استخدام التقنيات الجيومكانية لرصد ومراقبة تغيرات الجزيرة الحرارية في مدينة تكريت لعام 2023

م. نور فنر عبدالباقي
جامعة تكريت/ كلية الآداب/قسم الجغرافية التطبيقية

الملخص:

تهدف الدراسة الى استخدام بيانات الاستشعار عن بعد لاستخلاص الجزيرة الحرارية في مدينة تكريت لعام 2023، إذ تم الاعتماد على مرئيات القمر الصناعي (Terra Modis)، باستخدام الباند الحراري (Thermal Band) لتحويل قيم البكسل إلى قيم حرارية مطلقة ومئوية، مستعينة بالنماذج الإحصائية الحديثة لتصحيح النتائج ، وركزت الدراسة على تحليل توزيع درجات الحرارة لمستوى أحياء المدينة، وتصنيف أنماط الجزر الحرارية وأحجامها التي رُصدت أثناء وقت التصوير، ومقارنة هذه الأنماط بين فصول السنة الأربعة (الربيع، الصيف، الخريف، الشتاء) ، كما وتناولت الدراسة العلاقة التوزيعية بين أنماط الجزر الحرارية واستخدامات الأرض، ومعرفة الآثار السلبية المترتبة عليها، وتوصلت الدراسة إلى أن مدينة تكريت قد شهدت خلال الفصول الأربعة لنفس العام أنماطًا من الجزر الحرارية تباينت قوتها زمانيًا ومكانيًا، مع تحديد آثارها البيئية مقارنة بالمناطق الريفية المحيطة بها .

الكلمات المفتاحية: التقنيات الجيومكانية ، النماذج الإحصائية ، الجزيرة الحرارية .

Abstract :

The study aims to use remote sensing data to extract the heat island in the city of Tikrit for the year 2023. It relied on Terra Modis satellite visuals, using the thermal band to convert pixel values into absolute and percentage heat values, using modern statistical models to correct Results: The study focused on analyzing the temperature distribution across the city's neighborhoods, classifying the heat island patterns and sizes that were observed during the time of filming, and comparing these patterns between the four seasons of the year (spring, summer, fall, and winter), The study also addressed the distributional relationship between heat island patterns and land uses, and knowledge of their negative effects. The study concluded that the city of Tikrit had witnessed, during the four seasons of the same year, heat island patterns whose strength varied temporally and spatially, while determining their environmental impacts compared to the surrounding rural areas.

Keywords: geospatial techniques, statistical models, heat island.

المقدمة:

تعد الجزيرة الحرارية الحضرية (Urban Heat Island) بأنها ظاهرة مناخية تتجلى في ارتفاع درجات الحرارة في المناطق الحضرية مقارنة بالمناطق الريفية المحيطة بها، وهذا الاختلاف في درجات الحرارة يرجع إلى مجموعة من العوامل، بما في ذلك الكثافة السكانية العالية، استخدامات الأرض المتنوعة، وتراكم المباني والطرق التي تمتص وتحتفظ بالحرارة بشكل أكبر من الأسطح الطبيعية.

الجزيرة الحرارية تؤثر على المناخ المحلي للمدن، مما يؤدي إلى زيادة في استهلاك الطاقة، تدهور جودة الهواء، وتفاقم المشاكل الصحية المرتبطة بالحرارة. كما أنها يمكن أن تؤدي إلى تغييرات في أنماط الطقس المحلية وزيادة في التلوث البيئي.

ازداد الاهتمام بظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية بشكل ملحوظ، حيث تُعد واحدة من أبرز التأثيرات البشرية على البيئة الطبيعية لكوكب الأرض. هذه الظاهرة تجسد كيف يمكن للتطور العمراني واستخدامات الأرض أن تؤدي إلى تغيرات جوهرية في المناخ المحلي، مما يبرز الحاجة إلى دراسة معمقة وحلول مبتكرة للتخفيف من آثارها السلبية على البيئة والمجتمعات الحضرية.

تتضمن الدراسات الحديثة استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونماذج الذكاء الاصطناعي المتطورة لتحديد وتوقع أنماط الجزيرة الحرارية وتحليل آثارها البيئية. ومن خلال تحسين تخطيط استخدامات الأرض وزيادة المساحات الخضراء، يمكن تقليل تأثير هذه الظاهرة.

مشكلة الدراسة: يمكن صياغة مشكلة الدراسة من خلال التساؤلات التالية:

1- ما هو حجم الجزيرة الحرارية في مدينة تكريت؟ وكيف يمكن الحصول على البيانات اللازمة من الأقمار الصناعية؟

2- ما هي المؤشرات المتعلقة بالجزيرة الحرارية؟ وكيف يمكن تحديد التباين الزمني والمكاني لأنماط هذه الجزيرة عبر الفصول المختلفة؟

3- ما هي التأثيرات المناخية للجزيرة الحرارية؟ وكيف يمكن التوصل إلى الحلول المناسبة للتخفيف من آثارها؟

فرضية الدراسة: تستند فرضيات الدراسة إلى النقاط التالية:

1- يمكن تحديد حجم الجزيرة الحرارية في مدينة تكريت من خلال تحليل البيانات المستخلصة من الأقمار الصناعية.

2- يلعب مؤشر الجزيرة الحرارية دورًا مهمًا في تحديد التباين الزمني والمكاني لأنماطها عبر الفصول المختلفة.

3- هناك ارتباط بين أنماط الجزيرة الحرارية والتأثيرات البيئية الناجمة عنها.

أهداف الدراسة: تسعى الدراسة إلى تحقيق الأهداف التالية:

1- تحديد مدى انتشار وتأثير الجزيرة الحرارية وذلك من خلال قياس وتحديد حجم وانتشار الجزيرة الحرارية في المنطقة وذلك من خلال تحليل بيانات درجات الحرارة المأخوذة من الأقمار الصناعية.

2- تحليل العوامل المؤثرة في تشكل الجزيرة الحرارية ومنها استخدامات الأرض، والكثافة العمرانية، ونوعية المواد المستخدمة في البناء على تشكل الجزيرة الحرارية وشدتها.

3- رصد التباين الزمني والمكاني للجزيرة الحرارية من خلال تحليل كيفية تغير أنماط الجزيرة الحرارية عبر الفصول الاربعة في منطقة الدراسة، وفهم العوامل التي تؤدي إلى هذا التباين.

4- تقييم الآثار البيئية للجزيرة الحرارية على المنطقة، مثل زيادة استهلاك الطاقة، وتدهور جودة الهواء، وكذلك التأثيرات الصحية على السكان، خاصة خلال موجات الحرارة.

5- اقتراح حلول وتوصيات للتخفيف من تأثير الجزيرة الحرارية وذلك من خلال تطوير استراتيجيات وتوصيات للحد من تأثير الجزيرة الحرارية، مثل زيادة المساحات الخضراء، واستخدام مواد بناء مستدامة، وتحسين التخطيط العمراني.

6- توفير قاعدة بيانات للمخططين الحضريين وصناع القرار من خلال إنشاء قاعدة بيانات شاملة يمكن استخدامها من قبل المخططين الحضريين وصناع القرار لتوجيه التنمية الحضرية بشكل يقلل من آثار الجزيرة الحرارية.

7- زيادة الوعي العام حول تأثيرات الجزيرة الحرارية من خلال نشر الوعي بين المجتمع حول أسباب وتأثيرات الجزيرة الحرارية، وأهمية تبني ممارسات صديقة للبيئة للحد من هذه الظاهرة.

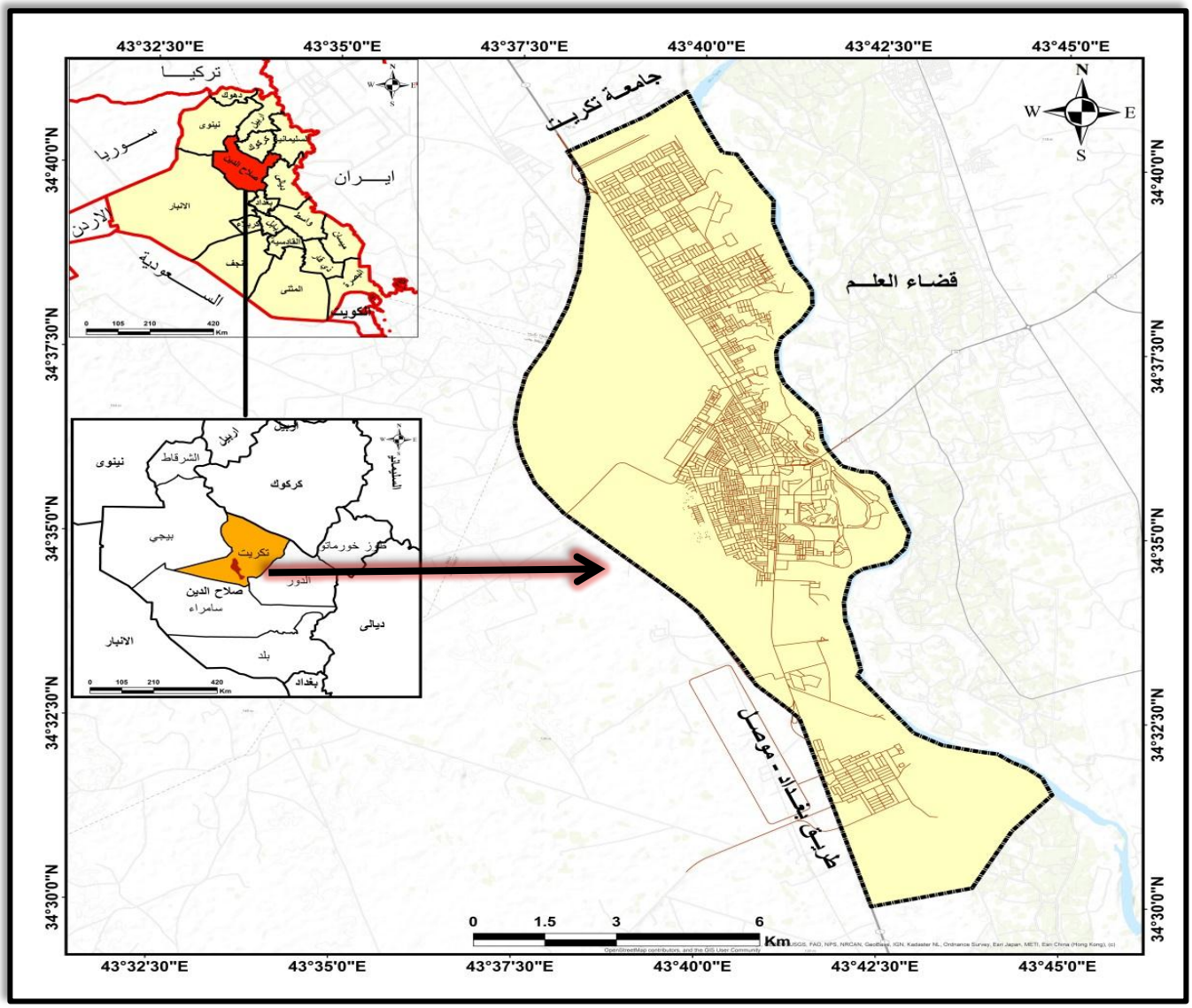
منهجية الدراسة:

استخدمت الدراسة منهج التحليل الكمي والمنهج التطبيقي المعاصر، مستفيدة من تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وبيانات الاستشعار عن بعد، لتحديد أنماط الجزيرة الحرارية من حيث الزمان والمكان، وتحليل آثارها البيئية.

