الذكاء الإصطناعي وأثره في العمارة السكنية المعاصرة

د.م. لما شعبان قباقيبو، عضو هيئة تعليمية في كلية الهندسة–قسم العمارة في جامعة الوادي الدولية الخاصة

ملخص البحث:

مع التطور التقني الهائل الذي رافق التحولات الحديثة في العمارة المعاصرة، شكَّل الذكاء الاصطناعي قفزة نوعية في تصميم وتنفيذ الأبنية السكنية، مما أثار تساؤلات حول آليات دمج هذه التقنية في العمليات الإبداعية والوظيفية، وخصوصاً في المساكن التي ترتبط مباشرة بحياة الإنسان اليومية. لذلك، استكشف البحث مفهوم الذكاء الاصطناعي وتطوره التاريخي، بدءاً من نظريات منتصف القرن العشرين وصولاً إلى تقنيات التعلم العميق والشبكات العصبية، مع تسليط الضوء على تطبيقاته في الهندسة المعمارية، مثل التصميم البارامتري وأدوات توليد التصاميم النصية تم تناول البحث الأبنية السكنية وأسس تصميمها وصولاً إلى سمات الأبنية السكنية المعاصرة مع دراسة أثر استخدام الذكاء الاصطناعي في العمارة السكنية المعاصرة عبر تناول العديد من التقنيات وأثر تطبيقها وصولاً إلى نتائج ومقترحات يمكن الاستفادة منها في المستقبل في تفعيل دور هذه التقنيات وتحسين نتائجها.

الكلمات المفتاحية:

ذكاء اصطناعي–عمارة سكنية– عمارة معاصرة –تكنولوجيا–تصميم معماري.

Artificial Intelligence and Its Impact on Contemporary Residential Architecture

Abstract:

With the tremendous technological advancements accompanying modern shifts in contemporary architecture, Artificial Intelligence (AI) has marked a qualitative leap in the design and implementation of residential buildings. This evolution has raised critical questions about the mechanisms for integrating such technology into creative and functional processes, particularly in housing directly linked to human daily life. Consequently, the research explores the concept of AI and its historical evolution, beginning with mid-20th-century theories and progressing to deep learning and neural network technologies. It highlights AI's applications in architecture, such as parametric design and text-to-design generative tools. The study further addresses residential buildings, their foundational design principles, and the characteristics of contemporary residential architecture. It examines the impact of AI on modern residential architecture by analyzing various technologies and their practical implementation, concluding with findings and actionable proposals. These insights aim to inform future efforts to activate the role of such technologies and enhance their outcomes in architectural practice.

key words:

Artificial Intelligence – Residential Architecture – Contemporary Architecture – Technology – Architectural Design.

المقدمة:

في ظل الثورة التكنولوجية التي يشهدها العصر الحالي، يبرز الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence – AI) كأحد أبرز المحركات الأساسية لتطوير القطاعات المتنوعة، بدءً من الرعاية الصحية وصولاً إلى التصميم الحضري. وفي هذا السياق، يشهد مجال العمارة، وخاصة العمارة السكنية، تحولاً كبيراً بفضل إمكانات الذكاء الاصطناعي التي تعيد تعريف المفاهيم التقليدية للتصميم والبناء والتفاعل البشري مع الفراغات المعيشية. حيث لم يعد التصميم المعماري مجرد عملية إبداعية تقليدية تعتمد بالكامل على الحدس والخبرة الإنسانية، بل أصبح مزيجاً ديناميكياً بين الإبداع البشري والتحليلات الخوارزمية القادرة على استشراف احتياجات المستقبل وتحسين جودة الحياة.

أهمية البحث:

إلقاء الضوء على مفهوم الذكاء الاصطناعي ودوره في الهندسة المعمارية، وبيان أثره في العمارة السكنية.

هدف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة الذكاء الاصطناعي في العمارة واستنتاج أثره في الأبنية السكنية المعاصرة، للمساعدة في تصميم أبنية سكنية تحقق الاستدامة والراحة لقاطنيها.

منهجية البحث:

-المنهج النظري

-المنهج الوصفي

1-الذكاء الاصطناعي:

1-1-مفهوم الذكاء الاصطناعي:

يُعرَّف الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence – AI) بأنه فرع من علوم الحاسوب يهدف إلى تصميم أنظمة قادرة على محاكاة القدرات الذهنية البشرية، مثل التعلم، والاستدلال، واتخاذ القرارات، مع تحسين الأداء عبر الخبرة التراكمية.[35] يعتمد هذا المجال على تقنيات متقدمة مثل **التعلم الآلي** (Machine Learning)، التي تُمكّن الآلات من تحليل البيانات الضخمة واستخلاص أنماط معقدة دون برمجة صريحة [31] و**المعالجة الطبيعية للغة** (NLP)، التي تسهّل التفاعل بين البشر والحواسيب عبر النصوص أو الكلام [27].
تشمل تطبيقات الذكاء الاصطناعي مجالات متنوعة، من التشخيص الطبي الدقيق [34] إلى المركبات ذاتية القيادة وأيضاً في مجال البناء. [36]
مع ذلك، تبرز تحديات أخلاقية وعملية، مثل التحيز الخوارزمي ومخاطر الاختراق الأمني، مما يستدعي تطوير أطر تنظيمية تضمن الشفافية والمساءلة. [20]
يُنظر إلى الذكاء الاصطناعي اليوم كركن أساسي في الثورة الرقمية، مع الحاجة إلى موازنة إمكاناته الابتكارية مع ضمان التوافق مع القيم الإنسانية. [16]

1-2-تطور الذكاء الاصطناعي:

شهد الذكاء الاصطناعي تطوراً ملحوظاً منذ بداياته النظرية في منتصف القرن العشرين، حيث بدأ كفكرة فلسفية تساءلت عن إمكانية محاكاة العقل البشري. في عام 1950، قدم (آلان تورينج) اختباره الشهير (اختبار تورينج) لقياس قدرة الآلات على محاكاة الذكاء البشري، مما وضع حجر الأساس للمجال. [26]

وفي عام 1956، تم تأسيس المجال أكاديمياً خلال ورشة عمل (دارتموث) التي نظمها (جون مكارثي)، حيث صيغ مصطلح "الذكاء الاصطناعي" رسميًا، وبدأت الأبحاث في تطوير أنظمة قادرة على حل المشكلات الرياضية ولعب الألعاب مثل الداما والشطرنج . [37] [32] خلال الستينيات والسبعينيات، ظهرت تقنيات مبتكرة مثل (الشبكات العصبية الاصطناعية) و(الأنظمة الخبيرة)، مثل برنامج (DENDRAL) الذي ساعد في تحليل المركبات الكيميائية، وبرنامج (ELIZA) الذي كان أول نموذج للدردشة الآلية . ومع ذلك، واجه المجال تحديات في السبعينيات بسبب نقص التمويل وعدم تحقيق التوقعات، مما أدى إلى فترات تُعرف باسم (شتاء الذكاء الاصطناعي) [26] [32]. ثم عاد الاهتمام بالمجال في الثمانينيات مع تطور (أنظمة الخبراء) و(التعلم الآلي)، مثل نظام (XCON) الذي ساعد في تكوين أجهزة الكمبيوتر، واختراع (السيارات ذاتية القيادة) المبكرة في ألمانيا عام 1986 [37]. وفي التسعينيات، حقق الذكاء الاصطناعي قفزة نوعية عندما هزم (ديب بلو) من IBM بطل العالم في الشطرنج غاري كاسباروف عام 1997، مما أثبت قدرته على التعامل مع التعقيدات الاستراتيجية . [30] [32]

