



## المناطق الخضراء وأثرها على البصمة الكربونية دراسة العلاقة بين الغطاء النباتي والانبعاثات في مدينة الكوت

أ.د. ندى خليفة الركابي

ميثم علوان شناوه

[dr.n.khaleefah@iurp.uobaghdad.edu.iq](mailto:dr.n.khaleefah@iurp.uobaghdad.edu.iq)

[maitham.alwan2100m@iurp.uobaghdad.edu.iq](mailto:maitham.alwan2100m@iurp.uobaghdad.edu.iq)

جامعة بغداد / مركز التخطيط الحضري والإقليمي للدراسات العليا

### المستخلص :

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل واطهار دور المناطق الخضراء في الجانب البيئي وبالخصوص الحد من البصمة الكربونية في مدينة الكوت، من خلال تقييم العلاقة بين الغطاء النباتي وانبعاثات الغازات الدفيئة الناتجة عن الأنشطة الحضرية. وتكمن أهمية الدراسة في تسليط الضوء على الإمكانيات البيئية للمساحات الخضراء بوصفها أدوات طبيعية فعالة لامتناس ثاني أكسيد الكربون وتحسين جودة الهواء، خاصة في ظل التوسع العمراني السريع والضغط المناخي المتزايدة التي تشهدها المدن العراقية. واعتمدت الدراسة على منهجية مزدوجة تجمع بين التحليل النظري والتطبيق العملي، حيث تم استعمال بيانات الاستشعار عن بُعد عبر منصة Google Earth Engine لحساب مؤشري الإنتاجية الأولية الإجمالية (GPP) ومؤشر الغطاء النباتي NDVI للفترة بين 2003 و2023، وتحليل التغيرات المكانية والزمانية في الكفاءة النباتية للامتصاص الكربوني. كما تم حساب البصمة الكربونية للمدينة لعام 2023 باستعمال منهجية IPCC ومعاملات الانبعاث الخاصة باستهلاك الطاقة والوقود.

أظهرت النتائج أن المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف تساهم بفعالية في امتصاص الكربون، وأن التحسن في مؤشرات NDVI و GPP خلال العقدين الماضيين انعكس إيجاباً على كفاءة الامتناس البيئي، على الرغم من الضغط المتزايد من النمو الحضري. كما بينت الدراسة أن إجمالي انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في مدينة الكوت لعام 2023 بلغ أكثر من 1,184,290 طن مكافئ CO<sub>2</sub>، بينما قدرت كمية الكربون الممتص من قبل الغطاء النباتي بحوالي 469,693 طن فقط، مما يعكس فجوة بيئية كبيرة تتطلب تدخلات تخطيطية فاعلة. وخلصت الدراسة إلى ضرورة تعزيز التخطيط الحضري البيئي عبر توسيع الرقعة الخضراء وتحسين إدارتها، ودمج آليات الحوكمة البيئية والمشاركة المجتمعية لضمان استدامة التأثير الإيجابي لتلك المساحات. كما توصي بتبني مؤشرات الكربون النباتي ضمن سياسات التخطيط المحلي، وتفعيل برامج تعويض الكربون لتعزيز التوازن المناخي داخل المدينة.

### الكلمات المفتاحية:

الكربون، البصمة الكربونية، الغطاء النباتي، NDVI، GPP، Google Earth Engine، التغير المناخي، اختلال الكربون.





## Green areas and their impact on the carbon footprint A study of the relationship between vegetation cover and emissions in Al-Kut city

Pro. Dr.Nada khaleefah

Maitham alwan shnawah

[dr.n.khaleefah@iurp.uobaghdad.edu.iq](mailto:dr.n.khaleefah@iurp.uobaghdad.edu.iq)

[tham.alwan2100m@iurp.uobaghdad.edu.iq](mailto:tham.alwan2100m@iurp.uobaghdad.edu.iq)

University of Baghdad - Urban and Regional Planning center for postgraduate

### Abstract:

Abstract: This study aims to analyze and demonstrate the environmental role of green spaces, particularly in reducing the carbon footprint in the city of Al-Kut, by evaluating the relationship between vegetation cover and greenhouse gas emissions resulting from urban activities. The importance of the study lies in highlighting the environmental potential of green areas as natural and effective tools for absorbing carbon dioxide and improving air quality, especially in light of rapid urban expansion and increasing climatic pressures facing Iraqi cities.. Remote sensing data were utilized through the Google Earth Engine platform to calculate the Gross Primary Productivity (GPP) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) during the period from 2003 to 2023, and to analyze the spatial and temporal changes in vegetation carbon absorption efficiency. Additionally, the carbon footprint of the city for the year 2023 was calculated using the IPCC methodology and emission factors related to energy and fuel consumption. The results revealed that the improvement in NDVI and GPP indices over the past two decades positively reflected the environmental absorption efficiency, despite increasing urbanization pressures. The study showed that the total carbon dioxide emissions in Al-Kut city for the year 2023 exceeded 1,184,290 tons of CO<sub>2</sub>-equivalent, while the amount of carbon absorbed by vegetation was estimated at approximately 469,693 tons, highlighting a major environmental gap that necessitates effective planning interventions.. It also recommends adopting vegetation carbon indicators in local planning policies

### Key words:

Carbon, carbon footprint, vegetation, NDVI, GPP, Google Earth Engine, climate change, carbon imbalance.



## 1. المقدمة

تُعدُّ التغيرات المناخية من أبرز التحديات البيئية التي تواجه المدن المعاصرة، نتيجةً لارتفاع انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن النشاطات البشرية، ولا سيما في المناطق الحضرية. في هذا السياق، تبرز أهمية المناطق الخضراء بوصفها من الوسائل الطبيعية الفعّالة في امتصاص ثاني أكسيد الكربون والتقليل من البصمة الكربونية. وتُعاني مدينة الكوت، كغيرها من المدن العراقية، تزايد الضغوط البيئية المرتبطة بالتوسع العمراني، واستهلاك الطاقة، والتراجع النسبي في كفاءة استعمال الغطاء النباتي كمنطقة عازلة للكربون. وانطلاقاً من ذلك، تهدف هذه الدراسة إلى تحليل العلاقة بين تطور الغطاء النباتي والانبعاثات الكربونية، وتقدير ما يعرف باختلال الكربون بين ما يتم إطلاقه وامتصاصه ضمن حدود المدينة، يستند البحث إلى تحليل بيانات الاستشعار عن بعد للفترة بين 2003 و2023 باستخدام مؤشري NDVI وGPP، إلى جانب تقدير انبعاثات الكربون لسنة 2023، بما يعكس مدى قدرة المدينة على تحقيق التوازن البيئي. وتُسهم هذه الدراسة في فهم ديناميات الكربون على المستوى الحضري وتقديم توصيات عملية نحو التخطيط المستدام

## 2. مشكلة البحث

تشهد مدينة الكوت تحولات عمرانية وبيئية متسارعة، تترافق مع تغيرات في نمط استعمال الأرض ومظاهر الغطاء النباتي. في الوقت نفسه، تتراد الأنشطة البشرية المرتبطة باستهلاك الوقود والطاقة، وهذا قد يساهم في ارتفاع انبعاثات الكربون داخل المدينة. وعلى الرغم من أن المناطق الخضراء تُعد من أهم الوسائل الطبيعية لامتصاص الكربون وتقليل أثر الانبعاثات، إلا أن العلاقة الفعلية بين توزع الغطاء النباتي ومعدلات الانبعاثات الكربونية لم تُدرس بشكل كمي دقيق على مستوى مدينة الكوت.

من هنا، تتمثل مشكلة الدراسة في التساؤل الآتي: ما مدى العلاقة بين التغيرات المكانية والزمانية في الغطاء النباتي والانبعاثات الكربونية في مدينة الكوت، وما حجم الفجوة الكربونية المحتملة بين الانبعاث والامتصاص؟

## 3. أهداف البحث

تهدف هذه الدراسة إلى:

- تحليل التغيرات الزمانية والمكانية في الغطاء النباتي لمدينة الكوت خلال الفترة 2003–2023، بالاعتماد على مؤشري NDVI وGPP.
- تقدير البصمة الكربونية للمدينة لعام 2023، بالاستناد إلى بيانات استهلاك الوقود والطاقة ووفق معايير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC).
- حساب الفجوة الكربونية الناتجة عن الفرق بين الكربون المنبعث والكربون الممتص ضمن حدود المدينة.
- تقديم توصيات عملية قائمة على الأدلة لدعم التشجير الحضري وتقليل البصمة الكربونية مستقبلاً.

#### 4. أهمية الدراسة

يُعدُّ هذا البحث مهم من عدة جوانب:

- تدمج بين تحليل الغطاء النباتي والانبعاثات الكربونية باستعمال أدوات تحليل مكانية حديثة (مثل Google Earth Engine و GIS)، وهو نهج متكامل .
- تعتمد على بيانات كمية دقيقة تمتد على مدى عقدين (2003–2023)، مما يمنح نتائجها مصداقية علمية ومرجعية يمكن البناء عليها في التخطيط البيئي.
- توفر قاعدة بيانات مكانية يمكن أن تدعم صانعي القرار في تطوير سياسات حضرية مستدامة، خاصة ما يتعلّق بالتشجير واستراتيجيات خفض البصمة الكربونية.

#### 5. فرضية البحث

تفترض هذه الدراسة وجود علاقة غير متوازنة بين الغطاء النباتي والانبعاثات الكربونية في مدينة الكوت، قد تُسفر عن فجوة كربونية ناجمة عن التفاوت بين الكربون المنبعث من الأنشطة البشرية والكربون الممتص بواسطة المناطق الخضراء.

#### 6. منهجية البحث

تعتمد الدراسة على المنهج التحليلي الكمي، باستعمال تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية، وذلك لتحقيق الأهداف التالية:

1. تحليل الغطاء النباتي للفترة 2003–2023:

- باستخدام مؤشر NDVI لقياس الكثافة النباتية واستخدام مؤشر Gross Primary Productivity (GPP) لتقدير الكربون الممتص عبر منصة Google Earth Engine (GEE)، وباستخدام صور الأقمار الصناعية (MODIS) و (Landsat).

