تطوير أنظمة الإضاءة من خلال دراسة تأثيرات الأطياف المختلفة للضوء على الإنسان

Developing lighting Systems Through the Study of Different Light Spectrum Effect on Humans

أ.د/ رجب عبد الرحمن عميش
أستاذ- كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، ragabamish@yahoo.com

أ.د/ وسام انسي إبراهيم
أستاذ دكتور، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، wesam_mohamed01@a-arts.helwan.edu.eg

هبة ربيع أمير محمد مسعود
مدرس مساعد بقسم المنتجات، كلية الفنون التطبيقية، جامعة بدر، hebarabie@a-arts.helwan.edu.eg

ملخص البحث: Abstract

يطرح هذا البحث مجموعة من التأثيرات المختلفة للإضاءة على مجموعة من جوانب الحياة الخاصة بالإنسان وهو ما يعرف حليا بمصطلح الإضاءة المتمحورة حول الأنسان ويتطرق الى تأثير كل من الاطياف الموجية المختلفة للضوءالتي تعبر عن درجات لونية مختلفة من الضوء على خلايا الدماغ وليس فقط التأثيرات البصرية والبتالي التأثيرات الحيوية على الجسم البشري والسلوك الانساني ويؤكد على ضرورة الاستفادة من هذه التأثيرات من خلال ادماج الاطياف الموجية المختلفة للضوء في اجهزة الانارة الذكية التي بات التحكم فيها اليوم سهلا من خلال تطبيقات الهواتف النقالة في خطوة تمهيدية لوضع تصور مستقبلي لتصميم انظمة الاضاءة، من خلال النظر في هذه العوامل، فإنه من الضروري الاستفادة من الفوائد المحتملة للإضاءة المتمحورة حول الإنسان لتعزيز الرفاهية العامة وخلق بيئة أكثر تواءمًا للأنشطة البشرية، وبذلك يتم فتح آفاقًا جديدة للتقدم في تقنية الإضاءة وتأثيرها الإيجابي على كل نشاط من نشاطات الحياة اليومية للاشخاص باختلاف متطلباتهم وحاجتهم البدنية والنفسية مما يعزز حياة افضل للأشخاص في المستقبل.

مشكلة البحث: هل لاختلاف الوان الاضاءة اثر على على وظائف جسم الانسان وسلوكه وهل يمكن الاستفادة منها في تطوير تصميم انظمة الاضاءة؟

هدف البحث: الربط بين الدراسات الخاصة بالعلوم الحيوية للضوء وتصميم نظم الاضاءة .

اهمية البحث: دمج الدارسات الحيوية حول تأثيرات الوان الاضاءة المختلفة على الوظائف الحيوية لنظم تصميم الاضاءة الحديثة سيعمل على تطوير انظمة الاضاءة وتحقيق رفاهية الأشخاص بشكل افضل .

"يهدف هذا البحث الى استكشاف مجموعة متنوعة من تأثيرات الإضاءة على جوانب مختلفة من حياة الإنسان، وهو مايعرف بمصطلح الإضاءة المتمحورة حول الإنسان. حيث يتعمق البحث في تأثير الأطياف المختلفة للضوء على خلايا الدماغ، مما يؤثر بالتالي على التأثيرات الحيوية على الجسم البشري والسلوك الانساني . كما يؤكد البحث على أهمية استغلال هذه التأثيرات من خلال دمج الأطياف المختلفة للضوء في أجهزة الإضاءة الذكية، التي يمكن الآن التحكم فيها بسهولة من خلال تطبيقات الهواتف المحمولة والساعات الذكية . تمهد هذه الخطوة لتصور مستقبلي لتصميم أنظمة الإضاءة. من خلال النظر في هذه العوامل، فإنه من الضروري الاستفادة من الفوائد المحتملة للإضاءة المتمحورة حول الإنسان لتعزيز الرفاهية العامة وخلق بيئة أكثر تواءمًا للأنشطة البشرية. وبذلك، يفتح آفاقًا جديدة للمصممين للتقدم في تقنية الإضاءة وتأثيرها الإيجابي على كل من حياة الإنسان ورفاهيته.

كلمات دالة: Keywords

أنظمة الإضاءة lighting systems، تأثيرات الأطياف الضوئية light spectrum effect on humans

Paper received January 14, 2024, Accepted April 1, 2024, Published on line May 1, 2024

المقدمة: Introduction

اعتدنا كثيرا على حساب تأثيرات الضوء المرئية اي حساب جودة الاضاءة ومناسبتها لأماكن العمل والبيئات المحيطة باختلاف انواعها الا أن تصميم الاضاءة اليوم لم يعد يقتصر تأثير الضوء على عمليات الرؤيا فقط حيث أن هناك أدلة متزايدة على أن الضوء واللون يمكن أن يكون لهما تأثير مهم على صحة الانسان ورفاهيته.

وحيث أن الضوء يؤثر على رفاهيتنا وصحتنا أكثر بكثير مما يدركه معظم الناس. حيث يضبط الضوء ساعاتنا الجسدية، وبالتالي تنظيم دورة النوم والاستيقاظ والاستجابات المناعية والشهية والعديد من وظائفنا وسلوكياتنا بجانب ذلك، للضوء تأثيرات حادة على الحالة المزاجية واليقظة والانتباه التي تعمل عبر ساعة الجسم (الساعة البيولوجية) وإيقاعها على مدار (24 ساعة).

يتم تجاهل تأثيرات الضوء إلى حد كبير في ممارسة الاضاءة الحالية، والتي يهيمن عليها النواحي المرئية. وعلى الرغم من أن فهمنا الحالي للتأثيرات غير المرئية للضوء بعيد عن الاكتمال، الا ان الاستمرار في إهمال هذه التأثيرات غير المرئية للضوء في معايير الاضاءة قد يجعلنا نتأخر كثيرا في مواكبة تحديات متطلبات التصميم الجديدة.

من السهل فهم كيف يمكن لإضاءة معينة إجهاد أعيننا أو زيادة درجة حرارة أجسامنا أو توفير مستوى معين من الأجواء في مكان ما، ولكن مع استمرار الدراسات في إظهار أننا نقضي جزءا كبيرا من حياتنا في الداخل، من المهم أن نفهم كيف يمكن أن تؤثر الإضاءة بشكل أقل وضوحا على رفاهيتنا، وحيث ان طبيعة سكان العالم ستتغير يتوقع في الفترة المقبلة سيناريو "الشيخوخة النشطة" اي ان كبار السن يعيشون بشكل أفضل وأطول من الماضي، يكون كبار السن نشطين جسديًا ومهنيًا، ويلعبون أدوارًا نشطة في الحياة الاجتماعية والثقافية والسياسية.

