

## تحليل التغير الزمني والمكاني للتركيب الحراري لمدينة الغردقة

د. شيماء السيد عبد النبي السيد (\*\*)

د. أسماء محسن بدير على القرش (\*)

المستخلص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل التغيرات الزمنية والمكانية التي طرأت على التركيب الحراري لمدينة الغردقة، حيث شهدت الغردقة نموًا سكانيًا وعمريًا متناميًا نتج عنه تغير في استخدامات الأرض والغطاء الأرضي ارتبط به حدوث تغير في التركيب الحراري للمدينة، واعتمدت هذه الدراسة بشكل أساسي على اشتقاق درجات حرارة سطح الأرض من صور مرئيات القمر الأمريكي لاند سات أقمار (5-8-9) خلال الفترة الزمنية من (2005 حتى 2023)، كما تم الاعتماد عليها أيضًا في مراقبة وتحليل تغير استخدام الأرض والغطاء الأرضي ولاسيما في مراقبة النمو الحضري للمدينة لايجاد العلاقة الارتباطية بين درجة النشاط البشري وتغير التركيب الحراري، وتبين من دراسة التركيب الحراري للمدينة في شهري يوليو ويناير لعامي 2005 و2021 حدوث تغير في متوسط درجة الحرارة حيث بلغت 27°م في يوليو 2005 ثم بلغت 29,2°م في يوليو 2021 بزيادة مقدارها 2,2°م، وبلغ متوسط درجة الحرارة خلال شهر يناير لعام 2005 نحو 19,7°م للمدينة ونحو 21,2°م عام 2021 بزيادة مقدارها 1,5°م، ويرجع زيادة متوسط درجة الحرارة إلى تغير استخدام الأرض ولاسيما النمو الحضري الذي شهدته المدينة. حيث بلغت مساحة المناطق العمرانية نحو 25,96 كم<sup>2</sup> عام 2005 ثم نحو 44,92 كم<sup>2</sup> عام 2023؛ لتزداد مساحتها بمقدار 18,96 كم<sup>2</sup> خلال الفترة من 2005 حتى 2023 وجاءت تلك الزيادة على حساب تناقص مساحة الأراضي الفضاء والمراوح الفيضية، مما أدى إلى تغير التركيب الحراري للمدينة وارتفاع درجة حرارة المناطق العمرانية عما كانت عليه، وأوصت الدراسة بمجموعة من التوصيات والمقترحات التي سوف تسهم في تخفيف الآثار السلبية الناتجة عن ارتفاع درجة حرارة المدينة وتحسين الظروف البيئية بها.

**الكلمات المفتاحية:** درجة حرارة سطح الأرض (LST)، النمذجة المكانية، التركيب الحراري، النمو الحضري، مدينة الغردقة.

(\*) مدرس الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية - كلية الآداب - جامعة الإسكندرية.

(\*\*) مدرس الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية - كلية الآداب - جامعة الإسكندرية.

## مقدمة:

يؤثر النمو الحضري في تغير التركيب الحراري للمدن بفعل استبدال الغطاء الأرضي الطبيعي بالمباني والطرق، مما يؤدي إلى تركيز انبعاث الطاقة الحرارية في المناطق التي ترتفع فيها كثافة النشاط البشري بالمدن الكبرى فتصبح أكثر دفئاً مقارنة بالمناطق الهامشية التي تنخفض فيها كثافة النشاط البشري. وتُعرف الجزر الحرارية الحضرية UHI بأنها ظاهرة تشهد فيها المناطق الحضرية والضواحي درجات حرارة أكثر دفئاً مقارنة بالمناطق المحيطة بها (Heisler & Brazel, 2010) حيث يسهم النمو السكاني والعمراني الكثيف وما يرتبط بهما من أنشطة بشرية في حدوث مشكلات بيئية يتمثل أبرزها في ارتفاع درجة حرارة المدن. وتركز هذه الدراسة على تحديد أسباب التباين الزمني المكاني للتركيب الحراري بمدينة الغردقة من خلال الاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد التي تعد مصدراً هاماً ورئيسياً للمعلومات الجغرافية الخاصة بالغطاء الأرضي واستخدام الأرض كما توفر بيانات الاستشعار عن بعد بنطاق الأشعة تحت الحمراء الحرارية بالطيف الكهرومغناطيسي معلومات تفصيلية حول التركيب الحراري لسطح الأرض والتي لها علاقة مباشرة بتقدير قياسات درجة حرارة سطح الأرض مما يوفر أساس مرجعي لرصد وقياس تغير المناخ بالمدن فضلاً عن توفير مدخلات سليمة علمياً للنماذج المناخية، كما تمكننا تقنيات الاستشعار عن بعد من دراسة وتحليل التغيرات الزمنية والمكانية التي طرأت على التركيب الحراري للمدينة من خلال توافر سجل زمني للمرتبات الفضائية مفتوحة المصدر، وتكمن أهمية هذه الدراسة في تحديد البقاع الساخنة (Hot Spot) بمدينة الغردقة مما يساعد متخذي القرار والقائمين على التخطيط الحضري في وضع خطة للتخفيف من الآثار السلبية الناتجة عن ارتفاع درجات الحرارة بمدينة الغردقة تمهيداً لتحويلها لمدينة خضراء أسوة بمدينة شرم الشيخ مما يسهم في تحسين الظروف المناخية والبيئية بمدينة الغردقة.

## أولاً: الإطار المنهجي للدراسة:

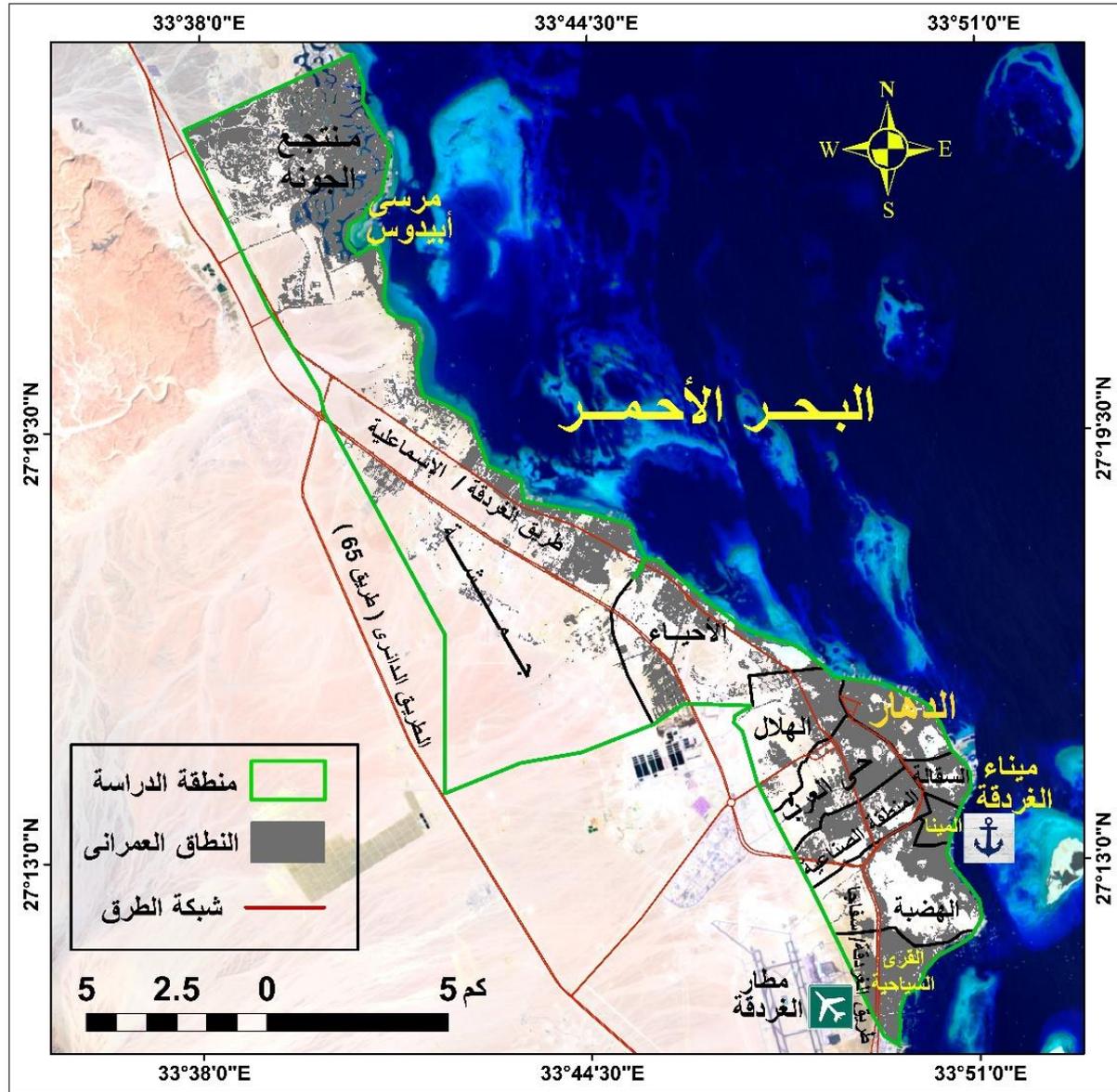
### ١. منطقة الدراسة:

تقع مدينة الغردقة بين خطى طول (٣٠° ٣٦' ٣٣" - ٣٠° ٥٠' ٣٣") شرقاً ودائرتي عرض (٠° ١١' ٢٧" - ٣٠° ٢٥' ٢٧") شمالاً وتبلغ مساحتها نحو ١٤٠,٥٧ كيلومتر مربع شكل رقم (١)، وتكتسب مدينة الغردقة أهميتها من احتوائها على مجموعة من المقومات الطبيعية التي جعلتها من أشهر المدن السياحية بمصر والعالم وأهلتها لتكون عاصمة لمحافظة البحر الأحمر حيث تتميز المدينة بتنوع ظاهرات السطح ما بين السهل الساحلي المطل على الساحل الغربي للبحر الأحمر شرق المدينة والظهير الصحراوي غربها، وتشهد الغردقة نمواً سكانياً وعمرانياً متنامياً نتج عنه تغير في استخدامات الأرض والغطاء الأرضي صاحبه حدوث تغير في التركيب الحراري للمدينة، وبلغ عدد سكان الغردقة نحو ١٩٠,٦٣٢ نسمة عام ٢٠١٧، وتنقسم المدينة إدارياً إلى قسمين اثنين هما قسم أول الغردقة ويضم خمسة شياخات هي (السقالة - الميناء - المنطقة الصناعية - الهضبة - القري السياحية) وقسم ثان الغردقة ويضم خمس شياخات هي (الدهار - العرب - الهلال - الأحياء - جمشة).

### ٢. الإشكالية البحثية:

تعد مدينة الغردقة من أهم المدن المصرية المطلّة على ساحل البحر الأحمر، وشهدت المدينة نمواً حضرياً في الفترات الأخيرة أدى إلى تغير الغطاء الأرضي الطبيعي بها ترتب عليه حدوث زيادة كمية الطاقة الحرارية المنبعثة من المناطق العمرانية فأصبحت أكثر دفئاً مما كانت عليه، وتسعى هذه الدراسة إلى تحسين الظروف المناخية والبيئية بالمدينة للتخفيف من الآثار السلبية الناتجة عن احترار المدينة وتكون الجزر الحرارية الحضرية بها، وتكمن أهمية هذه الدراسة في سعيها لتحقيق الأهداف الاستراتيجية الوطنية للتغيرات المناخية حتى عام ٢٠٥٠ التي أطلقتها مصر في مع ١٩ مايو عام ٢٠٢٢، والتي تتضمن على رؤية للتصدي بفعالية لآثار وتداعيات تغير المناخ، بما يساهم في تحسين جودة الحياة للمواطن

المصري، وتحقيق النمو الاقتصادي المستدام، والحفاظ على الموارد الطبيعية والنظم البيئية.



المصدر: مرئية فضائية لاند سات ٩ (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

شكل رقم (١) الأقسام الإدارية بمنطقة الدراسة لعام ٢٠٢٣

### ٣. أهداف الدراسة:

- إنتاج خريطة التركيب الحراري لمدينة الغردقة اعتمادًا على المرئيات الفضائية في عامي ٢٠٠٥ و ٢٠٢١ لتحديد ودراسة التغيرات التي طرأت على التركيب الحراري للمدينة.
- حصر النطاقات الحضرية المتأثرة بالجزر الحرارية.

- دراسة التوقع المستقبلي لدرجات حرارة مدينة الغردقة.
- تقديم حلول وتوصيات تسهم في التخفيف من الآثار السلبية الناتجة عن ارتفاع درجة حرارة المدينة لتحسين الظروف المناخية والبيئية بها بما يتوافق مع الخطة الاستراتيجية الوطنية للتغيرات المناخية.

#### ٤. دراسات سابقة:

نعرض فيها أهم الدراسات التي تتفق مع هذا البحث في طبيعة البيانات المستخدمة والأهداف وطريقة معالجتها بنماذج متفرقة من مدن العالم ، وجدير بالذكر أن معظم الدراسات على مدينة الغردقة تناولت خصائص المناخ بها دون الربط بين التركيب الحراري والنمو العمراني ، ولم يسبق دراسة التغيرات الزمنية المكانية للتركيب الحراري للمدينة وعلاقته بتغير استخدام الأرض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد بالغرقة من قبل، وتتمثل أهم الدراسات السابقة في الآتي:

- درس (K. Sanjeev et al., 2023)، تحليل التقلبات المكانية والزمنية لدرجة حرارة سطح الأرض (LST) باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد (لاندسات ٨&٥) لتوصيف الجزر الحرارية الحضرية (UHIs) بمنطقة وادي دوون بالهيمالايا بالهند، واعتمدت الدراسة على اشتقاق درجات حرارة سطح الأرض (LST) من مرئيات اللاندسات خلال الفترة من (١٩٩٠-٢٠٢٠) مع دراسة علاقة الارتباط بينها وبين توزيع المناطق الخضراء (من خلال اعداد مؤشر فرق الغطاء النباتي NDVI)، وتوصلت الدراسة إلى أن مساحة الجزيرة الحرارية الحضرية UHI بلغت نحو ٤٩٩,٢٦ كيلومتر مربع خلال عامي ١٩٩٠ و ٢٠٢٠ بسبب التحضر السريع الذي شهدته المنطقة وماله من تأثير كبير في رفع درجات الحرارة السطحية لكل من الغلاف الجوي المحلي والعالمى، مما يؤدي إلى تكون الجزر الحرارية الحضرية ، وأوصت بضرورة الاهتمام بهذا النوع من الدراسات التي تتوافق مع تحقيق أهداف التنمية المستدامة فضلاً عن إمكانية استخدامها في التنبؤ بسيناريوهات المناخ والطقس.