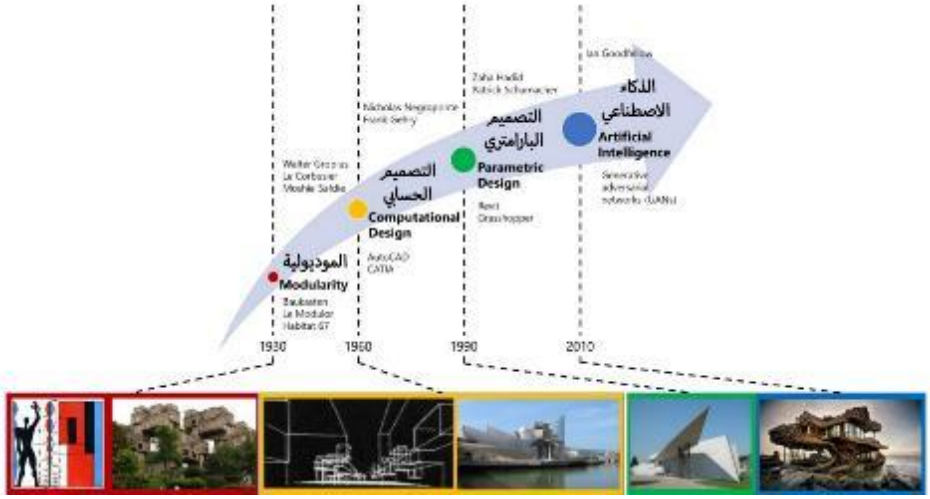
مع مطلع الألفية الجديدة، أدت الثورة الرقمية وزيادة قوة الحوسبة إلى ازدهار (التعلم العميق) و(الشبكات العصبية التلافيفية)، والتي مكنت الأنظمة من تحليل الصور والفيديو بدقة غير مسبوقة. في العقد الأخير، برزت نماذج مثل (GPT-3) و(AlphaFold)، التي أحدثت تحولاً في معالجة اللغة الطبيعية وحل مشكلات البيولوجيا التركيبية . كما أصبحت التطبيقات اليومية مثل (المساعدات الافتراضية) (كـ Siri و Alexa) و(السيارات الذاتية) واقعاً ملموساً [30] [15]. اليوم، يتجه الذكاء الاصطناعي نحو تحقيق (الذكاء العام الاصطناعي (AGI))، الذي يهدف إلى محاكاة الذكاء البشري بشكل كامل، رغم التحديات الأخلاقية والفنية التي لا تزال قائمة، مثل التحيز الخوارزمي وأمن البيانات . وتشير التوقعات إلى أنه بحلول عام 2050، قد يصبح الذكاء الاصطناعي جزءً لا يتجزأ من الحياة اليومية، مع تطبيقات في الطب الدقيق والروبوتات الاجتماعية، مما يستدعي تطوير أطر تنظيمية تضمن توافقه مع القيم الإنسانية [30] [28].

1-3- الذكاء الاصطناعي في الهندسة المعمارية:

يشير مصطلح الذكاء الاصطناعي في العمارة إلى قدرة الآلات والحواسيب الرقمية على أداء مهام بشرية مثل التفكير والتعلم من خلال الأنظمة والمعلومات، وذلك عن طريق إدخال بيانات وتحليلها ومعالجتها. بدأ هذا المفهوم في العمارة في عام 2015 عندما بدأ مجموعة من الباحثين والمطورين في الذكاء الاصطناعي بتطوير تقنيات تسمح للحواسيب بالتعرف التلقائي على عناصر الصور وتوفير وصف دقيق لكل صورة. عند نجاح هذه التقنية، انتقلت مجموعة أخرى من المطورين إلى تطوير تقنية معاكسة تعتمد على تحويل النصوص المكتوبة إلى صور، حيث تقدم تصاميم جديدة كلياً وغير مكررة. اليوم، يعتمد الذكاء الاصطناعي في العمارة على إدخال وصف بسيط ودقيق كتابياً للحصول على مخرجات من صور وتصاميم ومقترحات، بناءً على الوصف الذي أدخله المصمم أو المهندس للحاسوب [11] .

لم يكن تطبيق الذكاء الاصطناعي في المجال المعماري تطوراً فجائياً، بل هو امتداد طبيعي وتراكم للمفاهيم السابقة التي اعتمدت على التقنيات المعمارية. يمكن تقسيم هذا التطور إلى أربع مراحل رئيسية: الموديولية، التصميم الحسابي، التصميم البارامتري، وأخيراً الذكاء الاصطناعي.

تشمل الموديولية استخدام أجزاء موحدة وقابلة للتبديل في التصميم، مما يتيح المرونة والقدرة على التكيف في البناء. يعتمد التصميم الحسابي على أجهزة الكمبيوتر للمساعدة في عملية التصميم، مما يسمح بتصميمات أكثر دقة وسرعة وتعقيداً. يستخدم التصميم البارامتري الخوارزميات والمتغيرات لإنشاء خيارات التصميم بناءً على معايير محددة. يأخذ الذكاء الاصطناعي هذه المفاهيم إلى مستوى أبعد، حيث يستعين بخوارزميات التعلم الآلي المتقدمة للمساعدة في عملية التصميم وإنشاء تصاميم أكثر تعقيداً وتحسيناً [1] [11].



الشكل1: مراحل تطور الذكاء الاصطناعي في الهندسة المعمارية[9]

يعتمد الذكاء الاصطناعي في التصميم المعماري على برامج الكمبيوتر التي تحاكي الإدراك البشري لحل المشكلات المعقدة والاستجابة الديناميكية للمحفزات. أحد المجالات الفرعية ذات الصلة الوثيقة هو التعلم الآلي، والذي يشير إلى قدرة نظام الذكاء الاصطناعي على التعرف على الأنماط والتعلم منها، وتحسين قدرته الإدراكية بشكل مستقل دون تدخل بشري. ومن خلال تحليل الصور لمولدات الصور مثل أداة (Midjourney) يمكن تطوير صور غنية بالتفاصيل وذات جودة قريبة من جودة الصور الطبيعية من كلمات نصية قصيرة. وتعد هذه الصور مفيدة أيضاً للوصول إلى عدد كبير من المستخدمين ويمكن استخدامها في المواد التسويقية والترويجية لتوضيح مفاهيم وسياقات التصميم الأساسية. ويمكن للذكاء الاصطناعي أن يعزز الطريقة التي يفحص بها التصميمات الرقمية المتغيرة ويتعلم كيفية تحسين عمليات البناء والتصميم ويمكن لأدوات الذكاء الاصطناعي ذات التركيز العميق تحسين التصميمات لمقاييس أداء المبنى، وإنشاء مخططات للطوابق من مدخلات برمجية ومكانية بسيطة، وإعادة تنظيم مخططات الطوابق ديناميكياً مع نقل الجدران والأقسام مما يؤدي بشكل أساسي إلى أتمتة مهام التصميم الصغيرة المنتشرة بشكل واسع في أجزاء التصميم. ويعمل مهندسو الذكاء الاصطناعي على دمج الواجهات المستندة إلى النصوص باللغة الطبيعية في أدوات هندسة

الذكاء الاصطناعي، مثل (ChatGPT) وتوليد وحدات تكرارية بمساعدة الذكاء الاصطناعي هو نوع من التصميم البارامتري، وهو راسخ في الهندسة المعمارية لتوليد اختلافات وتصميمات لا نهاية لها وذلك مع زيادة قوة حوسبة الذكاء الاصطناعي. ولقد اعتاد الكثير من المهندسين المعماريين على جعل تصميماتهم تتم عبر العمليات الرقمية مثل نمذجة معلومات البناء (BIM) الذي يمكن أن يسمح باختبار هذه النماذج، مع امكانية فحص مدى تأثير متغير واحد على أداء الطاقة في المبنى، أو اكتساب درجة الحرارة، أو تأثير الظلال على المبنى وكل ذلك يزيد من تحسين عمليات التصميم بشكل مستمر ومستقل. يتم تغذية هذه التكنولوجيا الناشئة عن طريق أجهزة الاستشعار المتصلة بشبكة الأنترنت والأجهزة التي تغذي البيانات مباشرة إلى التقنيات الرقمية لذلك هناك العديد من تلك الأدوات التي تعمل على تحسين ومعالجة التصميم.[1] [11]

