JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ
العدد الثامن والأربعون
(٤٦٥) -(٥٠٦)

تقييم ونمذجة التلوث الضوئي في مدينة الكوت باستعمال RS & Gis

م.د. علي كريم حميد
Ali.Kareem@uowasit.edu.iq.
هـ ٠٧٨١٢٨٥٠٨٣٧
قسم الجغرافية / كلية التربية الأساسية / جامعة واسط

المستخلص

يُنظر إلى الإضاءة الاصطناعية على أنها رمز للحداثة وأحد أهم إنجازات الحضارة بل إن مستوى التطور في بعض مناطق العالم يُقاس أحياناً بناءً على صور الأقمار الصناعية الملتقطة ليلاً. بيد أن الإضاءة الليلية التي كانت تُستخدم في السابق باعتدال، أساء استخدامها الآن بسبب تطور مصادر الإضاءة من حيث الإنتاج والتشغيل . إذ ألحقت مصادر الإضاءة غير المصممة بشكل صحيح أو شديدة السطوع ضرراً بالبيئة الطبيعية والإنسان. ولا يقتصر هذا التأثير على المدن فحسب، بل يشمل أيضاً المناطق المحمية النائية، التي تُضاء بضوء اصطناعي مُنتشر في الغلاف الجوي . زيادة على ذلك يُطلق على التأثير الإجمالي الضار للإضاءة الاصطناعية على البيئة الطبيعية، التلوث الضوئي والذي يصنف الى نوعين من التلوث هما: التلوث الضوئي الفلكي الذي يؤثر على جودة عمليات الرصد الفلكي، والتلوث الضوئي البيئي الذي يؤثر على البيئة الطبيعية وينعكس هذا التمييز في الأبحاث والدراسات العلمية، التي تندرج عادةً ضمن إحدى هاتين الفئتين .

يعد التلوث الضوئي أحد أنواع التلوث البيئي تزايداً وقد ارتفعت مستوياته بشكل كبير مقارنة بمستويات الإضاءة الليلية الطبيعية ونظراً لعدم وجود قوانين أو تشريعات محلية تنظم الإضاءة أو تقلل من التلوث الضوئي في العراق يهدف البحث إلى تقييم حالة التلوث الضوئي وآثاره البيئية في مدينة الكوت . من خلال نمذجة سطوع السماء باستخدام الإشعاع التصاعدي المقاس من المصادر الاصطناعية بواسطة المنصات العالمية الى جانب الرصد الميداني لقيم الشدة الضوئية حيث اعتمد البحث على التحليل البصري للمنصات المختصة برصد ومراقبة التلوث الضوئي وهي (dark site finder، light pollution map (Light trends)، Radiance Light Trend، World Atlas 2015 of Light Pollution، (lightpollutionmap.app) التي تمتد بيانات من ٢٠١٢ – ٢٠٢٦. اذ كشفت هذه المنصات عن ارتفاع قيم الشدة الضوئية في مركز مدينة الكوت وقد صنفت من

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

المدن المضاءة جدا ضمن الفئة (<18.38 mag/arcsec^2) لمقياس جودة السماء SQM و الفئة (9) لمقياس بورتل للتلوث الضوئي وذلك بسبب الاستعمال المفرط للضوء الأبيض (LED) لاسيما في المناطق التجارية والتقاطعات المرورية. ولأجل التحقق من التحليل البصري لتلك المنصات، تم تحديد (٣٥) موقعاً في مدينة الكوت للرصد الميداني لمستويات التلوث الضوئي والذي أظهر هو الاخر ارتفاع كبير في قيم السطوع الاصطناعي في منطقة الدراسة فقد سجل في حي الهورة اعلى قيمة للتلوث الضوئي بلغت (1288 LUX) كونه يمثل احد المراكز التجارية في مدينة الكوت فاستعمال الضوء الابيض بكثافة فضلاً عن إنارة الاعمدة الضوئية، انعكس على ارتفاع قيم الشدة الضوئية . اما اقل قيمة للتلوث الضوئي فقد سجلت عند الطريق الخارجي (كوت – حي) بلغت (37 LUX) . فيما تباينت قيم التلوث الضوئي في المواقع الاخرى تبايناً مكانياً وزمانياً ملحوظاً بحسب الأحياء الحضرية واستعمالات الارض فيها . وهذا ما أظهرته تقانة RS من خلال منصة Google Earth Engine وتحليل بيانات DMSP-OLS للإضاءة الليلية للمدة(٢٠١٠– ٢٠٢٥) واستكمالاً لذلك تم توظيف تقانة Arc Gis 10.7 لتمثيل قيم التلوث الضوئي في مدينة الكوت وذلك من خلال طريقة الحشر معكوس المسافة IDW. التي أظهرت تباين نطاقات الإضاءة الليلة واختلاف شدتها بحسب استعمالات الارض داخل المدينة .

وعليه توصي الدراسة بوضع استراتيجيات وبرامج توعوية لرفع مستوى الوعي بخطورة التلوث الضوئي من الناحيتين الاقتصادية والبيئية، والحد من استعمال اللوحات الضوئية والإنارة الزرقاء LED، وتشغيل الإضاءة الضرورية وتوجيه الأضواء نحو الأسفل وتغطية المصابيح لتقليل سطوع السماء ليلاً واستعمال مصابيح الصوديوم الصفراء منخفض الضغط للتقليل من التلوث الضوئي وخفض استهلاك الطاقة .

الكلمات المفتاحية (التلوث الضوئي ، المنصات ، مقياس جودة السماء ، بورتل، RS & Gis)

Assessment and Modeling of Light Pollution in Al-Kut City Using RS and GIS

Assis.Dr. Ali Kareem Hameed
Ali.Kareem@uowasit.edu.iq.
Geography Department / College of Basic Education / Wasit University

Abstract

Artificial lighting is often viewed as a symbol of modernity and one of civilization's greatest achievements. In fact, the level of development in some parts of the world is sometimes measured based on satellite imagery taken at night. However, nighttime lighting, once used sparingly, is now being misused

due to advancements in light sources, both in production and operation. Poorly designed or excessively bright light sources have harmed the natural environment and human health. This impact is not limited to cities; it also extends to remote protected areas illuminated by artificial light diffused into the atmosphere. Furthermore, the overall harmful effect of artificial lighting on the natural environment is called light pollution, which is classified into two types: astronomical light pollution, which affects the quality of astronomical observations, and environmental light pollution, which affects the natural environment. This distinction is reflected in scientific research and studies, which typically fall into one of these two categories.

Light pollution is one of the fastest growing types of environmental pollution, and its levels have increased significantly compared to natural nighttime lighting levels. Given the absence of local laws or regulations governing lighting or reducing light pollution in Iraq, this research aims to assess the state of light pollution and its environmental effects in the city of Kut. By modeling sky brightness using updraft radiation measured from artificial sources by global platforms, along with field monitoring of light intensity values, the research relied on the optical analysis of platforms specializing in monitoring and tracking light pollution, namely (dark site finder, light pollution map (Light trends), Radiance Light Trend, World Atlas 2015 of Light Pollution, lightpollutionmap.app), which extend data from 2012-2026. These platforms revealed high light intensity values in the center of Al-Kut city, and it was classified as a very light city within the category (<18.38 mag/arcsec2) for the Sky Quality Measurement (SQM) and category (9) for the Portl Light Pollution Scale, due to the excessive use of white light (LED), especially in commercial areas and traffic intersections. To verify the visual analysis of these platforms, (35) locations in the city of Kut were selected for field monitoring of light pollution levels. This also revealed a significant increase in artificial brightness values in the study area. The highest light pollution value was recorded in Al-Hawra neighborhood, reaching (1288 LUX), as it is one of the commercial centers in the city of Kut. The intensive use of white light, in addition to street lighting, was reflected in the high light intensity values. The lowest light pollution value was recorded on the outer road (Kut-Hay), reaching (37 LUX). Light pollution values in other locations varied significantly both spatially and temporally, depending on the urban neighborhoods and their land uses. This was demonstrated by RS technology

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

through the Google Earth Engine platform and the analysis of DMSP-OLS nighttime lighting data for the period (2010-2025). To further this, ArcGIS 10.7 technology was employed to represent light pollution values in the city of Kut using the Inverse Distance Weighing (IDW) method, which showed Nighttime lighting varies in intensity and range depending on land use within the city.

Therefore, the study recommends developing awareness strategies and programs to raise awareness of the dangers of light pollution from both an economic and environmental perspective. It also recommends reducing the use of LED and blue light panels, using only essential lighting, directing lights downwards, covering lamps to reduce nighttime sky brightness, and using low-pressure yellow sodium lamps to minimize light pollution and lower energy consumption.

Keywords: (Light Pollution, Platforms, Sky Quality Index, Portal, RS & GIS)

المقدمة

لم يظهر الوعي بشأن التلوث الضوئي إلا في أواخر سبعينيات القرن العشرين، وفي ذلك الوقت، كان الاهتمام الوحيد هو تأثيره في علم الفلك . إلا أنّ في الآونة الأخيرة، تزايد الاهتمام بالتلوث الضوئي في العديد من مجالات العلوم، وامتد من المجال التقليدي لعلم الفلك إلى فيزياء الغلاف الجوي والعلوم البيئية والطبيعية وحتى العلوم الانسانية. (C. Chalkias et al, 2006, p 57) اذ بدأ العلماء في البحث عن التأثيرات الأخرى التي يمكن أن يحدثها التلوث الضوئي على الانظمة البيئية الاخرى . فعلى سبيل المثال، قام مجلس المباني الخضراء الأمريكي (USGBC) بإدراج قانون تقليل كمية التعدي على الضوء وتوهج السماء في نظام تصنيف المباني الخضراء التابع لمجلس المباني الخضراء وبالمثل تمنح Green Globes سبع نقاط على مقياسها لمنع التلوث الضوئي فيما اقترح كيبرت ثلاث استراتيجيات لمنع التلوث الضوئي وهي تصميم منطقة وقوف السيارات وإضاءة الشوارع لتقليل انتقال الضوء إلى الأعلى، وتقليل أو إيقاف تشغيل المبنى الخارجي وإضاءة اللافتات عندما لا تكون هناك حاجة إليها، واستخدم نظام إضاءة خارجي وفق نمذجة ذكية يتم تصميمها على مستوى الإضاءة المطلوبة. (Mohamed Elsahragty and Jin-Lee Kim, 2015, p 480)

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

تتمثل مصادر الضوء الاصطناعي ALAN في المدن أو بالقرب منها على إضاءة الطرق والمراكز التجارية والمباني المضاءة والأضواء الداخلية الخارجة من النوافذ والشاشات واللوحات الإعلانية والمرافق الرياضية والإضاءة الخاصة مثل المنزل والحدائق، والمصانع ومحطات القطارات والموانئ والمطارات وترتبط هذه المصادر إلى حد ما بالكثافة السكانية ومستوى الدخل ويكون تاثير التلوث الضوئي بشكل مباشر عن طريق التطفل على البيئة والممتلكات الخاصة والنوافذ (مثل غرف النوم) أو بشكل غير مباشر عن طريق الانعكاس على الأسطح المضاءة وانتشارها من خلال الجسيمات العالقة والغازات في الغلاف الجوي . وبالتالي فإن التلوث الضوئي مشكلة بيئية تتطلب البحث والدراسة وانضمام علماء البيئة والأحياء والأطباء إلى علماء الفلك في هذا المشروع والمشكلة العملية الرئيسة هي كيفية تنفيذ القواعد كقوانين ومعايير فعالة قابلة للتطبيق اذا ما علمنا أن هناك قيودًا ثقافية تجعل من الصعب التفكير في ALAN كملوث وأن العامل الإيجابي والصحي للضوء أثناء النهار قد يتحول إلى عامل سلبي وخطير في الوقت الخطأ أثناء الليل . وعليه تمثلت مشكلة البحث بـ :

– ماهي مصادر التلوث الضوئي في مدينة الكوت، وما دور المنصات العالمية في تحديد الشدة الضوئية وتباين مستويتها في المدينة . ونظراً للاستعمال المفرط للإضاءة الخارجية يفترض البحث ان مدينة الكوت تعاني من ارتفاع مستويات التلوث الضوئي وهذا ما كشفته المنصات العالمية المختصة برصد وتقييم التلوث الضوئي وهي (**منصة مكتشفي المواقع المظلمة dark site finder ، منصة اتجاهات الضوء light pollution map (Light trends)، منصة البحوث والابتكار Radiance Light Trend، الأطلس العالمي للتلوث الضوئي (World Atlas 2015) ، تطبيق lightpollutionmap.app**) .

يعد التصميم المناسب لنظام الإضاءة أمراً بالغ الأهمية لتقليل التلوث الضوئي اذ يجب أن يؤخذ موقع المصابيح الخارجية وارتفاعها وهدفها بنظر الاعتبار من أجل الاستخدام الفعال لطاقة الإضاءة، زيادة على ذلك يهدف البحث الى تقييم مستويات الإضاءة الليلية الاصطناعية في مدينة الكوت وابراز دور تقانات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في رصد شدة الضوء (عبر الاتصال المباشر مع الضوء من خلال الرصد الميداني والاتصال غير المباشر من خلال الاستعانة ببعض المنصات العالمية المتخصصة برصد التلوث الضوئي وتقييم مستوياته .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

ولإبراز تباين مستويات التلوث الضوئي في مدينة الكوت وتحليل نتائج القياسات الميدانية على مستوى مواقع القياس ومقارنتها مع المنصات العالمية المعنية في تقييم مؤشرات التلوث الضوئي واتجاهاته اعتمد البحث المنهج الوصفي – التحليلي ومنهج التحليل المقارن .

اولاً : حدود البحث طريقة العمل

تمثلت حدود البحث بالأبعاد الجغرافية التي جرت الدراسة فيها وهي كالآتي :

– الحدود المكانية وتتمثل بحدود مدينة الكوت مركز محافظة واسط اذ تتحد فلكياً بين دائرتي عرض ٣٢.٢٨ْ و ٣٢.٣٣ْ شمالاً وبين خطي طول ٤٥.٤٧° و ٤٥.٥١° شرقاً .(مديرية المساحة العامة خريطة SE – V – 1.38) ، وتحديداً في القسم الشرقي من وسط العراق ضمن منطقة السهل الرسوبي على جانبي نهر دجلة وهي بهذا الموضع تمثل حلقة وصل بين مدينة بغداد ومحافظات جنوب العراق، كما تعد المركز الرئيسي للفعاليات والوظائف الإدارية والخدمية والتجارية فضلاً عن المؤسسات التعليمية والصحية. تبلغ مساحة مدينة الكوت حوالي (٢٥٠,١٧٥ كم٢) وهي بذلك تستأثر على نسبة (٩,٨٤ %) من مساحة قضاء الكوت البالغة (٥٤٧١ كم٢) وما نسبته (١,٤٥ %) من مساحة محافظة واسط البالغة (١٧١٥٣ كم٢) .(وزارة التخطيط والتعاون الإنمائي ، المجموعة الإحصائية السنوية، ٢٠١٠ – ٢٠١١ ، جدول ٥/١ ، ص١٥). فضلاً عن انها تمثل الثقل السكاني لمحافظة واسط اذ بلغ عدد سكانها (٤٦٤,٩٢٠) نسمة يستأثرون على حوالي (٢٨,٢٤ %) من سكان المحافظة والبالغ (١,٦٤٦,٢١٩) نسمة لعام ٢٠٢٥ يتوزعون على (٣٨) حي سكني انظر الخريطة (١) .

– الحدود الزمانية وتمثلت بالمدة (٢٠١٠ – ٢٠٢٦) وذلك وفقاً للبيانات المستحصلة من المنصات العالمية المعنية بمراقبة التلوث الضوئي فضلاً عن القياسات الميدانية خلال شهر ايار لعام ٢٠٢٦ .

– الحدود الموضوعية : وتتمثل بدراسة وتحليل التباين المكاني والزماني للتلوث الضوئي ومن ثم تقييم ونمذجة مستوياته في مدينة الكوت باستعمال نظم المعلومات الجغرافية Gis والاستشعار عن بعد RS .

