توظيف مبادئ الاستدامة في إضاءة الفراغات الخارجية.

Application of sustainability principles on outdoor lighting.

الباحثة م/سلمى سيد سيد درويش
باحثة ماجستير

أ.م. د/ داليا وجيه عبد الحليم سعيد
أستاذ بقسم الهندسة المعمارية –جامعة حلوان.

ملخص البحث:

قد تتسبب الإضاءة الصناعية للفراغات الخارجية في التلوث الضوئي والبيئي والتأثير السلبي على صحة، وراحة الإنسان والكائنات الحية في حالة عدم مراعاة كيفية تحقيق الاستدامة، بالإضافة إلى استهلاك كميات كبيرة من الطاقة؛ لذلك يهدف البحث إلى دراسة كيفية تحقيق الاستدامة عند إضاءة الفراغات الخارجية، عن طريق دراسة أساليب واستراتيجيات الإضاءة التي تعمل على تقليل التلوث الضوئي، وتحسين البيئة المرئية للإنسان والكائنات الحية، والاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة، بالإضافة إلى استخدام مصادر الإضاءة الموفرة للطاقة وأساليب التحكم في الإضاءة، مع مراعاة محاولة تقليل الآثار البيئية السيئة الناتجة عن تصنيع بعض أنواع المصابيح أو عند التخلص منها بما لا يؤثر تأثيرًا سلبيًا على الصحة.

الكلمات المفتاحية:

استدامة الإضاءة، التلوث الضوئي، إضاءة الفراغات الخارجية، إعادة التدوير، مصادر الإضاءة الموفرة للطاقة، الطاقة المتجددة، التحكم في الإضاءة.

Abstract:

The artificial lighting of outdoor spaces may cause light and environmental pollution, and a negative impact on the health and comfort of humans and organisms in case of non-observance of the principles of sustainability, in addition to consuming enormous amounts of energy. Therefore, this research aims to study how to achieve sustainable outdoor lighting, by studying lighting methods and strategies that reduce lighting pollution and improve the visual environment for both humans and organisms, and relying on renewable and clean energy sources, in addition to the use of energy-saving lighting sources and lighting control methods, taking into consideration the attempt to reduce the negative environmental impacts resulting from the manufacture of some types of lamps or when disposing of them in a manner that does not negatively affect health.

key words:

Lighting sustainability, light pollution, outdoor lighting, recycling, energy efficient light sources, renewable energy, lighting control.

المقدمة:

"القاعدة الأولى للاستدامة هي المواءمة مع قوى الطبيعة، أو على الأقل محاولة عدم تحديها" (بول هوكن[١]) . تعتبر المشاكل البيئية، وأزمة الطاقة من أهم العقبات التي تواجه العالم، وخاصة الدول التي تسعى الى التقدم مثل مصر. تهدف مبادئ الاستدامة بشكل عام إلى الحفاظ على الموارد الطبيعية والاستخدام المسؤول لها دون الإفراط بها أو التفريط، لذلك كان من الهام دراسة ووضع مبادئ لاستدامة إضاءة الفراغات الخارجية لكونها قد تمثل مشكلة بيئية أو تتسبب في مشكلة طاقة في حالة عدم مراعاة تلك المبادئ.

إشكالية البحث:

تعتبر أزمتي الطاقة والتلوث من أهم العقبات التي تواجه العالم، وخاصة الدول التي تسعى الى التقدم مثل مصر. الاضاءة الصناعية من أهم العوامل التي تستهلك كميات كبيرة من الطاقة، بالإضافة إلى امكانية تسبب الإضاءة الصناعية للفراغات الخارجية للعديد من الآثار البيئية السيئة، ونظرا لاحتياج المشروعات المختلفة الى الاضاءة الصناعية لاستكمال الوظيفة وتحقيق الأمن والأمان للموقع؛ فيتطرق البحث إلى هذه الإشكالية بهدف عمل دراسات للوصول إلى أساليب وتقنيات محددة تعمل على تقليل الآثار البيئية السيئة لإضاءة الفراغات الخارجية وتوفير الطاقة عن طريق محاولة توظيف مبادئ الاستدامة في إضاءة الفراغات الخارجية، واستخدام التقنيات الحديثة للإضاءة.

هدف الورقة البحثية:

جمع ومناقشة أساليب وتقنيات الاضاءة الموفرة للطاقة والمحققة لاستدامة الإضاءة في الفراغات الخارجية.

فرضية الورقة البحثية:

تعتمد الورقة البحثية على فرضية القدرة على توظيف مبادئ الاستدامة في إضاءة الفراغات الخارجية عن طريق دراسة أساليب واستراتيجيات الإضاءة التي تعمل على الحفاظ على البيئة، وتحسين البيئة المرئية، مع الاعتماد على التقنيات الحديثة الموفرة للطاقة ومصادر الطاقة المتجددة والنظيفة.

منهجية الورقة البحثية:

تعتمد المنهجية على الدراسة التحليلية الاستنباطية للتوصل إلى أسس محددة؛ تهدف إلى تحقيق إضاءة مستدامة للفراغات الخارجية من خلال دراسة ما يلي:

[١] عالم بيئي أمريكي ورجل أعمال ومؤلف وناشط.

١- كيفية تحسين البيئة المرئية والتخلص من التلوث الضوئي.
٢- التقنيات الحديثة الموفرة للطاقة.
٣- كيفية الاستفادة من الطاقات النظيفة والمتجددة.
٤- أساليب التحكم في الإضاءة.

