IAU

التلوث الضوئي

جامعة المثنى
العراق

National Astronomical Observatory of Japan

علم الفلك والتلوث الضوئي

بدون سماء مظلمة . لا يستطيع علماء الفلك استقبال إشارات الضوء الخافتة من الأجسام البعيدة في الفضاء الخارجي. السماء المظلمة هي مصدر علمي بالغ الأهمية لفهم ألغاز الكون. تعد السماء المظلمة أيضًا جزءًا مهمًا من التراث الثقافي والطبيعي لجميع الحضارات.

يتم بناء المراصد الفلكية عادةً في مواقع بعيدة في محاولة للهروب من أضواء المدن والبلدات. ومع ذلك . فإن هذه المراصد مهددة بالتلوث الضوئي. على سبيل المثال . يُظهر الجزء السفلي الأيسر من هذه الصفحة أضواء المدينة وهي تتعدى على قمة جبل ماونا كيا في هاواي. تعد مراصد ماونا كيا من أفضل المواقع الفلكية في العالم. تعتبر قوانين الإضاءة أداة مهمة لحماية هذه المواقع من التلوث الضوئي.

صورة تجمع بين النجوم عنقود الثريا وكوكب الزهرة مع أكبر التلسكوبات في العالم
- مرصد كيك وتلسكوب سوبارو على قمة جبل هاواي. (حقوق الصورة: د.هيدياكي فوجيوارا - تلسكوب سوبارو . NAOJ)

مدينة نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية من الفضاء.
حقوق الصورة: NASA-Johnson Space Center ISS045-E-066112

اتحاد الفلك الدولي وحماية السماء المظلمة

يجمع اتحاد الفلك الدولي (International Astronomical Union - IAU) أكثر من 10000 عالم فلك محترف من حوالي 100 دولة. وتتمثل مهمته في تعزيز وحماية جميع جوانب علم الفلك من خلال التعاون الدولي.

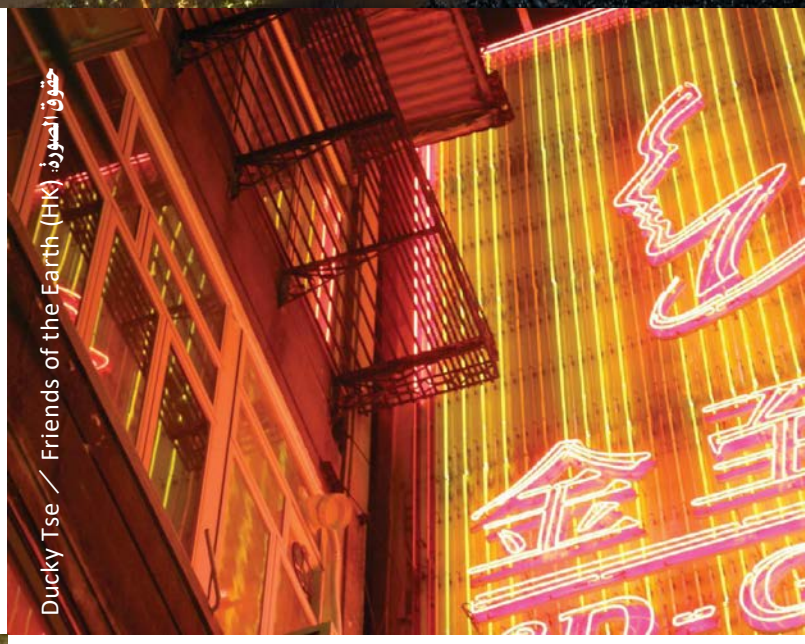
هذا الكتيب عبارة عن مجموعة من النتائج الهامة للخبراء في جميع أنحاء العالم في مجال التلوث الضوئي. تم جمع المعلومات تحت مظلة برنامج (Cosmic Light)، الذي ينظمه IAU خلال السنة الدولية للضوء عام 2015. الهدف من هذا الكتيب هو إبراز التطورات الأخيرة في فهمنا للتلوث الضوئي، ولا سيما فيما يتعلق بأستخدام مصابيح (LED) لدعم مجتمع علم الفلك وزيادة الوعي العام بأبحاث التلوث الضوئي.

توهج السماء

التلوث الضوئي هو الاستخدام غير السليم للإضاءة الخارجية الاصطناعية والتي يمكن أن تسبب تأثيرات ضارة على البيئة. ينبعث الضوء المهدور من مصادر اصطناعية لأعلى (بزوايا أفقية وأعلى) بواسطة الهباء الجوي مثل السحب والضباب أو الجسيمات الصغيرة مثل الملوثات في الغلاف الجوي. يشكل هذا التشتت وهجاً منتشراً يمكن رؤيته من مسافات بعيدة جداً. توهج السماء هو الشكل الأكثر شيوعاً للتلوث الضوئي.

مصدر الضوء المستقل له تأثير أكبر على توهج السماء في المناطق الريفية منه في المدن بسبب التشتت الثانوي. وفقاً لدراسة اجراها العالم مارتن أوب . فإن عشرة في المائة من وهج السماء في المدن وخمسين في المائة من التوهج السماوي في المناطق الريفية ناتجة عن الانعكاس الثانوي.

صورة تجمع بين النجوم والتوهج السماوي فوق مدينة سالزبورغ - النمسا.
حقوق الصورة: (Andreas Max Böckle)



حقوق الصورة: Ducky Tse ／ Friends of the Earth (HK)

التعدي الضوئي

التعدي الضوئي هو مشكلة شائعة أخرى يمكن أن تؤثر على صحتنا. يمكن أن يتسرب الضوء غير المرغوب فيه في الليل عبر نوافذ المنازل والشقق . مما يسبب اضطراباً في النوم بسبب التعرض المفرط للضوء.

Credit: E. Hanlon

الوهج

يؤدي السطوع المفرط في الليل إلى تباين عالٍ وانخفاض في الرؤية مما يتسبب في عدم الراحة أو في بعض الحالات الشديدة يؤدي إلى العمى. يعاني كبار السن الذين لديهم مشاكل بصرية مثل اعتتام عدسة العين أكثر من غيرهم.

