

## بازشناسی مکانیسم سیستم‌های الگوریتمیک در فرآیند تولید فرم معماری

### چکیده

ظهور نظریات و روش‌های رایانشی نوین برگرفته از سیستم‌های زیست‌شناختی، در طی چند دهه اخیر، تعمیق در اصول و قواعد فرآیند تولید فرم را امکان‌پذیر کرده است. فرآیند الگوبرداری و الگوسازی، امروزه فراتر از حوزه شکلی بوده و مجموع دانشی که در نحوه شکل‌گیری اجزاء زیستی وجود دارد به حوزه ارزشمند برای تولید الگو تبدیل شده است. چنین الگوبرداری نوینی از طبیعت، در مسیری تحت عنوان طراحی الگوریتمیک یعنی خدمت گرفتن رایانش به‌عنوان ساختار اصلی فعالیت‌های رایانه، از طریق الگوریتم‌ها و کدها و برنامه‌ها، معادل آنچه در طبیعت به‌عنوان ژنوم شناخته شده است میسر می‌گردد. در این پژوهش، هدف عمده بر روی ارائه چارچوبی مشخص و روشی نظام‌مند از نقش سیستم‌های زایشی در تولید فرآیندی فرم معماری می‌باشد. برای این منظور با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی به استناد تحقیقات کتابخانه‌ای، به مطالعه، دسته‌بندی و توصیف ویژگی‌ها و مکانیسم سیستم‌های زایشی و مقایسه توانمندی هریک از آنها در تولید فرم پرداخته شده است. نتیجه اینکه سیستم‌های زایشی با الهام از اصول زیست‌شناختی شکل‌گیری پدیده‌ها، در مسیر الگوریتمیک، نقش عمده‌ای در تولید فرآیندی فرم معماری، می‌تواند داشته باشد.

### اهداف پژوهش:

۱. شناخت مکانیسم سیستم‌های الگوریتمیک در فرآیند تولید فرم معماری.

۲. بررسی تولید فرآیندی فرم معماری.

### سؤالات پژوهش:

۱. برای تولید فرم در معماری چه فرآیندی وجود دارد؟

۲. کدام مکانیسم سیستم‌های الگوریتمیک در فرآیند تولید معماری نقش دارد؟

واژگان کلیدی: فرآیند تولید فرم، سیستم‌های زایشی، رایانش، الگوریتم.

## مقدمه

در قرن اخیر، نظریه‌ها و روش‌های رایانشی بسیاری همچون ماشین سلولی خود کار و ال‌سیستم‌ها که از فرآیند شکل‌گیری پدیده‌های زیستی الهام گرفته شده‌اند، مطرح گردیده است. این درحالیست که تاکنون روش‌های حاکم بر خلق فرم معماری بیشتر شکلی و ظاهری بوده، اگر هم تعمیقی صورت پذیرفته است، تنها به شکل یک نظریه باقی مانده است و پا به حیطه فراتر نهاده است. شاید بتوان دلیل آن را انتخاب سطحی موضوعات پیچیده و غیرقابل احاطه به‌لحاظ ضعف در زمینه‌های علمی و یا نبود امکانات فنی برای اجرا دانست (تراز، ۱۳۹۱). حال با توجه به تحولات فنی و علمی چند دهه اخیر حوزه‌های علمی، مشارکت خود را با معماری افزایش داده‌اند. زیست‌شناسی یکی از این حوزه‌های مطرح، می‌باشد. با درک محدوده علمی و حرکت انتقالی از حوزه دانش زیست‌شناختی به معماری می‌توان راه را برای درک لایه‌های عمیقی همچون نحوه شکل‌گیری و رشد و توسعه آن‌ها به‌جای تقلید در سطوح اولیه فرمی و مکانیکی ارگانیسم‌ها گشود (کابلی و خندان، ۱۳۹۴: ۳۰). کریستوفر الکساندر<sup>۱</sup> می‌گوید بدون درک از الگوها، انسان در مواجهه با دامنه وسیعی از شرایط مختلف، در به‌کارگیری امکانات موفق نمی‌باشد (قارونی، ۱۳۹۴: ۲۴). از طرفی مطالعه و برنامه‌نویسی این الگوها در ابزار دیجیتال باعث شده تا بتوان الگوهای مشابه آنچه در طبیعت رخ می‌دهد را در حوزه‌های فرمی تولید کرده و به مراحل طراحی وارد نمود. اکنون شاید بتوان پیچیده‌ترین موضوعات طبیعی را به‌صورت الگوریتم‌هایی خلاصه کنند و پیچیدگی فضایی را به پیچیدگی محاسباتی تبدیل نمایند (خبازی، ۱۳۹۵: ۱۶) و الگوبرداری از فرآیندهای زیست‌شناختی می‌تواند از طریق کد و برنامه‌نویسی در مسیر رایانش قرار گرفته و تولید فرم نماید. به‌طورکلی ترکیب دانش‌های زیست‌شناختی با معماری الگوریتمیک به تولید موضوعات جدید علمی و طراحی می‌انجامد و مسیر پژوهش، عرصه‌های خلاقیت و نوآوری را برای تولید فرم می‌گشاید. این عرصه‌ها و موضوعات جدید در مجاری الگوریتمیک وارد می‌شوند و امکانات تولید فزاینده‌ای می‌یابند (همان: ۱۲۷). باین‌حال، استفاده از این دانش در پارادایم معماری معاصر و نگاه علمی - زیست‌شناسی به طبیعت راه طولانی برای پژوهش پیش روی طراحان گشوده است و تبیین ویژگی‌های این معماری آن هم در میانه راه و درحالی‌که متون منتشر شده تئوری در مورد آن اندک است کار آسانی نیست. زیرا این جریان در حال تغییر و رشد مداوم است. به‌طوری‌که هر روز می‌توان برخی از ویژگی‌های جدید را برای این جریان معماری، مورد مطالعه و نگارش قرار داد.

