الاعتبارات الأرجونومية لرفع كفاءة وحدات الإضاءة الداخلية

Ergonomics considerations for raising the efficiency of indoor lighting fixture

أ.د/ رجب عبدالرحمن محمد عميش
أستاذ متفرغ، بقسم المنتجات المعدنية والحلى، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان
روان أسامة محمد عبده
مصممة، بمصلحة سك العملة المصرية
د/سماء أحمد وحيد
أستاذ مساعد بقسم المنتجات المعدنية والحلي، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان

ملخص البحث: Abstract

تعد الدراسات المتعلقة بالتصميم الأرجونومى لبيئة العمل بصفة عامة وللمنتجات التى يتعامل معها الإنسان بصفة خاصة من أهم العوامل التى تساهم فى حل المشكلات المتعلقة بكيفية استخدام المنتج بطرق متكررة، حيث تظهر المشكلات الأرجونومية فى حالة عدم التوافق بين المتطلبات التى يجب أن تؤديها المنتجات داخل بيئة العمل، وبما ان الاضاءة المناسبة هى جزء مهم ومؤثر فى بيئة العمل ويترتب عليها انتاجية المستخدم فقد ركز هذا البحث على الاعتبارات الأرجونومية الواجب توافرها فى الإضاءة الداخلية لتحسين ورفع كفائتها الوظيفية وتوفير بيئة مريحة للمستخدم. **مشكلة البحث**: يمكن أن يكون للإضاءة السيئة تأثير سلبي على الإنتاجية والأداء الوظيفي والرضا الوظيفي والصحة البدنية للإنسان. بالنظر إلى أن الأشخاص يتلقون 80٪ من معلوماتهم بصرياً. وعدم تحقيق لاعتبارات الارجونومية فى وحدات الإضاءة ببيئة العمل سواء المسكن أو المكتب يؤدى إلى إجهاد العين وتهيج العين وعدم وضوح الرؤية والصداع يحدث بسبب ضعف الإضاءة أو شدة توهجها أو الإضاءة غير المدروسة كما يمكن أن يتسبب أيضاً في انحناء الناس للأمام أو للخلف من أجل الرؤية بشكل أفضل، مما يخلق وضعيات جسدية محرجة يمكن أن تساهم في أمراض الجهاز العضلي الهيكلي والأمراض الجسدية الأخرى ويرجع جزء كبير من سوء الإضاءة إلى عدم تطبيق الارجونومية على وحدات الإضاءة ودراستها جيداً بالنسبة لقياسات الجسم البشري والوظيفة التى يقوم بها كل وحدة بمكانها الصحيح وبشدتها المطلوبة. **أهداف البحث**: تحسين كفاءة وحدات الإضاءة الداخلية. وكذلك تحديد بعض الاعتبارات الارجونومية التى يجب توفرها فى وحدات الإضاءة الداخلية.

كلمات دالة: Keywords

الأرجونوميكس
Ergonomics
الكفاءة
Efficiency
الإضاءة
Lighting

Paper received 15th September 2022, Accepted 12th January 2023, Published 1st of March 2023

المقدمة: Introduction

تلعب الإضاءة دوراً مهماً في حياة الإنسان بصفة عامة وفى الفراغات الداخلية بصفة خاصة سواء كان من الناحية الوظيفية والجمالية فالضوء يقود حركة الإنسان داخل الفراغ، وبدون ضوء لا يمكن تحديد الشخصية الجمالية والحسية للفراغ الداخلي لبيئة المستخدم، حيث إن استخدام الضوء فى المكان المناسب والوظيفية المناسبة يزيد من إنتاجية الإنسان ويسهل استخدامه للأشياء من حوله، حيث نشعر براحة أكبر في وجود ضوءٍ كافٍ، كما أن توزيع الإنارة بطريقة غير مدروسة أو المبالغة بأعداد عناصر الإنارة وكمية الضوء يؤدى لنتائج سلبية على نفسية المستخدمين فالتوزيع العشوائي للإنارة داخل البيئة المحيطة للإنسان وعدم تطبيق قواعد الأرجونوميكس يؤدى إلى إنارة وهاجة مزعجة أو ضعيفة غير كافية للوظيفة المرجوه منها أو تكون مسلطة على جزء ليس له أهمية وهنا يأتى دور الارجونوميكس فى الربط بين الوظيفة المرجوه لكل وحدة اضاءة والفراغ المحيط بها وتحقيق أعلى كفاءة وظيفية لكل وحدة إضاءة .

مشكلة البحث: Statement of the Problem

يُعد تحسين بيئة العمل من أهم العوامل لزيادة الإنتاجية الإنسان، وبما أن الإضاءة المناسبة هي من أهم عوامل بيئة العمل. وتكون آثاره على الأشخاص وأماكن العمل بعيدة المدى ويمكن أن يكون للإضاءة السيئة تأثير سلبي على الإنتاجية والأداء الوظيفي والرضا الوظيفي والصحة البدنية للإنسان. بالنظر إلى أن الأشخاص يتلقون 80٪ من معلوماتهم بصرياً. وعدم تحقيق لاعتبارات الارجونومية فى وحدات الإضاءة ببيئة العمل سواء المسكن أو المكتب يؤدى إلى إجهاد العين وتهيج العين وعدم وضوح الرؤية والصداع يحدث بسبب ضعف الإضاءة أو شدة توهجها أو الإضاءة غير المدروسة كما يمكن أن يتسبب أيضاً في انحناء الناس للأمام أو للخلف من أجل الرؤية بشكل أفضل، مما يخلق وضعيات جسدية محرجة يمكن أن تساهم في أمراض الجهاز العضلي الهيكلي والأمراض الجسدية الأخرى ويرجع جزء كبير من سوء الإضاءة إلى عدم تطبيق الارجونومية على وحدات الإضاءة ودراستها جيداً بالنسبة لقياسات الجسم البشري والوظيفة التى يقوم بها كل وحدة بمكانها الصحيح وبشدتها المطلوبة.

أهمية البحث: Research Significance

يكمن دور المصمم الفعال فى تحقيق التوافق بين المستخدم وبيئة العمل المحيطة به وخاصة وحدات الإضاءة المحيطة به والتى تساعده فى إنجاز مهامه اليومية بصوره أفضل وأسرع، وتعد الدراسة الارجونومية لتصميم وحدات الإضاءة هو الحل الأمثل، حيث تقوم الارجونومية على دراسة بيئة العمل المحيطة بالإنسان ودراسة قياسات الجسم البشرى لتحقيق أعلى انتاجية وتقليل أو منع حدوث آثار سلبية على الجسم وتحقيق الوظيفة المرجوة من الاضاءة بأعلى كفاءة.

أهداف البحث: Research Objectives

1- تحسين كفاءة وحدات الإضاءة الداخلية.

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

2- تحديد بعض الاعتبارات الارجونومية التى يجب توفرها فى وحدات الإضاءة الداخلية.

منهج البحث: Research Methodology

المنهج الوصفي التحليلي.