يفتقر التلوث الضوئي إلى القياس الكمي لحجمه على النطاق العالمي لذا اهتمت منظمات كثيرة في رصد مستويات التلوث الضوئي ومن أشهرها المنظمة الأمريكية التي يطلق عليها الجمعية الدولية للسماء المظلمة Dark Sky Society فضلاً عن المنصات العالمية كمنصة (Map Box) التابعة للجمعية الامريكية (Dark Sit Finder) ومنصة (Light Trends) ومنصة (Radiance Light Trends) التابعة للاتحاد الأوربي والأطلس العالمي لإضاءة السماء الاصطناعية ومنصة (Noaa)) وغيرها من

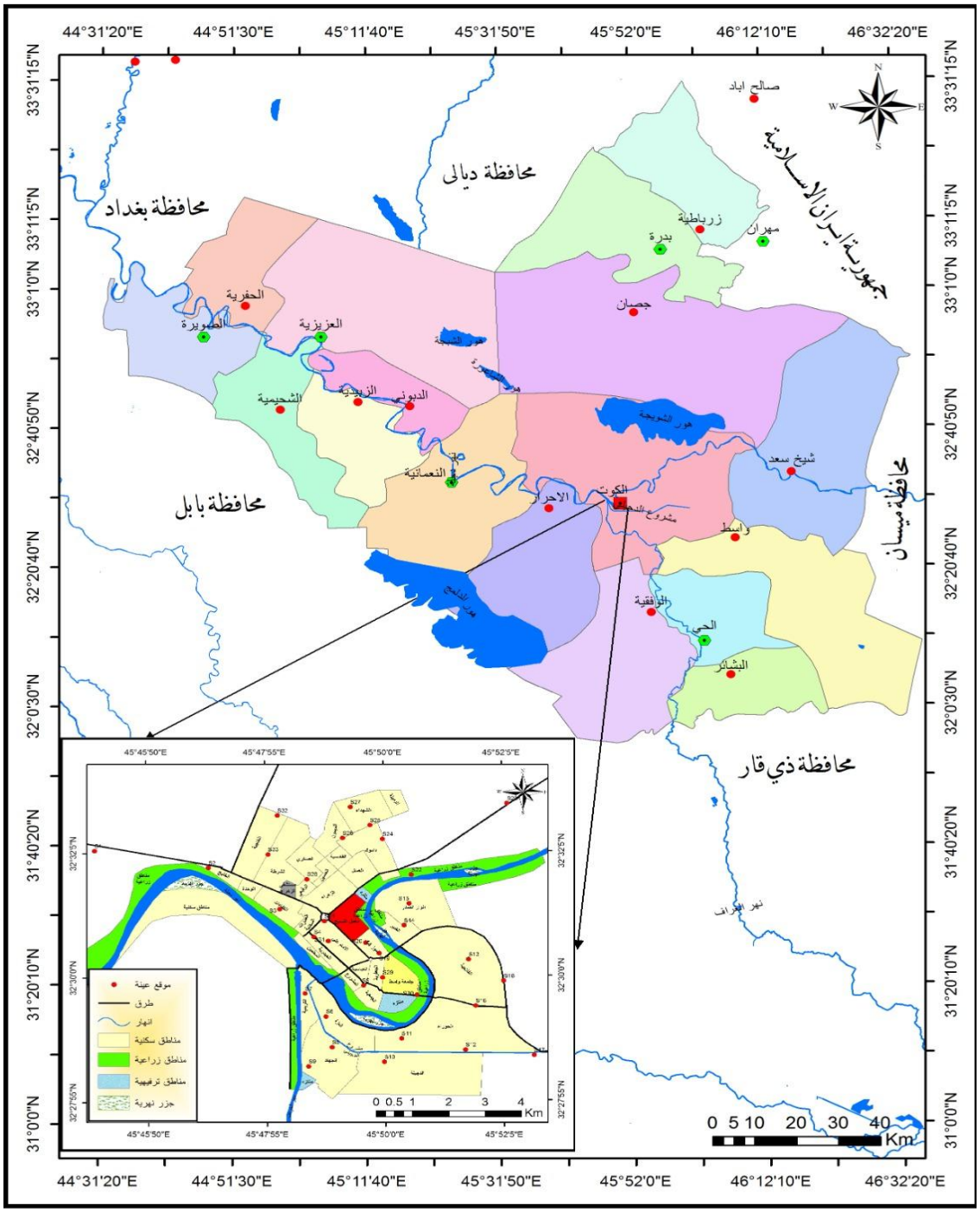
JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

المنصات المعنية بقياس سطوع السماء والتلوث الضوئي باستخدام بيانات الأقمار الصناعية وقد مثلت هذه المنصات قاعدة بيانات استند إليها البحث في رصد وتقييم مستويات الشدة الضوئية في مدينة الكوت الى جانب الرصد الميداني لقياس مستويات التلوث الضوئي وذلك من خلال استخدام تطبيقات الهواتف الذكية (Light Meter – LITE – F/16) (Susan Mander et al, 2023, p7). عند معلمات تقنية ثابتة (فتحة العدسة f/ 2.8 ، وحساسية الضوء ISO-200) لقياس مستويات ALAN بوحدة (Lux) وتساوي Lumen/M^2 ووحدة Foot-candle (cd/m2) واختصارها fc. (*) فضلاً عن تطبيق (Light Spectrometer) لقياس الطول الموجي للضوء وتطبيق (Good To Stargaze) لقياس Unihedron SQM-LU-DL-R1 بوحدات فلكية وحدة Sa هي mag/arcsec^2 ويستخدم على نطاق واسع في علم الفلك، وكذلك في الأعمال المخصصة في مراقبة التلوث الضوئي عند تحليل بيانات القياس، وهو مقياس لوغاريتمي عكسي. وهذا يعني أن التغير في قيمة Sa بمقدار (١) mag/arcsec2 يعني أكثر من تغير خطي مضاعف في السطوع السطحي لسماء الليل. زيادة على ذلك، تشير قيم Sa المتناقصة إلى زيادة سطوع سطح السماء. (Tomasz Sciezor, **2021**, **p 76**). (https://stellarium-web.org). اما طريقة قياس شدة الضوء فتكون بوضع عدسة قياس الضوء في وضع أفقي ليكون على ارتفاع لا يقل عن ١,٥ متر من الأرض، والتي تمثل متوسط خط النظر .

ولإظهار التباين المكاني لقيم التلوث الضوئي وإبراز أهم مواقع الشدة الضوئية تم استعمال تقنيات نظم المعلومات الجغرافية Arc Gis 10.8 من خلال طريقة الحشر معكوس المسافة IDW. حيث تم تحديد (٣٥) في منطقة الدراسة توزعت بشكل منتظم لتغطي أغلب الأحياء داخل المدينة وخارجها وذلك لمقارنة مستويات التلوث الضوئي داخل المدينة وخارجها، وصُنفّتْ هذه المواقع بحسب استعمالات الارض فيها . فيما وضف منصة Google Earth Engine لمراقبة تغير نطاقات وقيم التلوث الضوئي من خلال تحليل بيانات DMSP-OLS للإضاءة الليلية للمدة (٢٠١٠ – ٢٠١٥ – ٢٠٢٠ – ٢٠٢٥) ولإدراك أثر الظروف الجوية مستويات التلوث الضوئي، رافقت عملية النمذجة قياس بعض العناصر المناخية حيث كانت السماء شبه صافية مع وجود بعض السحب الرقيقة ونسبة الرطوبة بين ٤٥% – ٦٥% حيث لم يكن هناك ضباب واضح أما درجة الحرارة فقد تراوحت درجتها ٣٠ – ٢٨ ° . فيما كانت الرياح شمالية غربية بلغت سرعتها ٣,٨ م/ ثا أما الغبار العالق فبلغ مستويات منخفضة وهو يعد من العوامل المؤثرة تشتيت الضوء .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

خريطة (١) حدود منطقة الدراسة وموقعها من محافظة واسط



المصدر : الهيئة العامة للمساحة، خريطة محافظة واسط الإدارية، ٢٠٢١ .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

ثانياً : مفهوم التلوث الضوئي

يعد نظام الإضاءة الاصطناعية الحديث بمثابة مساهمة أساسية في الثورة التكنولوجية في القرن العشرين. فعلى الرغم من أن الإضاءة الاصطناعية ذات أهمية للمجتمعات الحديثة، إلا أنها لا تزال تعاني من أوجه قصور كثيرة. أخطرها هو التلوث الضوئي والذي يعد أحد أسرع أنواع التدهور البيئي تزايدًا وقد ارتفعت مستوياتها بشكل كبير مقارنة بمستويات الإضاءة الليلية الطبيعية التي يوفرها ضوء النجوم وضوء القمر (Jan Hollan, 2007, p 5-6). فمنذ ظهور المصباح الكهربائي للاستخدام اليومي في عام ١٨٧٩، أصبح الضوء الاصطناعي في الليل (ALAN) أكثر الملوثات البيئية شيوعًا (Fabio falchi et al, 2011, 2715). حيث الامتداد غير الطبيعي للنهار في المدن واختلاط الحدود بين النهار والليل . (Tomasz Ściężor, op. Cit, P 21-22) Agata Łopuszyńska, 2017, p 70) .

يمكن تعريف التلوث الضوئي بأنه "وجود إضاءة صناعية زائدة وسيئة التوجيه وغير ضرورية ليلاً، والتي تتجاوز في البيئة الطبيعية حدود تلبية احتياجات الإضاءة الأساسية وقد تصبح مزعجة أو ضارة". في صورته الأكثر وضوحًا (Miroslav Kocifaj and Ladislav Komar, 2016, p 440). فالتلوث الضوئي هو مصطلح واسع يشير إلى الضوء الاصطناعي المفرط أو المزعج الناتج عن تصميم الإضاءة السيئ ويشمل أشياء مثل الوهج وتوهج السماء وتعدي الضوء (Terrel Gallaway et al, 2010, p 659). وبشكل عام يشير مصطلح "التلوث الضوئي" أو "الضباب الدخاني الخفيف" إلى السطوع المفرط لسماء الليل بسبب الضوء الاصطناعي الناجم عن مصابيح الشوارع واللوحات الإعلانية ونوافذ المتاجر ومنشآت الإضاءة المماثلة التي يتم تشغيلها طوال الليل وقد يصل هذا الضوء إلى الغلاف الجوي بشكل مباشر أو غير مباشر من خلال الانعكاسات السطحية حيث تصبح المكونات الجزيئية المختلفة للهواء مرئية من خلال تلك الانعكاسات (Emlyn Etienne Goronczy, 2021, p 5).

أما جمعية هندسة الإضاءة (IES) والجمعية الدولية للسماء المظلمة (IDA) فتعرف التلوث الضوئي بأنه "أي تأثير سلبي للضوء الاصطناعي بما في ذلك الوهج، وتجاوز الضوء وتوهج السماء وهدر الطاقة وتهديد السلامة والأمن وتأثيرها في البيئة الليلية . وبالمثل يُعرف التلوث الضوئي أيضًا من خلال توجيهات لجنة الريف المشتركة في المملكة المتحدة ووزارة البيئة بأن "الضوء هو نوع من الإشعاع

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

يشكل جزءًا من الطيف الكهرومغناطيسي المرئي للعين. (Pedithep Youyuenyong, 2015, p 24)

وقد أضافت الجمعيات العالمية الشهيرة التي تعمل ضد التلوث الضوئي، " Dark Skies Awareness" و"The International Dark-Sky Association"، ثلاثة مصطلحات رئيسية أخرى لمصطلح توهج السماء الحضرية هي : "Light Trespass"، "Glare"، "Clutter". حيث يشير تعدي الضوء Light Trespass إلى الضوء الذي يتم التحكم فيه بشكل غير صحيح أو توجيهه بشكل غير صحيح – على سبيل المثال. الضوء الذي يشع في مناطق لا يوجد فيها ضوء مقصود، وبالتالي لا يحقق أي غرض. اما مصطلح Glare فهو الوهج المزعج الذي تسببه مصادر الضوء و Clutter اي الفوضى وهي التعبير عن مجموعات من وحدات الإنارة التي يتم وضعها بالقرب من بعضها البعض، فتنبعث منها كمية زائدة غير ضرورية من الضوء كنتيجة إجمالية. (Emlyn Etienne Goronczy, op. Cit, P 6) .

ثالثاً : قياس التلوث الضوئي ودرجاته :

إن قياس الكمية الإجمالية للتلوث الضوئي في منطقة معينة يعد إجراءً صعبًا ومعقدًا للغاية لأن الغلاف الجوي الطبيعي ليس مظلمًا تمامًا كما يعتمد التلوث الضوئي على عدة عوامل أهمها النمو السكاني وشدة مصدر الإضاءة والهباء الجوي والامتصاص الجزيئي والاختلافات المناخية والتصميم الحضري والمعماري وأنواع المصابيح المركبة في وحدات الإنارة والموقع الجغرافي والنباتات والنشاط الاقتصادي الصناعي للمناطق المجاورة وتلوث الهواء والمواد المستخدمة في المباني والشوارع ومناطق البناء الأخرى .

تبلغ إضاءة ضوء الشمس المباشر ما يقرب من مئة ألف لوكس، ولكن ضوء النهار العادي يتم تصفيته خلال السماء الملبدة بالغيوم ما بين خمسة آلاف وعشرة آلاف لوكس، في حين أن ضوء القمر لا يتجاوز ٠.٢٥ لوكس. (House of Commons Science and Technology Committee, 2003, p 17) كما يبلغ سطوع خلفية السماء الصافية البعيدة عن مجرة درب التبانة والضوء البروجي

JOBS مجلة العلوم الأساسية Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

حوالي ٢٢ قدرًا لكل ثانية قوسية مربعة (mag/arcsec^2)، أي ما يعادل 1.7×10^{-4} cd/m^2. (Fabio Falchi et al, 2016, p 1).

تعرف كمية الضوء الساقط على السطح باسم الاستضاءة ويتم قياسها باللومن (lm) لكل متر مربع أو لوكس او(cd/m^2) (المصطلح الذي يشيع استخدامه من قبل مهندسي الإضاءة) وتقاس كفاءته باللومن لكل واط (lm/w). (http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200203.). اما قياس قيم سطوع السماء ليلاً، فيستعمل علماء الفلك عدة طرق، منها استعمال جهاز مقياس جودة السماء أو مقياس الضوء SQM (Sky Quality Meter) وهو مقياس ضوئي لوغاريتمي وعكسي يستخدم على نطاق واسع في علم الفلك، ومراقبة التلوث الضوئي. بوحدات فلكية تبلغ mag/arcsec2 (Pedithep Youyuenyong, op. Cit, P 76) وتشمل حدود هذا القياس النطاقين الفلكيين (BV) لـ Johnson.(**) أما الأداة الثانية فتعتمد على قياسات السطوع السطحي لأضعف الأجسام الفلكية المنتشرة والتي يمكن رؤيتها في سماء الليل. وتسمى طريقة المذنبات من خلال رصد الظواهر المذنبية ودرجة التلوث الضوئي في سماء الليل. ونقصد هنا ظاهرة انفجارات سطوع المذنبات وكيف أن هذه الظاهرة تجعل من السهل رصد المذنبات في سماء الليل رغم التلوث الضوئي. (P. Gronkowski et al, 2017, p 2) فيما يعد مقياس Bottle لعالم الفلك John E. Bortle الذي نشره في في عام ٢٠٠١ في مجلة (Sky & Telescope) من ادق المقاييس المستخدمة في قياس سطوع السماء ومستويات التلوث الضوئي، وهو مقياس رقمي مكون من تسعة فئات يقيس سطوع سماء الليل لموقع معين. (Andrew Crumey, 2014, p 2611) ويتدرج مقياس بورتل من الفئة (١ التي تمثل أحلك سماء متوفرة للأرض، إلى الفئة ٩ التي تمثل سماء مراكز المدن)، كما إنه يعطي عدة معايير لكل مستوى يتجاوز الحد الأقصى للعين المجردة (NELM).(***) وكما يوضحه الجدول (١) .

كذلك ظهرت مقاييس اخرى حديثة لقياس شدة التلوث الضوئي تعتمد على حسابات رياضية مختلفة، وللمقارنة بين هذه المقاييس مع بعضها البعض وتحويل سطوع سماء الليل بسهولة من مقياس إلى آخر يمكن الاستعانة بالشكل البياني (١) والذي يمثل مقارنة تقريبية لقياس جودة سماء الليل بمقاييس مختلفة .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

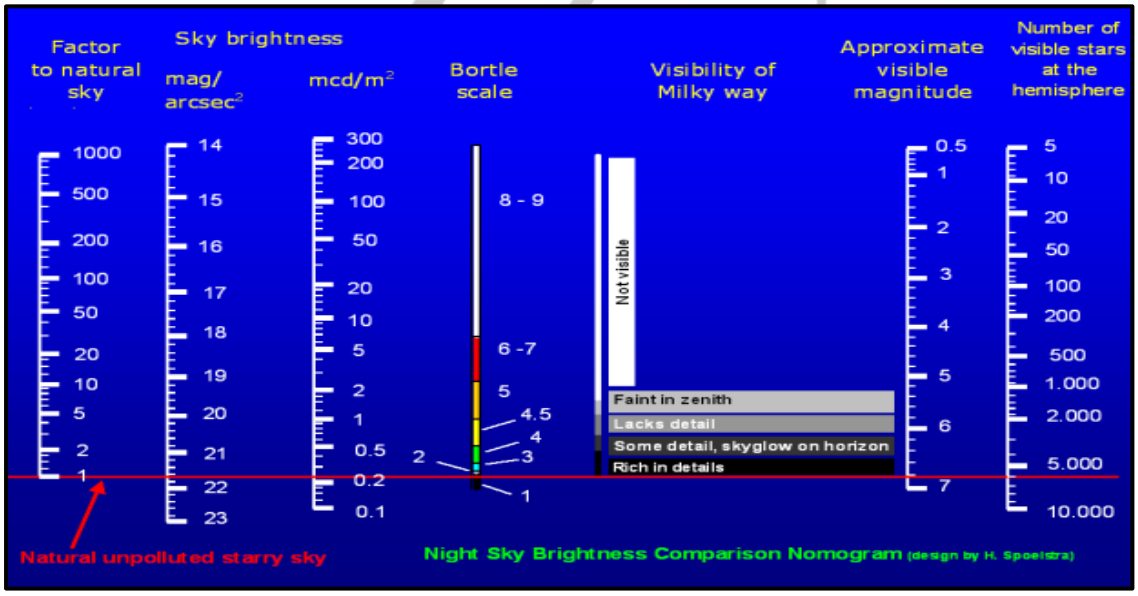
جدول (١) مقياس بورتل (Bortle 2001) لشدة التلوث الضوئي

الفئة	وضوح وعتمة السماء	NELM أقل قدر ظاهري للعين المجردة	SQM mag/arcsec^2 مقياس جودة السماء	اللون
١	موقع ممتاز لسماء معتمة (مظلمة)	7.6–8.0	21.99–22.0	الأسود
٢	سماء سوداء نمطية (موقع مظلم نموذجي)	7.1–7.5	21.89–21.99	الرمادي
٣	سماء الريف	6.6–7.0	21.69–21.89	الأزرق
٤	الانتقال من الريفية الى الضواحي	6.1–6.5	20.49–21.69	أخضر / أصفر
٥	سماء الضواحي الحضرية	5.6–6.0	19.50–20.49	البرتقالي
٦	سماء الضواحي الحضرية الساطعة	5.1–5.5	18.94–19.50	الأحمر
٧	الانتقال من سماء الضواحي الى المدن	4.6–5.0	18.38–18.94	الأحمر
٨	سماء المدن	4.1–4.5	<18.38	الأبيض
٩	سماء المدينة الداخلية (داخل المدينة)	4.0	<18.38	الأبيض

المصدر: بتصرف :

Miguel Martínez-Ledesma et al, Spectral and Zonal Restriction Justification - Review Process of DS043/2012 MMA (Ministry of Environment), Journal of the Medical Library Association JMLA, Vol. 107, No. 2 ,2019, p 4 .

