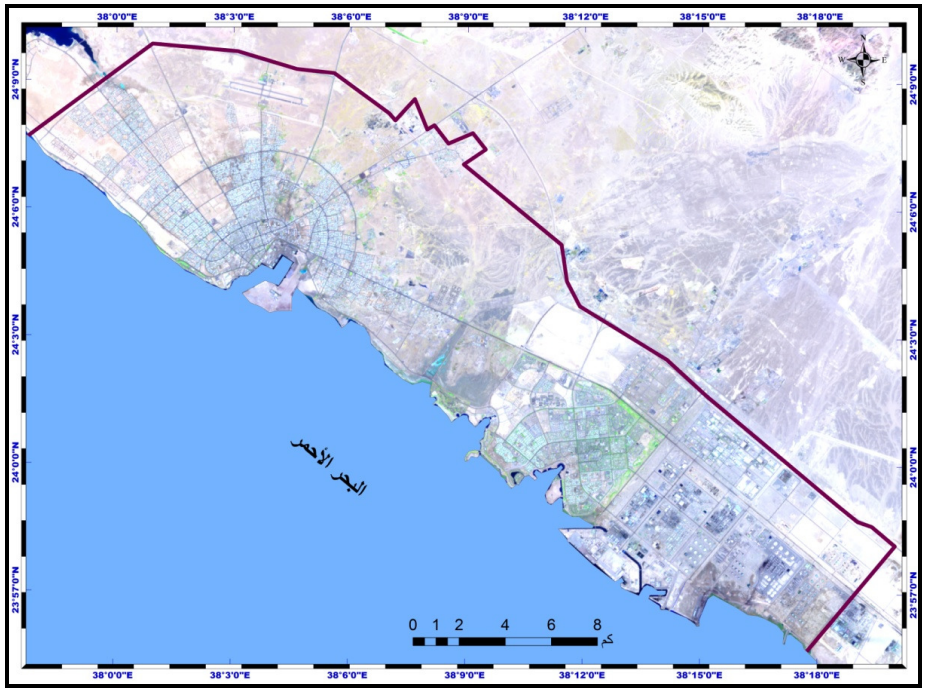
الصناعي، وتختلف باختلاف نوع القمر الصناعي، حيث تساوي ١٢٦٠,٥٦ في مرئيات لاندسات (٥)، وتساوي في النطاق الحراري رقم (١٠) من مرئيات لاندسات (٨) نحو ١٣٢١,٠٧٨٩، ونحو ١٢٠١,١٤٤٢ في النطاق الحراري رقم (١١) من القمر نفسه. و Log = لوغرتم، LA = طبقة الإشعاع الحراري المشتق بالخطوة السابقة.

ك- تحويل درجات الحرارة من الكلفانية الى المئوية وذلك من خلال طرح الطبقات المشتقة بالخطوة السابقة من ٢٧٣,١٥ باستخدام الحاسبة الخلوية لبرنامج Arc Map 10.5.

ي- حساب المتوسط الحسابي للإشعاع والحرارة من نطاقي مرئية لاندسات (٨) وذلك بجمع النطاقين والقسمة على ٢ باستخدام الحاسبة الخلوية لبرنامج Arc Map 10.5.

ع- تصنيف الطبقات الناتجة لتحديد مناطق النقاط الساخنة (الجزر الحرارية) وتغيراتها بين مدة وأخرى.

ر- عمل مقاطع طولية من شمال المدينة الى جنوبها لتحديد مدى التذبذب في درجات الحرارة، وبالتالي تحديد الجزر الحرارية ضمن كل مدة بالاعتماد على المتوسط العام لدرجات الحرارة.



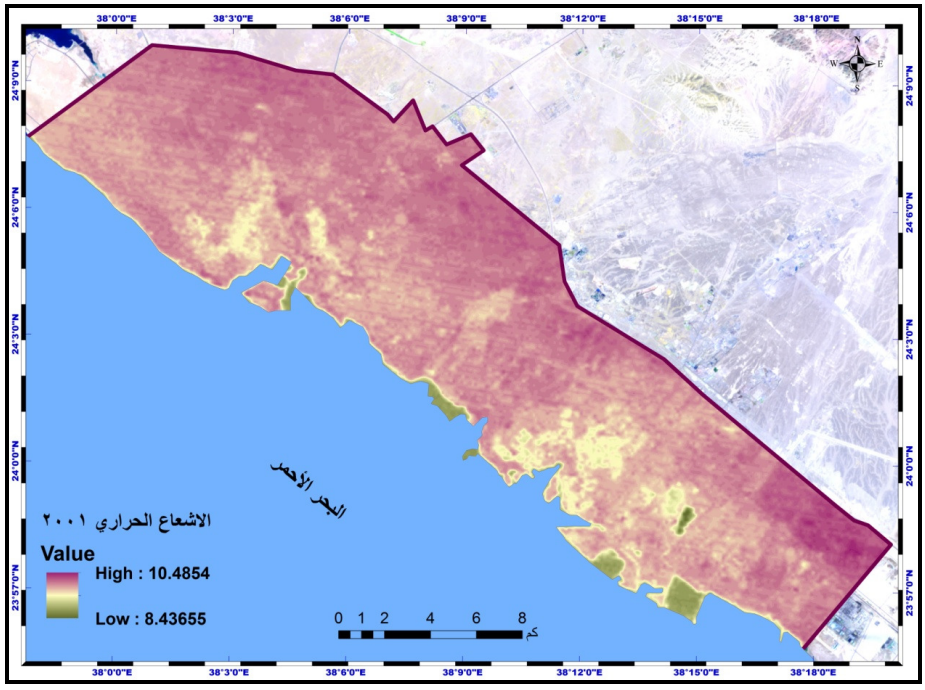
شكل (٢) : مرئية مركبة زائفة للقمر الصناعي لاندسات ٢٠١٩ بتركيب لوني (٦- ٥- ٤)

مناقشة النتائج :

١) الاشعاع الحراري في مدينة ينبع عام ٢٠٠١:

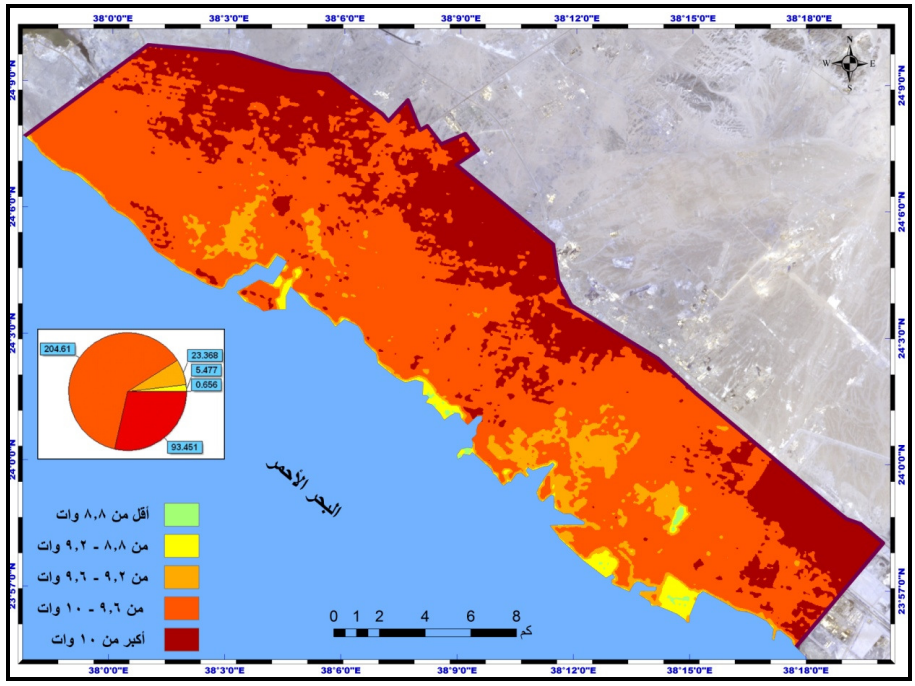
تنبعث الإشعاعات الكهرومغناطيسية من مختلف الأغطية الأرضية في موجات الأشعة تحت الحمراء الحرارية سواء في الليل أو النهار الأمر الذي يشير إلى مدى إمكانية جمع المعلومات الإشعاعية والحرارية عن تلك الأغطية في أي وقت.

