



Analyzing the relationship between climate change and land cover under future climate scenarios and its impact on desert tourism in the city of Ghadames

Asma Abuelkher 

Department of Tourism and Hospitality, Al-Shomoukh Higher Institute for Science and Technology, Tripoli, Libya

EMAIL: asmaabuelkher1972@shomokh.edu.ly

Received 12 /10 /2025 | Accepted 20 /02 /2026 | Available online 12 / 03 /2026 | DOI: 10.26629/uzfaj.2026.13

ABSTRACT

This study examines the relationship between climate change and land cover dynamics in Ghadames under future climate scenarios and assesses their implications for tourism sustainability. A descriptive–analytical and comparative approach was employed through the analysis of long-term climatic time series (1901–2020), evaluation of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for the period (2018–2025), and assessment of Land Surface Temperature (LST) variations across land cover categories. The results reveal a clear upward trend in both maximum and minimum temperatures, accompanied by a narrowing diurnal temperature range and fluctuating precipitation patterns. A negative correlation was identified between NDVI and LST, confirming the mitigating role of vegetation in reducing surface heating. Bare lands were concentrated within the highest thermal classes (37–39°C), making them the least suitable areas for tourism-related activities. The annual mean LST increased between 0.81°C in rangelands and 1.66°C in tree-covered areas, alongside a noticeable decline in daily thermal amplitude. Future climate projections (2000–2100) indicate that the RCP8.5 scenario records the highest projected increase, reaching 28.17°C by 2100. The study recommends expanding afforestation initiatives, establishing a continuous monitoring system for LST and NDVI, and integrating climate indicators into heritage site management plans to enhance adaptive capacity.

Keywords: Climate change; NDVI; LST; RCP scenarios; Urban Heat Island; Sustainable



تحليل العلاقة بين التغير المناخي والغطاء الأرضي في ظل السيناريوهات المناخية المستقبلية وتأثيرها على السياحة الصحراوية في مدينة غدامس

أسماء ابوالخير

قسم السياحة والضيافة، المعهد العالی للعلوم والتقنية الشموخ طرابلس، طرابلس، ليبيا

تاريخ النشر: 2026/03/12

تاريخ القبول: 2026/02/20

تاريخ الاستلام: 2025/10/12

ملخص البحث

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل العلاقة بين التغير المناخي وديناميكيات الغطاء الأرضي في مدينة غدامس في ضوء السيناريوهات المناخية المستقبلية، وتقييم انعكاساتها على استدامة النشاط السياحي. اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي-التحليلي والمقارن، من خلال تحليل السلاسل الزمنية المناخية طويلة المدى (1901-2020)، ودراسة مؤشر الغطاء النباتي المعياري (NDVI) للفترة (2018-2025)، إلى جانب قياس تباينات درجة حرارة سطح الأرض (LST) باختلاف فئات الغطاء الأرضي. أظهرت النتائج اتجاهًا تصاعديًا ملحوظًا في درجات الحرارة القصوى والدنيا، مع تقلص المدى الحراري إلومي وتذبذب في كميات الأمطار. كما بينت وجود علاقة عكسية بين NDVI وLST، بما يعكس الدور التخفيفي للغطاء النباتي في الحد من التسخين السطحي. وتمركزت الأراضي الجرداء ضمن الفئات الحرارية الأعلى (37-39°م)، مما يجعلها الأقل ملاءمة للأنشطة السياحية. وسُجل ارتفاع في المتوسط السنوي لدرجة حرارة السطح تراوح بين (0.81°م) في المراعي و(1.66°م) في المناطق المشجرة، مع انخفاض ملحوظ في المدى الحراري إلومي. وأظهرت النمذجة المناخية المستقبلية (2000-2100) أن سيناريو RCP8.5 يسجل أعلى ارتفاع متوقع ليبلغ (28.17°م) بحلول عام 2100. وتوصي الدراسة بتعزيز مشاريع التشجير، وإنشاء نظام رصد دوري لمؤشري LST وNDVI، ودمجهما ضمن خطط إدارة الموقع الأثري لدعم التكيف المناخي.

الكلمات المفتاحية: التغير المناخي؛ NDVI؛ LST؛ سيناريوهات RCP؛ الجزر الحرارية الحضرية؛ السياحة المستدامة.

مقدمة:

تعد غدامس أحد المواقع المصنفة ضمن قائمة التراث العالمي لليونسكو وهي من الأصول الثقافية غير قابلة للتعويس، والتي تواجه كغيرها من المدن التراثية تهديدا متزايدا من جراء التغيرات المناخية، ولدراسة هذه التغيرات يتم استخراج قيم درجة حرارة سطح الأرض $land\ surface\ temperature -lst$ من المرئيات الفضائية Landsat هذه القيم يمكن من خلالها مقارنة درجة حرارة سطح الأرض بين فترتين وتحديد مدي تأثير فئات الغطاء الأرضي بالتحويلات المناخية، والكشف عن الجزر الحرارية الحضرية UHI والتي تسبب الاجهاد الحراري في المناطق السكنية ، ولأنه من مؤشرات الرصد المناخي المهمة اوصت لجنة التراث العالمي التابعة لليونسكو الدول بدمجه هو ومؤشر الغطاء النباتي في خطط إدارة المواقع التراثية (unesco & world heritage committee, 2023, pp. 18-19) وهذه التوصية تعطي مشروعية علمية وعملية في استخدام أدوات التحليل المكاني مثل Climate Engine و ArcGIS Pro في إدارة السياحة التراثية. وعلي المدى البعيد فان فهم التغيرات المناخية المستقبلية يعد ركيزة لوضع سياسات التكيف المناخي لهذا تم الاعتماد علي نتائج نماذج المناخ الإقليمي REGIONAL CLIMATE MODELS -RCMS ضمن اطار مشروع CORDEX- MENA لتقدير السيناريوهات المحتملة للتغير المناخي في مدينة غدامس ولتحقيق ذلك قسمت الدراسة علي خمسة مباحث خصص الأول إلى تناول اتجاهات التغير المناخي بمدينة غدامس و المؤشرات الإحصائية لدرجة حرارة سطح الأرض لسنتي 2020 و2024م اما المبحث الثاني فيحلل السلاسل الزمنية لمؤشر NDVI للفترة من 2017— 2025م وتصنيف الغطاء الأرضي لسنة 2020 م وخصص المبحث الثالث لتحليل العلاقة بين NDVI و LST 2020 ومقارنة مدي تأثير مختلف الاغطية الأرضية بمدينة غدامس بالتحويلات المناخية لدرجة حرارة سطح الأرض لسنتي 2020 و2024م وتطرق المبحث الرابع للجزر الحرارية الحضرية UHI 2024م اما المبحث الخامس تم الاعتماد علي نتائج نماذج المناخ الإقليمي لتنبؤات المستقبلية كل هذا متبوعا بالنتائج والتوصيات .

مشكلة الدراسة: يشهد العالم تغيرات مناخية وبيئية متسارعة تتعكس على الخصائص المناخية والبيئية والحرارية لكل المناطق. إلا أن فهم العلاقة التبادلية بين العوامل المناخية (مثل درجات الحرارة والأمطار) والتغيرات في الغطاء الأرضي ومؤشرات الغطاء النباتي (NDVI) ودرجة حرارة سطح الأرض (LST) لا يزال محدودًا، خاصة في مناطق التراث العالمي ولفهم هذه العلاقة يهدف هذا البحث الإجابة على الأسئلة الاتية: .

ما هي اتجاهات التغير المناخي بمدينة غدامس للفترة من 1901 إلى 2020 م؟
ماهي صورة درجة حرارة سطح الأرض بمدينة غدامس ومدي تأثير الاغطية الارضية في أحداث هذا التباين؟

ما هو مقدار التغيير في الغطاء النباتي وما هي العلاقة الإحصائية بينه وبين LST لعام 2020؟