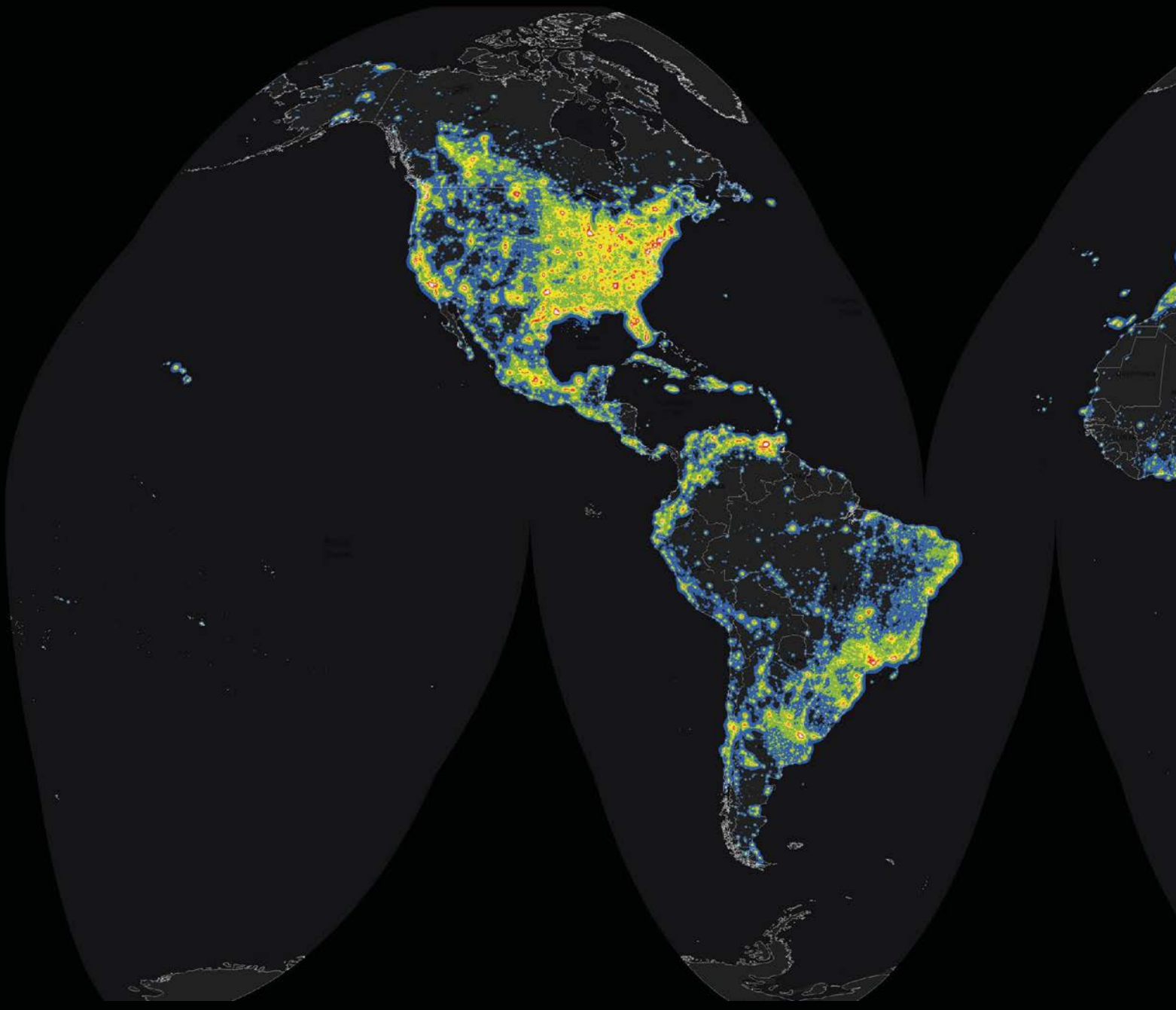
طريقة تركيب اضاءة الشارع الجيدة والسيئة.
حقوق الصورة: Cities at Night By Alejandro Sánchez de Miguel et al

الحلول

أحد الحلول الموصى بها لتقليل التوهج السماوي هو الحماية الكاملة لمصابيح الإضاءة بحيث تكون بصمتها على الأرض مرئية من مسافة ولكن مصدر الضوء غير مرئي. تُقدر جمعية السماء المظلمة الدولية أن ما لا يقل عن ثلاثين في المائة من الإضاءة الخارجية في الولايات المتحدة تضيع بسبب الأضواء غير المحمية. إن الضوء غير المحمي الذي يضيء نحو السماء ويمكن رؤيته من الفضاء هو في الغالب طاقة ضائعة. الحلول الأخرى المقترحة تتمثل في تقليل المواقع وعدد ساعات تشغيل الأضواء واستخدامها فقط حيثما ومتى لزم الأمر. هذه الحلول ستعمل أيضاً على تقليل التعدي الضوئي والتوهج. كذلك يمكن أن تساعد زراعة المزيد من الأشجار في منع الانعكاس الثانوي للضوء من السطوع في السماء.

صورة الأرض ليلاً نشرت في عام 2012 باستخدام البيانات التي حصل عليها القمر الصناعي Suomi National Polar-Orbating Partnership
حقوق الصورة: مرصد الأرض التابع لناسا.