وعليه تبين نتائج تطبيق معادلة حساب الاشعاع من بيانات الاقمار الصناعية كما يوضح الشكل رقم (٣) تراوح قيم الإشعاع الحراري في مدينة ينبع عام ٢٠٠١ بين ٨,٤٤–١٠,٤٩ وات، بمدى بلغ ٢,٠٥ وات، ومتوسط حسابي بلغ ٩,٩ وات، وانحراف معياري بلغ ٠,٢٣ وات، مما يعني تركز قيم الاشعاع حول المتوسط، وعليه ترتفع معدلات الإشعاع الطيفي جنوب وشرق وشمال المدينة، وتتصف معدلات الاشعاع بكونها معتدلة في اجزاء متفرقة وسط المدينة، وتنخفض المعدلات الى ادنى مستوياتها في المناطق المحاذية للساحل حيث تطمر المياه اليابس وتمتص غالبية الاشعاع بالمياه.



شكل (٣) : الاشعاع الحراري (وات) المشتق من مرئية لاندسات (٥) للعام ٢٠٠١.

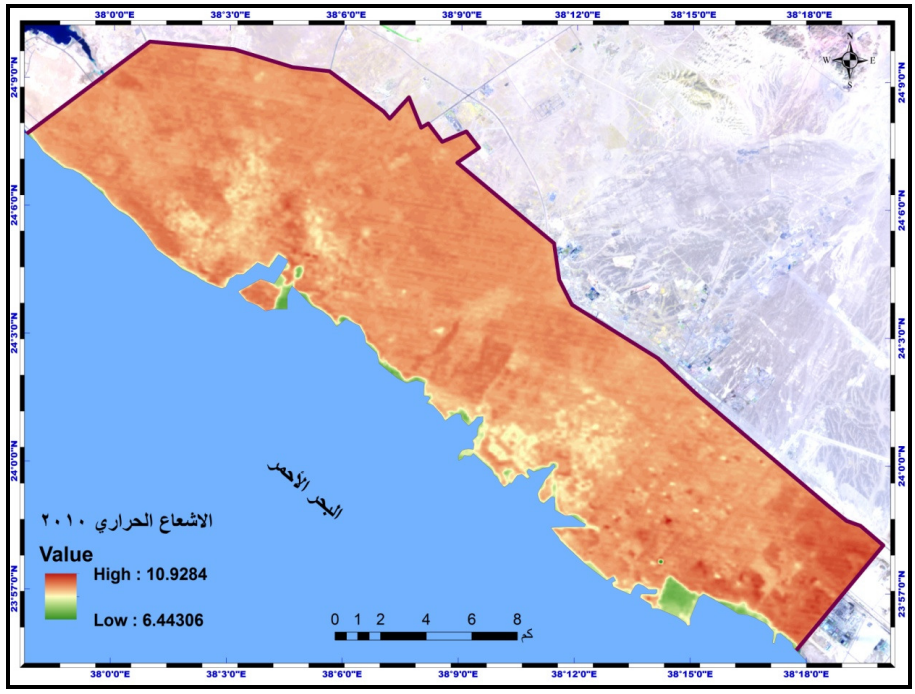
ويوضح الشكل رقم (٤) تباين مساحة فئات الإشعاع الطيفي عام ٢٠٠١، ومما يؤكد ذلك بلغت مساحة المنطقة التي تتصف بانخفاض كبير للإشعاع أقل من ٨,٨ وات، وتتركز جنوب المدينة وفي أجزاء صغيرة متفرقة من خط الساحل، حيث تزداد قدرة الاسطح على امتصاص الاشعاع، بمساحة بلغت ٠,٦٦ كم٢، بنسبة ٠,٢% من إجمالي مساحة المدينة، وتقع المنطقة التي تتصف بإشعاع منخفض تراوح بين ٨,٨–٩,٢ وات في مناطق متفرقة من الساحل حيث تمتص التربة الرطبة كمية كبيرة من الاشعاع، بمساحة بلغت ٥,٤٨ كم٢، بنسبة ١,٦٨% من إجمالي مساحة المدينة، وتنتشر المناطق التي تتصف بإشعاع معتدل تراوح بين ٩,٢–٩,٦ وات في اجزاء متفرقة وسط المدينة، بمساحة بلغت ٢٣,٣٧ كم٢، بنسبة ٧,١٣% من إجمالي مساحة المدينة، وتظهر المنطقة التي تتصف بإشعاع عالي تراوح بين ٩,٦–١٠ وات شمال وغرب ووسط وجنوب المدينة، بمساحة بلغت ٢٠٤,٦ كم٢، بنسبة ٦٢,٤٧% من إجمالي مساحة المدينة، وتمتد المنطقة التي تتصف بإشعاع عالي جداً تجاوز ١٠ وات بمناطق انتشار أغطية العمران غرب ووسط المدينة والمناطق الرملية الجافة شمال وشرق وجنوب المدينة، بمساحة بلغت ٩٣,٤٦ كم٢، بنسبة ٢٨,٥٢% من إجمالي مساحة المدينة.



شكل (٤) : توزيع فئات الاشعاع الحراري (وات) المشتق من مرئية لاندسات (٥) للعام ٢٠٠١.