الإطار النظري: Theoretical Framework

1- كفاءة المنتج:

1-1- تعريف الكفاءة:

Efficiency: في لسان العرب لابن منظور على أنّها: النظير، والمُساوي، أمّا في المعجم الوسيط، فقد وردت على أنّها كلمة مُشتَقّة من (كَفَأَ)، نقول: لَهُ كَفَاءةٌ عِلْمِيَّةٌ؛ أي لديه قُدْرَةٌ ، ومُؤَهِّلاَتٌ عِلْمِيَّةٌ، ونقول: يَتَمَتَّعُ بِكَفَاءةٍ عَالِيَةٍ؛ أي بِقُدْرَةٍ عَالِيَةٍ عَلَى العَمَلِ، وبِجَدَارَةٍ، وَأَهْلِيَّةٍ.

عرَّفتها المجموعة المهنيّة الفرنسيّة le Medef على أنّها: "مزيج من المعارف النظريّة، والمعارف العمليّة، والخبرة المُمارَسة، والوضعيّة المهنيّة هي الإطار الذي يسمح بملاحظتها، والاعتراف بها، وعلى المؤسَّسة تقييمها، وتطويرها".عرَّفتها الجمعيّة الفرنسيّة للمعايير الصناعيّة على أنّها: "استخدام القدرات في وضعيّة مهنيّة؛ بُغية التوصُّل إلى الأداء الأمثل للوظيفة، أو النشاط".

فالكفاءة هي الاستخدام الأمثل للموارد المتاحة لتحقيق حجم أو مستوى معين من النواتج بأقل التكاليف وهو من أهم مقاييس النجاح للمؤسسات في تحقيق أهدافها.

كما أنها الاستغلال العقلاني والأمثل والاقتصادي لموارد المؤسسة والفعالية هي مدى تحقيق المؤسسة لأهدافها بأقل تكلفة وأقل وقت ممكن.

1-2- دور المصمم في تحقيق كفاءة المنتجات:

للمصمم دور مؤثر فى تحقيق كفاءة المنتج بداية من دراسة المنتج المطلوب تصميمه وتحديد إحتياجات المستعمل ومدى الإشتراطات والمواصفات الجمالية والإستخدامية في المنتج والغرض من تصميمه.

1- مراعاة التبسيط في عناصر المنتج الكمية والكيفية لخفض عمليات الإنتاج وبالتالى التكلفة.
2- مراعاة توفير المتطلبات الجمالية في التصميم وأثر ذلك على جذب المستعمل ورضائه.
3- مراعاة المصمم استخدام الأجزاء القياسية أو النصف قياسية كلما أمكن ذلك بهدف خفض التكلفة ودقة التصميم.
4- ملائمة المنتجات البيئية بدءا من كونه مجرد إحتياج إلى أن يصبح منتج وحتى بعد إهلاكه.
5- مراعاة إطلاع المصمم بإستمرار على المهارات التقنية والتكنولوجية المتوفرة بالفعل وظروف العمل القائمة حتى يستفيد منها فى التصميم.
6- يجب على المصمم الربط بين الدقة في المنتج ومدى الحاجة إليها لتأديته وظيفته بهدف الوصول إلى أفضل جودة بأقل تكلفة وزيادة الجودة بعد ذلك لافائدة منه ويزيد من التكلفة.
7- بقدر الإمكان يعمل المصمم على أن يكون تصميمه مرنا يقبل التعديل إذا ما تطلب الأمر.
8- أن يعي المصمم أن التصميم الجيد والمناسب سهل الإستخدام والفك والتركيب والنقل والتخزين والتغليف، كذلك سهل الصيانة والإصلاح وإستبدال العناصر التالفة.
9- يجب أن يوفق المصمم بين عناصر المنتج من حيث تقارب عمرها الافتراضي كلما أمكن.
10- ينبغي أن يراعي المصمم التجديد والإبتكار والتميز في الجودة دون مغالاة حتى يتعايش مع تطورات العصر
11- يجب أن يعي المصمم أن "الجودة ماهي إلا أداء الشي السليم بالطريقة السليمة من أول مرة في الوقت المناسب وفي كل مرة والسعى دائما من أجل التطوير والتحسين الرضاء المستعمل". (الريفي 1999)

1-3- أنواع الكفاءة فى المنتج الاستخدامى:

تنوع المنتجات وبالتالى تختلف متطلباتها إلا أن هناك متطلبات عامة لتحقيق كفاءة المنتجات وعلى المصمم مراعاة توفيرها في تصميم أي منتج فهناك مقومات أساسية لكفاءة المنتج وهى :

1- **كفاءة جمالية:** وهي مدى توافر القيم الجمالية في المنتج (إيقاع - تناسب – ابتكار - إتزان - إتحاد).
2- **كفاءة إستخدامية:** وهى مدى ملائمة تصميم المنتج للقيام بوظيفته بكفاءة وسهولة.
3- **كفاءة تكنولوجية:** ملائمة تصميم المنتج للتكنولوجيا المتاحة بحيث لايتفوق أحدهما على الآخر كما يتضمن تشكيل المواد وأساليب صناعتها وإنتاجها وتكاليفها، وطرق نقلها وتخزينها وتسويقها، وسهولة تنظيفها وصيانتها. يدفع البعد التكنولوجى المصمم الى الاهتمام بعده جوانب فى المنتج.
4- **كفاءة بيئية:** ملائمة تصميم المنتج للعوامل البيئية منذ بداية تصميمه حتى إهلاكه بمعنى أن يكون المنتج بيئى في كل مراحله.
5- **كفاءة إعتمادية:** قدرة المنتج للقيام بوظيفته بكفاءة طوال فترة العمر الافتراضي له في ظروف الإستخدام العادي.
6- **كفاءة إقتصادية:** قياس تكلفة المنتج بالنسبة لأدائه الوظيفة الرئيسية ومدى منافسته للمنتجات المماثلة.
7- **كفاءة ارجنوميكية:** مدى توافق تصميم المنتج وأدائه مع أعضاء جسم المستخدم.
8- **كفاءة الأداء المظهرى:** إذا هيمنت القيم الشكلية إلى حد إغفال القيم الوظيفية, يصبح الفن ضحلا أو يصبح مجرد تطبيقات لقواعد وتمارين لاستعمال أساليب التقنيات حيث أن الصفات المظهرية للتصميم تتاثر بتنوع التقنيات وما لها من خواص ونتائج تمتاز بها كل تقنية عن أخرى لتكتسب مظهرية المنتج صفاته وخصوصيته عن غيره.

وحيث أن الكفاءة الوظيفية للمنتج تتضمن الكفاءة الأرجونومية فسوف يكون محور البحث لأهميته ودوره فى تحين الإنتاجية لدى المستخدم.

2- الأرجونومية:

2-1- مفهوم الأرجونومية:

العلاقة بين الإنسان وبيئة العمل لها تأثير كبير في الإنتاجية والانضباطية ورفع مستوى الكفاءة. هذه العلاقة تبدأ من الرضا الوظيفي عن المنتج وتهيئة بيئة مناسبة للعمل.