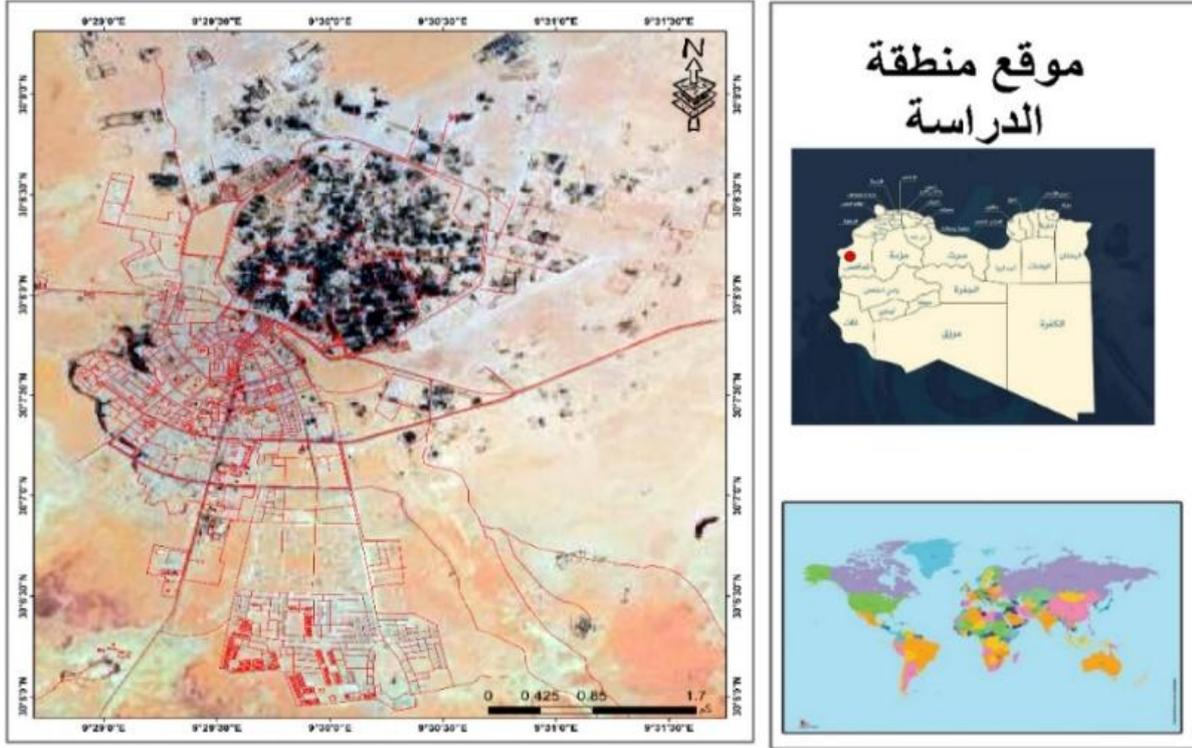
ماهي مواقع الجزر الحضرية UHI لسنة 2024م؟ وما هي متوسطات درجات الحرارة السنوية لمدينة غدامس حسب سيناريوهات الانبعاث الحالية والمستقبلية؟

أهداف الدراسة: معرفة اتجاهات التغير المناخي في مدينة غدامس أربع فترات زمنية 1901-1930، 1931-1960، 1961-1990، 1991-2020. وتحليل السلاسل الزمنية لمؤشر NDVI لمعرفة مقدار التغيير في الغطاء النباتي والعلاقة الإحصائية بينه وبين LST، باستخدام أدوات التحليل المكاني في ArcGIS Pro. كذلك مقارنة المؤشرات الإحصائية لمعرفة مقدار التغير لدرجة حرارة سطح الأرض لخمس أنواع رئيسية من الأغذية الأرضية، المراعي، الأراضي الجرداء، المباني، المحاصيل، والأشجار بالتحويلات المناخية لعامي 2020 و2024م، بالإضافة إلى دراسة التركيب الحراري للمدينة وإنتاج خرائط توضح التوزيعات لدرجة الحرارة السطحية وارتباطه بالمواقع السياحية والخدمية وتوضيح الجزر الحضرية UHI لسنة 2024م، وماهو توقع متوسط درجات الحرارة السنوية لمدينة غدامس حسب سيناريوهات الانبعاث للفترة المرجعية 2000-2020 والمستقبلية 2040-2060-2080-2100.

أهمية الدراسة: تتمثل الأهمية في توصية مباشرة من اليونسكو دمج مؤشرات الاستشعار عن بعد مثل NDVI-LST في خطط إدارة المواقع التراثية، بهدف رصد الإجهاد المناخي والتدخل المبكر التوصية تُركّز على "الحلول القائمة على الطبيعة وإعادة التشجير وهي توصيات قابلة للتطبيق مباشرة على الموقع الأثري محل الدراسة. ففي ظل التهديدات المتزايدة التي يشكّلها التغير المناخي على المواقع الأثرية، برزت الحاجة إلى أدوات رقابة مكانية دقيقة ودورية لدعم اتخاذ قرارات قائمة على الأدلة في إدارة وحماية الموقع. فهم العلاقة الإحصائية بين درجة حرارة الهواء والحرارة السطحية تسهم في فهم معايير الاختلافات الأرضية. ذلك أن رصد المناطق التي بها درجات الحرارة الحرجة يسهم في تحديد المناطق التي يعاني ويفتقر سكانها من الراحة الحرارية وجعلها الأولى بالتخطيط الذي بدوره يساعد في وضع تقويم سياحي بناء على المعطيات الحرارية وتجنب شهور الدروة الحرارية.

فرضيات: توجد علاقة ارتباطية دالة احصائياً بين درجة حرارة سطح الأرض LST كمتغير تابع وبين مؤشر التباين النباتي NDVI.

الموقع الفلكي: هي إحدى بلديات ليبيا، يحدها من الشرق مزدة ومن الجنوب وادي الشاطئ الغرب تونس والجزائر ومن الشمال نالوت تبعد عن طرابلس 543 كيلومتر الموقع الفلكي خط طول 9.03 شرقاً ودائرة عرض 30.08 شمالاً.



المصدر: من عمل الباحثة استنادا مصلحة التخطيط العمراني، التقسيم الإداري لسنة 2013م
شكل (1) الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة

منهجية الدراسة ومصادر البيانات: تم الاعتماد على المنهج التحليلي بنظم المعلومات الجغرافية والمنهج الوصفي والمنهج المقارن.

- تم تطبيق تقنيات تحليل السلاسل الزمنية على بيانات درجة حرارة سطح الأرض لتحديد الاتجاهات الحرارية. ثم الحصول على البيانات المناخية التي تغطي أربع فترات زمنية (1901-1930، 1931-1960، 1961-1990، 1991-2020) من بوابة المعرفة المناخية الذي يشرف عليه البنك الدولي لتغير المناخ (7, world bank. Climate knowledge portal 2025)

- تم تنزيل السلاسل الزمنية NDVI للفترة من 2017 . 2025م من موقع climate engine بدقة مكانية 30 م من القمر الصناعي sentinel 2 SR

- تم استخدام أدوات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحليل التغيرات في الغطاء الأرضي التي تم الحصول عليها من القمر الصناعي sentinel2 ب دقة 10 متر لسنة 2020م من موقع ESRI

- تم تنزيل درجة حرارة سطح الأرض LST من موقع climate engine، للفترة من 2000 إلى 2024.

- تم الربط بين التغيرات في الغطاء الأرضي ودرجة الحرارة باستخدام تحليل الارتباط باستخدام أدوات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

- النمذجة المستقبلية متوسط درجات الحرارة السنوية في مدينة غدامس خلال الفترة من عام 2000 إلى عام 2100، بناءً على أربعة سيناريوهات انبعاث مختلفة RCP2.6، RCP4.5، RCP6.0،

RCP8.5، وذلك باستخدام مخرجات نماذج المناخ الإقليمية ضمن مشروع CORDEX- MENA. يُظهر السيناريو RCP8.5، الذي يُمثل الاستمرارية العالية في الانبعاثات.

- تم الاعتماد على فترات زمنية مختلفة وذلك تبعاً لاختلاف الهدف والأدوات والمنهجية ونوع البيانات المطلوبة، ثم الاعتماد على سلاسل مناخية لتحليل الاتجاهات التاريخية للتغير المناخي للفترة من 1901-2020 بينما تم الاعتماد على الفترة 2017-2025 نظراً لأن بيانات الاستشعار عن بعد Landsat لم تكن متاحة من قبل ولتحقيق المقارنة بين مؤشر Ist والغطاء الأرضي تم الاعتماد على سنة 2020-2024 وذلك لرصد التغيرات السريعة وباعتبار أن بياناتها متاحة بالكامل وسنة 2024 لفهم التركيب الحراري للمدينة وتوضيح الجزر الحرارية باعتبارها بيانات أنية والدراسة قيد التنفيذ، أما التوقعات المستقبلية من سنة 2000-2100 وباعتبار سنة 2000-2020 هي فترة مرجعية لمقارنة التغيرات المستقبلية وفقاً لسيناريوهات الانبعاثات المعتمدة عالمياً.

الدراسات السابقة: شهدت السنوات الأخيرة اهتماماً متزايداً بتحليل العلاقة بين التغير المناخي والغطاء الأرضي حيث تناولت العديد من الدراسات هذا الموضوع من زوايا متعددة وهي على سبيل المثال لا الحصر: .

دراسة (منصور، 2016) بعنوان العلاقة بين التغيرات العمرانية ونشأة الجزر الحرارية بمدينة طنطا باستخدام الاستشعار من البعد ونظم المعلومات الجغرافية وتوصلت إلى أن معدل الزيادة في درجات الحرارة على مدار سبع وعشرين سنة هو 0.19 س أما في آخر 4 سنوات بلغ 0.40 س وأن هناك علاقة ارتباط قوية بين مساحة الكتلة المبنية ودرجة الحرارة السطحية وإن المدينة تعاني من انخفاض نسبة المساحات الخضراء داخل حدودها وتوصى الدراسة بزيادة نسبة المساحة الخضراء والتشجير داخل المدينة وطلاء المباني بألوان عاكسة للإشعاع الشمسي.