2016 خريطة العالم

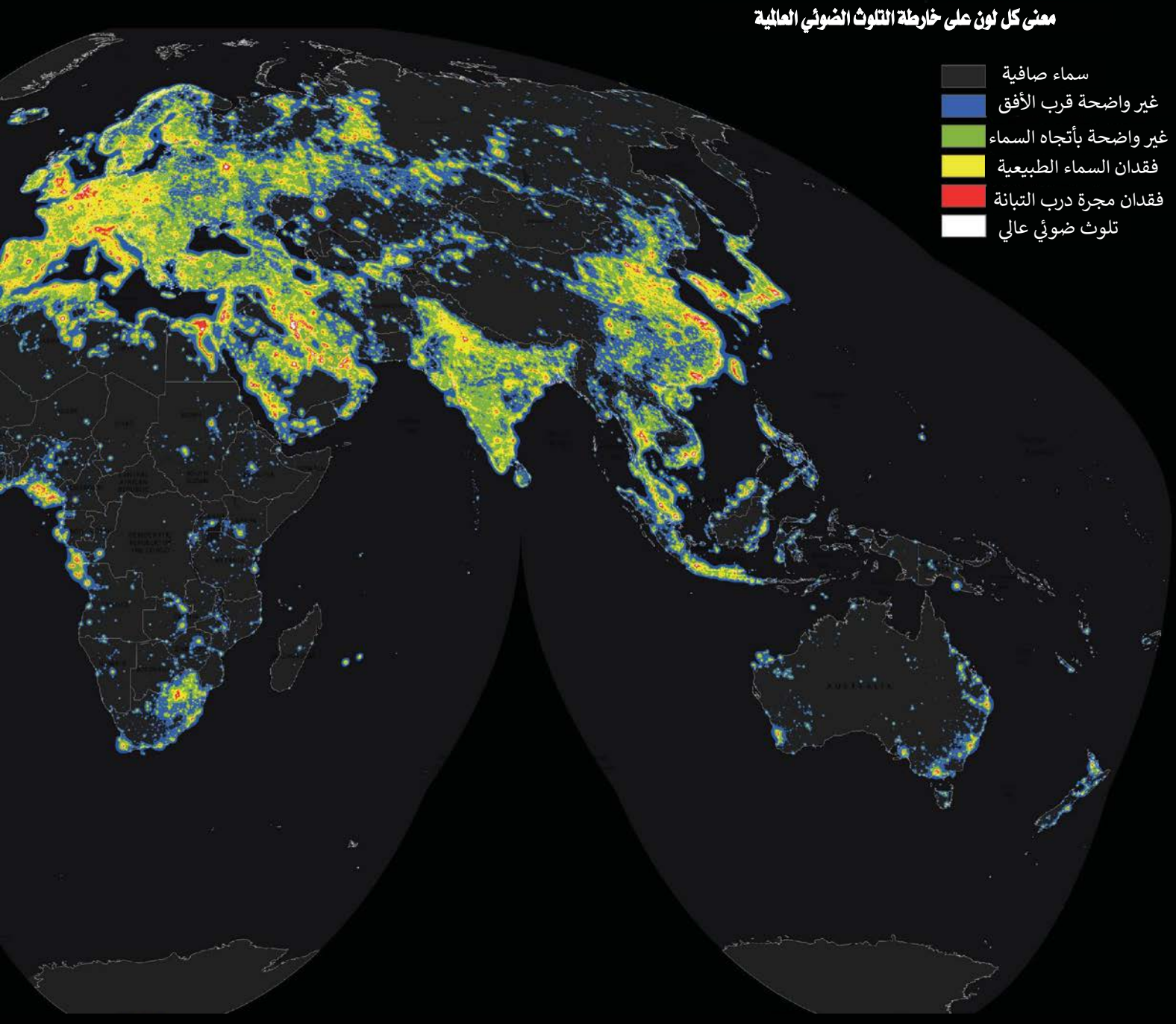


خريطة العالم للتلوث الضوئي كما نشرت في دراسة العالم فابيو فالتشي وزملائه عام 2016.

تشير ألوان الخريطة إلى مستويات مختلفة من التلوث الضوئي - يشير اللون الأسود إلى سماء نقية متبوعة باللون الأزرق والأخضر والأصفر والأحمر لتحديد مستويات أسوأ من التلوث الضوئي بشكل تدريجي. الأماكن البيضاء على الخريطة هي المدن التي يكون فيها التلوث الضوئي هو الأسوأ.

تتكون شبكية العين البشرية من خلايا على شكل عصي ومخاريط. وهي المستقبلات الضوئية المسؤولة عن نقل إشارات الضوء إلى أدمغتنا.

للتلوث الضوئي



المخاريط مسئولة عن معلومات اللون . لكنها تنشط فقط عندما تكون ظروف الإضاءة ساطعة بدرجة كافية. وهكذا . في البيئات المظلمة . نرى ألوانًا باهتة أو لا نرى لونًا على الإطلاق. عندما ننظر إلى التلسكوب . لا يمكننا رؤية أجسام أعماق السماء جميلة وملونة مثل الصور التي نراها على الإنترنت لنفس السبب - لا يتم تنشيط الخلايا المخروطية عندما ننظر من خلال العدسة المظلمة للتلسكوب. صور تلسكوب هابل الفضائي . على سبيل المثال . تتطلب ساعات من التكامل . على عكس ما يمكن أن تراه أعيننا. في بعض الأحيان تكون أيضًا صورًا ذات ألوان زائفة محسّنة.

خريطة تُبين تأثير التلوث الضوئي على رؤيتنا لسماء الليل. حقوق الصورة: فابيو فالشي وآخرون. Sci Adv 2016

صورة تُبين تأثير تبديل مصابيح الصوديوم إلى مصابيح LED في مدينة كالجاري- كندا. حقوق الصورة: ناسا

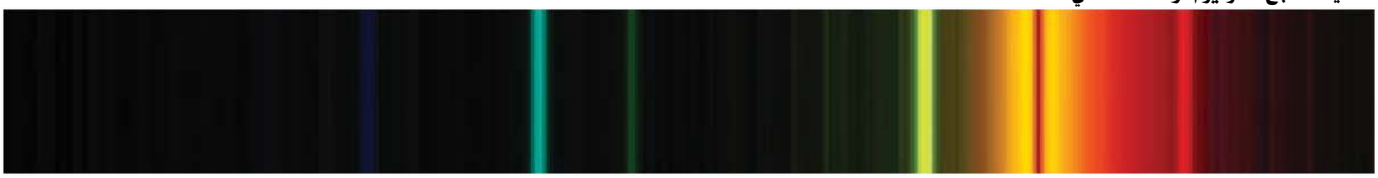
ثورة مصابيح الـ LED؟

توضح الصورة أعلاه تغيير الإضاءة إلى مصابيح LED فوق مدينة كالجاري-كندا. يظهر اللون الأزرق الغني لمصابيح LED بوضوح. تشتهر مصابيح LED أو "الثنائي الباعث للضوء" . بتكلفتها المنخفضة وعمرها الطويل واستهلاكها المنخفض للطاقة والملاءمة البيئية وسهولة التنظيم . وبالتالي يتم إنتاجها بكميات كبيرة واستخدامها على نطاق واسع. بدأت بعض المدن بتغيير بأستبدال المصابيح التقليدية بمصابيح LED صديقة للبيئة.

أشارت الدراسات الحديثة إلى أن مصابيح LED الموفرة للطاقة لا تساعد في تقليل التلوث الضوئي. وذلك لان الناس يميلون إلى استخدام الأموال التي توفرها مصابيح LED منخفضة التكلفة لتثبيت المزيد من الإضاءة . مما يجعل المكان أكثر سطوعاً. تحتوي مصابيح LED أيضاً على مشكلات مهمة أخرى تتعلق بالمكون الأزرق القوي في طيفها . والذي يتشتت بسهولة ويؤثر على نظمنا البيئية والصحة العامة.

