

التقييم الجغرافي لمستويات التلوث الضوئي في مدينة العزيزية باستخدام
تطبيقات الجيوماتكس

د. أحمد سعيد ياسين الغريزي

جامعة القادسية – كلية الآداب , العراق – محافظة القادسية ,

البريد الإلكتروني : ahmed.yasien@qu.edu.iq

<https://orcid.org/0000-0001-9471-8424>

تاريخ الطلب : 2022/9/11

تاريخ القبول : 2022/10/2

المستخلص :

لقد أصبح إنبعاث الضوء الاصطناعي (بسبب زيادة استخدام الإنارة والمصابيح الاصطناعية) أحد المصادر الرئيسية للتلوث البيئي في الوقت الحاضر, كذلك فإن الضوء الاصطناعي يؤدي الى تغيير واقع الظلام المسائي وما له من آثار ضارة, فقد تكون للإضاءة الليلية عواقب فسيولوجية خطيرة على الإنسان , البيئة, الآثار التطورية لمجموعات الحيوانات والنباتات وقد تعيد تشكيل النظم البيئية بأكملها.

لذلك تهدف هذه الدراسة إلى استخدام تطبيقات الجيوماتكس المتاحة عالمياً على شبكة المعلومات العالمية في رصد التلوث الضوئي ضمن البيئة الحضرية لمدينة العزيزية, بالاستعانة بالمرئيات الفضائية والقياسات الخاصة بذلك والتي تتيحها العديد من المنصات العالمية وبرزها منصتي (Radiance Light Trends & light pollution) , ورسم خرائط التلوث الضوئي في المدينة منذ عام 2012 وحتى 2022, اعتماداً على بيانات هذه المنصات ونتائج الرصد الميداني داخل المدينة واطرافها والتي بلغت 34 نقطة رصد ونمذجة بياناتها بواسطة البرنامج (Arc GIS) , لإنتاج خارطة شدة التلوث الضوئي للعزيزية لعام 2022 ومقارنتها مع بيانات المنصات العالمية التي تقيس شدة التلوث الضوئي عالمياً .

وكنتيجة للاستعمال المفرط للأنارة الاصطناعية فقد سجلت المناطق التجارية داخل المدينة أعلى مستوى للضوء المنعكس بلغ مقداره (LUX150) في المركز التجاري الرئيس للمدينة (شارع الخليج العربي)، فيما بلغ ادناه عند اطراف المدينة بمقدار (LUX 1.9). لقد جاءت قيم الرصد الميداني متوافقة مع وظائف كل منطقة في المدينة ومتوافقة ايضا مع بيانات المنصات العالمية الأكثر دقة (Radiance Light Trends & light pollution), لا سيما ما يتعلق بقلب المدينة التجاري الذي سجل أعلى درجات الشدة الضوئية .

لقد خلصت الدراسة الى حدوث ارتفاع مطرد بكمية الاشعاع الضوئي المنعكس عن مدينة العزيزية الى السماء بحيث انتقلت المدينة من الرتبة الرابعة (2012) وفقا لمقياس بورتل الى الرتبة الخامسة عام 2021-2022 ، وهو الامر الذي يعكس ازديادا كبيرا في شدة التلوث الضوئي للمدينة وضواحيها خلال مدة لا تزيد عن 10 سنوات . كذلك تشير هذه الدراسة الى ضرورة وضع النظم والقوانين التي تكفل المحافظة على صحة الانسان ، البيئة من هذا النمط من التلوث ، والعمل على إيقاف الهدر في الطاقة وتقليل التكلفة السنوية لانتاج الضوء الاصطناعي .

الكلمات المفتاحية: التلوث الضوئي ، الجيوماتكس ، مدينة العزيزية، ضوء اصطناعي، منظر السماء ليلا، مقياس بورتل, GIS .

Abstract:

The emission of artificial light (due to the increased use of artificial lighting and lamps) has become one of the main sources of environmental pollution at present, and artificial light leads to changing the reality of the evening darkness and its harmful effects. Night lighting may have serious physiological consequences for humans, the environment,

and the effects evolution of groups of animals and plants and may reshape entire ecosystems.

Therefore, this study aims to use geomatics applications available globally on the global information network in monitoring light pollution within the urban environment of Al-Aziziya city, using satellite images and measurements for that, which are provided by many global platforms, most notably (**Radiance Light Trends & light pollution**) platforms, and mapping light pollution in this city from 2012 to 2022, based on the data of these platforms, and the results of field monitoring inside the city and its outskirts, which amounted to **34 monitoring points** and modeling their data (using the Arc GIS), to produce a map of the intensity of light pollution for Al-Aziziya city for the year 2022, and compare it with the data of global platforms that measure the intensity of light pollution for the same city, and globally.

As a result of the excessive use of artificial lighting, the commercial areas within the city center, recorded the highest level of reflected light, amounting to (**150 LUX**) in the main commercial center of the city (Arabian Gulf Street), while it reached the lowest level at the outskirts of the city by (**1.9 LUX**). The field monitoring values were consistent with the functions of each area in the city, and also with the data of the most accurate global platforms

(**Radiance Light Trends & light pollution**), especially in the commercial center of the city, which recorded the highest levels of light intensity.

The study concluded that there was a steady rise in the amount of light radiation reflected from the city of Al-Aziziya to the sky night, so that the city moved from the fourth rank in (2012) according to the Bortle Scale, to the fifth rank in 2021-2022, which reflects a significant increase in the intensity of light pollution of the city and its suburbs during a period of a short time, not more than 10 years. This study also indicates the need to establish systems and laws that ensure the preservation of human health, and the environment from this type of pollution, and work to stop the waste of energy and reduce the annual cost of producing artificial light.

Keywords: light pollution, Geomatics, Al- Azizia city, artificial light, night sky view, Bortle scale, GIS.

1. المقدمة:

في عام 1879 أضاءت مصابيح توماس إديسون المتوهجة أحد شوارع نيويورك، وبدأ العصر الحديث للإضاءة الكهربائية. ومنذ ذلك الحين أصبح العالم مغموراً بالإضاءة الكهربائية بواسطة المصابيح القوية التي تضيء الشوارع والساحات ومواقف السيارات، فضلاً عن اللوحات الإعلانية، كذلك تتوهج المنشآت الرياضية بالضوء الذي يمكن رؤيته لعشرات الأميال، فيما تتوهج نوافذ مباني الأعمال والمكاتب الحكومية والخاصة طوال الليل.

وفقًا لجمعية السماء المظلمة الدولية IDA – International Dark-Sky Association)) في توكسون ومقرها ولاية أريزونا ، يمكن رؤية وهج السماء في لوس أنجلوس من طائرة على بعد 200 ميل (حوالي 321.8 كم). وحاليا فإن أكثر من 60 ٪ من سكان العالم يعيشون تحت سماء ملوثة بالضوء (99 ٪ من سكان الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا) وما يقرب من خمس تضاريس العالم تحت سماء ملوثة بالضوء، وهو ما ينتج عن إهدار حوالي ثلث الطاقة بالإضاءة في الولايات المتحدة وأن ما يقدر بنحو 30٪ من الاستخدام الفعلي للطاقة المنتجة يضيع على أنه تلوث ضوئي. علاوة على ذلك فإن مشاهدة النجوم أصبح أمرًا مستحيلًا في معظم المراكز الحضرية الكبرى في العالم، فعندما ضرب زلزال عام 1994 وتسبب باعطاب محطات الكهرباء في لوس أنجلوس، اتصل العديد من السكان القلقين بمراكز الطوارئ المحلية للإبلاغ عن رؤية "سحابة فضية عملاقة" غريبة في السماء المظلمة، لكن ما رأوه حقًا - لأول مرة - كان مجرة درب التبانة التي طمسها وهج السماء في المناطق الحضرية لفترة طويلة. وهذا لا يعني أن الأضواء الكهربائية سيئة بطبيعتها ، فلقد أفاد الضوء الاصطناعي المجتمع البشري كثير من خلال إطالة طول يوم الإنتاج وغيرها من الأنشطة العملية والترفيهية التي تتطلب وجود الضوء. ولكن عندما تصبح الإضاءة الخارجية الاصطناعية غير فعالة ومزعجة وغير ضرورية ، تُعرف حينذاك بإسم التلوث الضوئي (Chepesiuk, 2009).

يعد التلوث الضوئي (Light Pollution) الناتج عن تغيير مستويات الضوء الليلي الطبيعي بواسطة مصادر الضوء الاصطناعي أحد أكثر الملوثات وضوحًا في الأنثروبوسين¹ (Waters et al., 2016)

لم يظهر الوعي بشأن التلوث البيئي عموماً والتلوث الضوئي بالخصوص حتى أواخر السبعينيات (Al-Gurairy & Al-Omary, 2021)، وفي ذلك الوقت كان الشاغل الوحيد هو تأثيره على علم الفلك . ثم بدأ العلماء مؤخرًا في البحث عن الآثار المتنوعة التي يمكن أن يحدثها التلوث الضوئي في العديد من مجالات العلوم، بما في ذلك علم الفلك وفيزياء الغلاف الجوي والعلوم البيئية والعلوم الطبيعية والإنسانية كما طبقت بعض

الدول قوانين التلوث الضوئي فعلى سبيل المثال، أدرج مجلس المباني الخضراء في الولايات المتحدة (USGBC) عام 2009 ائتمناً لتقليل مقدار التعدي على الضوء وتوهج السماء في نظام تصنيف المباني الخضراء والتصميم البيئي (LEED) للبناء الجديد . كذلك يُعد التلوث البيئي مشكلة بيئية وصحية رئيسة ، فمن المعروف أنها مرتبطة بالاكتئاب والأرق والاضطرابات الصحية الأخرى لدى البشر، كما أنها ترتبط أيضاً بالتغيرات المحتملة في البحث عن الطعام والملاحة والسلوك الإنجابي في أنواع الحياة البرية المختلفة. كذلك فإن الإدخال واسع النطاق للديودات الباعثة للضوء الأبيض (LED)) والتي أشاد بها الكثيرون نظراً لكفاءتها العالية ، يؤدي في الواقع إلى تفاقم هذه المشكلة، بسبب انبعاثات الضوء ذات الأطياف الضوئية "الزرقاء" وهي الأكثر تلويثاً مقارنة بالضوء الأصفر المنبعث من تقنيات الإضاءة السابقة (مثل أضواء الصوديوم المتوهجة ومنخفضة الضغط)

(Falchi et al., 2019)

ونتيجة لأهمية هذا الموضوع وندرة الدراسات فيه عن البيئة العراقية، فقد جاءت هذه الدراسة لرصد مستويات التلوث الضوئي ليلاً في مدينة العزيزية التي تعد إحدى مدن محافظة واسط من العراق، من خلال الاستعانة ببعض المنصات العالمية المتخصصة برصد التلوث الضوئي عالمياً اعتماداً على بيانات بعض المنصات العالمية منها (Dark Site Finder) التابعة للجمعيات الأمريكية، ومنصة (Light trends) ومنصة (Horizon) التابعة للاتحاد الأوروبي، ومنصة اطلس لمراقبة التلوث الضوئي (2015 World Atlas)، ومنصات Good To Stargaze, Radiance Light Trends, Light Pollution Map ، بالإضافة إلى عمليات الرصد الميدانية باستخدام الأجهزة والتطبيقات التقنية الخاصة برصد التلوث الضوئي، لاجل المقارنة مع بيانات المنصات العالمية وإنتاج خارطة أكثر دقة عن درجات التلوث الضوئي في مدينة العزيزية . تأتي هذه الدراسة لتوضح ومن ثم تعالج مشكلة التلوث الضوئي المرتفع في أجزاء من منطقة الدراسة، وتعد بدورها إحدى أوائل الدراسات الحديثة في العراق التي تسلط الضوء على هذا الموضوع وسبل معالجته، إذ إنها جاءت بعد الدراسة التي إختصت بالتلوث الضوئي لمدينة بغداد (عبير يحيى

أحمد, 2021), فيما كانت دراسة (التغليبي و الحسن, 2019) عن التلوث الضوئي للمناطق الصناعية في مدينة النجف الأشرف.

1.1. مشكلة البحث :

تدور مشكلة البحث حول إيجاد الإجابة عن الاسئلة التالية :

- 1- هل يشكل الضوء مشكلة بيئية في مدينة العزيزية وماهي مستوياته ؟
- 2- ما هو دور ودقة المنصات العالمية في رصد وتقييم مستويات التلوث الضوئي ؟
- 3- هل تؤثر انواع الانارة, ارتفاعها عن الارض وإتجاهاتها في زيادة التلوث الضوئي ؟

2.1. فرضية البحث :

- 1- يشكل الضوء مشكلة بيئية جديدة قد تعاني منها مدينة العزيزية, وهي تستدعي البحث والدراسة .
- 2- ان للمنصات العالمية (dark site finder, Light Pollution Map, Good To Stargaze, Light trends, Radiance Light Trends) دور مهم في رصد التلوث الضوئي وتقييم مستوياته .
- 3- تؤثر نوعية الضوء وارتفاعه وإتجاهاته في زيادة مستويات التلوث الضوئي وآثاره البيئية.