- درس (D. Vergara, et al., 2023)، تقييم ونمذجة الجزر الحرارية الحضرية في مدينة باجيو بالفلبين باستخدام صور لاند سات (٩&٨) والتعلم الآلي، وخلصت نتائج تحليل UTFVI إلى تقاوم ظاهرة UHI (الجزيرة الحرارية الحضرية السطحية) في مدينة باجيو في السنوات الثلاث الماضية بسبب النمو السكاني والعمراي الذي شهدته المدينة التي تعد مقصدًا سياحيًا شهيرًا للأشخاص الذين يرغبون في الهروب من الحرارة في مناطق الأراضي المنخفضة بالفلبين، وأوصت هذه الدراسة بضرورة الاعتماد على نتائجها في تخطيط المدينة وتطويرها مستقبلاً وكذلك في وضع حلول ومقترحات لتحسين الظروف المناخية والبيئية للمدينة.

- استخدمت (موسى، ٢٠٢٢) نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار لدراسة تأثير ارتفاع درجات الحرارة الناتج عن التحضر بمدينة بورسعيد مع تحديد شدة الجزيرة الحرارية خلال الفترة من ١٩٩٨-٢٠١٨، وتوصلت إلى وجود الجزيرة الحرارية بمدينة بورسعيد على مدار فصول السنة خلال فترة الدراسة، وأوضحت أن شدة الجزيرة الحرارية بلغت أقصاها في فصلي الصيف والربيع بالنسبة للظهير الصحراوي ويعود ذلك لارتفاع درجات الحرارة وقلّة الغطاءات الأرضية به مقارنة بالمدينة، وأوصت بضرورة توسعة المساحات الخضراء لما لها من تأثير يسهم في التخفيف من شدة الجزيرة الحرارية.

- اعتمد (سعد، ٢٠٢١) على تقنيات الاستشعار عن بعد في مراقبة تغير الجزر الحرارية بمدينة ينبع باستخدام مرئيات لاند سات في الأعوام (٢٠٠١-٢٠١٠) ، وخلص إلى أن درجات الحرارة ارتفعت بنحو ٦ درجة مئوية خلال عامي ٢٠٠١-٢٠١٩، وأرجع التغير في مستويات الحرارة بالمدينة إلى تباين أغطية واستعمالات الأرض واختلاف قدرتها الانعكاسية للإشعاع، وأوصى بضرورة اعداد دراسات لمراقبة تغير توزيع درجات الحرارة بالمدن على مستويات زمنية (شهرية - فصلية - سنوية) اعتماداً على تحليل صور الأقمار الاصطناعية لما لها من أهمية بالغة في تحديد المناطق الساخنة مما يسهم في التخفيف من المشكلات الناتجة عنها، كما أوصى بضرورة الاعتماد على وسائل

الطاقة النظيفة المتجددة فضلا عن الاهتمام بالتشجير والتوسع في إنشاء المسطحات الخضراء .

- استخدم (R. Alhawiti, et a.,2016) بيانات لاند سات ٨ لاستكشاف الارتباط بين الجزر الحرارية الحضرية واستخدامات الأراضي الحضرية بمدينة لودرديل ، بفلوريدا عام ٢٠١٤ ، وأوضحت الدراسة أن المناطق الحضرية وخاصة القلب التجاري للمدينة سجل معدلات مرتفعة لدرجات الحرارة السطحية العظمى تراوحت بين (٢٠,٩م°-٣٤,٥م°) بينما سجلت المناطق الزراعية والمناطق القريبة من المسطحات المائية درجات حرارة أقل بلغ متوسطها نحو ١٦,٢ م° مما يدل على وجود علاقة ارتباطية موجبة بين توزيع الجزر الحرارية الساخنة وتوزيع المناطق الحضرية بالمدينة.
- درس (S.Kamh, 2012) et al., تقييم تغير الغطاء الأرضي الحضري بالغردقة، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد خلال الفترة من ١٩٨٧ الى ٢٠٠٥ ، واعتمدت الدراسة على تحليل وتصنيف صور المرئيات الفضائية بهدف تحديد مساحة المنطقة الحضرية ورصد التغيرات التي طرأت عليها خلال فترة الدراسة، وأوضحت أن المنطقة العمرانية شهدت زيادة في مساحتها بلغت نحو ٣١,٦٧ كيلومتر مربع بسبب النمو السكاني والنشاط السياحي الذي شهدته المدينة خلال تلك الفترة، وأوصت بضرورة الاعتماد على نتائج الدراسات التي تهتم بمراقبة ورصد التغير في النمو الحضري لما لها من أهمية كبيرة في وضع المخططات العمرانية المستقبلية للمدن.
- درس (شرف، ١٩٩٦) التباين المكاني لدرجة الحرارة بمدينة الإسكندرية خلال الليل والنهار، وتوصل إلى أن التباين الحراري بالمدينة مرتبط بتركيبها الوظيفي خاصة بالمنشآت الصناعية والمخابز التي تمثل المصدر الرئيسي للانبعاثات الحرارية بها.

## ٥. المنهجية والأساليب البحثية:

## - منهج البحث:

استخدم المنهج الجغرافي الشمولي بشقيه الاستقرائي والاستنتاجي، فتم الاعتماد على المنهج الاستقرائي التحليلي الذي يبدأ بالعمومية وينتهي بالخصوصية في استقراء البيانات الوصفية والإحصائية، والاستنتاجي في إيجاد العلاقات المكانية، وذلك اعتماداً على مجموعة من النماذج الرياضية و المؤشرات الإحصائية التي تم تطبيقها في بيئة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، كما تم الاعتماد على أسلوب تحليل السلاسل الزمنية لرصد وتحليل التغيرات التي طرأت على التركيب الحراري للمدينة خلال عامي ٢٠٠٥ و ٢٠٢١، بالإضافة إلى رصد وتحليل التغيرات التي طرأت على استخدام الأرض والغطاء الأرضي؛ لتحديد العلاقة بين درجة النشاط البشري واحترار المدينة.

## - الأساليب والبيانات المستخدمة في البحث:

تعتمد هذه الدراسة بشكل أساسي على اشتقاق درجات حرارة سطح الأرض (LST) من تحليل بيانات المرئيات الفضائية للقمر الاصطناعي لاندسات الموضحة بجدول رقم (١)، والتي تم الاعتماد عليها أيضاً في مراقبة وتحليل تغير استخدام الأرض والغطاء الأرضي، لإيجاد العلاقة بين كثافة النشاط البشري وتغير التركيب الحراري للمدينة، فضلاً عن مقارنة توزيع البقاع الساخنة (Hot Spot) بالمناطق العمرانية مما يسهم في تفسير التغيرات الزمنية المكانية التي شهدتها درجات الحرارة بالمدينة نتيجة تأثرها بالنمو الحضري خلال الفترة من ٢٠٠٥ حتى ٢٠٢١، ويوضح جدول رقم (٢) وشكل رقم (٢) الخطوات المنهجية والمعادلات والصيغ الرياضية التي تم تطبيقها على المرئيات الفضائية لمدينة الغردقة خلال شهري يناير ويوليو لعامي ٢٠٠٥ و ٢٠٢١ لدراسة تركيبها الحراري، واعتمدت الدراسة على أسلوب تحليل صور المرئيات الفضائية، وأسلوب النمذجة المكانية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية.

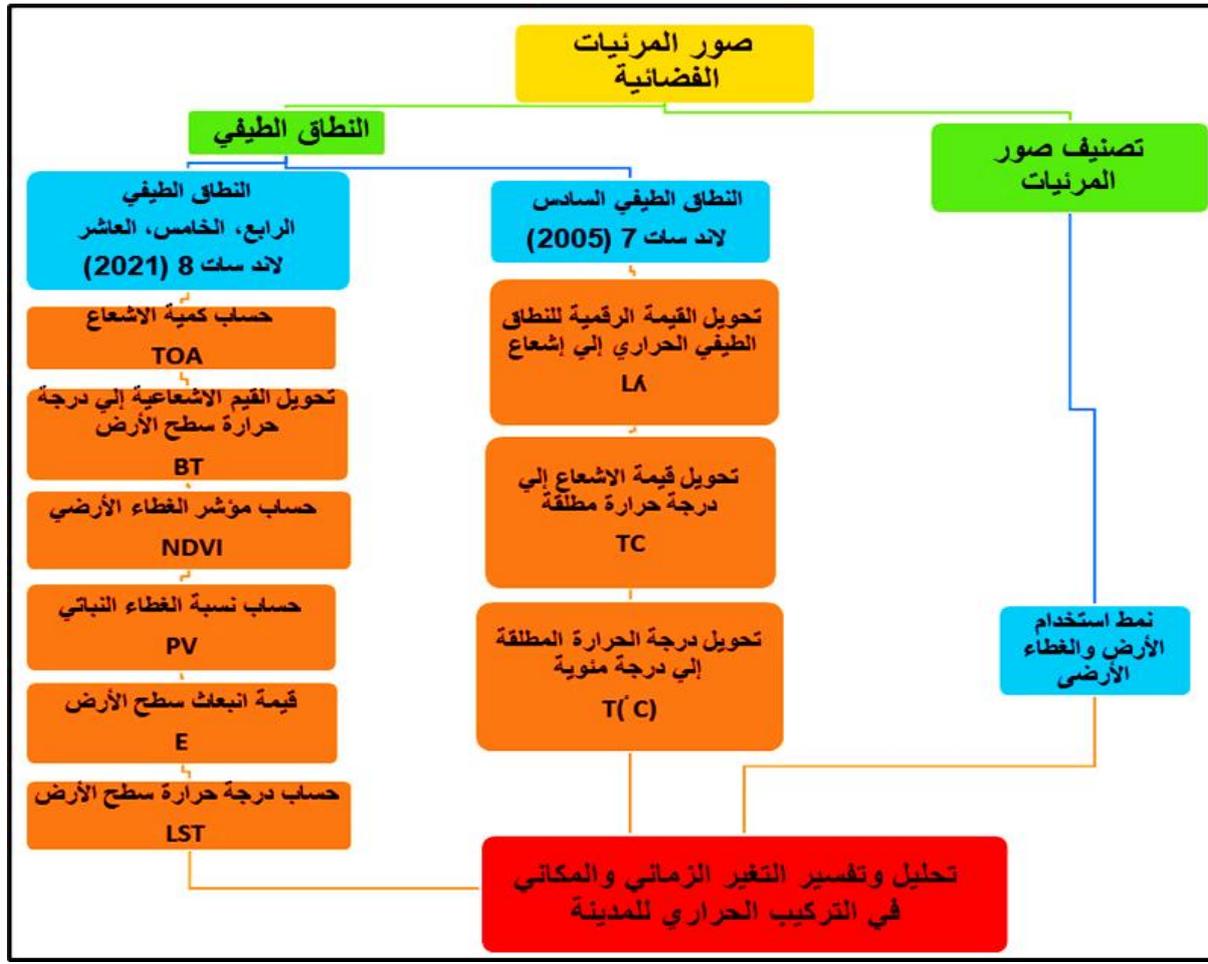
جدول رقم (١) بيانات مرئيات القمر الاصطناعي لاند سات المستخدمة في البحث

الهدف	Row	Path	الدقة المكانية (م)	المستشعر	تاريخ المرئية/ القمر
اشتقاق LST في شهر يناير	٤١	١٧٤	٣٠	MSS_TM	لاند سات (٥) ٠٦/٠١/٢٠٠٥
اشتقاق LST في شهر يوليو	٤١	١٧٤	٣٠	MSS_TM	لاند سات (٥) ٠٢/٠٧/٢٠٠٥
انتاج خريطة الغطاء الأرضي	٤١	١٧٤	٣٠	OLI_TIRS	لاند سات (٨) ٢١/٠٨/٢٠١٣
اشتقاق LST في شهر يناير	٤١	١٧٤	٣٠	OLI_TIRS	لاند سات (٨) ١٠/٠١/٢٠٢١
اشتقاق LST في شهر يوليو	٤١	١٧٤	٣٠	OLI_TIRS	لاند سات (٨) ٠٥/٠٧/٢٠٢١
انتاج خريطة الغطاء الأرضي	٤١	١٧٤	٣٠	OLI_TIRS	لاند سات (٩) ٠٣/٠٤/٢٠٢٣

المصدر: (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

جدول رقم (٢) المعادلات والمؤشرات المستخدمة في اشتقاق درجة حرارة سطح الأرض من المرئيات الفضائية

آلية اشتقاق درجة حرارة سطح الأرض من مرئيات لاند سات 5 لعام 2005			
م	الخطوات المنهجية	المعادلة / المؤشر	المصدر / المرجع
1	حساب الإشعاع الطيفي	$L_{\lambda} = \left( \frac{L_{max_{\lambda}} - L_{min_{\lambda}}}{Q_{cal_{max}}} \right) \times Q_{cal} + L_{min_{\lambda}}$	(G, Chander et al. 2003)
2	حساب حرارة السطوح	$T_c = \frac{k2}{\ln\left(\frac{k1}{L_{\lambda}} + 1\right)}$	
	تحويل درجات الحرارة إلى النظام المنوي	$T_{(°C)} = T_{(k)} - 273.15$	
8 لعام 2021			
1	حساب الإشعاع الطيفي	$L_{\lambda} = ML * Q_{cal} + AL$	B, Ayad, et al, 2016)
2	تحويل الإشعاع الطيفي الي درجة حرارة سطح الأرض	$BT = K2 / \ln(k1 / L_{\lambda} + 1) - 272.15$	M, Sajib, et al. 2020)
3	حساب مؤشر الغطاء النباتي	$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$	Erdas Imagine v.14
4	نسبة التغطية النباتية	$PV = [(NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} + NDVI_{min})]^2$	
6	حساب انبعاثات سطح الأرض	$E = 0.004 * PV + 0.986$	(G, Chander et al. 2003)
	حساب درجة حرارة سطح الأرض	$LST = (BT / 1) + W * (BT / 14380) * \ln(E)$	



شكل رقم (١) الإطار المنهجي للدراسة

ثانياً: مناقشة وتحليل النتائج:

### ١. تحليل التغيرات الزمنية المكانية للتركيب الحراري للمدينة:

يتضح من دراسة وتحليل جدول رقم (٣) والأشكال أرقام (٣، ٤، ٥، ٦) التي توضح التركيب الحراري لمدينة الغردقة في عامي ٢٠٠٥ و ٢٠٢١ حدوث تغيرات زمنية ومكانية في تركيبها الحراري، والتي يمكن تفسيرها على النحو التالي:

#### أ. التغيرات الزمنية للتركيب الحراري:

- التغيرات الزمنية خلال شهر يناير لعامي ٢٠٠٥ / ٢٠٢١: سجلت أدنى درجة حرارة في يناير ٢٠٠٥ حوالي ١٤,٢°م، وسجلت أعلى درجة حرارة ٢٣,٥°م بمدي حراري ٩,٣°م بينما في عام ٢٠٢١ سجلت أقل درجة حرارة في نفس الشهر حوالي ١٥,٧°م، وسجلت أعلى درجة حرارة ٢٥,٢°م بمدي

