



خرائط التنبؤ بملوثات تغير المناخ باستخدام تطبيق (Geoxp) المدعم بالذكاء الاصطناعي

دراسة تطبيقية على العراق للمدة (٢٠٠٠-٢٠٢٥-٢٠٥٠)

أ.د. احمد محمد جهاد الكبيسي<sup>١</sup>      أ.د. عبير يحي احمد الساكني<sup>٢</sup>

الملخص:

يهدف البحث الى استخدام تطبيق (Geoxp) "التعرض التراكمي لتغير المناخ" في أي مكان وفي أي وقت للمدة الزمانية (١٩٥٦ - ٢٠٩٥)، يعرض تطبيق الويب المؤشر التراكمي ل(١١) خطر مناخي:(الاحتباس الحراري، الجفاف، موجات الحر، الحرائق، هطول الأمطار، الفيضانات، العواصف، ندرة المياه، ارتفاع مستوى سطح البحر، التغيرات في الغطاء الأرضي الطبيعي، كيمياء المحيطات). يظهر في ظل ثلاثة سيناريوهات بديلة. التخفيف القوي (RCP 2.6)، التخفيف المعتدل (RCP4.5)، العمل كالمعتاد (RCP8.5)، تم استخدام المنهج التجريبي للسيناريوهات البديلة للتغير في المخاطر حسب السنة على خريطة العراق للمدة (٢٠٠٠-٢٠٢٥-٢٠٥٠) لمراقبة مدى التغير في اسوء حالة (١) او مقدار الانخفاض (-١)، يتوصل البحث الى ان تطبيقات الويب المدعمة بالذكاء الاصطناعي قد أحدثت انتقاله نوعية في تحليل الخرائط وقراءة البيانات الزمكانية، تم مراقبة اختلاف نسبة التغير لكل من المخاطر المناخية مقارنة بين السنوات. يوصي البحث بأهمية التطبيق في الدراسات الجغرافية لاسيما في تحليل الخرائط والبيانات المناخية، كما يمكن استعراض خريطة العالم لمشاهدة المؤشر التراكمي لتغير المناخ بحسب السيناريوهات الثلاثة البديلة. وبالتالي معرفة حجم المخاطر لاتخاذ القرارات الصائبة للحد منها ومعالجتها. **الكلمات المفتاحية:** خرائط تفاعلية ; ذكاء اصطناعي ; تطبيقات الويب; تلوث بيئي; مناخ

### Predictive Maps of Climate Change Pollutants Using the AI-powered Geoxp Application

An Applied Study on Iraq for the Period (2000–2025–2050)

Prof. Dr. Ahmed Mohammed Jihad Al-Kubaisi – Prof. Dr. Abeer Yahya

Ahmed Al-Sakini

[dr.ahmedm.jihad@gmail.com](mailto:dr.ahmedm.jihad@gmail.com)

[Dr.abeer.y.sakini@uomustansiriyah.edu.iq](mailto:Dr.abeer.y.sakini@uomustansiriyah.edu.iq)

#### Abstract:

This research aims to utilize the Geoxp application for "cumulative exposure to climate change" anywhere and at any time for the period 1956–2095. The web application displays the cumulative index for 11 climate hazards: global warming, drought, heat waves, wildfires, rainfall, floods, storms, water scarcity,

<sup>١</sup> وزارة التربية، المديرية العامة لتربية الانبار، قسم تربية الفلوجة، الاشراف التربوي

<sup>٢</sup> الجامعة المستنصرية، كلية التربية، قسم الجغرافية

sea-level rise, changes in natural land cover, and ocean chemistry. It presents these hazards under three alternative scenarios: strong mitigation (RCP 2.6), moderate mitigation (RCP 4.5), and business as usual (RCP 8.5). An experimental approach was used to analyze the alternative scenarios for risk changes by year on a map of Iraq for the period 2000–2025–2050 to monitor the extent of change in the worst-case scenario (1) or the amount of reduction (-1). The research concludes that AI-powered web applications have revolutionized map analysis and the interpretation of spatiotemporal data. The variation in the rate of change for each climate hazard was monitored across the years. The research recommends the application of this technology in geographical studies, particularly in analyzing maps and climate data. A world map can be viewed to see the cumulative climate change index according to the three alternative scenarios, thus enabling an understanding of the risks and facilitating informed decision-making to mitigate and address them. **Keywords:** Maps; Artificial Intelligence; Web Applications; Environmental Pollution; Climate

#### المقدمة:

يُمثل تغيّر المناخ أحد التحديات الرئيسية في عصرنا الحالي، نظراً لآثاره المتعددة على البيئة، ومن هنا تبرز الحاجة إلى تبني منهجيات قائمة على التحليل الديناميكي لرصد التغيرات المناخية، في هذا السياق، يُعد دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع ونظم المعلومات الجغرافية ( Geographic Information Systems – GIS) نقلة نوعية في مجال المراقبة البيئية، حيث تتيح هذه التقنيات تحليل البيانات المكانية-الزمانية بفاعلية. ومن بين التطبيقات التقنية، هو تطبيق GeoXP المدعوم بالذكاء الاصطناعي بإمكانات كبيرة في إنشاء نماذج تنبؤية دقيقة لتوزيع الملوثات البيئية، مع تحديد أنماطها الزمانية والمكانية عبر مقاييس زمنية مختلفة. يستهدف بحثنا تحليل أنماط تلوث الهواء المرتبطة بالتغيّر المناخي في العراق، وتعتمد المنهجية على توظيف تقنيات GeoXP لإنشاء خرائط تنبؤية عالية الدقة لمستويات التلوث، وذلك عبر ثلاث فترات زمنية: مرحلة أساسية (عام ٢٠٠٠) كمحور مرجعي، ومرحلة الرصد الحالي (عام ٢٠٢٥) لتحليل الواقع. ومرحلة التوقعات المستقبلية (عام ٢٠٥٠) لتقييم السيناريوهات المحتملة. تكمن الأهمية العلمية لهذا البحث كونه يوفر رؤى استباقية حول تطور التلوث المناخي. كما تساهم النتائج في تعزيز القدرات التخطيطية للجهات الحكومية، لوضع استراتيجيات التكيف مع التغيّر المناخي في المناطق الهشة بيئياً مثل العراق. ولذلك سيناقدش البحث استكشاف الأدوات والمنهجية التحليلية في ضوء قاعدة البيانات التفاعلية، عبر محورين الأول يتناول خرائط التنبؤ وتغير المناخ والثاني الخلفية المعلوماتية لتطبيق (GeoXP). إذ تفتقر دراسات سابقة عن ملوثات المناخ الى مثل هذه التطبيقات التفاعلية لذلك يسعى البحث الى تسليط الضوء على عملها ونتائجها. ينظر الشكل (١)

