



Investigating the Impact of Parametric Architecture Design Process Based on Algorithmic Design, a New Approach in the Digital Architecture Design in Line with Sustainable Architecture Goals

Mehdi Moghtadinejad^{1*}, Sevda Pashaei²

1- Master of Architecture, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran
(Western Azerbaijan), Iran

m_moghtadinezhad@yahoo.com

2- Graduate Student, Department of Architecture, Islamic Azad University, Shabestar Branch,
Shabestar, Iran

sevdapashaei@yahoo.com

Abstract

The increasing development of cities, and the need to supply more energy, as well as considering restricted resources in the area of fossil fuels have made the creation of spaces with highest energy output essential more than ever. Architecture as a complex and multidimensional issue should be able to have the opportunity and possibility of processing varied information, and parametric architecture has provided the appropriate basis of data assessment in design area. Identification of factors impacting on new structure technology in digital architecture process not only causes the recognition of new digital structure methods, but can also pave the way for the deployment of new structure techniques in the architecture arena. Thus, the production process is at architect's control and authorization in a way that he/she can implement all parameters impacting on designing and formation of space on the algorithm and produce various options, and finally chooses desired option. In this respect, parametric architecture by applying algorithmic path, codes, plans, and software calculation can respond to numerous environmental, historical, climatic, structural, cultural, and etc. parameters. The goal of this research is to investigate the impact of parametric architecture (algorithmic) design on design systems as a production tool in digital architecture design and introducing algorithmic method as an efficient tool to realize new ideas and creating creative, while optimal design. Algorithmic architecture is also introduced as a method for linking architecture with other sciences, and even for connecting traditional architecture with nowadays architecture. Finally, in order to achieve sustainable architecture goals, by computer technology and digital geometry we access an appropriate form in architecture with highest energy output. The method under study in this research with regard to the topic is library and descriptive.

Keywords: Parametric Design Process, Parametric Architecture, Algorithm ,Digital Architecture, Sustainable Architecture.



بررسی تاثیر فرآیند طراحی معماری پارامتریک بر پایه طراحی الگوریتمیک روشی نوین در طراحی معماری دیجیتال در راستای اهداف معماری پایدار

مهدی مقتدی نژاد^{۱*}، سودا پاشایی^۲

۱- کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران (آذربایجان غربی)، ایران
m_moghtadinezhad@yahoo.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شبستر، گروه معماری، شبستر، ایران
sevdapashaei@yahoo.com

چکیده

توسعه روز افزون شهرها و نیاز برای ایجاد تامین انرژی بیشتر، و نیز توجه به منابع محدود در زمینه سوخت های فسیلی ایجاد فضاهایی با بیشترین بازده انرژی را بیش از پیش ضروری ساخته است. معماری به عنوان یه موضوع پیچیده و چند بعدی باید بتواند فرصت و امکان پردازش اطلاعات متنوع را داشته باشد و معماری پارامتریک پایگاه مناسب سنجش اطلاعات در حوزه طراحی را فراهم آورده است. شناسایی عوامل موثر بر فناوری نوین ساخت در فرایند معماری دیجیتال نه تنها سبب شناخت روش های نوین ساخت دیجیتال می گردد بلکه می تواند راهکشی برای به کارگیری تکنیک های نوین ساخت در عرصه معماری نیز گردد بنابراین فرایند تولید در کنترل و اختیار معمار قرار گرفته، به طوری که او می تواند کلیه پارامترهای موثر بر طراحی و شکل گیری فضا را بر الگوریتم اعمال کرده و گزینه های مختلفی را تولید کند در نهایت گزینه مطلوب را انتخاب نماید. در این میان معماری پارامتریک می تواند با بکارگیری مسیری الگوریتمیک، کدها، برنامه ها و محاسبات نرم افزاری، به پارامترهای متعدد محیطی، تاریخی، اقلیمی، سازه ای، فرهنگی و... پاسخ دهد. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر طراحی معماری پارامتریک (الگوریتمیک) بر سیستم های طراحی به عنوان یک ابزار تولیدی در طراحی معماری دیجیتال و معرفی روش الگوریتمی به عنوان ابزاری کارآمد در جهت تحقیق بخشیدن به ایده های نو و ایجاد طراحی خلاقانه و در عین حال بهینه است. همچنین معرفی معماری الگوریتمی به عنوان روشی در جهت پیوند معماری با سایر علوم و حتی پیوند معماری سنتی با معماری امروزی است، در نهایت نیز به منظور دستیابی به اهداف معماری پایدار بواسطه، تکنولوژی رایانه ای و هندسه ی دیجیتال به یک فرم مناسب در معماری با بیشترین بازدهی انرژی دست یابیم. روش مورد مطالعه در این تحقیق با توجه به موضوع مورد بحث بصورت کتابخانه ای و توصیفی می باشد.

واژگان کلیدی: فرایند طراحی پارامتریک، معماری پارامتریک، الگوریتم، معماری دیجیتال، معماری پایدار



مقدمه

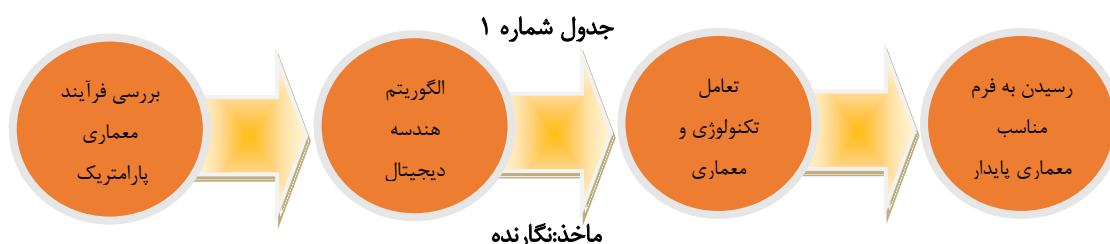
امروزه نرم افزارهای جدید این امکان را فراهم ساخته که در طراحی معماری در محیط دیجیتال انجام شود که این امر سبب خلق گزینه های بسیار بیشتری در مسیر فرایند طراحی می شود. معماری دیجیتال این امکان را به طراح می دهد تا بتواند با سرعت بسیار زیاد پردازش در رایانه را انجام داده و با حجم حافظه بسیار بالا در مسیر طراحی به خلق سه بعدی فضاهای معماری و ارزیابی و مقایسه گزینه های مختلف پردازد. با استفاده از فضای دیجیتالی به خوبی می توان تمام جزئیات تصور شده یک طرح را پیشاپیش به تصویر کشید کاری که در گذشته تقریباً غیر ممکن بود. ابزارهای پارامتریک بر پایه الگوریتم کار می کنند و بر همین اساس از قابلیت کنترل دقیق بر هندسه ی طراحی در کل روند طراحی برخوردارند. قابلیت انعطاف پذیری و جواب دهی این ابزارها به تغییرات طراحی، مدل های پارامتریک را به مدلی مفید و کاربردی مخصوصاً در طراحی مدل های پیچیده و منحصر به فرد تبدیل کرده است. واژه Algotecture برگرفته از Algorithmic Architecture اصطلاحی برای نشان دادن استفاده از الگوریتم ها در طراحی معماری است که طی چند دهه ی گذشته، در طراحی معماری رایج شده است. هدف اصلی آن یافتن روش های حل مسئله در موارد پیچیده تر از حد معمول در حوزه طراحی است، الگوریتم، شکستن یک مسئله و تبدیل آن به فرایندی با تعداد مراحل محدود است، که در توضیح الگوریتم در معماری به چگونگی پارامترها و نحوه سازماندهی متغیرها در رسیدن به هدف مطلوب با توجه به افزایش سرعت تحلیل و روند تجزیه صحیح پارامترها پرداخته می شود و چگونگی رسیدن از خواست معمار به ساخت فضا که باعث پیشرفت در حل مسایل می شود، تشریح می گردد. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر طراحی معماری پارامتریک (الگوریتمیک) بر سیستم های طراحی به عنوان یک ابزار تولیدی در طراحی معماری دیجیتال و معرفی روش الگوریتمی به عنوان ابزاری کارآمد در جهت تحقیق بخشیدن به ایده های نو و ایجاد طراحی خلاقانه و در عین حال بهینه است. همچنین معرفی معماری الگوریتمی به عنوان روشی در جهت پیوند معماری با سایر علوم و حتی پیوند معماری سنتی با معماری امروزی است، در نهایت نیز به منظور دستیابی به اهداف معماری پایدار بواسطه، تکنولوژی رایانه ای و هندسه ی دیجیتال به یک فرم مناسب در معماری با بیشترین بازدهی انرژی دست یابیم.

سوالات تحقیق

- ۱- چگونه می توان بواسطه فرایند طراحی معماری پارامتریک بر پایه طراحی الگوریتمیک روش نوین ی در طراحی معماری دیجیتال به یک طرح پایدار با بیشترین بازده انرژی رسید؟
- ۲- آیا می توان روش طراحی الگوریتمی را به عنوان روش کامل معرفی کرد که کلیه اهداف و خواسته های معماری را برآورده سازد؟

بررسی روند طی شده در فرآیند پژوهش:

طبق سلسه مراتب پژوهش ما باید چهار آیتم را مورد بررسی قرار دهیم و بوسیله کنار هم گذاشتن نتایج و آنالیز آنها به هدف مورد نظر در پژوهش برسیم. (رجوع شود به جداول ۱)



۱- تعریف الگوریتم



واژه «الگوریتم» برخلاف ظاهر لاتین خود، برگرفته از نام ریاضیدان برجسته ایرانی «خوارزمی» است.