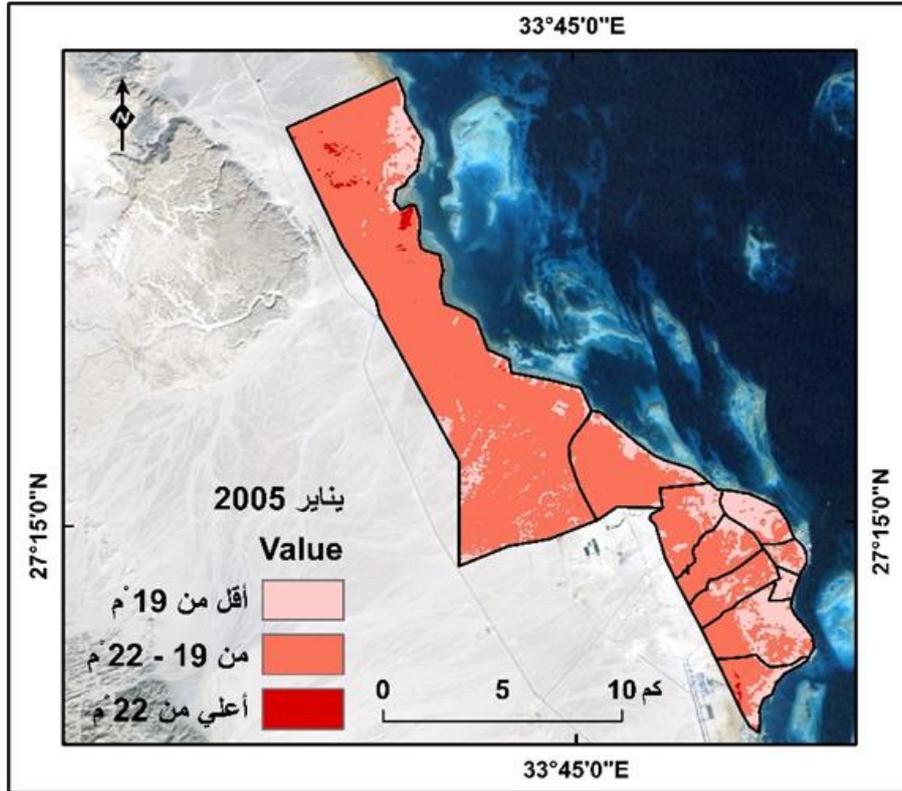
حراري  $9,5^{\circ}\text{م}$ ، وهو ما يعني أن درجة الحرارة الصغرى ارتفعت بمقدار  $1,5^{\circ}\text{م}$ ، بينما ارتفعت درجة الحرارة العظمى بمقدار  $1,7^{\circ}\text{م}$  وذلك خلال فترة الدراسة. وصاحب ذلك ارتفاع في المتوسط العام لدرجة الحرارة والذي بلغ  $21,2^{\circ}\text{م}$  عام 2021 بعد أن كان  $19,7^{\circ}\text{م}$  عام 2005 وذلك بزيادة قدرها  $1,5^{\circ}\text{م}$ .

- التغيرات الزمنية خلال شهر يوليو لعامي 2005 / 2021: تراوحت درجات الحرارة بين  $18,3^{\circ}\text{م}$  و  $31,6^{\circ}\text{م}$  بمدي حراري  $13,3^{\circ}\text{م}$  وذلك عام 2005، كما تراوحت بين  $21,8^{\circ}\text{م}$  و  $31,8^{\circ}\text{م}$  عام 2021 بمدي حراري  $10^{\circ}\text{م}$ . وسجل متوسط درجة الحرارة عام 2005 حوالي  $27^{\circ}\text{م}$ ، بينما وصل إلى  $29,2^{\circ}\text{م}$  عام 2021 بارتفاع قدر بحوالي  $2,2^{\circ}\text{م}$ .

- تراوح المدى الحراري في عام 2005 بين شهري يناير ويوليو حوالي  $8,1^{\circ}\text{م}$ ، و  $4,1^{\circ}\text{م}$  لدرجتي الحرارة العظمى والصغرى على الترتيب.

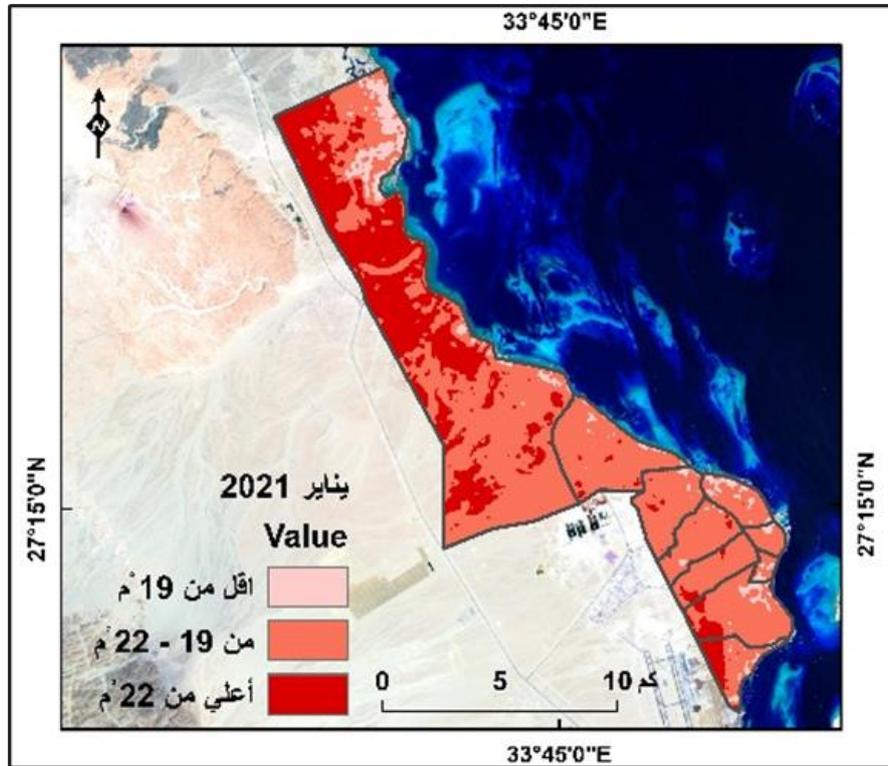
- تراوح المدى الحراري في عام 2021 بين شهري يناير ويوليو حوالي  $6,6^{\circ}\text{م}$ ، و  $6,1^{\circ}\text{م}$  لدرجتي الحرارة العظمى والصغرى بالترتيب.

- يتضح من دراسة التغير الزمني للتركيب الحراري لمدينة الغردقة حدوث ارتفاع في كل من المتوسط العام لدرجة الحرارة ودرجتي الحرارة العظمى والصغرى، ويرجع هذا التغير إلى النمو السكاني والعمراني الذي شهدته المدينة فضلا عن قلة المساحات الخضراء بها خاصة في منطقة قلب المدينة القديم. ويتطلب ارتفاع درجات الحرارة الذي شهدته المدينة خلال الفترة من 2005 حتى 2021 ضرورة اتخاذ إجراءات للحد من الآثار السلبية الناتجة عن احتراق المدينة.



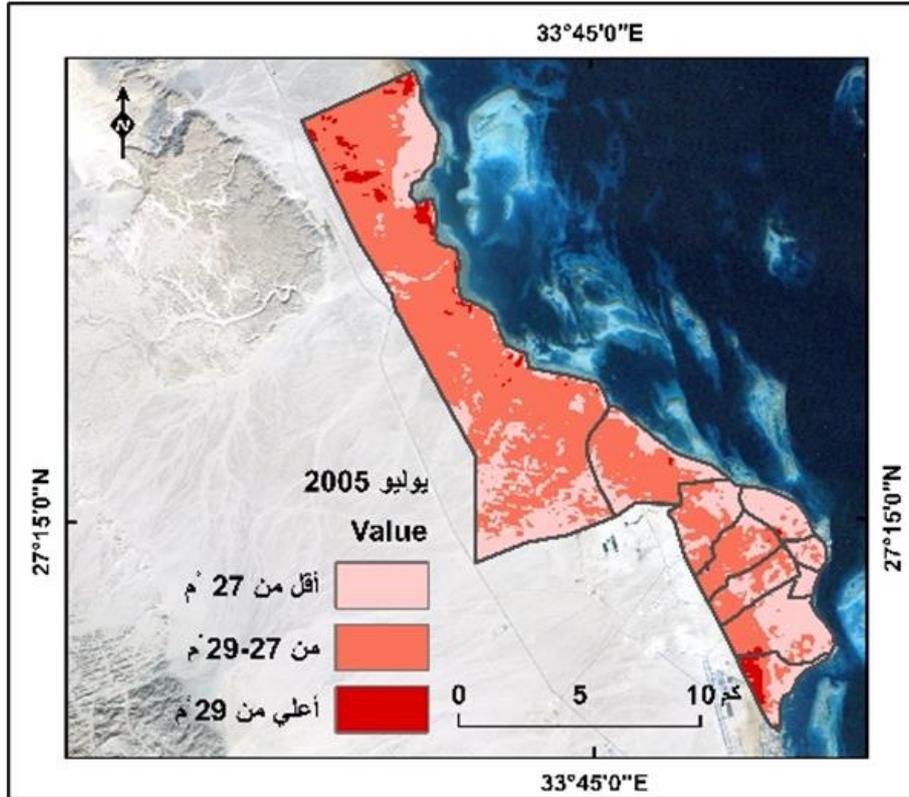
المصدر: مخرج نمذجة المرئيات الفضائية لاند سات عام ٢٠٠٥.

شكل رقم (٢) التركيب الحراري لمدينة الغردقة خلال شهر يناير عام ٢٠٠٥



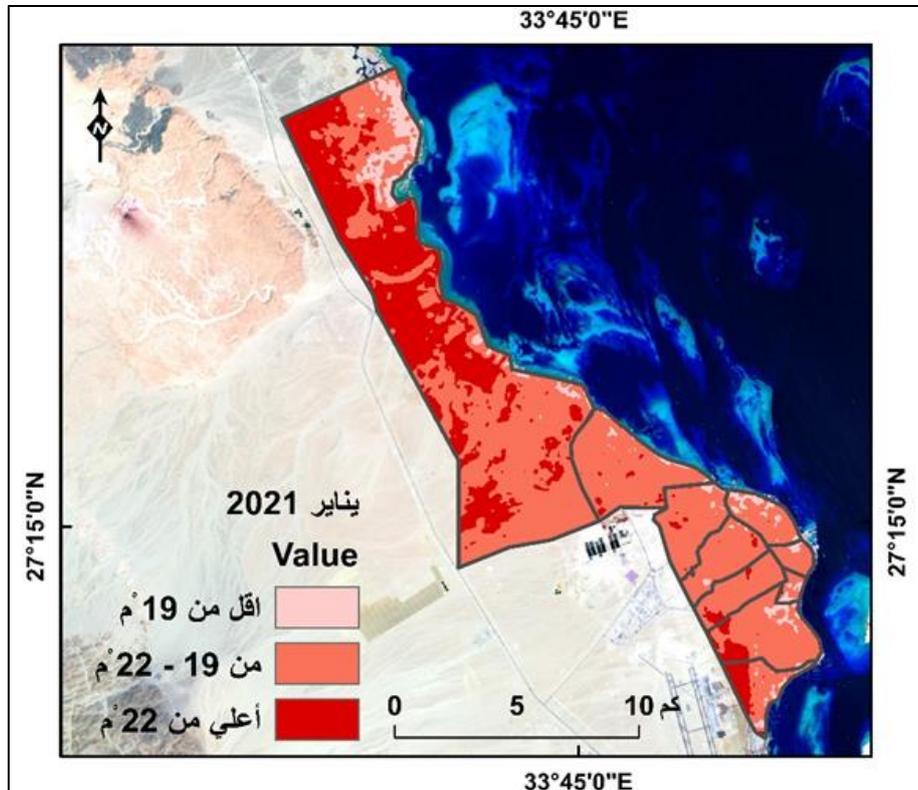
المصدر: مخرج نمذجة المرئيات الفضائية لاند سات لعام ٢٠٢١.

شكل رقم (٣) التركيب الحراري لمدينة الغردقة خلال شهر يناير عام ٢٠٢١



المصدر: مخرج نمذجة المرئيات الفضائية لاند سات عام (٢٠٠٥)

شكل رقم (4) التركيب الحراري لمدينة الغردقة خلال شهر يوليو لعام ٢٠٠٥



المصدر: مخرج نمذجة المرئيات الفضائية لاند سات لعام ٢٠٢١

شكل رقم (5) التركيب الحراري لمدينة الغردقة خلال شهر يوليو لعام ٢٠٢١

جدول رقم (٣) يوضح درجة حرارة سطح الأرض لشهري يناير ويوليو لعامي ٢٠٠٥ و ٢٠٢١ وفئات التركيب الحراري ومساحتها

النسبة (%)	المساحة (كم <sup>٢</sup> )	فئات التركيب الحراري (م°)	المدى الحراري (م°)	الانحراف المعياري	المتوسط (م°)	أعلى درجة حرارة (م°)	أقل درجة حرارة (م°)	الشهر / السنة
١٨,٨	٢٦,٤	أقل من ١٩	٩,٣	١,١٦	١٩,٧	٢٣,٥	١٤,٢	يناير ٢٠٠٥
٨٠,٤	١١٣	من ١٩ - ٢٢						
٠,٨	١,١	أعلى من ٢٢						
١٠٠	١٤٠,٥	الإجمالي						
٦,٩	٩,٨	أقل من ١٩	٩,٥	١,٢٦	٢١,٢	٢٥,٢	١٥,٧	يناير ٢٠٢١
٦٥,٢	٩١,٦	من ١٩ - ٢٢						
٢٧,٨	٣٩,١	أعلى من ٢٢						
١٠٠	١٤٠,٥	الإجمالي						
				٠,١	١,٥	١,٧	١,٥	المدى الحراري
٢١,٢	٢٩,٨	أقل من ٢٧	١٣,٣	١,٣٩	٢٧	٣١,٦	١٨,٣	يوليو ٢٠٠٥
٣٩,٣	٥٥,٤	من ٢٧ - ٢٩						
٣٩,٣	٥٥,٤	أعلى من ٢٩						
١٠٠	١٤٠,٥	الإجمالي						
٥,٥	٧,٨	أقل من ٢٧	١٠	١,٢٤	٢٩,٢	٣١,٨	٢١,٨	يوليو ٢٠٢١
٢٥,٨	٣٦,٣	من ٢٧ - ٢٩						
٦٨,٦	٩٦,٤	أعلى من ٢٩						
١٠٠	١٤٠,٥	الإجمالي						
				٠,١٥-	٢,٢	٠,٢	٣,٥	المدى الحراري

المصدر: مخرج نمذجة الجزر الحرارية للمرتبات الفضائية لاند سات في عامي ٢٠٠٥ - ٢٠٢١.