في عام 2017، بلغ عدد سكان العالم 7.6 مليار نسمة وأكثر من 13% هم من يبلغون من العمر 60 عامًا أو أكثر. تتوقع تقديرات الأمم المتحدة أنه بين عامي 2017، 2050 بحلول عام 2050 سيتضاعف عدد الأشخاص الذين تبلغ أعمارهم 80 عامًا أو أكثر ثلاث مرات (425 مليون)؛ سيكون هذا الرقم أعلى بسبع مرات بحلول عام 2100 (909 مليون). من وجهة نظر التصميم، تسمح البيانات السابقة بتوقع نوع الإجراءات التي يجب على الشركات القيام بها في المستقبل القريب للحفاظ على قدرتها التنافسية، وبعد ذلك، ما نوع الاستراتيجيات التي يمكن أن تتبناها من أجل تلبية احتياجات كبار السن. يجب إعادة مناقشة نهج التصميم المبسط المستخدم حتى الآن؛ يتصور النهج التقليدي حلول "حصرية"-

وليست شاملة- لا تلبي الاحتياجات الحقيقية للاشخاص، وتكون خارج الطلب في الأسواق ولا تتماشى مع الحالة النفسية والاجتماعية الحقيقية للمستخدمين النهائيين (NicolantonioEmilio, 2020). سيكون الاشخاص بحاجة إلى معدات تمارين للعقل والجسم، وليس مجرد منتجات تعالج التدهور الحتمي ان التحدي الذي على المصممين نوجهه هو جعل حيات الاشخاص ذات معنى لذلك سنجد ان مفهوم الاضاءة المتمحورة حول الانسان هو المفهوم الاقرب عند الحاجة الى تصميم انظمة اضاءة جديدة من شأنها تحسين حياة المستخدمين .

مشكلة البحث: Statement of the Problem

هل لاختلاف ألوان الإضاءة أثر على وظائف جسم الانسان وسلوكه وهل يمكن الاستفادة منها في تطوير تصميم انظمة الاضاءة؟

أهداف البحث: Research Objectives

الربط بين الدراسات الخاصة بالعلوم الحيوية للضوء وتصميم نظم الاضاءة .

أهمية البحث: Research Significance

دمج الدارسات الحيوية حول تأثيرات الوان الاضاءة المختلفة على الوظائف الحيوية لنظم تصميم الاضاءة الحديثة سيعمل على تطوير انظمة الاضاءة وتحقيق رفاهية الأشخاص بشكل افضل .

"يهدف هذا البحث الى استكشاف مجموعة متنوعة من تأثيرات الإضاءة على جوانب مختلفة من حياة الإنسان، وهو مايعرف بمصطلح الإضاءة المتمحورة حول الإنسان. حيث يتعمق البحث في تأثير الأطياف المختلفة للضوء على خلايا الدماغ، مما يؤثر بالتالي على التأثيرات الحيوية على الجسم البشري والسلوك الانساني . كما يؤكد البحث على أهمية استغلال هذه التأثيرات من خلال دمج الأطياف المختلفة للضوء في أجهزة الإضاءة الذكية، التي يمكن الآن التحكم فيها بسهولة من خلال تطبيقات الهواتف المحمولة والساعات الذكية . تمهد هذه الخطوة لتصور مستقبلي لتصميم أنظمة الإضاءة. من خلال النظر في هذه العوامل، فإنه من الضروري الاستفادة من الفوائد المحتملة للإضاءة المتمحورة حول الإنسان لتعزيز الرفاهية العامة وخلق بيئة أكثر تواءمًا للأنشطة البشرية. وبذلك، يفتح آفاقًا جديدة للمصممين للتقدم في تقنية الإضاءة وتأثيرها الإيجابي على كل من حياة الإنسان ورفاهيته.

الإطار النظري: Theoretical Framework

1- الإضاءة المتمحورة حول الانسان (HCL):

هو مفهوم يدعو الى التعمق في البحث فيما وراء ظاهرة الانارة حيث انه يهتم بمجموعة الظواهر الخاصة بانظمة الجسم الحيوية وما يترب عليها من نشاطات مختلفة .

يمكن أن تكون الإجابة على ذلك معقدة، نظرًا لوجود العديد من التعريفات لـ .HCL يقول برنت بروتزمان، مدير علوم البناء وتطوير المعايير لشركة Lutron للتحكم في الإضاءة، إن بعض التعريفات تركز فقط على إيقاع الساعة البيولوجية (دورة النوم/الاستيقاظ في الجسم)، بينما يركز البعض الآخر فقط على ضوء النهار أو تجربة المستخدم. ويقول إن التعريف الشامل لهذه التكنولوجيا يحتاج إلى أن يشمل كل هذه الأشياء. مع إضاءة بيضاء قابلة للضبط في كل من المنازل وبيئات العمل والفصول الدراسية وبيئات التسوق يوضح بروتزمان: "ما نريد توضيحه هو أن الإضاءة التي تتمحور حول الإنسان تحتاج إلى أن تأخذ في الاعتبار جميع جوانب كيفية تأثير نظام الإضاءة على الأشخاص - وقد يكون ذلك هو كيفية تأثيره على رفاهيتهم أو إنتاجيتهم أو مزاجهم". (Kloepple, 2019) الإضاءة التي تركز على الإنسان هي إذن نهج شمولي يجب أن يشمل جميع جوانب تأثير الإضاءة على رفاهية المستخدم وإنتاجيته وراحته في البيئة المبنية.

شكل (1) مكتب نهاري يستخدم الإضاءة والإضاءة الطبيعية من النوافذ الكبيرة

يقول بيت شانين، نائب الرئيس والمدير العام لشركة Sunoptics، التي تركز على المناور وأنظمة الإضاءة النهارية: "في الواقع، لا يوجد نظام أفضل لتوفير الإضاءة في الفضاء من ضوء النهار". "ولكن لسوء الحظ، هناك أوقات خلال النهار لا يتوفر فيها ضوء النهار الكافي في المساحة لتوفير مستويات الإضاءة التي يحتاجها المستخدم. عليهم في الأساس أن يضيئوا الأضواء ليتمكنوا من القيام بذلك، كما يُظهر (شكل -1)، وأظهرت الدراسات أن الإضاءة السيئة يمكن أن يكون لها آثار صحية سلبية، خاصة على إيقاع الساعة البيولوجية لدينا.

يستجيب إيقاع الساعة البيولوجية للضوء والظلام. يمكن أن يؤثر التعرض الزائد أو القليل جدًا لأنواع معينة من الضوء على كل من سلوك ومعدل النوم والصحة الشخصية بشكل عام

"ما تظهره بعض الدراسات الأولية هو أنه إذا كان لديك القدرة على ضبط كل من شدة الضوء ودرجة حرارة اللون خلال أجزاء معينة من اليوم، فإن ما وجدوه هو أن السكان والمرضى لديهم أعراض أقل من الاضرابات اي. إنهم أقل انفعالا."

2- العلاقة بين الإضاءة والنوم:

هناك رابط اكدته الكثير من الابحاث المختصة بالاضاءة بين كل من النوم الجيد الذي يفيد ويساعد الجسم على اتمام عملياته الحيوية ونسب ما يتعرض له الجسم البشري من ضوء خلال اليوم، على سبيل المثال، يمكن أن تؤدي المستويات غير الكافية من الضوء أثناء النهار إلى اضطراب عاطفي موسمي أثناء التعرض للضوء في المساء مرتبط باضطراب نظام الساعة البيولوجية.