٢) الاشعاع الحراري في مدينة ينبع عام ٢٠١٠:

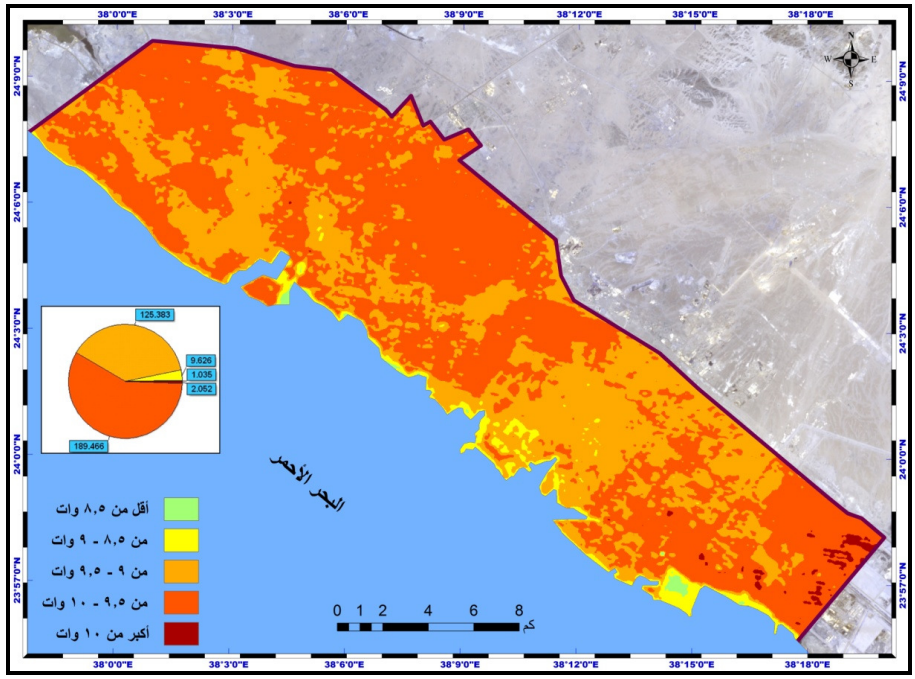
من جانب أخر تبين نتائج تطبيق معادلة حساب الاشعاع من بيانات لاندسات في الشكل رقم (٥) تراوح قيم الإشعاع الحراري في مدينة ينبع عام ٢٠١٠ بين ٦,٤٥–١٠,٩٣ وات، بمدى بلغ ٤,٤٨ وات، بمتوسط حسابي ١٠ وات، وانحراف معياري ٠,٢٤ وات، وتعكس هذه النتائج تركز قيم الاشعاع حول متوسطها الحسابي. وبذلك ترتفع معدلات الإشعاع الطيفي جنوب ووسط وشمال غرب المدينة، ويظهر الاشعاع المعتدلة في اجزاء متفرقة وسط المدينة، وتقل معدلات الاشعاع الحراري الى ادنى مستوياتها في بعض المناطق المغمورة بمياه البحر بمحاذية خط الساحل حيث يتم تمتص الاسطح غالبية الاشعاع بواسطة المياه.



شكل (٥) : الاشعاع الحراري (وات) المشتق من مرئية لاندسات (٥) للعام ٢٠١٠.

من جانب أخر يوضح الشكل رقم (٦) تباين مساحة فئات الإشعاع الطيفي المنعكس من سطح الأرض عام ٢٠١٠، ومما يؤكد ذلك بلغت مساحة المنطقة التي تتصف بانخفاض كبير للإشعاع أقل من ٨,٥ وات، وتظهر بالمناطق الاكثر غمراً بمياه المد والجزر جنوب غرب

المدينة وفي مناطق متفرقة على خط الساحل، وتتصف هذه المناطق برطوبتها العالية التي تجعلها تمتص غالبية الاشعاع، بمساحة بلغت ١,٠٣٥ كم٢، بنسبة ٠,٣١% من إجمالي مساحة المدينة، وتبرز مناطق الإشعاع المنخفض بين ٨,٥–٩ وات في المناطق الأقل غمراً بمياه البحر على طول خط الساحل، وهنا تتصف الاسطح برطوبة أقل مما سبق وانعكاس اعلى للإشعاع، بمساحة بلغت ٩,٦٣ كم٢، بنسبة ٢,٩٣% من إجمالي مساحة المدينة، وتغطي المنطقة التي تتصف بإشعاع معتدل بين ٩–٩,٥ وات إلى جانب المناطق المحاذية للنطاق المنخفض اجزاء واسعة بمناطق انتشار العمران في المدينة، بمساحة بلغت ١٢٥,٣٩ كم٢، بنسبة ٣٨,٢٨% من إجمالي مساحة المدينة، وتمتد المنطقة التي تتصف بإشعاع عالي تراوح بين ٩,٥ – ١٠ وات في الجزء الاغلب من المدينة شمال ووسط وجنوب المدينة، بمساحة بلغت ١٨٩,٤٧ كم٢، بنسبة ٥٧,٨٤% من إجمالي مساحة المدينة، وتبرز المنطقة التي تتصف بإشعاع عالي جداً تجاوز ١٠ وات بمنطقة ينبع الصناعية جنوب المدينة، بمساحة بلغت ٢,٠٦ كم٢، بنسبة ٠,٦٣% من إجمالي مساحة المدينة.



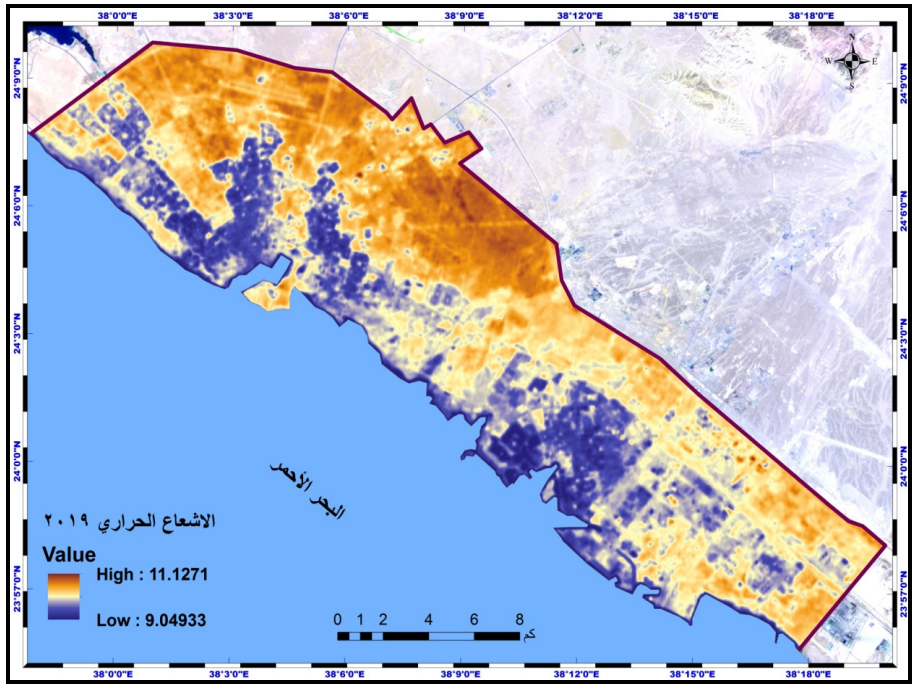
شكل (٦) : توزيع فئات الاشعاع الحراري (وات) المشتق من مرئية لاندسات (٥) للعام ٢٠١٠.

٣) الاشعاع الحراري في مدينة ينبع عام ٢٠١٩:

تبين نتائج تطبيق معادلة حساب الاشعاع من بيانات القمر الصناعي لاندسات (٨) في الشكل رقم (٧) تراوح قيم الإشعاع الحراري في مدينة ينبع عام ٢٠١٩م بين ٩,٠٤–١١,١٣ وات، بمدى بلغ ٢,٠٩ وات، بمتوسط حسابي ١٠,٤٤ وات، وانحراف معياري ٠,٢٨ وات.