١ التلوث الضوئي:

ينتج التلوث الضوئي من الاستخدام المبالغ وغير المرغوب فيه للإضاءة الصناعية، ويعتبر نوع من أنواع الطاقة المهدرة، والتي يمكن أن تسبب العديد من التأثيرات البيئية الضارة والتي تؤثر بالسلب على الإنسان والحيوان والطيور والنباتات، ويكون نتيجة للإضاءة الموجهة إلى أعلى نحو السماء، والتي تنبعث من المصابيح سيئة التصميم وغير المدروسة، أو من المصابيح غير المحمية (un shielded). يوجد عدة أشكال مختلفة للضوء الاصطناعي في الليل مزعجة وهم كالآتي [١]:

- **الوهج (Glare)**: تؤدي الإضاءة المبالغ فيها ليلًا إلى حدوث حالة من التباين، وعدم وضوح الرؤية، مما يسبب الإزعاج للأشخاص وخاصة كبار السن، وقد تؤدي إلى مشاكل كبيرة للعين.
- **الإضاءة المفرطة (Over illumination)**: ينتج عن الإفراط في الإضاءة استهلاك كمية أكبر من الطاقة نتيجة لعدم استخدام المؤقتات أو تقنيات التحكم في الإضاءة لإطفاء الإضاءة عند عدم الحاجة إليها، بالإضافة إلى التصميم والتوزيع السيئ للإضاءة، وعدم توجيهها بشكل صحيح، واستخدام وحدات إضاءة تستهلك كمية كبيرة من الطاقة.
- **وصول الضوء لمناطق غير مستهدفة بتلك الإضاءة:** وهي أن تصل الإضاءة الصناعية إلى مناطق غير مستهدفة، كأن تتسلل داخل المنازل، مما قد يسبب الكثير من المشاكل الصحية والأرق للإنسان.
- **الفوضى الضوئية (light clutter)**: هي تجمع الأضواء في مكان واحد بشكل مبالغ فيه مما قد يسبب في حدوث ارتباك بين الأشخاص وصرف انتباههم وقد يسبب الحوادث (شكل١).
- **وهج السماء (Sky glow)**: هي ظاهرة تحدث لمنطقة واسعة في السماء بحيث تظهر مضاءة ليلاً بفعل الاستخدام الخاطئ للإضاءة الصناعية حيث يتجمع الضوء حتى يصبح هالة متوهجة ضخمة يمكن رؤيتها على بعد أميال أو كيلومترات ومن ارتفاعات عالية في السماء مما يؤثر على الرؤية الواضحة للسماء والنجوم ليلًا (شكل ٢).

شكل ١ الفوضى الضوئية في مدينة لاس فيغاس الأمريكية

شكل ٢ ظاهرة وهج السماء في مدينة نيويورك

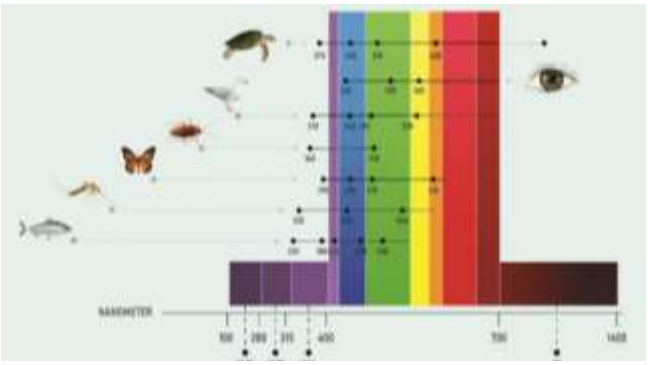
منظر السماء ليًلا في منطقة ريفية

منظر السماء في منطقة حضرية

شكل ٣ الفرق بين منظر السماء ليًلا في منطقة ريفية ومنظر السماء في منطقة حضرية

١-١ <u>أنواع وألوان الإضاءة وتأثيرها على راحة الحياة البرية:</u>

يعد فهم حساسية الانسان، والحيوانات، والطيور، والأسماك، والحشرات لأطوال موجات الضوء المختلفة أمرًا بالغ الأهمية لتقييم التأثيرات المحتملة للضوء الاصطناعي، فكل نوع يرى الضوء بشكل مختلف. الضوء الذي يحمل أطوال موجية زرقاء له تأثيرات سلبية عديدة على صحة الإنسان، إلى جانب أن معظم الحيوانات حساسة للأشعة فوق البنفسجية، والبنفسجية، والضوء الأزرق (شكل٤).



شكل ٤ القدرة على إدراك الأطوال الموجية المختلفة للضوء للبشر والحياة البرية.

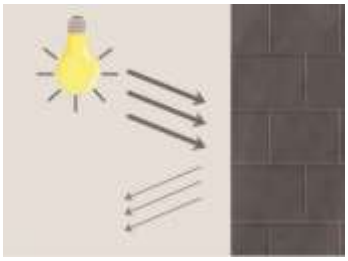
يراعى الربط بين كفاءة الطاقة وحساسية البيئة، وذلك لأنه على الرغم من أن مصابيح ال LED هي جزء من الحل الأمثل لتوفير الطاقة وهي نقطة هامة جدا لتحقيق الاستدامة لإضاءة الفراغات الخارجية. ولكن مصابيح LED البيضاء تحتوي بشكل عام على اللون الأزرق (أطوال موجية زرقاء) وبالرغم من تأثيرها الإيجابي على النباتات، ومساعدتها له على النمو، إلا أن لها تأثير سلبي على صحة الإنسان، ومعظم الحياة البرية (شكل٤)؛ ولذلك يقوم العديد من مصنعي الإضاءة بمحاولات لتجنب تلك الآثار السيئة عن طريق ضبط ألوان الإضاءة كتحويل اللون الأزرق للون الكهرماني خلال المساء [٢] [٣، ص ٥].

١-٢ <u>كيفية الحد من التلوث الضوئي:</u>

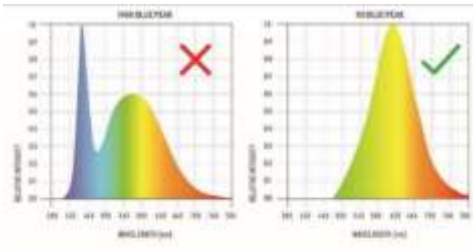
للحد من التلوث الضوئي يراعى اتباع ما يلي [٤، ص ٩-١٠]:

- غلق الإضاءة عند عدم الحاجة إليها.
- يفضل استخدام أساليب التحكم في مستوى وشدة الإضاءة واللجوء إلى المستشعرات للحد من التلوث الضوئي.
- حماية وتغطية مصادر الإضاءة (shielded) للحد من الوهج الضوئي.
- التقليل من استخدام الإضاءة الموجهة إلى أعلى؛ فيفضل التوجه إلى الإضاءة الموجهة إلى أسفل وأن تكون مركزة على العنصر المراد إضاءته.

- استخدام عاكسات الإضاءة حينما يكون هناك إمكانية للاستغناء عن الإضاءة المباشرة.
- استخدام أسطح غير عاكسة على قدر المستطاع (داكنة اللون) (شكل ٥).
- استخدام إضاءة لا تحتوي أو تحتوي بنسبة قليلة جدا على الأطوال الموجية الزرقاء أو البنفسجية أو الفوق بنفسجية في الفراغات الخارجية التي تضم حياة برية (شكل ٦).