الگوریتم، روشی است برای بررسی راه‌های ممکن که می‌توانند به پاسخ مناسب منجر شوند. شاید بتوان تحقیقات صورت گرفته و نیز «زبان الگو» توسط افرادی چون کریستوفر الکساندر در کتاب تلاش‌هایی برای تعریف ساختار محیط بر پایه تحلیل‌های کامپیوتری را نخستین گام‌های جدی برای تئوریزه کردن این پدیده‌ها دانست.

۲- منطق الگوریتمی فرایند طراحی پارامتریک

سیستم‌های پارامتریک اساساً بر مبنای الگوریتم‌ها هستند و بنابراین کنترل محاسباتی پیرامون هندسه طراحی در طول فرایند طراحی را افزایش می‌دهد. سازگاری و پاسخدهی این ابزارها به تغییر معیارها و الزامات طراحی، مدل‌های پارامتریک را به ویژه برای اکتشاف مدل‌های طراحی پیچیده و پویا مناسب می‌سازد. (Dino, 2012) رابرت وودبری اصطلاح طراحی پارامتریک را برای سیستم‌های طراحی به کمک کامپیوتر (CAD) توضیح می‌دهد که قادر هستند طرح‌های متنوع را با اطلاعات ورودی متغیر و مختلف ارائه دهند. (Muckenheim, 2012) یک الگوریتم، مجموعه‌ای محدود از دستورالعمل‌هاست که به تکمیل یک هدف مشخص در یک تعداد محدودی از گام‌ها کمک می‌کند. الگوریتم یک پارامتر را به عنوان ورودی می‌گیرد و یک سری از اعمال محاسباتی را برای تغییر ورودی روی آن اجرا می‌کند، در نهایت یک مقدار یا مجموعه از مقدارها را به عنوان خروجی تولید می‌کند. بنابراین طراحی پارامتریک زیرگروه اصلی طراحی الگوریتمی و دقیقاً بر مبنای یک ساختار الگوریتمی است و در واقع هیچ تفاوتی بین سیستم‌های الگوریتمی و پارامتریک نیست. با این وجود، برخلاف طراحی الگوریتمی، سیستم‌های پارامتریک بر به کارگیری صریح و مستقیم پارامترها برای تغییر دادن محصول نهایی تأکید دارند، این در حالی است که سیستم‌های الگوریتمی در هر مرحله دست‌های از جواب‌های بهینه را به صورت تصادفی انتخاب می‌کنند تا به محصول نهایی برسند. (Dino, 2012)

جدول ۲: نتایج بدست آمده از نمونه موردی بررسی تجزیه و تحلیل شده معماری پایدار انرژی در ساختمان‌های دیجیتال

عنوان پروژه	سال	محل پروژه	تصاویری از پروژه	رویکردهای طراحی
برج دیجیتال مدیا سیتی	۲۰۱۵	کره جنوبی		برج دیجیتال مدیا سیتی Seoul Light Digital Media City Tower ، واقع در پایتخت کره جنوبی، نشان دهنده تلفیقی از تکنولوژی و توسعه پایدار است که هسته اصلی طراحی این گونه ساختمان های بلند را تشکیل می دهد. برج های بادی نصب شده بر تاج سازه بنا با هوایی که از طریق آتریوم به سمت بالا حرکت می کند، به حرکت در می آیند و گیاهان در حال رشد درون برج، همانند ریه های یک موجود زنده، جهت ایجاد گردش هوا و تصفیه آن ایفای نقش می کنند. پیش بینی می گردد میزان انرژی مصرفی ساختمان تا ۶۵٪ کاهش یابد.
مشخصات				Location: Seoul, South Korea
				2009-2015
				Number of Stories: 133
			Skidmore,Owings & Merrill (SOM)	
			Service: <u>Architecture</u> , <u>MEP</u> , <u>Structural</u>	
- استفاده از طراحی الگوریتمیک				



سیستم های پارامتریک اساسا بر مبنای اصول الگوریتمی هستند. قدرت الگوریتم ها در توانایی حل کردن طیف وسیعی از مشکلات محاسباتی ، شامل و نه محدود به چینش و جستجو ، عملیات های ساختار اطلاعاتی ، مشکلات ترکیبی و مشکلات عددی (مسائل عددی شامل تولید تصادفی اعداد و ژئومتری محاسباتی نهفته است . از لحاظ جریان کاری دستورالعملی ، ۳ دستورالعمل پایه کنترلی که از عملیتهای پایه استفاده می کنند شامل ؛ توالی (اجرای دستورالعمل ها به طور پشت سر هم و به ترتیب) ، انتخاب (انتخاب این که چه دستورالعملی بر اساس ساختار شرطی اگر _ آنگاه اجرا شود) و تکرار (تکرار کردن دستورالعمل ها به صورت خطی) می باشند. الگوریتم ها می توانند به طور محاسباتی تولید شده و هویت های طراحی مثل شکل ژئومتری ، متغیرهای طراحی و ساختارهای اطلاعاتی که حاوی گونه های عددی یا ژئومتری هستند ، بیان ریاضی و عملیات های ریاضی ، را متحول کنند. این سطح کنترل روی طراحی یک محیط مدل سازی سه بعدی به طراحان یا برنامه نویسان امکان می دهد تا میزان فعالیت را افزایش داده یا شرایط خاصی را ارزیابی کنند و پاسخ مناسبی برای آن بیابند. پس یک الگوریتم میتواند به طور موثری با پیچیدگی های طراحی بسیار فراتر از فرم با دقت روبرو شده و آنها را به ویژگی های معماری ترجمه کند. طراحی پارامتریک یک زیر شاخه از طراحی الگوریتمی است و شدیداً بر اساس ساختار الگوریتمی بنا شده است . اگر محاسباتی بخواهیم سخن بگوییم ، هیچ تفاوتی میان سیستم های الگوریتمی و پارامتریک نیست ، الگوریتم ها به طور پیش فرض بر اساس پارامترها کار می کنند و بخش بنیادین یک سیستم پارامتری یک خود الگوریتم است که به آن تعریف یا طرح گفته می شود . (DINO , 2012)

۴- پیشینه معماری پارامتریک

امروزه نام طراحی پارامتریک را در تعداد زیادی از مجلات و کتابهای به روز هنر و طراحی دیده میشود. با وجود این واقعیت که طراحی به کمک کامپیوتر و تاثیرات آن بر روش شناسی طراحی اخیراً توجه های زیادی را هم در زمینه آکادمیک و هم حرفهای به سوی خود جلب کرده است. ایده نرم افزارهای طراحی پارامتریک ایده ی جدیدی نیست. در واقع نیاکان نرم افزار مدرن اتوکد که Sket chpad نامیده میشود. در سال ۱۹۶۳ توسط ایوان ادوارد شاترلند برای رساله ی دکتری در انستیتو تکنولوژی ماساچوست توسعه یافت که اساس آن بر مبنای سیستمهای پارامتریک بود. فراسوی کانسپت طراحی پارامتریک و برنامه دهی محصول محور آن شاترلند روشی را برای شبیه سازی انسجام فیزیکی برای کمک به فرایند طراحی پیشنهاد داد. توسعه اخیر محیط های برنامه دهی محصول محور از قبیل نرم افزارهای فرایندی و بازرگانی McNeel's Grosshopper و Bentley's Generative Components دستورها و عملکردهای برنامه دهی آنها تاثیرهای زیادی را در این زمینه داشته است و منجر به نوزایی پارامتریک (رسانس پارامتریک) شده است. (Mückenheim and demel, 2012)

۵- تاریخچه و مفاهیم واژه ((پارامتر))

نخست اینکه ، عبارت ((طراحی پارامتری))، با کار کلی طراحی برای تطبیق با ((پارامتر ها)) ارتباط دارد. بر اساس فرهنگ نامه رسمی ، واژه ((پارامتر)) به داده ای ارجاع دارد که بر یک وضعیت اثر میگذارد. (RAE, 2010) ولی ما میدانیم که همه پروژه های ساختمانی با شرایط بیرونی تعریف میشوند. لذا این تعریف به خوبی نقش ویژه پارامتر را در طراحی معماری مشخص نمیکند. همچنین برای پارامتر یک معنی ریاضی وجود دارد که به دامنه ای از مقادیر ارجاع دارد . این مفهوم توسط جوزف - لویی لاگرانژ در سال ۱۷۷۴ معرفی شد تا بعضی از معادلات دیفرانسیلی که از متغیر های اضافی استفاده میکنند را مشخص کند . (Negron, 2002) و بعدها در هندسه تحلیلی ، برای منحنی های پیچیده بکار رفت . در آمار این واژه برای توزیع داده ها بکار میرود و شاخه ای از آن رشته را مشخص میکند : « آمار پارامتری ». اغلب ، این واژه در معنی یک کمیت قابل تغییر بکار میرود و گاهی به محدودیت های یک عمل اشاره دارد ، این محدودیت میتواند هم عددی و کمی باشد و هم کیفی (مانند عادات یا رفتار) . پس میتوان گفت ، معنی پارامتری ، معنایی بینابین ریاضی و اجتماعی دارد و عمدتاً با یک



