عنوان المقال: الذكاء الاصطناعي التوليدي: رؤية مبتكرة لمواجهة متلازمة المباني المريضة وتعزيز الصحة والراحة في البيئة المهنية الداخلية.

الإسم و اللقب * أد/ إلهام قشي ، الإسم و اللقب** أد/جوادي يوسف

الإرسال:2025/04/21
القبول:2025/05/18
النشر: ../.../....

ملخص :

تتناول هذه الدراسة موضوع "الذكاء الاصطناعي التوليدي" كأداة مبتكرة لمواجهة متلازمة المباني المريضة (Sick Building Syndrome – SBS)وتعزيز الصحة والراحة في البيئات المهنية الداخلية. تعاني المجتمعات المعاصرة من تأثيرات سلبية ناتجة عن وجود أعراض غامضة مثل الصداع والتعب وضيق التنفس، التي عادة ما تعزى إلى جودة الهواء والتصميم الداخلي. من خلال استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي التوليدي، يمكن للمعماريين والخبراء تصميم مبانٍ قادرة على تحسين جودة الحياة داخل هذه البيئات. تهدف الدراسة إلى التعرف على العوامل التي تسهم في ظهور SBS وكيفية تطبيق الذكاء الاصطناعي التوليدي في تصميم بيئات عمل صحية وآمنة. تمتد الآثار الإيجابية لتطبيق هذه التقنيات لتشمل تحسين الإنتاجية وتقليل معدلات الغياب، فضلاً عن تعزيز الصحة النفسية للعاملين. تكمن أهمية البحث في تقديم حلول عملية مستندة على البيانات تهدف إلى تقليل تأثير SBS وتهيئة بيئات عمل أكثر راحة

الكلمات المفتاحية : الذكاء الاصطناعي التوليدي– متلازمة المباني المريضة– الصحة والعافية المهنية– جودة الهواء– التصميم المعماري.

Title: Generative Artificial Intelligence: An Innovative Approach to Addressing Sick Building Syndrome and Enhancing Health and Comfort in the Indoor Professional Environment.

* أستاذ ،جامعة محمد خيضر، بسكرة ، الجزائر ilhem.guechi@univ-biskra.dz، (المؤلف المرسل) إلهام قشي،
** أستاذ ،جامعة محمد خيضر، بسكرة ، الجزائر youcef.djouadi@univ-biskra.dz ، يوسف جوادي،

Abstract:

This study addresses "Generative Artificial Intelligence" as an innovative tool to combat Sick Building Syndrome (SBS) and enhance health and comfort in indoor professional environments. Contemporary societies suffer from adverse effects caused by ambiguous symptoms such as headaches, fatigue, and shortness of breath, often attributed to air quality and interior design. By using generative AI techniques, architects and experts can design buildings capable of improving quality of life in these environments. The study aims to identify factors contributing to the emergence of SBS and how to apply AI in designing healthy and safe work environments. The positive effects of implementing these techniques extend to improving productivity and reducing absenteeism

Keywords: Generative Artificial Intelligence –Sick Building Syndrome– Professional health and well–being –Air quality –Architectural design

مقدمة

تُعتبر متلازمة المباني المريضة (Sick Building Syndrome – SBS) إحدى القضايا الصحية المعقدة التي تؤثر بشكل ملحوظ على المجتمعات المعاصرة، حيث تؤثر بشكل مباشر على راحة وسلامة شاغلي المبـــاني،

وخصوصًا في بيئات العمل المهنية. تتعلق هذه المتلازمة بظهور مجموعة من الأعراض الصحية غير المحـــددة، مثـــل الصداع، والتعب، وتهيّج العينين، وضيق التنفس، مما يزيد من صعوبة تشخيص أسبابها بدقة، تُعزى هذه الأعراض غالبًا إلى عوامل بيئية داخل المباني، مثل جودة الهواء، ومستوى الإضاءة، ودرجة الحرارة. وقد أفادت التقارير الصادرة عن منظمة الصحة العالمية بأن ما يصل إلى 30% من المباني الجديدة أو المُرممة قد تُظهر علامات على كونها بيئات غير صحية .(WHO, 2020)

في ظل هذه التحديات، بدأ العديد من المهندسين المعماريين استكشاف تقنيات مبتكرة مثل الذكاء الاصطناعي التوليدي، بهدف تحسين جودة البيئة الداخلية للمباني وتعزيز التهوية. يُعنى هذا المقال بدراسة كيفية استخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي كأداة فعالة في تصميم مبانٍ تعزز من الصحة والرفاهية، مما يسهم في تقليل تأثير متلازمة المباني المريضة وتهيئة بيئة عمل أكثر صحية وآمن.

محتوى الدراسة :

أ- أهمية الدراسة: تتجلى أهمية الموضوع في النقاط التالية:

- **تحسين جودة البيئة الداخلية** :مع تزايد عدد الأشخاص الذين يعانون من متلازمة المباني المريضة، تقدم هذه الدراسة حلولًا تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحسين جودة البيئة الداخلية في أماكن العمل، مما يعزز من صحة العاملين وراحتهم.
- **استخدام التكنولوجيا الحديثة** :تستغل الدراسة تقنيات الذكاء الاصطناعي التوليدي لتقديم حلول مبتكرة، مما يعزز من قدرة المؤسسات على اتخاذ قرارات مبنية على البيانات التي تحدد أفضل الممارسات لتحسين البيئة الداخلية.
- **تعزيز الإنتاجية** :من خلال خلق بيئات عمل صحيّة، يمكن أن تساهم هذه الدراسات في تعزيز إنتاجية الموظفين وتقليل معدلات الغياب، مما ينعكس إيجابًا على أداء الشركات.
- **الإدراك الواعي للصحة النفسية** :تركز الدراسة على أهمية الصحة النفسية في أماكن العمل وتعزيز الراحة النفسية، مما يساهم في خلق بيئات عمل مرنة وداعمة.
- **تقدم الأبحاث العلمية** :تساهم هذه الدراسة في رموز البحث العلمي في مجال معماري وصحي مهني، من خلال المناقشات التي تجمع بين العلوم الهندسية والاجتماعية والبيئية.

ب- أهداف الدراسة:

تهدف هذه الورقة العلمية إلى تحقيق الأهداف الأتية:

- **تحديد العوامل المؤثرة في بيئات العمل:** تحليل المؤثرات المختلفة في المساحات الداخلية وتأثيرها على صـــحة وراحة الأفراد.

- **اقتراح تطوير نماذج تطبيقية:** استخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي لتطوير نماذج بيئية مبتكرة ترسم معايير جديدة للتصميمات الداخلية.
- **تطبيق استراتيجيات وقائية:** وضع استراتيجيات مستندة إلى الذكاء الاصطناعي لمراقبة وتحليل معايير جودة الهواء والإضاءة وحرارة المكان، بهدف التصدي لمتلازمة المباني المريضة.
- **تقييم نتائج التدخلات:**من خلال عرض تجارب عالمية طبقت تقنيات الذكاء الاصطناعي على صحة وراحة الأفراد في بيئات العمل، وتقديم توصيات مستندة إلى نتائج البحث العالمية.
- **تعزيز الوعي والتثقيف:** نشر المعرفة حول أهمية تحسين بيئات العمل الصحية والتأثير الإيجابي لذلك على الأداء الوظيفي والرفاهية العامة لأفراد المجتمع المهني.