موقع منطقة الدراسة:

البعد المكاني للدراسة يتمثل في موقع مدينة تكريت ضمن العراق وحدودها الإدارية وفقًا لحدود البلدية، كما هو موضح في الخريطة (1)، أما بالنسبة للموقع الفلكي، فتقع تكريت بين دائرتي العرض (ً42 َ34 ْ34 – ً12 َ40 ْ34) شمالًا ، وخطي طول (ً52 َ37 ْ43 – ً11 َ43 ْ43) شرقًا. بذلك، تكون تكريت في شمال العراق، أما البعد المكاني لمنطقة الدراسة يتحدد حسب تصميم الاساس للمدينة لعام (2010)، والتي تمتد المدينة بموجبة من وادي شيشين جنوباً إلى سياج جامعة تكريت شمالاً، ومن الطريق السريع غرباً وحتى الضفة اليسرى لنهر دجلة شرقاً، تنقسم مدينة تكريت إلى 14 وحدة بلدية، وتبلغ مساحتها الإجمالية (4829) هكتار.

خريطة (1) موقع منطقة الدراسة من العراق ومحافظة صلاح الدين



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، قسم نظم المعلومات الجغرافية، خريطة محافظة صلاح الدين لسنة 2019، ومخرجات برنامج ArcGIS .

المحور الاول: الجزر الحرارية: مفهومها وأسباب نشأتها

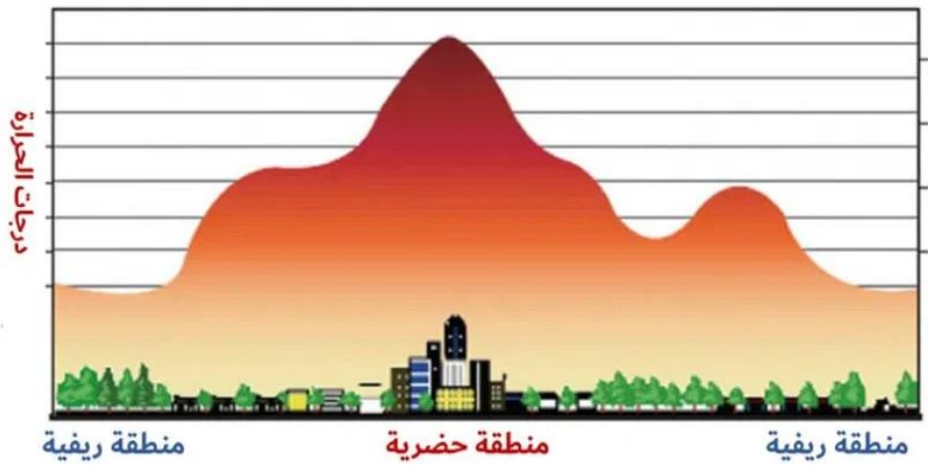
- **مفهوم الجزيرة الحرارية:**

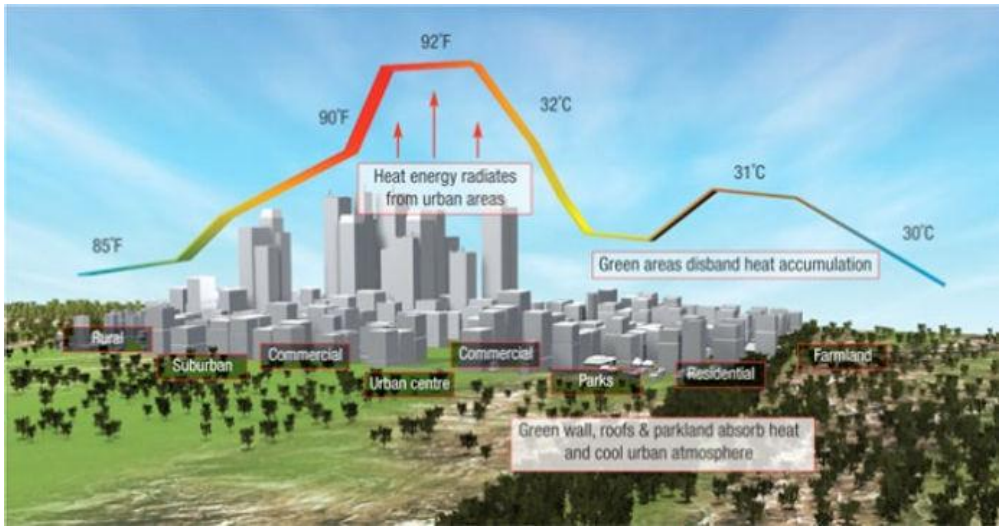
الجزيرة الحضرية هي ظاهرة بيئية تتجلى في المناطق الحضرية حيث تكون درجات الحرارة أعلى من المناطق الريفية المحيطة بها. هذه الظاهرة ناتجة عن الأنشطة البشرية وتعديل سطح الأرض، وتؤثر بشكل كبير على المناخ المحلي وجودة الهواء والمياه.

ويمكن تعريف الجزيرة الحضرية بإنها منطقة حضرية أو مدينة كبرى تكون أكثر دفئًا من المناطق الريفية المحيطة بها بسبب الأنشطة البشرية المتمركزة فيها يمكن تعريفها إما بفارق درجة حرارة الهواء (الجزر الحرارية

الحضرية المقببة) أو بفارق درجة حرارة السطح (الجزر الحرارية الحضرية السطحية) بين المناطق الحضرية والمناطق الريفية[1]، شكل (1).

شكل (1) نشوء الجزيرة الحرارية فوق المدن





المصدر: https://heshamkamis.wixsite.com/timbertrees/single-post

- **أسباب نشأة الجزر الحرارية:**

1- **تغيير استخدام الأرض (Land Use Change):** التحول من المساحات الطبيعية مثل الغابات والأراضي الزراعية إلى الأسطح المبنية مثل الأسفلت والخرسانة. هذه المواد تحتفظ بالحرارة أكثر من النباتات التربة.

2- **الانبعاثات الحرارية (Anthropogenic Heat Emissions):** تشمل انبعاثات الحرارة من أنظمة التدفئة والتكييف، وسائل النقل، والمصانع. هذه المصادر تضيف كمية كبيرة من الحرارة إلى البيئة الحضرية[2].

3- **الافتقار إلى الغطاء النباتي (Lack of Vegetation)**: الحدائق والمساحات الخضراء: نقص الأشجار والنباتات يقلل من عملية التبريد الطبيعي. النباتات تعمل على تبريد الهواء من خلال عملية النتح، حيث تطلق بخار الماء في الهواء.

4- **التلوث الهوائي (Air Pollution)**: التلوث من الجسيمات الملوثة (مثل الدخان والأتربة) يمكن أن يحبس الحرارة في الجو. الجسيمات يمكن أن تعمل كعازل حراري، مما يزيد من درجة حرارة الهواء.

5- **التغيرات في استخدام الطاقة (Energy Use Changes)**: أن الاستخدام المكثف للطاقة في المدن يؤدي إلى زيادة درجة حرارة الهواء بسبب انبعاثات الوقود الأحفوري.

6- **التأثيرات المتبادلة للمواد المبنية (Material Properties)**: أن المواد البنائية مثل الأسفلت والخرسانة تتميز بقدرتها على امتصاص الحرارة وإعادة إشعاعها في الليل، مما يؤدي إلى رفع درجات الحرارة الحضرية[3].

- **آثار الجزر الحرارية (Impacts of Urban Heat Islands)**:

1- **الصحة العامة (Public Health)**: زيادة الحرارة والتأثير على الصحة: ارتفاع درجات الحرارة يمكن أن يؤدي إلى تفاقم مشاكل صحية مثل الإجهاد الحراري وأمراض القلب والأوعية الدموية. الحرارة المرتفعة يمكن أن تزيد من معدل الوفاة خلال موجات الحرارة[4].

2- **استهلاك الطاقة (Energy Consumption)**: زيادة استهلاك الطاقة للتبريد: المدن التي تعاني من ظاهرة الجزر الحرارية تحتاج إلى استهلاك أكبر للطاقة لتبريد المباني، مما يزيد من تكاليف الطاقة ويؤثر على استدامة الطاقة[5].

3- **الجودة البيئية (Environmental Quality)**: زيادة تلوث الهواء: ارتفاع درجات الحرارة يمكن أن يؤدي إلى زيادة مستويات التلوث الجوي، مثل الأوزون عند مستوى الأرض، الذي يتسبب في مشاكل صحية وسوء جودة الهواء.

4- **تأثيرات على النظم البيئية (Ecosystem Impacts)**: التأثير على النظم البيئية الحضرية: الجزر الحرارية يمكن أن تؤثر سلباً على النظم البيئية الحضرية، بما في ذلك التأثيرات على النباتات والحيوانات البرية، مثل التغير في مواسم النمو وأنماط الهجرة[6].

5- **تأثيرات اقتصادية (Economic Impacts)**: التأثير على البنية التحتية والتكاليف: زيادة درجات الحرارة يمكن أن تؤدي إلى تآكل أسرع للبنية التحتية، مثل الأسفلت والمباني، مما يزيد من التكاليف المتعلقة بالصيانة والتجديد.

6- **التأثيرات على جودة المياه (Water Quality)**: ارتفاع درجات حرارة المياه: زيادة درجات حرارة الجو يمكن أن تؤدي إلى ارتفاع درجات حرارة المياه في الأنهار والبحيرات، مما يؤثر على جودة المياه ويؤدي إلى زيادة في نمو الطحالب الضارة[7].

