

## الإقليم التبريدي للحدائق الحضرية وفاعليته في الحد من الجزيرة الحرارية لمدينة الكويت وضواحيها

وليد عباس عبد الرازي<sup>(١)</sup> / وائل هريدي زهران<sup>(٢)</sup> / إسلام محمدمحمدي<sup>(٣)</sup>

### المستخلص:

تعاني مدينة الكويت من تداعيات بيئية خطيرة مرتبطة بارتفاع درجات الحرارة، خاصة خلال شهور الصيف، بسبب موقعها ضمن نطاق الصحاري المدارية الحارة. وتعتبر الحدائق عنصراً رئيسياً في تخطيط المدن وأحد الخيارات الرئيسية لتحسين البيئة والصحة العامة وتحقيق الاستدامة الحضرية. في ضوء ذلك تهدف الدراسة الحالية إلى تقديم تحليل وتقييم فصلي لمساهمة الحدائق في مواجهة المستويات الحرارية المتزايد في مدينة الكويت وضواحيها نتيجة الاحترار العالمي والجزر الحرارية وموجات الحر. كما تسعى الدراسة إلى تحليل ظاهرة الجزر الباردة للحدائق الحضرية (Park Cool Islands (PCI وتتبع الامتداد المكاني لتأثيرها التبريدي وتقييم فاعليته في المناطق المحيطة من خلال الاعتماد على مقاييس كمية للتبريد المكاني وكفاءته، وهي شدة الجزيرة الباردة للحدائق، مسافة ومساحة التبريد، وأخيراً كفاءة التبريد. وقد اعتمدت الدراسة في سبيل تحقيق ذلك على مرئيات القمر الصناعي Landsat8/9 لحساب درجات حرارة سطح الأرض LST ومؤشر التباين النباتي النسبي NDVI. كما وُظف تحليل الانحدار الخطي البسيط والمتعدد لتقديم تفسير شامل لكفاءة التبريد بفعل الحدائق. أظهر تحليل العلاقة بين التركيبين الحضري والحراري للمدينة وضواحيها أن المناطق الفضاء وشبكة الطرق والمباني تمثل عامل تسخين داخل البيئة الحضرية، بينما تلعب المياه والمساحات الخضراء دوراً حارياً مُلطفاً. وقد زادت أهمية دور المسطحات الخضراء في خفض درجة الحرارة لوضوحه ووصوله لأقصاه خلال فصل الصيف (-٢,٠°س)، بينما يقل لأقل مستوياته خلال فصل الشتاء (-٠,٥°س) مقارنة بمتوسط درجة حرارة المدينة. ورغم أن المسطحات المائية ذات تأثير تبريدي أعمق (أقصى تأثير تبريدي -١٠,٢°س في فصل الصيف)، إلا أن التأثير التبريدي الإجمالي للمساحات الخضراء أكبر لزيادة مساحة الغطاء الأخضر (٧,١٩٪) عن المياه (٠,٢٠٪). وقد برزت الكثافة النباتية كمحدد لعمق التبريد من خلال وجود علاقة عكسية بين مؤشر التباين النباتي النسبي ودرجة الحرارة. وكشف التحليل الحراري الموضوعي لخمسة عشرة حديقة متباينة المساحة أنها دائماً تشكل جزراً باردة بالنسبة لمتوسط درجة حرارة المدينة في كل الفصول بذروة تبريد خلال الصيف، حيث تخطت قوة الجزيرة الباردة حاجز -٥°س في أربع حدائق. وقد ارتبطت قوة الجزر الباردة بعلاقة طردية متوسطة مع مساحة الحدائق

(١) أستاذ جغرافية المناخ وتطبيقات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية المساعد، كلية الآداب، جامعة عين شمس.

(٢) مدرس جغرافية المناخ، كلية الآداب، جامعة أسيوط.

(٣) مدرس مساعد، كلية الآداب، جامعة بني سويف.

وكثافة الغطاء الأخضر. كشفت الدراسة أن دور الحدائق في التبريد لا يقتصر على مواضعها فقط، بل يمتد مكانيا ليشكل إقليمًا تبريديًا حولها باتساع يتراوح فصليا بين ٣٣٠-٣٩٠ مترا. ويتركز معظم التلطيف الحراري (٤٠-٥٤,٨٪ من إجمالي التلطيف الحراري) في النطاق المجاور للحدائق مباشرة (٣٠ مترا) أكثر من المناطق الأبعد. وقد تراوحت كفاءة التبريد فصليا بين ١٣٥,٥-١٨٩,٣٪ اعتمادا على معيار المساحة، وتقل على أساس المسافة إلى ١١٦,٤-١٣٧,٦٪. تمكنت الدراسة من تقديم نموذج ارتباطيا يفسر كفاءة التبريد في ضوء ١٤ عاملا، حيث تبين أن تلك العوامل تتحكم في ٩٢٪ من التباين في كفاءة التبريد على أساس المسافة، وفي ٨٩٪ على أساس المساحة. وقد استخلصت الدراسة العديد من أوجه التخطيط غير الرشيد للحدائق، وأوصت الدراسة بضرورة اعتماد المعايير التخطيطية السليمة في توزيع وتصميم الحدائق حتى تقوم بوظيفتها المناخية على الوجه الأمثل.

**الكلمات المفتاحية:** درجة حرارة سطح الأرض؛ مؤشر التباين النباتي النسبي؛ المساحات الخضراء، الجزيرة الباردة للحدائق؛ مؤشرات تبريد الحدائق؛ كفاءة تبريد الحدائق؛ لاندسات ٩.

#### ١. مقدمة الدراسة:

أضحت الجزيرة الحرارية الحضرية (UHI) UrbanHeatIsland أبرز صور التطرف الحراري الذي يميز المدينة عن المناطق الريفية المحيطة بها، وهو ما جعلها الظاهرة المحورية في مجال المناخ التفصيلي، وأكثر موضوعاته جذبًا لجهود ودراسات المنتمين إلى هذا الحقل (Abbas&Hamdi,2022;Voogt) (&Oke,2003;Yinetal.,2018). وقد باتت التداعيات السلبية لهذه الظاهرة على البيئة الحضرية مجالًا خصبًا للبحث والدرس، لاسيما في سياق قضية الاحترار العالمي (Lietal.,2011;Pengetal.,2016) الناجم عن التراكم المتزايد لغازات الصوبة في الغلاف الجوي للأرض. ويُقدر أن الاحتباس الحراري قد أدى إلى حدوث تغيرات سريعة في اتجاهات درجات الحرارة العالمية خلال القرن العشرين وبداية القرن الحادي والعشرين، ومن المتوقع أن يواصل الارتفاع بحوالي ١,٤-٥,٨°س بحلول عام ٢١٠٠ (Preston & Jones, 2006).

مما لا شك فيه أن التأثير الحراري المترامن الناجم عن الجزيرة الحرارية الحضرية والاحترار العالمي سيؤدي إلى تداعيات خطيرة على البيئة الحضرية، مثل زيادة استهلاك الماء (Guhathakurta & Gober, 2007)، وزيادة الطلب على الطاقة (وليد عباس، وائل زهران، ٢٠٢٢)، وتناقص راحة سكان المدن (Adams & Smith, 2014)، وزيادة المشكلات المرتبطة بالصحة العامة (Changetal.,2007;Hamdi,2023)، وغيرها الكثير. وبالتالي أصبح البحث عن خيارات فعالة وإجراءات سريعة لمواجهة مشكلة ارتفاع درجة الحرارة داخل المدن أمرا حتميا لمجابهة هذه التداعيات التي تسبب خسائر هائلة على المستوى البيئي

والاقتصادي والاجتماعي. وتتفاقم هذه التدايعات والخسائر بشكل هائل في المناطق الحضرية حيث تتركز الكتلة السكانية الأكبر ومعها المركب الاقتصادي الأعظم. وفي ضوء المحددات المختلفة لدرجة الحرارة، تلعب المسطحات المائية والغطاء النباتي دورًا لا غنى عنه في التخفيف من شدة الجزيرة الحرارية الحضرية من خلال آليات عدة، يأتي في مقدمتها التبخر نتح Evapotranspiration والتظليل Shadowing (Wu & Chen, 2017).

الحدائق والمنتزهات هي أحد أهم أنماط التنظيم المكاني للنباتات في المدن، وهي أيضا مكونًا عضويًا داخل النظام البيئي الحضري، إذ تتشكل غالبًا من مزيج متجانس من الغطاء النباتي والمسطحات المائية (Yu et al., 2020)، وهي تمارس تأثيرًا تبريديًا واضحًا في موضعها والإقليم المحيط بها، وبالتالي تُلطّف البيئة الحرارية للمراكز العمرانية (Guo et al., 2019).

تعمل الحدائق أيضًا على تحسين الصحة العامة والاستدامة الحضرية والبيئة الحرارية الخارجية وخفض مستويات التلوث. وفي سياق تغير المناخ والتلوث الحضري، ومع الزيادة المتوقعة في درجة الحرارة وشدة موجات الحر، من المقرر أن يصبح التبريد بالمناطق الخضراء ذو أهمية متزايدة. ومما لا شك فيه أن مدينة الكويت وضواحيها كأحد مدن المناخ الصحراوي الحار والجاف في أمس الحاجة لمثل هذه التأثيرات الإيجابية. ويمكن تقسيم الدراسات التي أُجريت عن تبريد الحدائق الحضرية إلى أربعة أنواع، هي تقييم تأثير تبريد الحدائق (Cheng et al., 2015)، ومراقبة تأثير تبريد الحدائق (Algretawee et al., 2019)، وتحديد العوامل المؤثرة في تبريد الحدائق (Ren et al., 2013)، وتخطيط وتصميم الحدائق على أساس تأثير التبريد (Xu et al., 2017). تمثل الدراسة الحالية أنموذجًا يجمع بين النوعين الأول والثالث، أي تقييم التأثير التبريدي للحدائق، والمحددات التي تشكل فعاليتها.

## ١-١ الدراسات السابقة:

استحوذت المساحات الخضراء على قدر كبير من الاهتمام البحثي في الأدبيات الأجنبية باعتبارها استراتيجية ناجعة لكثير من مشكلات المدن (Aram et al., 2019; Demuzere et al., 2014; Ling & Chiang, 2018; Singh et al., 2014; Zölch et al., 2016) وقد اتسع مجال التقييم ليشمل أشكالًا وصورًا مختلفة للمساحات الخضراء، مثل الحدائق المحلية الصغيرة (Park et al., 2017)، والحدائق المركزية الكبرى (Buyadi et al., 2015)، والجدران الخضراء (Li et al., 2019; Tan et al., 2014)، وأسطح المباني الخضراء (Imran et al., 2018; Peng & Jim, 2013)، وأشجار الشوارع (Kong et al., 2017; Lin & Tsai, 2017).

قدمت دراسة (Oliveira et al., 2011) تقييماً للتأثير التبريدي للحدائق الصغيرة (مساحة ٠,٢٤ هكتارا) وكيف تساهم في التخفيف من درجة الحرارة في المناطق ذات الكثافة العمرانية المرتفعة في مدينة لشبونة. تبين أن الحدائق كانت أقل حرارة من المناطق المحيطة، سواء في الشمس أو في الظل. وكان التبريد بفعل الحدائق أقوى في الأيام الأكثر حرارة. وتم رصد أقصى فارق حراري ليليل يبلغ ٦.٩°س في درجة حرارة الهواء. استهلكت دراسة (Yu et al., 2017) بسؤال عن كيف يمكن تخطيط المساحات الخضراء الحضرية للتكيف مع المناخ في المدن شبه الاستوائية، تطبيقاً على مدينة فوتشو Fuzhou بالصين. قدمت الدراسة اقتراحات مرتبطة بقوة الجزيرة الحضرية الباردة (Urban Cool Island (UCI) وتأثيرها المكاني وكفاءتها في التبريد. وأشارت الدراسة إلى أهمية حجم وشكل المساحات الخضراء في تحديد وظيفتها في التبريد، إذ تزيد قوة التبريد مع زيادة مساحة الحدائق، ويرتبط ذلك أيضاً بالحدائق ذات الشكل المندمج (ذات الشكل الدائري أو المربع). قدم (Qiu et al., 2017) دراسته حول تأثيرات المساحات الخضراء والمساحات المائية في الجزيرة الحرارية لأحد مدن الصين الضخمة ذات المناخ شبه الاستوائي. أبرزت الدراسة أن تأثير التبريد بفعل المساحات الخضراء أقوى من مثيله بفعل المساحات المائية الحضرية. فبالمقارنة مع المناطق التجارية، يمكن للمساحات المائية الحضرية أن تخفف من شدة الجزيرة الحرارية الحضرية إلى ٠,٩°س، في حين أن تأثير المساحات الخضراء يمكن أن يصل إلى ١,٦°س. واستخلصت الدراسة من العلاقة الخطية بين المساحات الخضراء وبين درجة حرارة الهواء وشدة الجزيرة الحرارية أن النباتات أسلوباً مفيداً لتحسين البيئة الحرارية الحضرية.

عرض (Vieira et al., 2018) محاولة لفهم المساهمة النسبية لبنية الغطاء النباتي وتكوينه وإدارته في تحسين النظام البيئي وتنقية الهواء وتنظيم المناخ في حديقة حضرية كبرى بها أنواع مختلفة من النباتات. وقد أظهرت المعالجة أن الغطاء النباتي ذو البنية الأكثر تعقيداً (الأشجار والشجيرات والطبقات العشبية) مع غياب الإدارة (التقليم والري والتسميد) يتمتع بقدرة أعلى على تحسين النظم البيئية لتنقية الهواء وتنظيم المناخ. على النقيض، ارتبطت المروج ذات البنية النباتية الأبسط والتي تتم إدارتها بشكل كبير، بانخفاض هذه القدرة. وأظهرت مزارع الأشجار تأثيراً متوسطاً. وأظهرت دراسة ٢١٧ منتزها في المنطقة المركزية لمدينة نانجينغ Nanjing بالصين أن التبريد الموسمي بفعل الحدائق يصل ذروته خلال فصل الصيف (١,٢٨°س)، وهو أعلى من بقية الفصول (Liang et al., 2023).

لم تتل الحدائق والمنتزهات الحضرية - على المستوى المحلي - اهتماماً بحثياً كثيفاً يتناسب ودورها الفعال في مواجهة المستويات الحرارية المتعاظمة داخل المدن، وتفتقد المكتبة العربية إلى دراسات

تفصيلية حول تقييم دورها التبريدي في المناطق الحضرية. لفتت دراسة (عبد العزيز عبد اللطيف، ٢٠٠٠) في وقت مبكر إلى دور حديقة الميريلاند بحي مصر الجديدة في القاهرة في خلق موضع حراري نموذجي داخل العاصمة، جنباً إلى جنب مع التأثير المُلطّف لنهر النيل وارتفاع سطح الأرض في المقطم. تمثل دراسة (محمد هاني، ٢٠٢٢) أحد المحاولات البحثية لتقييم دور المساحات الخضراء - كأحد معايير التخطيط الحضري - في المناخ التفصيلي لمدينة أسيوط الجديدة خلال فصول الربيع والصيف والخريف، حيث يمتد موسم عدم الراحة المناخية. وقد أظهر تحليل بيانات الرصد الحقلية ومرئيات الاستشعار من بعد الحراري انخفاض نسبة المساحات الخضراء في المدينة وعشوائية توزيعها. وتبين أن المساحات الخضراء تساهم في خفض درجة الحرارة نهاراً بمدى يتراوح بين -٢,٥°س إلى -٣,٤°س مقارنةً بالكتلة المبنية. وقدم الباحث خريطة لتوزيع المناطق الأكثر احتياجاً للمساحات الخضراء وفقاً لمجموعة من المعايير المكانية. قدمت دراسة (زينب عبد الله وآخرون، ٢٠٢٢) تحليلاً لمواقع المساحات الخضراء وتأثيرها في الجزيرة الحرارية لفصل الصيف في مدينة السادس من أكتوبر باستخدام المرئيات الحرارية. أشارت الدراسة إلى وجود علاقة طردية بين درجة الحرارة والبعد عن المساحات الخضراء، مع ارتباط التبريد بكثافة النباتات.

## ١-٢ الإشكالية البحثية والإطار الموضوعي:

تُمثل درجات الحرارة المرتفعة في مدينة الكويت مشكلة بيئية لها آثارها السلبية على مختلف مناحي الحياة، وبصفة خاصة خلال الأشهر الحارة. وتُعزى هذه المشكلة بصفة أساسية إلى موقع المنطقة ضمن نطاق الصحاري المدارية الحارة، ويعمقها ويزيد من حدتها تأثير الجزيرة الحرارية لمدينة الكويت، خاصةً في سياق قضية الاحترار العالمي. وغالباً ما ينجم عن هذه المشكلة العديد من الآثار السلبية مثل تعرض السكان للإجهاد الحراري وعدم الراحة الفسيولوجية، وزيادة الطلب على استهلاك الطاقة، وبالتالي ارتفاع الإنفاق الفردي والمجمعي عليه. وبالتالي تسعى هذه الدراسة إلى البحث عن أساليب فعالة للتخفيف من درجة الحرارة أو تلطيفها، وذلك عن طريق الدور الكبير التي تقوم به الحدائق والمنزهات في التخفيف من حدة درجات الحرارة، ومدى مساهمتها في تبريد المناطق المحيطة لها.

ولإبراز الإطار الموضوعي للبحث وتطوره، اعتمدت الدراسة على قاعدة بيانات Scopus في الحصول على المقالات المنشورة عن الموضوع منذ عام ١٩٨٢ باستخدام الكلمات الدالة parks; green; cooling، وبلغت ٢٦١ مقالة بحثية. تبع ذلك استخدام برنامج VOSviewer من أجل إخراج التحليل البيليومتري لهذه المقالات البحثية، وهو ما يوضحه شكل (١). يتضح من شكل (١-أ) أنه يوجد ٦٢

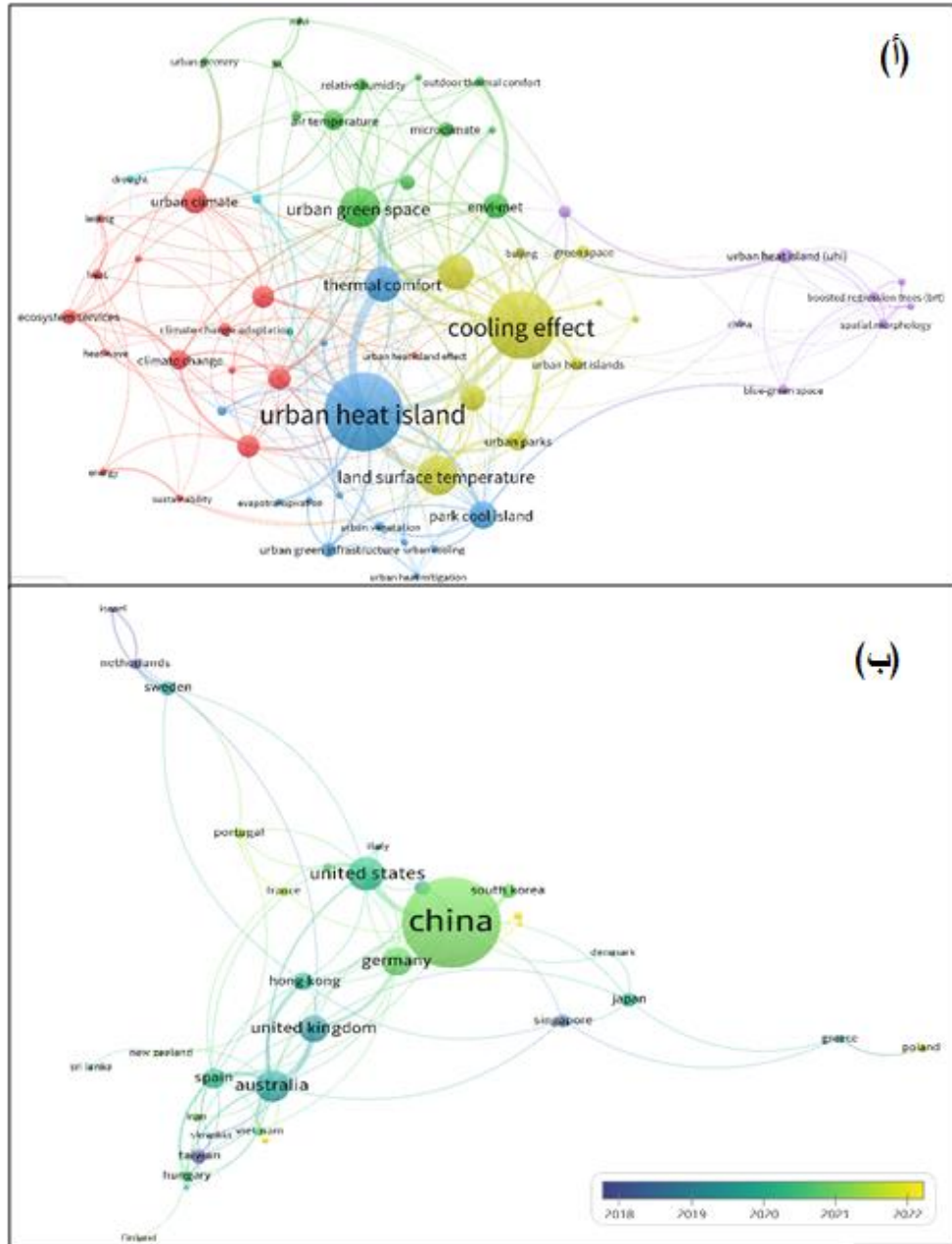
كلمة دالة تخص موضوع الدراسة. وقد وجد أن أكثر الكلمات الدالة تكررًا في هذه المقالات البحثية هي "التبريد" Cooling حيث تكررت نحو ١٠٧ مرة، تليها "المساحات الخضراء" Greenspace بنحو ٨٢ مرة، ثم "الجزيرة الحرارية" HeatIsland بنحو ٦٣ مرة. ولم ترد كلمة "الحدائق" Parks سوى ٣٣ مرة. ويظهر من شكل (١-ب) أنه لم تجرى أي مقالة بحثية في دولة الكويت. وقد استحوذت دولة الصين على الجزء الأكبر من هذه الدراسات (٩٢ مقالة بنسبة ٣٥,٢٪)، تليها الولايات المتحدة بعدد ٢٥ مقالة لا تشكل سوى ١٠٪ من إجمالي عدد المقالات، ويلاحظ أن الدراسات التي تمت على الدول العربية قليلة جدا لا تتعد ثمان مقالات، استحوذت دولة المغرب على ٣ منها، ومقالة واحدة لكل من المغرب، الإمارات، العراق، قطر، والجزائر.

يتضح من التحليل الموضوعي أيضا أنه على الرغم من مساهمة الدراسات السابقة في تناول التأثير التبريدي للحدائق، إلا أنه لا تزال هناك أوجه قصور في تلك الأدبيات. أولاً، استكشفت معظم الدراسات الفرق بين درجات حرارة الحديقة والمنطقة المحيطة بها على مسافات معينة فقط. ولم يتم فحص اتجاه التغير في الجزيرة الباردة للحدائق ولا معدل ارتفاع درجة الحرارة مع زيادة المسافة من الحدائق. ثانيًا، ناقشت بعض الدراسات تأثيرات خصائص الحدائق الحضرية في درجة حرارتها، لكن تحليل الظروف المتعلقة بالبيئة العمرانية المحيطة كان نادرًا في الأدبيات. ثالثًا، ظهرت الدراسات التي تركز على التباين الفصلي للجزيرة الباردة للحدائق قليلة، مما يعوق الفهم الشامل لتأثيرها التبريدي.

