

## بهبود سیرکولاسیون بناهای فرهنگی با فرمیابی مدل استریوتومیک و معیارهای پیش‌بینی کنندهٔ نحوفاضا (مطالعه موردی: پردیس سینما ملت)\*

مهندس بهاره یزدانی\*، دکتر یاشار اصلانیان\*\*، دکتر زهره ترابی\*\*\*

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۰۹ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳

### چکیده

طراحی پلان‌های طبقات و سیستم‌های گردش برای جهت‌یابی کارآمد، به‌عنوان یکی از مسائل مهم طراحی مورد توجه معماران است. در این مطالعه، از روش الگوی حرکت دایره‌ای مبنی بر سهولت مسیریابی با روش تکنیک نحو فضا، جهت تعیین الزامات طراحی و فرمیابی مدل استریوتومیک استفاده شده است. این پژوهش از منظر هدف، کاربردی و ماهیت با روش تحلیلی و میدانی به شیوه آمیخته طبقه‌بندی شده است. درگردآوری داده‌های پژوهشی از مطالعات کتابخانه‌ای و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی به کار گرفته شده است. برای تحلیل آزمون‌های نقشه محوری، گراف نمایانی نحو فضا، شاخص‌های اتصال، و هم‌پیوندی و برای فرمیابی مدل، از نرم‌افزار راینو استفاده شده است. نتایج حاصل از پژوهش نشان دادند که طرح حرکت شعاعی با ویژگی شاخص فضای میانی مرکزی با بیشترین مقدار در هر دو آزمون باعث سهولت مسیریابی براساس تحلیل‌های نحو فضا است. بنابراین فضای میانی مرکزی به‌عنوان پارامتر اصلی طراحی در ارائه مدل استریوتومیک مورد توجه قرار گرفته است.

### واژه‌های کلیدی

فضای میانی، سهولت مسیریابی، معاصر، راینو، گراس‌هاپر.

\* این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان: «نقش فضاهای تهی بر فرم بناهای فرهنگی با رویکرد تکتونیک با هدف بهبود ارتباط بین بنا و بستر سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۵۷» است که با راهنمایی دکتر یاشار اصلانیان و مشاوره دکتر زهره ترابی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان در حال انجام است.  
\*\* دانشجوی دکتری، گروه معماری، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران.  
\*\*\* استادیار، گروه معماری، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران (مسئول مکاتبات).  
\*\*\*\* استادیار، گروه معماری، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران.

## مقدمه

برای طراحی مدل فرمی استریوتومیک انتخاب شده است. این روش با تعریف پارامتر طراحی، باعث حفظ و کنترل سازمان فضایی ساختمان شده است و در عین حال الگوی گردش آن با فرمیابی تغییر و در نتیجه ایجاد شده است. با کار بر روی یک شکل سه‌بعدی، که به عنوان یک فرم با کمک نرم‌افزار مدل‌سازی راینو و پلاگین گراس‌هاپر مطالعه شده است، معمار قادر است برای تولید فضاهای داخلی با اعمال الزامات طراحی به شکل حفره‌های فضایی، فرم را تهی کند. به نظر می‌رسد از روش ارائه شده، می‌توان برای تولید و کشف تغییرات طراحی چندگانه توسط ابزارهای دیجیتال معاصر بهره برد.

