مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

الفكر والتصميم الرقمي- الحسابي في النتاج المعماري والتصميم الحضري (دراسة تحليلية)

جامعة بغداد - كلية الهندسة - قسم هندسة العمارة

م. ميساء ازيارة محمد
maysaa.ziarah@coeng.uobaghdad.edu.iq

أ.م.د. امجد محمود البدري
amjadalbadry@coeng.uobaghdad.edu.iq

المستخلص :

التصميم الرقمي- الحسابي Digital-Computational Design ، الذي يُعدُّ تطوراً لمفهوم التصميم المعماري بمساعدة الكمبيوتر (CAAD)، قد شهد تطوراً ملحوظاً منذ ظهوره في الستينيات. تأثرت بداياته بالفكر الحداثي والتقدم التكنولوجي، الذي ساهم في تطوير مفاهيم التصميم من خلال استكشاف العلاقة بين العلوم المعرفية والتصميم المعماري. وقد أدى هذا التطور إلى تحسين القدرة على استكشاف المفاهيم التصميمية والهندسة المعقدة، وتعزيز الدقة والحرية الإبداعية. ومع تقدم الزمن، أصبح التصميم الرقمي- الحسابي يشمل مجالات متعددة مثل الذكاء الاصطناعي، وعلم التحكم الآلي، والرياضيات، مما أدى إلى تطبيق مناهجه على التصميم المعماري والحضري. إن دمج أدوات التصميم الرقمي-الحسابي في مجال هندسة العمارة والتصميم الحضري هو نتيجة لعملية تطوير طويلة ، من ظهور المناهج الأولى المتعلقة بالحوسبة والمعلوماتية ، إلى تطويرها وتنفيذها بشكل كامل ضمن الاختصاص طوال التسعينيات والالفية الجديدة. البحث هنا حاول دراسة مفهومي الرقمية والحسابية في العمارة والتصميم الحضري مع محاولة فك التداخل الحاصل بين هذين المفهومين وما يرتبط بهما من مفاهيم وارتباطهما مع العمارة والتصميم الحضري ، مع دراسة التحول الحاصل في النظرية المعمارية باتجاه التصميم الرقمي- الحسابي تاريخيا من خلال تحليل المراحل من حيث الاداة والفكر والنتاج المصاحب لها من خلال اتباع منهجية تحليلية ومراجعة نقدية للمصادر المختلفة ودراسة حالة لمكتب معماري مرموق في العمارة الرقمية- الحسابية. وقد تبين من البحث اننا نستطيع أن نميز منهجين لاستخدام الحاسوب في العمارة والتصميم الحضري: أن كل ما يستخدم الحاسوب كأداة لتنفيذ فكرة معينة هي تكنولوجيا رقمية ، أما ما يستخدم الحاسوب للاستعانة بقدراته الحسابية من خلال أنشطة الاستنتاج والاستقراء والتجريد لتكوين فكرة معينة فهو عملية رقمية-حسابية. لذا لا بدَّ من استخدام مصطلح التصميم الرقمي-الحسابي والعمارة الرقمية -الحسابية للدلالة على النهج المستقبلي للعمارة والتصميم الحضري الذي يعني استعمال الحاسوب وقدرته الحسابية كأدوات جوهرية في عملية التصميم.

الكلمات المفتاحية : التصميم الرقمي-الحسابي، التصميم المعماري بمساعدة الكمبيوتر (CAAD)، مابعد الطي ، مابعد كوغنهايم ، البحث عن طريق التصميم.

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

Digital-Computational Design in Architecture and Urban Design

Ass. Prof. Amjad albadry
amjadalbadry@coeng.uobaghdad.edu.iq

Lec. Maysaa Izyara Mohammed
maysaa.ziarah@coeng.uobaghdad.edu.iq

University of Baghdad-College of Engineering-Architecture Department

Abstract:

The Digital-computational design, considered as an evolution of the concept of computer-aided design (CAD), has witnessed remarkable development since its emergence in the 1960s. This development has improved the ability to explore complex design concepts and enhanced accuracy and creative freedom. Over time, digital-computational design has come to include multiple fields such as artificial intelligence, robotics, and mathematics, which has led to the application of its methods to architectural and urban design. The integration of digital design tools into architecture and urban design is the result of a long development process. The research here attempted to study the concepts of digital and computational in architecture and urban design, with an attempt to resolve the overlap between these two concepts and the concepts associated with them and their connection with architecture and urban design, with a study of the transformation in architectural theory towards digital-computational design and an attempt to trace the emergence of the concept historically by analyzing the stages in terms of the tool, thought and accompanying product by following an analytical methodology and critical review of various sources and a case study for good practice in Digital -Computational Architecture. The research concludes that we

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

can distinguish two approaches to using the computer in architecture and urban design: first, those that use the computer as a tool to implement a certain idea is a digital technology, while second, those that use the computer to use its computational capabilities through the activities of deduction, induction, and abstraction to form a certain idea is a digital-computational process. Therefore, it is necessary to use the term digital-computational design and digital-computational architecture to indicate the future approach to architecture and urban design, which means using the computer and its computational capabilities as essential tools in the design process.

Keywords: Computational-Digital Design, Computer-aided Architectural Design (CAAD), Post-Folding, Post-Guggenheim, Research by Design

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

المقدمة :

في حالة جديدة وغير مألوفة للترتيب الزمني لظهور النظريات ينفرد الفكر الرقمي في العمارة لظهور وانبثاق النظريات الرقمية فيها باستباق التكنولوجيا الرقمية والمتمثِّلة بظهور التقنيات الرقمية والاداة الرئيسة فيه ألا وهي الحاسوب.وكان للتطور المتسارع الحاصل لهذه الاداة دورا واضحا وجليا في تغيير ممارسة العمارة بشكل جذري. سعت العمارة، باعتبارها ممارسة إبداعية، إلى احتضان التقنيات والمواد والمفاهيم المبتكرة. والعمارة المعاصرة ليست استثناءً، وبالتالي، فقد تم استكشاف أحدث التطورات التكنولوجية، وخاصة الوسائل الحسابية الجديدة للتصورconception والإنتاج production ، التي توفِّر إمكانيات جديدة للتصميم والتصنيع، وترجمة تمثيلات التصميم الافتراضية إلى ادراكاتها المادية. إن دمج أدوات التصميم الرقمي في مجال هندسة العمارة هو نتيجة لعملية تطوير طويلة، من ظهور المناهج الأولى المتعلقة بالحوسبة والمعلوماتية ، إلى تطويرها وتنفيذها بشكل كامل ضمن الاختصاص طوال التسعينيات والالفية الجديدة والتي يوضحها البحث في التطور الزمني من حيث الادوات والمناهج والنتاج المعماري .والبحث جزء مستل من اطروحة دكتوراه للباحثين مختصة بالعمارة الرقمية -الحسابية المصممة حسابياً والمستخدمة للتكنولوجيا الرقمية على وجه التحديد التي يقصد بها العمارة التي تستعين بقدرات الحاسوب الحسابية لتكوين الفكرة التصميمية بالإضافة الى استعمالها كأداة لتنفيذ هذه الفكرة وانتاج النتاج المعماري.

1- الادبيات السابقة Literature Review:

تنوَّعت الدراسات السابقة ذات العلاقة بموضوع البحث الحالي، وأظهرت تباينا في توجهاتها وطريقة تناولها للمفاهيم والمفردات المتعلقة بموضوع البحث، وهنا تم التركيز على الدراسات التي تناولت المفاهيم والتطور التاريخي الرقمي -الحاسوبي ،ومنها :

- دراسة Alexander Koutamanis (Koutamanis,2005) .
- دراسة Rabee M. Reffat (Reffat,2006).
- دراسة Jon Arteta Grisaleña (Grisaleña,2017).
- دراسة Inês Caetano & António Leitão (Caetano& Leitão,2019):
- دراسة Ineˆs Caetano , Luı´s Santos , Anto´nio Leita˜o (Caetano, I et al., 2019).
- دراسة Melih Kamaoˇglu (Kamaoˇglu, 2023) .
- دراسة Adonis Haidar (Haidar,2023,p10) .(الجدول رقم (1)

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

الجدول رقم (1) الدراسات السابقة والمفاهيم والافكار المطروحة فيها				
الدراسة	منهجية الدراسة	مفردات الدراسة	الهدف من الدراسة	اهم ما توصلت اليه
دراسة Alexander Koutamanis 2005	**منهجية تحليلية ومراجعة ادبيات تاريخياً**	• **الطموحات الرئيسية Key Ambitions** • **التصميم المعماري بمساعدة الحاسوبCAAD** • **الديمقراطية والترويج democratization and Popularization** • **نظريات المجال domain theories**	• **تتبع تاريخ CAAD من خلال المنشورات الرئيسية والبنية الموضوعية.** • **تحليل تطور CAAD من خلال طموحات متميزة في الرسومات المعمارية.** • **تحديد التقارب بين الطموحات في CAAD خلال الثمانينيات.**	**•ينبع CAAD من طموحات متميزة: الرسوميات الحاسوبية المعمارية والأنظمة التوليدية.** **•أدى إضفاء الطابع الديمقراطي على أجهزة الكمبيوتر إلى التنوع وإعادة التموضع في CAAD.** **•كان تأثير CAAD على الممارسة المعمارية في أواخر التسعينيات محدودًا.**

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

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

P-ISSN: 1996-983X

E-ISSN: 2960-1908

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

دراسة Rabee M. Reffat 2006	منهجية تحليلية ومراجعة ادبيات تاريخياً	• التصميم المعماري بمساعدة الحاسوبCAAD • البيئات الافتراضية Virtual Environments • الوكلاء الأذكياء Intelligent Agents • التصميم الرقمي الواقعي Situated Digital Design	• التفكير في الحوسبة في التصميم المعماري عبر أجيال من CAAD. • تطوير نهج للأجيال الجديدة من CAAD من أجل مستقبل أفضل.	•ضرورة CAAD في التعليم والبحث المعماري. •سيكون CAAD شريكًا طبيعيًا في عملية التصميم. •تطوير ثقافة جديدة حيث يتعايش الرقمي والافتراضي والمادي. •بحث CAAD مهمًا لإنشاء ثقافة التصميم الرقمي.
دراسة Jon Arteta Grisaleña 2017	منهجية تحليلية ومراجعة ادبيات تاريخياً	• العمارة الرقمية • السيبرنطيقا Cybernetics • الذكاء الاصطناعي (AI) • العمارة البارامترية	• تلخيص تاريخ العمارة الرقمية والمؤلفين الرئيسيين وانعكاسات التصميم المعاصر.	•تلخيص تاريخ العمارة الرقمية، والمؤلفين الرئيسيين، والمشاريع، والدور المعاصر.

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

			• استكشف تأثير الثورة الرقمية على التصميم المعماري والحضري.	• تؤثر الثورة الرقمية على أدوات التصميم المعماري، والمنهجيات، والسياقات الخارجية.
دراسة Inês Caetano & António Leitão 2019	منهجية تحليلية ومراجعة ادبيات تاريخياً	• التصميم الحاسوبي Computational Design • التصميم بمساعدة الحاسوب CAD (Computer-Aided Design) • نمذجة معلومات البناء BIM (Building Information Modelling) • التصميم البارامتري Parametric Design	• تحليل تطور التصميم الحاسوبي من الستينيات حتى الوقت الحاضر. • تقديم التطورات في أدوات التصميم الحاسوبي والمشاريع المعمارية التي تستكشف التصميم الحاسوبي. • مناقشة التأثير النظري والعملي للتصميم الحاسوبي على الهندسة	• تؤثر التكنولوجيا على العمارة، وتؤثر على النظرية والممارسة. • تتطور أدوات التصميم الجرافيكي، مما يؤثر على نظرية التصميم والممارسة في العمارة.

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

			المعمارية. • دراسة الترابط المتبادل بين التصميم الحاسوبي والتكنولوجيا في الهندسة المعمارية.	
دراسة Ineˆs Caetano a,*, Luı´s Santos b, Anto´nio Leita˜o a 2019	منهجية تحليلية ومراجعة ادبيات تاريخياً	• التصميم الحاسوبي Computational Design (CD) • التصميم البارامتري Parametric Design (PD) • التصميم التوليدي Generative Design (GD) • التصميم الخوارزمي Algorithmic Design (AD)	• تعريف مصطلحات التصميم البارامترية والتوليدية والخوارزمية في الهندسة المعمارية. • اقتراح تصنيف جيد البنية لمصطلحات التصميم الحاسوبي. • تحليل مصطلحات التصميم البارامترية والتوليدية	• تعمل طرق CD على تعزيز كفاءة التصميم وتوسيع الحدود المفاهيمية. • يوضح التصنيف المقترح تعريفات PD وGD وAD للإجماع. • AD هي مجموعة فرعية من GD مع ارتباط مباشر بالخوارزمية.

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

			والخوارزمية لتقديم تعريفات واضحة. • تتبع التطور التاريخي ورسم خريطة للمنظورات الخاصة بمصطلحات التصميم الحرجة.	
دراسة Melih Kamaoˇglu 2023	تحليلية ومراجعة ادبيات ومقارنة	• التطورevolution • الحوسبةcomputation • العمارة الرقمية digital architecture علم الوجود (انطولوجيا) ontology	• مراجعة الفهم التطوري في الهندسة المعمارية الرقمية منذ تسعينيات القرن العشرين. تحليل العلاقة بين التطور والحوسبة والهندسة المعمارية الرقمية تاريخيًا.	• تختلف الأنطولوجيات الحسابية والطبيعية ولكنها يمكن أن تحاكي العمليات الطبيعية المعقدة. • يهدف المهندسون المعماريون إلى توحيد الطبيعة والحوسبة في

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

				التصميم ولكنهم يواجهون تحديات. تعتبر العمليات التطورية في العمارة الرقمية مجردة وجزءًا من المجال الافتراضي
دراسة Adonis Haidar 2023	تحليلية ومراجعة ادبيات ومقارنة	• النمذجة الأدائية performative modelling • النمذجة الخوارزمية Algorithmic modelling • النمذجة البارامترية Parametric modelling • نمذجة معلومات البناء BIM تحولات النموذج Paradigm Shifts	• وضع إطار لتصنيف وتقييم مختلف أنواع النماذج. تحديد التحولات النموذجية المرتبطة بمختلف أساليب النمذجة.	• استعراض تطور النمذجة من النماذج التقليدية إلى النماذج الرقمية. تقييم مختلف أساليب وضع النماذج والتحولات النموذجية المرتبطة

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

				بكل منها.