2. تقدير البصمة الكربونية لمدينة الكوت لعام 2023:

- استنادًا إلى بيانات استهلاك الطاقة والوقود المحلي وباستخدام معادلات حسابية تعتمد على منهجيات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC Guidelines 2006).
- 3. تحليل الفجوة الكربونية:

- المقارنة بين الانبعاثات الكلية للمدينة ومقدار الكربون الممتص عبر الغطاء النباتي.
- إنشاء خرائط مكانية للامتصاص عبر نظم GIS لتحديد مواقع الامتصاص الكربوني.

#### 7. حدود البحث

المكانية: مدينة الكوت (مركز محافظة واسط – العراق) ضمن حدودها الحضرية المعتمدة رسميًا في المخطط الأساس لعام 2023.



شكل (1) المخطط الاساس لمدينة الكويت (2030-2010)  
المصدر: مديرية التخطيط العمراني في واسط

## 8. الاطار النظري

### 8.1. مفهوم المناطق الخضراء

تُشير المناطق الخضراء إلى المساحات المفتوحة المزروعة بالنباتات أو الأشجار، سواء كانت طبيعية أم مصممة، وتشمل الحدائق العامة، الأحزمة الخضراء، الغابات الحضرية، الأراضي الزراعية داخل المدن، والأسطح الخضراء (UN Habitat, 2020) وتُعرّف أيضًا بأنها كل مساحة تغطيها نباتات دائمة أو موسمية، وتخدم أغراضًا بيئية أو اجتماعية أو صحية، ضمن البيئة الحضرية أو على حدودها (FAO, 2019). وتعد أداة بيئية فعالة لتنظيم المناخ المحلي من خلال التبخر، توفير الظل، تقليل الضوضاء، وامتصاص الغازات الملوثة مثل ثاني أكسيد الكربون وإنتاج الأوكسجين (عبد الوهاب & علوان, 2024, ص77) وقد حددت المعايير الدولية والوطنية بان الحد الأدنى المقبول للمساحات الخضراء هو 10 م<sup>2</sup> للفرد، والمقبول دوليًا هو 20 م<sup>2</sup> للفرد، بينما يجب ألا تقل نسبة التغطية النباتية عن 15% من مساحة المدينة (Mirhusein & Ali, 2019, P3).

### 8.2. الوظائف البيئية للمناطق الخضراء

لم تعد المناطق الخضراء احتياجًا ثانويًا، بل أصبحت ضرورة لتحسين نوعية الحياة داخل المدن، حيث تُعد بمثابة الرئة التي يتنفس منها السكان، وتُساهم في خفض التلوث والحرارة، ورفع مستوى الرفاهية البيئية (Al-Kinani & Najm, 2017, p3) وتؤدي المناطق الخضراء أدوارًا متعددة تدرج تحت ما يُعرف بـ “خدمات النظام البيئي” (Ecosystem Services) بالإضافة إلى تأثيرها على الجانب الاقتصادي والاجتماعي وتأثيرها على الجانب النفسي والصحي للإنسان فهي مناطق بعيدة عن الضوضاء وتتميز بمكوناتها الطبيعية لذا فان لها تأثيرا بارزا على قدرة الانسان على التركيز والابداع (Kh Alrikabi & Almosherefawi, 2021, p5) ومن اهم التأثيرات البيئية:

**امتصاص غازات الدفينة:** تُساهم المناطق الخضراء والأشجار في تحسين جودة الهواء في المناطق الحضرية وامتصاص الكربون وتقليل الانبعاثات الناتجة عن الأنشطة الحضرية (Paudel & States, 2023, p3) والتي أثبتت الدراسات ان التعرض المزمن والحاد للجسيمات الدقيقة وأكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت والأوزون بشكل لا لبس فيه بزيادة حدوث أمراض الجهاز التنفسي (مثل الربو ومرض الانسداد الرئوي المزمن وسرطان الرئة) وأمراض القلب والأوعية الدموية والاختلالات العصبية. وفي الوقت نفسه، يمارس الاحتباس الحراري التدريجي الناتج عن ارتفاع تركيزات غازات الاحتباس الحراري آثارًا متتالية تفاقم المخاطر الصحية المرتبطة بتلوث الهواء (Abdulnabi Abbas, 2025, P6).

**تنظيم درجة الحرارة:** تؤدي المناطق الخضراء دوراً مهماً في تنظيم درجات الحرارة في المدن (لكناني, عامر شاكر & نجم, 2017, ص5)، حيث توفر أماكن الظل وتقلل من آثار الجزر الحرارية الحضرية التي تؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة في المناطق المبنية مقارنة بالمناطق المفتوحة (Isa et al., 2017, p5).

**تحسين جودة الهواء:** عبر امتصاص الجسيمات الدقيقة والملوثات (احمد, 2016, ص215) سواء داخل أو خارج المباني حيث تساهم النباتات في العمل على تنقية الهواء العديد من أنواع الملوثات السمية التي يمكن أن تلحق الضرر بالكائن الحي (العلالي, 2016, ص278).

**إدارة مياه الأمطار والحد من الفيضانات:** من خلال امتصاص كميات كبيرة من المياه، مما يقلل من الجريان السطحي (European Environment Agency, 2025, p3) ويحد من خطر الفيضانات كما تحسن هذه المساحات من جودة المياه الجوفية وتساهم في إعادة تغذيتها، مما يعزز من استدامة الموارد المائية في المناطق الحضرية.

**تعزيز التنوع البيولوجي وحماية المواطن الطبيعية:** تُعد هذه المساحات ملاذاً للكائنات الحية وتساهم في حماية التنوع البيولوجي والحفاظ على التوازن البيئي (عبد الوهاب & علوان, 2024, ص77)، كما تُعزز من استدامة الحياة البرية وتساهم في حماية الأنواع المهددة بالانقراض حيث أن وجود تنوع بيولوجي عالي يزيد من مرونة النظم البيئية في مواجهة التغيرات المناخية، ويساهم في استقرار العمليات البيئية، مثل التلقيح الطبيعي وتحلل المواد العضوية.

**تثبيت التربة ومكافحة التعرية:** يساعد الغطاء النباتي في منع تعرية التربة، لا سيما في المناطق التي تشهد أمطاراً غزيرة أو انحدارات طبوغرافية إذ تعمل الجذور على تثبيت التربة وتقليل انجرافها نحو المجاري المائية، مما يحسن من جودة المياه ويقلل من الرواسب الضارة في الأنهار (احمد, 2016, ص215).



شكل (2) الفوائد البيئية للمناطق الخضراء / المصدر وكالة حماية البيئة الامريكية

(Deyoung et al., 2022, p8) Deyoung, R., Epa, U. S., & Lead, G. I. (2022).  
Communities

### 8.3 مفهوم البصمة الكربونية

على الرغم من الاستعمال الشائع لمصطلح البصمة الكربونية الا انه لا يوجد اتفاق علمي موحد على تعريفه، ولكن هناك إجماع علمي واسع على جوهر المفهوم "قياس انبعاثات الغازات الدفيئة" ومكوناته الرئيسية، فهي تشير إلى إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة بصورة مباشرة أو غير مباشرة عن نشاط فرد أو مؤسسة، ويتم قياسها بوحدة CO<sub>2</sub>-eq مكافئ ثاني أكسيد الكربون (AHMETOĞLU & TANIK, 2020,p192) وتتبناه منظمات دولية متعددة بتعريفات متقاربة حيث عرّفها (Wiedmann & Minx, 2008,p4) بأنها: الكمية الإجمالية من انبعاثات غازات الدفيئة، المعبرة عنها بمكافئ ثاني أكسيد الكربون، والتي ترتبط مباشرة أو غير مباشرة بنشاط بشري معين.

كما أشار تقرير (IPCC (2023) إلى أن البصمة الكربونية تمثل أحد أدوات رصد مدى التقدم في تحقيق أهداف المناخ، من خلال تتبع الانبعاثات ضمن القطاعات الاقتصادية المختلفة ويمكن القول بان البصمة الكربونية على انها تمثيل رمزي لتأثيرنا المناخي المُتراكم، يجمع بين الانبعاثات المرئية وغير المرئية الناتجة عن خيار اتنا الإنتاجية والاستهلاكية، وتُعد أداة حيوية لإعادة ربط الإنسان بسلسلة العواقب البيئية لأفعاله ضمن أنظمة اقتصادية معقدة

وكذلك تعرف على انها مساحة الأرض المطلوبة او الغابات لامتنصاص غاز CO<sub>2</sub> المنبعث نتيجة لاستهلاك الطاقة الناجمة عن حرق الوقود الاحفوري للاستعمالات البشرية كافة وتعد الغابات الأكثر امتصاصاً لهذه الانبعاثات (Ismael et al., 2019,P113)

### 8.4 أهمية قياس البصمة الكربونية في المدن

يُعد قياس البصمة الكربونية في المدن خطوة أساسية نحو فهم مصادر الانبعاثات وتوزيعها المكاني، وتطوير خطط حضرية منخفضة الكربون، وتحسين جودة الهواء والتقليل من آثار التغير المناخي، ودعم جهود الاستدامة ضمن إطار أهداف التنمية المستدامة (SDGs 11,13)

### 8.5 الحياد الكربوني

وهو ما يعرف بصافي الانبعاث الصفري وهو خفض الانبعاثات للغازات الدفيئة والتي يعتبر CO<sub>2</sub> من أهمها والذي ينتج عن محطات الطاقة الحرارية واحتراق وقود المركبات والذي من خواصه امتصاص الموجات فوق الحمراء من اشعة الشمس مما يعيق انعكاس هذه الموجات الى طبقات الجو العليا مسبباً ظاهرة الاحتباس الحراري (صالح, 2014,ص65) الى اقرب مستوى ممكن من الصفر مع إعادة امتصاص أي انبعاثات متبقية من الغلاف الجوي عن طريق المحيطات والغطاء النباتي على سبيل المثال , وقد عرف قانون الطاقة الفرنسي حياد الكربون في المادة 4-100 بأنه عبارة عن توازن بين الانبعاثات الناتجة عن الأنشطة البشرية وبين الامتنصاص الناتج عن الأنشطة البشرية ايضا من خلال بالوعات الغازات الدفيئة (Omda, 2023,P138).

