

## Evaluation of the Effect of Vegetation on Urban Heat Islands Using Remote Sensing Techniques in Hillah City

**Tawfeeq Jasim Mohammed**

*Department of Construction and Projects, University Presidency, University of Babylon, Iraq .*

[tawfeeq.j.m.1984@gmail.com](mailto:tawfeeq.j.m.1984@gmail.com)

**Mohammad Rahmani**

*Department of Environmental Sciences, College of Marine and Environmental Sciences,  
University of Mazandaran, Iran.*

[m.rahmani@umz.ac.ir](mailto:m.rahmani@umz.ac.ir)

**Hayder Jasim Muhammed**

*Department of Construction and Projects, University Presidency, University of Babylon, Iraq.*

[gpr445m@gmail.com](mailto:gpr445m@gmail.com)

<b>Received:</b>	20/4/2024	<b>Accepted:</b>	31/7/2024	<b>Published:</b>	14/8/2024
------------------	-----------	------------------	-----------	-------------------	-----------

### Abstract

Many cities in Iraq are currently exposed a rise in temperatures. Most of the urban forms observed in these cities are not suitable for such harsh conditions, as residential units, buildings and high-rise facilities have been planned and designed in a way that hinders the movement and transfer of air masses between different locations. In addition, the lack of vegetation cover, water bodies, and the use of building materials with high thermal retention capacity exacerbate the problem. In order to investigate one of the factors contributing to the aggravation of the urban heat island phenomenon, it is very necessary to study the role of vegetation cover. This element is of great importance due to its multifaceted benefits, including increasing oxygen levels in the atmosphere and its positive impacts on economic and recreational activities. To identify the most effective vegetation cover area to mitigate air temperature in urban areas, we conducted this study in Babil Governorate in Iraq. We used remote sensing applications to create thermal, vegetation, and image maps within the study area, where we identified several types of land cover, such as vegetation, barren lands, rural buildings, urban buildings, and streets. We excluded water bodies from our analysis because they can affect the relationship between vegetation cover and surface temperature. It is important to note that low vegetation usually leads to high surface temperature in dry areas, and on the other hand, low vegetation leads to low surface temperature of water bodies, which leads to a decrease in the correlation coefficient between vegetation index and surface temperature. A map of normalized difference vegetation index (NDVI) was created for a selected model within the geographical boundaries of Babylon Governorate. In addition, a map of surface temperature (LST) was created for the same area. A model consisting of (386) points was created by integrating heat maps and vegetation data. Then,

a table was carefully prepared to include the above values, and correlations were created. Linear, logarithmic and polynomial regression models were evaluated, and the model with the highest correlation coefficient was chosen. We also found an approximate relationship between NDVI and the percentage of green areas, then the two relationships were linked by imposing the target temperature and extracting the approximate green area required to bring the surface temperature to the target level.

**Keywords:** Normalized difference vegetation index, Surface temperature, Urban heat island, Hillah city.



## تقييم تأثير الغطاء النباتي على الجزر الحرارية الحضرية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في مدينة الحلة

توفيق جاسم محمد

قسم الاعمار والمشاريع، رئاسة الجامعة، جامعة بابل، بابل، العراق

[tawfeeq.j.m.1984@gmail.com](mailto:tawfeeq.j.m.1984@gmail.com)

محمد رحمانى

قسم العلوم البيئية، كلية العلوم البحرية والبيئية، جامعة مازندران، ايران

[m.rahmani@umz.ac.ir](mailto:m.rahmani@umz.ac.ir)

حيدر جاسم محمد

قسم الاعمار والمشاريع، رئاسة الجامعة، جامعة بابل، بابل، العراق

[gpr445m@gmail.com](mailto:gpr445m@gmail.com)