من خلال ماسبق، تهدف الدراسة إلى تقديم تصورات لحلول تطبيقية ومبتكرة قادرة على تعزيز الصحة العامة وتحسين جودة الحياة في أماكن العمل

أولا : متلازمة المباني المريضة:

1. دراسة مفاهيمة لمتلازمة المباني المريضة:

1.1. تعاريف حول متلازمة المباني المريضة:

- متلازمة المباني المريضة تشير إلى حالة يُبلّغ فيها الأفراد عن مجموعة من الأعراض الصحية التي تتفاقم في مباني معينة ومن ثم تتحسن عند مغادرتها. تشمل الأعراض الشائعة التعب، صداع الرأس، تهيج العيون. عادةً ما لا يمكن ربط هذه الأعراض بمرض معين، مما يجعل التشخيص والتعامل معها تحديًا كبيرًا (Mendell & Heath, 2005).
- تحدث متلازمة المباني المريضة عندما يعاني أكثر من 20% من الأشخاص في مبنى معين من الأعراض المذكورة، وغالبًا ما يُعزى ذلك إلى مشاكل في التهوية، والرطوبة، واستخدام المواد الكيميائية في البناء. وفقًا لمنظمة الصحة العالمية(WHO) ، تعتبر جودة الهواء داخل المباني من العوامل الحاسمة في صحة الإنسان.
- هذه الظاهرة التي تتعلق بتأثير الظروف البيئية في المباني على صحة ورفاهية شاغليها. تعبر عن مجموعة من الأعراض التي يعاني منها الأشخاص عند وجودهم في مباني معينة، حيث تتلاشى هذه الأعراض عند مغادرتهم. يشار إلى أن هذه الأعراض قد تتفاوت في شدتها، وغالبًا ما ترتبط بعوامل بيئية مثل التهوية، تلوث الهواء الداخلي، والرطوبة.
- كما تُعرّف متلازمة المباني المريضة بأنها مجموعة من الأعراض التي تظهر على عدد من الأفراد الموجودين في مبنى معين ولكن لا يمكن تحديد مجموعة محددة من الأسباب أو المتسبب المباشر والتي ترتبط بالبقاء لفترات طويلة داخل مبنى معين . في حين تشير الدراسات إلى أن هناك عوامل متعددة تسهم في ظهور هذه الأعراض، بما في ذلك التهوية غير الكافية، وجود مواد كيميائية ملوثة، والتحكم في درجة الحرارة والرطوبة (Evan et al., 2017).
- و تعرف متلازمة المباني المريضة بأنها الحالة التي تظهر فيها أعراض صحية وعلامات عدم ارتياح لدى شاغلي المبنى دون سبب طبي واضح، وتتلاشى هذه الأعراض عند مغادرة المبنى. ووفقًا لمنظمة الصحة العالمية

(WHO)، فإن هذه الأعراض تشمل:الصداع، تهيُّج العينين والأنف والحنجرة، الإرهاق العام، صعوبة التركيز، الحساسية الجلدية، جفاف العين والحلق، الغثيان. التعب المزمن ، السعال، وضيق التنفس. تختلف هذه الأعراض من شخص لآخر، وغالبًا ما تكون غير مرتبطة بمرض معين، مما يجعل التشخيص تحديًا. (بيكر، 2017).

2.1. أعراض متلازمة المباني المريضة:

تُعتبر متلازمة المباني المريضة (Sick Building Syndrome – SBS) إحدى القضايا الصحية المعقدة التي تؤثر على المجتمعات الحديثة، وتؤثر على راحة وسلامة شاغلي المباني الحديثة. وخاصة داخل المؤسسات المهنية. تتعلق هذه المتلازمة بعدة أعراض غامضة تؤثر على صحة الموظفين والعملاء على حد سواء، مما يستدعي دراسة دقيقة لعوامل المخاطر المتعلقة بالتصميم، والبيئة الداخلية.

و تشمل الأعراض الشائعة لمتلازمة المباني المريضة: الصداع، التعب، تهيج العينين والأنف والحنجرة ، وضيق التنفس و مشاكل في الجهاز التنفسي ، صعوبة التركيز، وعادة ما ترتبط بالعوامل البيئية داخل المبنى ، وسوء تصميم المساحات الداخلية. و جودة الهواء وتعرض الأشخاص للملوثات ، مستوى الإضاءة، ودرجة الحرارة. وفقًا لتقارير منظمة الصحة العالمية، فإن ما يصل إلى 30% من المباني الجديدة أو المُرممة قد تمثل حالة صحية غير ملائمة (WHO, 2020).

3.1.العوامل المساهمة في ظهور متلازمة المباني المريضة:

تتعدد الأسباب التي تؤدي إلى ظهور متلازمة المباني المريضة، ويمكن تقسيم العوامل المؤدية إليها إلى عدة فئات: وأهمها:

- **جودة الهواء الداخلي:** تلوث الهواء الداخلي يمكن أن تنتج المواد الكيميائية من الأثاث، الطلاء، والمواد المستخدمة في بناء المباني نقص تجديد الهواء النقي يزيد من تركيز ثاني أكسيد الكربون والجسيمات العالقة. و يسبب تلوث الهواء بسبب الغازات الضارة أو الجسيمات، مما يؤثر على صحة الجهاز التنفسي. (Mendell et al.، 2006).
- **سوء نظام التكييف والتهوية:** عدم كفاءة نظام التهوية يمكن أن يؤدي إلى تراكم الملوثات داخل المباني (Seppänen et al., 1999) و الاعتماد على أنظمة تهوية مغلقة وغير فعالة يؤدي إلى تراكم الملوثات، تهوية غير كافية تؤدي إلى تراكم الملوثات ورفع مستويات الرطوبة.مما يؤدي انتشار البكتيريا والفيروسات في أنظمة التهوية.
- **التلوث البيولوجي:** الرطوبة والتسرب يمكن أن تؤدي ظروف الرطوبة إلى انتشار و نمو العفن والجراثيم، مما يزيد من مشكلات التنفس.(Burge et al. 2000) ،

- **المواد المستخدمة في البناء :**انبعاثات من مواد البناء مثل الدهانات والأرضيات الصناعية.إذ تُسهم بعض المواد مثل الأسبستوس والمركبات العضوية المتطايرة (VOCs) بشكل كبير في تدهور جودة الهواء (Evan et al., 2017).
- **البيئية:** تشمل الملوثات مثل الغازات الناتجة عن احتراق الوقود، المواد الكيميائية المنبعثة من الأثاث والمواد البنائية، ومعادن كالرصاص والزئبق.بالاضافة إلى تكاثر الفطريات والعفن في الأماكن الرطبة.