3.1. هدف البحث :

يهدف البحث الى الكشف عن مستويات وكمية التلوث الضوئي الناتج عن الإضاءة الليلية الاصطناعية في مدينة العزيزية, وتحديد التباينات المكانية للشدة الضوئية ومناطق التركيز والتشتت والسطوع والخفوت والظلام تبعاً للاستعمالات الحضرية المختلفة في مدينة العزيزية وابراز دور تقنيات الاستشعار عن بعد في رصد شدة الضوء (عبر الاتصال البصري المباشر مع الأضواء الليلية والتلوث الضوئي غير المباشر من خلال توهج قبة السماء) فوق منطقة الدراسة, من خلال الاستعانة ببعض المنصات العالمية المتخصصة برصد التلوث الضوئي عالمياً

منها (Map box) التابعة للجمعيات الامريكية (Dark sit finder) ومنصة (Light trends) ومنصة (Horizon) التابعة للاتحاد الاوربي, ومنصة اطلس لمراقبة التلوث الضوئي وغيرها, بالإضافة الى عمليات الرصد الميدانية باستخدام تطبيقات خاصة بذلك منها (LM “3000-Light Meter”) لاجل المقارنة مع بيانات هذه المنصات, ومن ثم بناء قاعدة معرفية تمكن مؤسسات التخطيط الخاصة والحكومية للوصول إلى معلومات حول تأثير الإضاءة والتلوث الضوئي ونفايات الطاقة على الانظمة البيئية الحضرية .

4.1. منهج البحث :

اعتمد البحث المنهج الوصفي- التحليلي لأجل إبراز التباين المكاني والزمني للشدة الضوئية في مدينة العزيزية بأسلوب تحليلي عميق لإعطاء فكرة عن مستويات التلوث الضوئي واتجاهاته . فيما استخدم منهج التحليل المقارن للمشكلة على مستوى البحث ككل في مرحلة تحليل النتائج والقياسات الميدانية ومقارنتها على مستوى مواقع القياس مع المنصات العالمية في تقييم مؤشرات التلوث الضوئي .

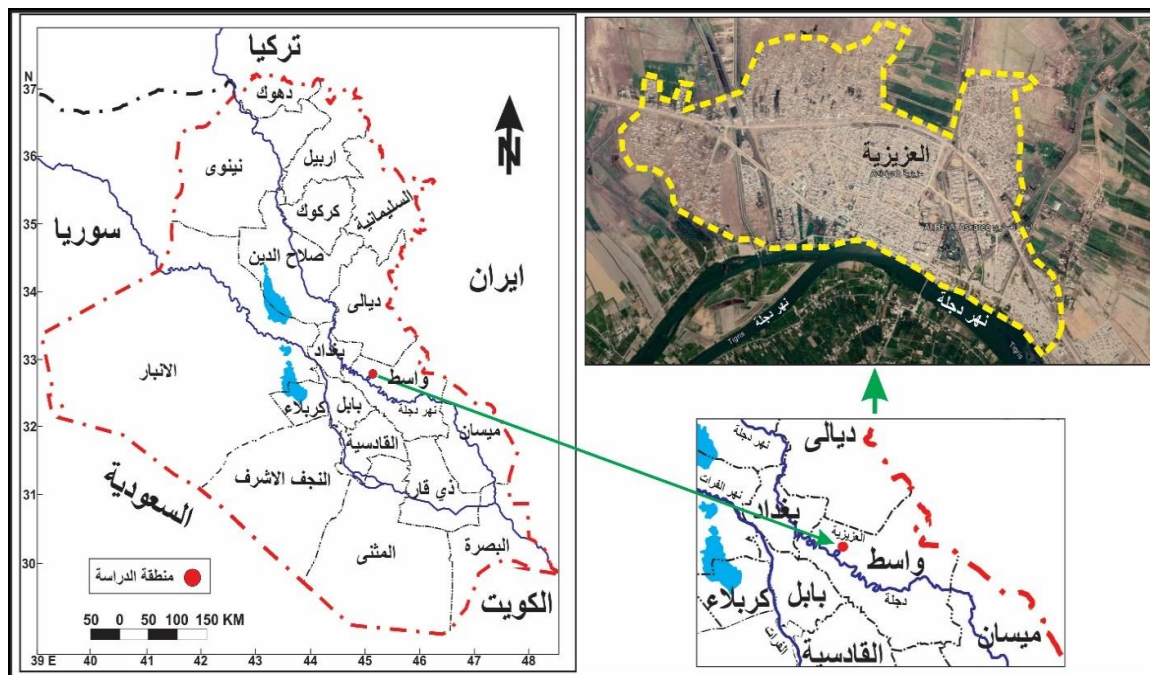
2. حدود البحث :

تشتمل حدود البحث بالحدود المكانية والزمانية, تتمثل الحدود المكانية بنطاق الحدود البلدية لمدينة العزيزية إحدى مدن محافظة واسط إذ تقع في وسط إقليم السهل الرسوبي, وتحديدًا بين دائرتي (32.° 32' - 92.° 32' شمالاً) وبين خطي طول (02' .° 45 - 08.° 45) شرقاً, الشكل (1), فيما تبلغ مساحتها نحو 12 كم². يحدها من الشمال العاصمة بغداد التي تبعد عنها حوالي (85) ومن الغرب والشمال الغربي قضاء الصويرة, ومن الجنوب قضاء النعمانية, ومن الشرق محافظة ديالى .

إن موقع المدينة على الضفة اليسرى من نهر دجلة وارتباطها مع مدن عديدة بشبكة طرق عامة, جعلها منطقة استراتيجية تتمتع بحركة نشاط وظيفي واقتصادي واجتماعي واسع, فضلاً عن كونها نقطة تجاذب للسكان بفعل ظهورها الزراعي القوي, ومركزها التجاري والثقافي والأدري, للحصول على الخدمات الصحية والتعليمية والتسوق .

اما الحدود الزمانية فانها تمثلت بالمدة (2012 – 2022) وفقاً لخرائط التلوث الضوئي التي تعدها المنصات العالمية لرصد الشدة الضوئية .

الشكل (1) موقع منطقة الدراسة



المصدر: 1 - الهيئة العامة للمساحة, خارطة العراق الإدارية, 2019, 2 - مرثيات

فضائية من Google Earth

3. مفهوم التلوث الضوئي (: Light Pollution)

يقصد بالتلوث الضوئي, بانه التلوث والانزعاج المترتب عن الإضاءة الاصطناعية المفرطة وغير الطبيعية ليلاً وأثرها على الحيوانات والحشرات والنباتات والفطريات والأنظمة البيئية وعلى صحة الإنسان, التي تعكر بالتالي قدرة الكائنات الحية والعينين تحديداً على الاسترخاء والهدوء بسبب تلوث سماء الليل بالضوء الاصطناعي (Woltz, Gibbs and Ducey, 2008). كذلك يعد التلوث الضوئي شكل من أشكال الطاقة الضائعة التي يُمكن أن تسبب العديد من التأثيرات الصحية والبيئية الضارة، كما إنه يؤثر بشكل كبير على عمليات الرصد الفلكي , فضلاً عن تسببه بتغيير النظام والروتين البيئي للحيوانات والحشرات والفطريات. علاوة على ذلك ، نظراً لأن الضوء (الذي ينتقل على شكل موجات

كهرومغناطيسية) يتم إنشاؤه عادةً بواسطة الكهرباء والتي عادةً ما تتولد عن احتراق الوقود الأحفوري ، لذلك يمكن القول بأن هناك صلة بين التلوث الضوئي وتلوث الهواء. وبالتالي فإن التحكم في التلوث الضوئي سيساعد في الحفاظ على الوقود (والمال) وتقليل تلوث الهواء، بالإضافة إلى التخفيف من المشكلات الأكثر إلحاحًا الناتجة عن الإضاءة الزائدة (Nathanson, 2010), صورة (1).

صورة (1) النسبة الفعلية التي يستفاد منها الناس عند استخدام الإنارة الاصطناعية



صورة بواسطة Jessie Kremser

المصدر :

<https://www.pinterest.ru/pin/850195235880495129/>

كذلك تشير الأبحاث الطبية إلى أن التلوث الضوئي قد يسبب مجموعة متنوعة من الآثار الصحية الضارة على الإنسان، والتي تشمل زيادة القلق والإجهاد الفسيولوجي والتعب والصداع، وقد يؤثر التعرض المفرط للضوء ليلاً بالسلب على يقظة الإنسان ومزاجه. ويجدر بالذكر كذلك، فإن مفهوم التلوث الضوئي حديث جداً، إذ إنه ظهر في الثمانينات من القرن العشرين وشهد تطوراتٍ مهمة منذ ذلك الحين وحتى وقتنا الحاضر.

نستنتج من ذلك أن الضوء في الليل هو التغيير الأكثر صلة في الضوء المحيط والذي يؤثر على الإيقاعات البيولوجية في سكان المدن من الطيور ، على الأرجح عن طريق تعديل الفترة

الضوئية المتصورة. تشكل الزيادة العالمية في التلوث الضوئي تحديات جديدة للأنواع الحياتية البرية ايضاً ، حيث تشير دراسة ((Dominoni, & Partecke, 2015 الى تعرض الطيور المتواجدة في الاماكن الحضرية في المتوسط لطول نهارى مدرك أطول بـ 49 دقيقة من تلك التي تعيش في الغابات ، وهو ما يتوافق مع اختلاف 19 يوماً في الفترة الضوئية في هذا الوقت من العام. لذلك فقد وصلت الطيور الموجودة في المناطق الحضرية إلى مرحلة النضج الإنجابي قبل 19 يوماً من الطيور الريفية ، مما يشير إلى أن التلوث الضوئي يمكن أن يكون مسؤولاً عن معظم التباين في توقيت التكاثر الموجود بين الكائنات المتواجدة في الحضر والريف.

فيما يشير ريتشارد ستيفنز، الأستاذ وعالم الأوبئة السرطانية في المركز الصحي بجامعة كونيتيكت في فارمنجتون - كونيتيكت في الولايات المتحدة الأمريكية، إلى إن الفوتونات الضوئية يجب أن تضرب شبكية العين حتى تحدث التأثيرات البيولوجية. "ومع ذلك ، ففي بيئة يوجد فيها الكثير من الضوء الاصطناعي في الليل - مثل مانهاتن أو لاس فيغاس - هناك فرصة أكبر بكثير لتعرض شبكية العين للفوتونات التي قد تعطل إيقاع الساعة البيولوجية"، كما يقول. "لذلك أعتقد أنه ليس فقط" اليوم الليلي "من يحصل على تلك الفوتونات الضارة، فقد استيقظنا جميعاً تقريباً أثناء الليل لفترات من الوقت ، وما لم يكن لدينا ظلال قاتمة (ليل قاتم السواد)، فإنه ليس من الواضح كم هو التأثير السلبي لذلك" (Chepesiuk, 2009) .

4. أشكال ودرجات التلوث الضوئي :

1.4. توجد عدة أشكال للتلوث البصري يمكن إيجازها بالتالي :

1.1.4. تعدي الضوء (Light trespass) : يحدث هذا النوع عندما يدخل ضوء غير مرغوب فيه من الخارج إلى داخل الممتلكات الشخصية، كما يحدث عن طريق سطوع الضوء فوق سياج الجيران على سبيل المثال. وقد تحدث مشكلة تعدد شائعة عندما يدخل ضوء قوي نافذة المنزل من الخارج مما يتسبب بمشاكل متعددة مثل الحرمان من النوم. لقد وضعت معايير تنظم موضوع الإضاءة الخارجية في عددٍ من الدول لحماية حقوق المواطنين

من "تعدّي الضوء" (Falchi et al., 2019, Dark sky Association).

2.1.4. التوهج (Glare): هو عملية التأثير التي تنتج عن تسليط الضوء الاصطناعي على عيون الإنسان بصورة مباشرة أو غير مباشرة مما ينتج عنه تحسس متباين الشدة يعتمد على شدة التوهج ودرجته. كما يمكن ان يتم تصنيف التوهج على عدة أصناف وفقاً لدرجة تأثيره وخطورته (Mizon, 2012).

1.2.1.4. التوهج المسبب للعمى (Blinding Glare): ينجم عن تأثيرات عديدة مثل تلك الناتجة عن التحديق في الشمس بصورة مباشرة، حيث إنه يسبب العمى تماماً أو يترك عيوباً مؤقتة أو دائمة على الرؤية.

2.2.1.4. التوهج المعيق (Disability Glare): ويصف بدوره الآثار المترتبة عند التعرض للضوء كالإصابة بالعمى نتيجة النظر إلى إضاءة السيارات القادمة، كذلك يصف الآثار الناتجة عن تبعثر الضوء في الضباب أو الأعراض المترتبة على انخفاض قدرة العين على تمييز التباين في الألوان وانخفاض القدرة على الرؤية .

3.2.1.4. التوهج المزعج (Discomfort Glare): يتسبب هذا النوع بشعور الإنسان بعدم الراحة والانزعاج، وقد يؤدي إلى الإصابة بالإجهاد إذا ما تعرض لمصدر ضوء مزعج لفترات طويلة، ولا ينتج عن هذه الفئة أيّ خطر يتسبب بضرر بالغ للإنسان، صورة (2).