المحور الثاني: طريقة العمل(working method)

تتضمن طريقة العمل جمع البيانات عبر المرئيات الفضائية واستخدام البرمجيات المناسبة لتحليلها، بالإضافة إلى استخدام الأسس الرياضية اللازمة لحساب المتغيرات الإشعاعية ومؤشر الغطاء النباتي. يشمل ذلك أيضًا إعداد وبناء النماذج التحليلية (Models).

- **جمع البيانات:** تم استخدام بيانات مرئيات القمر الصناعي (Terra) لفصول العام 2023، كما هو موضح في جدول (1)، تم استخراج المعلومات المتعلقة بكل مشهد من ملف المعلومات (Metadata file) المرفق مع المشهد. كما تم تحميل البيانات من الموقع الإلكتروني التالي (usgs) تمت المعالجة الرقمية للبيانات باستخدام برنامج (ArcGIS) بهدف بناء وتنفيذ النماذج التحليلية (Modeling).

جدول (1) خصائص المرئيات الفضائية Terra لعام 2023

الموسم	الشهر	نوع المتحسس	الدقة التميزية	المشاهدة	تاريخ الالتقاط
الشتاء	كانون الثاني	MODIS	1000 متر	1	2023/1/20
الربيع	آذار	MODIS	1000 متر	1	2023/3/22
الصيف	تموز	MODIS	1000 متر	1	2023/7/20
الخريف	أيلول	MODIS	1000 متر	1	2023/10/24

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة.

- **طريقة العمل:** تستخدم قيم المؤشرات النباتية لحساب الانبعاثات السطحية والتي تعرف بانها قدرة السطح على انبعاث الأشعة مقارنة مع الجسم الأسود في نفس درجة الحرارة، وتختلف الانبعاثات بحسب نوع الغطاء النباتي وكثافته ومراحل نموه[8]، وبالنسبة لحساب قيم الانبعاثات السطحية فهناك اكثر من طريقة وفق المتغيرات او المحددات التي تستخدم في اختيار قيمة الانبعاثات، فمنها ما يعتمد على قيم الالبيدو ومؤشر مساحة الورقة ومؤشر تسوية الاختلاف النباتي على وفق المعادلات الآتية:

$$\varepsilon = 1.009 + 0.047 \times \ln(NDVI) \text{-------} (15)$$

اذا كانت قيمة (LAI) تسجل اقل من 3 يمكن ان نستخدم المعادلة الآتية:

$$\varepsilon = 0.97 + 0.0033 \times LAI \text{-------} (16)$$

اما اذا كانت قيمة (LAI) اكبر او تساوي (3) فان الانبعاثات تساوي(0.98) اما اذا كانت قيمة (NDVI) اقل من (1) وقيمة الالبيدو اقل من(0.47) فان قيمة الانبعاثات تساوي (0.99).

اما الطريقة الأخرى تكون بالاعتماد على قيم (NDVI) الغطاء النباتي والتربة واعتبارها من ضمن المحددات الشرطية، فعندما تكون قيمة (NDVI) اقل من (0.2) فهذا يعني ان السطح هو تربة بور خالية من الغطاء النباتي وقيمة الانبعاثات لها هي (0.97)، اما اذا كانت قيمة (NDVI) اكبر من (0.5) فان

ذلك يعني وجود غطاء نباتي كثيف عندئذ تساوي قيمة الانبعاثات (0.99)، في حين اذا كانت قيمة (NDVI) بين (0.2–0.5) فان قيمة الانبعاثات تقاس عا

$$\varepsilon = \varepsilon_v \times p_v + \varepsilon_s(1 - p_v) + d_\varepsilon \text{-------} (17)$$

إذ ان £= الانبعاثات ، $£_v$ = التناسب الخضري، $£_s$= انبعاثية التربة، p_v=انبعاثية الغطاء النباتي، d=

تأثير التوزيع الهندسي والانكسار الداخلي لمعالم سطح الأرض ويتم حسابه على وفق المعادلة الآتي:

عند افتراض معامل الشكل(F) يساوي تقريباً(0.55)، اد[illegible] (p_v) [illegible]

$$d_\varepsilon = (1 - \varepsilon_s) \times (1 - p_v) \times F \times \varepsilon_v \text{-------} (18)$$

المعادلة الآتية:

$$p_v = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}\right]^2 \text{-------} (19)$$

- **حساب حرارة السطوع (Temperature Brightness)**: يمكن ان تحسب حرارة سطح الأرض من خلال استخدام المؤشرات النباتية والانبعاثات وعيه يتطلب حساب سطح الأرض من الحزم الحرارية لمتحسسات سلسلة الأقمار (لاندسات) كما ذكر في الجدول (1) ، حساب حرارة السطوع اولاً (TC) ما يسمى بدرجة حرارة الجسم الأسود عند القمر الصناعي ويتم حسابها على وفق المعادلة الاتية[10]:

حيث ان K2,K 1 تعد ثوابت قيمها مبينة في جدول (2)، L_λ= الإشعاع الطيفي [illegible]

$$T_C = \frac{k2}{\ln\left(\frac{k1}{L\lambda} + 1\right)} \text{-------} (20)$$

جدول (2) الثوابت الخاصة بالمتحسسات لسلسلة اقمار لاند[illegible]

نوع القمر الصناعي	K1	K2	ارتفاع زاوية الشمس
Terra	b774.885310	b1321.078910	68.32
Terra	b480.888311	b1201.144211	

المصدر : Landsat Scene Metafile.

- **حساب درجة حرارة سطح الأرض(LST) (Temperature Surface Land)**: لحساب درجة حرارة سطح الأرض يستلزم تصحيح قيمة السطوع او درجة حرارة الجسم الأسود طبقاً لقيم الانبعاثية لمعالم سطح الأرض المختلفة ويتم ذلك بالاعتماد على المعادلة الاتية[11]:

$$T_s = \frac{T_C}{1 + (\lambda \times T_C/\rho) \times \ln \varepsilon} \text{-------} (21)$$

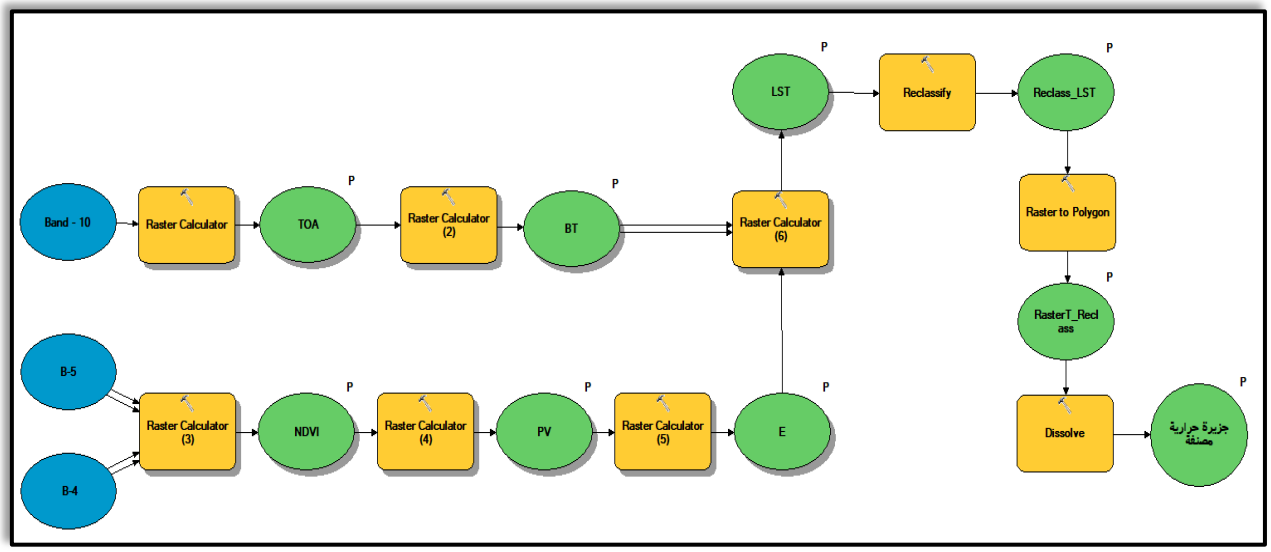
اذ ان λ= معدل الطول الموجي للحزمة الحرارية ، P= ثابت قيمته(0.01438) متر – كلفن، ويتم حسابه بالاعتماد على ثابت بولتزمان (a) وثابت بلانك (h) وسرعة الضوء(C)،ويتم حساب قيمته على وفق المعادلة الآتية:

$$\rho = h \times c/a \text{-------} (22)$$

تكون مخرجات المعادلة اعاله درجات الحرارة مقاسة بوحدة الكلفن ولتحويلها الى النظام المئوي نستخدم، المعادلة الاتية والشكل (2).

$$T_{(°C)} = T_{(k)} - 273.15 \text{-------} (23)$$

الشكل (2) النمذجة الرقمية للجزيرة الحرارية



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد معادلة (23).

المحور الثالث: التباين المكاني والزماني لأنماط الجزر الحرارية في مدينة تكريت

أن التباين المكاني والزماني لأنماط الجزر الحرارية الحضرية في مدينة تكريت يعني كيف تتغير شدة وتأثير الجزر الحرارية في المدينة بناءً على الموقع والوقت. ومن هنا يمكن تقسيم شدة الجزيرة الحرارية وفقاً لدرجات الحرارة كما في الجدول الاتي (3).

جدول (3) تصنيف أنماط الجزر الحرارية

الجزيرة الحرارية	درجة الحرارة(°C)	الوصف
باردة	أقل من 10	مناطق ذات درجات حرارة منخفضة، غالباً خلال فصل الشتاء أو في الليل.
معتدلة	10 – 20	مناطق ذات درجات حرارة مريحة، غالباً خلال الفصول الانتقالية (الربيع والخريف).
دافئة	20 – 30	مناطق ذات درجات حرارة دافئة، تحدث عادةً في النهار خلال الربيع والخريف أو الليل في الصيف.
حارة	30 – 40	مناطق ذات درجات حرارة مرتفعة، تحدث غالباً خلال النهار في الصيف.
حارة جداً	أكثر من 40	مناطق ذات درجات حرارة شديدة الارتفاع، تحدث خلال الأيام الحارة جداً في الصيف.

المصدر:

1- Santamouris, M, An analysis of the environmental performance of the urban heat island and its impact on the energy consumption of buildings. journal Solar Energy, 2015,p22.

2- Roth, M, Review of urban climate research in (sub)tropical regions. International Journal of Climatology,2007.