دراسة (مرعي، 2018) بعنوان دراسة التغيرات الحرارية لأراضي الضفة الغربية، فلسطين باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية بين عامي 1985-2017.

تناولت الدراسة تحليلاً للتغيرات في درجة حرارة سطح الأرض لمدة 32 سنة تمتد بين عامي 1985-2017 وتناولت تحليلاً للعلاقة بين درجة حرارة سطح الأرض وبين الغطاء الأرضي اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي والمنهج التحليلي وعلي تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية وظهرت النتائج أن متوسط درجة الحرارة السطحية شهدت ارتفاعاً بمقدار 0.6+ درجة مئوية كما أظهرت الدراسة وجود علاقة عكسية بين درجة حرارة سطح الأرض والغطاء النباتي الكثيف واوصت الدراسة بتطوير البنية التحتية لتكون قادرة على استيعاب التغيرات المناخية.

دراسة (النوايسة، 2018) بعنوان إثر المعطيات الأرضية على درجة الحرارة السطحية لمدينة اربد باستخدام نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد خلال الفترة 1986-2018.

هدفت الدراسة إلى التعرف على إثر المعطيات الأرضية على درجة الحرارة السطحية لمدينة اربد باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والتعرف على خصائص درجة حرارة سطح الأرض لكل نوع من الغطاء الأرضي وتوصلت الدراسة إلى إن الغطاء النباتي ارتفعت فيه قيم متوسط درجات الحرارة السطحية خلال سنوات 1986-2018 واوصت بضرورة اتخاذ سياسات للحد من التوسع العمراني علي حساب الأراضي الزراعية.

دراسة غوري واخرون (Ghouri, 2022) بعنوان دراسة تحليلية للتباين في درجة حرارة سطح الأرض باستخدام مؤشر الاختلاف الطبيعي للغطاء النباتي ومؤشر الاختلاف الطبيعي للمناطق المبنية في منطقة فيهارى بباكستان بهدف معرفة العلاقة بين درجة حرارة سطح الأرض ومؤشرات الغطاء الأرضي وتم تحليل الارتباط بينهم باستخدام مخططات الانتشار وظهرت النتائج وجود ارتباط سلبي قوي بين LST و NDVI مع وجود ارتفاع في قيم UHI وراجع ذلك إلى التوسع العمراني.

دراسة (محمد، 2023) بعنوان تباين درجة حرارة سطح الأرض ومدى تأثير بعض المتغيرات بمدينة القاهرة 2022 هدفت الدراسة إلى تحليل الاختلافات المكانية لخريطة درجة حرارة سطح الأرض بهدف رصد الأماكن الحرجة التي تبرز فيها مشكلة ارتفاع درجة الحرارة وتوصلت الدراسة إلى إن المباني المبعثرة هي أكثر حرارة من المناطق السكنية المتكتلة واوصت بتبني نمط النسيج العمراني المتكامل، ركزت هذه الدراسة علي كتلة المباني يلاحظ في هذه الدراسة التركيز على فئة المباني بمدينة القاهرة بينما بمدينة غدامس ثم توضيح علاقة كل فئات استعمالات الأراضي بدرجة حرارة سطح الأرض.

تتفق الدراسة الحالية مع الدراسات السابقة في تناولها لموضوع التغيير المناخي ودراسة هذا التغيير لفترات سنوية طويلة وفي التركيز على الغطاء الأرضي باعتبار ان الاختلافات الأرضية تختلف بناءا عليها درجة حرارة سطح الأرض وتتفق أيضا في تناول الغطاء النباتي وعلاقته بدرجة حرارة سطح الأرض الا إن هذه الدراسة تختلف عن الدراسات السابقة في انها اعتمدت أدوات تحليل أكثر دقة متمثلة في المنصات المفتوحة المصدر climate engine وموقع موقع ESRI وعلي بوابة المعرفة المناخية الذي يشرف عليه البنك الدولي لتغيير المناخ وباستخدام مخرجات نماذج المناخ الإقليمية ضمن مشروع CORDEX-MENA. وتسعي الدراسة إلى إضافة التنبؤات المستقبلية كما ان تتناول مدينة غدامس باعتبارها تراثا ثقافيا لا يعوض يجعل الدراسة الحالية لا تكرر ما سبق وانما تبني عليه وتطوره وهو ما يسهم في اثراء المعرفة العلمية في مجال السياحة التراثية.

أولاً: اتجاهات التغيير المناخي بمدينة غدامس

إن فهم السياق العام للمناخ بمدينة غدامس يعد القاعدة المرجعية لفهم التغييرات المناخية وفهمه تم الحصول على البيانات المناخية التي تغطي أربع فترات زمنية (1901-1930، 1931-1960، 1961-1990، 1991-2020) من بوابة المعرفة المناخية الذي يشرف عليه البنك الدولي لتغيير المناخ (world bank,

2025) والجدول التالي يوضح ذلك

جدول (1) المتوسط الفصلي لدرجة حرارة الهواء السطحية والدنيا والقصوى ومجموع كمية الامطار المتركمة على غدامس

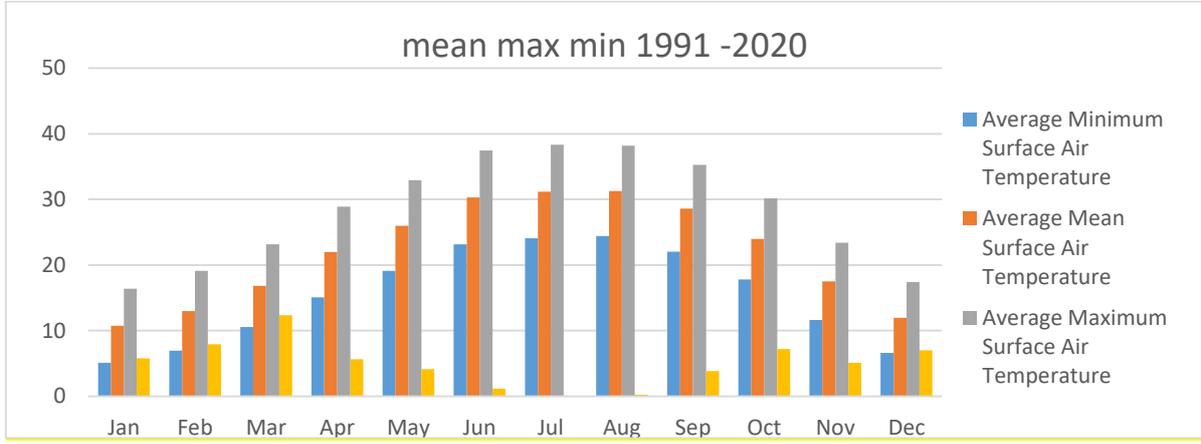
متوسط درجة حرارة الهواء السطحية	الخريف	الصيف	الربيع	الشتاء
1991-2020	23.91	30.37	23.2	13.60
1961-1990	22.91	29.45	22.58	13.19
1931-1960	23.1	29.38	22.53	13.19
1901-1930	22.96	29.15	22.46	13.17
مقدار التغيير الكلي	0.95	1.22	0.74	0.43
متوسط درجة الحرارة الدنيا	الخريف	الصيف	الربيع	الشتاء
1991-2020	17.28	23.56	16.07	7.18
1961-1990	16.28	22.62	15.44	6.78
1931-1960	16.46	22.55	15.39	6.77
1901-1930	16.33	22.32	15.33	6.76
مقدار التغيير الكلي	0.95	1.24	0.74	0.42
متوسط درجة الحرارة القصوى	الخريف	الصيف	الربيع	الشتاء
1991-2020	30.59	37.23	30.38	20.06
1961-1990	29.58	36.34	29.76	19.66
1931-1960	29.78	36.27	29.72	19.67
1901-1930	29.63	36.03	29.64	19.64
مقدار التغيير الكلي	0.96	1.20	0.74	0.42
مجموع كمية الامطار المتركمة مم	الخريف	الصيف	الربيع	الشتاء
1991-2020	8.28	1.8	7.47	20.63
1961-1990	10.78	1.83	8.88	19.94
1931-1960	9.72	1.76	7.54	20.41
1901-1930	10.69	1.86	8.16	21.57
مقدار التغيير الكلي*	-2.41	0.06-	-0.69	-0.94

مقدار التغيير الكلي هو الفرق بين القيمة في أحدث فترة زمنية مع القيمة في أقدم فترة زمنية (العربي، 2022، الصفحات 78-82).