متغیر قابل اندازه گیری پیوند دارد. استفاده از این اصطلاح در طراحی محاسباتی در دهه هفتاد، با پیدایش روشهایی برای رسم منحنی ها با استفاده از معادلات پارامتری و بر پایه کار مهم استیو کونز (steve coons) پدید آمد. در این زمان، استیو کونز تعریف سطوح کج را با تقسیم مساحت‌های پیچیده برای منحنی های چهار لبه ای توسط معادلاتی مشابه و منظور آسانتر کردن عملیات، پیشنهاد کرد. (Coons, 1967)

۶- معانی واژه « پارامتری » در اسناد معماری

برای اولین بار، استفاده از ویژگی پارامتری طراحی دیجیتال در معماری توسط مارک گروس (Mark Gross) بیان شد که اعلام کرد طراحی پارامتری برای توسعه شکلهای متغیر معمولی، سودمند هستند (Gross, ۱۹۹۰). او در پایان نامه دکترایش در سال ۱۹۹۰، طراحی ساختمان ها با محدودیت های فرمال و اقتصادی را پیشنهاد کرد و عمدتاً به بحث درباره چینش و فاصله گذاری میان شکلهای منظم پرداخت (Gross, ۱۹۸۶). کمی بعد، هاینریش شنوئد (Heinrich Schnoedt) در سال ۱۹۹۱، یک بحث گسترده درباره معانی طراحی پارامتری، بر پایه انعطاف پذیری شکلهای در نرم افزار های طراحی، مطرح کرد. او در این بحث درباره جنبه های شناختی و عملیاتی در فرایند طراحی، این ظرفیت را به صنعتی شدن و امکان از پیش ساختن اجزا ربط داد. همچنین، او این را به نمونه های اولیه یا نمونه های بارز فرهنگی ساختمانهای سنتی مرتبط دانست که اصالت آفرینشهای معماری را به چالش میکشند. (Schnoedt, ۱۹۹۱). پس میتوان نتیجه گرفت طراحی پارامتری یا به خاطر ویژگی های هندسی به کار میرود و یا بخاطر ظرفیتهای حرفه ای که میتواند ایجاد کند. لذا، جا دارد که بعضی از نخستین کارهایی که در آنها از طراحی پارامتری بهره گرفته شد را بازبینی کنیم زیرا شاید آنها ویژگی های اساسی این تکنیک و به کار گرفتن حرفه ای آن در معماری را نشان دهند.

شکل ۱: طرح دیجیتالی بخش های از خانواده مقدس



ماخذ: (serrano et al, 1993)

۷- سیستم های تولید طراحی

طراحی معنای دو گانه ای دارد که به طور همزمان به معنی طراحی یک شی (طراحی به عنوان یک فعالیت) و شی طراحی شده به عنوان محصول نهایی عمل طراحی (طراحی بعنوان یک مصنوع) دلالت دارد. تمیز این دو معنی پایه و هسته مرکزی سیستم های تولید طراحی است: یک سیستم تولید طراحی یک سیستم زاینده است که محصول نهایی طراحی را به طور دقیق مشخص نمی کند اما به جای آن یک مرحله بالاتر می رود و فرایند ساخت یا طراحی را برای رسیدن به محصول رمزگشایی می کند. بنابراین سیستم های تولید طراحی، آرایش یا سازمان را مقدم بر شکل ظاهری می دانند که این نشان دهنده ی تغییری اساسی از مدل سازی یک شی طراحی شده به مدل سازی یک منطق طراحی است سیستم های تولید طراحی نیازمند یک سری مشخصه های قابل اندازه گیری است که فضایی برای بررسی آلترناتیوهای مختلف و خلاقانه در فرایند طراحی را ایجاد می کند. از طرفی دیگر سیستم های تولید طراحی نماینده ای از عملیات طراحی و هوش انسان طراح را



به ماشین تولید طرح می فرستند و سیستم طراحی با کمی خودمختاری طرح را تولید می کند. اگرچه این به این معنی نیست که سیستم تولید طراحی دقیقاً خود طراح است. بلکه انسان طراح قسمتی از هوش کاربردی خود را رمز گشایی کرده و به عنوان ماده ی پایه وارد مولد می کند تا به نتیجه مطلوب تر برسد و یا مشکلات طراحی را کمتر کند. این مشخصه ها می توانند قوانین ، محدودیت ها ، وابستگی های عددی و ساختارهای اولیه باشند. در حقیقت ، منطق تولیدی چیز پیچیده ای نیست اما برای طراحی معماری مقوله ای نو و جدید است.

۸- نحوه عملکرد سیستم های تولید طراحی و تقسیم بندی آنها

فرایند شکل گیری یک سیستم تولید طراحی چهار فاکتور اصلی نیاز دارد. شرایط ، محدودیت ها و متغیر های اولیه به عنوان ورودی ، یک مکانیسم تولیدی (قوانین ، الگوریتم و ...) ، عمل تولید گزینه های مختلف و مرحله چهارم انتخاب بهترین گزینه بعنوان خروجی. محصول حاصل از طراحی قبل از مرحله چهارم صورت خارجی به ود نمی گیرد. بنابراین سیستم تولید طراحی به عنوان یک سیستم فرایند تولید در نظر گرفته می شود و نه نماینده ای از طراحی. در واقع قوانین تولیدی که طرح را شکل می دهد و تکنیک های دیجیتال ، در ذهن و ادراک طراح کامل می شوند و با بکارگیری ساخت محاسبه ای و دقیق تبدیل به یک معماری می شوند. بنابراین معماری دیجیتال برای خلق طرح های جدید و خلاقانه تا حد زیادی وابسته به توانایی های ادراکی و تحلیل طراح است (Kolarevic, 2003). سیستم های تولیدی را می توان به دو دسته تقسیم کرد : سیستم های زبانی و سیستم های زیستی ، یک سیستم زبانی سیستمی بر پایه قواعد دستوری اما به شکل فرمال است که در آن ترکیبی از دستورهای محاسبه ای اجرایی حکم فرمایی می کند و طرح را شکل می دهد. خاصیت محاسبه ای سیستم های تولید زبانی خود را در شکل های دستوری و قواعدی که فرم را میسازند نشان می دهد. شکل های دستوری یک سری دستورات اصلاحی و تغییری روی شکل اولیه ی خام اعمال می کنند و در پی این فرایند یک طرح مرکب و پیچیده شکل می گیرد. براساس گفته نایت شکل های دستوری ، توصیفی و تولیدی هستند در پروسه ای که طی آن قوانین اصلاحی و تغییری هم فرم و شکل طرح تولیدی را توصیف می کنند و هم طرح ها را محاسبه و تکمیل می کنند. از طرفی دیگر سیستم های طراحی زیستی برنامه تولیدی متفاوتی را دنبال می کنند که طی آن طبیعت و اورگانیسم های پیچیده ی زیستی را به عنوان ماده خام انتخاب کرده و قواعد خود را که برنامه استخراج از طبیعت و تغییر و جابجایی در آن است را اعمال کرده و به فرم معماری می رسانند (Hensel et al., 2010).

۹- سیستم طراحی مولد در معماری

سیستم های تولید طراحی نیازمند یک سری مشخصه های قابل اندازه گیری است که فضایی برای بررسی آلترناتیوهای مختلف و خلاقانه در فرایند طراحی را طراحی ایجاد می کند. از طرفی دیگر سیستم های تولید طراحی نماینده ای از عملیات طراحی و هوش انسان طراح را به ماشین تولید طرح می فرستند و سیستم طراحی با کمی خودمختاری طرح را تولید می کند. البته این به معنی نیست سیستم مولد ، خود یک طراح است بلکه شخص طراح یک سری دستور و کد را به صورت هوشمندانه به آن می دهد تا یک سری از وظایف خاص طراحی را انجام دهد و مسائل را حل کند. این مشخصات می تواند قوانین ، محدودیت ها و وابستگی های پارامتریک ، ساختار ژنتیک ، موضوع های پایه ای و ... باشد. منطق مولد موضوع پیچیده و خاص نیست اما برای طراحی و معماری جدید است. پنج اصل لوکوربوزیه ، پروسه قابل تکثیر تزئینات فلورال سالیوان ، معماری نئوکلاسیک ژین - نیکولاس - لوئیس دوراند از نمونه های آنالوگ سیستم مولد هستند (Khaldi, 2007). تأکید روی فرایند ، روند و همچنین تصور فرم مصنوع پیش از تولید است که قوانین مولد معماری را از ضروریات روش الگوریتمی مطرح می کند. پروسه شکل گیری به صورت مولد به چهار عنصر نیاز دارد : فرضیه های ابتدایی و پارامترها (داده های ورودی) ، مکانیسم مولد (قوانین و الگوریتم و ...) ، فعالیت تولید متغیر ها (داده های خروجی) و مرحله آخر انتخاب بهترین متغیر



طراحی مصنوع است که تا مرحله ی چهارم صورت نپذیرد مادیت پیدا نمی کند . بنابراین سیستم مولد بیشتر به عنوان یک سیستم تولیدی در نظر گرفته می شود تا یک روش ارائه و سه بعدی سازی ، نقش مولد در تکنیک جدید دیجیتال توسط طراح انجام می شود که به صورت همزمان تفسیر و دستکاری در محاسبات ساخت صورت می پذیرد . ظرفیت معماری محاسباتی دیجیتال در تولید طراحی نو و جدید ، بستگی زیادی به توانایی ادراکی و شناختی طراح دارد . (Kolarevic,2003) سیستم های مولد تقریباً در دو دسته طبقه بندی می شوند : زبانی و زیستی (Dino,2012) . یک سیستم زبانی سیستمی بر پایه قواعد دستوری اما به شکل فرمال است که در آن ترکیبی از دستورهای محاسبه ای اجرایی حکم فرمایی می کند و طرح را شکل می دهد . خاصیت محاسبه ای سیستم های تولید زبانی خود را در شکل های دستوری و قواعدی که فرم را میسازند نشان می دهد . شکل های دستوری یک سری دستورات اصلاحی و تغییری روی شکل اولیه ی خام اعمال می کنند و در پی این فرآیند یک طرح مرکب و پیچیده شکل می گیرد . سیستم طراحی مولد زیستی از طرف دیگر ، استراتژی مولد مختلفی را اتخاذ می کند که طبیعت و ارگانیزم زنده را به عنوان الگو می گیرد و قوانین آنرا در شکل دادن به فرم معماری اعمال می کند (Hensel,2010) .