### الخلاصة

تشهد العديد من المدن في العراق حالياً ارتفاعاً بدرجات الحرارة، إن معظم الأشكال الحضرية التي لوحظت في هذه المدن ليست مناسبة لمثل هذه الظروف القاسية، حيث تم تخطيط وتصميم الوحدات السكنية والمباني والمنشآت الشاهقة بشكل يعيق حركة وانتقال الكتل الهوائية بين المواقع المختلفة. بالإضافة إلى ذلك، فإن النقص في الغطاء النباتي، والمساحات المائية، واستخدام مواد البناء ذات قابلية احتفاظ حراري كبيره، يؤدي إلى تفاقم المشكلة. لغرض التحقيق في أحد العناصر المساهمة في تفاقم ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية، من الضروري جداً دراسة دور الغطاء النباتي. ويكتسب هذا العنصر أهمية كبيرة نظراً لمزاياه المتعددة الأوجه، بما في ذلك زيادة مستويات الأكسجين في الغلاف الجوي وانعكاساته الإيجابية على الأنشطة الاقتصادية والترفيهية. لتحديد منطقة الغطاء النباتي الأكثر فعالية للتخفيف من درجة حرارة الهواء في المناطق الحضرية، أجرينا هذه الدراسة في محافظة بابل في العراق. حيث استخدمنا تطبيقات الاستشعار عن بعد لإنشاء الخرائط الحرارية والحضرية والصورية ضمن منطقة الدراسة، حيث حددنا عدة أنواع من الغطاء الأرضي، مثل الغطاء النباتي، والأراضي القاحلة، والمباني الريفية، والمباني الحضرية، والشوارع. لقد استبعدنا المساحات المائية من تحليلنا لأنها يمكن أن تؤثر على العلاقة بين الغطاء النباتي ودرجة حرارة السطح. ومن المهم أن نلاحظ أن انخفاض الغطاء النباتي عادة ما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة السطح في المناطق اليبسة ومن ناحية أخرى فإن انخفاض الغطاء النباتي يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة سطح المساحات المائية، مما يؤدي إلى انخفاض معامل الارتباط بين مؤشر الغطاء النباتي ودرجة حرارة سطح الأرض. تم إنشاء خريطة لمؤشر الاختلاف الطبيعي للغطاء النباتي<sup>1</sup> (NDVI) لنموذج مختار ضمن الحدود الجغرافية لمحافظة بابل. علاوة على ذلك، تم إنشاء خريطة لدرجات حرارة سطح الأرض<sup>2</sup> (LST) لنفس المنطقة. تم إنشاء نموذج يتكون من (386)

<sup>1</sup> مختصر لعبارة Normalized Difference Vegetation Index وهو مقياس موحد للنباتات الصحية.

<sup>2</sup> مختصر لعبارة Land Surface Temperature

نقطة من خلال دمج الخرائط الحرارية وبيانات الغطاء النباتي. ومن ثم تم إعداد جدول بعناية ليشمل القيم المذكورة أعلاه، وتم إنشاء علاقات الارتباط. وتم تقييم نماذج الانحدار الخطي واللوجاريتمي ومتعدد الحدود، وتم اختيار النموذج ذو معامل الارتباط الأعلى. كذلك وقد اوجدنا علاقة تقريبية بين NDVI ونسبة المساحات الخضراء بعد ذلك تم الربط بين العلاقتين بفرض درجة الحرارة الهدف واستخراج المساحة الخضراء التقريبية المطلوبة لإيصال درجة حرارة سطح الارض الى المستوى المستهدف.

الكلمات الدالة: مؤشر الاختلاف الطبيعي للغطاء النباتي، درجة حرارة سطح الأرض، جزيرة الحرارة الحضرية، مدينة الحلة.

### المقدمة

شهد العراق وتحديداً الحلة مركز محافظة بابل، زيادة سكانية كبيرة بسبب ارتفاع دخل الفرد منذ عام (2003)[1][2]. وقد أدت هذه الزيادة في الدخل أيضاً إلى ارتفاع ملكية السيارات والتوسع الحضري، على الرغم من نقص الخدمات البلدية[3]. مستوى الوعي البيئي في المجتمع العراقي منخفض جداً وغالباً ما يهمل التخطيط الحضري الاعتبارات البيئية، مما يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة عالمياً ومحلياً. على سبيل المثال، لا يتم دمج المساحات الخضراء في جزء كبير من المناطق السكنية، ولا يؤخذ اتجاهات الرياح السائدة في نظر الاعتبار[4]. إن السماح للتيارات الهوائية بالدخول والخروج من المساحات الخضراء في الأحياء السكنية يمكن أن يخفض درجات الحرارة بشكل فعال[5]. وللحد من شدة الجزر الحرارية لا بد من زيادة نسبة المساحات الخضراء في مراكز المدن. ويمكن الاستفادة من الأشجار الطويلة للتغلب على مشكلة المساحة الخضراء المحدودة[6]. يمكن استخدام تقنيات تحليل صور الأقمار الصناعية، مثل استخراج مؤشرات NDVI و LST، لرصد وحساب الغطاء النباتي ودرجات حرارة سطح الأرض باستخدام برامج ENVI و ArcGIS[7]. يخفض مؤشر الاختلاف الطبيعي للغطاء النباتي (NDVI) درجات حرارة السطح من خلال وسيلتين. الأولى هو النتج، الذي يوفر غطاء من بخار الماء في المنطقة المزروعة والذي بدوره يمتص الإشعاع الوارد. والثاني هو الخصائص الفيزيائية للمياه، والتي تمتص كمية كبيرة نسبياً من الإشعاع بينما ترتفع درجة حرارتها قليلاً فقط[8]. ومع زيادة درجة حرارة الأبخرة، فإنها ترتفع إلى الأعلى بسرعة أكبر، مما يؤدي إلى فترة أطول من تخفيض الحرارة[9]. هناك طريقة أخرى لخفض درجات الحرارة وهي توفير الظل من خلال استخدام الغطاء النباتي المرتفع نسبياً. وإذا كانت المساحة المظللة كبيرة ومتصلة فهي أكثر فعالية في خفض الحرارة من نفس الكمية من المساحة المشتتة. ويصح هذا خاصة إذا كانت المنطقة المظللة معرضة للرياح كما سبق[10]. يتناسب انتشار حرارة سطح الأرض (LST) عكسياً مع انتشار الغطاء النباتي والغطاء المائي[11]. يؤدي وجود الغطاء النباتي والغطاء المائي إلى انخفاض درجة حرارة سطح الأرض. وعلى العكس من ذلك، تميل الأسطح الصلبة مثل المباني والشوارع والتربة العارية إلى الاحتفاظ بالحرارة بسبب خصائصها الحرارية المحددة[12].