### ب. التغيرات المكانية للتركيب الحراري:

تبين من دراسة وتحليل خرائط التركيب الحراري لمدينة الغردقة خلال عامي ٢٠٠٥ و ٢٠٢١ الموضحة في الأشكال رقم (٣-٤-٥-٦) وجدول رقم (٣) تباين التوزيع الجغرافي لفئات للتركيب الحراري، والذي يمكن تحديده من خلال مقارنة التغيرات المساحية التي طرأت على فئات التركيب الحراري خلال عامي ٢٠٠٥، ٢٠٢١ الموضحة في شكل رقم (٧، ٨) والتي يمكن دراستها على النحو الآتي:

➤ التغيرات المكانية في يناير ٢٠٢٠ / ٢٠٢١:

- الفئة الأولى (أقل من ١٩ م°):

بلغت نسبتها نحو ١٨,٨% من إجمالي مساحة المدينة عام ٢٠٠٥ ثم ٦,٩% من عام ٢٠٢١ لتسجل انخفاض في مساحتها بمقدار ١١,٩% من إجمالي مساحة

المدينة خلال الفترة من ٢٠٠٥ حتى ٢٠٢١، وجددير بالذكر أن هذه الفئة تمثلت بوضوح في نطاق منتجع الجونة السياحي بسبب التوسع في إنشاء البحيرات الاصطناعية والأحزمة الخضراء المتخللة لليابس مما ساعد على تلطيف درجات الحرارة.

- الفئة الثانية (من ١٩ م - ٢٢ م):

تمثل الفئة الحرارية الغالبة على معظم أنحاء المدينة، وقد سجلت انخفاض في مساحتها من ٨٠٪ إلى ٦٥,٢٪ خلال الفترة من (٢٠٠٥-٢٠٢١) لتفقد نحو ١٥,٢٪ من مساحتها، وجاء هذا الانخفاض في المساحة في صالح الفئة الحرارية الأعلى من ٢٢ م.

- الفئة الثالثة أعلى من ٢٢ م:

تمثل هذه الفئة أعلى درجات الحرارة على مستوي منطقة الدراسة وشهدت هذه الفئة زيادة في مساحتها من ٠,٨٪ عام ٢٠٠٥ إلى ٢٧٪ من مساحة المدينة عام ٢٠٢١ بزيادة قدرها ٢٧,١ م، وترجع تلك الزيادة إلي عاملين، الأول: يتمثل في النمو العمراني الذي شهدته المدينة خلال فترة الدراسة، والآخر: يتمثل في الارتفاع التدريجي في درجة حرارة المدينة وما واكبه من تغيرات محلية وعالمية في المناخ.

➤ التغيرات المكانية للتركيب الحراري في يوليو ٢٠٢٠ / ٢٠٢١:

- الفئة الأولى (أقل من ٢٧ م):

شملت هذه الفئة المناطق التي انخفضت درجة حرارتها عن ٢٧ م، وشغلت نسبة ٢١,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة عام ٢٠٠٥ ثم ٥,٥٪ عام ٢٠٢١ بانخفاض قدره ١٥,٧٪.

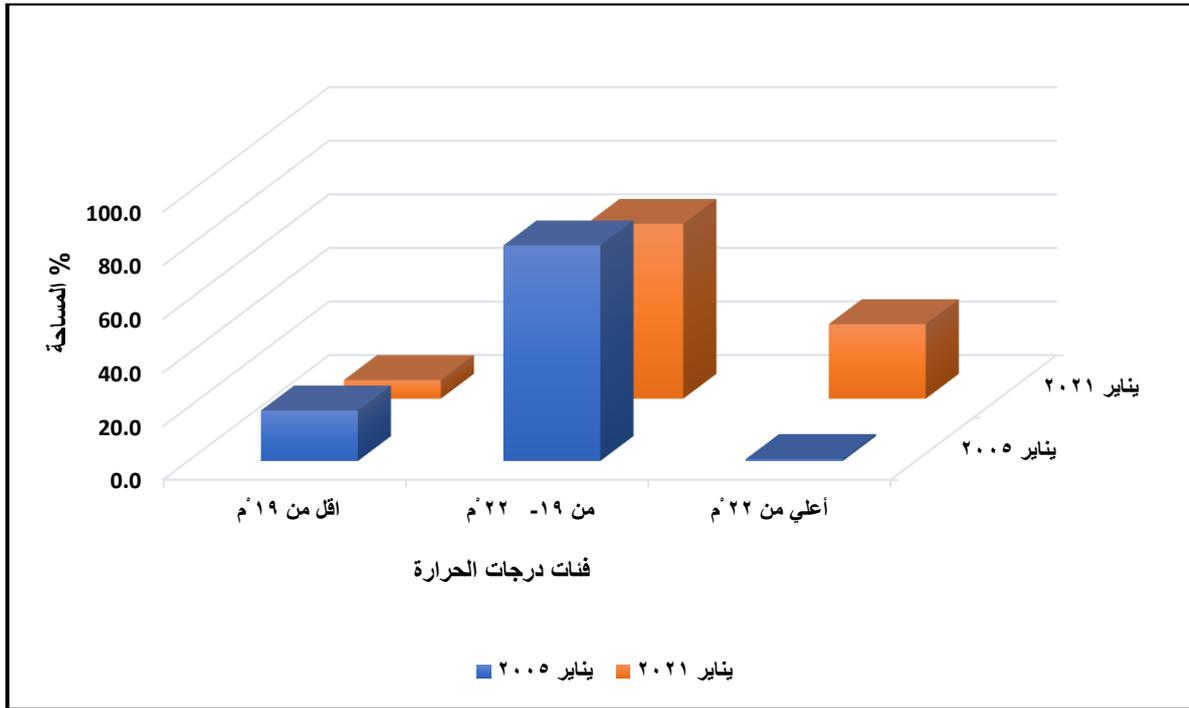
- الفئة الوسطي (من ٢٧ م - ٢٩ م):

انخفضت نسبة مساحة هذه الفئة من ٣٩,٤٪ من مساحة المدينة عام ٢٠٠٥ إلي ٢٥,٨٪ عام ٢٠٢١ بانخفاض ١٣,٦٪، وجددير بالذكر أن تقلص مساحة المناطق ذات درجة الحرارة المتوسطة جاء على حساب زيادة مساحة الفئة التي

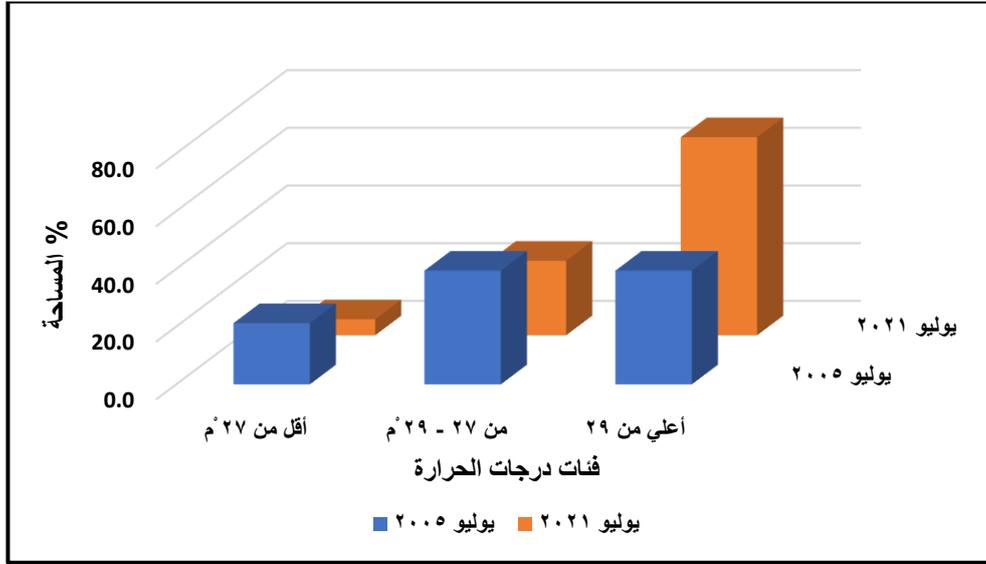
ترتفع درجة حرارتها عن ٢٩م مما ينذر بظهور استمرار ارتفاع درجة حرارة المدينة.

- الفئة الثالثة (درجة حرارة أعلى من ٢٩م):

شهدت هذه الفئة زيادة في نسبة مساحتها من ٣٩,٣% عام ٢٠٠٥ إلى ٦٨,٦% عام ٢٠٢١ بزيادة قدرها ٢٩,٢%، ويرجع ذلك لارتفاع درجات الحرارة في هذا الوقت من العام وما يتبعه من زيادة في استهلاك الطاقة وأجهزة التكييف، فضلا عن زيادة أعداد رواد المدينة سواء من السياح أو من الأيدي العاملة الموسمية التي تعمل علي زيادة حركة التنقل داخل المدينة وما يتبعه من استهلاك للوقود وزيادة الطلب على محلات الأطفعة والمشروبات الجاهزة مما أدى إلى رفع درجة الحرارة داخل المدينة.



شكل رقم (٦) التغير المساحي لفئات التركيب الحراري خلال شهر يناير خلال لعامي ٢٠٠٥ و ٢٠٢١



شكل رقم (7) التغير المساحي لفئات التركيب الحراري خلال شهر يوليو لعامي ٢٠٠٥ و ٢٠٢١

## ٢. مراقبة وتحليل التغير في استخدامات الأرض والغطاء الأرضي:

يتضح من دراسة وتحليل جدولي رقم (٤، ٥) وشكلي رقم (٩، ١٠) اللذان يوضحان أن استخدامات الأرض والغطاء الأرضي بالغردقة شهد تغيراً ملحوظاً خلال الفترة من ٢٠٠٥ إلى ٢٠٢٣، كما يظهر ذلك أيضاً في الأشكال رقم (١١، ١٢) التي توضح التوزيع الجغرافي لاستخدامات الأرض والغطاء الأرضي خلال فترة الدراسة، ويمكن دراسة وتفسير تلك التغيرات كالاتي:

- البحيرات الاصطناعية: تتمثل في البحيرات الموجودة بمنتجع الجونة السياحي شمال الغردقة، وبلغت مساحتها نحو ٣,٤٦ كم<sup>٢</sup> عام ٢٠٠٥ وتطورت مساحتها حتى بلغت ٣,٧٣ كم<sup>٢</sup> عام ٢٠١٣ ثم ٣,٩٣ كم<sup>٢</sup> عام ٢٠٢٣ بما يمثل ٢,٨٪ من مساحة المدينة، وترجع تلك الزيادة إلى التوسع في إنشاء البحيرات الاصطناعية بالتزامن مع تطور ونمو منتجع الجونة السياحي، وبذلك تكون البحيرات الاصطناعية سجلت زيادة مقدارها ٠,٤٧١٦ كم<sup>٢</sup> خلال الفترة من (٢٠٠٥-٢٠٢٣) وأسهمت هذه البحيرات واللagoونات في تلطيف درجة الحرارة وتكوين جزيرة حرارية باردة بمنطقة منتجع الجونة السياحي.

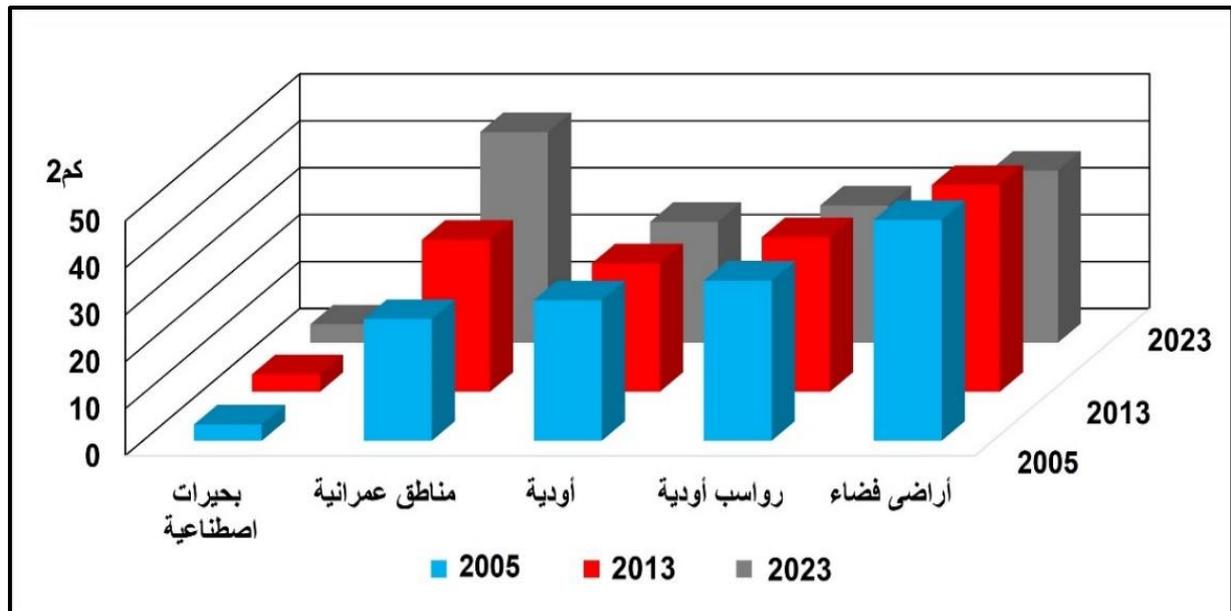
- المناطق العمرانية: تعد المناطق العمرانية أكثر فئات استخدام الأرض التي شهدت زيادة في مساحتها خلال الفترة من (٢٠٠٥-٢٠٢٣) وجاء ذلك متواكباً مع النمو السكاني

والعمراني الذي تشهده الغردقة حيث بلغت مساحة المناطق العمرانية نحو ٢٥,٩٦ كم<sup>٢</sup> عام ٢٠٠٥ ثم ٣٢,٤ كم<sup>٢</sup> عام ٢٠١٣ حتى بلغت نحو ٤٤,٩٢ كم<sup>٢</sup> عام ٢٠٢٣ بنسبة ٣٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وجدير بالذكر أن المناطق العمرانية شهدت زيادة في مساحتها بلغت نحو ١٨,٩٥ كم<sup>٢</sup> خلال الفترة من ٢٠٠٥ حتى ٢٠٢٣ وجاء النمو العمراني الذي شهدته المدينة على حساب تناقص مساحة الأراضي الفضاء والمراوح الفيضية (البهادا) مما سوف يؤثر في تغير التركيب الحراري للمدينة، وسوف يُدرس لاحقا تأثير طبوغرافية المدينة على اتجاهات النمو العمراني بها وعلاقة ذلك بتوزيع الجزر الحرارية الحضرية.

جدول رقم (٤) مساحة استخدامات الأرض والغطاء الأرضي خلال الفترة من (٢٠٠٥ حتى ٢٠٢٣) بالكيلومتر مربع

المساحة بالكيلومتر مربع						الاستخدام / الغطاء الأرضي
٢٠٢٣		٢٠١٣		٢٠٠٥		
%	المساحة	%	المساحة	%	المساحة	
٢,٨	٣,٩٣٢١	٢,٧	٣,٧٣٨٦	٢,٥	٣,٤٦٠٥	بحيرات اصطناعية
٣٢	٤٤,٩٢	٢٣	٣٢,٤	١٨,٥	٢٥,٩٦٦	مناطق عمرانية
١٨,٣	٢٥,٧٨٤	١٩,٥	٢٧,٣٧٢	٢١,٣	٢٩,٩٦	أودية
٢٠,٨	٢٩,٢٤١	٢٣,٤	٣٢,٩٦٣	٢٤,٣	٣٤,١١٤	رواسب أودية
٢٦,١	٣٦,٦٩٦	٣١,٤	٤٤,٠٩٩	٣٣,٥	٤٧,٠٧٣	أراضي فضاء
١٠٠	١٤٠,٥٧	١٠٠	١٤٠,٥٦	١٠٠	١٤٠,٥٧	المساحة الاجمالية

المصدر: مخرج التصنيف الموجه لصور المرئيات الفضائية لاند سات للأعوام (٢٠٠٥-٢٠١٣-٢٠٢٣).