المصدر: من عمل الباحثة استناداً إلى بيانات بوابة المعرفة المناخية الذي يشرف عليه البنك الدولي لتغير المناخ

من خلال الجدول (1) يتضح ان وجود اتجاه تصاعدي في متوسط درجة حرارة الهواء السطحية من 13.17 ° إلى 13.60 ° في الفترة من 1901-2020 م مع تسجيل اعلي ارتفاع موسمي في فصل الصيف من 29.15 ° إلى 30.37 ° أي بزيادة قدرها 1.2 ° ويلاحظ أيضا ارتفاع درجات الحرارة القصوى والدنيا، وهو ما يشير إلى تقلص الفارق الحراري بين الليل والنهار بالإضافة إلى وجود تدبب في كميات

الامطار المتراكمة مع وجود انخفاض في كميتها، اكبر انخفاض أجمالي كان في فصل الخريف (-2.41 ملم) إي تراجع بنسبة 22.6% مقارنة بمستوي الامطار في سنة 1901-1930 م من 10.69 إلى 8.28 ملم بصفة عامة تشير أرقام 120 سنة إلى احتراز مناخي متسارع وخاصة في فترة التسعينات ، مع جفاف متزايد في الخريف والربيع .



المصدر: - من عمل الباحثة استناداً إلى بيانات بوابة المعرفة المناخية الذي يشرف عليه البنك الدولي لتغير المناخ شكل (2) الدرجة اليومية لحرارة الهواء السطحية والعظمي والصغرة ومتوسط الهطول للفترة من 1991 إلى 2020 م

من خلال الشكل (2) يتضح ان قيم المتوسطات الثلاثة لدرجة الحرارة اليومية أن شهر 6 و7 و8 يضمن اعلي قيمة لدرجة الحرارة المثوية بينما اقلها في شهر 12 و1

مقارنة المؤشرات الإحصائية لدرجة حرارة سطح الأرض لسنتي 2020 و2024م

ثم الحصول على بيانات درجة حرارة سطح الأرض LST لسنتي 2020 و2024 من منصة climate engine ومن خلال Symbolic Statistics الموجودة في Arcgispro تم استخراج المؤشرات الإحصائية من المتوسط الحسابي والقيمة القصوى والقيمة الدنيا والانحراف المعياري والجدول التالي يوضح ذلك

جدول (2) الخصائص الإحصائية المشتقة من Landsat-Toa-LST 2024/ 2000

الانحراف المعياري Std-dev	المتوسط mean	القيمة القصوى max	القيمة الدنيا min	السنة
1.132	35.79	39.22	31.86	2020
1.032	736.6	39.72	33.25	2024
0.100 -	0.88	0.50	1.39	مقدار التغيير 2024-2020
8.83-	2.46	1.27	4.36	نسبة التغيير 2020\2024-2020 × 100

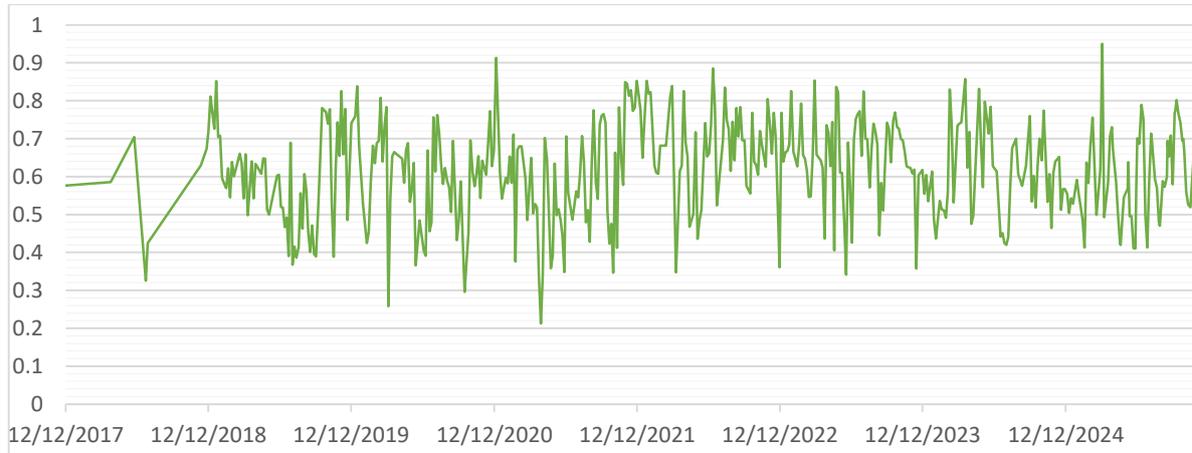
Climate engine- Landsat 5-7-8-9 30 m -LST (land surface temperature-Arcgispro 3.0.0

تشير القراءات في جدول (2) إلى إن أعلى نسبة تغيير كانت في الحد الأدنى 4.36% مما يدل على دف متزايد في درجات الحرارة الدنيا (الليالي والأيام الباردة)، كما ان الارتفاع الكبير للمتوسط بنسبة 2.46% أي ما يعادل 0.88 م في فترة قصيرة أربعة سنوات يعد مؤشراً قوياً على التغير المناخي الكبير، ويشير انخفاض الانحراف المعياري بنسبة -8.83% إلى تقليل التباين في درجات الحرارة بين الأيام الباردة والأيام الحارة وهو ما يعبر عن استقرار حراري مرتفع.

ثانياً: مع وجود مؤشرات تغير مناخي (ارتفاع للحراري وانخفاض للأمطار) يصبح مؤشر NDVI مهم لمعرفة التأثيرات البيئية للتغير المناخي.

1. تحليل السلاسل الزمنية لمؤشر NDVI للفترة من 2017. 2025م

تم تنزيل السلاسل الزمنية للفترة من 2017 . 2025م من موقع climate engine بدقة مكانية 30 م من القمر الصناعي sentinel 2 SR . والشكل (3) يوضح التسلسل الزمني لمؤشر NDVI



NDVI (sentinel 2 sr) at 9.4990E ,30.1355N,2017-10-10 to 2025-11-06

الشكل (3) التسلسل الزمني لمؤشر NDVI

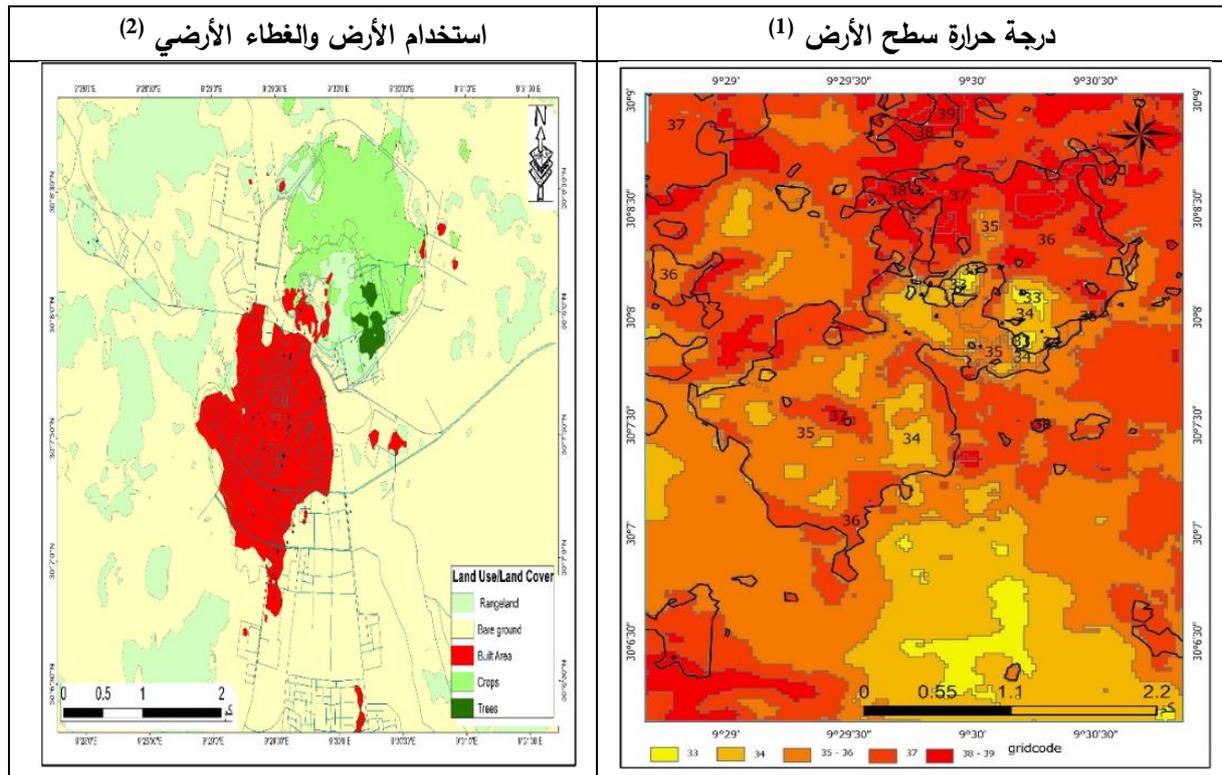
تشير نتائج السلاسل الزمنية بالشكل (3) إلى غياباً لأي اتجاه خطي ذي دلالة إحصائية 0.05 مما يدل على استقرار نسبي وعدم وجود تدهور بيئي متصاعد في الغطاء النباتي لمدة 7 سنوات فادني قيمة لي NDVI وهي 0.2128 وأعلى قيمة هي 0.9502 والمتوسط الحسابي 0.61 والانحراف المعياري ± 0.13 مع وجود تقلبات موسمية قيم مرتفعة في الربيع والشتاء منخفضة في الصيف، ففي يناير بلغت قيمت NDVI

0.4128 وفى يونيو 0.4106 ظهرت القيم منخفضة مما ما يمكن تفسيره بموسم الحصاد والحرق وتجهيز الأرض.