وهذه العلاقة تسمى علم الإرجونوميكس Ergonomics أو علم عوامل الإنسان الذي بدوره يدرس العلاقة بين الإنسان وبيئة العمل، استنادا إلى العوامل الفسيولوجية والبشرية. أول من جاء بهذا المصطلح هو الفيلسوف البولندي وجيك جاسترزيبوسكي، الذي اشتق من لفظين يونانيين هما Ergon بمعنى عمل و Nomos بمعنى قانون أو تنظيم.. وتعني الأرجونومية التوافق والملاءمة والمطابقة بين البشر وبين الأشياء التي يستخدمونها والأشياء التي يفعلونها والبيئة التي يعملون فيها ويتنقلون في أرجائها عندما يجد المستخدم بيئة العمل الهادئة والآمنة من عناصر الإنتاج ومعدات والأدوات والأثاث التي تتناسب معه والاضاءة المناسبة للوظيفة التى يقومبها ، على أن يكون مكان العمل مصمما بشكل مناسب حتى يقلل من إجهاد الموظف ويزيد من أمان الوظيفة، فإنها بالتأكيد ستنعكس إيجابا على الأداء. إن توافر عناصر الراحة والهدوء في مكان العمل، وذلك بعد دراسة اهم العوامل المؤثرة فى تحسين تلك العلاقة، سيكون له تأثير كبير نحو إيجاد بيئة تساعد على الإبداع والابتكار نحو التميز.

أشياء قد تكلف الشئ القليل لكن عوائدها تأتي بثمار رائعة، خصوصا من يبحث عن سر الجودة والتميز في الأداء في العمل. إن توافر مكتب أنيق وبسيط وكرسي مريح بوجود أشجار طبيعية وإضاءة جيدة مع خدمات لوجستية قادرة على أن تصنع الفرق.

2-2- ظهور الأرجونومية وتطورها:

تعددت الدراسات النفسية في بدايات القرن (20)، وتطورت المعارف في علم النفس، إلا أنها كانت قليلة في مجال الخاصة بالمنتجات. وفي بدايات هذا القرن، بدأ الاهتمام بهذا الجانب من طرف بعض السيكولوجيين من ألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية وانجلترا، من خلال إنشاء مراكز البحث والمعاهد الموجهة لدراسة هذه المشاكل.

إن مصطلح الأرجونوميا لم يظهر لأول مرة فقط على يد (Murel 1945)، ولكن تم تصوره من طرف البولندي Wojciech Jastrzebowski وقد ظهر هذا المصطلح مع السيكولوجي البريطاني Murell لوصف الدراسة متعددة التخصصات للأنشطة الإنسانية، المطبقة في الحرب العالمية الثانية والمتعلقة بمدى فعالية الجنود في الحرب. وقد تم إنشاء جمعية البحث في الأرغونوميا سنة 1949 من طرف (Murell) وزملائه(Bekai,2011)

2-3- أرجونومية المنتج Ergonomics:

عندما يكون المنتج مصمماً من أجل الاستخدام الإنساني ففي هذه الحالة يجب الأخذ في الاعتبار المتطلبات الخاصة بهؤلاء المستخدمين، ويتطلب تضمين المنتج والمهام الخاصة به أن تتلاءم مع حدود القدرات الفسيولوجية و السيكولوجية و الأنثروبومترية المختلفة لمستخدميه حيث يجب أن توصف العلاقة بين الإنسان و المنتج بشكل دقيق يخدم عملية التصميم. ويراعي في المواصفات أن تحدد المبادئ التي يقوم عليها تصميم المنتج بمراعاة القوة الجسمانية للمستخدم بما تناسب مع المستويات المتوسطة من الوزن والشكل والحجم وتوزيع الأحمال ومراعاة وضع الجسم حسب مقتضيات الأداء ونوعية المستخدم وقدراته كذلك المواءمة مع الجانب الاجتماعي والثقافي للإنسان المستخدم والمراحل السنية الخاصة به أيضاً هناك جانب آخر يجب مراعاته وهو ملائمة تصميم المنتج للجوانب السيكولوجية للمستخدم ووظائف أعضاؤه وأبعادها ونظم التحكم والبيان مثل السرعة في الأداء الفسيولوجي، والميكانيكا الحيوية (الهبيري 2016)

2-4- مجالات الأرجونومية:

يمكن تقسيم مجالات الارجونوميكس إلى ثلاثة مجالات رئيسية هي:

4-1-2- الأرجونوميكس الفيزيائي Physical Ergonomics:

ويهتم بدراسة الجوانب الفيزيائية للإنسان، والخاصة بأبعاد الجسم الإنساني، المدى الحركي لأطرافه ومقاومتها، القوة التي يمكن بذلها أثناء الأداء والاستخدام، أي يهتم بدراسة القدرات والحدود الفيزيائية للإنسان. ويعتبر "الأرجونوميكس الفيزيائي هو أول الاهتمامات الدراسية للارجونوميكس منذ نشأته وذلك من جانب الأطباء والفيسيولوجيين والذي كان هدفهم هو تعيين القدرات والحدود الفيزيائية للإنسان الاستخدامها في تصميم المعدات والماكينات... الخ وهذه الحدود والقدرات تتضمن: [الأبعاد الفيزيائية لجسم الإنسان كطول القامة وارتفاع مستوى النظر وغيرها من الأبعاد التفصيلية للجسم، وذلك من خلال علم الانثروبومتري الذي يحقق استخدامه في التصميم، وإعادة التصميم، الملاءمة البعدية بين الانسان والمنتج.

تقديرات متطلبات الطاقة اللازمة للعمل الفيزيائي والحدود الفسيولوجية الأعضاء وأجهزة الجسم الداخلة في تفاعل الإنسان المنتج، كالقدرات العضلية والتأثير الاستخدامى وأداء الأعمال على القلب والرئتين وصرف المواد الغذائية داخل الخلايا نتيجة المجهود البدني، وأيضا تحديد مدى وزوايا الرؤية للعين، وبيئة الرؤية المناسبة وتأثير الحرارة والضغط على الأداء، وترمي هذه الدراسات إلى تحقيق الملاءمة الفسيولوجية للإنسان مع متطلبات الأداء والعمل عند الاستخدام أو التشغيل

دراسة ميكانيكية ومدى حركة جسم الإنسان والتركيب وخواص الكتلة الأجزاء الجسم، والمفاصل المختلفة التي تصل بين أجزاء الجسم، ذلك لأن وضع وحركة الجسم يمثلان جانب رئيسي في الارجونوميكس، خاصة في الميكانيكا الحيوية للإنسان، ذلك لأن الوضع، أو الحركة الخطأ يمكن أن يؤديان إلى حدوث إجهاد ميكانيكي موضعي على العضلات والأربطة والمفاصل المرتبطة بهم، وبذلك يكون الهدف من الميكانيكا الحيوية في التصميم هو تقديم التسهيلات الممكنة لتحسين الأداء الاستخدامى للمنتجات، وفي أداء المهام وتصميم فراغ الاستخدام وذلك عند الوضع والحركة للجسم أثناء الأداء وبالتالي فإن الأرجونوميكس الفيزيائي يهتم بدراسة هذه القدرات والحدود الفيزيائية للإنسان .