**مشكلة البحث:** يعاني العراق من تصاعد ملحوظ في مستويات الملوثات الجوية وغازات الاحتباس الحراري. ويواجه تدهوراً بيئياً متسارعاً ناتجاً عن تقادم تأثيرات تغير المناخ، كما أشار لذلك مركز الروابط للبحوث والدراسات الاستراتيجية، محذراً من الأسوأ القادم التغيّر المناخي فالعراق أكبر الدول المتضررة، ويفتقر

صانعو القرار إلى خرائط تنبؤية دقيقة تراعي البعد المكاني والزمني لهذه الملوثات لاتخاذ إجراءات وقائية ورسم سيناريوهات تنبؤية دقيقة أحد العوائق الرئيسية أمام وضع استراتيجيات فعالة للتخفيف من هذه الآثار. الشكل (١) مخطط ملخص البحث



المصدر: عمل الباحثان

#### أهداف البحث:

١. بناء نموذج تنبؤي لملوثات الغلاف الجوي في العراق عبر ثلاث نقاط زمنية رئيسية: ٢٠٠٠، ٢٠٢٥، ٢٠٥٠.

٢. تقييم دقة خرائط GeoXP التنبؤية مقارنةً بالبيانات الحقلية والمصادر الفضائية.

٣. تحليل أنماط تلوث الهواء المرتبطة بتغير المناخ في العراق، وتطوير خرائط تنبؤية عالية الدقة باستخدام نظام GeoXP المدعوم بالذكاء الاصطناعي.

**فرضيات البحث:** "يُمكن لنظام GeoXP المدعوم بتقنيات الذكاء الاصطناعي أن يُولّد نماذج تنبؤية لتوزيع الملوثات المناخية في العراق"

**منهجية البحث:** اعتمد البحث الجانب التطبيقي عبر المنهج التجريبي في محاولات على البيانات المتوفرة في السحابة الخزينة للتطبيق التفاعلي. وقواعد بيانات التنبؤ المناخي لغاية (٢٠٥٠). لبناء نماذج تنبؤية في GeoXP، من خلال تحليل كمي لمركبات التلوث عبر المدة الزمنية للبحث.

**أدوات البحث:** تطبيق GeoXP لخرائط نظم المعلومات الجغرافية المدعّم بالذكاء الاصطناعي. وحزم برمجية: Python (مكتبات scikit-learn، TensorFlow/Keras، pandas، geopandas). ومصادر بيانات: Sentinel-5P (رصد الغازات)، ERA5 (البيانات المناخية)، ومحطات قياس محلية.

ينظر الشكل (٢)

**أهمية البحث:** يقدّم إطار عمل متكاملًا للاستشعار البيئي وبتيح تطوير منهجية مبتكرة تجمع بين الذكاء الاصطناعي والتحليل الجغرافي في دراسة التلوث المناخ. ويعزز قدرات البحث العلمي المحلي باستخدام

تقنيات متقدمة ويحفز التعاون بين الجهات الأكاديمية والبيئية والحكومية. وإثراء الأدبيات العلمية حول تأثير التغير المناخي، دعم أهداف التنمية المستدامة (SDGs)، خاصة الهدف ١٣ (العمل المناخي). مما يعكس تأثيره على سياسة تنظيم العمل المناخي لصناع القرار وفق اليه العمل التطبيقي واعتبار المؤشرات تحديراً لاتخاذ الإجراءات الكفيلة لوضع الحلول البديلة.

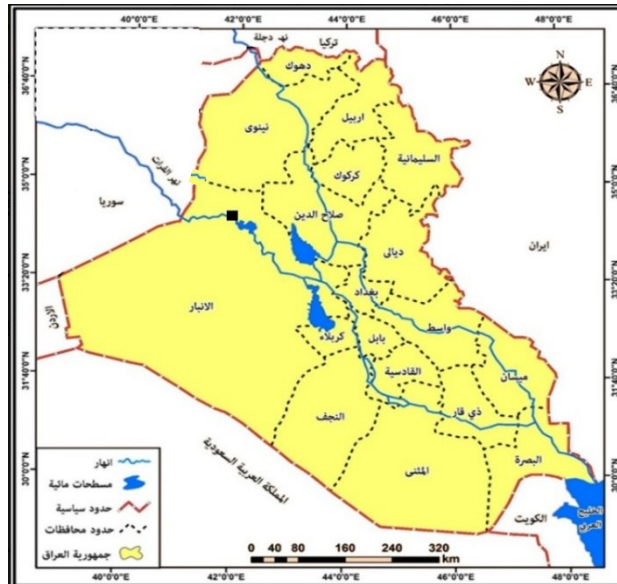
الشكل (٢) مخطط منهجية البحث



من عمل الباحثان

منطقة الدراسة: يقع العراق بين دائرتي عرض (٢٩,٥٠) و (٣٧,٢٢) شمالاً وبين خطي طول (٣٨,٤٨) و (٤٨,٤٥) شرقاً وبالبالغة مساحته (٤٣٥,٠٥٢) كم<sup>٢</sup>، يحده من الشمال تركيا، ومن الشرق إيران، ومن الغرب سوريا والمملكة الأردنية الهاشمية والمملكة العربية السعودية، ومن الجنوب المملكة العربية السعودية ودولة الكويت والخليج العربي. ينظر الخريطة (١).

الخريطة (١) الموقع الجغرافي لمنطقة البحث



دراسة (Shiyun Zhou, et al,2024,8) قدمت الأساليب القائمة على الارتباطات المكانية-الزمانية بدمج المعلومات للتنبؤ بدقة بتركيزات الجسيمات الدقيقة PM2.5 التي تستخدم طبقات التقافية مكانية-زمانية، واقترح نموذج محول مكاني-زمني يسمح بالنقاط التبعيات والعلاقات طويلة المدى. باختصار، تكمن نقاط قوة هذه النماذج في قدرتها على دمج المعلومات المكانية والزمانية لتقديم تنبؤات دقيقة بتركيزات الجسيمات الدقيقة (PM2.5) أو جودة الهواء.