بالاعتماد على الجدول اعلاه يمكن تصنيف انماط الجزيرة الحرارية في منطقة الدراسة حسب فصول السنة لعام 2023، وكلاتي:

- **شدة الجزيرة الحرارية خلال فصل الشتاء:**

شدة الجزيرة الحرارية خلال فصل الشتاء تكون عادة أقل مقارنة بفصل الصيف، وذلك بسبب انخفاض درجات الحرارة العامة وتقلص الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض. ومع ذلك، لا تزال الجزر الحرارية موجودة في المناطق الحضرية، يحتوي فصل الشتاء على نمطي من انماط الجزر الحرارية في مدينة تكريت متأثرة بخصائص التباين المكاني داخل المدينة وهي:

1- **الجزر الحرارية الباردة:** وتمثل شريطاً ضيقاً على طول نهر دجلة داخل المدينة وبعض الاراضي الرطبة ، كما في خريطة (2)، وعند ملاحظة الجدول (4) يبين أن المعدل الحراري لهذا النمط اقل من (10 مْ) في حين بلغت مساحة هذا النمط داخل المدينة (2.71) كم2 مشكلة نسبة (3.21%) من مساحة المدينة الكلية، وشكل (3).

2- **الجزر الحرارية المعتدلة:** شمل هذا النمط من أغلب مساحات الأحياء السكنية داخل المدينة، كما في خريطة (2)، والجدول (4) نجد أن المعدل الحراري لهذا النمط يتراوح مابين (10 – 20 مْ) ، في حين بلغت مساحة هذا النمط داخل المدينة (81.51) كم2 مشكلة نسبة (96.79%) من مساحة المدينة الكلية، ويرجع سبب تواجد الجزيرة الحرارية في المناطق الحضرية خلال فصل الشتاء لأسباب الاتية:

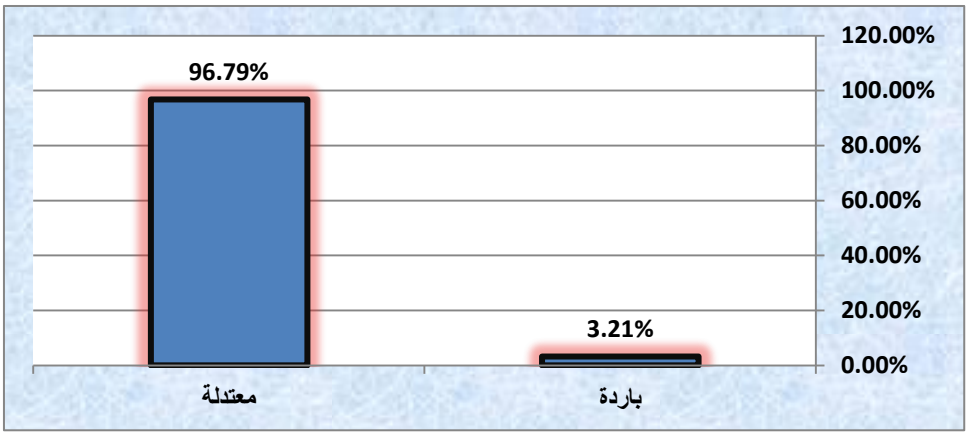
- الأسطح الصلبة: حتى في الشتاء، تستمر الأسطح الصلبة مثل الخرسانة والأسفلت في الاحتفاظ بالحرارة، مما يؤدي إلى بقاء درجات الحرارة في المناطق الحضرية أعلى قليلاً من المناطق الريفية المحيطة.
- التدفئة المنزلية والصناعية: خلال فصل الشتاء، يزداد استخدام التدفئة في المنازل والمباني، مما يؤدي إلى إطلاق مزيد من الحرارة في البيئة الحضرية. هذا يمكن أن يعزز تأثير الجزر الحرارية في المناطق المكتظة بالسكان.
- قلة الغطاء النباتي: الغطاء النباتي القليل في المناطق الحضرية، مقارنة بالمناطق الريفية، يقلل من قدرة المدينة على تبريد الهواء بشكل طبيعي من خلال عمليات التبخر.
- التلوث الجوي: في بعض الأحيان، يمكن أن يؤدي التلوث الجوي في الشتاء إلى احتباس الحرارة في المناطق الحضرية، مما يساهم في زيادة تأثير الجزر الحرارية.

جدول (4) أنماط الجزر الحرارية خلال فصل الشتاء في مدينة تكريت لعام 2023

أنماط الجزر الحرارية	المساحة كم^2	النسبة المئوية %
باردة	2.71	3.21
معتدلة	81.51	96.79
المجموع	84.22	100

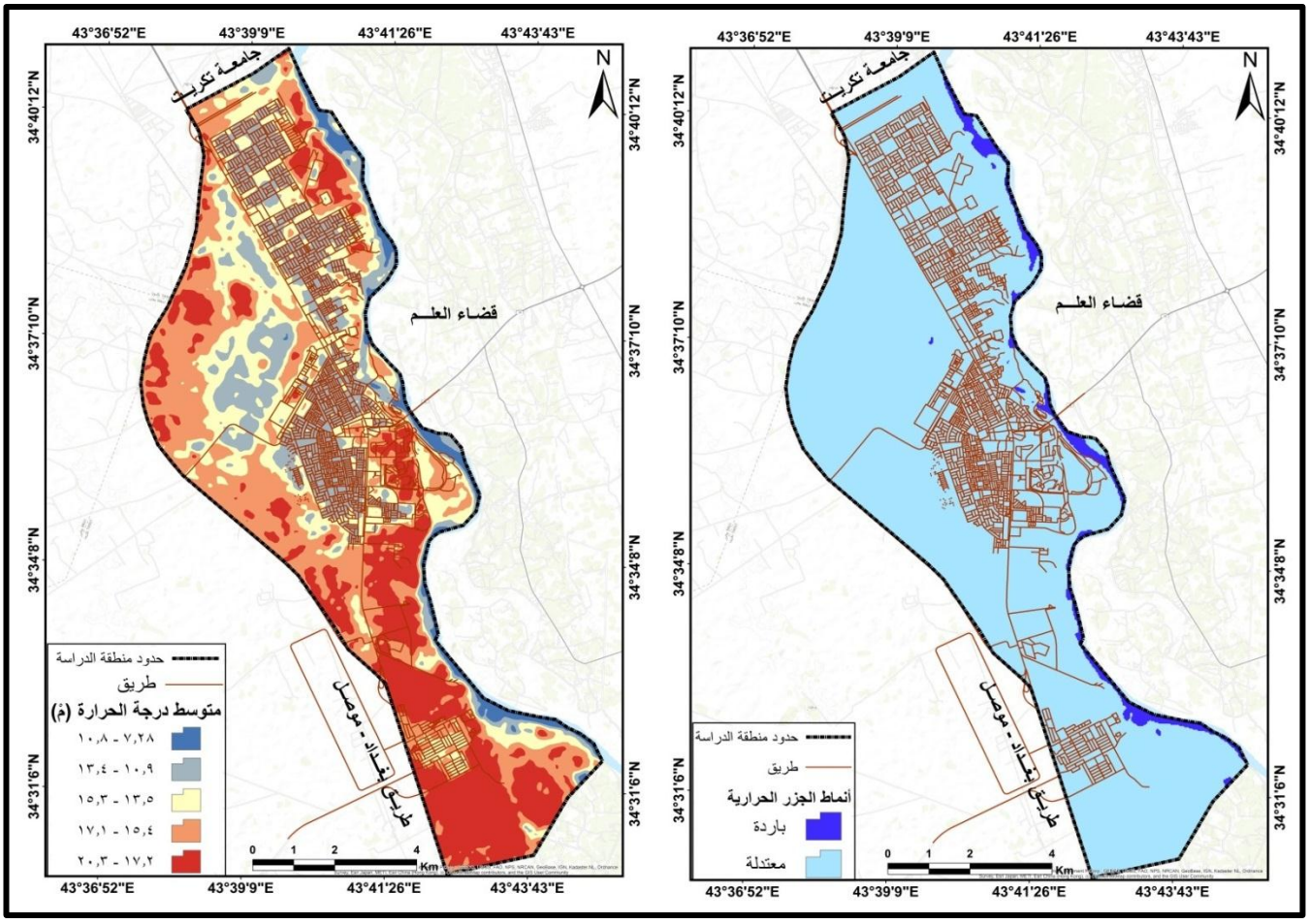
المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على خريطة (2).

شكل (3) النسبة المئوية لأنماط الجزر الحرارية خلال فصل الشتاء في مدينة تكريت لعام 2023



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على جدول (4).

خريطة (2) أنماط الجزيرة الحرارية خلال فصل الشتاء في مدينة تكريت لعام 2023



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئية فضائية للقمر الصناعي (Landsat8–) للفصل الشتاء، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

- **شدة الجزيرة الحرارية خلال فصل الخريف:**

- **شدة الجزيرة الحرارية خلال فصل الربيع:**

خلال هذا الفصل، تتشكل أربعة أنواع من أنماط الجزر الحرارية في مدينة تكريت، وذلك نتيجة تأثرها بخصائص التباين المكاني داخل المدينة وهي:

1- **الجزر الحرارية المعتدلة:** يشير هذا النمط إلى المناطق الحضرية التي تتمتع بدرجات حرارة أعلى من المناطق الريفية المحيطة بها، ولكن الفرق ليس كبيراً. تكون درجات الحرارة في هذه المناطق معتدلة، مما يجعل هذا النمط أكثر شيوعاً في المناطق التي تحتوي على مزيج من الأسطح الصلبة والمساحات الخضراء، يتركز هذا النمط على شكل شريط طولي يتضمن نهر دجلة والمناطق المحيطة به، كما يتضح في خريطة (3) والجدول (5). تبلغ مساحة هذا النمط داخل المدينة حوالي (15.33) كم²، مما

يشكل نسبة (18.20%) من المساحة الإجمالية للمدينة، يعود سبب ظهور هذا النمط إلى عدة عوامل منها زيادة الإشعاع الشمسي إذ أن مع بدء فصل الربيع، يزداد الإشعاع الشمسي، مما يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة في المناطق الحضرية. على الرغم من ذلك، تظل درجات الحرارة ضمن نطاق معتدل ولا ترتفع إلى مستويات مرتفعة كما في الصيف، فضلاً على أن الغطاء النباتي: في هذا الوقت من السنة، يبدأ في النمو، مما يساعد على تقليل شدة الجزر الحرارية. تلعب النباتات والأشجار دوراً مهماً في تبريد الهواء من خلال عملية التبخر، مما يقلل من تأثير الجزر الحرارية، وايضاً أن الاختلافات اليومية في درجات الحرارة إذ تكون درجات الحرارة خلال النهار دافئة، بينما تنخفض ليلاً. يعزز هذا التباين بين درجات حرارة النهار والليل من ظهور النمط المعتدل.