(S-C Chien1, 2020)

كذلك جاء في مجموعة من الأبحاث دللت على ان التعرض الغير المنتظم لضوء النهار يؤدي الى نوعية النوم السيئة المرتبطة بمجموعة من المشاكل الصحية، كما ثبت أن الضوء في الليل يعطل

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

النظام اليومي، ويعتقد أنه يتداخل مع نومنا ويمكن أن يزيد من اليقظة.
بالنظر الى نظام الاضاءة المتمحورة حول الانسان وما يترب عليه من اثار لدينا مثال لذلك دور رعاية المسنيين، بيئة مناسبة للتعويض عن زيادة الضعف وفقدان الحواس حيث يعد ذلك امرا بالغ الأهمية. حيث أن التغيرات الطبيعية للعين المرتبطة بالعمر تقلل من كمية وصول الضوء إلى شبكية العين مما يؤثر على الرؤية والإيقاع اليومي. تم إجراء بعض المحاولات مؤخرا لايجاد إضاءة بيضاء قابلة للضبط وتنويع مستويات الاضاءة واللون كان الهدف من المشروع استكشاف استراتيجيات تصميم HCL في دور رعاية المسنين في سنغافورة، حيث تم تطوير استراتيجيات التصميم الأولية بناء على هذا الاطار ويتمثل في دار تمريض مختارة في سنغافورة أيضا، لتوضيح الحالة قبل وبعد التنفيذ واستطلاعات رأي المستخدمين جنبًا إلى جنب مع التقييمات الكمية بما في ذلك الانارة الافقية والقرنية القياسات لتقييم أداء استراتيجيات تصميم (HCL).
توفر نتائج الدراسة التجريبية هذه نظرة ثاقبة أولية للمعرفة المتعلقة بتصميم HCL والخدمة كأساس متين نحو أفضل ممارسات HCL في بيئة دار رعاية المسنين كانت نتائج الجلسات التي شارك فيها 15 مشاركا عند تجربة الاضاءة في مناطق مختلفة من الدار وتم اخذ تضفيلات كل من المسنيين وطاقم العمل المرافق لهم سواء كان في غرف النوم او الممرات او اماكن تناول الطعام وكذلك دورات المياه كما هو موضح (شكل- 2) حيث تم استخدام نوعين من المصابيح وهما المصابيح ثنائية الصمام (LED) ومصابيح الفلورسنت المدمجة (CFL) ويوضح الشكل عمليات الانارة داخل المبنى المستخدمى قبل وبعد عمليات التحسين.

شكل (2) الاضاءة المستخدمة قديما – الاضاءة المستخدمة حديثا نظام HCL

ونظرًا لأن إيقاع الساعة البيولوجية المنتظم مطلوب في الوقت المناسب لكبار السن الذين يعانون من الخرف الخفيف وطاقم التمريض مع ساعات العمل الطويلة الأجل، من الضروري تحديد الممارسات اليومية في دور رعاية المسنين يتضمن المثال تحسين مستويات الضوء الطبيعي من خلال استبدال أو إضافة الإضاءة الكهربائية لتحفيز النظام اليومي البشري بشكل مصطنع. وبالتالي الضوء الطبيعي والظلام يتم تعزيز الدورات لتسهيل النوم بينما يتحول طيف الضوء الطبيعي مع المكملات الاصطناعية.
تشمل المساحات المحتملة القابلة للتطبيق في دور رعاية المسنين الجناح غرف ذات أسرة، وبيئات بدون نوافذ غير متعلقة بالعمل، والمناطق المشتركة، والبيئات المشتركة حيث يتم التأكيد على الاسترخاء. وبالإضافة إلى ذلك، لمثل هذه المساحة القاتمة مع ضعف اختراق ضوء النهار،يمكن تطبيق أنظمة التحكم الديناميكية المتقدمة في الإضاءة لمحاكاة دورة من الإضاءة بشكل مصطنع ضوء ديناميكي مع تحولات لونية طبيعية موقوتة لدعم الساعة البيولوجية. أيضا، قد يتم تطبيقه لتوفير أطوال موجية قابلة للضبط من الضوء الأزرق أو الأبيض المعزز بغرض تحسين الأداء واستنباط نتائج سلوكية محددة.
تم مراعاة ايجاد اضاءة نهارية بديلة عن ضوء الشمس نهارا في الاماكن التي لا توجد بها نوافذ وكذلك تم تهدئة انارة الممرات الى الضوء الابيض بالأضافة للعديد من التغيرات في نظام الاضاءة مما ادى الى استحسان كل من المسنين وعمال التمريض حيث اكدوا على ان نظام (HCL) حافظ بشكل اكبر على الساعات البيولوجية مما ادى الى ظهور حالات النشاط في الصباح المبكر وانتظام الساعة البيولوجية لدى كبار السن مما ساهم في ضبط عملية النوم والارق لديهم، وبذلك يتم التأكيد على ان تعرض الجسم نهارا لاطوال موجية محددة من الضوء يساعد في النوم الجيد والابتعاد عن الارق مساءا (S-C Chien1, 2020)، ويعد نظام (HCL) بديلاً صالحًا لتطوير حلول ملائمة للمسنين، مع فكرة أن المنتجات التي يمكن لكبار السن استخدامها بسهولة هي أيضًا قابلة للاستخدام بشكل كبير من قبل الشباب.

3-الأطوال الموجية للضوء وتأثيرتها :

هناك أدلة متزايدة على أن الضوء واللون يمكن أن يكون لهما تأثير مهم على صحة الإنسان ورفاهيته، على سبيل المثال، يمكن أن تؤدي المستويات غير الكافية من الضوء أثناء النهار إلى اضطراب عاطفي موسمي أثناء التعرض للضوء في المساء مرتبط باضطراب نظام الساعة البيولوجية. كانت نوعية النوم السيئة المرتبطة بمجموعة من المشاكل الصحية. ثبت أن الضوء في الليل يعطل النظام اليومي، ويعتقد أنه يتداخل مع نومنا ويمكن أن يزيد من اليقظة

تعريف الطول الموجي للضوء:

الطول الموجي (λ) : المسافة لخط مستقيم من قمة الموجة إلى القمة التي بعدها. أوهو المسافة التي تقع بين انضغاطين متتاليين أو المسافة التي تقع بين تخلخلين متتاليين.

جدول (1) الأطوال الموجية للألوان المختلفة للإضاءة

اللون	الطول الموجي	اللون	الطول الموجي
اللون الاحمر	610-750 نانومتر	اللون الأزرق	450-500 نانومتر
اللون البرتقالي	590-610 نانومتر	اللون النيلي	425-450 نانومتر
اللون الأصفر	570-590 نانومتر	اللون البنفسجي	400-425 نانو متر
اللون الأخضر	500-570 نانومتر		

والطول الموجي للضوء المرئي الضوء الابيض يكون حوالي 400 إلى 700 نانومتر، ولكن الضوء المرئي الذي نراه يعتبر ليس لون واحد فقط.ولكن هو مكون من مجموعة من الألوان وهى سبعة ألوان.

لفهم تأثيرات الضوء على فسيولوجيا الإنسان، من المهم أن نفهم ان الضوء باختصار هو إشعاع يقع في نطاق معين من الطيف الكهرومغناطيسي. أفضل وصف له هو التوزيع الطيفي، الذي يحدد كمية الطاقة (أو عدد الفوتونات) كدالة للطول الموجي (مع الضوء المرئي في نطاق الطول الموجي بين 380 و780 نانومتر).