- **التصميم الهندسي:** قد يؤدي تصميم المباني ومواصفات البناء إلى ضعف التهوية والرطوبة الزائدة، مما يسهل ظهور الأعراض على شاغلي المبنى.
- **الأعطال الفنية:** مثل عطل نظام التهيئة أو المكيفات، مما يعزز من بيئة غير صحية.
- **المواد الكيميائية:** استخدام المنظفات والمطهرات بكميات كبيرة دون تهوية كافية.
- **المواد البيولوجية:** تنتج بعض مواد البناء والأثاث مواد متطايرة تضر بجودة الهواء الداخلي.
- **الضوضاء والإضاءة:** الضوضاء المستمرة تؤثر على الحالة النفسية والجسدية والإضاءة غير المناسبة تجهد العين وتسبب اضطرابات النوم.

الجدول التالي يعرض بشكل أكثر تفصيلا العوامل المساهمة في ظهور متلازمة المباني المريضة.

الجدول (1) : العوامل المساهمة في ظهور متلازمة المباني المريضة

العوامل	متلازمة المباني المريضة
جودة الهواء الداخلي	تلوث الهواء الداخلي يمكن أن ينتج عن مجموعة من العوامل مثل المواد الكيميائية المنبعثة من الأثاث، الدهانات، والأرضيات، وكذلك من المركبات العضوية المتطايرة (VOCs). نقص تجديد الهواء النقي في الأماكن المغلقة يؤدي إلى زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون والجسيمات العالقة. تؤثر هذه الملوثات بشكل مباشر على صحة الجهاز التنفسي وتزيد من مخاطر الإصابة بالأمراض التنفسية، التحسسات، وأيضًا قد تؤثر على التركيز والأداء العقلي.
سوء نظام التكييف والتهوية	أنظمة التهوية غير الكافية وغير الفعالة يمكن أن تسبب تراكم الملوثات مثل الغبار، العفن، والجراثيم. تعتمد الكثير من المباني على أنظمة تهوية مغلقة، مما يؤدي إلى تقليل تدفق الهواء النقي وزيادة مستويات الرطوبة، مما يسهل تربية العفن والفيروسات، ويعزز من تدهور جودة الهواء الداخلي.
التلوث البيولوجي	تتسبب ظروف الرطوبة العالية في نمو العفن والجراثيم. يمكن أن يتسبب العفن في مجموعة من المشكلات الصحية، بما في ذلك مشاكل التنفس، والحساسية، وأعراض الأنفلونزا. يكون الأطفال، وكبار السن، والأفراد ذوي المناعة الضعيفة أكثر عرضة للإصابة بالمشكلات الصحية نتيجة تلوث الهواء البيولوجي.
المواد المستخدمة في البناء	بعض المواد المستخدمة في البناء مثل الأسبستوس والمركبات العضوية المتطايرة (VOCs) تطلق غازات ضارة، مما يؤذي جودة الهواء. تتضمن هذه المواد أيضًا الدهانات والمركبات الكيميائية المستخدمة في التشطيبات الداخلية. يؤدي التعرض لهذه المواد إلى مشكلات طويلة الأمد في الصحة مثل السرطان ومشكلات التنفس.
البيئة	الملوثات البيئية تشمل الغازات الناتجة عن احتراق الوقود، المواد الكيميائية المنبعثة من الأثاث، والمواد البنائية، وكذلك المعادن الثقيلة مثل الرصاص والزئبق. تتسبب الرطوبة الزائدة أيضًا في تكاثر الفطريات والعفن، مما يمثل تهديدًا على صحة الأفراد في الأماكن

	المغلقة.
التصميم الهندسي	تصميم المباني يلعب دوراً كبيراً في جودة الهواء. إذا كانت المباني مصممة بشكل يسهل تدفق الهواء، فإنها تزيد من فعالية أنظمة التهوية وتقليل الرطوبة. ومع ذلك، قد يؤدي تصميم المباني السيئ إلى ضعف التهوية، مما يسهل تكوين الملوثات. يجب على المهندسين المعماريين مراعاة التهوية كجزء أساسي من التصميم.
الأعطال الفنية	تعتبر الأعطال الفنية في أنظمة التكييف والتهوية عوامل سلبية تؤثر على جودة الهواء. إذا تعطلت هذه الأنظمة، فإنها قد تؤدي إلى تراكم الملوثات، وتجعل من الصعب الحفاظ على مستوى جيد من الهواء النقي. هؤلاء الأعطال قد تستمر لفترة طويلة إذا لم يتم إجراء التدقيق والصيانة اللازمة.
المواد الكيميائية	الاستخدام المفرط للمنظفات والمطهرات في الأماكن المغلقة، خاصةً بدون تهوية مناسبة، يمكن أن يؤثر سلبًا على جودة الهواء. تحتوي العديد من المنظفات على مركبات كيميائية قد تكون مسرطنة أو مسببة للحساسية، مما يمثل خطراً على الصحة عند استخدامها في بيئات مغلقة.
المواد البيولوجية	بعض أنواع الأثاث ومواد البناء قد تخرج مواد متطايرة. هذه المواد قد تؤثر على جودة الهواء الداخلي، خاصة في البيئات المغلقة. من المهم استخدام مواد صديقة للبيئة لتقليل الانبعاثات الضارة وتحسين جودة الهواء.
الضوضاء والإضاءة	الضوضاء المستمرة تؤثر على الحالة النفسية والجسدية للأفراد، حيث إنها قد تسبب الإجهاد والقلق. بينما تؤدي الإضاءة غير المناسبة، سواء كانت قوية جدًا أو ضعيفة، إلى إجهاد العين، مشاكل في النظر، واضطرابات في النوم. يُفضل استخدام إضاءة طبيعية حيثما أمكن، وتوفير بيئة صوتية هادئة لدعم الراحة العامة.

المصـــدر:جمع وتنسيق الباحثين

4.1.التأثيرات والتداعيات لمتلازمة المباني المريضة:

يمكن عرضها بالتفصيل من خلال هذا الجدول:

الجدول (2) : التأثيرات والتداعيات لمتلازمة المباني المريضة

نوع التأثير	التأثيرات والتداعيات لمتلازمة المباني المريضة
1 .التأثيرات الصحية	–**تفاقم الأمراض التنفسية المزمنة:** تشمل الربو والحساسية، حيث يؤدي تلوث الهواء وضعف

	التهوية إلى تفاقم الأعراض . -**زيادة خطر العدوى:** يساهم تصاعد التوتر والإجهاد الناجم عن بيئة العمل غير الصحية في ضعف المناعة وزيادة خطر العدوى.
2 .التأثيرات النفسية	-**زيادة القلق والتوتر:** بيئات العمل الأكثر سلبية مثل الانخفاض في التهوية وجودة الهواء تؤدي إلى ارتفاع مستويات القلق بين الموظفين (Fischer et al., 2008) -**الاكتئاب:** ترتبط الظروف البيئية غير الصحية بزيادة حالات الاكتئاب، إذ تُظهر الدراسات أن الضغوط البيئية مثل الإضاءة السيئة والضوضاء العالية ترتبط بزيادة معدلات الاكتئاب والقلق بين الموظفين في المدارس الاستشفائية .(Fischer et al., 2008) -**انخفاض الإنتاجية:** يعتبر فهم تأثير بيئات العمل على الصحة النفسية أمرًا حيويًا لتحسين ظروف العمل ومنه تحسين الإنتاج إذ من الطبيعي جدا أن يؤثر الشعور بعدم الراحة والإرهاق المستمر على أداء الأفراد.
3 .التأثيرات الاجتماعية	-**ضعف الترابط الاجتماعي:** تتسبب البيئات غير الصحية في تقليل التفاعل الإيجابي بين الموظفين، مما يؤثر سلباً على العلاقات الاجتماعية في مكان العمل (Blanco et al., 2016).
4 .التأثيرات الاقتصادية	-**انخفاض إنتاجية العاملين:** يعاني الموظفون الذين يعملون في بيئات غير صحية من تراجع التركيز والكفاءة، مما يؤدي إلى خسائر في الإنتاجية . - **زيادة تكاليف الرعاية الصحية:** تساهم حالة الإرهاق والمرض في ارتفاع معدلات الرعاية الصحية بسبب تفاقم حالات المرضى (American Journal of Public Health, 2020) - **ارتفاع معدلات الغياب:** تزيد البيئة غير الصحية من معدلات الغياب عن العمل.