## 8.6. العلاقة بين المناطق الخضراء والبصمة الكربونية

تشير دراسات متعددة إلى وجود علاقة عكسية بين كثافة الغطاء النباتي ومستوى الانبعاثات الكربونية، ويعتبر الغطاء النباتي بأشكاله المختلفة من أشجار وشجيرات ومساحات خضراء من أهم العوامل المستعملة في الحدّ من تأثير العوامل المناخية وتحسين ظروف المناخ المحلي ويعتمد مدى تأثيره على الارتفاعات والكثافة بالإضافة للمساحة (ابو رحيل, 2021, ص265)

من أبرز الفوائد البيئية للمناطق الخضراء هو دورها في خفض تأثير البصمة الكربونية، عبر:

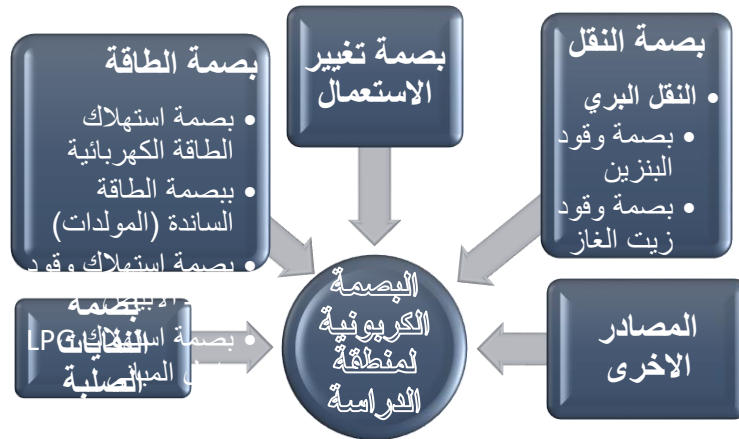
- امتصاص الكربون من الغلاف الجوي بواسطة التمثيل الضوئي (Pan et al., 2011, p12)
- خفض الحاجة لاستعمال أجهزة التكييف، وهذا يعني تقليل استهلاك الطاقة فكلما زادت كثافة الغطاء النباتي في منطقة ما، قل الاعتماد على وسائل التبريد الاصطناعي، وتحسّنت نوعية الهواء، وانخفضت درجة الحرارة، ما ينعكس إيجاباً على معدلات البصمة الكربونية (عبد الباري, 2021, ص102) ويُشار إلى أن الأشجار تقلل درجات الحرارة بدرجات عدة في المناطق الحضرية مقارنةً بالمناطق الخالية من الغطاء النباتي (Kadhim et al., 2024, p123) ويتطلب ذلك زراعة أنواع نباتية عالية الكثافة، دائمة الخضرة، ذات أوراق عريضة وقدرة امتصاص عالية (حمد الحمد, 2025, ص223).

فقد بيّنت قياسات الغطاء الشجري الحضري على مستوى الولايات لتحديد إجمالي تخزين الكربون وعزله سنوياً على مستوى الولاية وعلى المستوى الوطني أن متوسط كثافة تخزين الكربون في الأشجار الحضرية 7.69 كيلوجرام كربون لكل متر مربع من الغطاء الشجري ومتوسط كثافة عزل الكربون 0.28 كيلوجرام كربون لكل متر مربع من الغطاء الشجري سنوياً (Nowak et al., 2013, p1) وقد أظهرت الدراسات أن زيادة الغطاء النباتي الحضري يُمكن أن يُساهم في خفض انبعاثات الكربون بشكل غير مباشر أيضاً، من خلال تبريد المدن والحدّ من استهلاك الطاقة للتبريد، إضافة إلى تقليل الحاجة إلى النقل الخاص عبر تحسين جودة البيئة الحضرية وأظهر تأثير التبريد للحدائق على المناطق المحيطة بها، المسمى بشدة التبريد للحديقة (PCI)، ارتباطاً إيجابياً مع مؤشر صحة النباتات (NDVI) وحجم الحديقة (Feyisa et al., 2014, p2) وبيّن تقرير منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 2016) أن الغابات الحضرية تُخزن ما يصل إلى 25 طناً من الكربون لكل هكتار سنوياً في المناطق المعتدلة، وهو ما يجعل تشجير المدن وتحسين المساحات الخضراء استراتيجية فعالة للحد من انبعاثات غازات الدفيئة. وتؤكد الهيئة الحكومية الدولية لتغير المناخ IPCC على أهمية دمج البنية الخضراء ضمن سياسات التكيف المناخي بوصفها حلاً بيئياً مستداماً يجمع بين المنافع المناخية والاقتصادية والاجتماعية (IPCC, 2022a, p101).

## 9. الإطار العملي

### 9.1. حساب البصمة الكربونية لمدينة الكوت

تم جمع بيانات استهلاك الطاقة والوقود داخل المدينة لعام 2023 ثم تصنيفها وفق القطاعات (النقل، والسكن، والكهرباء، والنفايات، والوقود، والطيران العابر، وتغيير الاستعمال) حيث ارتكزت عملية تقدير البصمة الكربونية لمدينة الكوت على القطاعات الرئيسية الأكثر إسهاماً في انبعاثات غازات الدفيئة، وتشمل:



شكل (3) اهم مكونات البصمة الكربونية لمنطقة الدراسة (اعداد الباحث) تم اعتماد معاملات الانبعاث (Emission Factors) من IPCC لكل نوع وقود:

جدول (1) معاملات الانبعاث للوقود المستهلك حسب ipcc

ت	نوع الوقود	معامل الانبعاث	الوحدة
1	استهلاك الكهرباء	0,907	kgco2/kwh
2	الديزل	2.7585	kgCO2e per liter
3	النفط الأبيض	2.56	Kg co2e /liter
4	الغاز المسال LPG	3	كغم /CO2 كغم
5	البنزين	2.32	kg co2 e

فقد بلغت البصمة الكربونية بعد تطبيق المعادلة المشار اليها وفق كميات الاستهلاك والوقود ومعامل الانبعاث لكل نوع كالآتي كما في الجدول 2:

جدول (2) حساب اجمالي بصمة الطاقة

اجمالي بصمة الطاقة = بصمة الطاقة الكهربائية + بصمة المولدات + بصمة وقود النفط الابيض + بصمة الغاز السائل			
النسبة	وفق معدل استهلاك الفرد السنوي	وفق الجرد السنوي للمحطات	مكونات بصمة الطاقة
90.7%		1,967,274	بصمة الكهرباء
4%		92,751	بصمة وقود المولدات
1%	37,341	26,043	بصمة النفط الابيض
3.8%	79,139	82,497	بصمة الغاز السائل
100%	2,176,505	2,168,565	اجمالي بصمة الطاقة

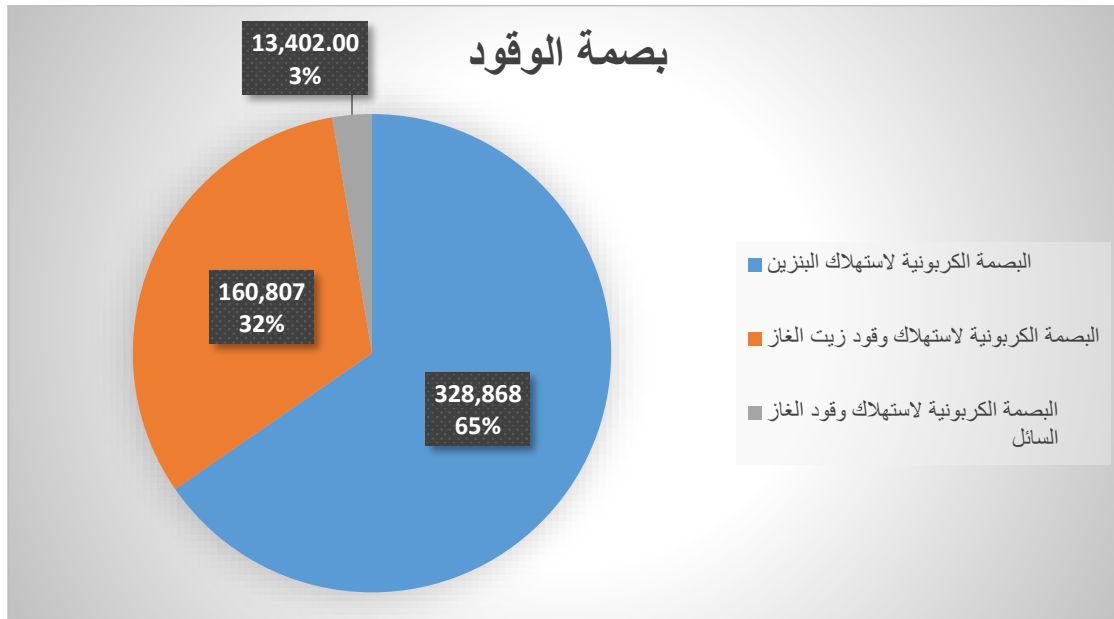
اعداد الباحث

وكان اجمالي البصمة الكربونية للنقل البري في المدينة كما في الجدول 3

جدول(3) بصمة الوقود المستعمل في النقل البري في المدينة

النسبة %	القيمة طن co2 e	نوع البصمة	ت
65.37%	328,868	البصمة الكربونية لاستهلاك البنزين	1
31.96%	160,807	البصمة الكربونية لاستهلاك وقود زيت الغاز	2
2.66%	13,402	البصمة الكربونية لاستهلاك وقود الغاز السائل	3
100%	503,077	البصمة الكربونية لاستهلاك الوقود	