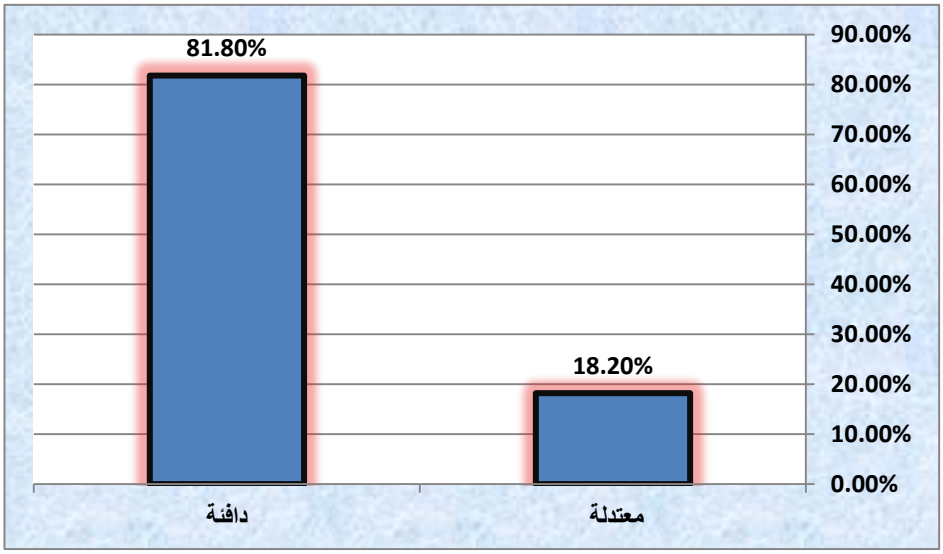
2- **الجزر الحرارية الدافئة:** هذا النمط يظهر في المناطق الحضرية التي تشهد درجات حرارة أعلى بشكل ملحوظ مقارنة بالمناطق الريفية المحيطة. تكون درجات الحرارة في هذه المناطق دافئة إلى حارة، ويكون الفرق أكثر وضوحاً، وتنتشر في أغلب احياء منطقة الدراسة، كما في خريطة (3) ويبين من الجدول(5) بلغ مساحة هذا النمط داخل المدينة (68.88) كم2، مشكلة نسبة (81.80%) من مساحة المدينة، ويعود سبب ظهور هذا النمط إلى عدة عوامل منها أولاً، تقوم الأسطح الصلبة مثل الطرق والمباني بتخزين الحرارة خلال النهار وتحريرها خلال الليل، مما يتسبب في بقاء درجات الحرارة مرتفعة حتى بعد غروب الشمس. ثانياً، في المناطق التي تفتقر إلى المساحات الخضراء أو تحتوي على غطاء نباتي محدود، تكون تأثيرات الجزر الحرارية أكثر وضوحاً بسبب عدم توفر وسائل طبيعية لتبريد الهواء. وأخيراً، تساهم الأنشطة البشرية، مثل زيادة استخدام أنظمة التبريد والأنشطة الصناعية، في تعزيز تأثير الجزر الحرارية، مما يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة في هذه المناطق.

جدول (5) أنماط الجزر الحرارية خلال فصل الربيع في مدينة تكريت لعام 2023

أنماط الجزر الحرارية	المساحة كم^2	النسبة المئوية %
معتدلة	15.33	18.20
دافئة	68.88	81.80
المجموع	84.22	100

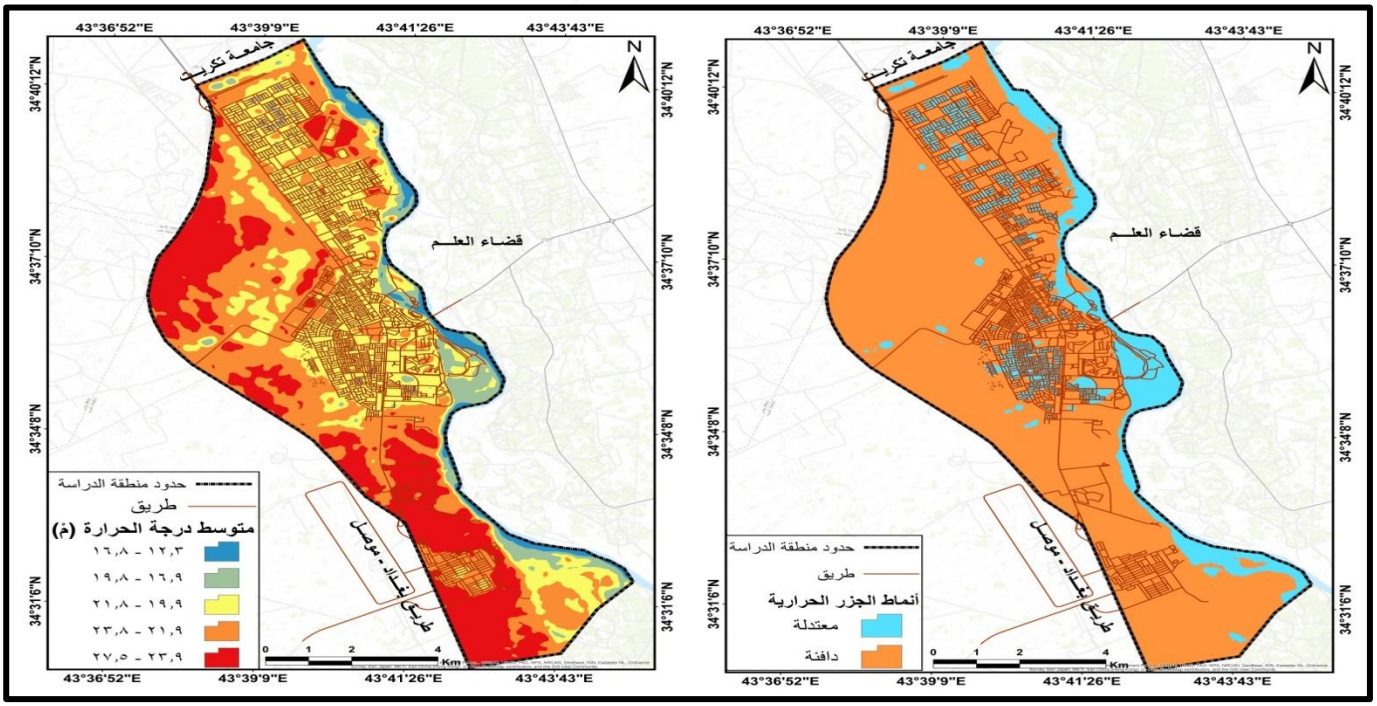
المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على خريطة (3).

شكل (4) النسبة المئوية لأنماط الجزر الحرارية خلال فصل الربيع في مدينة تكريت لعام 2023



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على جدول (5).

خريطة (3) أنماط الجزيرة الحرارية خلال فصل الربيع في مدينة تكريت لعام 2023



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئية فضائية للقمر الصناعي (Landsat8–) للفصل الربيع، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

- **شدة الجزيرة الحرارية خلال فصل الربيع:**
- **شدة الجزيرة الحرارية خلال فصل الصيف:**
- **شدة الجزيرة الحرارية خلال فصل الخريف:**

- **شدة الجزيرة الحرارية خلال فصل الصيف:**

شدة الجزيرة الحرارية خلال فصل الصيف تكون في أقصى مستوياتها. وذلك لأن الأسطح الحضرية الصلبة، مثل المباني والطرق، تمتص كميات كبيرة من الإشعاع الشمسي خلال النهار وتطلقه ببطء خلال الليل، مما يؤدي إلى ارتفاع مستمر في درجات الحرارة. هذه الظاهرة تتفاقم بسبب قلة الغطاء النباتي في المناطق الحضرية، مما يقلل من تأثير التبريد الطبيعي الذي توفره النباتات. بالإضافة إلى ذلك، يؤدي الاستخدام المكثف لأنظمة التبريد وزيادة الأنشطة الصناعية إلى تفاقم تأثير الجزر الحرارية، مما يجعل المناطق الحضرية أكثر سخونة مقارنة بالمناطق الريفية المحيطة بها. نتيجة لذلك، يمكن أن تؤدي شدة الجزر الحرارية خلال الصيف إلى ارتفاع ملحوظ في استهلاك الطاقة، وزيادة الإجهاد الحراري على السكان، وتفاقم تأثيرات التغير المناخي في المناطق الحضرية.

ويتضح من بيانات الجدول (6) وشكل (5) ان الجزر الحرارية في مدينة تكريت تم تقسيمها الى ثلاث انماط هي:

1- **الجزر الحرارية الدافئة:** يمثل هذا النمط المناطق التي تكون فيها درجات الحرارة مرتفعة بشكل ملحوظ مقارنة بالمناطق المحيطة، ولكنها ليست متطرفة. تُلاحظ درجات الحرارة الدافئة في المناطق الحضرية ذات الكثافة السكانية المتوسطة، التي تحتوي على بعض الغطاء النباتي ولكن تظل مغطاة بالأسطح الصلبة بشكل كبير، ويتركز هذا النمط على شكل مساحات صغير فوق نهر دجلة، كما في خريطة (4) ويبين من الجدول(6) بلغ مساحة هذا النمط داخل المدينة نحو (0.63) كم2، مشكلة نسبة (0.75%) من مساحة المدينة، إذ تتسم هذا المنطقة ذات النمط الحراري الدافئ في الصيف بتأثير واضح لتسخين الأسطح الصلبة، حيث تمتص الطرق والمباني الحرارة طوال النهار وتطلقها تدريجيًا خلال الليل، مما يساهم في الحفاظ على درجات حرارة مرتفعة. على الرغم من وجود بعض الأشجار والمساحات الخضراء التي توفر تبريدًا محدودًا، إلا أن تأثيرها ليس كافيًا لتخفيف الحرارة بشكل كبير. إضافة إلى ذلك، تساهم الأنشطة البشرية اليومية، مثل استخدام أنظمة التبريد، في زيادة درجات الحرارة، وإن كان تأثيرها أقل حدة مقارنة بالمناطق الأكثر حرارة وحارة جداً.