2- منهجية البحث Research Methodology :

اعتمادا على الدراسات السابقة والمفاهيم والافكار المطروحة فيها ، تبيَّن للبحث أن هناك تداخلا بين مفهومي الرقمية Digital والحسابية Computational وأن هناك تطورًا تدريجيًا لهذين المفهومين باتجاه التصميم الرقمي- الحسابي والعمارة الرقمية -الحسابية (المصممة حسابياً والمستخدمة للتكنولوجيا الرقمية على وجه التحديد) والتي يقصد بها العمارة التي تستعين بقدرات الحاسوب الحسابية لتكوين الفكرة التصميمية أضافة الى استعمالها كأداة لتنفيذ هذه الفكرة وانتاج النتاج المعماري ،البحث هنا حاول دراسة مفهومي الرقمية والحسابية في العمارة والتصميم الحضري مع محاولة فك التداخل الحاصل بين هذين المفهومين وما يرتبط بهما من مفاهيم وارتباطهما مع العمارة والتصميم الحضري، مع دراسة التحول الحاصل في النظرية المعمارية باتجاه التصميم الرقمي- الحسابي. لذا جاء البحث على محورين، يبحث المحور الأول جوهر الحسابية والبنية المفاهيمية للنظرية الحسابية، والفكر والتفكير الرقمي-الحسابي، والتصميم الحسابي والرقمي. بينما يبحث المحور الثاني في التحول الحاصل في النظرية المعمارية باتجاه التصميم الرقمي -الحسابي تاريخيا من خلال تحليل المراحل من حيث الاداة والفكر والنتاج المصاحب لها باتباع منهجية تحليلية ومراجعة نقدية للمصادر المختلفة ودراسة حالة لمكتب معماري مرموق في مجال العمارة الرقمية- الحسابية.

3- المحور الاول :الإطار المفاهيمي للتصميم الرقمي-الحسابي

Conceptual framework of digital-computational design

يتناول هذا المحور الخلفية النظرية للموضوع من المفاهيم العامة الى الخاصة بالعمارة والتصميم الحضري من خلال مفاهيم الحسابية والبنية المفاهيمية للنظرية الحسابية، والفكر والتفكير الرقمي-الحسابي، والتصميم الحسابي والرقمي وفق الفقرات الاتية:

4.1 ماهية الحساب computation والحسابية Computational

الحساب Computation هو أي نوع من أنواع الرياضيات الحسابي Arithmetic Calculation أو غير الحسابي Non-arithmetic Calculation ومن الأمثلة الشائعة للحساب هي المعادلات الرياضية وخوارزميات الحاسوب https://en.wikipedia.org/wiki/Computation#cite_note-2. إن أقدم

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

استعمال معروف للصفة الحسابية computational هو في ثمانينيات القرن التاسع عشر والتي يقصد بها الصفة المتصلة بالحساب أو المستعملة فيه؛ المتصلة بالحواسيب أو الاستفادة منها. كما يقصد بها تعيين فروع للمواضيع المعنية بالحساب أو التي تعتمد على استعمال الحواسيب وتقنيات علوم الحاسوب(Oxford Dictionaries, 2023).

ويشير Achim Mangas وSean Ahlguist الى أن الحساب Computation هو معالجة المعلومات والتفاعلات بين العناصر التي تشكل بيئة معينة، والكلمة المحورية هي التفاعلات Interactions. وفي أهمية أكبر للتصميم والمصمم، فإن التطبيق الأكثر عمومية للحساب هو في إنتاج النتائج المحققة من معالجة الخصائص الداخلية والخارجية للمشكلة التصميمية (Menges & Ahlquist ,2011, p.10-13). ومن المفاهيم المرتبطة بالحسابية مفهوم المفارقة الحسابية The Computational Paradox الذي يمكن وضع المعنى الدقيق له من خلال طرح فكرة أنه يمكن للمرء أن يكون لديه علم معرفي بدون الحاسوب. لكن وحينما نفهم أن النظرية الحسابية[1] سبقت اختراع الحاسوب كحقيقة تاريخية فأنه من غير المرجح أن يكون العلم المعرفي قد نشأ أو اتخذ الشكل الذي كان عليه في عصرنا دون ظهور الحاسوب، وهنا تكمن المفارقة (Gardner,1984, p.384).

قد يكون الحساب مصطلحًا غير مألوف للمهندسين المعماريين وأي شخص خارج مجال علوم الحاسوب. وهو أيضًا أحد تلك الأسئلة التي ليس لها إجابة محددة. كثيرا ما توصف بأنها عملية رياضية على الرغم من أنها يمكن أن تكون غير رقمية. يمكننا وصف الحساب بشكل أساسي على أنه عملية تحويل تسلسلات او متتابعات بناءً على قواعد دقيقة وعمليات منطقية والحساب له تأثير عميق على كل من إدراك وفهم الشكل المعماري والفضاء والبنية. إنه يغير الطريقة التي ينظر بها المرء إلى الشكل، والطريقة التي يتم بها تحديد الشكل، والطريقة التي يتم بها إنتاج الشكل.

4.2 الحسابية في العمارة والتصميم الحضري

أشار كوستاس إلى " أن النمط السائد لاستخدام أجهزة الحاسوب في هندسة العمارة الحالي هو أسلوب الحوسبة Computerized إذ يتم إدخال الكيانات أو العمليات التي تم تصورها بالفعل في ذهن المصمم أو معالجتها Processing أو تخزينها Storing على نظام الحاسوب. وفي المقابل، فإن الحسابية

[1] تعرف النظرية الحسابية Computability Theory بنظرية الاستدعاء الذاتي Recursion theory وهي أحد فروع علم الحاسوب النظري تم تأسيسه في عام 1930 والتي تدرس مسائل قابلة للحل حسابياً Computationally Solvable باستخدام نماذج مختلفة للحوسبة.(https://ar.wikipedia.org/wiki/النظرية الحاسوبية)

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

Computational، كأداة تصميم تعتمد على الحاسوب محدودة بشكل عام، وتكمن مشكلة هذا الموقف في أن المصممين لا يستفيدون من القوة الحسابية للكمبيوتر". وهنا اشارة الى اختلاف مفهوم الحوسبة Computerization عن مفهوم الحساب Computation بشكل كبير، فالاول يشير الى عملية أتمتة Automation وميكنة Mechanization معالجة البيانات Processing ورقمنة Digitization وتحويل Conversion. في حين ان الثاني يدور حول استكشاف عمليات غير محددة Indeterminate وغامضة Vague وغير واضحة Unclear وغير واضحة التعريف Ill-Defined Processes ، وغالبًا ما يكون الحساب هو إجراء الحساب Calculating، أي تحديد شيء ما بالطرق الرياضية Mathematical أو المنطقية Logical ،وبسبب طبيعته الاستكشافية، يهدف الحساب إلى محاكاة العقل البشري أو توسيعه (Menges and Ahlquist ,2011,p.). **ان استخدام الحساب في العمارة قديم ولكنه كان صعبا ويستغرق وقتا طويلا مما تطلب استعمال الحاسوب، واليوم وبسبب التعقيد المتولد في الاشكال وتعدد المحددات وتداخلها زاد هذا اكثر من اهمية استعمال الحاسوب في تخصص العمارة والتصميم الحضري .**

4.3 التفكير الحسابي Computational Thinking CT

تم دمج التفكير الحسابي في الحياة الروتينية للجميع عندما اصبحت كلمات مثل النظام System والخوارزمية Algorithm والتحليل Decomposition والتغذية الراجعة Feedback وتصحيح الأخطاء(التنقيح) Debugging جزءًا من المفردات اليومية للأشخاص. هذا التحول النموذجي أصبح متأصلًا بشكل متزايد في مختلف التخصصات مثل علم الأحياء والرياضيات والكيمياء والفيزياء وكذلك هندسة العمارة والتصميم الحضري. على سبيل المثال، في علم الأحياء يمكن للنماذج والخوارزميات الحسابية Computational Models and Algorithms التنبؤ وتمثيل سلوك هياكل البروتين في ظروف بيئية مختلفة. في حين في الكيمياء، يمكن أن يؤدي CT إلى تحسين Optimization الخوارزميات والبحث عنها لتحديد أفضل العناصر للتفاعلات الكيميائية مع تحسين النتائج. اما في الجيولوجيا فيتضمن أحد أمثلة CT في نمذجة الغلاف الجوي للأرض والسلوك الحراري للتنبؤات المناخية. وكما تعمل الحوسبة الكمومية[2] Quantum Computing على تغيير طرق تفكير الفيزيائيين، وحوسبة

[2] **الحوسبة الكمومية Quantum Computing هو أي وسيلة تعتمد على مبادئ ميكانيكا الكم وظواهره، مثل حالة التراكب الكمي والتشابك الكمي، للقيام بمعالجة البيانات .**
/https://www.gsd.harvard.edu/person/panagiotis-michalatos

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

النانو[3] Nano-Computing على تغيير الطرق التي يفكر بها علماء المواد، والحوسبة السحابية[4] Cloud computingعلى تغيير الطرق التي يفكر بها علماء الاجتماع والاقتصاد، والحوسبة الترابطية (البارامترية)، وهي الطريقة التي يفكر بها المهندسون المعماريّون والمصممون الحضريون(Wing, 2008,p.3720). **لذا فإن للحساب تأثير عميق على كل من إدراك الأنظمة المختلفة وتنفيذها مما يفرض أن يمثل التفكير التصميمي الحسابي في العمارة والتصميم الحضري تراكمًا لمفاهيم متعدِّدة الطبقات (تجريدات) تتراوح من علم التشكل وعلم الأحياء التنموي إلى نظرية النظام، والتعلم الآلي، وعلم التحكم الآلي.**

4.4 التصميم الحسابي Computational Design

يؤكِّد Terzidis بأن التصميم الحسابي يضيف نفسه لنهج التصميم المتكامل لأنه يتيح استعمال السلوك المعقد بدلاً من مجرد نمذجة شكل أو هيئة معينة. بمعنى أن الانتقال من الأنماط السائدة حاليًا للتصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) إلى التصميم الحسابي(CD) يسمح بتغيير كبير في توظيف قدرة الحاسوب، فالتصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) يعتمد إلى حد كبير على عمليات الرسم والنمذجة المحوسبة الناتجة عن التقنيات التمثيلية الراسخة في التصميم المعماري(Terzidis,2006, p. xi) . عليه فإن مجرد استخدام أجهزة الحاسوب في هندسة العمارة والتصميم الحضري سوف لا يغيّر طريقة الإنتاج، مما سيجعلنا بحاجة الى دراسة واعية للآلة حتى نتمكن من تغيير عملية التصميم في هندسة العمارة واستعمال الحاسوب بشكل إبداعي(Kalay,2004, p.) . ، **بمعنى آخر فإن توثيق مخرجات التصميم ليس هو الهدف النهائي، ولكن الهدف من استعمال التصميم الحسابي يدور حول خطوات إنشاء النتيجة النهائية، فالتصميم الحسابي هو**

التقارب بين القوة الحسابية وتقنيات التصميم من خلال سلسلة من العمليات المنطقية، وللتصميم الحسابي اسس اهمها التفكير الحسابي والبارامترات والتصنيع الرقمي .

[3] أجهزة الكمبيوتر النانوية Nano-Computing هي أنواع من أجهزة الكمبيوتر المبنية باستخدام نانومتر (10^-9 متر) أو حتى أبعاد أصغر كأشرطة مقياسها. تستغل هذه الأنظمة المعرفة من مختلف التخصصات العلمية مثل الفيزياء والكيمياء وعلوم الكمبيوتر وغيرها، https://www.geeksforgeeks.org/what-is-nano-computer/

[4] الحوسبة السحابية cloud computing هي نوع من الآليات لممارسات البرامج والأجهزة التي يتم تمكينها بواسطة المحاكاة الافتراضية. https://ieeexplore.ieee.org/document/8245151/

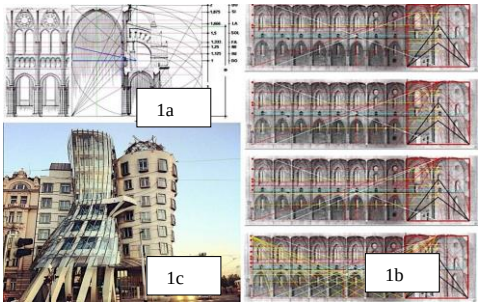
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

4.5 التفكير الحسابي Computational Thinking(CT) في التصميم الحسابي

يُعدُّ التفكير الحسابي CT هو الأساس الاول للعملية الحسابية في التصميم الحسابي CD، ولارتباطه بالتصميم الذي يعتبر أساس العمارة يمكن أن تستفيد طبيعة عمليات التصميم المعماري من ممارسات CT حيث تكون عملية التصميم التكراري An Iterative Design هي النشاط الأساسي لتصميم الأنظمة Designing Systems. لذلك، كان التصميم دائمًا حسابيًا. على سبيل المثال، كاتدرائية نوتردام دي شارتر في فرنسا، التي تم بناؤها في الفترة ما بين 1194-1220، تمثل طرقًا للتفكير حسابيًا منذ زمن طويل جدًا، اذ قام المهندس المعماري بحساب الهيكل رياضيًا وحسابيًا لزيادة حجم النوافذ بدعم خارجي لتحسين مستوى الإضاءة (الشكل 1a). كما يُظهر دير سان جالجانو، الذي تم بناؤه حوالي عام 1218 في إيطاليا، تصميمًا خوارزميًا مع دمج مستويات مختلفة من التجريد والتعرف على الأنماط والتعميم لصياغة نهج منظم لتصميم المبنى (الشكل 1b). وكمثال معاصر، تم تصميم وبناء البيت الراقص لفرانك جيري (الشكل 1c) باستعمال العديد من الأدوات الحسابية الحديثة مثل أسطح NURB، والتخصيص الشامل Mass Customization للألواح، والانحناء المزدوج Double Curvature، والكثير من التقنيات الحسابية. ما يمكن تعلمه من هذه السوابق هو استخدام الحساب Computation أثناء عملية التصميم في مقابل تصميم مبنى ثم وضعه في الحاسوب (ما يسمى بالحوسبة Computerization) (Soleimani,2019, pp5-6) .

يتبيَّن هنا أن التصميم الحسابي يمكن أن يفعل أكثر بكثير من مجرد تمثيل التصميم فهو يستفيد من العمليات الحسابية التي توفرها الأدوات الرقمية، وخاصة أجهزة الحاسوب.