اعداد الباحث



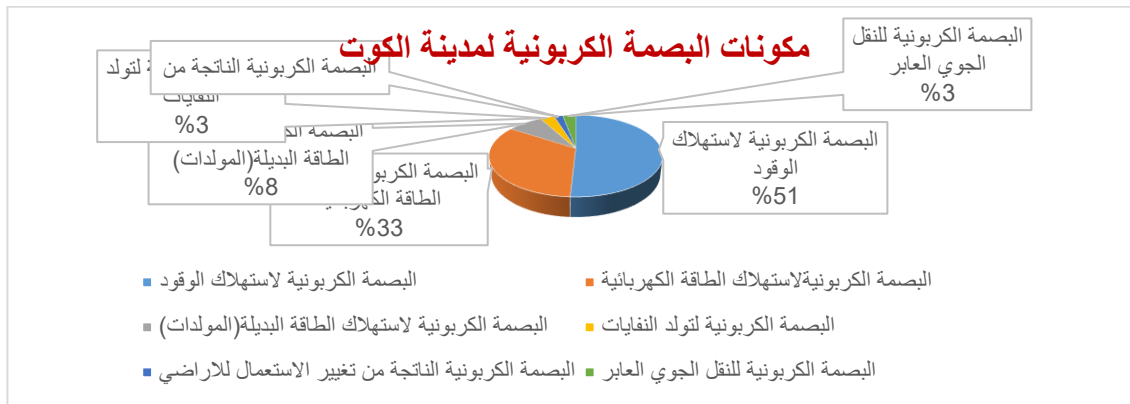
شكل (3) مخطط بياني يوضح المكونات الأساسية لبصمة الوقود المستعمل في النقل /من اعداد الباحث بالاعتماد على الجدول (2)

وبعد حساب البصمة الكربونية من قطاعات النفايات والمرور الجوي العابر والاستعمال للاراضي كانت الكمية الاجمالية للبصمة الكربونية للقطاعات المهمة في المدينة كما في الجدول 4 كالآتي:

جدول (4) خلاصة البصمة الكربونية للمدينة

النسبة %	القيمة طن co2 e	نوع البصمة	ت
50.85%	602,217.599	البصمة الكربونية لاستهلاك الوقود	1
33.33%	394,756.180	البصمة الكربونية لاستهلاك الطاقة الكهربائية	2
7.83%	92,753.308	البصمة الكربونية للطاقة (المولدات)	3
3.18%	37,687.6	البصمة الكربونية لتولد النفايات	4
1.92%	22,703	البصمة الكربونية لتغيير الاستعمال للاراضي	5
2.89%	34,172	البصمة الكربونية للنقل الجوي العابر	6
100%	1,184,289.687	البصمة الكربونية الكلية	6

اعداد الباحث بالاعتماد على الجدوال السابقة



شكل (4) مخطط بياني لمكونات البصمة الكربونية للمدينة/ اعداد الباحث بالاعتماد على جدول 4

وبذلك نستنتج أن مقدار البصمة الكربونية التقريبية لمدينة الكوت للنشاطات المبينة في الجدول (4) في أعلاه وهي استهلاك الطاقة الكهربائية واستهلاك الوقود لأغراض النقل والمولدات الكهربائية وبصمة تولد النفايات وبصمة الكاربون الناتجة من استعمال الأراضي وتغيير استخدامها بلغت (1,184,290 طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون) (T Co2 e) وبقسمتها على عدد سكان الحضر في مدينة الكوت والبالغ 443,136 (الجهاز المركزي للإحصاء، 2018) نسمة يتضح ان البصمة الكربونية للفرد في المدينة 2.67 طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون

هذا وأن النتائج التي تم الحصول عليها هي قيم تقديرية وهي تمثل بعض مصادر الغازات الدفيئة التي يُعتمد عليها في حساب البصمة الكربونية مثل الطاقة الكهربائية والنقل والنفايات وتغيير الاستعمالات لعام 2023 ولم يتم حساب الانبعاثات الناتجة من الأنشطة الصناعية والانتاجية لعدم الوصول الى بيانات دقيقة وفقا لهذه المصادر وتبين من تقدير نتائج البصمة الكربونية ما يأتي

- البصمة الكربونية للفرد في مدينة الكوت وقت المصادر التي تم قياسها تبلغ 2.67 طن/سنة
- كانت بصمة استهلاك الوقود تمثل القيمة الأكبر من بين محركات البصمة الكربونية 602,217.599 وتمثل 50.85% من البصمة الكربونية الاجمالية للمدينة
- بصمة استهلاك الطاقة الكهربائية المجهزة من المحطات الوطنية 394,756.180 وبنسبة 33% من البصمة الكربونية الاجمالية للمدينة
- بصمة الطاقة الكهربائية من المولدات الكهربائية الخاصة 92,753.308 وبنسبة 7.8%
- البصمة الكربونية الناتجة عن تولد النفايات في المدينة 37,687.6 وبنسبة 3.1%
- البصمة الكربونية لاستعمال الأراضي بلغت 22,703 وبنسبة 1.9%
- البصمة الكربونية للنقل الجوي العابر بلغت 34,172 وبنسبة 2.89%

## 9.2. مراحل تحليل GPP و NDVI

تم تقسيم الفترة الزمنية إلى خمس مراحل: (2007-2003، 2012-2008، 2017-2013، 2022-2018، 2023 كمؤشر تقديري) ولكل مرحلة: تم احتساب متوسط NDVI السنوي واحتساب متوسط إنتاجية GPP بالكيلو غرام كربون/م<sup>2</sup>/سنة وتصنيف NDVI إلى خمس فئات لتمثيل الكثافة النباتية واشتقاق خرائط الفرق الزمني (Difference Maps) لرصد تغير الكثافة.

## 9.3. عرض وتحليل النتائج

نستعرض في هذه الفقرة نتائج التحليلات الكمية المستخلصة من تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية، بالإضافة إلى نتائج حساب البصمة الكربونية في مدينة الكوت لعام 2023. كما يتضمن تحليلاً للعلاقة بين مؤشرات الغطاء النباتي NDVI و GPP والانبعاثات الكربونية، لتقييم الفجوة بين الامتصاص والانبعاث

### 9.3.1 تحليل مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي (Normalized Deference) NDVI (Vegetation Index)

يُستعمل NDVI لقياس كثافة الغطاء النباتي من خلال الفرق بين الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) والضوء الأحمر (RED) (Kadhim et al., 2024,p128) واثبت مؤشر NDVI فعاليته في قياس الغطاء النباتي والكشف عن التغيرات الزمانية والمكانية بشكل دقيق (Al-Zurfhi et al., 2021,P417) وقد تم حساب NDVI عبر بيانات Landsat لخمس فترات زمنية (2003–2023). أظهرت النتائج ما يلي:

- بعد تطبيق الكود في الملحق والخاص بحساب مؤشر تصنيف الغطاء النباتي NDVI ومساحة كل صنف لكل سلسلة زمنية كانت القيم كالآتي:-

#### جدول (5) تصنيف الغطاء النباتي ومساحة كل صنف خلال فترة الدراسة

Very Dense Vegetation	Dense Vegetation	Moderate Vegetation	Low Vegetation	Spread Vegetation	NoVeg	الفترة
0	0	0	157.15	5164.5	21165.6	2003–2007
0	0	0	52.94	4004.4	22429.9	2008–2012
0	0	0.76	679.21	6947.4	18859.8	2013–2017
0	0	0.83	1097.00	7684.6	17704.8	2018–2022
0	0	57.68	1461.10	8920.9	16047.6	2023

اعداد الباحث بالاعتماد على نتائج GEE

### 9.3.2 حسابات امتصاص الكربون بواسطة NDVI

- تم تحويل مؤشر الغطاء النباتي الى كمية اجمالية للكربون الممتص من خلال معادلة مقتبسة من دراسة إقليمية (Legesse et al., 2024,P1):-

$$Y = (16.25x) - 1.093$$

$$\text{Carbon}_{\text{ndvi}}(\text{ton/ha}) = (\text{NDVI} * 1.26) - 1.093$$

- تم التعامل مع القيم السالبة بتحويلها إلى صفر لضمان عدم احتساب امتصاص في المناطق القاحلة.

### 9.3.3. إحصاءات امتصاص الكربون NDVI (ton/ha)

وكانت مؤشرات امتصاص الكربون العليا والدنيا والمتوسط بعد تطبيق الكود في الملحق ومعادلة احتساب كمية الكربون بالاعتماد على قيم مؤشر الغطاء النباتي NDVI لكل فترة كالآتي كما في الجدول رقم 5

-:

#### جدول (6) امتصاص الكربون حسب مؤشر الغطاء النباتي NDVI

Carbon_max	Carbon_mean	Carbon_min	الفترة
3.2307	0.2705	0.00	2003– 2007
3.0570	0.1972	0.00	2008– 2012
4.1283	0.4163	0.00	2013– 2017
4.0216	0.5067	0.00	2018– 2022
5.0081	0.6119	0.00	2023