صورة (2) نموذج من الإضاءة الشديدة (LED) ذات الطيف الأزرق المستعملة في المراكز التجارية لمدينة العزيزية



المصدر : الرصد الميداني بتاريخ آذار 2022

3.1.4. التوهج السماوي أو وهج السماء : (Sky Glow) يستخدم هذا المصطلح للإشارة إلى غطاء من الإضاءة يشبه القبة تقريباً يغطي سماء المدن الكبيرة في العالم، ويمثل بدوره نطاق واسع من السماء أو أجزاء منها مضاء ليلاً، الناتجة عن الأضواء المصطنعة بفعل البشرية المنبع الرئيسي الذي يتسبب بحدوث التلوث الضوئي، فيتجمع هذا الضوء المتجه الى الاعلى حتى يصبح هالة متوهجة ضخمة يمكن رؤيتها على بعد أميال أو كيلومترات ومن ارتفاعات عالية في السماء كنتيجة للاستخدام المفرط لاضواء مصابيح الشوارع واللافتات والإضاءة الخارجية للمحال التجارية والمناطق الصناعية والشوارع داخل المدينة او خارجها، الموجه للسماء المفتوحة (Luginbuhl, Walker & Wainscoat, 2009)، كما موضح في صورة (3). مع ذلك، يمكن أن ينشأ الوهج السماوي كنتيجة لأحداث طبيعية لكنها لاتدوم طويلاً مثل انفجار بركان او نيزك ضخمة وغير ذلك ، وللوهج السماوي آثاره السلبية على البيئة فهو يحجب عنا أو يقلص من قدرتنا على رؤية منظر السماء ليلاً بما فيها من نجوم ومجرات.

صورة (3) التوهج السماوي (القبة) الذي يغطي سماء مدينة العزيزية كل مساء



المصدر : الرصد الميداني (شباط , 2022)

4.1.4. الإضاءة الفوضوية (**Light Clutter**): تشير إلى التجمعات المفرطة للأضواء، والتي قد تؤدي إلى حدوث ارتباك، وتشتيت الانتباه عن العوائق، ومن المحتمل أن تتسبب بوقوع حوادث. تمكن عملية متابعة فوضى الضوء بشكل خاص على الطرقات حيثما تكون أضواء الشوارع سيئة التصميم، أو عندما تحيط الإعلانات ذات الإنارة الساطعة بالطرق ، إمكانية معالجتها على النحو الصحيح وفقا للأنظمة المعمول بها .

5.1.4. الإضاءة المفرطة (**Over-illumination**) : ويشار بها الى عملية استخدام الإضاءة بصورة مفرطة وبزوايا غير صحيحة، مما يؤدي الى التسبب بالضرر الصحي وكذلك الأضرار المادية التي تنتج عن سوء ادارة هذه الموارد كالتسبب بإهدار كميات ضخمة من النفط والغاز الطبيعي سنويا كنتيجة لذلك، حيث تشير بيانات الطاقة إلى أن حوالي (30-60)% من الطاقة المستهلكة في الإضاءة غير ضرورية أو بلا طائل

(**Energy Information, 2011, Rajkhowa, 2014**).

6.1.4. الأقمار الصناعية (**Satellites**): هي مصدر آخر للتلوث الضوئي، فمع الزيادة المستقبلية في أعداد مجموعات الأقمار الاصطناعية مثل مجموعات " OneWeb " "Starlink"، " يخشى المجتمع الفلكي بشكل خاص مثل "الاتحاد الفلكي العالمي" (IAU – International Astronomical Union) من أن التلوث الضوئي

سيزداد بشكل كبير إلى جانب المشاكل الأخرى المتعلقة باكتظاظ الأقمار الصناعية حول كوكب الأرض وما يمكن ان ينتج عن ذلك من آثار سلبية ضخمة .

2.4. قياس التلوث الضوئي ودرجاته :

ظهرت منذ بدايات الالفية الجديدة عدة مقاييس لتحديد درجات التلوث الضوئي عالميا, وكان اولها مقياس بورتل **Bortle** (المعروف أيضاً باسم مقياس **Bortle scale**), وهو مقياس رقمي مكون من تسعة مستويات يقيس سطوع سماء الليل لموقع معين, ويحدد مقدار الملاحظة الفلكية للأجرام السماوية والتداخل اوعدم الرؤية الواضحة لها الناجم عن التلوث الضوئي . أنشأ **John E. Bortle** هذا المقياس ونشره في إصدار شباط من عام 2001 في مجلة (Sky & Telescope) لمساعدة علماء الفلك والهواة على تقييم ظلام موقع المراقبة، ولمقارنة ظلام مواقع المراقبة (. (Crumey, 2014)

يتدرج مقياس بورتل من الفئة 1 التي تمثل أحلك سماء متوفرة للأرض ، إلى الفئة 9 التي تمثل سماء المدن الداخلية، كما إنه يعطي عدة معايير لكل مستوى يتجاوز الحد الأقصى للعين المجردة (NELM), وكما يوضحه الشكل – الجدول (1) .

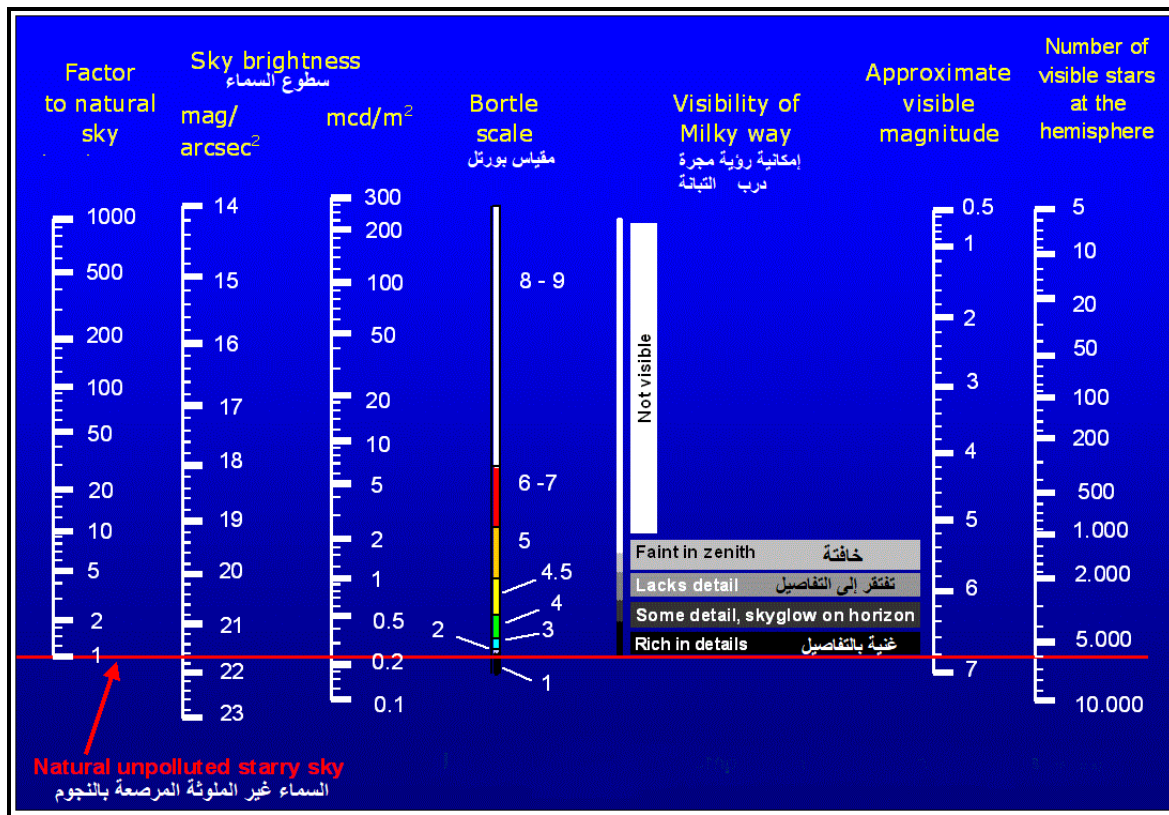
جدول (1) مقياس بورتل لشدة التلوث الضوئي

الفئة	وضوح وعتمة السماء	NELM أقل قدر ظاهري للعين المجردة	SQM mag/arcsec ² مقياس جودة السماء	الوصف	اللون
1	موقع ممتاز لسماء معتمة (مظلمة)	7.6–8.0	21.99–22.0	ضوء الابراج الفلكية مرئي وملون, وهج الهواء مرئي بسهولة, وضوح برج العقرب والقوس في مجرة درب التبانة, العديد من الأبراج لا سيما الأبراج الخافتة بالكاد يمكن التعرف عليها وسط العدد الكبير من النجوم التي يمكن رؤيتها	
2	سماء سوداء غطية (موقع مظلم نموذجي)	7.1–7.5	21.89–21.99	ضوء الابراج الفلكية يكون مصفراً بشكل واضح , قد يكون الوهج الجوي مرئياً بشكل ضعيف, تظهر الغيوم فقط ككتفوب مظلمة في السماء, مجرة درب التبانة تكون مرئية في الصيف	الرمادي
3	سماء الريف	6.6–7.0	21.69–21.89	يبرز ضوء البروج في الربيع والخريف, بعض التلوث الضوئي	الأزرق

	في الأفق، لا تزال مجرة درب التبانة تبدو معقدة				
4	الانتقال من الريفية الى الضواحي	6.1–6.5	20.49–21.69	لا يزال ضوء البروج مرئيًا، قباب التلوث الضوئي مرئية في عدة اتجاهات، لا تزال مجرة درب التبانة فوق الأفق مثيرة للإعجاب لكنها تفتقر إلى التفاصيل	أخضر أصفر
5	سماء الضواحي الحضرية	5.6–6.0	19.50–20.49	فقط يمكن ان نلمح ضوء البروج التي يمكن رؤيتها في أفضل ليالي الخريف والربيع، التلوث الضوئي مرئي في معظم الاتجاهات، الغيوم أكثر سطوعًا من السماء بشكل ملحوظ، رؤية مجرة درب التبانة ضعيفة جدًا أو غير مرئية بالقرب من الأفق وتبدو باهتة، عندما يكون نصف القمر (الربع الأول / الأخير) في مكان مظلم تظهر السماء على هذا النحو ولكن مع الاختلاف تظهر السماء زرقاء داكنة	البرتقالي
6	سماء الضواحي الحضرية الساطعة	5.1–5.5	18.94–19.50	ضوء البروج غير مرئي، التلوث الضوئي يجعل السماء على بعد 35 درجة من الأفق تتوهج باللون الأبيض الرمادي، تظهر السحب في أي مكان في السماء مشرقة إلى حد ما، حتى السحب العالية (الرييقة) تظهر أكثر إشراقًا من خلفية السماء، يمكن رؤية المناطق المحيطة بسهولة، مجرة درب التبانة مرئية فقط بالقرب من السم	الأحمر
7	الانتقال من سماء الضواحي الى المدن	4.6–5.0	18.38–18.94	يجعل التلوث الضوئي السماء بأكملها رمادية فاتحة، مصادر الضوء القوية واضحة في كل الاتجاهات، الغيوم مضاءة بشكل مشرق، درب التبانة غير مرئي تقريبًا أو غير مرئي تمامًا، عندما يكون القمر كاملاً في مكان مظلم تظهر السماء هكذا ولكن مع الاختلاف تظهر السماء زرقاء	الأحمر
8	سماء المدن	4.1–4.5	<18.38	السماء رمادية فاتحة أو برتقالية، قد تكون النجوم التي تشكل أنماط كوكبية مألوفة ضعيفة أو غير مرئية	الأبيض
9	سماء المدينة الداخلية (داخل المدينة)	4.0	<18.38	السماء مضاءة بشدة (بسبب القبة)، العديد من النجوم التي تشكل الأبراج غير مرئية والعديد من الأبراج الخافتة غير مرئية، الأشياء الوحيدة التي يمكن مراقبتها هي القمر والكواكب وعدد قليل من عناقيد النجوم الأكثر سطوعًا	الأبيض

كذلك فقد ظهرت مقاييس أخرى حديثة لقياس شدة التلوث الضوئي وهي تعتمد على حسابات رياضية مختلفة، وبالإمكان مقارنة هذه المقاييس بصورة سهلة مع بعضها البعض اعتماداً على الشكل البياني (2) الذي يمكن استخدامه تحويل سطوع سماء الليل بسهولة من مقياس إلى آخر.

شكل (2) نوموغرام سبويلسترا ($\text{Spoelstra Nomogram}^2$)، مخطط بياني لسطوع السماء وكيفية مقارنة درجات التلوث الضوئي بين المقاييس المختلفة



المصدر: (Spoelstra, 2002)

5. الجانب التطبيقي لبيانات المنصات والدراسة الميدانية :

جاء الجانب التطبيقي لهذه الدراسة من خلال متابعة وتحليل بيانات العديد من المنصات العالمية المعنية بالتلوث الضوئي عالمياً، ومقارنة نتائج إزدياد أو إنحسار هذه الظاهرة البيئية ضمن الحدود الحضرية لمدينة العزيزية وضواحيها القريبة ضمن سنوات مختلفة اتاحتها هذه المنصات، ومن ثم مقارنة ذلك بنتائج الرصد الميداني لمنطقة الدراسة لأجل الخروج بنتيجة أكثر وضوح وخارطة أكثر دقة مما تتيحه المنصات العالمية ، وبالتالي العمل على بناء قاعدة بيانات

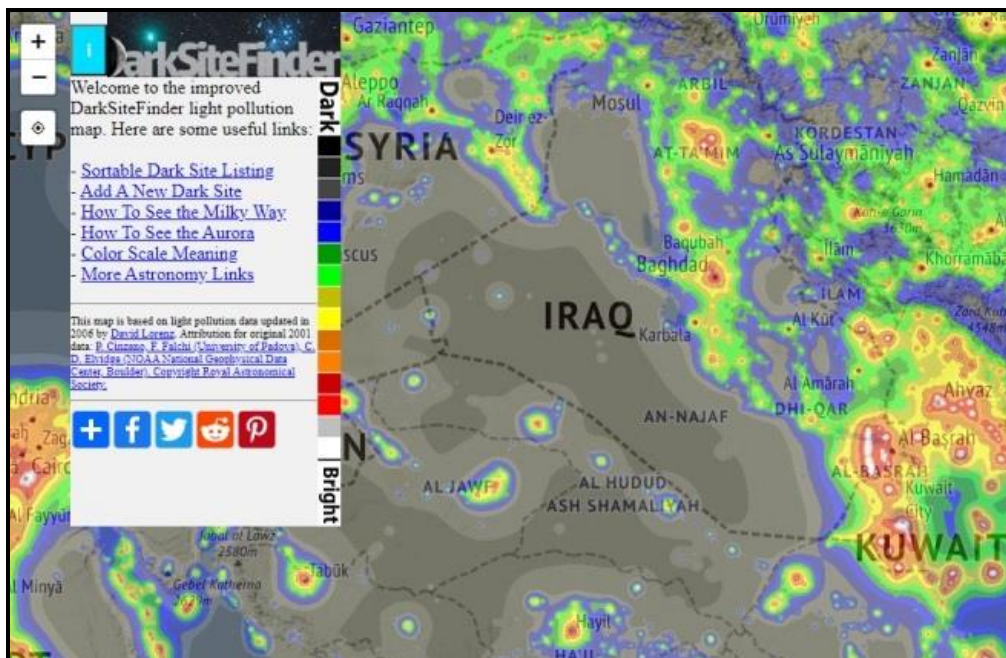
أحدث عن التلوث الضوئي في العزيرة من جهة, ومن ثم المساهمة بتعزيز دقة بيانات المنصات العالمية بصورة مستمرة من خلال ردها بيانات الدراسات العلمية بصورة مستمرة لاي بقعة من العالم من جهة ثانية.