شكل (١) مخطط بياني يوضح مقارنة تقريبية للمقاييس المختلفة المستخدمة للقياس جودة سماء الليل



المصدر: دليل البرنامج الفلكي

- MASTER ASTRONOMER PROGRAM, by Zach Schierl and Leesa Ricci, 2019 Program Handbook, p245 .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

إن الهدف من قياس مستوى الضوء واستخدام محددات ومواصفات التلوث الضوئي هو الاستخدام المعقول لـ ALAN وتقليل الآثار الضارة قدر الإمكان . زيادة على ذلك، تحدد المعايير الدولية للحد من التلوث الضوئي ولاسيما اللجنة الدولية للإضاءة (CIE) أربعة مناطق بيئية تصنف هذه المناطق حسب طبيعة استعمال أي منطقة وحسب كمية الضوء المطلوبة لكل منطقة .(Hong Soo Lim et al, 2018, p 4) انظر الجدول (٢) .

جدول (٢) وصف مناطق الإدارة البيئية الإضاءة.

المنطقة	محيط المنطقة	البيئة المضاءة	الامثلة
E1	طبيعي	مظلمة بطبيعتها	المتنزهات الوطنية أو المواقع المحمية
E2	ريفي	انخفاض سطوع المنطقة	المناطق الريفية الزراعية أو السكنية
E3	الضواحي	منطقة سطوع متوسطة	الضواحي الصناعية أو السكنية
E4	الحضرية	سطوع منطقة عالية	مراكز المدن والمناطق التجارية

المصدر :

- Hong Soo Lim et al, The Reality of Light Pollution: A Field Survey for the Determination of Lighting Environmental Management Zones in South Korea, journal sustainability, 2018, p 4 .

رابعاً : الآثار البيئية والصحية للتلوث الضوئي

أدت مخاطر التلوث الضوئي في العديد من دول العالم الى اتخاذ الإجراءات اللازمة فجمهورية التشيك، هي الدولة الأولى التي أصدرت حدودًا قانونية لاستخدام الإضاءة الاصطناعية الخارجية. وأعلنت دول أخرى عن طرق قانونية لتقليل التلوث الضوئي مثل سلوفينيا فيما قامت المملكة المتحدة بتوسيع نطاق قانون تلوث الهواء ليشمل التلوث الضوئي .(Hayder K. Admawi, 2024, p 64) ثم أصبحت قوانين ولوائح وتدابير التلوث الضوئي منتشرة على نطاق واسع في العديد من البلدان الأوروبية وأمريكا وآسيا حيث تعد كوريا الجنوبية والصين من بين الدول القليلة التي وضعت مؤخرًا تدابير وقائية للحد من التلوث الضوئي من خلال قوانين المدينة. نظرًا لأوجه التشابه الاجتماعية بين الصين وكوريا .(Wu Guanglei et al, 2019, p1)

أظهرت احصائيات التأثيرات البصرية للمستويات المختلفة للتلوث الضوئي أن حوالي ٨٣% من سكان العالم وأكثر من ٩٩% من سكان الولايات المتحدة وأوروبا يعيشون تحت سماء ملوثة بالضوء

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

(Fabio falchi et al, op. Cit, p4). مع زيادة بنسبة ٦٪ في الأضواء الاصطناعية كل عام (M I Azman et al, 2019, p 1) سواء أكان في الإشعاع الإجمالي أو المساحة المضاءة . ونتيجة لذلك يتعرض ٤٤% من السكان في الولايات المتحدة الأمريكية، و ٤١% في اليابان، وحتى ٥٩% في كندا، لمستوى من السطوع يعيق أو يمنع الرؤية الليلية.(Emlyn Etienne Goronczy, op. Cit, P 11) كما تعد سنغافورة الدولة الأكثر تلوثًا بالضوء، حيث يعيش جميع السكان تحت سماء مشرقة .(****) وبالتالي فإن هذه المناطق لا تشهد ليلة "مظلمة تماماً .

ووفقًا للدراسة التي أجراها الاتحاد الجيوفيزيائي الأمريكي، فإن التلوث الضوئي يقضي على جذور النترات وبالتالي يمنع انخفاض وقت الليل الطبيعي فضلاً عن آثاره على السياحة الفلكية والسياحة البيئية للحياة البرية . كما أن التلوث الضوئي يهدر الطاقة. وبناءً على ذلك، يسهم تصميم الإضاءة السيئ في زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتفاقم مشكلة الاحتباس الحراري ففي الولايات المتحدة، يتم استخدام ما يقرب من ٦% من ٤,٠٥٤ مليون ميجاوات/ساعة من الكهرباء المنتجة للإضاءة الخارجية وما يقدر بنحو ٣٠% منها يتم إهدارها على شكل تلوث وهذا يعني توليد ٧٢.٩ مليون ميجاوات/ساعة من الكهرباء دون داع بتكلفة ٦.٩ مليار دولار سنويًا. زيادة على ذلك، أدى هذا الاستخدام غير الضروري للكهرباء إلى توليد ٦٦ مليون طن متري إضافي من ثاني أكسيد الكربون .(Terrel Gallaway et al, op. Cit, p 659) فضلاً عن ذلك يمنع التلوث الضوئي علماء الفلك من مراقبة السماء الصافية ويقلل من رؤية النجوم اذ ينتشر الضوء الزائد الموجه للأعلى بواسطة الهباء الجوي وجزيئات الغبار الموجودة في الغلاف الجوي وينعكس مرة أخرى بواسطة السحب، مما يتسبب في تلوث المناطق البعيدة بالضوء .(Christopher C. M. Kyba et al, 2011, p2)

كما يتسبب الضوء في اختلال النظم البيئية وقد لوحظت اضطرابات في نمو النباتات وازدهارها ونضجها في المناطق ذات الوهج السماوي المفرط. زيادة على ذلك، فإن النباتات التي لوحظ أنها تعاني من اضطرابات الدورة النهارية/الليلية تكون أكثر عرضة للإصابة بالأمراض . كما أن الإضاءة المفرطة للمسطحات المائية يمكن أن تؤدي إلى نمو الكتلة الحيوية للطحالب، والذي يرتبط بتلوث البيئة المائية.(Dobiesz M., Ziółkowska A., 2015, p 49) كما تؤثر الإضاءة الليلية في البيئة السلوكية والسكانية والمجتمعية (في البحث عن الطعام والتزاوج والتوجيه والهجرة والتواصل والمنافسة والافتراس للحيوانات). وقد لوحظ أن مئات الآلاف من الطيور المهاجرة، تموت كل يوم نتيجة للأضواء الاصطناعية وبحسب احد الدراسات في ألمانيا، تم رصد حوالي ١٠٠٠ طائر نافق في الفترة من أكتوبر

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

٢٠٠٦ إلى نوفمبر ٢٠٠٧ بالقرب من برج البريد في بون وكان سبب الوفاة الجماعية هو إضاءة واجهة المبنى الشاهق .(*****)

وتمتد آثار التلوث الضوئي إلى ما هو أبعد من اختلال عمليات الرصد الفلكي وفقدان الطاقة لتشتمل على اضطراب الساعة البيولوجية وانخفاض جودة النوم والاصابة ببعض أنواع السرطان للإنسان.(Hayder K. Admawi, op. Cit, p 64) وقد ذكر Nataliya Rybnikova et al في دراستهم، التي اعتمدت على قواعد بيانات البنك الدولي، أن هناك علاقة ذات دلالة إحصائية بين ALAN ومرض سرطان البروستاتا.(Nataliya A Rybnikova et al, 2017, p 111-112) كما تم الإعلان عن وجود علاقة محتملة بين ALAN في الهواء الطلق وحدوث سرطان الثدي لدى النساء.(Nataliya A Rybnikova et al, 2017, p 4) بالإضافة إلى ذلك، ارتبط ALAN بمرض السكري (Cheng Hu and Weiping Jia, 2016). فضلاً عن إثارة على اضطرابات الجهاز المناعي والتعب والاكتئاب وعادة ما يعتمد التفاعل البيولوجي للضوء الاصطناعي على توزيعه الطيفي، وكمية الإشعاع الممتص، ووقت التعرض وتكراره .(wybrane fizjologiczne aspekty niedoboru melatoniny oraz witaminy, 2017)

خامساً : التحليل الجغرافي والتفسير البصري لمنصات رصد التلوث الضوئي

أجريت أول اكتشافات الاستشعار عن بعد لـ "أضواء الليل" على الأرض في ستينيات القرن الماضي، وزادت قدرة الكشف بشكل كبير في العقد التالي .(John C. Barentine, 2019, p 3) فقد كان هناك مصدران مهمان مجانيان لبيانات أبحاث ALAN في جميع أنحاء العالم وهما برنامج الأقمار الصناعية الدفاعي الأمريكي للأرصاد الجوية (DMSP/OLS)/ نظام Linescan التشغيلي وفرقة Day Night التابعة لشركة Suomi الوطنية في المدار القطبي ومجموعة مقياس إشعاع التصوير بالأشعة تحت الحمراء المرئية (VIIRS/DNB). (******) وعلى الرغم من أوجه القصور لهذه المنصات، بيد ان بياناتها استخدمت لسنوات عديدة في ظل عدم وجود بديل . وفي مطلع القرن الحالي انشأت مجموعة منصات لمراقبة اضواء الليل وقياس الشدة الضوئية لسنوات مختلفة ولأجل رصد مستويات التلوث الضوئي في منطقة الدراسة فقد تم تحليل بيانات بعض هذه المنصات ومقارنتها مع قياسات الرصد الميداني .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

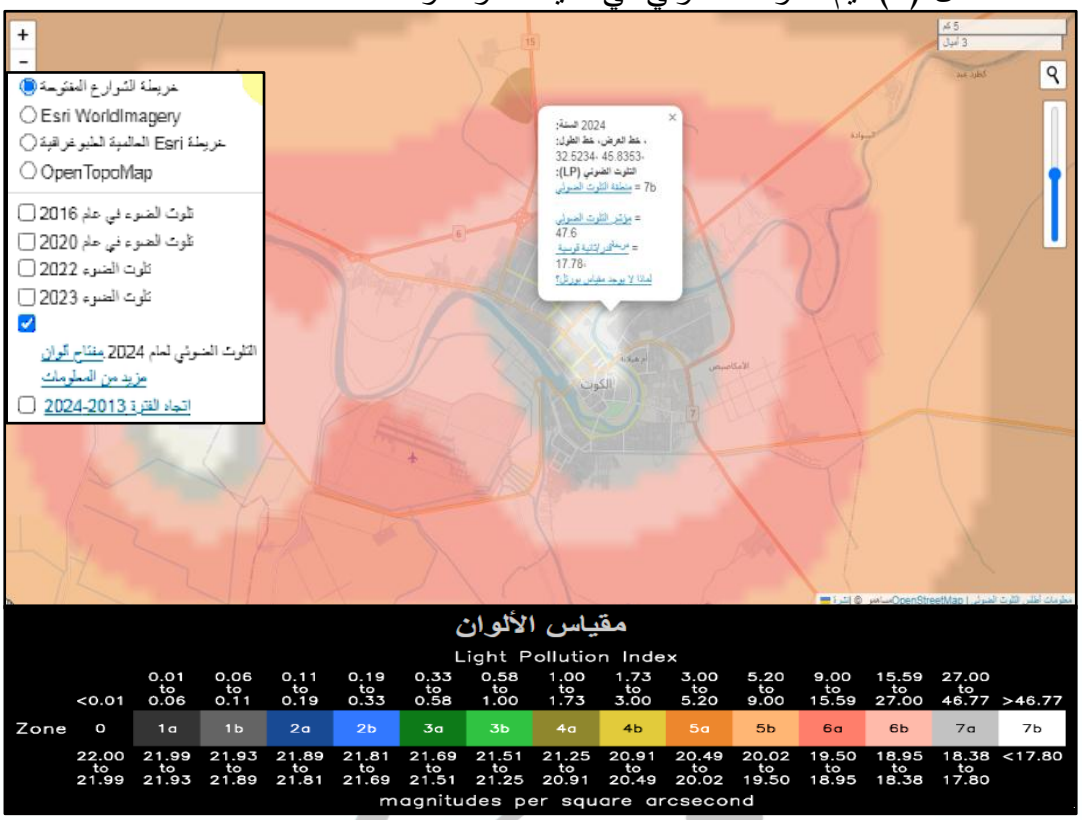
١ – منصة مكتشفي المواقع المظلمة dark site finder :

وهي منصة مجانية تعود بياناتها الى عام ٢٠٠٦ فضلاً عن ذلك يمكن اختيار الأعوام ٢٠١٦ و٢٠٢٠ و٢٠٢٢ و٢٠٢٣ و٢٠٢٤ على الخريطة عند المقارنة بين سنة وأخرى اذ توفر dark site finder إمكانية تحديد مستوى السطوع الاصطناعي لاي بقعة من العالم ويتم احتساب شدة التلوث الضوئي في هذه المنصة بنحو ١٥ درجة لونية، وفقاً لأطلس لبيبرانتونيو سينزانو، تمثل كل درجة لونية نسبة سطوع معينة تقترب او تبتعد عن رؤية السماء الخالية من التلوث الضوئي . (*******) ووفقا لذلك فان هذه المنصة تُمكن الباحثين من تحديد قيم التلوث الضوئي وفئته لكل نقطة من نقاط الرصد . (********) ومما تجدر الإشارة إليه أنها لا توضح درجات التباين في شدة التلوث الضوئي بدقة للمساحات الصغيرة فضلاً انها تظهر حقول النفط بتلوث ضوئي شديد انظر الشكل (٢) . حيث أظهرت البيانات البصرية والضوئية لمنصة dark site finder ان اعلى مستوى للتلوث الضوئي يتركز في مركز مدينة الكوت وذلك ضمن الفئة ١٥ (< 17.80 mag/arcsec^2) وفقاً لمقياس الالوان لـ dark site finder، (>7.30 mcd/m^2 = 7b) لاسيما الاحياء (حي الربيع والجعفرية وشارع النسيج) التي تمثل المركز التجاري والاداري الرئيس في المدينة حيث الاستعمال المفرط للإنارة الخارجية . فيما ظهرت احياء اطراف المدينة ضمن الفئة الـ ١٣ ($18.38 - 18.95$ mag/arcsec^2) ($3.74 - 7.30$ mcd/m^2) والتي تمثل في معظمها احياء سكنية. ونظراً لأثر عناصر المناخ لاسيما الرطوبة وتركز الغبار فوق المدينة والتي بدورها تساعد على زيادة التوهج السماوي وبالتالي زيادة قبة التلوث الضوئي نجد ان ظهير مدينة الكوت يقع ضمن الفئة الـ ١٢ لمقياس الألوان لمنصة dark site finder ($18.95 - 19.50$ mag/arcsec^2) ($1.96 - 3.74$ mcd/m^2). (********)

زيادة على ذلك فأن هذه المنصة تعتمد على إبراز حجم قبة التلوث الضوئي الناشئ عن مصادر الضوء الاصطناعي، مما جعل منطقة الدراسة بأكملها تظهر ضمن درجات تلوث متقاربة، كما ان هذه المنصة لا تأخذ بتأثير الطقس في الاعتبار إذ إنَّ الرطوبة على وجه الخصوص يمكن أن تتسبب في زيادة التوهج السماوي على مسافات أكبر . في حين أن الهواء الذي يحتوي على نسبة رطوبة منخفضة يمكن أن يؤدي إلى سماء داكنة حتى بالقرب من المدينة مع تساوي جميع العوامل الأخرى .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

شكل (٢) قيم التلوث الضوئي في مدينة الكوت وفقاً لمنصة dark site finder



المصدر : https://djlorenz.github.io/astronomy/lp2022/overlay/dark.html

٢ – منصة اتجاهات الضوء (Light trends) light pollution map :