## پیشینه پژوهش

با توجه بررسی سابقه این موضوع می‌توان اظهار نمود که در هیچ یک از پژوهش‌های پیشین به ارتباط تحلیل‌های تکنیک نحو فضا با مدل استریوتومیک مبنی بر سیرکولاسیون و سهولت مسیریابی توجه نشده است. می‌توان ادعا کرد که این مطالعه دارای جنبه‌ای از نوآوری است و با نگاهی جدید در پی کشف طراحی معماری است. تحقیقات متعددی در زمینه شناخت فضایی به تأثیر سازمان چیدمان بر عملکرد مسیریابی و نمایش شناختی کاربران از اطلاعات فضایی دنیای واقعی اشاره کرده‌اند. هیلیر (۱۹۹۶)، اعلام داشت که پیکربندی فضایی جریان حرکت انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (رفتار افرادی که در فضا حرکت می‌کنند و تصمیماتی که می‌گیرند). وایزمن (۱۹۸۱)، گارلینگ و همکاران (۱۹۸۳، ۱۹۸۶)؛ اونیل (۱۹۹۱) با این حال، هنوز در درک رابطه بین طراحی چرخه معماری و سهولت مسیریابی کاربران شکافی وجود دارد (Natapov et al., 2015). دالتون (۲۰۰۱) آزمون نقشه محوری را به توابع شناختی با معرفی تحلیل زاویه‌ای نقشه‌های محوری مرتبط کرد و استدلال کرد که مردم تمایل دارند از انحرافات زاویه‌ای حداقل برای حرکت بین مکان‌ها استفاده کنند (Dalton, 2001). ترنر (۲۰۰۳) استدلال کرد که حرکت انسان (از شخصی با دید طبیعی) احتمالاً بیشتر مربوط به گراف نمایانی و کم‌تر مربوط به نمایش نقشه محوری است (Turner, 2003). دسلاس و دوکسبری (۲۰۰۳) به طور سیستماتیک هر دو بازنمایی را مقایسه کردند و دریافتند که حرکت عابران پیاده در یک محیط شهری در واقع به خوبی با اندازه‌های دید گراف نمایانی مطابقت دارد (احتمالاً به دلیل دسترسی بصری بیشتر)، اما با نمایش نقشه محوری کم‌تر (Desyllas & Duxbury, 2001). کیم و پن (۲۰۰۴) دریافتند که نقشه محوری در واقع با معیارهای شناختی خاص، مانند نقشه‌های طرح کلی کشیده شده توسط مردم، مطابقت دارند. جیانگ و لیو (۲۰۱۰) بیان کردند که نمایش نقشه محوری شبیه یک اسکلت از یک طرح ساختمان

اگر چه فضای معماری و علی‌القاعده براساس طرح معمار شکل می‌گیرد ولی هنگامی عملاً به مکان تبدیل می‌شود که انسان فضا را، هم به لحاظ فیزیکی و هم روانی، تصرف کند و آن را از آن خویش بداند. امروزه در بسیاری از کاربری‌های عمومی نظیر نمایشگاه، موزه، حرکت مؤلفه غالب است که طراح می‌تواند آن را به‌عنوان عنصر شاخص و محور طراحی در کانسپت پروژه ارزش‌گذاری کند. کارایی و کیفیت سیرکولاسیون بر کیفیت فضای معماری و بهره‌برداری از آن تأثیر مستقیم دارد و از هر دو جنبه فیزیکی و روانشناختی حائز اهمیت است (افشار نادری، ۱۳۹۰). دستیابی به شاخص‌های مسیریابی مناسب، یک موضوع مهم برای طراحی معماری و ارزیابی بنای ساخته شده است. با این حال مطالعات کمی در مورد روابط بین گردش طبقات ساختمان و نحوه ارتباط درون و بیرون بناها، فرآیندهای راهیابی مسیرها مانند پیچیدگی ارتباط فضاها و مشکل راهیابی بررسی شده است. ضرورت پرداختن به این موضوع به جایی برمی‌گردد که در فضاهای پر تردد نظیر سینماها، موزه‌ها و...، سیرکولاسیون جزء اصلی‌ترین عوامل مؤثر بر طراحی است که به‌رغم چنین نقش مهمی، متأسفانه در طراحی بسیاری از کاربری‌ها از جمله موزه‌ها، شاخص‌های مربوط به خوانایی فضا چندان مورد توجه قرار نمی‌گیرد و این امر باعث کاهش راندمان فضا و شاید احساس نارضایتی از آن شده است (پیوسته‌گر و همکاران، ۱۳۹۶). لذا چنین به نظر می‌رسد، تعیین الزامات طراحی مبنی بر سهولت مسیریابی در فرآیند طراحی موجب خلق فضایی مناسب‌تر است. در این راستا، در پژوهش حاضر یک روش طراحی مولد استریوتومیک<sup>۱</sup> مبنی بر تحلیل‌های تکنیک نحو فضا<sup>۲</sup> در جهت ارتقاء سیرکولاسیون معرفی شده است و بین فرمیابی فضاهای تهی و یافته‌های حاصل از تحلیل‌های کیفی فضایی پلان طبقات ارتباط داده شده است. براساس تحلیل‌های نحو فضا، پارامترهایی بین گردش ساختمان و سهولت مورد انتظار در مسیریابی ایجاد شد. به نظر می‌رسد چنین پارامترهایی به طراحان کمک کند تا توانایی‌ها و محدودیت‌های فضاهای ساختمان را پیش‌بینی و به کم شدن عوامل ناکارآمد در قابلیت استفاده ساختمان کمک کنند. ساختار مقاله به شرح زیر است: در ابتدا، پلان طبقات با روش مبتنی بر آگراف برای بررسی سیستم گردش مدور یک مورد معماری موجود و برجسته (معماری بنای پردیس سینما ملت) پیاده‌سازی شده است. تحلیل‌های آزمون‌های نقشه محوری<sup>۳</sup> و گراف نمایانی<sup>۴</sup> نحو فضا انجام شده است و نمودارهای حاصل شده از آنها، با استفاده از ویژگی قابلیت فهم که معیاری از سهولت پیمایش (مورد انتظار) را فراهم کرده، خلاصه شده است. سپس معیار سهولت پیمایش به‌عنوان پارامتر طراحی استخراج و