دراسة (reeni Chadalavada, et al,2025,4): أشارت الى ان الذكاء الاصطناعي يمثل مجالاً ثورياً يحاكي الذكاء البشري في الآلات باستخدام تقنيات مثل التعلم الآلي والتعلم العميق. يستخدم لتعلم الأنماط من البيانات لاتخاذ القرارات، بينما يستفيد التعلم العميق من الشبكات العصبية لاستخراج السمات المعقدة تلقائياً، وقد استُخدمت تقنيات التعلم الآلي للتنبؤ بتلوث الهواء ورصده.

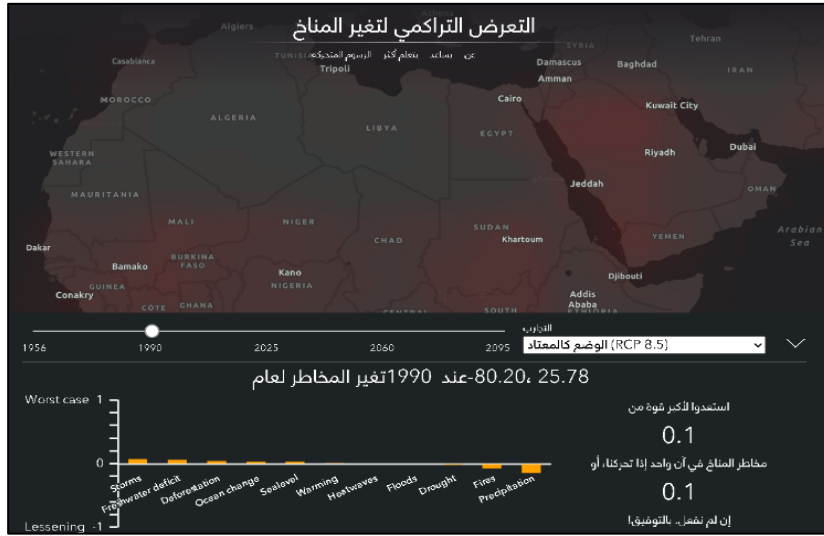
دراسة (خلف، ٢٠٢٣): ركزت على تحليل تدهور الأراضي والتصحر في العراق باستخدام بيانات الاستشعار عن بُعد، وظهرت ارتفاع نسبة المساحات المتصحرة في العراق من ٥٤٪ عام ٢٠١٥ إلى ٦٩.٥٪ من المساحة الكلية عام ٢٠١٩.٤. وترتبط اغلب مسببات التصحر بالنشاط البشري والممارسات الزراعية غير الملائمة وإزالة الغابات والرعي الجائر، الإفراط في زراعة الأراضي ذات التربة الهشة وأنظمة الري. من مراجعة الدراسات السابقة نستقرأ انها ركزت على المناطق الرطبة أو المعتدلة، مع ندرة في الأبحاث المختصة بالمناطق الجافة كالعراق. فضلا عن غياب دراسات تدمج بين تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة (مثل GeoXP) والتحليل الزمني-المكاني طويل الأمد (٢٠٠٠-٢٠٥٠). وكذلك محدودية الأبحاث التي تربط بين أنماط التلوث المناخي والسياسات البيئية الفعالة في السياق العراقي. وما يميز دراسة بحثنا هو الجمع بين التحليل التاريخي (٢٠٠٠) والتنبؤ المستقبلي (٢٠٥٠) في منطقة تُعاني من نقص البيانات البيئية. واستخدام نظام (GeoXP) كأداة مبتكرة في بيئة بحثية غير مُستكشفة سابقاً (العراق). إضافة الى ربط النتائج بسياسات التنمية المستدامة، وهو ما يقدم قيمة تطبيقية مباشرة لصناع القرار.

#### أولاً: خرائط التنبؤ وتغير المناخ:

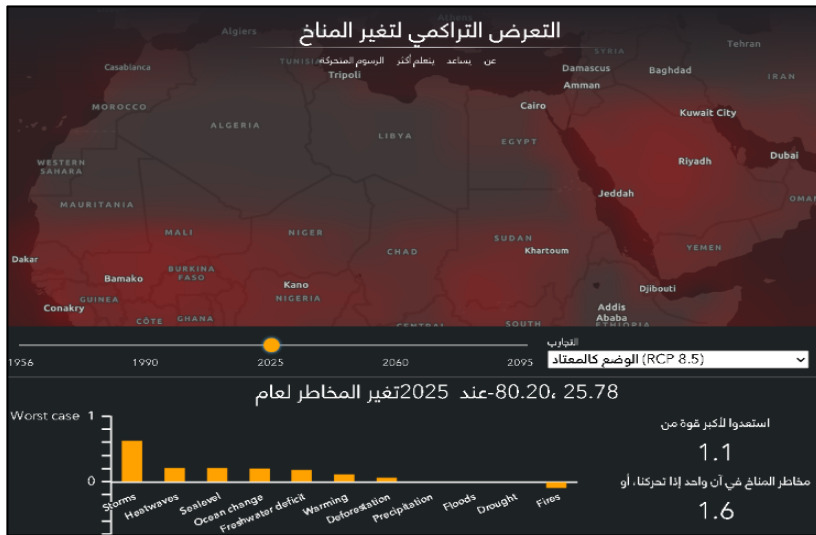
من المحتمل أن تولد التغيرات المناخية والجفاف مخاطر للمنشآت الصناعية العاملة في ظروف الجفاف ويترتب على ذلك مخاطر مراجعة متزايدة مما يتطلب جهد مراجعة أكبر وبالتالي أن مدى تأثير الجفاف في مخاطر أعمال المنشأة يعتمد على شدته، كما أشار إلى وجود تأثير إيجابي للجفاف وذلك بالنسبة للمنشآت التي تعاني من أوجه القصور. (العززي، ٢٠٢٤، ١٠٦٨). واستخدم مؤخرًا نظام الكتلونيسي بأنترنيت الأشياء والذي يجعل كافة الأجهزة متفاعلة مع بعضها بما يخدم المجتمع البشري ويشكل استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي عبئاً على البيئة والموارد الطبيعية ويزيد من الانبعاثات في استخدام المياه أو توليد الطاقة وكذلك في المعادن لتصنيع المكونات الالكترونية، وجاءت اتفاقية باريس (٢٠١٥) لحث الدول على تطوير التكنولوجيا لتحسين القدرة على تحمل تغير المناخ وخفض انبعاثات الغازات الدفيئة والعمل على تعزيز العمل التعاوني المتعلق بتطوير التكنولوجيا ونقلها (غانم، ٢٠٢٥، ٥٢٩).

