Journal of Engineering Sciences and Information Technology
Volume (6), Issue (1): 30 Mar 2022
P: 15 - 45

ISSN: 2522- 3321

مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات
المجلد (6)، العدد (1): 30 مارس 2022م
ص: 15 - 45

The Formal Zigzag of the shapes of the volumetric structures as an influential on their functional performance Towards a Zigzagging Verticality in the 21 st Century

Zahraa Mohammad Jumaa Kattoua
Safwat Ibrahim Basha
Mohamad Atalla Chick Mohamad
Faculty of Architecture || University of Aleppo || Syria

Abstract: The vertical masses with their boxy shapes dominated the cities in the world as one of the most important product that invested the outputs of the industrial revolution, spreading from Chicago to New York and from there to the whole world to the Arab cities. Functionalism is no longer the only reason for moving vertically in the volumetric masses, it has become by time a field for competition for height, contrary to Earth's gravity. Those architectural structures with boxy forms transformed into a space that relies on a lot of machines which are necessary to operate these stacked floors, whether for heating, air conditioning or even lighting, what made them a burden that drains energy in an era that calls for sustainability, and negatively reflected on the environmental functionality performance which related to lighting, solarization or shading, and natural ventelation. they also produced many negatives, such as social isolation, away from the nature, strangeness of scale and lack of Harmony with the context, which was also reflected on the formal performance. So, meeting the needs of users with the existence of these vertical masses in their current forms seems unfulfilled to the design requirements. As a reaction, these negatives constituted as catalysts that made the transformation and the reconsidering of the design of the shapes of the volumetric structures are inevitable, taking into account the visual aspect and the sky line, getting rid of monotony and boredom and allowing a better quality of life, especially with regard to housing.

The research deals with those morphological variables that affected the functional performance of the building, and aims to monitor the variations of the transformation cases that have occurred on the shapes of the vertical boxy masses since the beginning of the current century, through the approach of the analytical method of projects which the zigzag cases depended on their variable and extracting the effect of zigzag stimuli on the transformation of the formation and the nature of the zigzag, and then linking them to extracting functional or formal performance indicators as required by the purpose by comparing all previous cases. The research concluded, that the result lies in a close study of the relationship of the form and the function by reconsidering the shapes of the envelope line of the vertical mass and its relationship with the sky line and the way it moves from the horizon to the vertical such as zigzag and gradient moving or zigzag in the composition to increase the receiving surfaces and to improve the environmental functional performance or even perforating the boxy envelope to create a corner apartment and to get a direct connection with nature. The final indicators show that despite the different method of the zigzag, the largest percentage of zigzag goal is related to the environmental aspect to raise the functional performance of the building. The research recommends strengthening the role of the duality (the form- the function) by linking the shape of the structure to the desired needs and non- repetition without studying the validity of the form used for the intended time and place.

Keywords: Verticality, Zigzag, Shape, Function, Pixels, Sculptural, Typology.

التعرّج الشّكليّ لهيئات البنى الحجميّة كمؤثرٍ على أدائها الوظيفيّ نحو عمارةٍ شاقوليّةٍ متعرّجةٍ في القرن 21

زهراء محمد جمعة كتّوع

صفوت إبراهيم باشا

محمد عطاالله شيخ محمد

كلية الهندسة المعمارية || جامعة حلب || سوريا

المستخلص: سيطرت الكتل الشاقوليّة بهيئاتها الصندوقيّة على المدن في العالم كأحد أهم منتج استثمر مخرجات الثورة الصناعية، منتشرةً من شيكاغو إلى نيويورك ومنها إلى العالم أجمع وصولاً للمدن العربيّة. لم تعد الوظيفية سبباً وحيداً للانتقال شاقولياً بالكتل الحجمية فقد أصبحت مع الوقت مجالاً للمنافسة بالارتفاع، معاكسةً بذلك الجاذبية الأرضية. ومع الوقت تحوّلت تلك البنى المعماريّة ذات الهيئات الصندوقيّة إلى حيّزٍ يعتمد العديد من الآلات اللازمة لتشغيل تلك الطوابق المكدّسة سواءً للتدفئة أو التكييف أو حتى الإنارة ما جعلها عبئاً يستنزف الطاقة في عصر ينادي بالاستدامة انعكس سلباً على الأداء الوظيفي البيئي المتعلق بالإنارة والتشميس أو التظليل والتهوية الطبيعية. كما أفرزت العديد من السّلبيّات، كالعزلة الاجتماعية والبعد عن الطبيعة وغرابة المقياس وعدم الانسجام مع السياق، ما انعكس أيضا على الأداء الشكليّ. وأصبح تلبية حاجات المستخدمين مع تزامن وجود تلك الكتل الشاقولية بهيئاتها الحالية يبدو غير محقق للمتطلبات التصميمية. وكردة فعلٍ شكلت تلك السلبيات محفزات جعلت التحول وإعادة النظر في تصميم هيئات البنى الحجميّة أمراً محتماً بما يأخذ بعين الاعتبار الناحية البصريّة وخطّ السّماء بالتخلص من الرتابة والملل ويسمح بنوعيّة حياة أفضل وخاصة فيما يتعلق بالمسكن.

يتناول البحث تلك المتغيّرات الشّكليّة التي أثّرت على الأداء الوظيفيّ للمبنى، ويهدف لرصد تنوعات حالات التحول التي طرأت على هيئات الكتل الشاقولية الصندوقية منذ مطلع القرن الحاليّ من خلال نهج الأسلوب التحليلي للمشاريع التي اعتمدت حالات التعرج على تنوعها واستخلاص تأثير محفزات التعرج على تحول التكوين وطبيعة التعرج ثم ربطها باستخلاص مؤشرات أداء وظيفي أو شكلي حسبما تقتضي الغاية من خلال مقارنة كافة الحالات السابقة. وخلص البحث لأن النتيجة تكمن في دراسة وثيقة لعلاقة الشكل مع الوظيفة من خلال إعادة النظر في هيئات الخط المغلف للكتلة الشاقولية وعلاقته مع خط السماء وبطريقة انتقاله من الأفق للشاقول كالتعرج والتدرج بالانتقال أو التعرج في بنية التكوين لزيادة الأسطح المستقبلة ولتحسين الأداء الوظيفي البيئي أو حتى تثقيب المغلف الصندوقي لخلق شقة الزاوية وتأمين تواصل مباشر مع الطبيعة، وتبين المؤشرات النهائية بأنه رغم اختلاف طريقة التعرج فإن النسبة الأكبر لهدف التعرج يتعلق بالناحية البيئية وبما يرفع أداء المبنى الوظيفي. ويوصي البحث بتعزيز دور ثنائية (الشكل- الوظيفة) بربط هيئة التكوين بالحاجات المرجوة وعدم التكرار دون دراسة لصلاحية التكوين المستخدم للزمان والمكان المقصود.

الكلمات المفتاحية: الشاقولية، التعرج، الشكل، الوظيفة، البكسل، النحت، النمط.

المقدمة.

من الملفت للانتباه أن الفكر المعماريّ المعاصر في مطلع القرن الحالي أخذ يستبعد تدريجياً التكوينات الشاقولية المثالية كرمزٍ لمفهوم الحداثة والوظيفية في المشاريع المطروحة التي بدأت تظهر بهيئات تحاول التغيير الشكلي والربط مع الأفضل وظيفياً رغم شاقوليتها، سعياً لمراعاة البيئة وتخفيف أعباء استهلاك الطاقة. فرغم أن الكتل الشاقولية فُرضت وفقاً لظروفٍ ملحّة تلبي حاجات السكان والمستخدمين إلا أن الإفراط في اعتمادها دون اعتبارات للمستخدم واحتياجاته ومقياسه أثبت ظهور العديد من السلبيات تراكمت مع الوقت، ربما كان قد غُضّ الطّرف عنها مسبقاً.

كما أن النّقد المتكرّر للمباني المرتفعة وظهور أمراض متعلّقة بها كالخوف من المرتفعات public tower phobia(12) وتقزّم المقياس الإنسانيّ في شخصية العديد من المدن أمام ناطحات السحاب المنبثقة، جعل المعمار يفكر بالتدرج للانتقال من الأفق للشاقول بما يراعي نسب الإنسان ويحفز إعادة وضع تصورات لتشكيل غلاف المبنى. وبينت دراسات مختلفة ظهور آثار سلبية على نفسية السكان بما سببته من عزلة اجتماعية للأطفال وفقاً لدراسات اجتماعية نفسية (6)، وبالتالي غياب البعد الاجتماعي في دراسة تصورات تلك البنى الحجمية الرأسية (2) وغيرها من السلبيات. والنتيجة انعكاس ذلك على ردات فعل تتجلى بالنفور من الارتفاعات والرغبة أكثر بالعيش قرب الطابق الأرضي والشعور بضرورة الارتباط مع الطبيعة (6). كما أن فقدان الإنارة والتهوية الطبيعيتين والتعرض الأكبر للتشميس وخصوصاً في الطوابق السفلى نظراً للاكتظاظ الشديد وتقارب الكتل المتزاحمة انعكس على نوعية الشقق التي لم تعد تحظى بالحد الأدنى للقابل للعيش بها، وأصبح الاعتماد الأكبر على التهوية والإنارة الصناعيين ما يوجهنا للحديث عن الاستدامة ومشاكل استنزاف الطاقة، وبالتالي إن الكتل الشاقولية في هيئاتها الحالية عاجزة عن الأداء المطلوب.

ماذا لو فكرنا بتغيير وتعرج هيئات الكتل الصندوقية بما يزيد من قابلية الكتل للعيش والاستخدام ويرفع نوعية المبنى سكنيّاً كان أم خدميّاً؟ بما يمكننا الاستفادة بالحد الأعلى من هذا التحول ويتقاطع مع الهدف المنشود المتعلق بمؤشرات الأداء بأنواعه في تعزيز لدور الثنائية (الشكل –الوظيفة) التي ستشكل المؤثر الأكبر بطبيعة التعرج والأداء.

مشكلة البحث:

أَرغَمَ المصمّمون البنى الحجميّة على الثبات في إطار هيئات الكتل المكدسة صندوقياً محافظةً على ماهي عليه لفترة أكثر من قرن، باعتبارهم لصلاحيتها لأي زمان ومكان دون النظر للمتطلبات الوظيفية المتعلقة بالأداء رغم ما أثبتته الدراسات بكونها أصبحت عبئاً على البيئة ببعدها عن الطبيعة وفقدانها المقومات البيئية، إضافة لما يتعلّق وينعكس على النّاحية البصريّة وخطّ السّماء. وبالتالي: تكمن المشكلة في عجز الكتل الشاقولية في هيئاتها الصندوقية الحالية عن كفاية حاجات المستخدمين والساكنين. الأمر الذي يستدعي إعادة النظر في علاقة الوظيفة مع الشكل في إطار ثنائية متلازمة وتأثير ذلك على تحسين نوعية المنتج النهائي من خلال البحث عن مؤشرات أداء تؤخذ بعين الاعتبار عند تصميمها.

تساؤلات البحث:

1- هل تعتبر الدوافع الكامنة نحو تغيير منحى التفكير المعماري الحجمي في عمارة القرن 21 مؤشرات لضرورة البحث عن بدائل وتمهيداً لظهور أنماط اخرى من التكوينات الشاقوليّة أكثر قابلية للحياة؟ تاكيداً لاستنفاذ هيئات الكتل الشاقولية الصندوقية لطاقاتها التعبيرية.
2- ما مدى تأثير مؤشرات الأداء المتعلق بتعرّج الشكل الخارجي للمنتج الحجمي على تحسين أداءه الوظيفي؟ وهل ستشكل المؤشرات الإيجابية للأداء الوظيفي للحلول البديلة سبباً لسيطرة الشاقولية المتعرجة في مستقبل العمارة في القرن 21 لتكون بداية لتحول أفضل في نوعية البنى الحجمية الشاقولية في القرن الحالي؟
3- في حال استخدام الكتل الرأسية لاعتبارات معينة، أليس من الأفضل تقديم حلول نوعية تربط الأداء الطاقي للمبنى الشاقوليّ بمغلفه الشكلي بالتحول عن الشاقولية المطلقة بما يحسن نوعية الحياة في هذا المنتج ويقلل من عبء استنزاف الطاقة وينعكس على أداءه عموماً؟

4- كيف يمكن لتفعيل ثنائية (الشكل – الوظيفة) أن يُحوّل الكتل الصندوقية الشاقولية الحالية بما يجعلها أكثر قابلية للحياة؟.

5- هل يمكن أن نُسخّر كل ما هو إيجابيّ (مما سعت إليه الوظيفية) بعد إعادة صياغته في ظل عصر جديد من المعطيات والمتغيرات ضمن قالب مختلف أكثر غنى؟

فرضيّة البحث:

إنّ التّعرّج في هيئات مغلّفات البنى الحجميّة الشّاقوليّة بعيداً عن الرّتابة سيكون خطوةً نحو أداء طاقيّ أفضل للمبنى ولتحسين علاقته مع سياق الموقع وأكثر قبولاً من النّاحية البصريّة بما يشكّله مع خطّ السّماء، إضافة لإمكانيّة ارتباطه مع الطّبيعة وانعكاس كل ذلك على أداءه وتحسين نوعيّة الحياة فيه، في تلازم ذلك مع ثنائية (الشكل – الوظيفة).

أهميّة البحث:

تأتي أهميّة البحث من كونه يناقش موضوعاً فكريّاً بصريّاً يسعى للتحوّل في هيئات البنى الحجميّة الشاقولية من خلال ربطها مع أداء المبنى ودراسة علاقتها مع الطبيعة والسياق وخطّ السماء في سبيل تقديم عمارة مستقبلية تواكب متطلبات الحياة وتنظر بعين النوعية للتصاميم المطروحة.

هدف البحث:

- الخروج عن الإطار الشّكليّ للبنى الحجميّة الشاقوليّة الذي فرضته الحداثة أو أنتجته تلبيةً لحاجاتٍ وظيفية ملحّة في زمنٍ ما بعد تجاوز السلبيات التي أفرزتها بما يحسن الأداء الوظيفيّ والطاقيّ للمبنى.
- استخلاص أهم مؤشرات الأداء الوظيفيّ للتّحوّلات التي شهدتها الكتل المتعرّجة في القرن 21 كبدائل نوعية ناجمة عن ربط الشّكل بالوظيفة، تحكم التعرج بأنواعه وتلبي المتطلبات الوظيفية للمبنى الشاقولي وتحسن فعاليته.

منهجية البحث.

يبدأ البحث باستقراء أهم المؤشرات التي وجهت أصابع الاتهام للكتل الشاقولية بهيئاتها الصندوقية الحالية بأنها المسبب الأكبر لاستنزاف الطاقة وبأنها أصبحت عاجزة عن الأداء الوظيفي. وذلك بعد استخلاص أهم السلبيات التي نجمت عن الإفراط في استخدام تلك الكتل دون ربطها مع الحاجات المرجوة منها، وفق ما ورد بالدراسات المرجعية، ثم الانتقال لدراسة تحليلية لأهم الحالات والمعالجات التي بدت من خلالها ملامح التغيير والتحول للخروج عن إطار العمارة الصندوقية الرأسية المألوفة التي تسيطر على المدن بتعرج هيئاتها ودراسة عدد من النماذج لكل حالة، ثم استخلاص جداول تجمع أهم النقاط المشتركة والمتغيرات لكل منها للحصول على مؤشرات واضحة للتعرج بهدف تحسين الأداء للمبنى.