است. در حالی که تشریح نحو فضا، توسط افرادی مانند هیلیر منطق اجتماعی فضا نامیده شده است که بر هندسه کالبد فضا مبتنی است و بی‌تردید ابزار مفیدی برای سنجش مکان‌ها و تشخیص کیفیت‌های گوناگون مکانی و بررسی اثر آنها بر ادراک و رفتار است، متأسفانه نحو فضا در سال‌های اخیر برای سنجش دقیق و حساسی در جزئیات پژوهش‌ها استفاده شده که نشان دهنده فهم اندک از سرشت انسانی زبان فضا است (لاوسون، ۱۳۹۳، ۲۵۶). استریوتومی (از یونانی باستان «στρερός» «جامد» و «τομή» «برش») هنر برش جامدات است که از طریق دانش هندسی، منطقی‌سازی سازنده سیستم‌های معماری متشکل از عناصر ساختاری متمایزی را فراهم می‌کند که با یکدیگر در تماس هستند و شکل مقاومی ایجاد می‌کند که بیان زیبایی را با قدرت ساختاری ترکیب می‌کند. همچنین استریوتومی هنر ساختمان‌سازی با عناصر ساختاری کوچک، به لحاظ هندسی است که امکان ساخت سیستم‌های معماری با ارزش سه‌گانه: زیبایی شناختی، ایستایی و عملکردی را فراهم می‌کند. در حالی که استریوتومی در ابتدا در قرن شانزدهم و هفدهم فرموله شد، در معماری معاصر ارزشمند است و تحقیقات در مورد آن امروزه در مراکز مختلف در سراسر جهان ادامه دارد (Fallacara & Gadaleta, 2019). استریوتومی از (هنر خط هندسی) یا هنر ترسیم، از طریق قواعد هندسه تصویری، برگرفته از اشکال واقعی چهره عناصر سازنده برای بریدن آنهاست. رشته باستانی استریوتومی که در اصل توسط فیلیپر دلورم تعریف شد و در قرن شانزدهم و هفدهم فرموله شد، در سال‌های اخیر نیز احیا شده است زیرا در طراحی و ساخت و ساز معماری معاصر ارزشمند است. تحقیقات در مورد استریوتومی برای سال‌های متممادی هویت فرهنگی دانشکده معماری در پلی تکنیک دی بار و در زمان بعدی توسط بنیانگذار آن پروفیسور معمار کلودیو آغاز شد و امروز در سایر مراکز تحقیقاتی در سراسر جهان ادامه دارد (Fallacara & Gadaleta, 2019). مطالعات استریوتومی رابطه تنگاتنگی با شیوه معماری تاریخی دارد که در طول قرن‌ها از تکنیک ساخت‌وساز متشکل از اتصال ارگانیک عناصر ساختاری کوچک در مواد مختلف در ارتباط نزدیک با مکان‌های خاص استفاده کرده است. در ترسیم فنی، استریوتومی گاهی به‌عنوان هندسه توصیفی نامیده می‌شود و «به نمایش دو بعدی اجسام سه بعدی» مربوط است. برجستگی‌های صفحه و نقشه‌های پرسپکتیو اشکال جامد برای توصیف و تجزیه و تحلیل خواص آنها برای اهداف مهندسی و ساخت استفاده می‌شود. به خصوصیات سطوح، از جمله خطوط عادی و صفحات مماس پرداخت شده است (Nowlan, 2017). عمل استریوتومی به‌طور کلی به‌عنوان هنر برش سنگ‌ها در اشکال برای ساخت سازه‌های طاق دار تعریف می‌شود. در چند