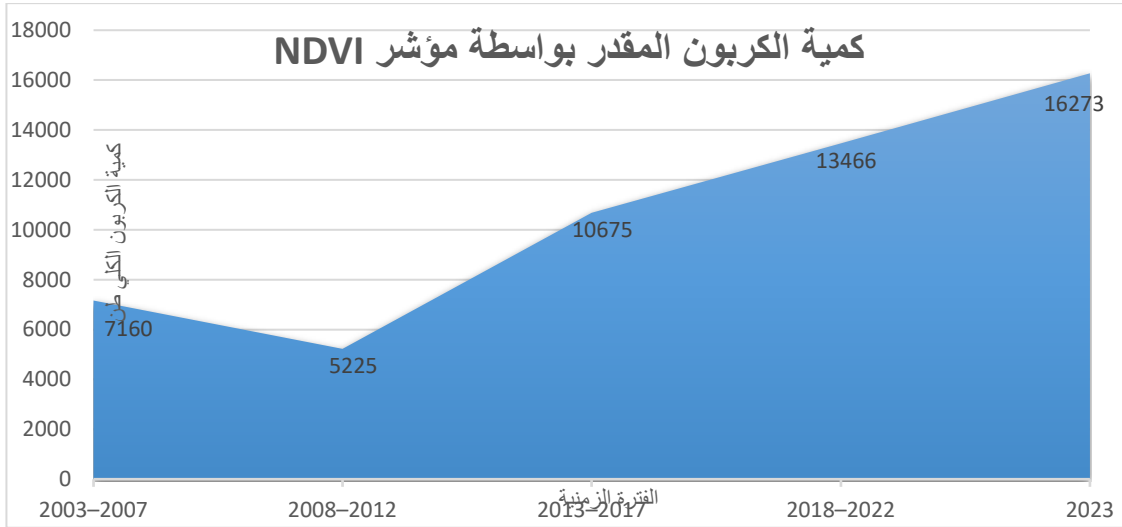
اعداد الباحث بالاعتماد على نتائج GEE

وبذلك تكون كمية الكربون الممتص بعد تطبيق المعادلة ادناه كما في الجدول 7

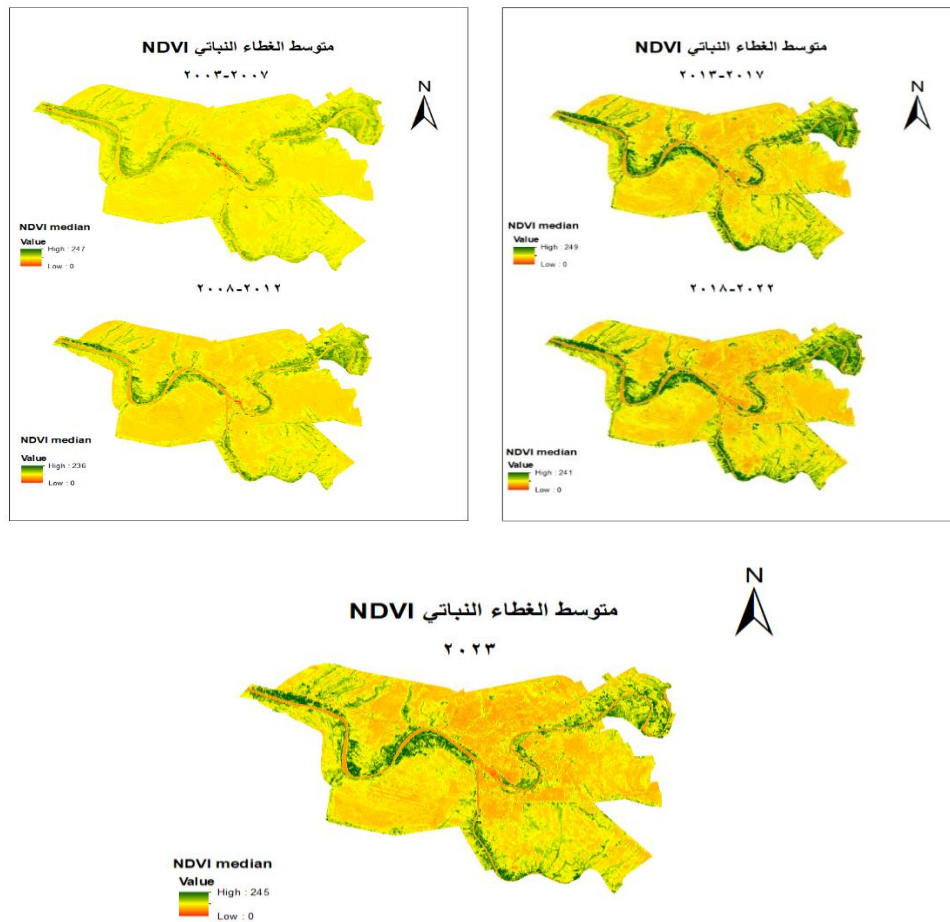
$$\text{Total Carbon} = \sum \text{Area\_total}(\text{ha}) \times \text{Carbon\_mean}$$

#### جدول (7) كمية الكربون الممتص بالاعتماد على نتائج GEE

Total Carbon (ton)	Carbon_mean	Area_total (ha)	الفترة
7160	0.2705	26487.25	2003–2007
5225	0.1972	26487.24	2008–2012
10675	0.4163	25627.77	2013–2017
13466	0.5067	26587.31	2018–2022
16273	0.6119	26586.28	2023



شكل رقم (5) التغيير في كمية الكربون المقدر خلال السلسلة الزمنية بالاعتماد على جدول 7 ومن خلال المرئيات الفضائية المبينة في الشكل 6 ادناه نلاحظ التباين في مؤشر الغطاء النباتي خلال كل فترة



شكل رقم (6) التغيير في مؤشر الغطاء النباتي 2023-2003

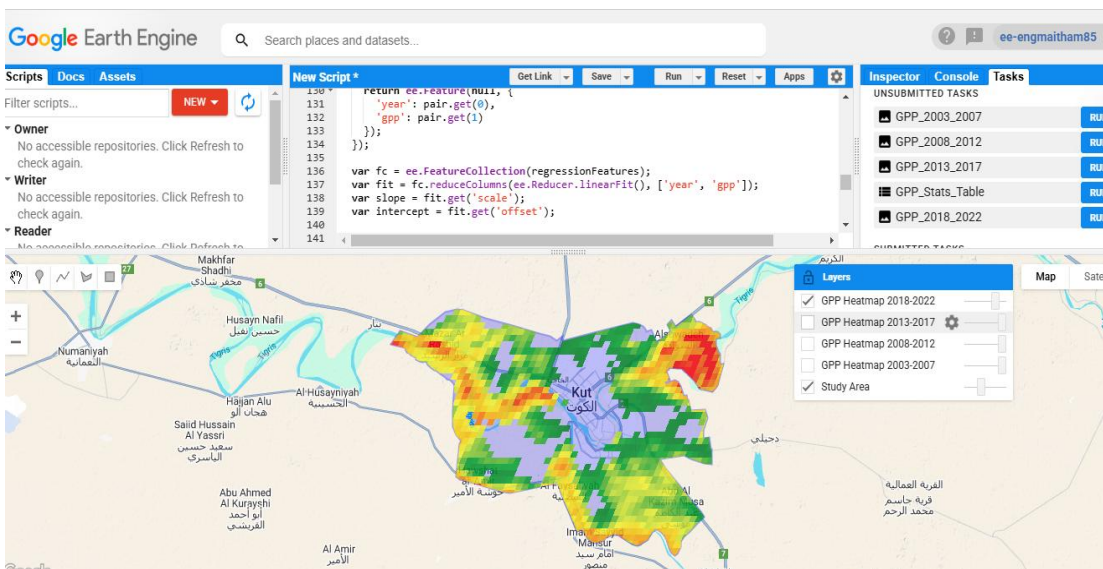
### 9.3.4 تحليل مؤشر GPP

#### 9.3.4.1 تقدير الإنتاجية الأولية الإجمالية عبر الزمن 2003-2023

تم تحليل بيانات التغيرات في الإنتاجية الأولية الإجمالية GPP على شكل متوسطات خماسية (كل 5 سنوات) من 2003 إلى 2023 لمدينة الكوت وتقدير لعام 2023 نظراً لعدم توفر بيانات GPP الكاملة لعام 2023 حيث تم استخلاص القيمة السنوية باستعمال نموذج انحدار خطي مبني على بيانات الفترات الخمسية بين 2003 و2022 باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد عبر منصة Google Earth Engine التي تم استعمالها لتجميع وتحليل بيانات GPP بفضل قدرتها على التعامل مع السلاسل الزمنية الطويلة، بالإضافة إلى توفير واجهات مرئية وسحابية تسمح بإجراء التحليلات الطيفية والمعالجة الحسابية بكفاءة عالية بالاعتماد على بيانات منتج MOD17A2H التابع لمجموعة بيانات MODIS، والذي يوفر قياسات شبه شهرية للإنتاجية الأولية الإجمالية (GPP). وتمت معالجة هذه البيانات عبر منصة Google Earth Engine لحساب المتوسطات السنوية للفترات الزمنية المختلفة، باستخدام معاملات تحويل معتمدة علمياً، وبتطبيق أفقعة واقعية للقيم الشاذة. حيث تُعد هذه المنهجية دقيقة وموثوقة ضمن المستوى المكاني المتوسط (500م)، وتتماشى مع الأساليب المعتمدة في الدراسات البيئية الحضرية المشابهة وتم اعتماد وحدة القياس  $kgC/m^2/year$  مع اعتماد قناع إحصائي للقيم الواقعية في حدود  $(0 - 5 kgC/m^2/year)$  ، بهدف استبعاد القيم الشاذة وغير التمثيلية ولضمان تمثيل دقيق للمناطق الزراعية الكثيفة وقد تم استخدام معامل التحويل المعتمد من NASA MODIS (46 دورة في السنة  $\times 8$  أيام) لغرض تحويل قيم GPP من  $gC/m^2/8days$  إلى  $kgC/m^2/year$  من خلال ضرب المتوسط السنوي بعدد الفترات الزمنية في السنة (46 فترة تقريباً)، وهو ما وفر تمثيلاً أدق لمعدل امتصاص الكربون الفعلي وقد أظهرت النتائج تطوراً تدريجياً في قيم GPP ، كما هو موضح في أدناه وأشكال تطور الغطاء النباتي لسنوات الدراسة والمبينة في الملحق رقم 1

المعادلة لحساب الكربون الكلي الممتص:

$$\text{إجمالي الكربون الممتص} = \text{GPP السنوي} \times \text{المساحة} \times \text{عدد السنوات} \div 1000$$



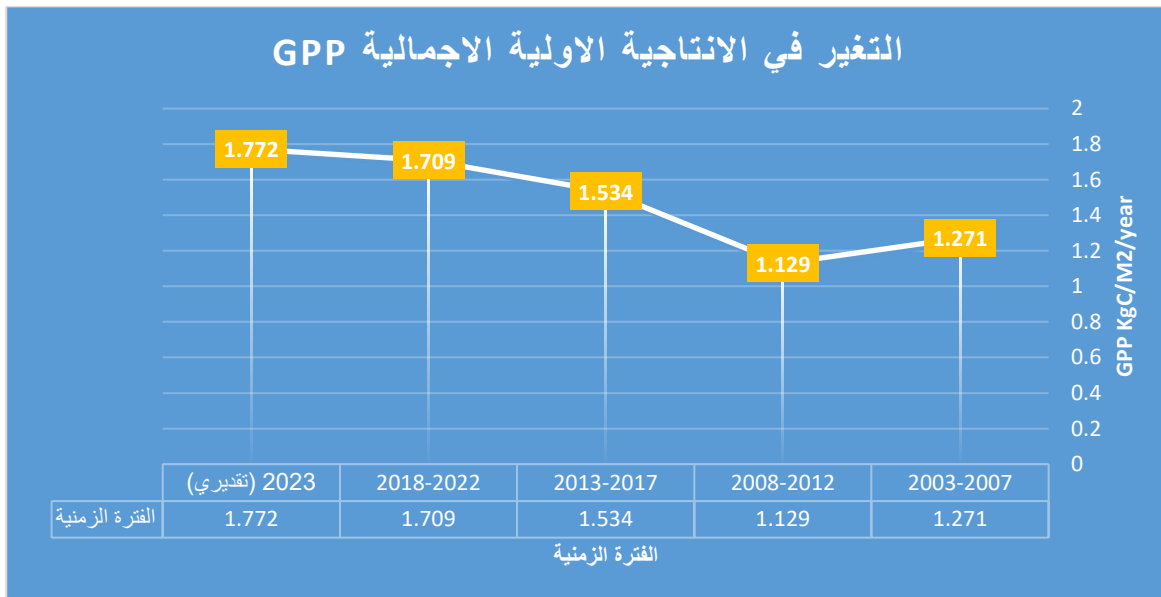
شكل (7) /صورة لواجهة منصة GEE موضح فيها منطقة الدراسة