### ١-٣ أهداف الدراسة:

- التعرف على التركيب الحضري والحراري لمدينة الكويت والعلاقة بينهما.
  - الكشف عن الأهمية النسبية للمساحات الخضراء من بين الغطاءات الأرضية الحضرية في التخفيف من قوة الجزيرة الحرارية لمدينة الكويت.
  - بيان الخصائص المكانية لتوزيع الحدائق والمنتزهات في مدينة الكويت وضواحيها.
  - تحليل الجزيرة الباردة للحدائق الحضرية PCI.
  - قياس الإقليم التبريدي للحدائق وتأثيره في المناطق المحيطة بها.
  - تقييم كفاءة وفاعلية التبريد المكاني للحدائق والعوامل المتحكمة فيه وأهميتها النسبية.
- تسعى الدراسة إلى الاعتماد على بيانات الاستشعار من بعد الحراري خلال عام ٢٠٢٢ وبناء نظام معلومات جغرافي يضم قاعدة بيانات جغرافية شاملة تكن منطلقًا للمعالجة والتحليل

المكاني لتحقيق الأهداف السابقة من خلال ثلاثة مباحث رئيسية، وهي التركيب الحراري وعلاقته بالتركيب الحضري، التبريد الموضعي للحدائق، وأخيرا الإقليم التبريدي للحدائق وفعاليتها.



شكل (١) التحليل الببليومتري على مستوى الكلمات المفتاحية Keywords (أ) ومستوى الدول (ب)

للدراستات السابقة التي تناولت التأثير التبريدي للحدائق الحضرية

## ٢. منطقة الدراسة:

مدينة الكويت هي عاصمة الدولة وأكبر مُدنها وموانئها، ومركزها المالي والثقافي والإداري والتعليمي، ويضم جنوبها أكبر مطاراتها (مطار الكويت الدولي). تطل المدينة على الخليج العربي في

الشرق، وعلى خليج الكويت في الشمال، شكل (٢). تبلغ مساحة المدينة وحدها نحو ١٠,٤ كم<sup>٢</sup>، تمثل نحو ٩٪ من جملة المساحة الكلية لمحافظة العاصمة. وقد شهدت المدينة نمواً عمرانياً متسارعاً ربط بينها وبين ضواحيها الممتدة على الهوامش الجنوبية، مما أدى إلى اتساع رقعتها العمرانية بشكل كبير. وبذلك تشغل منطقة الدراسة (المدينة وضواحيها) ما يقرب من ٧٤,٤١ كم<sup>٢</sup>، تستحوذ الكتلة المبنية والطرق على أقل قليلاً من ٩٠٪ من هذه المساحة الكلية عام ٢٠٢٢. بلغ عدد سكان المدينة ٦٠,٨١٤ نسمة، أي ١٠,٢٪ من جملة سكان محافظة العاصمة (٦٠١,٣٥٦ نسمة). ومثل سكانها نحو ١,٣٪ من جملة سكان دولة الكويت (٤,٦٧٠,٧١٣ نسمة) عام ٢٠٢٠ (الهيئة العامة للمعلومات المدنية، ٢٠٢٠). ووفقاً للبيانات المستخلصة من المرئيات الفضائية شكلت المساحات الخضراء حوالي ٧.١٩٪ من المنطقة، وبلغ نصيب الفرد من المساحة الخضراء حوالي ٨,٩ م<sup>٢</sup>/فرد عام ٢٠٢٠.

تقع المدينة عند تقاطع خط طول ٢٢° ٢٩' شرقاً مع دائرة عرض ٥٩° ٤٧' شمالاً. وبذلك يسودها إقليم المناخ الصحاري الحارة Hot Desert (Bwh) وفقاً لتصنيف كوبن (Kottke et al., 2006). تتسم المدينة بفصل صيف طويل شديد الحرارة، وشتاء قصير وبارد، حيث يبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة اليومية ٢٨,١°س، وتتراوح بين ٢٠,٩-٣٤,٧°س في المعدل السنوي لدرجات الحرارة الصغرى والعظمى على الترتيب. وتأتي هذه المعدلات الحرارية المرتفعة استجابة لزيادة كل من عدد ساعات السطوع ومعدلات الإشعاع الكلي. تتراوح درجات حرارة الصيف بين ٣٨-٤٦°س، وقد تزيد عن ٥٠°س، خاصة أثناء موجات الحر.

يتسم مناخ الكويت بالجفاف الشديد، حيث يبلغ معدل كمية المطر السنوي ١١٩ ملم، بينما يتجاوز معدل التبخر - نتح السنوي المحتمل ٢٢٧٠ ملم (إدارة الأرصاد الجوية الكويتية، ٢٠٢٠). ويتراوح المتوسط اليومي للرطوبة النسبية بين ٣١-٨٧٪ خلال فصلي الصيف والشتاء على الترتيب. يمتد موسم سقوط المطر لمدة خمسة أيام فقط من العام في الشتاء. وقد يسقط المطر في الربيع وفي شهر نوفمبر، بينما ينذر سقوط المطر صيفاً. ويبلغ المتوسط السنوي لعدد الأيام الممطرة في الكويت حوالي ٢٢ يوماً. تهب الرياح السائدة من الشمال الغربي (المعروف محلياً باسم "الشمال") بنسبة ٦٠٪ من إجمالي اتجاهات هبوب الرياح في الصيف، وبدرجة أقل ومدة أقصر من الجنوب الشرقي (تُعرف محلياً باسم "الطوز"). في حين يبلغ متوسط سرعة الرياح ٤,٨ م/ث، وتكون الرياح هادئة في ١٢٪ من العام (AI- (Awadhi et al., 2005).





شكل (٢) موقع مدينة الكويت وضواحيها وتوزيع الحدائق الحضرية محل الدراسة

### ٣. أدوات الدراسة وأساليبها:

#### ٣-١. البيانات (المرئيات الفضائية):

أتاح التقدم الكبير في مجال تكنولوجيا الفضاء استخدام الأقمار الصناعية لدراسة العمليات والخصائص الفيزيائية المعقدة للأرض. تركز الدراسة الحالية على توظيف تقنيات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية من أجل تصنيف الغطاءات الأرضية واشتقاق درجة حرارة سطح الأرض LST ومؤشر التباين النباتي النسبي Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)، وصولاً إلى تقييم كفاءة الحدائق في تبريد مناخ المدينة وقياس الامتداد المكاني لهذا التأثير المُلطف والعوامل المتحكمة فيه. ومن ثم فإن المرئيات الفضائية هي المصدر الرئيس الذي يمكن من خلاله اشتقاق المتغيرات الحرارية والعمرانية والنباتية المطلوبة لتحقيق الأهداف المرجوة من البحث.

يوضح جدول (١) أن البحث اعتمد على معالجة وتحليل اثنتا عشرة مرئية ممثلة لشهور عام ٢٠٢٢، وملتقطه بواسطة القمرين الصناعيين Landsat-8/9. وتضم كل مرئية القنوات الطيفية المنعكسة Reflective الملتقطه بواسطة المستشعر Operational Land Imager (OLI 2)، والقنوات الحرارية Thermal الملتقطه بواسطة المستشعر Thermal Infrared Sensor (TIRS 2). وقد تم الاعتماد على أحدث مجموعة من بيانات القمر الصناعي، وهي من النوع Landsat Collection 2 Level-2. تقدم هذه

المجموعة بيانات دقيقة تم تصحيحها لإزالة تأثير الغلاف الجوي والانبعاثية Atmospheric/Emissivity Corrections من خلال الاعتماد على بيانات مساعدة عن خصائص الغلاف الجوي وسطح الأرض وقت التقاط المرئيات.

جدول (١) مرئيات القمر الصناعي Landsat-8-9 OLI2/TIRS2 المستخدمة في الدراسة

التاريخ	القمر الصناعي	التمثيل الفصلي	Path Row	الدقة المكانية (م)	السحب (%)	توقيت الالتقاط
٢٠٢١/١٢/١٠	LC09		40/165	٣٠	١٢.٣	١٠:١٦
٢٠٢٢/١/٢٧	LC09	الشتاء	40/165	٣٠	٥.٣	١٠:١٦
٢٠٢٢/٢/٢٨	LC09		40/165	٣٠	١.٨	١٠:١٦
٢٠٢٢/٣/٢٤	LC08		40/165	٣٠	٢.٥	١٠:١٥
٢٠٢٢/٤/١٧	LC09	الربيع	40/165	٣٠	٠.١	١٠:١٥
٢٠٢٢/٥/١٩	LC09		40/165	٣٠	٠.٢	١٠:١٥
٢٠٢٢/٦/٢٠	LC09		40/165	٣٠	٠.٠	١٠:١٥
٢٠٢٢/٧/٢٢	LC09	الصيف	40/165	٣٠	٠.٠	١٠:١٥
٢٠٢٢/٨/٢٣	LC09		40/165	٣٠	٠.٠	١٠:١٦
٢٠٢٢/٩/٢٤	LC09		40/165	٣٠	٠.٠	١٠:١٦
٢٠٢٢/١٠/١٠	LC09	الخريف	40/165	٣٠	٠.٠	١٠:١٦
٢٠٢٢/١١/٢٧	LC09		40/165	٣٠	٤.٣	١٠:١٦

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

### ٢-٣. المعالجة وإجراءات الدراسة:

#### ١-٢-٣. التصنيف الموجه للغطاءات الأرضية:

تم استخلاص خريطة الغطاءات الأرضية (المباني، الطرق، المياه، المساحات الخضراء، الأسطح الصحراوية والفضاء) في مدينة الكويت من خلال التصنيف الموجه Supervised Classification للمرئية الفضائية الملتقطة في شهر أغسطس. وقد بدأت عملية التصنيف باختيار عينات تدريب Training Samples نموذجية ممثلة للغطاءات الأرضية، ثم إجراء التصنيف بطريقة "الاحتمالية القصوى Maximum Likelihood". والأخيرة هي خوارزمية معلمية Parametric شائعة الاستخدام وتعطي نتائج أفضل من بقية الخوارزميات المعلمية في حالة التصنيف الموجه للبيانات ذات التوزيع الطبيعي (Inc, )

(1999). بينما قد تكون النتائج غير مرضية حال معالجة بيانات تتسم بتوزيع غير الطبيعي (Otukey & Blaschke, 2010). تعتمد تلك الطريقة في تصنيف خلايا المرئية على المعادلة (Inc, 1999):

$$D = \ln(a_c) - [0.5 \ln(|cov_c|)] - [0.5(X - M_c)T(cov_c - 1)(X - M_c)] \quad (1)$$

حيث D هي المسافة الموزونة أو الاحتمال الأعلى لتصنيف خلية غير معروفة X تنتمي إلى أحد الفئات المعروفة C المحددة في العينات النموذجية من خلال المستخدم. ويأخذ التصنيف في الاعتبار حجم التباين Covariance داخل كل فئات.

في المرحلة الأخيرة تم تقييم دقة خريطة الغطاءات الأرضية من خلال مقارنة نوع الغطاء الأرضي الناتج عن التصنيف الموجه في ١٢٥ موقعا مرجعيا Reference Locations ذو غطاء أرضي معلوم سلفا. وقد تم اختيار المواقع المرجعية بشكل عشوائي من خلال الأداة Create Random Points، بحيث تغطي منطقة الدراسة بالكامل، وتتوزع بالتساوي على الغطاءات الأرضية (٢٥ موقعا لكل غطاء أرضي).

### ٣-٢-٢. درجة حرارة سطح الأرض:

درجة حرارة سطح الأرض LST هي مقدار السخونة أو البرودة التي يُشعر بها عند لمس السطح الخارجي للأرض (Rajeshwari & Mani, 2014)، لذا يُطلق عليها أيضا اسم Skin temperature. وتعتبر درجة حرارة سطح الأرض هي المتغير الرئيسي في الدراسة، ويمكن اشتقاقها من القنوات الطيفية في مجال الأشعة دون الحمراء الحرارية عبر سلسلة من الخطوات تبدأ بحساب الإشعاعية الحرارية أعلى الغلاف الجوي Top-of-Atmosphere thermal radiance، ثم درجات الحرارة بوحدة الكلفن، والتحويل إلى وحدة الدرجات السليزية. ويتم تصحيح درجات الحرارة لإزالة ما بها من أخطاء ناتجة عن تأثير الغلاف الجوي والانبعائية الأرضية. إلا أن المنتج Landsat Collection 2 Level-2 لا يحتاج إلى إجراء هذه الحسابات، بل يمكن استرجاع درجات الحرارة من خلال المعادلة البسيطة (Teixeira Pinto et al., 2020):

$$LST = ST_{B10} \times 0.00341802 + 149 \quad (2)$$

حيث ST<sub>B10</sub> هو القناة الحرارية رقم ١٠ في مرئيات Landsat8/9. والناتج هو درجات الحرارة مصححة جويا بمساعدة بيانات الغلاف الجوي وقت التصوير. كما تم تصحيح درجات الحرارة حسب بيانات الانبعائية العالمية (GED) Global Emissivity Dataset التي يوفرها المستشعر The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (Terra ASTER) (Landsat, 2022).

## ٣-٢-٣. مؤشر التباين النباتي النسبي:

يستخدم مؤشر التباين النباتي النسبي NDVI لقياس مقدار تواجد النباتات الخضراء. وقد تم الاعتماد على هذا المؤشر في دراسة التباين المكاني للمساحات الخضراء وتحديد الحدائق الحضرية والكثافة النباتية بها. يتم حساب هذا المؤشر من العلاقة بين القناتين الطيفيتين الحمراء RED ودون الحمراء القريبة NIR كالتالي (Missions, 2020):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (3)$$

## ٣-٢-٤. شدة الجزيرة الباردة للحدائق الحضرية:

شدة الجزيرة الحرارية UHI intensity هو مقياس للتعبير عن قوة الجزيرة الحرارية، حيث يساوي الفارق الحراري بين المدينة وظهيرها الزراعي (Abbas & Hamdi, 2022; Voogt & Oke, 2003; Yin et al., 2018). وقد تم قياس دور النبات الأخضر في تلطيف درجة الحرارة من خلال حساب شدة الجزيرة الباردة للحدائق الحضرية من المعادلة:

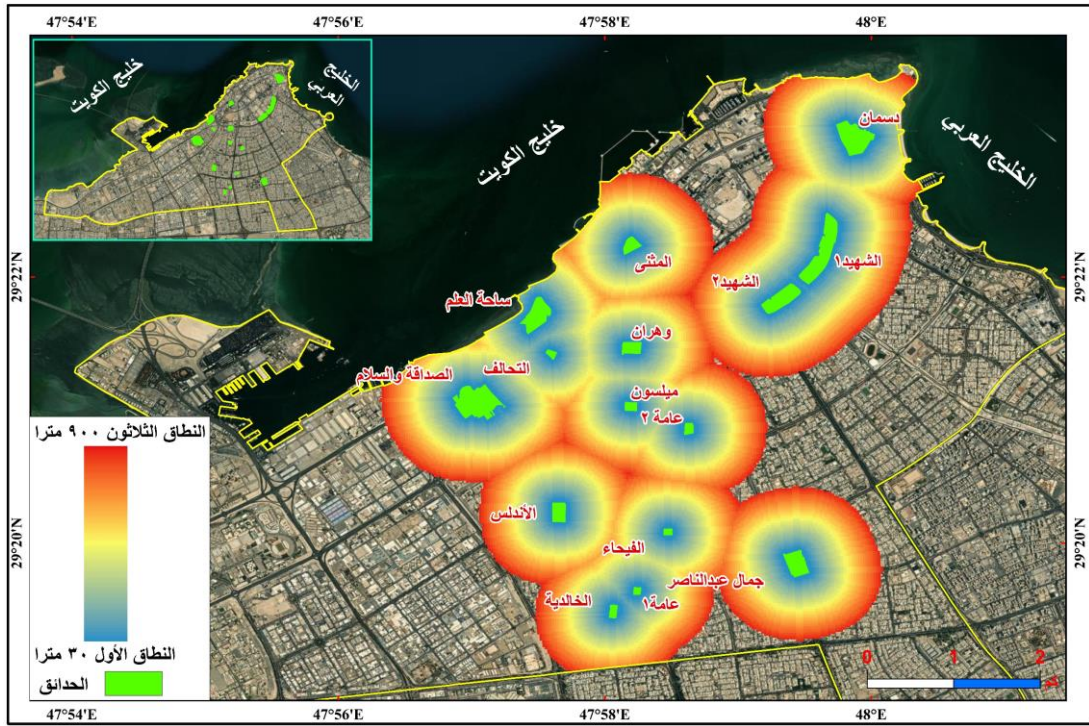
$$UHI_C = LST_{(P)} - LST_{(U+R)} \quad (4)$$

حيث:  $UHI_C$  = شدة الجزيرة الحرارية الباردة للحدائق،  $LST$  = متوسط درجة حرارة سطح الأرض،  $U$  = المباني،  $R$  = الطرق،  $P$  = الحدائق. وفي هذه المعادلة يتم طرح متوسط درجة حرارة عمران المدينة (الكتلة المبنية وشبكة الشوارع) من متوسط درجة حرارة الحديقة.

## ٣-٢-٥. مؤشرا مسافة ومساحة التبريد للحدائق:

اعتمدت الدراسة على معياري المسافة والمساحة للتعرف على المجال المكاني أو الإقليم الجغرافي لتأثير التبريد بفعل الحدائق في المناطق المحيطة بها. وتم ذلك عن طريق القيام بعمل ٣٠ نطاقات مكانية حول كل حديقة. وقد تم تنفيذ ذلك باستخدام تحليل "المسافة الإقليدية Euclidian Distance" بين العمران الحضري لمدينة الكويت وضواحيها وأقرب حديقة لكل منطقة. تبع ذلك إجراء تحليل إعادة التصنيف Reclassify لاستخلاص المناطق المحيطة بكل حديقة، مع تصنيفها إلى ٣٠ حرما مكانيا باتساع ٣٠ متراً لكل حرم، وإجمالي ٩٠٠ متراً، شكل (٣). وقد تم اختيار اتساع النطاق (٣٠ متراً) ليكون متوافقاً مع الدقة المكانية للمرئيات الفضائية، جدول (١). بعد ذلك تم التعرف على الإقليم التبريدي لكل حديقة اعتماداً على عنصر المسافة والمساحة القسوى التي يمتد إليها التأثير الملطف لدرجة الحرارة حول كل حديقة. فالحديقة تمثل أقل درجة حرارة، وترتفع درجة الحرارة كلما ابتعدنا عنها. ومن ثم عند

حدوث انخفاض مُعتبر ومستمر في درجة الحرارة مرة أخرى يعني هذا أن أقصى تبريد للحديقة عند هذه النقطة، وبدأ نفوذ إقليم تبريدي جديد، كما يوضح شكل (٤).



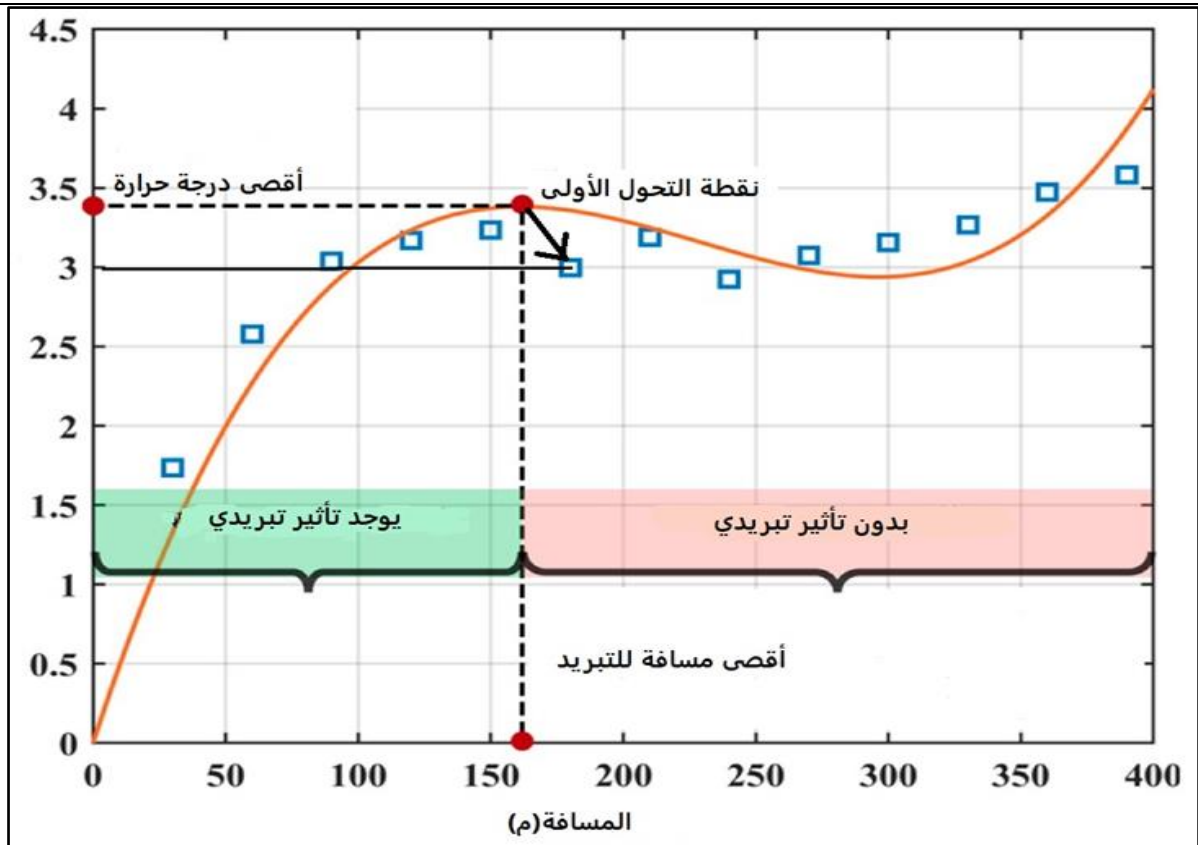
المصدر: تحليل "المسافة الإقليدية Euclidean Distance" من العمران الحضري إلى أقرب حديقة.

شكل (٣) الأحرار المكانية Buffers حول الحدائق محل الدراسة في مدينة الكويت وضواحيها

### ٣-٢-٦. مؤشر كفاءة تبريد الحدائق:

كفاءة تبريد الحديقة (PCE) Park cooling efficiency هي نسبة مساحة التبريد القصوى لحديقة حضرية Maximum cooling surface (Smax) إلى مساحة الحديقة (Spark) (Cheng et al., 2015). Park Surface (Spark). ويعكس هذا المؤشر مساحة التبريد الخارجية لكل وحدة من مساحة الحديقة، كما يتبين من المعادلة التالية:

$$PCE = \frac{S_{max}}{S_{park}} \quad (5)$$



المصدر: (Feng et al., 2023).