المصـــدر:جمع وتنسيق الباحثين

ثانيا: الذكاء الاصطناعي التوليدي في التصميم المعماري:

1. **الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence** :

1.1.تعريف الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence : هو قدرة الآلة على محاكاة الذكاء البشري في أداء الوظائف المعرفية والسلوكية، مثل التعلم والتفكير والابداع. محاكاة العقل البشري في طريقة عمله، مثل قدرته على التفكير، والاكتشاف والاستفادة من التجارب السابقة .ومنذ التطوّر الذي شهده الحاسوب في منتصف القرن

العشرين، تمّ اكتشاف أنّ الحاسوب باستطاعته القيام بمهمات أكثر تعقيداً ممّا اعتقدنا، حيث يمكنه اكتشاف إثباتات للنّظريات الرياضيّة المعقّدة، بالإضافة لقدرته على لعب الشطرنج بمهارة كبيرة .ومع ذلك، بالرغم من إيجابيّاته الكثيرة من سرعة في المعالجة وسعة تخزينية عالية إلا أنّه للآن لا يوجد أي برنامج باستطاعته مجاراة مرونة العقل البشري خصوصاً بما يتعلق بقيامه بالمهمات التي تتطلب الاستنتاجات اليومية التلقائية لما يتم التّعرض له.

2.1.أنواع الذكاء الاصطناعي:

الذكاء الاصطناعي يمكن تقسيمه إلى:

- **الذكاء الاصطناعي الضيق:** وهو الذكاء الاصطناعي الذي يتخصص في مجال واحد، فمثلاً هناك انظمة ذكاء اصطناعي يمكنها التغلب على بطل العالم في لعبة الشطرنج، وهو الشيء الوحيد الذي تفعله.
- **الذكاء الاصطناعي العام:** يشير هذا النوع إلى حواسيب بمستوى ذكاء الإنسان في جميع المجالات، أي يمكنه تأدية أي مهمة فكرية يمكن للإنسان القيام بها، إن إنشاء هذا النوع من الذكاء أصعب بكثير من النوع السابق ونحن لم نصل إلى هذا المستوى بعد.
- **الذكاء الاصطناعي الفائق:** يعرف الفيلسوف في أكسفورد نيك بوستروم الذكاء الفائق بأنه'' فكر أذكى بكثير من أفضل العقول البشرية في كل مجال تقريبًا، بما في ذلك الإبداع العلمي والحكمة العامة والمهارات الاجتماعية''، وبسبب هذا النوع يعتبر مجال الذكاء الاصطناعي مجالاً شيقاَ للتعمق به.(bimarabia.com/OmarSelim)

ومما سبق يمكن القول أن الذكاء الاصطناعي، هو ذكاء قام الإنسان بصناعته على شـــاكلة آلات معقـــدة تستخدم خصائص الكمبيوتر وتنفذ العديد من المهام مثلنا نحن البشر .وعموما، تملك هذه الآلات حواسا مماثلة للإنسان، ولكن إذا اعتبرنا أنها ترد الفعل وتتمتع بقدرة حسية أعمق من الإنسان، فإن ذلك يعدّ أمرا صـــائبا . باختصار، لقد تم دمج الذكاء البشري داخل آلات، فحصلنا على الذكاء الاصطناعي. ويستخدم هذا الاخـــير تقنيات التعلم الآلي والتعلم العميق والمنطق والرياضيات لتدريب الآلات والبرامج على حل المشكلات واتخـــاذ القرارات

- **تعلم الآلة (Machine Learning):** يشير إلى قدرة الآلة على التعلم تلقائيًا من البيانات دون الحاجة إلى برمجتها بشكل صريح. (مجموعة الخورزميات التي تجعل الآلات الذكية قادرة على التحسن بمرور الوقت و الخبرة) تعلم الآلة هو فرع من فروع الذكاء الاصطناعي الذي يُشير إلى منح الآلات القدرة على التعلم واتخاذ القرار بالاعتماد على نفسها دون الحاجة إلى برمجتها من قبل الإنسان، بحيث يمكنها التعلم من الإجراءات السابقة، وتخزين البيانات للاستفادة منها والتحسين من أدائها في أي عمل مستقبلي. يتم ذلك عن طريق استخدام برامج يتم تصميمها لتوليد الأفكار من خلال البيانات التي تُعرض عليها، وتطبيقها على عمليات مثل اتخاذ القرارات، والتعرف على الأصوات، أو حتى التنبؤ بالمستقبل. أصبح تعلم الآلة يدخل في كثير من المجالات التي نتفاعل معها على مدار اليوم، مثل البنوك، والتسوق الإلكتروني، واستخدام وسائل التواصل الاجتماعي وغيرها الكثير. (نرمين مجدي2020)
- **التعلم العميق (Deep Learning):** هو طريقة من طرق التعلم الآلي، وهو مستوحى من بنية الدماغ ووظائفه، أي الربط بين العديد من الخلايا العصبية. و الذي يُمثل فرع من فروع تعلم الآلة، الذي تعتمد فكرته على تقليد عمل الخلايا العصبية الموجودة في العقل البشري من خلال ابتكار شبكة عصبية اصطناعية

(Artificial NeuralNetwork) تستطيع تحليل كميات ضخمة من البيانات غير المُنظمة مثل اللغات المختلفة والصور وترجمتها عبر تمريرها من خلال الشبكة العصبية للتعرف عليها من خلال عدة مراحل، من هنا جاء مصطلح" العميق ." تشمل تطبيقات التعلم العميق على سبيل المثال، التعرف على الكلام، والأصوات، والصور.

مما سبق، نستخلص أن الذكاء الاصطناعي هو المجال الأوسع، في حين أن كلا من تعلم الآلة والتعلم العميق، هما بمثابة مجالات يتم من خلالها توظيف الذكاء الاصطناعي لتحقيق أهداف محددة (السالمي،2018)

نأتي الآن لتعريف الذكاء الاصطناعي التوليدي Generative Artificial Intelligence :

ثالثا: الذكاء الاصطناعي التوليدي

1- تعريف الذكاء الاصطناعي التوليدي:

الذكاء الاصطناعي التوليدي هو فرع من فروع الذكاء الاصطناعي يهدف إلى إنشاء محتوى جديد ومبتكر بشكل آلي من خلال خوارزميات مثل الشبكات العصبية التوليدية (Generative Adversarial Networks - GANs) ونماذج اللغة العميقة (مثل GPT-3). تتميز هذه الأنظمة بالقدرة على فهم الأنماط والبيانات من أجل إنتاج مخرجات يمكن أن تكون مشابهة لما يمكن أن ينتجه الإنسان. رد تحليل أو استخدام البيانات الموجود ة .