شكل ٥ استخدام أسطح غير عاكسة (داكنة اللون).



شكل ٦ استخدام إضاءة لا تحتوي أو تحتوي على نسبة قليلة جدا من الأطوال الموجية الزرقاء أو البنفسجية أو فوق البنفسجية.

٢ مبادئ الاستدامة خلال دورة حياة عناصر الإضاءة:

تشمل مبادئ الاستدامة خلال الثلاث مراحل الأساسية لدورة حياة عناصر الإضاءة: الانتاج، والاستخدام، ونهاية العمر الافتراضي ما يلي [٤] [٥ ص ٦٧]:

- **الإنتاج:** في تلك المرحلة يتم دراسة المواد الخام وتقنيات الإنتاج المستخدمة في التصنيع، ويتم دراسة المواد الخطرة التي تدخل في التصنيع، كدراسة مستوى الزئبق الذي يدخل في تصنيع بعض المصابيح على سبيل المثال ومحاولة الاستغناء أو التقليل من العناصر التي قد تضر بالبيئة خلال التصنيع.
- **الاستخدام:** تشمل هذه المرحلة دراسة التأثير البيئي للمصابيح أثناء فترة الاستخدام والانبعاثات المتعلقة بمحطة توليد الطاقة، وتشمل أيضا جوانب الصحة والسلامة للإضاءة مثل الخطوات الواجب اتخاذها في حالة حدوث كسر بالمصباح، وتعتبر تلك المرحلة هي المهيمنة حيث تتجه أغلب البحوث إلى تحسين كفاءة استخدام الطاقة لمنتجات الإضاءة عن طريق التخلص التدريجي من الإضاءة غير الفعالة التي تستهلك كميات كبيرة من الطاقة، وتقليل التأثير السلبي على البيئة عن طريق تقليل أو التخلص من المصابيح التي تحتوي على زئبق.
- **نهاية العمر الافتراضي:** في تلك المرحلة تتم إدارة منتجات الإضاءة ودراسة كيفية التخلص منها بطرق بيئية سليمة وإعادة التدوير، ويراعى أن تتبع عملية إعادة التدوير الاتفاقيات الدولية كاتفاقية "Basel" بشأن التحكم في نقل النفايات الخطرة عبر الحدود واتفاقية "Minimata" بشأن الزئبق.

٢-١ أساليب التعامل مع مخلفات الإضاءة:

يراعى أن تتم عمليات جمع، وتخزين، ونقل، والتخلص من المواد ونفايات الإضاءة بطريقة علمية وسليمة بيئيا صحيحة وإلا سوف ينتج عنها انبعاثات بإمكانها التأثير على المياه والهواء والتربة. على الرغم من أن إعادة تدوير المصابيح تتم بطرق وأساليب مختلفة طبقا لنوع المصابيح، إلان أن الأساسيات تكون متشابهة إلى حد كبير فيتم إدخال نفايات المصابيح داخل مصانع إعادة التدوير تحت ضغط هواء سلبي.

باستخدام عملية ميكانيكية يتم تكسير المصابيح. ثم تمر المواد المكسورة عبر مجموعة من المراحل لفصلها عن بعض ووضعها في حاويات؛ ليتم استخدامها وتصنيعها حسب الحاجة (شكل ٧). يراعى إعادة استخدام حوالي ٨٠% من المواد بعد إعادة تدوير المصابيح طبقا للوائح WEEE (إعادة تدوير النفايات الكهربائية). ويتم إعادة تدوير المصابيح بناءً على مكوناتها ونوعها [٦ ص ٢].

شكل ٧ عملية تدوير المصابيح.

٣ **<u>استخدام الأساليب الحديثة لإضاءة للفراغات الخارجية:</u>**

إن استخدام الأساليب الحديثة في الإضاءة وإجراء التحسينات التي تهدف بشكل أساسي لتوفير الطاقة بالإضافة إلى توفير تقنيات أكثر تقدمًا للمستخدمين تمكنهم من التحكم في الإضاءة يؤديان إلى خفض استهلاك الطاقة وتكاليف الصيانة دون التقليل في مستويات الإضاءة أو الجودة. هناك نوعين عامين من الأساليب المستخدمة لتوفير الطاقة المستهلكة لفراغ مضاء بالفعل وهما [٧، ص ٦]:

- **تحديث يتم إجراءه على التركيبات:** وهذا الخيار هو الأقل في التكاليف كاستبدال مصباح أو وحدة تحكم (control gear) وبالرغم من هذا فإن هذا الإجراء يكون الأقل في التكلفة المبدئية فقط ولكن في حال كانت التركيبات ونظام الإضاءة للفراغ قديم جدًا فهذا ليس الحل الأمثل.
- **استبدال التركيبات بشكل كامل:** هذا النظام يهدف لتوفير الطاقة ويتم فيه تحديد النظام واختيار المصابيح والتركيبات بطريقة مدروسة وتحديث نظام الإضاءة بشكل كامل وهذا الخيار هو الأكثر فاعلية مستقبلًا. على سبيل المثال: قامت مدينة سان خوسيه(كاليفورنيا) باستبدال مصابيح الشوارع الصوديوم منخفضة الضغط بمصابيح الصمام الثنائي الباعث للضوء (LED) (شكل ٨) واستطاعت توفير الطاقة المستهلكة في الإضاءة بنسبة ٦٠%.

استخدام مصابيح الصوديوم استخدام مصابيح ال LED

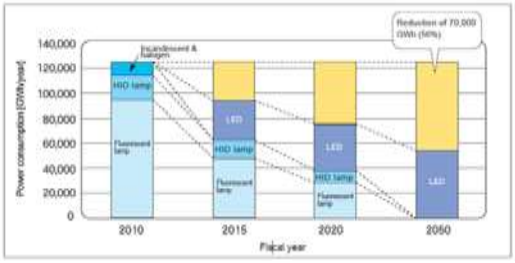
شكل ٨ استبدال اضاءة مصابيح الصوديوم في مدينة سان خوسيه بكاليفورنيا بإضاءة مصابيح LED

٣-١ **<u>مصادر الإضاءة التي تساعد على توفير الطاقة:</u>**

إن مصادر الإضاءة في تطور مستمر ومن أهم مصادر الإضاءة التي تساعد على توفير الطاقة:

- **مصابيح الصمام الثنائي الباعث للضوء** (LEDs): هي تكنولوجيا أحدثت ضجة كبيرة وأصبحت سائدة ومنتشرة بشكل كبير؛ وذلك لأنها تقدم حلولًا للإضاءة بشكل عالي الجودة، وأكثر توفيرًا للطاقة وأقل صيانة ومتوفر منها العديد من الألوان وتتميز بالعمر الطويل، ويمكن التحكم في شدة إضاءتها بسهولة، هذا بالإضافة

لعدم احتوائها على الزئبق السام. إن تلك التكنولوجيا تطور بشكل كبير (شكل ٩)، ويمكنها أن تغطي جميع الاستخدامات في المستقبل القريب [٨، ص ٤–٥]



شكل ٩ تقليل كمية الطاقة المستهلكة في الإضاءة عن طريق استخدام مصابيح ال LED.