۱۰- سیستم طراحی پارامتریک

سیستم های پارامتریک بر پایه قواعد الگوریتمی عمل می کنند. یک الگوریتم مجموعه ای محدود از دستورالعمل ها برای رسیدن به هدفی خاص است. یک الگوریتم یک مقدار یا دسته از مقادیر را بعنوان ورودی می گیرد. تعدادی مراحل قابل اندازه گیری را نمایش می دهد که ورودی تبدیل می کنند یا تغییر می دهند و در نهایت یک یا چند مقدار به عنوان خروجی تولید می کند. دستورالعمل های سرهم کردن اسباب بازی ها ، وسایل و دستورالعمل های آشپزی فرم های ساده تری از الگوریتم ها هستند. که بطور مثال قطعه های اسباب ، وسایل یا مواد تشکیل دهنده ی غذا به عنوان ورودی ، ابزار و اساسیه ی کامل شده یا غذا به عنوان خروجی آنها محسوب می شود و پروسه ی سر هم کردن یا دستور آشپزی روند و دستورالعملی هستند که تا حصول به محصول نهایی دنبال می شوند. قدرت الگوریتم ها در قابلیت حل مشکلات قابل اندازه گیری متعدد شامل و نه محدود به دسته بندی و جست و جو ، عملیات های مربوط به پیکره بندی اطلاعات ، حل مشکلات ترکیبی ، عددی از جمله تولید اعداد تصادفی و هندسه قابل اندازه گیری است (cormen , 2001) . سه دستورالعمل اصلی کنند که عملیات های اساسی را اجرا می کند. به ترتیب عبارتند از مرتب کردن (نمایش دستورالعمل ها به ترتیب) انتخاب (انتخاب کردن دستورالعمل برای نمایش بر اساس شرایط و پس از آن توضیحات) بازگویی (تکرار دستورالعمل ها به صورت خطی یا بازگشتی) (chang, 2003). تفکر الگوریتمی و طراحی الگوریتمی ارتباط زیادی با مفهوم تولید طراحی دارد. ترزیدیس مطرح می کند که استراتژی قیاسی و استنتاجی الگوریتم ها دستورالعمل هایی ارائه می دهد که به وه آن ها مسائل پیچیده شبیه سازی شوند. الگوریتم ها میتوانند به عنوان الحاقی برای ذهن انسان به منظور بسط و گسترش آن به کار روند و دستیابی به پتانسیل غیر قابل پیش بینی مغز انسان را تسهیل می کند. بری اصول موثر بر طراحی را سرعت ، قابلیت باز تولید و استفاده از طراحی کنترل شونده برای اجتناب از محدودیت های مدل های جعبه سیاه معرفی می کند . الگوریتم ها می توانند به صورت تکرار شونده ، عناصر اصلی نظیر فرم هندسی ، متغیر های طراحی ، ساختار داده ها را تولید ، اصلاح و از نظر کمی ارزیابی کنند. از جمله فرم هندسی ، متغیر های طراحی ، ساختار داده ها که شامل مشخصه های شمارشی یا هندسی می شوند ، عبارت ها ، عملیات ریاضی و عملیات استدلالی ، که این میزان کنترل طراحی در یک محیط مدل سازی مجازی به طراح اجازه می دهد که عملکرد را گسترش دهد و وضعیت های مختلف را ارزیابی و قضاوت کند . از این رو از طریق یک الگوریتم می توان به طور موثر و دقیق جزئیات معماری را تعیین نمود . طراحی پارامتریک زیر مجموعه ای از طراحی الگوریتمیک می باشد و اساساً بر پایه ساختاری الگوریتمی است (Burry , 2011).



۱۱- قابلیت اجرای طرح در سیستم طراحی پارامتریک

ظهور ابزارهای طراحی کامپیوتری در معماری منجر به مفهوم جدید ایستایی شد که ازاد از هندسه اقلیدسی است و اشتیاق آزمایش نامحدود روی فضاها فرم‌های طراحی سیال را ممکن می‌سازد. ابزارهای کامپیوتری و محاسباتی به طور اشتباه با این گرایش مشخص شده‌اند که فقط برای تولید فرم به آنها اعتقاد دارند و در بهترین حالت خود مجسمه ساز هستند. هر چند طراحی فقط خلاقیت نیست بلکه یک فعالیت معقول و منطقی است که همچنان به ایستایی و عملکرد به اندازه زیبایی در اصطلاح ویترووین، پاسخگو باشد. شیوه‌ای از طراحی که فرم نسبت به کارکرد در اولویت است منجر به فرمی می‌شود که غیر قابل ساخت غیر معمول است در نتیجه در دام دنیای دیجیتال می‌افتد. چنین مرتبه‌ای از روش شناسی طراحی خود ارجاع است و در آن به بستر طراحی مانند سایت، نیازهای مالک، استفاده کنندگان، عملکرد، محیط، ارگونومی و کارایی توجهی نمی‌شود. جایی که به کارایی و به فرم با هم توجه می‌شود محدوده خیلی وسیعتری از فاکتورهای خارجی حین طراحی باید مد نظر قرار گیرد. معماری باید یک فرم ساده را در بستر چندگانه و محل قابل اجرا، اجرا کند و اعوجاج‌های فرمال به هدف یا ارتباط فرهنگی نیاز دارد (Meredith, 2008). مدلینگ پارامتریک پتانسیل خیلی خوبی در نمایش موضوع‌های قابل اجرا در معماری دارد. قواعد طرح قابل اجرا می‌تواند به صورت الگوریتم فرایند اولیه طراحی ادغام شود جایی که ایده‌های طراحی و کروکی‌های اولیه زده می‌شود یا در مراحل بعدتر در حین طراحی جزئیات در نظر گرفته می‌شود و به تبدیل ایده و کروکی‌های اولیه به طرح قابل اجرا کمک می‌کند. استادیوم آویوا در دوبلین ایرلند و پوشش مرکز اجرای هنر کیلدن در نروژ، دو نمونه‌ی کار از این دو روش هستند. در مرکز اجرای هنر کیلدن تعدادی ضوابط وجود داشت که منجر به استفاده از روش الگوریتمیک پارامتریک می‌شد: شامل محدودیت بودجه، سهولت ساخت، تعداد تیرهای چوبی که به سیستم سازه‌ای استیل ساختمان متصل می‌شود (Scheurer, 2011).

۱۲- ارائه طرح در روش مدلینگ پارامتریک

ویرایش بخش خارجی یا پوسته فرم معماری، همیشه به عنوان یکی از مؤلفه‌های بسیار سخت در بالا بردن شناخت و کشف طرح است. آکین می‌گوید: «معماری دامنه اشباع شده از مسائل و مشکلات ارائه است و به دو روش متمایز ارائه در طراحی اشاره می‌کند: آنالوگ و سمبلیک (Akin, 2001). آنالوگ شامل: ترسیمات، کروکی‌ها، مدل‌های فیزیکی و الکتریکی که تشابه زیادی به واقعیت دارند که آنها را در معرض ارزیابی از نظر اهمیت کارکرد طرح مانند ترکیب، تناسب با بستر و قابلیت اجرا قرار می‌دهد. ارائه‌ی سمبلیک به صورت توصیف فیزیکی یا ریاضی مرتبط با معرفی عملکرد مانند تبادل گرمایی، نور، توزیع صدا و... است. سیستم پارامتریک می‌تواند به عنوان ابزاری ما بین دو روش ارائه‌ی سمبلیک و آنالوگ در نظر گرفته شود، اطلاعات اولیه راجع به فرم را می‌گیرد و معلوماتی در مورد شکل گیری کارکرد در تعریف الگوریتم و پارامترها اعلام می‌کند. بنابر این ابزار طراحی پارامتریک جنبه‌های چندگانه را در طراحی فضا به کار می‌گیرد. از یک طرف، مدل سه بعدی وجود دارد که مدل هندسی را نمایش می‌دهد (analogic) و از طرف دیگر یک ویرایش گر وجود دارد که به طراح اجازه می‌دهد تا الگوریتم را به صورت کد وارد کند یعنی همان طرح. این ویرایش گر هم متنی و هم بصری است. ویرایشگر بصری طرح (مانند پلاگین Grosshopper3D برای Rhinoceros اثر مک نیل یا generative Components اثر بنتلی) به دلیل نیاز به دانش فنی کم در زمان برنامه نویسی، استفاده گسترده‌ای پیدا کرده است. در اینجا، طرح بر اساس نقشه‌های سازه بنیاد شده است. جایی که در نقشه، گره‌ها مؤلفه‌های هندسه‌ای یا پارامترها و لبه‌ها مسیر تبادل داده‌های یک طرفه هستند. اخیراً توجه زیادی به شیوه‌ی مدلینگ پارامتریک در حال ظهور است این دلیل اصلی ظهور ابزارهای مدلینگ پارامتریک است که پیچیدگی الگوریتمیک رابطه‌های پارامتریک را پشت رابطه‌های بصری برنامه نویسی پنهان می‌کند بنابراین لزوم مهارت فنی برای بکار بردن محاسبات را پایین می‌آورد و به گستردگی استفاده از آن در طراحی معماری کمک می‌کند. هرچند کاربرد سطحی و بدون پشتوانه قواعد، تهدیدی برای استفاده درست این ابزار طراحی به شمار می‌آید. بنابراین ضروری است که برخی از تصورات غلط