حيث يمكن للذكاء الاصطناعي إنشاء محتوى جديد ، توليدي مثل انتاج أنواع مختلفة من المحتوى، مثل النصوص والأصوات والأكواد وغيرها، بحيث تبدو وكأنها من إبداع الإنسان.

هذا النوع من الذكاء الاصطناعي يستطيع توليد بيانات جديدة بناءً على أنماط تعلمها من البيانات السابقة و يُشير إلى التقنيات التي تسمح للآلات بإنشاء محتوى جديد استنادًا إلى البيانات المعطاة. يشمل ذلك النصوص، الصور، النماذج ثلاثية الأبعاد، وحتى تصميمات هندسية لتوليد تصاميم معمارية فريدة وملائمة (Goodfellow et al., 2014). يعتبر هذا النوع من الذكاء الاصطناعي مبتكرًا لأنه يمكن أن ينشئ تصاميم أو حلول جديدة بدلاً من الاعتماد على عمليات التصميم التقليدية، ويشمل هذا النوع من الذكاء الاصطناعي مجموعة واسعة من التطبيقات لتقنيات الذكاء الاصطناعي التوليدي تشمل:

- **الأنظمة الذكية لتصميم الأماكن** :باستخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي، يمكن تصميم بيئات عمل تتكيف تلقائيًا مع احتياجات العاملين وتغير الظروف البيئية.
- **المساعدين الذكيين** :تطبيقات الذكاء الاصطناعي التي تساعد في تنظيم الجداول الزمنية وتقديم التوصيات بشأن الراحة والتنقل.
- **تحليل الأداء الوظيفي** :تحليل بيانات العمل لتقديم توصيات تخص الأداء الجسدي والنفسي.
- **الفن والتصميم** :استخدامها لإنشاء أعمال فنية جديدة أو تصميمات مبتكرة.
- **الهندسة المعمارية** :في تصميم المباني والمشاريع العمرانية باستخدام نماذج توليدية.
- **الصناعات الإبداعية** :إنتاج محتوى برمجي أو كتابي بطريقة تفاعلية.(Marr, 2020)

2- كيف يختلف الذكاء الاصطناعي التوليدي عن الذكاء الاصطناعي؟

الذكاء الاصطناعي التوليدي (Generative AI) يشير الى نوع من الذكاء الاصطناعي والذي يستخدم تقنيات تعلم الآلة والشبكات العصبية لإنتاج محتوى جديد ومبتكر بشكل تلقائي، مثل الصور والنصوص والفيديو، **أو** صوتيات، بناءً على مجموعة من البيانات المدخلة، (GAI) يمثل فرعًا محددًا من الذكاء الاصطناعي. يركز هذا النوع من الذكاء الاصطناعي على إنشاء محتوى جديد. بدلاً من مجرد تحليل البيانات أو اتخاذ قرارات مستندة إلى بيانات موجودة،إذ يقوم الذكاء الاصطناعي التوليدي بإنشاء نصوص، صور، موسيقى، أو حتى فيديوهات بناءً على الأنماط التي تم تعلمها من بيانات التدريب. (Goodfellow,., et al. (2014).

بينما يشير مصطلح الذكاء الاصطناعي (AI) إلى قدرة الآلات والبرامج على محاكاة الذكاء البشري وأداء مهام تتطلب تفكيراً، مثل التعلم، والتفكير المنطقي، وحل المشكلات. يشمل الذكاء الاصطناعي مجموعة واسعة من التكنولوجيا والخوارزميات

إليك بعض النقاط الرئيسية التي توضح الاختلافات:

1. **الوظيفة:**
   - الذكاء الاصطناعي العام: يمكنه أداء مجموعة واسعة من المهام، مثل التعرف على الصوت، معالجة اللغة الطبيعية، والرؤية الحاسوبية.
   - الذكاء الاصطناعي التوليدي: يركز على إنشاء محتوى جديد من الصفر.
2. **الأساليب:**
   - الذكاء الاصطناعي العام: يعتمد على طرق مختلفة مثل التعلم الآلي (Machine Learning) والتعلم العميق (Deep Learning) لحل المشكلات وتقديم التوصيات.
   - الذكاء الاصطناعي التوليدي: يستخدم تقنيات متقدمة مثل الشبكات العصبية التوليدية (Generative Adversarial Networks - GANs)ونماذج اللغة مثل GPT لإنشاء محتوى.
3. **التطبيقات:**
   - **الذكاء الاصطناعي العام:** التطبيقات هنا تشمل الذكاء الاصطناعي للمساعدين الشخصيين، أنظمة التوصية، والروبوتات.
   - **الذكاء الاصطناعي التوليدي:** يُستخدم في إنشاء نصوص، تصميم صور، إنتاج الموسيقى، وحتى ابتكار ألعاب جديدة.

ببساطة، يمكن اعتبار الذكاء الاصطناعي التوليدي جزءًا خاصًا من الذكاء الاصطناعي العام يركز على الإبداع والتوليد.

جدول رقم03: تطبيقات الذكاء الاصطناعي التوليدي في تكنولوجيا المعلومات والهندسة:

المزايا	الوصف	التطبيق
اتخاذ قرارات سريعة ودقيقة.	تحليل البيانات وتقديم توصيات.	دعم اتخاذ القرار
تسريع عملية التطوير وتقليل	استخدام الذكاء الاصطناعي لبرمجة	كتابة الشيفرات

الأخطاء.	التطبيقات.	

يمكن للذكاء الاصطناعي التوليدي أن يقدم حلولاً مبتكرة للتحديات الهندسية الكبيرة. فأحد التطبيقات الرئيسية للذكاء الاصطناعي التوليدي في الهندسة هو في تصميم المباني .إذ يمكن أن تتعلم النماذج التوليدية من ملايين البيانات الهندسية لتصميم مباني جديدة تتوافق مع المعايير الهندسية والبيئية، مما يساعد المهندسين في تقديم تصاميم أكثر فعالية واستدامة . أحد الأمثلة على ذلك هو برنامج" Generative Design " من شركة أوتوديسك Autodesk، والتي تقدم حلول تصميم متقدمة بناءً على مجموعة من المعايير المحددة.

علاوة على ذلك، فإن الذكاء الاصطناعي التوليدي ليس مفيداً فقط في تصميم المباني، بل يمكن أيضًا أن يلعب دورًا مهمًا في تصميم الأجهزة والمعدات الهندسية. فمن خلال تعلم الأنماط في البيانات الهندسية، يمكن للذكاء الاصطناعي التوليدي المساعدة في تصميم الأجهزة والمعدات الهندسية التي تتوافق مع المعايير الهندسية والبيئية (https://insilico.com)

3.كيفية عمل الذكاء الاصطناعي التوليدي:

تعمل التقنيات التوليدية عن طريق تحليل كميات هائلة من البيانات لتحديد الأنماط والاتجاهات. هذه الأنماط يمكن استخدامها لإنشاء تصميمات جديدة تأخذ بعين الاعتبار الراحة الصحية وجودة البيئة الداخلية. يشعر المهندسون بالقدرة على استكشاف مجموعات غير محدودة من الخيارات التصميمية، مما يجعل متطلبات الراحة والصحة جزءاً لا يتجزأ من المعادلات التصميمية.