- **الإضاءة بانبعاثات بالبلازما (LEP)**: هي شكل من أشكل إضاءة الفلورسنت، وقد كان "نيكولا تسلا" هو أول من اكتشف الإضاءة اللاسلكية، والتي تعتبر أساسا لإضاءة البلازما، التي ينتج عنها ضوء قريب جدا من الإضاءة الطبيعية للشمس، وذلك بأقل استهلاك ممكن للكهرباء والطاقة، وتتميز بعدم احتوائها على زئبق وسهولة إعادة تدويرها، ولا تتأثر بتغير الطقس أو تغير درجات الحرارة، وتمتاز بالعمر الطويل. تستخدم تكنولوجيا الإضاءة بالبلازما في الإضاءة الخارجية (شكل ١٠)، ويمكنها تغطية مساحات واسعة بأقل عدد من مصادر الإضاءة مما يوفر في التكلفة وكذلك التوفير في استخدام الطاقة مع الحفاظ على جودة ووضوح الإضاءة مما يعطي راحة للعين [٩] [١٠].

شكل ١٠ استخدام مصابيح البلازما في إضاءة الفراغات الخارجية.

- **الفرق بين مصابيح ال LED وال LEP ومصابيح ال HID**: توضح المقارنة التالية جدول (١) الاختلافات الأساسية بين مصابيح ال HID ومصابيح ال LED ومصابيح البلازما [١٠]:

نوع المصباح وجه المقارنة	مصابيح HID	مصابيح ال LED	مصابيح البلازما
متوسط العمر الافتراضي بالساعات	15000	50000	50000
امكانية التحكم في شدة الإضاءة	يوجد ولكنه يؤثر على العمر الافتراضي للمصباح.	نعم	نعم
كفاءة الإضاءة (لومن/وات)	75–125	90	130
تكلفة استهلاك الكهرباء	الأعلى في الاستهلاك	أقل بنسبة ٥٠% من الهالوجين	أقل بنسبة ٥٥% من الهالوجين
الإظهار اللوني	من ٧٠% الي ٩٠ %	من ٧٠% الي٨٠%	من ٩٠% الي ١٠٠%

جدول (١) الاختلافات الأساسية بين مصابيح ال HID ومصابيح ال LEDومصابيح البلازما

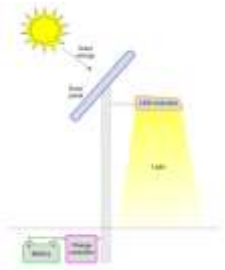
٢–٣ أنظمة الإضاءة التي تعمل بالطاقة المتجددة:

في ظل التطور والتقدم الصناعي والتكنولوجي، تم ابتكار وسائل حديثة لإنتاج الطاقة والضوء تعتمد اعتمادا كليا على مصادر الطاقة المتجددة؛ وذلك لتوفير طاقة نظيفة بعيدا عن مصادر الطاقة غير المتجددة التي شارفت

على الانتهاء والمنتجة لغاز ثاني أكسيد الكربون والضارة بالبيئة. إن أسعار إنتاج الطاقة المتجددة مرتفعة نسبيًا، لذلك تكون متكاملة مع منتجات الإضاءة LED الموفرة للطاقة. وتعد حل مثالي أيضًا عند عدم توفر شبكة الكهرباء في الموقع الذي يحتاج إلى الضوء، فيمكن حينها استخدامها كبديل سريع [١١، ص ٧٢] ومن أمثلتها ما يلي:

- **أنظمة إضاءة تعمل بالطاقة الشمسية Solar lighting:** والتي يمكن استخدامها لإضاءة الفراغ الخارجي إما بتغذية تركيبات الإضاءة بالكهرباء عن طريق مزرعة طاقة شمسية قريبة (شكل ١١)، أو عن طريق استخدام تركيبات إضاءة متصلة بألواح شمسية كجزء منها (شكل ١٢)، لذلك فإن هذا النظام يعمل باستقلالية تامة عن شبكة الكهرباء وبالتالي مثالي للتطبيق على الطرق في المناطق البعيدة عن العمران ، ويعتبر التنظيف هو الصيانة الوحيدة تقريبًا التي ستتم لفترة طويلة بعد التثبيت خاصة بعد توفير بطاريات بعمر افتراضي طويل . [١٢]

شكل ١١ مزرعة خلايا شمسية [١٣].



شكل ١٢ ألواح شمسية متصلة بتركيبات إضاءة [١٤].

- **أنظمة الإضاءة تعمل بطاقة الرياح Wind hybrid lighting:** يمكن استخدامها لإضاءة الفراغ الخارجي إما بتغذية تركيبات الإضاءة بالكهرباء عن طريق مزرعة رياح قريبة (شكل ١٥)، أو عن طريق استخدام تركيبات إضاءة متصلة بتوربينات رياح كجزء منها (شكل ١٦). ويعتبر ذلك النظام أفضل بكثير للمناطق ذات مستوى أقل من الإشعاع الشمسي، أو موسم الأمطار الطويل أو الشتاء الطويل، وتتميز بعمر أطول للبطارية، وقد يكون التنظيف هو الصيانة الوحيدة التي ستجريها لفترة طويلة بعد التثبيت. غالبا ما تستخدم الطاقة الشمسية بجانب طاقة الرياح لضمان استمرار تخزين الطاقة عن طريق إضافة خلايا شمسية وتوربينات معا للأعمدة (شكل ١٧) [١٢] [١٧].

شكل ١٣ مزرعة رياح الزعفرانة [١٥].