أي يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي للمساعدة في عملية التصميم من خلال تحليل بيانات التصميم واقتراح الحلول المختلفة بناءً على التوزيعات الإحصائية لتلك المعلومات.
وتشمل التطبيقات المحتملة للذكاء الاصطناعي في الهندسة المعمارية توليد مفاهيم التصميم الأولية (concept)، وتحسين مخططات التصميم، والتنبؤ بأداء المبنى، وتحليل تأثير قرارات التصميم على كفاءة الطاقة أو راحة المستخدمين، وإنشاء محاكاة أو تصورات للمبنى. [11]

الشكل 0:استخدام الذكاء الاصطناعي في عملية الإخراج المعماري[11]

2-الأبنية السكنية

2-1-تعريف المسكن:

لغوياً: (سَكَنَ) الشيء من باب دخل و(السَّكينة) الوَدَاع والوقار. و(المسكِنُ) بكسر الكاف المنزل والبيت.[6]

المسكن هو المنشأة التي يأوي إليها الإنسان وعائلته للعيش، والاحتماء من عوامل الطبيعة، ولقضاء احتياجاته اليومية خارج نطاق عمله، ويستخدمه للراحة والنوم، وتحضير وتناول الطعام، واللقاءات الأسرية والاجتماعية، وممارسة بعض نشاطاته وهواياته. [12]
وهو الوحدة الأساسية في التكوين الفضائي أو المكاني لمشاريع الإسكان، وهي الخلية الأولى للنسيج العمراني السكني أو الهيكل العمراني الذي تستعمله الأسرة أو العائلة، كما يمثل بداية نشوء التجمعات الحضرية وتكوين المستوطنات الحضرية والتجمعات السكانية.[3]

تم تصميم المباني السكنية لتوفير المأوى والأمان والراحة، وغالباً ما تأتي مزودة بوسائل الراحة الأساسية مثل الكهرباء والمياه وأنظمة التدفئة والتبريد.[38]

فبالإضافة لكون المسكن مأوى تتحقق فيه الوظائف الأساسية الفردية والأسرية، هو مجال للعلاقات الأسرية ووعاء للتنشئة الاجتماعية، بالإضافة لكونه عنصراً ثقافياً باعتباره نتاجاً لتفاعل الفرد مع معطيات البيئة من حوله.[13]

2-1-1-المفهوم المادي للمسكن

يعتبر المبنى السكني من أهم المنشآت المعمارية، فطالما كان إيجاد السكن المناسب من أولى اهتمامات الإنسان بسبب ضرورة تأمين الظروف الفيزيائية المناسبة لمعيشته وحمايته من المخاطر والمتمثلة بفراغات المسكن المتنوعة حسب وظيفة كل منها لتشكل مأوى للإنسان. [13]

2-1-2-المفهوم اللامادي للمسكن

لا يمكن الحديث عن المسكن دون التطرق لأبعاده اللامادية بجانب المادية، فهذه الأبعاد تتكامل سوياً في التصميم المعماري لتلبية احتياجات الفرد والأسرة.

المسكن هو المكان الذي يحمل معاني الهدوء والسكينة والراحة، وله دور مهم جداً في نمو الإنسان وتوازنه النفسي والجسدي، ففي المسكن يمارس الفرد كافة الأنشطة الجسدية والفكرية والروحية التي بدورها تتفاعل بشكل متبادل مع المسكن الذي يتمتع فيه بأعلى درجات الخصوصية الاجتماعية.

إن الرابط الروحي والجسدي الذي ينشأ بين الفرد ومسكنه خلال مراحل الحياة العمرية نقل مفهوم المسكن لمستوى أعلى ليصبح رمزاً للانتماء، ووعاء حاضن للقيم الثقافية والاجتماعية والدينية للفرد فأصبح السكن جزء من الهوية الشخصية والأسرية.

تنشأ بين الساكن والمسكن علاقة تبادلية يؤثر فيها كل منهما على الآخر، فللمسكن أثر كبير على حياة الأسرة وحاجاتها الأساسية المتمثلة بالخصوصية والحماية والسلامة من المخاطر الخارجية، ويوفر الخدمات التي تحقق الصحة والراحة لهم.[8]

2-2- أنماط المبنى السكني:

2-2-1-النمط الأول: نمط العائلة (Family type):

يرتبط بنمط العائلة وحالتها تبعاً للفترة الزمنية وبذلك تصنف إلى 4 أنماط:

1. النواة
2. المتنامية
3. المتقلصة
4. المستقرة.[5]

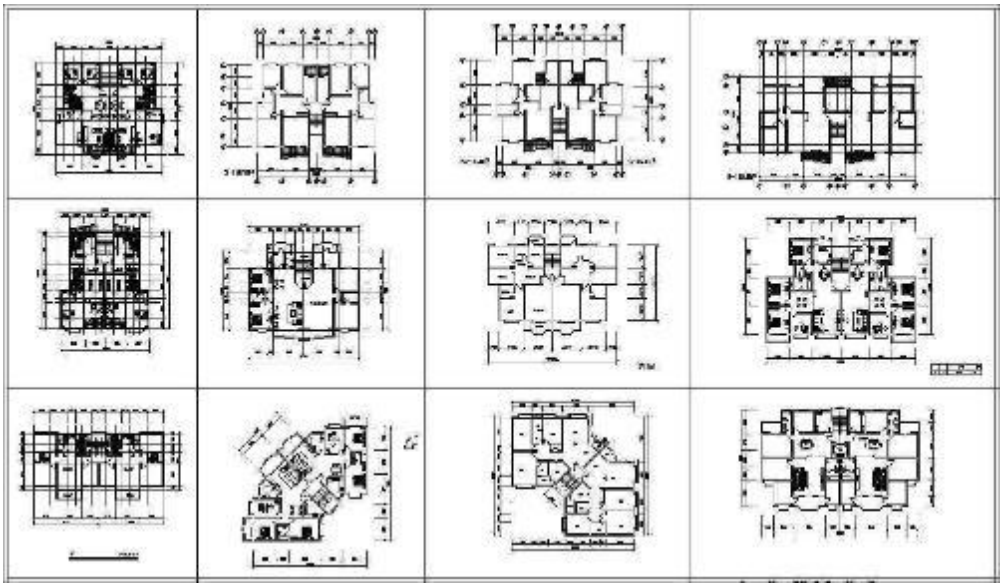
2-2-2-النمط الثاني: نمط الاستخدام (Use type)

يختلف حسب السلوك الاجتماعي للمجتمع وللعائلة وبالتالي يتأثر بميول العائلة ورغباتها، والسلوك الاجتماعي. يقسم إلى:

- نمط(A): يميل نحو الانفتاح فيكون المسقط الأفقي ذو فراغات مفتوحة (Open plan) وبالتالي يناسب العائلات ذات الميول السلوكية المنفتحة (فعاليات سلوكية أكثر عمومية).
- نمط(B): يعطي فعاليات سلوكية أقل عمومية.
- نمط (C): يعطي فعاليات سلوكية أقل خصوصية.
- نمط (D): يعطي ميل نحو فعاليات سلوكية خاصة أو منفردة. [5]

2-2-3-النمط الثالث: نمط المخططات (Plans type):

يرتبط هذا النمط بالعلاقات الوظيفية للمسكن ونمطها وارتباطها الفراغات ببعضها البعض، وبالتالي يوجد عدد كبير من الأنماط تبعاً لرغبات كل عائلة وانعكاس ذلك على تصميم المساقط الأفقية للبناء السكني، لكن هناك ثوابت تحكم العلاقات الوظيفية ترتبط بخصوصية أو عمومية الفضاء ونوع الخدمة أو الفعاليات التي تُنجز فيه (تدرج فضائي للعلاقات الوظيفية والفراغات).[5]



الشكل 3:الاخلاف حسب نمط المخططات وتعدد الحلول للمساكن[40]

2-2-4-النمط الرابع: نمط الوحدة السكنية (Dwelling Type):