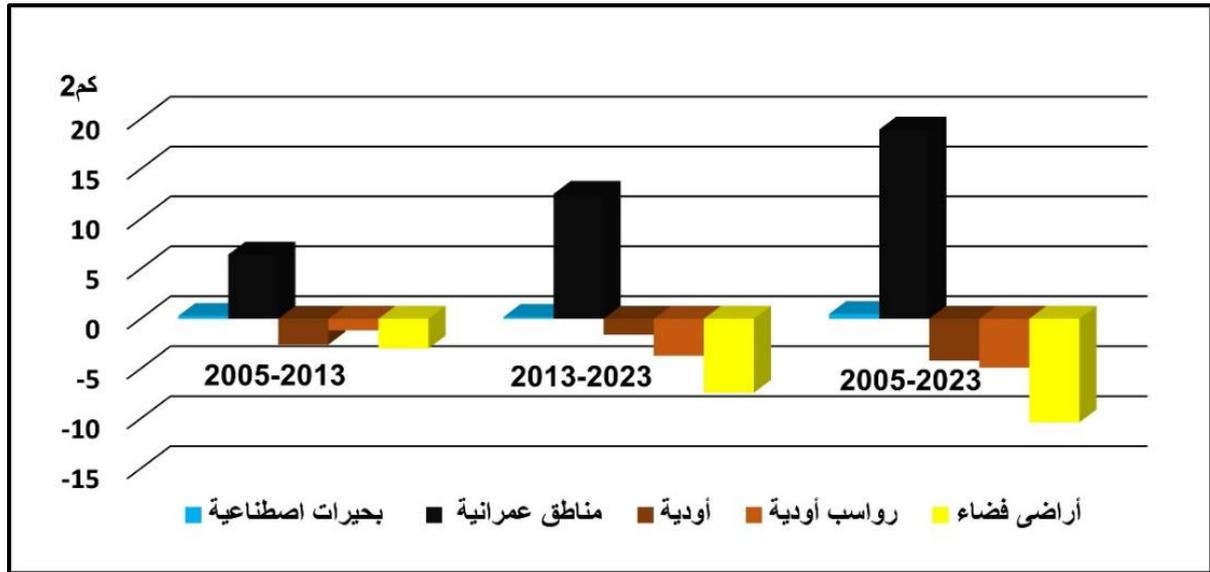
شكل رقم (٩) تباين مساحة استخدامات الأرض والغطاء الأرضي خلال الفترة من (٢٠٠٥ حتى ٢٠٢٣)

جدول رقم (٥) التغيرات المساحية التي طرأت على استخدام الأرض والغطاء الأرضي خلال الفترة من (٢٠٠٥ حتى ٢٠٢٣) بالكيلومتر

مربع

معدل التغير في مساحات استخدام الأرض والغطاء الأرضي بالكيلومتر مربع			
2023/ 2005	2023/ 2013	2013/ 2005	الفترة الزمنية
0.4716	0.1935	0.2781	بحيرات اصطناعية
18.9536	12.52	6.4336	مناطق عمرانية
-4.1758	-1.5879	-2.5879	أودية
-4.8728	-3.7226	-1.1502	رواسب أودية
-10.3766	-7.403	-2.9736	أراضي فضاء
<b>19.4252</b>	<b>12.7135</b>	<b>6.7117</b>	إجمالي المساحة المكتسبة
<b>-19.4252</b>	<b>-12.7135</b>	<b>-6.7117</b>	إجمالي المساحة المتناقص

المصدر: مخرج تطبيق نموذج رصد التغيرات (Image Difference) اعتمادا على صور المرئيات الفضائية لاندسات للأعوام (٢٠٠٥-٢٠١٣-٢٠٢٣)

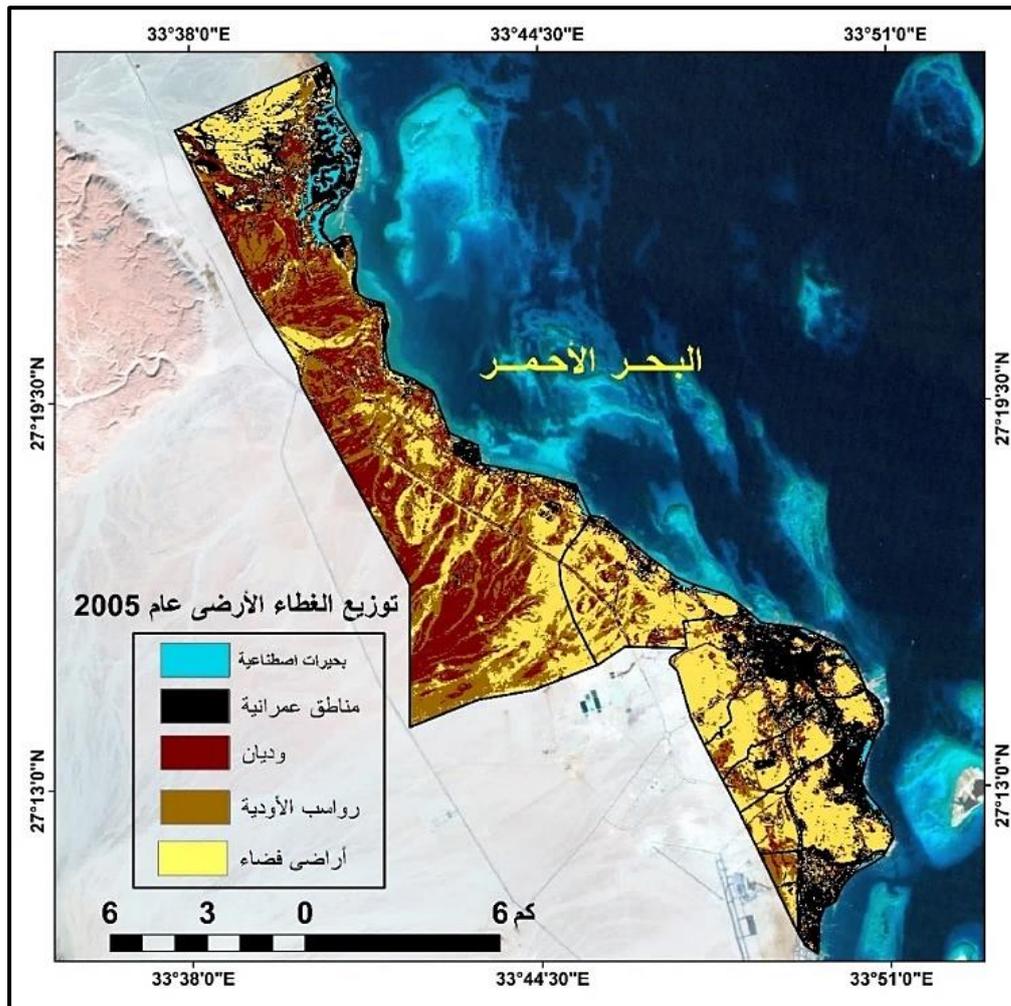


شكل رقم (٨) التغيرات المساحية التي طرأت على استخدام الأرض والغطاء الأرضي خلال الفترة (٢٠٠٥ - ٢٠٢٣)

- الأودية: تشتمل واجهة الجبل في ظهير المدينة على عدد من الأودية التي حفرت مجاريها عليها مكونة مجموعة من أحواض التصريف التي لم تتأثر بشكل كبير بالأنشطة البشرية بالمنطقة، حيث بلغت مساحة الأودية عام ٢٠٠٥ نحو ٢٩,٩٦ كم<sup>٢</sup> ثم ٢٧,٣٧ كم<sup>٢</sup> عام ٢٠١٣ حتى بلغت نحو ٢٥,٧٨ كم<sup>٢</sup> عام ٢٠٢٣ ما يمثل نحو ١٨,٣٪ من إجمالي مساحة المدينة،

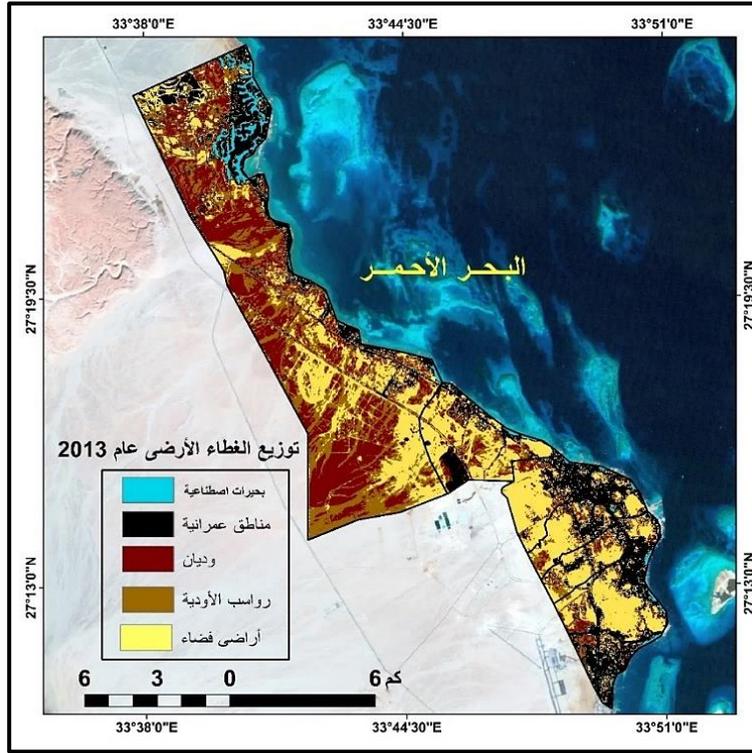
وبذلك تكون فقدت الأودية نحو ٤,١٧٥٨ كم<sup>٢</sup> من مساحتها خلال ١٨ سنة، ونظراً لوعورة المنطقة وارتفاع منسوبها أصبحت غير مناسبة للتوسع العمراني.

- رواسب الأودية: يرتبط وجود الأودية بواجهة الجبل تكون مجموعة من المراوح الفيضية المتلاحمة (البهادا) عند حضيض الجبل بفعل الارتفاع، وأوضحته الدراسة تعرض هذه المراوح الفيضية لتناقص مساحتها بفعل النمو العمراني، حيث بلغت مساحتها نحو ٣٤,١١ كم<sup>٢</sup> عام ٢٠٠٥ ثم ٣٢,٩٦ كم<sup>٢</sup> عام ٢٠١٣ حتى بلغت نحو ٢٩,٢٤ كم<sup>٢</sup> عام ٢٠٢٣ بنسبة ٢٠,٨٪ من مساحة المدينة، وبذلك تكون فقدت نحو ٤,٨٧ كم<sup>٢</sup> من مساحتها خلال الفترة من ٢٠٠٥ حتى ٢٠٢٣.



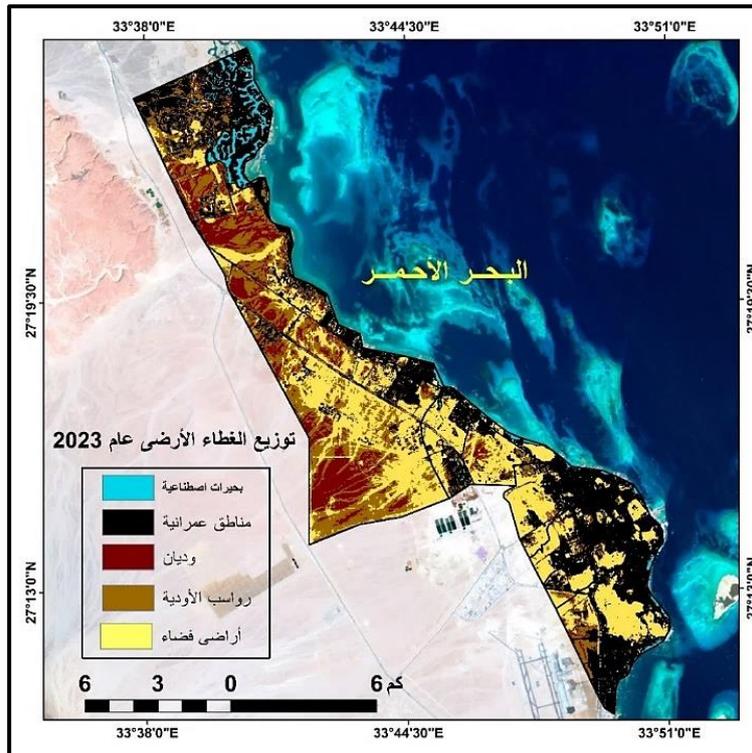
المصدر: مخرج التصنيف الموجه للمرئية الفضائية لاندسات ٥ لعام ٢٠٠٥.

شكل رقم (٩) التوزيع الجغرافي لاستخدامات الأرض والغطاء الأرضي عام ٢٠٠٥



المصدر: مخرج التصنيف الموجه للمرئية الفضائية لاندسات ٨ لعام ٢٠١٣.

شكل رقم (١٠) التوزيع الجغرافي لاستخدامات الأرض والغطاء الأرضي عام ٢٠١٣



المصدر: مخرج التصنيف غير الموجه للمرئية الفضائية لاندسات ٩ لعام ٢٠٢٣.