طيف مصباح الصوديوم ذو الضغط المنخفض

طيف مصباح الصوديوم ذو الضغط العالي

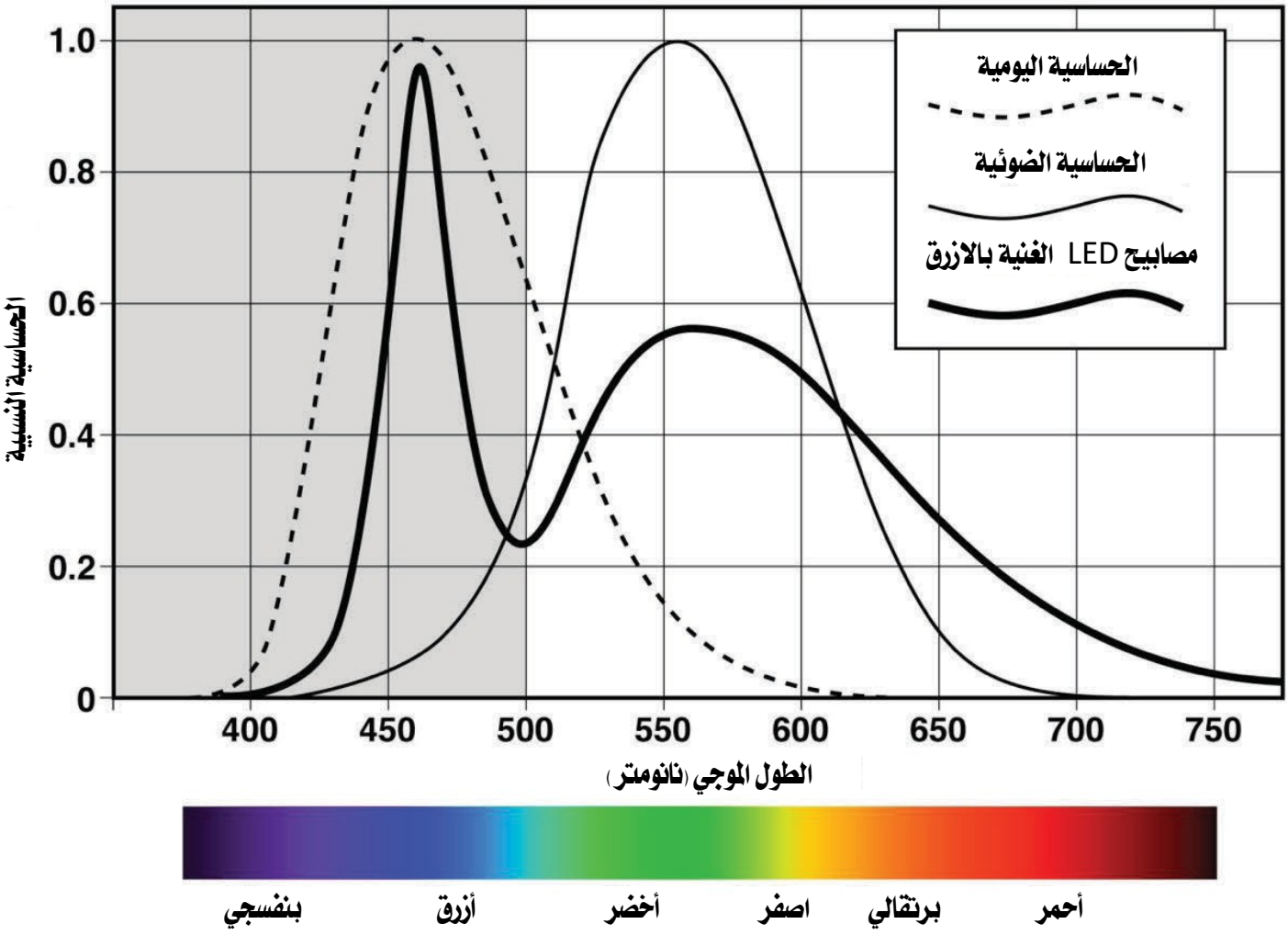


طيف مصباح LED ذو 4100 كلفن

حقوق الصورة: تحالف فلاجستاف للسماء المظلمة

فهم طيف مصابيح LED

الإضاءة التقليدية . مثل مصابيح الصوديوم ذات الضغط المنخفض (LPS) ومصابيح الصوديوم ذات الضغط العالي (HPS) . لها أطياف ذات نطاقات ضيقة نسبياً يمكن تصفيتها أثناء الارصاد الفلكية. ومع ذلك . عادةً ما تحتوي مصابيح LED على طيف واسع . يصعب تصفيته. يتم طرح مصابيح LED ضيقة النطاق مثل مصابيح LED Phosphor-Converted Amber (PCA) في الاسواق وقد تثبت في النهاية أنها خيار مقبول من حيث التصفية وكفاءة الطاقة وحتى تسليم اللون.



حقوق الصورة: جمعية السماء المظلمة الدولية

في عام 2014 . مُنحت جائزة نوبل في الفيزياء لتقدير "اختراع الصمامات الثنائية الباعثة للضوء الأزرق والتي اوجدت مصدراً للضوء الأبيض الساطع موفر للطاقة". كشف هذا البيان عن خاصية مهمة لمصابيح LED البيضاء الحديثة – المصابيح البيضاء منخفضة التكلفة والموفرة للطاقة هي بالأساس غنية باللون الأزرق (انظر الخط الصلب السميك في الرسم البياني).
يشير الخط المتصل في الرسم البياني أعلاه إلى حساسية أعيننا في ظل ظروف الإضاءة الجيدة. يشير الخط المتقطع إلى حساسية أجسامنا للإيقاع اليومي . دورة النهار والليل.
تتداخل مصابيح LED الغنية بالأزرق مع حساسية أجسامنا اليومية . ينتج عنه تأثيراً كبيراً على سلوكنا أثناء النوم.

تأثير الضوء الأزرق على النوم

في التسعينيات ، اكتشف العلماء نوعًا ثالثًا من الخلايا الحساسة للضوء في العين البشرية . تختلف عن الخلايا المخروطية والعصوية المعروفة. يحتوي هذا النوع الثالث من الخلايا المستشعرة للضوء على "الميلانوبسين" . وهو نوع من الصباغ الضوئي يقوم بوظيفة تحديد وتتبع دورة الليل والنهار. أظهر الميلانوبسين ذروة الحساسية تجاه الضوء الأزرق.

يتحكم الميلانوبسين في إنتاج "الميلاتونين" - وهو هرمون يجعلك تشعر بالنعاس. عندما تكتشف خلايا الميلانين الضوء (عادة في النهار) . يتوقف إنتاج الميلاتونين . مما يجعلك تشعر بمزيد من اليقظة. عندما يحل الظلام ولا تكتشف خلايا الميلانوبسين الضوء . تشعر بالتعب بسبب إنتاج الميلاتونين. عندما تتعرض للضوء الأزرق في الليل لفترات طويلة من الوقت . فإنه يبقيك مستيقظاً.