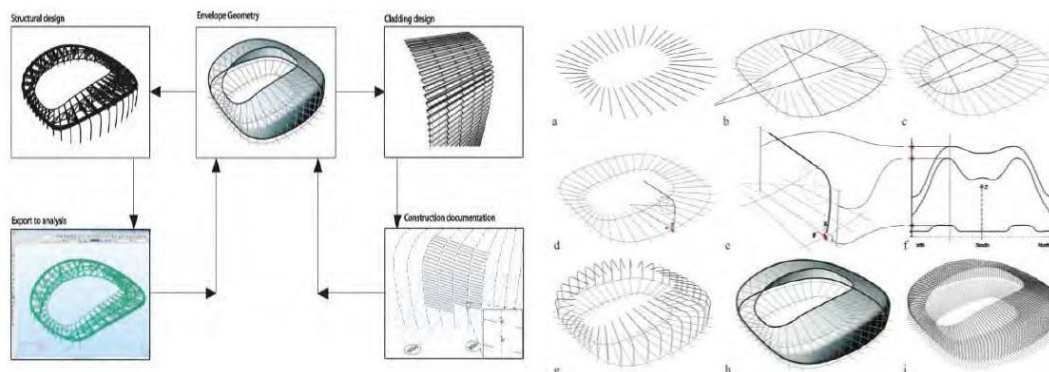
و اشکالات در مورد شیوه ی مدلینگ پارامتریک به عنوان ابزار مولد شرح داده شود تا قادر به فهم کامل پتانسیل های ان شویم. شوماخر در مقاله معروف خود به طراحی پارامتریک اشاره میکند که به عنوان یک سبک شناخته شده است که در بخش معماری آوانگارد به بلوغ رسیده است. ابداع کلمه ی پارامتریسم به عنوان ظهور اسلوب جدید در اصطلاح معماری که پاسخی معتبر و پایدار را به بحران های بر آمده از مدرنیسم که منجر به ۲۵ سال جست و جوی سبکی شده است عرضه می دارد. (Schumacher, 2009)

جدول ۳: نتایج بدست آمده از نمونه موردی بررسی تجزیه و تحلیل شده معماری پایدار انرژی در ساختمان های دیجیتال

عنوان پروژه	سال	محل پروژه	تصاویری از پروژه	رویکردهای طراحی
برج تجاری و اداری هرست	۲۰۰۶	نیویورک		برج هرست Hearst Tower نخستین ساختمان اداری تجاری سبز در نیویورک است؛ این ساختمان از سوی شورای ساختمان سبز ایالات متحده "United States Green Building Council" نشان طلایی LEED Gold Medal را دریافت کرده است. ۸۵٪ فولاد بکار رفته در ساخت این بنا از نوع بازیافتی است. بدنه ی ساختمان روشنایی طبیعی دارد و درعین حال از بازتابش اشعه ی خورشید ممانعت می کند که این خود سبب گرم شدن ساختمان می شود. مصرف انرژی در این برج، ۲۲ درصد نسبت به یک ساختمان استاندارد اداری کمتر است.
مشخصات				Location: New York city, USA Architect: Foster and Partners Structural Engineer: WSP Cantour Seinuk Floors: 46 Height: 182 m Project Year: 2003-2006
- استفاده از طراحی الگوریتمیک				



شکل ۲: فرایند طراحی پارامتریک استادیوم آویوا در دوبلین، ایرلند



ماخذ: (DINO, 2012)

۱۴- برخی از ویژگی‌های معماری پارامتریک

پوشش پوسته ای (Envelope-Skin)	نرمی و سیالیت (Fluidity-Smoothness)
ساخت دیجیتالی (Digital Fabrication-CAD/CAM)	طراحی بر اساس ریز اجزای مشابه (Component Based Design)
الگوهای تکرار شونده نقشه ها، بافت ها، عکس ها	پاسخگویی (Responsiveness)
(Texture mapping-Patterning)	سازگاری (Adaptation)
پیچیدگی های ذاتی سیستم ها (Complexity-Natural Systems)	تغییر تدریجی اجزا (Versioning-Differentiation)

ماخذ: نگارنده

۱۵- آنالیز روش طراحی در معماری پارامتریک

برای تشخیص دادن روش های طراحی که توسط معماران نوآور استفاده می شوند یک آنالیز روی بخش های مختلف معماری نوین لازم بود که انجام شود. ساختمان ها به دلیل نتایج زیبایی شناختی شان مورد انتقاد قرار نمی گرفتند - آن ها به نحوی ارزیابی می شوند که شکل ژنریک خلاصه هر ساختمانی با اشکال ۲ بعدی آنالیز شده و انواع تغییر شکل ها روی این اشکال اعمال شده و علاوه بر آن ارتباط میان آنان نیز ضروری بود. تغییر دهندگان شکل و فرم پایه برای ساده کردن این دستور کار استفاده می شدند. این دستورالعمل بطور گسترده ای به عنوان یک روش طراحی مخصوصا برای اطلاعات معماری که از میان آنان می توان بطور مثال به مدلسازی زیر واحدی اشاره کرد که بیشتر برای گرافیک های کامپیوتری، مدلسازی کارکتر و غیره استفاده می شود استفاده می شده است. این مدل بر اساس تکرار است و شکل پایه دو بعدی هر بار قبل از اجرای تغییر شکل هایی اعمال می شود. سیستم های مختصاتی کارترین نیز استفاده می شود. زمینه فیزیکی با سطحی که توسط محور های X و Y تعریف می شود نمایش داده می شود در حالیکه محور Z رو به بالا و نسبت به سطحی که محور های X و Y تعریف میکنند تعریف میشود. تغییر دهندگان پایه تغییر شکل ها روی منحنی های تولید شده اعمال می شوند. این توابع شامل حرکت، چرخش و مقیاس پذیری هستند. تابع حرکت (move) مسئول انتقال و جایگیری مجدد عناصر از یک نقطه در فضا به یک نقطه دیگر است. تابع چرخش (Rotation) مسئول چرخاندن عناصر حول محور چرخش است. مقدار چرخش و محور آن توسط کاربر تعریف می شوند. تابع مقیاس (scale) مسئول افزایش یا کاهش اندازه عناصر بر اساس عوامل مقیاس پذیری



است. مقیاس دهی می تواند در امتداد هر ۳ محور جهت یا فقط به یک جهت انجام شود. در این گونه موارد اندازه عنصر بطور غیر منظم تغییر می کند و آن را تغییر شکل می دهد. تغییر دهندگان تغییر شکل پیشرفته ای مثل Twist، Taper و غیره هم وجود دارند که در حال آنالیز شدن به تابع های ساده تری هستند، نهایتاً ترکیب مناسبی از تغییر دهندگان تغییر شکل بدست آید. (Kourkoutas, 2007)

۱۶- ماهیت مسائل طراحی پارامتریک

در طراحی پارامتریک بهترین پاسخ همیشه برای مسئله های طراحی مناسب نیست، بلکه طراحان همواره دستهای از راه حل های بهینه و رضایت بخش را میخواهد. طراحی پارامتریک یا الگوریتمی، راهکارها و روشهایی را برای حل مسائل well defined و ill defined طراحی میکند و راهحلهای متعددی را برای آنها در نظر میگیرد. (DINO, 2012) بسیاری از معماران آزمایش گرا با الهام از نظریه های علمی جدید مانند تئوری بی نظمی (که سیستمهای دینامیکی طبیعت را مطالعه میکنند و بیشتر چگونگی انتقال این سیستمها به معماری مطالعه شده بوده)، در جست و جوی یک روش جدید طراحی برای مطالعه مسائل پیچیده هستند. برای معماری امروز یافتن فرم نو اورانه، هوشمند و پویا برای خدمت بهتر به الزامات طراحی پیچیده تر لازم است. (Zhang, 2012)

شکل ۳: نمونه هایی از طراحی هایی پارامتریک دانشگاه پنسیلوانیا



<http://www.biomimetic-architecture.com/2012/non-linear-systems>

۱۷- طراحی پارامتریک، شیوه و ابزار طراحی

باید توجه داشت که در طراحی پارامتریک، تنها پارامترهای کمی و عملکردی قابل تحلیل در ابزار دیجیتال هستند. اگر موضوعات اصلی مورد توجه در پارامتریسیسم را با نهضت مدرن مقایسه کنیم تشابهاتی قابل برداشت است. در جریان نقد نهضت مدرن از ناقص بودن مفهوم عملکرد، مدل ناقص طراحان از تعریف انسان و رفتار انسان، درک ناقص از رابطه میان انسان و محیط به عنوان کاستی های این نهضت یاد شده است. (عینی فر، ۱۳۹۱)