تعد دراسة العلاقة بين انتشار الغطاء النباتي ودرجات حرارة السطح في منطقة جغرافية محددة بها مسطحات مائية كبيرة أمراً صعباً بسبب درجات الحرارة المنخفضة في المناطق المائية ذات قيم NDVI السلبية. مما يؤدي إلى اضطراب في العلاقة الرياضية بين المؤشرين وانخفاض كبير في معامل الارتباط  $(R)^3$  ولذلك يجب دراسة المسطحات المائية بشكل منفصل لضمان دقة النتائج[13].

<sup>3</sup> هو مقياس احصائي يقيس قوة وطبيعة العلاقة الخطية بين متغيرين.

## أدبيات سابقة

1. في سنة 2016 قام نوبيليا ليليانا ألشابار ورفاقه بإعداد ورقة بحثية تصف طرقاً مختلفة لتقليل درجة حرارة الهواء في المناطق الحضرية في مدينتي كامبيناس، البرازيل، وميندوزا، الأرجنتين حيث تم استخدام برنامج ENVI<sup>4</sup> حيث تمت محاكاة (18) من السيناريوهات بما في ذلك التغيرات في نسبة الغطاء النباتي، الانعكاسية السطحية، ونسبة الارتفاع/العرض في الأحياء الحضرية. حيث تم التوصل الى ان أفضل سيناريو يمكن تطبيقه هو باستخدام 60% من غطاء نباتي، انعكاسية منخفضة على الجدران، انعكاسية مرتفعة على الأسطح، 1.5 ارتفاع/عرض يمكن أن يخفض درجات حرارة الهواء حتى 6.4 درجة مئوية في كامبيناس و3.5 درجة مئوية في مندوزا[14].
  2. في سنة 2021 قام جوناس شواب ورفاقه بإعداد ورقة بحثية حول دور الأشجار الحضرية في تقليل درجات الحرارة في المدن الأوروبية حيث استخدموا بيانات درجات حرارة سطح الأرض عبر الأقمار الصناعية عالية الدقة وبيانات الغطاء الأرضي من 293 مدينة أوروبية لاستنتاج قدرة الأشجار الحضرية على تقليل درجات حرارة سطح الأرض حيث ان دراستهم بينت ان المساحات الخضراء الحضرية الخالية من الأشجار أقل فعالية بشكل عام في تقليل تأثيرات LSTs، كما أن تأثير التبريد الخاص بها أقل بحوالي 2-4 مرات من التبريد الناجم عن الأشجار الحضرية[15].
  3. في سنة 2019 قام دايي لاي ورفاقه بإعداد ورقة بحثية تستعرض آليات وتأثيرات التبريد لأربعة استراتيجيات تخفيف رئيسية، وهي تغيير الهندسة الحضرية، وزراعة النباتات، واستخدام الأسطح الباردة، ودمج المسطحات المائية وقد تم استخدام تطبيقات الاستشعار عن بعد و المحاكاة باستخدام برامج (ENVI-met)<sup>5</sup>، (PHOENICS) والقياس المباشر حيث أدت هذه الاستراتيجيات الأربع إلى انخفاض متوسط في درجة حرارة الهواء بمقدار 2.1 كلفن، و2.0 كلفن، و1.9 كلفن، و1.8 كلفن، على التوالي. من حيث التأثير المتكامل على الراحة الحرارية، فإن تغيير الهندسة الحضرية قدم أكبر تحسن، مع أكبر انخفاض في درجة الحرارة المكافئة فيسيولوجياً (PET) في الصيف (متوسط  $\Delta PET = 18.0K$ ). أدى استخدام الغطاء النباتي والمسطحات المائية إلى خفض متوسط PET بمقدار 13.0 ألف و4.6 ألف على التوالي[16].
- في الدراسة التي اعدناها كان الهدف منها الوصول الى مساحة خضراء حضرية تتناغم طبيعتها مع محيط المدينة الريفي النباتي من حيث الارتفاع وكثافة الاوراق والانواع المتوفرة، كقيلة بخفض درجات حرارة سطح الارض الى حد معين وهي مختلفة عن ما ورد في اعلاه من حيث العناصر المستخدمة حيث اعتمدت الدراسة اعلاه على عناصر مثل الانعكاسية السطحية، ونسبة الارتفاع/العرض في الأحياء الحضرية، الأسطح الباردة، تغيير الهندسة الحضرية ودمج المسطحات المائية فضلا عن نسبة الغطاء النباتي المستخدمة في دراستنا، حيث ان واقع المدينة لا يمتلك التنوع الكافي من هذه العناصر لادخالها ضمن البحث ومن الممكن اعداد دراسة مستقبلا تتضمن العناصر اعلاه بإدخال مدن اخرى لغرض زيادة التنوع.