شكل رقم (١٣) التوزيع الجغرافي لاستخدامات الأرض والغطاء الأرضي عام ٢٠٢٣

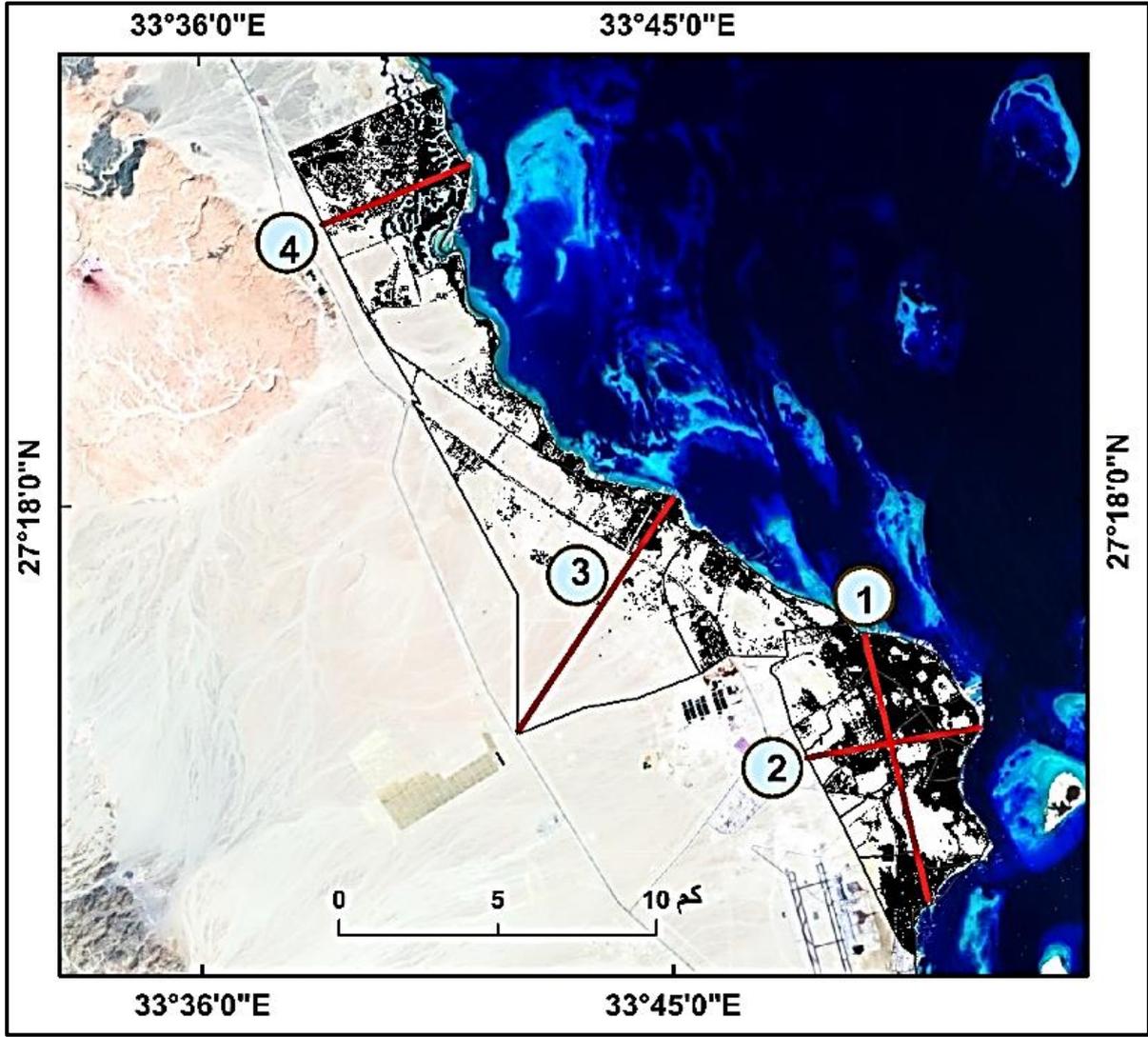
- الأراضي الفضاء: شهدت الأراضي الفضاء تناقصًا ملحوظًا في مساحتها حيث فقدت نحو ١٠,٣٧ كم<sup>٢</sup> خلال الفترة من ٢٠٠٥ حتى ٢٠٢٣ خاصة تلك الأراضي التي تتوزع في نطاق السهل الساحلي أو بالقرب منه لاعتبارها مناطق جاذبة ومناسبة للتوسع العمراني، حيث بلغت مساحة الأراضي الفضاء نحو ٤٧,٠٧ كم<sup>٢</sup> عام ٢٠٠٥ ثم ٤٤,٠٩ كم<sup>٢</sup> عام ٢٠١٣ حتى بلغت نحو ٣٦,٦٩ كم<sup>٢</sup> عام ٢٠٢٣.

٣. تباين درجات الحرارة على مستوى القطاعات الحرارية وعلاقتها بالنشاط البشري وتغير الغطاء الأرضي:

لدراسة تأثير النمو العمراني في رفع درجة حرارة المدينة تدريجيًا وتغير تركيبها الحراري تم إعداد أربع قطاعات حرارية وتبين من دراسة وتحليل درجات الحرارة على امتداد هذه القطاعات الحرارية الأربعة الموضحة في شكل رقم (١٤) وجدول رقم (٦) ارتفاع درجات الحرارة بالمناطق العمرانية في قلب المدينة وبالأتجاه نحو الظهير الصحراوي والجبلية، بينما تعدل درجات الحرارة بالمناطق القريبة من ساحل البحر الأحمر والتي يشغلها نمط العمران السياحي المخطط (القرى السياحية)، ويمكن تفسير تباين درجات الحرارة على امتداد القطاعات الأربعة على النحو التالي:

- القطاع رقم (١): تراوحت الفروق في درجات الحرارة على امتداده بين ٥°م و ٧,٥°م، ويظهر من الشكل (١٥) انخفاض درجة الحرارة شمال وجنوب القطاع وارتفاعها في الوسط وذلك بسبب امتداده بنطاق القرى السياحية شمالًا بمنطقة الدهار وجنوبًا بمنطقة القرى السياحية ومرور القطاع الأوسط منه في النطاق العمراني السكني.

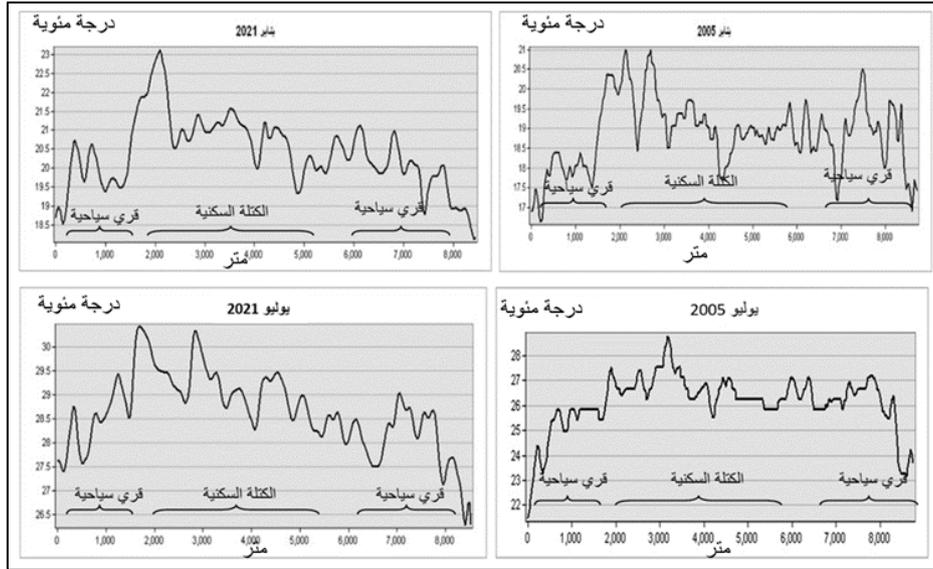
- القطاع رقم (٢): تباينت درجات الحرارة على امتداده بين ٣ - ٣,٦°م، كما يتضح في شكل رقم (١٦)، ويرجع ذلك بسبب مروره فوق منطقة التكس العمراني بوسط المدينة والتي تتسم بتزاحم الكتل العمرانية وعدم وجود مسطحات مائية وانخفاض مساحة التشجير على طول القطاع.



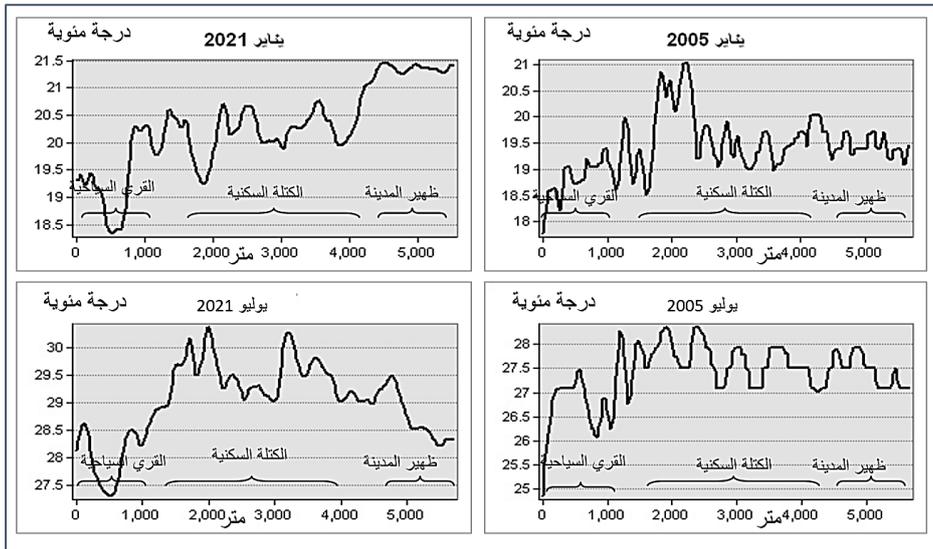
شكل رقم (١٤) مواقع القطاعات الحرارية بمدينة الغردقة

جدول رقم (٦) تباين درجات الحرارة على مستوى القطاعات الحرارية خلال الفترة من (٢٠٠٥-٢٠٢١)

قطاع (١) طولي وسط المدينة			قطاع (٢) عرضي وسط المدينة			قطاع (٣) منتجع الجونة			قطاع (٤) ظهير جبلي			
أعلى درجة حرارة (م°)	أقل درجة حرارة (م°)	المدى الحراري (م°)	أعلى درجة حرارة (م°)	أقل درجة حرارة (م°)	المدى الحراري (م°)	أعلى درجة حرارة (م°)	أقل درجة حرارة (م°)	المدى الحراري (م°)	أعلى درجة حرارة (م°)	أقل درجة حرارة (م°)	المدى الحراري (م°)	
١٧	٢٢	٥	١٨	٢١	٣,٦	١٦	٢٣	٧	١٧	٢١	٤,٢	يناير ٢٠٠٥
٢٢	٢٩	٧,٥	٢٥	٢٩	٣,٥	٢١	٣٠	٩	٢٣	٢٩	٦	يوليو ٢٠٠٥
١٨	٢٣	٥,١	٢٠	٢٣	٣,١	١٧	٢٤	٧	١٩	٢٣	٤	يناير ٢٠٢١
٢٦	٣١	٥	٢٨	٣١	٣	٢٣	٣١	٨,٢	٢٥	٣١	٦	يوليو ٢٠٢١
١٨	٢٣	٥,١	٢٠	٢٣	٣,١	١٧	٢٤	٧	١٩	٢٣	٤	يناير ٢٠٢١



شكل رقم (١٥) يوضح تباين درجات الحرارة بوسط المدينة خلال شهري يناير ويوليو لعامي ٢٠٠٥ - ٢٠٢١ بقطاع (رقم ١)

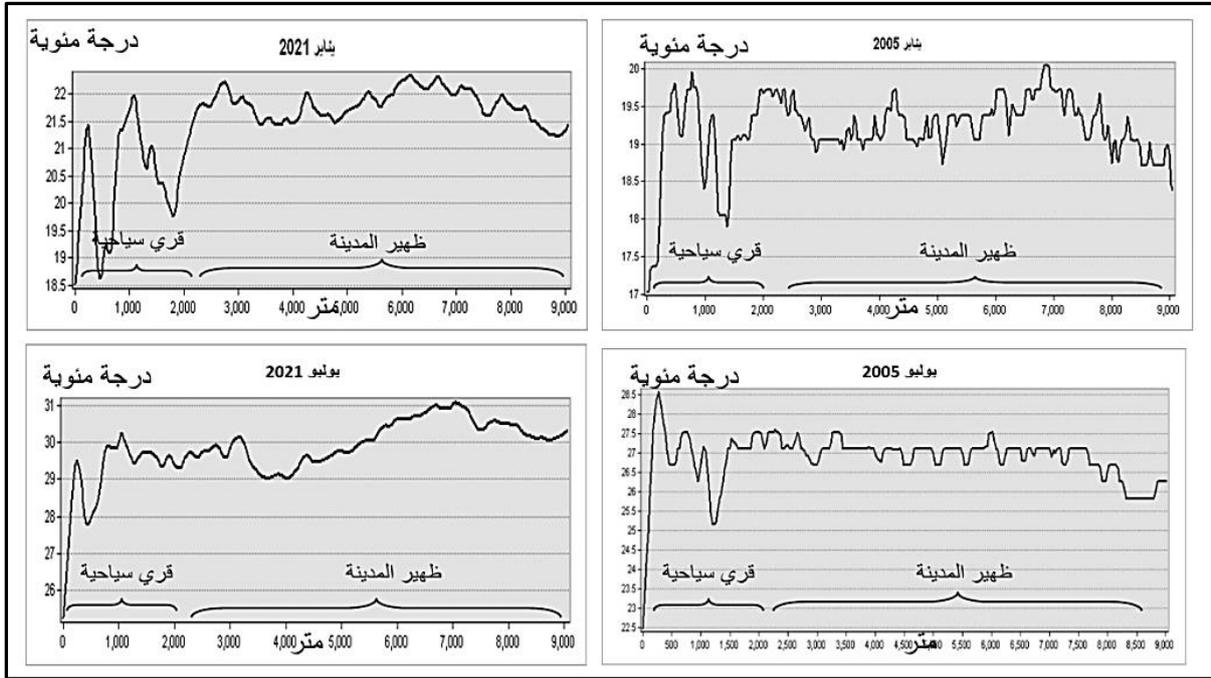


شكل رقم (١٦) يوضح تباين درجات الحرارة بوسط المدينة خلال شهري يناير ويوليو لعامي ٢٠٠٥ - ٢٠٢١ بقطاع (رقم ٢)

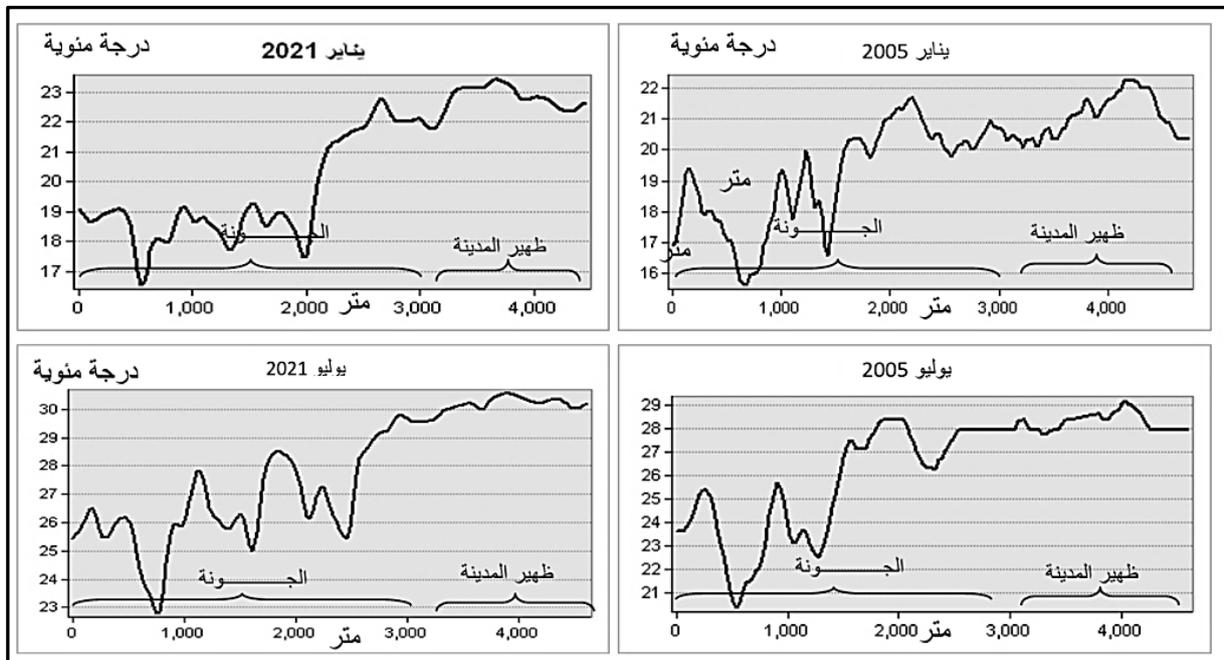
- القطاع رقم (٣) يقع معظمه في الظهير الصحراوي والجبلي للمدينة ويظهر من خلاله ارتفاع درجة الحرارة بالابتعاد عن الساحل كما يتضح من شكل رقم (١٧). بفارق حراري تتراوح بين ٤,٢ م° - ٦ م°.