4-2-2- الأرجونوميكس الادراكي Cognitive Ergonomics

ويهتم بدراسة الإدراك الحسي والعمليات الذهنية المستخدمة في استقبال ومعالجة المعلومات واتخاذ القرار ونظرية الأداء الإنساني، أي يهتم بدراسة القدرات والحدود العقلية والادراكية للإنسان المستخدم، فعند تعامل الإنسان مع المنتج يحدث نوعين من الأداء بواسطة الإنسان هما: الأداء الفيزيائي والأداء العقلي، وكل منهما يؤثر في التصميم، وأيضا يتأثران من التصميم عند الاستخدام من خلال تفاعل الإنسان المنتج، لذلك كان اهتمام الأرجونوميكس الفيزيائي بجانب الأداء الفيزيائي للإنسان والخاص بمعرفة القدرات والحدود الفيزيائية للإنسان المستخدم، ويهتم الأرجونوميكس الادراكي بالدراسات الخاصة بجوانب الأداء العقلي للإنسان كمثال: علم النفس الهندسي وصناعة القرار الإنساني. ولأن الهدف من دراسة الأرجونوميكس هو التحديد للمبادئ والمتطلبات الخاصة به في التصميم والمتعلقة بتفاعل الإنسان مع المنتج، فإن المصمم لابد أن يتولى المسئولية المباشرة لكيفية حدوث هذه التفاعلات، وكل جوانب التفاعل مع المنتج يجب أن تؤخذ في الاعتبار في كل مشروع تصميمي، وأن يتحدد المواصفات الصالحة لمتطلبات البيان والتحكم وبيئة العمل والاستخدام الماكينات أو النظم والبيئة المحيطة.

4-3-2- الارجونوميكس التنظيمي Organizational Ergonomics:

ويطلق عليه "الماكرو ارجونوميكس Macro Ergonomics" ويهتم بالبحث والتصميم والتطوير والتطبيق لتكنولوجيا تواجه الإنسان/ التنظيم البيئة/ الماكينة. والذي يؤدي إلى تحسين الإنتاجية، الارتياح الوظيفي، والصحة والأمان، وترتكز دراساته على كل من نظرية النظم وعلم النفس التنظيمي. (الهبيري،2016م)

5- المعايير الأرجونومية لوحدات الإضاءة:

يختص علم الأرجونوميكس فى دراسة العلاقة بين الإنسان والبيئة المباشرة التي يمارس فيها نشاطه وما تتضمنه من عادات وتقاليد اجتماعية وثقافية، والتي تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر في اختيار العناصر والرموز والدلالات، مما يؤثر في نوع العلاقة الاستخدامية والنفسية التي تتم بين البشر والمنتجات وبينهم وبين كل ما يدخل فى نطاق بيئة وجودهم. وبهذا يحقق علم الارجونوميكس منظومة متكاملة تدرس العلاقة بين الإنسان والمنتج والبيئة بصورة تحقق التكامل مع بقية جوانب التصميم الأخرى سواء كانت الوظيفية أو الجمالية أو الاقتصادية، بهدف تصميم منتج يلبي رغبات المتلقي واحتياجاته الشخصية ويكون استخدامه أقل إجهاداً، ويحقق التعامل الجيد بيسر وسهولة وراحة. كما يسعى إلى توفير الاحتياجات الأساسية للإنسان في منتجاته من خلال دراسة علميه لهذه الحاجات والمنتجات وهي ذاتها الحاجات التي أمكن لعلم الارجونوميكس استيعابها والاستجابة لها بحلول انسانية وتلبيتها لاحتياجات حقيقية بشكل ملموس

انطلاقاً من وجهة نظر الشعار الذي يردده مجمع الأرجونومية للغة الفرنسية، القائل: "حين نكون على أحسن حال، و في وضعية جيدة، سنكون نحن الأقوياء".

5-1- تعريف الضوء:

عادة ما تستخدم كلمة ضوء للتعبير عن الإشعاع الكهرومغناطيسي الذى يمثل جزءاً ضيقاً من كامل الطيف الكهرومغناطيسي وهو الجزء الذى يمكن للعين البشرية أن تدركه وينتشر في حركة موجية يتراوح الطول الموجى بين 4000 وحدة أنجستروم الذى يعطينا االحساس باللون البنفسجي حتى االشعاع الضوئي ذو ذبذبة بطول

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

موجة 7600 وحدة أنجستروم الذى يعطينا احساس باللون الاحمر، وبين هاتين القيمتين تتدرج أطوال موجات الأشعة الضوئية الملونة (العريان، 2007م)

2-5- مصادرالإضاءة:

1-2-5- الاضاءة الطبيعية:

- **الأشعة القادمة من الشمس:** وهي من أقرب النجوم إلى الأرض
- **النجوم:** وهي كرات من الغازات تنبعث منها الحرارة والضوء، حيث تضئ السماء في الليل وفي حالة- صفاء السماء وخلوها من الغيوم التي تشتت الضوء المنبعث منه .
- **القمر:** يعتبر القمر أحد الكواكب المعتمة، ولكنه يستمد الضوء عن طريق عكس أشعة الشمس الواقعة عليه.

فالإضاءة الطبيعية توفر الراحة البصرية والنفسية للإنسان وتبث النشاط والحيوية كما ان انعكاساتها غير مزعجة وظاللها مقبولة ومعقولة، حيث تركيبة الضوء والظل وتوافقها مع المبنى بوحداته وفتحاته يعكى احساس بالتجانس والوحدة.

تتدرج الإضاءة الطبيعية عل مدى ساعات النهار بما يتأقلم مع العين البشرية وتراوح درجة الإضاءة الطبيعية الواقعة على السطوح الأفقية في الأماكن المكشوفة عادة بين 0.0005 لكس في الليلة المظلمة (غير القمراء)، و0.3 لكس في الليلة القمراء التامة البدر، و100000 لكس تقريبا تحت أشعة الشمس المباشرة، واللكس كلمة لاتينية وهى وحدة شدة الضوء فى نظام الوحدات الدولى"Lux"

2-2-5- الإضاءة الصناعية:

هي المصادر التي ابتكرها الإنسان، وهي متعددة، ويمكن تطويرها بشكِل مستمر ودائم، بما يتلائم مع راحة المستخدم والتطور التكنولوجى المستمر وتتمتع الإضاءة الصناعية بمرونة في التصميم والتوزيع، بالإضافة لتعدد الألوان وتوفير حرية للمصمم في اختيار االلوان التي تتوافق مع فكرته التصميمية ومدى انسجامها وتطابقها مع المبنى ومع النشاط المقام فيه، (القشطى، 2018م)

تكون الحاجة للإنارة الصناعية ضرورية في المبنى خلال الليل. إمكانية استعمالها في الأوقات المختلفة تبعا لرغبة المستخدم، و يمكن تصميم واختيار أشكال وأحجام مصادر إنارة متنوعة ومتعددة حسب المكان والأبعاد والفراغات مع إمكانية التحكم في شدة الإضاءة ولونها وكميتها- يمكن وضعها في الأرضيات والأسطح والجدران وبطرق مختلفة- يمكن خلق مميزات بصرية وأجواء معينة باختيار نوع المصباح واللون والطريقة المستخدمة. (عبيد، 2018م)

3-5- أهمية الإضاءة الطبيعية والصناعية:

وظيفة بصرية: حيث أن عين الإنسان هي من أعظم الأنظمة البصرية على وجه الإطلاق ومن غير الضوء فإن حاسة البصر تكون غير فعالة.

