دور الجزر الحرارية في الكشف عن الإزدحام المروري بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد (دراسة تطبيقية على مدينة مكة المكرمة)

د. أمينة عطاالله الرحيلي
أستاذ جغرافية المناخ والاستشعار عن بعد المساعد
بقسم الجغرافيا جامعة ام القرى
aarohiliy@uqu.edu.sa

د. منال علي عبدالرحمن
أستاذ جغرافية النقل ونظم المعلومات الجغرافية المساعد
بقسم الجغرافيا جامعة ام القرى

دور الجزر الحرارية في الكشف عن الازدحام المروري بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية والإستشعار عن بعد (دراسة تطبيقية على مدينة مكة المكرمة)

د. أمينة عطاالله الرحيلي
أستاذ جغرافية المناخ والاستشعار عن بعد المساعد
بقسم الجغرافيا جامعة ام القرى
aarohiliy@uqu.edu.sa

د. منال علي عبدالرحمن
أستاذ جغرافية النقل ونظم المعلومات الجغرافية المساعد
بقسم الجغرافيا جامعة ام القرى

مستخلص:

تعتبر دراسة الجزر الحرارية للمدن من الدراسات المناخية المهمة كونها توضح تأثير هذه الظاهرة على التخطيط الحضري في المدن الكبيرة ، كما تعد من الظاهرات الشائعة بالمناطق الحضرية نظراً لما تشهده تلك المناطق من تركز كبير للأنشطة البشرية التي تعمل على رفع درجات الحرارة بها. وقد يعود ذلك أيضاً إلى ما يقوم به الإنسان من تغيير لنمط استخدام الأرض خاصةً داخل هذه المدن ، كإزالة مساحات واسعة من الأشجار والأراضي الزراعية ، وإحلال مناطق سكنية مبنية من الخرسانة وشوارع معبدة بالإسفلت مكانها، مما يزيد من معدلات امتصاص الأشعة الشمسية ولان هذه الظاهرة تؤثر بشكل كبير على بيئة المدينة وكذلك على الإنسان ، ومما يزيد من تفاقم هذه الظاهرة وزيادة التركيز الحراري في المدن كثافة الطرق وزيادة أعداد السيارات فيها وحدوث الاختناقات المرورية مما يؤدي إلى التدهور التدريجي للبيئة الحضرية ، لذلك تهدف هذه الدراسة لاستخراج مواطن الازدحام المروري عبر بيانات الجزر الحرارية بالاعتماد على تحليل المرئيات الفضائية ونظم المعلومات الجغرافية ومراقبة التغيرات التي تطرأ على الجزيرة الحرارية الحضرية في مدينة مكة المكرمة على المستويين اليومي والفصلي ، وكذلك حساب العلاقات للجزر الحرارية في أيام الدوام الرسمي وأيام العطل ونهاية الأسبوع و مراقبة التغيرات للجزر الحرارية على كافة المستويات وتحليل كل منها في المنطقة من قبل وسائل و تقنيات رصد الأرض والاستشعار ويمكن الاستفادة منها مستقبلاً لأغراض التنبؤ والتخطيط المستقبلي في المدن.

كلمات مفتاحية: الجزر الحرارية، الازدحام المروري، النقل الحضري، مدينة مكة المكرمة، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد

المقدمة:

للتغيرات الحضرية السريعة وزيادة عدد السكان انعكاسات متعددة على الانسان وبيئته منها ما يكون ذو أثر مرئي وغير المرئي، ويعد النقل ووسائله المختلفة من متطلبات الحياة الحضرية المفيدة للمجتمع، إلا أن تطوره في الواقع له آثار سلبية على البيئة منها النمو المذهل لاستهلاك الوقود وما يرافقها من الزيادة الهائلة في التلوث الحضري، كما أن الازدحام المروري في أماكن معينة وفي أوقات معينة له دور كبير في تغير المناخ في البيئة الحضرية من خلال حدوث تبادلات في انتقال الحرارة والإشعاع بين الهواء وسطح التربة فيخلق الجزر الحرارية التي يرافقها ظهور ارتفاع زائد في درجة حرارة الهواء بين المدينة والفضاء المحيط بها، كما وتعتبر الانبعاثات من عوادم السيارات أحد العوامل المهمة المحددة لمستوى التلوث في الغلاف الجوي للمدن ، و قد يرتبط بها الكثير من المشكلات كانتشار ملوثات الهواء والماء وتغير المناخ وتدهور الصحة العامة للسكان، من هنا جاءت فكرة هذه الدراسة من خلال استخدام التقنية والمتمثلة في صور الأقمار الصناعية ونظم المعلومات الجغرافية للكشف عن مواطن الجزر الحرارية وربطها بالاختناقات المرورية ورصدها كونه أمر غاية في الأهمية للتسريع في اتخاذ الحلول للمشاكل التي تعترض بيئة الإنسان.

THE ROLE OF HEAT ISLANDS IN REVEALING ROAD TRAFFIC JAMMING IN MAKKAH ALMUKARRAMAH, USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM AND REMOTE SENSING

ALROHEILY, AMINA, ATA ALLAH, ASSISTANT

Prof., Climatology and Remote Sensing, Geography Department, Umm Al Qura University, Makkah, aarohiliy@uqu.edu.sa.

ABDARRHMAN, MANAL, ALI, ASSISTANT

Prof, Transportation Geography and Geographic Information System, Geography Department, Umm Al Qura University, Makkah, maabdulrahman@uqu.edu.sa.

Abstract

The study of heat islands is one of the important climatological studies in the field of geography. It is a useful tool in urban planning of large cities. Arguably, heat islands are a phenomenon in urban areas, where the congestion of human activities raises air temperatures over them. The phenomenon is also attributed to the changes made by people in land use patterns, particularly those of the interior parts of the cities, such as clearing extensive areas of trees and farmlands. An example of these changes includes the tendency to replace them by concrete building and asphalted roads. This increases the earth's absorption of the insolation results in more city earth heating. The problem of heat island and heat concentration on cities gets more complicated by road intensification and the increasing number of vehicles. As a result, road traffic jamming and a gradual deterioration of the urban environment occur. To elaborate more on, the present study aims to delimit areas of road traffic congestions in Makkah. It examines heat islands data obtained from the analysis of satellite images and GIS and monitors the changes that happen to the urban heat island in Makkah city on a daily and seasonal basis. The study also aims to calculate the heat island relationships during working days, vacations, and at the weekends. Besides, it monitors the changes that happen to the urban heat island at all levels and analyzes each one of them using methods and earth monitoring tools. The findings will help to propose and predict future planning for cities.