الشكل رقم (1) امثلة التصميم الحسابي في العمارة

(1a) Notre-Dame de Chartres, (1b) Cathedral, San Galgano Abbey, (1c) Dancing House (Soleimani,2019, pp5-6)

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

4.6 البارامترات Parametrics في التصميم الحسابي

يُعدُّ مفهوم البارامتريات الاساس الثاني لأنظمة التصميم الحسابي ، وهو يتعلَّق بالقواعد التي تحكم عملية التصميم، بدءًا من قواعد الأشكال Shape Grammars وتطورًا من خلال الاهتمام المكتشف حديثًا بالتصميم البارامتري والعمليات الخوارزمية. اذ أصبح التصميم البارامترى على نحو متزايد ليس مجرد وسيلة، ولكن أيضا فلسفة التصميم. إنه يقدم عالمًا من الإمكانيات بدلاً من الحلول التي تمليها على المصممين والمستعملين والعملاء. يتضمن التصميم البارامترى ارتباطًا مكتوبًا Scripted لأنظمة فرعية متعددة (مثل الخوارزميات الآلية)(Thiab & Hadi, 2022,p10) ، حيث توجد علاقات ارتباط بين الأنظمة الفرعية مثل الأنظمة الهيكلية Structures والواجهات Façades والتنطيق Zoning وانظمة الحركة Circulation Systems . يؤدي التغيير في أي نظام فرعي إلى تغييرات في الأنظمة الأخرى. بمعنى آخر، يتم التركيز على فهم المعلمات المختلفة أثناء عملية التصميم. قد يشمل تصنيف المعلمات، على سبيل المثال لا الحصر، المعلمات الرياضية، والهندسية، والطوبولوجية، والتمثيلية، والمادية، والبيئية، والبشرية (Jabi,2013,p.25). يمكن إعطاء المعلمات أولويات مختلفة أثناء عملية التصميم وفقًا للاحتياجات والعمليات والنتائج المرجوة (ذياب & هادي ،2022، ص774). من أجل ترسيخ المعلمات ضمن المنهج الأساسي لبرنامج هندسة العمارة والتصميم الحضري يشير Soleimani الى ضرورة النظر في ثلاثة مناهج مترابطة (نظامية منهجية وخوارزمية ومتعددة التخصصات) لتعزيز النموذج البارامتري . (Soleimani,2019, pp5-6)

4.7 التصنيع الرقمي Digital Fabrication في التصميم الحسابي

يُمثِّل التصنيع الرقمي الأساس الثالث لأنظمة التصميم الحسابي الذي يهتم بالعلاقة بين العملية والمنتج. إن التصنيع الرقمي يوسع المفهوم التقليدي من خلال استخدام التقنيات الفيزيائية السيبرانية الناشئة (Leach,2004,p.30). وتسمح تقنيات التصنيع الرقمية بالتحكم الدقيق في إنتاج المصنوعات المادية من خلال تقديم الأتمتة والتحسين والتخصيص الشامل ومراقبة الجودة(Soleimani,2019, p. 7) .

تفتح الإمكانات الإنتاجية والإبداعية للوسائط الرقمية أبعادًا جديدة في التصميم المعماري والحضري (الكناني &ابراهيم ،2009،ص 25-39)، جنبًا إلى جنب مع التطورات التصنيعية التي تم تحقيقها بالفعل في صناعات السيارات والفضاء وبناء السفن ، اذ أن الهندسة المعمارية تعيد صياغة نفسها ، لتصبح جزئيًا تحقيقًا تجريبيًا للهندسة الطوبولوجية ، وجزئيًا تنسيقًا حسابيًا لإنتاج المواد الآلية وجزئيًا نحتًا حركيًا للفضاء

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

(Kolarevic,2001,p.117). اذ بدأت التطورات في التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) وتقنيات التصنيع بمساعدة الحاسوب (CAM) في التأثير على تصميم المباني وممارسات البناء، فلقد فتحت فرصًا جديدة من خلال السماح بإنتاج وبناء أشكال معقدة للغاية كانت حتى وقت قريب صعبة للغاية ومكلفة للتصميم والإنتاج والتجميع باستخدام تقنيات البناء التقليدية(Kolarevic,2001, p.118) ، (Mohammed & Al-Essawi,2023,p.123)، اذ كانت مسألة قابلية البناء هي التي أثارت الشكوك حول مصداقية التعقيدات المكانية التي قدمتها الطليعة الرقمية. إلا إن حقيقة أن الهندسة الطوبولوجية اصبحت ممكنة حسابيًا تعني أيضًا أن بنائها يمكن تحقيقه تمامًا كما يشير Kolarevic وذلك عن طريق عمليات التصنيع التي يتم التحكم فيها عدديًا بالكمبيوتر Computer Numerical Control (CNC) ، مثل القطع Cutting كما في تجربة مشروع موسيقي في سياتل لفرانك كيري (الشكل رقم (2))، والطرح Subtractive كما هو الحال في مباني مكاتب Gehry في دوسلدورف في ألمانيا (الشكل رقم (3)) والإضافة Additive والتصنيع التكويني formative (Kolarevic,2001, pp.120-122).

الشكل رقم (2) هياكل انشائية في تجربة مشروع موسيقي في سياتل لفرانك كيري انتج باستخدام القطعCutting باستراتيجية الكنتور Contouring
(Kolarevic,2001, pp.120-122)

الشكل رقم (3) طحن قوالب البوليسترين الرغوي لصب ألواح الخرسانة المسلحة لأبراج زولهوف التي صممها جيري في دوسلدورف، ألمانيا1999
(Kolarevic,2001, pp.120-122)

إن العلاقة التاريخية بين العمارة ووسائل إنتاجها تتعرض لتحديات متزايدة من خلال عمليات التصميم والتصنيع والبناء الجديدة المدفوعة رقميًا، ففي هندسة العمارة النابضة بالحياة ينبغي أن نتوقع رؤية كافة الأساليب وتدفقات التصميم المختلفة التي تتراوح من التفكير الحسابي إلى التصميم البارامتري والتصنيع الرقمي.

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

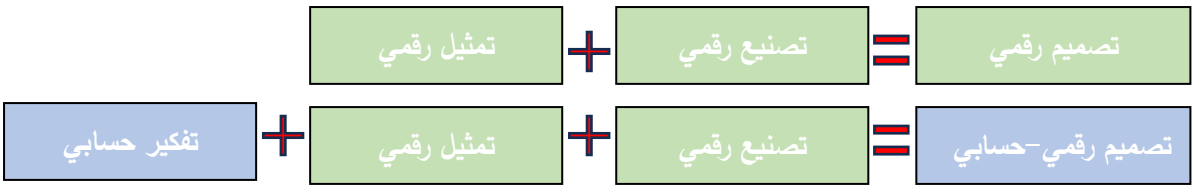
مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

4.8 التصميم الحسابي / التصميم الرقمي Digital Design DD / Computational Design CD

إن أحد الاختلافات الرئيسية في حقيقة أن CAD يستوعب التعايش بين النموذج Form والمعلومات Information، في حين أن التصميم الحسابي (CD) يُخرج هذه العلاقة وهذا يعني أنه يتيح تصور السلوك المادي Material Behavior والعمليات التكوينية Formative Processes ذات الصلة. في التصميم الحسابي، لا يتم تعريف النموذج Form من خلال سلسلة من إجراءات الرسم أو النمذجة ولكن يتم إنشاؤه من خلال عمليات خوارزمية قائمة على القواعد(Menges, et al,2010,p.51) .

إن التصميم الحسابي (CD) متعامد مع التصميم الرقمي DD (الشكل رقم (4))، اذ يتمثَّل DD في أي استعمال بسيط لأدوات CAD كوسيلة رسم، في حين يمكننا الحصول على التصميم الحسابي (CD) بدون استعمال الأدوات الرقمية Digital Tools، كما في تجارب كل من المعماريين Antoni Gaudi و Frei Otto للحصول على الحد الادنى من السطوح المنحنية، ويمكن استعمال الأدوات الرقمية دون الاعتماد على التصميم الحسابي(CD) ، أو يمكننا الحصول على كليهما كما في أعمال Mark Burry في اكمال الاجزاء غير المكتملة من كنيسة Sagrada Familia بسبب فقدان المخططات الاصلية . (Caetano, I et al.,2019, p.3)

إن بعض العمليات لا تستعمل أجهزة الحاسوب سوى للصياغة أو لأغراض تمثيلية أخرى، بينما يستفيد البعض الآخر حقًا من قدراتهم الحسابية، مثل إنشاء أو توفير المعلومات أو توجيه عملية التصميم من خلال الإجراءات الحسابية أو القائمة على الحسابات.



الشكل رقم (4) العلاقة المفاهيمية بين التصميم الحسابي والتصميم الرقمي

المصدر :الباحثان

خلاصة المحور الاول ، ومما سبق طرحه نستطيع أن نميّز منهجين لاستعمال الحاسوب في العمارة والتصميم الحضري:

- **إن كل ما يستعمل الحاسوب كأداة لتنفيذ فكرة معينة هي تكنولوجيا رقمية**

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

- **أما من يستعمل الحاسوب للاستعانة بقدراته الحسابية من خلال أنشطة الاستنتاج والاستقراء والتجريد لتكوين فكرة معينة فهو عملية رقمية-حسابية .**

5. المحور الثاني: التحول في العمارة والتصميم الحضري باتجاه التصميم الرقمي -الحسابي

The shift in architectural theory towards Digital -computational design

على الرغم من شيوع مصطلح CD في البحوث العلمية كموضوع بحث رئيس أو كلمة مفتاحية في الادبيات تم تأشيره في نهاية التسعينيات الا أنه ظهر في الستينيات تحت تأثير الفكر الحداثي والاستكشافات التكنولوجية وتحديدا تأثير أفكار Ivan Sutherland حول متغيرات وقيود وبارامتريات التصميم وادخال التصميم المعماري مع العلوم المعرفية علماً أن بداية وضع أسس العلوم المعرفية الذي تأثر باعتقاد الباحثين بأمكانية تنفيذ الحاسوب المهام ذاتها التي يقوم بها العقل البشري كان في مطلع 1948 في ندوة هيكسون Hixon Symposium[5](Caetano, I et al.,2019, p.3) . إن دمج أدوات التصميم الرقمي- الحسابي في مجال هندسة العمارة هو نتيجة لعملية تطوير طويلة، من ظهور المناهج الأولى المتعلقة بالحوسبة والمعلوماتية، إلى تطويرها وتنفيذها بشكل كامل ضمن الاختصاص طوال التسعينيات والالفية الجديدة التي يوضِّحها البحث في الفقرات الاتية للتطور الزمني من حيث الادوات والمناهج والنتاج المعماري.

5.1الجيل الجنيني Embryonic-generation

تُمثِّل هذه المرحلة جهود الرواد والمبادرون في فهم امكانيات علوم الحاسوب وظهور مجال جديد للبحث يكون هجين بين ما هو تكنولوجي وانساني وفق المراحل الاتية :

اولاً) الستينات: حدثت الخطوات الأولى لتطور الفكر الرقمي-الحسابي في الستينيات، وهي الفترة التي كانت فيها الأدبيات[6]، والاستكشافات التكنولوجية الحاصلة، والنظريات في المجالات العلمية الأخرى، كالذكاء

---

5 ندوة هيكسون Hixon Symposium ساهم فيها علماء لمختلف التخصصات ومنهم عالم الرياضيات فون نيومانVon Neumann وعالم الفسيولوجيا العصبية وارن ماكولوتشWarren McCulloch وعالم النفس كارل لاشلي Karl Lashely حيث أعطى لاشلي العنوان الاكثر تميزا وأنتقد الترتيب التسلسلي في السلوك وتحدث عن العقيدة doctrine أوdogma التي هيمنت على التحليل النفسي(Gardner,1984, p.139) وهو طرح مشابه لما طرحه باتريك شوماخرPatrik Schumacher في تحديده لمعتقدات العمارة البارمترية dogmas وماهو محرم taboos في بيانه لاعلان Parametricism عام 2008.

6 على مستوى المؤتمرات يعتبر مؤتمر أساليب التصميم The *Conference on Design Methods* في عام 1962 المؤتمر الجنيني لهذا المجال(Caetano& Leitão,2019, p.3) .

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

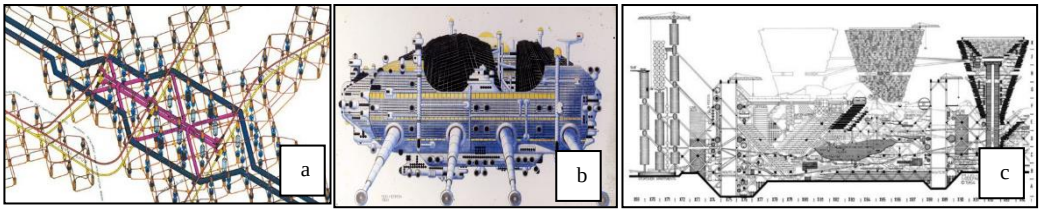
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

الاصطناعي والرياضيات مصدر إلهام للتفكير الحداثي. (Caetano& Leitão,2019, p.5) ، ومن الباحثين الرواد في دمج مفاهيم وأدوات الحاسوب في الاختصاص ، والمستكشفين الرئيسيين لهذا التعايش المفترض بين الإنسان والآلة Gordon Pask وNicholas Negroponte (Grisaleña,2017, p.3).على الرغم من أهمية العمل الذي أنجزه الرواد لا يمكن بأي حال من الأحوال اعتباره جزءًا من التيار المعماري الرئيسي Mainstream في ذلك الوقت، اذ لم يكن لدى معظم المهندسين المعماريين في الستينيات المعرفة التقنية أو الوسائل التكنولوجية الموصوفة سابقًا ، لذلك لم يتمكنوا من وضعها موضع التنفيذ، وبدأت تصبح الحوسبة Computing وتطبيقها على العمارة سببًا مشتركا للافكار والتفكير النظري، حيث صرح John Frazer، أنه في نهاية الستينيات ، "لم يكن لدينا أجهزة كمبيوتر في متناولنا ، لذلك كان الشيء الوحيد الذي يمكننا فعله هو تخيل وجودها ، و تخيل أيضًا كل التطورات في التكنولوجيا والتغييرات الاجتماعية والسياسية اللازمة لتحقيق أحلامنا. وهذا ما نعنيه بـ "الحوسبة بدون أجهزة كمبيوترComputing without Computers، والتي شجعت تخيل الأبنية والمدن المستقبلية التي توفرها الأجهزة الإلكترونية والرقمية(Grisaleña,2017, p.5) . ومن أبرز الأمثلة على هذا الطرح ما تخيله Dennis Crompton في العام 1963 كمدينة رقمية "Computer City" التي هي نظام من أجهزة الاستشعار والأجهزة الإلكترونية المترابطة لرصد ومراقبة وإدارة العمليات والأنشطة المختلفة التي تحدث في البيئة الحضرية ويكون قادرعلى إنشاء مدينة ذكية وذاتية التنظيم، الآلية رقمية وبيولوجية في آن واحد ، وتنتج إجراءات وتفاعلات وإجراءات مضادة منطقية وعشوائية (المساعد،2015، ص 110). تم تصميم هذا الاقتراح ، الذي تمت صياغته على مستوى الفرضية النظرية ، ليكون مكملًا لمفهوم Plug-in City ، بدمج الدوائر الإلكترونية والسلوك السيبراني في الهيكل الضخم الذي قاد الى التفسيرات حول إمكانيات التكنولوجيا الرقمية الذي كان جزءًا من الكون التكنولوجي المستقبلي لمجموعة Archigram المعمارية (الشكل رقم (5)). (Riccobono, 2013.p.27)