شكل ١٤ أعمدة إنارة متصلة بتوربينات رياح.

شكل 1615 تركيبات إضاءة تعمل بالطاقة الشمسية بجانب طاقة الرياح

- **أنظمة إضاءة مستحدثة:** في الفترة الأخيرة تم استحداث أنظمة إضاءة جديدة تقوم باستخدام أشكال مختلفة من الطاقة المتجددة ، وهي ليست منتشرة بالقدر الكاف وتعتبر في طور التجربة والتطوير كأنظمة الإضاءة التي تعمل بطاقة المد والجزر (Flowlight)، والتي تستخدم في مواقع محددة تكون بجانب مجرى مائي حيث يثبت

الجزء السفلي من أعمدة الإضاءة (الذراع) الذي يحتوي على توربينات أسفل الماء لتوليد الطاقة من حركة الأمواج (شكل ١٦)؛فكل ذراع يطفو ويتحرك لأعلى ولأسفل بناءً على وضع المد على مدار اليوم لتخزين الطاقة اللازمة للحفاظ على وحدات الإضاءة (LED strips)، والتي تكون مضاءة بشكل مستمر ليلًا (شكل ١٧) ، وأنظمة الإضاءة التي تعمل بطاقة الحركة، والتي تعمل عن طريق تحويل طاقة الحركة لطاقة كهربائية والتي تستخدم في الأماكن المزدحمة ، ويمكن استخدامها بشكل مباشر في الإنارة (شكل ٢٠) ، أو عن طريق تركيب بلاطات تقوم بتحويل الطاقة وتخزينها كبلاطات الKinetic tiles أو الpavegens (شكل ٢١) المستخدمة في مسار المشاة الخارجي الذي يربط بين مركز التسوق وملعب لندن الرئيسي (شكل ٢٢)، و يمكن استخدام طاقة الحركة بجانب استخدام الطاقة الشمسية لإضاءة أعمدة الإنارة الخارجية (شكل ٢٣) [١٧] [١٨] [١٩] [٢٠] [٢١].

شكل ١٦ أعمدة إنارة تعمل بطاقة المد والجذر

١٧ تحريك ذراع التوربينات لأعلى ولأسفل بناءً على وضع المد والجذر

شكل ١٨ استخدام طاقة الحركة في الإضاءة.

شكل ١٩ بلاطات ال Pavegens

شكل ٢٠ تركيب بلاطات ال Pavegens في لندن.

شكل ٢١ اضاءة ساحة لاس فيغاس باستخدام طاقة الحركة والطاقة

٣-٣ التحكم في الاضاءة Control lighting:

يعتبر التحكم في الإضاءة من أهم التقنيات التي تساهم في توفير الطاقة حيث تحد من كمية الضوء المهدرة، أو غير المستغلة، وتقليل الإضاءة أو إغلاقه عند عدم الحاجة إليه، فيعمل بشكل كبير على زيادة العمر الافتراضي للمصابيح وأهمهم الصمام الثنائي الباعث للضوء (LED)، مما يزيد من قيمته. يراعى اختيار مستشعرات تلائم الفراغ وتتحكم في مستوى الإضاءة بكفاءة. فيمكن للمسؤول على سبيل المثال ضبط المؤقت مسبقًا على بقاء الأضواء في حدود ١-٢٠ دقيقة تقريبًا عند اقتراب شخص ما، وغلقها أو خفض شدتها بعد تلك المدة طبقًا للفراغ والاستخدام، وهذه الوظيفة لا تعمل إلا أثناء ساعات الليل التي تتطلب الضوء، حيث يتم غلق تنشيطها مع غلق الإضاءة خلال النهار بواسطة مستشعر الضوء (photocell)، أو عن طريق استخدام المؤقت وضبطه بحيث يتم تفعيل الإضاءة خلال ساعات الليل فقط [٢٢، ص ٢-١٢] [٢٣، ص ١٦٠-١٦٧]

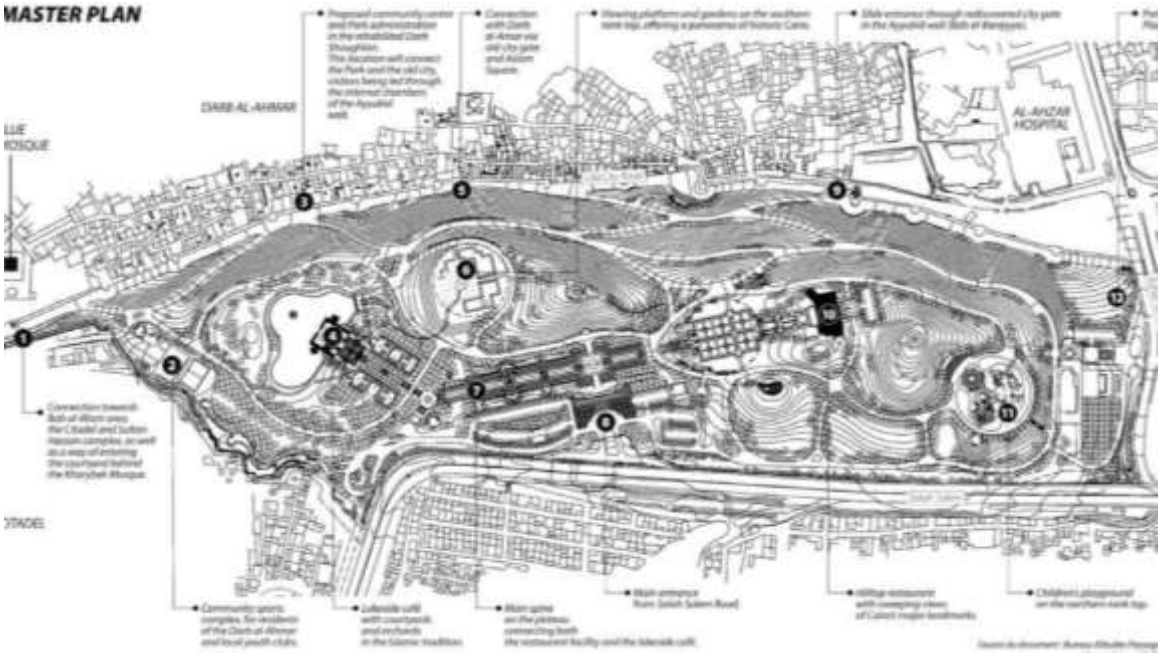
٤ المثال التحليلي التطبيقي: مشروع حديقة الأزهر بارك:

تم إنشاء حديقة الأزهر بارك على تلة عالية في قلب القاهرة التاريخية القديمة بمصر على مساحة ٧٤ فدان (شكل٢٤)؛ حيث يمكنك رؤية قلعة صلاح الدين الأيوبي من أي جانب في الحديقة. كانت هذه المنطقة مكب

للنفايات، وتم افتتاحها عن طريق صندوق الأغا خان عام ٢٠٠٥. تم تصميم الحديقة عن طريق مكتب د/ماهر ستينو " Sites international". تشمل الحديقة العديد من الأنشطة كمنطقة لعب للأطفال والمدرج والمسرح والملاعب وساحة عرض والممشى التاريخي، إلى جانب أكشاك المراقبة [٢٤] [٢٥].