خلال النهار، يمكن أن تصل شدة الضوء في الخارج إلى إضاءات تصل إلى (lx100000) في ضوء الشمس المباشر و(lx25000) في ضوء النهار الكامل أما في الغرف المغلقة تكون شدة الإضاءة أقل بكثير وتكون الإضاءة القياسية للمكاتب تقريباً (500 lx) فقط، وغالبًا ما تكون أقل، ويكون طيف ضوء النهار هو ضوء الشمس الذي يرشحه الغلاف الجوي، واسع النطاق نسبيًا في توزيعه. يعتمد شدة ضوء النهار على الموقع الجغرافي والموسم سواء شتاء أو صيف.

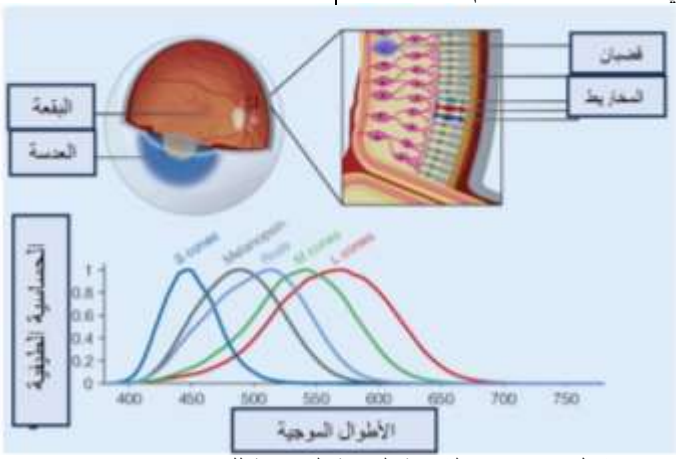
وفي ظل التطور الحديث والتقدم البشري في الإطار أصبح أمكانية أن يكون الضوء متاحًا في جميع أوقات اليوم من خلال الضوء الاصطناعي والذي يسمح بإضاءة المساحات الداخلية وليلاً في المساحات الخارجية، ويأتي الضوء الأصطناعي في أشكال عديدة، على سبيل المثال الإضاءة المتوهجة أو الفلورسنت أو الصمام الثنائي الباعث للضوء (LED). في حين أن الضوء الناتج عن هذه التقنيات قد يبدو جميعًا (أبيض)، إلا أن الأطياف الأساسية مختلفة نوعًا ما، ولكن السبب وراء ذلك كون العديد من أنواع الأطياف المختلفة لها نفس المظهر يكمن في شبكية العين، والأهم من ذلك أن الأطياف المختلفة -حتى لو كانت تخلق نفس الانطباع البصري- قد تختلف في تأثيراتها البيولوجية الزمنية على الساعة البيولوجية.

يمكننا شرح تاثيرا الاضاءة الغير مباشرة بشكل بسيط عند معرفة ان الضوء يمكنه تنشيط خلايا الدماغ وتقليل افراز هرمون اللنوم (الميلاتونين) مثلا عند التعرض لاضاءة زرقاء اللون كذلك عن التعرض لضوء النهار الطبيعي فان ذلك يساعد على سلامة الساعة البيلوجية وبالتالي ثبت ان الاشخاص اللذين يتعرضون لضوء النهار بشكل ثابت قلت عندهم اضطرابات النوم مما يعني ان الضوء يؤثر ايقاع الساعات البيولوجية تزامنا مع سطوع الشمس، ففي الصباح تنخفض مستويات الميلاتونين في دمنا ونصبح أكثر نشاطًا، وبعد غروب الشمس في حالة عدم وجود ضوء اصطناعي، ترتفع مستويات الميلاتونين في الدم، مما يؤدي إلى شعورنا بالنعاس. (Rob Newsom, 2023)

يمكننا الاستفادة من ذلك في تصميم بيئات العمل التي لايوجد بها اضاءة نهارية او التي تعمل بورديات ليلية وذلك بمحاكاة الاضاءة الصناعية للاضاءة النهاريه لتنشيطهم ومساعدتهم على العمل .

تأثير الضوء على الخلايا:

لقد تم اقتراح أن الاضطراب اليومي يرتبط بانخفاض مستويات هرمون الميلاتونين ويتم التوسط في المقام الأول عن طريق تنشيط خلايا الشبكية العقدية الحساسة للضوء (ipRGCs) والتي تستجيب للضوء قصير الموجة بشدة، وأظهرت دراسة أجريت على أشخاص أصحاء أن الضوء قصير الموجة أدى إلى زيادة كبت إفراز الميلاتونين بشكل ملحوظ، مما يشير إلى تأخر إيقاع الساعة البيولوجية. في الوقت الحاضر، يرتبط بطيف طول الموجة بإيقاع الساعة البيولوجية (Christine Blume, 2019)). (شكل -3)



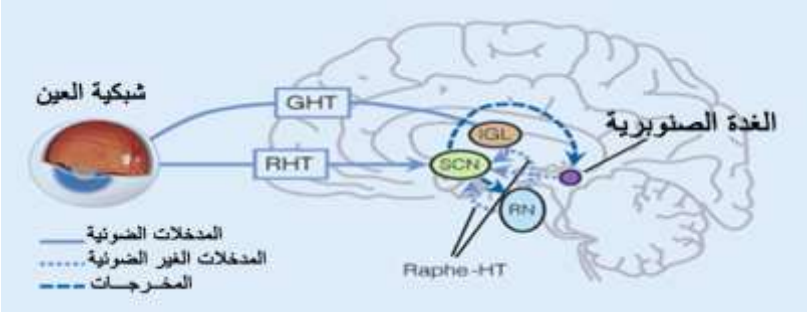
شكل (3) خلايا الشبكية العقدية الحساسة للضوء (ipRGCs)

وبالنظر لتشريح العين البشرية ومكوناتها من شبكية العين في الجزء الخلفي والتي تُعرف بقاع العين، والتي تحتوي على المخاريط والقضبان وخلايا العقدة الشبكية الحساسة للضوء (ipRGCs) التي تسمى بالحساسيات الطيفية للمستقبلات الضوئية في العين البشرية، وبذلك فهناك العديد من الأدلة على أن التعرض للضوء في الليل يعزز يقظة الإنسان ومع ذلك فإنه ليس بشكل كامل لذا عند فهم كيف تختلف الأضواء ذات التركيبات الطيفية المختلفة في تأثيره التنبيه؛ على وجه التحديد، هل الضوء ذو الطول الموجي القصير له تأثير تنبيه أقوى من الضوء طويل الموجة عريض النطاق، كما يوضح (شكل- 3)

وبذلك يشغل عقل العلماء مجموعة التساؤلات التي لابد من الاجابة عنها عند دراسة اثر الضوء على الأنسان بشكل عام و على عملية النوم بشكل خاص، وهل وهل لون الاضاءة له أثر على سبيل المثال ام اختلاف الطول الموجي؟، وبالتعرض للدراسات السابقة في ذات المجال، وبالأخص تلك الدراسة البحثية بعنوان (تقييم تأثيرات التنبيه لأضواء الطول الموجي القصير (الأزرق) وطول الموجة العريض (الأخضر) على الإنسان خلال وقت متأخر من المساء باستخدام مخطط كهربية الدماغ)، والتي درست كيف تختلف الأضواء ذات

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

الأطياف المختلفة في آثارها التنبيهية على البشر خلال ساعات المساء قبل النوم. وأظهرت نتائج مخطط كهربية الدماغ (EEG) أن الضوء الأزرق ضيق النطاق ذي الطول الموجي القصير قد يكون لديه قدرة تنبيه أكبر مقارنةً بالضوء الأخضر ذي النطاق العريض وذو الطول الموجي الاعرض وبذلك توصل البحث لنتيجة أن الـ(ipRGCs) تنشط بشكل أكبر تحت الضوء الأزرق بدلاً من الضوء الأخضر . (Christine Blume, 2019))، وكما يوضح (شكل - 4) مسارات الإدخال والإخراج للاطياف الضوئية لمراكز التنبيه بالمخ والتي تُشكل حلقات متبادلة.