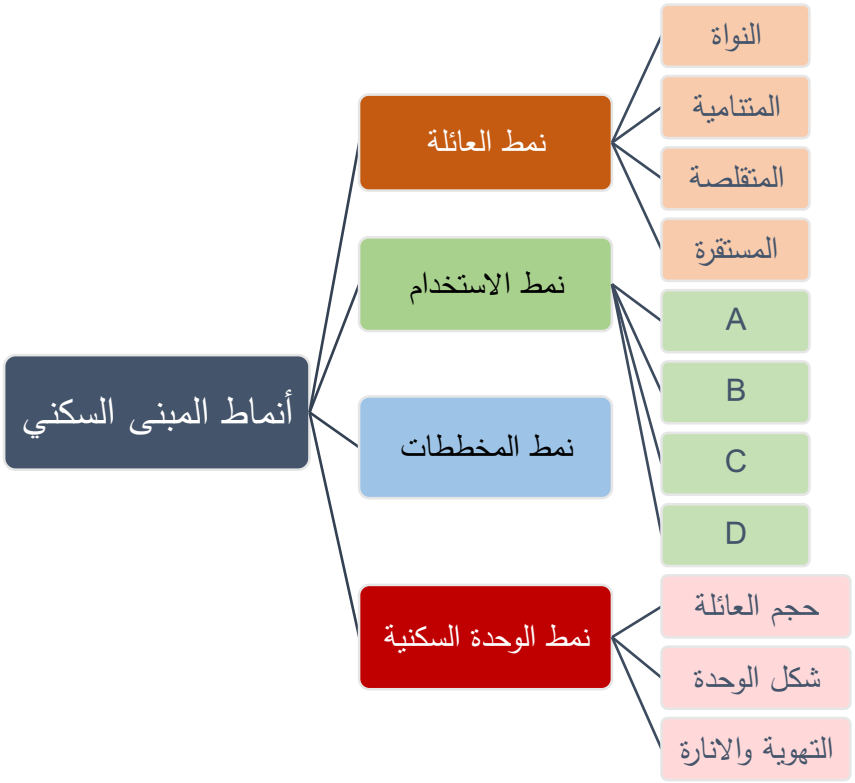
حسب حجم العائلة ونمطها فتكون الوحدة السكنية: إما صغيرة أو متوسطة أو كبيرة أو كبيرة جداً

-وذلك تبعاً لمعايير الإشغال أو تبعاً لحجم الوحدة السكنية بالاعتماد على عدد فراغات النوم.

-يمكن أن يتم تصنيفها أيضا حسب شكل المسقط الأفقي للوحدة السكنية: إما مربعة أو مستطيلة أو على شكل حرف(L) او على شكل حرف(T).

-حسب نظام التهوية والإنارة: فتكون الوحدة السكنية مفتوحة إما على جانب واحد (أحادية التهوية) أو جانبين (ثنائية التهوية) أو ثلاثة جوانب (ثلاثية التهوية) أو أربعة جوانب.[4]

الشكل 4: نماذج لشقق سكنية حسب نمط الوحدة السكنية [29]



الشكل 5: أنماط المبنى السكني [11]

2-3-أسس ومتطلبات تصميم الأبنية السكنية:

ان الاعتبارات التصميمية للمباني السكنية يجب أن تنبثق من عمارة تحقق عناصر المنفعة والمتانة والجمال و الاقتصاد وتفي بحاجات الساكن المادية والنفسية، ففي عملية تصميم المسكن الجيد يجب مراعاة أن يكون البناء جيداً من حيث الموقع والتهوية وإمكانية دخول أشعة الشمس إليه، وأن يكون جيد الإضاءة ومحمي من الرطوبة، وتتوفر فيه العناصر الخدمية المزودة بالشبكات اللازمة (ماء ، صرف صحي، كهرباء كافة، كما تتوفر فيه وسائل السلامة عامة، ويلاحظ أيضاً تنظيم توزيع مساحاته الداخلية بصورة منطقية سواء من ممرات منظمة بمساحات مناسبة وأن يكون عدد الغرف مناسب لحجم العائلة، كما يجب أن يكون

بعيداً عن الضوضاء وفي موقع ملائم.[2]

بالتالي يجب أن يحقق المسكن الإحتياجات الأساسية التي تخص الأسرة:

1) الحصول على مسكن بمساحة مناسبة للاحتياجات الفعلية للأسرة فلا يكون كبيراً فيؤدي للإسراف في الإنشاء ولا صغيراً فيؤدي إلى عدم راحة الأسرة.
2) تضمن المسكن للفراغات الوظيفية للأسرة كالمعيشة والمطبخ ودورات المياه وغرف النوم والتمييز بين هذه الفراغات الضرورية وبين الأخرى قليلة الاستخدام.
3) تحديد الحاجة لكل عنصر ومدى استمرار الحاجة إليه وتحديد المساحة الكافية والمناسبة له دون التقليل أو الإفراط.[8]

2-3-1-عناصر المسكن الرئيسية:

إن نشاطات السلوك الإنساني في البيئة السكنية تحدده الفراغات الثابتة حيث يدخل في تكوينها النشاط السيكولوجي والثقافي له، فالتوظيف الفراغي للمسكن يتحدد بمكان الطعام ومكان النوم ومكان للتحدث ومكان للقراءة. وقد قسم المسكن من وجهة نظر معمارية إلى:

. عناصر انتفاع: (نوم – معيشة – صالون – طعام).

. عناصر اتصال: (ممر – مدخل).

. عناصر خدمة: (مطبخ – حمام – مخزن).

بينما قسم البعض المسكن إلى ثلاثة أقسام رئيسية وهي:

. القسم الليلي : وهو المساحة المخصصة لنوم أفراد الأسرة.

. القسم النهاري: ويخصص لاستراحة أفراد الأسرة، مقابلة الزوار، تناول الطعام، واجتماع أفراد الأسرة.

. القسم الخدمي : ويخصص لتحضير الطعام، غسل الثياب، تخزين المواد التموينية وحفظ المواد المستخدمة في صيانة المنزل. [7]

2-3-2-أبعاد العملية التصميمية للأبنية السكنية:

إن نجاح العملية التصميمية للأبنية السكنية يرتبط بثلاث أبعاد ومتغيرات أساسية:

2-3-2-1-الاحتياج:

ويشمل:

- المتطلبات الفراغية من عناصر ومساحات والعلاقات بين هذه العناصر المختلفة.

-الأولويات المطلوب مراعاتها عند التصميم والعمليات المطلوب أدائها داخل المبنى.

-أساليب الصيانة المطلوب توافرها والتجهيزات المطلوبة داخل المبنى.

-البيئة الداخلية والخارجية المطلوب توفيرها.[7]

ويمكن تقسيم الاحتياج إلى:

- **الاحتياجات الإنسانية في تصميم المسكن :**

إن الهدف الأساسي لعمل المعماري هو تلبية الاحتياجات الإنسانية وترجمتها إلى احتياجات فضائية تتلاءم مع الأنشطة المختلفة. تتنوع هذه الاحتياجات الأساسية للإنسان وتختلف في مستوياتها بناءً على ثقافة الفرد. تنشأ هذه الاحتياجات نتيجة التفاعل بين الإنسان والبيئة المحيطة به. ومع تطور المجتمع، يصبح من الضروري أن يوفر المبنى ما هو أكثر من مجرد الحماية من الظروف المناخية، بل يجب أن يضمن أيضاً الراحة الكاملة للمستخدمين، لا سيما الشعور بالراحة الحرارية، والتي تُعد حاجة فيزيولوجية أساسية للإنسان. يؤدي الابتعاد عن هذه الراحة لفترات طويلة إلى مخاطر صحية، وقد تم تحديد نطاق الراحة المثالية بدرجات حرارة تتراوح بين 24 و27 درجة مئوية، وبنسبة رطوبة نسبية تتراوح بين 30 و60%. ووفقاً لنظرية أبراهام ماسلو، عالم النفس الأمريكي، فإن الاحتياجات الأساسية للإنسان تتجسد في شكل هرم، حيث يلزم إشباع الاحتياجات الأدنى درجة قبل الانتقال إلى إشباع الاحتياجات الأعلى.[2]

وبالتالي يجب على المسكن تحقيق الاحتياجات السكنية الإنسانية التي بدورها لها أوجه متعددة. الجسدية المتعلقة بتوفير الحماية من الأجواء الغير ملائمة والاحتياجات السيكولوجية كالحاجة للأمان، بالإضافة لتأثير المعايير الثقافية للأسرة والمجتمع على تصميم المسكن:

الإحتياجات الجسدية: وهي الاحتياجات الأساسية التي يشترك فيها جميع البشر كالأكل والتنفس والنوم والحماية من المخاطر والتي يجب على المسكن توفيرها لقاطنيه.