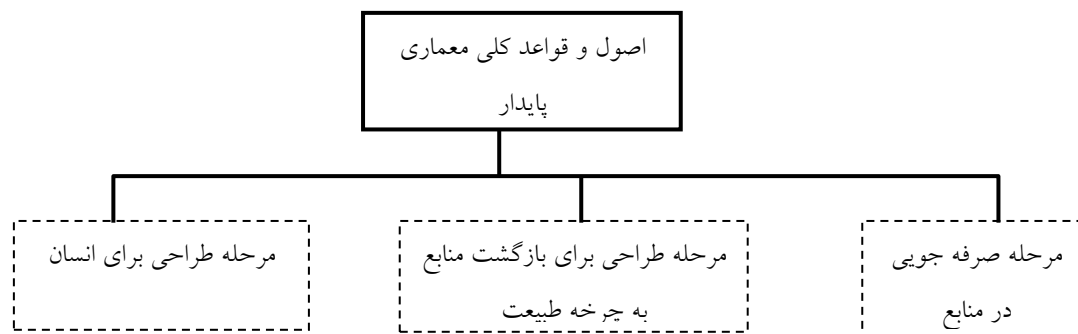
۱۸- طراحی پارامتریک و معماری پایدار

معماری پارامتریک در جستجوی سازگاری با محیط پیرامون خود است و با بهره گیری از تغییرات تدریجی فرم در فضای طراحی این موضوع را ممکن می سازد. معماری پارامتریک تلاش کرده تا با محیط زیست سازگاری پیدا کند و به سمت معماری پایدار حرکت کند. امکان انتقال پارامترهای محیطی و اقلیمی چنین امکانی را بوجود می آورد. بر این اساس در مرحله



دوم و براساس مولفه های اقلیمی و محیطی تحلیل صورت گرفته و در نهایت در مرحله سوم پاسخ ها در خروجی سیستم ظاهر می شوند (borong, ۲۰۱۳).

جدول ۴: اصول و قواعد کلی معماری پایدار



ماخذ: (تورانی، ۱۳۹۳، ص ۷۵)

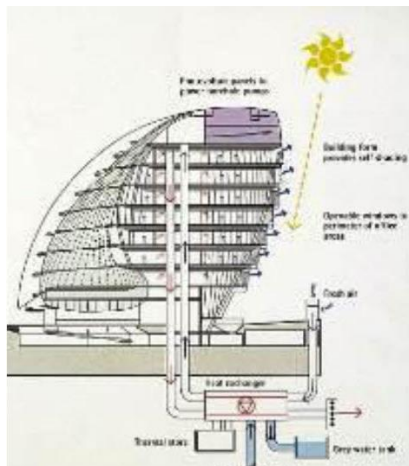
جدول ۵: نتایج بدست آمده از نمونه های موردی بررسی تجزیه و تحلیل شده معماری پایدار انرژی در ساختمان های دیجیتال

عنوان پروژه	سال	محل پروژه	تصاویری از پروژه	رویکردهای طراحی
برج بورس بالتیک	۲۰۰۴	لندن		این ساختمان، ششمین بنای بلند لندن است و طراحی شبیه به میوه کاج دارد که با کمک تکنیک مدل سازی پارامتری رایانه ای به دست آمده است؛ نخستین ساختمان بلند مرتبه ی سازگار با محیط زیست در لندن از لحاظ تکنیکی، معماری و اجتماعی، ساختمانی ساختار شکن و متهورانه به شمار می رود. ویژگی بارز این بنا، به کارگیری روشهای صرفه جویی انرژی است.
مشخصات				
ساختمان دارای ۴۱ طبقه و ۷۶۴۰۰ متر مربع زیر بنا				
Swiss Re Headquarters London, UK Norman Foster + partners 1997-2004				

از تالار شهر لندن می توان به عنوان یکی از نمونه های مطرح این ارتباط میان طراحی پارامتریک و معماری پایدار یاد کرد. نورمن فاستر در واقع ساختمانهای عمومی و دولتی را به محلی برای تحقیق و نوآوری با هدف احداث سازه هایی با حداقل میزان انتشار گاز کربنیک در آورده ، توجه به این واقعیت ریاضی و هندسی که یک کره ۱۸ درصد سطح دیوار کمتری از یک فضا با دیوارهای تخت و مساحت مساوی دارد، میزان تابش نور و گرمای خورشید بر سطح سازه کاهش محسوسی یافته است از دلایل شکل خاص این بنا است . ضمناً مایل بودن نمای سازه به سمت جنوب درحالیکه بعضی طبقات انگار از روی هم لغزیده و جابجا شده اند در این کاهش سطح برخورد با اشعه خورشید موثر است.



شکل ۴: نحوه ارتباط تالار شهر لندن با شرایط محیطی اطراف (فاستر و همکاران)



از آنجایی که قرار بر بهینه سازی و رسیدن به طرحی بود که همه جوانب سازه ای، اقلیمی و ... را رعایت کرده باشد، گروه مدل سازان، مدلی دیجیتالی تولید کرد که در آن یک چند ضلعی محاط بر کره مبنا تعریف شده بود و در این مرحله، به پرسش هایی در خصوص نوع فرم پاسخ داده شد و در نهایت، یک فرم پارامتریک تعریف شد و طرح از نظر انرژی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. این تحلیل ها توسط شرکت اروپ انجام شد یکی از نتایج در این تحلیل، تعیین ناحیه رأس حجم، به عنوان محل نصب صفحات فتوولتائیک بود. همان طور که مشخص است از طراحی پارامتریک می توان در راه رسیدن به طرح های پایدار و همسو با اقلیم بهره گرفت. اطلاعاتی همچون جهت تابش خورشید، رطوبت، شدت و جهت باد به شکل الگوریتم در ورودی طراحی قرار می گیرد و تحلیل و نتیجه، بهترین پاسخهای فرمی را با توجه به نیاز طراح، ارائه می کنند. همچنین می توان از معماری واکنشی نیز در جهت پایداری بهره جست در این حالت طرح ها نسبت به عوامل محیط واکنش نشان داده و تغییرات لازم را جهت فراهم نمودن شرایط آسایشی محیا می کنند. برای مثال سایبان هایی که با تغییر جهت تابش آفتاب، تغییر جهت دهند و مواردی از این دست. پیش از این وظیفه ی این تحلیل ها بر عهده انسان بوده است. اما سرعت و دقت انسان با ابزار دیجیتال قابل قیاس نیست. همچنین در این حالت طراح فرصت خواهد داشت بجای تحلیل و محاسبات عددی و عملکردی، زمان بیشتری را روی جنبه های دیگر طراحی تمرکز کند. طراحان در این روش با پیش بینی شرایط احتمالی، پاسخ های مناسب را از پیش مشخص می کنند. با تغییر شرایط و پارامترهای محیطی و دریافت آن ها توسط هوش مصنوعی، بلافاصله تغییرات لازم اعمال می شود.

۱۹- معماری و طراحی دیجیتال

طراحی دیجیتال عبارت است از، تهیه طرحی معماری با استفاده از برنامه های کامپیوتر معماران می توانند در زمان حقیقی واقعیت هایی را به صورت مجازی عینا تجسم بخشیده و ترسیم نمایند. تکنیک های طراحی دیجیتال با استفاده از الگوریتم های مختلف عبارتند از: الگوریتم تغییر شکل های زنجیره ای، الگوریتم میان یابی هندسی، فرآیندهای اتفاقی، الگوریتم ورونئی، الگوریتم جذب کننده و بالآخری استفاده از عملکردهای روی احجام. در معماری دیجیتالی فضا دارای ابعاد کیفیتی است. یعنی هندسه جای خود را به کیفیت های حسی با شدت و ضعف می دهد. بنابراین همه شاخصه های ادراک فضا با مقدار یا شدت یا توانالینه معرفی می گردند. این ویژگی با کدهای معینی به انسان انتقال می یابد و قابل برنامه ریزی هستند. (گلابچی و گرمارودی، ۱۳۹۱)



۲۰- تکنیکهای طراحی دیجیتال:

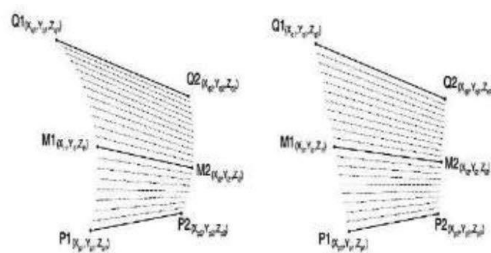
الف) میان یابی هندسی . ب) فرایند های اتفاقی . ج) استفاده از عملکرد های منطقی روی احجام فراکتال ها . د) تغییر شکل زنجیره ی

۱-۲۱ میان یابی هندسی :

در ریاضیات میان یابی روشی است برای تخمین زدن مقدار یک تابع در بین ۲ نقطه ی معلوم از تابع. همین تعبیر را میتوان در هندسه و فرم اشکال در نظر گرفت و در ترکیب دو شکل برای به دست آوردن خواص اشکال میانی، خواص شکلهای و نهایی را میان یابی کرد. ولی دو والد (شکل اولیه و نهایی) یکریخت باشند (مثل دو مربع با ابعاد مختلف)، تشخیص شکل فرزندان یا اشکال میانی کار ساده ای است، ولی وقتی ۲ والد یک ریخت نباشند (مثل یک مثلث و دایره)، به دلیل تنوع خاص در حین عمل میان یابی باید شیوه ی میان یابی و خواصی که باید تغییر کنند را انتخاب کرد. یک روش منطقی این است که در حین این تغییر سعی شود یکی از خواص اصلی هندسی یا ساختاری تا حد امکان حفظ شود. برای مثال اگر قرار است یک مربع به مستطیل تبدیل شود، با اضافه کردن یک راس دیگر روی یکی از اضلاع مثلث، میتوان خاصیت چهار ضلعی بودن را در دو شکل اولیه و نهایی یکسان کرد، تا در یافتن اشکال میانی تنها موقعیت هندسی نقاط را تغییر داد.