شكل (4) مسارت الادخال والاخراج من شبكية العين الى الدماغ

شكل(5) صندوق الاضاءة

في تجربة اخرى طُلب من مجموعة من الافراد الجلوس داخل صندوق أثناء القراءة والذي تم أستخدام نظام إضاءة Thouslight LED موضوعة في الجزء العلوي من الصندوق مع وضع طاولة بيضاء أمامهم، وكان الاشخاص كل ليلة يتعرضون إما للضوء الأزرق أو الأخضر، كما يوضح (شكل-5). وأظهرت نتائج مخطط كهربية الدماغ (EEG) أن الضوء الأزرق ضيق النطاق ذو الطول الموجي القصير قد يكون له قدرة تنبيه أكبر، مقارنةً بالضوء الأخضر ذي الطول الموجي عريض النطاق الذي يحمل نفس الشدة. والنتيجة توحي بتنشيط أكبر لـ ipRGCs تحت الضوء الأزرق بدلاً من الضوء الأخضر. (Jing Lin, 2017)

مما يعني اننا عند الحاجة الى تنشيط الدماغ علينا التعرض للاضاءة الزرقاء يمكن الاستفادة من ذلك في انارة الشوراع ذات الطرق السريعة بالاضاءة الزرقاء لتساعد السائقين على الانتباه كذلك يمكن استخدامها اثناء الحاجة الى المذاكرة وفي مكاتب العمل.

التطهير من خلال الاطياف الموجية للضوء:

تقع الأطوال الموجية للضوء التي تُستخدم لإبادة لجراثيم ضمن نطاق الأشعة فوق البنفسجية (UV) وقد تم استخدام الأشعة فوق البنفسجية (240-260 نانومتر) في عمليات التطهير، خاصة في تطبيقات إزالة تلوث الهواء والأجهزة الطبية، لما أظهره الضوء المرئي البنفسجي والأزرق كمجال ذي اهتمام بحثي متزايد، حيث أثبت الضوء البنفسجي الأزرق ذو الأطوال الموجية في منطقة 405 نانومتر فعاليته في تعطيل مجموعة من الأنواع الميكروبية، وقد يوفر استغلال هذه الأطوال الموجية طرقًا بديلة للعلاج المضاد للميكروبات لتطبيقات مكافحة العدوى.

إن الطيف الواسع من النشاط المضاد للميكروبات جنبًا إلى جنب مع القدرة على تطبيق شدة الضوء الآمنة للتعرض البشري يجعل الضوء البنفسجي الأزرق مثاليًا لإزالة التلوث في البيئات التي يتواجد بها أفراد، وتطوير نظام يستخدم ضوء الطيف الضيق عالي الكثافة (HINS) ذو الطول الموجي 405 نانومتر والذي أستخدم للتطهير السريري مؤخرًا، كأحد تطبيقات تقنيات التطهير الجديدة والتي تعتمد على الضوء، ولكن علينا الاخذ في الاعتبار مما لا شك فيه أن إثراء إضاءة الغرفة بالضوء البنفسجي والأزرق الإضافي سيغير تأثير الإضاءة الطبيعي. وقد يكون لهذا بعض التأثير على مستويات راحة المريض والموظفين، وتأثيرات محتملة على الإجراءات الطبية (M. Maclean a, 2014)

اذن يمكن الاستفادة من الطيف الموجي للون البنفسجي الأزرق 405 في تصميم المكانس الكهربائية التي من الممكن ان نستخدم في المنازل والمستشفيات الى غير ذلك من البيئات التي تحتاج الى التعقيم .

تأثير الاضاءة على تناول الطعام :

تُظهر الأبحاث الحديثة أن الإشارات البيئية مثل الإضاءة والموسيقى تؤثر بقوة في سلوك الأكل لدى رواد المطعم في المواقف المختبرية، كما جاء في دراسة تدور حول ما إذا كان تغيير جو مطعم الوجبات السريعة سيؤثر على مقدار تناول الطعام لرواد المطعم، وأشارت النتائج إلى أن تخفيف الإضاءة و بالاضافة الى الموسيقى قادت الاشخاص إلى تناول كميات أقل، وتقييم الطعام على أنه أكثر متعة، وتناوله فقط بقدر. وهذا يشير إلى أن البيئة الأكثر استرخاءً تزيد من الرضا وتقلل من الاستهلاك. (Brian Wansink، 2012)

غالبًا ما تساهم مطاعم الوجبات السريعة في السمنة وبذلك فهي ليست مصممة لتكون مريحة، ولذلك تتميز بالأضواء الساطعة والأسطح العاكسة للضوضاء والألوان الصفراء والحمراء المحفزة لتناول الطعام (Sobal, 2007)، حيث يمكن أن يكون للإضاءة والضوضاء تأثير نفسي على الاشخاص في استهلاك الطعام لأنها تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على مدة تناول الطعام.

(Nitika Garg, 2007)

وقد أظهرت الأبحاث والدراسات السابقة أن ألوان الإضاءة يمكن أن تعدل دوافع المشاركين لاستهلاك الطعام الموضوع تحت الإضاءة، وصممت هذه الدراسة لتحديد ما إذا كانت ألوان الإضاءة يمكن أن تؤثر على كمية الطعام المستهلكة، بالإضافة إلى الإدراك الحسي للطعام، وأحتوت الدراسة على مقارنة تأثير لون الإضاءة بين

الرجال والنساء، حيث طُلب من مائة واثني عشر مشاركًا (62 رجلاً و50 امرأة) تناول وجبة الإفطار (العجة والفطائر الصغيرة) تحت واحد من ثلاثة ألوان إضاءة مختلفة: الأبيض والأصفر والأزرق، وأثناء الاختبار تم قياس انطباع المتعة عن مظهر الطعام، والرغبة في تناول الطعام، وشدة النكهة العامة والانطباع العام عن الطعام، وحجم الوجبة (أي كمية الطعام المستهلكة). أدت الإضاءة الزرقاء إلى تقليل الانطباع الممتع عن مظهر الطعام، ولكن ليس الرغبة في تناول الطعام، مقارنة بظروف الإضاءة الصفراء والبيضاء. أدت الإضاءة الزرقاء إلى انخفاض كبير في الكمية المستهلكة لدى الرجال، ولكن ليس لدى النساء، مقارنة بظروف الإضاءة الصفراء والبيضاء. لم تكن كثافة النكهة العامة والانطباع العام للطعام مختلفين بشكل كبير بين ألوان الإضاءة الثلاثة. في الختام، تقدم هذه الدراسة أدلة تجريبية على أن لون الإضاءة يمكن أن يعدل حجم الوجبة. وعلى وجه الخصوص، يمكن للإضاءة الزرقاء أن تقلل من كمية الطعام الذي يتناوله الرجال دون تقليل مدى قبولهم للطعام. (Sungeun Cho, 2015)

وترى الباحثة انه يمكن عند ضبط اجهزة الانارة الذكية في المنازل التحكم في كميات تناول الطعام باستخدام لون الاضاءة المناسب .