2- **الجزر الحرارية الحارة:** يظهر هذا النمط على شكل طول محاذي لنهر دجلة كما في الخريطة (4)، ويلاحظ من الجدول (6) بلغ مساحة هذا النمط داخل المدينة (5.10) كم2، مشكلة نسبة (6.05%) من مساحة الاجمالية للمنطقة، أن نقص في الغطاء النباتي يؤدي إلى تقليل تأثير التبريد الطبيعي، مما يتسبب في بقاء درجات الحرارة مرتفعة خلال الليل. بالإضافة إلى ذلك، يساهم ارتفاع الأنشطة البشرية واستخدام أنظمة التبريد بشكل مكثف في زيادة تراكم الحرارة، مما يعزز من حدة الجزر الحرارية.

3- الجزر الحرارية الحارة جدا: يمثل هذا النمط أعلى درجات الحرارة في المناطق الحضرية، وغالبًا ما يحدث في وسط المدينة أو المناطق الصناعية الكثيفة التي تفتقر إلى أي نوع من الغطاء النباتي. درجات الحرارة تكون شديدة وقد تتجاوز بفارق كبير المناطق الريفية المحيطة، ويتركز وجود هذا النمط في جميع اجزاء المدينة ما عدا المناطق المحيطة بنهر دجلة، كما في خريطة (4)، ويلاحظ من الجدول (6) فقد بلغ مساحة

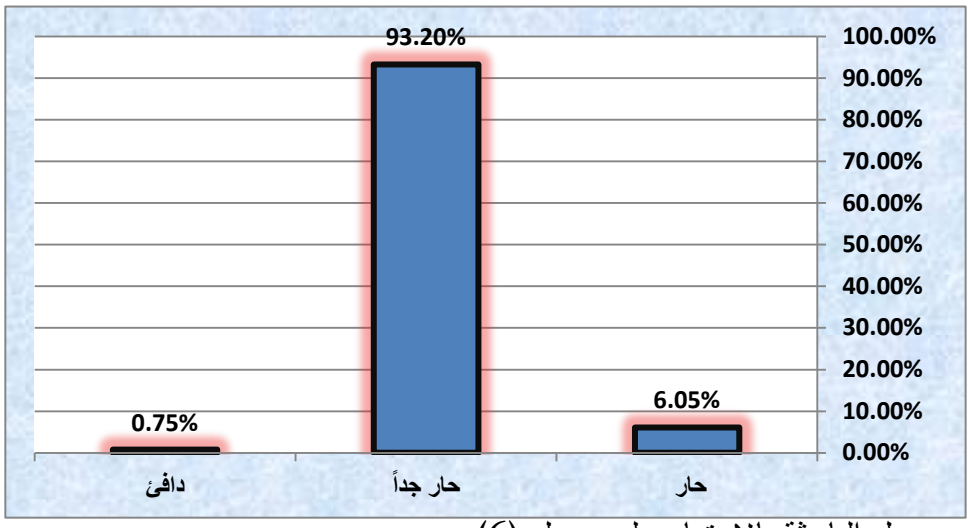
النمط نحو (78.48) كم^2، مشكلة نسبة (93.20%) من مساحة المدينة، يتركز هذا النوع من انماط الجزيرة الحرارية المناطق المكتظة بالأسطح الصلبة مثل الخرسانة والإسفلت تخزن كميات كبيرة من الحرارة، مما يزيد من ارتفاع درجات الحرارة. ومع غياب شبه كامل للمساحات الخضراء، ينعدم التبريد الطبيعي، مما يفاقم من تأثير هذه الحرارة. بالإضافة إلى ذلك، يؤدي الاستخدام المكثف لأنظمة التبريد وزيادة الأنشطة الصناعية إلى رفع درجات الحرارة بشكل أكبر، مما يعزز التأثير الإجمالي للجزر الحرارية.

جدول (6) أنماط الجزر الحرارية خلال فصل الصيف في مدينة تكريت لعام 2023

أنماط الجزر الحرارية	المساحة كم^2	النسبة المئوية %
حار	5.10	6.05
حار جداً	78.48	93.20
دافئ	0.63	0.75
المجموع	84.22	100

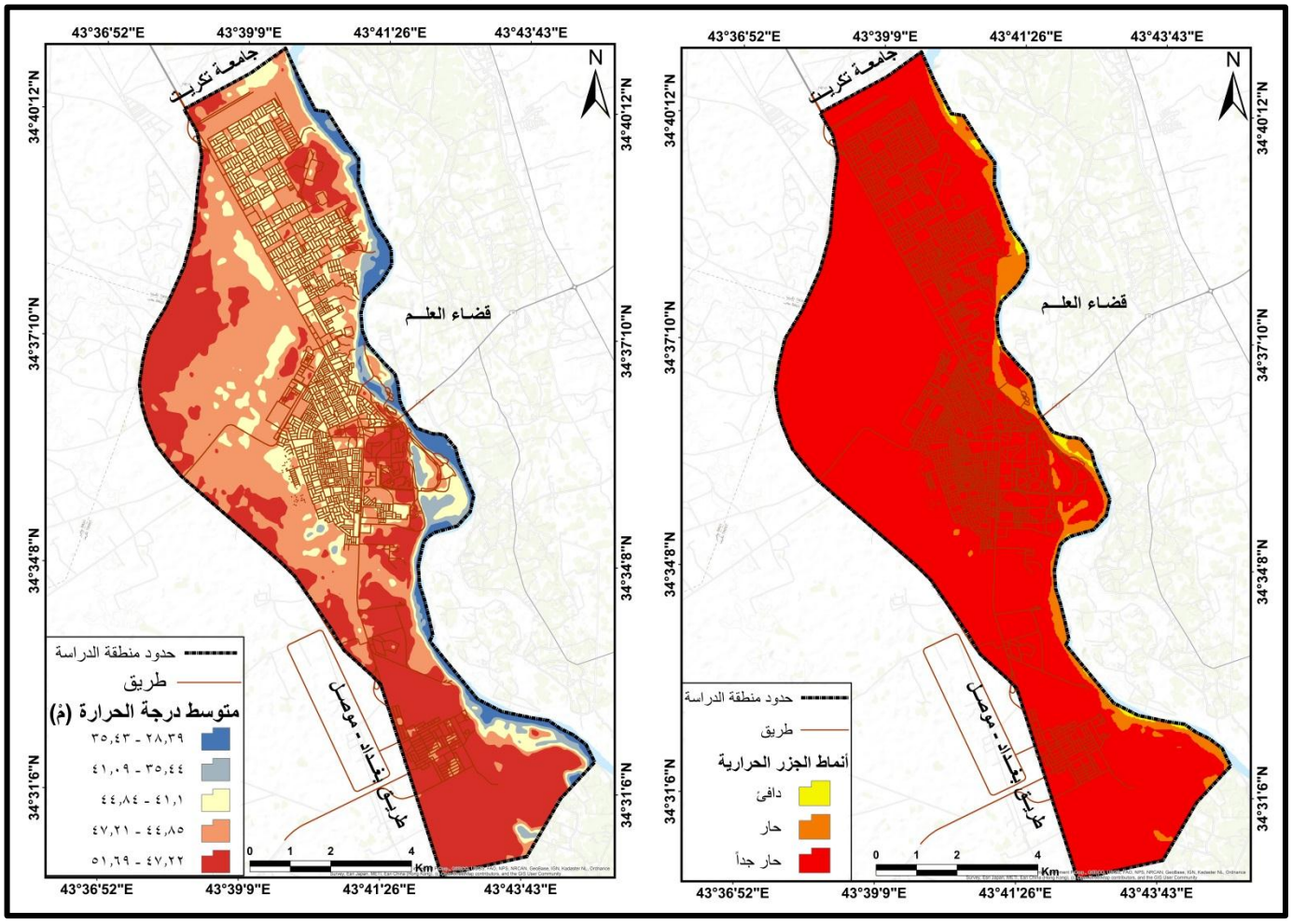
المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على خريطة (4).

شكل (5) النسبة المئوية لأنماط الجزر الحرارية خلال فصل الصيف في مدينة تكريت لعام 2023



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على جدول (6).

خريطة (4) أنماط الجزيرة الحرارية خلال فصل الصيف في مدينة تكريت لعام 2023



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئية فضائية للقمر الصناعي (Landsat-8) للفصل الصيف، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

- **شدة الجزيرة الحرارية خلال فصل الخريف:**

خلال فصل الخريف، تبدأ شدة الجزر الحرارية في الانخفاض مقارنة بالصيف، ولكنها تظل محسوسة في المناطق الحضرية. مع تراجع أشعة الشمس وزيادة الرطوبة في بعض المناطق، تكون درجات الحرارة بشكل عام أكثر اعتدالًا. ومع ذلك، الأسطح الصلبة مثل الطرق والمباني التي امتصت الحرارة خلال النهار تواصل إطلاقها تدريجيًا خلال الليل، مما يؤدي إلى استمرار ارتفاع درجات الحرارة في المناطق الحضرية مقارنة بالمناطق الريفية المحيطة.

في هذا الفصل، يبدأ الغطاء النباتي بالتراجع التدريجي، مما يقلل من تأثير التبريد الطبيعي الذي كانت توفره النباتات خلال الفصول الأكثر دفئًا. على الرغم من انخفاض شدة الجزر الحرارية بشكل عام، فإن الأنشطة البشرية المستمرة، مثل استخدام أنظمة التدفئة والتبريد، قد تساهم في الإبقاء على بعض التأثيرات الحرارية، مما

يؤدي إلى بقاء درجات الحرارة مرتفعة بشكل ملحوظ في بعض المناطق الحضرية، خاصة في الليل، تم تحديد ثلاث أنماط للجزر الحرارية في المدينة، وهي كالتالي:

1- **الجزر الحرارية المعتدلة:** يمثل هذا النمط المناطق التي تشهد درجات حرارة معتدلة نسبيًا خلال النهار والليل. هذا النمط غالبًا ما يكون ملاحظًا في المناطق السكنية ذات الكثافة السكانية قليلة والتي تحتوي على بعض الغطاء النباتي، ويتركز هذا النمط على طول نهر دجلة داخل المدينة، كما في الخريطة (5)، ويلاحظ من الجدول (7) أن مساحة هذا الصنف بلغ (1.17) كم2 مشكلة نسبة (1.39%) من مساحة المدينة الكلية، يرجع سبب انخفاض هذا الصنف خلال فصل الخريف إلى تراجع أشعة الشمس في فصل الخريف، إلى جانب وجود بعض المساحات الخضراء والمياه ، يساعد في الحفاظ على درجات الحرارة ضمن نطاق معتدل.