يعد التنبؤ الدقيق أساساً لفهم التطورات الطبيعية والتغيرات في درجات الحرارة إذ أن له أهمية بالغة في المستقبل، لكونه يوفر لدى المخطط مؤشرات دقيقة تجعله قادراً على وضع الخطط المستقبلية المناسبة لمواجهة أي تغيير، تستخدم نماذج السلاسل الزمنية للمؤشرات المناخية مثل درجات الحرارة في محطة مناخية مختارة باستخدام نموذج (ARIMA) لإيجاد التوقعات المستقبلية (مغربي، ٢٠٢٣، ١٧)، وما يميز التطبيق المستخدم في البحث انه يوفر خرائط تنبؤ زمنية مكانية على المدى البعيد لتغير المناخ التراكمي ينظر خريطة (٢) و (٣) للتنبؤ المستقبلي لخريطة الوطن العربي ما بين ١٩٩٠ و ٢٠٢٥ المنتجة من التطبيق.

الخريطة (٢) التنبؤ بتغير المخاطر المناخية للتلوث سنة ١٩٩٠ عند سيناريو معتاد ٨.٥



الخريطة (٣) التنبؤ بتغير المخاطر المناخية للتلوث سنة ٢٠٢٥ عند سيناريو معتاد ٨.٥

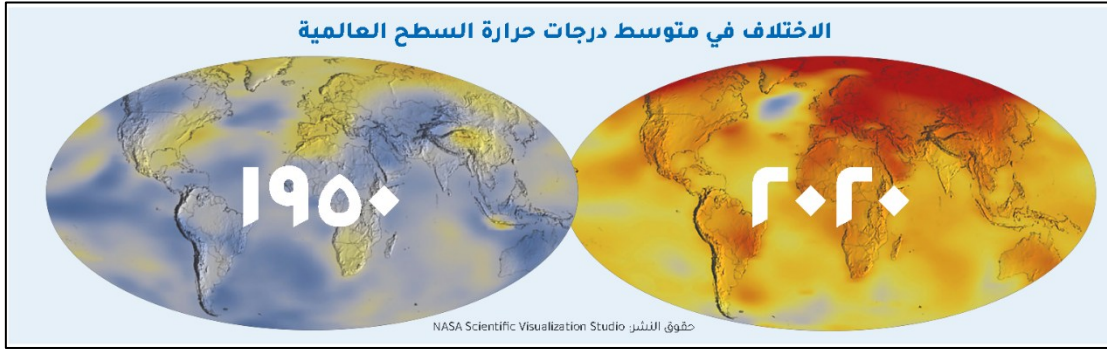


المصدر: <https://labs.esri.com/cumulative-exposure-climate-change>

لا يقتصر استخدام خرائط الطقس والمناخ على نشرات الأخبار المسائية. تعتمد الشركات والوكالات الحكومية والأفراد على بيانات الطقس ومنتجات المعلومات لدفع عجلة النمو الاقتصادي وحماية الأرواح والممتلكات ودعم اتخاذ القرار. يعمل علماء الأرصاد الجوية وعلماء المناخ وممارسو نظم المعلومات

الجغرافية بشكل متزايد على دمج بيانات الطقس والمناخ في تدفقات عمل نظم GIS الخاصة بهم، والجمع بينها وبين البيانات الأخرى للنهوض ببحوث علوم الغلاف الجوي؛ وتحليل التأثير على السكان والبنية الأساسية والنظم البيئية؛ وبناء عدد كبير من التطبيقات التي تمكن من التكيف مع تغير المناخ. (esri.com) إن آثار تغير المناخ المُغيّرة للحياة جغرافية بطبيعتها. فالمخاطر والآثار والحلول موجودة في أماكن محددة، وتتطلب حل المشكلات بناءً على الموقع. يساعد فهم بيانات المناخ في سياق الموقع صناع القرار على نمذجة السيناريوهات وتحديد المخاطر والتكيف. توفر تقنية نظام المعلومات الجغرافية (GIS) الأدوات اللازمة لجمع البيانات المناخية وعرضها وإدارتها وتحليلها ومشاركتها. العالم نتيجة تغير مخاطر المناخ والتأثيرات طويلة الأمد التي أشار إليها (Quiggin,etal,2021,2) ضمن تقرير المعهد الملكي للشؤون الدولية مستعرضا خمسة مخاطر تهدد العالم على المدى البعيد.

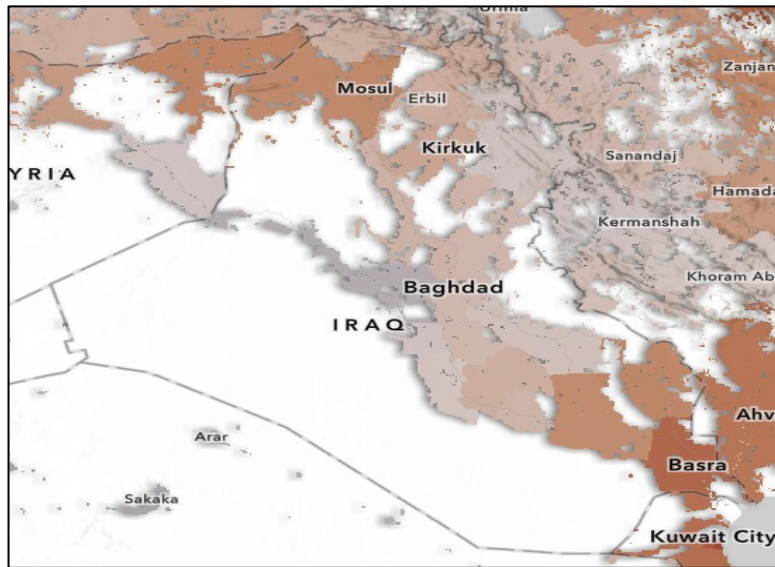
الشكل (٣)