<sup>4</sup> هو برنامج متخصص في تحليل ومعالجة بيانات الاستشعار عن بعد وهو مختصر لكلمة Environment

<sup>5</sup> وهو احد برامج محاكاة تدفق الهواء والسوائل الاخرى

منطقة دراسة

مدينة الحلة تمثل مركز محافظة بابل، تقع في وسط العراق وتبعد حوالي 100 كيلومتر جنوب بغداد (Fig.1). ويبلغ عدد سكانها حوالي 976432 نسمة. وتبلغ مساحة المدينة (مركز قضاء الحلة) 82.6 كم<sup>2</sup>. وينتشر شط الحلة الذي يبلغ طوله أكثر من 101 كيلومتراً من نهر الفرات، ويعتبر مصدراً رئيسياً لمياه الزراعة والشرب في المنطقة. ويتراوح ارتفاع محافظة بابل بين 20 الى 60 م عن سطح البحر. تشهد المنطقة مناخاً صحراوياً حيث تتجاوز درجات الحرارة في الصيف 50 درجة مئوية وانخفاض في معدل هطول الأمطار حيث يقتصر على الفترة المحصورة بين تشرين الثاني و نيسان [1][17].

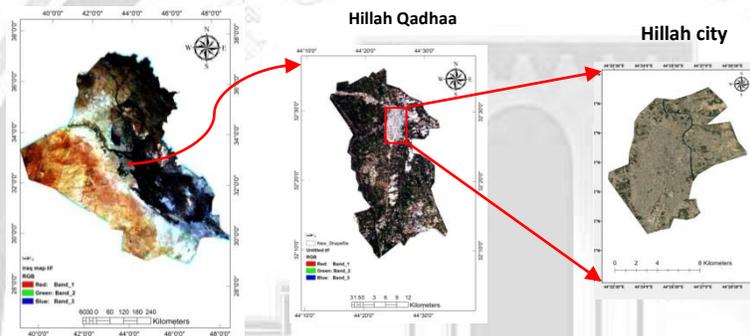


Fig.( 1) Location of Hillah city in Iraq

الغطاء النباتي في مدينة الحلة

في عام 2011 بلغت المساحة الإجمالية لمدينة الحلة (5,243 هكتاراً)، منها فقط (76.426 هكتاراً) مساحات خضراء ومساحات مفتوحة تقع في الأحياء السكنية. ويمثل ذلك 1.4% من إجمالي مساحة المدينة. وبالمقارنة مع بقية المدن العراقية فإن هذه النسبة أقل بكثير إذ تبلغ 17% من إجمالي مساحة تلك المدن تقريباً [18].

منهجية البحث

لقد قمنا بأثناء علاقة مباشرة بين نسبة المساحات الخضراء ومؤشر الغطاء النباتي للغطاء النباتي (NDVI) والمساحة الإجمالية لمركز مدينة الحلة، والتي تمثل قمة الجزيرة الحرارية. قمنا بتحديد مساحة الأرض التي تشمل جميع أنواع الغطاء الأرضي، مثل الغطاء النباتي والأراضي الجرداء والمباني والشوارع، في محيط مركز المدينة وأجزاء من وسط المدينة، مع تجنب أي مسطحات مائية. باستخدام صور القمر الصناعي Landsat من عام 1985 لغاية 2021، وبرامج معالجة صور القمر الصناعي Envi و ArcGIS. وقمنا باختيار 386 نقطة كنماذج للغطاء النباتي ودرجات الحرارة، موزعة بالتساوي على المنطقة باستخدام آلية محددة داخل برنامج (Arc Gis) كما موضح في (Fig. 11). كذلك أنشأنا خرائط توضح توزيع الغطاء النباتي (NDVI) ودرجات حرارة السطح (LST) في المنطقة المحددة (Fig.10 -11)

نتائج

تبلغ مساحة مدينة الحلة 82.6 كيلومتر مربع. وإقامة علاقة بسيطة وتقريبية بين NDVI ونسبة المساحات الخضراء كما موضح في الخرائط (Fig. 2,3,4,5,6,7)، تم إعداد جدول من خلال إجراء التصنيف الإشرافي واستخراج خرائط NDVI من

صور الأقمار الصناعية Landsat لمدة ست سنوات (1985، 1990، 1995، 2000، 2005، و2021) حيث تم حساب نسب المناطق النباتية وقيم NDVI المقابلة لكل سنة كما في (Table 1).