شكل (٤) تحديد إقليم التبريد حول الحدائق في المناطق المحيطة لها

### ٣-٢-٧. تحليل الانحدار الخطي البسيط والمتعدد:

الانحدار الخطي البسيط Simple linear regression هو أكثر الأساليب الإحصائية شيوعاً لتقييم العلاقة بين متغيرين من حيث نوع الارتباط وقوته. وقد تم توظيفه في الدراسة لاستكشاف العلاقة بين درجة الحرارة كمتغير تابع، وبين المتغيرات المستقلة المرتبطة بالمساحات الخضراء، مثل الكثافة النباتية ومساحتها في الحدائق محل الدراسة. ويُعبر عن الانحدار الخطي البسيط رياضياً كما يلي (XLSTAT, 2016):

$$y_i = B_0 + \sum_{j=1}^p B_j x_{ij} + \epsilon_i \quad (6)$$

حيث  $y_i$  قيم المتغير التابع،  $x_{ij}$  قيم المتغير المستقل،  $\epsilon_i$  قيمة الخطأ في النموذج. ويقوم هذا النموذج على فرضية تجانس البيانات قيد التحليل وتوزعها بشكل طبيعي (White, 1980).

كما لجأت الدراسة إلى تحليل الانحدار الخطي المتعدد لبناء نموذج إحصائي يمكن من خلال الكشف تفسير كفاءة الإقليم التبريدي للحدائق كمتغير تابع من خلال مجموعة من العوامل المتشابكة بلغ عددها ١٤ متغيراً مستقلاً.

#### ٤. النتائج والمناقشة:

##### ٤-١. التركيب الحراري لمدينة الكويت وضواحيها وعلاقته بالتركيب الحضري:

التركيب Structure هو مجموعة العناصر والمكونات التي تشكل المركب الحضري Urban complex، وتنظيمها المكاني، وتوزيعها الكمي، والعلاقات القائمة بينها (Monat & Gannon, 2023; Shearmur, 2013) يتناول هذا المبحث دراسة التركيب الحراري Thermal structure لمدينة الكويت وضواحيها، والذي يعني في المقام الأول بالتباين المكاني لدرجة حرارة سطح الأرض، مع الكشف عن علاقته بالتركيب الحضري Urban structure، أي التنظيم المكاني والتوزيع الكمي لمكونات وعناصر البيئة الحضرية من منظور تفصيلي يركز على استخدامات الأرض، وآخر عام ينصب على الغطاءات الأرضية. والأخير هو المعنى بالدراسة في هذا المبحث باعتباره المحدد الرئيسي للتركيب الحراري في المدينة. ويُقصد بالغطاءات الأرضية الأنماط العامة لما يشغل سطح الأرض من مواد وظواهر طبيعية أو حيوية، بجانب صور الاستغلال البشري (NOAA. Accessed 2/7/2023).

يوضح شكل (٥) أن الغطاءات الأرضية الرئيسية في مدينة الكويت وضواحيها عام ٢٠٢٢ هي الكتلة المبنية، الطرق، الأراضي الفضاء، المساحات الخضراء، والمسطحات المائية. ويعرض جدول (٢) التوزيع الكمي لهذه الغطاءات الأرضية. تغطي الكتلة المبنية على مدينة الكويت وضواحيها، حيث تمثل النمط الرئيسي للغطاءات الأرضية بمساحة ٥٩,٦٦ كم<sup>٢</sup>، أي ٨٠,١٨٪ من جملة مساحة منطقة الدراسة. يلي ذلك الطرق التي تستحوذ على ٥,٦٥ كم<sup>٢</sup> من المساحة، بنسبة ٧,٥٩٪. ومن ثم فإن الغطاء العمراني الحضري بشقيه الرئيسي (المباني والطرق) يغطي على ما يقرب من ٩٠٪ من المنطقة. وتشغل الغطاءات الأرضية المتبقية مجتمعة مساحة ٩,١ كم<sup>٢</sup>، بنسبة ١٢,٢٣٪، وتأتي في مقدمتها المساحات الخضراء التي تمثل ما نسبته ٧,١٩٪، بمساحة تقترب من مساحة الطرق تقريبا (٥,٣٥ كم<sup>٢</sup>). ولا تضم المساحات الخضراء الحدائق والمنتزهات العامة والخاصة فقط، بل أيضاً الأشجار الموجودة على جانبي الطرق والشوارع وفي جزرها الوسطى. ويبدو ذلك واضحاً من الامتدادات النباتية ذات الشكل الطولي. ويعرض جدول (٢) لتقييم مدى دقة التصنيف الذي اعتمد عليه هذا المبحث، ومنه يلاحظ أن

الدقة تباينت من غطاء أرضي لآخر، حيث وصلت أقصاها في شبكة الطرق والشوارع (٩٥,٨٪)، وانخفضت الدقة إلى ٨٢,٥٪ في فئة الكتلة المبنية.



المصدر: التصنيف الموجه لمرئية Landsat 9 بتاريخ ٢٣ أغسطس ٢٠٢٢

شكل (٥) الغطاءات الأرضية الرئيسية في مدينة الكويت وضواحيها عام ٢٠٢٢

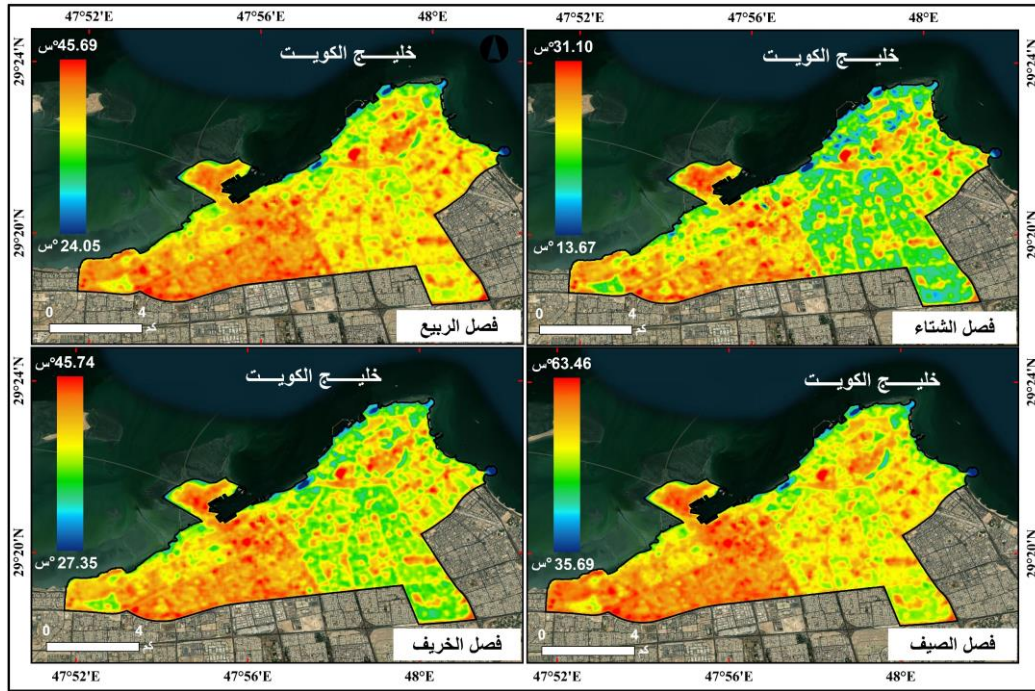
جدول (٢) التوزيع الكمي للغطاءات الأرضية في مدينة الكويت وضواحيها عام ٢٠٢٢

م	الغطاءات الأرضية	المساحة (كم <sup>٢</sup> )	النسبة (%)	دقة التصنيف (%)
١	الكتلة المبنية	٥٩,٦٦	٨٠,١٨	٨٢,٥
٢	الطرق	٥,٦٥	٧,٥٩	٩٥,٨
٣	الأراضي الفضاء	٣,٦٠	٤,٨٤	٩٠,٥
٤	المساحات الخضراء	٥,٣٥	٧,١٩	٨٧,٣
٥	المسطحات المائية	٠,١٥	٠,٢٠	٨٥,٣
	الإجمالي	٧٤,٤١	١٠٠	٨٨,٢٨

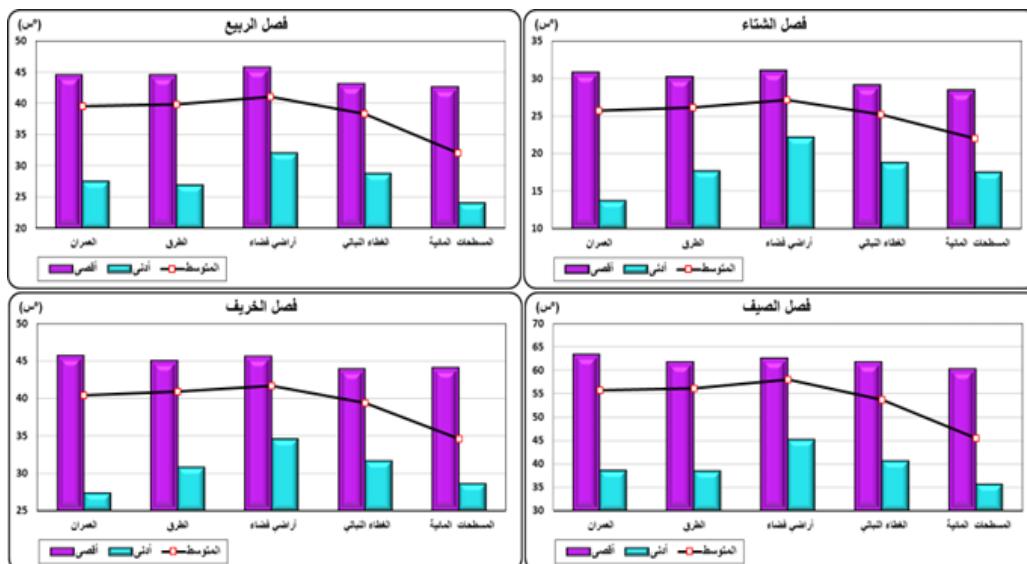
يوضح شكل (٦) التوزيع المكاني لدرجة حرارة سطح الأرض في مدينة الكويت وضواحيها خلال الفصول الأربعة عام ٢٠٢٢، ويبين شكل (٧) التباين الحراري على مستوى الغطاءات الأرضية في مدينة الكويت وضواحيها. كما يوضح جدول (٣) الإحصاءات الوصفية الرئيسية لدرجة الحرارة (أعلى قيمة، وأدنى قيمة، والمتوسط) على مستوى الغطاءات الأرضية. ويبدو من الشكلين أن المناطق الفضاء بمدينة



الكويت وضواحيها تمثل عامل تسخين قوي داخل البيئة الحضرية، حيث ظهرت كأكثر الغطاءات الأرضية حرارة خلال الفصول الأربعة، بمتوسط  $27,1^{\circ}\text{C}$ ،  $41,0^{\circ}\text{C}$ ،  $58,0^{\circ}\text{C}$ ،  $41,7^{\circ}\text{C}$  على الترتيب، مقابل متوسط حراري للمدينة ككل يبلغ  $25,8^{\circ}\text{C}$ ،  $39,6^{\circ}\text{C}$ ،  $55,7^{\circ}\text{C}$ ،  $40,4^{\circ}\text{C}$  خلال الفصول الأربعة على الترتيب، جدول (٣).



شكل (٦) التوزيع المكاني الفصلي لدرجة حرارة سطح الأرض في مدينة الكويت وضواحيها عام ٢٠٢٢



شكل (٧) التباين الحراري على مستوى الغطاءات الأرضية في مدينة الكويت وضواحيها خلال الفصول الأربعة عام ٢٠٢٢

جدول (٣) الإحصاءات الوصفية لدرجة الحرارة (أدنى قيمة، أعلى قيمة، متوسط القيم) على مستوى الغطاءات الأرضية في مدينة الكويت وضواحيها خلال الفصول الأربعة عام ٢٠٢٢

الغطاء الأرضي	فصل الشتاء (س°)			فصل الربيع (س°)			فصل الصيف (س°)			فصل الخريف (س°)		
	أدنى	أعلى	وسط	أدنى	أعلى	وسط	أدنى	أعلى	وسط	أدنى	أعلى	وسط
الكتلة المبنية	١٣,٧	٣٠,٨	٢٥,٧	٢٧,٥	٤٤,٥	٣٩,٦	٣٨,٦	٦٣,٥	٥٥,٧	٢٧,٤	٤٥,٧	٤٠,٤
شبكة الطرق	١٧,٧	٣٠,٢	٢٦,١	٢٦,٩	٤٤,٥	٣٩,٨	٣٨,٥	٦١,٨	٥٦,٢	٣٠,٨	٤٥,١	٤٠,٩
الأراضي الفضاء	٢٢,١	٣١,١	٢٧,١	٣٢	٤٥,٧	٤١	٤٥,٣	٦٢,٦	٥٨	٣٤,٦	٤٥,٦	٤١,٧
المساحات الخضراء	١٨,٧	٢٩,١	٢٥,٣	٢٨,٧	٤٣	٣٨,٤	٤٠,٧	٦١,٨	٥٣,٧	٣١,٦	٤٤	٣٩,٤
المسطحات المائية	١٧,٥	٢٨,٤	٢٢	٢٤,١	٤٢,٥	٣٢	٣٥,٧	٦٠,٣	٤٥,٥	٢٨,٦	٤٤,١	٣٤,٦
المدينة	١٣,٧	٣١,١	٢٥,٨	٢٤,١	٤٥,٧	٣٩,٦	٣٥,٧	٦٣,٥	٥٥,٧	٢٧,٤	٤٥,٧	٤٠,٤

المصدر: التحليل المكاني الإحصائي Zonal Statistics بين درجات الحرارة والغطاءات الأرضية.

ويمكن تفسير ذلك في المقام الأول في ضوء القصور الحراري Thermal Inertia المنخفض للأراضي الفضاء والأسطح الصحراوية، أي أن مقاومتها للتسخين نهاراً ضعيفة جداً، كما أن مقاومتها للتبريد أيضاً ضعيفة. ونتيجة لذلك، تزيد درجة حرارتها بمعدلات سريعة خلال النهار استجابة للتسخين بفعل الإشعاع الشمسي، كما تقل درجة حرارتها مع الغروب بشكل سريع بفعل التبريد المتزايد (وليد عباس، ٢٠١٩). ويتحكم في هذه السمات الحرارية للمناطق الفضاء تناقص سعة التخزين الحراري Heat Capacity لها نتيجة انخفاض قدرتها على توصيل الطاقة الحرارية Heat Conductivity الممتصة لمستويات تحت السطح، وتركز التسخين في الطبقة السطحية فقط (Chen et al., 2008; Peña, 2009). ويؤكد ما سبق على أن المساهمة النسبية للمناطق الفضاء في تشكيل البيئة الحرارية لمدينة الكويت وضواحيها ثابت ولا يتسم بالفصلية، حيث احتلت المناطق الفضاء المركز الأول دائماً كأكثر الغطاءات الأرضية حرارة داخل المدينة، بفارق أعلى من متوسط درجة حرارة المدينة يصل إلى ١,٣ س°، ١,٤ س°، ٢,٣ س°، ١,٣ س° على الترتيب. أما من حيث الفارق الحراري بين المناطق الفضاء والمدينة ككل، فيبدو واضحاً أن حجم مساهمة المناطق الفضاء في زيادة المستويات الحرارية لمدينة الكويت وضواحيها له نمط فصلي مرتبط بكثافة التدفق الإشعاعي، حيث يصل الدور الحراري أقصاه في الصيف (فارق حراري ٢,٣ س°)، ويقل لأدناه في الشتاء والخريف (فارق حراري ١,٣ س° لكل فصل).

تأتي المناطق المبنية وشبكة الطرق بعد المناطق الفضاء من حيث المساهمة الحرارية في مناخ مدينة الكويت وضواحيها، وبشكل متقارب إلى حد كبير بين الغطاءين، حيث بلغ المتوسط الفصلي لدرجة الحرارة في كل منهما على الترتيب ٢٥,٧°س، ٢٦,١°س في الشتاء، ٣٩,٦°س، ٣٩,٨°س في الربيع، ٥٥,٧°س، ٥٦,٢°س في الصيف، ٤٠,٤°س، ٤٠,٩°س في الخريف. وبذلك يشكل العمران الحضري لمدينة الكويت وضواحيها عنصراً مهماً في التسخين داخل المدينة، حيث لا يتفوق عليه سوى المناطق الفضاء لأسباب تتعلق بالقصور الحراري كما سبق بيانه. كما يتضح جلياً من الأرقام السابقة أن الدور الحراري لشبكة الطرق أقوى من مثيله في الكتلة المبنية، فدائماً ما كان المتوسط الفصلي لدرجة حرارة الطرق أعلى من الكتلة المبنية، وإن كان الفارق لم يتعد ٠,٥°س خلال فصلي الصيف والخريف، وقل إلى ٠,٤°س في فصل الشتاء، وبلغ أدنى قيمه له خلال فصل الربيع، حيث لم يتعد الفارق الحراري ٠,٢°س. يمكن تفسير وضوح الدور الحراري للطرق عن مثيله في الكتلة المبنية في ضوء حركة النقل المرتبطة بشبكة الطرق، وما يرتبط بها من انبعاثات حرارية كثيفة ناتجة عن المركبات. أضف إلى ذلك، أن المواد الإسفلتية المستخدمة في تعبيد الطرق بلونها الداكن لها القدرة على امتصاص مقدار أكبر من الإشعاع الشمسي عن تلك التي تقوم المباني والمنشآت المختلفة بامتصاصها. ولا يمكن أن نغفل هنا دور القصور الحراري المرتفع للمواد الخرسانية التي تُبنى منها المنشآت والمباني المختلفة، وهو ما يجعلها أكثر مقاومة للتسخين رغم امتصاصها لمقدار كبير من الإشعاع الشمسي، وذلك بسبب قدرتها الكبيرة على توصيل الحرارة وتخزينها نهاراً، ثم إعادة بثها خلال الليل.

يبدو أيضاً من شكل (٧) وجدول (٣) أن المساحات الخضراء تلعب دوراً في تلطيف درجة الحرارة داخل المدينة، حيث تنخفض حرارتها خلال الفصول الأربعة عن الأراضي الفضاء والمباني وشبكة الطرق، لتسجل متوسطات فصلية تبلغ ٢٥,٣°س، ٣٨,٤°س، ٥٣,٧°س، ٣٩,٤°س على الترتيب، أي أقل من متوسط درجة حرارة المدينة بنحو ٠,٥°س، ١,٢°س، ٢,٠°س، ١,٠°س على الترتيب. أي أن دور المساحات الخضراء في خفض درجة الحرارة داخل مدينة الكويت يصل أقصاه خلال الفصل الحار (٢,٠°س)، ويقل بشكل واضح خلال الفصل البارد (-٠,٥°س) مقارنة بمتوسط درجة حرارة المدينة. ويأتي الدور المُلطّف للمساحات الخضراء خلال الاعتدالين في مرتبة متوسطة بين فصلي الصيف والشتاء (-١,٢°س في الربيع، -١,٠°س في الخريف). ومما لا شك فيه، أن المسطحات المائية تلعب دوراً أكثر وضوحاً في تلطيف درجة الحرارة باعتبارها أقل الغطاءات الأرضية حرارة، حيث بلغ المتوسط الفصلي لدرجة حرارتها ٢٢,٠°س، ٣٢,٠°س، ٤٥,٥°س، ٣٤,٦°س على الترتيب، بفارق

حراري يقل عن متوسط درجة حرارة المدينة بنحو  $-٣,٨$  س،  $-٧,٦$  س،  $-١٠,٢$  س،  $-٥,٨$  س خلال الفصول الأربعة على الترتيب. ويتبين من ذلك أن التأثير المُلطف للمياه في مناخ مدينة الكويت وضواحيها يظهر بذات النمط الفصلي الذي ظهر في المساحات الخضراء، حيث يصل الدور المُلطف للمسطحات المائية أقصاه خلال فصل الحرارة الرئيسي (الصيف) بانخفاض كبير جدا يبلغ  $-١٠,٢$  س عن متوسط درجة حرارة المدينة، ويقل لأدناه خلال فصل البرودة الرئيسي (الشتاء)، حيث تقل درجة حرارة المسطحات المائية عن متوسط المدينة بنحو  $-٣,٨$  س. ويبرز التأثير المُلطف لدرجة الحرارة بفعل المسطحات المائية في مدينة الكويت وضواحيها خلال الربيع ( $-٧,٦$  س) بدرجة أكبر من فصل الخريف ( $-٥,٨$  س).

يعود التوافق الفصلي بين المساحات الخضراء والمسطحات المائية في تطيف درجة الحرارة إلى أن آليه التبريد في كليهما واحدة تقريبًا، وهي استهلاك جزء من الطاقة الشمسية الممتصة من خلال عملية التبخر في حالة المسطحات المائية، ومن خلال عملية النتح في المساحات الخضراء، وهو ما يجعل هذا الجزء الممتص من الطاقة الشمسية يتحول إلى طاقة حرارية كامنة Latent Heat غير محسوسة نتيجة احتجازها داخل حزيئات بخار الماء. وهذا النمط الفصلي للتبريد بفعل المساحات الخضراء والمسطحات المائية يجعل منهما أسلوبًا ناجحًا وأكثر فاعلية في مواجهة الجزيرة الحرارية لمدينة الكويت وضواحيها، حيث يزيد التأثير التبريدي لهما في فصل الصيف شديد الحرارة (متوسط درجة الحرارة  $٥٥,٧$  س)، ويقل نسبيًا في فصلي الربيع والخريف الأقل حرارة (متوسط درجة الحرارة  $٣٩,٦$  س،  $٤٠,٤$  س على الترتيب)، بينما يقل التأثير التبريدي خلال فصل الشتاء، حيث لا تظهر الحاجة إلى دورهما في تطيف درجة الحرارة التي تقل لأدنى مستوياتها (متوسط درجة الحرارة  $٢٥,٨$  س).