- القطاع رقم (٤): سجل هذا القطاع أعلى تباين لدرجات الحرارة بين القطاعات وخاصة في يوليو ٢٠٠٥ و ٢٠٢١ بفارق وصل ٩ م° و ٨,٢ م° على الترتيب شكل رقم (١٨)، ويتضح في هذا القطاع تباين درجات الحرارة بين منطقة الجونة السياحية وظهيرها الصحراوي، مما يبرهن على التأثير الكبير لاستخدام الأحزمة الخضراء والمسطحات المائية في التلطيف من درجة الحرارة ويتضح مما سبق ارتفاع شدة الجزيرة

الحرارية في النطاق العمراني غير المخطط بقلب المدينة وانخفاضها في المناطق الساحلية ذات التخطيط العمراني المنظم كما موضح بشكل رقم (١٩).



شكل رقم (١٧) يوضح تباين درجات الحرارة بالقري السياحية وظهر المدينة خلال شهري يناير ويوليو لعامي ٢٠٠٥ - ٢٠٢١ بقطاع (رقم ٣)



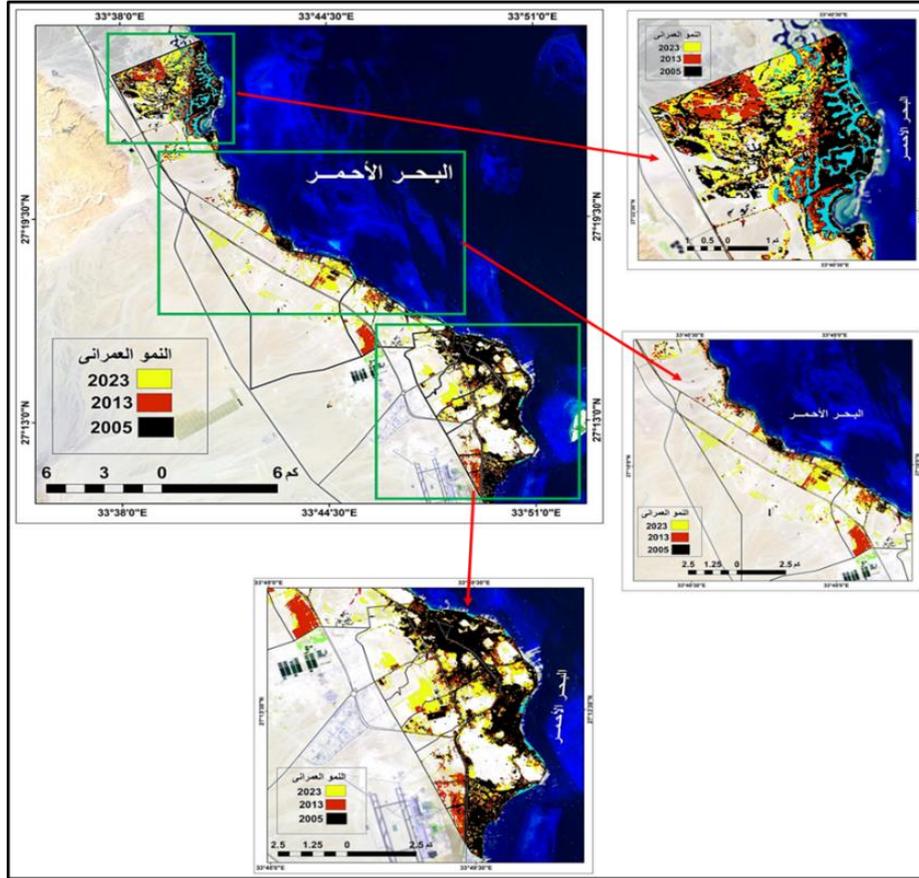
شكل رقم (١٨) يوضح تباين درجات الحرارة بمنتهج الجونة خلال شهري يناير ويوليو لعامي ٢٠٠٥ - ٢٠٢١ بقطاع (رقم ٤)



المصدر: <https://www.google.com/maps/place/Hurghada,+Red+Sea+Governorate>.

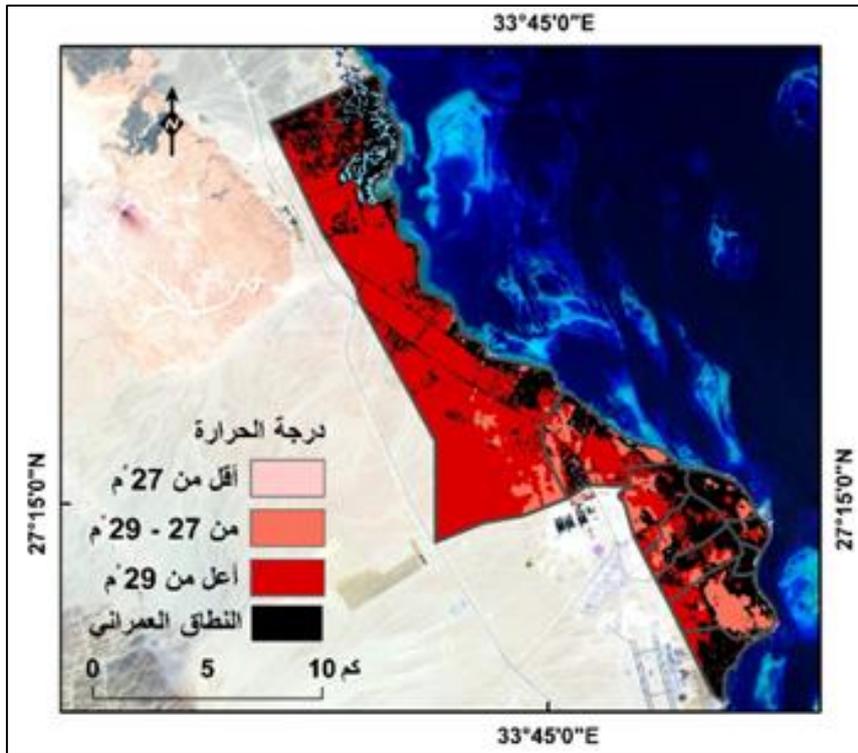
شكل رقم (١٩) يوضح تباين أنماط العمران بمدينة الغردقة ما بين العمران السكنى غير المخطط بقلب المدينة (أ) والعمران السياحي المخطط بالقرى السياحية (ب)

يتضح من دراسة وتحليل التباين الحراري على طول امتداد القطاعات أن النشاط البشرى يسهم بدور كبير في ارتفاع حرارة المدينة ولاسيما بنطاق الكتلة العمرانية بقلب المدينة، كما ترتب على تغير استخدام الأرض والغطاء الأرضي بالمدينة حدوث تغير في كمية الأشعة الحرارية المنعكسة والمنبعثة من الاستخدامات والأغطية الأرضية المختلفة، حيث تتسم المناطق العمرانية وما تشتمل عليه من مواد اسمنتية ومواد خرسانية بامتصاص كميات عالية من الأشعة الشمسية مما يجعل المناطق العمرانية أكثر حرارة من المناطق المجاورة لها، وتفاقت هذه المشكلة مع زيادة مساحة المناطق العمرانية بنحو ١٨,٩٥ كم<sup>٢</sup> خلال الفترة من ٢٠٠٥ حتى ٢٠٢٣ كما يتضح من شكل رقم (٢٠)، وعند اجراء تحليل التطابق لطبقة العمران وطبقة التركيب الحراري للمدينة توافق التوزيع الجغرافي للمناطق العمرانية مع الفئات المرتفعة لدرجات الحرارة، كما يتضح من شكل رقم (٢١) مما يوفر الظروف المثالية لتكون الجزر الحرارية الحضرية ولاسيما بقلب المدينة الذى يتسم بالنمو العمراني غير المخطط، فالنمو العمراني العشوائي الذي ينمو بدون خطة متجاهلا طبيعة المدينة الحضرية وما تحتاج إليه من مناطق خضراء لتوفير مساحات أكثر من الظلال فضلا عن اتساع شوارعها لتسمح بتدفق الهواء البارد داخل الكتلة العمرانية لتلطيف حرارتها، يكون سببا أساسيا في تكون الجزر الحرارية، بينما يراعي النمو العمراني المخطط الظروف البيئية السائدة بالمدينة وموقعها الفلكي وطبيعة استخدامات الأرض والأغطية الأرضية؛ ليسهم في التخفيف من المشكلات البيئية الناتجة عن الجزر الحرارية الحضرية.



المصدر: مخرج التصنيف الموجه للمرئيات الفضائية (٢٠٠٥-٢٠١٣-٢٠٢٣).

شكل رقم (٢٠) النمو العمراني لمدينة الغردقة خلال الفترة من (٢٠٠٥-٢٠٢٣)



شكل رقم (٢١) تطابق التوزيع الجغرافي للفئات المرتفعة في درجات الحرارة مع المناطق العمرانية بالغرقة

## ٤. دراسة التوقع المستقبلي لدرجات حرارة مدينة الغردقة:

تؤثر زيادة درجة الحرارة بالسلب على كلا من الظروف البيئية السائدة بالمدن وعلى حياة الإنسان ونشاطه، وتم الاعتماد على التحليل الإحصائي لمتوسط درجة الحرارة بالغردقة خلال الفترة من ٢٠١٠ إلى ٢٠٢٢، وأقصى درجة حرارة تم تسجيلها خلال نفس الفترة كما يتضح من جدول رقم (٧) كمدخل لبرنامج Hyfran plus لتحديد التغيرات المحتملة في درجات حرارة على مدار المئة عام القادمة والمقسمة كما يتضح بجدول رقم (٨) وشكلي رقم (٢٢،٢٣)، وذلك بهدف تجنب المشكلات المرتبطة بارتفاع درجة حرارة المدينة واتخاذ الإجراءات المناسبة لتقليلها. ويتضح من تحليل جدول رقم (٧) وجدول رقم (٨) أن متوسط درجة الحرارة سوف يرتفع لتسجل ٢٦،٩م، بينما سوف تبلغ أقصى درجة حرارة نحو ٤٦،٢م خلال ١٠ سنوات قادمة، وعلى مدار ١٠٠ سنة قادمة سوف يبلغ متوسط درجة الحرارة نحو ٣٠م، وأقصى درجة حرارة نحو ٥٠م مما يدل على استمرار ارتفاع درجة حرارة المدينة، وعلي الدولة والجهات المعنية محاولة تدارك هذا الخطر من خلال البدء في تنفيذ الخطط المقترحة للتخفيف من ارتفاع درجات حرارة المدن.

جدول رقم (٧) متوسط درجة الحرارة وأعلى درجة حرارة مقاسة بمدينة الغردقة خلال الفترة من ٢٠١٠ حتى ٢٠٢٢

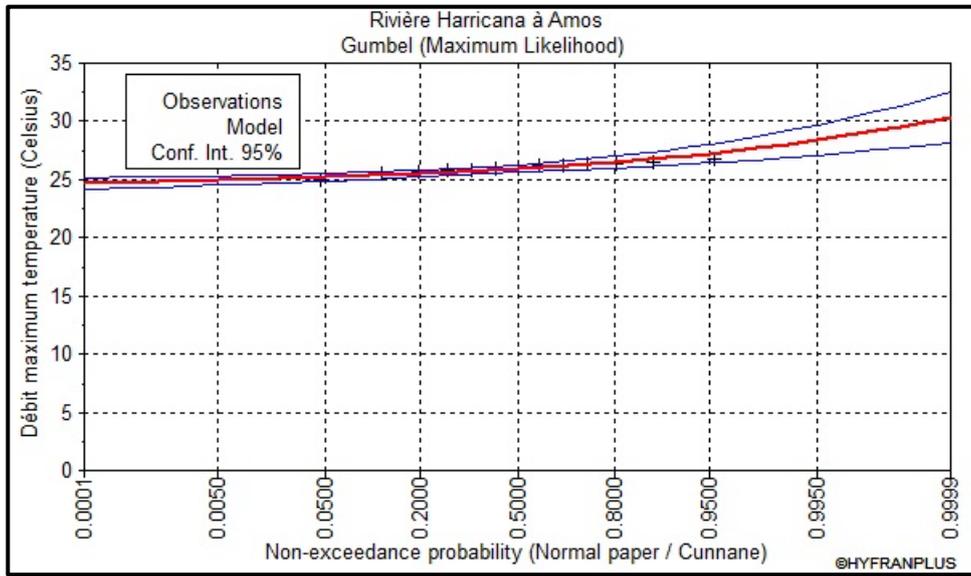
السنة	متوسط درجة الحرارة (م°)	أعلى درجة حرارة تم قياسها
٢٠١٠	٢٦,٧	٤٤
٢٠١١	٢٥	٤٠,٨
٢٠١٢	٢٥,٥	٤١,٣
٢٠١٣	٢٥,٨	٤٦
٢٠١٤	٢٦,٣	٤٥
٢٠١٥	٢٦,٢	٤٦,١
٢٠١٦	٢٦,٣	٤٦
٢٠١٧	٢٥,٨	٤٢,٣
٢٠١٨	٢٦,٥	٤٢,٦
٢٠١٩	٢٥,٩	٤٢,٥
٢٠٢٠	٢٥,٩	٤٢,٣
٢٠٢١	٢٦,٢	٤٤,٢
٢٠٢٢	٢٥,٧	٤٢,٨

المصدر: <https://en.tutiempo.net/climate/ws-624630.html>

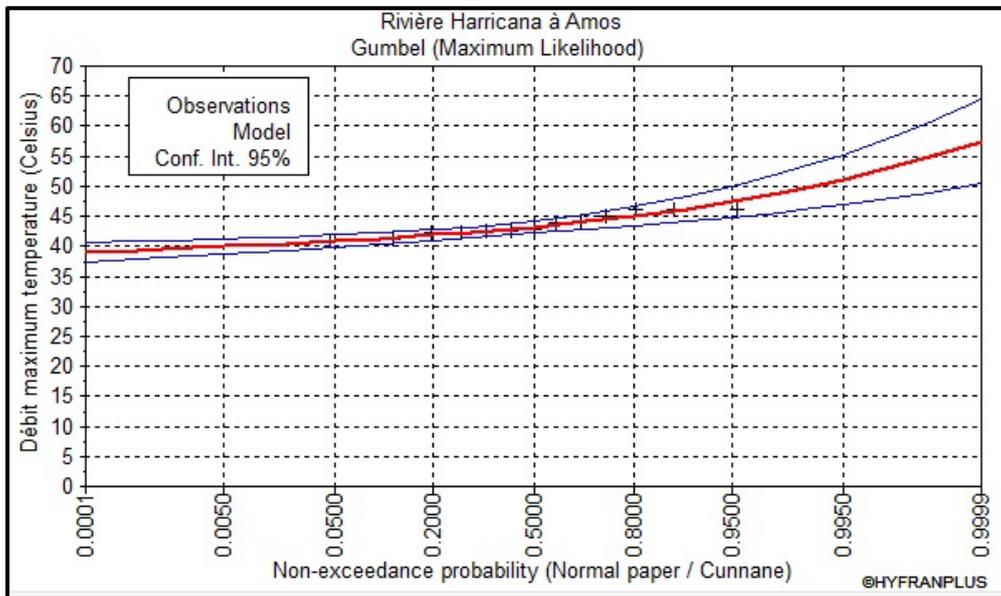
جدول رقم (٨) توقع متوسط درجة الحرارة وأعلى درجة حرارة مقاسة بمدينة الغردقة خلال المئة عام القادمة

عدد السنوات	متوسط درجة الحرارة المتوقعة (م°)	أقصى درجة حرارة متوقعة (م°)
٢	٢٥,٩	٤٣,٢
٣	٢٦,٢	٤٤,١
٥	٢٦,٥	٤٥
١٠	٢٦,٩	٤٦,٢
١٥	٢٧,١	٤٦,٩
٢٠	٢٧,٢	٤٧,٤
٢٥	٢٧,٣	٤٧,٨
٥٠	٢٧,٧	٤٨,٩
١٠٠	٣٠	٥٠

المصدر: مخرج التحليل الإحصائي ببرنامج Hyfran plus اعتمادًا على بيانات جدول رقم (٦).