الخلايا العصبية لشبكية العين (حقوق الصورة: وي لي ، المعهد الوطني للعيون ، المعهد الوطني للصحة)

التلوث الضوئي وصحتنا

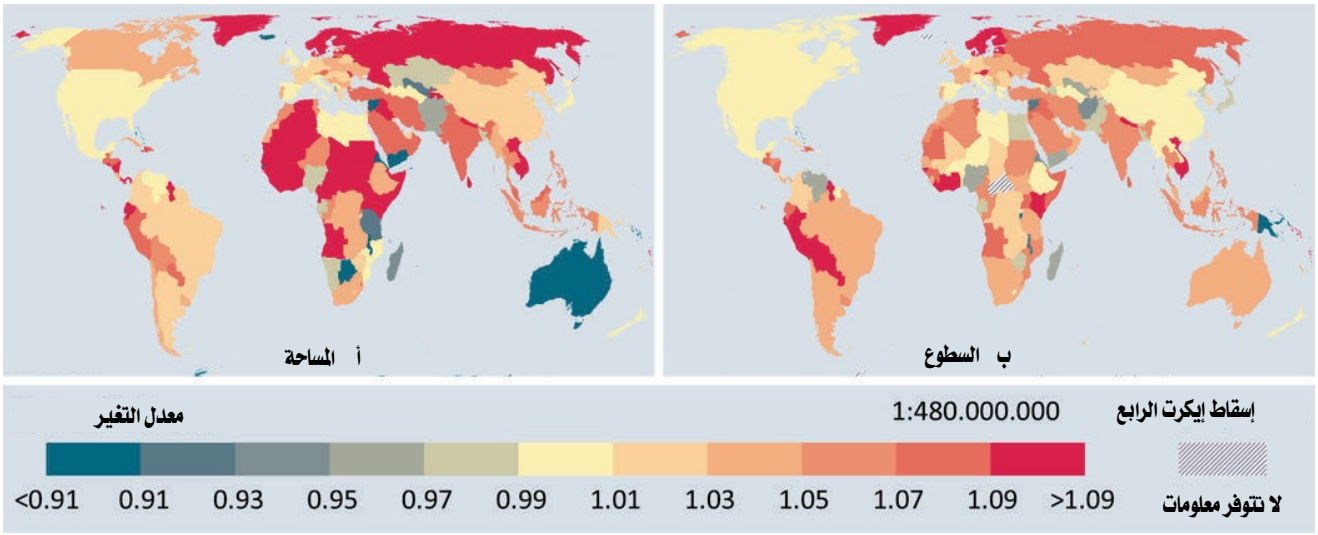
الميلاتونين هو أيضاً أحد مضادات الأكسدة التي تفيد أجسامنا بعد النوم . يساعد على إصلاح الجسم وتنظيم الهرمونات المتعلقة بعمليات علاج السرطان. مصابيح LED غنية بالضوء الأزرق. بالتالي يكون لها تأثير قوي في تعطيل إنتاج الميلاتونين.

أصدرت الجمعية الطبية الأمريكية (AMA) قراراً في عام 2009 ينص على أن "التعدي الضوئي له تأثير مباشر في اضطراب إيقاع الساعة البايولوجية للإنسان والحيوان . ويشتبه بشدة في أنه أحد مسببات إنتاج الميلاتونين وتثبيط الجهاز المناعي وزيادة معدلات الإصابة بالسرطان مثل سرطانات الثدي ". في عام 2016 . أصدرت (AMA) بياناً رسمياً حول استخدام مصابيح LED. موضحة أن "مصابيح LED البيضاء لها تأثير أكبر بخمس مرات على نظم النوم اليومية مقارنة بمصابيح الشوارع التقليدية".

حقوق الصورة: sze-leung cheung

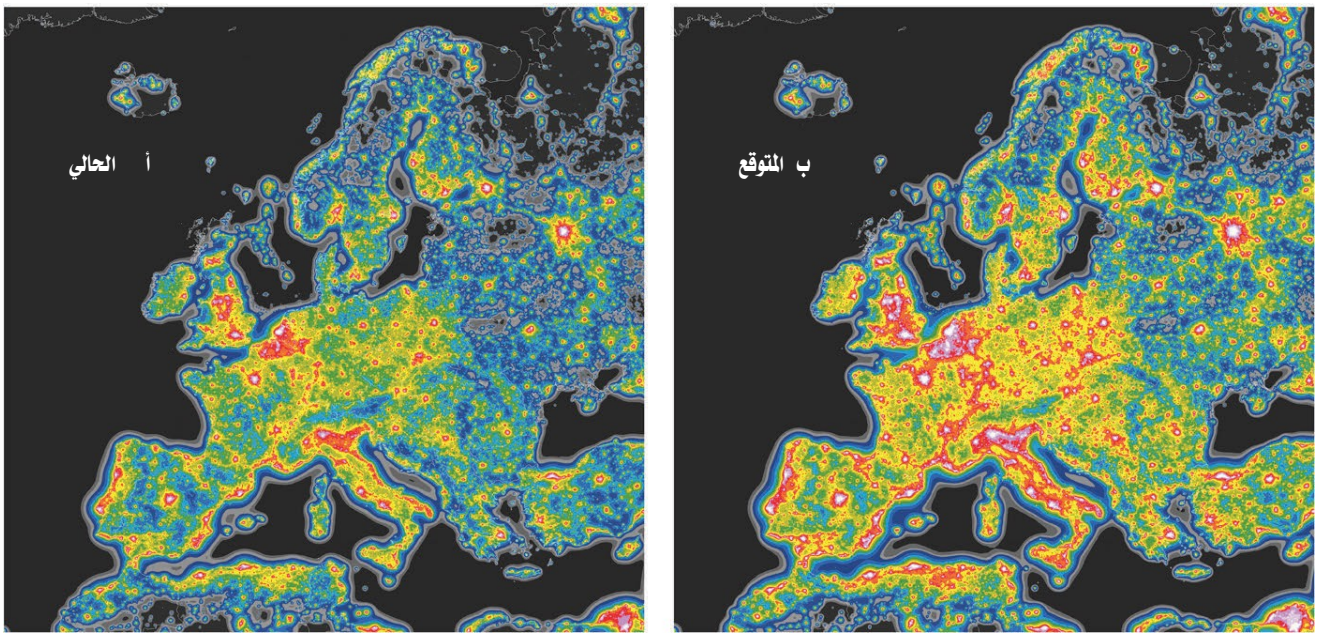
مصابيح الـ LED تجعل التلوث الضوئي أسوأ

لا تفشل مصابيح LED في مكافحة التلوث الضوئي فحسب . بل إنها تجعل التلوث الضوئي أسوأ. تُبين دراسة أجراها كريستوفر سي إم كيبا وزملائه عام 2017 بأستخدام بيانات الأقمار الصناعية أن عالمنا أصبح أكثر سطوعاً بنسبة 9.1٪ خلال اربع سنوات فقط . من عام 2012 إلى عام 2016.