2. تصنيف الغطاء الأرضي لسنة 2020 م أن الاعتماد على NDVI كمؤشر لفهم اثار التغير المناخي لا يكفي لوحدة لدي تم تصنيف خريطة الغطاء الأرضي لسنة 2020 م تم الحصول على طبقة الغطاء الأرضي من القمر الصناعي sentinel2 ب دقة 10 متر لسنة 2020 م من موقع ESRI صنفتم إلى 6 فئات حسب تصنيفات الغطاء الأرضي للعالم الموجود على موقع و تم تحويل raster إلى vector تم تعريف البيانات واستخراج المساحة وجاء نوع ودقة التصنيف, cell size 10.00012551, Pixel depth 8-bit . 9.999861737m



شكل (4) تحويل raster إلى vector



المصدر من عمل الباحثة استنادا إلى

- 1-Sentinel-2 10 m land use\land cover timeseries downloader (mature support)
 - 2-Climate engine- Landsat 5-7-8-9 30 m -Lst (land surface temperature-Arcgispro 3.0.0)
- شكل(5) درجة حرارة سطح الأرض واستخدام الأرض والغطاء الأرضي لسنة 2020م

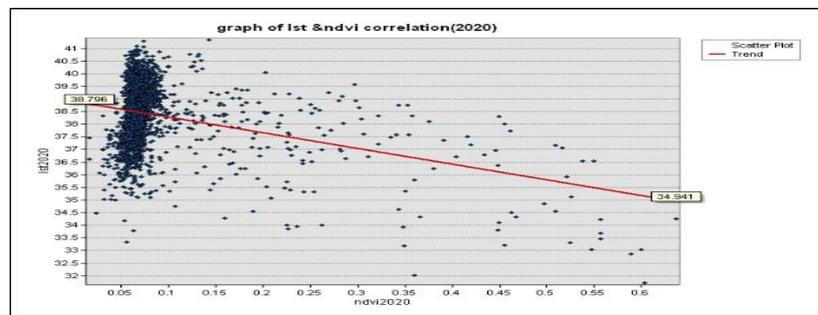
جدول (3) مساحة والنسبة المئوية للاستخدام الأرض والغطاء الأرضي لمدينة غدامس لسنة 2020 م

%	المساحة كم ²	استخدام الأرض والغطاء الأرضي 2020
70.294	31.294	Bare ground أراضي جرداء
21.693	9.212	Rangeland مراعي
5.067	2.256	Built Area المباني
3.682	1.639	Crops المحاصيل
0.263	0.117	Trees الأشجار

من خلال الشكل (5) والجدول (3) يتضح إن الأراضي الجرداء تمثل أعلى نسبة 70.29 تليها المراعي بنسبة 21.7% وإن المباني عددها متوسط، والمحاصيل وهي تمثل النشاط الزراعي فهو محدود وبينما تكاد تنعدم الأشجار، وهي عبارة عن جيوب خضراء محدودة بما أن استخدامات الأراضي تؤثر على الحرارة السطحية، فإن فهم العلاقة المباشرة بين الغطاء النباتي ودرجة حرارة سطح الأرض يعد مهم.

ثالثاً: العلاقة بين مؤشر الغطاء النباتي NDVI وLST درجة حرارة سطح الأرض لسنة 2020

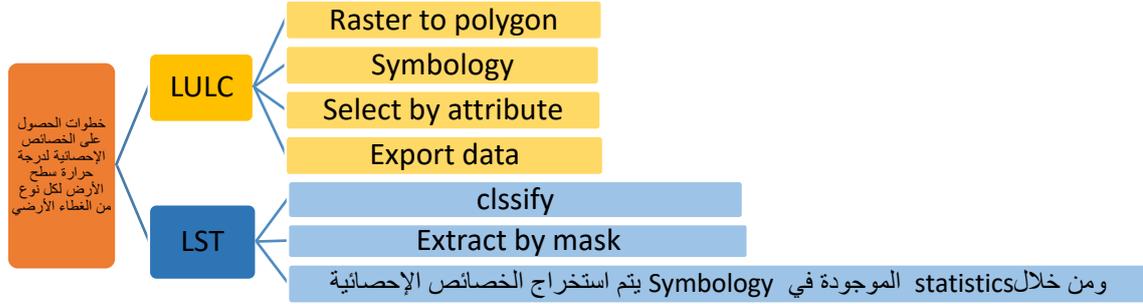
من خلال موقع Climate Engine تم تنزيل بيانات LST وNdvi Datasets لسنة 2020 ومن خلال Remote sensing والقمر Sentinel 2 sr -iom-5day تم الحصول على مؤشر الغطاء النباتي، كما تم الحصول على درجة حرارة سطح الأرض من الأقمار الصناعية Landsat 5/7/8/9 SR خطوط رسم المخطط البياني يتطلب طبقة لي درجة حرارة سطح الأرض وطبقة مؤشر الغطاء النباتي يتم قصها بالأداة clip لتتناسب مع حدود منطقة الدراسة انشاء شبكة نقطية من خلال استخدام المسار Tool box – data management tools – sampling – create fishnt لست, ndvi بعد قص الشبكة النقطية لتتناسب مع حدود منطقة الدراسة استخراج قيمة النقاط لكل من ndvi من خلال Spatil analyst tools – extraction – extract multi values to point وفي شريط القوائم تظهر نافذة create graph



من عمل الباحثة استنادا إلى بيانات Climate engine

شكل (6) العلاقة بين NDVI وLST 2020-2024

- من خلال الشكل يلاحظ ان هناك علاقة عكسية بين LST و NDVI وهو ما يشير إلى ان إي زيادة في الغطاء النباتي يصاحبه انخفاض في درجة حرارة سطح الأرض تتحصر بين 38.796 و 34.941 وهي قيمة حرجة تشير إلى الاجهاد الحراري.
- مقارنة مدي تأثر مختلف الاغطية الأرضية بمدينة غدامس بالتحويلات المناخية لدرجة حرارة سطح الأرض لسنتي 2020 و 2024م.



شكل (7) خطوات الحصول على الخصائص الإحصائية لدرجة حرارة سطح الأرض لكل نوع من الغطاء الأرضي

جدول (4) الخصائص الإحصائية للتغيرات في الحرارة السطحية المرتبطة بتغير استخدام الاراضي 2020 - 2024

الانحراف المعياري			المتوسط السنوي			القيمة القصوى			القيمة الدنيا			المدى اليومي لدرجة الحرارة	استخدام الأرض والغطاء الأرضي
مقدار التغير	Std-dev 2024	Std-dev 2020	مقدار التغير	Mean 2024	Mean 2020	مقدار التغير	Max 2024	Max 2020	مقدار التغير	Min 2024	Min 2020	Dtr(max-min)	
-0.045	0.965	1.01	0.81	36.7	35.98	0.27	39.49	39.22	1.69	34.3	32.7	-1.42	مراعي
-0.165	1.035	1.20	0.98	37	36.04	0.65	39.72	39.07	1.66	33.5	31.8	-1.01	أراضي جرداء
-0.190	0.71	0.90	1.07	35.6	34.59	1.34	38.9	37.56	1.71	33.7	32.	-0.37	المباني
-0.087	1.153	1.24	1.12	36.6	35.56	0.56	38.77	38.21	1.57	33.2	31.6	-1.01	المحاصيل
0.177	0.677	0.50	1.66	34.2	32.58	2.57	35.97	33.40	1.68	33.4	31.8	0.89	الأشجار
-0.062			1.12			1.07			1.662			0.584	المتوسط

المصدر Climate engine- Landsat 5-7-8-9 30 m -LST (land surface temperature-Arcgispro 3.0.0 كشفت نتائج التحليل الاحصائي بالجدول (4) ارتفاعاً في المتوسط السنوي لدرجة الحرارة السطحية في جميع فئات الغطاء الأرضي لمدينة غدامس حيث تراوحت الزيادة بين 0.81 في المراعي و 1.66 في الأشجار