دهه گذشته، این هنر از رساله‌های اصلی اختصاص‌داده‌شده به این موضوع که تاریخ آن به قرن شانزدهم بر می‌گردد، احیاء شده‌است و اکنون به‌عنوان هنری در نظر گرفته می‌شود که احتمالاً برای فرهنگ ساخت‌وساز بسیاری از کشورها در طول چندین قرن اساسی بوده است. این موضوع، نخستین و شناخته‌شده‌ترین رساله‌هایی است که از این کشورها به سبب کامل بودن محتوا و انتشار آنها به دست آمده است. آثار آلونسو دلوپرا (۱۵۷۸) و فیلیپر دلورم (۱۵۶۷). در حالی که استریوتومیک به طور انحصاری مربوط به سنگ در نخستین مراحل توسعه آن بود، اگر اختراعات نجاری که توسط فیلیپر دی آل اورمه (۱۵۶۷) به تصویر کشیده شده بود را کنار بگذاریم، رساله‌های بعدی در مورد این موضوع تعریف خود را گسترش دادند تا چوب را در صورتی که اصول ساخت‌وساز از همان طرز فکر پیروی می‌کردند، در نظر بگیرند، همانطور که در رساله‌های لیروی (۱۸۷۷) یا روویرا راباسا (۱۸۹۷) در حال حاضر، از آنجا که مؤلفه‌های زیست‌محیطی و اکولوژیکی بخش اساسی این معادله هستند، هنر ساخت‌وساز استفاده فشرده‌تر از مواد تجدیدپذیر را انجام می‌دهد. چوب را می‌توان به‌عنوان جزء در تشخیص و همچنین در اشکال برش ماشین، مانند طاق‌های منحنی و دیافراگم‌های ساختاری استفاده کرد. پروس دی مونکولوس (۱۹۸۲) مفهوم استریوتومی ملی را برای ترسیم شخصیت‌های خاص ساخت استریوتومی مرتبط با یک قلمرو خاص شناسایی کرد. تدوین استریوتومیک در طول رنسانس به لطف اولین رساله اختصاص‌داده شده به این موضوع توسط پالاسیوس رخ داد (۲۰۰۳). فالاکارا (۲۰۱۲) مهم‌ترین نشریات و مراکز تحقیقاتی را توصیف کرده است که امکان تعریف این رشته را در رنسانس دوم آن فراهم کرده است، یعنی از اولین مطالعات مجزا که پس از جنگ جهانی دوم آغاز شده تا تحقیقات تاریخی و سازنده معاصر، به این ترتیب بازسازی شده است (Fallacara, 2012). در مقاله مدل‌های استریوتومیک در معماری، روش طراحی تولیدی برای یکپارچه‌سازی پارامترهای فضایی و ساختاری از طریق کاربرد عملیات تفریق (۲۰۱۶) به‌عنوان روش طراحی مولد استفاده شده است. راباگلیاتی (۲۰۱۷) توضیح داد، هندسه سقف با تعدیل محدودیت‌ها و بهینه‌سازی‌های سازنده مختلف به دست آمده است که منجر به یک شکلی است که کمی به سمت انتهای ساختمان شتاب می‌گیرد. در زمینه معماری ایران تحقیقاتی که مرتبط با استریوتومیک باشد پرداخته نشده است. در این مطالعه، استریوتومیک با مفهومی جدید که بیشتر با نگرش فرانچسکو کاتسیتور، «عبارت استریوتومیک، از فضا(جامد) و فضا(بریده) یونانی، ایده‌های از ساختمان را معرفی می‌کند که به‌عنوان مجموعه و کنار هم قرار دادن عناصر معمول معماری، بلکه به‌عنوان حذف تدریجی ماده از