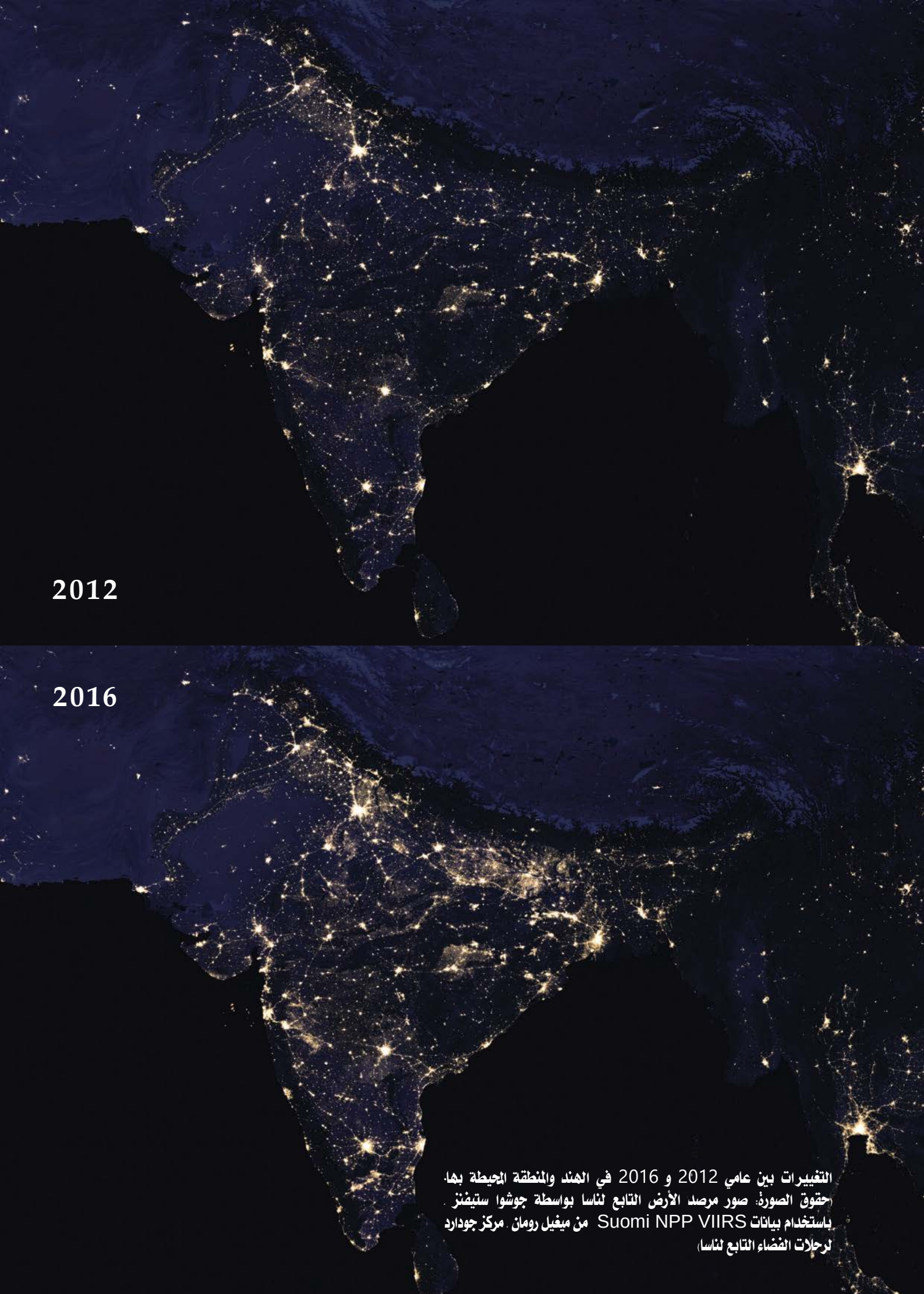
حقوق الصورة: Christopher C. M. Kyba et al. Sci Adv 2017

توضح الخرائط أعلاه المعدل السنوي للتغير في الإضاءة الاصطناعية من حيث زيادة / نقصان مساحة (أ) . (ب) السطوع.
يُظهر معظم العالم زيادة في السطوع . مع وجود استثناءات قليلة تظهر انخفاضاً . بما في ذلك عدد قليل من البلدان التي هي في حالة حرب. مثل اليمن وسوريا . على سبيل المثال.



حقوق الصورة: Fabio Falchi et al. Sci Adv 2016

تَتشتت مصابيح LED الغنية بالأزرق بسهولة وتُنتج تلوث ضوئي اكبر. توضح الخرائط أعلاه سطوع السماء الاصطناعي في أوروبا مقارنةً بسطوع السماء الطبيعي. توضح الخريطة الموجودة على اليسار (أ) مستوى التلوث الضوئي الحالي. بينما توضح الخريطة الموجودة على اليمين (ب) تنبؤات سطوع السماء إذا تغيرت كل الإضاءة إلى LED 4000K .