محفز التغيير السلبيات ⇦ **التعرج** أنواع ⇦ **تحول** ينجم عنه التعرج ⇦ **طبيعة** التعرج ⇦ **مؤشرات أداء المبنى** وفق التعرج

هيكلية الدراسة:

تم تقسيم هذه الدراسة إلى ثلاثة مباحث، يتناول المبحث الأول منها الإطار النظري للدراسة والدراسات السابقة، بينما يتطرق المبحث الثاني إلى تحليل طبيعة المعالجات المعمارية الحاصلة على هيئات البنى الحجمية، ثم يليها في المبحث الثالث مقارنة التقاطعات بين الحالات واستخلاص مؤشرات الأداء ثم النتائج والتوصيات.

الإطار النظري والدراسات السابقة.

أولاً- مفاهيم حول التعرج Zigzag:

تعرَّجَ: انعطفَ ومالَ، كما رود في قاموس المعاني للغة العربية (19). والخط (المتعرج): عبارة عن مجموعه متصلة من الخطوط المستقيمة ويتمثل بحركة الخط باتجاهات مختلفة بشكلٍ مفاجئ، مُكوّناً زوايا حادة (منفرجة أو قائمه)(32).

أما فيما يخص العمارة، فقد ظهر اليوم مفهوم جديد في العمارة الشاقولية خاصةً يستخدم مفردة Zigzagging متعرّج (12)، وقد وردت لوصف هيئات مغلفات الكتل سواءً كان بالمسقط أو المقطع كما سنجد في متن البحث.

فقد نهج العديد من المعماريين المصممين منذ مطلع القرن 21 نهجاً مختلفاً عما ألفته العمارة منذ قرن ونصف القرن، ما يلفت الانتباه ويؤكد تغافل تلك البنى عن الكثير من الحاجات الوظيفية للسكان والمستخدمين لم تؤخذ بعين الاعتبار في تصميماتها. الأمر الذي يستدعي التساؤل عن سبب تكرار استخدام تلك الكتل الصندوقية برتابة نمطيّة تفرض نفسها وتغزو المدن وتسيطر بارتفاعاتها دون التفكير بحاجات المستخدمين، ويثير التفكير والبحث عن إمكانية إعادة النظر بهيئاتها الشكلية بحيث تصبح جرءاً من الحل الوظيفيّ وأدائها الأمثل.

إن ما بدت عليه تحولات هيئات الكتل الشاقولية في القرن الواحد والعشرين يعبر بوضوح عن الحاجة الملحة لإعادة النظر بمغلفاتها الصندوقية، واختلفت المعالجات فاهتم البعض بكيفية الانتقال من الأفق للشاقول مغيراً بخط السماء ومحققاً ترابطاً مع السياق. والبعض الآخر فكر بإعادة تصميم النّهايات العلويّة أو البدايات لأسباب قد تكون شكلية أو متعلقة بالأداء الطاقيّ للمبنى. كما تحول الشكل الصندوقي للكتل في بعض الحالات لتبدو مثقبة أو مفرغة مما سمح بدخول الحديقة إلى هيكلها الأصم فاستخدمت التيراسات المزروعة أسوةً بحدائق بابل المعلقة وتم التعبير عنها بأكثر من طريقة بإضافة تيراسات أو بالتفريغ وفق موديول حجمي.pixel كما قام البعض بتدوير مغلف البرج الشاقولي حول محور ليبدو البدن أكثر رشاقة وخفة، مستقبلاً أشعة الشمس أو متجنباً لها حسب الحاجة والوظيفة.

كل ما سبق بدا للوهلة الأولى مختلفاً عما هو مألوف من هيئات البنى الشاقولية ويقع ضمن إطار متنوّع متعرّج.

ثانياً- واقع العمارة الشاقولية والنظرة المستقبلية وفقاً للدراسات السابقة:

تناولت الدراسات المرجعية أسباب النفور من هيئات الكتل الصندوقية الشاقولية بوضعها الحاليّ والتركيز على أهم السلبيات الناجمة عنها، إشارةً لضرورة التحول، لكن غالباً لم تطرح حلولاً تبين طريقة أو طبيعة التحول اللازم في علاقة شكل المبنى وارتباطه مع الوظيفة. في حين أنها تؤكد أن التغيير الذي يلفت الأنظار في هيئات الكتل لم يكن ناجم عن عفوية المصمم وإنما ناجم عن محفزات استدعت ضرورة وجود مؤشرات أداء وظيفي مرتبطة مع

التحولات الحاصلة والتي مع تزايد ظهورها تؤكد المشكلة البحثية لإعادة استدراكها من خلال التغييرات التي مع ازديادها ستؤكد المشكلة البحثية.

1- ناقشت كل من شيماء الاحبابي، ومها العكيلي (2013) في بحث بعنوان: (التصميم الحضري العمودي، أثر المباني العالية على البيئة الحضرية للمدينة المعاصرة)(1) منشور في مجلة جامعة بابل. مفهوم تصميم المباني العالية، وقد بينت الدراسة عدم توفر أطر معرفيّة حول محددات التصميم المعماري للمباني العالية، ومدى تحقيق التكامل بين المستويين المعماري والحضري بشكلٍ عام. كذلك الاكتفاء باعتبار كفاءة تشغيل المبنى العالي عند تصميمه دون التفكير بتأثيره على البيئة المحيطة. واهتمت بضرورة التوافق مع البيئة المحيطة على المستويين المناخي والاجتماعي وأشارت للتأثير الإيجابي على المستوى الحضري من خلال تأثيرها في خط السماء وجاءت التوصيات بالانتباه للتدرج بالارتفاع والاهتمام بتطوير المعرفة حول تصميم البنى العالية بما يغني التكامل مع السياق المحيط والعلاقة مع خط السماء.

2- وقدم Kheir Al- Kodmany (2012) بحثه بعنوان: (The logic of Vertical Density: Tall Buildings in the 21st Century city) (5) منشور في international journal of high rise buildings، تساؤلات عن الأسباب التي تجعل المباني الشاقولية هي الحل الوحيد على المدى المنظور المستقبلي والتي ترسم خط السماء بالرغم من سلبياتها وتحدياتها لعوامل كالترابط مع السياق ومفهوم الأمان والجوانب النفسية رغم توقعاته باستمرار استخدامها دون إغفال لما قدمته من إيجابيات.

3- وناقش Bjarke Ingles (2009) في كتابه بعنوان: (12) (Yes is more) منشور من قبل TASCHEN، الجانب الذي يهتم بالتعرج Zigzagg سواءً بالمسقط أو المقطع بحيث يكون هدفه زيادة الأسطح المستقبلة أو تفاديها والتحكم بها حسب الوظيفة. وانطلق بذلك من فكرة الاختلاف الطبيعي بين البشر. وإن سبب استخدام هذه الحلول هو الحصول على عمارة خالية من الآلات بالحد الأكبر Engineering without Engines والبعد عن الملل والرتابة الذي تنتجه الكتل الصندوقية Boring Boxes ويحسن الأداء الطاقيّ للمبنى، وبذلك ربط الشكل مع الوظيفة واستنتج مؤشرات أداء.

4- كما تناول Geoff Craighead (2009) في كتابه (7) (High- Rise Security and Fire Life Safety) موضوع المباني العالية وناطحات السحاب، وابتدأ من كونها نشأت من حاجة وظيفية واستمرت بالظهور لتصل للمنافسة بالارتفاع في سباق يفقدها إنسانيتها، ويتطرق وبالتفصيل لضرورة اتخاذ إجراءات الأمان فيها، الأمر الذي يؤكد سلبياتها.كما يطرح سؤال عريض في Chapter1، لماذا يريد الإنسان أن يبني السماء؟ أيعبر ذلك عن نزعة أو رغبة السيطرة؟ أم أنها فقط إرضاءاً لغرور الإنسان؟.

5- وفي دراسة اجتماعية لـ د.نوبي محمد حسن (2002) في بحثه بعنوان: (التصميم الاجتماعي للمجمعات السكنية العالية) (2) منشور في مجلة العلوم الهندسية، جامعة أسيوط، يناقش ظاهرة تعميم استخدام المباني العالية بكافة الظروف والأماكن دون استثناء أو شرط لظرف خاص. فقد انقلب العمران بعد الثورة الصناعية وتغيرت هيئة المدينة من الأفق للشاقول، الأمر الذي بدا مخيفاً من عدة جوانب، ويخص بالذكر الناحية الاجتماعية والعلاقات الإنسانية التي بدت متأثرة بسبب البعد عن الأرض والطبيعة وفقدان التواصل الاجتماعي ما يُولد شعور العزلة مع الطفل الذي يعيش في الطوابق العليا. أيضاً هناك هوة تزداد اتساعاً بين الطبقة الغنية والفقيرة كون أن هذه المباني هي الأعلى سعراً نظراً لتجهيزاتها العالية، وانعكاس ذلك على الأداء الطاقي وكلف التشغيل، وبذلك يظهر نوع آخر من المساكن مختلفة عن المسكن المنخفض التكاليف.

6- ومنذ نهايات القرن الماضي في كتاب Hill Housing (1980) لفت كل من Derek Abbot, Kimball Pollit(6) الأنظار لمشكلة تفاقم انتشار الأبراج بشكل هائل يغطي المدن وابتعادها عن الإنسانية.

فرغم التناقض مع التصورات الأولى للمباني العالية كما وردت من لوكوربوزييه ضمن فراغات مفتوحة وليس في المدن المكتظة. غيرت تلك الأبراج هيئة العمران في مدن العالم وشكلت أواخر الستينيات ردة فعل هائلة ضد العيش بعيداً عن منسوب الأرض. ووفقاً لدراسات اجتماعية نفسية فقد خلقت المباني البرجية في مناطق عدة مشاكل نفسية حادة وفقد الأطفال إمكانية التواصل مع أصدقائهم في عمر صغير كما تراجعت صحة العديد من العائلات بظهور أمراض تنفسية وعصبية نتيجة العيش بعيداً عن الأرض، وصغر المنازل وعدم انفتاحها، أو ارتباطها مع الطبيعة. كما انعكس العيش بالمباني المرتفعة سلباً على الشعور بالهوية والانتماء وتقزم المقياس الانساني.

جدول (1) التعليق على الدراسات السابقة في الجدول التالي يمكن استخلاص أهم النقاط والسلبيات

الدراسة		السلبيات- محفزات للتحول * للتحقق. و X لعدم التحقق	
الاحيابي والعكيلي (2013)	تطرقت الدراسة لذكر أهم ما تفتقده المباني العالية في تصميمها من محددات. وتكرار استخدام المباني العالية ككتل رتيبة دون الاكتراث لفعاليتها. وتثير الاهتمام بالموازنة بين دراسة كفاءة تشغيل المبنى والناحية البيئية. لكنها لم تطرح حلولاً أو تقترح أساليب تحول. وأوصت بالتدرج بالانتقال مراعاة للسياق ومدى انسجامها مع البيئة المحطة مناخياً واجتماعياً، دون لفت الانتباه لمؤشرات أداء والميزات التي يتم الحصول عليها.	نفور- تكرار غير مدروس	*
		أداء وظيفي	*
		بيئية (إنارة- تشميس- تهوية)	*
		السياق والمحيط وخط السماء	*
		التدرج بالانتقال	*
		اقتراح تعديل أو تحول أو تعرج	X
		اجتماعي- نفسي	*
		(ترابط مع الطبيعة)	X
2- Al-Kodmany (2012)	نجد في تساؤلاته استغراب حول استمرار التنافس والتسارع في الارتفاعات غير المبررة وانعكاس ذلك نفسياً على الأمان. و تصور التوقعات المستقبلية التي ستؤول إليها تلك الكتل وارتباط ذلك بالوضع الاقتصادي للمدن دون اقتراح حلول للخروج عن حدود الإطار الشكلي. بما يثير في تفكير المعماريين محفزات تؤكد ضرورة التفكير ببدائل للمستقبل وإعادة النظر بالوضع الراهن.	نفور- تكرار غير مدروس	*
		أداء وظيفي	*
		بيئية (إنارة- تشميس- تهوية)	X
		السياق والمحيط وخط السماء	*
		التدرج بالانتقال	X
		اقتراح تعديل أو تحول أو تعرج	*
		اجتماعي- نفسي	*
		(ترابط مع الطبيعة)	X
3- Ingles(2009)	بدا التعرج Zigzagكمفهوم جديد حلاً وظيفياً كتحقيق إنارة الممرات في مشروع VMالسكني مقارنةً بالممرات المعتمة في مبنى مرسيليا لدى لوكوربوزييه كحالة لتعرج المسقط. ويتيح أيضاً فرصة تنوع الشقق بمناسيب متعددة وكسب المزيد من الإنارة وتحسين تشغيل المبنى وأداءه الطاقي كحالة لتعرج التكوين. وبذلك تعرض للتعرج على أنه حلاً يرتبط بالأداء والسياق وطريقة الانتقال. يضيف في طرحه لمفهوم التعرج مفهوماً جديداً معاصراً يحقق من خلالها ما تطمح إليه العمارة الشاقولية في مستقبلها القريب نحو أداء وظيفي طاقي أمثلي. من خلال استعراض عدة حالات للتعرج تنسجم مع البحث.	نفور- تكرار غير مدروس	*
		أداء وظيفي	*
		بيئية (إنارة- تشميس- تهوية)	*
		السياق والمحيط وخط السماء	*
		التدرج بالانتقال	*
		اقتراح تعديل أو تحول أو تعرج	*
		اجتماعي- نفسي	*
		(ترابط مع الطبيعة)	*
Craighead(2	إن تعرضه لموضوع الأمان في تلك البنى الشاقولية يتيح التساؤل الدائم (هل مازالت تلك البنى صالحة للعيش وهل مازالت آمنة؟) ويستغرب من الاستمرار في اللجوء لها كحلول. وبالتالي يثير هذا الجدل والنقاش في	نفور- تكرار غير مدروس	*
		أداء وظيفي	*
		بيئية (إنارة- تشميس- تهوية)	X

الدراسة		السلبيات- محفزات للتحول * للتحقق. و X لعدم التحقق	
	الدراسة محفزاً للتفكير بشكل جدي للسعي لجعل المباني العالية أكثر قابلية للحياة وتقترب من شروط الأمان والإنسانية اللذان أصبحا في منأى عنها في القرن الحاليّ. في حين أنه لم يقترح اي حلول بالتحول.	السياق والمحيط وخط السماء	*
		التدرج بالانتقال	X
		اقتراح تعديل أو تحول أو تعرج	X
		اجتماعي- نفسي	*
		(ترابط مع الطبيعة)	X
5- د.حسن (2002)	لفت الأنظار لموضوع الكلف العالية لتشغيل تلك المباني العالية بحيث تنعكس على المفارقة الاجتماعية ويزيد من العزلة في تلك المساكن. كذلك اهتم بالترابط مع الطبيعة وفقدان التواصل الاجتماعي للأطفال والأسرة بما يزيد النفور من الكتل العالية بانعكاسه على العلاقات الإنسانية عموماً. لم يطرح حلولاً لكن اكتفى بذكر أسباب النفور. تجتمع تلك العوامل والسلبيات لتشكل سبباً للبدء بالبحث عن حلول أخرى تؤمن إعادة الارتباط مع الطبيعة وتساهم في تحسين العلاقات الاجتماعية للسكان على مستوى الأسرة والمجتمع في المدينة.	نفور- تكرار غير مدروس	*
		أداء وظيفي	*
		بيئية (إنارة- تشميس- تهوية)	*
		السياق والمحيط وخط السماء	*
		التدرج بالانتقال	X
		اقتراح تعديل أو تحول أو تعرج	X
		اجتماعي- نفسي	*
		(ترابط مع الطبيعة)	*
6- Abbot & Pollit (1980)	تطرق لمعظم النقاط التي أكدت اقتراب فقدان البنى الشاقولية لصلاحيتها إن لم يطرأ عليها التعديلات اللازمة، ونجد ذلك بالإشارة لتكرارها حتى في الأرياف على اعتبارها موضة وليست كحاجة وظيفية لكن لم يطرح حلول تتعلق بالتعرج.	نفور- تكرار غير مدروس	*
		أداء وظيفي	*
		بيئية (إنارة- تشميس- تهوية)	*
		السياق والمحيط وخط السماء	*
		التدرج بالانتقال	*
		اقتراح تعديل أو تحول أو تعرج	X
		اجتماعي- نفسي	*
		(ترابط مع الطبيعة)	*

يمكن تلخيص دوافع التغيير نحو التعرج بما يلي: نفور، تكرار الاستخدام غير المدروس، الترابط مع الطبيعة، الأداء الوظيفي والبيئي بما يحقق الإنارة والتهوية والتشميس أو التظليل (كمحفزات أداء بيئي)، الارتباط مع السياق والبيئة المحيطة (كمحفزات مرتبطة بالسياق)، التدرج بالانتقال، والعلاقة مع خط السماء (كمحفزات أداء شكلي)، وكذلك الدور الاجتماعي النفسي. وردت بعض النقاط في عدد من الدراسات وأخرى في كل الدراسات. وقد نجد أسباب أخرى سترد في المشاريع التي سيتم تحليلها انطلاقاً من تلك السلبيات.