شکل ۵: نمونه میان یابی هندسی - تغییر تحولات یک فرم در ارتفاع

منبع: کتاب معماری دیجیتال (گلابچی و گرمارودی، ۱۳۹۱)



۲-۲۱ فرایند های اتفاقی:

اتفاق و تصادف به معنای روی دادن حالتی در نتیجه ی الگوریتم است که به دلیل نسبت دادن مقادیر تصادفی به بعضی از متغیرها در طول الگوریتم، قابل پیش بینی نیست. شیوه ی نسبت دادن یک مقدار تصادفی به یک متغیر که در اغلب زبانهای برنامه نویسی وجود دارد، به این صورت است که به جای آنکه به یک متغیر عددی ثابت اختصاص داده شود، عددی تصادفی در محدوده ی مشخص به آن نسبت داده میشود. در واقع محدوده تغییرات عدد تصادفی را برنامه نویس و طراح الگوریتم تعیین می کنند، ولی مقدار آن متغیر را کامپیوتر و یا پردازنده تعیین میکند.

۳-۲۱ استفاده از عملکرد های منطقی روی احجام:

عملگرهای منطقی هندسی برای کم و زیاد کردن احجام هندسی از هم استفاده میشوند، از دیدگاه نظری و در ریاضیات سه نوع عملگر منطقی اصلی به نام های AND, OR, NOT وجود دارد. در مورد احجام هندسی این سه عملگر، تبدیل به اشتراک، اجتماع و تفاضل دو حجم هندسی می شوند. با وجود این عملگرها هر بار روی دو احجام اجرا میشوند، ولی با ترکیب و تکرار آنها میتوان فرم های پیچیده ای تولید کرد.

۴-۲۱ تغییر شکل زنجیره ی:





با استفاده از تغییر شکلهای واحجام هندسی و اعمال تغییر شکلهایی بر روی آنها، می توان ریتم و نظم تدریجی تولید کرد. یکی از الگوریتم هایی که بر اساس تغییر شکل های زنجیره ای بنا شده اند و نمود آنها هم امروزه در معماری به ویژه معماری ساختمان های بلند به چشم می خورد، الگوریتم هایی هستند که در آنها هر طبقه از برج نسبت به طبقات قبلی دوران پیدا کرده است. اساس این الگوریتم ها ساده است، ولی می توان با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف صورت های پیچیده ی آن را نیز پدید آورد. نوع دیگری از تغییرات تدریجی ، تغییراتی هستند که یک فرم را به فرم دیگری تبدیل میکنند. تغییر تدریجی و به بیان دیگر دگردیسی فرایندی است که در آن یک شی به تدریج و با نظم خاصی تغییر می کند تا به فرم یا شکل دیگری تبدیل شود. دگردیستی یک تغییر وتحول تدریجی است که نتیجه آن تغییرات مشخصی در فرم ظاهری، ویژگی ها، وضعیت ویا عملکرد است. (گلابچی و گرمارودی ، ۱۳۹۱)

۲۲- سازه و ساخت

یکی از مهمترین مسائل مورد توجه در معماری پارامتریک ، توجه به الگوریتم های ساخت ، از ابتدای فرایند طراحی و درج این پارامترهای کنترل کننده در الگوریتم های طراحی است ، بطوریکه محصول تولیدی قابلیت ساخته شدن را داشته باشد. در واقع فرم طراحی شده می تواند از همان ابتدا تحت تاثیر فاکتورهای ساخت بوده تا هر گونه حرکت ، پیش یا خمش ، اندازه و یا موضوعی که ساخت آن را دچار مشکل می کند از آن حذف کند تا فرم نهایی بر مبنای این ملاک ها قابلیت ساخت را داشته باشد. پس از تحلیل و مشخص شدن نقاط قوت و ضعف ، تغییرات لازم جهت بهینه شدن طرح صورت می پذیرد. در صورت مدل سازی دقیق ، ابزار دیجیتالی توانایی تحلیل سازه های فوق العاده پیچیده را در مدت زمان کوتاهی داراست. البته باید گفت تنها سازه نیست که امکان تحلیل در سیستم را داراست . مصالح ، هندسه قطعات ، اتصالات و حتی فاکتور حمل و نقل ، می توانند به عنوان پارامتر های طراحی لحاظ شوند و روی طرح تاثیرگذار باشند. امروزه معماری پارامتریک پا فراتر از ابزار طراحی و تحلیل گذاشته و خود در ساخت نیز مورد استفاده قرار می گیرد .

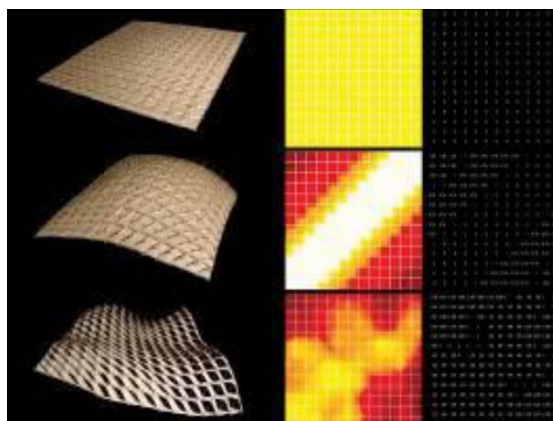
جدول ۶: نتایج بدست آمده از نمونه موردی بررسی تجزیه و تحلیل شده معماری پایدار انرژی در ساختمان های دیجیتال

عنوان پروژه	سال	محل پروژه	تصاویری از پروژه	رویکردهای طراحی
برج تجاری و اداری	۲۰۱۲	امارات		ویژگی بارز این برج ها پوسته ای متشکل از ۲۰۰۰ عنصر چتری شکل است که با کمک تکنیک مدل سازی پارامتری رایانه ای به دست آمده است؛ نمای برج های البحر با سامانه هوشمندش به عنوان پاسخی مطلوب به شرایط خورشیدی و نوری ، چیزی است که هرگز در این مقیاس در گذشته بدست نیامده بود. ضمن اینکه چهره بیرونی این پوسته ریشه در بافت فرهنگی منطقه دارد . - استفاده از طراحی الگوریتمیک
مشخصات				
برج های دوقلوی البَحْر در ابوظبی در ۲۹ طبقه به ارتفاع ۱۴۵ متر ارتفاع طراحی این برج توسط شرکت Architects Aedas و ساخت آن توسط گروه "الفطیم" صورت پذیرفته است.				



بلافاصله بعد از طراحی امکان انتقال اطلاعات به دستگاه های برش یا جهت تولید قطعات پیش ساخته وجود خواهد داشت . تیم های طراحی در فعالیتی مشترک میان معماران و مهندسان روند تحلیل ها را کنترل می کنند ویژگی های فیزیکی و رفتاری ، مواد و مصالح ، تبادل ماده و انرژی میان ساختمان و محیط پیرامون ، هندسه این مصالح و نحوه تفکیک و کنار هم چیده شدن آن به یکدیگر و به سازه و مواردی مانن این ، ملاک های مورد نظر معماران و تیم های طراحی در ساخت پروژه هاست . طراحی در یک چرخه تکرار شونده انجام می گیرد تا در نهایت نتیجه های مطلوب به عنوان خروجی نهایی انتخاب شوند. (خبازی، ۱۳۹۲)

شکل ۶: طراحی و تحلیل همزمان (آخیم منکنز)



ماخذ: <http://www.achimmenges.net/?p=4339>

همانطور که مشخص است استفاده از ابزار دیجیتال و طراحی پارامتریک ، مزایای خاص خود را داراست . افزایش دقت و سرعت طراحی و رسیدن به فرم هایی که کاملاً با اهداف عملکردی طرح همسو هستند را میتوان مهمترین شاخصه شیوه نوع طراحی دانست. طرح ها ، کانسپت ها و فرایندهایی که برای طراح انسانی غیر قابل درک ، غیر قابل پیش بینی و در ظاهر غیر ممکن به نظر می رسند، در دنیا دیجیتال می توانند به وسیله ساز و کارهای جدید طراحی ، امکان اجرا و توسعه یابند. با این حال این شیوه نسبتاً نوپا ، مشکلاتی نیز به همراه داشته است . از جمله اینکه ابزار دیجیتال و استفاده از کامپیوتر به یک ابزار تجاری تبدیل شده ، که در نتیجه آن فرم های عجیب و غریبی که مبدا ، فرایند و منطق تولید آن ها کلاً مبهم و ناشناخته است تولید میشوند. این گونه فرم ها تنها جنبه ظاهری را مدنظر قرار داده و تبدیل آنها به معماری که علاوه بر ظاهر مطلوب باید به نیازهای عملکردی پاسخ دهد ، بسیار دشوار است . (گلابچی و گرمارودی ، ۱۳۹۱) علاوه بر این ، همانطور که بدان پرداخته شد ، اگر تنها فرم و عملکرد ها هدف طراح قرار گیرند ، شاهد تکرار معضلات نهضت مدرن معماری خواهیم بود . بنابراین همواره باید توجه شود که طراحی پارامتریک به عنوان ابزاری در کنار طراح ، جهت افزایش دقت و سرعت طراحی مدنظر قرار گیرد و به جایگزینی برای معمار طراح تبدیل نشود.