1.5. منصة dark site finder :

وهي منصة مجانية تُتيح إمكانية التحقق من درجات التلوث الضوئي لأي منطقة من العالم ومنها العراق, عدا القارة القطبية الجنوبية , شكل (3). يتم احتساب شدة التلوث الضوئي (إمكانية رؤية السماء المظلمة) في هذه المنصة بنحو 15 درجة لونية , كل واحدة منها تمثل درجة معينة تقترب او تبتعد عن رؤية السماء الخالية من التلوث الضوئي. وقد تم استخدام بيانات هذه المنصة لمتابعة درجة التلوث الضوئي في منطقة الدراسة (مدينة العزيرة) التي ظهرت كل احيائها السكنية ومناطقها التجارية بنفس درجة التلوث الضوئي, كما يوضحها الشكل (4) .

الشكل (3) صورة فضائية تبين شدة التلوث الضوئي للعراق وبعض دول الجوار من منصة

dark site finder



المصدر :

<https://darksitefinder.com/maps/world.html#13/32.9>

[005/45.0524](https://darksitefinder.com/maps/world.html#13/32.9)

الشكل (4) درجة التلوث الضوئي في العزيزية وفقا لمنصة dark site finder



المصدر :

<https://darksitefinder.com/maps/world.html#13/32.9>

[005/45.0524](https://darksitefinder.com/maps/world.html#13/32.9)

من خلال معطيات هذه المنصة، نلاحظ بأن البيانات المعطاة عن شدة التلوث الضوئي في جميع اجزاء ومناطق مدينة العزيزية متشابهة الدرجة، فهي تقع ضمن المستوى 8 من اصل 15 درجة في السلم المعتمد لهذه المنصة، والذي لا يشبه بدوره سلم مقياس بورتل او مقياس SQM. فيما تظهر المناطق المحيطة بمنطقة الدراسة بدرجة أقل ضمن المستوى 7، وتقل درجات التلوث الضوئي كلما ابتعدنا عن العزيزية شرقا او غربا لتكون ضمن المستوى 5 و 6 وفقا لمقياس مكتشفي المواقع المظلمة .

ووفقا لذلك نجد ان هذه المنصة تعتمد اسلوب التعميم في درجة التلوث الضوئي للمناطق صغيرة المساحة، وبالتالي فانها لا توضح درجات التباين في شدة التلوث الضوئي بدقة وهكذا مساحات صغيرة. ويبدو بان هذه المنصة تعتمد على إبراز حجم قبة التلوث الضوئي الناشئ عن مصادر الضوء الاصطناعي، مما جعل منطقة الدراسة باكملها تظهر ضمن درجة تلوث

واحدة, كما انها لا تأخذ بتأثير الطقس وبالتالي الرطوبة الموجودة في الجو بنظر الاعتبار, حيث ان الرطوبة الجوية تسبب زيادة التوهج السماوي وبالتالي زيادة قبة التلوث الضوئي فوق المدينة او اي مكان حضري. عموما فان منطقة الدراسة وفقا لهذه المنصة تقع في حدود درجات التلوث الضوئي المتوسطة وهي نتائج مقارنة للواقع عموما .

2.5. منصة Light Pollution Map :

وهي منصة مصممة كتطبيق للأجهزة المحمولة بواسطة Photographers Arsenal, تهتم بعرض خارطة التلوث الضوئي عالميا والطقس ايضا. تستخدم هذه المنصة البيانات الرسمية الصادرة عن ناسا (NASA.gov) للحصول على البيانات الخاصة بالتلوث الضوئي عالميا. ولها مقياس لشدة الانعكاس الضوئي ينقسم على 11 درجة , لكل منها لون معين يوضح كمية الاشعاع المنعكس يبدأ باللون الابيض وهو يمثل أقل درجات الضوء المنعكس عن سطح الارض (يمثل المناطق المظلمة جدا مثل منطقة الصحراء الغربية والجنوبية من العراق) , وصولا الى اعلاها درجة المتمثل باللون الوردي الغامق الذي يشير الى اشد الاماكن تلويثا بالإضاءة الاصطناعية. تُصنف منطقة الدراسة وفقا لهذه المنصة ضمن المناطق متوسطة التلوث الضوئي, شكل (5).

الشكل (5) يبين رصد شدة الإنعكاس الضوئي عن منطقة الدراسة



المصدر: www.PhotographersArsenal.com

يتضح بان مدينة العزيزية تقع بمعظمها ضمن المقياس اللوني (الاصفر) وهو الخامس من اصل احدى عشرة درجة, فيما تظهر ضواحيها بدرجة اقل تلويثا وإنعكاسا للضوء منها. يؤخذ على هذه المنصة حالة التعميم الخاصة بكل اجزاء المدينة برغم تباينها في الواقع, فحتى لو كانت المدينة كلها ضمن درجة واحدة فيمكن ان نجد تباينا في مقدار كمية الضوء المنعكس عن مناطقها المختلفة وهو ما لا تُتيح هذه المنصة .

3.5. منصة **Good To Stargaze** :

وهي إحدى المنصات التي يمكن تنزيلها للاجهزة الجواله, وفيها إمكانية الحصول على خارطة التلوث الضوئي عالميا التي يتم تحديث بياناتها بصورة مستمرة ,وهي تعتمد مقياس بورتل لعرض بياناتها بصورة رئيسة. كذلك تُتيح هذه المنصة مجموعة من البيانات المناخية المختلفة . من خلال متابعة بيانات المنصة ظهر لنا بان منطقة الدراسة تقع بمجملها ضمن الفئة 5 من مقياس بورتل وفقا لهذه المنصة شكل (6), وهي بذلك تقع باكملها ضمن نطاق الضواحي الحضرية .

شكل (6) درجة التلوث الضوئي لمدينة العزيزية وفقا لمنصة **Good To Stargaze**



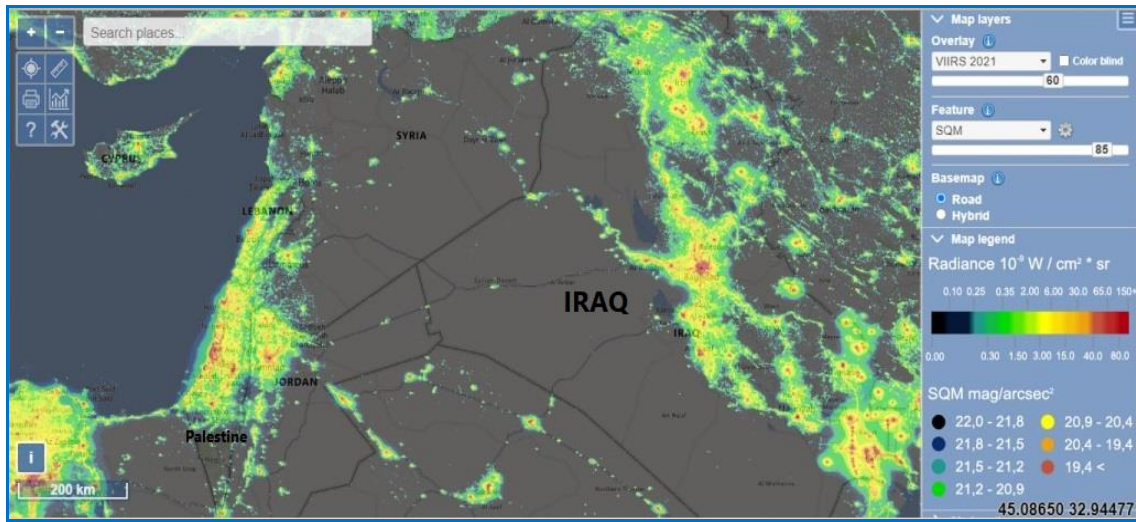
المصدر: <https://www.goodtostargaze.com/>

4.5. منصة **Light trends** (light pollution map) :

وهي منصة رئيسة ومهمة في عرض بيانات التلوث الضوئي عالميا شكل (7), وهي تُتيح في الوقت ذاته العديد من الميزات اهمها مراقبة التلوث الضوئي ضمن فترات زمنية تمتد من

2012 ولغاية 2021، ويتم تحديث بياناتها باستمرار. كذلك فإن هذه المنصة تُتيح إمكانية استخدام أطلس العالم لقياس التلوث الضوئي لعام 2015 أو بيانات الأقمار الصناعية VIIRS للفترة من 2012 – 2021 .

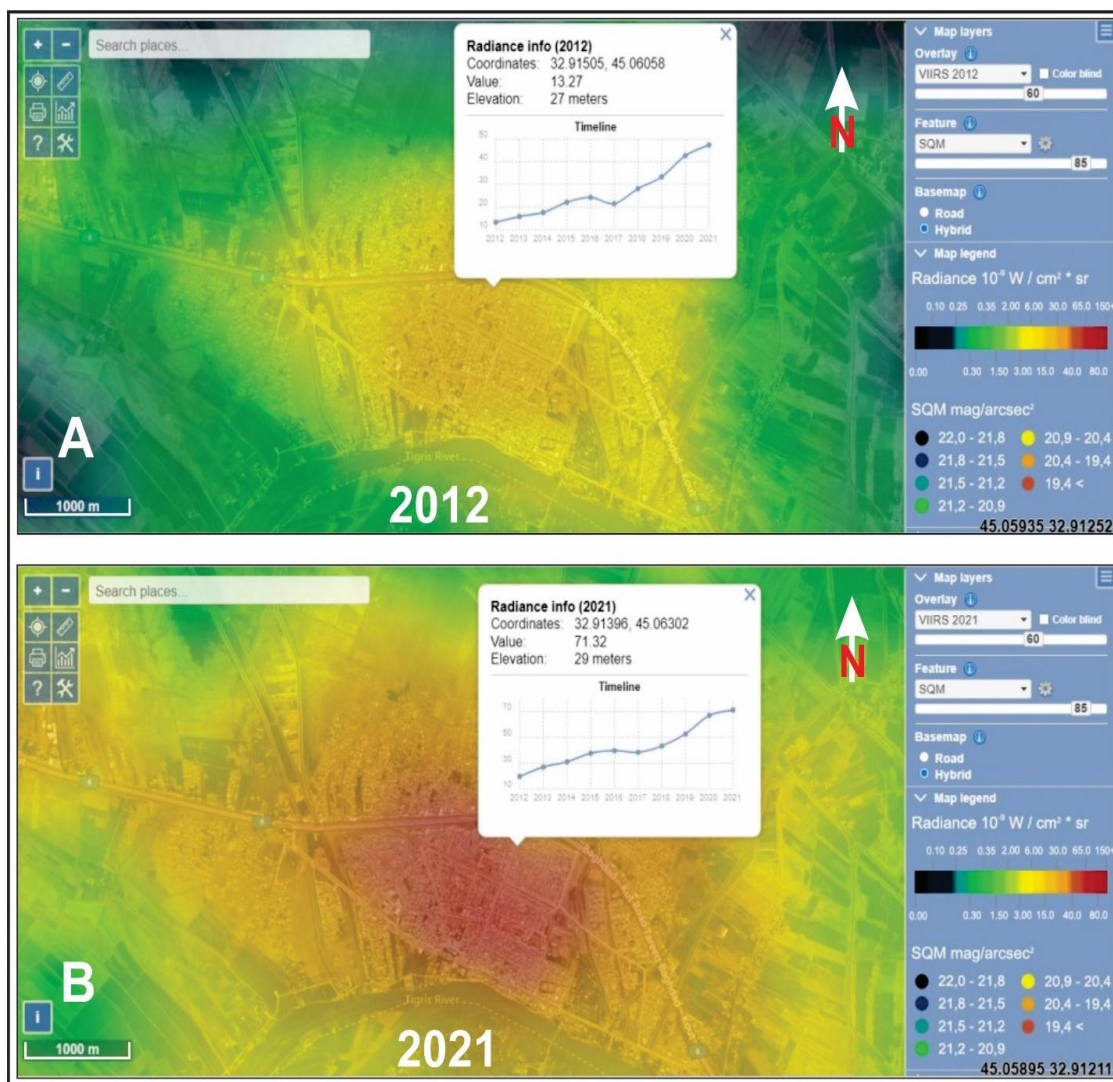
شكل (7) درجة التلوث الضوئي للعراق ودول مجاورة وفقا لبيانات منصة **light pollution**



المصدر : <https://www.lightpollutionmap.info>

ويمكن ملاحظة ان البيانات التي توفرها هذه المنصة تكون اكثر دقة ووضوح من سابقتها, كما إنها توفر إمكانية مقارنة نتائج بياناتها من نوع SQM مع مقياس بورتل كما في الجدول (1). كذلك فإنها تمكن الباحثين من الحصول على بيانات أكثر دقة لكل نقطة من نقاط منطقة الدراسة وهو ما تمت ملاحظته من خلال مقارنة بياناتها مع بيانات دراستنا الميدانية. ولا يخفى فان هذه المنصة تمكن الباحثين من الحصول على تصور وبيانات أكثر دقة بإتاحتها لعمل تحليل لمجمل بياناتها المسجلة وإظهارها بصورة مخطط بياني , كما موضح في الشكل (8) .