سیستم‌های رایانشی در حدود نیم قرن است که بر حوزه معماری و فرآیند تولید فرم تأثیرگذار بوده است. چنین سیستم‌هایی ابتدا با تئوری‌های بی‌نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی (۱۹۴۳)، ماشین‌های سلولی خودکار (دهه ۱۹۴۰)، الگوریتم ژنتیک (دهه ۱۹۶۰) (Holland, ۱۹۹۲)، ال‌سیستم‌ها (۱۹۶۸) آغاز گردید. اگرچه نخستین قدم در دهه ۱۹۴۰ برداشته شد، این نظریه‌ها به‌طور عمده در دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ همراه با پیشرفت فن‌آوری بسط و گسترش یافت. در دهه آخر قرن بیستم، همین نظریات بخش اعظمی از پژوهش بر روی تکنیک‌ها و ابزارهای زایش فرم<sup>۲</sup> را پایه‌گذاری کرد که براساس نظریه‌هایی همچون ماشین‌های سلولی خود کار، الگوریتم ژنتیک و ال‌سیستم بنا شده بودند. این روش‌ها توسط طراحان و دانشمندانی همچون جان فریزر (۱۹۹۵) (Frazer, ۱۹۹۵)، ماکوتو واتانابه (۱۹۹۵)، مایکل روزنمن و جان گرو (۱۹۹۶) (Rosenman and Gero, ۱۹۹۹)، و مارتین همبرگ، اوانامه اوریلی و پیتر تستا (۲۰۰۱) ترویج داده شدند.