نجد في النقاط المطروحة في تلك الدراسات وغيرها أسباباً تثير العديد من التساؤلات حول مستقبل البنى الشاقولية. وضرورة البحث عن حلول تحقق العدالة ما أمكن بين المساكن إن كان لابد من شاقوليتها، ونجد بذلك محفزاً للعديد من المتغيرات وهذا ما شهدته بنية أو هيئة المغلفات الخارجية للكتل الصندوقية للبنى الرأسية من تحولات الخط الخارجي المغلف نحو عمارة شاقولية متعرجة. نجمت عن حاجات وظيفية أو شكلية أو غيرها. سنتعرض لتلك الحالات بعد تصنيفها شكلياً وارتباط كل تغير أو تحول بالمحفز والسلبيات التي أدت لذلك، ثم التحولات التي نتج عنها التعرج وطبيعته، ثم استخلاص مؤشرات الأداء لكل حالة. قبل البدء بدراسة المتغيرات قد يتبادر لأذهاننا أن كل سبب من أسباب التعرج قد يتعلق بحالة واحدة فقط من المتغيرات، لكن يمكننا الإجابة وتوضيح هذا الاستفسار بعد استعراض أهم المحفزات التي من أجلها لجأ المعمار للتعرج، ثم سنلخص أهم المؤشرات المتعلقة بالأداء من خلال جداول تقاطع للحالات كل على حدة.

تحليل المتغيرات التي طرأت على هيئات الكتل الشاقولية:

أولاً- تحول هيئة الخط الخارجيّ للتّكوين أو المغلف Zig- Zag:

خرجت التّكوينات الحجميّة عن شكلها المعتاد فبدأ المغلّف يبدو متعرجاً إما في المقطع أو في المسقط ما خلق شاقوليّة متعرّجة إما بالتكوين أو بالمغلف، بشكل منتظم أو غير منتظم. سنبين مؤشرات الأداء التي ارتبطت بتلك الحالة: من خلال دراسة المحفزات التي كانت سبباً للتعرج. ونجد ذلك في تحليل المشاريع التالية:

الجدول (2) تحول هيئة الخط الخارجيّ للتّكوين أو المغلف Zig- Zag

	المشروع		محفز/ مسبب التحول
1-1 Osotspa Office Building[1]	- لجأ المصمم للتعرج في الواجهة استجابةً لمعطيات الموقع والسياق. - تجنب الضجيج والتلوث عند حصول التعرج بالقرب من الطريق السريع	⇦	إن الحاجة للارتباط مع السياق (تجنب الضجيج، التلوث) سببت تعرج جزئي في الكتلة.
	- كما أنها بذلك التعرج استطاعت أن تخفف من ثقل الكتلة على الأرض، وأعطى التعرج للمبنى شعوراً أكثر حركية .dynamic	⇦	وأدى محفز الأداء الشكلي لتحقيق ديناميكية ورشاقة كأسباب لهذا التعرج.
	- أمنت الواجهة الشاقولية المتعرجة حماية القسم المخصص للمكاتب من تأثير أشعة الشمس المباشرة من الطرف الغربي(18).	⇦	سبب محفز الأداء البيئي تعرجاً للتظليل وتجنب التشميس المباشر.
	أدت أسباب التحول لتعرج (جزئي في بنية الكتلة)، وللسياق التأثير الأكبر في التعرج، وتمكن من التحكم بأسطح التظليل.		
1-2 Soho Gubei[2]	- تسمح تلك التعرجات للطوابق المكدسة التظليل من أشعة الشمس الساقطة وتقلل من تأثير الوهج في الأماكن المطلوبة(18).	⇦	أدى محفز الأداء البيئي (تظليل) للتعرج- كلي
	- عبّرَ الخط المتعرّج لواجهة ومقطع المشروع عن هيئة كتلة حركية مشكلاً نقطة علام في شنغهاي يبدو كهيئة قطرية متموجة.	⇦	أدى محفز الأداء الشكلي لتحقيق الحركية في الواجهة وعلاقتها مع خط السماء (تعرج كتلي كلي).
	اشترك كل من المحفز الشكلي والبيئي فكانت الاستجابة لأداء الكتلة بتعرجها كلياً.		
1-3 The Zig Zag Building[3]	- قدم المعمار نموذجاً آخر للتعرج فأصبح المبنى بغنى عن التهوية الميكانيكية بالعناية بالتشميس والتظليل والذي قدمته الواجهة المتعرّجة.	⇦	أدى المحفز البيئي (تشميس، تظليل، تهوية) لتعرج الواجهة (مغلف).
	- فرغم التعرج بالمسقط إلا ان ذلك انعكس على المغلف النهائي للكتلة.	⇦	التعرج بالمسقط، انعكس على الأداء
	شكل المحفز البيئي سبباً رئيسياً للتعرج (مسقط، مغلف)الذي أدى لتخفيف أعباء المبنى طاقياً فاستجاب المبنى بتعرج كلي بالمسقط.		
1-4 Rødovre Tower[4]	- قدمت الشركة تصميماً متعرجاً في بنية جسم المشروع ككل. تكوين حجميّ متناغم مع البيئة ذو أسطح مستقبلة بالحدّ الأقصى لضوء النّهار ويقلل من التّسخين للحدّ الأدنى واستطاع التّحكّم بالإنارة	⇦	أدى المحفز البيئي (تشميس تظليل وإنارة) للتحكم بأسطح المبنى المستقبلة وفق تعرج التكوين ككل حسب لزوم التوظيف. مما

(1) مبنى مكاتب، تايلاند ، من تصميم Plan Architects، منفذ 2018 ، وسعي ب new energetic building(28).

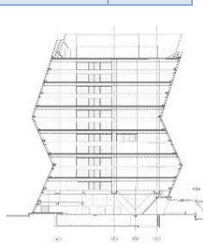
2 مبنى مكاتب وتجاري، الصين، من تصميم KPF Architects 2018.

3 مبنى سكن ومكاتب، لندن، تصميم Lynch Architects، منفذ عام2015. والمشروع حاصل على شهادة Breeamللاستدامة.

https://igsmag.com/features/the- zig- zag- building- london- facades- acting- as- intermediate- spaces/

4 مبنى سكن ومكاتب، الدانمارك، 2008، تصميم BIG Architects.

المشروع		محفز/ مسبب التحول
	والتّشميس(12). فتجنب أشعة الشمس في المكاتب، وأدى لزيادة الإضاءة في المسكن (11). بدلاً من زيادة التجهيزات الميكانيكية والآلات التي تشغل المبنى، واعتبر التعرج نتيجة طبيعية للوظيفة (الشكل مع لوظيفة).	انعكس إيجاباً على الأداء الطاقي للمبنى.
	- ويمثل شكلاً نحتياً في علاقته مع خط السماء.	محفز الأداء الشكلي
	- ينتقل من الأرض وفق خطّ متعرّج Zigzag	محفز مرتبط بالسياق والتدرج بالانتقال
	شكل الأداء البيئي سبباً رئيسياً للتعرج (تكوين، كلي)أدى لتخفيف أعباء المبنى طاقياً. كما كان للأداء الشكلي، والعلاقة مع السياق دور في استخلاص هذا التعرج، واستجاب المبنى بتعرج التكوين ككل.	
1- 5 Hearst Tower[5]	- خلقت الشبكة الإنشائية المثلثيّة شكلاً متعرّجاً مغلفاً للواجهة باستخدام عناصر حاملة قطريّة (وبذلك استخدم كمية من الفولاذ أقل ب 21%في المباني الأخرى)، فاختفت أعمدة الواجهة (16).	محفز إنشائي، مرتبط بالناحية الاقتصادية. اقتضى تعرج المغلف الخارجي الكلي للواجهة.
	- ربط التشميس ونظام التهوية وزيادة كمية الإنارة الواردة للمبنى(20). تعرّجاً بمقطع أملس/ مقطع+ واجهات/ غير طبيعة أسطحه المستقبلة.	للاستجابة لمحفز الأداء البيئي دور في تحقيق التعرج
	- كما شكل المبنى نقطة علام landmarkفي المدينة.	محفز الأداء الشكلي
	شكلت الدور الإنشائي سببا رئيسيا في خلق التعرج (كلي، مغلف)، وارتبط مع الأداء البيئي والعلاقة مع خط السماء (شكلي).	
1- 6 Zig zag Towers[6]	يحقق التعرج المزايا البيئية للشقق السكنية بسبب التعرج (30).	للأداء البيئي دور هام في تحقيق التعرج
	وقدم المصمم تكويناً متموجاً مطلاً على البحيرة(18).	وللسياق (الإطلالة) دور في التعرج
	ارتبط دور الأداء الشكلي والسياق في خلق تعرج (تكوين، كلي) فاستجاب المبنى بتغيير هيئته لتحسين النوعية.	



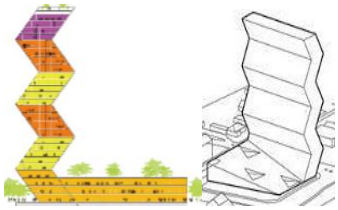
الشكل(1) Osotspa office building
http://www.planarchitect.com/work/osotspa- office- building

الشكل(2) Soho Gubei Tower
https://www.archdaily.com/912703/soho- gubei- kpf?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects

الشكل(3) The zig zag building
https://igsmag.com/features/the- zig- zag- building- london- facades- acting- as- intermediate- spaces /

5 مبنى مكاتب، نيويورك، تصميم Foster & Partners 2006، والمشروع بسبب اعتباراته البيئية أول ناطحة سحاب تحصل على شهادة lead gold الذهبية في نيويورك(20).

6 مبنى سكن، قطر ، من تصميم MZ & Partners



الشكل(4) Rødovre Tower
(12)

الشكل(5) Hearst Tower
(16)

الشكل (6) Zig zag towers
http://qatarrealestate.blogspot.com/2006/08/lagoon- plaza.html?m=1

يبين الجدول (3) التالي تقاطعات الحالات المختلفة لاستخلاص مؤشرات الأداء التي ارتبطت بكل حالة ومناقشة نتائجها:

الجدول (3) تقاطعات حالات تحول هيئة الخط الخارجي والمغلف (الباحثون)

أولاً	أسباب التعرج														التحول المنتج للتعرج				طبيعة التعرج			
المشروع	الأداء البيئي			الأداء الشكلي				أداء مرتبط بالسياق				أداء يتعلق بأسباب أخرى		تحول الكتلة		تحول المغلف		تعرج مقطع	تعرج مسقط	تعرج منتظم	تعرج غير منتظم
	تشميس ، تظليل	إنارة	تهوية	تخفيف الثقل	ديناميكية حركية	علاقة مع السماء	نحتي	التدرج بالانتقال	إطلالة	تجنب الضجيج	تجنب التلوث	إنشاء	اقتصاد	كلي	جزئي	كلي	جزئي				
-١-١	*	*		*	*					*	*			*				*			*
-٢-١	*				*	*								*				*		*	
-٣-١	*	*	*													*			*	*	
-٤-١	*	*					*	*						*				*		*	
-٥-١	*	*	*			*						*	*			*		*		*	
-٦-١	*	*	*						*					*				*		*	
نسبة كل مسبب	%١٠٠	%٨٣	%٥٠	%١٧	%٣٣	%٣٣	%١٧	%١٧	%١٧	%١٧	%١٧	%١٧	%١٧	%٥٠	%١٧	%٣٣	%٠	%٨٣	%١٧	%٨٣	%١٧
نسبة الكل	%١٠٠			%٦٧				%٥٠				%١٧		%٦٧		%٣٣					

نجد اختلافاً في أداء التكوين وفقا للمحفزات على تنوعها أو تقاطعها لتشكل التعرج بنسب مختلفة من تأثيرها وفق ما يلي:

تبين النسب تفوق نسبة الأداء البيئي كمسبب للتعرج في كافة المشاريع 100% ويحظى موضوع التحكم بالأسطح المستقبلة وعلاقته بالتشميس والتظليل بالنسبة الأكبر ثم تليها الإنارة والتهوية.

اختلفت طريقة استجابة كل تكوين لتلك المحفزات فقد كان التعرج بالكتلة (مقطع) جزئي وغير منتظم في المشروع 1- 1 نظراً للارتباط بمسبب أولى (استجابة السياق)، وكان التعرج بالمغلف (بالمسقط) كلي ومنتظم في المشروع

1- 3 استجابةً للمحفز البيئي، أما في المشروع 1- 5 تعرج المغلف الخارجي فقط (مقطع) بشكل كلي ومنتظم لارتباطه مع مسبب أولى (إنشائي – اقتصادي)، أما في باقي المشاريع كانت الاستجابة بتعرج التكوين (بالمقطع) بشكل كلي ومنتظم حيث كان العامل البيئي المسبب الأول والتحكم بالأسطح المستقبلة لزيادة الأداء الطاقي للمبنى كما في 1-4.

وتأتي نسبة الأداء الشكلي كمسبب للتعرج في المشاريع بنسبة 67% لكنها لم تكن السبب المسيطر.