الشكل رقم (5) اعمال مجموعة Archigram

a– Computer City b- the walking City c–*Plug–In City*(الباحثان بالاعتماد على المساعد،2015،ص110)

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

ثانياً : السبعينات :

تميَّزت بزيادة في عدد المنشورات العلمية وفي شعبية بعض الأنظمة التوليدية، ومن هذه الاعمال كتاب التصميم المعماري بمساعدة الحاسوب *Computer-Aided Architectural Design*(ميتشل 1977) وكتاب لغة النمط *A Pattern Language*(ألكسندر وآخرون 1977)، وقدم المؤتمر الدولي الأول للأداء *1st International Congress on Performance* في عام 1972 منظورًا جديدًا للتصميم ناتجًا عن اهتمام علماء الحاسوب بكل من أساليب التصميم المنهجية وعلوم التصميم، وهي المفاهيم التي قاموا على أساسها بتقييم أداء المباني كوسيلة لتبرير قرارات التصميم علمياً (Caetano& Leitão,2019, pp.3-5). إن الحسابات الرمزية symbolic computations شكَّلت جزءًا كبيرًا من روح العصر في أوائل السبعينيات، وسهلت لغات البرمجة المبنية على حساب التفاضل والتكامل لامبدا lambda calculus ميكنة التفكير الرمزي(Stevens,2012, p.1062). كان البحث الهندسي مبتكرًا إلى حد كبير، وتحدى هندسة العمارة للأسلوب الدولي من خلال تجارب مكانية وهندسية محددة. (Riccobono, 2013.p.18) كما نمت صناعة CAD حيث كان أحد المجالات التي لعبت فيها الأبحاث الجامعية دورًا مهمًا في تطور صناعة CAD هو النمذجة الهندسية ، سواء فيما يتعلق بهندسة السطح Surface Modelling ونمذجة المجسمات الصلبة Solid Modelling. عالجت أنظمة CAD الأولى ببساطة البيانات ثنائية الأبعاد ، محاكية أساليب الصياغة التقليدية(اليدوية) . وقد تم أنجاز بحث دكتوراه في جامعة سيراكيوز لدراسة التكوين المنحني Curvilinear Configuration للباحث كين فيرسبرلي الذي عمل على تعريف B- Splines المنطقية وينسب إليه الفضل من قبل العديد من الأشخاص على أنه مطور (NURBS)، Non-Uniform Rational B-Splines، كانت تكنولوجيا نمذجة السطح اساسية لصناعة السيارات والطائرات حيث أصبح التحديد اليدوي لأجزاء الصفائح المعدنية وتصنيعها لهذه المركبات مستهلكًا للوقت ومكلفًا بشكل متزايد.وتم تطوير برامجيات تعتبر مقدمة لبرنامج (CATIA)[7] (Riccobono, 2013.p.36).ومن بين المشاريع المعمارية التي استفادت من أساليب CD على المستوى الإنشائي Level Construction في تلك الفترة ،مما شكل بالتالي معالم مهمة بسبب تميزها الجمالي أو مستوى الابتكار في حينها، دار أوبرا سيدني، من تصميم يورن أوتزون (الشكل رقم (6)) حيث تحدت وسائل الإنتاج المعماري في عصرها، وبررت الفترة الطويلة بين تصميمها (1959) وبنائها الفعلي

[7] (CATIA) Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

(1973). لقد كان مشروعًا رائدًا في اللجوء إلى أجهزة الحاسوب لإجراء التحليل الإنشائي لفهم الأحمال الموجودة على هياكل السقف وتجميع الأقواس(Caetano& Leitão,2019, p.5) .

الشكل رقم (6) دار أوبرا سيدني، من تصميم يورن أوتزون (Riccobono, 2013.p.19)

ثالثاً) الثمانينات: اكتسب التصميم الحسابي شهرة في المجال المعماري بسبب تقارب الأساليب/التقنيات approaches/techniques المختلفة المُستعمَلة، مما سمح له بالتطور بشكل أكثر تماسكًا وتغطية المجالين المعماري والإنشائي. ومنذ أوائل الثمانينيات ، أصبح الحاسوب آلة يسيرة التكلفة، أي يسهل الوصول إليه ، ليس فقط للشركات الضخمة، وكانت النتيجة المباشرة هي الامتداد التدريجي لمجالات تطبيق برنامج CAAD. وزاد عدد المؤتمرات الدولية خلال الثمانينيات بشكل كبير، ففي عام 1981 أسس Mitchell وEastman وYessios مؤتمر جمعية أمريكا الشمالية للتصميم بمساعدة الحاسوب في هندسة العمارة(أكاديا) the north-American Association for Computer-Aided Design in Architecture (ACADIA) لمناقشة دور الحساب في الهندسة المعمارية، مع تشجيع الابتكار في ممارسة التصميم المعماري . وفي عام 1983، عُقد لأول مرة مؤتمر التعليم والبحث في التصميم المعماري بمساعدة الحاسوب في أوروبا(eCAADe) ، Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe) ، وفي عام 1985 تأسس مؤتمر CAADFutures، وشمل جميع القارات بهدف تعزيز تطورات التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) التي تصور جودة البيئة المبنية، وفي عام 1989 استكشف المؤتمر الدولي للنماذج الحسابية والمعرفية للتصميم الإبداعي the International Conference on Computational and Cognitive Models of Creative Design التقدم في فهم المصممين للنماذج الحسابية والمعرفية للتصميم الإبداعي . (Caetano& Leitão,2019, p.3)

ومن بين المشاريع المعمارية التي استفادت من أساليب CD على المستوى الجمالي والابتكار في حينها مشروع معهد العالم العربي لجان نوفيل (1987) (الشكل رقم (7)) الذي يعتبر أول مبنى ذو واجهة حركية مكونة من عدة وحدات ميكانيكية حساسة للضوء تتحكم في كمية الضوء الداخلة إلى المبنى. على الرغم من

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

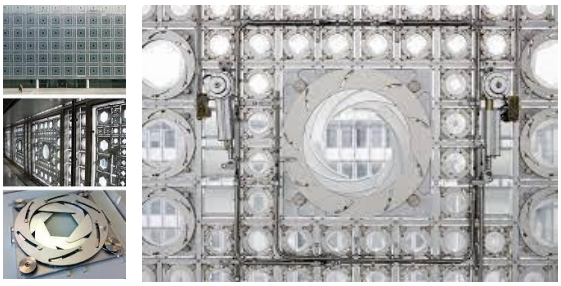
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

أن أساليب التصميم الحركي لم يتم استكشافها إلا قليلاً خلال العقد التالي، إلا أن هذا المشروع مهد الطريق للعديد من المباني الأخرى للاستفادة من الإمكانات الحركية kinetics (Caetano& Leitão,2019, p.4).



الشكل رقم (7) معهد العالم العربي لجان نوفيل (1987)
المصدر https://www.imarabe.org/ar/l-mr

من الملاحظ أن تحديد جدول الأعمال الأساسي للسبعينيات والثمانينيات تم تقريبًا بالكامل في الستينيات. وقام العصر الجنيني بفسح المجال لمرحلة ثانية من بطولة المطورين Developers ، وهي مرحلة تركز بشكل أساسي على تطوير الأدوات التكنولوجية. ولكن على الرغم من التقدم التكنولوجي الذي تم تطويره خلال هذه الفترة ، لا يمكن أن تُعدُّ السبعينيات والثمانينيات فترة مزدهرة لدمج التكنولوجيا في الممارسات اليومية ، ولا في مجال الهندسة المعمارية والتصميم الحضري. وربما يُعزى سبب هذه الفجوة الى مشكلة الانفصال بين التكنولوجيا والواقع .

5.2الجيل الأول - فترة ما بعد الطي-First-generation Post-folding Period

حقَّقت أوائل التسعينيات زيادة في شعبية أجهزة الحاسوب بين الطلاب والممارسين، ونتج عن ذلك تحسينات كفاءة تصميم الأدوات الجديدة المتاحة. فضلاً عن حدوث انفجار في المؤتمرات والمجلات والأعمال النظرية عن CD خلال هذا العقد، وقد برزت منها كتاب استوديو التصميم الإلكتروني The Electronic Design Studio (McCullough, Mitchell, and Purcell 1990) ، وكتاب منطق هندسة العمارة Logic of Architecture (Mitchell 1990)، وكتاب وسائط التصميم الرقمي Digital Design Media (Mitchell و McCullough 1991) ، وكتاب رؤى تتكشف *Visions Unfolding*(آيزنمان 1992) ،وتم تأسيس مؤتمر رابطة أبحاث التصميم المعماري بمساعدة الحاسوب في آسيا (CAADRIA) في عام 1996 لتعزيز التدريس والبحث في التصميم ، وتأسست جمعية Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGraDi) في عام 1997 بهدف مناقشة تطبيقات

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

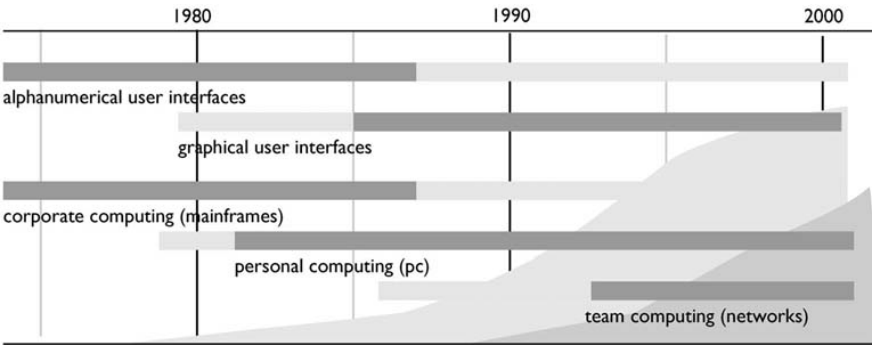
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

وإمكانيات التقنيات الرقمية الجديدة . وقد شهدت الحوسبة نموًا وانتشارًا غير مسبوق ، مما أدى إلى ظهور ما نعرفه باسم "الثورة الرقمية" (Grisaleña,2017, p.11) ،(مجيد & السلام، 2024،ص119-157). واصبح يمكن للأدوات "مشاركة البيانات" مع أدوات الأخرى ومشاركة البيانات أيضًا مع الآخرين (Penttilä,1999,p.8) (الشكل رقم (8)).



الشكل رقم (8) الثورة الرقمية وتغير بيئة العمل في العقدين الاخيرين
(Penttilä,1999, p.8)

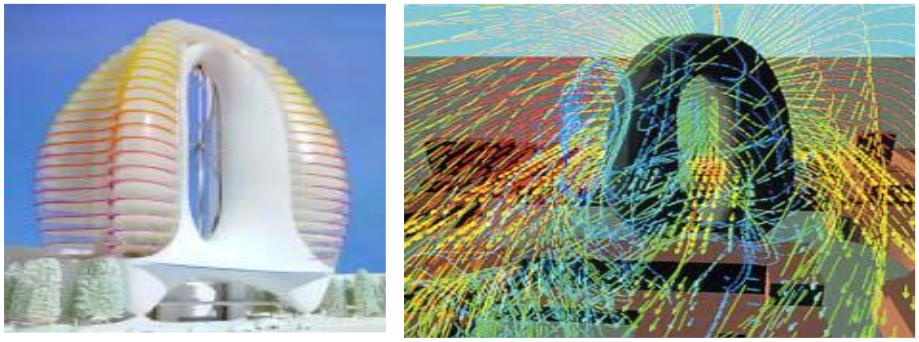
كان برنامج CAD ، مع ولادة العديد من البرامج التجارية ، شائع الاستعمال في الاستوديوهات المعمارية والهندسية ، وكذلك داخل الصناعات، لكن مساهمته كانت مرتبطة فقط بإمكانيات التمثيل في جعل عملية الرسم أسرع . ومع ذلك ، كانت الخطوة التالية هي فهم أن إمكانات CAD لا تتعلق فقط بالتمثيل المعماري، ولكن أيضًا بالقدرة على التحكُّم في التصميم وإدارته (Riccobono, 2013.p.18).

احتلت كتابات Lynn's (Folding in Architecture عام 1993) موقعًا محوريًا ونقطة تحول للإنتاج النظري. فمن ناحية ، حاول الطي Folding تقديم بديل كنقيض نظري وعملي لإحدى المجموعات النظرية السائدة آنذاك في الممارسة (التفكيك Deconstructivism)، من ناحية أخرى حاول أيضًا صياغة نظرية رقمية في التصميم المعماري(Carpo, 2004, pp14-19) . تتميز هذه الفترة بشدة بالعلاقات الاستطرادية المتبادلة مع الفلسفة والرياضيات، ومحاولة وصف نتاج العمارة الجديد ، وكان تقاطع النظرية والتطبيق موجهًا بشكل كبير إلى الطبيعة الشكلية والهندسية لمجموعة من الظواهر النامية التي يمكن تسميتها العمارة الرقمية-الحسابية(Oxman & Oxman,2014, p.10) . اقترحLynn في كتابه Animate Form *(1999)* ، استعمال برامج التحرّك Animation كوسيلة لإنشاء النماذج المعمارية. واسكتشف Kolarevic في كتابه "العمارة في العصر الرقمي" Architecture in the Digital Age (2003)، تأثير CD في كل من مجالات هندسة العمارة والبناء، ويقدم بعض المصطلحات الجديدة الناتجة عنه، مثل التصميم القائم على الأداءPerformance-Based Design والتصميم المورفولوجي

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

Morphogenetic design. (Caetano& Leitão,2019, p.5) كان ظهور تكتونية رقمية جديدة New Digital Tectonics في أوائل التسعينيات بالتوازي مع التطوّر التقني لمصممي النماذج الخطية Spline، وهو جيل جديد من البرمجيات، بفضل التوافر العام لقوة المعالجة الرخيصة، قد سمح بمعالجة الخطوط المنحنية مباشرة على الشاشة، باستعمال الرسوم البيانية وواجهات مثل المتجهات ونقاط التحكم (Carpo,2013, p.9). وبالمثل، كانت المجلات العلمية[8] عامل مهم في نشر نُهج CD . بدأت بعض المجلات، مثل مجلة دراسات التصميم Design Studies ومجلة التصميم المعماري(AD) Architectural Design، في استكشاف دور CD في هندسة العمارة والتصنيع في منتصف الثمانينات (Carpo,2012, p.8). وعلى مستوى النتاج المعماري كانت المحطة الدولية في واترلو من تصميم نيكولاس جريمشو وشركاه (1993) (الشكل رقم (9) (المكون من هيكل سقف من 36 قوسًا مختلفًا الأبعاد ولكن متطابقة التكوين موضوعة على طول المسارات بدلاً من تصميم كل قوس على حدة) واحدة من أولى المشاريع التي طبقت التصميم البارامتري تقنيًا، اذ قام المهندسون المعماريون بإنشاء نموذج بارامتري يعتمد على قواعد التصميم الأساسية للمشروع، مما يثبت إمكانية تطبيق النهج البارامتري في سياق حقيقي، مما يدلُّ على مزاياه للممارسة المعمارية (Caetano& Leitão,2019, p.4) .