كما يلاحظ أيضا ارتفاع في درجة الحرارة الدنيا مقارنة بالزيادة في درجة الحرارة العليا في فئات الغطاء الأرضي فالمراعي درجة الحرارة الدنيا تساوي 1.69 مقابل 0.27 درجة الحرارة العليا، والأراضي الجرداء درجة حرارتها الدنيا 1.66 مقابل درجة الحرارة العليا 0.65، والمباني درجة حرارتها الدنيا 1.71 والعليا 1.34 والمحاصيل جاءت درجة الحرارة الدنيا 1.57 أما العليا فهي 0.56 كما يلاحظ أيضا انخفاض المدي اليومي لدرجة الحرارة في الفئات الأربعة وخاصة في المراعي والأراضي الجرداء والمحاصيل وانخفاض طفيف في المدي اليومي لدرجة حرارة المباني 0.37- وذلك لتأثرها بالجزر الحضارية بسبب قدرتها علي تخزين الحرارة نهارا واطلاقها ليلا وهو ما يشير إلى ارتفاع درجة حرارة الليل مقارنة بالنهار اما الأشجار فيلاحظ ارتفاع طفيف في المدي الحراري اليومي 0.89 وهو ما يوتر على سياحة التخيم والأنشطة السياحية بالليل ولمعرفة مساحة درجة حرارة سطح الأرض حسب نوع الغطاء الأرضي تم تقريب القيم إلى أقرب عدد صحيح تحول float إلى integer وتحويل raster to polygon . وتحويل coordinate system من خلال الأداء project ولتجميع المساحات ثم استخدام الأداء dissolve

جدول (5) مساحات درجة حرارة سطح الأرض LST حسب نوع الغطاء الأرضي بالمتر المربع.

المباني	المحاصيل	المراعي	الأشجار	الأراضي الجرداء	gridcode
775.1836	41085.44		8527.398	17053.98	33
432588.5	138760.6	469121.1	7752.135	73650.13	34
1231889	199220.6	3153502	1550.406	208542.6	35
708587.7	505406.1	5286783		441895.1	36
82173.81	540271.7	5091057		915486	37
1550.534	161227.5	1690051		246499.2	38
				39529.08	39

المصدر من عمل الباحثة استنادا إلى LST (land surface temperature-Arcgispro - Landsat 5-7-8-9 30 m - Climate engine

الأراضي الجرداء تتركز في الفئات الأكثر حرارة 37-39 مما يجعلها أكثر المناطق غير ملائمة للأنشطة السياحية جاءت مساحة الأشجار 8.527 م² والمحاصيل 41.085 م² في الفئة 33 تشير إلى مناطق جذب سياحي بيئي، مساحة 1231889 م² من المباني واقعة ضمن درجة 35 ويمكن استخدامها في الاعاشة والاستقبال.

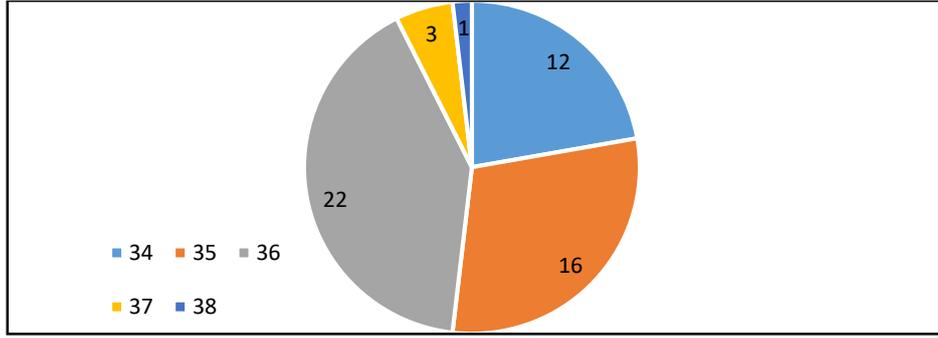
رابعاً: تحليل توزيع درجة حرارة سطح الأرض وارتباطه بالمواقع السياحية والخدمية

جدول (6) توزيع المواقع السياحية والخدمية بمدينة غدامس حسب درجة حرارة سطح الأرض Lst

الاسم	النسبة المئوية	عدد المواقع	درجة الحرارة
مدينة غدامس القديمة، مقهى توجدة، مسجد الفقى عمران مسجد حي السلام، محطة القوافل، محطة عين الفرس لنقل الركاب، فندق عين الفرس، حديقة عين انتالة، الحديقة العامة عين الفرس، ميدان الجامع العتيق، الجامع العتيق، جامع يونس.	22.22	12	34
طريق غدامس - درج، مكتب بريد واتصالات، السوق القديم قودار، باب قصر امجار، ميدان جرسان، حديقة العامة، فندق دار غدامس، فندق نجوم، فندق بدر، مسجد أسامة، مقهى تيلوان، مسجد السنوسية، مطعم بيروجينا، المدرسة العربية الإيطالية، مطعم ومقهى اوال	29.63	16	35
متحف غدامس المحلى، القلعة، رسومات ما قبل التاريخ، امانج الحمام التركي، مصنع الفخار، مقهى بيروجينا 2، مسجد امانج، مفوضية كشاف غدامس، مكتب السياحة غدامس، فندق الواحة، فندق باب الفتح، بيوت الشباب، باب البر، ميدان نان امانج، سوق الصناعات التقليدية، مصرف شمال افريقيا، مركز شرطة، مستوصف غدامس، مستشفى غدامس العام، طريق غدامس - درج، طريق غدامس - الحدود الجزائرية، مطار غدامس	40.74	22	36
مسجد الفاروق، منتزه وحديقة الام والطفل، طريق غدامس - الحدود الجزائرية	5.56	3	37
الساحة الرياضية	1.85	1	38
	100	54	المجموع

المصدر من عمل الباحثة بالاعتماد على برنامج ArcGIS pro وبيانات قسم العلاقات العامة بوزارة السياحة

بلغ عدد المواقع السياحية والخدمية 52 موقعا ونظرا لوقوع طريق غدامس - درج وطريق غدامس - الحدود الجزائرية بين فئتين تصبح عدد المواقع 54 موقعا يتضح ان الفئة 36°C هي الأكثر تكرارا بنسبة 40.74% ويلاحظ هيمنة الاسطح شبه الحضرية والحديثة داخل هذه الفئة، كما يلاحظ أيضا ان 7.41% من فئة 37°C - 38°C من القيم تقع في الفئة الحرارية العالية جدا والمتمثلة في مسجد الفاروق، منتزه وحديقة الام والطفل، طريق غدامس - الحدود الجزائرية والساحة الرياضية، وبهذا هيمنت المساحات المفتوحة على هذا الفئة، كما يلاحظ ان المواقع الأقل حرارة 34°C تتركز في النسيج العمراني التقليدي كالمدينة القديمة، والجامع العتيق والحدايق المرتبطة بالعيون مثل عين انتالة وعين الفرس .

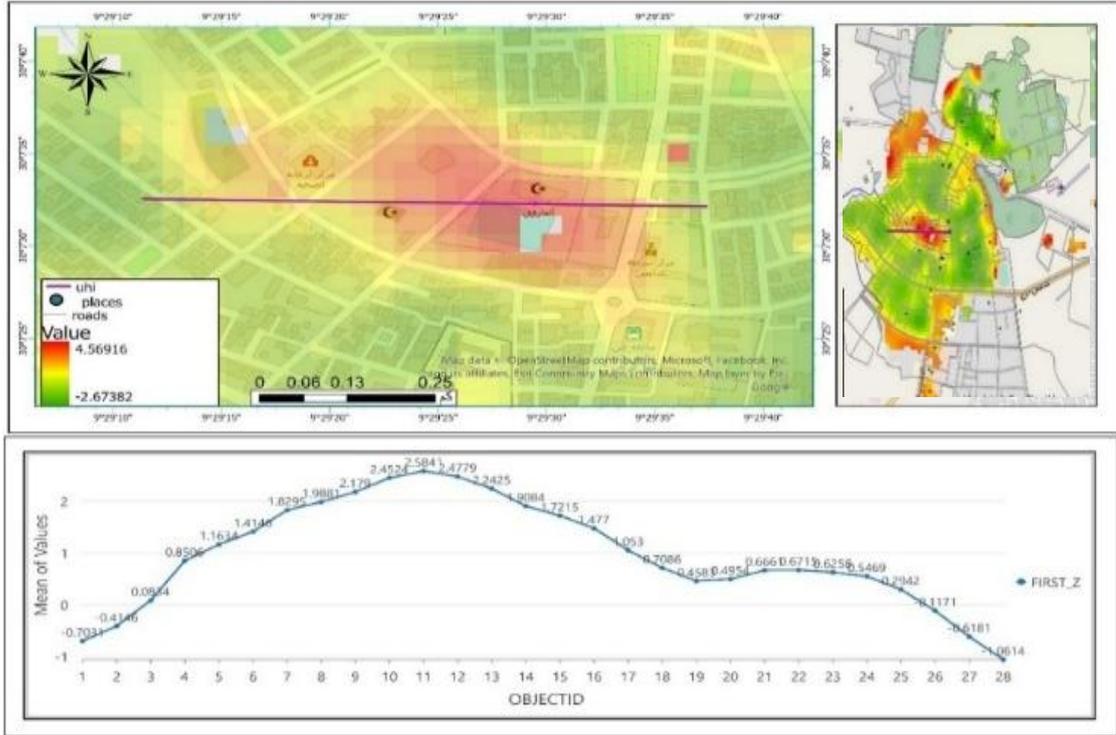


شكل (8) توزيع المواقع السياحية والخدمية بمدينة غدامس حسب درجة حرارة سطح الأرض Lst