الحاجة للأمان والاطمئنان

الاحتياجات الاجتماعية: يلعب المسكن دوراً هاماً في إشباع الاحتياجات الاجتماعية حيث أن المسكن هو مركز حياة الأسرة وفيها ينمو المرء ويتطبع اجتماعياً.[7]

الشكل 6: هرم ماسلو للاحتياجات الإنسانية[39]

- **الاحتياجات الفنية الجمالية في تصميم المسكن**

الإبداع الفني هو غريزة فطرية شعر بها الإنسان منذ بداية التاريخ، حيث بدأ يزين جدران كهوفه ومنازله الشعبية بالرسومات والزخارف ذات الألوان الزاهية. يُعتبر المسكن وسيلة لتوفير الحماية من الظروف الطبيعية والراحة المادية، إضافة إلى توفير المتعة البصرية. تُصنف

المساكن بناءً على عدة عناصر يمكن من خلالها التمييز بين مسكن وآخر، مثل طريقة التجميع، عدد الطوابق، المساحة، الموقع، شكل كتلة المبنى، الطابع المعماري، وتصميم الغلاف الخارجي.[2]

- **الاحتياجات الوظيفية المادية في تصميم المسكن:**

تشمل العناصر الوظيفية في تصميم المسكن العلاقات الفضائية والمساحات المناسبة، بالإضافة إلى الأنظمة الإنشائية والتكنولوجيا الحديثة بجميع تطبيقاتها. تُحقق العناصر التشكيلية والمادية أهدافًا حسية مادية اقتصادية تُعرف بالعناصر الوظيفية. ولكي نحكم على مبنى معين، يجب فهم الفكر التصميمي له لإدراك مدى ملائمة الشكل المعماري للغرض الذي أُنشئ من أجله، وكذلك اكتشاف توافق المبنى وتوزيعه الداخلي وشكله الخارجي مع المنظومة المنطقية للفراغات ومع التناقضات البيئية والمادية المحيطة. لكي يكون المبنى ناجحاً، يجب أن يحقق وظيفتين أساسيتين: التحكم في الظروف البيئية المحيطة واحتواء الأنشطة الحياتية. يتم تقييم الأداء الوظيفي للمسكن على أساس تحقيقه لهذه الوظائف، والتي تتحقق من خلال التصميم المعماري في الجوانب التشكيلية والجوانب الإنسانية.[7]

2-3-2-2-البيئة:

تتضمن البيئة جميع الظروف المحيطة وتشمل:

الموقع والحدود، المناخ العام للمنطقة والخاص بالموقع، المباني المجاورة، الخدمات المتوفرة، قوانين وتشريعات البناء.[2]

2-3-2-3-الشكل:

أي التكوين العام للبناء السكني ويشمل الوحدة والحركة والإضاءة واللون ويجب أن يراعي الهوية الثقافية للمكان وللأسرة. [7]

2-3-3-العوامل المؤثرة في اختيار الوحدة السكنية:

تؤثر عدة عوامل على اختيار المسكن وتتباين بناءً على رغبة ومتطلبات الفرد والأسرة. ومن أبرز هذه العوامل:

1. حجم الأسرة.
2. دخل الأسرة.
3. نمط الوحدة المطلوبة من قبل الاسرة.
4. موقع الوحدة السكنية.
5. عمر الوحدة السكنية. [3]

2-4-التغيرات المعاصرة في العمارة السكنية

مع تطور العمارة في البلدان المتقدمة، ابتعدت العمارة السكنية عن التصميم التقليدي المعتاد. ومع ظهور اتجاهات وتيارات جديدة، تغيرت الاحتياجات الوظيفية وأصبح التعبير عن الذات ضرورة للمستهلكين. لم تعد المساحة السكنية محددة بمتغيرات مثل خصائص ووظائف نوع المساحة، بل يمكن أن تعبر عن تصميمات مختلفة تعكس أذواق السكان وتفضيلاتهم.
وبالتالي، فإن الطلبات النوعية والكمية للمساحات السكنية في المجتمع الحديث متنوعة ومعقدة للغاية، ولم تعد المساحة السكنية مجرد مساحة لتحقيق الوظيفة، بل تحقق أيضاً قيماً جمالية للبشر.

لتحقيق هذه القيم الجمالية، من الضروري إجراء فحص أساسي لشخصيات واختلافات المقيمين في المساحات السكنية. هذا يعني ضرورة التعامل مع الطلب على الإسكان بتصاميم تحمل الطابع الذاتي لكل مستخدم، بدلاً من النماذج الموحدة. في السنوات الأخيرة على وجه الخصوص، لم تعد مهمة المهندسين المعماريين تصميم منازل الدرجة الأولى فحسب، بل أيضاً منازل الطبقة المتوسطة. يتزايد الطلب على المنازل المصممة من قبل المهندسين

المعماريين بشكل كبير، مما أدى إلى هيمنة المنازل المنفصلة التي تهدف إلى تعظيم الخصائص الفردية للمقيمين على وحدات الإسكان المتعددة.

وبدأ الطلب يتزايد على تصميم المساكن التي تركز على تحقيق القيم الجمالية للشكل الخارجي، حتى لو لم تعكس هذه التكوينات وظيفتها السكنية. هذا الوضع يدفع المعماريين إلى البحث عن حلول مختلفة للمساكن ذات التصاميم الفريدة والمختلفة عن غيرها. لذلك، فإن السعي وراء الجماليات الشكلية للمباني السكنية لا ينجم فقط عن الرغبة الشخصية للمهندس المعماري، ولكنه مدعوم بمطالبات المستخدمين بأن يتم التعبير عن شخصياتهم في تصاميم مساكنهم.

يلاحظ تنوع وتعقيد الاحتياجات المادية في المسكن المعاصر، وتزايد الحاجة إلى التعبير عن الذات، إضافة إلى زيادة الطلب على التصميم الجمالي للمسكن في المجتمعات. [2]

2-5-سمات الأبنية السكنية المعاصرة:

تشهد الأبنية السكنية المعاصرة تحولات جذرية تعكس التغيرات البيئية والاجتماعية والتكنولوجية التي يشهدها العالم اليوم. ففي ظل التحديات المتمثلة في التغير المناخي، والتحضر المتسارع، والتقدم التقني، أصبحت هذه الأبنية ليست مجرد مساحات للسكن، وإنما أنظمة متكاملة تهدف إلى تحقيق الاستدامة، والكفاءة، والرفاهية البشرية. تتميز العمارة السكنية الحديثة بعدة سمات أساسية تتباين حسب التيارات المعمارية المعاصرة، وتتراوح بين اعتماد مواد بناء مبتكرة، وتوظيف التكنولوجيا الذكية، ومراعاة الجوانب الاجتماعية والثقافية، مما يجعلها مرآةً لعصرها. [11]

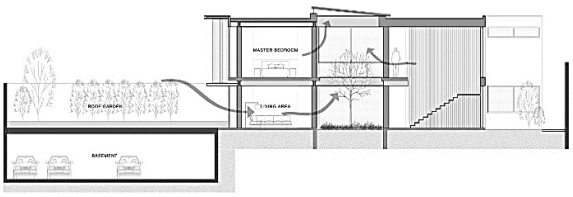
الشكل 7: المبنى السكني بوسكو فيرتكال في إيطاليا [44]