شكل (8) درجات التلوث الضوئي في منطقة الدراسة مع المخطط البياني لتزايد درجات التلوث الضوئي في العزيزية من 2012 – 2021 وفقا لبيانات منصة **light pollution map**



المصدر : <https://www.lightpollutionmap.info>

من الشكل (8) نلاحظ ازدياد درجة الاشعاع الضوئي الصادر عن الإضاءة الاصطناعية داخل مركز المدينة التجاري (شارع الخليج)، والذي كان يبلغ نحو $(22.05 \text{ mag}\backslash\text{arcsecond}^2)$ حسب مقياس SQM وبقيمة إشعاع (توهج) تبلغ نحو 22.93 لعام 2012 والذي كان يعادل الفئة الاولى ضمن مقياس بورتل، إلا إن شدة الإضاءة الاصطناعية قد إستمرت بالإرتفاع بصورة كبيرة لتبلغ عام 2021 حوالي أقل من $(19.4 \text{ mag}\backslash\text{arcsecond}^2)$ وفقا لمقياس SQM بقيمة إشعاع بلغت 80.64،

وهو ما يعادل الفئة التاسعة لمقياس بورتل, عدا سنوات 2015 و 2017 التي شهدت إنخفاضاً ضئيلاً في مقدار التلوث الضوئي بسبب الوضع العام لشبكة الكهرباء الوطنية الذي كان متردياً وقتذاك.

وبذا فقد إنتقلت المدينة في غضون مدة زمنية قصيرة جداً الى فئة المدن عالية التلوث الضوئي في مركزها التجاري الرئيس ومناطق تجارية أخرى منها, وهو مؤشر بالغ الأهمية يعكس الأثر الكبير لإستخدام الإنارة القوية المعتمدة على الضوء الأبيض (LED) ذي الطيف الأزرق وترك الإنارة ذات اللون الأصفر – الشمسي مما تسبب بازدياد حجم وتأثير القبة الضوئية فوق المدينة خلال فترة قصيرة جداً تبلغ نحو 9 سنوات فقط !!

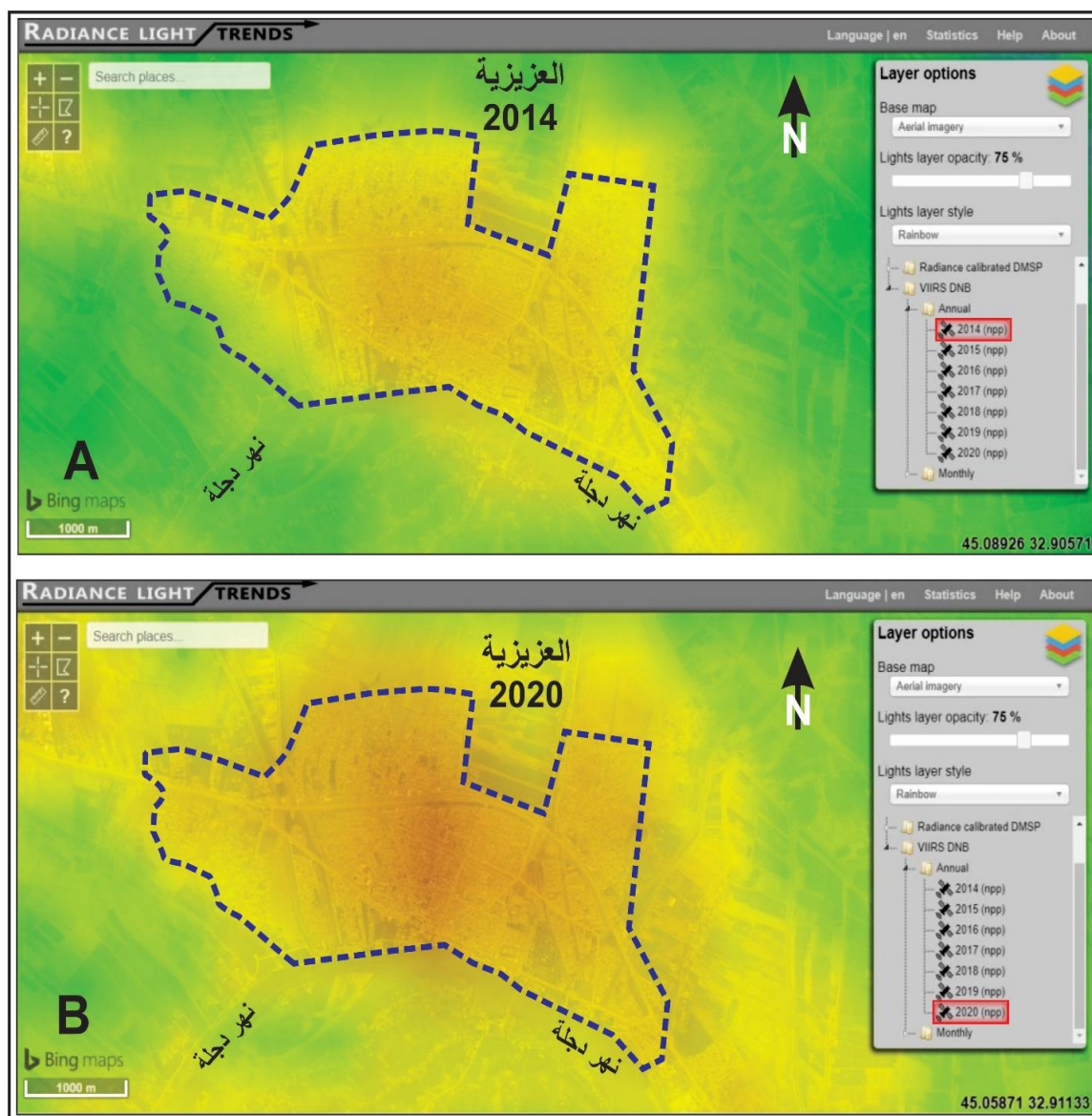
تجدر الإشارة الى تسجيل منطقة الشارع الجديد (شارع الملعب) درجات انعكاس ضوء (توهج) اعلى من شارع الخليج , بلغت نحو 84.89, نظراً لتركز النشاطات التجارية في هذه المنطقة. فيما سجلت المنطقة التي تقع ضمنها مستشفى العزيزية اعلى الدرجات والتي بلغت نحو 94.45 وهي ضمن مقتربات منطقة شارع الملعب (أقل من 19.4 درجة لمقياس SQM), فيما بلغت قيمة الوهج المنعكس نحو بين 50 – 76 درجة (من 20.4 وحتى أقل من 19.4 درجة لمقياس SQM) في معظم الاحياء القريبة من المركز (مثل محلة الجديدة, الدخل المحدود, الشباب, الجمعية), إلا انها تنخفض في اطراف المدينة وضمن الاحياء حديثة الظهور (الموظفين, الشهداء, حواس, الخماس, معمل السوس) لتتراوح قيمة التوهج فيها بين 13 – 17.5 وهو ما يعادل (20.9 – 20.4 درجة وفقاً لمقياس SQM) لعام 2021 والذي بينته هذه المنصة .

5.5. منصة Radiance Light Trends :

وتُعرف بتسمية منصة Horizon (منصة البحوث والإبتكار), وهي تُتيح للباحثين إمكانية متابعة التغيرات المستمرة في قوة توهج الإضاءة الإصطناعية لاي مكان من العالم. لقد إبتدأ جمع بيانات هذه المنصة منذ عام 1992 وهو مستمر حتى يومنا هذا, إلا إنها لا تتيح بيانات السنوات الاقدم منذ عام 1992 ولغاية 2011 نظراً لأنها كانت تمثل مشروعاً عسكرياً فقط حتى ذلك الوقت, إلا إن بيانات المنصة اوضحت مباحة للاستخدام المدني ايضاً منذ عام 2012 . عموماً فان لها مجموعة من الأقمار الإصطناعية التي تستخدم

التصوير بالاشعة تحت الحمراء (³Suomi NPP VIIRS) , وتمر اقمارها لتمسح سطح الارض مرة واحدة لكل منها كل ليلة طوال العام باسره (عبير يحيى أحمد , 2021 .)
تم تحديد منطقة الدراسة في المنصة لاجل الحصول على البيانات الاقمار الاصطناعية التي تُتيحها هذه المنصة على شكل قيم سطوع (توهج) مُقاسة بالنانو وات\سم² \ستيراديان (nW/cm²/sr) وهي وحدة قياس الإشعاع المنعكس وفقا للنظام الدولي لقياس وحدات الإشعاع, حيث يبين بالتالي الكيفية التي تحسب من خلالها اجهزة الاقمار الاصطناعية الضوء المنعكس من الأرض مع مراعاة المسافة بين الإثنين⁴ (Night Blight) . يعد العمل على هذه المنصة سهلا ويخلو من التعقيد, حيث إن بإمكان الباحث أن يحدد منطقة دراسته بإستخدام اداة التحديد الموجودة اعلى يسار المنصة, كما إن بإمكانه أن يحدد السنة المطلوبة وهي متاحة للمدة 2014 – 2021 , كما موضح في الشكل (9) الذي يبين بوضوح مقدار التغير الكبير في إستلام الاضواء المنعكسة عن سطح منطقة الدراسة لعام 2014 عنه لعام 2020 الذي شهد إرتفاعا كبيرا في مقدار تسجيل إنعكاسية الضوء (التوهج) الصادر عن منطقة الدراسة.

الشكل (9) حجم القبة الناتجة عن تباين مقدار إنعكاسية الضوء الاصطناعي عن منطقة الدراسة خلال المدة 2014 – 2020



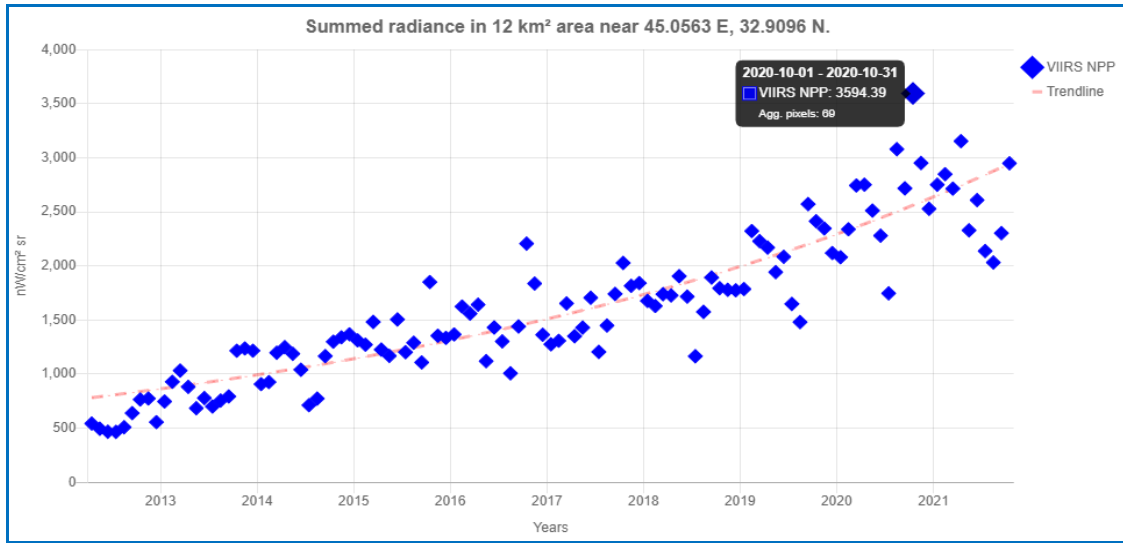
المصدر :

<https://lighttrends.lightpollutionmap.info/#zoom=1&lon=45.06733&lat=32.89989>

من الشكل (9) يمكن ملاحظة الإزدياد الكبير في درجة الضوء المنعكس عن المنطقة لعام 2020 (الشكل 9 A), وإتساع قبة التوهج الضوئي فوق منطقة الدراسة بصورة كبيرة وواضحة (في غضون 6 سنوات) عما كانت عليه عام 2014 (الشكل 9 B). بطبيعة الحال فان ذلك ناتج عن الإستعمال المفرط للإنارة وتغيير نوعية الضوء الإصطناعي من الاصفر الى الابيض (LED) الذي يكون اكثر قوة وانتشارا من سابقه, بالإضافة الى عدم التوعية بشأن الطريقة الصحيحة لكيفية توجيه مصادر الضوء بما يخدم الغرض منها .