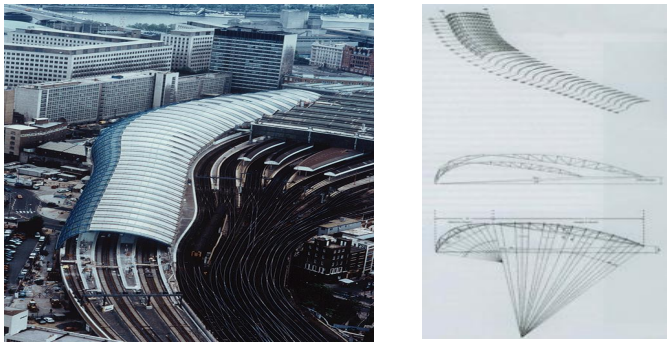
الشكل رقم (10) مشروع ZED في عام 1995 التابع لشركة Future Systems
(Kolarevic ,2003, p.24)

[8] تم إنشاء مجلات أخرى خصيصًا لمعالجة CD على سبيل المثال. الأتمتة في البناء Automation in Construction (1992)، ، المجلة الدولية للحوسبة المعمارية Computing International Journal of Architectural(2003)، ومجلة حدود البحوث المعمارية Frontiers of Architectural Research Journal (2012) وغيرها . غالبًا ما تتضمن المجلات ذا عامل التأثير العالي في بناء مجالات العلوم والتكنولوجيا مقالات تستكشف تقنيات CD، خاصة تلك المتعلقة بمحاكاة البناء، على سبيل المثال.الطاقة الشمسيةSolar Energy(1957)،البناء والبيئة Building and Environment(1976)،(Caetano& Leitão,2019, p.4).

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

يُمثِّل مشروع ZED في عام 1995 التابع لشركة Future Systems (الشكل رقم (10))أحد المباني الأولى الناتجة عن تحليل ديناميكيات موائع الحسابComputational Fluid Dynamic (CFD) فقد دمج الخلايا الكهروضوئية وتوربينات الرياح ليصبح مكتفياً ذاتيًا فيما يتعلَّق باحتياجاته من الطاقة. وباللجوء إلى تحليلCFD، يمكن تحديد الأداء الأمثل لغلاف المبنى عن طريق توجيه الرياح نحو التوربين (Kolarevic ,2003,p.24). أظهر هذا المشروع أنه باستعمال أساليب CD ، كان من الممكن الجمع بين العملية الإبداعية والبحث عن حل أفضل أداء.



الشكل رقم (9) المحطة الدولية في محطة واترلو من تصميم نيكولاس جريمشو وشركاه (1993)
(Caetano& Leitão,2019, p.4)

استُعملت الاجهزة الرقمية الجديدة في التسعينيات لتطبيق العلوم القديمة التي عرفناها ـ بمعنى ما، قامت بنقل كل العلوم التي لدينا إلى المنصات الحسابية الجديدة التي تم اكتشافها ، كما كانت أجهزة الحاسوب تقوم بالفعل بمعالجة البيانات processing data بشكل أسرع وأكثر فعالية من أي تقنية أخرى في التاريخ.

5.3الجيل الثاني ـما بعد متحف غوغنهايم Second-generation (the 00 s)

وفي هذا الجيل، أصبح التحوُّل النموذجي باتجاه التصميم الرقمي-الحسابي أكثر وضوحا، فقد أدى التطور السريع لأدوات التصميم إلى ثورة في النظرية المعمارية، التي اعتبرت المنظور الجديد للتصميم مما مكن من رؤية التصميم كوسيلة لإنتاج المعرفة، وتعزيز التحول النظري واتباع اتجاه أكثر علمية وقائم على الحساب(Caetano& Leitão,2019, p.3) .

اصبح الحدس البشري نقطة البداية لاستكشاف التصميم، معززاً بالـ CD ، مما يوفِّر وسيلة للاستكشاف والتجربة في عالم بديل، مما يعزز الإبداع البشري بدلاً من استبداله . إن استعمال CD في هندسة العمارة شمل بشكل كبير المزيد من العمليات والتقنيات، على سبيل المثال: البرمجة النصية scripting ،

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

وخوارزميات التحسين Optimization Algorithms ، والتصنيع الرقمي Digital Fabrication.(Oxman, 2017, pp.7-9)

شهدت هذه الفترة عقد الكثير من المؤتمرات المهتمة بتطوير التصميم المعماري ففي عام 2001، تم تأسيس مؤتمر الجمعية العربية للتصميم المعماري بمساعدة الحاسوب[9](ASCAAD) ،كما تم بعد ذلك بعامين مؤتمر الهندسة الذكية the Smart Geometry Conference ، مع التركيز على جمع CD في هندسة العمارة، وندوة هندسة العمارة الأدائية the Performative Architecture Symposium ، لدراسة الفجوة بين الهندسة والتحليل وتأثير الأداء في التصميم المعماري. وفي عام 2010، عقدت ندوة محاكاة هندسة العمارة والتصميم الحضري[10] (SimAUD) بهدف بناء إطار محاكاة تعاوني لدعم الاستدامة(Caetano& Leitão,2019, p.4).وعلى مستوى النتاج المعماري كان متحف غوغنهايم بلباو Guggenheim Museum Bilbao (1997) (الشكل رقم (11a)) الذي صممه فرانك جيري Frank Gehry's أحد أهم العوامل المحفزة في تنظير اتجاهات التصميم الجديدة وافتراض التصميم الجديد Postulating Novel Design والتجسيد Materialization وطرق التصنيع Manufacturing methods. استُعمل فيه برامج نمذجة الفضاء الجوي لتصميم وتوجيه تصنيع الألواح السطحية المزدوجة المنحنية Double curved surface panels . في الواقع، كان مكتب جيري يستكشف التقنيات الرقمية في هندسة العمارة منذ أواخر الثمانينيات من خلال مشروع قاعة والت ديزني للحفلات الموسيقية the Walt Disney Concert Hall (1989) (الشكل رقم (11b)) ومشروع فيش The Fish Project لبرشلونة (1991)(الشكل رقم (11c)). كما يمكن اعتباره احد الرواد في هذا المجال ، كونه من أوائل من جمع بين التقنيات التناظرية Analog والرقمية Digital لتصميم وتنفيذ المباني ذات التعقيد الشكلي الكبير ، هذه التجارب هي ببساطة أصل حركة واسعة تتميز بالرقمنة التدريجية Progressive Digitalization للعمليات وبتفكير منهجيات جديدة للإنشاء الشكلي(Grisaleña,2017, p.11) .

[9] the Arab Society for Computer Aided Architectural Design
[10] the Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

c b a

a) Guggenheim Museum Bilbao 1997- https://dar-albina.sa/enA-frank-gehry
b) the Walt Disney Concert Hall 1989- https://www.architecturaldigest.com/gallery/best-of-frank-gehry-slideshow
c) the Fish project 1991-https://www.architecturaldigest.com/gallery/best-of-frank-gehry-slideshow

الشكل رقم ((11)

مثِّل مبنى Guggenheim التصميم المعماري الايقوني المهيمن لتحول نهاية القرن في روح الحداثة حيث كان المبنى تمثيليا Analog في التصميم ورقميا في الانتاج Production وتفكيكيا Deconstructionist في الحالة المزاجية ، ولكنه تمكن أيضًا من تلبية بعض شروط الطي (Lynn,1993, p.26) .

تُعدُّ السنوات الأولى من الألفية فترة توطيد نظري مهم لما بعد الطي في العمارة مع تدفق الكتابات النظرية خلال أواخر القرن العشرين وأوائل القرن الحادي والعشرين. كانت هذه الفترة غنية بالكتابات النظرية التي تحدِّد مجيء العمارة الجديدة. ساهم هذا الأساس النظري أيضًا في التوسُّع في كل من النظرية والتطبيق التي تأثَّرت بشدة بالتكنولوجيات الناشئة Emerging Technologies، إنها فترة تحوّلية للهندسة المعمارية حيث تم تجديدها بواسطة التقنيات الجديدة والإجراءات الجديدة للتصميم الرقمي. وخلاصة المراحل التي مرَّت بها العمارة والتصميم الحضري يمكن بيانه في الجدول رقم (2).

الجدول رقم (2) التحول في العمارة والتصميم الحضري باتجاه التصميم الرقمي -الحسابي

المرحلة	الاداة	الفكر	النتاج المعماري
الستينات	• الحوسبة بدون أجهزة كمبيوتر • Sketchpad • البارامترية الرقمية الاولية	• دمج مفاهيم وأدوات الحاسوب في الاختصاص • الروح الطوباوية ، تخيل الأبنية والمدن	• مجموعة اعمال Archigram (the walking City للمعماري رون هيرون -

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

		المستقبلية التي توفرها الأجهزة الإلكترونية والرقمية	ورون جالك 1964 و Plug-In City للمعماري بيتر كوك 1964 و Computer City للمعماري دينس كرومبتون (Riccobono , 1964 2013.p.27) • ملعب XII Triennale di Milano للمعماري 1960 Moretti
السبعينات	• تطور صناعة CAD • تعريف B-Splines المنطقية وتطوير (NURBS)، • بواكير برنامج CATIA	• المنشورات العلمية مثل التصميم المعماري بمساعدة الحاسوب *Computer-Aided Architectural Design*(ميتشل 1977) ولغة النمط *A Pattern Language*(ألكسندر وآخرون 1977)، ونشر أول أطروحات دكتوراه عن CD (Yessios 1973; Akin 1979)، • منظور جديد للتصميم ناتج عن اهتمام علماء الحاسوب بكل من أساليب	• دار أوبرا سيدني، من تصميم يورن أوتزون1959-1973

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

		التصميم المنهجية وعلوم التصميم. • الحسابات الرمزية symbolic computations	
الثمانينات	• CAAD • برنامج CATIA • الذكاء الاصطناعي في التصميم • المحاكاة	• الاتجاه المعياري Normative Direction • مناقشة دور الحساب في الهندسة المعمارية، مع تشجيع الابتكار في ممارسة التصميم المعماري • التعليم والبحث في التصميم المعماري بمساعدة الحاسوب في أوروبا(eCAADe) • التركيز على مستويات التنفيذ والخوارزميات • هندسة العمارة التفكيكية في عام 1988	• معهد العالم العربي لجان نوفيل (1987) • مشروع قاعة والت ديزني للحفلات الموسيقية the Walt Disney Concert Hall لفرانك جيري (1989)
التسعينات فترة ما بعد الطي	• انتشار الحاسوب الشخصي PC • ادوات مشاركة البيانات	• رابطة أبحاث التصميم المعماري بمساعدة الحاسوب في آسيا (CAADRIA)(199	• المحطة الدولية في محطة واترلو من تصميم نيكولاس جريمشو وشركاه (1993) • مشروع ZED في عام

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

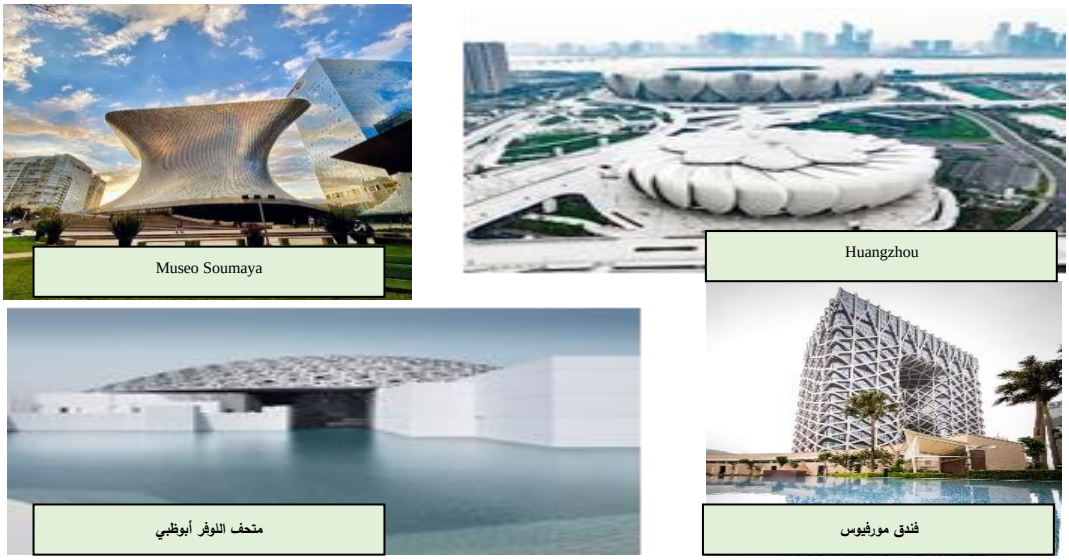
	• تطور CAD • النمذجة الخطية Spline Modelling	• 6) • محاولة الطي Folding صياغة نظرية رقمية في التصميم المعماري • التصميم القائم على الأداء Performance-Based Design والتصميم المورفولوجي Morphogenetic design.	1995 التابع لشركة Future Systems
نهاية التسعينات (ما بعد متحف غوغنهايم	• البرمجة النصية scripting • خوارزميات التحسين Optimization Algorithms • والتصنيع الرقمي Digital Fabrication • نمذجة معلومات البناء BIM	• الحساب الطبيعي Natural Computation • عصر الحوسبة المادية Material Computing، • ازدهار التصنيع Fabrication • التصميم المستوحى من الكائنات الحية Bio Inspired Design • إثبات فوائد BIM في التصميم والبناء	• متحف غوغنهايم بلباو Guggenheim (1997) Museum Bilbao للمعماري فرانك جيري • مبنى بي إم دبليو المركزي BMW Werk Leipzig للمعمارية زها حديد (2005) في لايبزيغ - المانيا

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

5.4مرحلة الفكر الرقمي -الحسابي المعاصر (مرحلة ظهور البحث عن طريق التصميم) : the age of the emergence of research by design

في هذه المرحلة (مرحلة الذكاء الاصطناعي والتصميم الجماعي)، ازداد استعمال الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في التصميم المعماري. كما تطورت تقنيات التصميم الجماعي والتفاعلية التي تسمح للمهندسين والمعماريين بالتعاون عبر الإنترنت، ففي الآونة الأخيرة، نجد العديد من الأمثلة التي تستعمل CD بكثافة، مثل Museo Soumaya (2011) بواسطة FR-EE ، ومركز Huangzhou للتنس (2015) بواسطة NBBJوCCDI ، ومتحف اللوفر أبوظبي (2017) لجان نوفيل، وفندق مورفيوس (2018) لمهندسي زها حديد وغيرهم (الشكل رقم (12))