اثر الاضواء الساطعة والهادئة قبل النوم :

يمكن أن تؤثر بيئات الإضاءة الداخلية المختلفة على كل من وظائف الأعضاء وعلم النفس لدى الأشخاص، مثل إيقاع الساعة البيولوجية ونوعية النوم والأداء البشري والعاطفة والإدراك. في الآونة الأخيرة، أصبح هذا الموضوع موضوعا جذابا وقيما لصحة الإنسان، وتركز العديد من الدراسات على تأثير الضوء على جودة النوم، في حين أن الأبحاث حول ما إذا كانت البيئة المضيئة في المساء تؤثر على أداء الإنسان في اليوم التالي محدودة. علاوة على ذلك، تتناول الأعمال السابقة عمومًا البالغين باعتبارهم مشاركين فيها، ومع ذلك، لا يُعرف سوى القليل عن كيفية تأثير الضوء على المراهقين. في هذه الدراسة، نحن قلقون بشأن تأثيرات بيئات الإضاءة ذات درجة حرارة اللون المختلفة (CCT) في غرفة النوم على المراهقين. درست تلك الأبحاث عدة عوامل منها جودة النوم والنعاس في الصباح التالي، والتعافي من التعب الناتج عن التعرض لمصباح الفلورسنت التقليدي (CCT العالي، 6000 كلفن) مع ضوء الصمام الثنائي الباعث للضوء الجديد (CCT المنخفض، 2000 كلفن) لمدة ساعة واحدة قبل النوم. وقد تم إخضاع اثني عشر من المراهقين الذكور (متوسطي العمر) بشكل عشوائي في مجموعتين مختلفتين من بيئة الإضاءة CCT لدراسة التأثير الضوئي على أفراد التجربة لمدة 10 أيام، وبذلك أشارت نتائج مؤشر جودة النوم في بيتسبرغ (PSQI) والميلاتونين في الدم والبيلة البروتينية إلى أن الأشخاص الذين تعرضوا لضوء CCT المنخفض مباشرة قبل النوم كانت لديهم نوعية نوم أفضل، وانخفاض في النعاس في الصباح التالي، وانخفاض طفيف في التعب، مقارنة بتلك الموجودة في مجموعة الأفراد المتعرضين لأطياف الضوء CCT العالية. (Peijun Wen a, 2021)

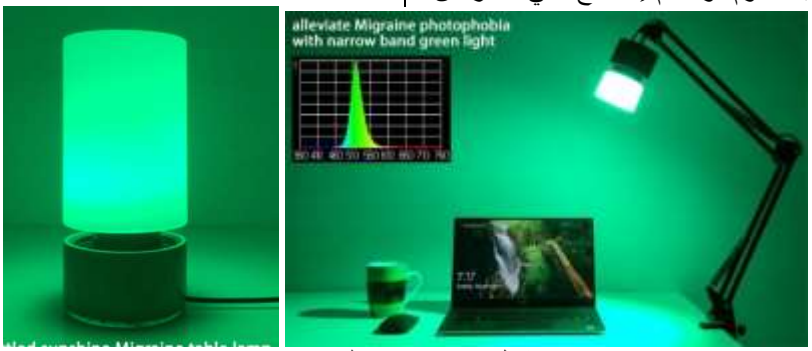
وترى الباحثة انه بالتحكم في كل من شدة الاضاءة ولونها في غرف المراهقين عن طريق تطبيقات الهواتف الذكية سيساهم في ايجاد بيئة افضل عند ادخال البيانات الشخصية لمرتادين الغرف مما سيسمح للتطبيقات في مساعدتهم للحصول على افضل قدر ممكن من الاستفادة من الاضاءة ليس فقط في جوانب الانارة وانما في ابعاد غير مرئية اخرى تخص كل من معدلات الجسم الحيوية وسلوك الاطفال وبالتالي يجب دمج كل من الدراسات الخاصة بالابعاد غير المرئية الخاصة بانظمة الاضاءة و الدراسات المختصة بتطوير نظم التحكم في انظمة الاضاءة مما سينشأ عنه وجود بيئات افضل واكثر كفائة .

العلاجات الضوئية:

كشفت التحليلات العلمية أن الانخفاض الكبير في شدة أعراض الاكتئاب كان مرتبطًا بالعلاج بالضوء الساطع، حيث أظهرت الدراسات انخفاضًا كبيرًا في شدة أعراض الاكتئاب بعد العلاج بالضوء الساطع في الاضطراب العاطفي الموسمي وفي الاكتئاب غير الموسمي، فإن آثار العلاج بالضوء تكون مماثلة لتلك الموجودة في العديد من تجارب العلاج الدوائي المضاد للاكتئاب. (Robert N. Golden, 2005)

الأطياف الموجية للضوء وتأثيرها على الصداع النصفي :

تشير الأبحاث الحديثة إلى أن نوعًا معينًا من الضوء الأخضر ضيق النطاق يقلل من تكرار وشدة نوبات الصداع النصفية كما ثبت أن الضوء الأخضر يقلل الألم والانزعاج عند التعرض للضوء أثناء نوبة الصداع النصفي (وتسمى هذه الظاهرة رهاب الضوء). يظهر الضوء الأخضر ضيق النطاق واعدًا كنهج خالٍ من الأدوية لتخفيف الألم.



شكل (6) الاضاءة الخضراء

يتم استكشاف الروابط بين الضوء الأخضر والألم من قبل عدة مجموعات بحثية مختلفة. وجدت الأبحاث التي أجريت في جامعة أريزونا أن الضوء الأخضر يمكن أن يوفر الراحة من الألم المزمن الناجم عن الصداع النصفي والألم العضلي الليفي (شكل -6) يشير العمل الأحدث في هذه المجموعة إلى أن الضوء الأخضر يمكن أن يقلل من تكرار وشدة نوبات الصداع النصفي في دراسة تاريخية أجريت عام 2010، أظهر الباحثون أن نوعًا معينًا من الضوء "الأخضر ضيق النطاق" يمكن أن يقلل من رهاب الضوء الناتج عن الصداع النصفي - مما يقلل الألم الناجم عن حساسية الضوء أثناء نوبة الصداع النصفي وبالمقارنة، حتى المستويات المنخفضة نسبيًا من الضوء الداخلي يمكن أن تكون غير محتملة، وتظهر هذه الدراسات أن مصابيح الفلورسنت ومصابيح LED وشاشات الكمبيوتر وحتى ضوء الشمس، يمكن أن تزيد من شدة آلام الصداع وانتشارها. تشير الأبحاث الأولية حول المسارات الأساسية إلى أن أدمغتنا وأجهزتنا العصبية تستجيب بشكل مختلف للضوء الأخضر ضيق النطاق.