2- **الجزر الحرارية الدافئة:** يظهر هذا النمط في المناطق التي تكون فيها درجات الحرارة أعلى قليلًا من النمط المعتدل، ويشمل المناطق الحضرية ذات الكثافة السكانية العالية مع غطاء نباتي محدود، وتنتشر في اغلب اجزاء مناطق الدراسة، كما في خريطة (5) والجدول (7) بلغ مساحة هذا الصنف في مدينة تكريت نحو (58.31) كم^2، مشكلة نسبة (69.26%) من مساحة المدينة، ويرجع سبب تركز هذا الصنف إلى لأسطح الصلبة مثل المباني والطرق تمتص الحرارة خلال النهار وتطلقها ببطء خلال الليل، مما يؤدي إلى بقاء درجات الحرارة مرتفعة نسبيًا.

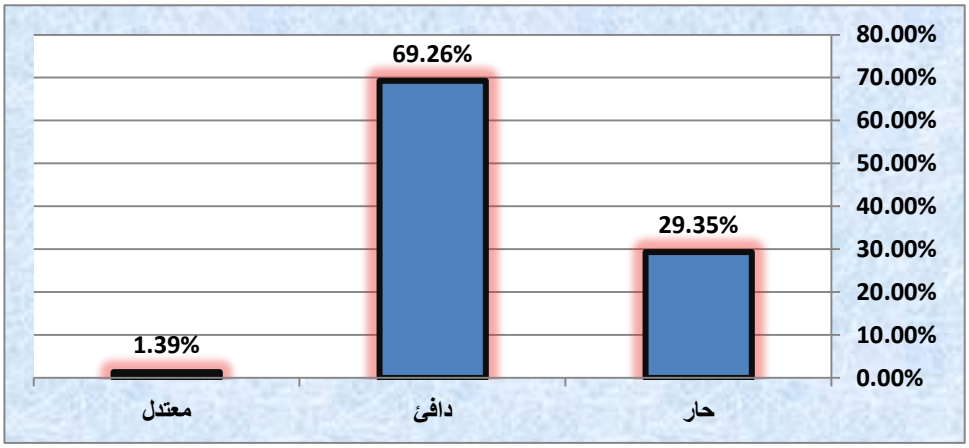
3- **الجزر الحرارية الحارة:** يمثل هذا النمط المناطق التي تشهد ارتفاعًا ملحوظًا في درجات الحرارة حتى خلال الخريف، ويكون غالبًا في وسط المدينة أو المناطق الصناعية التي تفتقر إلى الغطاء النباتي، ويتركز هذا النمط فوق الاراضي الجرداء والتي تقع في الاجزاء الغربية من منطقة الدراسة، كما في خريطة (5)، ويلاحظ من الجدول (7) بلغ مساحة هذا الصنف داخل المدينة نحو (24.71) كم2، مشكلة نسبة (29.35%) من مساحة المدينة الكلية، ويرجع سبب تركز هذا الصنف إلى الأسطح الرملية وانعدام المساحات الخضراء يؤديان إلى تخزين وإطلاق كميات كبيرة من الحرارة.

جدول (7) أنماط الجزر الحرارية خلال فصل الخريف في مدينة تكريت لعام 2023

أنماط الجزر الحرارية	المساحة كم^2	النسبة المئوية %
حار	24.71	29.35
دافئ	58.31	69.26
معتدل	1.17	1.39
المجموع	84.22	100

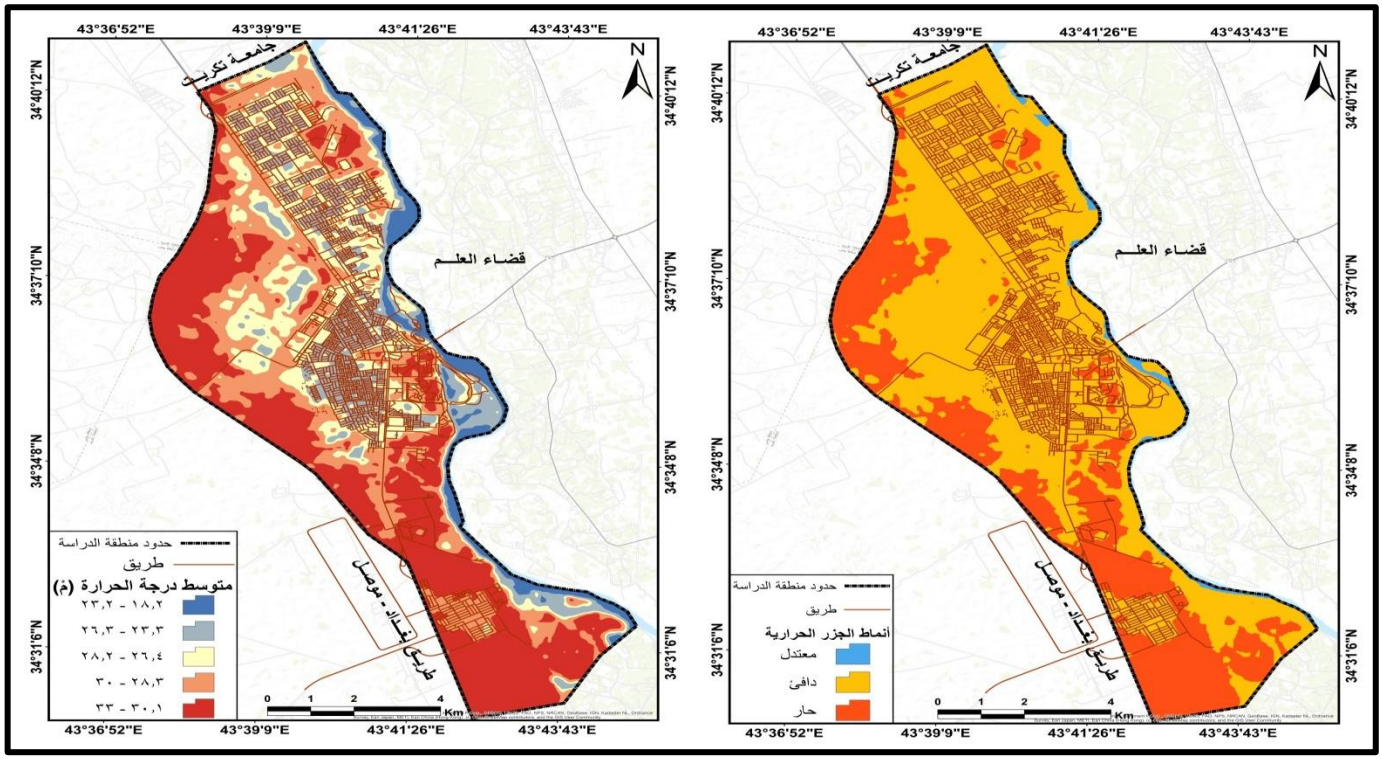
المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على خريطة (5).

شكل (6) النسبة المئوية لأنماط الجزر الحرارية خلال فصل الخريف في مدينة تكريت لعام 2023



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على جدول (7).

خريطة (5) أنماط الجزيرة الحرارية خلال فصل الخريف في مدينة تكريت لعام 2023



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئية فضائية للقمر الصناعي (Landsat-8) للفصل الصيف، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

المحور الرابع: أثر السلبية للجزيرة الحرارية على المناخ وسبل معالجتها

- **أثر السلبية للجزيرة الحرارية على المناخ:**

يتمثل أثر الجزر الحرارية على المناخ في عدة جوانب تؤثر على البيئة والظروف الجوية، ومنها:

1- **ارتفاع درجات الحرارة المحلية:** تؤدي الجزر الحرارية الحضرية إلى ارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة في المناطق الحضرية مقارنة بالمناطق الريفية المحيطة. هذا الارتفاع قد يتسبب في زيادة درجات الحرارة خلال النهار والليل، مما يؤدي إلى ظروف حرارية غير مريحة[12].

2- **تغيرات في أنماط الطقس:** يمكن أن تؤثر الجزر الحرارية على أنماط الطقس المحلية من خلال تغيير توزيع الحرارة والرطوبة. هذا قد يؤدي إلى تغييرات في هطول الأمطار والضغط الجوي والرياح، مما قد يؤثر على الطقس الإقليمي.

3- **زيادة استهلاك الطاقة:** أن الارتفاع في درجات الحرارة نتيجة الجزر الحرارية يزيد من الاعتماد على أنظمة التبريد والتكييف، مما يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة. هذا الاستهلاك المرتفع يمكن أن يساهم في زيادة انبعاثات غازات الدفيئة.

4- **تأثيرات على جودة الهواء:** أن درجات الحرارة المرتفعة تعزز من تفاعلات التلوث في الهواء، مما يزيد من مستويات الأوزون والملوثات الأخرى، وبالتالي يؤثر على جودة الهواء وصحة الإنسان[13].

5- **تأثيرات على النمو النباتي:** أن التغيرات في درجات الحرارة والرطوبة تؤثر على نمو وتوزيع النباتات، مما قد يؤدي إلى تغييرات في النظام البيئي وزيادة الإجهاد الحراري على النباتات.

6- **تأثيرات على الدورة المائية:** يمكن أن تؤثر الجزر الحرارية على دورة المياه من خلال تعديل معدلات التبخر وهطول الأمطار. هذا قد يؤدي إلى زيادة التبخر في المناطق الحضرية وتغيير نمط هطول الأمطار.

7- **تأثيرات على التوازن الحراري الإقليمي:** ان الاختلاف بين درجات الحرارة في المناطق الحضرية والريفية يمكن أن يؤثر على التوازن الحراري الإقليمي، مما قد يؤدي إلى تأثيرات غير متوقعة على الطقس والمناخ في المناطق المحيطة[14].

- **الحد من الاثار السلبية وسبل معالجتها:**

للحد من الآثار السلبية للجزر الحرارية على المناخ، يمكن تبني عدة استراتيجيات وتدابير فعالة منها:

1- زيادة المساحات الخضراء: تتضمن الآتي:

- زراعة الأشجار والنباتات: تعزيز المساحات الخضراء من خلال زراعة الأشجار والنباتات في المدن يساعد على توفير التبريد الطبيعي وتقليل تأثير الجزر الحرارية.
- الحدائق العامة: إنشاء حدائق عامة ومساحات خضراء يمكن أن تساهم في تخفيف الحرارة وتوفير أماكن للاسترخاء[15].

2- تحسين تصميم الأسطح: تتضمن الآتي:

- الأسطح العاكسة: استخدام مواد بناء عاكسة للحرارة مثل الأسطح البيضاء أو ذات الألوان الفاتحة يمكن أن يقلل من امتصاص الحرارة ويخفف من تأثير الجزر الحرارية.
- الأسطح الخضراء: تركيب الأسطح الخضراء (الأسطح المزروعة بالنباتات) يمكن أن يساعد في تقليل درجات الحرارة من خلال التبريد التبخيري[16].