كذلك فإن المنصة تُتيح أيضا إمكانية إنشاء مخطط بياني لتوضيح حجم القبة وكمية الطاقة المنعكسة عن منطقة الدراسة بعد القيام بتحديد المنطقة باستخدام الادوات التي تتيحها المنصة للباحثين, كما مُوضح في الشكل (10) .

الشكل (10) مخطط بياني يبين كمية الإشعاع المنعكس عن منطقة الدراسة للمدة 2012 – 2021 مقاسا بوحدات $nW/cm^2/sr$)



المصدر : بيانات منصة **Radiance Light Trends**

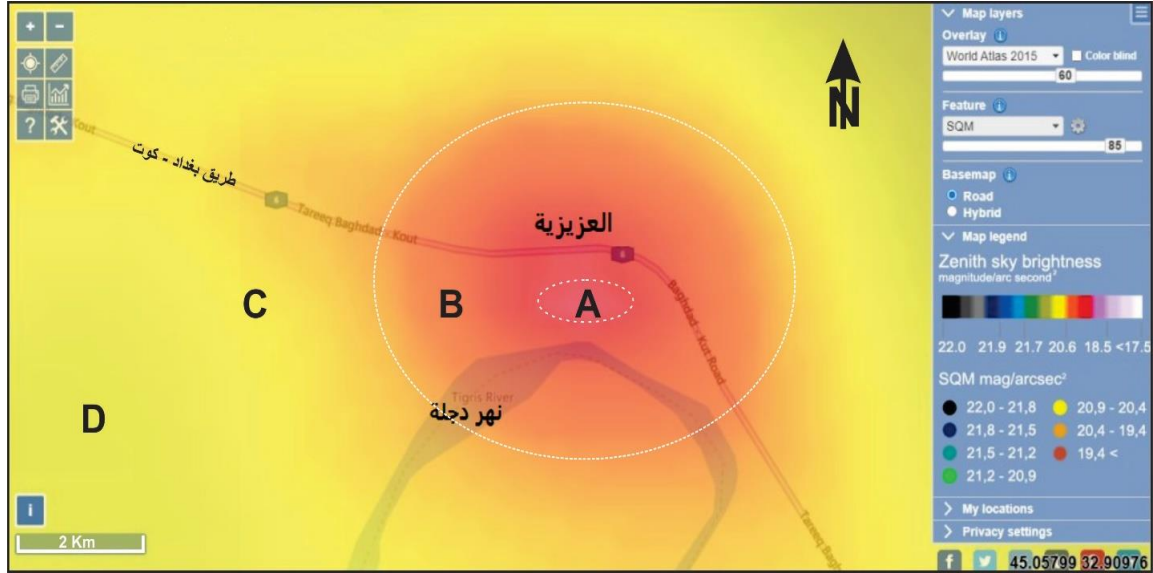
<https://lighttrends.lightpollutionmap.info/#zoom=12&lon=45.05459&lat=32.90957>

من خلال الشكل (10) يتضح ان مقدار ما تم رصده من ضوء منعكس عن مدينة العزبية عام 2012 كان بحدود $540 nW/cm^2/sr$, وهو أقل بكثير مما تم تسجيله لاحقا من شهر تشرين الاول 2021 والذي بلغ اكثر من 3594 $nW/cm^2/sr$.
6.5. منصة الأطلس العالمي للتلوث الضوئي (2015 World Atlas) :

تُتيح هذه المنصة للباحثين إمكانية الحصول على خرائط لتوزيع الإشعاع المنعكس ودرجته بصورة واضحة وسهلة الاستخدام, لاسيما انها توفر عملية إظهار بيانات اي نقطة بوحدات قياس مختلفة ومنها وحدات قياس بورتل. لقد تم الإساءة بهذه المنصة للحصول على خارطة

عن منطقة الدراسة تُبين تباين وإختلاف درجات الإشعاع الضوئي لكل نقطة منها, كما في الشكل (11).

الشكل (11) خارطة شدة التلوث الضوئي في منطقة الدراسة وفقا لبيانات منصة اطلس العالم 2015



المصدر:

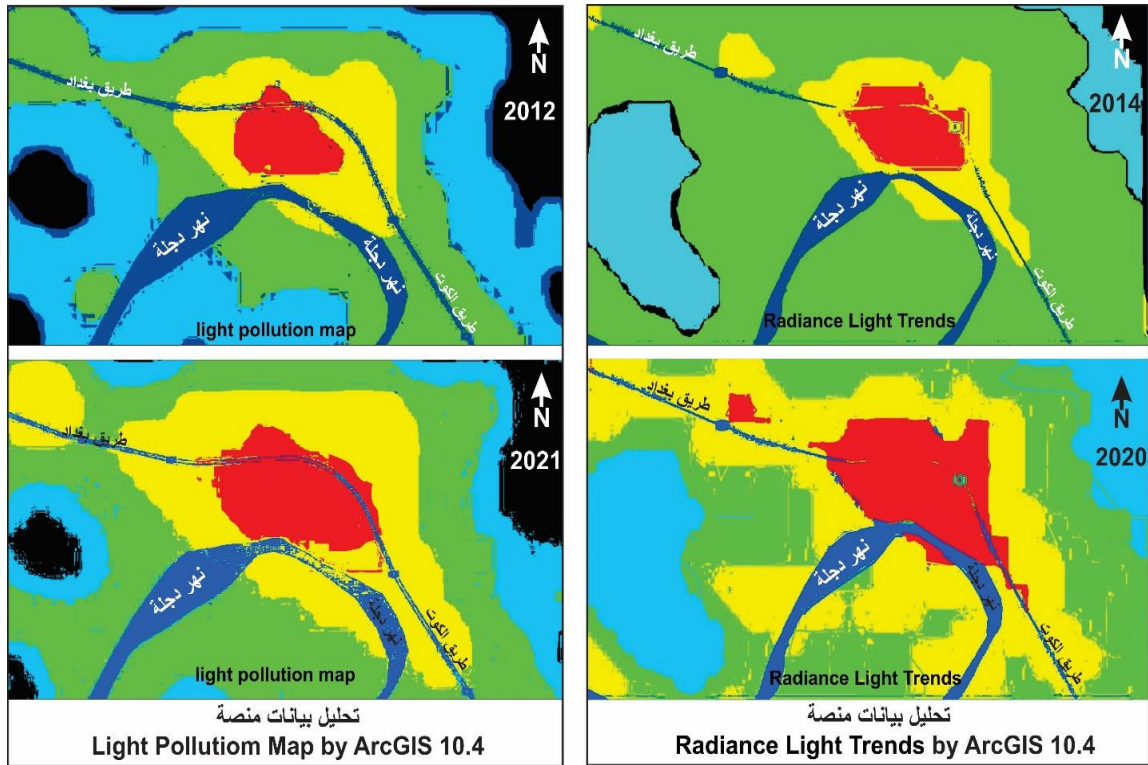
<https://www.lightpollutionmap.info/#zoom=12.28&lat=32.9112&lon=45.0573&layers=B0FFFFFFFTFFF>
[FFFTFFFF](https://www.lightpollutionmap.info/#zoom=12.28&lat=32.9112&lon=45.0573&layers=B0FFFFFFFTFFF)

يظهر من الشكل (11) بان مركز مدينة العزبية يكون الاعلى في تسجيل شدة التلوث الضوئي التي تتراوح هنا بين (19.67 mag./arc sec² - 19.58 mag./arc sec²) وهي تقع ضمن الفئة 5 من مقياس بورتل تمثلها المنطقة A في الشكل (12). فيما تبلغ بين 19.84 mag./arc sec² - 20.20 mag./arc sec² ضمن النطاق B في الشكل (الفئة 5 بورتل), وتبلغ نحو 20.73 mag./arc sec² ضمن النطاق C (الفئة 4 بورتل) وتستمر بالهبوط اكثر لتصل الى نحو 21.08 mag./arc sec² ضمن النطاق D (الفئة 4 من بورتل). وبذلك فان هذه المنصة تتيح بيانات واضحة يمكن الحصول عليها بصورة سهلة بدون اي تعقيد, وهذه البيانات متوافقة جدا مع بيانات المنصات الاكثر دقة فضلا عن بيانات الدراسة الميدانية .

6. تحليل لبيانات بعض المنصات باستخدام ArcGIS : نظرا لوضوح ودقة بيانات المنصتين light pollution map (Light trends) & Radiance Light Trends , فقد تم اعتماد الصور الفضائية التي تتيحها عن شدة التلوث الضوئي وإجراء بعض التحليلات في بيئة برنامج ArcGIS 10.4 بواسطة أدوات Classification & Geostatistical Analysis لاجل الحصول على نتائج مقارنة عن توزيع شدة الانعكاس والتلوث الضوئي في منطقة الدراسة على مدتين لكل من المنصتين, كما في الشكل (12).

الشكل (12) تحليل بيانات منصتي light pollution & Radiance

Light Trends باستخدام برنامج ArcGIS 10.4



المصدر : اعتماداً على بيانات منصتي light pollution & Radiance

Light Trends

الشكل (12) يبين درجة الازدياد الكبيرة في درجات الاشعاع المنعكس (التلوث الضوئي) في منطقة الدراسة من عام 2012 ولغاية عام 2021 , إذ تحولت معظم احياء مدينة العزيزية القريبة من المركز من الفئة 4 (تظهر باللون الاصفر) الى الفئة 5 (اللون الاحمر) (بحسب

مقياس بورتل). فيما زحفت الفئة 4 باتجاهات ابعد عن المركز وتوسعت مساحتها اكثر من ذي قبل فارضة نفسها على مساحات الفئات الادنى (3 , 2 - التي تظهر في الشكل 12 باللون الاخضر و السمائي على التوالي) خلال مدة وجيزة لم تتجاوز 9 سنوات, وهو ما يعكس تحولا كبيرا وواضحا في إتساع مناطق الشدة الضوئية من فئتي (5 و 4) بسبب توسع النشاط البشري واستخدام مصادر الإنارة الأكثر شدة وتلويثا.

7. بيانات ونتائج الدراسة الميدانية:

تكمن اهمية بيانات الدراسة الميدانية في انها تمكنا في التحقق من دقة بيانات المنصات العالمية, فضلا عن امكانية المساهمة في تعزيز بيانات هذه المنصات ببيانات الدراسة الميدانية لتصبح اكثر دقة . لقد تم إستخدام جهاز LM-3000 من خلال (التطبيق المتاح لجوال الآيفون 7+), لاجل رصد مقدار إنعكاس الاشعة الضوئية الصادرة عن مصادر الإنارة الإصطناعية في المنطقة بوحدات LUX. ويجدر بالذكر فان كل وحدة LUX تعادل $(1 \text{ Lumen} \backslash \text{Meter}^2)$, وهي تعادل ايضا (1 Meter Candle), ووفقا لذلك فقد تم رصد 34 نقطة لمختلف ارجاء المنطقة, جدول (2).

الجدول (2) التوزيع المكاني لنقاط الرصد في منطقة الدراسة

ت	مواقع الرصد	وصف عام لمواقع الرصد	البعد عن مصدر الضوء (بالمتر)	زمن القياس (بالدقيقة)	شدة الضوء بوحد (LUX)
1	حي الجديدة	سكنية	2 - 3	1 - 2	5
2	الشارع الجديد (مقابل افران الكناني)	تجارية	3 - 5	1 - 3	26
3	الشارع الجديد (مقابل المدينة الرياضية)	مختلطة (تجارية + مرورية)	4 - 5	1 - 2	19
4	مدخل كلية التربية الاساسية	مختلطة (سكنية + مرورية)	5 - 10	2 - 4	15
5	الشارع الجديد (سيطرة العزيزية)	مرورية	3 - 5	1 - 2	29
6	حي السياسين(1)	سكنية	3 - 8	1 - 2	1.9

7	اطراف حي السياسين(2)	سكنية	3 - 4	1 - 2	5.8
8	مدخل المدينة الشمالي	مرورية	2 - 3	1 - 2	22
9	مدخل المدينة الشمالي (مقابل معارض السيارات)	مرورية	3 - 5	1 - 3	135
10	شمال المدينة (1.5 كم) طريق بغداد - كوت	مرورية	3 - 10	1 - 4	45
11	شمال المدينة (3 كم) طريق بغداد - كوت	مرورية	3 - 10	1 - 4	0.5
12	حواس (بداية شارع حي العباس)	سكنية	3 - 10	1 - 4	27
13	حواس (نهاية شارع حي العباس)	سكنية	3 - 10	1 - 2	5.8
14	الحي الصناعي	مختلطة (صناعية + مرورية)	3 - 6	1 - 4	3.3
15	الحي الصناعي (مقابل محطة الفؤادين الجديدة)	مختلطة (صناعية + مرورية)	3 - 5	1 - 2	50
16	حي معمل السوس	سكنية	3 - 6	1 - 2	6.7
17	مدخل المدينة الجنوبي	مختلطة (سكنية + مرورية)	3 - 4	1 - 2	27
18	الحي العسكري	سكنية	2 - 3	1 - 2	19
19	شارع النخيل (مقابل محطة الكهرباء)	سكنية	4 - 5	1 - 2	35
20	شارع النخيل (مدخل الشارع العام)	سكنية	5 - 10	2 - 4	59
21	حي الدخيل المحدود	سكنية	3 - 5	1 - 2	6.1
22	حي الدخيل المحدود (قرب جامع الزهراء)	سكنية	3 - 7	1 - 2	27
23	وسط شارع الخليج (فلكة الشارع العريض)	تجارية	3 - 4	1 - 2	43
24	مدخل شارع الخليج	مختلطة (تجارية + مرورية)	2 - 3	1 - 2	25