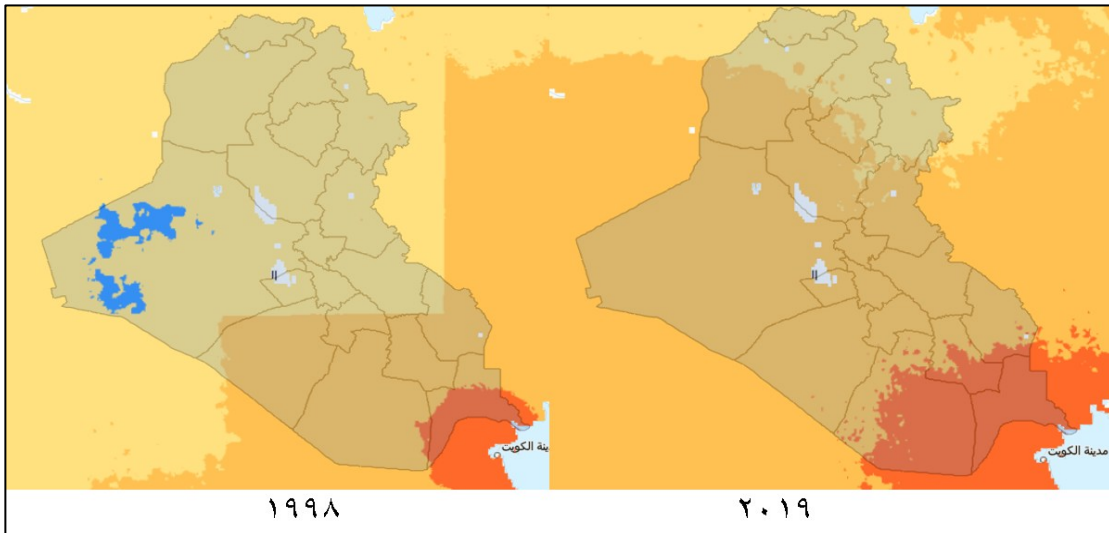
Quiggin,etal,2021,2

تُظهر الخريطة (٤) التأثير البشري لبيانات جودة الهواء على مدى ١٩ عامًا، وذلك من خلال دمج بيانات الجسيمات الدقيقة (PM2.5) مع بيانات التجمعات السكانية. (van Donkelaar, A.2016) ، وبرزت التقنيات الجغرافية المتطورة في ساحة جغرافية المناخ والتنبؤ عبر تطبيقات متعددة تتضمن بيانات الشبكة العالمية السنوية لجسيمات PM2.5 من بيانات MODIS و MISR و SeaWiFS لعمق الهباء الجوي البصري (AOD) للفترة ١٩٩٨-٢٠١٩، (CIESIN,2022) الإصدار GL.03٤. التركيزات السنوية (ميكروغرام لكل متر مكعب) لجميع مكونات الجسيمات الدقيقة العالقة على مستوى سطح الأرض (PM2.5) كالتالي في الشكل (٤).

الخريطة (٤) متوسط تركيز الجسيمات الدقيقة (١٩٩٨ - ٢٠١٦) ميكروغرام لكل متر مكعب



الشكل (٤) خرائط شبكة الجسيمات الدقيقة في الهواء للعراق للمدة (١٩٩٨-٢٠١٩)



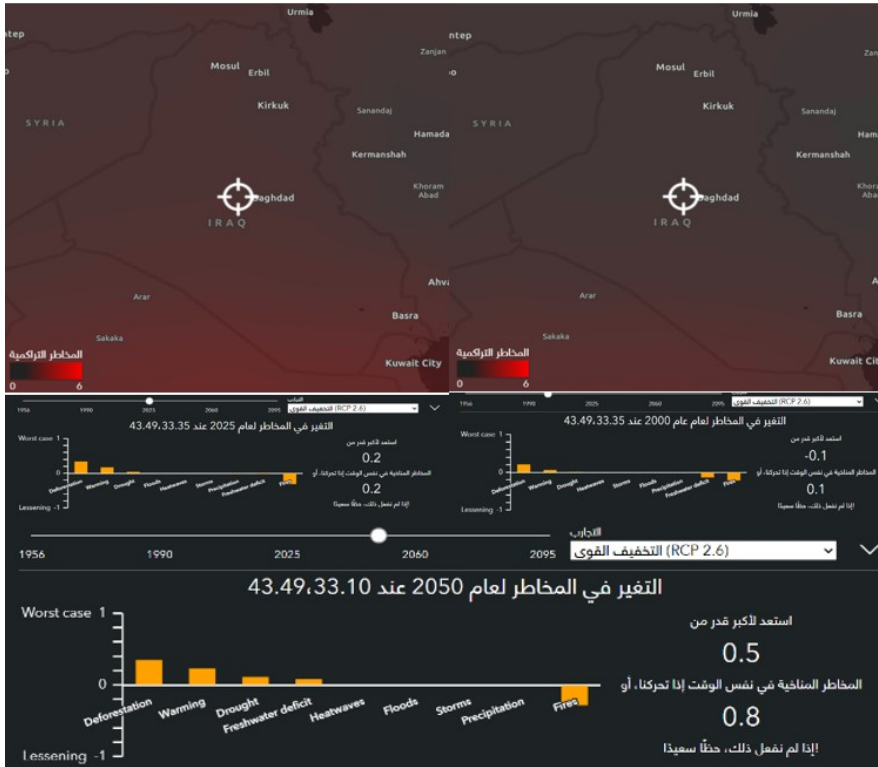
### ثانياً: تطبيق (Geoxp)

تم تصميم هذا التطبيق وتطويره بشكل مشترك من قبل مختبر النماذج الأولية للتطبيقات التابع لشركة Esri وقسم الجغرافيا بجامعة هاواي. تم بناء التطبيق باستخدام تقنيات (geoxc-apps) مجموعة أدوات تطوير البرامج ArcGIS Maps JavaScript من Esri، Bootstrap بواسطة Twitter Inc. jQuery. يعرض تطبيق الويب هذا المؤشر التراكمي لـ ١١ خطراً مناخياً تم قياس جميع مخاطر المناخ بين الصفر والتغير المتوي الخامس والتسعين المتوقع في الخطر المعطى عالمياً بحلول عام ٢٠٩٥ بموجب RCP 8.5 (أسوأ سيناريو)؛ لتوليد مؤشر تراكمي لتغير المناخ يظهر في تطبيق الويب عالمياً في ظل ثلاثة سيناريوهات بديلة (Mora, C., Spirandelli, D., Franklin, E.C. et al, 2018, 6). يتيح للمستخدمين الاطلاع على تقديرات حجم التعرض للمخاطر المرتبطة بتغير المناخ في أي مكان وفي أي وقت من عام ١٩٥٦ إلى عام ٢٠٩٥، في ظل ثلاثة سيناريوهات بديلة لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري. ينظر الشكل (٥) واجهة التطبيق. وهو مدعم بالذكاء الاصطناعي عبر منهجية