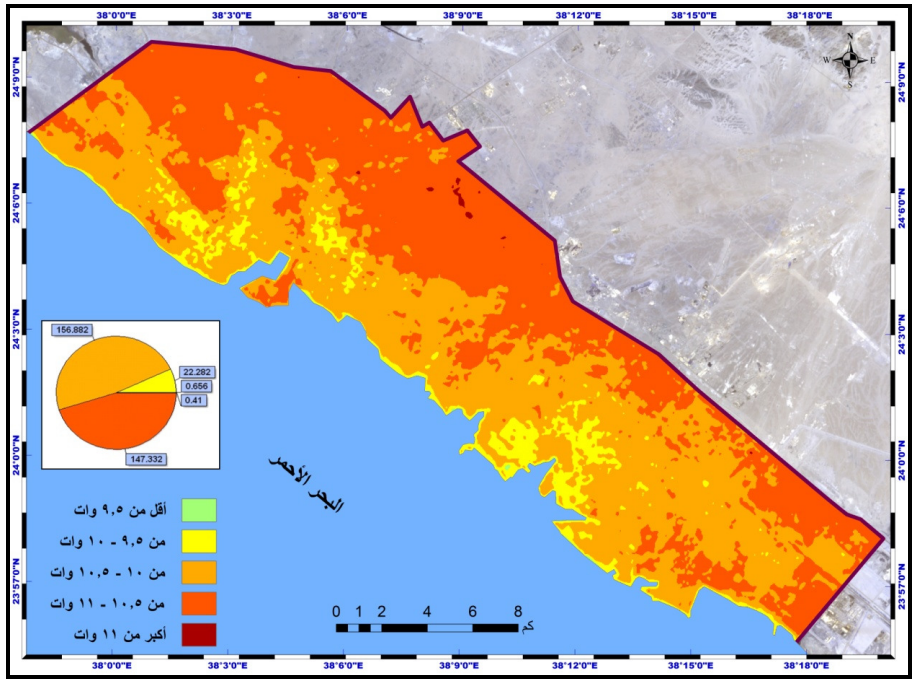
وتعكس قيمتي الحد الأدنى والأعلى للإشعاع عام ٢٠١٩ مقارنة بعامي ٢٠٠١ و ٢٠١٠ توسع استعمالات الارض العمرانية والصناعية التي تتصف بقدراتها العالية على عكس الاشعاع، وذلك على حساب الغطاء النباتي والتربة الرطبة التي تتصف بقدرتها على الامتصاص.

وبذلك يرتفع الإشعاع الطيفي بمناطق انتشار المنشآت العمرانية الجديدة شرق وشمال شرق المدينة، ويظهر الاشعاع المعتدل بمناطق انتشار الاراضي الفضاء في اجزاء متفرقة وسط وشمال وشرق وجنوب المدينة، وتقل معدلات الاشعاع الحراري في بعض المناطق المغمورة بمياه البحر بمحاذية خط الساحل حيث يتم امتصاص غالبية الاشعاع بواسطة المياه.



شكل (٧) : الاشعاع الحراري (وات) المشتق من مرئية لاندسات (٨) للعام ٢٠١٩.

في المقابل يوضح الشكل رقم (٨) تباين مساحة فئات الإشعاع الطيفي المنعكس من اغطية واستعمالات الأرض في المدينة عام ٢٠١٩، ومما يؤكد ذلك بلغت مساحة المنطقة التي تتصف بإشعاع منخفض جدا أقل من ٩,٥ وات، في عدد من النطاقات الساحلية الأكثر تأثراً بغمر مياه المد، وتتصف أسطح هذه المناطق برطوبة عالية تجعلها تمتص غالبية الاشعاع، بمساحة بلغت ٠,٦٦ كم٢، بنسبة ٠,٢% من إجمالي مساحة المدينة، وتتوزع مناطق الإشعاع المنخفض بين ٩,٥ – ١٠ وات على طول خط الساحل، وتمتد في مناطق متفرقة باتجاه الداخل، وتتصف هذه الأغطية برطوبة أقل وانعكاس أعلى للإشعاع من النطاق السابق، بمساحة بلغت ٢٢,٢٩ كم٢، بنسبة ٦,٨% من إجمالي مساحة المدينة، وتمتد المنطقة التي تتصف بإشعاع معتدل بين ١٠–١٠,٥ وات في اجزاء واسعة من مناطق انتشار العمران غرب مدينة ينبع، بمساحة بلغت ١٥٦,٨٩ كم٢، بنسبة ٤٧,٩% من إجمالي مساحة المدينة، وتغطي المنطقة التي تتصف بإشعاع عالي تراوح بين ١٠,٥–١١ وات شمال شرق وشرق وجنوب المدينة، بمساحة بلغت ١٤٧,٣٤ كم٢، بنسبة ٤٤,٩٨% من إجمالي مساحة المدينة، وتبرز المنطقة التي تتصف بإشعاع عالي جداً تجاوز ١١ وات بمناطق انتشار العمران الحديث شرق المدينة، بمساحة بلغت ٠,٤١ كم٢، بنسبة ٠,١٢% من إجمالي مساحة المدينة.

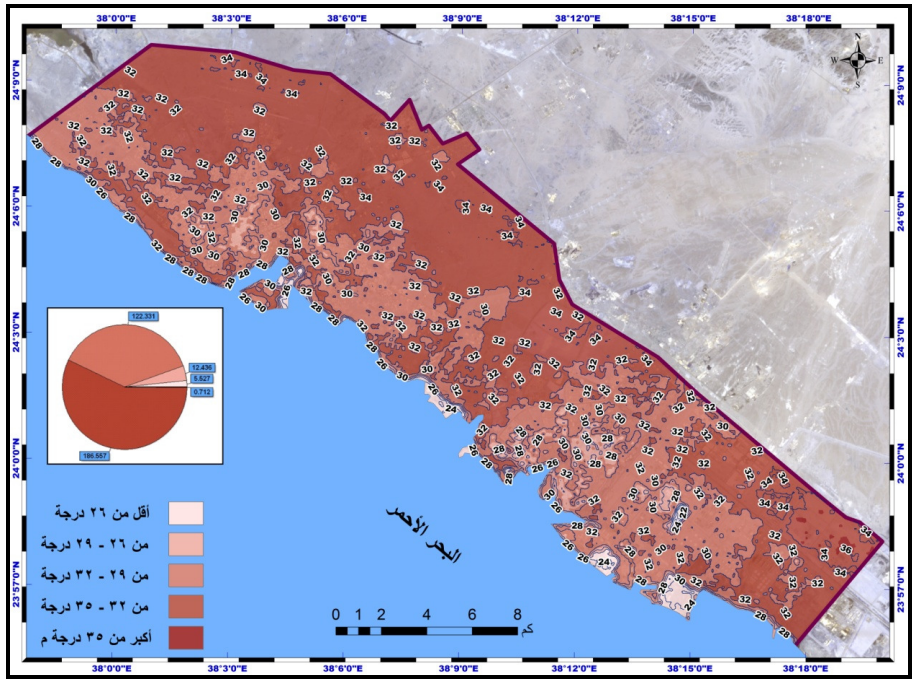


شكل (٨) : توزيع فئات الاشعاع الحراري (وات) المشتق من مرئية لاندسات (٥) للعام ٢٠١٠.