الفوائد الوظيفية: تحسن من أداء الإنسان في الفراغ

أهمية نفسية (حسية): إن الإضاءة بشكل عام تخلق توازن نفسى والشعور بالأمان داخل الفراغات المعمارية المختلفة وبالأخص الإضاءة الطبيعية لأنها تتأقلم مع العين البشرية.

أهمية بيئية وصحية: من المتعارف عليه بأن اشعة الشمس (ضوء النهار) تعمل على تطهير بيئي طبيعي لهواء تلك الفراغات سواء كانت فراغات معيشة او غرف نوم أو غيره.

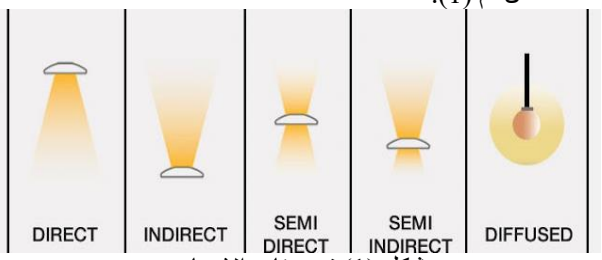
منع حالات الارهاق البصرى واخطار الحوادث بسبب سوء الانارة .

الفوائد الإقتصادية: تنتج من تقليل تكاليف الإنارة الصناعية عن طريق تقليل الطاقة المستخدمة ونفقات الصيانة، وتساعد على استغالل الفراغ في فترة الليل مما يزيد من العائد الإقتصادي تقليل الطاقة المستهلكة والحد من التلوث الضوئى

الفوائد الجمالية: فهي تؤدى إلى الراحة النفسية فلا أحد يسعد بالظلام بل إن الضوء وبالأخص الضوء الجيد والمعقول يوحى بالفرحة واالبتهاج. (العريان، 2009م)

4-5- تصنيفات وحدات الإضاءة:

- **الإضاءة العامة lighting General:** وهي الإضاءة المصممة لتنير حيز او مساحة ما بدون بذل جهد خاص لتخصيص الإضاءة أو اعتبار للمتطلبات الموضعية.
- **الإضاءة المنتشرة Lighting Diffused:** وهي استخدام اكثر من مصدر إضاءة حسب حاجة المكان مثلاً أن يكون هنالك نوع من الإضاءة المسلطة على كرسي القراءة والمكتب، وغالباً ما تستخدم الابليكات والشمعدانات والنجف الصغير لتوزيع الضوء في حجرات المعيشة.
- **الإضاءة غير المباشرة Lighting Indirect:** تصلح للمداخل والحجرات ونحصل عليها عن طريق اللمبديرات والاباجورات.
- **الإضاءة المباشرة أو الموجهة lighting Directional:** هي الإضاءة المصممة لتنير الجانب الأكبر من حيز ما من اتجاه محدد لها شروط خاصة. وهي ضوء ساقط من مصدره مباشرة على الأجسام ويسمح لأن تكون الإضاءة منتشرة في كل مكان وآتية من مصدر واحد قوي أو أكثر- مثل الشمس التي تعتبر مصدر إضاءة مباشرة قوية، ممكن اسغلاله في بعض حالات الديكور عن طريق المرايا كضوء منعكس قوي كما فى الشكل قم (1).



شكل (1) تصنيفات الإضاءة

الإضاءة المحلية lighting Localized: هي الإضاءة المصممة لتنير حيز ما أو مساحة من مكان بحيث توفر قدراً كبيراً من تركيز الإنارة على جزء محدد من الحيز أو المساحة التي تتطلب إضاءة موضعية.

الإضاءة الموضعية lighting Task: هي الإضاءة المصممة لتنير بشكل مركز حيزاً أو مساحة صغيرة. وقد تصمم لإضاءة بتركيز خاص شئ ما.

الإضاءة التأكيدية lighting Accent: هى إضاءة تصمم لإبراز وجذب الانتباه إلى عنصر معين أو إضاءة شئ ما محدد بتركيز بما يجعله أكثر وضوحاً رغم وجود إضاءة خلفية محيطية أو عامة كإضاءة المعارض والمتاحف وما إليها

الإضاءة الجمالية lighting Aesthetic: وتكون عندما تصبح وحدة الإضاءة أو الضوء الناتج عنها فى حد ذاتهما عنصراً جمالياً يضيف إلى جمال المكان (فى كل هذه الأنواع من الإضاءة) المباشرة, Direct المنتشرة , Diffusedاو الغير مباشرة Indirect والخليط بين المباشرة وغير المباشرة) indirect-Direct يجب حساب كمية الضوء المناسبة ونوعيتها ودرجات توزيعها, فإذا كان الضوء الطبيعي أكثر من اللازم من الممكن تقليله والسيطرة عليها باستخدام الستائر التي تسمح بالتحكم في كمية الضوء المطلوب (في حالة استخدام الضوء المباشر والطبيعي للإضاءة) في حالة استخدام إضاءة غير مباشرة مثلا ممكن توجيه بعض وحدات الإضاءة الصغيرة إلى أسطح لتعكسها او تشتتها في هدوء.

5-5- مراحلَ تصميمَ الإضاءةَ:

يمر كل مشروع يتم فيه تصميم الإضاءة بمجموعة مراحل حتى إتمام انجازه وحسب خصوصية المشروع وأهداف فريق العمل، وعلى الرغم من اختالف وخصوصية كل مشروع عن الآخر إلى أنه يمكن تقسيم هذه المراحل ووفقاً للتسلسل الزمني وتسلسل الأهمية وهى كالتالي: مرحلةَ ما قبل التصميم: هنالك مجموعة أمور يجب على المصمم أو الفريق التصميمي فهمها قبل المباشرة بوضع الفكرة التصميمية الخاصة بمجموعة المخططات الضوئية، بالتالي فإن استيعاب هذه الأمور من شأنها إنجاح المشروع ككل، ويمكن جدولتها كالتالي :

A فهم طبيعةَ الفراغ أو المساحة وخصوصية النشاط في المكان ومدى احتياجه للاضاءة.