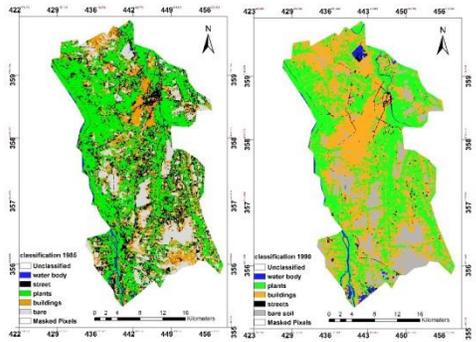


Fig. (2) Results of land use classification for 1985 and 1990

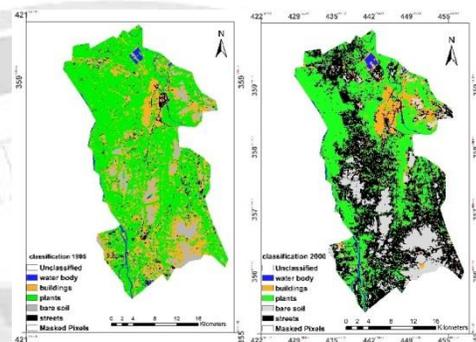


Fig. (3) Results of land use classification for 1995 and 2000

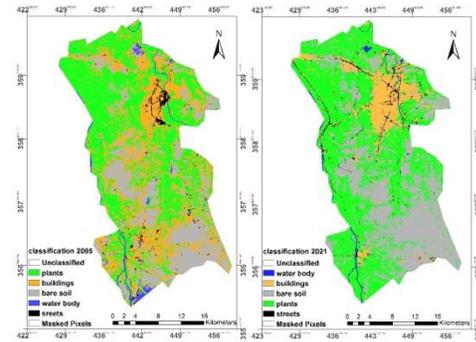


Fig.(4) Results of land use classification for 2005 and 2021

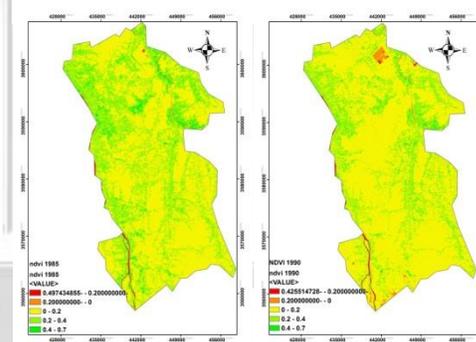


Fig.(5) NDVI maps for 1985 and 1990

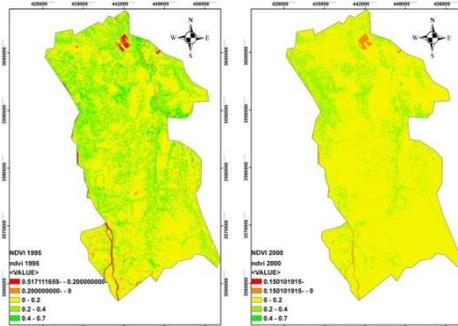


Fig. (6) NDVI maps for 1995 and 2000

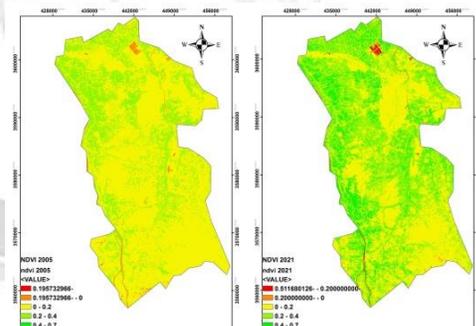


Fig.(7) NDVI maps for 2005 and 2021

Table 1

YEAR	Vegetation cover area ratio (VCAR)	NDVI
1985	0.431	0.174
1990	0.403	0.139
1995	0.45	0.162
2000	0.369	0.121
2005	0.422	0.133
2021	0.501	0.237

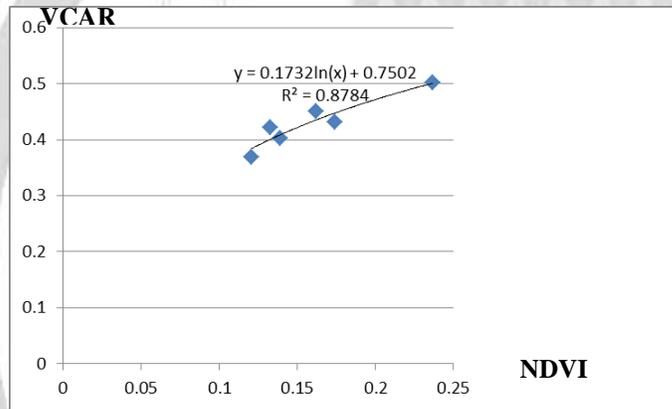


Fig.(8) VCAR&NDVI relationship

اذن العلاقة التقريبية بين NDVI ونسبة المساحات الخضراء كما يلي:

$$VCAR = 0.1732\ln(NDVI) + 0.7502 \dots\dots\dots(1)$$

قمنا بتهيئة واعداد خرائط (NDVI ودرجات حرارة سطح الأرض LST) لمنطقة منتخبة كنموذج لـ(386) نقطة كما موضح في Fig.(11) من خلال معالجة صور القمر الصناعي Landsat للمنطقة المحددة المجاورة والمتضمنة لأجزاء من وسط مدينة الحلة بواسطة برامج ENVI ، Arc Gis ، كما هو موضح في (Fig. 9,10).

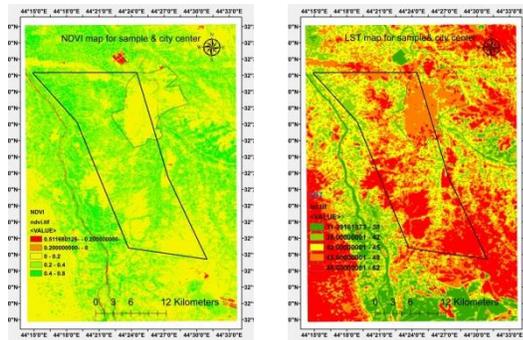


Fig.(9) NDVI and LST maps for sample and city center

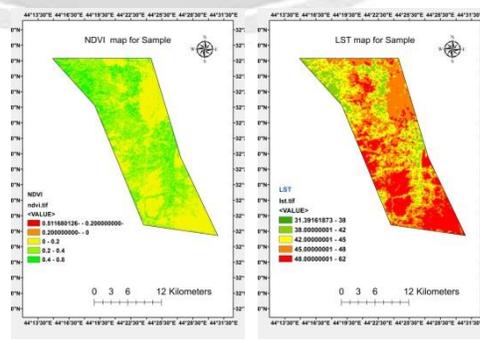


Fig.(10)NDVI and LST maps for sample

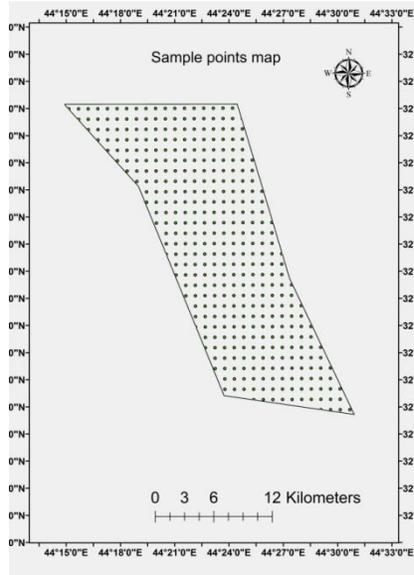


Fig.(11) Sample points map

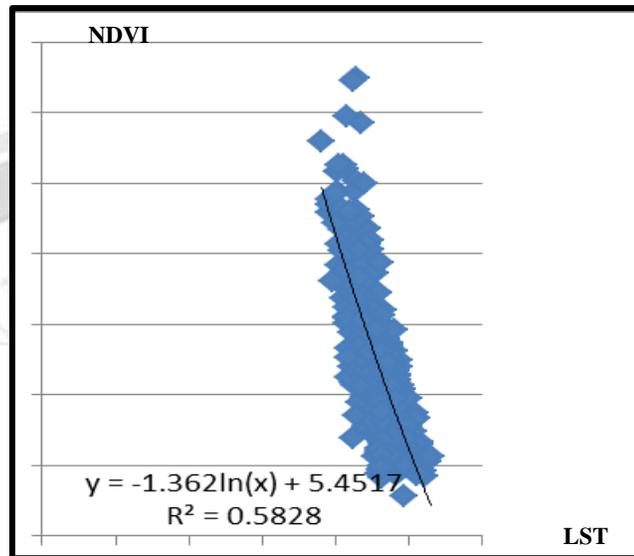


Fig.(12) NDVI&LST relationship1

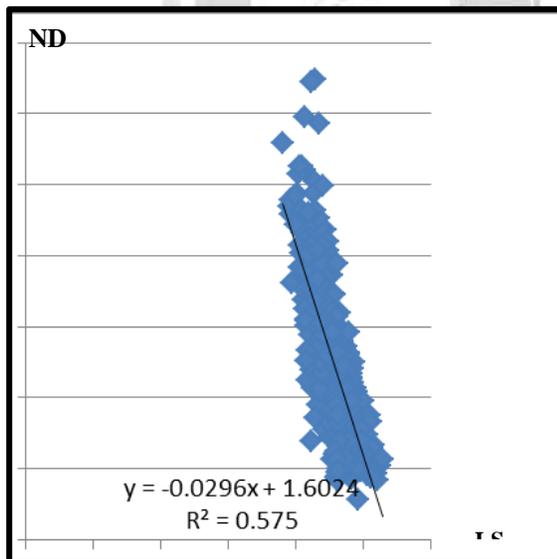


Fig.(13) NDVI&LST relationship 2

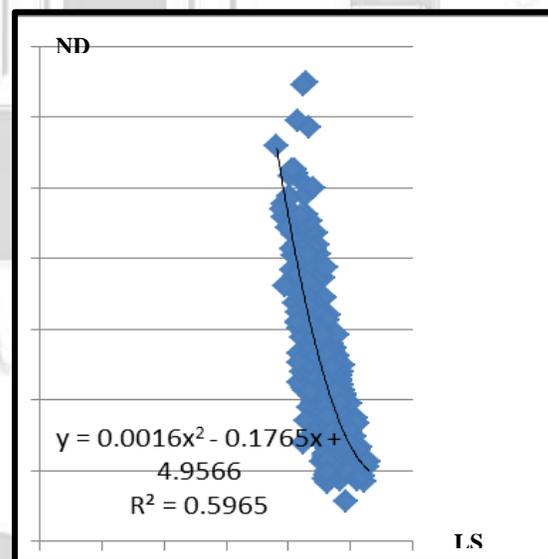


Fig.(14) NDVI&LST relationship 3

ومن خلال العلاقات الإحصائية في الاشكال أعلاه (Fig (12),(13),(14)) نعلم أن العلاقة الأفضل التي تربط درجة حرارة سطح الأرض مع مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) هي الأخيرة في (Figure (14)) لأنها تمتلك أعلى معامل ارتباط = 0.772، وذلك على النحو التالي:

$$NDVI=0.0016(LST)^2-0.1765(LST)+4.9566.....(2)$$

فمثلا إذا أردنا أن نجعل مركز مدينة الحلة (40) درجة مئوية فمن المعادلة  $NDVI = 0.4566(2)$  ومن المعادلة (1) فإن نسبة الغطاء النباتي

$$VCAR = 0.1732 \ln(NDVI) + 0.7502 = 0.61442$$

وبالتالي فإن مساحة الغطاء النباتي اللازمة لجعل درجة حرارة سطح الأرض (40) مئوية هي  $82.6 * 0.61442 = 50.75$  كم<sup>2</sup>.