فقد أثرت على التعرج في كل من المشاريع 1- 1 و1- 2 لتضفي مزيداً من الحركية والتخفيف من ثقل الكتلة على الأرض، أدت دراسة علاقة الكتلة مع خط السماء واهتم بعلاقة المنتج مع خط السماء في كل من 1- 5 و1- 4، لخلق تكوينٍ نحتيّ يفرض انتقالاً متدرّجاً من الأرض.

وبالنسبة للارتباط مع السياق فقد اختلفت أشكاله، وورد بنسبة 50% من المشاريع مسيطرةً أحياناً.

فقد ظهر مؤشر الأداء في 1- 1 بتعرج التكوين بشكل جزئي بالكتلة غير منتظم (لتجنب الضجيج والتلوث)، في حين كانت استجابة للسياق تتمثل بالتدرج بالانتقال بتعرج كامل الكتلة بشكل نحتي في 1- 4، وكان للإطلالة كأحد عناصر الارتباط مع السياق دور في خلق التعرج مع ارتباطه بعوامل أخرى.

وظهرت محفزات أخرى سببت التعرج كأسباب انشائية وردت في المشروع 1- 5 أدت لتغيير هيئة المغلف الخارجي للواجهة لتتعرج بشكل كلي منتظم حققت بذلك متطلبات الأداء البيئي.

وبالتالي: اختلفت طبيعة التعرج بالمسقط أو المقطع، بشكل كلي أو جزئي بشكل منتظم أو غير منتظم وكانت النسبة العظمى لتعرج المقطع الكلي (بالكتلة) بشكل منتظم، لكن لا يمكن حصر طبيعة التعرج بمسبب وحيد للتعرج، حيث أنه تشترك عدد من المحفزات التي تشكل تعرجاً بالهيئة الخارجية لتصل لأفضل أداء طاقي للمبنى. وتبين النسب بأن المؤشرات المتعلقة بالأداء تؤكد أن التعرج الكلي المنتظم للكتلة هو الحل الأمثل غالباً، وخاصةً فيما يتعلق بالأداء الطاقي إلا اذا تقاطع مع مسببات أخرى كالأداء المرتبط بالسياق أو الأداء الشكلي.

ثانياً- عودة الحديقة للمبنى:

إن رغبة الإنسان بالعيش قرب الحديقة أمراً فطرياً، وإن مراعاة تواصله المباشر مع الطبيعة يغني نوعية المسكن ويلبي الحاجات البيئية، وبالتالي إن إضافة الحديقة (أسوةً بحدائق بابل المعلقة) كانت من أهم مقومات التغيير التي أدت للتعرج، وقد تنوعت الهيئات الناتجة عن التعرج بتنوع المعالجات والطريقة التي تم بها الربط مع الطبيعة.

جدول (4) تنوع الهيئات الناتجة عن التعرج بتنوع المعالجات والطريقة التي تم بها الربط مع الطبيعة

	المشروع		محفز التعرج والتحول الذي ينتجه
2- 1 Qorner Tower[7]	- اعتُمد التصميم ترتيب مكدس ومتداخل لصغر مساحة الإشغال للحرص على علاقة المسكن مع الفراغ الخارجي وربطه مع الطبيعة عبر التيراسات(24).	⇦	للتواصل مع الطبيعة كانت سبباً في تعرج التكوين بالتكديس والتداخل لخلق تيراسات.
	- تم تفريغ وحدات موديولية حجمية غير متساوية من الحواف وزراعة التيراسات الحاصلة (بارتفاع طابقين) لتشكل حافة تتعرج بإزاحة الحدائق تارة للداخل وتارة أخرى للخارج لإعطاء هيئة متموجة على الجانبين الشرقي والغربي (31)، مما جعل الهيئة متعرجة Zig- Zag بشكلٍ غير منتظم.	⇦	تشكلت الحدائق بإجراء تفريغ في بنية التكوين وفق موديولات غير منتظمة.
	- سمحت التيراسات ذات الحدائق والمزروعات المتسلقة بمزيد من الإطلالات وتأمين التّظليل بسبب التناوب (15).	⇦	ساهم تناوب وإزاحة التيراسات بتحقيق الإطلالةوالتظليل كمحفز بيئي للتعرج
	يترافق الأداء البيئي مع رغبة التواصل مع الحديقة ويشكلان معاً سبباً للتعرج. والأداء بتفريغ موديولات، تناوب التيراسات والإزاحة.		

(7) سكن، إكوادور، تصميم Safdie Architects 2018.

	المشروع		محفز التعرج والتحول الذي ينتجه
2- 2 Diagonal Housing compound[8]	- استفاد المصمم من سياق عمارة المدينة القديمة واستخدم أقواس مداخل المدن التقليدية المتوسطية لتظلل التيراسات مشكلةً فراغاً انتقالياً بين الداخل والخارج. تسمح بانفتاح الشقق نحو المحيط.	⇦	تحسين الأداء الطاقي للمبنى المرتبط بالأداء البيئي سبب التعرج وبإضافة عنصر تظليل (القوس) استجابة للسياق.
	- يحيط بطوابق المبنى حزام من التيراسات المتناوبة بارتفاع طابقين (ناجمة عن فتل المساقط حول نواة) (24)، تؤمن اتصالاً مباشراً مع الوسط الخارجي والطبيعة من كل غرفة من خلال الحدائق المزروعة.	⇦	تحول المنتج بالفتل للمساقط كل طابقين حول نواة، تخلق التيراسات المزروعة المتناوبة
	- يؤمن التصميم إطلالة. وبتقليل الفتحات يُبرد الفراغ ما يؤثر في الأداء الطاقي(18).	⇦	إطلالة واسعة (سياق) وتجنب للشمس المباشرة. ⇩
	ان الحاجة للتواصل مع الطبيعة وتقليل التظليل والاطلالة بنفس الوقت جعل الأداء بالفتل الحل الذي شكل تعرج المبنى.		
2- 3 Toronto Tree Tower[9]	- يبدو المبنى كشجرةٍ ذات ساق تشكل تيراساته المزروعة المعلقة عليها العنصر الأخضر الذي يكسوها. وبذلك بدت مختلفة بالشكل ومتعرجة بالمظهر.	⇦	الحاجة للتواصل مع الطبيعة، ادى لإضافة تيراسات على التكوين
	- إن التصميم قائم على وحدة موديولية مستلهماً من المعمار safdie (17)، تتكدس التيراسات (حدائق معلقة) بتناوب ودوران لتخفيف الضجيج ويسمح بالتواصل مع الطبيعة وتزيد من النوعية المقدمة (9)	⇦	ظهر التعرج نتيجة تناوب التيراسات (من وحدات موديولية) منتظم ⇩
	استجاب التكوين لتلبية التواصل مع الطبيعة من خلال إضافة تيراسات على التكوين بما يخلق تعرج منتظم تتناوب فيه الحدائق.		
2- 4 Blanche Vertical Forest Tower[10]	- أضيفت التيراسات المزروعة على كامل الواجهات الأربعة للمبنى (18)	⇦	إضافة تيراسات، حدائق
	- بدت التيراسات متناوبة ومتفاوتة بالحجم تفرغ جميعاً من حجم الصندوق الكامل المصمت. غيّر ذلك من هيئة الكتلة شاقولياً ليجعلها متعرجة بشكل غير منتظم.	⇦	تناوب تيراسات – تعرج غير منتظم- وتخلق حدائق على كامل الواجهة ⇩
	بدت الواجهة كحديقة تتناوب فيها التيراسات المضافة تلبية لحاجة التواصل مع الطبيعة		
2- 5 Hanging gardens[11]	- المبنى مكسو بحدائق شاقولية تحول الخط المغلف للمبنى إلى خط متعرج بإضافة تيراسات مزروعة على محيط الكتلة. تحظى كل شقة بحديقة خاصة، أكثر من 200 بلكون مزروع (حديقة معلقة)(18).	⇦	لبى المصمم الحاجة للتواصل مع الطبيعة بإضافة تيراسات
	- يحقق تصميم الواجهة بهذا الشكل الإضاءة المباشرة والحماية من الرياح والضجيج. والمنتج النهائي ذو خط مغلف متعرج.	⇦	وللأداء البيئيّ دور هام في هذا التعرج، وكذلك الاهتمام بالسياق ⇩
	ساهم المسبب البيئي والرغبة بالتواصل مع الطبيعة بالتعرج بإضافة تيراسات على التكوين بشكل منتظم		
Modular	سمحت الشبكة الموديولية المتعرجة للمبنى بتشكيل الكثير من التيراسات المزروعة التي خلقت كتفريغات حجمية منتظمة في الكتلة (26).	⇦	للتواصل مع الطبيعة، تفريغ موديولات حجمية من التكوين بانتظام
	حقق التعرج بالمسقط بأن يكون لكل تيراس جهتين وقدّم التهوية	⇦	شقة الزاوية، تعرج بالمسقط ⇩

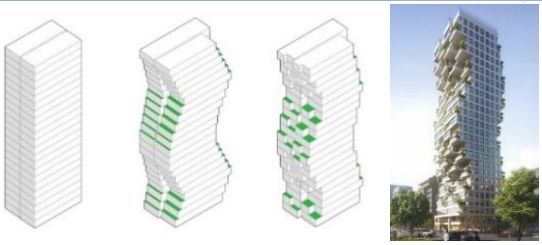
(8) سكن، كوبنهاغن، تصميم 2016studio Lokal.

(9) سكن، كندا، تصميم 2017 Penda Architects.

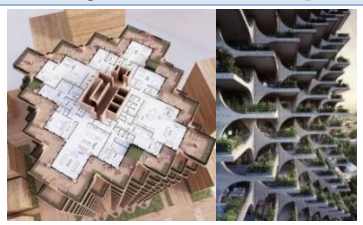
(10) متعدد الاستخدام، باريس، Stefano Boeri Architetti، 2017

(11) سكن، كوبنهاغن، تصميم 2016studio Lokal

	المشروع		محفز التعرج والتحول الذي ينتجه
	والإطلالة.		
	استخدام الموديول للتفريغ بانتظام شكل تعرج بالمسقط ايضا وخلق مزيد من النوعية وشقة الزاوية		
2- 7 Bosco Verticale[13]	حولت التيراسات المضافة الكتلة لغابة شاقولية تتناوب فيها الحدائق، وحصلت على ميزات مساكن العائلة الواحدة(3) بالترابط مع الطبيعة.	⇦	تيراسات مضافة بشكل غير منتظم- متناوب
	سمحت الحدائق بالتظليل لتخفيف أثر الرياح والضجيج وتنقية الهواء (18).	⇦	التيراسات استجابة للأداء البيئي والسياق
	إضافة التيراسات بشكل غير منتظم شكلت تعرج استجابة لمحفزات الأداء البيئي والسياق والتواصل مع الطبيعة		



الشكل(7) Qorner https://www.safdiearchitects.com/projects/qorner-tower



الشكل(8)Diagonal housing compound

https://aasarchitecture.com/category/name/penda /

الشكل(9) Tree Tower

https://www.precht.at/toronto- tree- tower/

الشكل(10) Blanche vertical forest tower

https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/project/foret- blanche

الشكل (11) Hanging Garden

https://www.archdaily.com/795374/studio-lokal- wins- copenhagen- residential-competition- with- hanging- gardens- tower

الشكل(12) LEGO- like modular skyscraper

https://inhabitat.com/residents- of- this- prefab- living- tower- in- india-can- choose- a- modular- apartment- from- a- catalog/

الشكل(13) Bosco vertical

https://www.archdaily.com/777498/bosco- verticale- stefano- boeri-architetti

(12) سكن، الهند، penda2015

(13) سكن، ايطاليا، Boeri Studio 2014

رغم أن المسبب الرئيسي يكمن في عودة الحديقة، اختلفت المعالجات التي أدت للتحول والتعرج واختلاف أداء المبنى وفق الجدول التالي:

الجدول (5) تقاطعات حالات إضافة الحديقة. (الباحثون)

ثانياً	أسباب التعرج								التحول المنتج للتعرج						طبيعة التعرج			
المشروع	التواصل مع الطبيعة	الأداء البيئي			أداء يتعلق بالسياق				تغريغ موديولات		إضافة تيراسات على التكوين	فتل المساقط حول نواة	التراكب والتداخل	إزاحة تيراسات ، تناوب	حدائق مزروعة	تعرج مقطع	تعرج مسقط	تعرج منتظم	تعرج غير منتظم
		تشميس ، تظليل	تنقية الهواء	إنارة	إطلالة	إضافة عنصر شكلي	الحماية من الرياح	تجنب الضجيج	منتظم	غير منتظم									
٢-١-	*	*		*	*					*			*	*	*	*			*
٢-٢-	*	*		*	*	*						*	*	*	*	*	*	*	
٢-٣-	*	*						*			*	*		*	*	*	*	*	
٢-٤-	*	*	*								*			*	*	*	*		*
٢-٥-	*	*	*	*			*	*			*			*	*	*	*	*	
٢-٦-	*	*							*						*	*	*	*	
٢-٧-	*	*	*				*	*			*			*	*	*	*		*
نسب جزئية	١٠٠%	٧١%	٤٣%	٤٣%	٢٩%	١٤%	٢٩%	٤٣%	١٤%	١٤%	٥٧%	٢٩%	٢٩%	٨٦%	١٠٠%	١٠٠%	٨٦%	٥٧%	٤٣%
نسبة الكل		١٠٠%			٧١%				٢٩%			٢٩%							

إن النسب الناتجة تؤكد أن الرغبة للتواصل مع الطبيعة وكذلك الأداء البيئي يشكلان عاملان متلازمان في كل الحالات لتؤدي للتعرج بأشكال متنوعة، أما عامل السياق فقد ارتبط مع بعض الحالات. وظهر التعرج بالمقطع كنسبة عظمى 100% وتلازم في بعض الحالات بتعرج المسقط وتناوب بين التعرج المنتظم وغير المنتظم.

لكن استجابة التكوين لتحقيق ذلك اختلفت كمؤشرات أداء وفق التالي:

- إن التعرج الحاصل في هذه الحالات يمس التكوين بشكل كلي عموماً لكن مقياس التعرج أصبح أصغر فيبدو مثقباً بموديول حجمي بارتفاع طابقين أو طابق في كل من المشاريع 2- 1 و2- 6. ليضيف قيمة على المشروع بأن تحظى الشقق بزاوية وجهة إضافية تسمح بميزات نوعية كمساكن العائلة الواحدة. وتشكل هذه الحالة نسبة 29%
- وقد يكون مؤشر الأداء بفتل المساقط حول نواة تتناوب فيه التيراسات وتعطي هيئة متعرجة منتظمة في 2- 1 و 2- 3.
- ويبدو كشجرة تحمل أظفارا تتعلق عليها التيراسات والحدائق المزروعة المضافة بنسبة 57%.
- كما أن لأسلوب إضافة التيراسات أداء متنوع في حال التناوب والتراكب بشكل منتظم أو غير منتظم، كما في 2-1، و2- 7، و2- 4، و2- 5 وتحقق بذلك قيم إضافية استجابة للأداء البيئي التظليل والتشميس.
- وقد حققت جميع الحالات تحسين الأداء الطاقي للمبنى وتشكيل حدائق معلقة شاقولياً ترتبط مباشرةً مع الطبيعة.