خامساً: الجزر الحضرية UHI 2024م

للتحديد قمة الجزر الحضرية لابد من اتباع الآتي :-

1. معرفة القيمة الأدنى لدرجة الحرارة والانحراف المعياري لدرجة حرارة سطح الأرض Ist والتي بلغت القيمة الدنيا 35.666162675 اما الانحراف المعياري فكان 0.7125464643
2. من خلال raster calculator وتطبيق المعادلة التالية $Ist - Istm \setminus stsd$ للحصول على قيم UHI
- 3 انشاء طبقة line لرسم خط بمنطقة الحرارة المرتفعة التي يظهرها التدرج اللوني.
4. وباستخدام الأداء stack profile ثم انشاء مقطع عرضي.



المصدر من عمل الباحثة استنادا إلى درجة حرارة سطح الأرض

شكل (9) المقطع العرضي للجزر الحضرية

يظهر المنحني بالشكل (9) نمطا كلاسيكيا لظاهرة UHI يمتد المقطع العرضي لمسافة 695.5م حيث تبدأ المنطقة عند -0.70°C صعودا إلى قمة حرارية عند 257.6م حيث تسجل $+2.58^{\circ}\text{C}$ تم انحدار إلى منطقة باردة نسبيا -1.06°C عند مسافة 695.5م وإن القمة الحرارية تتركز في المنطقة الممتدة ما بين مصرف شمال افريقيا في الغرب ومركز شرطة غدامس في الشرق والمنطقة المحيطة بمسجد الفاروق بما يعرف بحي الضمان، كما يمكن ملاحظه ظاهرة الجزر الحضرية في أطراف طبقة المباني في المنطقة المحيطة بمستشفى غدامس وبالنظر إلى خريطة الجزر الحرارية يلاحظ انها متمركزة نسبيا في الأطراف الخارجية لكتلة المباني .

سادساً: التنبؤات المستقبلية : تم الاعتماد علي نتائج نماذج المناخ الإقليمي REGIONAL CLIMATE MODELS -RCMS ضمن إطار مشروع CORDEX- MENA حيث جري اختيار أربع مسارات تركز لتوقع مستقبل انبعاثات الغازية المؤثرة علي المناخ خاصة الغازات الدفيئة مثل ثاني أكسيد الكربون واكسيد النيتروز والميثان ممثلة في سيناريو تفاعلي انبعاثات منخفضة، وسيناريو متوسط انبعاثات تثبت تقريباً بمنتصف القرن، وسيناريو معتدل - مرتفع انبعاثات تستمر في الارتفاع حتي منتصف القرن، وسيناريو تشاؤمي انبعاثات عالية جدا دون تحكم تم اعتبار متوسط درجات الحرارة لسنتي 2000-2020 كأساس مرجعي والسنوات المستقبلية 2040-2060-2080-2100 مع تضمين النطاق بين الميين 10 والمئين 90 لتمثيل عدم اليقين الناتج عن تشتت النماذج .

RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5
<ul style="list-style-type: none"> سيناريو تفاعلي انبعاثات منخفضة جداً، مع جهود عالمية قوية للحد من الاحتباس (أقل من 2 درجة مئوية ارتفاع عالمي بحلول 2100) 	<ul style="list-style-type: none"> سيناريو متوسط انبعاثات تُنبئ تقريباً بمنتصف القرن، ثم تنخفض (حوالي 2-3 درجات ارتفاع) 	<ul style="list-style-type: none"> سيناريو معتدل مرتفع: انبعاثات تستمر في الارتفاع حتى منتصف القرن، ثم تستقر (حوالي 3-4 درجات ارتفاع) 	<ul style="list-style-type: none"> سيناريو تشاؤمي انبعاثات عالية جداً دون تحكم (أكثر من 4 درجات ارتفاع عالمي "Business as Usual")

المصدر الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ.

شكل (10) السيناريوهات الانبعاثية للفترة المرجعية (2000-2020) والمستقبلية (2040-2060-2080-2100).

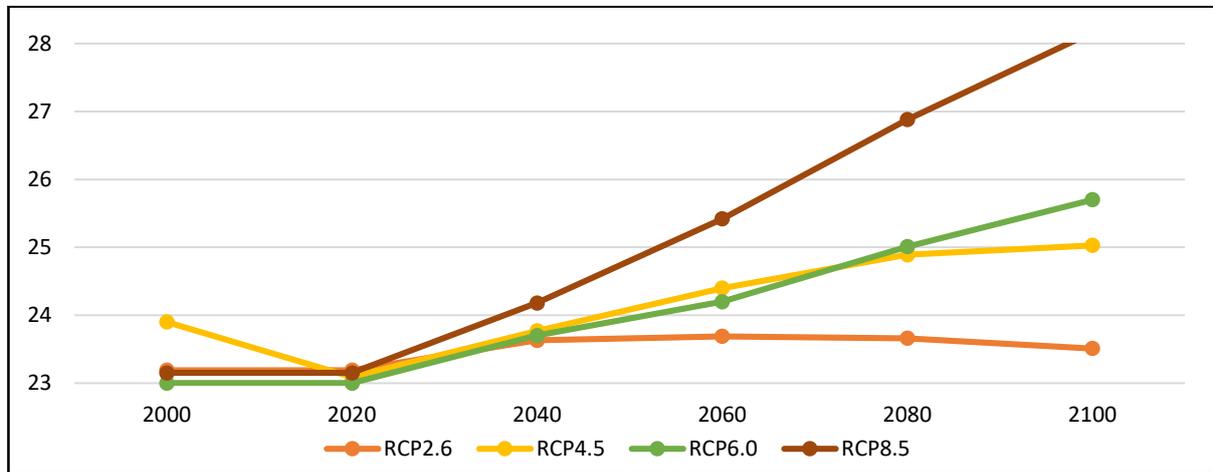
من خلال الشكل يتضح إن درجة الحرارة السنوية المتوقعة وفقاً لكل سيناريو يظهر النطاق المئوي 90/10 أي ان 80% تحقق الاحتمال

جدول (7) توقع متوسط درجات الحرارة السنوية في مدينة غدامس من عام 2000 إلى 2100 تحت سيناريوهات الانبعاثات المختلفة.

RCP	2.6	4.5	6.0	8.5
2000	23.19	23.9	23	23.15
	23.70 إلى 22.31	23.79 إلى 22.46	23.51 إلى 22.30	23.76 إلى 22.28
2020	23.19	23.9	23.00	23.15
	23.70 إلى 22.31	23.79 إلى 22.46	23.51 إلى 22.30	23.76 إلى 22.28
2040	23.63	23.77	23.70	24.18
	24.28 إلى 22.69	24.53 إلى 22.96	24.11 إلى 22.58	24.89 إلى 23.09
2060	23.69	24.40	24.20	25.42
	24.38 إلى 22.65	25.11 إلى 23.31	24.92 إلى 22.93	26.39 إلى 24.03
2080	23.66	24.89	25.01	26.88
	24.38 إلى 22.77	25.74 إلى 23.44	25.76 إلى 23.78	27.94 إلى 25.15
2100	23.51	25.03	25.70	28.17
	24.21 إلى 22.71	25.87 إلى 23.29	26.60 إلى 24.36	29.62 إلى 26.38

المصدر . مخرجات نماذج cordex-mena معالجة باستخدام تقنيات إعادة التقطيع المكاني وتصحيح الانحياز، استنادا إلى قواعد بيانات ERA5-LAND و CRU

من خلال الجدول (7) يتضح ان سنة 2000 و 2020 متطابقة تقريباً يتراوح المتوسط ما بين 23 C إلى 23.90 C وهو ما يدل على ان البيانات كانت تعتمد على مشاهدات فعلية.



المصدر . مخرجات نماذج cordex-mena معالجة باستخدام تقنيات إعادة التقطيع المكاني وتصحيح الانحياز، استنادا إلى قواعد بيانات ERA5-LAND و CRU

شكل (11) تغيير متوسط درجات الحرارة السنوية في مدينة غدامس تحت سيناريوهات (2100-2000) RCP

يظهر السيناريو RCP8.5 والذي يمثل الاستمرارية العالمية في الانبعاثات أعلى معدل ارتفاع في درجات الحرارة حيث تصل إلى 28.17°C بحلول عام 2100 مقارنة ب 23.51°C وهو السيناريو التفاؤلي ذو الانبعاثات المنخفضة RCP2.6 .