تعد منصة Light trends من اهم المنصات في مراقبة التلوث الضوئي ويتم عرض قيم light pollution من خلالها عبر الطبقات الأساسية لـ (Microsoft Bing) وخرائط (Bing) المختلطة . وتمتد بيانات هذه المنصة من ٢٠١٢ – ٢٠٢٥ اذ يتم تحديثها باستمرار . كان الاستخدام الأساسي لهذه المنصة هو عرض بيانات VIIRS/DMSP ولكن على مدار السنوات الاخيرة، قد تم تحديث بعض المحتويات المتعلقة بالتلوث الضوئي مثل قياسات SQM/ SQC، وكثافة السمت للأطلس العالمي ٢٠١٥، والسحب في الوقت الفعلي تقريبًا، والتنبؤ بالشفق القطبي فضلاً عن أن Light trends تُمكن الباحثين من الكشف عن مستويات التلوث الضوئي لكل نقطة من نقاط الرصد وإظهارها بصورة مخطط بياني كما يمكن مقارنة بياناتها من نوع SQM مع مقياس بورتل فضلاً عن ذلك تتصف هذه المنصة بعدة مميزات منها قياس المسافة والموقع ...الخ على الخريطة من خلال تحريك المؤشر . (**********)

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

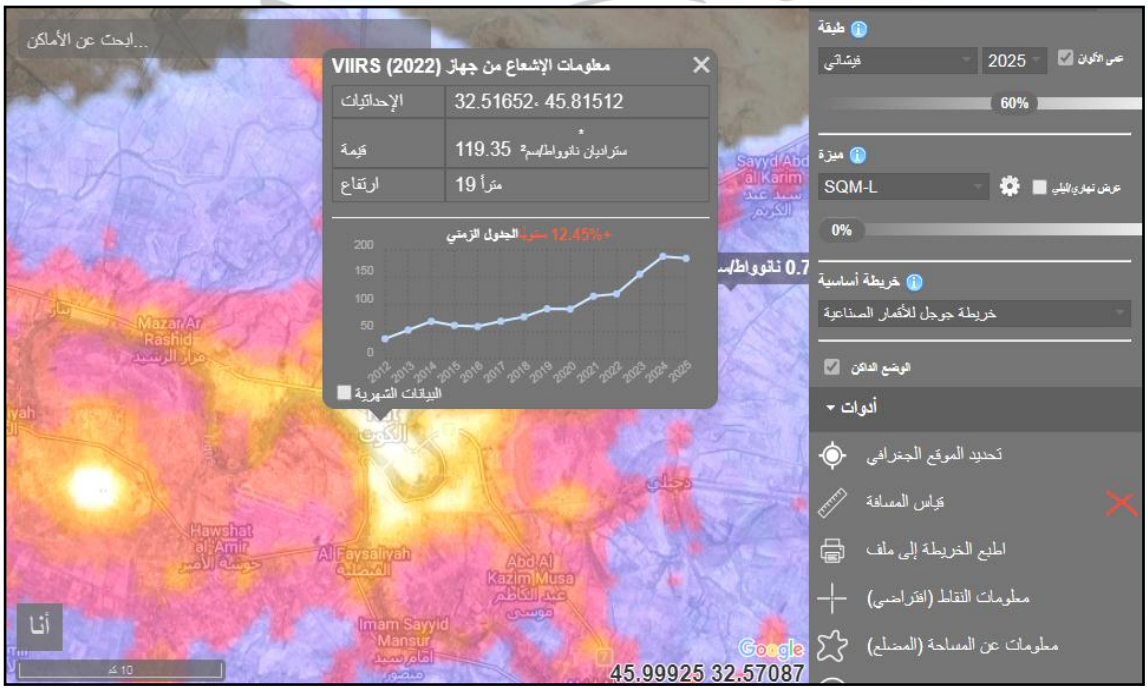
يظهر من الشكل (٣) تباين قيم التلوث الضوئي بحسب الاحياء ونوع الاستعمالات الحضرية في مدينة الكوت إلا أنها بارتفاع مستمر إذ ارتفعت شدة التلوث الضوئي في مركز المدينة من (36.68 NW/CM^2*SR) في عام ٢٠١٢ الى (184.68 nW/cm^2*sr) خلال عام ٢٠٢٥ وبزيادة سنوية بلغت (12.45 %) . (**********) وهذا ما يضعها ضمن الفئة التاسعة لمقياس بورتل والتي تمثل مراكز المدن المضاءة جدا . إذ الاستعمال المفرط للضوء الأبيض ذي الطيف الأزرق (LED) فيما كشفت منصة Light trends انخفاض واضح في قيم انعكاس الشدة الضوئية عند أطراف المدينة، ويعود ذلك إما إلى قلة استخدام الإنارة الخارجية في الأحياء السكنية، أو لكون هذه المناطق حديثة النشأة .

ومما تجدر الإشارة إليه أن منصة light pollution map (Light trends) ترتبط بالأطلس العالمي للتلوث الضوئي (World Atlas 2015) حيث قدمت التطورات في مجال توافر القمر الصناعي التابع لبرنامج الأقمار الصناعية للأرصاد الجوية الدفاعية الأمريكية (DMSP) والتحكم فيه قياسات مباشرة لانبعاث الضوء الصاعد من سطح الأرض بأكمله تقريبًا (من دائرة عرض ٦٠,٨ جنوبًا إلى ٧٢,٨ شمالًا)، وقد تم إنتاج أول صورة عالمية للأرض ليلاً بدقة ١٠ كيلومترات .(P. Cinzano, et al, 2009, 642) وهي البيانات الوحيدة المتاحة في ذلك الوقت ابتداءً من عام ١٩٩٢، أتاح توفر بيانات DMSP الرقمية مجموعة جديدة من المنتجات المكانية عالية الدقة لنمذجة التوزيع السكاني وتأثير الزحف العمراني على إنتاج الغذاء فضلاً عن توثيق التلوث الضوئي باستخدام النمذجة التفصيلية لانتشار التلوث الضوئي في الغلاف الجوي. في النطاقين الضوئي الفلكي V و B بدقة تبلغ حوالي كيلومتر واحد . وذلك باستخدام بيانات من نظام Linescan التشغيلي (OLS) التابع لـ (DMSP) لنمذجة سطوع السماء الاصطناعي. مع تعيين أعلى إشعاعات الغلاف الجوي وقد تم إجراء أول استكشاف لهذه البيانات للتنبؤ بسطوع السماء الاصطناعي من خلال تطبيق قوانين لانتشار التلوث الضوئي على بيانات الأقمار الصناعية كنماذج جارستانج التفصيلية .(P. Cinzano,et al, 2001, 690) ونظراً للتطورات التي جرت على هذه المنصة في مجال مراقبة انتشار التلوث الضوئي فإنها تتيح إمكانية الحصول على بيانات لتوزيع التدفق الضوئي المنعكس لاي نقطة على سطح الارض بوحدات قياس مختلفة ومنها SQM , Bortl فضلاً عن امكانية تمثيلها بواسطة عدسة عين السمكة وعليه يظهر من الشكل (٤) ارتفاع قيم التلوث الضوئي في مدينة الكوت بشكل واضح حيث سجلت SQM

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

(19.15 mag/arcsec^2) في عام ٢٠١٢ وبمعامل انعكاسية يعادل (2.36 mcd/m^2) وهي بذلك تقع ضمن الفئة السادسة لمقياس بورتل لقياس التلوث الضوئي أما في عام ٢٠٢٥ فقد سجلت قيمة SQM (18.03 mag/arcsec^2) حيث انتقلت المدينة الى الملوثة جدا وهذا ما يضعها ضمن الفئة الثامنة والتاسعة لمقياس بورتل لترتفع قيمة انعكاسية الضوء الى (6.60 mcd/m^2) وبزيادة سنوية بلغت (7.12%) . ويعزى هذا الارتفاع في قيم التلوث الضوئي إلى الاستعمال الكبير للإنارة الخارجية لاسيما في المناطق التجارية والترفيهية في مركز المدينة . فيما تنخفض قيم التلوث الضوئي وانعكاسيتها كلما ابتعدنا عن مركز المدينة باتجاه الاحياء السكنية ويمكن الاستدلال على ذلك من خلال تحريك المؤشر على اي موقع من منطقة الدراسة .

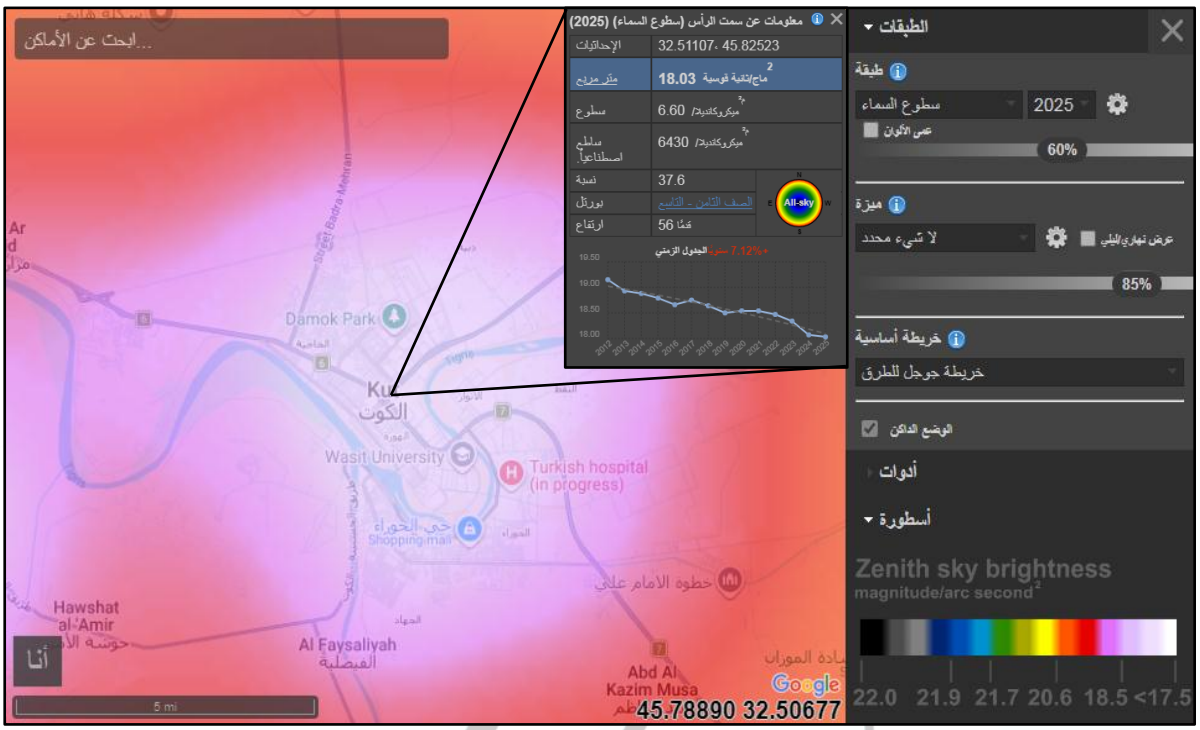
شكل (٣) قيم التلوث الضوئي في مدينة الكوت وفقاً لمنصة Light trends



المصدر: -https://www.lightpollutionmap.info/s/xcoxGgXC0a5vdoHsgK5Bg

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

شكل (٤) قيم التلوث الضوئي في مدينة الكوت وفقاً World Atlas 2015



المصدر : https://www.lightpollutionmap.info/#zoom=12.28&lat=32.9112&lon

٣- منصة البحوث والابتكار Radiance Light Trends :

تم تطوير هذه المنصة كجزء من مشروع GEOEssential، الممول جزئيًا من قبل الاتحاد الأوروبي في إطار برنامج البحث والابتكار Horizon 2020 ERA-PLANET ومركز الأبحاث الألماني لعلوم الأرض التابع لـ GFZ. والهدف من هذا المشروع هو توفير بيانات موثوقة لرصد حالة البيئة من مصادر مثل النظام العالمي لأنظمة رصد الأرض وبرنامج كوبرنيكوس. (**********)

تتيح هذه المنصة للباحثين سهولة الوصول إلى بيانات الصور الليلية في شكل تركيبات سنوية أو شهرية يتم الحصول عليها من أجهزة استشعار عبر الاقمار الاصطناعية DMSP للمدة ١٩٩٢ – ٢٠١٣ وVIIRS للمدة ٢٠١٢ – ٢٠٢٤ والبيانات المقدمة من أجهزة قياس جودة السماء وعادة ما يتم استكمال البيانات المذكورة أعلاه بطبقة الأطلس العالمي ٢٠١٥ التي توضح التلوث الضوئي ونقاط مراقبة السماء . اما التعبير عن البيانات الليلية فيكون بقيم الإشعاع (nW/cm2/sr) (بالنسبة للأطلس العالمي ٢٠١٥، يتم تحويل قيم الإشعاع إلى (mag/arcsec^2) (Fabio Falchi, et al, 2016, p8). بالإضافة إلى عرض البيانات مع خيار ضبط شفافية طبقة الإشراق، كما توفر هذه المنصة أيضًا عدة

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

وظائف اخرى مثل قياس المسافة أو قراءة القيم من نقطة أو منطقة محددة فضلاً عن تحميل جزء من الخريطة بعد تحديده من خلال امتداد ملف GeoTIFF. (Justyna Górniak-Zimroz, et al, op Cit, p 9) فضلاً عن ذلك تُتيح منصة Radiance Light Trends امكانية إنشاء مخطط بياني لحجم القبة ومقدار الطاقة المنعكسة عن اي منطقة بعد تحديدها باستخدام الادوات التي تتيحها المنصة للباحثين .

أظهرت منصة Radiance Light Trends ارتفاع مستويات التلوث الضوئي بشكل ملحوظ في منطقة الدراسة حيث سجلت قيم الشدة الضوئية في عام ٢٠١٢ (33.178 $nW/(cm^2 \cdot sr)$) لترتفع الى (174.077 $nW/(cm^2 \cdot sr)$) خلال العام ٢٠٢٤ ووفقا لمقياس بورتل فقد ارتفعت قيم الضوء من 7.6 الى 8.8 للاعوام نفسها وهذا ما يضعها ضمن المدن المضاءة جدا . فالاستعمال المفرط للضوء الأبيض (LED) والتحسن في تجهيز الطاقة الكهربائية الوطنية واستخدام الإنارة الخارجية بشكل كبير انعكست في انعكاس واضح للضوء في مركز مدينة الكوت فيما تبدأ قيم الشدة الضوئية في الانخفاض كلما اقتربنا من اطراف المدينة انظر الشكل (٥) .(**********)

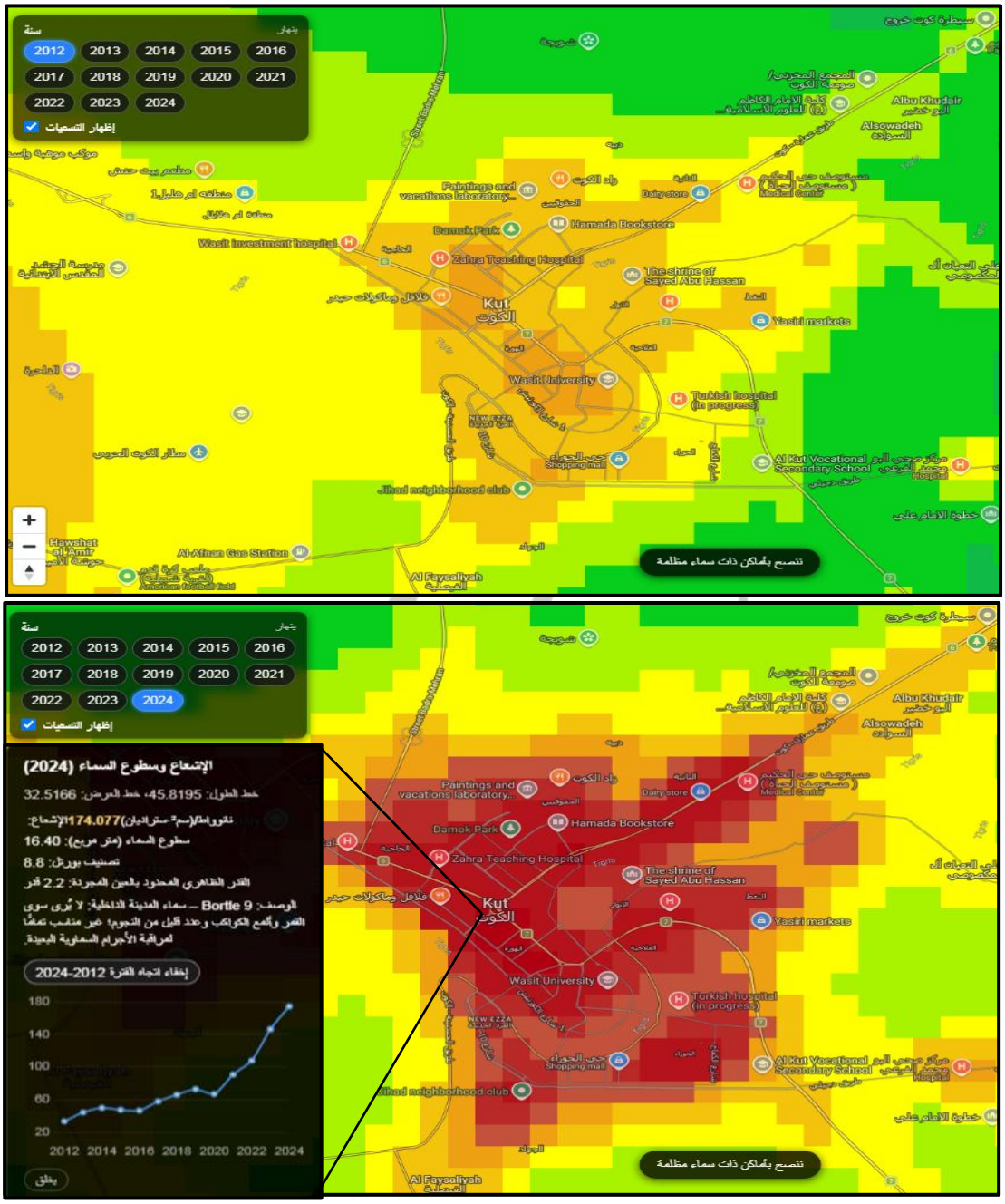
٤- تطبيق خريطة التلوث الضوئي lightpollutionmap.app