وتجدر الإشارة هنا إلى أن أقل تأثير تبريدي للمسطحات المائية ( $-٣,٨$  س خلال فصل الشتاء) يزيد عن أقصى دور ملطف قامت به المساحات الخضراء ( $-٢,٠$  س خلال فصل الصيف) في مناخ مدينة الكويت وضواحيها. وهو ما يؤكد على أن المسطحات المائية ذات تأثير تبريدي أعمق وأكثر فاعلية في التخفيف من قوة الجزيرة الحرارية، وهو ما يعود في الأساس إلى تباين محتوى الرطوبة بين المسطحات المائية والمساحات الخضراء. ومع ذلك فإن التأثير التبريدي الإجمالي للمساحات الخضراء في مدينة الكويت وضواحيها أكبر من مثيله الناجم عن المسطحات المائية، وذلك لزيادة مساحة الغطاء الأخضر وانتشارها داخل المدينة، حيث تشغل  $٥,٣٥$  كم<sup>٢</sup>، أي  $٧,١٩$ ٪ من مساحة المدينة، جدول (٢). وهي بذلك تمثل نحو ٣٦ ضعف المساحة التي تشغلها المسطحات المائية في المدينة، حيث تبلغ

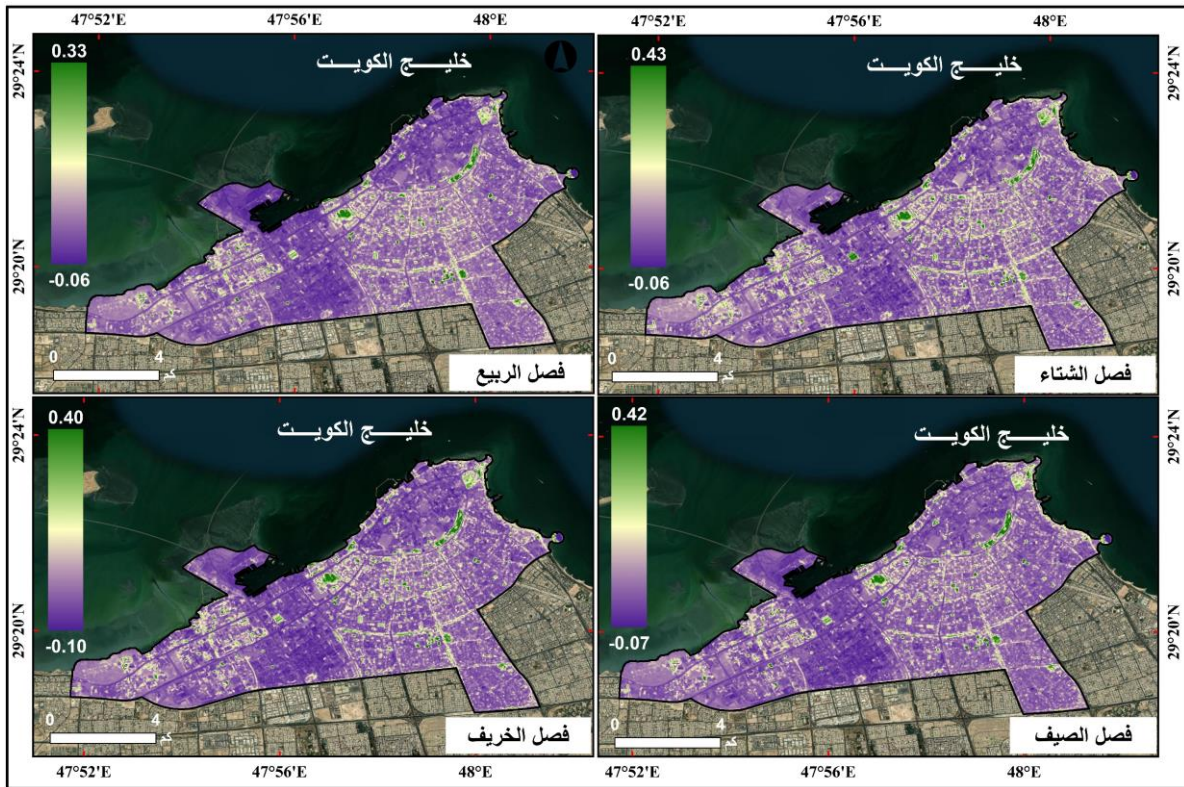
مساحتها ٠,١٥ كم<sup>٢</sup>، أو ٠,٢٠٪ فقط من جملة مساحة منطقة الدراسة. وبالتالي، فإن عمق التبريد وفعاليتها في صالح المسطحات المائية لاعتماده على الفارق الحراري، بينما التأثير التبريدي الإجمالي أكبر في حالة المساحات الخضراء لاعتماده على مساحة الغطاء الأخضر وانتشاره. وفي الحالتين، فإن المياه والنباتات من أكثر الخيارات شيوعاً للتخفيف من قوة الجزيرة الحرارية الحضرية، فيما يُطلق عليه "النظم الزرقاء-الخضراء Blue-Green Systems" (Probst et al., 2022).

يؤكد ما سبق بالتبعية على أن تباين الكثافة النباتية ومساحتها والمحتوى المائي للمسطحات الخضراء من فصل لآخر هي محددات جوهرية لحجم وكفاءة التبريد الناتج عن المساحات الخضراء. وهو ما يشير بالضرورة إلى دراسة التأثير التبريدي لأنماط المسطحات الخضراء بشكل منفصل عن بعضها البعض، فلا يمكن أن يكون تأثير الحشائش القصيرة الفقيرة ذات المحتوى المائي المنخفض مماثل لما يمكن أن تقوم به الحدائق ذات الوفرة النباتية والكثافة الخضراء والغطاء الشجري الغني بمحتواه من المياه والاختزال وما يسببه من نشر الظل بكثافة خلال فترات طويلة من اليوم عبر إعاقة الإشعاع الشمسي من الوصول لسطح الأرض. ومن ثم تؤكد الدراسة من خلال ذلك على أهمية تصنيف المساحات الخضراء قبل دراسة تأثيراتها الحرارية أو المناخية، أو حتى على المستوى البيئي. فلا يمكن جمع كل أشكال وأنماط المساحات الخضراء - مع اختلاف خصائصها بشكل جذري - تحت مظلة متغير واحد فقط.

ويمكن الاستدلال على الحقيقة السابقة من خلال دراسة التباين المكاني/الزمني لمؤشر التباين النباتي النسبي NDVI في مدينة الكويت وضواحيها، كما يوضحها شكل (٨). فمن الملاحظ أن متوسط مؤشر التباين النباتي النسبي في مدينة الكويت وضواحيها وصل إلى أقصاه في فصل الصيف حيث تراوح بين -٠,٠٧ كحد أدنى وبين ٠,٤٢ كحد أقصى، بمتوسط ٠,٠٦. وهذا يتوافق مع كون دور المساحات الخضراء في تلطيف درجة الحرارة يصل لأقصاه خلال فصل الصيف، بفارق حراري يبلغ -٢,٠°س بين متوسط درجة حرارة كل من المساحات الخضراء والمدينة ككل. وتتشابه قيم مؤشر التباين النباتي النسبي في فصل الشتاء مع فصل الصيف، حيث تراوح خلال الفصل البارد بين ٠,٤٣ و -٠,٠٦، بمتوسط ٠,٠٥، شكل (٨).

ومع ذلك لم تظهر فاعليته في تلطيف درجة الحرارة بشكل كبير، حيث يقل الفارق الحراري بين المساحات الخضراء والمدينة ككل إلى الحد الأدنى، بمتوسط فصلي لا يزيد عن -٠,٥°س. ولعل السبب الرئيسي في ذلك الحقيقة المعروفة بأن رطوبة المسطحات المائية والنباتات تقوم بدور احتراز خلال

الشتاء والليل، وتلطيف خلال الصيف والنهار. ويؤكد تحليل الارتباط بين التباين المكاني لكل من درجة الحرارة ومؤشر التباين النباتي النسبي على دور المساحات الخضراء في خفض درجة الحرارة على مدار فصول العام. فقد تبين وجود علاقة عكسية بين المتغيرين في جميع الفصول، بما يشير إلى أن زيادة الكثافة النباتية يخفض من المستويات الحرارية في المدينة. وإن كانت قوة العلاقة أقل من متوسطة في كل الفصول (أقل من -٠,٤). ولا يشير انخفاض قوة العلاقة إلى تناقص الدور الملطف للمساحات الخضراء في مناخ المدينة، بقدر ما يؤكد على وجود عوامل أخرى بجانب المساحات الخضراء تؤثر بشكل جوهري في خفض درجة الحرارة أو رفعها.



شكل (٨) التوزيع المكاني/الفصلي لمؤشر التباين النباتي النسبي في مدينة الكويت وضواحيها ٢٠٢٢

#### ٤-٢. التبريد الموضعي للحدائق والمنتزهات في مدينة الكويت وضواحيها:

قدم المبحث السابق الصورة العامة للتركيب الحضري والحراري في منطقة الدراسة، وتبين من خلاله كيف تمثل المناطق الفضاء وشبكة الطرق والكتلة المبنية عوامل تسخين داخل المدينة وضواحيها، بينما تعمل المسطحات المائية والمساحات الخضراء على تلطيف درجة الحرارة من خلال آلية تبريد مشتركة بينهما. ويركز المبحث الحالي بشكل تفصيلي على تحليل نمطاً واحداً من أنماط المساحات الخضراء، وهي الحدائق والمنتزهات الحضرية، حيث يبين توزيعها المكاني وخصائصها الكمية والنباتية،

ثم يستكشف سماتها الحرارية الموضعية – Site thermal analysis أي داخل الحديقة – وكيف تتميز عما حولها من عمران حضري.

يوضح شكل (٢) التوزيع المكاني للحدائق والمتزهات داخل مدينة الكويت وضواحيها، ويُبرز جدول (٤) أهم السمات الكمية والنباتية والحرارية لهذه الحدائق. تضم منطقة الدراسة ١٥ حديقة تتسم بتنوع تركيبها الداخلي والغطاءات الأرضية في البيئة العمرانية المحيطة بها. وقد سمح هذا التنوع -كما سيظهر لاحقاً - بتباين كفاءة التبريد من حديقة لأخرى وفقاً لتركيبها الداخلي والبيئة المحيطة بها.

جدول (٤) الخصائص الكمية والحرارية والنباتية للحدائق في مدينة الكويت وضواحيها عام ٢٠٢٢

م	اسم الحديقة	المساحة (م <sup>٢</sup> )	النسبة (%)	متوسط درجة الحرارة (س°)	متوسط NDVI	الفئة المساحية
١	الصدافة والسلام	١٨٥١٥٠,١	١٩,٦	٣٨,٩	٠,٢٠	حدائق
٢	الشهيد ١	١٦٦٥٨٠,٠	١٧,٦	٣٧,٧	٠,٢١	ضخمة
٣	دسمان	١٣٣٧٤٨,٥	١٤,١	٣٧	٠,١٤	حدائق
٤	ساحة العلم	٩٦٠٤٦,٧	١٠,١	٣٦,٧	٠,١٣	كبيرة
٥	الشهيد ٢	٩٤٢٣٠,١	١٠,٠	٣٨,٤	٠,١٧	حدائق
٦	جمال عبد الناصر	٧٤١٣٩,٩	٧,٨	٣٩,٢	٠,١٨	متوسطة
٧	الأندلس	٤٣٩٥٥,٤	٤,٦	٤٠,٥	٠,١٣	حدائق صغيرة
٨	وهزان	٣٧٧٧٤,٩	٤,٠	٣٩,٦	٠,١٤	
٩	المتنى	٣١٧٥٦,٣	٣,٦	٣٧,٣	٠,١٤	
١٠	ميلسون	١٨٣٥٤,٢	١,٩	٣٩,١	٠,١٥	
١١	الخالدية	١٦٧٦٩,٥	١,٨	٣٩,٧	٠,١٢	
١٢	التحالف	١١٠٦٨,٣	١,٨	٣٦,٥	٠,٢٠	
١٣	عامه ٢	١٧٠٩٠,٠	١,٨	٣٨,٦	٠,١٧	
١٤	الفيحاء	١٠٣٥١,٦	١,١	٣٩,١	٠,١٢	
١٥	عامه ١	٩٨٠٣,٣	١,٠	٤٠,١	٠,١٦	
-----	الإجمالي/المتوسط	٩٤٦٨١٨,٨	١٠٠	٣٨,٥	٠,١٧	

المصدر: التحليل المكاني النطاقي GIS Zonal Spatial Analysis بين الحدائق ودرجات الحرارة ومؤشر NDVI.

مع التباين الكبير في الامتداد المكاني للحدائق، تم تصنيفها وفقاً للمساحة إلى أربع فئات رئيسية. تضم الفئة الأولى الحدائق ضخمة المساحة (تزيد مساحة الحديقة عن ١٥٪ من جملة الحدائق) ممثلة في حديقتي الصداقة والسلام والشهيد ١، وتشغلا ١٩,٦٪ و ١٧,٦٪ على الترتيب من جملة مساحة الحدائق، بإجمالي ٣٧,٢٪ من جملة مساحة الحدائق والمتزهات في منطقة الدراسة. يندرج ضمن الفئة الثانية

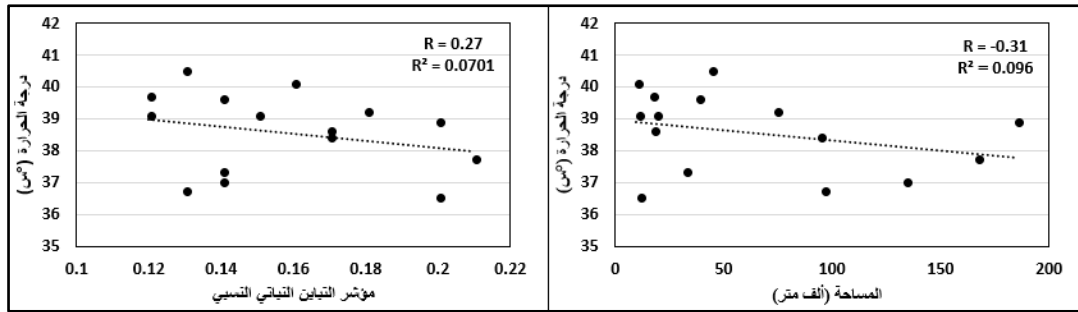
الحدائق كبيرة المساحة التي تشغل ما نسبته ١٠-١٥٪ من مساحة الحدائق واشتملت على حديقتي دسمان وساحة العلم، وتشغل ١٤,١٪ و ١٠,١٪ على الترتيب من جملة مساحة الحدائق، وتمثلاً معاً نحو رُبع مساحة الحدائق (٢٤,٢٪). تضم فئة الحدائق متوسط المساحة الممتزحات التي تشغل مساحة تتراوح بين ٥-١٠٪ من مساحة الحدائق، وتمثلها حديقتا الشهيد ٢ وجمال عبد الناصر بنسبة ١٠,٠٪ و ٧,٨٪ على الترتيب، بما يمثل ١٧,٨٪ من جملة مساحة الحدائق. أخيراً تأتي فئة الحدائق صغيرة المساحة لتضم تسع حدائق يشغل كل منها أقل من ٥٪ من جملة مساحة الحدائق بإجمالي ٢٠,٨٪. ويشير ذلك إلى أن أربعة أخماس الحدائق الحضرية في مدينة الكويت وضواحيها تتركز في ست ممتزحات، بينما تضم تسع ممتزحات الخمس الأخير من هذه المساحة. وهو ما يؤشر بالتالي على ضرورة تباين الإقليم التبريدي حول كل حديقة وفقاً لامتدادها المكاني الذي يعتبر أحد أهم محددات كفاءة التبريد للحدائق الحضرية.

من الملاحظات الجديرة بالذكر أن توزيع الحدائق يتركز في النصف الشرقي من منطقة الدراسة، بينما تعاني المنطقة الغربية من عدم وجود الحدائق والممتزحات، كما يبين شكل (٢). ويبدو أن ذلك قد انعكس ذلك بشكل واضح على التوزيع المكاني لدرجة الحرارة، حيث يبدو جلياً من شكل (٦) أن القيم القصوى لدرجات الحرارة تسود المنطقة الغربية بشكل كبير، بينما تتسم المنطقة الشرقية بدرجات حرارة أقل. ويمكن ملاحظة ذلك في على مدار الفصول الأربعة دون استثناء. فقد بلغ متوسط درجة الحرارة في المنطقتين الشرقية والغربية ٢٥,٢°س، ٢٦,٧°س على الترتيب خلال فصل الشتاء، ونحو ٣٨,٩°س، ٤٠,٥°س على الترتيب خلال فصل الربيع، وبلغ ٥٤,٦°س، ٥٧,٣°س على الترتيب خلال فصل الصيف، وأخيراً ٣٩,٧°س، ٤١,٥°س على الترتيب خلال فصل الخريف. أي أن متوسط درجة الحرارة في المنطقة الغربية دائماً أعلى من مثيله في القسم الشرقي من منطقة الدراسة. ليس ذلك فحسب، بل أن الفارق الحراري بين المنطقتين يصل أقصاه في الصيف (٢,٧°س)، ويقل لأدناه في الشتاء (١,٥°س)، وبقيم متوسطة في الربيع (١,٦°س) والخريف (١,٨°س). ويتسق نمط التباين الفصلي للفارق الحراري بين المنطقتين الشرقية والغربية بشكل كبير مع نمط التباين الفصلي لتأثير التبريد بفعل المساحات الخضراء الذي ظهر في المبحث السابق.

يظهر من تحليل خصائص الحدائق في جدول (٤) وتحليل الانحدار في شكل (٩) أن هناك ارتباطاً عكسياً بين درجة الحرارة المرصودة في الحدائق والممتزحات، وبين مساحتها وكثافة النباتات بها، حيث تقل درجة الحرارة مع زيادة مساحة الحديقة وزيادة كثافتها النباتية بوجه عام. أبرز تحليل الانحدار



أن العلاقة العكسية أقل من المتوسط بقيمة -٠,٣١، في حالة مساحة الحدائق، -٠,٢٧، في حالة كثافة الغطاء النباتي. ومن ثم فإن المتغيرين لا يتحكمان إلا في ١٧٪ فقط من التباين الحراري داخل الحدائق. ورغم هذه النتائج الإحصائية، يمكن التأكيد على هذه العلاقة العكسية من خلال مجموعة من الشواهد القوية. فقد تم تسجيل أقل المتوسطات الحرارية (٣٦,٩°س) داخل فئة الحدائق كبيرة المساحة (١٠-١٥٪)، وأعلى المتوسطات الحرارية (٣٩,٠°س) داخل فئة الحدائق صغيرة المساحة (أقل من ٥٪)، وصاحبة أقل كثافة نباتية وفقا لمؤشر التباين النباتي النسبي (٠,١٤). وقد سُجلت ثاني أعلى درجات الحرارة (٤٠,١°س) داخل أصغر الحدائق (الحديقة العامة). وتأتي فئة الحدائق متوسطة المساحة (٥-١٠٪) بمستويات حرارية متوسطة (٣٨,٨°س) بين الفئتين السابقتين. ويشذ عن العلاقة السابقة فئة الحدائق الضخمة، فرغم أنها تحتل المركز الأول من حيث المساحة (أكثر من ١٥٪) والكثافة النباتية (٠,٢)، إلا أنها جاءت كثاني أكثر الحدائق تبريد (٣٨,٣°س) بعد الحدائق كبيرة المساحة. ويبدو أن السبب الرئيسي في ذلك يعود إلى التركيب الداخلي للحدائق الضخمة الذي يُصمم بشكل يجعل الأسطح غير الخضراء تشغل نسبة كبيرة من الحدائق، مثل الممرات والمماش والمباني الخدمية التي تتكون من المواد الإسفلتية والأسمنتية والرخام بما لها من تأثير حراري قوي. ومن ثم فإن ذلك يؤكد على أهمية أخذ التصميم الداخلي للحدائق الحضرية في الاعتبار بحيث لا تشكل الوظيفة الترفيهية عاملا عكسياً لوظيفتها البيئية والمناخية.

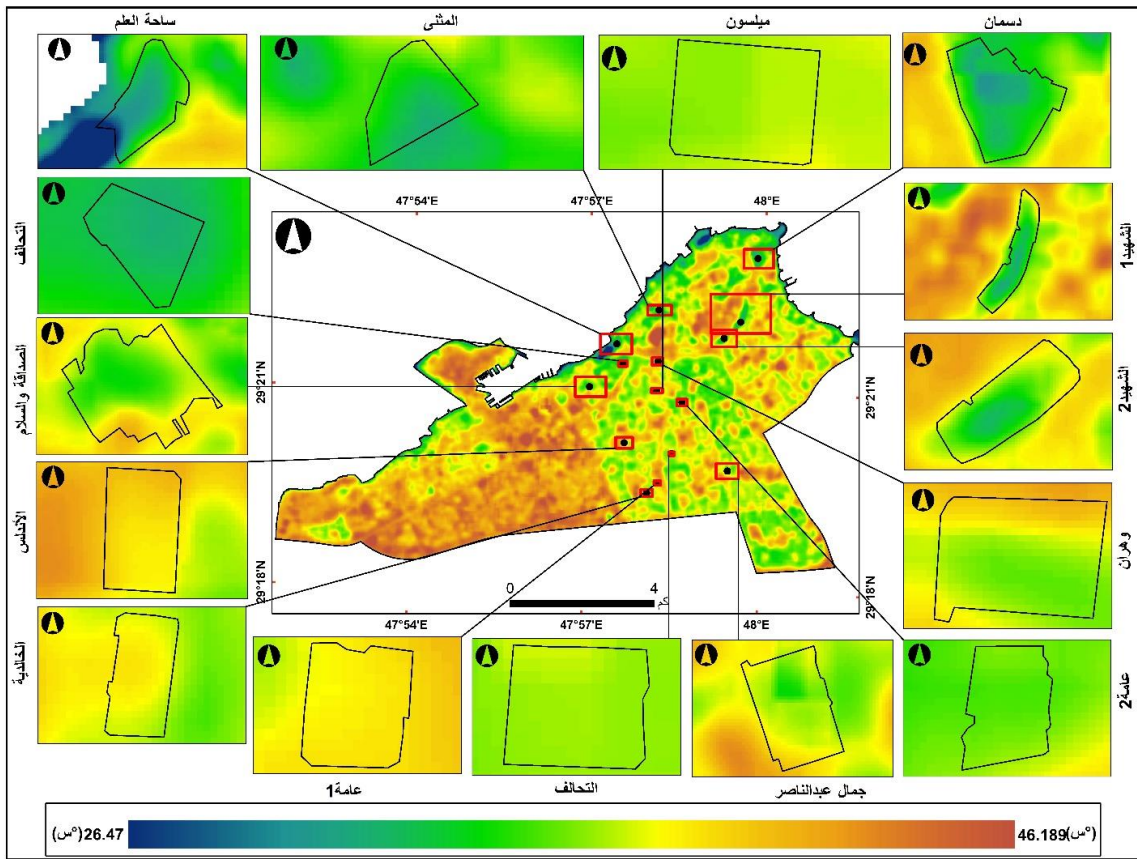


شكل (٩) العلاقة بين مساحة الحدائق وكثافتها النباتية وبين درجة الحرارة وفقا لتحليل الانحدار

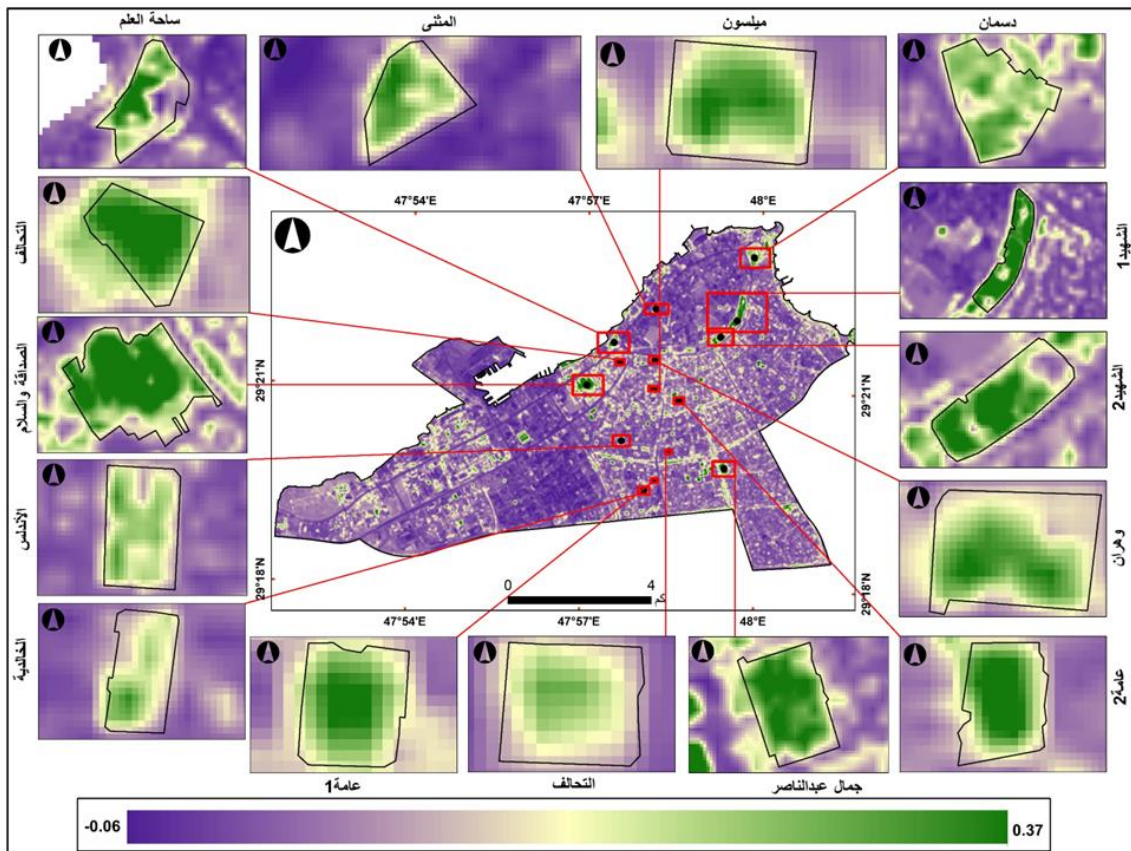
وتجدر الإشارة إلى أن أقل متوسط لدرجة الحرارة (٣٦,٥°س) في الحدائق قد سُجل في واحدة من أصغر الحدائق قيد الدراسة، وهي حديقة "التحالف". ويمكن تفسير ذلك في ضوء ارتفاع الكثافة النباتية بها وفقا لمؤشر التباين النباتي النسبي (NDVI)، حيث تعتبر ثاني أكثر الحدائق من حيث الكثافة النباتية بقيمة تبلغ ٠,٢٠، ولا يسبقها سوى حديقة "الشهيد ١" بكثافة نباتية ٠,٢١. ومما لا شك فيه أن الانخفاض العام لمؤشر التباين النباتي النسبي في الحدائق (يتراوح بين ٠,١٢ في حديقتي الخالدية والفيحاء، وبين

٠,٢١ في حديقة الشهيد ١ بمتوسط ٠,١٧)، كما يوضح جدول (٤) مؤشر قوي على أن كثافة الغطاء النباتي وحالته العامة لا تقوم بأداء وظيفي فعال ونموذجي في تلطيف درجة الحرارة في مدينة الكويت وضواحيها، ومن ثم فزيادة كثافة النباتات في الحدائق واتساع رقعة تغطيتها ورفع محتواها من الرطوبة أولى الإجراءات التي يجب الاهتمام بها لزيادة كفاءة الحدائق في القيام بوظيفتها المناخية في خفض المستويات الحرارية الحضرية.