شكل ٢٢ حديقة الأزهر بارك.

Camera: C. Gary Otte, Aga Khan Trust for Culture.



شكل ٢٣ المخطط العام للحديقة

٤-١ تصميم الإضاءة:

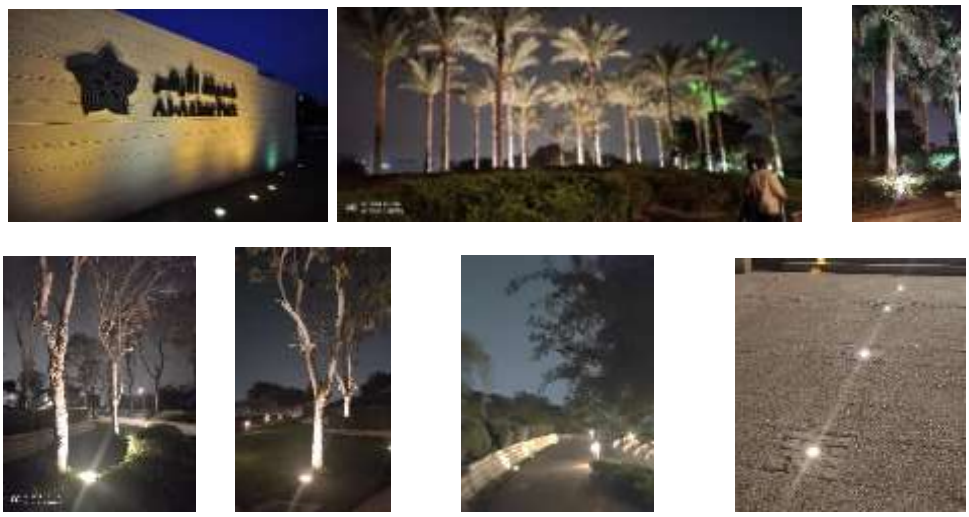
تمت إضاءة الحديقة بطريقة مدروسة بحيث تتكامل مع الفكرة التصميمية للحديقة المستوحاة من نسق الحدائق الإسلامية القديمة، وتم أحدث استخدام تقنيات ومصادر الإضاءة حينها. يتم تحقيق جانب السلامة من خلال إنارة جميع المناطق الرئيسية بالحديقة. في الوقت الحالي تم إجراء الكثير من التحديثات على تركيبات الإضاءة لتوفير الطاقة [٢٦].

٤-٢ إضاءة عناصر تنسيق الموقع:

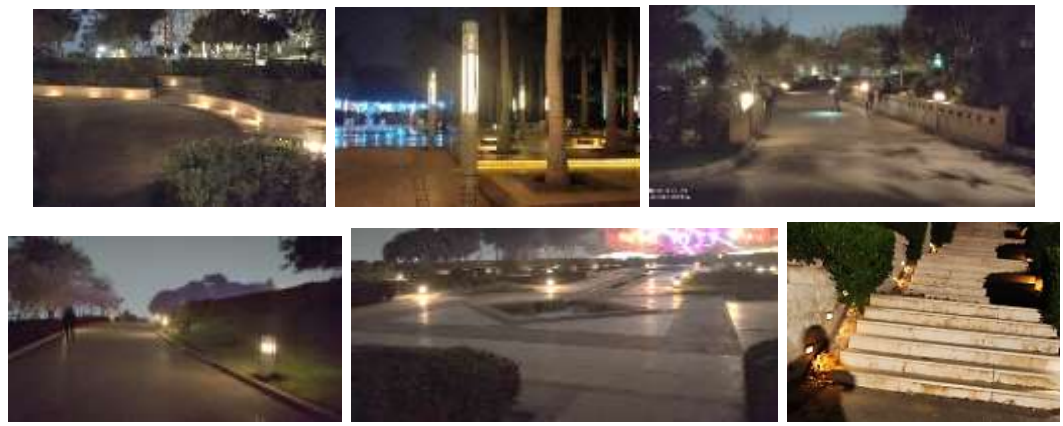
تم رصد أغلب إضاءات عناصر تنسيق الموقع بالحديقة ودراسة مدى تحقيقها لمبادئ الاستدامة عن طريق زيارة ميدانية لها، وتصوير إضاءات العناصر وسؤال الإدارة الهندسية بالحديقة، وتم التوصل للآتي:

- يتم استخدام نظام تحكم في الإضاءة؛ يعمل على تحديد وقت تشغيل الإضاءة لتعمل بشكل أوتوماتيكي ليلًا، وتغيير شدتها، ففي الساعات الأولي بعد المغرب تكون بكامل شدتها وتبدأ بالانخفاض مع الساعات المتأخرة ويقوم أيضًا النظام بكشف أي أعطال.
- إجراء تحديثات على أغلب تركيبات الإضاءة عن طريق تغيير مصادر الإضاءة كمصابيح الهاليد المعدنية التي تم اختيارها للشعور بالأمان داخل الحديقة لتصبح مصابيح LED، وقد أدت هذه التحديثات لتقليل الاستهلاك إلى نسبة ٦٠% من الاستهلاك، ومازالت التحديثات مستمرة.
- تم التركيز على إضاءة مسارات الحركة والعناصر التي تقع بجوارها وأماكن تجمع الزائرين وهذا يؤدي إلى الحفاظ على سلامة المستخدمين، والحد من التلوث الضوئي، والحفاظ على الطاقة.
- لم يتم استخدام مصابيح محمية (shielded) بالقدر الكاف مما يسبب الوهج الضوئي، وظاهرة وهج السماء.
- أغلب إضاءات عناصر الحديقة ذات ألوان دافئة (٢٧٠٠–٣٠٠٠ كلفن)، وشدة إضاءة متوسطة مما يوفر الراحة البصرية وراحة الكائنات الحية.
- استخدام الإضاءة الموجهة إلى أعلى بكثرة (شكل ٢٦) مما يزيد من التلوث الضوئي وعدم راحة الكائنات الحية.
- استخدام الإضاءة الجانبية لعدة عناصر وهي مقبولة للحد من التلوث الضوئي (شكل ٢٧).
- استخدام الإضاءة الموجهة إلى أسفل وهي الحل الأمثل للحد من التلوث الضوئي، ولكن ليس بشكل كبير (شكل ٢٨).
- تم تغيير، وإلغاء إضاءة بعض العناصر المائية (شكل ٢٩) كتغيير إضاءة الشلال (شكل أ) والاستغناء عن الإضاءة الداخلية الموجهة لأعلى للنوافير (شكل ب)، (شكل د) والاكتفاء بالإضاءة المحيطة (شكل ج)، (شكل هـ)، وبالرغم من إلغاء الإضاءة الموجهة إلى أعلى يعمل على الحد من التلوث الضوئي ولكن ترك تلك العناصر بدون إضاءة ليس الأفضل من الناحية الجمالية. لم تتم إضاءة العناصر الطبيعية المتمثلة في البحيرة من الداخل (شكل و) والاكتفاء بالإضاءة المحيطة، وهذا يؤدي إلى الحفاظ على راحة الأسماك التي تعيش بداخل البحيرة.
- الاستمرار في استخدام لمبات الفلورسنت ذات الإضاءة البيضاء التي تحتوي على الزئبق الضار بالبيئة، والتي تحتوي على الضوء الأزرق الذي يؤثر على صحة والراحة البصرية للإنسان والكائنات الحية لإضاءة تركيبات الإضاءة (Bollard) المستخدمة في إضاءة المسار الرئيسي (Main spine)، ولإضاءة مقاعد الحديقة (شكل ٣٠).
- وجود بعض المسارات المضاءة بشدة إضاءة غير مناسبة أو كافية للحفاظ على سلامة لمستخدمين (شكل ٣١).

- وجود بعض الاختلاف في ألوان الإضاءة لبعض العناصر بالرغم من اختيار نفس درجة لون مصابيح ال LED نتيجة استخدام موردين مختلفين أو نوعين مختلفين من المصابيح (شكل ٣٢).
- لم يتم استخدام الطاقة المتجددة كمصدر للطاقة المستخدمة في الإضاءة.
- لا يوجد أي محاولات لإعادة تدوير المصابيح التالفة.



شكل ٢٤ استخدام الإضاءة الموجهة إلى أعلى.



شكل ٢٥ استخدام الإضاءة الجانبية.

شكل ٢٦ استخدام الإضاءة الموجهة إلى أسفل.

أ ب [٢٧] ج

د [٢٧] هـ و

شكل ٢٧ إضاءة العناصر المائية بالحديقة

شكل ٢٨ استخدام لمبات الفلورسنت

شكل ٢٩ إضاءة المسار بإضاءة شدتها غير كافية.

شكل ٣٠ اختلاف في درجة لون الإضاءة.

٣-٤ مناقشة الدراسة التحليلية:

من خلال الدراسة التحليلية والزيارة الميدانية تم التوصل إلى أن حديقة الأزهر تسعى إلى خفض استهلاك الطاقة عن طريق تغيير المصابيح القديمة إلى مصابيح LED، إلى جانب استخدام نظام التحكم الذي يقوم بتحديد أوقات تشغيل الإضاءة وشدتها على مدار اليوم مما أدى إلى خفض استهلاك الطاقة إلى ٦٠% إلى جانب مساعدة الكائنات الحية للقيام بوظائفها الحيوية .يتم استخدام شدة إضاءة متوسطة نسبيًا لإضاءة فراغات الحديقة فيما عدا منطقة ألعاب الأطفال وهذا مناسب للحفاظ على سلامتهم، و هناك بعض مسارات الحركة شدة إضاءتها ضعيفة وغير مناسبة للغرض الوظيفي. تم استخدام مصابيح غير محمية (un shielded)، والإضاءة الموجهة إلى أعلى

بكثرة إلى جانب استخدام بعض المصابيح التي تحتوي على إضاءة زرقاء أو زئبق مما يؤدي إلى زيادة شدة التلوث البيئي، والضوئي، والتأثير السلبي على الكائنات الحية. عدم مراعاة تجربة ألوان الإضاءة قبل الاستخدام لبعض العناصر؛ أدى إلى ظهور عدة ألوان إضاءة مختلفة لنفس العنصر. لم يتم استخدام مصادر طاقة متجددة بأي شكل، أو مراعاة إعادة تدوير المصابيح.

- **الخلاصة والنتائج:**

تمثلت إشكالية البحث في تسبب الإضاءة الصناعية للفراغات الخارجية في التلوث الضوئي وبعض الآثار البيئية السيئة إلى جانب استهلاك كميات كبيرة من الطاقة، ولتجنب تلك المشكلات تم العمل من خلال الورقة البحثية على محاولة توظيف مبادئ الاستدامة للوصول إلى إضاءة مستدامة ليس لها أي آثار سيئة على البيئة ولا تسبب التلوث الضوئي وتكون موفرة بأكبر قدر ممكن للطاقة، وتم التوصل إلى التالي:

- الاهتمام بمبادئ الاستدامة أثناء إضاءة الفراغات الخارجية يساعد على تقليل التلوث الضوئي والآثار البيئية السيئة ويحافظ على صحة الإنسان والحيوان، ويعمل على تقليل استهلاك الطاقة.
- بالرغم من أن مصابيح ال LED تساعد على توفير الطاقة بشكل كبير، ولكنها قد تسبب آثار سيئة على صحة الإنسان والكائنات الحية خاصة المصابيح البيضاء التي تحتوي على أطوال موجية زرقاء.
- يمكن أن يكون هناك عدة أنواع من مصابيح ال LED لها نفس درجة حرارة اللون ولكن الإضاءة الصادرة تكون ذات ألوان مختلفة.
- تتم إعادة تدوير المصابيح على حسب نوعها ومكوناتها.