Key words: Heat Islands – Traffic Jamming – LIS – LST – FLDAS – GIS – Remote Sensing (RS).

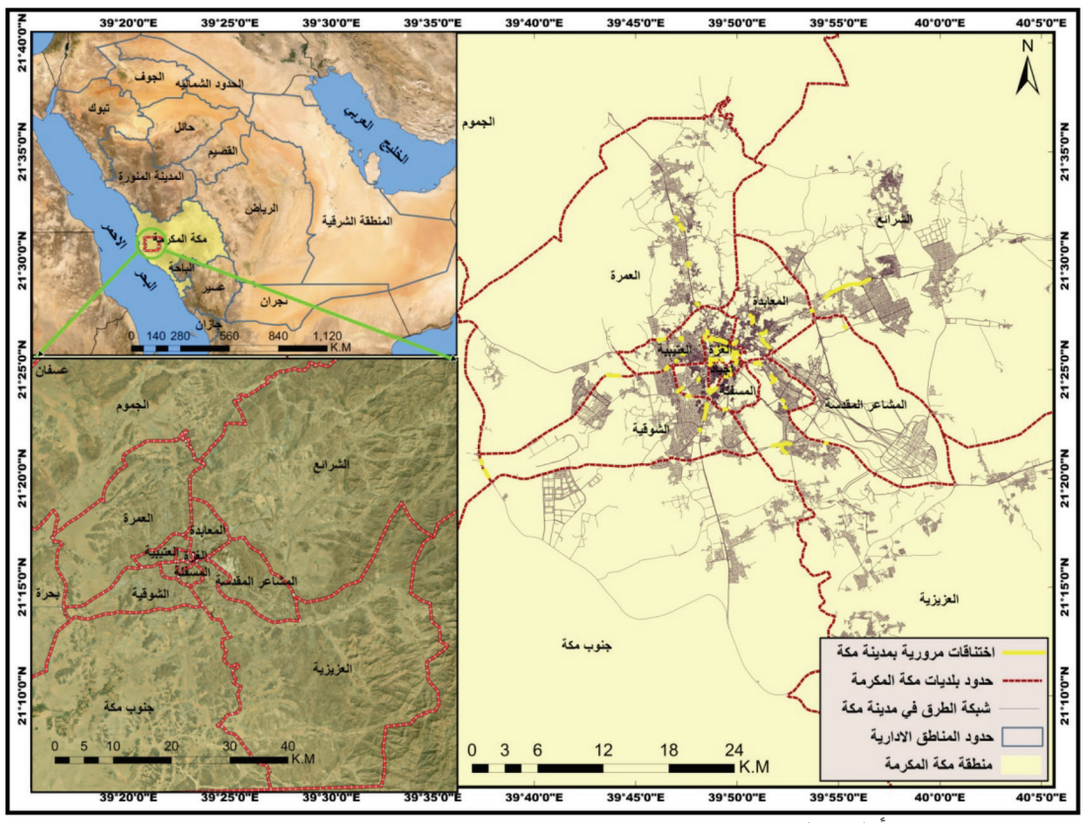
منطقة الدراسة:

تعد مدينة مكة المكرمة أحد المدن المهمة للمملكة العربية السعودية فهي نواة نشطة وحيوية في الجذب السكاني والعمراني والاقتصادي لما لها من مميزات جغرافية ودينية وتاريخية، تقع في الوسط الغربي للمملكة العربية السعودية عند تقاطع دائرة عرض ٢١,٤° شمال الاستواء وعند خط طول ٣٩,٨ غرب غرينتش، تبلغ مساحتها ١٠٨٥,٧كم٢ تشغل بذلك حوالي ٤٠٪ من مساحة محافظة مكة المكرمة(شكل١)، تتكون من ١٠١ حي موزعة على ١٤ قطاع بلدي، كما تعد ثالث مدينة على مستوى الدولة من حيث عدد السكان والمساكن حسب بيانات الهية العامة للإحصاء لعام ٢٠٢٢م؛ حيث يبلغ عددهم (٢٣٨٥٥٠٩ نسمة) موزعين على في (٨٦٢٢٧٠ مسكن)؛ وتشغل الكتلة العمرانية ٣٠٪ من مساحة المدينة بمساحة وقدرها ٢٨٧,٧ كم٢، وتبلغ اطوال الطرق بها ٧٤٨٨ كم ممتدة في بطون الاودية للمدينة.

أهداف الدراسة ومنهجيتها:

يتمثل الهدف للبحث في تقييم مدى قدرة التقنيات الجغرافية في جمع بيانات علمية لتوظيفها في خدمة أغراض البحث للكشف عن مدى مساهمتها في توفير بيانات مكانية للازدحام المروري من خلال البيانات المناخية المستخرجة من الطيف الحراري من المرئيات الفضائية و التقليل من الجهد والمال والوقت المبذولة في الخروج للحقل الميداني، لذلك تمثل الهدف الرئيسي في: استخراج مواطن الازدحام المروري عبر بيانات الجزر الحرارية بالاعتماد على تحليل المرئيات الفضائية، وتم الاستناد في هذه الدراسة على بيانات المرئيات الفضائية لعام ٢٠٢٠م للحصول على بيانات طبيعية لحركة السكان في منطقة الدراسة نظرا لبدء جائحة كورونا وإجراءات الحجر الجزئي والكلي الناتج عنها والذي امتد لعدة أشهر؛ ثم عودة الحياة الى طبيعتها تدريجيا مع الالتزام بالإجراءات الاحترازية والتباعد الاجتماعي.

استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي لاستخراج بيانات LIS حيث يسمح هذا النظام بإنشاء أنظمة استيعاب البيانات الأرضية المخصصة وتجميعها وإعادة تكوينها



المصدر: بتصرف عن أمانة العاصمة المقدسة، ٢٠٢١.