الشكل رقم (12) امثلة معاصرة لاستخدام CD في العمارة ، المصدر بالاعتماد على Pinterest

وأظهرت هذه الأمثلة مزايا استعمال أساليب CD في التصميم المعماري. علاوة على ذلك، كان إدخال عمليات CD يعني العديد من التغييرات في استوديوهات التصميم، وخاصة اعتماد عمليات التصميم التعاوني التي تشمل محترفين ذوي مهارات مختلفة، والتي تشكل، تركيزًا بحثيًا حديثًا داخل العديد من استوديوهات التصميم، مثل بيركنز + ويل ووايت أركيتيكتس ووودز باجوت وUNStudio وSHoP (Caetano, & Leitão,2019,p.5). اذ بدأت العديد من الممارسات الهندسية والمعمارية والإنشائية الرائدة خلال هذه الفترة، لا سيما في المملكة المتحدة وألمانيا واليابان ، في تشكيل وحدات بحثية داخلية متعددة التخصصات طورت الخبرة في استغلال الهندسة الحاسوبية في التوليد الوسائطي للتصميمات الرقمية

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

وتحليلها. من بين هذه الوحدات البحثية كانت Arup's AGU[11] ومجموعة Foster's Specialist Modeling Group. تم إنتاج العديد من التصميمات المعمارية الشهيرة باستعمال بيئات التصميم الأدائية المتكاملة رقمياDigitally Integrated Performative Design Environments التي يكون الشكل مدفوعًا بالأداءDriven by Performance. والنتيجة هي زيادة في تشعب التصميم الحسابيCD إلى وجهات نظر وتخصُّصات بحثية متعددة (Haidar,2023,p10) ؛ والتي يمكن تصنيفها بحسب Oxman في الأقسام التالية (Oxman & Oxman , 2014 ,pp.58-59):

- توليد النموذج الرياضي Mathematical Form Generation هو استغلال الصيغ الرياضية كأساس للإجراءات التوليدية.
- توليد النموذج التكتوني Tectonic Form Generation يرتبط ارتباطًا وثيقًا بالتوليد الرياضي. إنها تستخدم النمط التكتوني كأساس لتوليد الشكل.
- توليد النموذج المادي Material Form Generation هو نوع من التوليد التكتوني يعتمد على نماذج ثلاثية الأبعاد لهياكل المواد. يشير إلى هذا المجال باسم التكتونيات النسيجية Textile Tectonics ويعتمد هذا العمل على النمذجة الحسابية للبنى النسيجية المتداخلة ثلاثية الأبعاد التي يمكن تعديلها بشكل بارامتري.
- توليد النموذج البيولوجي Biological Form Generation هو استغلال شكل طبيعي أو ظاهرة أو عملية أو إجراء أو مبدأ بيولوجي كأساس لنموذج توليد الشكل في الهندسة المعمارية.
- توليد النموذج التصنيعي Fabrication Form Generation ،هو استخدام منطق وتقنية تصميم التصنيع كأساس لتطوير النماذج الإجرائية للتصميم.

[11] تأسست وحدة الهندسة المتقدمة (AGU) في عام 2000 من قبل سيسيل بالموند ويديرها حاليًا دانيال بوسيا. تم إنشاؤه "لاستكشاف أنماط جديدة للعمل في الأسواق الناشئة من خلال تطوير البرمجة الهندسية والكمبيوتر." وهي تتألف من المهندسين والمعماريين وعلماء الرياضيات والمبرمجين والفنانين وهي قوية جدًا في صنع النموذج من خلال الاستخدام لأشكال هندسية وأنظمة إنشائية جديدة. المصدر Arup Advanced Geometry Unit | A/E Firms + Profiles (wordpress.com)

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

- توليد النموذج الأدائي Performative Form Generation ، توفر العوامل البيئية مثل البيانات الفيزيائية للسياق الحضري مدخلات لعملية التصميم في التوليد الأدائي التي يتم فيها تعديل مخطط حدودي لتحقيق حل يوازن الأداء مع الأهداف المرغوبة الأخرى.

قد يمثل النموذج المركب من هذه النماذج فئة من وسائط التصميم الرقمية النموذجية المستقبلية التي لها تأثيرات محتملة مهمة على النتاج المعماري والحضري المستقبلي (Kamaoˇglu, 2023,p12)**، اذ يعتمد النموذج المركب على عمليات متكاملة بما في ذلك التكوين والتوليد والتقييم والأداء مع امكانية دمج محاكاة الأداء والعمليات التوليدية والتكوينية في وسائط التصميم الرقمية. ونظرًا لأن الأساليب والأدوات والتقنيات الرقمية أصبحت مركزية في عملية التصميم نفسها ، فإننا نشهد ظهور عمليات جديدة للتصميم الوسائطي Mediated Design التي تتحدى بعض الافتراضات في نظرية التصميم التقليدية ، وتم التخلِّي فعليًا عن مفهوم التصميم باعتباره التلاعب الهادف والموجه نحو الهدف للتمثيلات الرمزية ،اذ قدمت التوجهات الجديدة New orientations موقفًا لشرح الجوانب الإجرائية والحكمية للتصميم كعوامل أداء في التشكل أصبح فيه المصمم الجديد بارعًا في التوفيق بين الأشكال المتعددة للبيانات والصور التي يتم تمثيلها تقليديًا في بيئات التصميم الرقمي- الحسابي اليوم.**

6. دراسة حالة التطور التاريخي لاعمال مكتب

COOP HIMMELB(L)AU, Wolf dPrix & partner

Coop Himmelb(l)au هي شركة معمارية طليعية مقرها في فيينا، النمسا، أسسها وولف د. بريكس وشركاؤه عام 1968. تشتهر Coop Himmelb(l)au بتصميماتها المبتكرة والثورية في كثير من الأحيان، وقد شاركت في العديد من المعارض المهمة في متحف الفن الحديث (MoMA)، حيث عرضت تصميماتها المعمارية المبتكرة مع عدد من المهندسين المعماريين الذين ينتمون إلى مدرسة التفكيك مثل فرانك جيري، وزها حديد، وبيتر آيزنمان، وبرنارد تشومي، ودانييل ليبسكيند، وريم كولهاس (Wong,2009,p.12). تؤكِّد الشركة على دمج التقنيات المعاصرة والمنهجيات الرقمية الحاسوبية في ممارساتها المعمارية. السمات الرئيسة لهذه الممارسة هي:

- تدور فلسفة تصميم الشركة حول فكرة أن الهندسة المعمارية يجب أن تكون ديناميكية ومتجاوبة مع بيئتها، وتعزيز التفاعل والانخراط مع المستعملين والمحيط.

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

- تشتهر شركة Coop Himmelb(l)au بإنشاء أشكال معمارية مذهلة تتحدى الجماليات والوظائف التقليدية. غالبًا ما تتميز مشاريعهم بأشكال هندسية معقدة وأشكال منسابة وحلول مستدامة.
- تستعمل الشركة أدوات وتقنيات التصميم الحاسوبي المتقدمة، بما في ذلك التصميم البارامتري والتوليدي، لاستكشاف إمكانيات معمارية جديدة وتعزيز عمليات التصميم.
- تتعاون شركة Coop Himmelb(l)au مع محترفين من مجالات مختلفة، بما في ذلك الهندسة وعلوم الكمبيوتر، لدمج وجهات نظر وخبرات متنوعة في مشاريعهم.
- تشمل بعض مشاريعهم الرئيسية سينما UFA، وBMW Welt في ميونيخ، والبنك المركزي الأوروبي في فرانكفورت، ومتحف الفن المعاصر ومعرض التخطيط في شنتشن (الشكل 1).
- حصلت الشركة على العديد من الجوائز لمساهماتها في الهندسة المعمارية، مؤكدة على دورها كرواد في مجال التصميم المعاصر(موقع المكتب https://coop-himmelblau.at/).

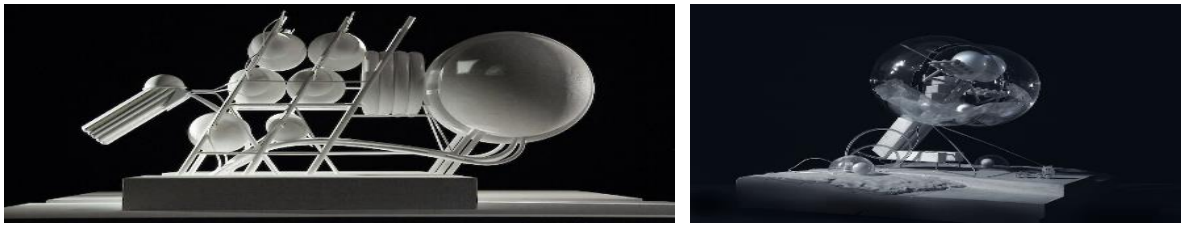
تطورت اعمال المكتب منذ تاسيسه ومرت بمراحل ارتبطت بالتطور التكنولوجي وخاصة في مجال الحاسوب والتقنيات المرتبطة به وفق مايأتي :

اولاً) الستينات : بالنسبة لـCoop Himmelb(l)au ، كان العمل مع الوسائط media في ذلك الوقت مهمًا بالفعل، بل وحاسمًا، والوسائط المستعملة في هذه الفترة كاداة ووسيلة في التصميم هي الرسم التخطيطي Sketching (رسم تخطيطي - بضع ضربات عبقرية بالقلم الرصاص حددت الشكل النهائي للمبنى. كان وولف دي بريكس يجري تجارب على الرسم التخطيطي بكلتا يديه - اليمنى واليسرى - وفقًا لتحفيز نصفي الكرة المخية)، والنموذج المادي Physical Model (كأداة استكشاف مكانية رئيسة فالهروب من النموذج هو الهروب من العمارة وفقا ل dPrix) كان تطوير التصميم يعتمد دائمًا على الملاحظة المكانية للنموذج المادي. تم عمل النماذج المادية الأولى باستخدام أي مادة متاحة مثل الورق أو المعدن أو الأسلاك أو الخشب أو البلاستيك أو أي شيء كان في متناول اليد، والتجريب باستخدام مواد مختلفة، وحرق البلاستيك، على سبيل المثال لمشروع Burning Wing . مثل كل المشاريع في الستينات كانت الافكار التي ابتدعها المكتب عبارة عن افكار تستشرف المستقبل متاثرة بالتطور التكنولوجي والعلمي في وقتها ، مثل فكرة مشروع Villa Rosa, 1968، فكرة وحدة المعيشة الهوائيةPNEUMATIC LIVING UNIT والتي هي عبارة عن أفكار تصميمية لعمارة متغيرة مثل السحابة ، اذ يسمح البناء الهوائي بتغيير الحجم بسبب عنصر بناء جديد: الهواء. وتؤثر الأشكال الجديدة - بدعم من إسقاطات الألوان والصوت والعطر - على جودة

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

التجربة داخل الفضاءات، الشكل (13a). ومشروع السحابة The Cloud في عام 1968 وهي كائن حي البنية متحركة، والفضاء قابل للتعديل، ومواد البناء هي الهواء والديناميكيات. والمبني على فلسفة ان التقنية هي وسيلة لتحقيق غاية ولكنها ليست غاية في حد ذاتها. العمارة هي المحتوى، وليس الغلاف. تم تصميم السحابة لدراسة "الأشكال الحية للمستقبل" وتم التخطيط لها كإنجاز لمعرض دوكومنتا الخامس. تم تطويرها بدقة حتى أدق التفاصيل من حيث الشكل والبنية الملموسه[b]، الشكل (13b).(موقع المكتب https://coop-himmelblau.at/)



الشكل (13) من اعمال مكتب Coop Himmelb(l)au في الستينات

a-PNEUMATIC LIVING UNIT
b- The Cloud

المصدر (موقع المكتب https://coop-himmelblau.at/)

ثانياً) السبعينات :فضلا عن الادوات والوسائط المستخدمة في الستينات استعمل المكتب الصور المجمعة Photocollage في العام 1971 والتي اطلق عليها المرحلة المبكرة من العروض التقديمية المصنوعة من قصاصات الصور والرسومات . ابتكر Coop Himmelb(l)au ، تصميمات تجرد ثقل العمارة التقليدية من خلال زوايا غير متوقعة وحلول مكانية معقدة. وقد تحققت هذه النتائج المبهرة من خلال عملية وصفها بأنها "الرسم بعينين مغلقتين"، وهي تقنية تضاهي الرسم الآلي الذي مارسه الدادائيون والسرياليون في عشرينيات وثلاثينيات القرن العشرين (https://www.britannica.com/money/business-organization). ومن النتاجات المهمة للمكتب في هذه المرحلة مشروع Hot Flat (الشكل (14)) مبنى سكني في المدينة يتسع لخمسة إلى عشرة عائلة كان أحد الاهتمامات الرئيسية للتصميم هو جعل كل شقة كبيرة قدر الإمكان بأقل تكلفة ممكنة. كان الاهتمام الأساسي الآخر هو تشكيل وتوجيه الانتباه إلى الاتصالات والانتقالات بين المجال الخاص (الشقق) والمجال العام (المدينة). المبنى مصنوع من الفولاذ، مع الخرسانة وأجزاء أخرى مسبقة الصنع.(موقع المكتب https://coop-himmelblau.at/)

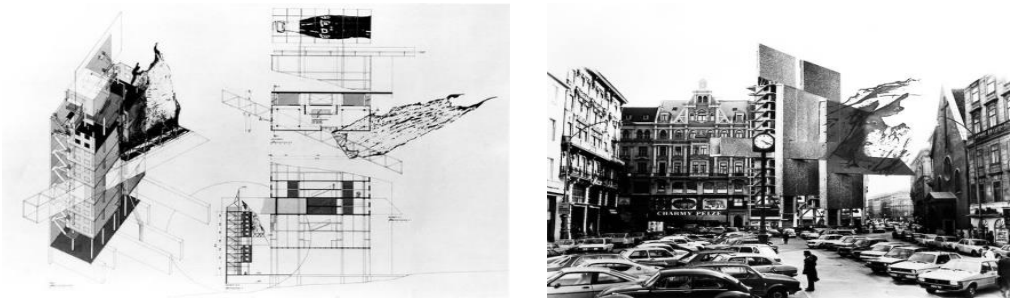
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

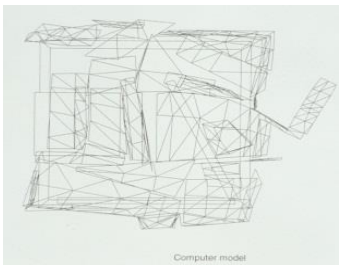
Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7



الشكل رقم (14) مشروع Hot flat
https://archilibs.wordpress.com/2013/04/27/hot-flat-coop-himmelblau/

ثالثاً) الثمانينات : تمكنت آلة النسخ Copy Machine 1981 من خلق إحساس جديد بالفضاء من خلال وضع طبقات من الأوراق المتعددة كخطط أو رسومات أو حتى مواد مثل الأسلاك لاستكشاف أبعاد مكانية جديدة - من ثنائية الأبعاد إلى شبه ثلاثية الأبعاد. تخلق هذه الكولاجات أجواء جديدة. إحساس بخلق الفضاء، كما تم استعمال الفاكس Fax - إرسال الرسومات - تغير الاتصال - إمكانية إرسال الصور - عملية جديدة لنقل الصور لاسلكيًا ، واستخدام آلة القطع بالسلك الساخن Hotwire Cutter لإنشاء نماذج مادية. وهي عملية سريعة لرسم مخططات في مساحة مادية حقيقية واستكشاف الصفات المكانية ، واستخدام الطباعة بالحبر الصلب والطباعة الرقمية Solid Ink Printing & Digital Printing والمستعملة لاحقًا في معالجة الواجهة في مشروع متحف جرونينجر 1988، واستخدام الكمبيوتر وCAAD 1989-1990 (أول أجهزة كمبيوتر في المكتب - ماكنتوش - تم استخدامها أثناء مشروع متحف جرونينجر) (الشكل (15)) (موقع المكتب https://coop-himmelblau.at/).