در دو دهه اول قرن بیست و یکم نسل جدیدی از معماران پیشگام همچون مایکل هنسل، آخیم منگس و مایکل واینزتاگ (۲۰۱۹-۲۰۰۸) (Hensel, ۲۰۱۴) از انجمن معماری لندن با پایه‌گذاری گروه تکنولوژی‌ها و اصول طراحی در حال ظهور، در حال ترویج رویکردی نوین در حوزه معماری هستند که یک رابطه متقابل میان مفاهیمی نوین زیست‌شناختی همچون ظهور<sup>۳</sup> و خود سازمان‌دهی<sup>۴</sup> و آخرین فن‌آوری‌های طراحی، ساخت و تولید را تعریف می‌نمایند که در کنار پژوهشگران دیگری همچون نری اوکسمن (اکولوژی مواد) (Oxman, ۲۰۱۹)، (Oxman, ۲۰۱۲) جنی سابین و پیترو لویید جونز (کارگاه آزمایشگاه)، (Sabin, ۲۰۱۸) اندرو کودلس (سیستم مواد) (Kudless, ۲۰۱۷)، تام وایزکام (در حال ظهور) (Wiscombe, ۲۰۱۷) و کریس باس (Bosse, ۲۰۱۹) در حال شکل‌دادن به مرزهای یک پارادایم جدید در معماری هستند. پژوهش حاضر با استفاده از روش تحقیق توصیفی تحلیلی، پس از مطالعه و جمع‌آوری مستندات لازم از منابع کتابخانه‌ای گوناگون شامل مقالات، پایان‌نامه‌ها، کتب و مجلات علمی پژوهشی دانشگاه‌های معتبر خارجی و داخلی، ابتدا با دسته‌بندی سیستم‌های زایشی به شش قسمت، شامل الگوریتمیک، پارامتریک، سیستم‌های لیندن مایر (ال سیستم‌ها)، ماشین‌های خودکار سلولی، فراکتال و گرامرهای شکلی، به توصیف تحلیلی ویژگی‌ها و مکانیسم و نحوه عملکرد انواع سیستم‌های زایشی و همچنین روابط حاکم میان اجزاء آنها به شکل جداول و نمودارها و تصاویر، پرداخته شده، سپس مقایسه‌ی جامعی میان انواع سیستم‌ها صورت می‌پذیرد. این امر با هدف ارائه چارچوبی مشخص و روشی نظام‌مند از نقش سیستم‌های رایانشی ملهم از اصول زیست‌شناختی در فرآیند تولید فرم معماری، می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

طراحی زایشی به‌عنوان یک ابزار زایا، بر مبنای قواعد حاکم بر سیستم‌های پیچیده طبیعت، از جمله تکامل، خودسازماندهی و رشد، شکل‌گیری ترکیبات پیچیده صوری و مفهومی معماری را از طریق اجرای مجموعه ساده‌ای از عملیات و پارامترها امکان‌پذیر می‌نماید. به این شکل که از طریق نگارش ایده‌ی طراح به‌صورت یک الگوریتم می‌توان یک کد برای هر ایده‌ای تولید کرد. با به‌کارگیری مجموعه‌ای از قوانین یا همان الگوریتم به شکل کد می‌توان تولید فرم معماری را در یک فرآیند خود سازمانده میسر نمود. به‌عبارتی سیستم زایشی یک سیستم تولید می‌باشد که مشخصاً خود محصول طراحی را تعیین نمی‌کند، در عوض مشخصه سطح بالاتری را معین می‌نماید که «ساخت» محصول یا روش طراحی را رمزگذاری کرده و با این کار شکل‌گیری فرم را مقدم بر خود فرم می‌شمارند که این امر حاکی از یک تغییر اساسی از سمت مدل‌سازی یک شیء از پیش طراحی‌شده به‌سوی مدل‌سازی منطق حاکم بر طراحی است. بدین‌گونه فضای طراحی برای اکتشاف گزینه‌ها و متغییرهای طراحی گشوده می‌گردد و امکان انتقال برخی از وظایف و هوشمندی‌های موجود در طراحی را با کدگذاری از انسان به‌خود، نوید می‌دهند.