٤) الجزر الحرارية في مدينة ينبع عام ٢٠٠١:

تعد درجة الحرارة نتيجة مباشرة للإشعاع الشمسي، وتتأثر به بصورة كبيرة حيث يسخن سطح الأرض نتيجة الإشعاع الشمسي الساقط عليها مما يؤدي إلى إنعكاسه على شكل إشعاع أرضي يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة طبقة الهواء الملامس لسطح الأرض، وذلك بالتوصيل الحراري فيما بينهما (السبيعي، ٢٠٠٧، ص ١٠٨).

وعليه تظهر نتائج تطبيق معادلة حساب درجات الحرارة من مرئية لاندسات نوفمبر ٢٠٠١ شكل رقم (٩) ارتباط طردي تام بين توزيع الإشعاع الحراري ودرجات الحرارة المشتقة، حيث تتركز أعلى معدلات درجات الحرارة حيث يرتفع الإشعاع الحراري والعكس، وبالتالي تراوحت درجات الحرارة في المدينة بين ٢١-٣٦°م، بمتوسط بلغ ٣١,٧٥°م، وانحراف معياري ١,٦٦°م.



شكل (٩) : الجزر الحرارية (م) المشتقة من مرئية لاندسات (٥) للعام ٢٠٠١.

ويوضح الشكل رقم (٦) تركز الجزر الحرارية جنوب وشرق وشمال المدينة، مما يعني شدة تأثيراتها على البيئة المعيشية للإنسان بهذه المناطق، وتتصف معدلات الحرارة بكونها معتدلة في

اجزاء متفرقة وسط المدينة، وتنخفض درجات الحرارة الى ادنى مستوياتها في بعض المناطق المحاذية لخط الساحل حيث تطمر المياه اليابس وتمتص درجات الحرارة بمياه البحر.

وبتصنيف طبقة درجات الحرارة الى خمس فئات كل فئة تعبر عن جزيرة حرارية كبيرة متباينة في معدلات درجات الحرارة ونمط توزيعها المكاني، وبذلك بلغت مساحة الجزيرة التي تقل فيها درجة حرارتها عن ٢٦° م نحو ٥,٥٣ كم٢، بنسبة ١,٦٩% من إجمالي مساحة المدينة، كما بلغت مساحة الجزيرة الثانية حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٢٦-٢٩°م نحو ١٢,٤٤ كم٢، بنسبة ٣,٨% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة الجزيرة الثالثة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٢٩-٣٢°م نحو ١٢٢,٣٣ كم٢، بنسبة ٣٧,٣٥% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة الجزيرة الرابعة حيث درجات الحرارة تتراوح بين ٣٢-٣٥°م نحو ١٨٦,٥٦ كم٢، بنسبة ٥٦,٩٦% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة الجزيرة الخامسة حيث تتجاوز درجات الحرارة ٣٥°م نحو ٠,٧٢ كم٢، بنسبة ٠,٢٢% من إجمالي مساحة المدينة.

ولمزيد من التفاصيل عن الجزر الحرارية وتغير توزيعها في المدينة قام الباحث بتحويل طبقة الراستر لتوزيع درجات الحرارة الى خطوط حرارية متساوية يمثل كل منها جزيرة حرارية صغرى كما يوضح الشكل رقم (٩).

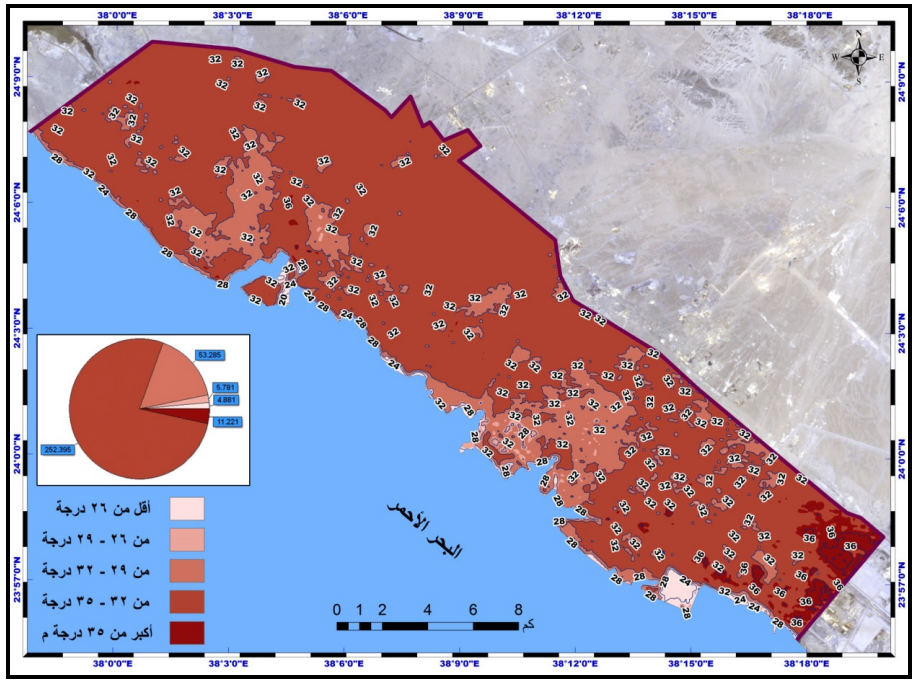
٥) الجزر الحرارية في مدينة ينبع عام ٢٠١٠:

تظهر نتائج تطبيق معادلة حساب درجات الحرارة من مرئية لاندسات نوفمبر ٢٠١٠ شكل رقم (١٠) تراوح درجات الحرارة في المدينة بين ٣,٥-٣٩°م، وبذلك يلاحظ انخفاض الحد الاول وارتفاع الحد الثاني للفئة مقارنة بعام ٢٠٠١، بمدى بلغ ٣٥,٥°م، بمتوسط بلغ ٣٢,٥٤°م، وانحراف معياري ١,٧٨°.

ويوضح الشكل رقم (١٠) ارتفاع درجات الحرارة جنوب غرب وغرب وشمال المدينة، وتتصف معدلات الحرارة بكونها معتدلة في اجزاء متفرقة وسط المدينة، وتنخفض درجات الحرارة ببعض المناطق الساحلية حيث تطمر المياه خط الساحل وتمتص درجات الحرارة بمياه البحر.

وبتصنيف طبقة درجات الحرارة الى خمس فئات أو جزر حرارية كبرى تتباين في معدلات درجات الحرارة ونمط التوزيع المكاني لها، حيث بلغت مساحة الجزيرة الأولى التي تقل فيها درجة حرارتها عن ٢٦°م نحو ٤,٩ كم٢، بنسبة ١,٤٩% من إجمالي مساحة المدينة، كما بلغت مساحة الجزيرة الثانية حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٢٦-٢٩°م نحو ٥,٧٨ كم٢، بنسبة ١,٧٧% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة الجزيرة الثالثة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٢٩-٣٢°م نحو ٥٣,٢٩ كم٢، بنسبة ١٦,٢٧% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة الجزيرة الرابعة حيث

درجات الحرارة تتراوح بين ٣٢–٣٥°م نحو ٢٥٢,٤ كم٢، بنسبة ٧٧,٠٥% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة الجزيرة الخامسة حيث تتجاوز درجات الحرارة ٣٥°م نحو ١١,٢٢ كم٢، بنسبة ٣,٤٢% من إجمالي مساحة المدينة، وبالتالي فقد زادت مساحة هذه الجزيرة الاشد حرارة بنحو ١٠,٥١ كم٢ مقارنة بعام ٢٠٠١، ويوضح شكل رقم (٧) مزيد من التفاصيل عن توزيع الجزر الحرارية عام ٢٠١٠ وتغير توزيعها مقارنة بعام ٢٠٠١.