جمع بندی و نتیجه گیری:



نقد پارادایم های کلان پس از مدرنیسم، شامل پارادایم معماری پایدار و پارادایم معماری مفهوم گرا نقصان آنها را آشکار نموده است. امروزه پارامترهایی که زمانی در درجه دوم اهمیت قرار داشتند، همچون انرژی و محیط زیست، اقتصاد، سازه، کارایی روزبه روز نقشی پر رنگ تر می یابد. از سویی دیگر پژوهش های اکولوژی-بیولوژی نوید ظهور پارادایم جدیدی با حضور پرنسپل نرم افزار های کامپیوتری و الگوریتم ها و نوعی از معماری که در آن علاقه به تئوری و فلسفه تئوریک در آن کم رنگ شده و گرایش به سمت تفکر علمی و فلسفه علمی و درک فرآیندهای رفتار مواد افزایش یافته است را می دهد. این پارادایم تحت تاثیر نقش و دامنه نفوذ نرم افزارهای کامپیوتری و الگوریتم ها در آن معماری، معماری "الگوریتمیک" یا "معماری پارامتریک" نامیده می شود. پارادایمی که در آن موضوع فقط طراحی فرم نیست بلکه فرم پذیری تحت تاثیر کارایی مواد و همین طور کارایی از نظر هر پارامترهای تعریف شده اهمیت دارد. این شیوه امکان به کارگیری مفاهیم و پارامترهای پیچیده مختلف را به شکل سازگار در طراحی فراهم می آورد. همین طور گسترش و پیشرفت این شیوه امکان استفاده از شیوه های دانش بنیان فوق پیشرفته در جهت خلق معماری سازگار با محیط زیست و حفظ انرژی را فراهم می آورد. در حال حاضر در زمانی زندگی میکنیم که نیاز به استفاده ی گسترده از ابزارهای کامپیوتری و تکنیک های دیجیتال در معماری حس می شود و طراحان می توانند قبل از اجرای بنا به کمک ابزارهای دیجیتالی تمام جوانب را بررسی نمایند. نقش هندسه دیجیتال در به وجود آمدن یک فرم معماری که هم از لحاظ زیبا شناختی و هم از لحاظ معماری پایدار بسیار موثر می باشد. طراحی با استفاده از تکنولوژی رایانه ای به ما این امکان را می دهد تا به فرم هایی که در گذشته قادر به دستیابی آنها نبودهایم برسیم. توان بالقوه فرم در جایگاه معماری پایدار بواسطه ی هندسه ی دیجیتال را می توان ناشی از ریشه های زیر دانست.

- ✓ خلاقیت در فرم میتواند بروز کند
- ✓ پایداری، فرم و هندسه ی دیجیتال باهم همگونی دارند
- ✓ پایداری با فرم نیز قابل تعریف است
- ✓ تکنولوژی رایانه ای عاملی موثر در طراحی معماری پایدار می باشد

آنچه از بررسی تاثیر فرآیند طراحی معماری پارامتریک بر پایه طراحی الگوریتمیک روشی نوین در طراحی معماری دیجیتال در راستای اهداف معماری پایدار می آموزیم این است که ارتباط دو سویه و دینامیک بین اجزاء میتواند باعث پختگی و تکامل هرچه بیشتر اثر طراحی شود. فرآیند طراحی دیجیتال بر خلاقیت و قدرت ذهن طراح می افزاید و باعث می شود که ذهن طراح، پویاتر و دقیق تر از قبل عمل کند و آرشیو ذهنی معمار را در رابطه با تعدد و تنوع ایده ها و ساختارهای معماری افزایش دهد. به طور خلاصه می توان گفت که معماری الگوریتمی، قدرت اندیشه و خلاقیت فرد طراح را به عنوان یک محاسبه گر که صرفا کمیت ها را مورد نظر ندارد، به بهترین حالت بکار میگیرد و در روند طراحی دخیل می سازد. این رویکرد باعث همگام شدن معماری با تخیلاتی می شود که شاید تا چندی پیش فاصله زیادی با حقیقت اجرایی شدن داشتند. اما آنچه مسلم است زمانی این روش اثر بخش خواهد بود که در حیطه معیارهای کیفی، ذهن طراح به عنوان ناظر هوشمند به صورت پیوسته روند طراحی را مورد ارزیابی و کنترل قرار دهد.



لنگ، جان؛ ترجمه: عینی، فریاد؛ علی‌رضا؛ ۱۳۹۱. آفرینش نظریه معماری (نقش علوم رفتار در طراحی محیط)، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران
تورانی، احمد رضا، (۱۳۹۳)، کتاب "مبانی نظری در معماری هزاره سوم-معماری معاصر و بستر شهری"، انتشارات اول و آخر، ۷۵
گلابچی، محمود - باستانی، حسین - گرمارودی، علی، ۱۳۹۱، معماری دیجیتال (کاربرد فناوری های CAD، CAM و CAE در معماری، نشر دانشگاه تهران، ۸۹-۸۳

خبازی، زوبین، ۱۳۹۲، پارادایم معماری الگوریتمیک، چاپ دوم انتشارات کتابکده کسری، مشهد

- Dino, I., 2012. "Creative design exploration by parametric generative systems in architecture". Metu Journal of the Faculty of architecture, 29(1), pp. 207-224.
- Muckenheimer, M., Demel, J., 2012. "Inspiration: Contemporary Design Methods in Architecture". Bispublishers.
- DINO, İpek GÜRSEL, 2012, Creative design exploration by parametric generative systems in architecture, METU JFA, 2012.1.12, pp. 210,213,214.
- Mückenheimer, M., & Demel, J. (2012). Inspiration: Contemporary Design Methods in Architecture. Singapore: Bis publishers.
- RAE. 2010. "Diccionario". Real Academia Española, Madrid.
- Napoles, J., Negron, C., 2002. "La historia de las ecuaciones diferenciales". Revista Electrónica de Didáctica de las Matemáticas, pp 33-57.
- Coons, S., 1967. "Surfaces for Computer-Aided Design of Space Forms". MIT Technical Report, Cambridge.
- Gross M., 1990. "The Electronic Design Studio". MIT Press Cambridge, Massachusetts, pp 123-136.
- Gross, M., 1986. "Design as exploring constraints". Ph.D. Thesis, MIT, Cambridge.
- Schoeddt, H., 1991. "Cultural Parametrics, Reality and Virtual Reality". ACADIA Conference Proceedings, Los Angeles, pp 34-223.
- Serrano, J.G., Coll, J., Melero, J.C., Burry, M., 1993. "The Need to Step Beyond Conventional Architectural Software". eCAADe Conference Proceedings Eindhoven, Eindhoven, Netherlands, p 9.
- Kolarevic, B, Digital Morphogenesis, In B. Kolarevic (Ed.) Architecture In The Digital Age: Design And Manufacturing, Taylor & Francis, 2003.
- Hensel, M., Menges, A., Weinstock, M, Emergent Technologies And Design: Towards A Biological Paradigm For Architecture, Routledge, Uk, 2010.
- El-Khaldi, Mapping Boundaries Of Generative Systems For Design Synthesis. Msc Thesis, Massachusetts Institute Of Technology, Boston, Ma, M. (2007).
- Cormen, T.H. Introduction To Algorithms. The Mit Press, 2001.
- Chang, S.K. Data Structures And Algorithms. World Scientific River Edge, London, 2003.
- BURRY, M. (2011) Scripting Cultures: Architectural Design and Programming. Wiley. 40- 01
- Meredith, M. Never Enough, In M. Meredith, M. Sasaki (Eds.) From Control To Design: Parametric/Algorithmic Architecture, Actar-D, 2008.
- Scheurer, F. & Stehling, H. Lost In Parameter Space? Architectural Design, 81:4; 70-79, 2011.
- Akin, O. Variants In Design Cognition. Design Knowing And Learning: Cognition In Design Education, 105-124, 2001.
- Schumacher, P. Parametricism: A New Global Style For Architecture And Urban Design. Architectural Design, 79:4; 14-23, 2009.
- ALVARADO, R. G., & MUÑOZ, J. J. (2012). The Control Of Shape: Origins Of Parametric Design In Architecture In Xenakis, Gehry And Grimshaw. Metu Journal of the Faculty of Architecture, 1, 107-118.
- Wu, M., & Ma, Z. (2011). Parametric technology in the study of nonlinear architectural Paper presented at the Electric Technology and Civil Engineering (ICETCE), 2011 International Conference on, Lushan.
- Kourkoutas, Vassileios, 2007, Parametric Form Finding in Contemporary Architecture, A master's thesis submitted for the degree of "Master of Science", Vienna, June, pp. 13, 18-20.
- Zhang, B. (2012). Emergence: Form Finding In Nonlinear Architecture. International Scientific Journal Architecture and Engineering, 1, 6.
- Lin, Borong; Yu, Qiong; 2013, Research on parametric design method for energy efficiency of green building in architectural scheme phase, Frontiers of Architectural Research, Volume 2, Issue 1, March 2013, Pages 11-22