### الخاتمة

استخدمت الدراسة برنامجي ENVI و ArcGIS، بالإضافة إلى برامج الإحصاء لتحليل صور الأقمار الصناعية. من خلال التصنيف الخاضع للإشراف وحساب المساحات الخضراء ومتوسط قيم NDVI، تم اكتشاف علاقة لوغاريتمية بين مساحة الغطاء النباتي و NDVI، مع معامل ارتباط مرتفع. ركزت الدراسة على منطقة الحلة على مدى ست سنوات غير متتالية. وهذا ما يفسر أن نسبة النباتات السليمة مقارنة بالنباتات المريضة والميتة تكاد تكون ثابتة بغض النظر عن اختلاف المساحات الخضراء. بعد ذلك تم ايجاد علاقة بين درجات حرارة سطح الأرض ومؤشر الغطاء النباتي (NDVI) لعام 2021 لمنطقة تم اختيارها ضمن قضاء الحلة بعدد نقاط (386) بحيث لا تحتوي على أي مسطحات مائية، كونها تضعف مقدار معامل الارتباط بين المتغيرين، وكانت قيمة معامل الارتباط جيدة. كذلك تم ايجاد علاقة بين نسب المساحات الخضرية و متوسط قيمة ال (NDVI) لسنوات سابقة وكانت قيمة معامل الارتباط جيدة ايضا لذلك اصبح من الممكن استخراج مساحة خضرية تقريبية لتخفيض درجة حرارة سطح الارض في مركز المدينة ، إذا تم تصميمها وتوزيعها بشكل جيد مع مراعاة حركة الهواء وارتفاع الغطاء النباتي المناسب. حيث وجدنا مساحة الغطاء النباتي التقريبي الكفيل بإيصال درجة حرارة سطح الارض لـ (40) درجة مئوية) كما ذكر في قسم النتائج (50.75 كم<sup>2</sup>) اي ما يعادل خمسة ملايين شجرة كبيرة وهو مقدار ممكن عمليا اذا ما تم زراعة الاشجار العملاقة على جوانب الشوارع الرئيسية بحيث تحقق منطقة ضل على طول شوارع المدينة كذلك تشجيع المواطنين على العناية بالحدائق المنزلية وانشاء الحدائق فوق سطوح المنازل والنباتات المتسلقة على الجدران.