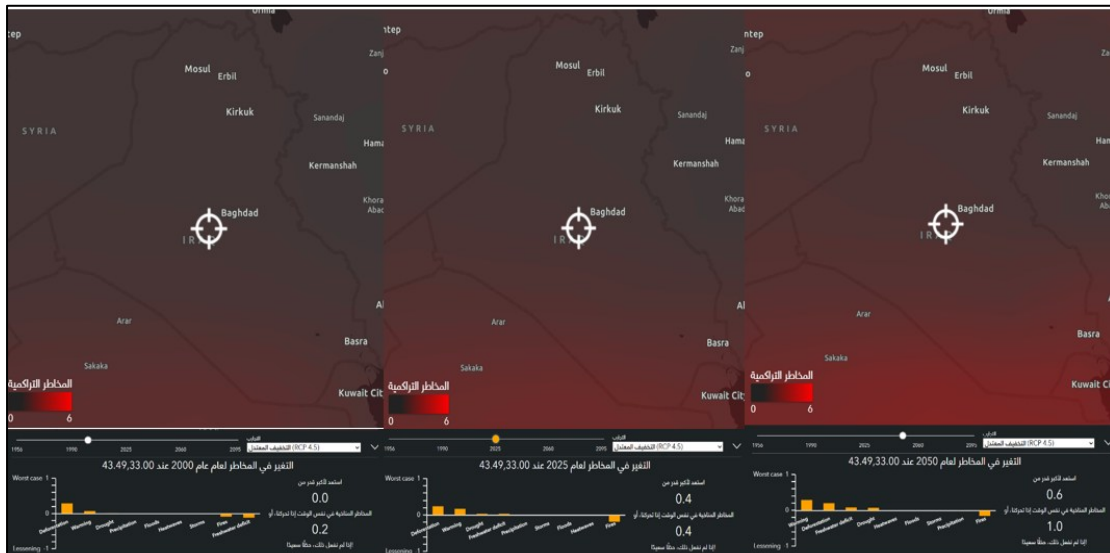
Deforestation، الفيضاناتFloods، الجفافDrought، هطول الأمطارPrecipitation، الحرائق Fires" لقياس مدى ارتفاعها او انخفاضها مع شريط التغير في المخاطر للسنوات (١٩٥٦ - ٢٠٩٥). ويمكن اختيار أي منطقة على الخريطة لاستكشاف تلك المخاطر مع مفتاح قياس شدة التراكمية. تم في بحثنا دراسة تطبيقية للسيناريوهات الثلاثة على خريطة العراق للسنوات (٢٠٠٠-٢٠٢٥-٢٠٥٠) بغية استكشاف وملاحظة حجم التغير ومستويات المخاطر المناخية. وكان السيناريو الأول التخفيف القوي (RCP 2.6) في الشكل (٦).

الشكل (٦) خرائط سيناريو التخفيف القوي (RCP 2.6) للسنوات (٢٠٠٠-٢٠٢٥-٢٠٥٠)



المصدر: عمل الباحثان باعتماد التطبيق [geoxc-apps.bd.esri.com](http://geoxc-apps.bd.esri.com)

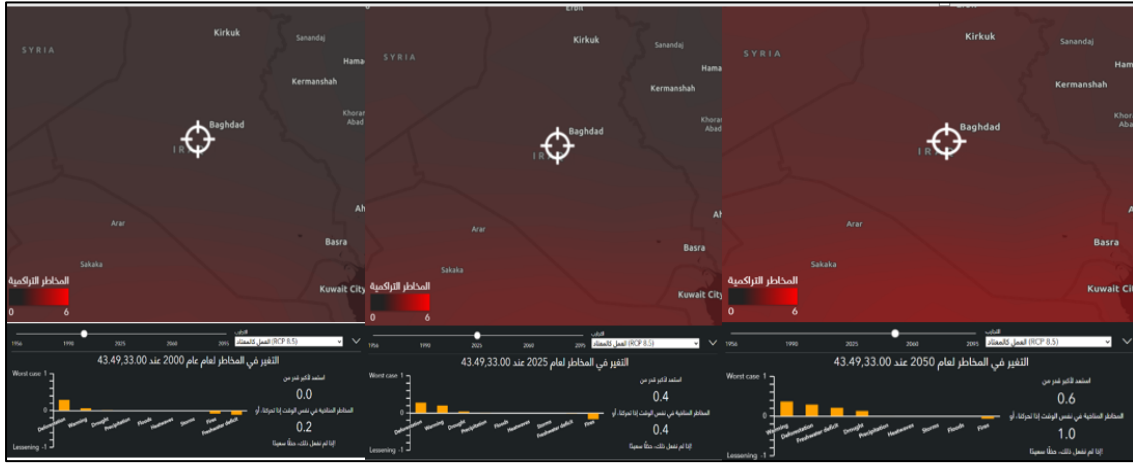
اما السيناريو الثاني التخفيف المعتدل (RCP 4.5)، فيظهر في خرائط الشكل (٧).  
الشكل (٧) خرائط سيناريو التخفيف المعتدل (RCP 4.5) للسنوات (٢٠٠٠-٢٠٢٥-٢٠٥٠)



المصدر: عمل الباحثان عبر تطبيق geoxc-apps.bd.esri.com

في حين ان السيناريو الثالث العمل كالمعتاد (RCP 8.5) يظهر في خرائط الشكل (٨).