شكل رقم (١) موقع منطقة الدراسة

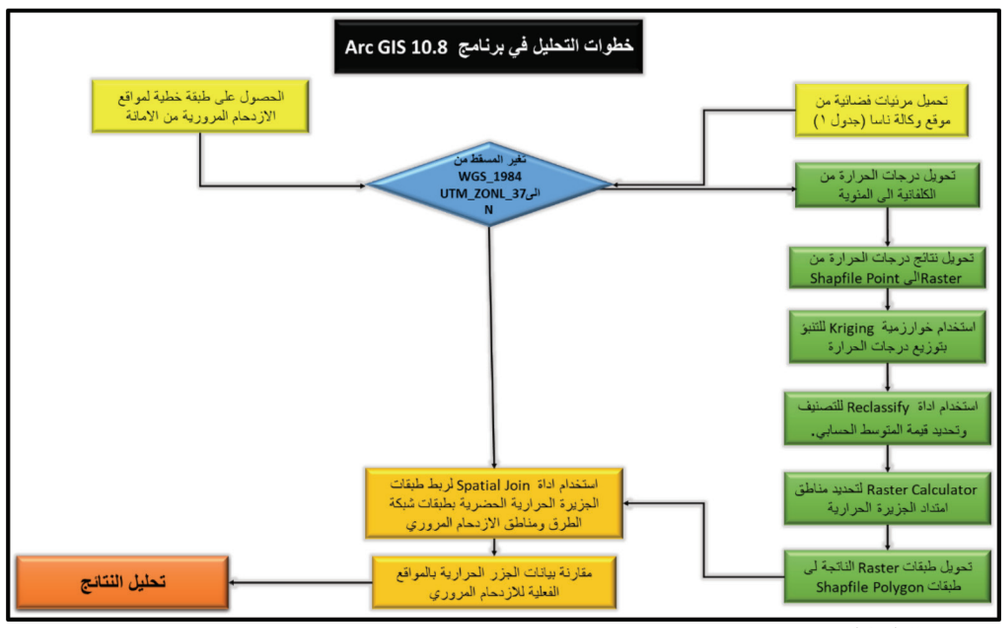
بسهولة، باستخدام المكونات الإضافية المشتركة والواجهات القياسية من نموذج (FLDAS)[1] الذي يعمل بدقة مكانية (0.010°) أي ما يماثل ١٠٧٦,٧٨ م٢ وتم تسخيره لمراقبة التغيرات التي تطرأ على الجزيرة الحرارية الحضرية في مدينة مكة المكرمة على المستويين اليومي والفصلي باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد، ولتحديد علاقة توزيع الجزيرة الحرارية الحضرية بالازدحام المروري في مدينة مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (شكل ٢).

الدراسات السابقة:

يعد تعبير الجزيرة الحرارية الحضرية أساسياً في أي دراسة تفصيلية للمناخ الخاص بالمدن، وبالرغم من تشابه معظم الدراسات في هذا المجال، إلّا أنها اختلفت في تحديد نوعية الأسباب والعوامل وراء هذه الظاهرة فبعض الدراسات يسند السبب إلى ازدحام السكان ، وبعضها يعزي السبب إلى كثرة المصانع ووسائل المواصلات وزيادة استهلاك المنازل لمصادر الطاقة ، في حين أعتبر تلوث هواء المدينة بالغازات المختلفة خاصة ثاني أكسيد الكربون السبب الرئيسي في زيادة درجة حرارة المدينة عن المناطق المحيطة بها ، وربط بعض الباحثين نشوء الجزر الحرارية بقلة النتح والتبخر في المدينة نظراً لقلة النبات وكثرة الطرق المرصوفة في المدينة، وفيما يلي استعراض لاهم الدراسات التي لها علاقة بموضوع هذه الدراسة

قام Yamamoto K. & Ima K. (٢٠١٥) بتقييم الإجراءات اللازمة لمواجهة الحرارة الاصطناعية لعوادم السيارات في منطقة طوكيو وتأثير حركة المرور على الطرق باستخدام تقنيات (GIS) عبر حساب حجم حرارة العادم الاصطناعي لحركة المرور على الطرق، وقد توصلت الدراسة إلى إن ارتفاع عدد الجزر الحرارية على الطرق نتيجة حتمية لأعداد المركبات وسرعتها وخاصة في الطرق السريعة والدائرية، وهناك إمكانية للتقليل من حجم حرارة العوادم الاصطناعية عند تحسين جودة الوقود، وتحسين إدارة وتخطيط الحركة المرورية.

واهتمت دراسة Louiza، H. et al (٢٠١٥) بالتركيز على دور النقل في الحد من الجزر الحرارية لتطوير مدينة دائمة مناسبة وأوصت الدراسة بتشجيع النقل العام لتقليل استهلاك الوقود وانبعاثات الغاز في المدينة وينبغي كذلك تحسين جودة الوقود وزيادة الغطاء النباتي في المدينة كونه بمثابة أثاث حضري يساهم في توازن الغلاف الجوي الحضري وضرورة التوفير في التنقلات بالسيارة مما يسمح بتقليل الانبعاثات الغازية للملوثات.



المصدر: الباحثتان

شكل (٢) منهجية العمل في بيئة نظم المعلومات الجغرافية GIS10.8.

[1] FLDAS: نظام يهدف لجمع البيانات الأرضية الخاصة بالإنذار المبكر بالمجاعة، وهو نظام مخصص لجمع معلومات الأرضية تابع لوكالة ناسا (LIS ؛ https://ldas.gsfc.nasa.gov/fldas ، http://lis.gsfc.nasa.gov/)

فيما اعتمدت دراسة Ren, T.; Zho W.; Wang, J. (٢٠٢١) على تحديد سلسلة زمنية لدراسة تطور الجزيرة الحرارية الحضرية من عام ٢٠٠٠ إلى ٢٠١٥ م في ٣١ مدينة رئيسية في الصين، حيث تم حساب درجة حرارة سطح الأرض في فصل الصيف، وأظهرت الدراسة أن ٨١٪ من المدن المدروسة لديها اتجاه متزايد في الحرارة الحضرية، من بينها ٤٤٪ مدينة كبيرة الحجم، مما يشير إلى وجود آثار مكثفة للتطور الحضري على التغير في الجزر الحرارية في هذه المدن.

واستخدمت دراسة Yuan, B. et al (٢٠٢١) نموذج شجرة الانحدار لاستكشاف المساهمة النسبية والآثار الهامشية للعوامل المؤثرة في الجزيرة الحرارية، فأظهرت النتائج أن نسبة تغطية المباني هي العامل الأكثر تأثيرا بين سبعة مقاييس بناء بمساهمة نسبية قدرها ٦, ٤٤٪، و تميل المباني الشاهقة إلى التخفيف من الحرارة في حين أن المباني المنخفضة والمتوسطة الارتفاع تسخن المناطق المحيطة بها، كما أن نسبة التغطية الخضراء من العوامل الأكثر تأثيرا بين ستة مقاييس مع مساهمة نسبية قدرها ٠, ٢١ ٪. وتشير هذه النتائج إلى أن تخفيف آثار الجزر الحرارية من خلال زيادة الغطاءات الخضراء غير كاف بل يجب تحسين التخطيط للبيئة المبنية.