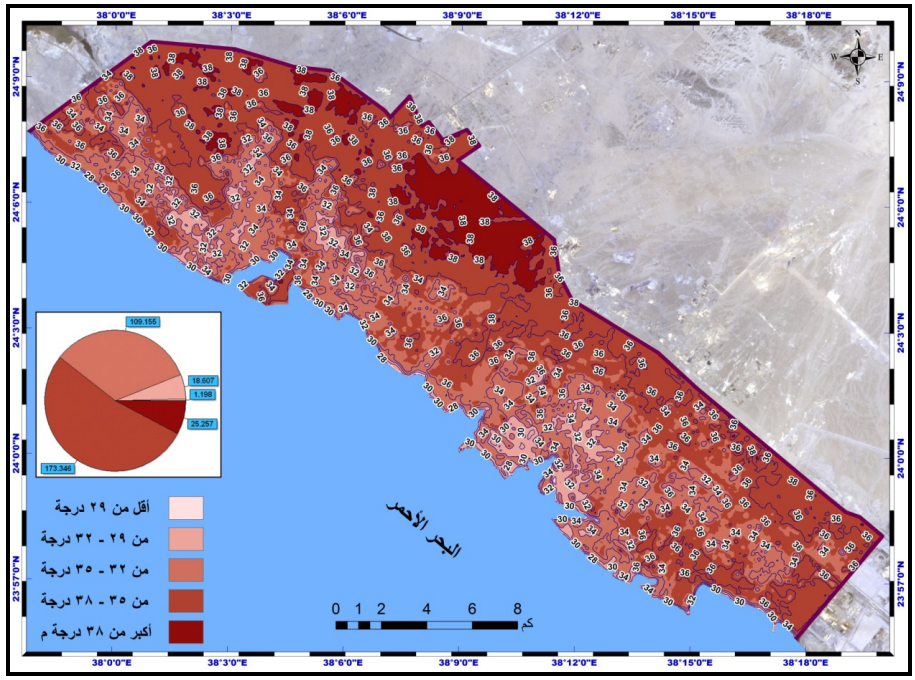
شكل (١٠) : الجزر الحرارية (م) المشتقة من مرئية لاندسات (٥) للعام ٢٠١٠.

٦) الجزر الحرارية في مدينة ينبع عام ٢٠١٩:

تبين نتائج تطبيق معادلة حساب درجات الحرارة على مرئية لاندسات نوفمبر ٢٠١٩ شكل رقم (١١) تراوح درجات الحرارة في المدينة بين ٢٥–٤٠°م، ليرتفع حدي الفئة الادنى والاعلى مقارنة بعامي ٢٠٠١ و ٢٠١٠، وليكون بذلك عام ٢٠١٩ اشد حرارة مقارنة بعامي ٢٠٠١ و ٢٠١٠، وهذا قد يرتبط بتطور الانشطة البشرية في المدينة بالذات النشاط الصناعي، وبلغ المدى الحراري ١٥°م، ليتساوى مع عام ٢٠٠١ ويقل عن عام ٢٠١٠، مما يعني ان هناك تركز اعلى مقارنة بعام ٢٠٠١، والعكس مع عام ٢٠١٠، بمتوسط بلغ ٣٥,٢٥م، وانحراف معياري ١,٩٦°.

وبذلك يوضح الشكل رقم (١١) ارتفاع درجات الحرارة جنوب غرب وشمال وشمال غرب المدينة حيث تغيرت اعطية الارض الطبيعية الى استعمالات بشرية، وبرزت معدلات الحرارة المعتدلة في اجزاء متفرقة وسط غرب مدينة ينبع، وتقل درجات الحرارة الى ادنى مستوياتها في مناطق متفرقة على امتداد المنطقة المحاذية للساحل حيث تطمر المياه بعض اليابس وتمتص درجات الحرارة.

وبتصنيف طبقة درجات الحرارة الى خمس فئات أو جزر حرارية كبرى تتباين في معدلات درجات الحرارة ونمط التوزيع المكاني لها، بلغت مساحة الجزيرة الأولى التي تقل درجة حرارتها عن ٢٩°م نحو ١,٢ كم٢، بنسبة ٠,٣٧% من إجمالي مساحة المدينة، كما بلغت مساحة الجزيرة الثانية حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٢٩–٣٢°م نحو ١٨,٦ كم٢، بنسبة ٥,٦٩% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة الجزيرة الثالثة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٣٢–٣٥°م نحو ١٠٩,١٦ كم٢، بنسبة ٣٣,٣٣% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة الجزيرة الرابعة حيث درجات الحرارة تتراوح بين ٣٥–٣٨°م نحو ١٧٣,٣٥ كم٢، بنسبة ٥٢,٩٣% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة الجزيرة الخامسة حيث تتجاوز درجات الحرارة ٣٨°م نحو ٢٥,٢٦ كم٢، بنسبة ٧,٧٢% من إجمالي مساحة المدينة، ويوضح شكل رقم (١١) مزيد من التفاصيل عن توزيع الجزر الحرارية الصغرى عام ٢٠١٩ وتغير توزيعها مقارنة بعامي ٢٠٠١، ٢٠١٠.



شكل (١١) : الجزر الحرارية (م) المشتقة من مرئية لاندسات (٨) للعام ٢٠١٩.

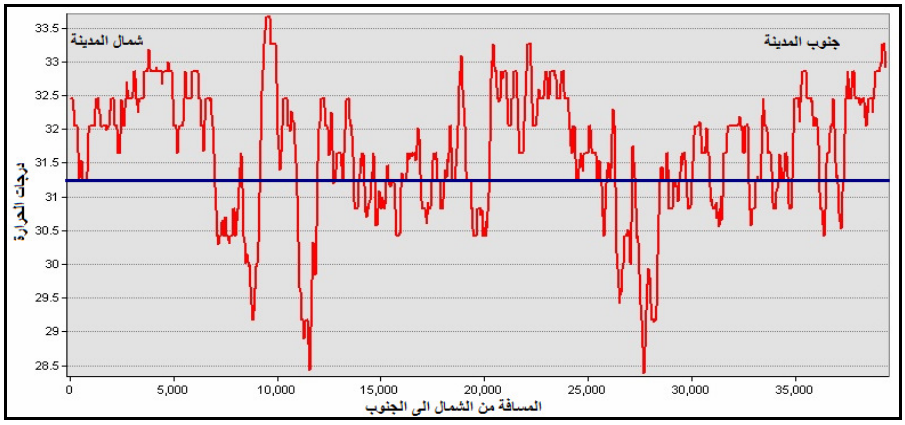
نتائج البحث:

١. ارتفاع درجات الحرارة في مدينة ينبغ بين عامي ٢٠٠١ الى ٢٠١٩ بنحو ٦°م، وهذا مؤشر على خطورة الجزيرة الحرارية على سكان المدينة بين مدة وأخرى.