الشكل (٨) خرائط سيناريو العمل كالمعتاد (RCP 8,5) للسنوات (٢٠٠٠-٢٠٢٥-٢٠٥٠)



المصدر: عمل الباحثان عبر تطبيق geoxc-apps.bd.esri.com

### ثالثاً: التحليل والمناقشة

بعد استعراض السيناريوهات RCP الثلاث المنتجة من التطبيق المستخدم في البحث اتضح انها تؤدي إلى توقعات مختلفة لتركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي (من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢١٠٠). ومن من قراءة الاشكال آفغة الذكر يمكن تحليل البيانات وقياس حجم المخاطر بناء على مفهوم السيناريوهات الثلاثة اذ يوضح الجدول (١) مؤشرات السيناريو الأول التخفيف القوي ( RCP 2.6 ) للسنوات (٢٠٥٠-٢٠٢٥-٢٠٠٠) ويتبين ان التسلسل الهرمي لقياس التركيز يبدأ بإزالة الغابات بالمرتبة الأولى ثم الاحتماس الحراري ثانياً ثم الجفاف ثالثاً ونقص المياه العذبة والحرائق اخيراً للسنوات (٢٠٠٠ و ٢٠٢٥) مع تزايد نسب التركيز ، في حين ان مقياس (نقص المياه العذبة) جاء ثالثاً سنة (٢٠٥٠). وهو الأقل نسبة من حيث درجة التغير في الحالة الاسوأ. اما الجدول (٢) يمثل تغيرات السيناريو الثاني التخفيف المعتدل (RCP4.5) فيلاحظ ان الهرمية في التغير جاء الجفاف سنة ٢٠٢٥ بالمرتبة الثالثة بينما نقص المياه العذبة في سنة ٢٠٥٠ بنسبة مع زيادة التركيز في الحالة الاسوأ وتناقص الانخفاض بالنسبة لمخاطر الحرائق عن سنة ٢٠٢٥ وقلته في سنة ٢٠٢٥. بما يعني ان هذا السيناريو ازدادت فيه نسب التركيز بين المخاطر المناخية مع تباين نسبها وهذا دليل على تأثر المنطقة بها.

الجدول (١) مؤشرات سيناريو التخفيف القوي (RCP 2.6) للسنوات (٢٠٥٠-٢٠٢٥-٢٠٠٠)

سيناريو التخفيف القوي (RCP 2.6)					
2050		2025		2000	
0.433	إزالة الغابات	0.447	إزالة الغابات	0.302	إزالة الغابات
0.261	الاحتماس الحراري	0.189	الاحتماس الحراري	0.071	الاحتماس الحراري
0.119	نقص المياه العذبة	0.041	الجفاف	0.017	الجفاف
0.083	الجفاف	-0.298	الحرائق	-0.131	نقص المياه العذبة
-0.257	الحرائق			-0.227	الحرائق

المصدر: من عمل الباحثان باعتماد تحليل نتائج بيانات التطبيق من الشكل (٤)

الجدول (٢) مؤشرات سيناريو التخفيف المعتدل (RCP 4.5) للسنوات (٢٠٠٠-٢٠٢٥-٢٠٥٠)

سيناريو التخفيف المعتدل (RCP 4.5)					
2050		2025		2000	
0.309	إزالة الغابات	0.256	إزالة الغابات	0.308	إزالة الغابات
0.215	الاحتباس الحراري	0.192	الاحتباس الحراري	0.088	الاحتباس الحراري
0.098	نقص المياه العذبة	0.049	الجفاف	-0.102	الحرائق
0.087	الجفاف	0.049	نقص المياه العذبة	-0.131	نقص المياه العذبة
-0.165	الحرائق	-0.194	الحرائق		

المصدر: من عمل الباحثان باعتماد تحليل نتائج بيانات التطبيق من الشكل (٥)

في حين ان الجدول (٣) يبين لنا مؤشرات السيناريو الثالث العمل كالمعتاد (RCP8.5) والذي يبين ان نسب التركيز في انبعاثات الغازية ومؤثرات المخاطر المناخية أعطت مؤشرات الزيادة في الحالة الاسوأ مع زيادة التناقص في الانخفاض لاسيما لمخاطر الحرائق، بينما لم يظهر مؤشر نقص المياه العذبة في السنوات (٢٠٠٠ و٢٠٢٥) في حين انه احتل المركز الثالث بزيادة في الحالة الاسوأ بمقدار (٠.٢٢٥) في سنة ٢٠٥٠ وهو مؤشر خطير ينذر بحالة من الجفاف المائي الذي سجل (٠.٠٤٩) بالمرتبة الرابعة في سنة ٢٠٢٥.

الجدول (٣) مؤشرات سيناريو العمل كالمعتاد (RCP 8.5) للسنوات (٢٠٠٠-٢٠٢٥-٢٠٥٠)

سيناريو العمل كالمعتاد (RCP 8.5)					
2050		2025		2000	
0.382	الاحتباس الحراري	0.293	إزالة الغابات	0.308	إزالة الغابات
0.307	إزالة الغابات	0.214	الاحتباس الحراري	0.077	الاحتباس الحراري
0.225	نقص المياه العذبة	0.057	الجفاف	0.017	الجفاف
0.145	الجفاف	0.016	الهطول المطري	0.015	الهطول المطري
0.013	الهطول المطري	-0.181	الحرائق	-0.102	الحرائق
-0.076	الحرائق			-0.131	نقص المياه العذبة

المصدر: من عمل الباحثان باعتماد تحليل نتائج بيانات التطبيق من الشكل (٦)

وهذا ما يتوافق نوعا ما مع دراسة (Shiyun Zhou ,et al,2024,8) قدمت الأساليب القائمة على الارتباطات المكانية-الزمانية بدمج المعلومات للتنبؤ بدقة بتركيزات الجسيمات الدقيقة PM2.5. في حين

ان دراسة (خلف، ٢٠٢٣): ركزت على تحليل تدهور الأراضي والتصحر في العراق باستخدام بيانات الاستشعار عن بُعد، وظهرت ارتفاع نسبة المساحات المتصحرة في العراق مما يدل على اثر التغيرات المناخية، كما ان نتائج تحليل خرائط التطبيق اثبتت ان التباين المكاني والزمني في تزايد تأثير مخاطر المناخ دون وضع سياسات المعالجة بوضع خطط استراتيجية وطنية لتدارك حداثها. وان مخرجات التطبيق توافقت مع دراسة. (reeni Chadalavada, et al,2025,4) التي أشارت الى ان الذكاء الاصطناعي يمثل مجالاً ثورياً يحاكي التنبؤ بتلوث الهواء ورصده. ان أسباب ترتيب المخاطر يعود الى تراتبية النسبة المئوية تصاعدياً في دلالة الى زيادة المخاطر، الى الأدنى إشارة الى النقصان في حدة المخاطر.