واستخدم Wang, Z. et al (٢٠٢١) بيانات درجة حرارة سطح الأرض في التكتل الحضري لدلتا نهر اليانغتسي شرق الصين، من خلال تحديد العوامل المؤثرة في ١٦ مدينة كبيرة، وأوضح ان العوامل البشرية أهم العوامل في تحديد الجزيرة الحضرية، في حين تظل العوامل الطبيعية مؤثرة. حيث تم اختيار تسعة عوامل مؤثرة في هذه الدراسة منها المسافة من الطرق الرئيسية والمسافة من المياه و مؤشر الفرق النباتي الطبيعي وشدة الإضاءة الليلية، وعدد السكان و المياه والبناء والطرق الرئيسية وتم تطبيق نموذج شجرة الانحدار لالتقاط مساهمات العوامل المذكورة وتم تطبيق اجراء مختلف لتقييم التأثير النسبي على الحرارة و تصنيف العوامل المؤثرة على أساسه. وأظهرت النتائج أن هناك تأثير نسبي لسائقي السيارات بنسبة ٢٩, ٥١٪. ويؤدي التباين في المستوى الاجتماعي والاقتصادي إلى ظهور أنماط مكانية مختلفة للعوامل التأثير المختلفة، مما يشير كذلك إلى أن متوسط كثافة الجزيرة الحرارية تتأثر بتطور المدينة.

وحددت الدراسة التي قام بها Gen, S. et al. (٢٠٢١) وطُبقت هذه الدراسة على جميع المدن في منطقة الخليج جنوب الصين (GBA) وتم استخدام بيانات القمر الصناعي LST لتحليل الجزيرة الحرارية الحضرية الإقليمية، أظهرت النتائج تأثير البيئة الحضرية على رفع درجة الحرارة بشكل واضح ولوحظ أنها أكثر ارتفاعاً خلال النهار مقارنة بالليل. وشهدت المنطقة المركزية ارتفاعاً أكبر للحرارة وأوضحت الديناميكيات الموسمية للحرارة أثناء للنهار ميلًا متناقصًا من الصيف إلى الشتاء، ولكن عكس ذلك في الليل، كما لوحظ كثافة أعلى نسبيًا في نهار الصيف وفي ليل الشتاء. أظهرت نتائج تحليلات الانحدار تأثير الغطاء النباتي والمناطق الفضاء على الجزر الحرارية في النهار والليل على التوالي، مقارنة مع العوامل الأخرى في جميع الفصول، كما أن هناك اختلاف كبير في التأثير النسبي والأنماط المتباينة للتأثيرات الهامشية للسائقين على الجزر الحرارية الحضرية النهارية والموسمية واستخدام وسائل النقل المختلفة.

طرق جمع البيانات وأساليب تحليلها:

أ) جمع البيانات المناخية: استخراج درجات الحرارة من الطبقات الشبكية (Raster) من موقع وكالة ناسا (ملحق١) وذلك بعد تحديد منطقة الدراسة ومن ثم تحديد المتغير المناخي وهو درجات الحرارة وتحديد المرئية الفضائية المناسبة .

ب) بيانات الازدحام المروري: حصلت الباحثتان على بيانات خطية (Victor) من امانة العاصمة المقدسة تحتوي على حدود المدينة وتقسيماتها الإدارية بالإضافة الى شبكة الطرق ومناطق الازدحام المروري.

ج) معالجة البيانات واشتقاق الطبقات:

- معالجة جميع الطبقات المدخلة في التحليل وتوحيد مساقطها الى للنظام المتري WGS_1984_UTM_ ZONL_37N.

- تحويل درجات الحرارة من الكلفانية الى المئوية باستخدام الصيغة الرياضية داخل الحاسبة الخلوية لبرنامج (Arc GIS 10.5).

TC = TRK-273.15

حيث TC درجات الحرارة مئوية، TRK طبقة الراستر لدرجات الحرارة بالكلفانية.

– تحويل درجات الحرارة الناتجة عن الخطوة السابقة من شبكية الى نقطية (Raster to point) ضمن بيئة ببرنامج (Arc GIS 10.8) ، من ثم استخدام خوارزمية (Kriging) للتنبؤ بتوزيع درجات الحرارة في المدينة، و من ثم تصنيف الطبقات الناتجة من خلال اداة (Reclassify) وتحديد قيمة المتوسط الحسابي لكل فترة زمنية.

– تم استخراج الجزيرة الحرارية الحضرية لكل فترة زمنية باستخدام حاسبة البرنامج السابق (Raster Calculator) لتحديد مناطق امتداد الجزيرة الحرارية الحضرية بالاعتماد على متوسطاتها في كل مدة.

– تحويل طبقات (Raster) الناتجة عن الخطوة السابقة الى طبقات خطية (Polygon) حتي يسهل تحليلها باستخدام اداة الربط المكاني (Spatial Join) لربط طبقات الجزيرة الحرارية الحضرية بطبقات شبكة الطرق ومناطق الازدحام المروري لتحديد مدى تأثير كل منها في تكون الجزر الحرارية بمدينة مكة المكرمة في كل فترة زمنية.

مناقشة نتائج البحث:

علاقة الجزر الحرارية بالازدحام المروري حسب نشاط الحركة المرورية:

على الرغم من أن النقل له العديد من الاثار المفيدة على المجتمع إلا أن له العديد من التأثيرات السلبية على البيئة والتي تكشف عنها الجزر الحرارية وتبين مواقعها، لذلك تم الاعتماد على المرئيات الفضائية لاستخراج درجة حرارة سطح الأرض (LST) لمنطقة الدراسة وتحليلها للكشف عن علاقتها بشبكة الطرق الحضرية ومواقع الازدحامات المرورية.

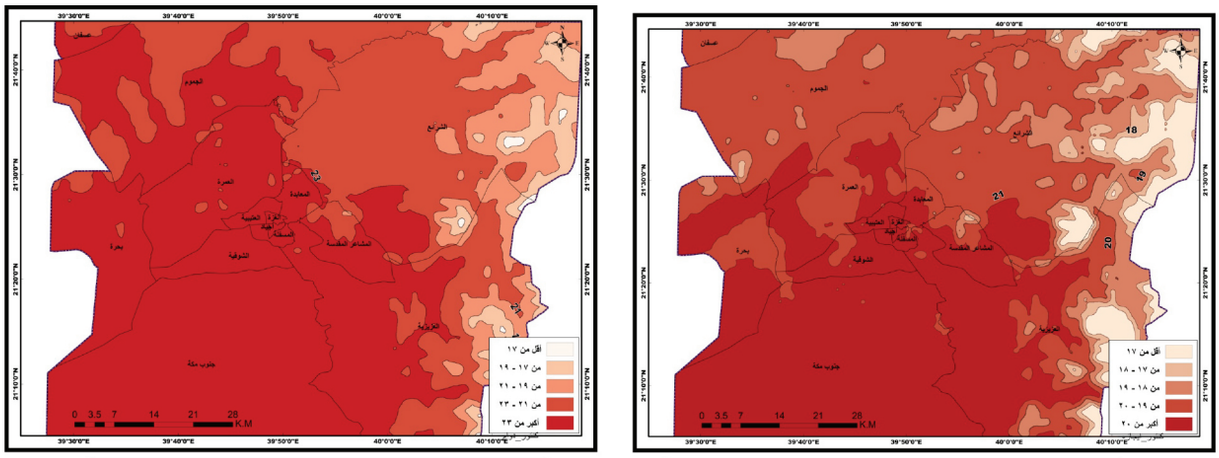
ومن خلال تحليل الاشعة تحت الحمراء لنظام FLDAS تم استخلاص مواقع الجزر الحرارية والمتأثرة بنشاط حركة المرور خلال يومي عمل رسمي ويوم إجازة نهاية الاسبوع جدول (١).