وعند تطبيق الكود المستعمل لحساب قيم مؤشر GPP نحصل على النتائج المبينة في الجدول 7 ادناه

جدول (7) نتائج الكود في الملحق المستخدم في حساب GPP عبر منصة GEE

الفترة	GPP _min (kgC/m <sup>2</sup> /y r)	GPP _mean (kgC/m <sup>2</sup> /y r)	GPP _max (kgC/m <sup>2</sup> /y r)	GPP _mean (tonC/ha/y r)	GPP _max (tonC/ha/y r)
2003– 2007	0.084	1.271	2.630	12.71	26.30
2008– 2012	0.092	1.129	2.598	11.29	25.98
2013– 2017	0.088	1.534	2.845	15.34	28.45
2018– 2022	0.094	1.709	2.956	17.09	29.56
2023	–	1.772	–	17.72	–

وبتمثيل نتائج المؤشر gpp mean في المؤشر البياني نلاحظ ارتفاع نسبي للمؤشر خلال فترة الدراسة كما في الشكل 8 ادناه



شكل (8) تمثيل بياني لتغير قيم الإنتاجية الأولية الاجمالية/اعداد الباحث بالاعتماد على نتائج جدول 7

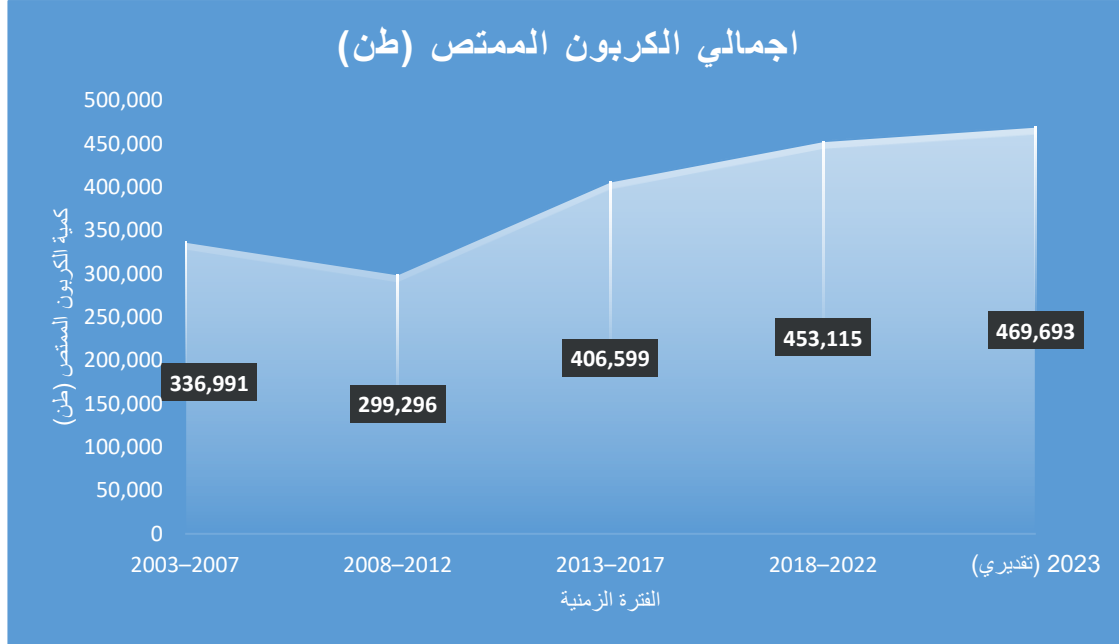
### 9.3.4.2. إجمالي الكربون الممتص

بالاعتماد على قيمة مؤشر gpp الذي تم الحصول عليه والمساحة يمكن الحصول على قيم الكربون الذي يتم امتصاصه خلال كل فترة وكما مبين في الجدول 8 ادناه

جدول(8) إجمالي الكربون الممتص ومقدار التغير عبر الزمن

الفترة	إجمالي الكربون الممتص (طن)	التغير في الكربون الممتص (طن)
2003–2007	336,990.97	—
2008–2012	299,295.53	-37,695.44
2013–2017	406,599.44	+107,303.91
2018–2022	453,115.48	+46,516.04
2023 تقديري	469,692.61	+16,577.13

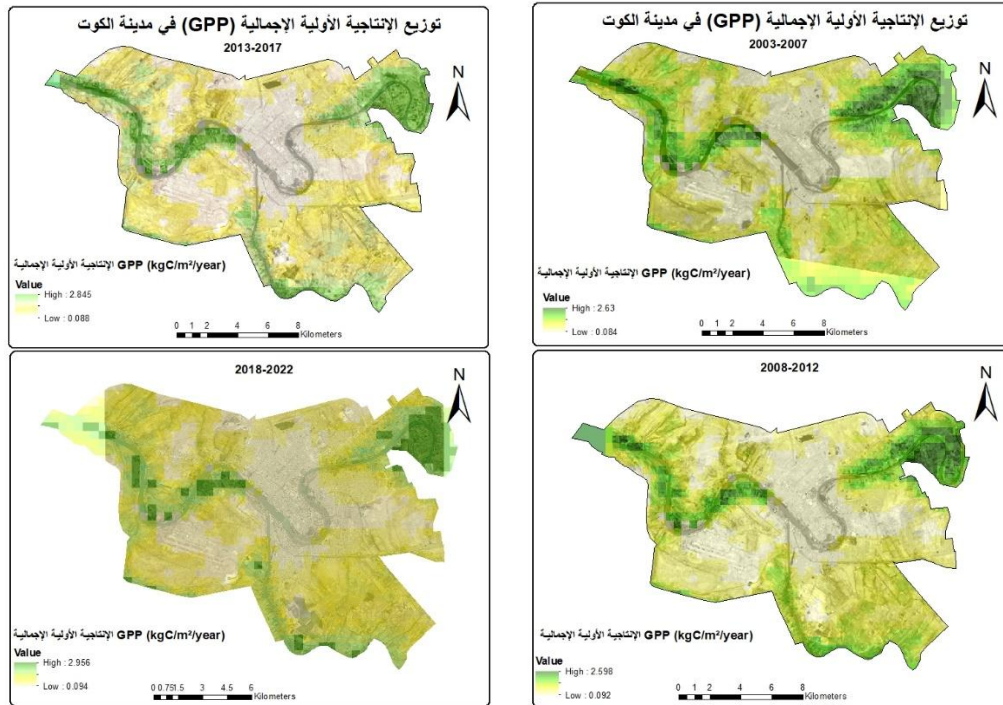
حيث يلاحظ من التمثيل البياني للجدول رقم 8 وكما مبين في الشكل 9 ادناه ارتفاع قيم الكربون الممتص بالاعتماد على الزيادة في قيمة مؤشر gpp



شكل(9) التمثيل البياني لتغير إجمالي الكربون الممتص/ من اعداد الباحث بالاعتماد على نتائج جدول 8

تم حساب الكمية الكلية للكربون الممتص (بالأطنان) خلال الفترات الخمسية بناءً على متوسط مؤشر GPP (الإنتاجية الأولية الإجمالية) ومساحة منطقة الدراسة البالغة حوالي 265 كم<sup>2</sup> وظهرت النتائج أن إجمالي الكربون الممتص بلغ حوالي 336,991 طن خلال الفترة 2003-2007، ثم انخفض بنسبة 14.2% في الفترة 2008-2012 إلى نحو 299,296 طن، مما قد يُعزى إلى عوامل بيئية أو تدهور في الغطاء النباتي نتيجة الضغط الحضري وقد يرتبط بظروف مناخية قاسية غير ملائمة أو تراجع النشاط الزراعي، بعد ذلك، شهدت الفترة 2013-2017 ارتفاعاً حاداً بنسبة 40% لتصل الكمية إلى أكثر من 406,599 طن، مما يعكس توسعاً في النشاط النباتي وتحسناً في الإنتاجية. تواصل التحسن بشكل معتدل في الفترة 2018-2022 بنسبة 17.5% وبلغ الكربون الممتص قرابة 453,115 طن. وتم استخلاص بيانات سنة 2023 باستعمال الانحدار الخطي بناءً على المتوسطات الزمنية السابقة حيث تم تقدير الكربون الكلي لعام 2023 بنحو 469,693 طن، بزيادة إضافية 6.3% مما يشير إلى استقرار في تحسّن الغطاء النباتي وقدرته على امتصاص الكربون.

و بلغ إجمالي الزيادة بين أول وآخر فترة +0.501 kgC/m<sup>2</sup>/year في متوسط GPP، و+132,701 طن من الكربون الممتص.