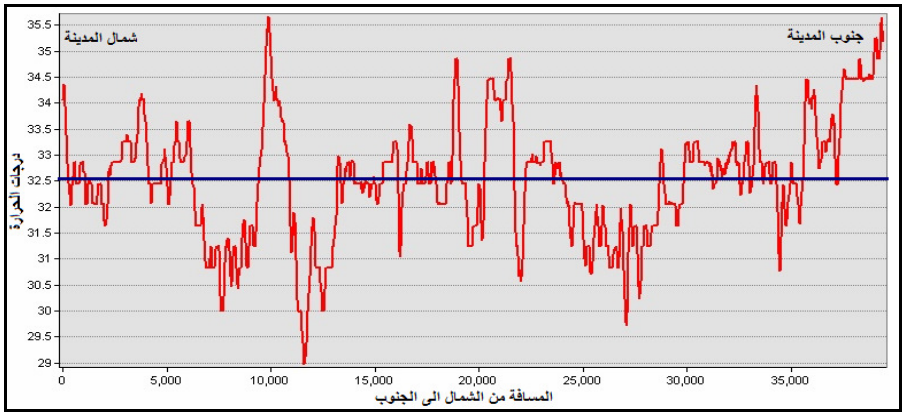
٢. تباين وعدم مواقع انتظام النقاط الساخنة بين مختلف المناطق في مدينة ينبع عام ٢٠٠١، ويوضح الشكل رقم (١٢) بروز الجزر الحرارية على طول المقطع حيث تتجاوز درجات الحرارة المتوسط العام لدرجات الحرارة ٣١,٧٥°م في تاريخ ٢٠٠١/١١/١٣، وتبعد اشد الجزر الحرارية عن نقطة الصفر شمال المدينة بنحو ١٠ كم نحو الجنوب، وتختفي الجزر الحرارية في المناطق التي تقل فيها درجات الحرارة عن المتوسط، ويرجع هذا التذبذب في مستويات الحرارة الى تباين اغطية واستعمالات الأرض وقدراتها الانعكاسية للإشعاع.

٣. تباين وعدم انتظام مواقع النقاط الساخنة بين مختلف المناطق في مدينة ينبع عام ٢٠١٠، ومما يؤكد ذلك في الشكل رقم (١٣) بروز الجزر الحرارية في مناطق مختلفة على طول المقطع حيث تتجاوز درجات الحرارة المتوسط العام لدرجات الحرارة ٣٢,٥٤°م في تاريخ ٢٠١٠/١١/٢٨، وظهرت اشد الجزر الحرارية بمنطقتين الاولى تبعد من شمال المدينة بنحو ١٠ كم، وتقع الثانية في اقصى جنوب المدينة، وتختفي الجزر الحرارية في المناطق التي تقل فيها درجات الحرارة عن المتوسط، ويرجع هذا التذبذب في مستويات الحرارة الى تغير اغطية واستعمالات الأرض وقدراتها الانعكاسية للإشعاع عما كانت عليه عام ٢٠٠١.

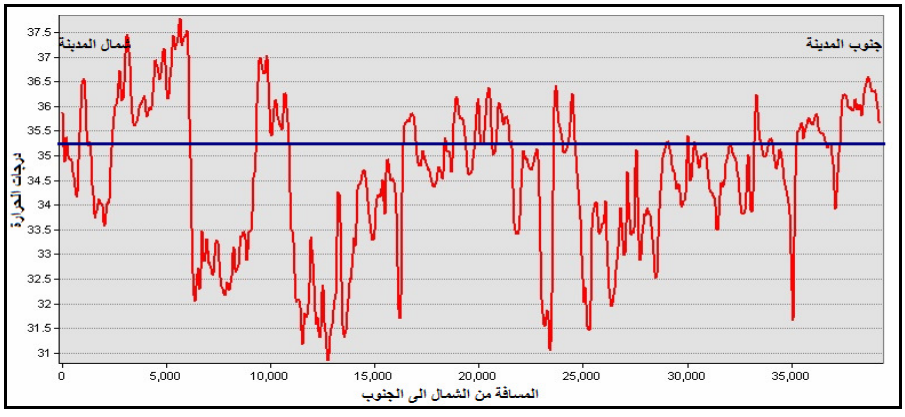
٤. تباين وعدم انتظام مواقع النقاط الساخنة على طول المقطع الطولي في مدينة ينبع عام ٢٠١٩، ومما يؤكد ذلك في الشكل رقم (١٤) بروز الجزر الحرارية في مناطق تجاوزت فيها درجات الحرارة المتوسط العام ٣٥,٢٥°م بتاريخ ٢٠١٩/١١/٥، وعليه برزت اشد الجزر الحرارية بمنطقة تبعد عن نقطة الصفر شمال المدينة بنحو ٦ كم، وتختفي الجزر الحرارية في المناطق التي تقل فيها درجات الحرارة عن المتوسط، ويرجع تباين مواقع النقاط الساخنة في المدينة الى تغير اغطية واستعمالات الأرض وقدراتها الانعكاسية للإشعاع وارتفاع مستويات تلوث الهواء عما كانت عليه سابقاً.



شكل (١٢) : مقطع طولي لتذبذب درجات الحرارة وبروز الجزر الحرارية عام ٢٠٠١.



شكل (١٣) : مقطع طولي لتذبذب درجات الحرارة وبروز الجزر الحرارية عام ٢٠١٠.



شكل (١٤) : مقطع طولي لتذبذب درجات الحرارة وبروز الجزر الحرارية عام ٢٠١٩.

التوصيات:

١. تتبع التغيرات التي تطرأ على توزيع درجات الحرارة في المدينة على مستويات اقل شهرية وفصلية وسنوية بالاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد.
٢. الحد من نسبة ملوثات وسائل النقل والمصانع في المدينة بين مدة وأخرى.
٣. الاعتماد بشكل اكبر على وسائل الطاقة المتجددة والنظيفة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح وغيرها.
٤. توفير وسائل النقل العام في المدن الرئيسية لتقليل الاعتماد على وسائل النقل الخاصة والمحافظة على مستويات جودة الهواء الحالية.
٥. الاهتمام بالتشجير والتوسع في انشاء الحدائق والمتنفسات الخضراء، ومواد تسقيف عاكسة، كإجراءات للتكيف والتخفيف من خطر تطرف الجزر الحرارية في المدينة، حيث اتسمت النقاط الساخنة في مدينة ينبع بكونها اسطح عارية ومناطق سكنية وتجارية مركزية وصناعية.
٦. التخطيط العلمي الرشيد عند انشاء مصانع جديدة بالقرب من المدينة والمناطق الحضرية بحيث يؤخذ في الاعتبار المناخ والتضاريس وغيرها حتى لا يصل تأثير ملوثاتها إلى داخل المدينة.

المصادر والمراجع

١. الراوي، عادل سعيد، السمرائي، قصي عبد المجيد، (١٩٩٠). المناخ التطبيقي. ١٩٩٠، دار الحكمة للطباعة والنشر، بغداد.

٢. السبيعي، سليمان يحيى سليمان، (٢٠٠٧). التخطيط العمراني بمدينة غات دراسة في المناخ التطبيقي. رسالة ماجستير، جامعة ٧ أكتوبر، مصراتة.