يوفر تطبيق lightpollutionmap.app عرضًا تفاعليًا شاملًا لبيانات التلوث الضوئي العالمي. يُستعمل فيه مقياس بورتل ومقياس جودة السماء (SQM) حيث تجمع هذه الخريطة بيانات الأقمار الصناعية من جهاز VIIRS التابع الى(NOAA) مع واجهات خرائط سهلة الاستعمال لعرض مستويات التلوث الضوئي في جميع أنحاء العالم. إذ تمكن الباحثين من البحث عن مواقع محددة، والحصول على معلومات تفصيلية حول جودة سماء الليل وتحليل صورها لتقدير مستويات التلوث الضوئي وعرض بياناته من عام ٢٠١٢ إلى عام ٢٠٢٦ مع تحليل اتجاهاتها العامة اذ يتم تحديث بياناتها دوريًا . ويتبع توقيت التحديث بشكل أساسي الإصدارات السنوية الجديدة من صور جهاز التصوير بالأشعة تحت الحمراء التابع الى (NOAA VIIRS) كما تتضمن هذه المنصة بيانات طقس شاملة مصممة خصيصًا للرصد الفلكي. تشمل هذه البيانات نطاقات درجات الحرارة الليلية، ونسب الغطاء السحابي، ومؤشر جودة الهواء مع وصف تفصيلي لمستوياته، وقياسات مدى الرؤية، وبيانات الطقس التي تغطي اليوم السابق والأيام الخمسة القادمة. وتُستقى بيانات الطقس من OpenMeteo ويتم تحديثها بانتظام. فضلاً ذلك تمكن هذه المنصة الباحثين من تحديد نقاط التلوث بدقة حسب احداثيات GPS وتمثيلها بمخطط بياني لبيان اتجاهات التلوث الضوئي ومقدار التغير في نسبة السطوع بحسب مقياس بورتل و(SQM). (https://lightpollutionmap.app/llms.txt)

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

شكل (٥) قيم التلوث الضوئي في مدينة الكوت للسنوات (٢٠١٢ ، ٢٠٢٤) وفقاً لمنصة

Radiance Light Trends



المصدر : https://www.lightpollutionmap.net/

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

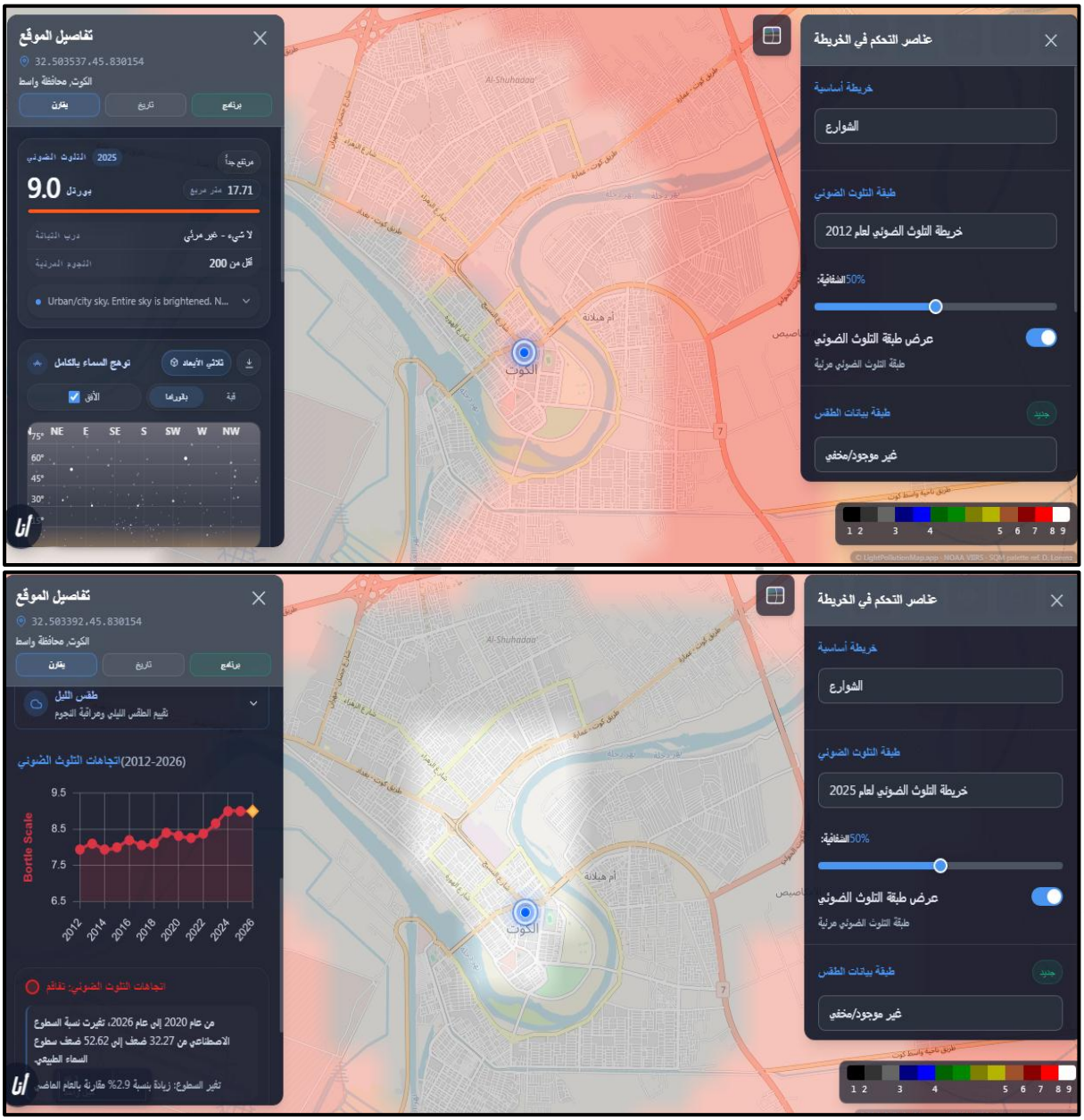
تظهر خريطة التلوث الضوئي lightpollutionmap.app في مدينة الكوت أن قيم السطوع الاصطناعي والشدة الضوئية في ارتفاع تدريجي ملحوظ حيث يظهر من الشكل (٦) ان قيمة الـ (SQM) قد بلغت (18.41 mag/arcsec^2) في عام ٢٠١٢ وهو ما يعادل (7.9 Bortle) فيما انخفضت قيمتها الى (17.68 mag/arcsec^2) في عام ٢٠٢٦ ليرتفع بذلك مقدار التلوث الضوئي الى أعلى مقدار له (9 Bortle) مع زيادة سنوية في قيم نسبة السطوع بلغت اكثر من ٢,٩% فضلاً عن ذلك فقد تضاعفت نسبة السطوع الاصطناعي من ٣٢,٢٧ في عام ٢٠٢٠ الى ٥٢,٦٢ ضعف سطوع السماء الطبيعي في عام ٢٠٢٦ . ولذلك نستدل على أن الإفراط في استعمال الإنارة الخارجية في المناطق التجارية والترفيهية والتقاطعات المرورية وتحسن تجهيز الكهرباء الوطنية ساعد على زيادة التلوث الضوئي مما انعكس على جودة السماء(SQM) . بينما تتناقص قيم شدة الإضاءة كلما ابتعدنا عن مركز المدينة. حيث تُظهر دقة البيانات في هذا التطبيق ستة نطاقات لتوزيع الإشعاع الضوئي ودرجاته، مع قياس التغير في حجم قبة التلوث وكمية الطاقة المنعكسة عند أي نقطة على الخريطة، وهو ما يتم تمثيله بيانياً باستخدام الأدوات المتاحة للباحثين .

سادساً : تحليل اتجاهات التلوث الضوئي في مدينة الكوت بأستعمال RS

بدأ التخمين الأول حول المساهمة البشرية في سطوع سماء الليل في أية نقطة معينة على الأرض بتحديد مصادر الضوء إلا أنَّ الجيل الجديد من منصات مرصد الأرض أدى إلى تحسين الوضع ففي عام ٢٠١١ ، أطلقت الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء الأمريكية (ناسا) القمر الصناعي Suomi National Polar-Orbating Partnership. من بين أدوات Suomi مجموعة مقاييس الإشعاع المرئي للتصوير بالأشعة تحت الحمراء (VIIRS)، وهو مقياس إشعاع مسح ضوئي whisk broom. (Changyong Cao. et al, 2013, 668) من بين نطاقات مرور VIIRS، واحد فقط يحقق حساسية كافية لإجراء قياسات كمية ذات مغزى للأضواء الليلية: النطاق الليلي النهاري (DNB)، وهو حساس للضوء بين ٠.٥ و ٠.٩ متر وله دقة مكانية أرضية تبلغ ٧٥٠ م بكسل والحد الأدنى من الإشعاع القابل للاكتشاف يبلغ ٣ (John C. Barentine, Op. cit, p3). nW cm $^{-2}$ sr $^{-1}$ ولمراقبة التغيرات المكانية والزمانية في شدة الإضاءة الليلية بمدينة الكوت وتحليل اتجاهاتها باستخدام بيانات الإضاءة الليلية المستمدة من الأقمار الصناعية حيث تعد هذه البيانات مؤشر غير مباشر على التوسع العمراني، والنشاط الاقتصادي، وتطور البنية التحتية، ونمذجة التلوث الضوئي .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

شكل (٦) قيم التلوث الضوئي في مدينة الكوت للسنوات (٢٠١٢ ، ٢٠٢٥) وفقاً لتطبيق lightpollutionmap.app



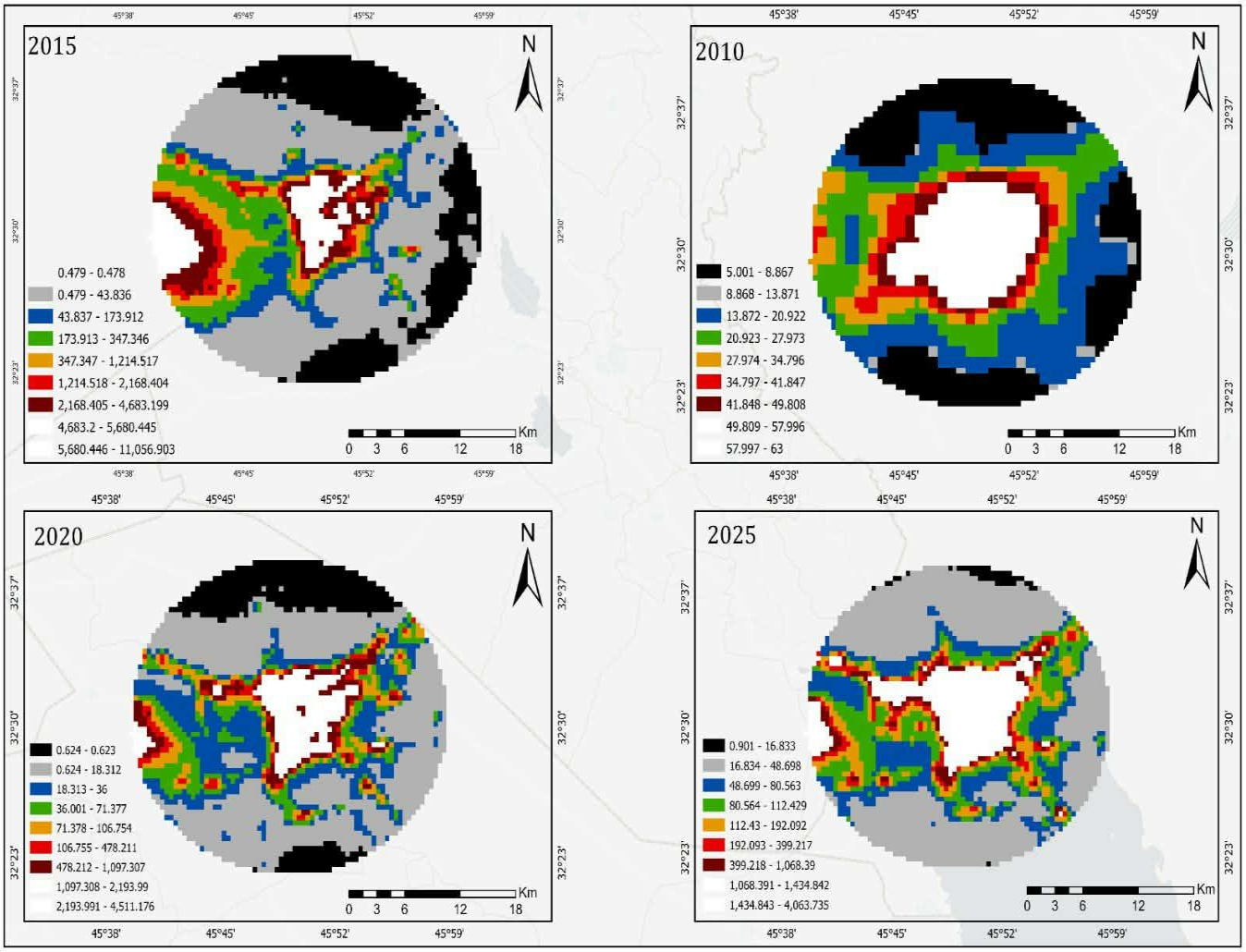
المصدر :
https://lightpollutionmap.app/?lat=32.503392&lng=45.830154&zoom=13

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

ولضمان تغطية المدينة والمناطق المحيطة بها، تم إنشاء نطاق مكاني (Buffer) بقطر 15 كيلومتراً حول مركز المدينة، ليشمل المناطق الحضرية وشبه الحضرية المحيطة وذلك بالاعتماد على منصة Google Earth Engine واستيراد وتحليل بيانات DMSP-OLS للإضاءة الليلية لعام ٢٠١٠ من خلال استعمال منتج Stable Lights من بيانات DMSP-OLS ، والذي يوفر معلومات عن الإضاءة الليلية المستقرة بدقة مكانية تقارب 1 كيلومتر. فيما تم تحليل بيانات VIIRS-DNB للإضاءة الليلية باستعمال بيانات VIIRS-DNB Monthly VCMCFG للأعوام (٢٠١٥ – ٢٠٢٠ – ٢٠٢٥) كما تم الاعتماد على نطاق Average Radiance (avg_rad) الذي يمثل متوسط الإشعاع الضوئي الليلي، بدقة مكانية تقارب ٥٠٠ متر وبناءَ على ذلك تم إنشاء مركبات سنوية (Annual Composites)لكل سنة من سنوات الدراسة وحساب متوسط شدة الإضاءة الليلية السنوية (VIIRS Nighttime Day/Night Annual Band Composites V2.1, DMSP OLS: Nighttime Lights Time (Series Version 4, Defense Meteorological Program Operational Linescan System زيادة على ذلك كشفت بيانات نمذجة أضواء الليل من DMSP-OLS لرصد VNIR زيادة في شدة الإضاءة الليلية بشكل ملحوظ في مدينة الكوت للمدة من (٢٠١٠ – ٢٠٢٥) انظر الشكل (٧) وذلك نتيجة التوسع العمراني وتحسن في البنية التحتية ونمو ضواحي المدينة وما صاحبه من نمو الشوارع المضاءة وزيادة النشاط التجاري والترفيهي ومراكز التسوق وزيادة الكفاءة في المصابيح الحديثة والتحويل المستمر إلى مصابيح أكثر سطوعًا LED . فيما يظهر من الشكل (٨) تباين نطاق وقيم الضوء واتجاهاته الزمانية وذلك بسبب تغيير استعمالات الارض وتغيير نمط الإضاءة اذ إن التقنية المستخدمة في أعمدة الإنارة في شوارع وساحات المدينة هي تقنية قديمة تتمتع بمستوى إضاءة عالي اضافة الى الإضاءة المفرطة على كافة جوانب الطرق لأغلب المحلات التجارية والأسواق وكذلك اللوحات الإعلانية أثرت بشكل كبير في توجيه زيادة شدة الضوء وانعكاسه في اتجاهات مختلفة مما أدى إلى ارتفاع التلوث الضوئي فضلاً عن قلة الوعي البيئي لدى بعض شرائح المجتمع والذي تمثل في استخدام الإضاءة العالية جداً في واجهات المباني التجارية لجذب العملاء وترك الإضاءة حتى ساعات الصباح الباكر .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