- Alfonseca, M., and Ortega, A. (١٩٩٧). A Study of the Representation of Fractal Curves by L Systems and Their Equivalences. IBM Journal of Research and Development, (٤١)٦.
- Bovill, C. (١٩٩٦). Fractal geometry in architecture and design .
- El-khaldi, M. (٢٠٠٧). Mapping boundries of generative systems for design synthesis. Unpublished Master of Science Thesis . Cambridge, Massachusetts, USA: MIT.
- Flake, G. W. (١٩٩٨). The Computational Beauty of Nature: Computer Explorations of Fractals, Chaos, Complex Systems, and Adaptation. Cambridge: The MIT Press. ٢٢٩-٢٥٨.
- Flake, Gary William. (٢٠٠٠). The Computational Beauty of Nature: Computer Explorations of Fractals. Chaos. Complex Systems. And Adaptation. Cambridge: The MIT Press. ١٠٣-١٠٦.
- Frazer, J. (١٩٩٥). An evolutionary architecture. London: Architectural Association Publications .
- Frazer, J. H., Frazer, J. M., Liu, X., Tang, M. X. & Janssen, P. (٢٠٠٢). Generative and evolutionary techniques for building envelope design. ٥th International GenerativeArt.
- Frenay, R. (٢٠٠٨). Pulse: The coming age of systems and machines inspired by living things. Lincoln: University of Nebraska Press.
- Gharuni Esfahani, Fateme. (٢٠١٥). Bionic Architecture Designed By Nature. Tehran: Author.
- Gursel, İ. D. (٢٠١٢). Creative Design Exploration By Parametric Generative Systems In Architecture. Journal of the Faculty of Architecture, Middle East Technical University , ٢٠٧-٢٢٤.
- Hensel, M. (٢٠١٤). Performance-oriented architecture: rethinking architectural design and the built environment. John Wiley & Sons.
- Hensel, M. & Menges, A. (٢٠٠٨). Versatility and Vicissitude: An Introduction to Performance in Morpho-Ecological Design. Architectural Design, ٧٨(٢), ٦-١١.
- Hensel, M., Menges, A., & Weinstock, M. (٢٠٠٤). Emergence: Morphogenetic Design Strategies. London: Academy Press.
- Hensel, M., Menges, A., & Weinstock, M. (٢٠١٠). Emergent technologies and design: towards a biological paradigm for architecture. London: Routledge .
- Hensel, M., Menges, A. & Weinstock, M. (٢٠١٣). Emergent technologies and design: towards a biological paradigm for architecture: Routledge.
- Holland, J. H. (١٩٩٢). Genetic Algorithms. Scientific American, ٢٦٧, ٦٦ – ٧٢.

Iwamoto, L. (۲۰۰۹). Digital fabrications: architectural and material techniques. Princeton Architectural Press.

Kaboli, Mohammad Hadi; Khandan, Elnaz. (۲۰۱۵). ۱۰۱ Propositions for Biomimicry in Architecture. Tehran: Avalo Akhar Publishing.

Khabazi, Zubin. (۲۰۱۶). Digital Diposition of Materials. Mashhad: Kasra Publishing.

Lindenmayer, A., & Prusinkiewicz, P. (۱۹۹۰). The Algorithmic Beauty of Plants. New York: Springer-Verlag .

Oxman, R. (۲۰۰۶). Theory and Design in The First Digital Age. Design Studies, ۲۲۹-۲۶۵.

Oxman, N. (۲۰۱۲). Towards a material ecology. In ۳۲nd Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA), San Francisco.

Prusinkiewicz, P. (۱۹۸۶). Applications of L-systems to computer imagery. Paper presented at the International Workshop on Graph Grammars and Their Application to Computer Science.

Rosenman, M., & Gero, J. (۱۹۹۹). Evolving designs by generating useful complex gene structures. Evolutionary design by computers, ۳۳۵-۳۶۳.

Soddu, C., & Colabella, E. (۱۹۹۵). Recreating The City's Identity with A Morphogenetic Urban Design. Making the Cities Livable. Freiburg: Freiburg-im-Breisgau.

Steadman, P. (۲۰۰۸). The Evolution of Designs: Biological analogy in architecture and the applied arts. Routledge.

Taraz, Masoumeh. (۲۰۱۲). Bionic Architecture (bio-industry), Design of Science and Technology Park. M.A Thesis. Tehran: Tehran University, Pardis Fine Art, Architecture Faculty.

Winston, Patrick H. (۱۹۹۲). Artificial Intelligence .

Wolfram, Stephen. (۱۹۸۳). Statistical Mechanics of Cellular Automata, Rev. Mod. Phys .

<http://www.fractalus.com>

<http://www.Arts.com>

<http://Jenny Sabin, jennysabin.com>

<http://Chris Bosse, chrisbosse.de>

<http://Neri Oxman, materialecology.co>

<http://AndrewKudless, matsysdesign.com>

<http://sabin-jones.com>

<http://tomwiscombe, tomwiscombe.com>

<http://www.britannica.com>

<http://LabStudio,phf.upenn.edu>

<http://Irina.Chernyakova,architecture.mit.edu>