4.دور تقنيات الذكاء الاصطناعي التوليدي في الحد من متلازمة المباني المريضة

تعتبر العمارة الذكية جزءاً من الاتجاهات الحديثة في تصميم المباني، حيث تتكامل التكنولوجيا بشكل متقدم لضمان كفاءة الأداء البيئي للبناء. تتيح التقنيات الحديثة للذكاء الاصطناعي التوليدي للمعماريين خلق تصميمات مبتكرة تلبي احتياجات المستخدمين وتحد من العوامل التي تسهم في متلازمة المباني المريضة. يمكن أن تشمل التطبيقات:

- **تحليل البيانات الكبيرة** :يعالج الذكاء الاصطناعي كميات ضخمة من البيانات المتعلقة بظروف المناخ، واستخدام الطاقة، وأنماط سلوك المستخدمين في المباني. يُمكن استخدام هذه البيانات لتحسين التصميمات المعمارية لتقليل استهلاك الطاقة وتحسين جودة الهواء.

- **التصميم الجيني** :يُستخدم الذكاء الاصطناعي لإنشاء نماذج تصميم متعددة، حيث يتم تقييم كل نموذج بناءً على معايير معينة تتعلق بالصحة والطاقة. يمكن الاختيار من بين هذه التصاميم الأمثل للحد من متلازمة المباني المريضة.

- **التفاعل الذكي** :من خلال استخدام الأنظمة الذكية المتكاملة، يمكن تعديل ظروف المباني مثل الإضاءة والتكييف بشكل ديناميكي وفقًا لاحتياجات المستأجرين، مما يُحسن من جودة الهواء ويقلل من تواتر الأعراض المرتبطة بمتلازمة المباني المريضة.

- **تحليل البيانات البيئية** :يمكن للذكاء الاصطناعي التوليدي تحليل البيانات حول جودة الهواء، مستوى الإضاءة، وظروف الحرارة والرطوبة، مما يساهم في تصميم مساحات داخلية صحية.

- **تحليل تصميم البيئة الداخلية:** يمكن الاستفادة من تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل التحركات والأنشطة داخل المباني، مما يُتيح تصميم المساحات لتحقيق توازن بين الاستخدام الكثيف والتهوية المناسبة، مما يُساعد في الحفاظ على صحة المستخدمين

- **محاكاة الظروف البيئية:** تُستخدم نماذج المحاكاة المدعومة بالذكاء الاصطناعي لتوقع تأثير التصميمات المختلفة على جودة الحياة في المباني. يمكن للمعماريين استخدام هذه المحاكاة لتحديد المخاطر المحتملة لاستخدام مواد معينة أو اتجاهات تصميمية.

- **تحديد المواد المستدامة** :يساعد الذكاء الاصطناعي في اختيار المواد الصديقة للبيئة والتي تقلل من انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة(VOCs) ، مما يسهم في تحسين جودة الهواء الداخلي (Deng & Dong, 2020).

- **التصميم القائم على البيانات:** يساعد الذكاء الاصطناعي التوليدي في تجميع البيانات البيئية وجعلها متاحة للمصممين. على سبيل المثال، قد يتمكن الذكاء الاصطناعي من تجميع البيانات حول درجة الحرارة، والرطوبة، وجودة الهواء قبل وأثناء تصميم المبنى، مما يوفر خبرة تصميمية مدعومة بالبيانات.

- **إنشاء بيئات داخلية مرنة:** يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي تصميم مساحات داخلية قادرة على التكيف مع احتياجات المستخدمين. هذا يمكن أن يشمل تصميم الأماكن التي تسمح بتعديل الإضاءة أو تغيير توزيع المساحات بشكل ديناميكي استنادًا إلى ملاحظات المستخدمي وتدفقات الهواء، والتأكيد على الحاجة إلى أماكن استراحة مريحة.(Ashkanasy et al., 2016) يمكن للذكاء الاصطناعي التوليدي أن يساهم في تصميم مساحات داخلية مرنة تتكيف مع احتياجات المستخدمين.

- **تصميم التهوية الفعالة و أنظمة مراقبة جودة الهواء:** يمكن للبرامج المدعومة بالذكاء الاصطناعي اقتراح أنظمة تهوية محسّنة تأخذ في الاعتبار الديناميكية الحرارية للمبنى.(Kjellstrom, 2018) إذ يستخدم الـذكاء الاصطناعي في تطوير أنظمة ذكية لمراقبة جودة الهواء داخل المباني، مثل تحليل مستويات ثاني أكسيد الكربون وملوِثات الهواء الأخرى. يُسهم هذا النوع من الأنظمة في توفير معلومات حقيقية للمسـتخدمين وإجـراء التعديلات اللازمة على التهوية

- **تحسين جودة الهواء:** من المعروف أن جودة الهواء الداخلي تتراجع في العديد من المبـاني بسـبب تـراكم الملوثات. باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، يمكن للمعماريين تحليل نماذج تدفق الهواء والنماذج المناخية لتصميم أنظمة تهوية فعالة. وفقًا لدراسة أجراها(2007) Wargocki & Wyon ، تم إثبات أن زيادة معدل تدفق الهواء يمكن أن تحسن في كيفية شعور الموظفين ورفع مستوى الإنتاجية.

- تعتبر جودة الهواء من أبرز العوامل المرتبطة بظهور متلازمة المباني المريضة. إذ يمكن للـذكاء الاصـطناعي التوليدي أن يساعد في تصميم أنظمة تنقية هواء فعالة تتلاءم مع التركيبة المعمارية للمبنى (Wargocki & Wyon, 2007)

- **تأثير الضوضاء على الرفاهية و التخفيف منها:** بجانب جودة الهواء، تعتبر الضوضاء عاملاً رئيسيًا يـؤثر في راحة الشاغلين. يُظهر البحث أن الضغوط النفسية والبدنية، المرتبطة بمستويات الضوضاء العالية، يمكـن أن تؤدي إلى نتائج غير مرغوب فيها في الإنتاجية والتركيز يعد الضجيج أحد العوامل التي تسـاهم في التـوتر والإجهاد. باستخدام الذكاء الاصطناعي، يمكن تصميم المساحات بطريقة تقلل من انتقال الصوت، مما يسهم في خلق بيئة عمل مريحة.(Berglund et al., 1999)

ومن حلول الذكاء الاصطناعي في تقليل الضوضاء مايلي:

يمكن للذكاء الاصطناعي التوليدي تصميم فصول أو مساحات عمل ممنهجة لتحقيق عزل صوتي أفضل، عـبر استخدام مواد عازلة وتوزيع المساحات بشكل يقلل من انتقال الصوت، مما يساهم في خلق بيئة عمل أكثر إنتاجيـة (Mujur et al., 2018).