يبين الجدول السابق أن الجزيرة الحرارية ترتبط بعلاقة طردية قوية بنشاط الحركة المرورية و انبعاثات عوادم السيارات المنعكسة على درجات حرارة سطح الأرض مكونة مجموعة من الجزر الحرارية، حيث تأكدت هذه العلاقة من خلال دخول حوالي ٦٤٪ من اطوال شبكة الطرق الحضرية ضمن تغطيتها المكانية خلال يوم العمل الرسمي و ٣٠٪ من الطرق خلال نهاية الأسبوع (شكل٣) ممتدة من وسط المدينة ومنطقة الاعمال المركزية الى اقصى الجنوب، ليتضح بذلك قوة العلاقة والتي تتجلى من عدد المسارات المؤثرة بها المتناسبة طرديا مع حجم الحركة خلال أيام الأسبوع (شكل٤) .

جدول (١) تأثير الازدحام المرورية على شبكة الطرق الحضرية على الجزيرة الحرارية حسب نشاط الحركة المرورية.

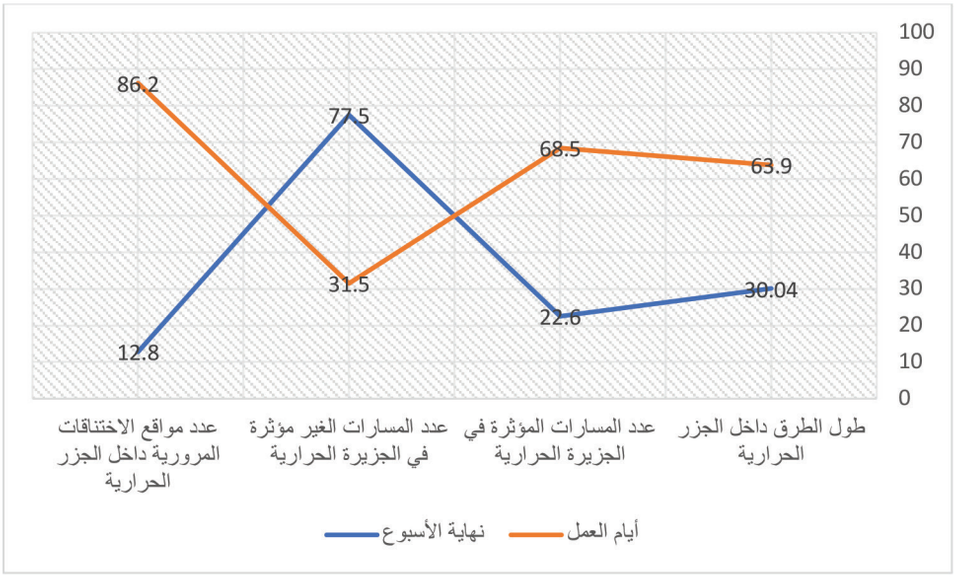
	نهاية الاسبوع	أيام العمل الرسمية
طول الطرق داخل الجزر الحرارية	٢٣٨٣,٤٧	٥٠٧٤,٢٦
النسبة ٪	٣٠,٠٤	٦٣,٩
عدد المسارات المؤثرة في الجزيرة الحرارية	٨٣٨٥	٢٥٤٥٦
النسبة ٪	٢٢,٦	٦٨,٥
عدد المسارات الغير مؤثرة في الجزيرة الحرارية	٢٨٧٩٨	١١٧٢٧
النسبة ٪	٧٧,٥	٣١,٥
عدد مواقع الاختناقات المرورية داخل الجزر الحرارية	١٢	٨١
النسبة ٪	١٢,٨	٨٦,٢

المصدر: الباحثتان بالاعتماد على تحليل بيانات الدراسة.



المصدر: الباحثتان بالاعتماد على تحليل الجزر الحرارية من المرئيات الفضائية.

شكل (٣) الجزيرة الحرارية لمنطقة الدراسة.

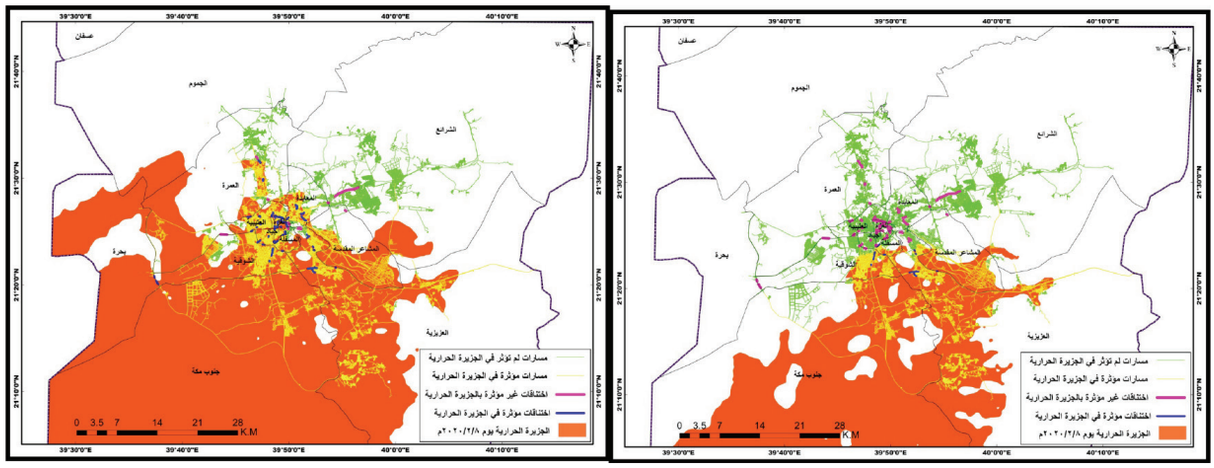


المصدر: الباحثتان بالاعتماد على تحليل الجزر الحرارية من المرئيات الفضائية

شكل (٤) الرسم البياني لتأثير الحركة المرورية على الجزر الحرارية حسب نشاط الحركة المرورية بمنطقة الدراسة.