3- تحسين كفاءة الطاقة: تتضمن الآتي:

- أنظمة التبريد والتدفئة: تحسين كفاءة أنظمة التبريد والتدفئة في المباني يمكن أن يقلل من استهلاك الطاقة ويخفف من الانبعاثات الحرارية.
- التهوية الطبيعية: تشجيع استخدام التهوية الطبيعية بدلاً من التكييف المكثف يمكن أن يقلل من الحاجة إلى أنظمة التبريد ويقلل من تأثير الجزر الحرارية.

4- تخطيط حضري مستدام:

- تصميم المدن: تبني تصاميم مدن تتضمن مساحات مفتوحة وتوزيع مناسب للمباني يمكن أن يساعد في تحسين تدفق الهواء وتخفيف حرارة المناطق الحضرية.
- تخطيط النقل: تحسين نظم النقل العامة وتخفيض استخدام السيارات الخاصة يمكن أن يقلل من تلوث الهواء ويخفف من آثار الجزر الحرارية.

5- استخدام تقنيات جديدة:

- تكنولوجيا تبريد مبتكرة: استخدام تقنيات جديدة مثل التبريد عبر التبخير أو التبريد بالماء يمكن أن يساعد في تقليل درجات الحرارة المحلية.
- مواد بناء مبتكرة: تطوير واستخدام مواد بناء متقدمة توفر خصائص عزل حراري أفضل وتقلل من امتصاص الحرارة[17].

6- التوعية والمشاركة المجتمعية:

- التعليم والتدريب: تعزيز الوعي حول تأثيرات الجزر الحرارية وطرق التخفيف من آثارها يمكن أن يساعد في تحفيز المجتمع على المشاركة في مبادرات تحسين البيئة.
- المشاركة المجتمعية: تشجيع المجتمع المحلي على المشاركة في مشاريع التحريج وتحسين المساحات الخضراء يمكن أن يكون له تأثير إيجابي على تخفيف الجزر الحرارية.

7- تحليل وتخطيط مستدام:

- رصد وتحليل البيانات: استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد وتحليل البيانات لتحديد المناطق الأكثر تأثراً بالجزر الحرارية وتطوير استراتيجيات موجهة للتخفيف.
- التخطيط المستدام: إدراج استراتيجيات التخفيف من الجزر الحرارية في خطط التنمية العمرانية والتخطيط الحضري لضمان تحقيق نتائج طويلة الأمد[18].

الاستنتاجات:

1- لقد أثبتت صور القمر الصناعي (Terra) باستخدام المتحسس (MODIS) والباند الحراري (Thermal Band) فعاليتها في تحويل قيم البكسل إلى درجات حرارة مطلقة ومئوية داخل المدينة. هذه التقنية قادرة على مراقبة سلوك الجزر الحرارية، وتحديد اتجاهها، وأحجامها، وتغيراتها الموسمية، وربط ذلك بأنماط استخدامات الأرض المختلفة. كما تسهم في تقييم تأثير هذه الجزر الحرارية على القياسات الفسيولوجية للإنسان، بما في ذلك شعوره بالراحة أو الضيق نتيجة اختلاف درجات الحرارة.

2- أظهرت الدراسة أن الجزر الحرارية تؤدي إلى ارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة في المناطق الحضرية مقارنة بالمناطق الريفية المحيطة، مما يسبب تغيرات في المناخ المحلي وزيادة في استهلاك الطاقة، وهذا ناتج عن الأسطح الصلبة في المدينة مثل الخرسانة والإسفلت، وانخفاض نسبة الغطاء النباتي، تسهم بشكل كبير في تفاقم ظاهرة الجزر الحرارية.

3- أظهرت الدراسة أن تأثير الجزر الحرارية يتباين حسب الوقت من اليوم والفصول. فمثلاً، تكون الجزر الحرارية أكثر شدة خلال الليل وفي فصل الصيف، بينما يكون تأثيرها أقل في فصل الشتاء بسبب انخفاض درجات الحرارة.

4- يمكن الاستنتاج أن الجزر الحرارية تتبع نمطًا موسميًا حيث تبلغ ذروتها في الصيف وتنخفض في الشتاء، بينما تشهد فصول الربيع والخريف درجات متفاوتة من التأثير حسب الظروف الجوية والحرارية، إذ شهد الجزر الحرارية أعلى درجات شدتها خلال فصل الصيف بسبب ارتفاع درجات الحرارة وزيادة امتصاص الأسطح الصلبة للحرارة. في الشتاء، تنخفض شدتها بشكل ملحوظ بسبب درجات الحرارة الأقل وقصر فترة النهار. في الربيع، تزداد شدتها مع تحسن الطقس، لكنها تظل أقل من الصيف بسبب درجات الحرارة المعتدلة والغطاء النباتي المتزايد. أما في الخريف، فتنخفض تدريجيًا مع انخفاض درجات الحرارة واقترابها من مستويات الشتاء.

5- أكدت الدراسة أن ارتفاع درجات الحرارة الناجم عن الجزر الحرارية يمكن أن يؤدي إلى مشاكل صحية مثل الإجهاد الحراري، وزيادة معدلات الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية، خاصة بين الفئات الضعيفة مثل كبار السن والأطفال.

6- وجدت الدراسة أن الأنشطة البشرية مثل استخدام أنظمة التبريد، وزيادة الانبعاثات من المركبات والمصانع، تزيد من حدة الجزر الحرارية، مما يؤدي إلى تفاقم مشكلات التلوث وتدني جودة الهواء.

التوصيات:

1- تعزيز البحث العلمي من خلال تشجيع المزيد من الدراسات حول ظاهرة الجزر الحرارية، مع التركيز على تأثيراتها طويلة الأمد على المناخ والبيئة، وكذلك توسيع نطاق البحث ليشمل مختلف المناطق الجغرافية والمناخية لفهم الفروقات الإقليمية في تأثيرات الجزر الحرارية.

2- العمل على تطوير وتحسين نماذج المحاكاة الرقمية التي تعزز دقة توقعات الجزر الحرارية، مع مراعاة العوامل البيئية المتنوعة، وذلك من خلال استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد والبيانات الضخمة لتحليل تأثير الجزر الحرارية بشكل أكثر دقة وتفصيلًا.

3- تعزيز التعاون بين التخصصات المختلفة مثل علوم المناخ، والهندسة المدنية، والتخطيط الحضري، لدراسة الجزر الحرارية من منظور شامل، وذلك من خلال دمج الجوانب الاجتماعية والاقتصادية في الأبحاث لفهم التأثيرات الاجتماعية للجزر الحرارية على المجتمعات المحلية.

4- نشر الوعي البيئي من خلال تنظيم ورش عمل وندوات لتعريف الطلاب والباحثين بأهمية دراسة الجزر الحرارية وتأثيراتها.

5- إدراج موضوع الجزر الحرارية ضمن المناهج الدراسية في الجامعات والمعاهد، لتثقيف الطلاب حول أهميتها وطرق التخفيف من آثارها.

6- تطوير تقنيات تخفيف الحرارة من خلال تشجيع استخدام الأسطح الخضراء والأسطح العاكسة في المباني، وتوسيع تطبيقها على نطاق أوسع في المدن من خلال دعم الابتكار في تطوير تقنيات جديدة لتبريد المناطق الحضرية، مثل أنظمة التبريد القائمة على المياه والتبريد الطبيعي.

7- الرصد والتقييم المستمر من خلال إنشاء أنظمة رصد مستمرة لقياس تأثير الجزر الحرارية وتحليل فعالية التدابير المتخذة لتقليلها من خلال استخدام البيانات التي يتم جمعها لتقييم السياسات الحالية وتعديلها بما يتناسب مع التحديات المستجدة.

8- أبرزت الدراسة ضرورة تضمين استراتيجيات التخفيف من الجزر الحرارية في خطط التخطيط الحضري والتنمية المستدامة. تحسين تصميم المدن، وزيادة المساحات الخضراء، واستخدام مواد بناء تعكس الحرارة، كلها عوامل مهمة للتقليل من تأثير هذه الظاهرة.

الهوامش:

(1)Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 108(455), 1-24. Link to the article

(2)Arnfield, A. J. (2003). Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and moisture, and the urban heat island. International Journal of Climatology, 23(1), 1-26.

(3)Santamouris, M. (2015). Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. Solar Energy, 103, 682-703 .

(4)Li, D., & Bou-Zeid, E. (2013). Synergistic interactions between urban heat islands and heat waves: The impact of urban morphology. Environmental Research Letters, 8(3), 034042.

(5)Santamouris, M. (2014). Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. Solar Energy, 103, 682-703.

[6]Kueppers, L. M., & Snyder, P. K. (2023). The urban heat island effect and its impact on air quality. Global Environmental Change, 73, 102517.
[7]Zhou, D., & Zhai, P. (2023). Urban heat island and its effect on urban infrastructure: A review. Journal of Cleaner Production, 416, 137535 .
[8]Weng,O,"Thermal infrared remote sensing for Urban Climate and Environmental Studies"Method Applications,and trends:ISPRS Journal Of Photogrammetry and Remote sensing,2009,V.64.P335-344.
[9]Asgarian,A,B.J.Amiri,and Y.Sakieh,"Assessing the effect Of green Cover spatial patterns on Urban land surface Temperature Using landscape metrics Approach"Urban Ecosystems,2015,V.18.P209-222.
[10]Chander.G,and B.Markham."Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibation dynamic ranges"Transactions on geoscience and remote sensing,2003,V.41,P2674-2677.
[11]Faris,A.and Y.S.Reddy."Estimation of Urban Heat Island Using Landsat ETM-Imagery Chennai City"acase Study,Int J Earth Sci Eng,2010 ,V.3,P332-340.
[12]Zhou, D., & Zhao, C. (2024). Impact of urban heat islands on local and regional climate. Climate Dynamics, 62(1), 109-122 .
[13]Nguyen, D. T., & Wang, W. (2023). Urban heat island effects on greenhouse gas emissions and global warming potential. Environmental Science & Policy, 143, 22-31 .
[14]He, X., & Wang, S. (2024). Urban heat island effect and its impact on climate models: Insights and challenges. Climate Research, 82(2), 123-139.
[15]Gill, S. E., et al. (2007). "Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure." Built Environment, 33(1), 115-133.
[16]Akbari, H., et al. (2012). "Reducing urban heat islands: A review of strategies." Progress in Physical Geography, 36(5), 741-766.
[17]Matzarakis, A., et al. (2014). "Heat islands and their impact on energy consumption." Energy and Buildings, 68, 295-304 .
[18]Santamouris, M. (2015). "Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments." Renewable and Sustainable Energy Reviews.