B اختلاف نوعيةَ وتخصصاتَ المستخدمين بالتالي يجب توفير احتياجاتهم بهدف تحقيق الحالة المثلى

C تحديد الوظيفة المرجوة لوحدة الاضاءة لتعزيز الهدفَ الأساسي منَ تصميمَ

D تحديدَ أولويات للمعايير الداخلة في عملية التصميم هل الوحدة دكورية أم وظيفية ؟

E تحديد معايير الإضاءة وأنماطها مع تحديد كيفية السيطرة عليها

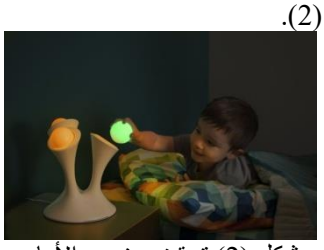
5-5- المعايير الأرجونومية للإضاءة الداخلية:

هناك عدة معايير أرجونومية يجب تحقيقها وأخذها فى الاعتبار عند تصميم وحدة الإضاءة وذلك بعد معرفة العناصر السابقة من مساحة الفراغ وطبيعة المستخدمين والوظيفة المرجوة وتعتبر هذه المعلومات المطلوبة قبل العملية التصميمية والتى سوف يتم بناء التصميم عليها.

ويزيد عليها المعاير الأرجونومية التى سوف نذكرها .. مثل كيف نحقق الأمان فى وحدة الإضاءة؟ كيف نحقق الراحة؟ مدى سهولة استخدام الوحدة وفهمها والتعامل معها؟ وهكذا

5-5-1- الأمان Safety :

كل منتج مصمم لبشر ينبغى بلاشك ان يحقق الأمان وأن يوفر للمستخدم بيئة وظروف عمل لا تنال من امانه وراحته. فعادة يتم فى مراحل العملية التصميمية تجنب ما قد يصيب الإنسان بأى خطر مما قد يؤثر عليه أو يعوق أداءه أو يصيبه بمشكلة أو حادث ما، والأمان قد يمتد إلى ما هو أكثر من الحوادث المادية والإصابات وما إليها. فهناك ما يؤثر على حواس الإنسان ويصيبها بضرر قد يكون أكثر إيلاماً من أضرار الإصابات المادية وهنا يجب على المصمم أن يراعى عنصر الأمان فى وحدة الإضاءة سواء عند تشغيلها أو التحكم بها حيث أنها تؤثر على حاسة البصر عند الإنسان، كما أن هناك أنواع من وحدات الإضاءة التى يتعامل معها المستخدم تعامل مباشر كما فى وحدات الإضاءة الخاصة بالأطفال الشكل (2).



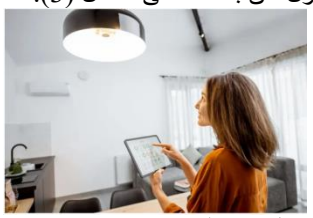
شكل (2) تحقيق عنصر الأمان

5-5-2- الراحة Comfort :

من البديهي أن تكون وحدة الإضاءة مريحة ومتوافقة مع القدرات البدنية للمستخدم وألا يكون مرهقاً له عند الاستخدام ويجب ألا يستلزم منه ما يزيد عن طاقته. لكن هناك الكثير من المنتجات والأعمال التى تفرض على المستخدم ما يرهقه. لكن الأمر يتجاوز ذلك إلى ما يرهق حواسه ويضغط على أعصابه ويسبب له الإرهاق النفسى. ويمكننا أن نضرب مثلاً واضحاً لضرورة تدخل الارجونوميكس فى نطاق أوسع بكثير من أبعاد جسم الإنسان وقدراته العضلية وتتحقق الراحة بواسطة تحسين ظروف العمل، وتقليص التعب الجسمي والذهني؛ إن راحة المستخدم ذات بعد مهم جداً في الدراسات الأرجونومية، وهي مرتبطة بوضعيات العمل "Postures de travail"، و بتحسين ظروف المحيطة بالمستخدم وذلك من خلال تصميم وحدة إضاءة مناسبة للوظيفة مثل القراءة فيراعى المصمم شدة الاضاءة المناسبة وأن يتم وضع مصدر الإضاءة على ارتفاع مناسب لمكان الجلوس لتحقيق الراحة المطلوبة للنظر وحتى لا يحدث إجهاد للعين.

5-5-3- سهولة الاستخدام والتنظيف Ease of use :

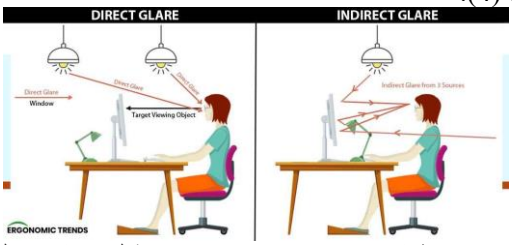
تعد سهولة الاستخدام من أهم الأهداف التى تسعى إليها الأرجونومية حيث أن فهم وحدة الإضاءة جيداً وطريقة استخدامها السليمة والتعامل معه بسهولة مثل القدرة على التحكم بشدة إضاءة الوحدة سهولة الفتح والغلق للوحدة دون بذل مجهود كبير وتعدد طرف لفتح وحدة الإضاءة فيمكن إضافة مفاتيح أرضية أو التحكم بالوحدة بالريموت كونترول عن بعد كما فى الشكل (3).



شكل (3) التحكم بالإضاءة عن بعد

5-5-4 الإنتاجية Productivity :

هناك الكثير من العناصر التى قد تتواجد فى تصميم وحدة الإضاءة تبعا لمكان العمل، وأهمها شدة الإضاءة حيث يساعد مستوى الضوء الصحيح في مكان العمل علي تجنب التعب وعدم التركيز. ويمكن تنظيم ذلك بواسطة الإنارة التي تقاس بوحدة الإضاءة، يتم تحديد 500 وحدة إضاءة كحد أدنى للسطوع في مراكز العمل علي الحاسوب. وبصفة عامة، فإن زيادة الإنارة تعزز الأداء البصري وتؤثر إيجابياً على معالجة المعلومات المرئية المفصلة والسريعة. ويمكن أيضاً أن ينظر إلى الإنارة بين 500 و1000 وحدة إضاءة علي أنها لا تسبب الإجهاد مما يزيد من إنتاجية المستخدم كما فى الشكل (4).