النتائج:

- 1- تشير البيانات المناخية لمدينة غدامس إلى وجود اتجاه تصاعدي في درجات الحرارة، مع تسجيل اعلي ارتفاع في فصل الصيف وارتفاع درجات الحرارة القصوى والدنيا مما يشير إلى تقلص الفارق الحراري بين الليل والنهار، مع تدببب في كمية الامطار وانخفاضها في فصل الشتاء .
- 2- تحليل سلسلة زمنية لمؤشر NDVI للفترة 2018-2025 اتضح عدم وجود اتجاه تصاعدي أو تنازلي واضح لمدة 8 سنوات لمؤشر الغطاء النباتي، وهو ما يشير إلى عدم وجود تدهور بيئي متصاعد وان الأراضي الجرداء تمثل اعلي نسبة 70.29 تليها المراعي بنسبة 21.7% وإن المباني عددها متوسط والمحاصيل وهي تمثل النشاط الزراعي فهو محدود وبينما تكاد تنعدم الأشجار، وهي عبارة عن جيوب خضراء محدودة الأراضي الجرداء تتركز في الفئات الأكثر حرارة 37-39 مما يجعلها أكثر المناطق غير ملائمة للأنشطة السياحية جاءت مساحة الأشجار 8.527 م² والمحاصيل 41.085 م² في الفئة 33 تشير إلى مناطق جذب سياحي بيئي، مساحة 1231889 م² من المباني واقعة ضمن درجة 35.
- 3- هناك علاقة عكسية بين NDVI وLST وأن الزيادة في الغطاء النباتي يصاحبه انخفاض في درجة الحرارة وان درجة حرارة سطح الأرض تتحصر بين 38.796 و34.941 .
- 4- أظهرت نتائج التحليل الاحصائي للغطاء الأرضي ارتفاع في المتوسط السنوي لدرجة الحرارة السطحية حيث تراوحت الزيادة بين 0.81 في المراعي و 1.66 في الأشجار مع ارتفاع في درجة الحرارة الدنيا مقارنة بالزيادة في درجة الحرارة العليا فالمراعي درجة الحرارة الدنيا 1.69 مقابل 0.27 درجة الحرارة العليا، والأراضي الجرداء درجة حرارتها الدنيا 1.66 مقابل درجة الحرارة العليا 0.65 ، والمباني درجة حرارتها الدنيا 1.71 والعليا 1.34 والمحاصيل جاءت درجة الحرارة الدنيا 1.57 اما العليا فهي 0.56 وانخفاض المدى اليومي لدرجة الحرارة في المراعي والأراضي الجرداء والمحاصيل وانخفاض طفيف في المدى اليومي لدرجة حرارة المباني -0.37.
- 5- أظهر التحليل المكاني للمواقع السياحية والخدمية وعلاقتها بدرجة حرارة سطح الأرض وجود ارتباط وتيق بنوعية الغطاء الأرضي حيث سجلت المباني المرتبطة بالطراز المعماري التقليدي والحدائق القريبة من العيون ادني قيم 34°C بينما سجلت المساحات المفتوحة مثل الساحة الرياضية اعلي القيم 38°C
- 6- أن القمة الحرارية تتركز في المنطقة الممتدة ما بين مصرف شمال افريقيا في الغرب ومركز شرطة غدامس في الشرق والمنطقة المحيطة بمسجد الفاروق بما يعرف بحي الضمان، كما يمكن ملاحظه ظاهرة الجزر الحضرية في أطراف طبقة المباني في المنطقة المحيطة بمستشفى غدامس وبالنظر إلى خريطة الجزر الحرارية يلاحظ انها متمركزة نسبيا في الأطراف الخارجية لكثلة المباني.

7- يظهر السيناريو RCP8.5 والذي يمثل الاستمرارية العالية في الانبعاثات أعلى معدل ارتفاع في درجات الحرارة حيث تصل إلى 28.17°C بحلول عام 2100 مقارنة ب 23.51°C وهو السيناريو التفاوضي ذو الانبعاثات المنخفضة RCP2.6 .

التوصيات:

- 1- دمج العلوم الجيومكانية في إدارة التراث.
- 2- إطلاق مشاريع تشجير في مناطق الفئات الحرارية 36-39 التي تتعدم بها الأشجار وفي المناطق الفئة الحرارية 33 الباردة نسبياً ذات الفرص السياحية الواعدة وتعزيز التشجير في مناطق القمة الحرارية مع تفعيل معايير المباني الخضراء في الفنادق والمراكز الخدمية.
- 3- استخدام بيانات LST في التخطيط، السياحي مع إنشاء نظام مراقبة دوري (كل 2-3 سنوات) لـ LST و NDVI باستخدام ArcGIS Pro ، وعرض التغيرات بخرائط وربطها بخطة إدارة الموقع الأثري.
- 4- تطوير بنية تحتية مقاومة للحرارة مع تطوير تطبيقات سياحية ذكية توصي بالأنشطة السياحية حسب المناخ إلومي.
- 5- تعزيز التعاون مع المؤسسات لتبادل الخبرات وتنفيذ المشاريع المشتركة بهدف الحفاظ على التراث الثقافي في ظل التغير المناخي.
- 6- إجراء دراسات مكملة لهذه الدراسة تتناول مواقع أخرى للتراث المادي اللبني في ظل التغير المناخي.

قائمة المصادر والمراجع

- الألكسو، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (2022) المعهد العربي للتغير المناخي في الوطن العربي التقييم العلمي والآثار والتكيف <https://www.alecso.org/nsite/ar/>
- ابوالخير، اسماء المهدي (2024) علي الفارق التضاريسي كمؤشر لتجمع المياه الجوفية وأهميته للتنمية السياحية ببلدية الجبل الغربي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، 4(1)، 135-156 .
<https://doi.org/10.37375/jlgs.v4i1.2546>
- ابوالخير، اسماء المهدي علي (2025) التحليل المكاني الشبكي للواجهات السياحية ببلدية المرقب وعلاقتها بالخدمات الطبية المساندة، المجلة الدولية للعلوم والتقنية 25-1(1):36، [DOI:10.62341/amab1202](https://doi.org/10.62341/amab1202)
- النوايسة، سامر (2018) إثر المعطيات الأرضية على درجة الحرارة السطحية لمدينة اربد باستخدام نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد خلال الفترة 1986-2018 دراسات العلوم الإنسانية والاجتماعية المجلد 48 ال عدد4 ملحق 1
- محمد، إسماعيل علي إسماعيل (2023) تباين درجة حرارة سطح الأرض ومدى تأثير بعض المتغيرات بمدينة القاهرة 2022، المجلة الجغرافية العربية تصدر عن الجمعية الجغرافية المصرية العدد 181، سلسلة بحوث جغرافية
[DOI:10.21608/agj.2023.318908](https://doi.org/10.21608/agj.2023.318908)
- مرعي، احمد محمود محمد (2018) دراسة التغيرات الحرارية لأراضي الضفة الغربية فلسطين باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية بين عامي 1985-2017 رسالة ماجستير، جامعة النجاح الوطنية، كلية الدراسات العليا <https://hdl.handle.net/20.500.11888/15811>
- مصلحة التخطيط العمراني (2013)، التقسيم الإداري
- منصور، كمال فتحي جمعة (2016) العلاقة بين التغيرات العمرانية ونشأة الجزر الحرارية بمدينة طنطا باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية مجلة البحث العلمي في الآداب، العدد السابع عشر [:10.21608/jssa.2016.11381](https://doi.org/10.21608/jssa.2016.11381)
- Ghouri, A. Y., Khan, A., Iftikhar, D., Rasheed, F., Muzamil, R., Tabasum, S.,-ul-Rasool, H., & Baig, R. (2022). Analytical study of land surface temperature with NDVI, NDBI, and NDBaI of Vehari District and detect the UHI in Vehari City, Pakistan. Journal of Remote Sensing GIS & Technology, 8(3), 12–25. <https://www.matjournals.com>
- UNESCO World Heritage Committee. (2023). Report of the extended 45th session of the World Heritage Committee, held in Riyadh, Saudi Arabia, 10–25 September 2023 (Document WHC-23/45.COM/7A, Item 7.A.5 – Climate Change and World Heritage, pp. 18–19). UNESCO. <https://whc.unesco.org/en/sessions/45COM>
- <https://whc.unesco.org/en/sessions/45COM>
- World Bank .(N.D.) .Climate Knowledge Portal.Retrieved November 7,2025 From - <https://climateknowledgeportal.worldbank.org>
- <https://www.arcgis.com/homelitem.html>
- <https://www.climateengine.org/>