بنابراین به جای روش‌های معمول، اطلاعات طراحی فراهم شده است و این اطلاعات به شکل الگوریتم‌ها پردازش شده است و در نتیجه هندسه مورد نظر با نگاه استریوتومیک تولید شده است. فرآیند ساختار پژوهش در شکل ۱ آمده است.

### مبانی نظری

#### ایجاد سیستم سیرکولاسیون گردشی (خوانا)

هر ساختمان دارای یک سیستم گردشی یا سیرکولاسیون است که ارتباط بخش‌ها و فضاهای ساختمان را مهیا می‌سازد. گردش افقی ممکن است شامل راهروها، دهلیزها، مسیرها، ورودی‌ها و خروجی‌ها باشد. همچنین تحت تأثیر چیدمان مبلمان یا سایر اشیاء موجود در فضا مانند ستون‌ها، درختان یا تغییرات توپوگرافی قرار می‌گیرد. گردش عمودی نحوه بالا و پایین رفتن افراد در ساختمان است، بنابراین شامل مواردی مانند پله‌ها، آسانسورها، رمپ‌ها، نردبان‌ها و پله برقی‌ها می‌شود که به ما امکان می‌دهد از یک سطح به سطح دیگر حرکت کنیم (Dk Ching, 2014). در طراحی سیستم سیرکولاسیون خوانا توجه به موارد سلسله مراتب و نحوه ترکیب مسیرها و تقاطع، گره در آنها، نحوه دسترسی به ساختمان از خارج بنا، ورودی و خروجی ساختمان می‌تواند راهگشا باشد (Arthur & Passini, 2002). به نظر می‌رسد اکثر الگوهای معماری دنیای واقعی بر اساس یک الگوی حرکتی واحد نیستند، بلکه ترکیبی از الگوهای گردشی هستند که می‌توانند بر اساس شکل‌های هندسی مختلف فضا و فرم معماری ساخته شوند. ویژگی‌های سیستم‌های گردش حرکت را می‌توان با اشکال اولیه زیر طبقه‌بندی کرد: خطی، دایره‌ای، شبکه‌ای یا دیگر اشکال. در مقاله حاضر یک خانواده از چیدمان‌های گردشی و سه شکل حرکت دایره‌ای در طبقات مختلف بررسی شده است. چیدمان‌ها بر اساس حرکت پیوسته در یک جهت حول یک فضای مرکزی و شامل اشکال گردش شعاعی، مرکزی و ترکیبی ساخته شده‌اند (Natapov et al., 2019). در شکل ۲، ویژگی‌های سیستم‌های گردش حرکت با اشکال اولیه زیر دسته بندی شد: a (مرکزی)، b (شعاعی)، c (ترکیبی).