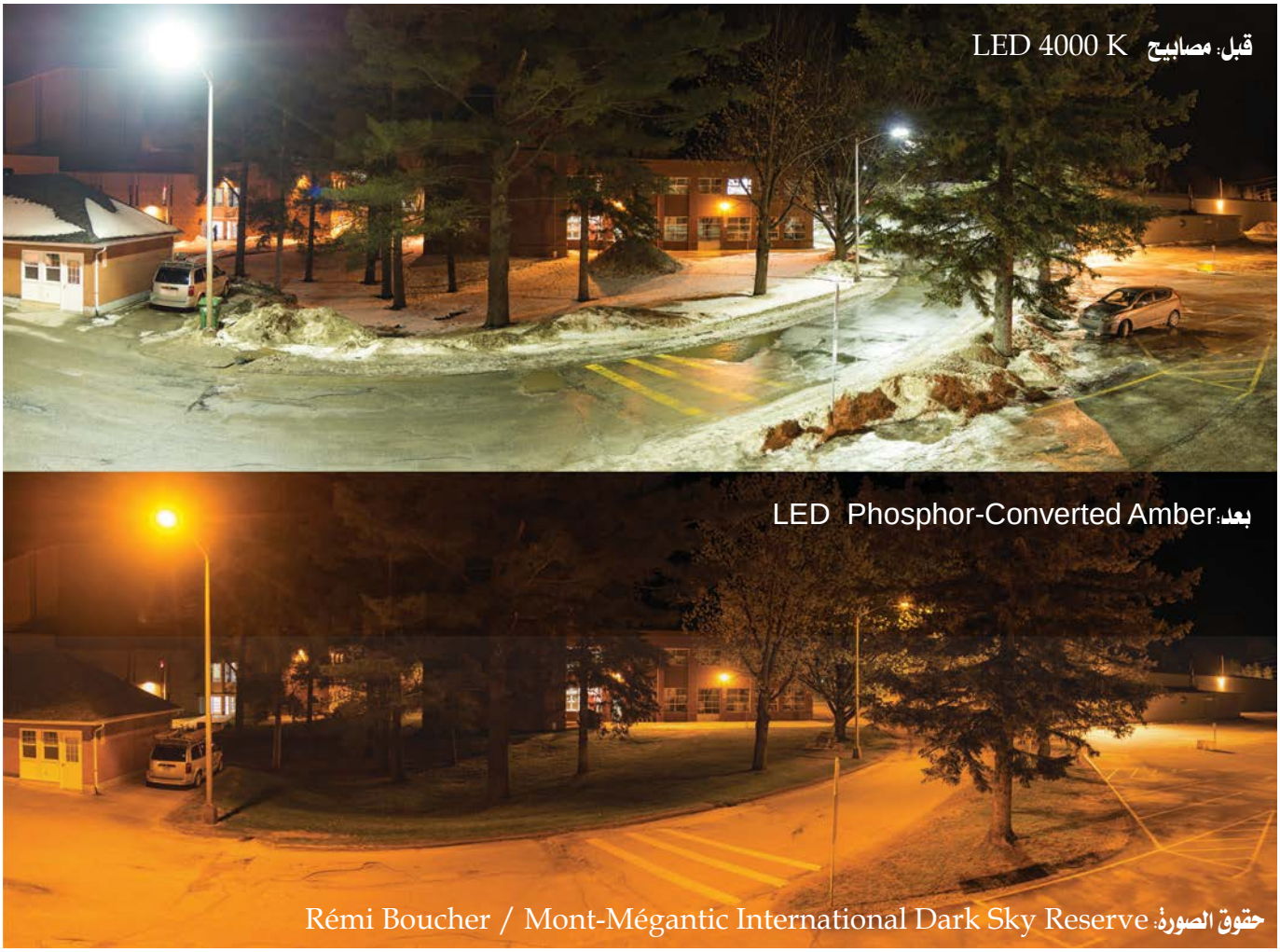


التغييرات بين عامي 2012 و 2016 في الهند والمنطقة المحيطة بها.
(حقوق الصورة: صور مرصد الأرض التابع لناسا بواسطة جوشوا ستيفنز
باستخدام بيانات Suomi NPP VIIRS من ميغيل رومان، مركز جودارد
لرحلات الفضاء التابع لناسا)

ما هي الالوان التي ينصح بأستخدامها؟

للضوء الأزرق تأثير آخر على علم الفلك - فهو ينتشر على الفور (ولهذا السبب سماءنا زرقاء) . والمعلومات التي تصلنا من النجوم والمجرات حديثة الولادة تبلغ القمة في مدى الأزرق. كذلك لا ينصح باستخدام الإضاءة الزرقاء لانها تؤثر على النظم البيئية والصحة العامة.

للضوء الأحمر أطول مدى انتشار مما يخلق وهجاً صناعياً للسماء يصل لمسافات كبيرة. لذلك لا ينصح باستخدام الإضاءة الحمراء أيضاً.
وبناءً على ما تقدم، فأننا نوصي بشدة باستخدام الضوء الأصفر أو الكهرماني . مع أضيق نطاق طاقة ممكن . بما يتوافق مع متطلبات عرض اللون.

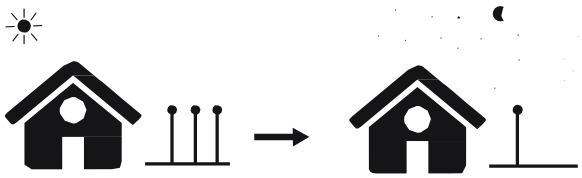


مصابيح LED صديقة للبيئة ولعلم الفلك

نظراً لأن مصابيح LED الغنية باللون الأزرق لها تأثير قوي على صحة الإنسان والبيئة . يعمل قطاع الصناعة على تطوير تقنيات جديدة لإنشاء مصابيح LED صديقة للبيئة. تم تطوير مصابيح LED الكهرمانية (ذات اللون الاصفر) منذ بضع سنوات بنطاق ترددي ضيق للغاية مشابه لمصابيح LPS. والذي له تأثير بيئي وفلكي أقل. ولكن نظراً لأن فعالية مصابيح LED الكهرمانية منخفضة . فهي ليست منتجاً تجارياً مثالياً.
تعد مصابيح Phosphor-converted amber LEDs واحدة من التقنيات الجديدة التي تم تطويرها في السنوات الأخيرة. على الرغم من أنها تمتلك طيفاً واسعاً وتأثيراً بيئياً أكبر من مصابيح LED الكهرمانية. إلا أن عرضها للألوان فضل ولها ضعف فعالية مصابيح LED الكهرمانية. مما يجعلها حلاً وسطاً معقولاً.
تُظهر الصور أعلاه التغيير الذي جرى في حرم جامعة Bishop في Sherbrooke - كندا . قبل وبعد التبديل من مصابيح LED 4000 K البيضاء إلى مصابيح Phosphor-converted amber LEDs. وتقليل طاقة LED بمقدار النصف باستخدام نفس البصريات. اظهرت الدراسة التي اجريت من قبل Martin Aubé et al أن هذا التغيير قلل من وهج السماء الذي تتحسسه العين البشرية إلى اثني عشر بالمائة من ذلك الناتج عن مصابيح LED 4000 K البيضاء . كما قلل من تشبيط الميلاتونين إلى أربعة بالمائة من المستوى الأصلي. هذا انخفاض هائل. ولتحقيق هذا التخفيض ما عليك سوى ان تقلل من كفاءة الإضاءة وتغيير لون مصابيح LED من الأبيض إلى الكهرماني (الاصفر).