وبالوقوف عند هذه الحالات المتنوعة للتعرج: لو أعدنا النظر قليلاً، يبدو أن التفكير الدائم بالنوعية وإمكانية التواصل مع الطبيعة أصبح هاجساً يشغل المعماريين، ونجد انعكاساته حتماً على هيئة الشكل المغلف التكوين. وإن إضافة الحدائق على الصندوق، والتغيير في بنية الكتلة بالتراجع أو الإضافة أو التثقيب سيغير مفهوم العالم حول الاستدامة والنوعية الأفضل في تصميم ومعالجة المسكن. حيث تحظى الشقق بنوعية مساكن العائلة

الواحدة رغم تكدسها الشاقولي. والملفت للنظر أنه يمكننا تحقيق ذلك بتغيير هيئة المبنى وفق معالجات متنوعة، وبالتالي تحسين الأداء الطاقي للمبنى بدلاً من اللجوء للآلات.

ويعيد بذلك السؤال ذاته بمزيد من التأكيد والاستفهام: ما الداعي لتغيير هيئة الخط المغلف للكتل الصندوقية إن لم يكن هناك غاية وظيفية مرجوة متفق عليها بيئياً وشكلياً تحقق رغبة المستخدم والمنفذ والمصمم؟. ونجد الإجابة وفق مؤشرات الأداء الوظيفي التي ستحكم آلية التعرج وفق كل متغير من المتغيرات؟. ويؤكد ذلك دور ثنائية (الشكل- الوظيفة) في هذا المنتج. فنجد بالحالة السابقة دور الحدائق المعلقة كنزعة تترافق مع الكتل الشاقولية في عصرنا، حيث أن الترابط مع الحدائق يبدو حلاً لتحسين هيئتها وأدائها معاً. ولم تقف المحاولات عند هذا القدر فسنجد المزيد من المعالجات فيما يتعلق بالناحية البصرية والترابط مع السياق.

ثالثا- مراعاة الناحية البصرية بالانتقال من الأرض للشّاقول:

بدا من المألوف لعقودٍ ماضية الانتقال المباشر من الأفق للشاقول وفق زاوية قائمة مفاجئة لتبدو الكتل الرأسية وكأنها تثقب السماء مشكلةً خطاً رتيباً تتكرر فيه الكتل المتماثلة. إن التفكير بتغيير طريقة الانتقال والتمهيد من الأفق للشاقول تخفيفاً لقوة الزاوية القائمة كان من أهم العوامل التي أثرت في تغيير شكل الخط الخارجي المغلف، استجابة لمحفز الأداء الشكلي لدراسة العلاقة بخط السماء والناحية البصرية. وإنما قد يشكل التمهيد لها عبر قاعدة عريضة أو الانتقال التدريجي للشاقول أحد الأساليب التي تمكن الكتلة من زيادة الترابط مع الأرض والمحيط ومراعاة للمقياس الإنساني وزيادة الشعور بالقرب من الأرض، وينعكس على التكوين خروجاً عن حدود الصندوق. وقدمت محاولات عدة اختلف فيها أسلوب المعالجة بتغيير زاوية وهيئة الانتقال كما سنجد.

جدول (6) مراعاة أسلوب المعالجة البصرية بتغيير زاوية وهيئة الانتقال من الأرض للشّاقول

	المشروع		محفز التعرج والتحول الذي ينتجه
3- 1 Pixel Towers[14]	- عبر Jacob van Rijs [15] بقوله (إنه باستخدام وحدة البكسل pixel نريد أن نؤكد فعالية الاتصال المباشر مع الفراغ الخارجي ضمن المدينة)[16] (4).	⇐	محفز يتعلق بالسياق أدى لاستخدام وحدة البكسل
	- ويؤكد على القيمة النوعية التي يضفيها pixel ويحقق التواصل والمشاركة بين الفراغات الداخلية والخارجية (35). والارتباط المباشر مع الطبيعة.	⇐	الارتباط مع الطبيعة سببا للتعرج تحقق باستخدام البكسل
	- خلق فراغاً نابضاً بالحياة يشجع الناس على العيش في الطوابق السفلى ويزيد إحساس الترابط الاجتماعي. وأضاف نمط تكوين خاص يتحول عن نمط التكوين السائد ويغلف فيه البكسل الفراغات الخارجية.	⇐	محفز الترابط الاجتماعي، والتحول بنمط خاص
	شكل السياق والطبيعة محفزان هامان في تشكيل التعرج والانتقال التدريجي، كذلك للناحية البيئية ضمناً والترابط الاجتماعي. ⇓		

(14) متعدد الوظائف ، MVRDV في أبو ظبي 2018

(15) مؤسس شركة MVRDV Architects

(16) وحدة موديولية حجمية مكعبية تشكل نمط خاص تخلق مرونة أكبر في معالجة الفراغات وتنوعها في تكوين البنى الحجمية وتقدم ميزات نوعية عالية.

	المشروع		محفز التعرج والتحول الذي ينتجه
3- 2 The lanscraper [17]	- تتدرج الكتلة بتغيير أبعاد المسقط مشكلةً انتقالاً تدريجياً من قاعدة عريضة.	⇦	قاعدة عريضة لتخفيف حدة الانتقال
	- يبدو المشروع كبرجان متشابكان من سلسلة من الكتل الحجمية المكدسة يتخللهما فراغ مزروع يسمح بنزهة معماريّة وفق نمط تكوينٍ خاص مختلف(25).	⇦	إضافة نمط، وترابط مع الطبيعة
	التدرج كسلسلة من الحجوم يزيد من رشاقة المبنى ويخفف من حدة انتقاله من الأفق للشاقول وينعكس على تشكيل خطّ السّماء ويقلل التظليل في الشارع.	⇦	الاهتمام بالناحية البصرية والعلاقة مع خط السماء
	كان أداء المبنى وفق نمط خاص استجابة لعدد من المحفزات ترتبط بالأداء الشكلي والسياق والطبيعة.	⇩	
3- 3 Dubai nhabitat [18]	- سمي المشروع Modular skyscraper، تم الانتقال من الأفق للشاقول عبر قاعدة عريضة مكونة من تراكب وتداخل الوحدات الموديولية 8*8 pixel التي تؤمن تيراسات خاصة واتصالاً مباشراً مع الطبيعة وتسمح بنفاذ الضوء المباشر (الفتحات الواسعة) والحصول على شقة الزاوية (احدى ميزات البكسل) (25).	⇦	الاستفادة من ميزات البكسل النوعية لتحقيق التعرج، وارتبط بمحفزات بيئية وأخرى ترتبط بالسياق لتخفيف حدة الانتقال
	- يمكن لكل ساكن أن يحظى ببيئته الخاصة ويتمتع بخواص المساكن المستدامة.	⇦	(شقة الزاوية) والحديقة- اقترب من ميزات مساكن العائلة الواحدة
	رغم أن المشروع يتنافس بالارتفاع مع المحيط إلا أنه حقق تدرجاً بعلاقته مع الأرض للتخفيف من حدة الانتقال وكانت الاستجابة باستخدام البكسل استفادة من مزاياه النوعية لتحسين المسكن.		
3- 4 La Tour residential tower [19]	اختيار شكل المشروع بما ينسجم ويتوافق مع المحيط ومراعاةً للمقياس.	⇦	استجابة للسياق والانتقال التدريجي
	يشكل المشروع نقطة تحول لخط السماء. حقق مظهر بصريّ مميز باعتماده ترتيب الطوابق وفق مسقط شبه دائري يتحول تدريجياً بتيراسات. - أضفى الانتقال بالتيراسات النوعية للشقق إطلالاتٍ وإضاءة واسعة (25).	⇦	الدوران، استجابة للأداء الشكلي اطلالة- سياق، واستجابة للأداء البيئي
	حقق التعرج بالدوران والانتقال تدريجيا من قاعدة عريضة ليسمح بنوعية أفضل للمساكن ويخلق حدائق		
3- 5 Rotating Parametric Pixels [20]	- استنتج تصميم المبنى من السياق المحليّ لشبكة المدينة لتشكيل مغلف المبنى بما ينسجم مع النسيج العمرانيّ للمدينة.	⇦	محفز مرتبط بالسياق
	- اعتمد نمط الدوران، وتحول باتجاهات ومناسيب متنوعة لتحقيق اتصال مع الأرض وانتقال سهل من الموقع باستخدام خطوط الشبكة بألوان متضادة.	⇦	قاعدة عريضة وانتقال دروان، اطلالة
	- ويولّدُ إدراك لتدرّج متناوب الألوان نتيجة استخدام كونسبت البكسل.		استخدام البكسل والإدراك اللوني للتضاد
	- إن الواجهة المتعرجة الحاصلة "zig- zag" facade تؤمن وصول جيد لضوء النهار إلى المكاتب بشكل غير مباشر (18) ويؤمن الراحة الحرارية للفراغات.	⇦	محفز الأداء البيئي ⇩

(17) متعدد الاستعمالات، استراليا BIG 2018.

(18) متعدد الوظائف، دبي، RGG Architects 2018

(19) سكن، دانمارك ، 3XN، 2016

(20) مبنى مكاتب، إيطاليا، Paolo Venturella 2014

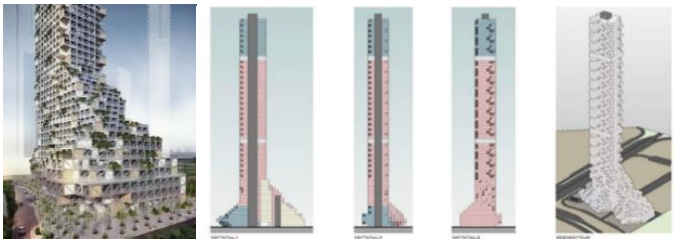
	المشروع		محفز التعرج والتحول الذي ينتجه
	اجتمعت محفزات الأداء الشكلي والمتعلقة بالسياق وكذلك البيئية لتنتج تعرج من نوع خاص ينتقل تدريجيا من الأرض بالدوران		
3- 6 Scala tower[21]	- يدمج المصمم بين نموذجين من التكوينات السائدة في المنطقة، الأبراج التقليدية والبلوكات المصمتة، وينتقل تدريجياً بانسيابية من الأفق (8).	⇦	محفز مرتبط بالسياق
	- حددت المدينة سقف ارتفاعاتها لـ 21 م، وفي حال الحاجة للأبراج فلا بد من الانتباه والتحايل للتخلص من الخوف من المرتفعات Tower- phobic (11)	⇦	محفز مرتبط بالناحية الاجتماعية والنفسية
	- و لتخفيف أثر الفوبيا ومراعاة المقياس الإنساني لجأ للتّدرّج بالانتقال بالدّمج بين نموذجين: برج ذو نهاية مستدقة وقاعدة عريضة تتعلق بمقياس المحيط.	⇦	مراعاة المقياس والمحيط
	وبذلك يبدو البرج متدرجاً ملتوياً وكأنه كتلة مولّدة generic ومنبثقة تذوب تدريجياً لتندمج مع الكتل الحجمية في سياق المحيط.		دوران، وانسجام مع السياق
	شكل عامل السياق والناحية الاجتماعية دورا هاما في الانتقال من الأفق بالدوران كأداء للمبنى يتعلق بالانسجام مع المحيط ⇩		

الشكل(14) Pixel towers

https://uae- realestate.blogspot.com/2017/12/imkan- announces- mixed- use- 7- tower- pixel- project.html

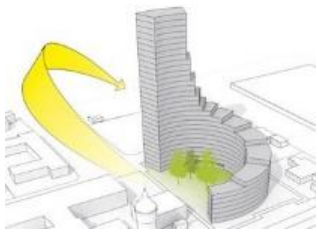
الشكل (15) Tle lanscrper

https://www.designboom.com/architecture/bjarke- ingels- group- big- lanescraper- melbourne- tower- southbank- beulah- 08- 03- 2018/



الشكل (16) Dubai nhabitat

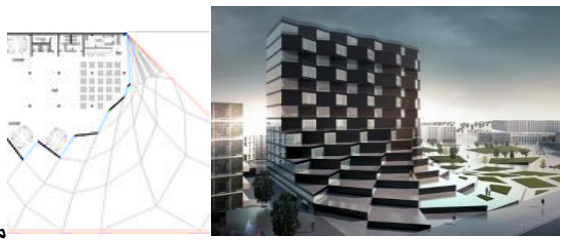
https://www.designboom.com/architecture/rgg- architects- dubai- permeable- skyscraper- 04- 05- 2018/



الشكل (17) La tour residential tower

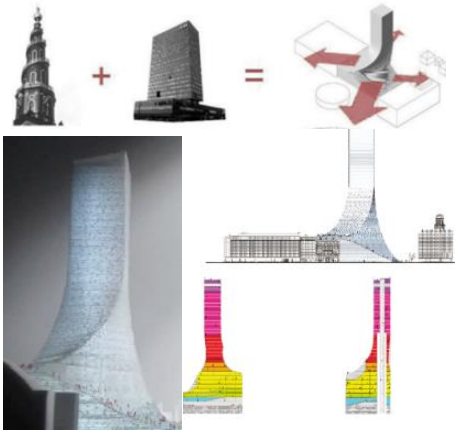
https://www.arch2o.com/3xn- architects- reveal- la- tour- an- inclusive- building- expressing- identity/

(21) فندق ومكاتب، الدانمارك، 2008BIG Architects



الشكل(18) Rotating Parametric Pixels

https://www.archdaily.com/591401/paolo- venturella- s- molise- headquarters- to- feature- rotating- parametric- pixels?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects



الشكل (19) Scala Tower

(12)

وتتقاطع الحالات بأسباب التعرج والتحول الذي ينتجه وفق التالي:

الجدول (7) تقاطعات حالات مراعاة الناحية البصرية (الباحثون)

ثالثا	أسباب التعرج									التحول المنتج للتعرج								طبيعة التعرج				
المشروع	التواصل مع الطبيعة	الأداء الشكلي		تعزيز الناحية الاجتماعية	الأداء البيئي	أداء يتعلق بالسياق					إضافة تيراسات	استخدام تضاد لوني	الانتقال بالتدرج	الانتقال بانسيابية	الانتقال بقاعدة عريضة	الانتقال بالدوران	إضافة نمط خاص جديد	استخدام الpixel	تعرج مقطع	تعرج مسقط	منتظم م	غير منتظم	انسيابي
		تخفيف الثقل	تحسين ناحية بصرية			ترابط واتصال مع الوسط الخارجي	تخفيف حدة الانتقال	انسجام مع النسيج العمراني	مراعاة المقياس	إطلالة													
-١-٣	*			*	*	*	*				*				*		*	*	*	*		*	
-٢-٣	*	*	*		*		*							*		*	*		*		*		
-٣-٣	*	*			*		*								*	*		*	*	*		*	
-٤-٣	*		*		*				*	*		*		*	*	*			*	*		*	
-٥-٣		*			*		*	*		*		*	*	*	*	*		*	*	*	*		
-٦-٣				*		*	*	*		*					*	*	*			*		*	*
نسب جزئية	%٦٧	%٥٠	%٣٣	%٣٣	%٨٣	%٣٣	%٨٣	%٣٣	%١٧	%٥٠	%٣٣	%١٧	%٥٠	%٣٣	%١٠٠	%٥٠	%٣٣	%٥٠	%١٠٠	%٥٠	%٦٧	%٣٣	%١٧
نسبة الكل	%٦٧			%٣٣	%٨٣	%١٠٠																	

تبين النسب النهائية لمسببات التحول سيطرة الأداء المتعلق بالسياق كمحفز دعى للتعرج، وكذلك تأثير الأداء الشكلي بتقاطعه مع مسببات أخرى كالناحية الاجتماعية. يتم اختيار طبيعة التحول. ويتواجد محفز الأداء البيئي في جميع الحالات عموماً. ففي المشروع 3- 1 هناك رغبة بالتواصل مع الطبيعة والانفتاح مع المحيط وتعزيز العامل الاجتماعي فلجأ للتعرج باستخدام البكسل الذي يحقق ذلك والبدء بقاعدة عريضة للتمهيد، فاشتركت أكثر من طريقة للتحول ليظهر ويضيف نمط جديد من التكوينات في المنطقة.