ولا تكتمل الصورة التحليلية لسمات وخصائص التبريد الموضعي داخل الحدائق والمنتزهات الحضرية في منطقة الدراسة إلا ببيان الفارق الحراري بين الحدائق بما تضمه من غطاء أخضر، وبين متوسط درجة حرارة المدينة. يوضح شكلا (١٠) و(١١) التوزيع المكاني للمتوسط السنوي لدرجة الحرارة ومؤشر التباين النباتي النسبي في الحدائق والمنتزهات قيد الدراسة مقارنةً بالمدينة ككل. ويظهر من الشكلين أن الحدائق الحضرية في مدينة الكويت وضواحيها تشكل جزرا نباتية وحرارية بالنسبة للمدينة، حيث ترتفع بداخلها الكثافة النباتية عما حولها، ومن ثم تنخفض درجة حرارة هذه الحدائق عن الطرق والمباني الممتدة حولها، لتشكل ما يُعرف بالجزر الحرارية المعكوسة Reversed Heat Islands أو الجزر الباردة/المعتدلة للحدائق PCI. يشير المصطلح الأخير إلى تميز الغلاف الجوي للحديقة عما حوله، خاصةً من حيث درجة الحرارة والرطوبة. ويعود هذا إلى تأثير البيئة الخضراء للحدائق في الغلاف الجوي بدرجة تختلف عن تأثير البيئة العمرانية المحيطة (Cao et al., 2010). وقد أبرزت دراسات عدة التأثير التبريدي للجزيرة الباردة للحدائق في تلطيف المستويات الحرارية المرتفعة في المدينة، خاصةً خلال فصل الصيف من أجل تحسين الراحة الحرارية وخفض الطلب على الطاقة بغرض التبريد (Das et al., 2022; Han et al., 2023; Yao et al., 2022; Yin et al., 2022). إضافة إلى ظهور أداء تبريد الحدائق والمنتزهات الحضرية بشكل أفضل في الصيف مقارنة بفصول العام الأخرى (Chen et al., 2022; Feyisa et al., 2014). ورغم ذلك، فإن الدراسة الحالية ستتناول الجزر الباردة للحدائق من منظور فصلي أكثر شمولاً.



شكل (١٠) توزيع متوسط درجة الحرارة في الحدائق والمناطق المحيطة عام ٢٠٢٢



شكل (١١) توزيع متوسط مؤشر التباين النباتي النسبي في الحدائق والمناطق المحيطة عام ٢٠٢٢.

يوضح جدول (٥) وشكل (١٢) تباين شدة الجزر الباردة PCI للحدائق الحضرية الواقعة في مدينة الكويت وضواحيها خلال الفصول الأربعة عام ٢٠٢٢. وشدة الجزيرة أو قوتها Intensity هي الفارق الحراري بين الحديقة والعمران الحضري (الكتلة المبنية وشبكة الشوارع) للمدينة ككل. يظهر من تحليل الجدول والشكل أن الحدائق والمنتزهات الحضرية في مدينة الكويت وضواحيها تنخفض درجة حرارتها على مدار الفصول الأربعة مقارنة بمحيطها الحضري، لتشكل ما يعرف بـ "الجزيرة الباردة للحدائق والمنتزهات". وقد ارتبط ظهور هذه الجزر الباردة بكل الحدائق قيد الدراسة خلال كل فصول العام، فيما عدا استثناء وحيد، حيث ظهرت حديقة الأندلس في الصيف كجزيرة حارة ضعيفة (٥٤,٥°س).

جدول (٥) التباين الفصلي لدرجة الحرارة وشدة الجزر الباردة للحدائق في الكويت وضواحيها ٢٠٢٢.

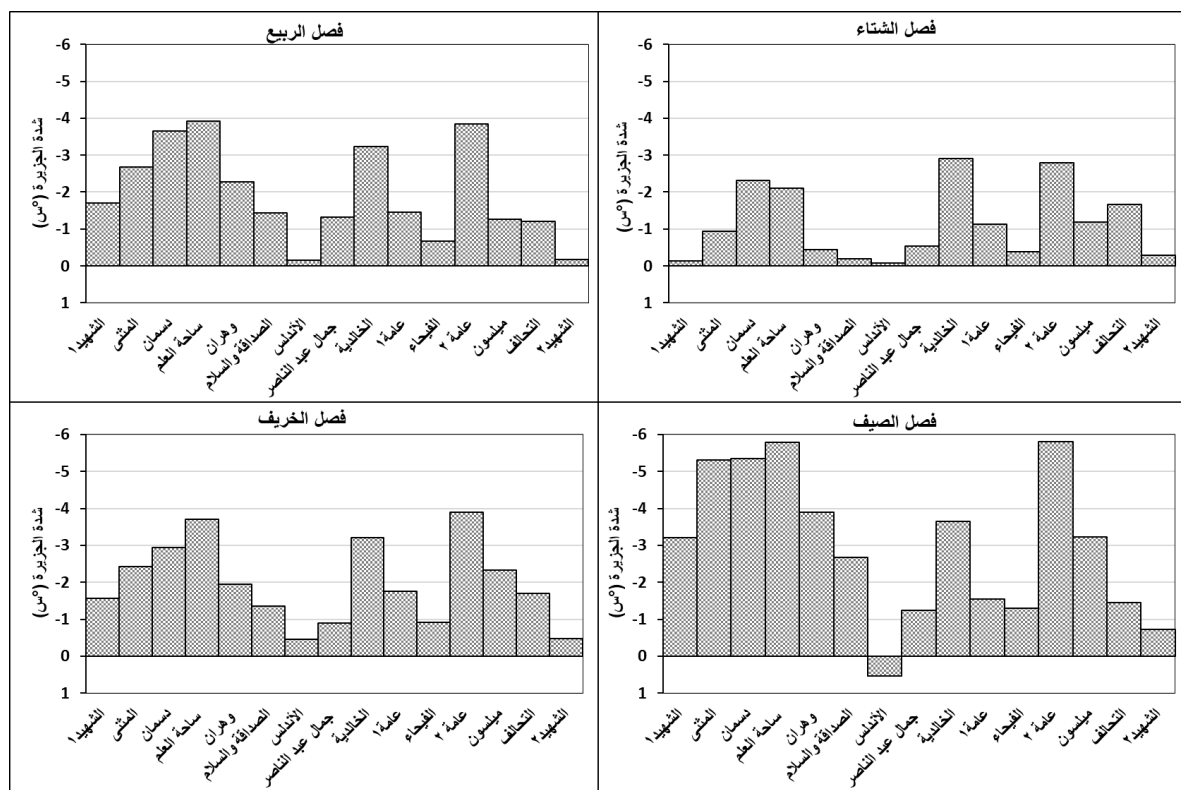
م	اسم الحديقة	فصل الشتاء		فصل الربيع		فصل الصيف		فصل الخريف	
		درجة الحرارة	شدة الجزيرة	درجة الحرارة	شدة الجزيرة	درجة الحرارة	شدة الجزيرة	درجة الحرارة	شدة الجزيرة
١	الصدقة والسلام	٢٥,٨	٠,١-	٣٨,٠	١,٧-	٥٢,٧	٣,٢-	٣٩,١	١,٦-
٢	الشهيد ١	٢٥,٠	٠,٩-	٣٧,٠	٢,٧-	٥٠,٦	٥,٣-	٣٨,٢	٢,٤-
٣	دسمان	٢٣,٦	٢,٣-	٣٦,٠	٣,٧-	٥٠,٦	٥,٣-	٣٧,٧	٢,٩-
٤	ساحة العلم	٢٣,٨	٢,١-	٣٥,٨	٣,٩-	٥٠,١	٥,٨-	٣٧,٠	٣,٧-
٥	الشهيد ٢	٢٥,٥	٠,٤-	٣٧,٤	٢,٣-	٥٢,٠	٣,٩-	٣٨,٧	٢,٠-
٦	جمال عبد الناصر	٢٥,٨	٠,٢-	٣٨,٣	١,٤-	٥٣,٣	٢,٧-	٣٩,٣	١,٤-
٧	الأندلس	٢٥,٩	٠,١-	٣٩,٦	٠,٢-	٥٦,٥	٠,٥	٤٠,٢	٠,٥-
٨	وهران	٢٥,٤	٠,٥-	٣٨,٤	١,٣-	٥٤,٧	١,٢-	٣٩,٨	٠,٩-
٩	المتنى	٢٣,٠	٢,٩-	٣٦,٥	٣,٢-	٥٢,٣	٣,٧-	٣٧,٥	٣,٢-
١٠	ميلسون	٢٤,٨	١,١-	٣٨,٣	,١-	٥٤,٤	١,٥-	٣٨,٩	١,٨-
١١	الخالدية	٢٥,٦	٠,٤-	٣٩,٠	٠,٧-	٥٤,٦	١,٣-	٣٩,٨	٠,٩-
١٢	التحالف	٢٣,٢	٢,٨-	٣٥,٩	٣,٩-	٥٠,١	٥,٨-	٣٦,٨	٣,٩-
١٣	عامة ٢	٢٤,٨	١,٢-	٣٨,٤	١,٣-	٥٢,٧	٣,٢-	٣٨,٤	٢,٣-
١٤	الفيحاء	٢٤,٣	١,٧-	٣٨,٥	١,٢-	٥٤,٥	١,٥-	٣٩,٠	١,٧-
١٥	عامة ١	٢٥,٧	٠,٣-	٣٩,٥	٠,٢-	٥٥,٢	٠,٧-	٤٠,٢	٠,٥-
	المتوسط	٢٤,٩	١,٠-	٣٧,٤	٢,٤-	٥٢,١	٣,٩-	٣٨,٥	٢,٢-

المصدر: التحليل المكاني النطاقي GIS Zonal Spatial Analysis بين الحدائق ودرجات الحرارة فصلياً.

ويبدو ذلك كأكثر نتائج الدراسة إثارة للاهتمام، حيث برزت حديقة الأندلس، على عكس السائد، أكثر دفئاً من المناطق المحيطة بها. ويبدو أن ذلك يرتبط بظروف موضعية استثنائية داخل الحديقة، مثل

خضوعها للصيانة وإزالة الغطاء النباتي بشكل مؤقت خلال تلك الفترة. كما يمكن أن يعزى ذلك إلى قلة المساحات الخضراء والكثافة النباتية داخل الحديقة، كما أنها تحوي مباني كثيرة وطرق ومساحات معبدة في أجزاء واسعة منها. ويؤكد ذلك مرة أخرى على أهمية تبني تصميم داخلي للحدائق يساهم في تحقيق كفاءتها الوظيفية على المستويين المناخي والبيئي.

ويمكن تفسير تكون الجزر الباردة للحدائق والمنتزهات في مدينة الكويت وضواحيها بالنسبة للظهير المتاحم من خلال عدة أسباب، وهي توفر الرطوبة في التربة والغطاء الأخضر، وهو ما جعل جزء من الإشعاع الشمسي الممتص بواسطة هذه الأسطح الخضراء يستهلك في عملية التبخر - نتح، أو ما يُطلق عليه "تدفق الحرارة الكامنة Latent"، دون أن يكون له تأثير حراري. أما في المناطق المبنية وشبكة الطرق المحيطة، فإن الإشعاع الشمسي الممتص يوجهه بكامله لرفع درجة الحرارة نتيجة تدفقه بالكامل في شكل حرارة محسوسة Sensible بسبب انعدام الرطوبة السطحية. كما يقوم الغطاء الشجري داخل الحدائق بحجب الإشعاع الشمسي ومنعه من الوصول إلى سطح الأرض، وهو ما يساهم في نشر مساحات من الظل لا يصل إليها الإشعاع الشمسي، وبالتالي تنخفض درجة حرارتها عن تلك المناطق المعرضة للشمس.



شكل (١٢) التباين الفصلي لشدة الجزر الباردة للحدائق PCI في مدينة الكويت وضواحيها عام ٢٠٢٢

بلغ المتوسط السنوي لشدة الجزر الباردة للحدائق والمنتزهات الخمسة عشر نحو  $-2.4^{\circ}\text{C}$  خلال عام ٢٠٢٢، وإن برز من الشكل والجدول وجود تباينات فصلية واضحة، أي أن التأثير التبريدي للحدائق يحدث في كل الفصول، وليس فقط في الشهور الحارة كما أشارت عدة دراسات وركزت على ذلك. وصلت قوة الجزيرة الباردة للحدائق أقصاها خلال فصل الصيف بمتوسط  $-3.9^{\circ}\text{C}$ . وقد تخطت قوة الجزيرة الباردة لأربع حدائق حاجز  $-5.0^{\circ}\text{C}$  خلال فصل الصيف، وهي التحالف وساحة العلم (- $5.8^{\circ}\text{C}$ )، الشهيد ١ ودسمان (- $5.3^{\circ}\text{C}$ ). ويتقارب فصلا الربيع والخريف من حيث شدة تبريد الحدائق بقيم تبلغ  $-2.4^{\circ}\text{C}$ ،  $-2.2^{\circ}\text{C}$  على التوالي. بينما جاء فصل الشتاء في الترتيب الأخير بأدنى شدة للجزيرة الباردة للحدائق، بمتوسط فصلي يبلغ  $-1.0^{\circ}\text{C}$ . وعلى الرغم من أن تأثير تبريد الحدائق الحضرية في الشتاء ليس قويا، كما هو الحال في الفصول الأخرى، إلا أنه لا يمكن إهماله؛ فقد سجلت خلال الشتاء أربع حدائق جزيرة باردة تزيد شدتها عن  $-2.0^{\circ}\text{C}$  وهي المثني، ساحة العلم، دسمان، التحالف.

أوضح تحليل الارتباط أن قوة الجزيرة الباردة للحدائق ترتبط بعلاقة طردية متوسطة مع مساحة الحدائق ( $0.50$ ) وكثافة الغطاء الأخضر ( $0.46$ ). واستمرت العلاقة الطردية في فصلي الربيع والخريف، ولكن بقيم ضعيفة جداً، بينما تحولت العلاقة إلى ارتباط عكسي ضعيف جدا مع المتغيرين في فصل الشتاء. ويشير ذلك مرة أخرى إلى التأثير التبريدي القوي للحدائق خلال الفصل الحار. ومن ثم تتمتع الحدائق والمنتزهات بتأثير تبريد أقوى في الصيف منه في الشتاء. وقد جاءت نتائج الدراسة الحالية متوافقة إلى حد كبير مع ما توصلت إليه نتائج الدراسات السابقة. فقد وثقت دراسة (Cohen et al., 2012) أنه يمكن للحدائق الحضرية ذات الأشجار الكثيفة أن تبرد درجات الحرارة بما يصل إلى  $3.8^{\circ}\text{C}$  مقارنة بالميادين والشوارع الحضرية خلال فصل الصيف في إقليم مناخ البحر الأبيض المتوسط. وكشفت دراسة (Spronken-Smith & Oke, 1998) أن متوسط التبريد النهاري في الحدائق الصغيرة التي تبلغ مساحتها  $2-53$  هكتاراً يتراوح بين  $1.2-2.4^{\circ}\text{C}$ . وفي دراسة أخرى (Algetawee, 2022) وُجد أن متوسط التبريد في الحدائق الحضرية الكبيرة بلغ  $3.28^{\circ}\text{C}$ . وفي ذات السياق ركزت دراسة (Liang et al., 2023) إلى التأثيرات الفصلية للبيئة المبنية وتفاعلاتها في تأثيرات تبريد الحدائق الحضرية في مدينة نانجينغ Nanjing الصينية. وقد أشارت الدراسة إلى أن الحدائق الحضرية تظهر أفضل تبريد في الصيف، بمتوسط  $1.28^{\circ}\text{C}$ ، وهو أعلى من مثيله في الربيع ( $1.07^{\circ}\text{C}$ )، والخريف ( $1.01^{\circ}\text{C}$ )، والشتاء ( $0.30^{\circ}\text{C}$ ).

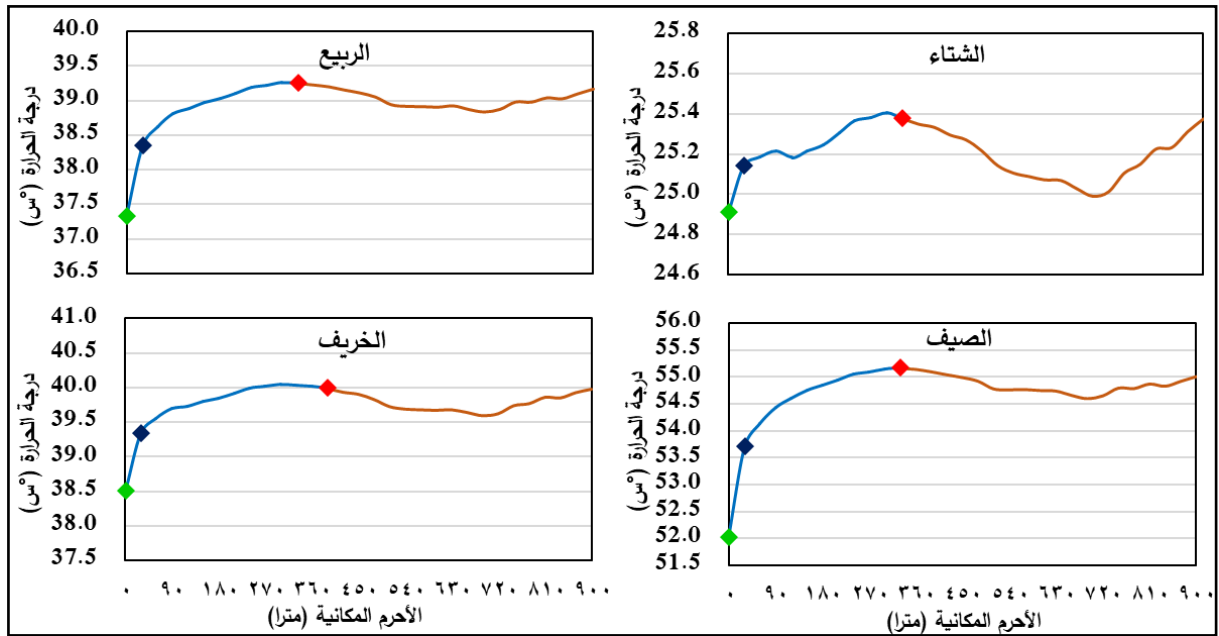
#### ٤-٣. الإقليم التبريدي للحدائق والمنتزهات وكفاءته في مدينة الكويت وضواحيها:

أكد المبحث السابق على أن الحدائق والمنتزهات الحضرية بمثابة استراتيجيات تبريد فعالة للمناخ المحلي لمدينة الكويت وضواحيها، حيث تعتمد على آليات طبيعية لتحسين البيئة الحرارية داخل المباني وخارجها، ومن ثم يمكن أن تكون أحد الخيارات القوية لتحقيق الاستدامة المناخية. وفي سياق تغير المناخ، ومع الزيادة المتوقعة في درجة الحرارة وشدة موجات الحر، من المقرر أن يصبح التبريد بالحدائق ذا أهمية متزايدة. والحقيقة أن هذا التأثير لا يقتصر على التبريد الموضعي داخل حدود الحدائق فقط كما تم بيانه تفصيلاً فيما سبق، بل يمتد إلى المناطق الحضرية الواقعة حولها، سواء أكانت مباني ومنشآت، أو شبكة شوارع، أو حتى مساحات فضاء. ويتباين اتساع هذا التأثير المُلطّف من حديقة لأخرى وفقاً لمجموعة من المتغيرات، وهو ما يُطلق عليه "الإقليم التبريدي للحدائق". ومن ثم يركز المبحث الحالي على تحديد اتساع نفوذ التبريد وتأثيره حول كل حديقة. وتجدر الإشارة هنا إلى أن المساحات الخضراء تقوم بوظيفة التبريد في الإقليم المحيطة بها من خلال حركة الهواء التي تعمل على تنشيط التبادل الحراري الأفقي (Advection (Gómez-Baggethun et al., 2013).