شكل (10) تباين مؤشر الإنتاجية الأولية الإجمالية لمدينة الكوت 2022-2003

#### 9.4. التحليل البيئي وصافي الكربون

من خلال مقارنة الكربون الناتج عن الأنشطة البشرية (من القطاعات المختلفة) مع كمية الكربون الممتص من قبل الغطاء النباتي (GPP)، يمكن احتساب صافي البصمة الكربونية للمدينة. وقد تبين أن هناك تحسناً نسبياً في التوازن الكربوني خلال السنوات الأخيرة، فعلى الرغم من تزايد الانبعاثات مع توسع الأنشطة، إلا أن ارتفاع قيم NDVI و GPP يشير إلى تحسن في قدرة المدينة على التكيف البيئي. هذه المعطيات تشجع على المزيد من السياسات التي تدعم التوسع الأخضر والتشجير بما يحقق توازناً أفضل بين الانبعاثات وامتصاص الكربون حيث بلغت انبعاثات المدينة من الأنشطة البشرية نحو 1,184,290 طن عام 2023 بينما بلغ معدل الامتصاص البيئي للكربون نحو 470 ألف طن عام 2023، ما يعني وجود عجز بيئي يقدر بـ 714,290 طن في عام 2023 هذا العجز يشير إلى الفجوة الكربونية للمدينة ويشير إلى ضرورة تعزيز التوازن الكربوني عبر استراتيجيات وحلول بيئية حيث تُظهر هذه النتائج وجود اختلال حاد بين كمية الانبعاثات والقدرة الامتصاصية للمناطق الخضراء. حتى مع تحسن مؤشرات NDVI و GPP، ما تزال الفجوة كبيرة جداً، مما يشير إلى الحاجة لتعزيز التشجير الحضري بشكل مكثف

#### 10. الاستنتاجات العامة

توصّلت الدراسة من خلال الدمج بين التحليل المكاني باستعمال تقنيات الاستشعار عن بُعد، وتقدير الانبعاثات الكربونية استناداً إلى بيانات الاستهلاك المحلي، إلى النتائج التالية:

1. ارتفاع مستوى الانبعاثات الكربونية في مدينة الكوت بلغ إجمالي الانبعاثات الكربونية الناتجة عن الأنشطة البشرية في مدينة الكوت لعام 2023 نحو 1,184,289.687 طن مكافئ CO<sub>2</sub>، وهي قيمة مرتفعة تعكس عبئاً بيئياً كبيراً نتيجة الاعتماد المكثف على الوقود الأحفوري في النقل وتوليد الكهرباء.
2. ضعف قدرة الغطاء النباتي الحالي على تعويض الانبعاثات أظهرت مؤشرات NDVI و GPP أن إجمالي الكربون الممتص من قبل الغطاء النباتي في المدينة لا يتجاوز 469.693 طن كربون سنوياً، أي ما يعادل 0.4% فقط من إجمالي الانبعاثات، وهو ما يشير إلى تحديات بيئية مستقبلية وفجوة بيئية حرجة تتطلب تدخلاً عاجلاً.
3. تحسن طفيف في الإنتاجية النباتية GPP في الفترات الأخيرة لوحظ تحسن ملحوظ في مؤشر GPP و NDVI خلال السنوات العشرة الأخيرة حيث سجل مؤشر GPP تحسناً ملحوظاً خلال الفترة (2018-2023)، مما قد يُعزى إلى توسع الزراعة في الأطراف أو تحسن الظروف المناخية أو زيادة الكثافة العمودية للغطاء الشجري، إلا أن هذه الزيادة لا تزال غير كافية لموازنة الانبعاثات ولوحظ أن مدينة الكوت، على الرغم من طابعها الحضري، تحتفظ بمستوى إنتاجي نباتي ملحوظ، ما يعزز من قدرتها على امتصاص الكربون وتخفيض اثار البصمة الكربونية الناتجة عن الأنشطة البشرية، وتعد قيم GPP المتزايدة مؤشراً إيجابياً على فعالية المناطق الخضراء في امتصاص الكربون والتخفيف من آثار التوسع الحضري على البيئة المحلية ويمكن اعتماد GPP كمؤشر حيوي لرصد وتحسين أداء النظم النباتية الحضرية ضمن سياسات التكيف مع تغيّر المناخ وتعزيز الاستدامة البيئية.
4. كما بيّنت الدراسة أن المناطق ذات الغطاء النباتي المتصل (مثل الأحزمة الزراعية والمساحات الخضراء الحضرية) أظهرت قدرة امتصاصية أعلى للكربون، مقارنة بالمناطق المفككة أو المفتقرة للتشجير. هذه النتائج تبرز الحاجة إلى تبني سياسات تخطيط عمراني أكثر اخضراراً، تشمل توسيع رقعة الزراعة الحضرية، وزيادة التشجير في الأحياء السكنية، وتعزيز التكامل بين المساحات الخضراء والمائية.

## 11. توصيات لتعزيز دور المناطق الخضراء وتقليل البصمة الكربونية.

استناداً إلى نتائج التحليل، توصي الدراسة بما يلي:

### 1. توسيع وتكثيف المناطق الخضراء داخل مدينة الكوت

دعم سياسات التخضير الحضري وزيادة التشجير في الأحياء السكنية والحفاظ على الغطاء النباتي القائم وتوسيعه، لا سيما على ضفاف الأنهار والمناطق غير المستغلة من خلال زيادة زراعة الأشجار متعددة الأنواع والطبقات في الحدائق العامة، والمناطق المفتوحة، والمداخل الحضرية، مع اعتماد أنواع محلية مقاومة للجفاف وذات كفاءة امتصاص عالية للكربون وضرورة تبني سياسات زراعية حضرية تشجع على زيادة كثافة الأشجار وإعادة العمل بمشروع الحزام الأخضر للمدينة الذي توقف العمل به منذ 10 سنوات لاسباب مالية وتعاقدية.

### 2. الحاجة إلى إدماج البعد البيئي ضمن التخطيط الحضري

أثبتت الدراسة أن المناطق الخضراء وخصوصاً الأشجار تمتلك قدرة امتصاص كربوني تفوق بكثير النباتات المنخفضة أو المؤقتة، مما يعزز أهمية التخطيط الأخضر ضمن السياسات الحضرية المعاصرة حيث تلعب المناطق الخضراء في المناطق الحضرية دوراً متزايداً في امتصاص الكربون والتخفيف من الانبعاثات تراكيز الغازات الدفيئة ترتبط عكسياً مع كثافة الغطاء النباتي، ما يؤكد أهمية التشجير الحضري.

### 3. إدماج مؤشرات NDVI و GPP في التخطيط الحضري البيئي

يجب أن تُدرج مؤشرات الاستشعار عن بعد كمقياس لتقييم الأداء البيئي للأحياء السكنية والبلديات، مما يساهم في اتخاذ قرارات مبنية على بيانات كمية محدثة وإنشاء خرائط دورية لمتابعة GPP و NDVI ضمن الخطط الحضرية.

### 4. إطلاق مبادرات تشجير مدني ومجتمعي

تعزيز دور المجتمع والقطاع الخاص في التشجير من خلال حملات تطوعية، وحوافز ضريبية، وتسهيلات تنظيمية لزراعة الأشجار في الساحات والأراضي غير المستغلة ودعم استراتيجيات المدن الخضراء ومشاريع التبريد المناخي عبر الغطاء النباتي.

### 5. التحول إلى مصادر طاقة أقل كربوناً

تشجيع استعمال الطاقة الشمسية في الإنارة العامة والمباني الحكومية، والتحول التدريجي نحو مركبات صديقة للبيئة في قطاع النقل العام وتقليل الاعتماد على المولدات الأهلية عبر تطوير البنية التحتية للطاقة النظيفة.

### 6. إنشاء مراكز لمراقبة الأداء البيئي

يُوصى بإنشاء وحدة محلية متخصصة لرصد مؤشرات البيئة الحضرية في الكوت، وتحديث خرائط الغطاء النباتي والبصمة الكربونية بشكل دوري وإنشاء قاعدة بيانات مركزية لكل حديقة حضرية لتقييم المساهمة الكربونية ودمج المؤشرات البيئية في قرارات التخطيط العمراني للمدينة ومؤشرات الأداء البلدي.

### 7. دمج التربية البيئية في المدارس والجامعات

بهدف نشر الوعي العام بأهمية المناطق الخضراء، وأثرها في التخفيف من تغير المناخ، وتشجيع الأجيال الجديدة على تبني سلوكيات مستدامة.

### 8. فرض ضريبة بيئية للمشاريع والمنشآت

من خلال فرض ضرائب على المشاريع العاملة في المدينة والمنشآت الصناعية تخصص مبالغها لاستحداث غابات أو احزمة خضراء ضمن حدود المدينة وكذلك تخصيص نسبة محددة من التخصيصات الواردة للمحافظة (تنمية أقاليم، بترودولار، منافذ حدودية، مساهمات اجتماعية) للمشاريع البيئية ولا سيما الغابات.

### المصادر العربية

- ابو رحيل, ع. ا. م. (2021). تقييم دور المناطق الخضراء في التأثير على المناخ المحلي لمدينة كربلاء. *Al-Adab Journal*, 45, 263–282. <https://doi.org/10.31973/aj.v0i45.2604>
- احمد, ع. ا. (2016). الاستراتيجية المستقبلية للبيئة الحضرية. *مجلة التخطيط والتنمية*, 34.
- الجهاز المركزي للإحصاء. (2018). *تقديرات سكان العراق*.
- العلال, م. ا. ع. ر. (2016). تلوث الهواء داخل المباني واثره في صحة الشاغلين. *مجلة المخطط والتنمية*, 34(1), 4.
- الكنان, ع. ش., & نجم, ح. ح. (2017). تقييم توزيع المناطق الخضراء في مدينة الديوانية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (القطاع الثاني كنموذج). *مجلة المخطط والتنمية*, 22(2).
- حمد الحمد, ج. ح. (2025). The impact of the green belt in obstruction air pollutants in the holy city of Karbala. <https://doi.org/996-983X>
- صالح, ه. م. (2014). *تلوث الهواء*.
- عبد الباري, ا. ش. (2021). *البصمة الكربونية وانعكاساتها على استدامة المدن*.
- عبد الوهاب, ع. ز., & علوان, ك. ح. (2024). دور المناطق الخضراء في الحد من التلوث الجوي في مدينة كربلاء. *مجلة التخطيط والتنمية*, 29(2), 91.
- Al-Zurfhi, H. R. J., Al-Jassani, N. A., & Al-Shammari, H. M. (2021). تقنياتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في كشف وتحليل التغير في الغطاء النباتي في محافظة النجف الاشراف باستخدام مؤشر (Ndvi) و- (411). *Al-Adab Journal*, 2(139), 436. <https://doi.org/10.31973/aj.v3i139.2296>

### المصادر الاجنبية

- Abdalnabi Abbas, M. (2025). The impact of air pollution on human health in the city of Baghdad: Towards achieving sustainable development goals through adopting smart city solutions. *E3S Web of Conferences*, 633, 7017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202563307017>
- AHMETOĞLU, S., & TANIK, A. (2020). Management of Carbon Footprint and Determination of GHG Emission Sources in Construction Sector. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 7(2), 191–204. <https://doi.org/10.30897/ijgeo.726913>
- Deyoung, R., Epa, U. S., & Lead, G. I. (2022). *Communities*.
- EEA. (2025). *تخطيط البنية التحتية الحضرية الخضراء والزرقاء*. 6–1. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/green-spaces-and-corridors-in-urban-a>
- 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.