وقد يتقاطع عامل السياق والتوافق مع النسيج العمراني مع تحقيق الاتجاه، فيكون الحل بالدوران، كما في 3- 5، وبإضفاء نمط جديد خاص يعتمد الإدراك اللوني.

- وكان للأداء الشكلي نسبة جيدة تفوق 67% بحيث أثرت في طرق التحول، فاستجابت الكتلة بالدوران أيضا لتحقيق الرشاقة والناحية البصرية المطلوبة في علاقتها مع خط السماء وكذلك بالانتقال تمهيديا من الارض كما في 3- 6

- وارتبط الأداء البيئي جيداً في 83% من الحالات كمحفز للتحول، وارتبط مع الطبيعة 67% واختلفت نسب المؤثرات الاخرى حسب الحاجة. واعتمد الكل الانتقال وفق تدرج من الأرض للشاقول وفق قاعدة عريضة بنسبة 100%.
- وتم تلبية الارتباط مع الطبيعة، إما بالبكسل في 3- 1و 3- 3، أو بإضافة تيراسات في 4- 1، أو أسطح خضراء 3- 2.
- واستخدم البكسل ليس فقط لإضافة حدائق وإضافة ميزات شقة االزاوية كما في 3- 1، 3- 3 ولكن استخدم في 3- 5 لإضافة نمط مع إدراك لوني ينسجم مع النسيج العمراني والسياق.
- شكل الدوران نمط أو مؤشر أداء يضفي رشاقة ويعالج موضوع الاطلالات، وتحسين العلاقة مع خط السماء.
- وكمؤشرات: يختلف أداء المبنى بالتعرج حسب تقاطع مجموعة من العوامل والمحفزات وغالباً أن العامل الطاغي هو من يكون السبب في تحول الكتل. ويكون التعرج في هذه الحالات بتحول يطرأ على التكوين قد يكون كلي كما في 3- 2 و 3- 4 أو جزئي يتركز في القسم القريب من الأرض كما في باقي المشاريع، ومن الملاحظ أن مقياس التعرج في هذه الحالات كتلي (مقياس أكبر). كما ويكون التعرج منتظم في حال الانطلاق من شبكة موديولية. ويكون التحول بالتعرج إما متدرجاً أو انسيابيا (سطح أملس) ويترافق غالبا مع الدوران وتختلف النسب بين تلك الحالات.

رابعاً- التحول ببنية التكوين الخارجيّ بانسيابيّة:

ويختلف هذا النموذج حسب طبيعة المعالجة إما بالدوران والتخفيف من ثقل الكتلة أو باستخدام نمط تكوين خاص يغير هيئة الصندوق إلى خط متعرج.

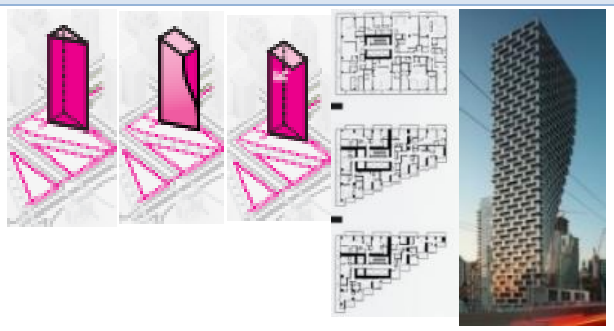
جدول (8) اختلاف التحول ببنية التكوين الخارجيّ بانسيابيّة حسب طبيعة المعالجة

	المشروع		محفز التعرج والتحول الذي ينتجه
4- 1 Telus Sky Tower[22]	- انتقل المصمم من الأرض للسماء بطريقة ملتفة انسيابية يتغير فيها المقطع والمسقط. ويعتبر المشروع تحدياً نظراً لصغر مساحة الإشغال(34).	⇦	استجابة للسياق، التعرج بالالتفاف
	- حول الفراغات من كتل ذات واجهات مسطحة إلى تكوينات حجمية مكعبية من الشقق والبلاكين، وخلق هذا النمط نموذجاً نوعياً للشّقق والمكاتب نتيجة تراكباتها (22). ويحظى كل منها بزاوية وبالتالي اتجاهين.	⇦	التحول بمقياس ونمط الوحدة الحجمية المكعبية. تراكب الوحدات
	- وأضفى التكوين شكلاً نحتياً فريداً بأناقة رأسية وصولاً لخط السماء(33).	⇦	الأداء الشكلي، نحتي ⇩
	إن تغيير مساحة المسقط ساهم بشكل رئيسي بالتحول الحاصل على المقطع، تلبية الاستجابة للسياق، وكذلك تحسين ميزات الشقق		
4- 2 Vancouver house[23]	- حذف جزء من القاعدة وتحويل المسقط لمثلث في القسم السفليّ، للتخفيف من تأثير ثقل البرج التقليدي وتخفيف الضجيج (10)	⇦	تغير شكل المسقط استجابة للسياق
	- ثم بالتفاف ودوران ينتهي مسقطه بمستطيل مثالي يوفر مساحات أكبر للسكن تؤمن إطلالات واسعة في الطوابق الأخيرة (23)	⇦	سمح الدوران بالإطلالات استجابة للسياق
	خلق هذا التكوين انتقالاً تدريجياً انسيابياً يحقق مساحة أكبر للساحات الخارجية ويبتعد عن نمطية الأبراج المستطيلة القاعدة والثابتة المسقط	⇦	استجاب التكوين بتعرج انسيابي ⇩

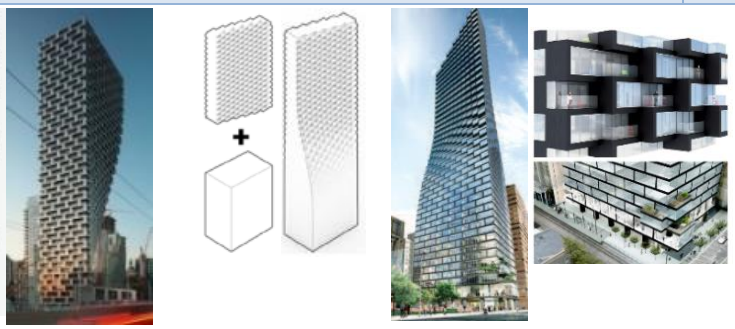
(22) سكن ومكاتب، كندا، BIG

(23) متعدد الاستعمالات، كندا، BIG 2018.

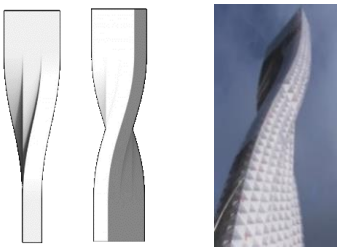
	المشروع		محفز التعرج والتحول الذي ينتجه
	والصندوقية الحجم.		
	تنوعت الأسباب المؤدية للتعرج والنتيجة انسيابية وإضافة ميزات، وتحولت بتغيير المقطع		
4-3 The Grove at Grand Bay[24]	- استجابة التصميم للسياق لتحقيق إطلالات بانورامية واسعة بكل منسوب.	⇦	تحقيق الإطلالة استجابة للسياق
	- إن الخط المتعرج الحاصل بالدوران (كحركة راقصة للأبراج) كان سبباً في تشكيل نقطة علام جديدة في سماء المدينة وقد خلق خطاً متعرجاً انسيابياً وفق هذا الدوران والالتفاف تنتقل به الكتلة وتغير خط السماء.	⇦	الأداء الشكلي، دوران ⇩
	- استخدام نموذج خاص من الشرفات والنوافذ للشقق السكنيّة (18).	⇦	تحسين الشقق، بإضافة تيراسات
	استجاب التكوين للأداء الشكلي والسياق لتحسين المنتج بالتعرج بانسيابية وتغير المسقط وإضافة تيراسات كان من اهم المقومات		
4-4 Escher Tower[25]	- قدم المشروع تحدياً إنشائياً يغير العلاقة من الضغط الشاقولي للأفقي بالتغيير من ثقل الجاذبية إلى ثقل الرياح ويسمح بتغيير حدود البرج والإطلالة حسب الموقع. (الدوران بالكتلة جعلها تواجه الرياح بمسقط أصغري) (22).	⇦	دوران لحل مشكلة رياح – اطلالات تغيير المسقط
	- معظم ناطحات السحاب بنيت كأعمدة ثخينة بمساقط مربعة مع فراغات مظلمة عميقة. قدم المصمم أبراج تحقق الإطلالات والإنارة الطبيعية وفق تكوين حجميّ نحيف. فرغم أنها معقدة إنشائياً إلا أنها بسيطة بصرياً.	⇦	تحسين الاطلالة والأداء البيئي دوران ⇩
	الدوران 90 درجة والانتقال بانسيابية كان استجابة للسياق لتحقيق اطلالات		



الشكل (10) Vancouver house



الشكل (20) الشكل (21) Telus sky tower (22)



الشكل (22) Escher Tower

الشكل (22) The groove

https://www.archdaily.com/889344/grove- at- grand- bay- big

(24) متعدد الاستعمال، أميركا، Big 2016

25 فندق، كوبنهاغن، BIG Architects

الجدول (9) تقاطعات حالات التحول ببنية التكوين (الباحثون)

رابعاً	أسباب التعرج										التحول المنتج للتعرج						طبيعة التعرج				
	الأداء البيئي	الأداء الشكلي			تحسين نوعية الشقق. تحظى بزاوية	أداء يتعلق بالسياق					تراكب موديولات حجمة	التفاف أودوران بنية الكتلة	الانتقال بانسيابية	تغيرمسقط الكتلة بالحذف او الاضافة	تحول في هيئة الواجهات 3D	إضافة تيراسات	تعرج مقطع	تعرج مسقط	منتظم	غير منتظم	انسيابي
المشروع		تخفيف الثقل	تحسين ناحية بصرية مع خط السماء	كتلة تحتية		ضجيج	تنوع الإطلالة	مواجهة ضغط الرياح	انسجام مع المحيط	استجابة للسياق											
٤-١-	*			*	*					*	*	*	*	*			*			*	*
٤-٢-		*				*	*			*		*	*	*			*				*
٤-٣-			*		*		*			*		*	*	*		*	*				*
٤-٤-	*		*				*	*	*			*	*				*				*
نسب جزئية	%٥٠	%٢٥	%٥٠	%٢٥	%٥٠	%٢٥	%٧٥	%٢٥	%٢٥	%٧٥	%٢٥	%١٠٠	%١٠٠	%٧٥	%٢٥	%٢٥	%١٠٠	%٠	%٠	%٢٥	%١٠٠
نسبة الكل		%١٠٠			%٥٠	%١٠٠															

استجاب التكوين بالتعرج وفق الدوران والالتفاف لتحسين أداء التكوين الشكلي وتنوع الاطلالات واستجابة للسياق. ويمكن اعتبار ذلك كمؤشرات أداء للتكوين. تحسن المنتج نظراً لارتباطه مع الأداء البيئي.

شكلت محفزات الأداء الشكلي والأداء المتعلق بالسياق سببان رئيسيان في كافة المشاريع بنسبة 100% مع تنوع التفاصيل الخاصة بكل منهما.

وتبين مؤشرات الأداء عموماً بالاستجابة بتغيير المسقط على مستويات مختلفة من المناسب، والتعرج بانسيابية بالفتل والدوران. على مستوى المقطع. وراعت الحالات في بعض الاحيان تحسين نوعية الشقق الناتجة من حيث الأداء البيئي باعتماد التراكب وإضافة تيراسات.

النتيجة النهائية تكمن في تعرج المقطع أما المسقط يكفي لتحول شكل المسقط ومساحته في بعض المناسيب.

خامساً- التغيير وفق نمط خاص للبشرة.

قدمت هذه الحالات طرقاً مختلفة لمعالجة البشرة المغلفة للتكوين بما يغير المظهر العام ليبدو متعرجاً. وأضافت تنوعاً في الأنماط وذلك باستخدام وحدات موديولية مكعبية pixelأو باعتماد تيراسات متناوبة تسمح بدخول الإضاءة والتشميس لكافة الفراغات وأضافت ببعض الحالات شعوراً بالحركة بعيداً عن ثبات حدود الصندوق المألوف.