### یافته‌های پژوهش

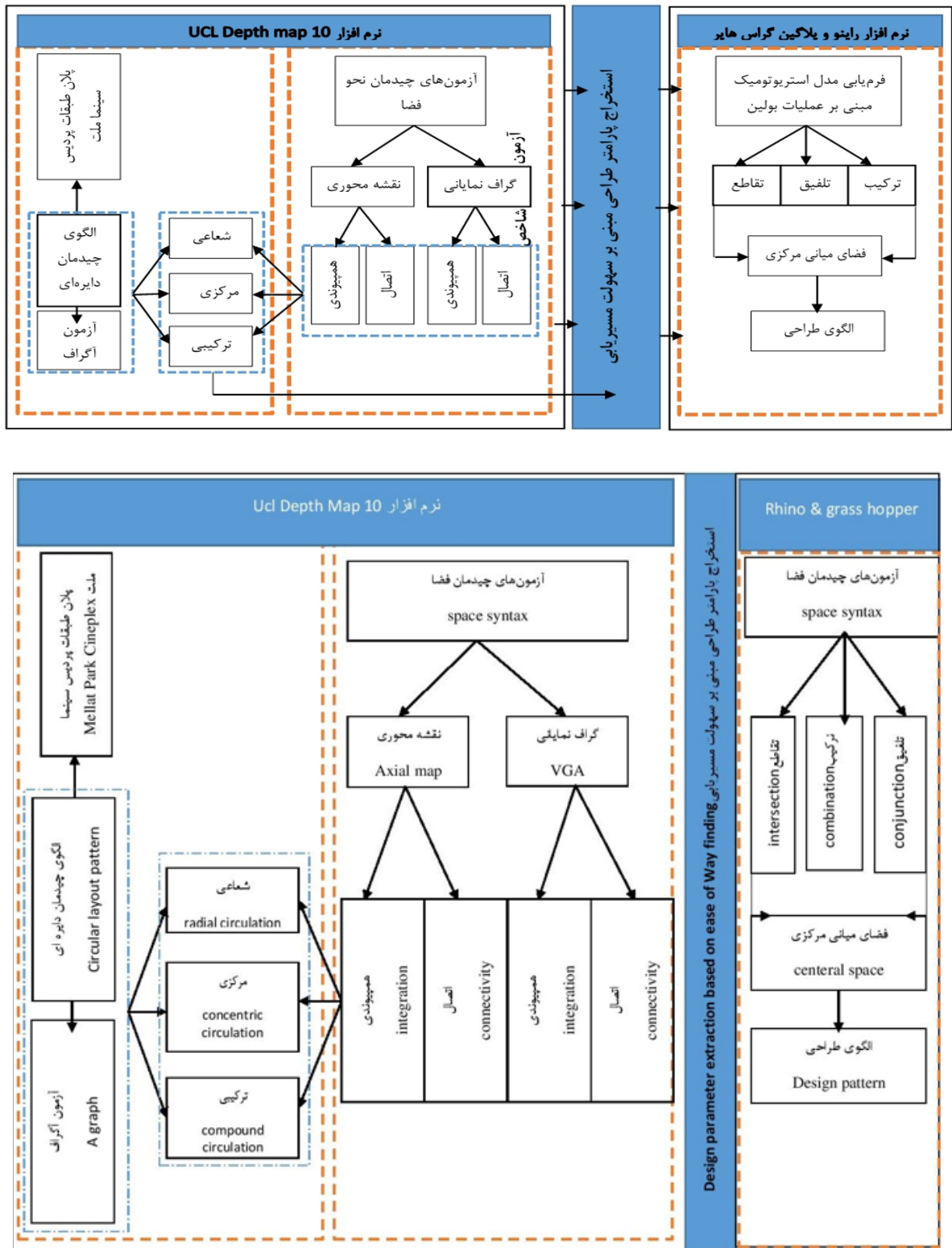
#### ارتباط سیرکولاسیون و روش مبتنی بر آگراف

گراف شکلی است که نحوه ارتباط بین فضاهای مختلف را طبق نقشه خطی بدست آمده نشان می‌دهد به نحوی که هر فضا با یک گره و ارتباط بین هر دو فضا با یک بال در گراف نشان داده می‌شود (ریسمانچیان، بل، ۱۳۸۹، ۵۴). در پژوهش حاضر در جدول ۱ روش مبتنی بر گراف برای بررسی سیستم گردش و تبدیل آن به الگوی