شكل (4) ضبط شدة الإضاءة يزيد من الإنتاجية لمنع تشتيت الضوء

5-5-5- الأداء Performance :

يرتبط الضوء بالأداء البصرى، وتعتبر عين الإنسان أداة راقية تنقل لها الإحساس بالأشياء المحيطة بها ويتوقف اعتمادها في رؤية الأشياء على الضوء وعلاقتها المركبة بالمساحة والحجم واللون والملمس. والضوء عنصر تصميمى في غاية الأهمية، واستخدامه بشكل جيد يعطي آثارًا هامة على الناظر، ويراعي أن يكون الضوء الواقع على السطح المراد إضاءته له درجة موحدة من الإضاءة حتى لا يصاب الإنسان باضطرابات مزاجية بانتقالها المفاجئ من مكان لآخر. ولما كانت الإضاءة الطبيعية متغيرة بتغير ساعات النهار وبتغيير الفصول؛ لذا يلجأ الإنسان إلى استخدام الإضاءة الصناعية نظرً ا لثباتها وعدم خضوعها لمتغيرات المناخ. ويمكن في تصميم الإضاءة للأماكن المزج بين الإضاءة الطبيعية والإضاءة الصناعية. ويلاحظ أن أساليب الإضاءة الصناعية قد حدث فيها تطور، خاصة بعد ظهور الإضاءة "الفلورسنت"، والتي تتميز بعدم إشعاعها للحرارة، ولكن يعيبها إشعاعها للأشعة فوق البنفسجية، وهو ما يمكن التغلب عليه باستخدام مرشحات خاصة كما يمكن دمج بعض اللمبات مع اختلاف أنواعها في وحدات الإضاءة بهدف تحسين ظروف

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

الإضاءة، وذلك برفع مستوى شدة الإضاءة على السطح أو المكان المراد إضاءته، أو تقليل شدة الإضاءة أو تحسين المظهر العام لتشارك بدورها التشكيلي مع مراعاة الناحية النفسية والفسيولوجية للإنسان كما أن الإضاءة المصممة هندسيا يمكن أن تكون داعمة جدا وكما أثبتت الدراسات، الإضاءة الجيدة في مكان العمل لها أيضا تأثير على الدافع.

6-5-5- الجماليات Aesthetics :

قد لا يعتقد الكثير أن جماليات المنتج هي أحد اهتمامات علم الارجونوميكس، والحقيقة أن الجماليات واعتبارات الشكل بالفعل تكون مختلفة بعض الشئ عندما ينظر إليها الارجونوميست وليس المصمم وحده، فالجماليات هنا في نطاق الارجونوميكس حسابات معقدة وقواعد علمية لابد من الالتزام بها عند وضع مساحة إلى جوار مساحة أو لون إلى جوار لون آخر. فالمهم ليس كيف سيبدو اللون متألقاً وجميلاً وإنما هو كيف سيكون تأثيره على المستخدم ومدى تقبله النفسي له في إطار زمني أو اجتماعي أو مكاني معين، فوحدات الإضاءة لابد وأن تكون متسقة مع المكان نفسه وأن تكون كذلك متسقة مع بعضها. فالتكرار الممجوج في الكثير منها قد يجعل المشاهد يمل النظر إلى أخرى أكثر أهمية. ومثل هذه اللوحات لا ينبغي فقط وأن تكون جذابة للنظر وملفتة للانتباه ولكن يجب أيضاً أن تكون سلسة في استيعابها واستقراء مدلولاتها.

6-5- معايير تصميم الإضاءة Lighting Design Criteria):

تمت الإشارة إلى العديد من المعايير في مجال تصميم الإضاءة من قبل الشركات والمؤسسات المختصة في هذا المجال، فتم وضع قيم معيارية يجب على المصممين والمختصين أخذها بعين الاعتبار، لتجنب الوقوع في الأخطاء التي قد تلغي الغاية من التصميم، وهي على النحو الآتي (Wilfried, 2003):

1- مستوى الإضاءة
2- توازن الإضاءة
3- الحد من الوهج
4- اتجاه الظل والنور
5- لون الضوء والأداء اللوني

ويجب أيضاً مراعاة مجموعة من القواعد الهامة عند القيام بعملية اختيار وتصميم الإضاءة وهي (Gutes, 2000):

1- تحديد المهمة البصرية.
2- إضاءة التفاصيل التي يريدها المصمم أو يحتاج إليها.
3- نوعية الإضاءة التي تمثل عاملاً مهما يجب دراسته هندسياً وفنياً.

اختيار الإضاءة اعتماداً على المساحة ونوع النشاط بالمكان:

لا يجب أن تطغى الإضاءة على الغرفة بشكل كامل، لذا من الحلول المقترحة لعدة أخطاء يجب تجنبها في استخدام الإضاءة في المنزل أن يتم اختيار الإضاءة اعتمادًا على المساحة، وينبغي أن تكون نسبة طول وعرض الغرفة بوحدة القدم، وقطر ثريا الإنارة بوحدة البوصة، فمثلًا إذا كان لديك غرفة بمساحة 10×10 أقدام، فيجب أن يكون قطر تجهيزات الإنارة حوالي 20 بوصة كما يجب مراعاة النشاط في كل غرفة فالمطبخ يكون فيه النشاط عالى ويحتاج الى شدة اضاءة عالية بعكس الممرات التى تحتاج إلى ضوء خافت كما موضح بالشكل (5).

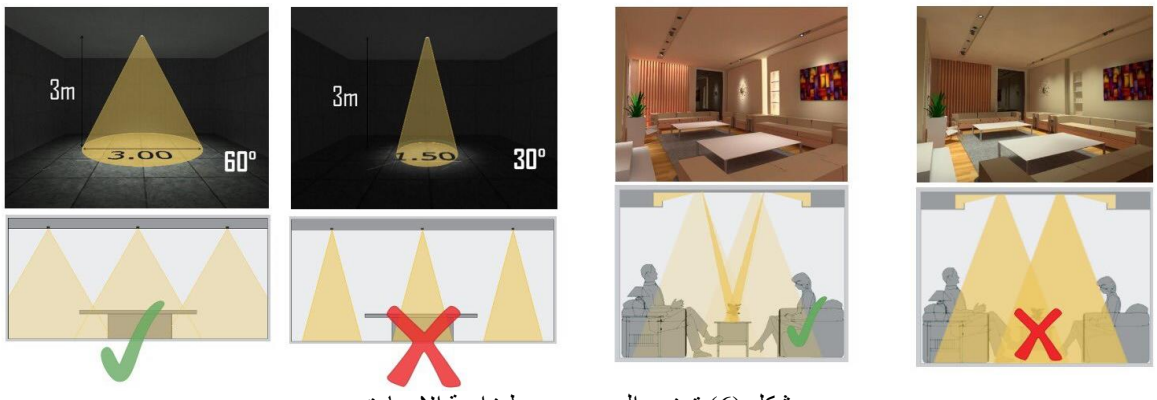
شكل (5) تناسب الاضاءة مع نوع النشاط بالمنزل

اختيار نقطة اتصال الضوء المناسبة:

أي اتصال الضوء مع العين البشرية، حيث يجدر مراعاة أن يكون اتجاه الضوء بعيدًا إلى حد ما عن زاوية النظر حتى لا تؤذي العين، كما يجب تجنب وضع الأجهزة والأدوات التي تعكس الضوء مثل الشمعدانات والأجهزة الكهربائية ناعمة الملمس، حيث تبحث العين عن الوضوح البصري دون أن تهبط على أي شيء محدد، ويُمكن اللجوء في المساحة الكبيرة مثل غرفة الطعام أو غرفة العائلة، إلى الثريا باعتبارها نقطة محورية رائعة، أما في الغرف الأصغر حجمًا، فإن فكرة وجود مصباح أرضي مميز تُعد خيارًا جيدًا

توزيع الضوء بطريقة مناسبة للمساحة:

يعد توزيع مصادر الإضاءة في المساحة من أهم المعايير الأرجونومية حيث أن توزيع الاضاءة تعتبر هي قدرة الضوء على الانتشار الضوء يعني الكمية المطلوبة من التدفق الضوئي لكل متر مربع من المساحة. يتم قياس الإضاءة في لوكس.(Lx) لعدم تركيز الإضاءة في وسط المكان يقسم الغرفة نصفين وبالتالى يمنح الشعور بالضيق وكذلك استخدام زاوية الإنارة المناسبة شكل (6).