تُعد الاستدامة البيئية الركيزة الأساسية في تصميم الأبنية المعاصرة، حيث أصبحت معايير مثل تقليل البصمة الكربونية، وترشيد استهلاك الطاقة والمياه، وحماية الموارد الطبيعية، جزءً لا يتجزأ من فلسفة التصميم. وتشمل ذلك استخدام مواد بناء صديقة للبيئة كالخرسانة المُعاد تدويرها، والأخشاب المُهندسة (مثل الخشب الرقائقي المُصفح CLT)، والتي تقلل من الانبعاثات مقارنة بالمواد التقليدية. كما تُدمج حلول الطاقة المتجددة، مثل الألواح الشمسية وأنظمة التدفئة الجوفية، لتلبية احتياجات المبنى دون الاعتماد الكلي على الشبكات المركزية. بالإضافة إلى ذلك، تُصمم الواجهات العازلة حرارياً، وتُستخدم أنظمة تكييف الهواء الذكية القائمة على استشعار الحركة لخفض الهدر. ولا يقتصر الأمر على الجانب المادي، بل يمتد إلى التصميم الحضري الذي يعزز المساحات الخضراء العمودية والأفقية، مثل أسطح المباني المزروعة، والتي تساهم في تنقية الهواء وتقليل الآثار الحرارية السلبية. مثالاً على ذلك مسكن بوسكو فيرتكال في ايطاليا. [11]

يبرز استخدام التكنولوجيا الذكية كسمة محورية في الأبنية السكنية المعاصرة، حيث تحولت المنازل إلى كيانات "ذكية" متصلة بشبكات إنترنت الأشياء (IoT). فأنظمة الإضاءة والتدفئة والتأمين تُدار عن بُعد عبر تطبيقات الهواتف الذكية، مما يوفر راحةً استثنائية ويقلل من الهدر عبر تحليل أنماط الاستخدام. كما تُدمج أجهزة الاستشعار لمراقبة جودة الهواء الداخلي، والكشف عن التسريبات المائية أو الغازية، مما يعزز الأمان الوقائي. كما في مبنى 520 West 28th في مدينة نيويورك. ومن الناحية الإنشائية، تُستخدم تقنيات مثل نمذجة معلومات البناء (BIM) لتحسين التخطيط وتقليل الأخطاء أثناء التنفيذ، بينما تتيح الطباعة ثلاثية الأبعاد إنشاء هياكل معقدة بتكلفة وزمن أقل. [11]

الشكل 8: المبنى السكني 520 West 28th في مدينة نيويورك من تصميم مكتب زها حديد تم دمج التكنولوجيا في تصميمه وتشغيله [11]

ويتميز التصميم السكني المعاصر بالمرونة والانفتاح الوظيفي، حيث تختفي الجدران الثابتة لصالح مساحات مفتوحة قابلة للتعديل وفق احتياجات السكان المتغيرة. فالشقق الحديثة غالباً ما تُصمم بمساحات متعددة الاستخدام، يمكن تحويلها من منطقة عمل إلى منطقة استرخاء بسهولة. كما يُعطى اهتمامٌ كبيرٌ للإضاءة الطبيعية عبر النوافذ الكبيرة والفتحات السماوية (Skylights)، والتي تقلل الاعتماد على الإضاءة الاصطناعية وتعزز الصحة النفسية. وتلعب مفاهيم مثل

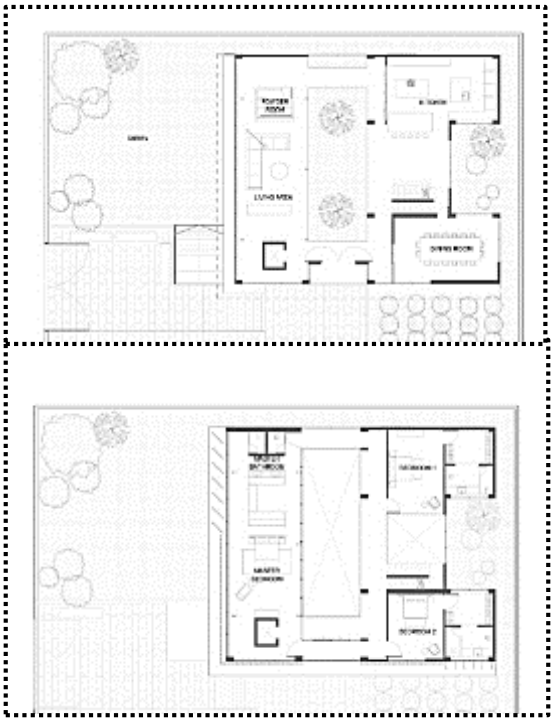


الشكل 9: منزل مانيلا الجديد في الفيليبين والمعالجات البيئية الطبيعية فيه [11]

"التصميم الحيوي" (Biophilic Design) دوراً في دمج العناصر الطبيعية داخل المسكن، كالجدران الخضراء والمواد العضوية، لتعزيز الاتصال بين الإنسان والطبيعة. كما يظهر في منزل مانيلا الجديد في الفيليبين. [11]

الشكل 10:مساقط منزل مانيلا الجديد في الفيليبين تظهر فيه الفراغات المفتوحة [11]

بينما تظهر الأبعاد الاجتماعية والثقافية في العمارة المعاصرة عبر تصميم مجمعات سكنية تشجع التفاعل المجتمعي، مثل توفير مساحات مشتركة للعمل أو الترفيه، ومرافق رياضية متكاملة. مع ذلك، تواجه الأبنية المعاصرة تحديات، أهمها التكلفة العالية للمواد والتقنيات المتطورة، مما قد يُعمق الفجوة بين الطبقات الاجتماعية. كما أن الاعتماد المفرط على التكنولوجيا يطرح تساؤلات حول الخصوصية وأمان البيانات.



بالإضافة إلى ذلك، هناك حاجة مستمرة لتطوير تشريعات بناء تدعم الابتكار دون إغفال المعايير الأخلاقية.[11]

تمثل الأبنية السكنية المعاصرة استجابةً متعددة الأوجه لمتطلبات القرن الحادي والعشرين، حيث تجمع بين الابتكار التكنولوجي، والمسؤولية البيئية، والإنسانية الاجتماعية. ولا شك أن نجاحها مرهون بقدرتها على تحقيق التوازن بين هذه الجوانب، دون إغفال البعد الجمالي الذي يجعل من السكن ليس مأوىً فحسب، بل فضاءً للإلهام والرفاهية.[11]

3- الذكاء الاصطناعي والأبنية السكنية:

في السنوات الأخيرة، أصبح الذكاء الاصطناعي (AI) ركيزةً أساسيةً في تطوير العمارة السكنية، حيث يُحدث تحولات جذرية في عمليات التصميم والتنفيذ وإدارة المشاريع. يعمل الذكاء الاصطناعي على تمكين المهندسين المعماريين من تجاوز الحدود التقليدية عبر دمج الخوارزميات المتقدمة وتحليل البيانات الضخمة، مما يُعزز الإبداع ويُحسّن الكفاءة الوظيفية والاستدامة. على سبيل المثال، تُستخدم أدوات مثل (Midjourney) **لإنشاء تصورات معمارية واقعية بناءً على أوصاف نصية**، مثل التصميمات الحديثة للفلل المطلة على الشواطئ أو المساكن الذكية المدمجة مع الطبيعة، مما يُسرّع عملية التواصل مع العملاء ويُقلل الوقت المُستغرق في المراحل الأولية من التصميم.[22] [21]

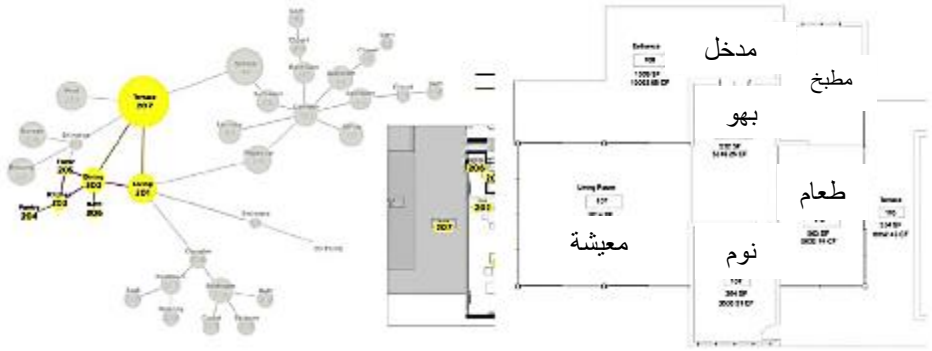
الشكل 11: صور لأبنية سكنية مولدة عن طريق نص وصفي[18]