كما أظهرت نتائج الربط المكاني (Spatial Join) بين الجزيرة الحرارية الحضرية وكثافة الطرق في مدينة مكة المكرمة من قوة العلاقة بين متغيرات الدراسة حيث زاد عدد الطرق المؤثرة في الجزيرة الحرارية في أيام العمل الرسمية (٦٨,٥٪) عنها في إجازة نهاية الأسبوع (٢٢,٦٪) (شكل ٥)، ويوضح ذلك عدد مواقع مناطق الاختناقات المرورية التي دخلت في منطقة تغطية الجزيرة الحرارية أيام العمل لتصل الى (٨٦,٢٪) وتنخفض في نهاية الأسبوع الى (١٢,٨٪).

وعند اجراء تحليل معامل الارتباط كيندال Kendall's tau_b على المتغيرات جاءت النتائج لتثبت صحة الفرضية وقبول فرض الوجود بأن هناك علاقة طردية قوية (٠,٨٧) ذات دلالة عند مستوى معنوية ٠,٠٥ بين الجزر الحرارية وكثافة شبكة الطرق المؤثرة بها.



يوم عمل رسمي | إجازة نهاية الأسبوع.

المصدر: الباحثتان بالاعتماد على تحليل بيانات الدراسة.

شكل (٥) آثر حركة النقل في الجزيرة الحرارية الحضرية.

جدول (٢) تأثير الازدحام المرورية على شبكة الطرق الحضرية على الجزيرة الحرارية خلال فصول السنة.

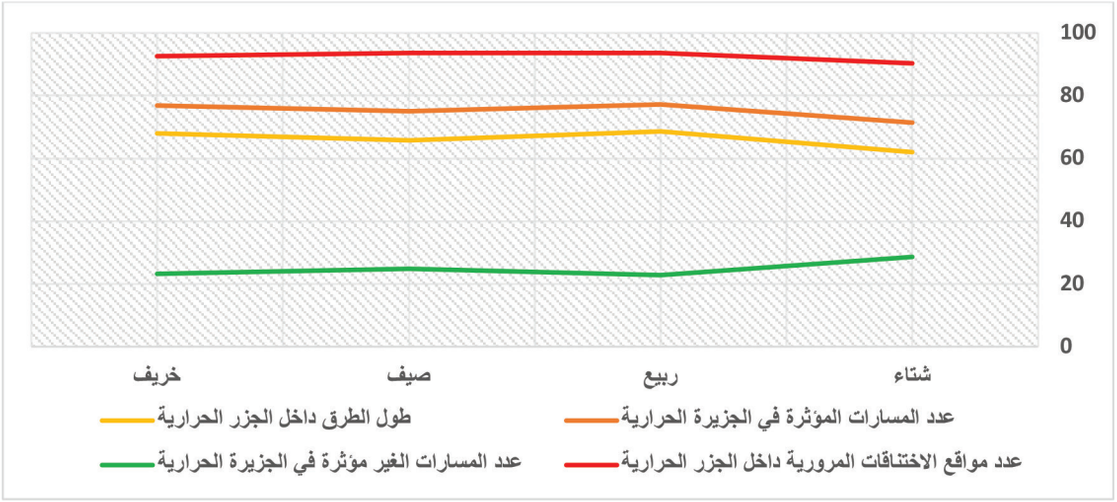
الفترة	طول الطرق داخل الجزر الحرارية / كم	النسبة ٪	عدد المسارات المؤثرة في الجزيرة الحرارية	نسبتها ٪	عدد المسارات الغير مؤثرة في الجزيرة الحرارية	نسبتها ٪	عدد مواقع الاختناقات المرورية داخل الجزر الحرارية	النسبة ٪
شتاء	٤٩١٩,٠٩	٦٢	٢٦٥٦٢	٧١,٤	١٠٦٢١	٢٨,٦	٨٤	٩٠,٣
ربيع	٥٤٣٨,٨٥	٦٨,٦	٢٨٧٠٩	٧٧,٢	٨٤٧٤	٢٢,٨	٨٨	٩٣,٦
صيف	٥٢١١,٤	٦٥,٧	٢٧٩١٧	٧٥,١	٩٢٦٦	٢٤,٩	٨٨	٩٣,٦
خريف	٥٣٩١,٤١	٦٧,٩	٢٨٥٧٠	٧٦,٨	٨٦١٣	٢٣,٢	٨٧	٩٢,٦

المصدر: الباحثتان بالاعتماد على تحليل بيانات الدراسة.

علاقة الجزيرة الحرارية الحضرية بالازدحام المروري حسب فصول السنة:

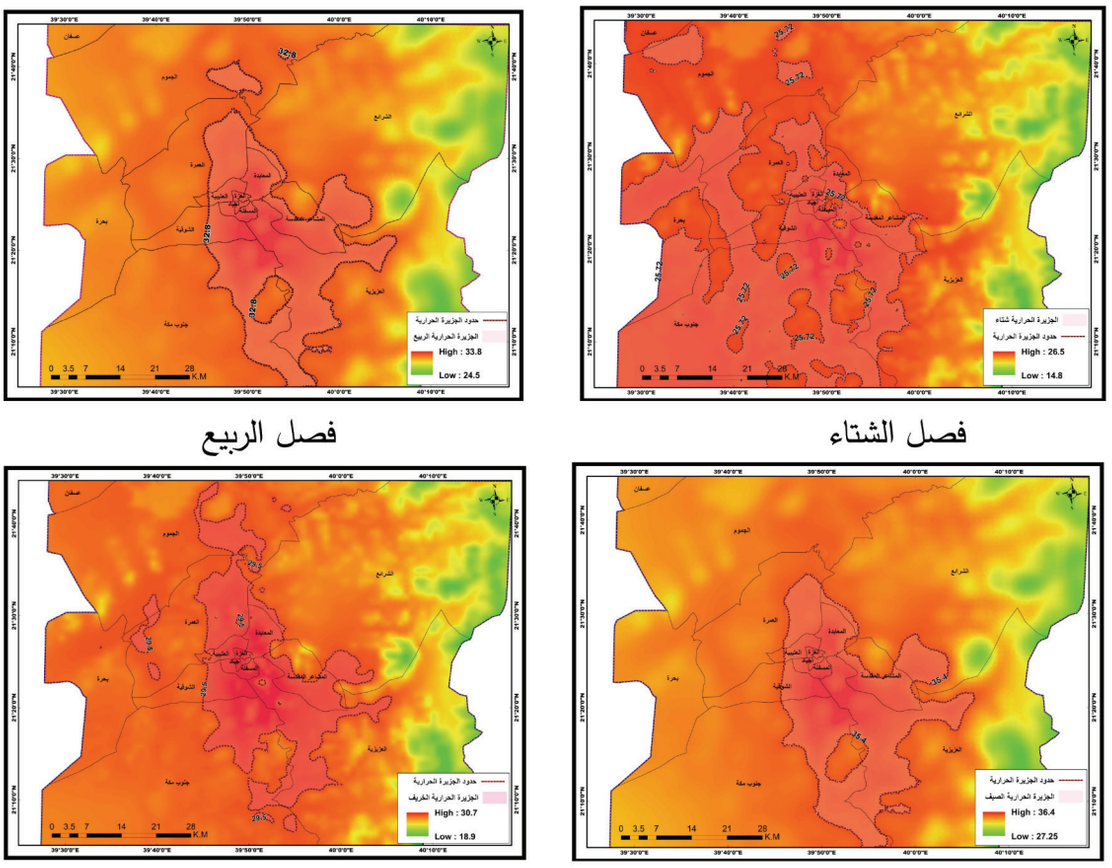
العلاقة بين درجة حرارة سطح الأرض LST والبيئة الحضرية للمدينة تتأثر بتغير فصول السنة، وأثبتت بيانات الدراسة عدم وجود تأثير جوهري على مناطق الجزيرة الحرارية المتأثرة بالازدحامات المرورية وكثافة الحركة المرورية (جدول ٢)

ومن الجدول السابق يتضح مدى التوافق بين نسب اطوال الطرق المغطاة بالجزيرة الحرارية لفصول السنة الأربعة؛ التي تراوحت من ٦٢٪ لفصل الشتاء إلى اقصى نسبة والبالغة ٦٨٪ لفصل الربيع شكل (٦)، وبذلك فأن حوالي ٧٧٪ من اطوال الطرق تعد ذات تأثير طردي مع تكون الجزيرة الحرارية، حيث أن نتائج الارتباط المكاني بين الجزيرة الحرارية وكثافة الشبكة اثبت ذلك من خلال وقوع حوالي ٩٣٪ من بؤر الاختناقات المرورية في مدينة مكة المكرمة ضمن نطاق التغطية المكانية للجزيرة (شكل ٧- ٨)، أي أن هناك علاقة طردية بين الجزيرة الحرارية وكثافة الشبكة المرورية.



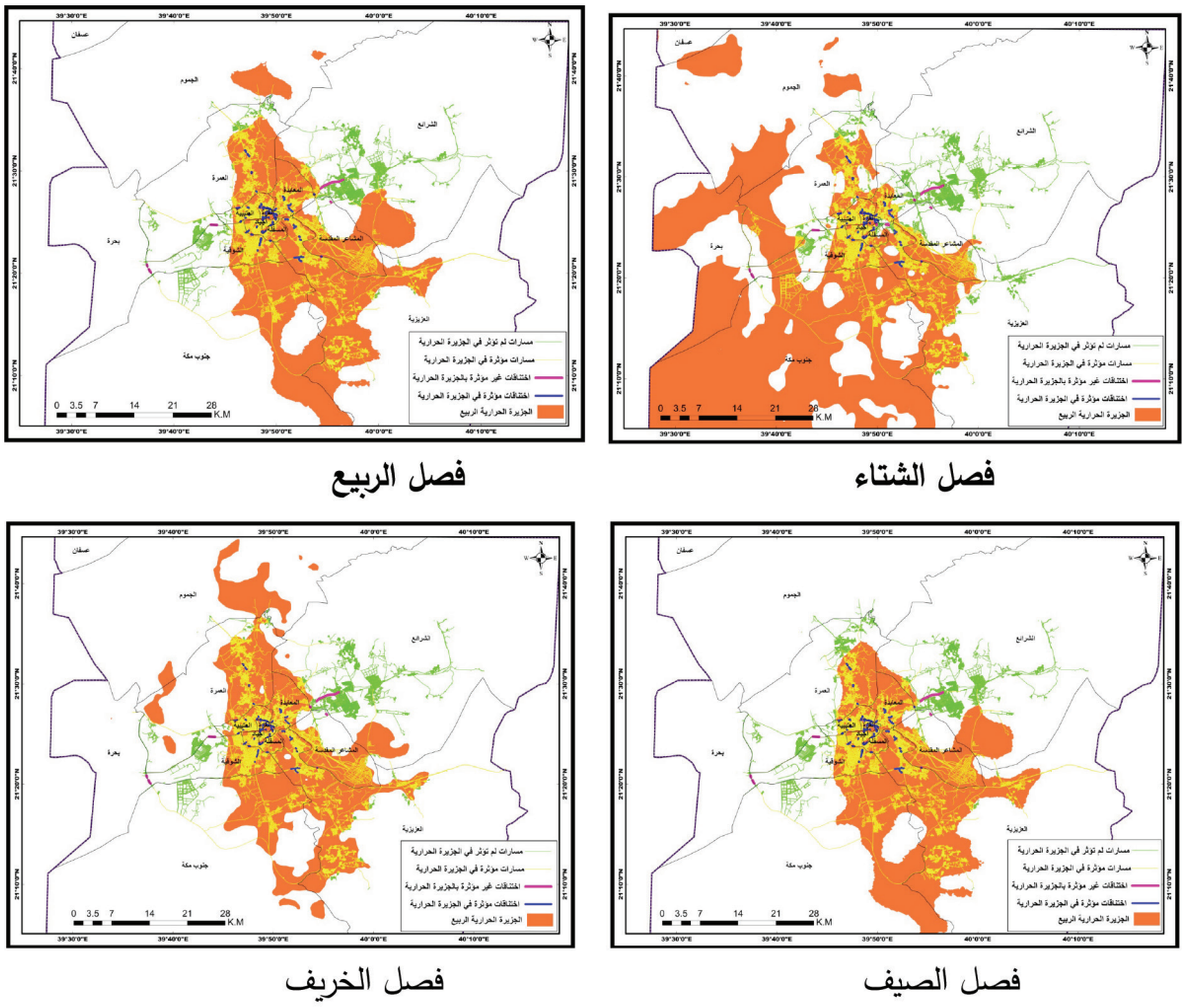
المصدر: الباحثتان بالاعتماد على تحليل بيانات الدراسة.