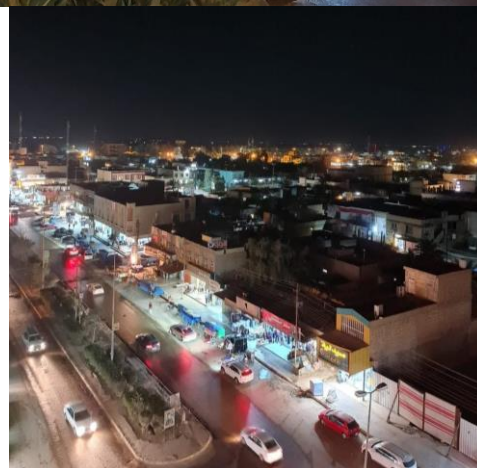
25	وسط شارع الخليج	تجارية	3 - 5	1 - 3	150
26	شارع الخليج (مقابل المحكمة)	تجارية	3 - 10	1 - 4	120
27	بداية شارع الخليج (مقابل محطة الوقود)	مختلطة (تجارية + مرورية)	3 - 10	1 - 4	87
28	حي الر (150)	سكنية	3 - 10	1 - 4	59
29	حي الجمعية	سكنية	3 - 10	1 - 2	52
30	فلكة انس	سكنية	3 - 4	1 - 2	100
31	حي الجمعية الاولى (مقابل منتدى الشباب)	سكنية	2 - 3	1 - 2	150
32	منطقة الخماس	سكنية	4 - 5	1 - 2	5
33	شارع كلية التربية الاساسية	سكنية	5 - 10	2 - 4	48
34	طريق بغداد - كوت (قرب محطة وقود الدرزي)	مختلطة (صناعية + مرورية)	3 - 5	1 - 2	55

المصدر : عمليات الرصد الميداني (شباط, آذار - 2022)

وقد تبين من بيانات نقاط الرصد بان اعلى تسجيل تم رصده كان في المواقع (25 , 31) وهو المركز التجاري لمدينة العزيزية (شارع الخليج العربي) بواقع (Lux 150) كما موضح في

صورة (4), فيما يضاهيه بشدة انعكاس الضوء نطاق شارع الملعب (الشارع الجديد) الذي يتصف بوظيفته التجارية ايضا, الشكل (13).

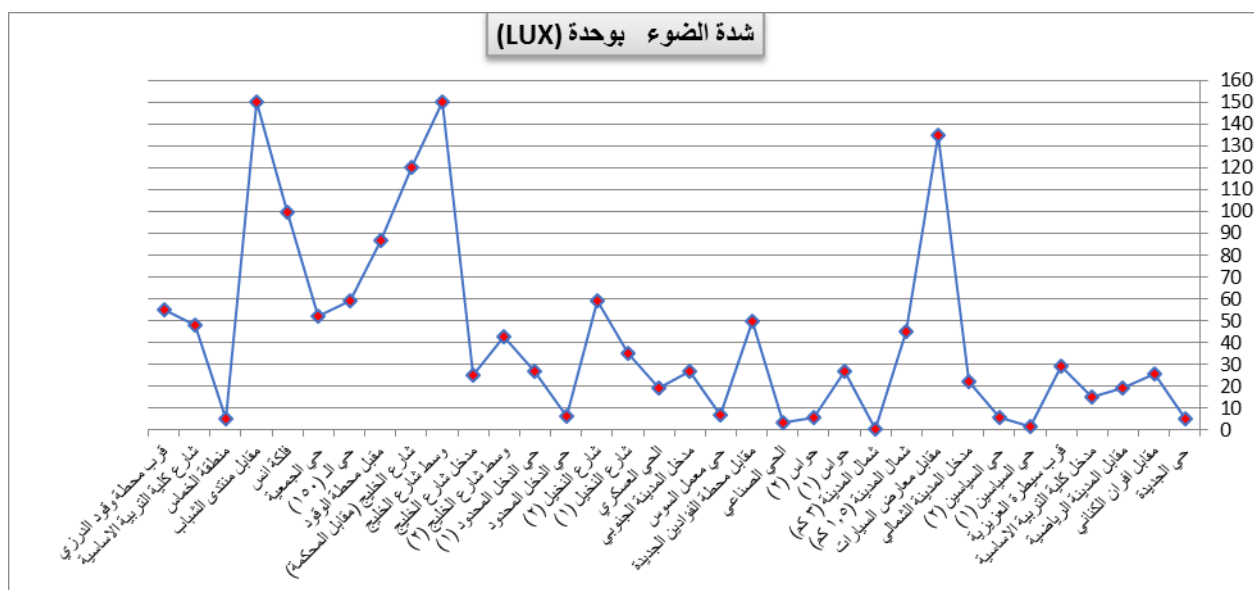
صورة (4) وضوح الإنارة الشديدة المستخدمة في شارع الخليج العربي – المركز التجاري لمدينة العزيزية



المصدر : الرصد الميداني بتاريخ شباط, آذار – 2022

فيما تاتي بيانات رصد النقاط الاخرى بدرجات اقل حتى تصل ادناها عند الاحياء الواقعة اطراف المدينة في الموقع (6) بواقع (Lux 1.9) في حي السياسيين والشهداء (احياء حديثة الظهور).

الشكل (13) مخطط بياني لأعلى و أقل بيانات الرصد الميداني حسب مناطق العزيرية



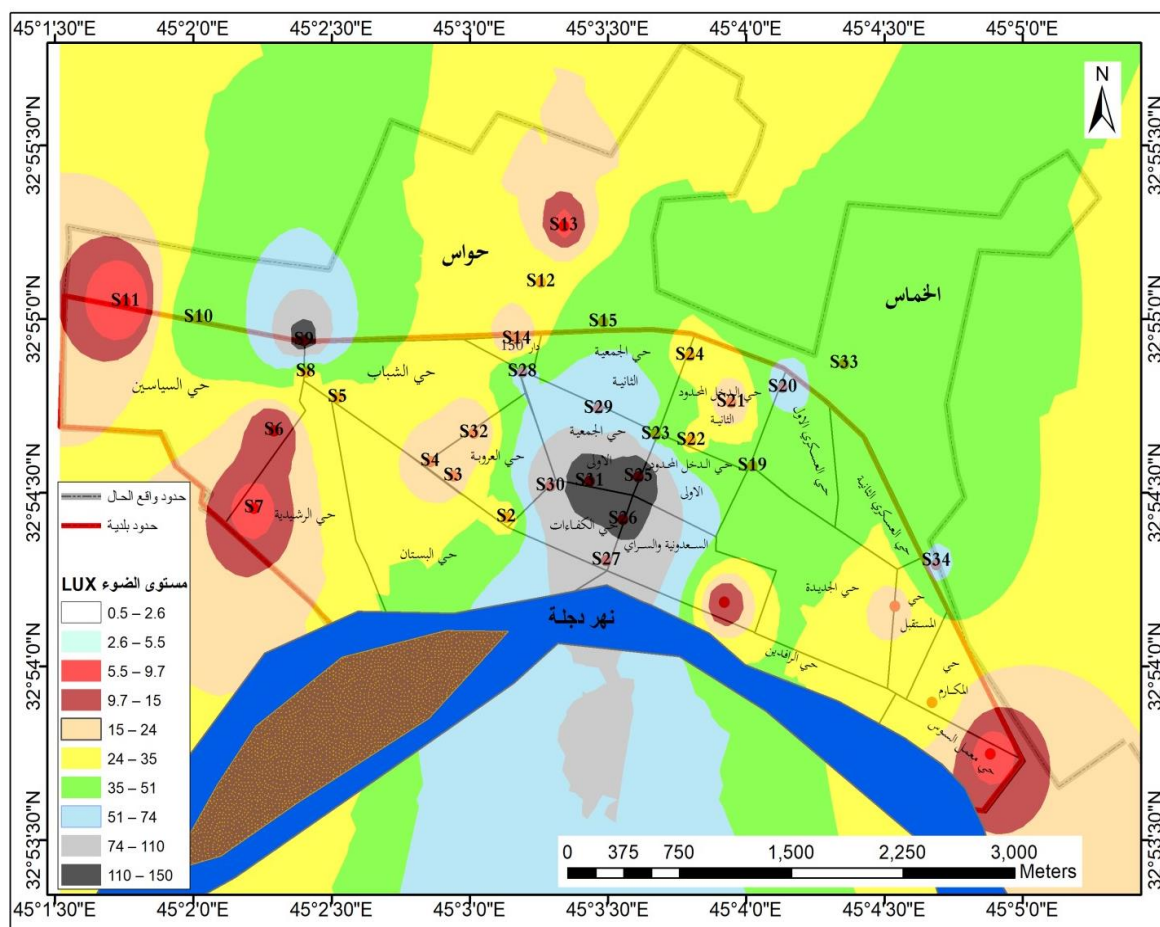
المصدر : اعتماداً على بيانات الجدول (2)

وقد جاءت قيم الرصد الميداني متوافقة مع وظائف كل شارع ومنطقة في المدينة, وهو مقارب جدا لبيانات المنصات العالمية الأكثر دقة (**Radiance Light Trends & light pollution**) لاسيما ما يتعلق بقلب المدينة التجاري الذي يسجل أعلى درجات الشدة الضوئية .

إعتماداً على بيانات الرصد الميداني, أمكننا ذلك إنتاج خارطة التوزيع المكاني للإضاءة الأفقية الليلية للعزيرية للعام 2022, شكل (14).

شكل (14) خارطة التوزيع المكاني للإضاءة الأفقية الليلية في العزيرية بوحدة LUX

بإستخدام اسلوب نمذجة البيانات IDW باستخدام برنامج ArcGIS



المصدر : إعتمادا على بيانات الرصد الميداني (للعام 2022) وتوظيفها ضمن بيئة

10.8 ArcGIS برنامج

وبذلك فقد تم انتاج خارطة التلوث الضوئي للعام 2022 والتي يمكن من خلالها تحديث دقة خرائط المنصات العالمية المهمة بهذا الموضوع, كما ان هذه الخارطة ستصبح مرجعا للمقارنة بعد سنوات عدة والتي يمكن من خلالها تحديد مدى ازدياد هذا النوع من التلوث او انحساره فيما لو تم تفعيل القوانين اللازمة التي تتبع المعايير الدولية للحفاظ على صحة الانسان والكائنات التي تحيا معه في نفس البيئة .

يظهر من الشكل (15) ان اعلى مناطق رصد شدة التلوث الضوئي في العزيرية كانت متموضعة في مركز المدينة التجاري (شارع الخليج العربي) وما يجاورها قرب مستشفى العزيرية (باللون الاسود), كذلك تظهر بؤرة اخرى ذات شدة انعكاس ضوئي عالية (باللون الاسود) على الشارع الرئيس (بغداد - الكوت) حيث تقع معارض بيع وشراء السيارات. فيما تبدا

شدة الانعكاس الضوئي بالتراجع شيئاً فشيئاً كلما ابتعدنا عن المركز باتجاه اطراف المدينة, لتسجل ادناها في الاحياء حديثة النشأة الواقعة غرب مركز المدينة (حي السياسيين والشهداء), وهي متوافقة مع بيانات المنصات العالمية وواقع هذه المناطق ودورها الوظيفي .

ولا يخفى فإن الإجراءات المطلوبة لخفض التلوث بالضوء الاصطناعي ليلًا معروفة جيدًا ، وبعضها مطبق بالفعل ببيئة انظمة وقوانين وطنية في العديد من البلدان (كما في إيطاليا وسلوفينيا وتشيلي وإسبانيا وفرنسا وكرواتيا), حيث تشمل هذه الإجراءات:

1- توجيه الأضواء إلى الأسفل فقط ، بدلاً من إهدار الضوء بتوجيهه فوق المستوى الأفقي .
2- توجيه أضواء الشوارع نحو الهدف (على سبيل المثال على الطريق أو المسار ، وليس نحو الممتلكات الخاصة أو النوافذ) .

3- تشغيل الأضواء في الوقت المناسب ، باستخدام تقنيات الإضاءة الذكية والتكيفية.
4- الحد الأدنى المطلق من مستويات الإضاءة اللازمة لأداء الإجراء (على سبيل المثال ، القيادة أو المشي على الرصيف) واستخدام مصادر الضوء التي تنبعث منها إنارة أقل تأثيرًا ، وأطياف زرقاء فقيرة ، مع تجنب الكثافة العالية لمصادر الانبعاث الزرقاء ، مثل المصابيح البيضاء (Falchi et al., 2019), الشكل (15).

شكل (15) يوضح التوجيه الافضل للأنارة في الاماكن المختلفة لتقليل التلوث

الضوئي



المصدر: <https://gostargazing.co.uk/light-pollution>

كذلك فإن استخدام هذه الاستراتيجيات ، التي اقترحها خبراء التلوث الضوئي، يمكن أن تقلل بترتيب من حيث حجم ومقدار التلوث الضوئي في المناطق شديدة التلوث، فضلا عن تقليل الهدر في الطاقة وازدياد مصادر التلوث البيئي في عموم هذا الكوكب وما نتج عنه من ظواهر مناخية متطرفة نتيجة ما يعرف بظاهرة (الاحتباس الحراري للكوكب) .