جدول (10) التغيير وفق نمط خاص باستخدام وحدات موديولية مكعبية pixelأو باعتماد تيراسات متناوبة

المشروع		محفز التعرج والتحول الذي ينتجه
5- Iqon[26]	- يتكون المبنى من صناديق بيتونية مكدسة. كل من تلك الموديولات الحجمية تم تدويره لتزويد إطلالة واسعة ومساحة أكبر للتيراسات الخارجية	موديولات حجمية، دوران.
	محاولة ليحقق العدل لكافة الشقق ويخلق هيئة منحوتة تسمح بإطلالات مميزة وعباراً من التهوية	يحقق اطلالات وهيئة منحوتة استجابة للأداء الشكلي والسياق
	المبنى كمزرعة عمرانية. وبدت الأحواض منحوتات بيتونية للشقة، ويمكن زراعة الشجرة في المدينة، ليصبح المبنى جزءاً من دورة حياة خضراء) (25)	زراعة الحدائق على التيراسات المشكلة

(26) سكن، أميركا، من تصميم 2018BIG

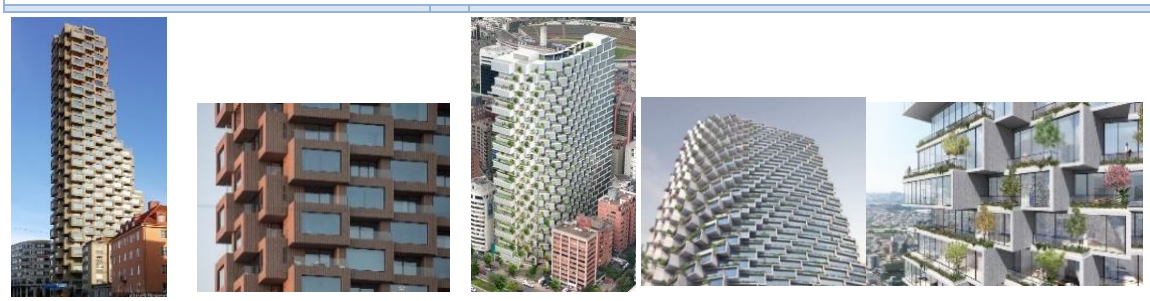
	يخلق التراكب للموديولات الناجم عن دورانها كل منها حول محور خاص هيئة متعرجة في بشرة التكوين استجابة لعدة محفزات كالأداء البيئي والسياق وكذلك الشكلي، والتواصل مع الطبيعة. مؤشر أداء مرتبط بالبشرة(بمقياس صغير).		
5- 2 Norra Tornen project [27]	- يعتمد المشروع النمط المكدس للمساكن، وعبر المصمم بأنه يقدم حقبة جديدة لعمارة المساكن المصنعة تتويجاً لجهود مستمرة لخلق جيل من أنماط المساكن المعاصرة تحقق أكبر تنوع ممكن من عدد محدود من العناصر المكعبية المسبقة الصنع بما يسمح للشكلية المعتادة للشقق بأن تعطي هوية أكثر إنسانية وحركية.	⇦	استجابة محفز التواصل مع الطبيعة بتراكب الشقق –موديولات حجمية وخلق نمط معماري جديد للبشرة
	- وتحقق بتراكباتها الترابط مع الطبيعة بخلق تيراسات مزروعة. (36)	⇦	إضافة حدائق – تيراسات
	تخلق تراكبات الكتل الصندوقية امكانية تواصل الشقق مع الطبيعة- اضاف نمط خاص للبشرة- تعرج- مؤشر مرتبط بمقياس الشقة		
5- 3 GWELL [28]	- يؤمن التراكب النوعية الأفضل للشقق بتدوير كل تيراس بما يخلق تراجعات ويقدم نمطاً جديداً يخلق شعور الواجهة المنزلقة المتحركة (27).	⇦	تدوير الكتل الحجمية الصندوقية، إضافة حركية للواجهة – أداء شكلي وبيئي
	- بهذا التراكب للتيراسات والمظهر الحركي الانتقالي يضيف ميزات نوعيّة لكامل الشقق فلم تعد تواجه الشمال، ولم تعد مشرفة على الجوار، كما أنها لم تعد مشرفة على بعضها البعض ويبدو مظهر البشرة متعرجاً.	⇦	نمط جديد، ميزات نوعية تعديل الاطلالات والتوجيه
	ان تدوير الضناديق المشكلة للشقق خلق تراكبات وتحولات نوعية بالاطلالة والاشراف وكذلك الحدائق المشكلة والنتيجة تغيير نمط البشرة.		
5- 4 Coral Tower [29]	- التصميم استجابة للسياق على مستوى المقياس الإنساني.	⇦	محفز يتعلق بالسياق
	يضفي هذا التصميم فرصة أفضل لنوعية الحياة في الشقق مقارنة مع العديد من الأبراج المجاورة المتصفة بالعزلة والانغلاق وزيادة المساحات المصمتة. وهنا يمكن إضافة متغيّر اجتماعيّ للتصنيف في هذا النمط.	⇦	ويحقق عدل للشقق إضافة متغير اجتماعي
	هذا المقياس الصغير للبكسل إمكانية خلق فرص أكثر للإطلالات والإضاءة	⇦	أداء بيئي وسياق باستخدام البكسل
	- بإضافة وحذف البكسل على محيط المبنى يخلق نحتاً لأجزاء الواجهة ويؤمن عدد أكبر من غرف الزاوية، تتمتع بالقدر العالي من الإنارة والإطلالة. - حقق البكسل الحصول على فراغات مظلّلة atrium نتيجة تداخل الحجوم وتكديسها لتخلق نمطاً ملفتاً من التفريغات تؤمن التيراسات المتدرجة وتؤدي عملية النحت لكل طابق لجعله مختلفاً ومميزاً في المسقط (21)	⇦ ⇦	نحت الواجهة وتأمين غرف الزاوية مؤشر بيئي تكديس الحجوم ضافة تيراسات
	يتميز المبنى بنوعية كبيرة ويخلق نمط خاص للبشرة، يؤمن شقة الزاوية وبذلك استجابة قصوى لحاجات السكن وكمؤشر أداء تبدو الاستجابة وفق مقياس يتناسب مع البكسل (الشقة).		

(27) سكن، ستوكهولم، OMA 2018

(28) شقق فندقية ، JDS جنوب كوريا 2015

(29) سكن ، استراليا، MVRDV 2014

5- 2 Emporium Towers [30]	- تتكون الكتلة من دمج عدة أحجام من الوحدات الموديولية المتنوعة وتخلق شعوراً ديناميكياً يوحي بالحيوية والحركة في معالجة الواجهة (37).	إضافة طابع حركي بتراجع الموديولات – أداء شكلي
	يتكون كل طابق من عدد مختلف من الوحدات الموديولية المتغيرة الحجوم والترتيب مشكلاً ذلك انطباعاً مبكسلاً pixelated متدرجاً.	نمط مبكسل
	تخلق الزاوية المستنتجة بتراجعات الوحدات الموديولية هيئة مدببة كإضافة جديدة على خط السماء تضفي تنوعاً على الوحدات السكنية	تنوع الشقق
	استجاب التكوين بتغيير نمطية التكوين وإضافة حركية كأداء شكلي وحسن نوعية الشقق	



الشكل (23) Iqon

https://www.designboom.com/architecture/bjarke- ingels- group- big- iqon- quito- tower- ecuador- 10- 11- 2018/gallery/image/g1- 459/

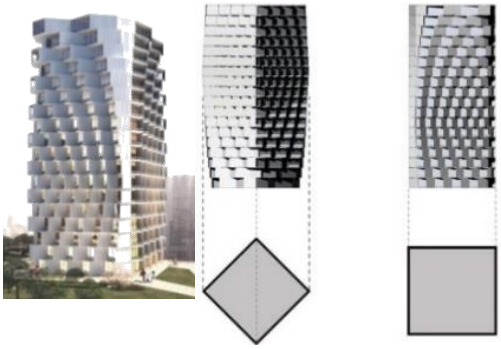
الشكل (24) Norra Tornen project

https://www.oma.com/projects/norra- tornen

الشكل (25) GWELL (27)

الشكل (26) Coral Tower

https://www.arch2o.com/coral- /tower- mvrdv



الشكل (27) Emporium Towers

https://archello.com/project/emporium- towers

(30) سكن، الصين، Höweler + Yoon Arch.، 2010

الجدول (11) تقاطعات حالات التغيير وفق نمط البشرة (الباحثون)

خامساً	أسباب التعرج								التحول المنتج للتعرج								طبيعة التعرج			
المشروع	الأداء البيئي	الأداء الشكلي		التواصل مع الطبيعة إضافة حدائق	تحقيق العدالة في كفاءة الشقق	تأمين تيراسات خارجية	تحسين متغير اجتماعي	أداء يتعلق بالسياق		استخدام النمط pixel	تراكب الموديولات الحجمية	دوران الموديولات الحجمية	تراجع تدرج	وحدات مكعبية	مكدس	إضافة نمط جديد	تعرج مقطع	تعرج مسقط	منتظم	غير منتظم
		مظهر حركي انتقالي	كتلة منحوتة					تنوع الإطلالة	المقياس الانساني											
١-٥-	*		*	*	*	*		*		*	*	*					*		*	
٢-٥-	*	*		*	*	*				*	*				*	*	*	*	*	
٣-٥-	*	*		*	*			*		*	*	*	*	*		*	*	*	*	
٤-٥-	*		*		*		*		*	*	*				*	*	*	*		*
٥-٥-		*			*					*			*			*	*	*		*
نسب جزئية	%٨٠	%٦٠	%٤٠	%٦٠	%١٠٠	%٦٠	%٢٠	%٤٠	%٢٠	%١٠٠	%٨٠	%٤٠	%٤٠	%٤٠	%٤٠	%٨٠	%١٠٠	%٨٠	%٦٠	%٤٠
نسبة الكل	%١٠٠			%٦٠				%٦٠												

تبين المؤشرات أن الهدف الأكبر تحقيق العدالة للشقق وتميز الأداء ، وخلص بإضافة نمط جديد، وإضافة هوية جديدة على المبنى. ونلاحظ صغر مقياس التحول والتعرج (مقياس الشقة أو التيراس). وتعرج على مستوى المقطع والمسقط.

إن للأداء الشكلي الدور الأكبر في التعرج 100% ويتلازم مع الأداء البيئي 60%، والسعي لتحقيق العدالة للشقق 100% ثم إضافة الحدائق. وتم تحقيق ذلك باستخدام البكسل 100% في كل الحالات كمؤشر كبير لمؤشر الأداء.

وتلازمت بعض الحالات مع السياق بنسبة 60%. وكان الأداء بتعرج المقطع في كل الحالات (البشرة) بمقياس يناسب حجم الشقق التي تدور حول محور خاص بكل منها وتلازم مع تعرج المسقط، وفي الغالب كان التعرج منتظم. ويعبر المنتج النهائي عن مدى تقاطع الحالات أو المسببات للنتيجة النهائية.

6- تغيير نهايات أو بدايات الكتل بالتدرج.

كما وظهرت أنماط التحول في هيئات الكتل الشاقولية من خلال التراجع ببداياتها أو نهاياتها أو كليهما معاً وذلك حسب ما تستدعيه المحفزات، وبذلك خروج عن الهيئة العامة المغلفة للخط الخارجي للكتل والحصول على التعرج.

جدول (12) أنماط التحول في هيئات الكتل الشاقولية من خلال التراجع ببداياتها أو نهاياتها أو كليهما معاً

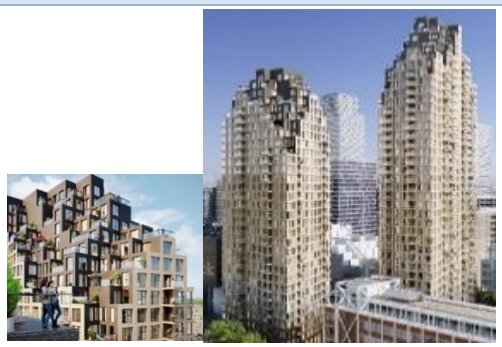
	المشروع		محفز التعرج والتحول الذي ينتجه
6- 1 Baltyk Tower[31]	يتشكل الخط الخارجي المنحدر من باثيوهات متراجعة مواجهة للجنوب تخلق فراغات تختلف كلياً عما هو مألوف من الأبراج.	⇦	محفز تواصل مع الطبيعة
	تفسر تلك التراجعات كاستجابة للتحكم بتأثير أشعة الشمس دون خسارة للإطلالة المطلوبة وتحقق مرونة أكبر للفراغات (13).	⇦	أداء بيئي
	ويبين الخط المغلف للواجهة الانسيابية بالانتقال بما يراعي الناحية البصرية	⇦	أداء شكلي وسياق، تغيير خط السماء ⇩

(31) متعدد الاستعمالات ، بولاندا MVRDV 2017

	المشروع		محفز التعرج والتحول الذي ينتجه
	استجاب أداء المبنى بتحول نهاية وبداية التكوين بشكل متعرج لتحسين علاقته مع خط السماء والسياق وكسب التشميس بشكل أكبر		
6- 2 Grotius Towers[32]	تم في هذا المشروع المكون من برجان تكسير النهايات العلوية للمبنى بحذف أحجام مبكسلة تبدو كتتويجة مكونة من حدائق.	⇦	الترابط مع الطبيعة
	تضفي تلك التدرجات الحاصلة الإطلالة والتشميس (13).	⇦	سياق- اطلالة
	تخفيف الضجيج وتعطي هيئة متعرجة منحوتة في الذروة.	⇦	أداء شكلي (نحت)- سياق (ضجيج) ⇩
	تكسير النهايات العلوية باستخدام البكسل لخلق حدائق وتحسين الأداء الشكلي للمبنى (نحتي)		
6- 3 Sky village[33]	دمج التصميم بين نمطين موجودين بالمدينة (مسكن العائلة الواحدة والبلوكات المفتوحة، واستخلص الميزات الإيجابية لكليهما كنمط هجين، التكوين عبارة عن سلسلة من الوحدات الموديولية الحجمية المكدسة pixel نُظمت متصلة بنواة مركزية واستخدمت التراجعات الحاصلة كحدائق السطح. وتم التصميم بطرح عدة تساؤلات حول اختيار نوع البرج ليكون إضافة لخطّ السّماء وأيقونة تحسن مستوى ما أنتجته العمارة في العقد الماضي.	⇦	استخدم البكسل للحصول على الحدائق وسهولة التراجع إضافة نوعية لخط السماء
	تم إنشاء برج من هيكل شبكي حجمي بسيط باستخدام أصغر حجم للبكسل 7.2X7.2 م للحصول على تكوين فراغي ثلاثي الأبعاد. ونحت الكتلة بما يحقق أكبر فرص للتهوية والإنارة والتشميس (14). هذا التدرج يشكل هيئة كصخرة رأسية مبكسلة تغيرت نهاياتها العلوية والسفلية من وحدات ذات أنماط مختلفة	⇦	تحسين الأداء البيئي
	قدم التكوين الهجين نمطا خاصا حقق نحتا للكتلة وحدائق خضراء خاصة بكل شقة.		

الشكل (27) Baltyk Tower

https://www.arch2o.com/baltyk- tower- mvrdv/



الشكل (28) Grotius Towers

https://www.mvrdv.nl/projects/392/grotius-towers

الشكل (29) Sky village

(14)

(32) سكن وخدمات –هولندا 2015 MVRDV

(33) متعدد الوظائف، دانمارك 2008 MVRDV

الجدول (13) تقاطعات حالات تغيير نهايات أو بدايات الكتل (الباحثون)

سادساً																			
	الأداء الشكلي			أداء يتعلق بالسياق		خلق بائيوهات وحدائق	الأداء البيئي			التحول المنتج للتعرج				طبيعة التعرج					
المشروع	الناحية البصرية	نحت	العلاقة مع السماء	ضجيج	إطلالة		تشميس	انارة	توجيه وتهوية	استخدام النمط pixel	تراجع تدرج	تراجع القسم العلوي	تراجع القسم السفلي	تعرج مقطع	تعرج مسقط	كلي	جزئي	منتظم	غير منتظم
٦-١-	*		*	*	*	*	*				*	*	*	*	*		*	*	
٦-٢-	*	*	*			*			*	*	*	*		*	*		*		*
٦-٣-	*		*			*	*	*		*	*	*	*	*	*		*		*
نسب جزئية	%١٠٠	%٣٣	%١٠٠	%٣٣	%٦٧	%١٠٠	%٦٧	%٣٣	%٣٣	%٦٧	%١٠٠	%١٠٠	%٦٧	%١٠٠	%١٠٠	%٠	%١٠٠	%٣٣	%٦٧
نسبة الكل	%١٠٠			%٣٣	%٦٧	%١٠٠	%١٠٠												

نجد أن التحولات والتعرجات الحاصلة ذات مقياس يتعلق بالبكسل المرتبط بحجم الشقة (طابق أو طابقين) وبشكل تراجعات في جزء من التكوين مرتبط بالأعلى أو الأسفل.

يتفوق التعرج الحاصل وفق النسب استجابة للأداء الشكلي للتكوين 100% بهدف تحسين الناحية البصرية ونحت الكتلة وعلاقتها مع خط السماء. إضافة لخلق حدائق وباثيوهات.