شكل (٧) الشدة الضوئية في مدينة الكوت وفقاً لـ DMSP–OLS للمدة (٢٠١٠ – ٢٠٢٥)



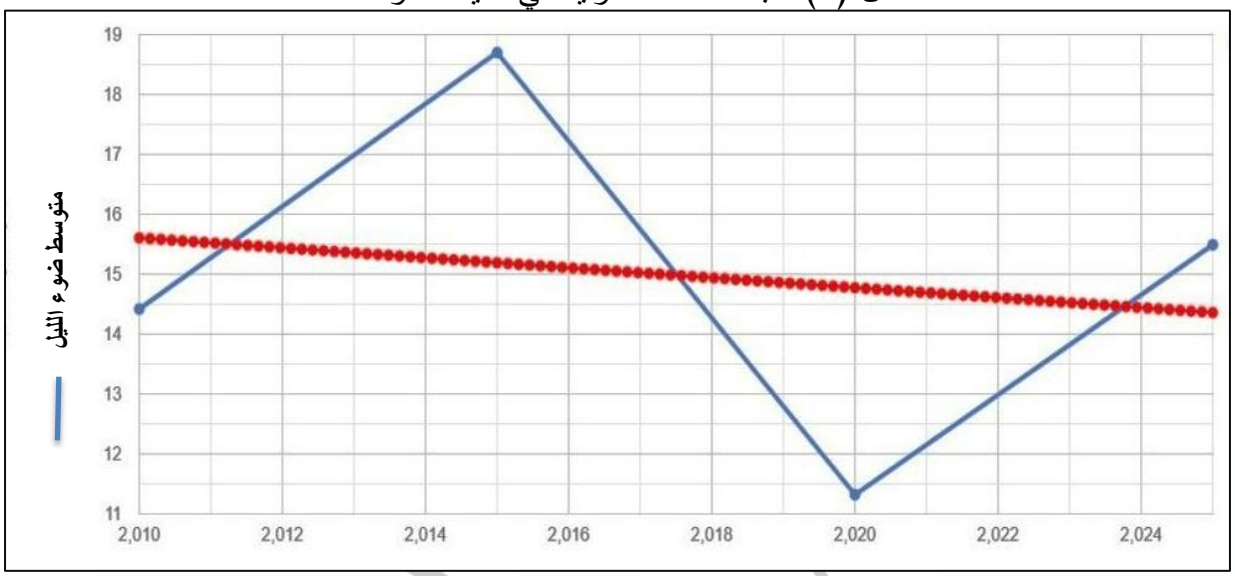
مجلة العلوم الاساسية
العلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية

المصدر : الباحث بالاعتماد على :

- DMSP OLS: Nighttime Lights Time Series Version 4, Defense Meteorological Program Operational Linescan System .
- VIIRS Stray Light Corrected Nighttime Day/Night Band Composites Version 1-

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

شكل (٨) اتجاه الشدة الضوئية في مدينة الكوت



المصدر : بالاعتماد على تحليل بيانات DMSP-OLS للمدة (٢٠١٠ – ٢٠٢٥) .

سابعاً : التباين المكاني لمستويات التلوث الضوئي في مدينة الكوت

منذ إدخال الإضاءة قبل أكثر من قرن، زادت مؤشرات الضوء الاصطناعي بمعدلات تجاوزت معدل النمو السكاني، ومع هذا التغيير غير المسبوق تأتي مجموعة من العواقب البيئية، والمتمثلة بالتلوث الضوئي والذي يمثل تهديد بيئي يتطلب تطوير أفضل ممارسات الإدارة وإنشاء وسيلة لقياس هذه المشكلة، وتحديد المصادر الملوثة، ومراقبة تطور آثارها عبر الزمن .

توفر محطات مراقبة سطوع السماء الليلية إمكانية جمع بيانات متسلسلة زمنية لسطوع السماء فان لهذه البيانات قيمة لمتابعة التطور في سطوع السماء وعلى الرغم من إثبات موثوقيتها في ظل الظروف الميدانية، إلا أنَّهذه الأنواع من الأجهزة محدودة أيضًا في نوع المعلومات التي يمكنها توفيرها. اذ تسمح الصور التي ترصدها محطات المراقبة والمنصات في تحديد مصادر الضوء المحددة في الأفق والتي تتغير بمرور الوقت بسبب استخدام الأراضي وتطويرها . ولأجل التحقق من بيانات تلك المنصات ودقتها، فقد تم تحديد ٣٥ موقعاً في مدينة الكوت صنفت هذه المواقع بحسب استعمالات الارض فيها الى (سكنية ، تجارية ، مرورية ، صناعية ، ترفيهيه) لرصد مستويات ALAN وذلك باستعمال Light Meter F/16 حيث يشتمل هذا التطبيق على عدسة حساسة لتحديد شدة الضوء من خلال عدة مقايس (LUX, MN, fe, ev, ses) وللحصول على أفضل تقييم، أخذت القياسات على مسافة لا تقل عن ١,٥ متر من الأرض، والتي تمثل متوسط خط النظر . لاحظ الجدول (٣) .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

جدول (٣) مستويات شدة الضوء المرصودة في منطقة الدراسة

رقم الموقع	اسم مواقع القياس	طبيعة مواقع القياس	الاحداثيات GPS	شدة الضوء بوحدة				
				sec	ev	fc	LUX	NM
S 1	ام هلايل	سكنية	32° 33' ,78" N 45° 42' 27, 83" E	1/8	5	7	80	509
S 2	المفتاح	مرورية	32° 31' ,50, 29" N 45° 46' 55, 51" E	1/25	6.5	20	226	571
S 3	حي المهندسين	سكنية	32° 31' , 8, 56" N 45° 48' 10, 71" E	1/30	7	29	320	565
S 4	الهورة	تجارية	32° 30' , 40, 26" N 45° 48' 46, 42" E	1/180	9.4	156	1288	700
S 5	ساحة العامل	تجارية	32° 29' , 51, 69" N 45° 49' 38, 49" E	1/80	8.1	63	685	487
S 6	العزة القديمة	سكنية	32° 29' , 20, 58" N 45° 48' 58, 98" E	1/25	6.5	20	226	493
S 7	الكريمية	سكنية	32° 29' , 43, 30" N 45° 48' 36, 96" E	1/45	7.5	41	452	486
S 8	حي الجهاد	سكنية	32° 28' , 49, 37" N 45° 49' 4, 74" E	1/10	5.4	9	105	500
S 9	حي الجهاد / قرب المنتدى الرياضي	سكنية	32° 28' , 30, 49" N 45° 48' 39, 66" E	1/80	8.1	63	685	476
S 10	السفحة	سكنية	32° 28' , 34, 94" N 45° 49' 59, 66" E	1/20	6.1	15	171	487
S 11	زين القوس	ترفيهية	32° 28' , 58, 48" N 45° 50' 17, 31" E	1/60	8	59	640	457
S 12	الحولي	سكنية	32° 29' , 30, 32" N 45° 51' 36, 06" E	1/10	5.3	9	98	498
S 13	الفلاحية / شارع ٤٠	سكنية	32° 30' , 17, 56" N 45° 51' 28, 17" E	1/40	7.2	34	367	556
S 14	الانوار	سكنية - تجارية	32° 30' , 51, 00" N 45° 50' 21, 46" E	1/20	6.4	19	211	498
S 15	الانوار ٢	سكنية	32° 31' , 13, 51" N 45° 50' 26, 68" E	1/60	7.9	55	597	488
S 16	حي الجامعة	سكنية	32° 29' , 30, 07" N 45° 51' 37, 89" E	1/30	7	29	320	568
S 17	طريق الحي	مرورية	32° 28' , 40, 99" N 45° 52' 37, 79" E	1/4	3.9	3	37	467
S 18	حي السياسين	سكنية	32° 29' , 55, 53" N 45° 52' 5, 15" E	1/5	4.4	4	52	458
S 19	شارع النفط	سكنية - تجارية	32° 30' , 56, 04" N 45° 51' 24, 30" E	1/100	8.6	90	970	601
S 20	مستشفى الكرامة	خدمية	32° 30' , 48, 25" N 45° 50' 45, 67" E	1/25	6.5	20	226	468
S 21	حي تموز	سكنية	32° 30' , 23, 68" N 45° 49' 54, 36" E	1/80	8.2	68	735	498
S 22	حي السلام	سكنية	32° 30' , 34, 27" N 45° 49' 40, 32" E	1/25	6.5	20	226	494

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

S 23	مجسر المتنبي	مرورية	32° 30' , 56, 04" N 45° 48' 57, 06" E	1/80	8.2	28	1135	700
S 24	حي الحكيم ١	سكنية	32° 31' , 42, 01" N 45° 50' 29, 75" E	1/30	8	59	640	501
S 25	حي الحكيم ٢	سكنية	32° 32' , 54, 62" N 45° 52' 10, 44" E	1/20	6.4	19	211	495
S 26	الحي الصناعي	صناعية	32° 32' , 18, 38" N 45° 49' 59, 88" E	1/6	4.5	5	56	447
S 27	حي الشهداء	سكنية - تجارية	32° 32' , 32, 17" N 45° 49' 46, 26" E	1/60	8	59	640	480
S 28	حي الميمون	سكنية - تجارية	32° 32' , 19, 47" N 45° 49' 17, 76" E	1/50	7.7	48	519	475
S 29	حي داموك	سكنية	32° 32' , 50" N 45° 49' 25, 50" E	1/45	7.5	41	452	467
S 30	الزهراء	سكنية - تجارية	32° 31' , 38, 86" N 45° 48' 39, 27" E	1/60	8.4	78	844	509
S 31	الشرقية	مرورية - تجارية	32° 29' , 59, 67" N 45° 49' 58, 38" E	1/125	9	118	1180	681
S 32	حي الربيع خلف الجامعة	ترفيهية - تجارية	32° 29' , 41, 69" N 45° 50' 34, 71" E	1/60	8	59	640	487
S 33	شارع النسيج قرب التربية	سكنية تجارية	32° 30' , 36, 34" N 45° 49' 1, 07" E	1/45	7.4	39	422	484
S 34	طريق بدرة	سكنية	32° 32' , 42, 75" N 45° 48' 8, 85" E	1/30	7	29	320	477
S 35	الخاجية	سكنية	32° 32' , 3, 28" N 45° 47' 58, 00" E	1/90	8.4	78	844	501

المصدر : بالاعتماد على نتائج الرصد الميداني بتاريخ ٢١ / ٥ /٢٠٢٦ .

sec : يمثل قيم سطوع السماء بوحدة mag/arcsec2 والتي يمكن تحويلها بسهولة إلى وحدات أساسية أخرى لسهولة التحليل، على سبيل المثال كانديلا أو لوكس. ويستخدم على نطاق واسع في علم الفلك، وكذلك في الأعمال المخصصة لمسألة التلوث الضوئي. عند تحليل بيانات القياس، ينبغي للمرء أن يتذكر أن هذا مقياس لوغاريتمي وعكسي .

ev : تمثل قيمة التعريض الضوئي، وهو عدد صحيح يمثل مجموعات متعددة من سرعة الغالق أو وقت التعريض الضوئي والرقم البؤري وجميع مجموعات سرعات الغالق والأرقام البؤرية التي توفر نفس مقدار الضوء على الفيلم أو مستشعر الصورة لها نفس قيمة EV ومع ذلك فإن الصورة لن تكون هي نفسها لأن الرقم البؤري الذي يمثل فتحة العدسة يحدد عمق المجال، والذي سيكون مختلفًا باختلاف أرقام البؤرة .

fc : قدم شمعة أو شمعة – قدم (Foo t- candle) : واختصارها fc أو lm /ft^2 أو ft - c ، هي وحدة لا تتبع نظام الوحدات الدولي وتستعمل لقياس شدة الضوء أو الاستضاءة ويقصد بتسمة قدم شمعة" الإنارة الملقاة على سطح بواسطة شمعة واحدة على مسافة قدم واحد، وتستعمل هذه الوحدة بشكل شائع في تخطيطات الإضاءة في جزء من دول العالم التي تستعمل وحدات القياس العرفية الأمريكية.

LUX : هي وحدة قياسية تستخدم لقياس الاستضاءة، وشدة الضوء المسلط على منطقة معينة. على سبيل المثال، إذا كنت تقف تحت ضوء الشارع ليلاً، فإن سطوع الضوء المحيط بك يشير إلى اللوكس. ولقياس ذلك، فإن اللوكس الواحد يساوي لومناً واحداً لكل متر مربع .

NM : نانومتر : وتعني الطول الموجي السائد ويتراوح طول موجة الضوء الذي يمكن للعين البشرية رؤيته بين 400 و 700 نانومتر .

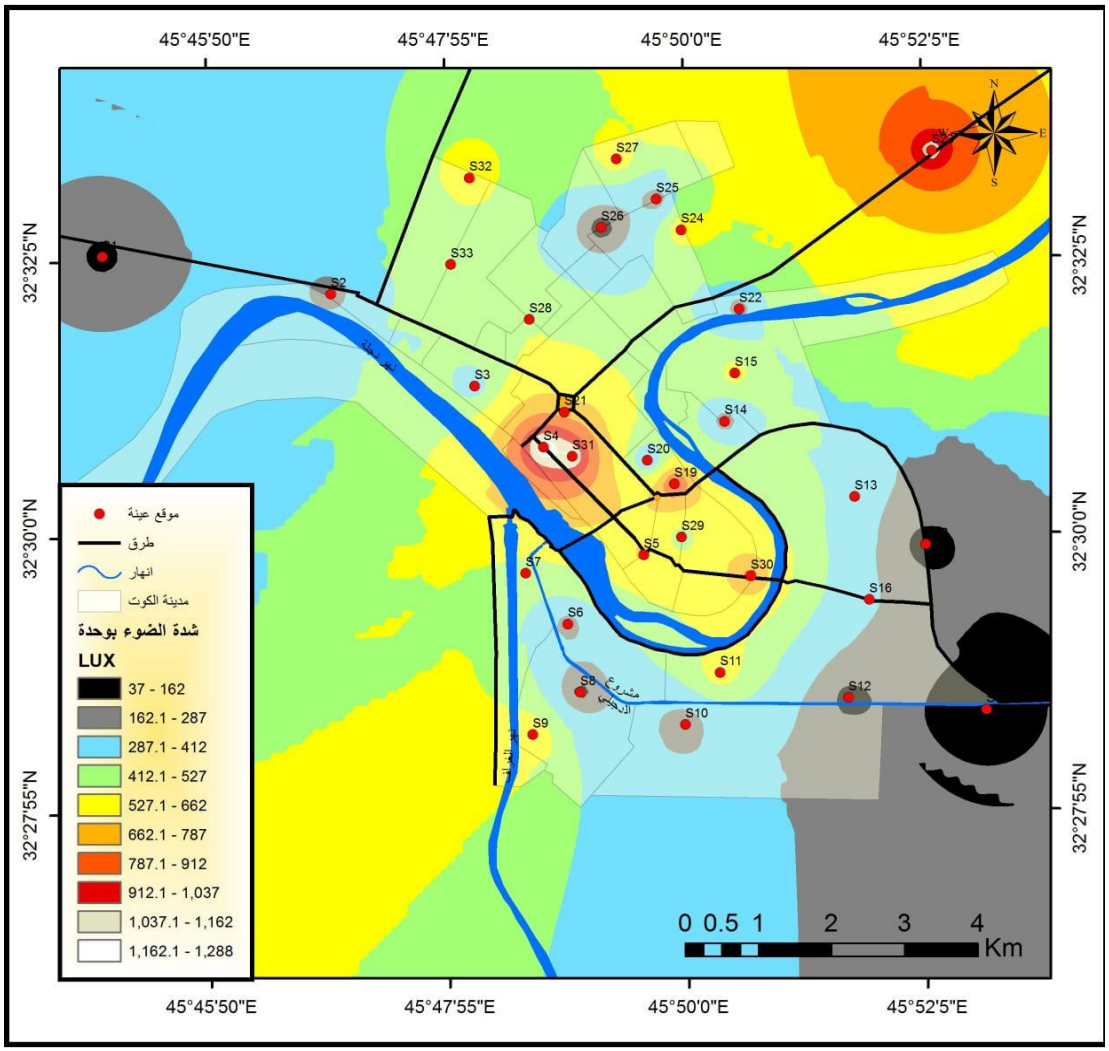
وقد تم اختيار قيمة الفيض الضوئي (f/) 2.8 لجميع مواقع القياس والتي تمثل كمية الضوء المنبعثة من المصدر الضوئي في الثانية الواحدة خلال زاوية مجسمة مقدارها الوحدة من مصدر قوة إضاءته شمعة عيارية ويقاس الفيض الضوئي بوحدة تسمى اللومن .فيما تم تحديد الـ ISO عند حساسية 200 وهي الانسب للتصوير الخارجي بسبب الضوء المحيط وهذا ما تم تحديده عند قياس التلوث الضوئي . ويمثل ISO وسيلة لتحديد قياس سرعة فيلم التصوير ومدى حساسيته للضوء، وتتراوح معدلات حساسيته للضوء في النطاقات ٥٠، ١٠٠، ٢٠٠، ٤٠٠، ٨٠٠، ١٦٠٠ و٣٢٠٠، ويعتمد بشكل رئيسي على عدة عوامل، من بينها مستوى الإضاءة المحيطة وما الذي ترغب في تصويره كما أن معدلات حساسية ISO تتضاعف على مستوى الأرقام بداية من ٥٠ إلى ١٠٠ إلى ٢٠٠ وهكذا، وهذا يحدد كيفية قياس هذا المعدل لحساسية الفيلم للضوء، فالفيلم ذو حساسية ISO 100 حساس للضوء بقيمة تبلغ ضعف الفيلم ذو حساسية ISO 200 والعكس بالعكس . اما زمن القياس فقد تراوح مابين ٢ – ٥ دقائق لتجنب اضواء السيارات وبمسافة عن مصدر الضوء تراوحت ما بين ١٠ – ١٥ متر .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