- رغم أن استخدام التبليطات فاتحة اللون يساهم في استخدام شدة إضاءة أقل عند إضاءة الفراغ إلا إنها ليست أفضل حل لقدرتها على عكس الإضاءة والتسبب بالتلوث الضوئي.
- يساهم التحكم في الإضاءة بكل أشكاله في التقليل من استهلاك الطاقة بشكل كبير.

٦ التوصيات:

- محاولة تطبيق أكبر قدر من مبادئ استدامة إضاءة الفراغات الخارجية أثناء عملية تصميم الإضاءة للفراغات الخارجية.
- محاولة الإكثار من استخدام الإضاءة الموجهة لأسفل لتجنب وهج السماء والتلوث الضوئي.
- استخدام إضاءة لا تحتوي أو تحتوي بنسبة قليلة جدا على الأطوال الموجية الزرقاء أو البنفسجية أو الفوق بنفسجية في الفراغات الخارجية التي تضم حياة برية.
- يراعى اختيار المصابيح قبل الاستخدام وخاصة مصابيح ال LED والتأكد من أن لونها وشدتها هما المناسبين.
- استخدام شدة إضاءة منخفضة بقد الإمكان عند إضاءة الفراغات الخارجية؛ لتجنب التلوث الضوئي وللحفاظ على راحة الكائنات الحية.
- اختيار الطاقة المتجددة المناسبة بناءً على طبيعة المنطقة المناخية لتحقيق أكبر استفادة من الطاقة ولعدم هدر المال، مع العلم أنه يمكن استخدام أكثر من نوع للطاقة المتجددة في نفس الوقت.
- الاهتمام بعمليات إعادة تدوير المصابيح التالفة للحفاظ على البيئة والموارد.
- اختيار استراتيجية التحكم في الإضاءة بناءً على طبيعة الفراغ والعنصر المضاء.

٧ توصيات الدراسات والأبحاث المستقبلية:

دراسة كيفية تحقيق مبادئ الاستدامة عند تصميم، وتنفيذ كل عنصر من عناصر تنسيق الموقع.

٨ المراجع:

[1] S. Pathberiya, "9 Ways to Curb Light Pollution", Alternative's journal, 2013.

[2] "Light Pollution Effects on Wildlife and Ecosystems", The International Dark-Sky Association, URL: https://www.darksky.org/light-pollution/wildlife/ , [Accessed 11 March 2021]

[3] T. A. SCHULER, "The Evolution of White Light", LANDSCAPE ARCHITECTURE MAGAZINE. pp. 38-39, July 2015.

[4] "National Light Pollution Guidelines for Wildlife Including Marine Turtles, Seabirds and Migratory Shorebirds", Commonwealth of Australia, 2019.

[5] "Accelerating the Global Adoption of energy efficient lighting", United Nations Environment Programme, 2017.

[6] Recolight Ltd, "How we recycle", 2018. URL: http://www.recolight.co.uk/wp-content/uploads/How-we-recycle_issued-by-Recolight-2018.pdf. [Accessed NOV. 2019].

[7] "Exterior Lighting guide for Federal Agencies", federal energy management program (FEMP), California, 2010.

[8] "Energy Saving Lighting Efficiency Technologies", Environment and Energy Research Unit, Yoshihisa Takei, Japan, 2009.

[9] D. Morgan, "Plasma lighting", article, 2011, URL: https://radiantlights.co.uk/press/content/nov_2011/Mondo%20Arc%20Plasma%201.pdf. [Accessed 11 Nov 2019].

[10] "Light emitting plasma lighting (LEP), solution manual", Amko solara, 2014. URL: https://manualzz.com/doc/11524015/amko-solara-lep. [Accessed 12 NOV 2019].

[11] C. &. G. I. &. T. F. Bouroussis, "Outdoor lighting using renewable energy sources", Researchgate, 2006.

[12] "Renewable Energy How can we keep the lights on? ", Commonwealth, British council, The royal society, 2016.

[13] "Putting photovoltaics to the test", 2019, URL: https://www.csiro.au/en/Research/EF/Areas/Renewable-and-low-emission-tech/Solar-energy/Photovoltaics/Choice-PV-testing, [Accessed 14 NOV 2020].

[14] "Solar lighting Fundamentals", Dazzletek, URL: https://m.europages.com/filestore/gallery/29/eb/15705096_df314550.pdf. [Accessed 07 OCT 2018].

[15] http://www.youm7.com/4138370 [Accessed 20 NOV. 2020].

[16] http://www.allwindturbine.com/products_info/600W-Wind-Solar-Hybrid-Street-Light-230272.html [Accessed 20 NOV. 2020].

[17] S. Mollay, "Renewable Energy Product," 2011. URL: https://www.behance.net/gallery/918372/FLOWLIGHT-Renewable-Energy-Product. [Accessed 15 April 2021].

[18] Donelan, Max & Li, Qingguo & Naing, V & Hoffer, Joaquin & Weber, Douglas & Kuo, A.D.., "Biomechanical energy harvesting: Generating electricity during, walking with minimal user effort", Science magazine, 2008.

[19] C. McFadden, "7 innovative street lighting designs of the future", 07 OCT. 2019, URL: https://interestingengineering.com/7-innovative-street-lighting-designs-of-the-future . [Accessed 25 DEC. 2019].

[20] D. Pham, "Pavegen: Energy Generating Pavement Hits the Streets", INHABIT, 2009.

[21] N. Owano, "Solar power, kinetic energy turn on streetlights in Vegas plaza", Tech Xplore, 2016.

[22] "Exterior Lighting Control Guidance", Pacific northwest national laboratory for the United States department of energy, 2013.

[23] J. Moyer, The Landscape lighting book,3rd edition, Wiley, 2013.

[24] "Al Azhar Park", Site international, URL: https://www.sitesint.com/projects/al-azhar-park/. [Accessed 12 March 2021].

[25] "Al Azhar Park, Cairo and The Revitalisation OF Darb Al Ahmar", Akdn, 2005. URL: https://www.akdn.org/sites/akdn/files/Publications/2007_aktc_egypt.pdf. [Accessed 11 March 2021].

[٢٦] مقابلة مع الإدارة الهندسية لحديقة الأزهر، ٧ ابريل ٢٠٢١.

[27] https://ar.tripadvisor.com/LocationPhotoDirectLink-g294201-d543611-i209269099-Al_Azhar_Park-Cairo_Cairo_Governorate.html . [Accessed 22 March 2021].