كما تؤكد أن التعرض المنتظم للضوء الأخضر يمكن أن يقلل من تكرار وشدة الصداع النصفي. تشير أبحاث أخرى إلى أنه يمكنك تقليل رهاب الضوء (الألم الناجم عن الضوء - بعد بداية الصداع النصفي) عن طريق الانتقال إلى مكان مظلم أو خافت، باستخدام

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ضوء أخضر ضيق النطاق، وضبط شدة الضوء لتقليل الانزعاج (Smith, 2023)

الضوء الملون والاسترخاء:

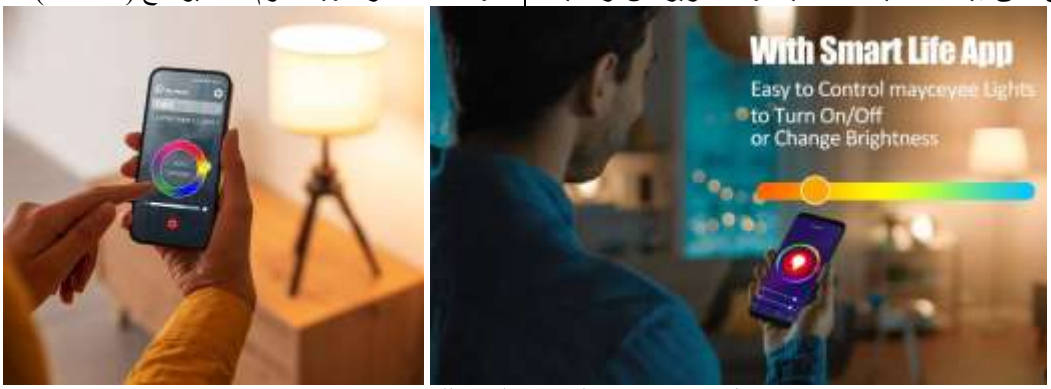
وجدت دراسة قام بها (Laufer وآخرون، 2009) أن الضوء الأحمر وصف بأنه أكثر استرخاءً مقارنة بالضوء الأزرق، الذي وصف بأنه مُنشط. خلال هذه الدراسة تعرض المشاركون لظروف الضوء الأحمر والأزرق وقاموا بتقديم تقارير حول مدى الاسترخاء ومدى الاسترخاء بالتعرض للضوء، وتبين أن مستوى الاسترخاء كان أقل للضوء الأزرق مقارنة بالضوء الأحمر. في دراسة أخرى حيث كان على المشاركين تحديد تجاربهم الشخصية للضوء، تبين أن الضوء الدافئ والمائل للأصفر(2700K) وُصف بأنه مريح (Izso,2009) علاوة على ذلك، قام (Wan-2011) بإجراء دراسة حول تأثير الضوء الملون الديناميكي مقابل الثابت على الاسترخاء. في اختبار ما قبل الدراسة، تبين أن الضوء البرتقالي له تأثير إيجابي أقوى من الضوء الأبيض على الاسترخاء، ولكن لم يتم تأكيد ذلك في التجربة الفعلية. هنا وجد أن الضوء البرتقالي المتذبذب يُدرك بأنه أكثر استلطافا من الضوء البرتقالي الثابت أو الضوء الأبيض المتذبذب والثابت.

تأثيرات الضوء الملون على مدى الالفة بين الاشخاص:

في مراكز الرعاية من الازمات الخاصة بالمرضى النفسين يعمل الباحثين على خلق بيئة علاجية ممتعة يمكنها التعزيز من رفاهية والتسريع من عملية التشافي للمرضى، قام مجموعة من الباحثين بعمل تجربة تعمل على تهدئة المرضى واستعادة أو تعزيز الرابطة الاجتماعية بين المريض ومقدم الرعاية باستخدام الضوء الملون، وهدفت هذه الدراسة إلى اكتساب المزيد من المعرفة حول أي نوع من الضوء الملون يمكن تطبيقه في قسم الرعاية العالية للمساعدة في تقليل القلق لدى هؤلاء المرضى من خلال خلق بيئة مريحة يمكنها تعزيز الروابط الاجتماعية بين المريض و ومقدم الرعاية الصحية الخاص به تم التحقيق فيما إذا كانت الإضاءة المحيطة ذات الألوان الدافئة (البرتقالية) تزيد من الاسترخاء والدعم الاجتماعي المتصور أكثر من الإضاءة المحيطة ذات الألوان الهادئة (الزرقاء) والإضاءة المحيطة المحايدة (البيضاء).

تصميم انظمة الاضاءة الحديثة:

بالنظر الى تطبيقات الهواتف النقالة الحديثة سنجد ان اغلبها يمكنك التحكم في كل من لون وشدة الاضاءة اي امكانية تعتيم المصدر الى القدر المطلوب وامكانية الحصول على اضاءة دافئة او باردة الى غير ذلك غير ان هذه التطبيقات تفتقتر الى ضبط الاطوال الموجية للاضاءة حيث يمكن من خلال ضبط الاطياف الموجية الحصول على نتائج اكثر تأثيرا ورفاهية ومن الممكن ضبط التطبيقات باستخدام تفضيلات الاشخاص على اختلاف الغرف والانشطة التي يقوم بها الاشخاص في المنازل ضبط الانارة قبل النوم للتجهيز الى تهدئة المشاعر تمهيدا للنوم، كما يوضح (شكل -7).