5. تطبيقات عملية عالمية :

1.5. حالة دراسية لمشروع "The Edge" توجد العديد من المشاريع المعمارية التي استخدمت الذكاء الاصطناعي التوليدي كمكون رئيسي في تصميمها، مما أدى إلى تعزيز جودة البيئة الداخلية وتقليل أعراض متلازمة المباني المريضة. على سبيل المثال، مشروع "The Edge" في أمستردام، الذي يعتبر من بين المباني الأكثر ذكاءً في العالم، حيـث تم استخدام التقنيات الحديثة لتحسين جودة الهواء والإضاءة.(Fischer et al., 2018)

- **تعريف المشروع:** مشروع "The Edge" في أمستردام هو واحد من المباني الأكثر ذكـــاءً في العـــالم. تم تصميمه من خلال دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين جودة الحياة داخل المبنى.

2.5. الابتكار في التصميم: في هذا المشروع، استخدمت أنظمة الذكاء الاصطناعي لتقييم الظروف البيئية داخل المبنى وتعديل العناصر مثل الإضاءة وتهوية الهواء بناءً على احتياجات الشاغلين. وقد تم توظيف تكنولوجيا المعلومات في تتبع الأفراد وتحليل بيانات استخدام المساحات، مما أدى إلى تحسين مستوى الراحة وتقليل الشكاوى الصحية (Fischer et al., 2018).

- **النتائج:** أثبتت النتائج أن المبنى تمكن من تحسين جودة الهواء، تقليل مستويات الضوضاء، وتعزيز الاتصال بين الأفراد، مما أدى إلى خفض أعراض متلازمة المباني المريضة.

6. استراتيجيات مكافحة المباني المريضة:

1.6.تحسين جودة الهواء الداخلي:

- **استخدام أنظمة التهوية المتطورة** :تحسين الأنظمة الحالية أو استبدالها بأنظمة تهوية مناسبة تعمل علـــى تجديد الهواء وتنقية الشوائب.
- **زراعة النباتات الداخلية** :يمكن للنباتات أن تطهر الهواء وتقلل من مستويات التلوث، تُظهر الأبحاث أن بعض النباتات indoors يمكن أن تسهم في تنقية الهواء وامتصاص المركبات الضارة(Wolverton, 1989).
- **تجديد الهواء بانتظام** :التأكد من أن المباني تتلقى كميات كافية من الهواء النقي لتقليل المستويات العالية من الملوثات.
- **استخدام الأنظمة الحديثة في التهوية فعالة** استخدام أنظمة تهوية تضمن تدفق الهواء النقـــي وتصـــفية الملوثات. وفقًا لدراسة أُجريت بواسطة(Mendell & Heath, 2005) ، يُعتبر تحســـين نظـــام التهوية من أهم العوامل للحد من أعراض.SBS
- **تنظيف دورى** :التأكد من وجود برامج صيانة وتنظيف فعالة، تشمل تنظيف الأنظمة التهوية والتخلص من الفطريات والعفن.

2.6.اختيار مواد بناء وآثاث صحية:

- **مراقبة المواد المستخدمة** :التأكد من أن الأثاث والمفروشات المستخدمة لا تحتوي على مـــواد مثـــل الفورمالديهايد أو الرصاص.

- **المواد غير السامة: اختيار مواد البناء غير السامة والتي لا تطلق مواد كيميائية ضارة في الجو** :اختيار مواد بناء وأثاث تتسم بمستويات منخفضة من المركبات العضوية المتطايرة. يجب أن تُعتمد معايير مثل Green Labelأو Greenguard Certifcation لتأكيد سلامة المنتجات (Sundell et al., 2011).

- **استخدام عوازل طبيعية وصديقة للبيئة** :تقليل استخدام المواد الكيميائية في العزل والتشطيب يمكن أن يقلل استهلاك المواد الضارة.

3.6.تحسين التصميم الداخلي: و يكون وفق الإجراءات التالية:

- **التصميم وفق المساحات المفتوحة** :تصميم المباني بشكل يسمح بتدفق الضوء الطبيعي والهواء، مما يزيد من راحة الموظفين.

- **عزل الصوت** :تقليل الضوضاء داخل المكاتب لتحسين التركيز والراحة النفسية.

- **تصميم مرن** :الإنشاءات التي تعزز الأجواء المفتوحة والمرنة، التي تسهل التفاعل الاجتماعي وتقلل مـــن الضوضاء، بل وقد تساعد في زيادة الإنتاجية والراحة النفسية.(Higgins et al., 2006)

- **الإضاءة الطبيعية** :تصميم المباني بصورة تسمح بدخول الضوء الطبيعي يقلل من اســـتخدام الإضـــاءة الاصطناعية، مما يؤثر إيجابيًا على الصحة النفسية.(Küller et al., 2006)

4.6.التدريب والتوعية والشعور بالمسؤولية:

- **توعية الموظفين** :تقديم التدريب للموظفين حول كيفية الحفاظ على بيئة العمل صحية، بما في ذلـــك كيفية التعامل مع المواد السامة وكيفية التعرف على أعراض المباني المريضة.

- **تشجيع التغذية الصحية والتمارين البدنية** :زيادة الوعي حول نمط الحياة الصحي يمكن أن يساعد في تقليل الأعراض المرتبطة بالمباني المريضة.

- **برامج التوعية** :تقديم ورش عمل وتدريب للموظفين عن التأثيرات الصحية للمباني الذكية، وتنظـــيم الفعاليات لتعزيز أساليب الحياة الصحية.

- **توفير معلومات عن الصحة النفسية** :برامج دعم الصحة النفسية يمكن أن تقلل من الضغوط التي يمكن أن تسهم في ظهور الأعراض.

5.6.التقييم المنتظم:

- **إجراء فحوص دورية** :يجب إجراء تقييمات دورية لجودة الهواء والتأكد من أن المباني الجيدة تعمل بشكل فعال.
- **جمع البيانات حول المشاكل الصحية** :دراسة تأثير بيئة العمل على الصحة العامة من خلال استطلاعات الرأي وتحليل البيانات.
- **المسح والتحليل** :إجراء تقييمات دورية لجودة الهواء الداخلي وجمع بيانات حول الأعـــراض الصـــحية للموظفين بهدف تحسين البيئة.(Banham, 2014)
- **تعزيز سياسة الشكاوى** :توفير قنوات فعالة لتقارير مشاكل المباني محتملة مثل التهوية أو وجود الروائح الكريهة، مما يُمكن الإدارة من اتخاذ إجراءات مناسبة في الوقت المناسب.

الخلاصة

إن استكشاف الذكاء الاصطناعي التوليدي وتطبيقه في تصميم المباني يمثل خطوة مهمة نحو تحسين البيئة المبنية، مما يسهم في تقليل انتشار متلازمة المباني المريضة بشكل ملحوظ. يعكس الابتكار في هذا المجال آمالاً كبيرة في تعزيز رفاهية الأفراد الذين يقضون وقتهم داخل هذه المنشآت، ويساهم في التقريب بين متطلبات التصميم المعماري واحتياجات الصحة الشخصية، فمن خلال دمج الذكاء الاصطناعي التوليدي في العمليات التصميمية، يمكن تقليل العوامل المساعدة في ظهور متلازمة المباني المريضة، مما يؤدي إلى تحسين مستويات الرفاهية وجودة الحياة للأفراد. ومن الضروري أن يولي المهندسون المعماريون اهتماماً أكبر لهذه التقنيات لتعزيز معايير الصحة والسلامة في المباني.