كما تُسهم تقنيات التصميم البارامتري المدعومة بالذكاء الاصطناعي في توليد أشكال معقدة تتكيف مع الظروف البيئية، مثل المساكن ذات الواجهات النباتية العمودية التي تُحسّن العزل الحراري وتُقلل استهلاك الطاقة. كما في أبراج The Absolute Towers في ميسيسوجا. [25]

الشكل 12: صورة ومسقط أفقي نموذجي للأبراج السكنية The Absolute Towers في ميسيسوجا، أونتاريو، كندا المصممة باستخدام تقنيات التصميم البارامتري [14]

أحد التطبيقات البارزة هو **دمج الذكاء الاصطناعي مع (نمذجة معلومات البناء (BIM))**، حيث تُحلل الخوارزميات البيانات الهيكلية والمناخية لتحسين توجيه المباني وتوزيع المساحات الداخلية. على سبيل المثال، يمكن لبرامج مثل (Revit) المدعومة بالذكاء الاصطناعي اقتراح تعديلات تلقائية على التصميم لتعزيز كفاءة الطاقة، مثل تحسين تدفق الضوء الطبيعي أو تخفيض الاعتماد على أنظمة التكييف. وفي مشاريع مثل (RiverSouth) في تكساس، تم استخدام أجهزة استشعار ذكية وأنظمة تحكم آلية لمراقبة أداء المبنى في الوقت الفعلي، مما أدى إلى خفض استهلاك الطاقة بنسبة تصل إلى 30%.[17] [33] [10]

على مستوى التصميم الداخلي، تُقدم منصات مثل (StarryAI) و(DALL-E) حلولاً مبتكرةً تسمح للمستخدمين **بتوليد تصاميم مخصصة** بناءً على تفضيلاتهم الشخصية. فعند إدخال معايير مثل عدد الغرف أو النمط المعماري، يُنتج الذكاء الاصطناعي عشرات الخيارات التي يمكن تعديلها تفصيلياً، مما يُسهل عملية التصميم ويجعلها في متناول غير المتخصصين. بالإضافة إلى ذلك، تُستخدم تقنيات الواقع الافتراضي (VR) والواقع المعزز (AR) المدعومة بالذكاء الاصطناعي لإنشاء جولات تفاعلية تسمح للعملاء بتجربة المساحات قبل بنائها، مما يُقلل من الأخطاء التصميمية ويُعزز رضا العملاء.[24] [17]



الشكل13: استخدام تقنية الواقع الافتراضي في تصميم الأبنية السكنية.[23]

الشكل 14: توليد مسقط لمبنى سكني عن طريق الذكاء الاصطناعي باستخدام قواعد تقسيم المناطق.[9]

في سياق الاستدامة، **يُسهم الذكاء الاصطناعي في تحليل دورة حياة المواد واختيار البدائل الأكثر مراعاة للبيئة**. على سبيل المثال، طوّر باحثون في (جامعة شينزن) خوارزميات تُحلل بيانات المناخ المحلي لتصميم واجهات مبنية على المواد المعاد تدويرها، مما يُقلل البصمة الكربونية للمشاريع السكنية بنسبة تصل إلى 25%. كما تُستخدم الروبوتات ذاتية التحكم في مواقع البناء لأتمتة المهام المتكررة مثل اللحام أو الصب، مما يُعزز السلامة ويُقلل الفاقد في المواد.[10]

الشكل 15: منزل تيكلا المستدام المطبوع في ايطاليا [43]

كما تحظى **تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد**، والمعروفة أيضاً باسم التصنيع الإضافي أو الرقمي، باهتمام متزايد في البناء والتشييد، وخاصة بالنسبة للمباني السكنية. تتضمن هذه الطريقة بناء طبقة تلو الأخرى، مما يسمح بعمليات بناء دقيقة وفعالة من حيث التكلفة. يعد ظهور الطباعة ثلاثية الأبعاد في البناء بإحراز تقدم كبير من حيث مرونة التصميم وكفاءة المواد والاستدامة.

للطباعة ثلاثية الأبعاد تأثير عميق على النجاح الإجمالي للمشروع (OPS) لمشاريع البناء السكنية من خلال تحسين الأبعاد المتعلقة بالمشروع مثل التكلفة والوقت والجودة والسلامة والاستدامة مما يدل على آثار إيجابية للغاية في الأبعاد البيئية والسلامة.

يمكن تحقيق التنوع المعماري من خلال الطباعة ثلاثية الأبعاد جنباً إلى جنب مع التصميم الرقمي والبناء الآلي. وذلك عن طريق منهج برمجة حدودي يستوعب الاحتياجات السكنية

المتنوعة على أساس الاختلافات الثقافية والمناخية والمهنية. تهدف هذه المنهجية إلى التغلب على تجانس تصاميم المساكن التقليدية من خلال تعزيز التخصيص والقدرة على التكيف.

هناك عدة مزايا لاستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد، مثل تقليل وقت البناء، وانخفاض التكاليف، وتقليل هدر المواد. بالإضافة للمرونة في التصميم التي توفرها الطباعة ثلاثية الأبعاد، مما يسمح بأشكال هندسية معقدة ودمج مواد مختلفة لتناسب متطلبات المسكن المحدد.[11]

يُشكل الذكاء الاصطناعي أداةً تحويلية في العمارة السكنية، حيث يوازن بين الابتكار والكفاءة من جهة، والتحديات الأخلاقية والتقنية من جهة أخرى. يتطلب الاستغلال الأمثل لهذه التقنيات وضع أطر تشريعية واضحة وتعزيز التعاون بين المطورين والمهندسين لضمان أن تظل التصاميم السكنية مرآةً للإبداع البشري، وليس مجرد نتاج خوارزميات باردة.

الشكل 16: أبنية سكنية مبنية باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد.[11]

مع هذه الإمكانيات، تبرز أيضاً تحديات جوهرية، مثل القضايا القانونية المتعلقة بحقوق الملكية الفكرية للتصاميم المُولدة بالذكاء الاصطناعي. ففي الولايات المتحدة، ألغت (مكتبة الكونغرس) حقوق النشر لبعض الأعمال المُنتجة بالكامل بواسطة الذكاء الاصطناعي، مما يطرح تساؤلات حول مسؤولية المهندسين عن التصاميم المُستوحاة من هذه التقنيات. كما أن الاعتماد المفرط على الذكاء الاصطناعي قد يُهدد الإبداع البشري، حيث يُحذر خبراء من فقدان "اللمسة الإنسانية" في التصاميم إذا اقتصرت العملية على الخوارزميات دون تدخل المختصين.[10]

رغم هذه التحديات، تشير الدراسات إلى أن دمج الذكاء الاصطناعي في العمارة السكنية سيستمر في النمو، خاصة مع تطور تقنيات مثل التعلم المعزز التي تسمح للأنظمة بالتعلم من التجارب السابقة وتحسين التصاميم تلقائياً. على سبيل المثال، تعمل شركة (Arktura) على مشاريع تُدمج بين الذكاء الاصطناعي والتصميم البشري لإنشاء واجهات مبنية على تحليل سلوك المستخدمين، مما يُعزز التفاعل بين المساحات والسكان. وفي الخليج العربي، تُخطط مدن مثل (نيوم) لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تصميم مجتمعات سكنية ذكية تتكيف مع الظروف الصحراوية القاسية عبر أنظمة تبريد ذكية ومواد بناء متطورة.[24] [19]

الشكل 17 :الشقق السكنية المتكيفة مع التضاريس في تروجينا بمدينة نيوم .[42]

4-النتائج العامة:

1. الذكاء الاصطناعي أتاح مرونة غير مسبوقة في التصميم المعماري السكني، حيث مكَّن من توليد تصاميم معقدة ومبتكرة تتكيف مع الظروف البيئية والاجتماعية، مثل الواجهات الديناميكية والمساحات الذكية التي تستجيب لاحتياجات السكان.
2. تعقيدات التصميم لا تؤثر على كفاءة التنفيذ بفضل أدوات مثل التصميم البارامتري ونمذجة معلومات البناء(BIM) ، التي تحوِّل الأفكار المعقدة إلى نماذج قابلة للتنفيذ بدقة عالية وتكلفة مُحسَّنة. بالاضافة لأثرها الايجابي في تحقيق الاستدامة في المساكن.
3. الذكاء الاصطناعي يتميز بمطابقة التصميم مع التنبؤات الوظيفية، مثل تحليل أداء الطاقة مسبقاً، مما يقلل الأخطاء ويزيد من فعالية المباني السكنية.
4. قدرة الذكاء الاصطناعي محدودة بجودة البيانات المُدخَلة، مما قد يؤدي إلى تصاميم سكنية غير ملائمة إذا كانت البيانات غير دقيقة أو منحازة.
5. الذكاء الاصطناعي يختصر وقت التصميم الأولي مما يجعله أداة مثالية للمشاريع السكنية العاجلة، مثل إسكان الأزمات أو التوسع الحضري السريع.
6. التصاميم المدعومة بالذكاء الاصطناعي تقلل تكاليف البناء للأبنية السكنية عبر تحسين استخدام المواد وتقليل الهدر، مما يجعلها مناسبة للمجتمعات محدودة الدخل.
7. التصاميم الذكية تعزز الاستدامة البيئية في الأبنية السكنية من خلال دمج أنظمة الطاقة المتجددة وتحسين العزل الحراري، مع إمكانية إعادة تدوير المكونات الرقمية.
8. الذكاء الاصطناعي يقلل الأخطاء البشرية في التنفيذ عبر أتمتة العمليات الحسابية والإنشائية، لكنه لا يزال بحاجة إلى إشراف بشري لتجنب الأخطاء الخوارزمية.
9. إحدى سلبيات الذكاء الاصطناعي صعوبة تعديل التصاميم المُولَّدة آلياً، خاصة إذا اعتمدت على خوارزميات مغلقة المصدر.
10. تكلفة تطوير منصات الذكاء الاصطناعي المتخصصة مرتفعة، مما يحد من انتشارها في البلدان النامية.

5-التوصيات:

1. تشجيع الحكومات وشركات البناء على تبني الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية
2. تسهيل الوصول إلى منصات الذكاء الاصطناعي مفتوحة المصدر للحد من التكاليف وتمكين المهندسين من الاستفادة منها دون قيود.
3. توظيف الذكاء الاصطناعي في إعادة الإعمار وإسكان الكوارث بسبب سرعته في تقديم حلول مُحسَّنة زمنياً ومالياً.
4. إدراج مناهج تعليمية عن الذكاء الاصطناعي في كليات الهندسة المعمارية في سورية لإعداد جيل جديد من المهندسين القادرين على دمج التقنية في الممارسة العملية.
5. تعزيز البحث الأكاديمي في المواضيع المتعلقة بالذكاء الاصطناعي.

8-المراجع:

1. Abd El Fattah Ammar, Zakaria. “Artificial intelligence and its role in accelerating decision-making processes in architectural design.” *International Journal of Architectural Engineering and Urban Research* (2023)
2. Al-Ashraf, Rania. "Sculpture and Its Impact on Form and Function in Contemporary Residential Architecture." Master's Thesis, Faculty of Architectural Engineering, Homs University, 2024.
3. Al-Qaisi, Kameela Ahmed Abdul Sattar. "Housing Lecture (2)." Department of Architecture, College of Engineering, Al-Mustansiriya University, Iraq, 2020.
4. Al-Qaisi, Kameela Ahmed Abdul Sattar. "Housing Lecture (5)." Department of Architecture, College of Engineering, Al-Mustansiriya University, Iraq, 2020.
5. Al-Qaisi, Kameela Ahmed Abdul Sattar. "Housing Lecture (7)." Department of Architecture, College of Engineering, Al-Mustansiriya University, Iraq, 2020.
6. Al-Razi, Muhammad ibn Abdul Qadir. "Al-Mukhtar Al-Sihah," Al-Nouri Library, Damascus, p. 307.
7. Al-Tatan, Hiba Bashar. "Exploiting the Third Dimension in the Design Process to Achieve Implicit Increase in Limited Space Housing." Master's Thesis, Faculty of Architectural Engineering, Homs University, 2022.

8. Asila, Iman Mohammed. "The Role of Architectural and Urban Design in Achieving Security and Safety Systems in Residential Buildings (A Case Study of Syria)." Master's Thesis, Faculty of Architectural Engineering, Homs University, 2022.
9. Hegazy .Muhammad, Saleh .Ahmed. "Evolution of AI role in architectural design: between parametric exploration and machine hallucination" MSA ENGINEERING JOURNAL.Volume 2 Issue 2, E-ISSN 2812-4928, P-ISSN 28125339 (https://msaeng.journals.ekb.eg//).2023
10. Li, Yangluxi, Huishu Chen, Peijun Yu, and Li Yang. 2025. "A Review of Artificial Intelligence in Enhancing Architectural Design Efficiency" *Applied Sciences* 15, no. 3: 1476. https://doi.org/10.3390/app15031476
11. Moussa, Edwar Antoin. "Contemporary Architectural Trends and Their Impact on the Design of Residential Buildings." Master's Thesis, Faculty of Architectural, Homs University, 2024.
12. Mustafa Ibrahim, Dr. Fayrouz. "The Emergence of Housing in Cities." College of Engineering, Tripoli.
13. Qabqibo, Lama Farhan. "The Relationship Between the Environment and the Design of Residential Buildings in the Context of Reconstruction (A Case Study of Homs)." Doctoral Dissertation, Faculty of Architectural Engineering, Homs University, 2023.

14."Absolute Towers / MAD Architects" 12 Dec 2012. ArchDaily. Accessed 17 Jul 2024. <https://www.archdaily.com/306566/absolute-towers-mad-architects> ISSN 0719-8884
15.https://aws.amazon.com/what-is/artificial-intelligence/
16.https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai
17.https://gbdmagazine.com/ai-in-architecture/
18.https://illustrarch.com/articles/29913-design-process-of-parametric-architecture-building.html
19.https://jeseco-co.com/artificial-intelligence-in-construction/
20.https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2053951716679679
21.https://parametric-architecture.com/futurist-architecture-modern-cities/
22.https://parametric-architecture.com/role-of-ai-in-shaping-modern-home-design/?srsltid=AfmBOoq2cjxF_Cgq1SfA6_G4lwYCySosgZUpz3DL4cjX_PGZRWL6mbi2
23.https://rubygarage.org/blog/virtual-reality-in-real-estate
24.https://site.co-architecture.com/artificial-intelligence-ai/how-architects-are-using-ai-to-design-homes/
25.https://site.co-architecture.com/artificial-intelligence-ai/how-architects-are-using-ai-to-design-homes/

26. https://st.llnl.gov/news/look-back/birth-artificial-intelligence-ai-research
27. https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/
28. https://www.aljazeera.net/blogs/2024/11/4/%D9%86%D8%B4%D8%A3%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%B0%D9%83%D8%A7%D8%A1-%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%B5%D8%B7%D9%86%D8%A7%D8%B9%D9%8A-%D9%88%D8%AA%D8%B7%D9%88%D8%B1%D9%87
29. https://www.aucklanddesignmanual.co.nz
30. https://www.calmu.edu/news/future-of-artificial-intelligence
31. https://www.deeplearningbook.org/
32. https://www.ibm.com/think/topics/history-of-artificial-intelligence
33. https://www.mdpi.com/2076-3417/15/3/1476
34. https://www.nature.com/articles/nature21056
35. https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/artificial-intelligence-a-modern-approach/P200000003472/9780137505135
36. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2451958823000520
37. https://www.tableau.com/data-insights/ai/history
38. https://www.thehomesdirect.com/blog/residential-types-types-of-residential-buildings

39.https://www.waqi3.com/2016/12/blog-post.html

40.www.caddownloadweb.com

41.https://arxiv.org/abs/1604.07316

42.https://www.neom.com/ar-sa/regions/trojena/resident

43.https://www.archdaily.com/960714/tecla-technology-and-clay-3d-printed-house-mario-cucinella-architects

44.https://www.studiocontin.com/bosco-verticale