<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.12.008>

- IPCC. (2022). *Climate Change 2022*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Isa, N. A., Mohd, W. R. W., & Salleh, S. A. (2017). The Effects of Built-Up and Green Areas on the Land Surface Temperature of the Kuala Lumpur City. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 107–112. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:134480211>
- Ismael, A., Nema, S., & Al Ameen, J. (2019). Ecological Footprint and Sustainability of Baghdad City. *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences*, 26, 112–123. <https://doi.org/10.33261/jaaru.2019.26.3.013>
- Kadhim, S. H., Al-Jawari, S. M., & Hasach, N. A. R. (2024). Analyzing Earth's Surface Temperatures with Relationship to Land Urban Land Cover (LULC) to Enhance Sustainability. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 19(1), 123–130. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.190110>
- Kh Alrikabi, N., & Almosherefawi, O. J. (2021). Reality analysis of the state of spatial distribution of green areas using geographic information systems (GIS) – The holy city of Najaf as a case study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 754(1), 12009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/754/1/012009>
- Legesse, F., Degefa, S., & Soromessa, T. (2024). Estimating carbon stock using vegetation indices and empirical data in the upper awash river basin. *Discover Environment*. <https://doi.org/10.1007/s44274-024-00165-8>
- Mirhussein, H. A., & Ali Al-Rikabi, N. K. M. (2019). The city's ecological applications and standards in ALAMARA city. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 518(2), 022036. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/518/2/022036>
- Nowak, D. J., Greenfield, E. J., Hoehn, R. E., & Lapoint, E. (2013). Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution*, 178, 229–236. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.019>
- Omda, A. El. (2023). هدف حياد الكربون كالتزام دستوري على الدول والشركات. *مجلة افاق المناخ المصرية*, July.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., Phillips, O. L., Shvidenko, A., Lewis, S. L., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Pacala, S. W., McGuire, A. D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S., & Hayes, D. (2011). A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. *Science*, 333(6045), 988–993.





<https://doi.org/10.1126/science.1201609>

- Paudel, S., & States, S. L. (2023). Urban green spaces and sustainability: Exploring the ecosystem services and disservices of grassy lawns versus floral meadows. *Urban Forestry & Urban Greening*, 84, 127932. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127932>
- UN Habitat. (2020). *Share of green areas and green area per capita in cities and urban areas 1990 - 2020*.
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of 'carbon footprint.' *Ecological Economics Research Trends*, 1(2008), 1–11.

ضمن منصة (GPP) لحساب مؤشر الإنتاجية الأولية الإجمالية JavaScript ملحق رقم 1 الكود البرمجي بلغة  
Google Earth Engine

- تحميل منطقة الدراسة

```
var study_area = ee.FeatureCollection("projects/ee-engmaitham85/assets/2013-2023");  
var study_area_geom = study_area.geometry();  
Map.centerObject(study_area, 11);  
Map.addLayer(study_area, {color: 'blue'}, 'Study Area');  
var gppStatsFeatures = CSV لتخزين النتائج في جدول
```

- الفترات الزمنية

```
var periods = [  
  [2003, 2007],  
  [2008, 2012],  
  [2013, 2017],  
  [2018, 2022]];
```

- قوائم لتخزين النتائج

```
var periodLabels = [];  
var meanValues = [];
```

- وإحصائياتها GPP الدالة الرئيسية لحساب

```
function calculateGPP(startYear, endYear) {  
  var dataset = ee.ImageCollection("MODIS/006/MOD17A2H")  
    .filterDate(startYear + '-01-01', endYear + '-12-31')  
    .filterBounds(study_area_geom)  
    .select("Gpp");
```

```
var meanImage = dataset.mean().multiply(46).divide(1000); // GPP إلى  
kgC/m2/year
```

- قناع محسّن: بين 0 و 5



```
meanImage =  
meanImage.updateMask(meanImage.gt(0).and(meanImage.lte(5.0)));
```

- **إحصائيات GPP: الأدنى، الأعلى، المتوسط**

```
var stats = meanImage.reduceRegion({  
  reducer: ee.Reducer.minMax().combine({  
    reducer2: ee.Reducer.mean(),  
    sharedInputs: true  } ),  
  geometry: study_area_geom,  
  scale: 500,  
  maxPixels: 1e13  });
```

- **عدد البكسلات**

```
var countPixels = meanImage.reduceRegion({  
  reducer: ee.Reducer.count(),  
  geometry: study_area_geom,  
  scale: 500,  
  maxPixels: 1e13  
}).get("Gpp");  
countPixels.evaluate(function(c) {  
  print("عدد البكسلات للفترة " + startYear + "-" + endYear + ": ", c);  });  
stats.evaluate(function(res) {  
  var label = startYear + "-" + endYear;  
  print("إحصائيات GPP للفترة " + label + " ");  
  print("GPP الأدنى: ", res['Gpp_min']);  
  print("GPP الأعلى: ", res['Gpp_max']);  
  print("GPP المتوسط: ", res['Gpp_mean']);  
  periodLabels.push(label);  
  meanValues.push(res['Gpp_mean']);  
var feature = ee.Feature(null, {  
  'الفترة': label,  
  'GPP_min': res['Gpp_min'],  
  'GPP_max': res['Gpp_max'],  
  'GPP_mean': res['Gpp_mean']});  
gppStatsFeatures.push(feature);  
if (meanValues.length === 4) {  
  estimate2023AndExport();
```

- **تصدير جدول GPP للفترات السابقة**

```
var gppStatsTable = ee.FeatureCollection(gppStatsFeatures);  
Export.table.toDrive({  
  collection: gppStatsTable,
```

```
description: 'GPP_Stats_Table',  
fileFormat: 'CSV',  
folder: 'GEE_Exports'}); } });
```

- عرض الخريطة الحرارية

```
var percentiles = meanImage.reduceRegion({  
reducer: ee.Reducer.percentile([1, 99]),  
geometry: study_area_geom, scale: 500,  
maxPixels: 1e13 });  
percentiles.evaluate(function(p) {  
if (p && p["Gpp_p1"] !== undefined && p["Gpp_p99"] !== undefined) {  
var vis = {  
min: p["Gpp_p1"],  
max: p["Gpp_p99"],  
palette: ['green', 'yellow', 'orange', 'red'] };  
Map.addLayer(meanImage.clip(study_area_geom), vis, "GPP Heatmap " +  
startYear + "-" + endYear); } });
```

- تصدير الصورة

```
Export.image.toDrive({  
image: meanImage.clip(study_area_geom).reproject({  
crs: 'EPSG:32638',  
scale: 500 }},  
description: "GPP_" + startYear + "_" + endYear,  
folder: "GEE_Exports",  
fileNamePrefix: "GPP_" + startYear + "_" + endYear,  
region: study_area_geom,  
scale: 500,  
maxPixels: 1e13,  
fileFormat: "GeoTIFF" });}
```

- لعام 2023 + الرسم البياني GPP تقدير

```
function estimate2023AndExport() {  
var yearsMid = [2005, 2010, 2015, 2020];  
var gppArray = ee.Array(meanValues);  
var regressionPoints = ee.Array(yearsMid).toList().zip(gppArray.toList());  
var regressionFeatures = regressionPoints.map(function(pair) {  
pair = ee.List(pair);  
return ee.Feature(null, {  
'year': pair.get(0),  
'gpp': pair.get(1) }); });
```

```
var fc = ee.FeatureCollection(regressionFeatures);
var fit = fc.reduceColumns(ee.Reducer.linearFit(), ['year', 'gpp']);
var slope = fit.get('scale');
var intercept = fit.get('offset');
var gpp_2023 = ee.Number(slope).multiply(2023).add(intercept);
gpp_2023.evaluate(function(val) {
  print("تقدير GPP 2023 لعام: ", val);
  var area_m2 = study_area_geom.area();
  area_m2.evaluate(function(areaVal) {
    for (var i = 0; i < periodLabels.length; i++) {
      (function(label, gppVal) {
        var total_kg = ee.Number(gppVal).multiply(areaVal);
        var total_tons = total_kg.divide(1000);
        total_tons.evaluate(function(t) {
          print("إجمالي الكربون الممتص في الفترة" + label + ": " + t.toFixed(2) + "
طن");
        });
      })(periodLabels[i], meanValues[i]);
    }
    var total_kg_2023 = ee.Number(gpp_2023).multiply(area_m2);
    var total_tons_2023 = total_kg_2023.divide(1000);
    total_tons_2023.evaluate(function(t2023) {
      print("إجمالي الكربون الممتص في الفترة 2023 (تقديري): " + t2023.toFixed(2) + "
طن");
    });
  });
  periodLabels.push("2023 (تقديري)");
  meanValues.push(val);
}

var chart = ui.Chart.array.values({
  array: meanValues,
  axis: 0,
  xLabels: periodLabels
}).setOptions({
  title: 'بين 2003 و 2023 GPP (kgC/m2/year) تغير',
  hAxis: { title: 'الفترة الزمنية' },
  vAxis: { title: 'GPP (kgC/m2/year)', minValue: 0 },
  lineWidth: 3,
  pointSize: 6,
  series: { 0: { color: 'green' } }
});
print(chart);
```

- تنفيذ لكل الفترات

```
periods.forEach(function(p) {
  calculateGPP(p[0], p[1])
})
```