شكل (6) توزيع الضوء وضبط زاوية الإضاءة

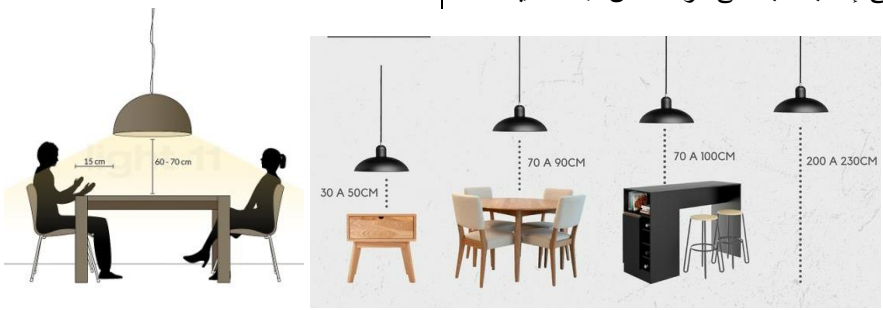
اتجاه الظلال فى الاضاءة :

لتجنب حدوث أى مشاكل بسبب الظلال يجب تصميم الإضاءة وضبطها بالمكان المناسب للوظيفة فعند اختيار إضاءة الحمام لا يجب تسليط الأبليك على الحوض بشكل مباشر بل لابد من مزجه مع مصدر إضاءة آخر، لنتجنب حدوث ظل على المرأة من الجانبين والتي تجعل أبسط المهام صعبة بسبب عدم توزيع الإضاءة بشكل متساوي وحدوث ظلال مزعجة كما فى الشكل (7).

شكل (7) توجيه الخطأ للإضاءة يحدث ظلال تؤثر على الأعمال اليومية

ارتفاع الوحدات المعلقة:

يعد الارتفاع المحدد لإضاءة السقف المدلاه أمرًا مهمًا للغاية فإذا كان مرتفع جدًا سيؤدي إلى إصابتك بالعمى، ومنخفض جدًا لا يمكنك رؤية الشخص الذي يجلس أمامك. تعتبر المسافة من 60 إلى 70 سم بين سطح الطاولة والحافة السفلية للمصباح مثالية. الأمر نفسه ينطبق على الأضواء المعلقة فوق المنضدة كما فى الشكل (8) .



شكل (8) الارتفاع المناسب لوحدات الإضاءة المعلقة

النتائج: Results

- تحديد السمات المناسبة لإضاءة كل غرفة ودراستها جيداً يساعد فى اختيار التصميم والإضاءة المناسبة للمكان والوظيفة.
- يفضل إضافة مصادر إضاءة للأعمال الفردية حيث أن الإضاءة المباشرة تحدث ظلال.
- يفضل استخدام الإضاءة الغير المباشرة للأعمال الدقيقة، حيث تنتج القليل من الوهج ينبعث الضوء لأعلى ولأسفل.
- تجعل الإضاءة المناسبة جميع مهام العمل أسهل كما تزيد من انتاجية المستخدم.
- الإضاءة المناسبة، بدون وهج أو ظلال، تقلل من إجهاد العين والصداع؛ يمكن أن يمنع الحوادث في مكان العمل.
- استخدام مستويات الضوء قابلة للتعديل أو تشغيل أضواء مختلفة أو إيقاف تشغيلها عن طريق عدد من دوائر التحكم, يساعد فى الحصول على أكثر من نوع من الأجواء.
- إنشاء إضاءة مركزة أو إضاءة مهام مع إضاءة اتجاهية، للتأكيد على الأشياء والأعمال الفنية والأدوات.
- التوازن بين الضوء المباشر وغير المباشر يخلق بيئة صحية للعمل.
- يتوقف اختيار نوع المصباح على مهمة العمل ودقة الرؤيا المطلوبة.
- يقاس مدى نجاح تصميم الإضاءة أرجونوميا بالراحة التى توفرها للمستخدم والأداء.
- الأخذ فى الإعتبار المتغيرات الفردية للمستخدم عند تصميم وحدات الإضاءة عامل هام يحدد كفاءتها .
- تعد تحديد المشكلات التى يواجهها المستخدم للإضاءة هى أولى الخطوات للحصول على حلول أرجونومية ناجحة تساعد المستخدم.

المراجع: References

1- الهبيري، رحاب محمود محمد كامل. 2016. العلاقة المتبادلة بين الجماليات و الاعتبارات الأرجونومية في عملية تصميم المنتج .مجلة التصميم الدولية،مج. 6، ع. 1، ص ص. 169-175

2- محمد شهدى أحمد. 2016. تحديات تصميم الإضاءة في أماكن العمل التي تواجه المصمم المصري .مجلة التصميم الدولية،مج. 6، ع. 4، ص ص. 287-297.

3- درابسه، نبيل عوض، و الأزهري، وائل وليد. (2019 .(دور الإضاءة في إدراك الخصائص اللونية للتصاميم الجرافيكية في البيئة الداخلية: الإعلانات المضيئة في إربد سيتي سنتر– كمثال دراسي) رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة الشرق الأوسط، عمان

4- طبال، طلال (2012 .)مقرر هندسة الانارة، الجامعة العربية الدولية، سوريا.

5- القَشطي، رانيا فؤاد (2012)الإضاءة الليلة وتأثيرها على واجهات المباني العامة، رسالة ماجستير (غير منشَورة)، كلية الهندسة بالمطرية، جامعة حلوان، القاهرة، مصر.

6- Poizat, G., Fréjus, M., & Haradji, Y. (2012). Ergonomics at home: Contribution to the design of a smart home lighting Service. Proc. AHFE, Advances in the Human Side of Service Engineering. CRC Press.

7- Chaudhury, H., Mahmood, A., & Valente, M. (2009). The effect of environmental design on reducing nursing errors and increasing efficiency in acute care settings: A review and analysis of the literature. Environment and Behavior, 41(6), 755-786.

8- Balocco, C., & Volante, G. (2019). A method for sustainable lighting, preventive conservation, energy design and technology—lighting a historical church converted into a university library. Sustainability, 11(11), 3145.

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

Springer, Cham.

9- Tosi, F. (2020). Design for ergonomics. In Design for Ergonomics (pp. 31-45).