تحققت الدراسة الحالية من الأداء الحراري الموضعي لخمسة عشر حديقة في مدينة الكويت وضواحيها اعتماداً على المرئيات الفضائية الحرارية. وقد أظهرت النتائج أن الحدائق والمنتزهات كانت أكثر برودة من المناطق الحضرية المحيطة خلال النهار. ووصلت أقصى شدة تبريد في الحدائق عن المناطق المبنية وشبكة الشوارع المحيطة إلى  $-5,8^{\circ}\text{C}$  في حديقتي دسمان والتحالف خلال فصل الصيف، جدول (٥). ويهدف هذا المبحث إلى قياس مسافة التأثير التبريدي للحدائق بدءاً من أسوارها الخارجية، وحتى أقصى نقطة يصل إليها التأثير التبريدي، أو ما يُطلق عليه "الإقليم التبريدي للحدائق Park Cooling Region" وقد أُسّمت البيئة الخارجية المحيطة بالحدائق إلى ٣٠ نطاقاً مكانياً باتساع ٣٠ متراً لتتوافق مع الدقة المكانية للمرئيات المستخدمة، بمسافة إجمالية ٩٠٠ متراً، شكل (٣). تبع ذلك قياس درجة الحرارة داخل كل حديقة وفي كل النطاقات العمرانية حولها لتحديد أقصى نقطة يصل إليها نفوذ إقليم التبريد حول الحدائق. ويمكن في الأخير قياس كفاءة تبريد الحديقة PCE، أي نسبة مساحة التبريد القصوى لحديقة حضرية إلى مساحة الحديقة. ويعكس هذا المؤشر مساحة التبريد الخارجية لكل وحدة من مساحة الحديقة.

يوضح شكل (١٣) قطاعات حرارية فصلية بطول ٩٠٠ متراً، حيث تبدأ من داخل الحدائق، مروراً بالإقليم التبريدي المتأثر بالتلطيف الحراري للحدائق، وحتى انتهاء نفوذ الإقليم التبريدي للحدائق والدخول

في نفوذ تأثير تبريدي جديد. ويتبين من الشكل أن الحدائق تشكل إقليمًا تبريديًا حولها خلال كل الفصول. ومن ثم فإن تشكل هذه الأقاليم التبريدية يعني أن تلطيف درجة الحرارة لا يقتصر على مواضع الحدائق فقط، بل يمتد حولها لمسافة حتى يظهر نفوذ تبريدي لمتغير بيئي جديد، مثل المسطحات المائية المتمثلة في حالة مدينة الكويت وضواحيها في خليج الكويت والخليج العربي. ويظهر من الشكل أن الأقاليم التبريدية تمتد في المتوسط من أسوار الحدائق وحتى مسافة ٣٣٠ مترًا في فصول الشتاء والربيع والصيف. ويتسع الإقليم التبريدي للحدائق خلال فصل الخريف إلى ٣٩٠ مترًا. وهو ما يؤكد على عدم وجود اختلافات جوهرية في اتساع نفوذ الأقاليم التبريدية للحدائق لأسباب فصلية، فيما عدا فصل الخريف. وقد يعود اتساع الإقليم التبريدي خلال الخريف إلى نشاط عملية النقل الأفقي للحرارة Advection بفعل الرياح خلال هذا الفصل.



شكل (١٣) التباين الفصلي للإقليم التبريدي حول الحدائق في مدينة الكويت وضواحيها خلال عام ٢٠٢٢

يظهر من الشكل أيضًا أن الفارق الحراري بين الحدائق ونقطة نهاية نفوذ الإقليم التبريدي يبلغ ٠,٥°س، ١,٩°س، ٣,١°س، ١,٥°س خلال الفصول الأربعة على الترتيب. وهو ما يقدم دليلًا إضافيًا على أن أداء الحدائق في تبريد هواء المدينة ومواجهة جزيرتها الحرارية يبلغ أقصاه خلال الفصل الحار، وهو ما يجعلها خيارًا فعالًا في خفض المستويات الحرارية بالمدينة. ليس هذا فحسب، بل أن قدرتها



المنخفضة على التبريد خلال الفصل البارد تجعلها بالتبعية أسلوباً متكاملًا لمواجهة الحرارة المرتفعة خلال الشهور الحارة، دون أن تسبب تأثيراً عكسياً خلال الشهور الباردة.

ومن الملاحظات الجديرة بالذكر التي يوضحها شكل (١٣) أنه مع زيادة المسافة بُعداً عن حدود الحدائق والمنتزهات، تظهر درجة حرارة المحيط الحضري اتجاهاً متزايداً بشكلٍ مستمر. ويشير هذا إلى أن الحدائق والمنتزهات لها تأثير تبريدي على البيئات الحضرية المجاورة لها بدرجة أكبر من المناطق البعيدة. لذا فقد تم تقسيم الإقليم التبريدي حول الحدائق إلى نطاقين فرعيين. الأول هو "نطاق تبريدي قوي" يضم المناطق الملاصقة للحدائق باتساع ٣٠ متراً، والآخر هو "نطاق تبريدي أقل" قوة يشتمل على المناطق التالية للنطاق السابق وحتى اتساع ٣٣٠ متراً في فصول الشتاء والربيع والصيف، واتساع ٣٩٠ متراً في فصل الخريف. ويمثل الإقليم التبريدي القوي وحده ٤٠٪، ٥٢,٦٪، ٥٤,٨٪، ٥٣,٣٪ من إجمالي التلطيف الحراري داخل الإقليم التبريدي، رغم أنه لا يمثل أكثر من ٩٪ من اتساع الإقليم التبريدي في فصول الشتاء والربيع والصيف، ونحو ٧,٧٪ خلال فصل الخريف. ومن ثم فإن التأثير الملطف للحرارة بفعل الحدائق يتركز في المناطق الحضرية المتاخمة لها تماماً، ثم يتناقص بالبعد عنها بمعدلات متسارعة أكثر من كونها معدلات منتظمة.

وفقاً للنتائج السابقة، يمكن تحديد متوسط كفاءة التبريد بواسطة الحدائق الحضرية في مدينة الكويت وضواحيها اعتماداً على العلاقة بين مساحة الحدائق ومساحة الإقليم التبريدي المحيط بها. يشير جدول (٤) أن مساحة الحدائق تتراوح بين ٩٨٠,٣-١٨٥١٥٠,١ متراً مربعاً، بإجمالي ٩٤٦٨١٨,٨ متراً مربعاً، ومتوسط ٦٣١٢١,٣ متراً مربعاً للحدائق الواحدة. كما يُظهر شكل (١٣) أن متوسط اتساع الإقليم التبريدي للحدائق يبلغ ٣٣٠ متراً في فصول الشتاء والربيع والصيف، ويبلغ ٣٩٠ متراً في الخريف. أي أن متوسط مساحة الإقليم التبريدي يبلغ ٨٥٥٢٩,٩ متراً مربعاً في فصول الشتاء والربيع والصيف، ويبلغ ١١٩٤٥٩,١ متراً مربعاً. ومن ثم فإن كفاءة التبريد وفقاً للعلاقة بين متوسط مساحة الإقليم التبريدي ومتوسط مساحة الحدائق تصل إلى ١٣٥,٥٪ في الشتاء والربيع والصيف، تزيد إلى ١٨٩,٣٪ في الخريف. أي أن الحدائق الحضرية في مدينة الكويت وضواحيها تقوم بتلطيف منطقة عمرانية حولها تكافئ نحو ١,٣-١,٩ ضعف المساحة الأصلية للحدائق. وباعتبار أن متوسط مساحة الحدائق يبلغ ٦٣١٢١,٣ متراً مربعاً، فإن القطر الداخلي لها يساوي ٢٨٣,٤ متراً. ومن ثم فإن متوسط كفاءة تبريد الحدائق الحضرية في مدينة الكويت وضواحيها اعتماداً على عنصر المسافة يبلغ ١١٦,٤٪ في فصول الشتاء والربيع والصيف، وترتفع كفاءة التبريد إلى ١٣٧,٦٪ في فصل الخريف.

تتفق النتائج السابقة المرتبطة بكفاءة تطهير الحدائق الحضرية مع نتائج سابقة أكدت على أن تبريد الحدائق لا يؤثر فقط في البيئة الحرارية الموضوعية للحديقة فقط، وإنما يمتد أيضا خارج حدود المساحة الخضراء (Shashua-Bar & Hoffman, 2000) بما يحسن الراحة الحرارية للسكان. ففي الدراسة التي أجراها (Doick et al., 2014) امتدت مسافة التبريد إلى ٤٤٠ متراً خارج حدود المساحة الخضراء، بمتوسط ١٢٥ متراً. كما تناقصت شدة التبريد مع بالمسافة بعدا عن المساحة الخضراء بنسبة ١,٤٪ لكل متر. وبين (Chang et al., 2007) أن حجم التبريد والمسافة التي يمتد خلالها يعتمد على حجم المساحة الخضراء في الغالب. وكشفت دراسات أخرى أن متوسط التبريد النهاري في الحدائق الصغيرة التي تبلغ مساحتها ٢-٥٣ هكتاراً يتراوح ما بين ١,٢-٢,٤°س، ويبلغ تأثير التبريد حوالي ٢-٤ أضعاف عرضها (Spronken-Smith & Oke, 1998). وفي دراسة أخرى (Algretawee, 2022) وجد أن متوسط التبريد في الحدائق الحضرية الكبيرة بلغ ٣,٢٨°س، ومتوسط مسافة التبريد ٢٥٠٠ م، وهو ما يعادل عرض الحديقة. كما أشار (Aram et al., 2019) إلى أن الحدائق والمنتزهات الحضرية الكبيرة التي تزيد مساحتها عن ١٠ هكتارات يمكن أن يكون لها تأثير تبريدي يتراوح ما بين ١-٢°س على المناطق المحيطة التي تبعد في المتوسط ٣٥٠ متراً. وبشكل عام، فإن انخفاض درجة حرارة الهواء في الحدائق الحضرية عادة ما يصل إلى ٠.٥-٤°س، وقد تسبب انخفاضاً يصل إلى ٥-٧°س (Yan et al., 2018). وعلي الرغم من تأثير التبريد للحدائق الحضرية في محيطها، فإن هذه النتيجة لا تعتمد فقط على خصائص المساحات الخضراء (Aflaki et al., 2017)، حيث يؤثر أيضاً الشكل المورفولوجي للمنطقة المحيطة بالحدائق، ومعامل رؤية أو التعرض للسماء Sky view factor، وكثافة المباني، والاستخدامات الحضرية (Lin & Tsai, 2017; Yan et al., 2018). ومن الواضح أن انخفاض الكثافة النباتية في حدائق ومنتزهات مدينة الكويت وضواحيها قد حد من زيادة كفاءتها التبريدية عما لو كانت تتسم بغطاء نباتي أكثر كثافة. ويظهر ذلك جلياً من جدول (٤)، إذ لا يزيد المتوسط السنوي لمؤشر التباين النباتي النسبي NDVI في أكثر الحدائق من حيث الكثافة النباتية عن ٠,٢١ في حديقة الشهيد ١، ٠,٢٠ في حديقة الصداقة والسلام وحديقة التحالف. ومن ثم فإن الاهتمام بالغطاء الشجري للحدائق وزيادة كثافته والعناية المستمرة به أحد التوصيات الرئيسية لهذه الدراسة من أجل العمل على اتساع الإقليم التبريدي للحدائق وزيادة كفاءته التبريدية.

ولا يجب أن يغيب في ظل السياق السابق أن هناك تباينات مكانية جديرة بالبيان من حديقة لأخرى وفقاً لخصائص الحدائق وظروفها الموضوعية، وفي مقدمتها مساحة الحديقة وكثافة النباتات وحالتها.

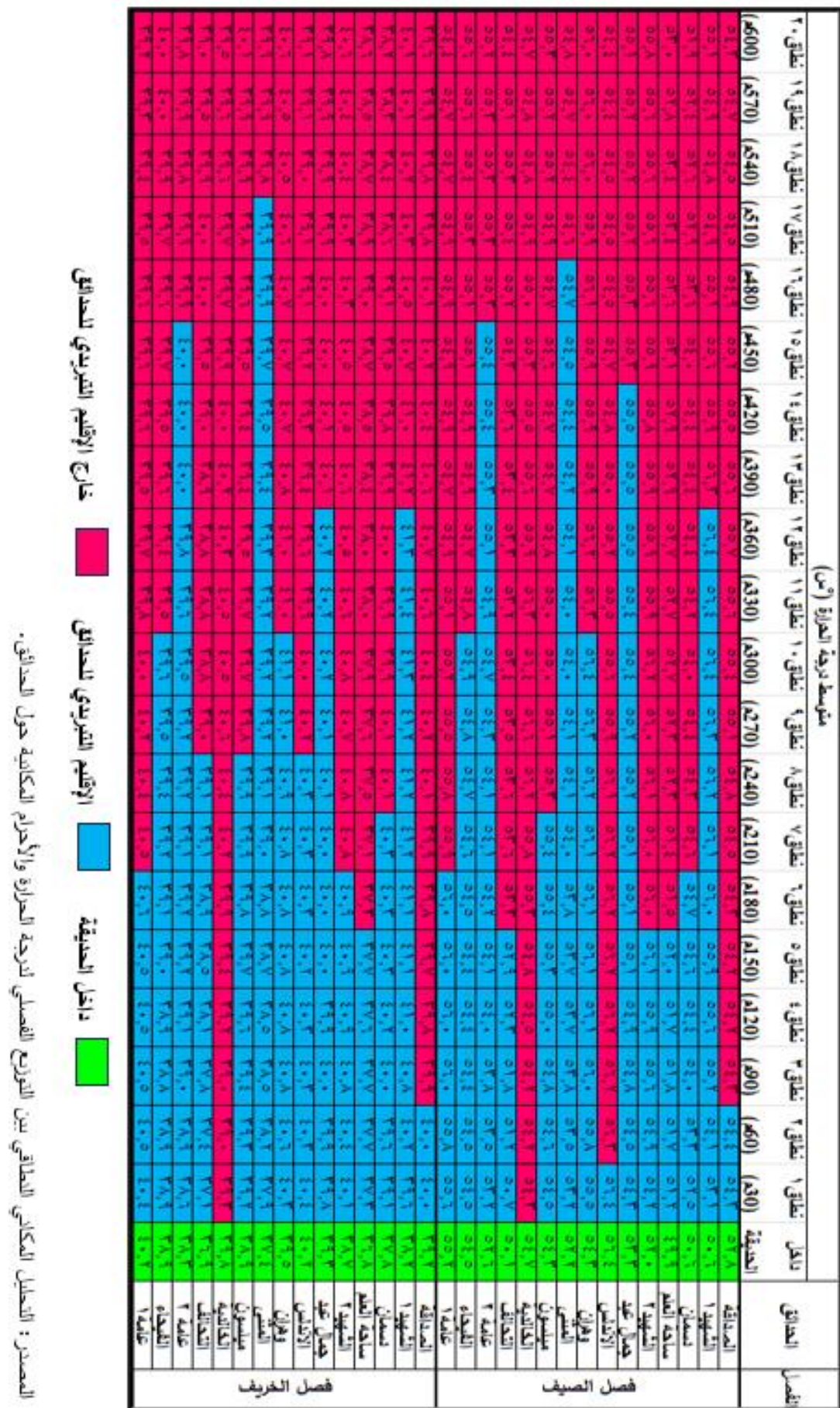
ويبين ذلك شكل (١٤-أ) و(١٤-ب)، والذي يمكن من خلاله التعرف على الامتداد المكاني لأقاليم التبريد حول الحدائق داخل مدينة الكويت وضواحيها خلال الفصول الأربعة عام ٢٠٢٢.

مما يلفت الانتباه بشدة في شكل (١٤) الامتداد المحدود للغاية للإقليم التبريدي لحديقة "الصدافة والسلام". فرغم أنها أكبر الحدائق (مساحة إجمالية ١٨٥١٥٠,١ متراً مربعاً) وتشكل وحدها نحو خُمس (١٩,٦٪) مساحة الحدائق في مدينة الكويت وضواحيها، ورغم أنها ثاني أكثف الحدائق من حيث الغطاء النباتي (مؤشر التباين النباتي النسبي ٠,٢٠) بعد حديقة الشهيد ١ (مؤشر التباين النباتي النسبي ٠,٢١)، إلا أن إقليمها التبريدي محدود للغاية، حيث لم يتعد اتساعه ٣٠ متراً في الشتاء، و ٦٠ متراً في بقية الفصول. ولا يعبر ذلك عن انخفاض دور الحديقة في التبريد بقدر ما يعبر عن سوء اختيار موقعها وعدم ملائمتها للقيام بأداء وظيفتها المناخية على الوجه الأمثل. فموقع هذه الحديقة الرئيسية المجاور لخليج الكويت على مسافة لا تزيد عن ٥٠٠ متراً جعل المناطق العمرانية المحيطة بالحديقة واقعة داخل نفوذ تبريدي أقوى بفعل مياه الخليج، مما أضعف من الامتداد المكاني للتبريد بفعل الغطاء الأخضر في حديقة الصدافة والسلام، وجعلها غير ذات قيمة مناخية في هذا الموقع الساحلي.

ويرتبط بما سبق شكلاً آخر من أشكال التخطيط الحضري غير الرشيد لتوزيع الحدائق على الرقعة العمرانية لمدينة الكويت وضواحيها. من الواضح تركز توزيع الحدائق ذات المساحة الكبيرة والغطاء النباتي الأكثر كثافة في المناطق العمرانية المجاورة للمسطحات المائية في شمالي وشرقي وشمالي شرق مدينة الكويت وضواحيها، شكل (٣) وجدول (٤). وهي مناطق لا تمثل خيارات نموذجية لإنشاء الحدائق كبيرة المساحة باعتبار أن المناطق الساحلية أو الأقل قارية لا تحتاج إلى التلطيف الحراري بفعل الحدائق. في المقابل فقد تم إنشاء الحدائق صغيرة المساحة في المناطق الجنوبية، رغم أنها الأكثر بعداً عن المؤثرات البحرية القادمة من الخليج العربي وخليج الكويت، ومن ثم فهي أكثر احتياجاً للحدائق كبيرة المساحة كثيفة الغطاء النباتي. ويصل عدم التوازن في التخطيط الحضري ذروته في انعدام وجود حدائق في القسم الغربي من المدينة وضواحيها، وهو ما جعلها أكثر حرارة بشكل واضح من القسم الشرقي، كما يبين شكل (٦). ومن ثم توصي الدراسة بوضع معايير على أساسها يمكن تحديد أولويات إنشاء الحدائق والمتنزهات الحضرية، وفي مقدمتها أن تعطى الأولوية الأولى للمناطق التي تفتقد مقومات التلطيف الحراري، خاصة تلك التي تتسم بالبعد عن المسطحات المائية. ولا شك أن اتباع هذه المعايير التخطيطية وتبنيها عند إنشاء الحدائق وإدخالها حيز التنفيذ في الواقع لا يقل أهمية عن صياغة هذه المعايير كشرط قياسية لتخطيط الحدائق الحضرية.



شكل (١٤-ب) الإقليم التبريدي للحدائق في مدينة الكويت وضواحيها خلال فصل الصيف والخريف عام ٢٠٢٢



تتمتع حديقة "الشهيد ١" بإقليم تبريدي ممتد، حيث يصل اتساعه أقصاه في فصل الشتاء بامتداد ٣٩٠ متراً، يقل قليلاً إلى ٣٦٠ متراً في بقية الفصول، شكل (٤). وهي بذلك تشكل واحد من أكبر أقاليم التبريد، بما يتسق مع كونها ثاني أكبر الحدائق مساحة بعد حديقة "الصدّاقة والسلام"، إضافة إلى كونها صاحبة أغني وأكثف محتوى أخضر بين الحدائق، بمتوسط مؤشر تباين نباتي نسبي هو الأعلى (٠.٢١)، جدول (٤). وقد ظهرت حديقة "المثني" باعتبارها صاحبة أكبر إقليم تبريدي، حيث وصل امتداد إلى ٥٧٠ متراً في الشتاء، ٥١٠ متراً في الخريف، ٤٨٠ متراً في الربيع والصيف. ولم يتفوق على حديقة "المثني" سوى الحديقة "العامة ٢" خلال فصل الربيع، حيث وصل اتساع إقليمها التبريدي إلى ٦٠٠ متراً. هذا رغم أنها ثالث أصغر الحدائق مساحة بنحو ١٧٠٩٠٠٠ متراً فقط، وتنخفض كثافة غطاءها النباتي إلى ٠.١٧ وفقاً لمؤشر التباين النباتي النسبي، جدول (٤).

على الجانب الآخر يظهر شكل (١٤) أن حديقة "الخالدية" أعلى حرارة من البيئة الحضرية المحيطة بها في كل الفصول، وهو ما جعلها لا تشكل أي إقليم تبريدي حولها. وهو أمر لا يبدو ناجماً عن متغيرات مناخية لظهوره في كل الفصول دون استثناء. ومن ثم فإن أسباب عدم تشكل الإقليم التبريدي للحديقة غالباً ما يعود لمتغيرات مكانية مرتبطة بالظروف الموضعية للحديقة أو ظروف الكتلة المبنية وشبكة الشوارع حول الحديقة. ومن هذه العوامل صغر مساحة الحديقة، حيث تقع في فئة الحدائق صغيرة المساحة كخامس أصغر الحدائق في منطقة الدراسة بمساحة لا تزيد عن ١٦٧٦٩,٥ متراً مربعاً، أو ١,٨٪ فقط من جملة مساحة الحدائق. أضف إلى ذلك أنها صاحبة أقل كثافة نباتية بمؤشر تباين نباتي نسبي يبلغ ٠,١٢، كما يوضح جدول (٤). لذا، فهي ثالث أعلى الحدائق في المتوسط السنوي لدرجة الحرارة (٣٩,٧°س) بعد حديقة الأندلس (٤٠,٥°س) وحديقة "العامة ١" (٤٠,١°س)، جدول (٤). وتتشابه حديقة "الأندلس" مع حديقة "الخالدية" في عدم ظهور إقليم تبريدي خلال فصلي الشتاء والخريف، بينما يظهر إقليم تبريدي محدود جداً للحديقة خلال فصل "الصيف" باتساع ٣٠ متراً فقط، ويتسع الإقليم التبريدي لها خلال الربيع إلى ٢١٠ متراً.

بناء على ما سبق، يمكن التأكيد على أن اتساع الإقليم التبريدي للحدائق وامتداده مكانياً لا يرتبط فقط بخصائص الحدائق الحضرية من حيث المساحة والكثافة النباتية، ولكن يتأثر أيضاً بموقعها من عوامل التبريد الحراري الأخرى كالمسطحات المائية، وظروف البيئة العمرانية حولها واستخدامات الأرض فيها، والخصائص الهندسية للكتلة المبنية وشبكة الشوارع كارتفاعات المباني واتجاهات الشوارع واتساعها. كما يساهم موقع الحديقة ومدى قربها من أو بعدها عن الحدائق الأخرى في تحديد إقليمها التبريدي

وفعاليتها، بجانب الظروف المناخية السائدة، مثل سرعة الرياح واتجاهاتها. ومن ثم فإن تحديد الإقليم التبريدي لكل حديقة هو أمراً مركباً بحكم تشكله بفعل مجموعة متشابكة من العوامل والظروف المكانية. وهي اعتبارات مهمة يجب أن تؤخذ جميعاً في الحسبان عند تخطيط الحدائق الحضرية، خاصة ما يتعلق باختيار مواقعها المثلى وكيف ينخفض التأثير التبريدي لها تدريجياً حتى يختفي عند الوصول إلى نقطة حرجة Critical Threshold. وقد أشارت دراسات سابقة (Chang et al., 2007; Cheng et al., 2015; Feng et al., 2017; Yu et al., 2023) إلى ذلك، حيث ظهرت العلاقة بين مؤشرات التبريد المختلفة (شدة الجزيرة الباردة Cold Island intensity، ومؤشر مسافة التبريد الأقصى Maximum cooling distance، ومؤشر مساحة التبريد الأقصى Maximum cooling area) وبين كفاءة التبريد في شكل غير خطي وغير دال إحصائياً. لذلك فإن تقييم كفاءة التبريد وتحديد العوامل المؤثرة فيه يجب أن يتم بشكل شامل يأخذ في الاعتبار كل المحددات الممكنة (Fan et al., 2019).