(ب) استخدام الكمبيوتر وCAAD في مشروع متحف جرونينجر

(ا) معالجة الواجهة Digital Printing في مشروع متحف جرونينجر

الشكل (15) مشروع متحف جرونينجر

المصدر (موقع المكتب https://coop-himmelblau.at/)

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

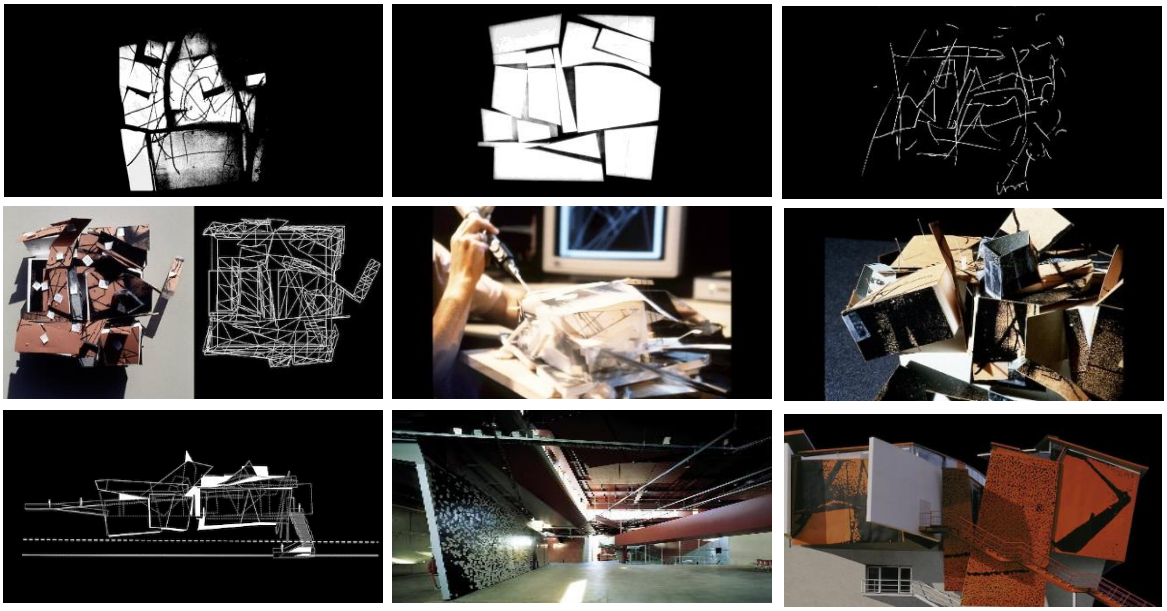
مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

رابعاً) التسعينات فترة ما بعد الطي : استعمال الكمبيوتر وCAAD واستخدام المسح ثلاثي الأبعاد باستخدام الذراع الفضائية1993 الذراع الفضائية - أول مسح ثلاثي الأبعاد - ترجمة النماذج المادية إلى بيئة افتراضية للبرامج ثلاثية الأبعاد . من اهم النتاجات في هذه المرحلة مشروع متحف جرونينجر (1992) اذ تم تنفيذ تقنيات مبتكرة في تطوير المشروع من خلال استخدام القوة الحاسوبية لأول مرة في تاريخ المكتب:

- الخطوة الأولى: تحلل الفضاء(الرسم الأول هو البصمة العاطفية للفضاء التي سيتم بناؤه).
- الخطوة الثانية: الحجم والمكعبات(يتم قطع الحجم المحتمل للمعرض وتحلله إلى مناطق من الضوء الطبيعي والاصطناعي).
- الخطوة الثالثة: تراكب الرسم والمكعبات(من خلال التراكب، يمكن قراءة مبادئ تصميم معينة: أنظمة الدورة المماسية، والمركزية الجزئية للفضاء. يصبح الرسم الوظيفي شكلاً ثاقبًا داخل المفهوم المكاني والجلد الداعم للفضاء).
- الخطوة الرابعة: نموذج الرسم (يتم مسح المكعبات للكشف عن الفضاء المذاب المدعوم بقشرة الجلد المكسورة. يتم رسم الرسم، المكبر عدة مرات بما يتماشى مع المقياس المادي، على الجلد. يسمح الجلد المكسور للداخل بالخروج وكذلك للخارج بالانثناء).
- الخطوة الخامسة: رقمنة النموذج المادي للمساحة السلبية المبنية(يتم استخدام محول رقمي ثلاثي الأبعاد للحفاظ على الإيماءة الحقيقية لنموذج الرسم. لا يحدث أي فقدان في الترجمة من النموذج المادي إلى النموذج الرقمي، حيث يتم تثبيت الشكل الدقيق على شبكة مكانية. يتم استعمال الإجراء الدوري من النموذج الرقمي ثلاثي الأبعاد من خلال النموذج المادي في عملية تكرارية لتحسين التصميم ودمج الهندسة وأنظمة البناء الأخرى، ثم لاحقًا لعملية التصنيع والبناء)(الشكل (16)) (موقع المكتب https://coop-himmelblau.at/).

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7



الشكل (16) استخدام المسح ثلاثي الأبعاد باستخدام الذراع الفضائية معالجة الواجهة في مشروع متحف جرونينجر 1988–1992 المصدر (موقع المكتب https://coop-himmelblau.at/)

خامساً) نهاية التسعينات (ما بعد متحف غوغنهايم):

استعمل المكتب كافة أنواع تقنيات التصنيع الرقمي المختلفة لتطوير التصميم وكذلك صنع النماذج. التصنيع الإضافي Additive Manufacturing من خلال الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D Printing والتصنيع الطرحي Subtractive Manufacturing من خلال القطع بالليزرlaser cutting والتحكم الرقمي بالحاسوب CNC. ومن التقنيات الاخرى التي استعملها المكتب المسح الضوئي ثلاثي الأبعاد بالليزر Laser 3D scanning في العام 2004 في مشروع PANEUM - House of Bread لترجمة النموذج المادي إلى الكمبيوتر(الشكل (17)).

الشكل (17) المسح ثلاثي الأبعاد باستخدام شعاع الليزر للنموذج المادي لمشروع - PANEUM بيت الخبز.المصدر(موقع المكتب https://coop-himmelblau.at/)

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

كما استعمل الواقع المعزّزAugmented Reality (AR) في العام 2007 فلقد أعطت الإسقاطات المجسمة المستخدمة في المعارض السابقة اتجاهًا جديداً وكان المشروع النموذجي هو معرض Brain City LAB المليء بالنماذج المعززة. وقد اتبع المكتب في العام 2008 البرمجة النصية Scripting والتي تتيح أدوات التصميم الحاسوبية CD من خلاله النمذجة البارامترية Parametric Modeling. واستعمل المكتب نمذجة معلومات البناءBuilding Information Modeling (BIM) في العام 2009 -اي استعمال أدوات التصميم البارامترية الحاسوبية التي مكنت من إجراء التحسينات Optimizations والمحاكاة Simulations لتحسين الأشكال. هندسة القيمة Value Engineering ، التنوع Diversity ، سهولة إجراء التغييرات أو إمكانيات التكتل، وإنشاء مكتبات أسرع للأشكال الهندسية، والبدائل، واللاتجانس الشكلي Formal Heterogeneity (موقع المكتب https://coop-himmelblau.at/).

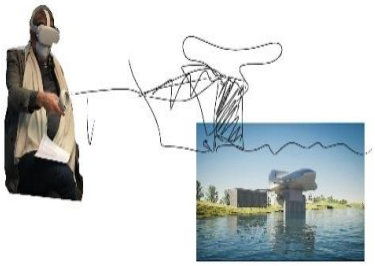
6.1مرحلة الفكر الرقمي -الحسابي المعاصر (2010-حتى الآن) لمكتب COOP HIMMELB(L)AU

في ورشة العمل الخاصة بالمكتب في العام **2013**، هناك ذراع روبوتية **Robotic Arm** صغيرة - **ABB** - بفضلها يتم بناء النماذج المعقدة باستخدام مطحنة ذات 5 محاور 5-axis mill. الانشاء الروبوتي Robotic Construction مقابل الروبوت المستعمل لصنع النماذج modelmaking (استخدام الذراع الروبوتية لمرحلة تصميم الفكرة التصميمية Concept). كما ظهرت في المكتب في العام 2014 أجهزة الواقع الافتراضي VR (Oculus DK1، ولاحقًا Oculus Quest2 2021) وهذه الاجهزة لا توفر الإحساس الغامر بالتواجد داخل مبنى فحسب، بل ساعدت أيضًا على فهم العلاقات المكانية والتنقل بين قرارات التصميم. واستخدام المسح الضوئي ثلاثي الأبعاد باستخدام التصوير الفوتوغرامتري Photogrammetry 3D scanning في العام 2015 تحويل نماذج المكتب إلى رقمية من خلال الحصول على قياسات من الصور الفوتوغرافية - قراءة الكاميرا للصور الرقمية والرؤية الحاسوبية مما يؤدي إلى إعادة بناء الهندسة ثلاثية الأبعاد على شكل سحابة نقطية. اخر التطورات في المكتب في العام 2016 استخدام الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence - التعلم الآليmachine learning - CHBL Code - مكتبات أكواد التصميم البارامترية/الحسابية وتطبيقاتها من خلال مشروع بحثي في Deep Himmelb(l)au (هو نتيجة لجهود البحث التراكمية التي قامت بها Coop Himmelb(l)au والتي تعمل

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

على تقاطع الهندسة المعمارية والممارسة والذكاء الاصطناعي / التعلم العميق) (الشكل (18) (موقع المكتب https://coop-himmelblau.at/).



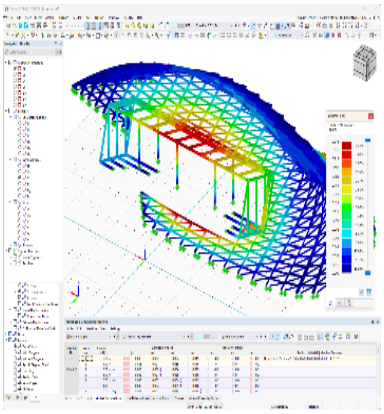
(أ) رسم تخطيطي في الواقع الافتراضي لفكرة تصميمية لـdPrix ، 2014

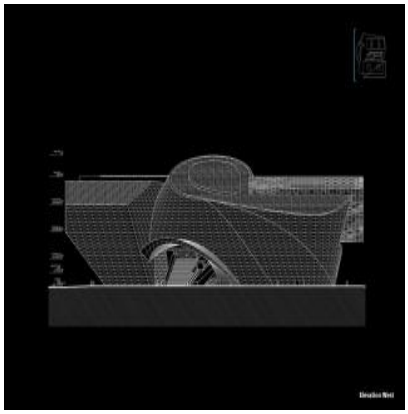
(ب) الاختبارات الأولى للمسح ثلاثي الأبعاد كجزء من سير العمل المستخدم لتطوير تصميم القبة لمشروع محمية لاكوتا الهندية.

(ج) الجشطالت **gestalt** والتعزيز **augmentation** والتعلم التمثيلي **representation learning** (**Deep**) **Himmelb(l)a**

الشكل (18) مرحلة الفكر الرقمي –الحسابي المعاصر في مكتب coop Himmelb(l)au
المصدر (موقع المكتب https://coop-himmelblau.at/)

ومن الامثلة المعاصرة على هذه الفترة معرض متحف الفن المعاصر والتخطيط، في الصين 2008-2016 استخدم هذا المشروع خوارزميات التصميم التوليدي لاستكشاف الإمكانيات المعمارية (الشكل 4). سمحت المنهجية التوليدية للمصممين بإنشاء نماذج تطورت بناءً على مجموعة من معلمات وقيود الإدخال، مما أدى إلى تعزيز الابتكار والإبداع في عملية التصميم. ويؤكد تصميم المتحف على تجربة مكانية ديناميكية، بأشكال تستجيب للعوامل البيئية وتفاعلات المستخدم. سهّل استعمال الخوارزميات التوليدية استكشاف الأشكال الهندسية الفريدة والتفاعلات المعقدة داخل التصميم (موقع المكتب https://coop-himmelblau.at/).





الشكل(19) متحف الفن المعاصر ومعرض التخطيط مرحلة الفكر الرقمي –الحسابي المعاصر في مكتب coop Himmelb(l)au المصدر (موقع المكتب https://coop-himmelblau.at/)

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

7. الاستنتاجات والتوصيات

- الحساب له تأثير عميق على كل من إدراك وفهم الشكل المعماري والفضاء والبنية. إنه يغيّر الطريقة التي ينظر بها المرء إلى الشكل، والطريقة التي يتم بها تحديد الشكل، والطريقة التي يتم بها إنتاج الشكل.
- أصبح التقدُّم في مجال الحوسبة قوة دافعة في عمليات التصميم المعماري المعاصر. لإنتاج مباني المستقبل، فعلى المصممين أن يتعلموا التفكير والعمل حسابيًا، من خلال تحديد العمليات والقواعد والعلاقات. إن إتقان أحدث التقنيات يتطلَّب أكثر من مجرد معرفة أوامر البرامج فهو يتطلب تطوير مهارات (CT) مثل اقتحام الرسومات وحل المشكلات واتخاذ القرار اذ يُعزِّز (CT) القدرة على حل المشكلات المعقدة والابتكار من خلال الاستفادة بشكل فعال من قوة أجهزة الحاسوب والأشخاص.
- إن CAD هي عملية تصميم رقمي حيث نستعمل الأدوات والتقنيات الرقمية لتقديم تصميمنا بشكل مرئي من خلال الرسومات والنماذج. بينما يمكن للتصميم الرقمي- الحسابي أن يفعل أكثر من ذلك بكثير فهو يستفيد من العمليات الحسابية التي توفرها هذه الأدوات الرقمية، وخاصة أجهزة الحاسوب. لذلك فأن الخلط بين المصطلحين، الرقمية والحسابية كبير جداً كونهما في الظاهر يشيران إلى المعنى ذاته.
- إن العمارة التي تستعمل التكنولوجيا الرقمية هي عمارة رقمية في حين تعتبر العمارة التي تستعمل التصميم الحسابي عمارة حسابية قد تستعمل التكنولوجيا الرقمية أو لا تستخدمها حيث يشترط في المشاريع المصممة حسابياً أن يتم تنفيذها رقمياً وذلك لصعوبة تنفيذها بالطرق التقليدية أما العكس غير صحيح حيث لا يشترط بالمشاريع المنفذة رقمياً أن تتبع إحدى أساليب التصميم الحسابي بل تكتفي بوجود نموذج رقمي عن المشروع المراد تنفيذه، فكل ما هو حسابي هو رقمي لكن ليس كل ما هو رقمي هو حسابي بالضرورة.
- كما يبدو أن الأبحاث التي أجريت في الستينيات تتعامل مع الأسس التكنولوجية لـ CAAD، بالإضافة إلى المبررات والمراجع والإلهام ، بما في ذلك من مصادر خارج هندسة العمارة والبناء. تركِّز الأسس التكنولوجية على تطوير أنظمة الرسوم الحاسوبية ليس فقط للرسم التفاعلي في الحاسوب ولكن أيضًا فيما يتعلق بمشاكل التصميم التي تتطلب تمثيلات حسابية متقدمة.