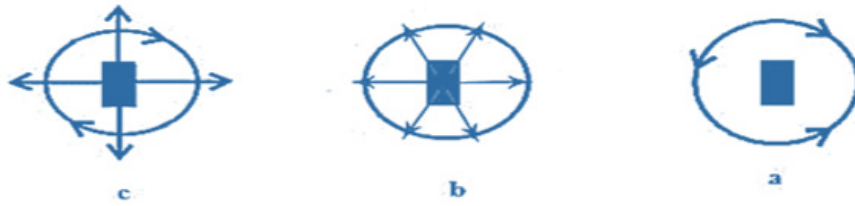
یک شکل اولیه در نظر گرفته می‌شود». براساس این دیدگاه، استفاده از رویکرد استریوتومیک در معماری منجر به ایجاد فرم‌های یکپارچه و فشرده می‌شود که در آن بخش‌های منفرد را نمی‌توان از کل تشخیص داد و در آن حذف ماده، فضاهای معماری مورد نظر را تولید می‌کند. از این منظر تجمع و توزیع ماده به طور همزمان هم فضا و هم ساختار را تولید می‌کند و رویکرد استریوتومیک مبتنی بر تولید خلاها و تعریف مرزهای ساختمان است (Cacciatore, 2016).

### روش‌شناسی پژوهش

در پژوهش حاضر متغیر مستقل پارامترهای طراحی و متغیر وابسته مدل استریوتومیک می‌باشد. برای گردآوری داده‌های پژوهش از مطالعات کتابخانه‌ای و نرم افزارهای شبیه‌ساز استفاده شده است. نمونه مطالعاتی در این پژوهش بنای فرهنگی پردیس سینما ملت است. دلیل انتخاب بناهای فرهنگی رویکردهای متفاوت مواجهه طراحان بناهای فرهنگی معاصر نسبت به زمینه طراحی و میزان اهمیت توجه به ارتباط مناسب فرم، فضا، سیرکولاسیون درون و بیرون بنا است. نمونه انتخاب شده، با مساحت و فضاهای متفاوت به هم در پلان طبقات طراحی شده است و تجزیه و تحلیل هر طبقه به صورت مجزا صورت گرفته شده است. بنابراین براساس یک روش مبتنی بر گراف، برای بررسی سیستم گردش طبقات و الگوی هندسی متمایز هر طبقه پیاده‌سازی شده است. در حالی که چیدمان هر طبقه از نظر هندسی و بصری متمایز هستند، پلان هر طبقه با توجه به الگوی حرکت دایره‌ای برای ارزیابی خواص جهت‌یابی چیدمان‌های ایجاد شده در نرم‌افزار UCL depth map 10، با توجه به آزمون نقشه محوری و گراف نمایشی نشان داده شده است و گراف‌های حاصل با تجزیه و تحلیل مقادیر قابلیت فهم آن‌ها که براساس نمودارهای اتصال و همپوندی است، خلاصه شده است. در این مرحله با بررسی نمودارها و عددهای به دست آمده حاصل از یافته‌های پژوهش به روش تحلیلی پارامترهای طراحی تعیین شده است. در پژوهش حاضر به مفهوم استریوتومیک با نگاهی جدید پرداخته شده است به طوری که اطلاعات حاصل از پلان به اطلاعات فرم‌یابی فضاهای تهی با هدف بهبود سیرکولاسیون تبدیل شده است که در آن حفره‌های فضایی بر حسب الزامات طراحی در یک جرم جامد بینابینی وجود دارند. این روش با استفاده از عملیات بولین که شامل ترکیب، تفریق و تقاطع است، تعریف شده است. بنابراین در نرم افزار شبیه ساز و با توجه به هدف پژوهش الگوریتم مدل استریوتومیک طراحی شده است که چند پارامتر را به عنوان ورودی در پلاگین گرس‌هاپر در برمی‌گیرد و پس از پردازش حاوی خروجی و هندسه و فرم مد نظر در نرم‌افزار رایانو است.