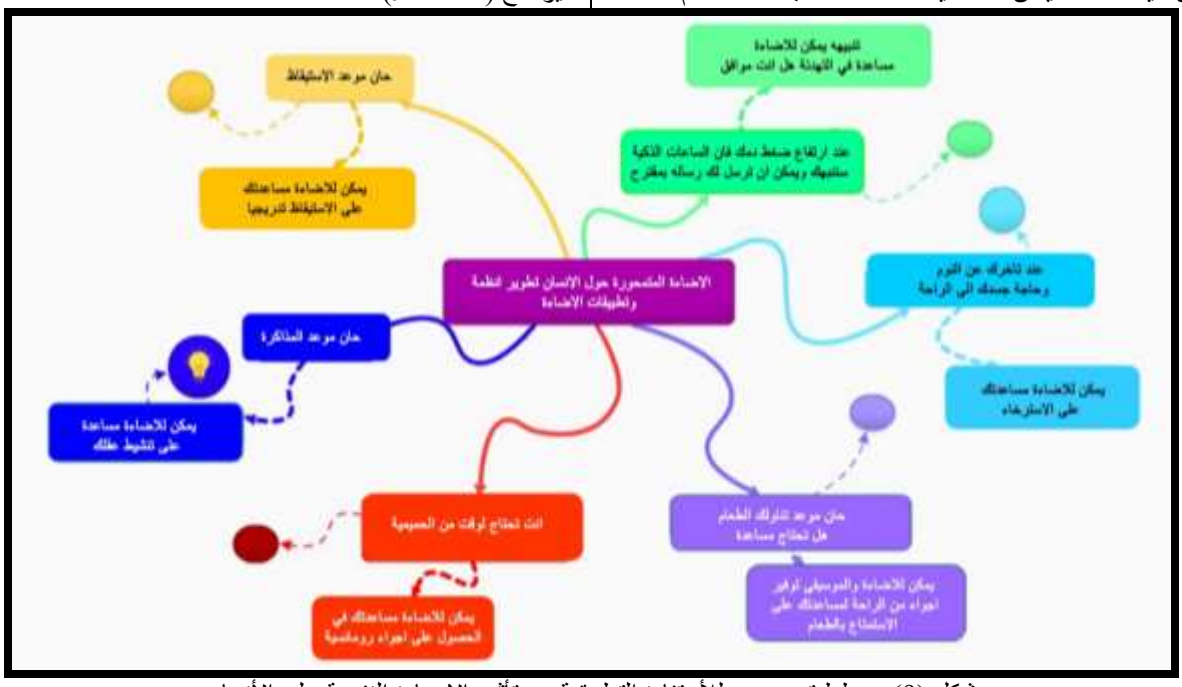


شكل (7) تطبيقات الهواتف الذكية للتحكم في الإضاءة

عند محاولة تصميم مجموعة جديدة من الاضاءة اول ما يتبادر الى الذهن هو تصميم واجهات استخدام بسيطة ومريحة وسلهة على المستخدم حيث اننا اوضحنا سابقا ان سكان العالم خلال الفترات المقبلة سيكونون من كبار السن لذا علينا مراعة ذلك اثناء النظر الى تطوير انظمة الاضاءة لابد ان تحتوي واجهات المستخدم على مدلولات جديدة منها تعبئة المستخدم بيانته الاولية التي ستكون بمثابة مرشد للبرنامج لمساعدته على اشعال الاضاءة المناسبة لوضعه الصحي وميزاجه فلابد من اضافة المستخدم رغباته وتفضيلاته في الانارة اولا ثم ادخال حالته الصحية حيث كونه مصاب بامراض مزمنه او امراض من نوع اخر كمتلازمات التوحد وامراض الاضطراب الموسمي كالاكتئاب وغيره حيث من الممكن الاضاءة المساعدة في كثير من هذه الاضطرابات كذلك ستعمل الاضاءة تلقائيا عند ربطها بانترنت الاشياء واتمتة المنازل يمكن للاضاءة التناغم مع فصول السنة وتنشيط وزيادة قوتها في كل من فصلي الخريف والشتاء للمساعدة في التخلص من الاضطراب الموسمي الذي يسبب الاكتئاب وحيث ان الساعات الذكية الان اصبحت تتمتع بقدر عالي من الحساسات التي تقيس كل من مؤشرات الجسم الحيوية وبالتالي يمكنها قياس ضغط الدم واعطاء تنبيهات في حالة ارتفاعه عند ربط الساعات الذكية بانظمة الاضاءة ستمكننا من الاستفادة بقدر اكبر لتحقيق رفاهية ورضاء المستخدمين، كما يوضح التصور التالي بـ(شكل-8)

شكل (8) تصور تصميمي لتطبيق على الهاتف الذكي لضبط تفضيلات الأضاءة بالمنزل للمستخدمين

ويمكننا ذلك عن طريق تقديم مقترح تصميمي لتطبيق تفاعلي يتيح للمستخدم ربط هاتفه وساعته الذكية بأنظمة الأضاءة بغرف المنزل المختلفة لتوفير الراحة والأسترخاء والتأثير بشكل إيجابي على المستخدم بالأعتماد على تأثيرات الأطياف اللونية المختلفة للضوء، ويمكن أيضاً تخصيص التفضيلات الخاصة بكل مستخدم داخل المنزل (مواعيد النوم – مواعيد تناول الطعام – مواعيد المذاكرة – الظروف الصحية - .... الخ) وبذلك يستطيع التطبيق توفير المساعدة اللازمة للمستخدم من خلال ضبط اعدادات لون الاضاءة والأطياف اللونية وما يترتب عليها من تأثيرات على نفسية المستخدم، كما يوضح (شكل – 9)



شكل (9) مخطط توضيحي للأستفادة التطبيقية من تأثير الاضاءة النفسية على الأنسان

الخلاصة: Conclusion

يمكن الاستفادة من اختلاف الأطياف الموجية للضوء وتأثيراتها المختلفة على نواحي حياة الانسان من حيث الابعاد الحيوية على الجسم البشري والسلوك الانساني و ضرورة الاستفادة من هذه التاثيرات من خلال ادماج الاطياف الموجية المختلفة للضوء في اجهزة الانارة الذكية التي بات التحكم فيها اليوم سهلا من خلال تطبيقات الهواتف النقالة مما سيسهم في رفع جودة حياة الانسان بشكل مباشر.

ومن خلال تلك الأستفادة يمكن تعزيز جودة النوم وضبط نظام الطعام والوجبات وكذلك رفع التركيز أثناء فترات المذاكرة والمساعدة على الأسترخاء قبل النوم وفي وقت القيلولة وغيرها من التأثيرات النفسية على المستخدمين بأختلاف ظروفهم لمساعدتهم على تحسين ظروفهم الحياتية ومهام روتينهم اليومي.

المراجع: References

1- (Christine Blume, 1. C. (2019). Effects of light on human circadian rhythms, sleep and mood. Somnologie, 147-156.
2- Brian Wansink, K. v. (2012). Fast Food Restaurant Lighting and Music can Reduce Calorie Intake and Increase Satisfaction. Psychological Reports, 228-232.
3- Jing Lin, S. W. (2017). Evaluation of the alerting effects of short-wavelength (blue) and broadband wavelength (green) lights on human during late evening using EEG. University of Leeds, UNITED KINGDOM.
4- Kloepple, S. (2019). What You Need to Know About Human-Centric Lighting. Retrieved from buildings: https://www.buildings.com/building-systems-om/lighting/article/10185714/what-you-need-to-know-about-human-centric-lighting
5- M. Maclean a, K. M. (2014). 405 nm light technology for the inactivation of pathogens and its potential role for environmental disinfection and infection control. Journal of Hospital Infection, 1-11.
6- NicolantonioEmilio, M. D. (2020, 7 16-20). Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control. SpringerLink.
7- Peijun Wen a, F. T. (2021). The effects of different bedroom light environments in the evening on adolescents. Building and Environment, 108321.
8- Rob Newsom, A. S. (2023). How Blue Light Affects Sleep. Retrieved 8 23, 2023, from https://www.sleepfoundation.org/bedroom-environment/blue-light
9- Robert N. Golden, M. B. (2005). The Efficacy of Light Therapy in the Treatment of Mood Disorders: A Review and Meta-Analysis of the Evidence. American Journal of Psychiatry, 656-662.
10- Sant, M. v. (2013). Exploring the effect of colored light on psychiatric patients. Master of Science in Human-Technology Interaction Eindhoven University of Technology (TU/e).
11- S-C Chien1, S.-M. C. (2020). Light Beyond

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

your-pain
13- Sungeun Cho, A. H.-S. (2015). Blue lighting decreases the amount of food consumed in men, but not in women. Appetite, 111-117.
14- Van 't Sant, M. (2013). color lighting effects on emotional responses". Industrial Engineering and Innovation Sciences.

Vision: Implications for Human-centric Lighting Design in Tropical Nursing homes. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
12- Smith, C. (2023, 5 22). Green light may put the brakes on your pain. Retrieved from kgun9: https://www.kgun9.com/news/local-news/green-light-may-put-the-brakes-on-