ومن الطبيعي تلازم الارتباط للأداء البيئي كما في كل الحالات السابقة. يأتي السياق بنسبة 60%. أما عن مؤشرات الأداء فقد استخدم البكسل عموماً بالتراجع والتدرج أما في القسم السفلي فقط 76% او العلوي 30% او كليهما 67% وبذلك يتعرج المقطع والمسقط في كل الحالات نتيجة التراكب والتداخل.

مناقشة تقاطعات التّحوّلات التي طرأت على هيئات البنى العمرانيّة:

يمكن مناقشة تقاطعات كافة حالات التعرج التي تمت مناقشتها بعد ربطها بمحفزات التعرج الناجمة عن السلبيات التي تم ذكرها وفق الدراسات المرجعية وغيرها كما ظهرت وفق التحليل كما يلي:

- محفز الأداء البيئي: اشتركت الحالات جميعاً بالاستجابة للمحفزات البيئية بتنوعاتها من إنارة وتشميس وتظليل وتهوية وتوجيه بنسبة 100%، وتختلف في النسب التفصيلية إلا أنها كانت سبباً رئيسياً أو مشتركة مع عوامل أخرى كان لها دور أعلى بالتعرج.
- أما مؤشرات الأداء وفق هذا المحفز اختلفت فقد تكون بالتعرج بكامل التكوين للتحكم بالأسطح المستقبلة وذلك وفق مقياس كتلي، أو التعرج على مستوى الشقة أو التيراس من خلال أساليب خلقها وفق وحدات موديولية متراكبة.
- محفز الأداء الشكلي: تفاوتت نسبة تواجده وتأثيره بالحالات السابقة إلا أنها كانت مؤشراً رئيسياً في حالة الانتقال بانسيابية لغرض تحسين الناحية البصرية وكذلك العلاقة مع خط السماء وإضافة كتلة نحتية.
- واختلف مؤشر الأداء فكان التعرج إما بالدوران في أغلب الحالات فحصلنا على تدرج بانسيابية أو أن يكون التدرج غير منتظم لكنه بجميع الحالات يتحول وفق مقياس كتلي، جزئي أو كلي ببدن المشروع، وأثرت بذلك على المسقط أيضاً.
- محفز السياق: ينجم عنه مراعاة المحيط والمقياس الإنساني والإطلالة وتجنب الضجيج والرياح، كل تلك العوامل متفرقة أو مجتمعة أثرت بالتكوين بشكل أو بآخر مرتبطة بمحفزات أخرى أو متفردة بسيطرتها.

- وكمؤشر أداء فقد أثر هذا العامل في بعض الحالات على التكوين بشكل جزئي غالباً وكان مسيطراً بترابطه مع عوامل أخرى. والانتقال الجزئي من الأرض للسماء والنتيجة تعرج كتلي جزئي.
- وتأتي الناحية الاجتماعية بأهمية جيدة تمت مراعاتها ببعض الحالات متلازمة مع عوامل أخرى كالسياق.
- أما التواصل مع الطبيعة: لها دور هام جداً في التأثير على التعرج وترتبط مع الأداء البيئي والشكلي في بعض الأحيان. وكمؤشر أداء فقد استجاب التكوين لذلك من خلال معالجات بمقياس يتعلق بالشقة ذاتها أو التيراس، إما بتثقيب الصندوق أو بإضافة تيراسات معلقة كأظفار على هيئة التكوين تحقق الغاية المرجوة بتعرج ذو مقياس صغير. وكان للدوران والالتفاف أيضاً دور في تشكيل تلك المنتجات.

خلاصة بأهم النّتائج:

ليس من المنطقي أن تبقى الحلول (المتعلقة بالكثافات، والإشغال) محددة بالكتل الشاقولية ذات المغلف الصندوقي الذي يحتوي الشاغلين دون النظر لما ينعكس على مؤشرات الأداء الوظيفي استجابةً للمتطلبات الحياتية التي كان قد غُضّ الطّرف عنها لفتراتٍ ماضية، ويؤكد ذلك التغيير المُلفت الحاصل في مطلع القرن الحالي. فقد حفّز ذلك المعماريّين لإعادة النظر في تصميمات وتشكيلات تلك البنى في إطار الربط بين (الشكل والوظيفة) لتحسين نوعيتها. فشكلت الاستجابة لمحفزات التعرج مجتمعة أو متفرقة تعرّجاً في هيئات البنى الشاقولية يختلف بالأداء وفق تثقيل أحد المحفزات على الآخر.

النّتائج العامّة:

- أظهرت نتائج الدراسة التحليلية وفق مسبباتٍ شكلت محفزاً للتعرج طرقاً مختلفة للتحول المنتج للتعرج وطبيعته، وعليه تم استخلاص عدد من مؤشرات الأداء الوظيفي تتشابه في الاستجابة أحياناً وتختلف أحياناً أخرى.
- إن أبرز مسببات التعرج لجميع الحالات وفق ترتيب نسب ظهورها تكمن في الأداء البيئي، والارتباط مع الطبيعة، والاستجابة للسياق، ثم الأداء الشكلي، مع وجود أسبابٍ أخرى تأتي بنسب أقل كالعامل الاجتماعي وغيرها.
- لا يمكن حصر نوع المسبب بطبيعة تعرجٍ خاصة ومؤشر أداء واحد، فالتعرج غالباً ما ينجم عن تقاطع عدد من المسببات والمحفز الأقوى يحكم ألية عمل مؤشر الأداء.
- إن حوالي 90% من حالات التعرج تكون استجابة لمحفز الأداء البيئي كمسببٍ رئيسيّ أو متقاطع مع مسبّبات أخرى، وتليها في الأهمية الارتباط مع الطّبيعة، إلا أن الاستجابة قد تكون مختلفة، فقد تكمن في آلية التحكم في الأسطح المستقبلة التي تنعكس على تحسين نوعية الحياة في المسكن وتخفّف من عبء الأداء الطّاقيّ. أو أن يكمن في تغيير طبيعة الموديول الحجمي الذي يحتوي الشقة ببروزه عن التكوين.

ومن أبرز نتائج مؤشرات الأداء:

- بدا الأداء الذي يتبعه التكوين لتحقيق التعرج متنوع المقياس، ففي حالة الأداء الشكلي، فإن المقياس كتلي (عدة طوابق) للتحكم بالأسطح المستقبلة استجابة للأداء البيئي، أما في حالة إضافة الحديقة فإن مقياس التعرج أصبح أصغر بسبب أن التحول أصبح على مستوى الشقة والتعرج كامن في مستوى طابق أو طابقين وفقاً للوحدة

الموديولية الحجمية، فيبدو كتثقيب في بنية الهيئة أو بإضافة تيراسات. بينما يتغير المقياس ليعود أكبر في حالة الانتقال بانسيابية بحيث يكون ملتوياً على كامل بنية التكوين.

- يسمح الأداء المتعرج بأن تحظى المساكن المكدسة شاقولياً بميزات مساكن العائلة الواحدة من خلال إضافة نمط خاص يعتمد التراكب الحجمي للموديولات المكعبية (pixel) التي تؤمن الحديقة الخاصة وشقة الزاوية لكل المساكن. وذلك كأحد أساليب التحولات التي تحقق التعرج سواءً على مستوى البشرة أو بنية التكوين.
- اختلف أداء التكوين في حال كان السبب متعلقاً بالموقع ومساحة الإشغال بحيث أنتج التّحوّل في بدن التّكوين وأدى لتغير مسقط الكتلة في المناسيب المختلفة للانتقال بانسيابية وتحقيق الدوران أو الالتفاف.
- تتحسن علاقة الكتلة مع الأرض والمحيط والسياق عموماً ببعض المعالجات التي تؤثر على الانتقال بعيداً عن الزاوية القائمة المفاجئة وينعكس ذلك إيجاباً على نفسية الإنسان وشعوره بقربه من الأرض وكذلك بالمقياس الحجمي المنطقي. ويكون الأداء في معظمها بالتدرج وفق قاعدة عريضة.
- خلقت مؤشرات الأداء الكتلي المرتبطة بمحفزات الأداء الشكليّ حلولاً مختلفة بالتعرج فقضت على مشاكل الرتابة، وعملت على تخفيف ثقل الكتل على الأرض وتغيير نهاياتها، أيضا في بعض الحلول شملت دراسة الأداء الشكلي الناحية البصرية بالاعتماد على الإدراك اللوني أو الحجوم المتغيرة الترتيب بحيث تزيد من شعور حركية المبنى.
- إن تفريغ الموديولات الحجمية في هيئة الصندوق الأصم للكتل الشاقولية سيضفي ميزات نوعية عالية للشقق السكنية لتحسين الأداء الطاقي والبيئي ويحقق العدالة لكافة الشقق.
- وبالتالي ستكون العمارة الشاقولية المتعرجة هي المستقبل المنتظر للكتل الشاقولية بما يحقق الأداء الفعال المرجو منها بعد تعزيز دور الثنائية (الشكل –الوظيفة) عند تصميمها.

التوصيات والمقترحات.

- لا يمكن أن تبقى الكتل التي ظهرت إثر الثورة الصناعية مستمرة بسيطرتها على المدن واعتبار أنها الحل الأمثل والوحيد للكثافات فمن الضروريّ إعادة النظر مليّاً بالمنتج الذي تؤول إليه الكتل الحجميّة الوظيفيّة التي تغزو المدن شاقوليّاً وتظلل بعضها بعضاً وتحجب الرؤية والإطلالة، والاهتمام بمدى تلبيتها للحاجات الوظيفيّة، والبحث عن البدائل التي ترقى بنوعية وأداء المبنى شكلياً وطاقياً بهدف التخفيف من حجم الآلات اللازمة لتشغيله.
- المرونة في تقبل التحولات الطارئة على البنى الحجمية الشاقولية بما يناسب كل عصر ويلائم الاحتياجات الوظيفية لكل حالة، بالخروج عن الإطار الشكلي الرتيب وفق هيئة تعرج أو تحول أو غيره مادام الهدف تخفيف العبء الطاقي للمبنى، وتحسين أداءه ونوعيته.
- لابد من الأخذ بعين الاعتبار لدراسة ثنائية (الشكل –الوظيفة) كمحرك رئيسي في التصاميم المقبلة للبنى الشاقولية التي تشكل مدننا وترسم خط السماء. سعياً لجعل أدائها الوظيفي معياراً لتحقيق حاجات المستخدمين.
- من الضروري الربط مع الطبيعة ودمجها في تشكيل وتصميم جميع الكتل الحجمية سواءً للسكان أو المستخدمين مما سينعكس على نوعية الشقق ومستوى الحياة عموماً.

- الاهتمام بالناحية البصرية من خلال إعادة النظر جيداً في تصميم هيئة الخط الخارجي المغلف للكتل الشاقولية بما يحسن أداء المبنى شكلياً ويعالج طريقة انتقاله من الأرض بما يتلاءم مع السياق المحيط ويرتبط مع الناحية الاجتماعية والمقياس وأداء الكتل المتجاورة.

قائمة المراجع.

أولاً- المراجع بالعربية:

1- الاحبابي، شيماء حميد والعكيلي، مها عامر، (2013) التصميم الحضري العمودي: أثر المباني العالية (ناطحات السحاب) على البنية الحضرية للمدينة المعاصرة، مجلة جامعة بابل للعلوم الهندسية، العدد3، المجلد 21.

2- د. حسن، نوبي محمد، (2002) التصميم الاجتماعي للمجمعات السكنية العالية، مجلة العلوم الهندسية، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، العدد 3، المجلد 30.

ثانياً- المراجع بالإنجليزية:

1- Al- Komany, Kheir (2018)- Sustainability and the 21st Century Vertical City: A Review of Design Approaches of Tall Buildings, Department of Urban Planning and Policy, College of Urban Planning and Public Affairs, University of Illinois at Chicago, USA, Buildings.

2- Al- Komany, Kheir (2013)- Tall Buildings, Design, and Technology: Visions for the Twenty- First Century City, Journal of Urban Technology, University of Illinois Chicago.

3- Al- Komany, Kheir (2012)- The Logic of vertical Density: Tall Buildings in the 21st Century City, International Journal of High- Rise Buildings, Vol 1, No 2, 131- 148

4- Abbott, Derek & Pollit, Kimball (1980)- Hill Housing a Comparative Study, Limited, London, Granada Publishing.

5- Craighead, Geoff (2009)- High- Rise Security and Fire Life Safety, Third Edition, Imprint: Butterworth- Heinemann, Elsevier Inc. All rights reserved. ISBN 978- 1- 85617- 555- 5, https://doi.org/10.1016/B978- 1- 85617- 555- 5.X0001- 6

6- Holl, Steven (2014)- This is Hybrid, An analysis of mixed- use buildings, a+t research group, Edited by Publicado por, a+t architecture publishers, Genal Alava, Victoria- Gasteiz. Spain. www.aplust.net

7- Işık, Başak & Bisht, Nishit & Mikovcák, Viktor (2020)- Toronto Timber Tower, The New Toronto Based Timber Tower as a Sustainable, Example of Wooden High Rise, International Master of Architecture, https://www.researchgate.net/publication/343859738

8- Ingels, Bjarke (2020)- Formgiving, An Architectural Future History, GERMANY: TASCHEN GmbH

9- Ingels, Bjarke (2011)- Bjarke Ingels Group Projects 2001- 2010, Design Media Publishing Limited.

10- Ingels, Bjarke (2009)- Yes is More, An Archicomic on Architectural Evolution, Cologne, Germany, TASCHEN GmbH

11- MVDRV General_portfolio_book(2017), website_version

12- Per, Aurora Fernández & Mozas, Javier, (2009)- Hybrids III, Publisher: a+t ediciones, ISSN 1132- 6409.

13- Safdie architects (2019)- Architectural Digest, Us, Online, UMV: 1, 494, 611
14- Sun Moon, Kyoung (2018)- Dynamic interrelationship between the Evolution of the Structural Systems and Façade Design in Tall Buildings, International Journal of High- Rise Buildings volume 7 number 1, 1- 16 https://doi.org/10.21022/IJHRB.2018.7.1.1
15- Schoof, Jakob (2018)- Timber Construction Returns to the City, Essay, Detail.
16- https://www.almaany.com/ar/dict/ar- ar/%D8%AA%D8%B9%D8%B1%D8%AC/
17- www.archdaily.com
18- https://www.archdaily.com/204701/flashback- hearst- tower- foster- and- partners
19- www.arch20.com
20- Big Profile
21- https://big.dk/#projects- ech
22- www.dezeen.com
23- www.designboom.com
24- www.inhabitat.com
25- http://jdsa.eu/gwell/
26- http://www.planarchitect.com/work/osotspa- office- building/
27- http://qatarrealestate.blogspot.com/2006/08/lagoon- plaza.html?m=1
28- http://qatarrealestate.blogspot.com/2006/08/lagoon- plaza.html?m=1
29- https://www.safdiearchitects.com/projects/qorner- tower
30- https://sites.google.com/site/ghsooon1234/hjffffffh
31- http://www.terrasonicinternational.com/
32- www.terrasonicinternational.com/foundations
33- https://uae- realestate.blogspot.com/2017/12/imkan- announces- mixed- use- 7- tower- pixel- project.html
34- https://www.oma.com/
35- https://archello.com/project/emporium- towers