تعد الإضاءة الناتجة عن المصادر الطبيعية منخفضة جدًا، اذ تتراوح من بضعة أعشار من المليلوكس في الليالي الملبدة بالغيوم، إلى مليلوكس واحد تقريبا في الليالي الصافية الخالية من النجوم، وتصل الى ربع لوكس عندما يكون البدر عاليا في السماء وبالمقارنة تضاء المناطق الحضرية عادة بحوالي ١٠٠٠٠٠ ضعف مستويات الإضاءة الطبيعية أثناء الليل مما يخلق تأثير سلبياً يتمثل بالتلوث الضوئي . على ذلك أظهرت نتائج الرصد الميداني ارتفاع كبير في قيم السطوع الاصطناعي في منطقة الدراسة حيث بلغ معدل الشدة الضوئية (489.14 LUX) . بيد ان قيم التلوث الضوئي ترتفع عن هذا المعدل بكثير في بعض الاحياء اذ سجل الموقع (S 4) في حي الهورة اعلى قيمة بلغت (1288 LUX) كونه هذا الموقع يمثل المركز التجاري في مدينة الكوت فاستعمال الضوء الابيض (LED) بكثافة فضلاً عن إنارة الاعمدة الضوئية انعكس على ارتفاع قيم الشدة الضوئية . اما اقل قيمة للتلوث الضوئي فقد سجلت في الموقع (S 17) على الطريق الخارجي (كوت – حي) بلغت (37 LUX) . فيما تباينت قيم التلوث الضوئي في المواقع الاخرى تباينا مكانياً ملحوظاً بحسب الاحياء الحضرية واستعمالات الارض فيها حيث حققت المواقع التي يغلب عليها الطابع التجاري اعلى مستويات للتلوث الضوئي لأ سيما احياء (الربيع والشرقية والزهراء والشهداء وساحة العامل وشارع النفط) فضلاً عن تقاطع مجسر المتنبي (مرورية) فيما سجلت الاحياء السكنية عند اطراف من منطقة الدارسة ادنى قيم للتلوث الضوئي كونها احياء حديثة النشوء ومتباعدة انعكست على قلة استعمال الإنارة بشكل كثيف انظر الخريطة (٢) . ويمكن الاستدلال على ذلك من خلال المقارنة مع قراءات المنصات المعنية برصد التلوث الضوئي .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

خريطة (٢) التباين المكاني لقيم التلوث الضوئي في مدينة الكوت بوحدة LUX



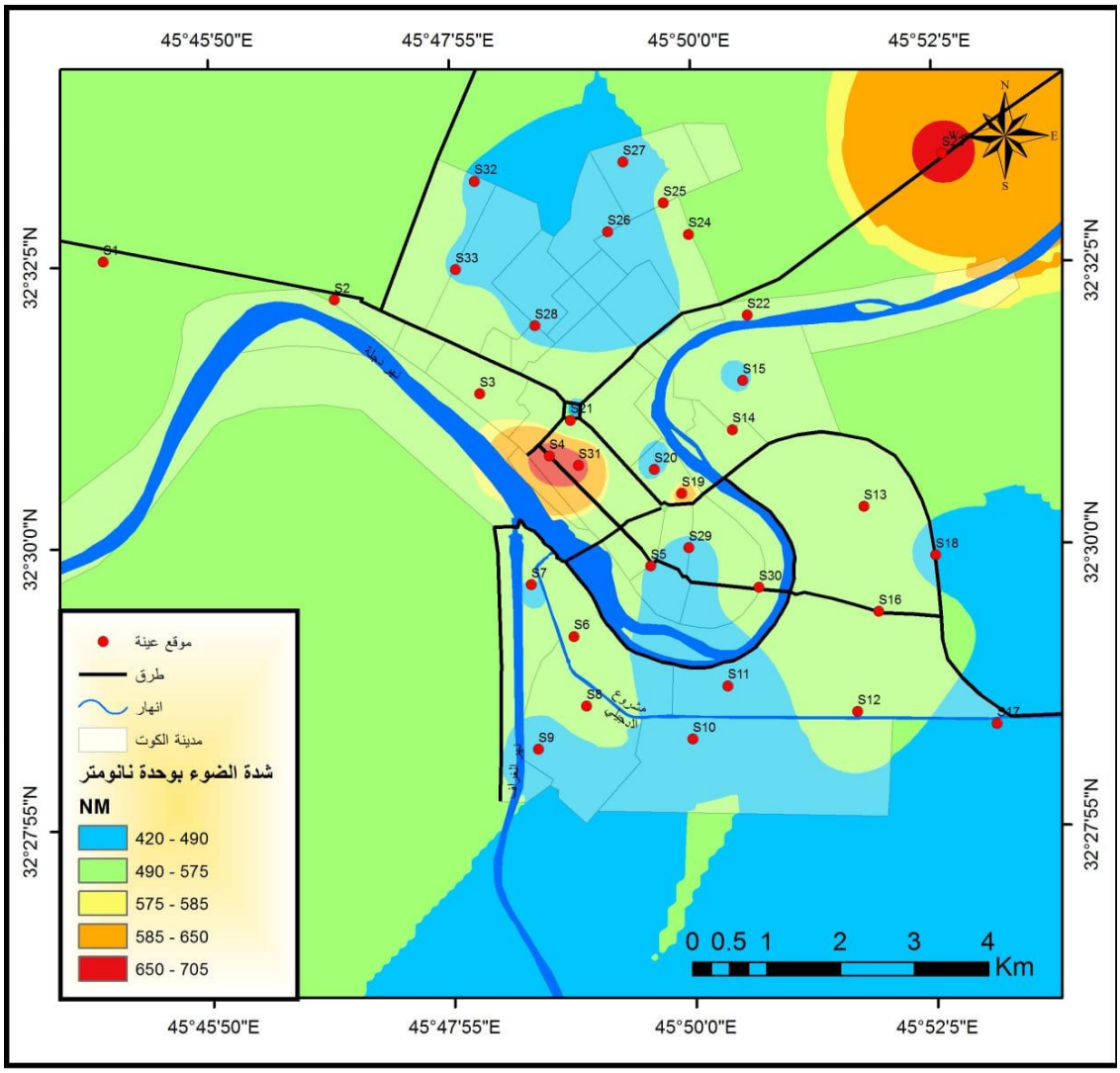
المصدر : الباحث بالاعتماد على بيانات الجدول (٣) و برنامج ArcGIS 10.

ولارتباط الضوء ببعض المتغيرات والتي تمثل قيم سطوع السماء sec ومقدار التعريض الضوئي ev وشدة الاستضاءة fc يظهر من الجدول (٣) ان قيمها هي الاخرى تباينت مكانياً وذلك تبعا لنوع الإنارة ودرجة القرب منها وارتفاعها ودرجة التعرض للضوء وشدة الانعكاس السطوع الاصطناعي أما فيما يخص الطول الموجي للضوء Nano Meter (N.M) فهو الآخر ترتفع قيمه بارتفاع قيم شدة الإضاءة لاسيما أن الإنارة البيضاء واسعة الطيف تستعمل بشكل متزايد في إنارة الشوارع لما تتميز به من كفاءة عالية في استهلاك الطاقة انظر الخريطة (٣)، مما يجعلها جذابة للغاية للمخططين المهتمين بالتكلفة، بيد انها تعد الاخطر على صحة الانسان حيث أظهرت الدراسات أن مصادر

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

الضوء التي تنتج كميات كبيرة من الضوء الأزرق في أطيافها الإشعاعية، مثل الثنائيات LED، تؤثر بشكل مباشر على جسم الإنسان، وتمنع إفراز الميلاتونين خاصةً في نطاق اللون الأزرق عند ٤٦٠ نانومتر، بينما لم يكن للأطوال الموجية التي تزيد عن ٥٥٠ نانومتر أي تأثير على إنتاج الميلاتونين. وبالتالي، لا يتحكم السطوع فقط في الإيقاع اليومي، بل يتحكم أيضًا طول موجة الأشعة، من خلال الإضاءة ليلاً. (Przemysław Tabaka and Irena Fryc, 2019) انظر الشكل (١٠) .

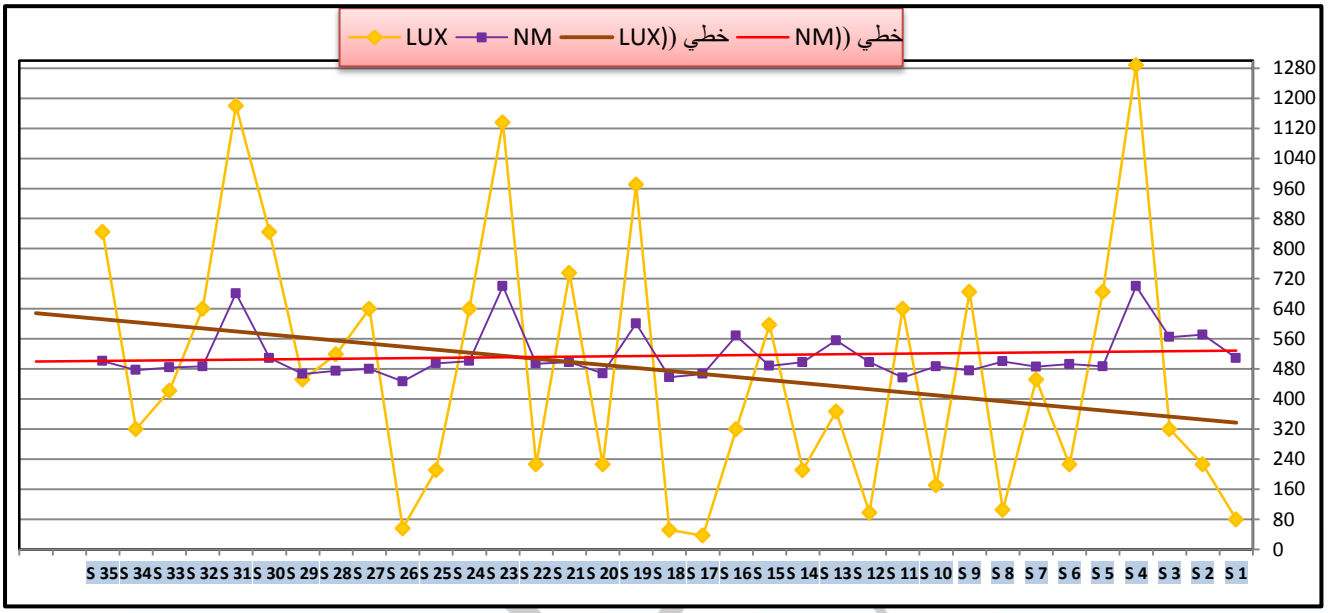
خريطة (٣) التباين المكاني لقيم الطول الموجي للضوء Nano Meter بوحدة (N.M) في مدينة الكوت



المصدر : الباحث بالاعتماد على بيانات الجدول (٣) و برنامج ArcGIS 10.

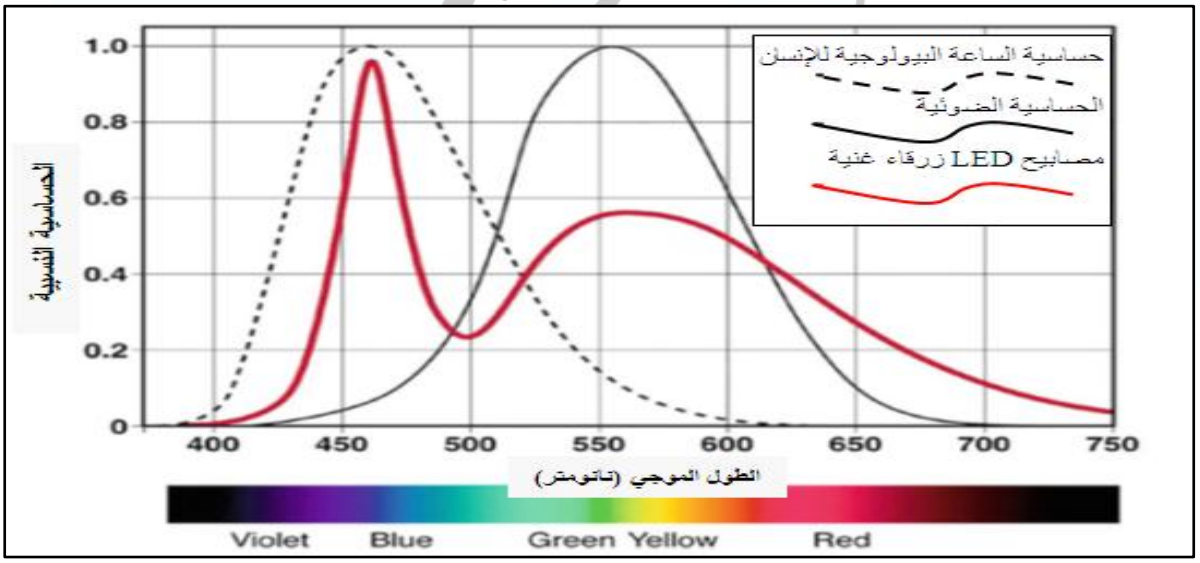
JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

شكل (٩) الشدة الضوئية والتنبؤ الخطي لقيم (LUX, NM) في منطقة الدراسة



المصدر : بيانات الجدول (٢) .

شكل (١٠) منحنى حساسية الساعة البيولوجية ومنحنى الإدراك الضوئي (الرؤية الليلية) الخاص بالمدى الطيفي لمصباح LED الأبيض



المصدر :

- International Dark-Sky Association Visibility, Environmental, and Astronomical Issues Associated with Blue-Rich White Outdoor Lighting May 4, 2010, p 12 .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

الاستنتاجات

١ – كشفت التفسيرات البصرية والضوئية لمنصة dark site finder أن أعلى مستوى للتلوث الضوئي يتركز في مركز مدينة الكوت وذلك ضمن الفئة ١٥ (< 17.80 mag/arcsec^2) لاسيما حي الربيع والجعفرية وشارع النسيج التي تمثل المركز التجاري والاداري لمنطقة الدراسة حيث الاستعمال المفرط للإنارة الخارجية . فيما ظهرت احياء اطراف المدينة ضمن الفئة الـ ١٣ ($18.38 –$ 18.95 mag/arcsec^2) والتي تمثل في معظمها احياء سكنية. اما ظهير المدينة فيقع ضمن الفئة الـ ١٢ بلغت فيه قيم جودة السماء ($18.95 –19.50$ mag/arcsec^2) .

٢– أظهرت منصة اتجاهات الضوء light pollution map ارتفاعا ملحوظا في قيم التلوث الضوئي بحسب نوع الاستعمالات الحضرية في منطقة الدراسة حيث بلغت شدة التلوث الضوئي في مركز المدينة (36.68 NW/CM^2*SR) في عام ٢٠١٢ ارتفعت الى (184.68 nW/cm^2*sr) خلال عام ٢٠٢٥ وبزيادة سنوية بلغت (12.45 %) . وذلك بسبب الاستعمال المفرط للضوء الأبيض (LED) ما يضعها ضمن الفئة التاسعة لمقياس بورتل والتي تمثل مراكز المدن المضاءة جدا .

٣– ترتفع قيم التلوث الضوئي في مدينة الكوت بشكل واضح فيما سجلت SQM انخفاض ملحوظ وهذا ما أظهره الأطلس العالمي للتلوث الضوئي (World Atlas 2015) حيث بلغت قيمتها (19.15 mag/arcsec^2) في عام ٢٠١٢ وبمعامل انعكاسية يعادل (2.36 mcd/m^2) وهي بذلك تقع ضمن الفئة السادسة لمقياس بورتل اما في عام ٢٠٢٥ فقد سجلت قيمة SQM (mag/arcsec^2 18.03) حيث انتقلت المدينة الى الملوثة جدا وهذا ما يضعها ضمن الفئة التاسعة لمقياس بورتل للتلوث الضوئي لترتفع قيمة انعكاسية الضوء الى (6.60 mcd/m^2) وبزيادة سنوية بلغت (7.12%) .