٣. غانم، علي أحمد، (٢٠١٠). المناخ التطبيقي، عمان، دار المسيرة.

4. Abou El-Magd I., Ismail A., Zanaty N. (2016): Spatial Variability of Urban Heat Islands in Cairo City, Egypt using Time Series of Landsat Satellite Images. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, ISSN 2320-0243, pp. 1618-1638.
5. Ahmed S. (2018): Assessment of urban heat islands and impact of climate change on socioeconomic over Suez Governorate using remote sensing and GIS techniques, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, Vol. 21, Issue 1, pp. 15-25.
6. Chedin A., Scott N.A., Wahiche C., Moulinier P. (1984): The Improved Initialization Inversion Method: A High Resolution Physical Method for Temperature Retrievals from Satellites of the TIROS-N Series, Labortoire de Meteorologie Dynamique. *Centre National de la Recherche Scientifique*, Palaiseau Cedex, France, pp. 128-134.
7. Fujibe. F: (2009), Detection of Urban Warming in Recent Temperature Trends in Japan, International Journal of Climatology, 29(12): 1811-1822.
8. Guha S., Govil H., Dey A., Gill N. (2018): Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy. *European Journal of Remote Sensing*, Vol. 51, Issue 1.
9. Jain S., Somnath S., Sen S., Bhatt S., Chakraborti S., Rahmat S. (2020): Urban heat island intensity and its mitigation strategies in the fast-growing urban area. *Journal of Urban Management*, Vol. 9, pp. 54-66.
10. John J.A., Yaro A., Abdulrasheed L. (2017), Remote Sensing and GIS Based Assessment of Urban Heat Island Pattern in Kaduna Metropolis. *International Journal For Research In Applied And Natural Science*, Vol. 3, Issue 6, pp. 20-31.
11. Ishola K.A., Okogbue E.C., Adeyeri O.E. (2016): A Quantitative Assessment of Surface Urban Heat Islands Using Satellite Multitemporal Data over Abeokuta, Nigeria. *International Journal of Atmospheric Sciences*, Article ID 3170789, pp. 1-6.
12. Laosuwan T., Gomasathit T., Rotjanakusol T. (2017): Application of remote sensing for temperature monitoring: the technique for land surface temperature analysis. *Journal of Ecological Engineering*, Vol. 18, Issue 3.

13. Latif M.S. (2014): Land Surface Temperature Retrival of Landsat-8 Data Using Split Window Algrithm: A Case Study of Ranchi District, Department of Remote Sensing, Birla Institute of Technology Mesra, 2014 IJEDR, Vol. 2, Issue 4, ISSN: 2321-9939, pp. 3840-3849.
14. Li, Fuqin, Jackson T.J, Kustas W.P., Schmugge T.J., French A.N., Cosh M.H, Bindish R. (2004): Deriving land surface temperature from Landsat 5 and 7 during Smex02/smacex, *Elsevier*, Remote Sensing of Environment, Doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.018, p. 521.
15. Li. Z. L, Si. M, Leng. P: (2020), A Review of Remotely Sensed Surface Urban Heat Islands from the Fresh Perspective of Comparisons Among Different Region, Progress In Electromagnetics Research C, Vol. 102, pp. 31-46.
16. Liu P., Jia S., Han R., Liu Y., Lu. X., Zhang H. (2020): RS and GIS Supported Urban LULC and UHI Change Simulation and Assessment, Journal of Sensors, Volume 2020, Article ID 5863164, pp. 1-17.
17. Maskooni E.K., Hashemi H., Berndtsson R., Arasteh P.D., Kazemi M. (2020): Impact of spatiotemporal land-use and land-cover changes on surface urban heat islands in a semiarid region using Landsat data, International Journal of digital earth, Issn: (Print) (Online), pp. 1-22.
18. Mirzaei M., Verrelst J., Arbabi M., Shaklabadi Z., Lotfizadeh M. (2018): Urban Heat Island Monitoring and Impacts on Citizen's General Health Status in Isfahan Metropolis: A Remote Sensing and Field Survey Approach. Remote Sens, 12(8): 1-17.
19. Mohamed A.A., Odindi J., Mutanga O. (2016): Land surface temperature and emissivity estimation for Urban Heat Island assessment using medium- and low-resolution space-borne sensors: A review, Geocarto International, DOL: 10. 1080/10106049.2016.1155657, pp. 3-7.
20. Peng F., Wong M.S., Nichol J.E., Chanb P.W. (2016): Historical GIS data and changes in urban morphological parameters for the analysis of urban heat islands in Hong Kong, The International Archives of the Photogrammetric, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XLI-B2, pp. 55-62.
21. Peng. S, Piao. S, Ciais. P, Friedlingstein. P, Ottle. C, Bréon. F,Nan. H, Zhou. L, Myneni. R.B., (2012). Surface Urban Heat Island Across 419 Global Big Cities. *Environmental Science and Technology*, 46(2): 696-703.
22. QIN Z., Karnili A., Berliner P., (2001): A mono- window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Palestine-Egypt border region, Taylor & Francis, Remote Sensing, No.18,3719-3746, 3722, pp. 3719-3746.
23. Rozenstein O., Oin Z., Derimian Y., Karnieli A. (2014): Derivation of land Surface Temperature for Landsat-8, TIRS Using a Split Window ALgorithm, MDPI, DOL, 10.3390/s140405768, p. 5769.
24. Sobrino, J.A. Munoz, J.C., Paolini L. (2004): Land Surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5, ELSEVIER, Remote Sensing of Environment, Vol. 92, pp. 435-436.
25. Tomlinson C., Chapman L., Thornes J., Baker C. (2013): Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: A review, Meteorological Applications, Vol. 18, Issue 3.

26. USGS, Landsat 8 data users handbook, June 2015, pp. 61-62.
27. Wang W., Liu K., Tang R., Wang S. (2019): Remote sensing image-based analysis of the urban heat island effect in Shenzhen, China, Physics and Chemistry of the Earth, Vol. 110.
28. Zhou D, Zhao S, Zhang. L, Sun. G, Liu, Y. (2015): The footprint of urban heat island effect in China, Scientific Reports, Vol. 5, pp.1-11.
29. https://earthexplorer.usgs.gov/.

ABSTRACT

The research aims to monitor the change of heat islands in the city of Yanbu based on the images of the Landsat satellite for the years 2001, 2010, 2019, and the research followed the spatial analysis method for satellite visuals based on a set of mathematical algorithms for the Landsat satellite. And then the temperatures from the thermal infrared ranges, and the classification of layers resulting from these algorithms to determine the hot spots, the areas of heat island concentration and their changes from time to time in the city of Yanbu, and the results of the research reached an increase in the average temperature in the city from 31.75° in 2001, To 32.54° to 2010, to 35.24° in 2019, and the area of the thermal island expanded more than 35° from 0.72 Km^2, by 0.22% of the total area of the city in 2001, to 11.23 Km^2, with a rate of 3.43% of the total area of the city in 2010, to 198.6 Km^2, with a percentage of 60.63% of the total area of the city in 2019, and the distribution pattern of heat islands changed from time to time, due to urban development and the change in land use, which affect the variation of the spectrum radiation and the diffused temperatures Precision of visuals.

Key Words: Change control, Heat island, Remote sensing, Stems.