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

- من خلال دراسة الحالة لاستوديو Coop Himmelb(l)au، نلاحظ أن الاستوديو يدمج منهجيات التصميم الرقمي الحسابي في ممارساتهم المعمارية من خلال عدة استراتيجيات رئيسية:
  - أدوات التصميم التوليدي.
  - التصميم البارامتري والخوارزمي.
  - التفاعلات الديناميكية.
  - تكامل الآليات الحسابية المعقدة.
  - التركيز على الأداء والوظيفة.
  - استكشاف الأشكال المعمارية الجديدة.
  - Deep Himmelblau.
- ومن خلال هذه الاستراتيجيات، تُظهر Coop Himmelb(l)au التزامها بالاستفادة من التصميم الرقمي الحسابي لتعزيز الإبداع والكفاءة والابتكار في الممارسة المعمارية. تمثل مشاريع Coop Himmelb(l)au نموذجًا لنهج التصميم التقدمي الذي يجمع بين المبادئ المعمارية التقليدية (المستوى التشغيلي) والتقنيات الحسابية المتطورة. يتيح دمج المنهجيات البارامترية والخوارزمية والتوليدية عملية تصميم أكثر ديناميكية واستجابة، مما يؤدي إلى نتائج معمارية مبتكرة ومذهلة بصريًا. إن تركيز الشركة على التعاون عبر التخصصات يعزز فعالية هذه المنهجيات، مما يتيح تحقيق التصاميم المعقدة التي تدفع حدود الهندسة المعمارية المعاصرة.
- لا بدَّ من استعمال مصطلح التصميم الرقمي /الحسابي والعمارة الرقمية /الحسابية للدلالة على النهج المستقبلي للعمارة والتصميم الحضري الذي يعني استعمال الحاسوب وقدرته الحسابية كأدوات جوهرية في عملية التصميم.
- من التحديات التي يمكن مواجهتها عند الانتقال من التصميم التقليدي إلى التصميم الرقمي -الحسابي هي، قد يتردَّد العديد من المهندسين المعماريين والمصممين في اعتماد الأساليب الحسابية بسبب الاعتماد على الممارسات التقليدية. يمكن أن تنبع هذه المقاومة من الارتياح لسير العمل الراسخ والشكوك حول فعالية التقنيات الجديدة. وغالبًا ما تكون هناك فجوة كبيرة في المهارات حيث قد يفتقر المهندسون المعماريون التقليديون إلى التدريب اللازم على الأدوات الرقمية والبرمجيات والتقنيات الحسابية. ويتطلَّب سد هذه الفجوة استثمارات كبيرة في التعليم والتطوير المهني. إن

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

مجلة المخطط والتنمية
Journal of planner and development
P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908
Vol 30 Issue 1 2025/4/7

التحول نحو التصميم الرقمي- الحسابي يستلزم تغييرًا ثقافيًا داخل الشركات المعمارية. ويشمل ذلك تعزيز بيئة تشجِّع الابتكار والتعاون والانفتاح على المنهجيات الجديدة، التي قد يكون تنفيذها صعباً.

- للتغلُّب على التحديات في الانتقال من التصميم التقليدي إلى التصميم الرقمي- الحسابي لا بدَّ من تنفيذ دورات تدريبية منتظمة تركز على الأدوات الرقمية والأساليب الحسابية. يمكن لورش العمل المخصَّصة أن تساعد في سد فجوة المهارات وتعريف المهندسين المعماريين بالتقنيات الجديدة في بيئة داعمة. وتشجيع التعاون مع المتخصِّصين من المجالات الأخرى، مثل المهندسين وعلماء الكمبيوتر، لتسهيل تبادل المعرفة وتعزيز فهم الأساليب الحسابية. والاستثمار في أدوات التصور والاتصال التي تمثِّل التصميمات الحسابية بشكل فعال للعملاء وأصحاب المصلحة. واستعمال العروض التقديمية التفاعلية وعمليات المحاكاة والنماذج الأولية لنقل الأفكار المعقدة بوضوح.

المصادر :

- المساعد، امجد زكي ،2015، "نظريات العمارة تمرد وصياغة جديدة معمارية معاصرة ،العمارة بين(1953 الى الان)" ،دار ومكتبة البصائر للطباعة والنشر والتوزيع ،ص 374
- حميد ،ريم مجيد &السلام، نادية عبد المجيد،2024،"المنظومة التعليمية في ظل تأثير الثورة الرقمية وتحديات العصر الحديث"، مجلة المخطط والتنمية ،مركز التخطيط الحضري والاقليمي - جامعة بغداد ،العدد 29، المجلد 1 ،ص 119-157.
- ذياب ،فرح احمد & هادي ،احسان صباح ،(2022) "اساليب تخطيط الهيئة الحضرية الحديثة "، مجلة نسق ،مجلد (33) العدد(7)، ص 774 .
- الكناني, كامل &ابراهيم ,مصطفى عبدالجليل ،،2009" تقنية المعلوماتية ونظام الإلحالل في اتخاذ القرار في المدينة" مجلة المخطط والتنمية ،مركز التخطيط الحضري والاقليمي -جامعة بغداد ،العدد 20، المجلد 1 ،ص 25-39.

- Caetano, I et al., Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design, Frontiers of Architectural Research, https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.12.008

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

- Caetano, I. and Leitão, A. 2019 “Architecture meets computation: an overview of the evolution of computational design approaches in architecture”, Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group.
- Caetano, Ineˆs, Santos Luı´s, Leita˜o Anto´nio,” Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design”, Frontiers of Architectural Research, https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.12.008
- Caetano, Inês & Leitão, António,” Architecture meets computation: an overview of the evolution of computational design approaches in architecture”, ARCHITECTURAL SCIENCE REVIEW, https://doi.org/10.1080/00038628.2019.1680524
- Carpo, Mario (2004), "Ten Years of Folding," in Lynn, Greg, ed., Folding in Architecture, Revised Edition (original 1993), AD (Architectural Design). Wiley-Academy, West Sussex, UK.
- Carpo, Mario (2013),” The Digital Turn in Architecture 1992-2012, Introduction, Twenty Years of Digital Design” John Wiley & Sons Ltd.
- Carpo, Mario, “The Digital Turn in Architecture 1992-2012”,2013 John Wiley & Sons Ltd.
- Carpo, Mario, 2017. “The second digital turn: design beyond intelligence”, Cambridge, MA, The MIT Press,
- Carpo, Mario, ed. 2012. AD Magazine: The Digital Turn in Architecture 1992-2012. New York, USA: John Wiley & Sons Ltd.

- Gallo, g. and Pellitteri, g., 2018, “LUIGI MORETTI, from History to Parametric Architecture” Conference Paper · May 2018/CAADRIA Learning Prototyping and Adapting The 23rd International Conference on

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

Computer Aided Architectural Design Research in Asia Short Papers Proceeding.

- Gardner, Howard "THE MIND'S NEW SCIENCE A History of the Cognitive Revolution", basic books, Inc., publisher/New York,1987. P.385
- Greg Lynn ,1993," Folding in Architecture ", Architectural Design, Profile 102, 63.
- Grisaleña, J. Arteta 2017 "A Brief History of Digital Architecture /Historical Review and Reflections on Relationship between architecture and Digital Tools "Abstract of PhD Thesis: "The Paradigm of Complexity in Architectural and Urban Design" University of Alcala, (Chapter 3: Digital Tools).
- Grisaleña, Jon Arteta," A BRIEF HISTORY OF DIGITAL ARCHITECTURE HISTORICAL REVIEW AND REFLECTIONS ON THE RELATIONSHIP BETWEEN ARCHITECTURE AND DIGITAL TOOLS", Abstract of PhD Thesis: "The Paradigm of Complexity in Architectural and Urban Design" University of Alcala, 2017 (Chapter 3: Digital Tools)
- Haidar, A. (2023). Evolution of Modelling in Architecture A Framework for the categorization and evaluation of digital models in Architectural Design. Conference Paper, DOI: 10.52842/conf.ecaade.2023.2.811.
- Hensel, M. and Menges, A. (2006) *Morpho- Ecologies*. London: AA Publications.
- Jabi, Wassim. 2013. "Parametric Design for Architecture." London: Laurence King Publishing.
- Kalay, Yehuda E.: Architecture's New Media – Principles, Theories, and Methods of Computer-Aided Design, MIT Press, Cambridge, USA, 2004

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

Kamaoˇglu, M. (2023). The idea of evolution in digital architecture: Toward united ontologies. International Journal of Architectural Computing, Vol. 0(0) 1–13, DOI: 10.1177/14780771231174890

- Kolarevic, Branko, ed. 2003. Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing. New York: Spon Press.
- Kolarevic, Branko, (2001)," Designing and Manufacturing Architecture in the Digital Age", *eCAADe19 Architectural Information Management, Conference Proceedings, Helsinki - Finland, http://www.hut.fi/events/ecaade*.
- Kotnik, Toni, Digital Architectural Design as Exploration of Computable Functions, international journal of architectural computing, issue 01, volume 08,2007
- Koutamanis, Alexander," A Biased History of CAAD The bibliographic version", eCAADe 23 - session 13: generative systems 2005
- Koutamanis, Alexander. 2005. "A Biased History of CAAD." ECAADe 23 Digital Design: The Quest for New Paradigms, no. June.
- Leach, Neil, David Turnbull, and Chris Williams. 2004. "Digital Tectonics." Michigan: Wiley.
- Marr D, 1982 Vision. A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information (New York: W H Freeman)
- Menges, A., Ahlquist, S. ,2011 (Eds.), AD Reader: Computational Design Thinking. John Wiley & Sons Ltd, United/Kingdom, p. 10-13
- Michael Hensel, Achim Menges and Michael Weinstock, Emergent Technologies and Design, Chapter 2 Material systems, computational

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

morphogenesis and performative capacity Achim Menges First published 2010 by Routledge, p.51

- Mitchell, W.J.,1990" The Logic of Architecture: Design, Computation, and Cognition", MIT Press, Cambridge, *of the ACM* 49(3): 33-35.
- Mohammed, A. M. & Al-Essawi K. F. D. , (2023)," Expressionism of metal architecture", *AIP Conf. Proc.* 2651, 020076 (2023) https://doi.org/10.1063/5.0109102
- Oxman, R. & Oxman R., 2014, "The Theories of Digital in Architecture", New York: Routledge.
- Oxman, R., 2006. Theory and design in the first digital age. Des. /Stud. 27, 229-265.
- Oxman, R.,2017," Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking", Design Studies, HTTPs://doi.org/10.1016/j.destud.2017.06.001
- Penttilä, H.,1999," Top 5 themes to promote architectural information technology and top 5 obstacles to decelerate it" Proceedings of the 17th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europee (Architectural Computing from Turing to 2000). www.liv.ac.uk/abe/caadru
- Reffat, Rabee M.," Computing in architectural design: Reflections and an approach to new generations of CAAD", ITcon (Electronic Journal of Information Technology in Construction) Vol. 11 (2006).
- Rempen, T.: 1999, Frank O. Gehry: der Neue Zollhof Düsseldorf, Bottrop, Essen, Germany.

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

- Riccobono, A. ,2013," Architectural Design in the Digital Era identifying computer influences and new expressive trends in current architecture"/ / AREA 08 - SSD ICAR14 - Composizione architettonica e urbana
- Soleimani, A. (2019). Computational Design Thinking and Thinking Design Computing. PubPub. https://doi.org/10.21428/f7d9ca02.b7daadcc
- Stevens K., A., 2012" The vision of David Marr" Perception, volume 41, pages 1061 – 1072, DOI: 10.1068/p7297
- Terzidis, K., Algorithmic Architecture, Architectural Press (Oxford), 2006, p xi.
- Terzidis, K., Expressive Form: A conceptual approach to computational design, Spoon Press, New York, 2003.
- Thiab, Farah & Hadi, Ihsan , 2022 ,"The concept of parametric urbanism and its dimensions in sustainable city", Conference: TECHNOLOGIES AND MATERIALS FOR RENEWABLE ENERGY, ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY: TMREES21Gr, AIP Conference Proceedings 2437(1):020049,DOI: 10.1063/5.0092323
- Wing, Jeannette M. 2008. "Computational Thinking and Thinking about Computing.", Phil. Trans. R. Soc. A (2008) 366, 3717–3725 doi:10.1098/rsta.2008.0118 Published online 31 July 2008.
- Wong, J. F. (2009). Division of Building Science and Technology. The City University of Hong Kong, Tat Chee Avenue, Kowloon, Hong Kong Elsevier Ltd. All rights reserved.
- https://ieeexplore.ieee.org/document/8245151
- https://www.geeksforgeeks.org/what-is-nano-computer
- http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/computational access date: 23/8/2023

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

P-ISSN: 1996-983X
E-ISSN: 2960-1908

مجلة المخطط والتنمية

Journal of planner and development

Vol 30 Issue 1 2025/4/7

- https://en.wikipedia.org/wiki/Computation#cite_note-2
- https://www.gsd.harvard.edu/person/panagiotis-michalatos
- https://www.youtube.com/watch?v=sCptKvK-9Hg)
- https://ar.wikipedia.org/wiki/ النظرية الحاسوبية)
- Arup Advanced Geometry Unit | A/E Firms + Profiles (wordpress.com)
- https://www.britannica.com/money/business-organization
- (/https://coop-himmelblau.at موقع المكتب)

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