٤– من خلال التعبيرات البصرية لمنصة Radiance Light Trends تبين ارتفاع مستويات التلوث الضوئي في مدينة الكوت بشكل ملحوظ في منطقة الدراسة للمدة من (٢٠١٢ – ٢٠٢٤) حيث ارتفت قيم الشدة الضوئية من ((33.178 nW/(cm^2 sr)) الى (174.077 nW/(cm^2 sr)) ووفقا لمقياس بورتل فقد ارتفعت قيم الضوء من 7.6 الى 8.8 للاعوام نفسها وهذا ما يضعها ضمن المدن المضاءة جدا . فيما تبدأ قيم التلوث الضوئي في الانخفاض كلما اقتربنا من اطراف المدينة .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

٥- تُظهر خريطة التلوث الضوئيlightpollutionmap.app في منطقة الدراسة ان قيم السطوع الضوئي الاصطناعي في ارتفاع تدريجي ملحوظ انعكس على قيم الـ (SQM) اذ انخفضت قيمها من (18.41 mag/arcsec^2) في عام ٢٠١٢ (7.9 Bortle) الى (17.68 mag/arcsec^2) في عام ٢٠٢٦ ليرتفع بذلك مقدار التلوث الضوئي ا (9 Bortle) مع زيادة سنوية في قيم نسبة السطوع بلغت ٢,٩% مع تضاعف في نسبة السطوع الاصطناعي بلغ ٥٢,٦٢ ضعف سطوع السماء الطبيعي في عام ٢٠٢٦ .

٦- تباينت نتائج رصد التلوث الضوئي في منطقة الدراسة تباينا مكانياً ملحوظاً بحسب الاحياء واستعمالات الارض فيها حيث حققت المواقع التي يغلب عليها الطابع التجاري اعلى مستويات للتلوث الضوئي لا سيما احياء (الربيع والشرقية والزهراء والشهداء وساحة العامل وشارع النفط وحي الهورة الذي سجل اعلى قيمة بلغت (1288 LUX) فاستعمال الضوء الابيض (LED) بكثافة فضلاً عن إنارة الاعمدة الضوئية انعكس على ارتفاع قيم light pollution ، فيما سجلت الاحياء السكنية عند اطراف المدينة ادنى قيم للتلوث الضوئي كونها احياء حديثة النشوء ومتباعدة انعكست على قلة استعمال الإنارة الخارجية .

التوصيات

يعد التلوث الضوئي من أبرز المشكلات البيئية الحضرية اذ يرتبط بالعديد من الاثار الصحية والبيئية حتى في الإضاءة المنخفضة ولاسيما انبعاثات الضوء ذات الأطياف الضوئية "الزرقاء" كما يتسبب الضوء في اختلال النظم الحيوية وفقدان الطاقة زيادة على ذلك توصي الدراسة :

١- وضع استراتيجيات وبرامج توعوية تعليمية لرفع مستوى الوعي من الناحيتين الاقتصادية والبيئية، في عدد وتوزيع لوحات الإعلانات الضوئية المستخدمة في الجزر الوسطية وعلى جانبي الطريق، لما لها من دور في ارتفاع نسبة التلوث الضوئي في جميع الاتجاهات .

٢- الحرص على تشغيل الإضاءة الضرورية وبالحد الأدنى لأغراض حماية المنزل . وعدم استخدام الأضواء الخارجية الساطعة الموجهة نحو المنازل المجاورة كونه أمرًا غير أخلاقيا ويتسبب بعدم الراحة، لذلك يجب التأكد من أن الأضواء الخارجية لا تتعدى على المنازل السكنية المجاورة فالوظيفة الأساسية التي لا غنى عنها للمساكن هي توفير ظروف معيشية وراحة مثالية للإنسان. فبينما

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

يظل الشعور بالراحة البصرية والأمان بعد حلول الظلام عاملاً مهماً، فإن الظلام شرط أساسي للراحة الفعالة وتجديد نشاط الجسم ليلاً.

٣- استخدام المصابيح الخالية من الوهج وتوجيه الأضواء نحو الأسفل وتغطية المصابيح لتقليل السطوع والاعتماد على عاكسات الضوء لتحديد مسار الطريق بدلًا من إضاءته كاملاً وذلك يساهم في توفير كمية كبيرة من الطاقة ويقلل الوهج ويلطيف الضوء الصادر عنها .

٤- تركيب أجهزة استشعار لإطفاء الأضواء الخارجية بدلاً من إبقائها مضاءة أثناء الليل عند عدم الحاجة إليها واستعمال المصابيح الصفراء وهي مصابيح الصوديوم منخفض الضغط الأكثر صداقة للبيئة وبالتالي تقليل التلوث الضوئي فضلاً عن خفض التكاليف الإجمالية للكهرباء .

٥- تقييم خطط الإضاءة الحالية وتعديل نوع الأضواء المستخدمة بحيث تكون الموجات الضوئية المنبعثة هي تلك التي تقل احتمالية تسببها في مشاكل تلوث ضوئي شديدة .

الهوامش

(*) للاستزادة حول مقاييس رصد السماء ليلاً، انظر :
-https://www.nps.gov/subjects/nightskies/skydata.htm

(**) نظام القياس الضوئي UBV (فوق بنفسجي، أزرق، بصري)، يسمى أيضا نظام (جونسون أو مورغان)، هو نظام قياس ضوئي عريض النطاق لتصنيف النجوم وفقا لألوانها. وهو أول نظام كهروضوئي موحد معروف خاص بقياس الضوء . الحروفU ، B، و V تدل على المقدار فوق البنفسجي والأزرق والبصري، والتي يتم قياسها لنجم من أجل تصنيفة في نظام UBV. اختيار الألوان على الطرف الأزرق من الطيف هو بسبب تحيز الفيلم الفوتوغرافي لتلك الألوان . للاستزادة انظر :

-Michael S. Bessell, Standard Photometric Systems, Annu. Rev. Astro. Astrophys, Annu. Rev. Astro. Astrophys. by California Institute of Technology,43 2005, 293 - 336 .

(***) للاستزادة حول وصف الخصائص الرئيسة لفئات مقياس بورتل Bortle 2001 لسطوع سماء الليل انظر :

(****) للاستزادة حول إحصائيات السطوع الليلي في راجع :

- Fabio falchi et al, op. Cit, p4 .

(*****) للاستزادة عن الاثار البيئية للتلوث الضوئي على الاحياء راجع :

JOBS مجلة العلوم الأساسية Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

- Bart Kempenaers et al, Artificial Night Lighting Affects Dawn Song, Extra-Pair Siring Success, and Lay Date in Songbirds, Current Biology, Volume 20, Issue 19, 2010 .
- Fabio falchi et al, op. Cit .
- Catherine Rich and Travis Longcore, Ecological Consequences of Artificial Night Lighting, Island Press, 2006 .
- Heiko Haupt, Post-Tower“ und Vogelwelt, Bornheimer Straße, 2008 .

(******) للأستزادة حول منهجية أدبيات تحديد المعدات والتقنيات المستخدمة لقياس التلوث الضوئي الخارجي راجع :

- SUSAN MANDER, ET AL, HOW TO MEASURE LIGHT POLLUTION A SYSTEMATIC REVIEW OF METHODS AND APPLICATIONS, , SUSTAINABLE CITIES AND SOCIETY, VOLUME 92, 2023, P 3-10 .

(*******) للاستزادة عن سلم الدرجات اللوني المعتمد في منصة dark site finder انظر :

- Fabio Falchi et al, The new world atlas of artificial night sky brightness, Science Advances, Vol 2, No. 6, 2016, p9 .

(********) للاستزادة عن خصائص منصة dark site finder انظر :

- https://darksitefinder.com/map/?i=/%2312/32.9087/45.0520#12/32.5183/45.8188

(*********) وحدة فلكية تستخدم لوصف سطوع سطح الأجرام السماوية أو السماء، حيث تشير الأرقام الأكبر إلى سماء أكثر قتامة (أكثر ظلمة)(المقادير لكل ثانية قوسية مربعة)اما(mcd/m^2) : (ملي شمعة لكل متر مربع) هي وحدة قياس لسطوع الإضاءة، خاصة لضوء السماء الاصطناعي ليلاً (تلوث ضوئي) . وتكون العلاقة لوغاريتمية راجع :

-https://unihedron.com/projects/darksky/magconv.php

(*********) للاستزادة عن VIIRS راجع :

-https://eogdata.mines.edu/products/vnl/.

(**********) لتحويل nW/cm2 * sr الى $mag/arcsec^2$ راجع :

-Salvador Bará, Anthropogenic disruption of the night sky darkness in urban and rural areas, R. Soc. open sci. 3: 160541. http://dx.doi.org/10.1098/rsos.160541, p 3 – 4 .

(***********) للاستزادة عن كوبرنيكوس انظر :

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

- Justyna Górniak-Zimroz, et al, Light-Pollution-Monitoring Method for Selected Environmental and Social Elements, remote sensing, 16, 774, 2024, p 9 .
- https://www.mdpi.com/2071-1050/9/6/1040

(**********) للاستزادة عن قيم الشدة الضوئية وذلك من خلال تحريك المؤشر لاي موقع راجع :
-https://www.lightpollutionmap.net/

المصادر والمراجع :

١- مديرية المساحة العامة خريطة SE – V – 1.38 بمقياس ١ : ١٠٠٠٠٠ .
٢- وزارة التخطيط والتعاون الإنمائي ، الجهاز المركزي للإحصاء وتكنولوجيا المعلومات ، المجموعة الإحصائية السنوية، ٢٠١٠ - ٢٠١١ ، جدول ٥/١ ، ص١٥ .
3- C. Chalkias et al, Modelling of light pollution in suburban areas using remotely sensed imagery and GIS, Journal of Environmental Management, 79, 2006 .
4- Mohamed Elsahragty and Jin-Lee Kim, Assessment and Strategies to Reduce Light Pollution using Geographic Information Systems, Procedia Engineering, 117, 2015 .
5- Susan Mander et al, How to measure light pollution—A systematic review of methods and applications, Sustainable Cities and Society, 92, 2023.
6- Tomasz Ściężor, Ecological and astronomical aspects of light pollution, Cracow University of technology, Warszawska, 2021 .
7- Jan Hollan, What is light pollution, and how do we quantify it, N. Copernicus Observatory and Planetarium, Brno, 7th European Symposium for the Protection of the Night Sky—Light Pollution and Global Warming, Conference Brno, Czech Republic, 5–6 October 2007 .
8- Fabio falchi et al, Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility, Journal of Environmental Management, Volume 92, Issue 10, 2011 .
9- Agata Łopuszyńska, The Image of Wrocław at Night: Value, Risks, and Possibilities, Łopuszyńska - Architektura Krajobrazu, 2017 .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الثامن والأربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

10- Miroslav Kocifaj and Ladislav Komar, A role of aerosol particles in forming urban skyglow and skyglow from distant cities, Article in Monthly Notices of the Royal Astronomical Society · February, Volume 458, Issue 1, 2016 .

11- Terrel Gallaway et al, Analysis The economics of global light pollution, journal Ecological Economics, Volume 69, Issue 3, 2010 .

12- Emlyn Etienne Goronczy, Light Pollution in Metropolises Analysis, Impacts and Solutions, Springer, 2021 .

13- Pedithep Youyuenyong, Comparative Environmental and Planning Law Relating to Light Pollution Control in England and Other Jurisdictions, A thesis Doctor, School of Law De Montfort University, 2015 .

14- House of Commons Science and Technology Committee, Light Pollution and Astronomy Seventh Report of Session 2002–03, House of Commons Science and Technology Committee HC 747-I, 2003 .

15- Fabio Falchi et al, The new world atlas of artificial night sky brightness, The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness, vol. 2, no. 6, 2016 .

16- P. Gronkowski et al, Visibility of comets during their outbursts and the night sky light pollution—Use the Bortle scale, journal Astronomische Nachrichten, 2017 .

17- Andrew Crumey, Human contrast threshold and astronomical visibility, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 442, Issue 3, 2014 .

18- Hong Soo Lim et al, The Reality of Light Pollution: A Field Survey for the Determination of Lighting Environmental Management Zones in South Korea, journal sustainability, 2018 .

19- Hayder K. Admawi, Evaluation of Light Pollution in the Streets and the Roads of Al-Najaf City, Iraq, Kufa Journal of Engineering, Vol. 11, No. 3, 2020 .

للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية

20- Wu Guanglei et al, A Comparative Study on Current Outdoor Lighting Policies in China and Korea: A Step toward a Sustainable Nighttime Environment, Journals Sustainability, Volume 11, Issue 14, 2019 .

21- M I Azman et al, A Brief Overview on Light Pollution, International Conference on Biodiversity 2018, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 012014, IOP Publishing, 2019 .

22- Christopher C. M. Kyba et al, Cloud Coverage Acts as an Amplifier for Ecological Light Pollution in Urban Ecosystems, , PLoS One, journal pone, Volume 6, Issue 3 2011 .

23- Dobiesz M., Ziółkowska A.,Wpływ zanieczyszczenia światłem na wedrówki ptaków, Ogólnopolska Konferencja na temat zanieczyszczenia światłem, Biology and ecology, Krakow, 25-27 września 2015.

24- Nataliya A Rybnikova et al, Is prostate cancer incidence worldwide linked to artificial light at night exposures? Review of earlier findings and analysis of current trends, Archives of Environmental and Occupational Health, vol. 72, no. 2, 2017 .

25- Peter James et al, Outdoor Light at Night and Breast Cancer Incidence in the Nurses' Health Study II, Environ Health Perspect, Volume 125, Issue (8), 2017 .

26- Cheng Hu and Weiping Jia, Linking *Mtnrib* Variants to Diabetes: The Role of Circadian Rhythms, doi: 10.2337/dbi16-0012, Volume 65, Issue 6, 2016 .

27- wybrane fizjologiczne aspekty niedoboru melatoniny oraz witaminy, Edyta Jurkowlaniec, Zaburzenia rytmów biologicznych pod wpływem zanieczyszczenia światłem, Polish Journal for Sustainable Development, Tom 21 (2), 2017 .

28- John C. Barentine, Methods for Assessment and Monitoring of Light Pollution around Ecologically Sensitive Sites, journal jimaging, 5, 54, 2019 .

29- P. Cinzano, et al, The artificial night sky brightness mapped from DMSP satellite Operational Linescan System measurements, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 318, Issue 3,2000 .

30- P. Cinzano,et al, The first World Atlas of the artificial night sky brightness, *Monthly* Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 328, Issue 3, December 2001 .

31- John C. Barentine, Methods for Assessment and Monitoring of Light Pollution around Ecologically Sensitive Sites, J. Imaging, 5, 54; doi:10.3390/jimaging5050054, 2019 .

32- Changyong Cao. et al, Suomi NPP VIIRS sensor data record verification, validation, and long-term performance monitoring. J. Geophys. Res. Atmos., 118, 11664–11678., 2013 .

33- Przemysław Tabaka and Irena Fryc, Wpływ rozkładu widmowego lamp LED, stosowanych w oświetleniu terenow zewnetrznych, na widzialnosci gwiazd, hamowanie wydzielania melatoniny oraz efektywnosc fitochromu, Centrum Badan Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk, 2019 .

34- Michael S. Bessell, Standard Photometric Systems, Annu. Rev. Astro. Astrophys, Annu. Rev. Astro. Astrophys. by California Institute of Technology,43 2005 .

35- Bart Kempenaers et al, Artificial Night Lighting Affects Dawn Song, Extra-Pair Siring Success, and Lay Date in Songbirds, Current Biology, Volume 20, Issue 19, 2010 .

36- Catherine Rich and Travis Longcore, Ecological Consequences of Artificial Night Lighting, Island Press, 2006 .

37- Heiko Haupt, Post-Tower“ und Vogelwelt, Bornheimer Straße, 2008 .

38- Susan Mander, et al, How to measure light pollution A systematic review of methods and applications, , Sustainable Cities and Society, Volume 92, 2023 .

39- Susan Mander, et al, How to measure light pollution A systematic review of methods and applications, , Sustainable Cities and Society, Volume 92, 2023 .

40- Justyna Górniak-Zimroz, et al, Light-Pollution-Monitoring Method for Selected Environmental and Social Elements, remote sensing, 16, 774, 2024 .

41- Salvador Bará, Anthropogenic disruption of the night sky darkness in urban and rural areas, R. Soc. open sci. 3: 160541. http://dx.doi.org/10.1098/rsos.160541 .
42- https://www.nps.gov/subjects/nightskies/skydata.htm-
43- https://stellarium-web.org.
44- http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200203/cmselect/cmsctech/747/74706.htm.
45- https://darksitefinder.com/map/?i=/%2312/32.9087/45.0520#12/32.5183/45.8188
46- https://unihedron.com/projects/darksky/magconv.php
47- https://eogdata.mines.edu/products/vnl/.
48- https://www.mdpi.com/2071-1050/9/6/1040
49- https://www.lightpollutionmap.net/
50- https://lightpollutionmap.app/llms.txt
51- https://data.nasa.gov/dataset/viirs-plus-dmsp-change-in-lights-viirsdmsp-dlight-
DMSP OLS: Nighttime Lights Time Series Version 4, Defense Meteorological Program Operational Linescan System
52- https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/NOAA_DMSP-OLS_NIGHTTIME_LIGHTS?hl=ar.
VIIRS Stray Light Corrected Nighttime Day/Night Band Composites Version 1-
53- https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/NOAA_VIIRS_DNB_MONTHLY_V1_VCMSLCFG?hl=ar.