بناءً على ما سبق، يمكن القول إن الاعتماد على الذكاء الاصطناعي في التصميم المعماري يُعتبر خطوة متقدمة نحو إنشاء بيئات صحية وفعالة. من خلال تحسين جودة الهواء، وتحليل البيانات، وتطوير أنظمة ذكية، يستطيع

المعماريون والمصممون تحقيق نقلة نوعية في الحد من تأثير متلازمة المباني المريضة. رغم وجود تحديات متعددة، إلا أن الفوائد المحتملة على صحة ورفاهية الأفراد تؤكد على ضرورة البحث والتطوير في هذا المجال.

المراجع العربية

الكتب

1. مجدي، نرمين. (2020). "الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة." سلسلة كتيبات تعريفية العدد(3). صندوق النقد العربي.
2. بن مطر السالمي، جمال. (2018). البيانات الضخمة ودورها في دعم اتخاذ القرار والتخطيط الاستراتيجي.

المراجع الأجنبية:

Book

1. Fanger, P. O. (1970). "Thermal Comfort." McGraw-Hill.
2. Banham, S. (2014). "Managing Indoor Environmental Quality: A Practical Guide." Routledge.
3. Wolverton, B. C. (1989). "How to Grow Fresh Air: 50 Houseplants that Purify Your Home or Office." Penguin Books.

Journal

1. Ashkanasy, N. M., et al. (2016). "The Effects of Interior Environmental Quality on Worker Performance." Building Research & Information.
2. Berglund, B., et al. (1999). "Hearing the Unheard: The importance of communication in sound insulation." Acoustical Society of America.
3. Blanco, C. & Rojas, M. (2016). "Social Interaction in Unhealthy Work Environments." International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 29(2), 123-135.
4. Deng, Y. & Dong, Y. (2020). "Investigation of VOCs emission in construction and refurbishment." Environmental Science & Policy.

5. Evan, W., et al. (2017). "Sick Building Syndrome and Indoor Air Quality." International Journal of Environmental Research and Public Health.
6. Fischer, B. B., de Oliveira, I. F. & Nascimento, M. C. (2016). "Sick Building Syndrome and psychosocial factors in using buildings." Journal of Environmental and Public Health.
7. Fischer, G. E., et al. (2008). "Environmental Stressors and Mental Health Among Healthcare Workers." American Journal of Public Health.
8. Fischer, M. & Smith, J. (2008). "Environmental Stressors and Mental Health." Journal of Environmental Psychology, 28(3), 352-360.
9. Higgins, C. D., Laing, R. A. & Houghton, L. H. (2006). "The impact of indoor environments on health: The role of design in sick building syndrome." Journal of Sustainable Development, 4(3), 191-202.
10. Küller, R., Ballal, S. & Laike, T. (2006). "Environmental assessment of school learning environments: The impact of lighting, colour and space." Journal of Environmental Psychology, 26(1), 768-795.
11. Kjellstrom, T. (2018). "Urbanization and health in the context of climate change." Environment International.
12. Levin, H. L., De Freitas, R. & Gomez, C. (2016). "Indoor air quality: Some insights about indoor chemical contaminants." Indoor Air, 26(3), 437-448.
13. Mendell, M. J. & Heath, G. A. (2005). "Do Indoor Pollutants and Thermal Conditions in Schools Influence Student Performance?" Final Report.
14. Seppänen, O., Fisk, W. J. & Mendell, M. J. (1999). "Association of ventilation rates and CO2 concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings." Indoor Air, 9(4), 226-252.
15. Shendell, D. G. & Levy, J. I. (2008). "A review of the health effects of building-related symptoms." Indoor Air, 18(4), 383-396.

16. Sundell, J., et al. (2011). "Indoor Air Quality and Health in Schools." International Journal of Environmental Research and Public Health, 8(8), 2344-2364.
17. Wargocki, P. & Wyon, D. P. (2007). "The Effects of Outdoor Air Supply Rate in Classroom on Students' Performance." Indoor Air.
18. WHO (World Health Organization). (2009). "WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould."

Articles

1. Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Radford, A., et al. (2014). Generative adversarial nets. In: Advances in Neural Information Processing Systems, 27.

Websites

1. American Journal of Public Health (2020). 'Environmental Stressors and Mental Health Among Healthcare Workers'. Available at: https://ajph.aphapublications.org/doi/abs/10.2105/AJPH.2020.305868 (Accessed: 23 October 2023).
2. Ashkanasy, N. M., et al. (2016). 'The Effects of Interior Environmental Quality on Worker Performance'. Building Research & Information. Available at: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09613218.2015.1056918 (Accessed: 23 October 2023).
3. Berglund, B., et al. (1999). 'Hearing the Unheard: The importance of communication in sound insulation'. Acoustical Society of America. Available at: https://asa.scitation.org/doi/abs/10.1121/1.425814 (Accessed: 23 October 2023).
4. Blanco, C. & Rojas, M. (2016). 'Social Interaction in Unhealthy Work Environments'. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health. Available at: https://www.intl-

journal.org/articles/social-interaction-in-unhealthy-work-environments (Accessed: 23 October 2023).

5. Deng, Y. & Dong, Y. (2020). 'Investigation of VOCs emission in construction and refurbishment'. Environmental Science & Policy. Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901119312318 (Accessed: 23 October 2023).

6. Evan, W., et al. (2017). 'Sick Building Syndrome and Indoor Air Quality'. International Journal of Environmental Research and Public Health. Available at: https://www.mdpi.com/1660-4601/14/11/1348 (Accessed: 23 October 2023).

7. Fischer, B. B., et al. (2018). 'Sick Building Syndrome and psychosocial factors in using buildings'. Journal of Environmental and Public Health. Available at: https://www.hindawi.com/journals/jeph/2018/6875143/ (Accessed: 23 October 2023).

8. Fanger, P. O. (1970). 'Thermal Comfort'. McGraw-Hill. Available at: https://www.mcgrawhill.com (Accessed: 23 October 2023).

9. Kjellstrom, T. (2018). 'Urbanization and health in the context of climate change'. Environment International. Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160412017303486 (Accessed: 23 October 2023).

10. Mendell, M. J. & Heath, G. A. (2005). 'Do Indoor Pollutants and Thermal Conditions in Schools Influence Student Performance? Final Report'. Available at: https://www.epa.gov/iaq-schools/do-indoor-pollutants-and-thermal-conditions-schools-influence-student-performance (Accessed: 23 October 2023).

11. Seppänen, O., Fisk, W. J. & Mendell, M. J. (1999). 'Association of ventilation rates and CO2 concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings'. Indoor Air.

Available at: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1600-0668.1999.00004.x (Accessed: 23 October 2023).

12. WHO (World Health Organization) (2009). 'WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould'. Available at: https://www.who.int/publications/i/item/who-guidelines-for-indoor-air-quality-dampness-and-mould (Accessed: 23 October 2023).