شكل (٦) الرسم البياني لتأثير الحركة المرورية على الجزر الحرارية حسب فصول السنة.



المصدر: الباحثتان بالاعتماد على تحليل بيانات الدراسة.

شكل (٧) الجزيرة الحرارية الحضرية بمنطقة الدراسة.



المصدر: الباحثتان بالاعتماد على تحليل بيانات الدراسة.

شكل (٨) آثر حركة النقل في الجزيرة الحرارية الحضرية بمدينة مكة المكرمة .

ومن الاشكال السابقة يتضح ارتباط قمم الجزر الحرارية مع مواقع الازدحامات المرورية في المناطق ذات كثافة الشبكة والمرتبطة بتاريخ نمو العمران وتكامل الخدمات الأساسية للمدينة والتي تستقطب رحلات العمل اليومية المنطلقة من مناطق تركز العمران.

كما يتضح ارتباط مواقع قمم الجزر الحرارية مع الاختناقات بشكل كامل في الطرق التجميعية التي تصب في الطرق الرئيسية عند مواقع المخارج الرابطة ذات الإشارات الضوئية والتي تستلزم إدارة يدوية من قبل المرور لتحسين مرونة الوصول والتنقل.

الخاتمة والتوصيات:

تعاني شبكة الشوارع في المدن المليونية من اختناقات مرورية في مناطق عديده ما يتطلب من إدارة التخطيط في المدن من اتخاذ إجراءات سريعة لحل الازمة المرورية وما ينتج عنها من تبعات بيئية، ويستلزم جمع البيانات لوضع خطوات المعالجة، ومع الطرق التقليدية اصبح الموضوع مكلف من حيث الزمن والجهد والمال، لذلك فان استخدام المرئيات الفضائية ذات النطاقات الحرارية تمكن من استخراج مواقع الاختناقات والأماكن المتضررة بيئياً من خلال تحديد نطاقات الجزر الحرارية واكتشاف مواقع الاختناقات المتركزة في القمم للجزيرة والتي أعطت صورة واضحة من خلال تحليلها لفصول السنة الأربعة وجاءت النتائج ذات ارتباط طردي قوي لجميع فصول السنة لذلك تقترح الدراسة:

استخدام تقنية الاستشعار عن بعد وتحليل المرئيات الفضائية عالية الدقة ذات النطاق الحراري للكشف عن المشاكل الديناميكية لشبكة الطرق والحصول على نتائج

ثنائية دقيقة حول الأوضاع البيئية للمدينة والاختناقات المرورية في ذات الوقت.

انشاء مراكز تحليل الخطر وإدارة الازمة في مراكز التخطيط في المدينة تضم مختصين في علم المناخ والتقنيات الجغرافية لاستخراج البيانات ووضع خطط معالجة سريعة.

وضع خطط متكاملة المصادر من قبل إدارة التخطيط بالمدن تشمل المنابع والاهداف للرحلة اليومية للمدن لحل مشاكل الاختناقات المرورية ومصادر التلوث الناجمة عنها عبر انشاء تقاطعات متعددة الارتفاعات تخفف من كمية الضغط عن الطبقة السطحية لشبكة الطرق ذات المستوى الواحد.

المصادر:

أمانة العاصمة المقدسة (٢٠٢١) ، شبكات الطرق في منطقة مكة المكرمة، الإدارة العامة للطرق، بيانات غير منشورة.

المراجع (References):

-Geng, S. & Others (2021), Spatiotemporal patterns and driving forces of remotely sensed urban agglomeration heat islands in South China, Science of The Total Environment, Volume 800, 15 December 2021, 149499.
https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107845.

-Louiza, H. & Others (2015), Impact of the transport on the urban heat island, International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2015, 5(3): 252 – 263. DOI: http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2015.5(3).03.

-Ren, T.; Zhou, W.; Wang; J. (2021), Beyond intensity of urban heat island effect: A continental scale analysis on land surface temperature in major Chinese cities, Science of The Total Environment, Volume 791, 15 October 2021, 148334. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148334.

-Wang, Z. & Others (2021), Environmental and anthropogenic drivers of surface urban heat island intensity: A case-study in the Yangtze River Delta, China, Ecological Indicators, Volume 128, September 2021, 107845.

-Yamamoto, K., Ima, (2015), An Evaluation of Measures Regarding Road Traffic against the Urban Heat Island in the Tokyo Ward Area, Japan, Journal of Environmental Protection, 2015, 6, 957-975. Published Online September 2015 in SciRes. http://www.scirp.org/journal/jep.

-Yuan, B. & Others (2021), Separate and combined effects of 3D building features and urban green space on land surface temperature, Journal of Environmental Management, Volume 295, 1 October 2021, 113116.

ملحق (أ)

جدول (١) بيانات المرئيات الفضائية المستخدمة في البحث

القمر الصناعي	العنصر	الدقة المكانية	الوحدة	الوحدة	تاريخ المرئية البداية	تاريخ المرئية النهائية
FLADS MODEL	Surface Air Temperature	0.01°	كلفانية (K)	يوم اجازة يوم السبت قبل جائحة كورونا	٢٠٢٠/٢/٨ ١٤٤١/٦/١٤	٢٠٢٠/٢/٨ ١٤٤١/٦/١٤
FLADS MODEL	Surface Air Teumperature	0.01°	كلفانية (K)	يوم دراسة يوم الاثنين قبل جائحة كورونا	٢٠٢٠/٢/١٠ ١٤٤١/٦/١٦	٢٠٢٠/٢/١٠ ١٤٤١/٦/١٦
FLADS MODEL	Surface Air Temperature	0.01°	كلفانية (K)	فصل الشتاء	٢٠٢٠/١٢/٢٢ ١٤٤٢/٥/٧	٢٠٢١/٣/٢١ ١٤٤٢/٨/١١
FLADS MODEL	Surface Air Temperature	0.01°	كلفانية (K)	فصل الربيع	٢٠٢١/٣/٢٢ ١٤٤٢/٨/٩	٢٠٢١/٦/٢١ ١٤٤٢/١١/١١
FLADS MODEL	Surface Air Temperature	0.01°	كلفانية (K)	فصل الصيف	٢٠٢١/٦/٢٢ ١٤٤٢/١١/١٢	٢٠٢١/٩/٢١ ١٤٤٣/٢/١٤
FLADS MODEL	Surface Air Temperature	0.01°	كلفانية (K)	فصل الخريف	٢٠٢١/٩/٢٢ ١٤٤٣/٢/١٥	٢٠٢٠/١٢/٢١ ١٤٤٢/٥/٦

المصدر: موقع وكالة ناسا (٢).

(٢) https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/?fbclid