شكل رقم (٢٢) متوسط درجة الحرارة المتوقعة خلال مئة عام



شكل رقم (٢٣) أقصى درجة حرارة متوقعة خلال مئة عام

## النتائج والتوصيات

### ١. النتائج:

خلصت الدراسة إلى مجموعة من النتائج الهامة يمكن ايجازها في الآتي:

اتضح من دراسة التغيرات المكانية الزمنية للتركيب الحراري بمدينة الغردقة خلال الفترة من (٢٠٠٥ حتى ٢٠٢١) ما يلي:

- شهد التركيب الحراري لمدينة الغردقة تغيراً ملحوظاً حيث ارتفعت خلال شهر يناير كلاً من متوسط درجة الحرارة بمقدار ١,٥ م، درجة الحرارة العظمي بمقدار ١,٦ م، أما درجة الحرارة الصغرى فارتفعت بمقدار ١,٥ م. كما ارتفع متوسط درجة الحرارة في يوليو بحوالي ٢,٢ م، ودرجة الحرارة العظمي بمقدار ٠,٢ م ودرجة الحرارة الصغرى بمقدار ٣,٥ م.

- تباع الارتفاع العام في درجات حرارة المدينة زيادة في مساحة المناطق التي ترتفع درجة حرارتها عن ٢٢ م في شهر يناير بنسبة ٢٧,١٪ من مساحة المدينة خلال فترة الدراسة، كما شهدت المناطق التي ترتفع درجة حرارتها عن ٢٩ م زيادة في مساحتها في شهر يوليو بنسبة ٢٩,٢٪ من مساحة المدينة مما يؤكد أنها أصبحت أكثر دفئاً مما كانت عليه في عام ٢٠٠٥.

وخلصت دراسة مراقبة وتحليل التغير في استخدام الأرض والغطاء الأرضي بمدينة الغردقة خلال الفترة من ٢٠٠٥ حتى ٢٠٢٣ للآتي:

- تصدرت المناطق العمرانية انماط استخدام الأرض التي شهدت زيادة في مساحتها خلال الفترة من (٢٠٠٥-٢٠٢٣) لتسجل زيادة في مساحتها بلغت نحو ١٨,٩٥ كم<sup>٢</sup>، كما تطابق التوزيع الجغرافي للنطاق العمراني مع فئات التركيب الحراري ذات الحرارة المرتفعة ولاسيما في قلب المدينة القديمة مما يؤكد وجود علاقة طردية بين النمو الحضري وارتفاع درجة حرارة المدن ومن ثم تكون الجزر الحرارية الحضرية.

- تباينت درجات الحرارة على امتداد القطاعات الحرارية الأربعة لمدينة الغردقة، وارتفعت درجة الحرارة بالمناطق العمرانية في قلب المدينة وبالاجاه نحو الظهير الصحراوي والجبلي بينما تعدل درجات الحرارة بالقرب من ساحل

البحر الأحمر وخاصة بالمناطق التي يشغلها نمط العمران السياحي المخطط (بالقرى السياحية).

- يتوقع أن تواصل درجات حرارة مدينة الغردقة ارتفاعها في ظل استمرار النمو السكاني وما يرتبط به من أنشطة بشرية، ليبليغ متوسط درجة الحرارة نحو ٣٠ م° خلال المئة عام القادمة.

## ٢. التوصيات:

- تكثيف الدراسات التي تهتم بمراقبة التغير التدريجي في درجات حرارة المدن لما لها من أهمية كبيرة في وضع سياسات للتخطيط العمراني المستقبلي للمدن وتحديد الإجراءات المناسبة لتحسين الظروف المناخية والبيئية للمدينة.
- الاهتمام بدراسة تغير التركيب الحراري بالمدن على مستويات زمنية (شهرية - فصلية - سنوية) اعتمادا على تحليل صور الأقمار الاصطناعية لما لها من أهمية بالغة في تحديد ومراقبة المناطق الساخنة مما يسهم في التخفيف من المشكلات الناتجة عنها.
- توسيع الميادين العامة في قلب المدينة وتزويدها بنافورات للمياه مع زيادة الحدائق العامة والمساحات الخضراء بالمدينة لما لها من تأثير في التخفيف من ارتفاع درجات الحرارة بصفة عامة.
- زراعة أسطح المباني وتغطية واجهاتها بالنبات الخضراء (التحول إلى المباني الخضراء)، فضلا عن طلاء واجهات المباني بالألوان الفاتحة مما يسهم في تقليل كمية الأشعة الشمسية التي تمتصها المباني.
- تشجير شوارع المدينة بأشجار تتحمل المناخ الجاف مثل شجر الاراك والبان مما يسهم في توفير الظل وتلطيف درجة الحرارة.
- الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة مع استبدال وسائل النقل العام التي تعمل بالبنزين داخل المدينة إلى العمل بالطاقة الكهربائية أسوة بما تم في مدينة شرم الشيخ لتقليل كمية الانبعاثات الناتجة عن استخدام مصادر الطاقة غير المتجددة كخطوة نحو التخفيف من حرارة المدينة.

- تنمية الوعي المجتمعي بالأخطار الناتجة عن ارتفاع درجات حرارة سطح الأرض وما ينتج عنها من مشكلات مناخية وبيئية وخيمة وذلك من خلال عقد سلسلة من الندوات وورش العمل للطلاب بالمدارس والجامعات والعاملين بالقطاعات المختلفة.

## المصادر والمراجع

### ١. المصادر والمراجع العربية:

- إبراهيم شرف، محمد (١٩٩٦) الحرارة في مدينة الإسكندرية - دراسة في المناخ الحضري، مجلة كلية الآداب جامعة الإسكندرية، العدد ٤٤.
- آل سالم، مبارك. (٢٠٢١). مراقبة تغير الجزر الحرارية بمدينة ينبع غرب المملكة باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد دراسة في الجغرافيا المناخية. المجلة الجغرافية العربية، (78)52: doi: 10.21608/agj.2021.200091.317-345
- كمال محمد أحمد، عمرو (٢٠١١) السكان والتنمية بمدينة الغردقة (١٩٧٦-٢٠٠٦) دراسة في جغرافية السكان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، كلية الآداب، جامعة جنوب الوادي، رسالة ماجستير غير منشورة.
- محمد موسي، علياء. (٢٠٢٢). شدة الجزيرة الحرارية في مدينة بورسعيد باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. المجلة العلمية لكلية الآداب-جامعة دمياط، (2)11، doi: 10.21608/artdau.2022.116955.1067.211-238
- الهيئة العامة للأرصاد الجوية المصرية، بيانات غير منشورة - الفترة من عام ١٩٩٠ حتى ٢٠٢١.
- وزارة الإسكان والمرافق والمجمعات العمرانية، الهيئة العامة للتخطيط العمراني، المخطط الاستراتيجي لمحافظة البحر الأحمر، الرؤية المستقبلية واستراتيجيات التنمية، يوليو ٢٠١٩.

### ٢. المصادر والمراجع الأجنبية:

- Alhawiti, Rayan & Mitsova, Diana. (2016). USING LANDSAT-8 DATA TO EXPLORE THE CORRELATION BETWEEN URBAN HEAT ISLAND AND URBAN LAND USES, International Journal of Research in Engineering and Technology, 5. 457-466.
- Allen, R., Tasumi, M. and Trezza, R. (2002), SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land)-Advanced Training and User's Manual-Idaho Implementation, Version 1.0.

- Asgarian, Ali & Makhdoum, Majid & Sakieh, Yousef. (2015), Assessing the effect of green cover spatial patterns on urban land surface temperature using landscape metrics approach, *Urban Ecosystems*, 18. 209-222. 10.1007/s11252-014-0387-7.
- Beg, Ayad & Al-Sulttani, Ahmed & Ochtyra, Adrian & Jarocinska, Anna & Marcinkowska-Ochtyra, Adriana. (2016), Estimation of Evapotranspiration Using SEBAL Algorithm and Landsat-8 Data—A Case Study: Tatra Mountains Region. *Journal of Geological Resource and Engineering*, 4. 10.17265/2328-2193/2016.06.002
- Beg, Ayad & Reddy, Y. (2010), Estimation of urban heat Island using Landsat ETM+ imagery at Chennai city-A case study, *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 3. 332-340.
- Chander, G. & Markham, B.L. (2003), Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges, *IEEE Trans, Geosci. Remote. Sens.*, 41, 2674-2677.
- Heisler, Gordon M.; Brazel, Anthony J. (2010), The urban physical environment: temperature and urban heat islands Chapter 2. In: Aitkenhead-Peterson, Jacqueline; Volder, Astrid, eds. *Urban Ecosystem Ecology*, Agronomy Monograph 55, Madison, WI: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America: 29-56.
- Kimothi, Sanjeev & Thaplyal, Asha & Gehlot, Anita & Aledaily, Arwa & Gupta, Anish & Bilandi, Naveen & Singh, Rajesh & Malik, Praveen & Shaik, Vaseem Akram. (2023), Spatio-temporal fluctuations analysis of land surface temperature (LST) using Remote Sensing data (LANDSAT TM5/8) and multifractal technique to characterize the urban heat Islands (UHIs), *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 55. 102956. 10.1016/j.seta.2022.102956.
- Nasser, Saeid & Farhadi, Bahman & Azari, Arash. (2023), Estimation of land surface temperature in agricultural lands using Sentinel 2 images: A case study for sunflower fields, *Irrigation and Drainage*, 72. 10.1002/ird.2802.
- Qihao Weng, Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. (2009), *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64. 335-344. 10.1016/j.isprsjprs.2009.03.007.
- R Huete (1988), A soil-adjusted vegetation index (SAVI), *Remote Sensing of Environment*, 25. 295-309, 0034-4257, 10.1016/0034-4257(88)90106-X.
- Sajib, Md Qutub Uddin, and Tao Wang. (2020), "Estimation of Land Surface Temperature in an Agricultural Region of Bangladesh from Landsat 8: Intercomparison of Four Algorithms" *Sensors* 20, no. 6: 1778. <https://doi.org/10.3390/s20061778>.

- Samir Kamh, Mahmoud Ashmawy, Adamantios Kiliias & Basile Christaras (2012), Evaluating urban land cover change in the Hurghada area, Egypt, by using GIS and remote sensing, International Journal of Remote Sensing, 33:1, 41-68 [.doi. 10.1080/01431161.2010.550331](https://doi.org/10.1080/01431161.2010.550331)
- USGS, Landsat8 atmospheric correction guide available at: - <http://www.gisagmaps.com-landsat:8-atcoguidel> access date (14-4-2017)
- Vergara, D. & Blanco, Ariel & Marciano, Joel & Meneses, Serafin & Borlongan, Noel Jerome & Sabuito, A. (2023), ASSESSING AND MODELLING URBAN HEAT ISLAND IN BAGUIO CITY USING LANDSAT IMAGERY AND MACHINE LEARNING, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVIII-4/W6-2022. 457-464. 10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W6-2022-457-2023.
- Yu, Xiaolei & Guo, Xulin & Zhaocong, Wu. (2014), Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 TIRS—Comparison between Radiative Transfer Equation-Based Method, Split Window Algorithm and Single Channel Method, Remote Sensing, 6. 9829-9852. 10.3390/rs6109829.

### ٣. المواقع الالكترونية على شبكة المعلومات الدولية:

- <https://earthexplorer.usgs.gov/3>.
- [https://www.econverter.net/tools/unitsconverter/area/hectare/square\\_kilo\\_meter/](https://www.econverter.net/tools/unitsconverter/area/hectare/square_kilo_meter/)
- <https://www.capmas.gov.eg/>.
- <http://www.redsea.gov.eg/IntoPage.aspx>.

## Analysis of spatiotemporal variation of the Thermal composition of Hurghada City

### Abstract:

This study aims to analyze the spatiotemporal changes that occurred in the thermal composition of Hurghada city. Hurghada witnessed a growing population and urban growth, which resulted in a change in land uses and land cover, which was linked to a change in the thermal composition of the city. This study relied mainly on deriving Earth's surface temperatures from satellite images of the American satellite Landsat Generations (5-8-9). During the period from (2005 to 2023), it was also relied upon to monitor and analyze the change in land use / land cover, especially in monitoring the urban growth of the city to find the correlation between the human activity and the change in thermal composition. The study of thermal composition in July and January of 2005 and 2021 showed that there was a change in the average temperature, as it reached 27°C in July 2005, then reached 29.2°C in July 2021, by increase of 2.2°C. The average temperature during January 2005 was about 19.7°C, and about 21.2°C in 2021, by an increase of 1.5°C. The increase in average temperature is due to the change in land use / land cover, especially the urban growth that witnessed the city. The urban areas reached about 25.96 km<sup>2</sup> in 2005 and 44.92 km<sup>2</sup> in 2023, increasing its area by 18.95 km<sup>2</sup> during the period from 2005 to 2023. This increase came at the expense of a decrease in Vacant lands and alluvial fans areas, which led to change the thermal composition of the city to become hotter than it was before. The study recommended a set of recommendations that will contribute to reducing the negative effects resulting from high temperature in the city to improving its environmental conditions.

**keywords:** Land surface temperature (LST), spatial modeling, thermal composition, urban growth, Hurghada City.