من المهم تجنب التوسع الحضري لمركز المدينة اكثر من حدودها الحالية. ونقترح إنشاء مدن جديدة على مسافة معتبرة من مركز المدينة الحالي لتشتيت الجزر الحرارية. ويجب أن يتم ذلك مع التأكد من أن المدن الجديدة تتخللها وتصلها مساحات خضراء ومسطحات مائية بتوزيع مدروس يسمح بحركة الكتل الهوائية من خلالها كما ذكر انفا وحسب اتجاه الرياح السائد في المنطقة . يجب أن تكون المساحات الخضراء كافية لتحقيق امتزاج المناطق الباردة نسبياً مع الدافئة من خلال تدفق حركة الهواء عبر المباني المبنية.

### References

- [1] H. J. O. Al-Masaodi and H. A. M. Al-Zubaidi, "Spatial-temporal changes of land surface temperature and land cover over Babylon Governorate, Iraq," *Mater. Today Proc.*, May 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.05.179.
- [2] A. H. Dhannoon, "Indicators of human development in Iraq for the period ( 2004-2019 )," vol. 12, no. 12, pp. 4479–4487, 2021.

- [3] S. H. Al Jarah, B. Zhou, R. J. Abdullah, Y. Lu, and W. Yu, "Urbanization and urban sprawl issues in city structure: A case of the Sulaymaniah Iraqi Kurdistan region," *Sustain.*, vol. 11, no. 2, 2019, doi: 10.3390/su11020485.
- [4] S. Reiter, "Assessing wind comfort in urban planning," vol. 1, pp. 857–873, 2010.
- [5] A. M. Salman and Y. M. Saleem, "ScienceDirect The effect of Urban Heat Island mitigation strategies on outdoor human thermal comfort in the city of Baghdad," *Front. Archit. Res.*, vol. 10, no. 4, pp. 838–856, 2021, doi: 10.1016/j.foar.2021.07.002.
- [6] J. H. Park and G. H. Cho, "Examining the association between physical characteristics of green space and land Surface temperature: A case study of Ulsan, Korea," *Sustain.*, vol. 8, no. 8, Aug. 2016, doi: 10.3390/su8080777.
- [7] A. A. Bindajam, J. Mallick, S. AlQadhi, C. K. Singh, and H. T. Hang, "Impacts of vegetation and topography on land surface temperature variability over the semi-arid mountain cities of Saudi Arabia," *Atmosphere (Basel)*, vol. 11, no. 7, pp. 1–28, 2020, doi: 10.3390/ATMOS11070762.
- [8] A. Farina, "Exploring the relationship between land surface temperature and vegetation abundance for urban heat island mitigation in Seville, Spain."
- [9] G. Zheng and L. M. Moskal, "Retrieving Leaf Area Index (LAI) Using Remote Sensing: Theories, Methods and Sensors," *Sensors*, vol. 9, no. 4, pp. 2719–2745, 2009, doi: 10.3390/s90402719.
- [10] M. Maimaitiyiming *et al.*, "Effects of green space spatial pattern on land surface temperature: Implications for sustainable urban planning and climate change adaptation," *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 89, pp. 59–66, 2014, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2013.12.010.
- [11] X. L. Chen, H. M. Zhao, P. X. Li, and Z. Y. Yin, "Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes," *Remote Sens. Environ.*, vol. 104, no. 2, pp. 133–146, 2006, doi: 10.1016/j.rse.2005.11.016.
- [12] R. R. Mahmoud, R. H. Abood, and K. N. Kadhim, "Studying the relationship between land cover LST utilizing Landsat 8 data in Karbala governorate," *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 6, pp. 775–783, 2018.
- [13] O. E. Adeyeri, A. A. Akinsanola, and K. A. Ishola, "Investigating surface urban heat island characteristics over Abuja, Nigeria: Relationship between land surface temperature and multiple vegetation indices," *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.*, vol. 7, pp. 57–68, Aug. 2017, doi: 10.1016/j.rsase.2017.06.005.
- [14] E. N. C. & L. C. L. Noelia Liliana Alchapar, Claudia Cotrim Pezzuto, "The impact of different cooling strategies on urban air temperatures: the cases of Campinas, Brazil and Mendoza, Argentina," *springer link*, vol. 130, pp. 35–50, 2016, doi: https://doi.org/10.1007/s00704-016-1851-5.
- [15] J. Schwaab, R. Meier, E. L. Davin, and C. Bürgi, "The role of urban trees in reducing land surface temperatures in European cities," no. 2021, pp. 1–11, doi: 10.1038/s41467-021-26768-w.

- [16] D. Lai, W. Liu, T. Gan, K. Liu, and Q. Chen, "Science of the Total Environment A review of mitigating strategies to improve the thermal environment and thermal comfort in urban outdoor spaces," *Sci. Total Environ.*, vol. 661, pp. 337–353, 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.062.
- [17] "الجهاز المركزي للإحصاء." [www.cosit.gov.iq](http://www.cosit.gov.iq)
- [18] K. K. Hammadi, "Schematic Analysis of the Green Areas in Al-Hillah City," vol. 3, no. 12, pp. 146–157, 2013.