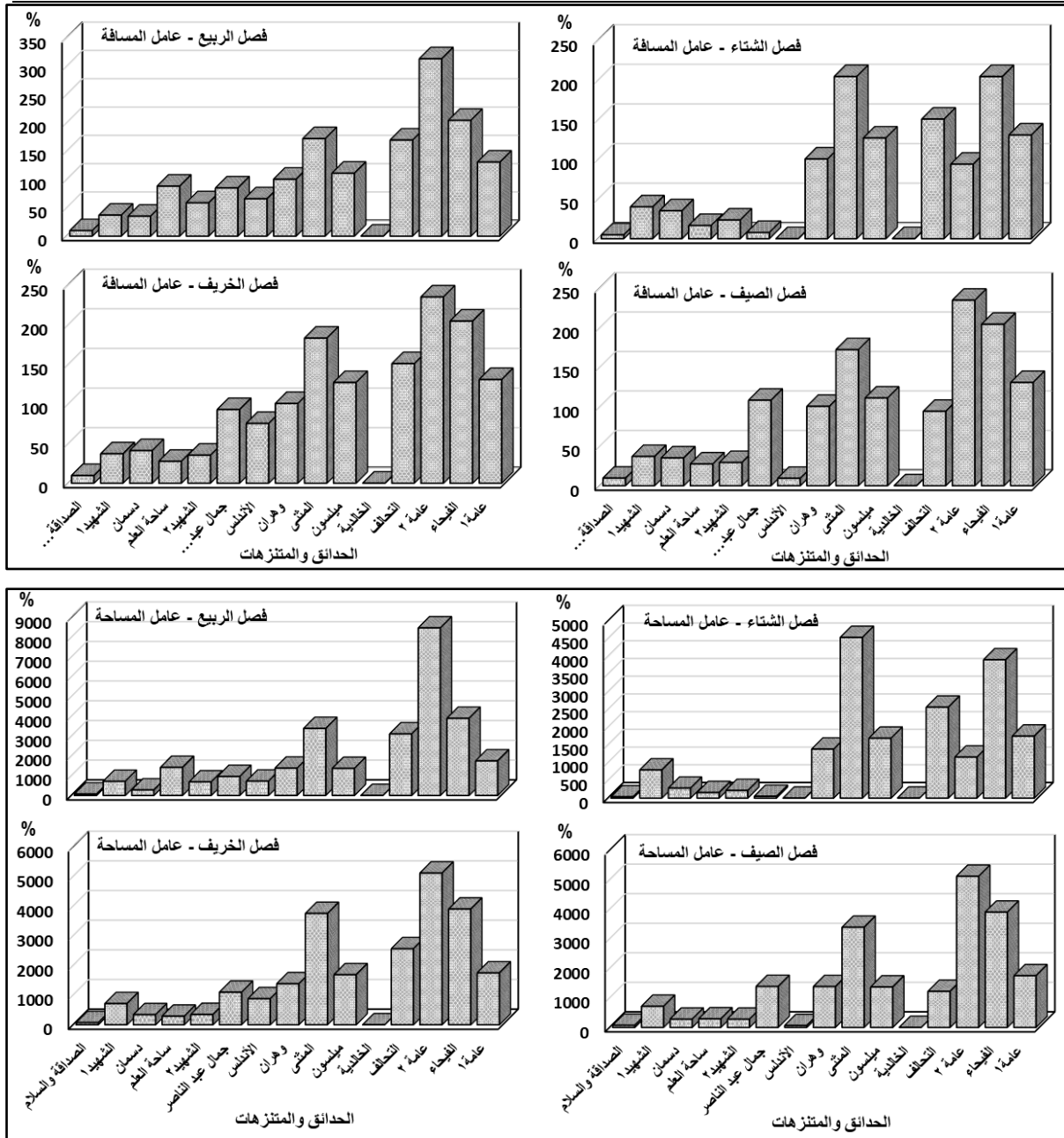
يوضح جدول (٦) وشكل (١٥) التباين الفصلي لكفاءة التبريد (%) بفعل الحدائق في مدينة الكويت وضواحيها خلال عام ٢٠٢٢. وقد تم حساب كفاءة التبريد لكل حديقة اعتماداً على معياري المسافة والمساحة. فعلى أساس معيار المسافة، تكون كفاءة التبريد للحديقة هي النسبة المئوية لاتساع الإقليم التبريدي حول الحديقة منسوباً إلى أقصى اتساع (قطر) للحديقة. والشيء نفسه بالنسبة لمعيار المساحة، حيث يُنسب امتداد أو مساحة الإقليم التبريدي حول الحديقة إلى مساحة الحديقة نفسها. يظهر من الشكل جلياً عدم وجود تباينات فصلية قوية في كفاءة التبريد بفعل الحدائق الحضرية. وقد برزت النتيجة نفسها عند دراسة اتساع وامتداد الإقليم التبريدي للحدائق، مما يشير بقوة إلى أن المتغيرات المناخية ليس لها دوراً رئيسياً في تحديد الإقليم التبريدي للحدائق أو تغيير فعاليتها على مدار العام. ومن ثم فإن ذلك يخضع لثوابت مكانية ترتبط بمواقع الحدائق وخصائصها الموضعية وسمات البيئة العمرانية حولها. ونظراً لما أبرزته الدراسة من أن اتساع وامتداد الإقليم التبريدي وكفاءة التبريد لا يرتبط فقط بخصائص الحدائق، ولكنه عملية مركبة ومتشابكة، يحاول العمل تقديم فهماً مكتملاً وتفسيراً شاملاً لصورة التباين المكاني لكفاءة التبريد بفعل الحدائق الحضرية من خلال بناء نموذج إحصائي يأخذ في الاعتبار أكبر قدر ممكن من العوامل المفسرة لكفاءة التبريد. وقد اعتمد النموذج الإحصائي لتحليل الانحدار المتعدد Multiple Regression على تفسير المتغير التابع Dependents المتمثل في كفاءة التبريد (%) المشتقة من معياري اتساع (المسافة) وامتداد (المساحة) الإقليم التبريدي، بناءً على ١٤ متغيراً مستقلاً Independents تم تقسيمهم إلى خمس مجموعات فرعية، وهي:

جدول (٦) التباين الفصلي لكفاءة التبريد (%) بفعل الحدائق في مدينة الكويت وضواحيها خلال ٢٠٢٢

الفصول	الحدائق	قطر الحديقة (م)	مساحة الحديقة (ألف م <sup>٢</sup> )	اتساع الإقليم التبريدي (م)	مساحة الإقليم التبريدي (ألف م <sup>٢</sup> )	كفاءة التبريد للمسافة (%)	كفاءة التبريد للمساحة (%)
الشتاء	الصدقا والسلم	٦٢٠.٢	١٨٥.٢	٣٠	٦٧.٤	٤.٨	٣٦.٤
	الشهيد ١	٩٧٠.٤	١٦٦.٦	٣٩٠	١٣٢٤.٤	٤٠.٢	٧٩٥
	دسمان	٥١٠.٥	١٣٣.٧	١٨٠	٣٧٥.١	٣٥.٣	٢٨٠.٥
	ساحة العلم	٥٤٣.٥	٩٦	٩٠	١٥١.٢	١٦.٦	١٥٧.٤
	الشهيد ٢	٥٠٩.٣	٩٤.٢	١٢٠	٢٠٣.٣	٢٣.٦	٢١٥.٧
	جمال عبد الناصر	٣٨٧.٥	٧٤.١	٣٠	٣٧.٣	٧.٧	٥٠.٣
	الأندلس	٣١٨.٢	٤٤	٠	٠	٠	٠
	وهزان	٢٩٨.٣	٣٧.٨	٣٠٠	٥٢٢.٤	١٠٠.٦	١٣٨٢.٩
	المتى	٢٧٨.٦	٣١.٨	٥٧٠	١٤٣٩.٩	٢٠.٤.٦	٤٥٣٤.٢
	ميلسون	١٨٩	١٨.٤	٢٤٠	٣١٠.١	١٢٧	١٦٨٩.٧
	الخالدية	١٩٨.٩	١٦.٨	٠	٠	٠	٠
	التحالف	١٥٩.١	١١.١	٢٤٠	٢٨٤	١٥٠.٨	٢٥٦٥.٥
	عامه ٢	١٩١.٥	١٧.١	١٨٠	١٩٧.٦	٩٤	١١٥٦.٣
	الفيحاء	١٤٦.٧	١٠.٤	٣٠٠	٤٠.٤	٢٠.٤.٥	٣٩٠٢.٩
ربيع	عامه ١	١٣٧.٦	٩.٨	١٨٠	١٧١.٦	١٣٠.٨	١٧٥٠.٩
	الصدقا والسلم	٦٢٠.٢	١٨٥.٢	٦٠	١٣٥.٦	٩.٧	٧٣.٣
	الشهيد ١	٩٧٠.٤	١٦٦.٦	٣٦٠	١١٩٠.٩	٣٧.١	٧١٤.٩
	دسمان	٥١٠.٥	١٣٣.٧	١٨٠	٣٧٥.١	٣٥.٣	٢٨٠.٥
	ساحة العلم	٥٤٣.٥	٩٦	٤٨٠	١٣٦٥.٢	٨٨.٣	١٤٢١.٤
	الشهيد ٢	٥٠٩.٣	٩٤.٢	٣٠٠	٦٤٤.٩	٥٨.٩	٦٨٤.٤
	جمال عبد الناصر	٣٨٧.٥	٧٤.١	٣٣٠	٧١٤.٥	٨٥.٢	٩٦٣.٧
	الأندلس	٣١٨.٢	٤٤	٢١٠	٣١٨.٦	٦٦	٧٢٤.٨
	وهزان	٢٩٨.٣	٣٧.٨	٣٠٠	٥٢٢.٤	١٠٠.٦	١٣٨٢.٩
	المتى	٢٧٨.٦	٣١.٨	٤٨٠	١٠٧٦.٩	١٧٢.٣	٣٣٩١.٢
	ميلسون	١٨٩	١٨.٤	٢١٠	٢٥١.٦	١١١.١	١٣٧٠.٨
	الخالدية	١٩٨.٩	١٦.٨	٠	٠	٠	٠
	التحالف	١٥٩.١	١١.١	٢٧٠	٣٤٤.٩	١٦٩.٧	٣١١٥.٨
	عامه ٢	١٩١.٥	١٧.١	٦٠٠	١٤٤٨.٦	٣١٣.٣	٨٤٧٦.٢
الفيحاء	١٤٦.٧	١٠.٤	٣٠٠	٤٠.٤	٢٠.٤.٥	٣٩٠٢.٩	
عامه ١	١٣٧.٦	٩.٨	١٨٠	١٧١.٦	١٣٠.٨	١٧٥٠.٩	



٧٣.٣	٩.٧	١٣٥.٦	٦٠	١٨٥.٢	٦٢٠.٢	الصدقاة والسلام	الصفيف
٧١٤.٩	٣٧.١	١١٩٠.٩	٣٦٠	١٦٦.٦	٩٧٠.٤	الشهيد ١	
٢٨٠.٥	٣٥.٣	٣٧٥.١	١٨٠	١٣٣.٧	٥١٠.٥	دسمان	
٢٨٩.٥	٢٧.٦	٢٧٨.١	١٥٠	٩٦	٥٤٣.٥	ساحة العلم	
٢٧٩.٥	٢٩.٥	٢٦٣.٣	١٥٠	٩٤.٢	٥٠٩.٣	الشهيد ٢	
١٣٨٥.٩	١٠٨.٤	١٠٢٧.٥	٤٢٠	٧٤.١	٣٨٧.٥	جمال عبد الناصر	
٦٤.٩	٩.٤	٢٨.٥	٣٠	٤٤	٣١٨.٢	الأندلس	
١٣٨٢.٩	١٠٠.٦	٥٢٢.٤	٣٠٠	٣٧.٨	٢٩٨.٣	وهزان	
٣٣٩١.٢	١٧٢.٣	١٠٧٦.٩	٤٨٠	٣١.٨	٢٧٨.٦	المتى	
١٣٧٠.٨	١١١.١	٢٥١.٦	٢١٠	١٨.٤	١٨٩	ميلسون	
٠	٠	٠	٠	١٦.٨	١٩٨.٩	الخالدية	
١٢٢٠.٧	٩٤.٣	١٣٥.١	١٥٠	١١.١	١٥٩.١	التحالف	
٥١١٨.١	٢٣٥	٨٧٤.٧	٤٥٠	١٧.١	١٩١.٥	عامه ٢	
٣٩٠٢.٩	٢٠٤.٥	٤٠٤	٣٠٠	١٠.٤	١٤٦.٧	الفيحاء	
١٧٥٠.٩	١٣٠.٨	١٧١.٦	١٨٠	٩.٨	١٣٧.٦	عامه ١	
٧٣.٣	٩.٧	١٣٥.٦	٦٠	١٨٥.٢	٦٢٠.٢	الصدقاة والسلام	الغريف
٧١٤.٩	٣٧.١	١١٩٠.٩	٣٦٠	١٦٦.٦	٩٧٠.٤	الشهيد ١	
٣٤١.٤	٤١.١	٤٥٦.٦	٢١٠	١٣٣.٧	٥١٠.٥	دسمان	
٢٨٩.٥	٢٧.٦	٢٧٨.١	١٥٠	٩٦	٥٤٣.٥	ساحة العلم	
٣٤٨.٧	٣٥.٣	٣٢٨.٥	١٨٠	٩٤.٢	٥٠٩.٣	الشهيد ٢	
١٠٩٦.٩	٩٢.٩	٨١٣.٢	٣٦٠	٧٤.١	٣٨٧.٥	جمال عبد الناصر	
٨٧٩.٨	٧٥.٤	٣٨٦.٧	٢٤٠	٤٤	٣١٨.٢	الأندلس	
١٣٨٢.٩	١٠٠.٦	٥٢٢.٤	٣٠٠	٣٧.٨	٢٩٨.٣	وهزان	
٣٧٥٤.٤	١٨٣.١	١١٩٢.٣	٥١٠	٣١.٨	٢٧٨.٦	المتى	
١٦٨٩.٧	١٢٧	٣١٠.١	٢٤٠	١٨.٤	١٨٩	ميلسون	
٠	٠	٠	٠	١٦.٨	١٩٨.٩	الخالدية	
٢٥٦٥.٥	١٥٠.٨	٢٨٤	٢٤٠	١١.١	١٥٩.١	التحالف	
٥١١٨.١	٢٣٥	٨٧٤.٧	٤٥٠	١٧.١	١٩١.٥	عامه ٢	
٣٩٠٢.٩	٢٠٤.٥	٤٠٤	٣٠٠	١٠.٤	١٤٦.٧	الفيحاء	
١٧٥٠.٩	١٣٠.٨	١٧١.٦	١٨٠	٩.٨	١٣٧.٦	عامه ١	



شكل (١٥) التباين الفصلي لكفاءة التبريد (%) بفعل الحدائق اعتمادا على معياري المسافة والمساحة في مدينة

الكويت وضواحيها خلال عام ٢٠٢٢

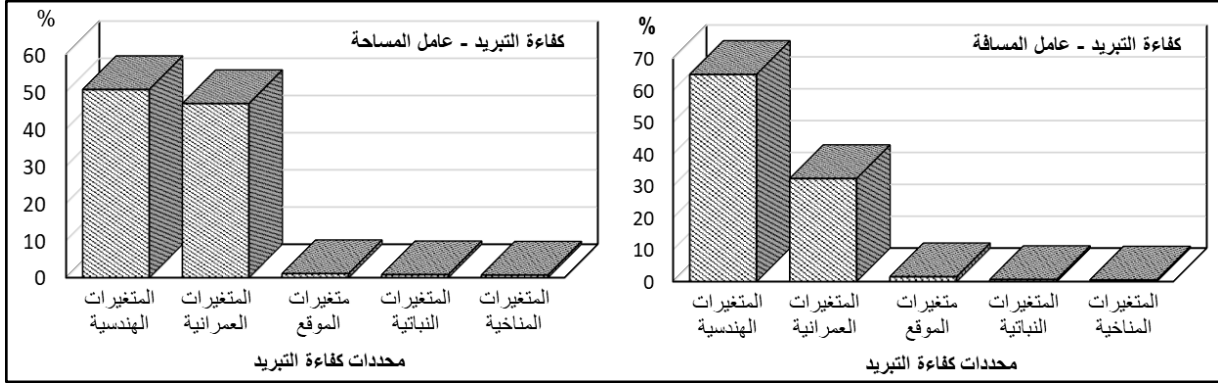
يظهر من الشكل جليا عدم وجود تباينات فصلية قوية في كفاءة التبريد بفعل الحدائق الحضرية في مدينة الكويت وضواحيها. وقد برزت النتيجة نفسها عند دراسة اتساع وامتداد الإقليم التبريدي للحدائق، مما يشير بقوة إلى أن المتغيرات المناخية ليس لها دورا رئيسيا في تحديد الإقليم التبريدي للحدائق أو تغير فاعليتها على مدار العام. ومن ثم فإن ذلك يخضع لثوابت مكانية ترتبط بمواقع الحدائق وخصائصها الموضعية وسمات البيئة العمرانية حولها. ونظرا لما أبرزته الدراسة من أن اتساع وامتداد الإقليم التبريدي وكفاءة التبريد لا يرتبط فقط بخصائص الحدائق، ولكنه عملية مركبة ومتشابكة، يحاول العمل تقديم فهما

مكتملا وتفسيرا شاملا لصورة التباين المكاني لكفاءة التبريد بفعل الحدائق الحضرية من خلال بناء نموذج إحصائي يأخذ في الاعتبار أكبر قدر ممكن من العوامل المفسرة لكفاءة التبريد. وقد اعتمد النموذج الإحصائي لتحليل الانحدار المتعدد Multiple Regression على تفسير المتغير التابع Dependents المتمثل في كفاء التبريد (%). المشتقة من معياري اتساع (المسافة) وامتداد (المساحة) الإقليم التبريدي، بناء على ١٤ متغيرا مستقلا Independents تم تقسيمهم إلى خمس مجموعات فرعية، وهي:

- المتغيرات الهندسية للحدائق: وتشمل مساحة الحديقة، طول محيطها، وطول أكبر قطر.
- المتغيرات النباتية: وتضم كثافة الغطاء الأخضر (مؤشر NDVI).
- المتغيرات المناخية: وتتمثل في متوسط درجة الحرارة، سرعة الرياح، العمق التبريدي للحديقة أو قوة الجزيرة الباردة للحدائق PCI.
- المتغيرات العمرانية حول الحدائق: وتضم مساحة الكتلة المبنية، مساحة شبكة الطرق، مساحة المناطق الفضاء، مساحة الغطاء الأخضر، مساحة المسطحات المائية.
- المتغيرات المرتبطة بالموقع: وتشمل القارية والبحرية (البعد عن خليج الكويت والخليج العربي) والبعد عن أقرب حديقة.

أكدت نتائج نموذج الانحدار المتعدد على أن العوامل المشار إليها سابقا هي محددات رئيسية لكفاءة التبريد بفعل الحدائق الحضرية في مدينة الكويت وضواحيها، ووصل معامل الارتباط المتعدد Multiple R بين كفاءة التبريد والعوامل المؤثرة إلى ٠,٩٧، في حالة كفاء التبريد المعتمدة على المسافة، وإلى ٠,٩٦ في حالة كفاء التبريد المعتمدة على المساحة. ويعد ارتباط قوي جدًا في الحالتين يكاد يصل إلى درجة الارتباط التام، حيث وصل معامل التحديد المعدل Adjusted R<sup>2</sup> إلى ٠,٩٤ و ٠,٩٢ في الحالتين على الترتيب. ويشير ذلك إلى أن العوامل السابقة تحدد كفاءة التبريد للحدائق الحضرية في منطقة الدراسة بنسبة ٩٤% و ٩٢% على الترتيب. والنسبة الباقية (٦% و ٨% على الترتيب) تعود إلى عوامل أخرى لا يضمها النموذج. وتشير المؤشرات الإحصائية التشخيصية Statistical Diagnosis إلى أن هذه النتائج دالة إحصائيا عند مستوى معنوية  $p\text{-value} < 0.01$ ، أي أن مستوى الثقة في هذه النتائج يزيد عن ٩٩%. وقد أظهر تحليل الأهمية النسبية للعوامل المحددة لكفاءة التبريد بفعل الحدائق الحضرية أن الخصائص الهندسية للحدائق تحتل المرتبة الأولى، حيث تحدد وحدها ٦٥% من كفاء التبريد المعتمد على المسافة، ٥٠,٦% من كفاء التبريد المعتمد على المساحة. يأتي في المرتبة الثانية المتغيرات العمرانية للظهير بنسبة ٣٢,٣% و ٤٦,٨% على الترتيب. ومن ثم فإن كفاءة التبريد للحدائق الحضرية تتشكل في

معظمها (٩٧,٣% في حالة المسافة و٩٦,٨% في حالة المساحة) بفعل السمات الهندسية للحدائق وخصائص المنطقة العمرانية حول الحدائق. ولا تساهم العوامل المتبقية في تشكيل الإقليم التبريدي للحدائق وتحديد كفاءته إلا بنسبة صغيرة جداً، كما يوضح شكل (١٦).