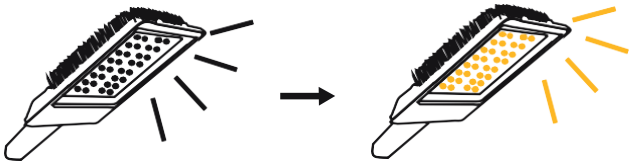
كيف يمكننا الحد من آثار التلوث الضوئي؟

فاعلية الحد من التلوث الضوئي



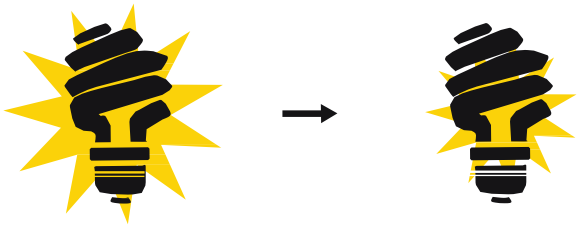
تشغيل الاضاءة عند الحاجة اليها فقط

10X



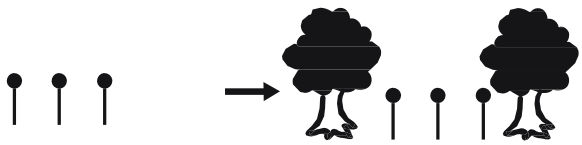
الأضواء الصفراء بدلاً من البيضاء

5X-12X



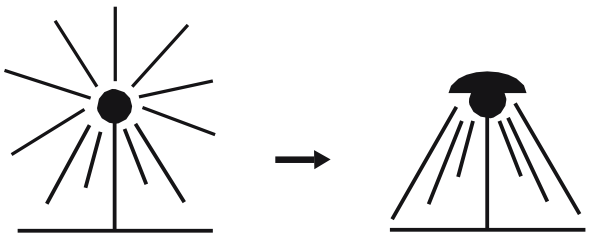
تقليل استهلاك الطاقة

2X-4X



زرع الأشجار وتثبيت المصابيح في اماكن مناسبة لحجب الضوء غير الضروري

2X



منع الاضاءة باتجاه الاعلى

الريف	المدينة
5X	2X

مصدر البيانات: Martin Aubé (Cégep de Sherbrooke)
الرسم التوضيحي: إليان أبريل دياز روساس / مكتب IAUللتواصل الفلكي

تُلخص هذه الرسوم التوضيحية فعالية طرق تقليل التلوث الضوئي. الطريقة الأكثر فاعلية هي ببساطة ترشيد استخدام الاضاءة اي اطفاء أو تقليل كمية الإضاءة. يؤدي تغيير الضوء الأبيض إلى الأصفر الى نتائج ايجابية أيضاً. كما يمكننا زراعة المزيد من الأشجار لتقليل الانعكاسات الثانوية. كذلك من المفيد استخدام تركيبات الإضاءة المحمية بالكامل لمنع الضوء من السطوع نحو الأعلى. تلعب الانعكاسات الثانوية دوراً أكثر أهمية في المناطق الريفية منها في المدن. بالتالي . فإن الحلول التي وصفناها أعلاه لها تأثير أكبر في المناطق الريفية.

كيف يمكنك الشراكة مع البرامج الدولية لدعم جهود منع التلوث الضوئي؟

يمكن أن تساعدك البرامج والموارد التعليمية التالية من المنظمات الدولية في تعزيز ونشر التوعية ضد التلوث الضوئي في المدارس والمجتمعات.

Globe at Night

الكرة الأرضية ليلاً: هي حملة مشتركة للمواطنين والعلماء لرفع مستوى الوعي العام بتأثير التلوث الضوئي من خلال دعوة المواطنين والعلماء لقياس وإرسال ارصادهم لسطوع السماء ليلاً. الموقع الالكتروني:

www.globeatnight.org

Quality Lighting Teaching Kit

تم تطوير العدة للسنة الدولية للضوء. تقدم العدة ستة أنشطة "ستة مشاكل" تستخدم إضاءة عالية الجودة لحل المشاكل المتعلقة بتأثير التلوث الضوئي على 1.الحياة البرية 2.سماء الليل 3.أعيننا 4.استهلاك الطاقة 5.السلامة 6.التعدي الضوئي للمباني.

www.noao.edu/education/qltkit.php

Dark Skies Rangers

حراس السماء المظلمة : يقوم هذا البرنامج بتثقيف الطلاب حول الية تحديد الإضاءة غير الفعالة ويوفر البدائل والأدوات التي تقلل الاستهلاك . وطريقة الحفاظ على تكاليف طاقة معقولة. بالتالي يساعد المجتمعات على استعادة احدى اهم الموارد الثمينة وحمايتها وهي سماء الليل المظلمة.

www.globeatnight.org/dsr/

International Dark-sky Association Resources

تتمثل مهمة الرابطة الدولية للسماء المظلمة في الحفاظ على البيئة الليلية وحمايتها وتراثنا للسماء المظلمة من خلال الإضاءة الخارجية المحافظة على البيئة.

www.darksky.org/resources/

تحرير
Sze -leung Cheung

مستشار التحرير
Constance Walker

تنسيق
Sze-leung Cheung

مساعدو التحرير
Hannah Harris
Yolande McLean

تاريخ النشر
April 2018

الترجمة والتحرير
علي العذاري
منسق اتحاد الفلك الدولي في العراق
جامعة المثنى
العراق
البريد الالكتروني:
ali.aledhari@mu.edu.iq

Translation and Editing
Ali AL-Edhari
IAU National Outreach Coordinator of Iraq
AL-Muthanna University
IRAQ
Email:
ali.aledhari@mu.edu.iq

المصادر

Aubé, Martin. (2015). Physical behaviour of anthropogenic light propagation into the nocturnal environment. Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences. 370. 10.1098/rstb.2015.0143.

Aubé, Martin. (2016). The LED outdoor lighting revolution: Opportunities, threats and mitigation for urban and rural citizens.

Falchi, Fabio et al. (2016) The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness. Science Advances 10 Jun 2016 : e1600377

Kyba, Christopher et al. (2017). Artificially Lit Surface of Earth at Night Increasing in Radiance and Extent. Science Advances 22 Nov 2017 : e1701528

AMA Adopts Guidance to Reduce Harm from High Intensity Street Lights
American Medical Association Press Releases
https://www.ama-assn.org/ama-adopts-guidance-re- duce-harm-high-intensity-street-lights

هذا العمل مرخص بموجب رخصة المشاع الإبداعي - غير تجاري - ShareAlike 4.0 الرخصة الدولية.

عالم بلا نجوم هو بمثابة عالم بلا زهور.

- سيلفيا توريس بيمبرت ، رئيسة الاتحاد الفلكي الدولي

في الحفل الختامي للسنة الدولية للضوء 2015.

صورة تجمع بين أضواء المدينة ونجوم السماء كما تُرى من محطة الفضاء الدولية. (حقوق الصورة: ناسا)

مكتب اتحاد الفلك الدولي للتواصل الفلكي

www.iau.org/public

بالتعاون مع لجنة الاتحاد الفلكي الدولي C.B7 حماية مواقع المراصد الفلكية الحالية والمحتملة

اليوم العالي للضوء

جامعة المثنى العراق