#### رابعاً: النتائج والتوصيات

١. أتاح التطبيق الاطلاع على تقديرات حجم التعرض للمخاطر المرتبطة بتغير المناخ في العراق من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠٥٠، في ظل ثلاثة سيناريوهات بديلة لانبعاثات المخاطر المناخية.
٢. استعرض البحث تطبيق الويب المؤشر التراكمي لـ ١١ خطراً مناخياً تم قياسها وفق المؤشر بين (0) والتغير المؤي المتوقع بحلول عام ٢٠٥٠ بموجب اسوء سيناريو تراكمي لتغير المناخ.
٣. اظهر البحث عبر تجارب ثلاثة سيناريوهات بديلة. في خرائط واشكال بيانية اعتماداً على مفتاح قياس (المخاطر التراكمية) الذي يتراوح من (6-0)، حسب السنة على خريطة العراق للمدة (٢٠٠٠-٢٠٢٥-٢٠٥٠) لمراقبة مدى التغير في اسوء حالة (١) او مقدار الانخفاض (-١)
٤. توصل البحث الى ان تطبيقات الويب المدعمة بالذكاء الاصطناعي قد أحدثت انتقالية نوعية في تحليل الخرائط ومراقبة التباين المكاني في نسب التغير مقارنة بين السنوات.
٥. طرح البحث إجابات للأسئلة عبر استكشاف وجود مخاطر المناخ والملوثات الناجمة عن انبعاثات الغازات مستقبلاً، وكانت نسب التغير واضحة وان كانت طفيفة لكن لها تأثير على مستويات ودرجات تلك المخاطر مع وجود زيادة وانخفاض.
٦. تبين من البحث ان السيناريو البديل الأقل خطراً او الاسوأ. هو التخفيف القوي (RCP 2.6)، في حين ان السيناريو الثالث شكل أكثر خطراً لا سيما في سنة ٢٠٥٠ بزيادة التركيز.
٧. تم تحليل نماذج تنبؤي لملوثات الغلاف الجوي في العراق وتقييم خرائط (GeoXP) المدعم بالذكاء الاصطناعي. وتحليل أنماط المخاطر المناخية. وهو ما هدف اليه البحث.
٨. اثبت البحث صحة فرضياته عبر ما حققته نماذج (GeoXP) لتنبؤ توزيع ملوثات المخاطر المناخية في العراق.
٩. يوصي البحث بأهمية التطبيق في الدراسات الجغرافية لاسيما في تحليل الخرائط والبيانات المناخية، لمشاهدة المؤشر التراكمي لتغير المناخ بحسب السيناريوهات الثلاثة البديلة. وبالتالي معرفة حجم المخاطر لاتخاذ القرارات الصائبة للحد منها ومعالجتها.

المراجع العربية:

خلف R., سطم (2023). N. مشكلة التصحر وانعكاساتها على القطاع الزراعي في العراق الابعاد وامكانيات المعالجة-175, 4(1), *Enterprenuership Journal For Finance and Bussiness*, 190. <https://doi.org/10.56967/ejfb2023250>

الغزوي, سالم محمد معطش. (٢٠٢٤). استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في ضوء الإفصاح عن التغيرات المناخية كمرتكز لجودة المراجعة. المجلة العلمية للبحوث التجارية (جامعة المنوفية), ٥٥(٤), ١٠٥٣-١٠٨٤. [10.21608/sjsc.2023.234049.1349](https://doi.org/10.21608/sjsc.2023.234049.1349)

غانم, حوراء قاسم. (٢٠٢٥). الحماية القانونية الدولية لتغير المناخ بأستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة جامعة البيان للدراسات والبحوث القانونية: DOI: 518-539, 4(2), <https://doi.org/10.64184/aujlsr.V4.I2.Y2025.P518-539.132>

مغربي, نشوة محمد. (٢٠٢٣). التنبؤ المستقبلي لتغير درجات الحرارة في الدلتا المصرية وهوامشها حتى عام (٢٠٤٢ م) بإستخدام النموذج الإحصائي (ARIMA). مجلة البحث العلمي في الآداب, ٢٤(٨), ١-٣٦. [DOI: 10.21608/jssa.2023.338427](https://doi.org/10.21608/jssa.2023.338427)

المراجع الإنكليزية:

**Mora, C., Spirandelli, D., Franklin, E.C. et al.** (2018). Broad threat to humanity from cumulative climate hazards intensified by greenhouse gas emissions. *Nature Clim Change*, vol 8, p:1062–1071 <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0315-6>

**Quiggin, Daniel, Kris De Meyer, Lucy Hubble-Rose, Antony Froggatt,** (2021), *Climate change risk assessment*, ISBN: 978 1 78413 491

4,<https://www.chathamhouse.org/2021/09/climate-change-risk-assessment-2021>

**reeni Chadalavada, et al,**( 2025),Application of artificial ntelligence in air pollution monitoring and forecasting: A systematic review,*Environmental Modelling & Software*,Volume 185, ,106312,ISSN1364 8152, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2024.106312>

**Shiyun Zhou, Wei Wang, Long Zhu, Qi Qiao, Yulin Kang,**( 2024),Deep-learning architecture for PM2.5 concentration prediction: A review,*Environmental Science Ecotechnology*,Volume21,100400,ISSN26664984,<https://doi.org/10.1016/j.ese.2024.100400>

**van Donkelaar, A., R. V. Martin, M. Brauer, N. C. Hsu, R. A. Kahn, R. C. Levy, A. Lyapustin, A. M. Sayer, and D. M. Winker.** 2018. Global Annual PM2.5 Grids from MODIS, MISR and SeaWiFS Aerosol Optical Depth (AOD) with GWR, 1998-2016. Palisades, NY: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). <https://doi.org/10.7927/H4ZK5DQS>. Accessed 1 April 2020

WWW(مراجع الشبكة الدولية )

<https://geoxcapps.bd.esri.com/MoraLabs/CumulativeExposureClimateChange/index.html>

<https://jquery.com/>

<https://www.esri.com/content/dam/esrisites/en-us/about/climate-action/assets/brand-climate-st-corn-migration-optim.mp> ٤