8. الإستنتاجات :

1- اظهرت منصة dark site finder ان جميع مناطق مدينة العزيرة تقع ضمن المستوى 8 من اصل 15 درجة في السلم المعتمد لهذه المنصة وذلك كونها تعتمد اسلوب التعميم في درجة التلوث الضوئي للمناطق صغيرة المساحة، وبذلك فان هذه المنصة تعتمد على التعميم الكبير، فضلا إبراز حجم قبة التلوث الضوئي الناشئ عن مصادر الضوء الاصطناعي دون مصدره، وبذلك فانها تصلح لتتبع التلوث الضوئي للمساحات الكبيرة من الارض .

2- كشفت منصة Light Pollution Map بان مدينة العزيرة تقع بمعظمها ضمن المقياس اللوني (الاصفر) وهو الخامس من اصل احدى عشرة درجة، فيما ظهرت ضواحيها بدرجة اقل تلويثا وإنعكاسا للضوء منها . فيما تصنف منصة Good To

Stargaze مدينة العزيزية ضمن الفئة 5 من مقياس بورتل, ووفقاً لذلك تقع منطقة الدراسة بأكملها ضمن نطاق الضواحي الحضرية, لذا فهاتين أيضاً تتبعان التعميم الكبير للنتائج وتصلحان للمساحات الأرضية الكبيرة في قياس شدة التلوث الضوئي .

3- بينت منصة (Light trends map) (light pollution map) ازدياد درجة الإشعاع الضوئي الصادر عن الإضاءة الإصطناعية داخل في شارع الخليج (المركز التجاري للمدينة), اذ بلغ نحو $(22,05 \text{mag} \backslash \text{arcsecond}^2)$ حسب مقياس SQM وبقيمة إشعاع تبلغ نحو 22,93 ليقع ضمن الفئة الأولى لمقياس بورتل في عام 2012, وقد استمرت الإضاءة بالارتفاع لتبلغ في عام 2021 $(\text{mag} \backslash \text{arcsecond}^2)$ 19.4 وفقاً لمقياس SQM بقيمة إشعاع بلغت 80,64, لتقفز إلى الفئة التاسعة لمقياس بورتل, وبذلك فإنها تعطي قياسات دقيقة للمساحات الأرضية الصغيرة وهو ما يجعل منها منصة مهمة للباحثين.

4- نظراً للاستعمال المفرط للإنارة وتغيير نوعية الضوء الإصطناعي من الأصفر إلى الأبيض (LED) فقد رصدت منصة (Horizon) Radiance Light Trends (منصة البحوث والإبتكار), زيادة كبيرة في مقدار الضوء المنعكس عن مدينة العزيزية بين العام 2012 حيث كان محدود $(540 \text{ nW/cm}^2/\text{sr})$, وبلوغه أكثر من $(3594 \text{ nW/cm}^2/\text{sr})$ في عام 2021. الأمر الذي يعكس مدى دقة القياس لهذه المنصة وسابقتها (Light trends), وإمكانية اعتماد نتائجها في الدراسات المختلفة نظير دقة التسجيل التي يتيحها للباحثين وعموم المستخدمين مجاناً, فضلاً عن إتاحتها للمقارنة بين الأعوام السابقة والحالية في مقدار شدة الانعكاس الضوئي عن سطح الأرض والنتائج عن الأنشطة البشرية .

5- تعد نتائج قياسات منصة الأطلس العالمي (2015 World Atlas) متوسطة الجودة, فضلاً عن كونها تتيح هذه القياسات للعام 2015 فقط بدون إمكانية مقارنتها مع الأعوام السابقة أو اللاحقة .

6- كشفت نتائج الرصد الميداني أن أعلى مستوى للضوء المنعكس سجل في المواقع التجارية (مواضع العينات: 25 , 31) بواقع (LUX 150) لكل منهما ويعزى السبب في

ذلك الى الاستعمال الكثير للإنارة الاصطناعية, اما ادنى مستوى للضوء المنعكس فقد سجل في الموقع (عينة رقم: 6) الواقع عند اطراف المدينة (Lux 1,9). عموماً فقد سجلت الاحياء السكنية حديثة النشأة (عند اطراف المدينة) مستويات منخفضة للضوء المنعكس وبذلك جاءت نتائج الرصد الميداني متوافقة مع وظائف كل منطقة في المدينة, وفقاً لبيانات المنصات العالمية الأكثر دقة (Radiance Light Trends & light pollution map – Light Trends).

9. التوصيات :

يعد التصميم المناسب لنظام الإضاءة أمراً حيوياً, اذ يجب أن يؤخذ الموقع وارتفاع التثبيت وهدف الإنارة الخارجية في الاعتبار من أجل الاستخدام الفعال لطاقة الإضاءة, عليه تقترح الدراسة مايلي :

1-إجراء المزيد من الدراسات لإيجاد الوسائل التي تحد من التلوث الضوئي في المناطق الحضرية, لاسيما إن الحد من التلوث الضوئي قد أُضيف مؤخراً كإلتزام في نظام LEED (الريادة في الطاقة والتصميم البيئي)، ودراسة المنظور الاقتصادي للتلوث الضوئي وكيف يمكن أن تساعد المصابيح الصفراء(مثل أضواء الصوديوم المتوهجة ومنخفضة الضغط) وأنواع المصابيح الأخرى واطئة الطول الموجي في الحد من تلوث الضوء .

2- حظر انبعاث الضوء في الهواء الطلق بأطوال موجية أقصر من 540 نانومتر لتقليل الآثار الصحية السلبية لانخفاض إنتاج الميلاتونين واضطراب الإيقاع اليومي للإنسان, وهو الامر الذي يمكن ان يتم من خلال تشريع القوانين الملزمة والمتوافقة مع الهدف في حماية الانسان والبيئة من التلوث باشكاله المختلفة.

3-الحرص على تشغيل الإضاءة الضرورية فقط وبالحد الأدنى والامتناع عن التعدي الخفيف من خلال استعمال المصابيح الخالية من الوهج وتركيب لمبات معلقة منخفضة وتوجيه الإنارة للأسفل بطريقة هندسية تضمن تحقيق الفائدة الكبرى من الضوء المتوهج, بالإضافة الى تغطية المصابيح لتقليل سطوع السماء ليلاً واستعمال عاكسات للضوء لتحديد مسار الطريق بدلاً من إضاءة كامل الطريق، وهو ما يساهم في توفير كمية كبيرة من الطاقة .

4-وقف استعمال الإضاءة غير الضرورية أثناء النهار، والاعتماد على مصادر الضوء الطبيعي لتلبية جميع احتياجات الإضاءة واستبدال جميع المصابيح الخارجية ذات الوهج ببدائل منخفضة الوهج توفر إضاءة خارجية صديقة للسماء .

5-تقييم خطط الإضاءة الحالية وإعادة تصميمها اعتماداً على ما إذا كانت هناك حاجة فعلية للضوء الحالي كذلك تكثيف الوعي العام والحكومي بأثار التلوث الضوئي من خلال اللوائح والمعايير الهندسية وقوانين البناء .

6-إستخدام بيانات هذه الدراسة والدراسات السابقة واللاحقة , وادخال نتائجها في قاعدة بيانات عالمية (Web GIS) لاجل المساهمة في تطوير دقة البيانات الخاصة بهذا الموضوع, فضلا عن امكانية ربطها بالتالي بالمنصات العالمية المختصة بذلك لاجل تحقيق الفائدة الكبرى من هذه الدراسات وتبادل الخبرات عالميا مع جميع الشعوب لايقاف هدر الطاقة وتلويث البيئة عالميا .

الهوامش

¹ الأنثروبوسين : هي حقبة مقترحة حديثا، يعود تاريخها إلى بداية التأثير البشري الكبير على جيولوجيا الأرض والنظم البيئية فيها، بما في ذلك

على سبيل المثال تغير المناخ العالمي ذي السبب بشري المنشأ . يُنظر إلى هذه الحقبة على أنها بدأت في وقت ما بين ثمانية آلاف عام ، مع انتشار الزراعة ، وقبل مائتي عام ، مع ظهور التصنيع، وقد تم اقتراح الأنثروبوسين على أنه حقبة جديدة من الزمن الجيولوجي ، بعد الهولوسين .

² المونوغرام هو رسم بياني يمثل العلاقات بين ثلاثة أو أكثر من الكميات المتغيرة عن طريق عدد من المقاييس ، بحيث يمكن العثور على قيمة

متغير واحد ببناء هندسي بسيط ، على سبيل المثال عن طريق رسم خط مستقيم يتقاطع مع المقاييس الأخرى عند القيم المناسبة.

³ هي مجموعة مقياس الإشعاع المرئي للتصوير بالأشعة تحت الحمراء (VIIRS) ، وهي واحدة من الأدوات الرئيسة على متن المركبة الفضائية - القمر الاصطناعي Suomi National Polar-Orbiting Partnership (Suomi NPP) ، الذي تم إطلاقه بنجاح في 28 أكتوبر 2011 .

⁴ Night Blight: Mapping England's light pollution and dark skies

https://www.cpre.org.uk/wp-content/uploads/2019/11/Night_Blight.pdf

المصادر:

العربية:

1- التعلبي، زينب عبدالرزاق و الحسن، شكري إبراهيم (2019). تحليل جغرافي للتلوث الضوئي في المناطق الصناعية في مدينة النجف الاشرف (المصادر والمستويات) . مجلة مداد الآداب - الجامعة العراقية، الجزء الاول (العدد 1)، عدد خاص بالمؤتمرات للعام الدراسي 2018-2019، ص 827-848 .

2- عبير يحيى أحمد، 2021. تطبيقات الجيوماتكس في رصد التلوث الضوئي "محافظة بغداد أمودجا"، مجلة كلية التربية - جامعة واسط، الجزء الاول (العدد42)، ص 167-196.

Ahmed, A. Y. (2021). تطبيقات الجيوماتكس في رصد التلوث الضوئي "

محافظة بغداد أنموذجاً". *Journal of Education College Wasit University*, 1(42), 167–196.

3- الهيئة العامة للمساحة, خارطة العراق الإدارية, بغداد – العراق, 2019 .

الإنجليزية:

3. Al-Gurairy, A. S. Y., & Al-Omary, J. A. H. (2021, June). Geomorphological-environmental potentials and their importance in establishing natural reserves in western Iraq using GIS. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 790, No. 1, p. 012016). IOP Publishing.
4. "[Anthropocene](#)". *The American Heritage Dictionary of the English Language* (5th ed.). Boston: [Houghton Mifflin Harcourt](#).
5. Chepesiuk, R. (2009). Missing the dark: health effects of light pollution. volume 117 | number 1, p:20-27.
6. Chepesiuk, R. (2009). Missing the dark: health effects of light pollution. volume 117 | number 1, p:20-27.
7. Crumey, A. (2014). Human contrast threshold and astronomical visibility. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 442(3), 2600–2619.
[doi:10.1093/mnras/stu992](https://doi.org/10.1093/mnras/stu992)

8. Dominoni, D. M., & Partecke, J. (2015). Does light pollution alter day length? A test using light loggers on free-ranging European blackbirds (Turdus merula). Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 370(1667), 20140118. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0118>
9. Energy Information Administration—Commercial Energy Consumption Survey. Eia.doe.gov. Retrieved 2011-12-03.
10. Falchi, F., Furgoni, R., Gallaway, T. A., Rybnikova, N. A., Portnov, B. A., Baugh, K., ... & Elvidge, C. D. (2019). Light pollution in USA and Europe: The good, the bad and the ugly. *Journal of environmental management*, 248, 109227.
11. International Dark-Sky Association. darksky.org
12. Jerry A. Nathanson, 2010. "Light pollution": <https://www.britannica.com/science/light-pollution>, Retrieved 31-01-2022.
13. Luginbuhl, C. B., Walker, C. E., & Wainscoat, R. J. (2009). Lighting and astronomy. NAVAL OBSERVATORY WASHINGTON DC. P:32 – 37. <https://doi.org/10.1063/1.3273014>

14. Mizon, B. (2012). Light pollution: penetrating the veil. *Journal of the British Astronomical Association*, 122(4), 204–207.
15. Rajkhowa, R. (2014). Light pollution and impact of light pollution. *international Journal of Science and Research (IJSR)*, 3(10), 861–867.
16. Spoelstra, H. (2002). A sky brightness nomogram. <http://www.darksitesawareness.org/nomogram.php>. Accessed 16 July 2020.
17. Waters, C. N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A. D., Poirier, C., Gałuszka, A., ... & Wolfe, A. P. (2016). The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science*, 351(6269). [doi:10.1126/science.aad2622](https://doi.org/10.1126/science.aad2622). PMID 26744408. S2CID 206642594.
18. Woltz, H; Gibbs, J; Ducey, P (2008). "Road crossing structures for amphibians and reptiles: Informing design through behavioral analysis". *Biological Conservation*. 141 (11): 2745–2750. [doi: 10.1016/j.biocon.2008.08.010](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.08.010).

المواقع الالكترونية

19. <https://darksitefinder.com/maps/world.html#13/32.9005/45.0524>

20. <https://gostargazing.co.uk/light-pollution>
21. <https://lighttrends.lightpollutionmap.info>
22. <https://lighttrends.lightpollutionmap.info/#zoom=11&lon=45.06733&lat=32.89989>
23. https://www.cpre.org.uk/wp-content/uploads/2019/11/Night_Blight.pdf
24. <https://www.goodtostargaze.com/>
25. <https://www.lightpollutionmap.info>
26. <https://www.pinterest.ru/pin/850195235880495129/>
27. www.PhotographersArsenal.com