شكل (١٦) الأهمية النسبية للعوامل المحددة لكفاءة التبريد (%) بفعل الحدائق اعتماداً على معياري المسافة والمساحة في مدينة الكويت وضواحيها خلال عام ٢٠٢٢

##### ٥. الاستنتاجات والتوصيات:

اعتمدت الدراسة على درجات حرارة سطح الأرض LST ومؤشر التباين النباتي النسبي NDVI المستخلصة من اثنتا عشرة مرئية من مرئيات القمر الصناعي Landsat8/9 على مدار شهور عام ٢٠٢٢، وذلك بهدف دراسة التباين الفصلي للعلاقة بين درجة الحرارة والغطاء الأخضر بوجه عام، والحدائق الحضرية على وجه الخصوص. وتحققت من الدراسة غايتها الرئيسية المتمثلة في تقييم الوظيفة المناخية للحدائق - كأحد العناصر الرئيسية في تخطيط المدن - والوقوف على مدى فاعليتها في مواجهة المستويات الحرارية المتزايد في مدينة الكويت وضواحيها. وقد أنجز ذلك بشكل رئيسي من خلال تحليل ثلاثة مقاييس كمية للتبريد المكاني وكفاءته بفعل الحدائق، وهي شدة الجزيرة الباردة للحدائق، مسافة ومساحة التبريد، وأخيراً كفاءة التبريد. وتمكنت الدراسة أخيراً من تحديد العوامل المحددة لقوة التبريد وامتداده وكفاءته. وقد تبين جلياً وجود العديد من أوجه التخطيط غير الرشيد المرتبط بالحدائق في المنطقة. لذا توصي الدراسة بمعالجة ما يمكن معالجته منها الآن، أو تجنبها مستقبلاً حال إقامة حدائق جديدة في مدينة الكويت أو غيرها. تمثل محدودية المساحات الخضراء بوجه عام (٧,١٩%)، والحدائق على وجه الخصوص (١٥ حديقة بنسبة ١,٢٧%) أحد أوجه القصور في تخطيط المساحات الخضراء. كما تبين أن انخفاض الكثافة النباتية في حدائق ومنتزهات مدينة الكويت وضواحيها قد حد من كفاءتها التبريدية عما لو كانت تتسم بغطاء نباتي أكثر كثافة. وظهر ذلك جلياً من أن المتوسط السنوي لمؤشر

التباين النباتي النسبي في أكثر الحدائق من حيث الكثافة النباتية لم يزد عن ٠,٢٠-٠,٢١ في حدائق الشهيد ١، الصداقة والسلام، والتحالف. ومن ثم فإن الاهتمام بالغطاء الشجري للحدائق وزيادة كثافته والعناية المستمرة به أحد التوصيات الرئيسية لهذه الدراسة من أجل العمل على اتساع الإقليم التبريدي للحدائق وزيادة كفاءته التبريدية. برز التركيب الداخلي للحدائق الضخمة كعائق رئيسي يمكن أن يحول دون قيامها بدور تبريدي قوي وفعال. فالحدائق الكبيرة تصمم بشكل يجعل الأسطح غير الخضراء تشغل نسبة كبيرة منها، مثل الممرات والمماش والمباني الخدمية التي تتكون من المواد الإسفلتية والأسمنتية والرخام بما لها من تأثير حراري قوي. ومن ثم فإن ذلك يؤكد على أهمية أخذ التصميم الداخلي للحدائق الحضرية في الاعتبار بحيث لا تشكل الوظيفة الترفيهية عاملاً عكسياً لوظيفتها البيئية والمناخية. تبين أيضاً أن عدم عدالة توزيع الحدائق على رقعة المدينة، حيث تتركز في النصف الشرقي من منطقة الدراسة، بينما تختفي تماماً من المنطقة الغربية. وقد انعكس ذلك على سيادة القيم القصوى لدرجات الحرارة في المنطقة الغربية (متوسط ٥٧,٣°س في الصيف)، بينما تتسم المنطقة الشرقية بدرجات حرارة أقل (متوسط ٥٤,٦°س في الصيف). أضف لذلك أن الحدائق ذات المساحة الكبيرة والغطاء النباتي الأكثر كثافة تتركز في المناطق العمرانية المجاورة للمساحات المائية، وهي مناطق لا تمثل خيارات نموذجية لإنشاء الحدائق الكبيرة المساحة باعتبار أن المناطق الساحلية لا تحتاج إلى التلطيف الحراري بفعل الحدائق. في المقابل فقد تم إنشاء الحدائق صغيرة المساحة في المناطق الجنوبية الأكثر بعداً عن المؤثرات البحرية، ومن ثم فهي أكثر احتياجاً للحدائق كبيرة المساحة كثيفة الغطاء النباتي. ومن ثم توصي الدراسة بوضع معايير على أساسها يمكن تحديد أولويات إنشاء الحدائق والمتزهات الحضرية، وفي مقدمتها أن تعطى الأولوية الأولى للمناطق التي تفتقد مقومات التلطيف الحراري، خاصةً تلك التي تتسم بالبعد عن المساحات المائية. ولا شك أن اتباع هذه المعايير التخطيطية وتبنيها عند إنشاء الحدائق وإدخالها حيز التنفيذ في الواقع لا يقل أهمية عن صياغة هذه المعايير كشروط قياسية لتخطيط الحدائق الحضرية.

## ٦. مصادر البيانات:

- إدارة الأرصاد الجوية الكويتية (٢٠٢٠) المعدلات القياسية لمتوسطات الشهرية لعناصر المناخ في محطة الكويت للرصد الجوي ١٩٩٠-٢٠٢٠.
- الهيئة العامة للمعلومات المدنية (٢٠٢٠) الإحصاء السكاني للكويت.

- برنامج جوجل إيرث (٢٠٢٣)، قائمة الحدائق والمتنزهات في مدينة الكويت.
- هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS (٢٠٢٢) اثنا عشر مرئية من مرئيات القمر الصناعي  
./https://earthexplorer.usgs.gov ،Landsat 8/9 OLI/TIRS

#### ٧. المراجع العربية:

- زينب عبد الله، عبد المطلب محمد، عمر حمدي (٢٠٢٢) دراسة تأثير موقع المساحات الخضراء الحضرية على الجزيرة الحرارية الحضرية في المدن باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد: دراسة حالة مدينة السادس من أكتوبر. International Design Journal، العدد ١٢(٢)، ٢٤٣-٢٥٢.
- عبد العزيز عبد اللطيف يوسف (٢٠٠٠) مناطق الحرارة المثلى في مدينة القاهرة: دراسة جغرافية في المناخ الحضري. المجلة الجغرافية العربية، العدد ٣٦، الجزء الثاني، ٥٩-٩٠.
- محمد هاني سعيد (٢٠٢٢) تقييم المناخ التفصيلي للمساحات الخضراء في مدينة أسيوط الجديدة. المجلة العلمية لكلية الآداب جامعة أسيوط، العدد ٨١، ٩١٣-٩٨٨.
- وليد عباس عبد الراضي (٢٠١٩) القصور الحراري وأثره في خصائص الجزيرة الحرارية لمدينة المنصورة، المجلة الجغرافية العربية (٥٠)، سلسلة بحوث جغرافية، العدد ١٢٤ (يناير)، ٤٨-٧٩  
[AGJ.2019.126779/١٠.٢١٦٠٨]
- وليد عباس، وائل زهران (٢٠٢٢) دور المناخ في إدارة وتخطيط قطاع الطاقة في مصر دراسة حالة الغاز الطبيعي في مدينة أسيوط. المجلة الجغرافية العربية، ٥٣(٧٩)، ١٩٧-٢٥٣.

#### ٨. المراجع الأجنبية:

- Abbas, W., & Hamdi, I. (2022). *Satellite-Based Discrimination of Urban Dynamics-Induced Local Bias from Day/Night Temperature Trends across the Nile Delta, Egypt: A Basis for Climate Change Impacts Assessment. Sustainability, 14(21), 14510.*
- Adams, M. P., & Smith, P. L. (2014). *A systematic approach to model the influence of the type and density of vegetation cover on urban heat using remote sensing. Landscape and Urban Planning, 132, 47-54.*
- Aflaki, A., Mirnezhad, M., Ghaffarianhoseini, A., Ghaffarianhoseini, A., Omrany, H., Wang, Z.-H., & Akbari, H. (2017). *Urban heat island mitigation strategies: A state-of-the-art review on Kuala Lumpur, Singapore and Hong Kong. Cities, 62, 131-145.*
- Al-Awadhi, J., Al-Helal, A., & Al-Enezi, A. (2005). *Sand drift potential in the desert of Kuwait. Journal of arid environments, 63(2), 425-438.*

- Algretawee, H. (2022). *The effect of graduated urban park size on park cooling island and distance relative to land surface temperature (LST)*. *Urban Climate*, 45, 101255.
- Algretawee, H., Rayburg, S., & Neave, M. (2019). *Estimating the effect of park proximity to the central of Melbourne city on Urban Heat Island (UHI) relative to Land Surface Temperature (LST)*. *Ecological engineering*, 138, 374-390.
- Aram, F., Solgi, E., & Holden, G. (2019). *The role of green spaces in increasing social interactions in neighborhoods with periodic markets*. *Habitat international*, 84, 24-32.
- Buyadi, S. N. A., Mohd, W. M. N. W., & Misni, A. (2015). *Vegetation's role on modifying microclimate of urban resident*. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 202, 400-407.
- Cao, X., Onishi, A., Chen, J., & Imura, H. (2010). *Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data*. *Landscape and Urban Planning*, 96(4), 224-231.
- Chang, C.-R., Li, M.-H., & Chang, S.-D. (2007). *A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks*. *Landscape and Urban Planning*, 80(4), 386-395.
- Chen, M., Jia, W., Yan, L., Du, C., & Wang, K. (2022). *Quantification and mapping cooling effect and its accessibility of urban parks in an extreme heat event in a megacity*. *Journal of Cleaner Production*, 334, 130252.
- Chen, Y., Du, M., & Dong, R. (2008). *Correlation between urban heat island effect and the thermal inertia using aster data in Beijing, China*. *Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci XXXVII (Part B7) Beijing*.
- Cheng, X., Wei, B., Chen, G., Li, J., & Song, C. (2015). *Influence of park size and its surrounding urban landscape patterns on the park cooling effect*. *Journal of Urban Planning and Development*, 141(3), A4014002.
- Cohen, P., Potchter, O., & Matzarakis, A. (2012). *Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact on human comfort*. *Building and Environment*, 51, 285-295.
- Das, M., Das, A., & Momin, S. (2022). *Quantifying the cooling effect of urban green space: A case from urban parks in a tropical mega metropolitan area (India)*. *Sustainable Cities and Society*, 87, 104062.
- Demuzere, M., Faehnle, M., Orru, K., Olazabal, E., Geneletti, D., Heidrich, O., Orru, H., Feilu, E., Bhave, A., & Mittal, N. (2014). *Evidence on the contribution of green urban infrastructure to climate change mitigation and adaptation*. In *Understanding Cities: Advances in integrated assessment of urban sustainability* (pp. 140-165). Centre for Earth Systems Engineering Research (CESER), Newcastle University.
- Doick, K. J., Peace, A., & Hutchings, T. R. (2014). *The role of one large greenspace in mitigating London's nocturnal urban heat island*. *Science of the Total Environment*, 493, 662-671.

- Du, S., Xiong, Z., Wang, Y.-C., & Guo, L. (2016). *Quantifying the multilevel effects of landscape composition and configuration on land surface temperature. Remote sensing of environment, 178, 84-92.*
- Fan, H., Yu, Z., Yang, G., Liu, T. Y., Liu, T. Y., Hung, C. H., & Vejre, H. (2019). *How to cool hot-humid (Asian) cities with urban trees? An optimal landscape size perspective. Agricultural and Forest Meteorology, 265, 338-348.*
- Feng, X., Yu, J., Xin, C., Ye, T., Wang, T. a., Chen, H., Zhang, X., & Zhang, L. (2023). *Quantifying and Comparing the Cooling Effects of Three Different Morphologies of Urban Parks in Chengdu. Land, 12(2), 451.*
- Feyisa, G. L., Dons, K., & Meilby, H. (2014). *Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa. Landscape and Urban Planning, 123, 87-95.*
- Gómez-Baggethun, E., Gren, Å., Barton, D. N., Langemeyer, J., McPhearson, T., O'farrell, P., Andersson, E., Hamstead, Z., & Kremer, P. (2013). *Urban ecosystem services. Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities: A global assessment, 175-251.*
- Guhathakurta, S., & Gober, P. (2007). *The impact of the Phoenix urban heat island on residential water use. Journal of the American Planning Association, 73(3), 317-329.*
- Guo, S., Yang, G., Pei, T., Ma, T., Song, C., Shu, H., Du, Y., & Zhou, C. (2019). *Analysis of factors affecting urban park service area in Beijing: Perspectives from multi-source geographic data. Landscape and Urban Planning, 181, 103-117.*
- Hamdi, I. (2023). *Integration of Geomatics Applications to Study the Dynamics of the Heat Island of Mansoura's Urban Conurbation Beni-Suef University.*
- Han, D., Zhang, T., Qin, Y., Tan, Y., & Liu, J. (2023). *A comparative review on the mitigation strategies of urban heat island (UHI): a pathway for sustainable urban development. Climate and Development, 15(5), 379-403.*
- Imran, H. M., Kala, J., Ng, A., & Muthukumaran, S. (2018). *Effectiveness of green and cool roofs in mitigating urban heat island effects during a heatwave event in the city of Melbourne in southeast Australia. Journal of Cleaner Production, 197, 393-405.*
- Inc, E. (1999). *Erdas Field Guide. Atlanta, Georgia: Erdas Inc.*
- Kong, L., Lau, K. K.-L., Yuan, C., Chen, Y., Xu, Y., Ren, C., & Ng, E. (2017). *Regulation of outdoor thermal comfort by trees in Hong Kong. Sustainable Cities and Society, 31, 12-25.*
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). *World map of the Köppen-Geiger climate classification updated.*
- Landsat, U. (2022). *Collection 1 Land Surface Reflectance Code Product Guide. In.*



- Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X., & Wu, J. (2011). Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. *Remote sensing of environment*, 115(12), 3249-3263.
- Li, J., Zheng, B., Shen, W., Xiang, Y., Chen, X., & Qi, Z. (2019). Cooling and energy-saving performance of different green wall design: A simulation study of a block. *Energies*, 12(15), 2912.
- Liang, Z., Li, Z., & Fan, Z. (2023). Seasonal impacts of built environment and its interactions on urban park cooling effects in Nanjing, China. *Building and Environment*, 242, 110580.
- Lin, Y.-H., & Tsai, K.-T. (2017). Screening of tree species for improving outdoor human thermal comfort in a Taiwanese city. *Sustainability*, 9(3), 340.
- Ling, T.-Y., & Chiang, Y.-C. (2018). Well-being, health and urban coherence-advancing vertical greening approach toward resilience: A design practice consideration. *Journal of Cleaner Production*, 182, 187-197.
- Missions, L. (2020). Landsat normalized difference vegetation index. *US Geological Survey*.
- Monat, J. P., & Gannon, T. F. (2023). The Meaning of "Structure" in Systems Thinking. *Systems*, 11(2), 92.
- Oliveira, S., Andrade, H., & Vaz, T. (2011). The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. *Building and Environment*, 46(11), 2186-2194.
- Otukei, J. R., & Blaschke, T. (2010). Land cover change assessment using decision trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12, S27-S31.
- Park, J., Kim, J.-H., Lee, D. K., Park, C. Y., & Jeong, S. G. (2017). The influence of small green space type and structure at the street level on urban heat island mitigation. *Urban Forestry & Urban Greening*, 21, 203-212.
- Peña, M. A. (2009). Examination of the land surface temperature response for Santiago, Chile. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75(10), 1191-1200.
- Peng, J., Ma, J., Liu, Q., Liu, Y., Li, Y., & Yue, Y. (2018). Spatial-temporal change of land surface temperature across 285 cities in China: An urban-rural contrast perspective. *Science of the Total Environment*, 635, 487-497.
- Peng, J., Xie, P., Liu, Y., & Ma, J. (2016). Urban thermal environment dynamics and associated landscape pattern factors: A case study in the Beijing metropolitan region. *Remote sensing of environment*, 173, 145-155.
- Peng, L. L., & Jim, C. Y. (2013). Green-roof effects on neighborhood microclimate and human thermal sensation. *Energies*, 6(2), 598-618.
- Preston, B. L., & Jones, R. N. (2006). Climate change impacts on Australia and the benefits of early action to reduce global greenhouse gas emissions. *Citeseer*.

- Probst, N., Bach, P. M., Cook, L. M., Maurer, M., & Leitão, J. P. (2022). *Blue Green Systems for urban heat mitigation: mechanisms, effectiveness and research directions. Blue-Green Systems*, 4(2), 348-376.
- Qiu, G. Y., Zou, Z., Li, X., Li, H., Guo, Q., Yan, C., & Tan, S. (2017). *Experimental studies on the effects of green space and evapotranspiration on urban heat island in a subtropical megacity in China. Habitat international*, 68, 30-42.
- Rajeshwari, A., & Mani, N. (2014). *Estimation of land surface temperature of Dindigul district using Landsat 8 data. International journal of research in engineering and technology*, 3(5), 122-126.
- Ren, Z., He, X., Zheng, H., Zhang, D., Yu, X., Shen, G., & Guo, R. (2013). *Estimation of the relationship between urban park characteristics and park cool island intensity by remote sensing data and field measurement. Forests*, 4(4), 868-886.
- Shashua-Bar, L., & Hoffman, M. E. (2000). *Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. Energy and Buildings*, 31(3), 221-235.
- Shearmur, R. (2013). *What is an urban Structure? The challenges of foreseeing 21st Century Patterns of the Urban Economy. Advances in Commercial Geography, Toluca: El Collegio Mexiquense* [https://www. researchgate. net/publication/297225871\\_What\\_is\\_an\\_urban\\_Structure\\_The\\_challenges\\_of\\_ foreseeing\\_21st\\_Century\\_Patterns\\_of\\_the\\_Urban\\_Economy](https://www.researchgate.net/publication/297225871_What_is_an_urban_Structure_The_challenges_of_foreseeing_21st_Century_Patterns_of_the_Urban_Economy).
- Singh, R. B., Grover, A., & Zhan, J. (2014). *Inter-seasonal variations of surface temperature in the urbanized environment of Delhi using Landsat thermal data. Energies*, 7(3), 1811-1828.
- Spronken-Smith, R., & Oke, T. (1998). *The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. International journal of remote sensing*, 19(11), 2085-2104.
- Tan, C. L., Wong, N. H., & Jusuf, S. K. (2014). *Effects of vertical greenery on mean radiant temperature in the tropical urban environment. Landscape and Urban Planning*, 127, 52-64.
- Teixeira Pinto, C., Jing, X., & Leigh, L. (2020). *Evaluation analysis of Landsat level-1 and level-2 data products using in situ measurements. Remote Sensing*, 12(16), 2597.
- Vieira, J., Matos, P., Mexia, T., Silva, P., Lopes, N., Freitas, C., Correia, O., Santos-Reis, M., Branquinho, C., & Pinho, P. (2018). *Green spaces are not all the same for the provision of air purification and climate regulation services: The case of urban parks. Environmental research*, 160, 306-313.
- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). *Thermal remote sensing of urban climates. Remote sensing of environment*, 86(3), 370-384.

- White, H. (1980). A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 817-838.
- Wu, Z., & Chen, L. (2017). Optimizing the spatial arrangement of trees in residential neighborhoods for better cooling effects: Integrating modeling with in-situ measurements. *Landscape and Urban Planning*, 167, 463-472.
- XLSTAT, P. (2016). Copyright Addinsoft. In.
- Xu, X., Cai, H., Qiao, Z., Wang, L., Jin, C., Ge, Y., Wang, L., & Xu, F. (2017). Impacts of park landscape structure on thermal environment using QuickBird and Landsat images. *Chinese Geographical Science*, 27, 818-826.
- Yan, H., Wu, F., & Dong, L. (2018). Influence of a large urban park on the local urban thermal environment. *Science of the Total Environment*, 622, 882-891.
- Yao, X., Yu, K., Zeng, X., Lin, Y., Ye, B., Shen, X., & Liu, J. (2022). How can urban parks be planned to mitigate urban heat island effect in "Furnace cities"? An accumulation perspective. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129852.
- Yin, C., Yuan, M., Lu, Y., Huang, Y., & Liu, Y. (2018). Effects of urban form on the urban heat island effect based on spatial regression model. *Science of the Total Environment*, 634, 696-704.
- Yin, S., Peng, L. L., Feng, N., Wen, H., Ling, Z., Yang, X., & Dong, L. (2022). Spatial-temporal pattern in the cooling effect of a large urban forest and the factors driving it. *Building and Environment*, 209, 108676.
- Yu, Z., Guo, X., Jørgensen, G., & Vejre, H. (2017). How can urban green spaces be planned for climate adaptation in subtropical cities? *Ecological Indicators*, 82, 152-162.
- Yu, Z., Yang, G., Zuo, S., Jørgensen, G., Koga, M., & Vejre, H. (2020). Critical review on the cooling effect of urban blue-green space: A threshold-size perspective. *Urban Forestry & Urban Greening*, 49, 126630.
- Zhao, L., Lee, X., Smith, R. B., & Oleson, K. (2014). Strong contributions of local background climate to urban heat islands. *Nature*, 511(7508), 216-219.
- Zölch, T., Maderspacher, J., Wamsler, C., & Pauleit, S. (2016). Using green infrastructure for urban climate-proofing: An evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale. *Urban Forestry & Urban Greening*, 20, 305-316.

## ***Urban-Park-induced Cooling Region and its Effectiveness in Confronting the Heat Island of Kuwait City and Contiguous Suburbs***

### ***Abstract:***

*On account of its location in the tropical hot desert, Kuwait City and contiguous suburbs have been experiencing serious heat-related implications, particularly in the summer season. Parks are a central constitute of city planning and a substantial option for ameliorating the urban environment, public health, and sustainability. Accordingly, the current study aims to provide an assessment of the seasonal contributions in confronting the increasing thermal levels caused by global warming, Urban Heat Islands (UHI), and heatwave intensification. Using the measures of cooling intensity, distance, surface, and efficiency, the investigation also seeks to analyze the Park Cool Island (PCI) phenomenon and the relevant maximum cooling coverage and effectiveness. The research depended fully on Landsat 8/9 imageries to retrieve the Land Surface Temperature (LST) and the Normalized differences vegetation index (NDVI). In addition, simple and multiple linear regression analyses were utilized to provide a comprehensive explanation of park cooling effectiveness. The urban-thermal structures revealed that Blue-Green systems play a significant moderating effect against the heating roles of barren lands, buildings, and street networks. The cooling effect of vegetation was maximized in the summer (-2.0°C), while a minimal thermal difference (-0.5°C) was observed in the winter. Although the water cooling was the most intense (a maximum effect of -10.2°C was detected in summer), the overall cooling effect of green vegetation was more extensive because of the large coverage of vegetation (7.19%) relative to the water portion (0.20%). It was found that vegetation density, in terms of NDVI, negatively correlates with LST. The local thermal analysis disclosed that the fifteen urban parks under investigation formed PCIs, with a maximal cooling strength observed in summer when the magnitude of four PCI intensities exceed 5.0°C. The PCI intensity exhibited a moderately positive association with park area and vegetation density. The findings also unveiled that a cooling region was created around each park, with a maximum cooling distance that varied on a seasonal level between 330-390 m. Most of the cooling magnitude (40-54.8%) occurred in the immediate zone (30 m) around parks. Regarding the cooling effectiveness, it was found to range between 135.5-189.3% and between 116.4-137.6% based on the cooling surface area and distance criteria, respectively. A set of 14 independent variables was used to explain the cooling effectiveness exerted by urban parks. The underlying association model interpreted 92% and 89% of the observed variations in effectiveness based on the criteria of distance and surface area, respectively. It was concluded that there were many improper aspects of park planning. A recommendation was suggested to develop and implement an accredited planning code for the spatial organization and design of urban parks in order to best achieve its original climate function.*

**Keywords:** *Land surface temperature (LST); Normalized differences vegetation index (NDVI); Green spaces; Park cool island (PCI); Park cooling indices; Park cooling effectiveness; Landsat 9.*