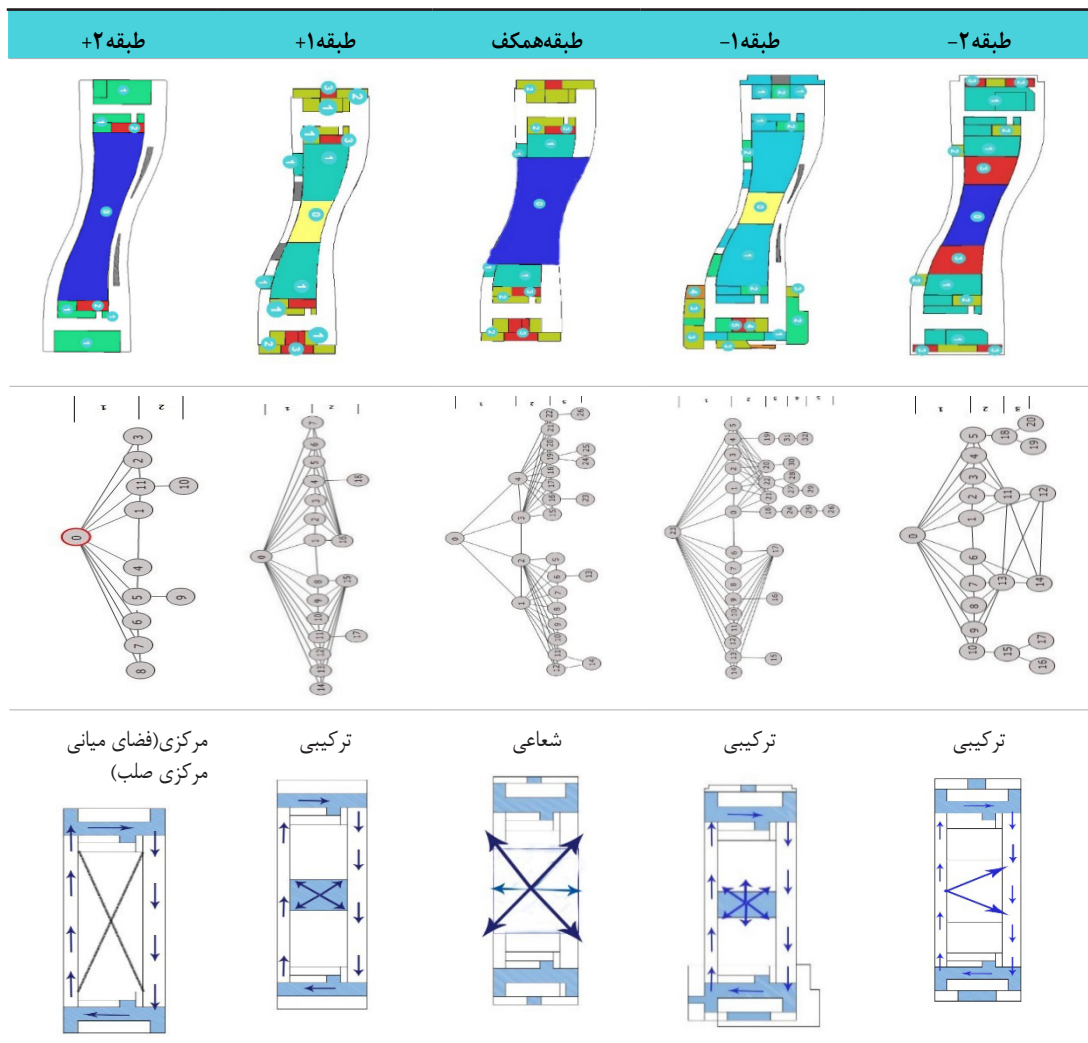


شکل ۱. فرآیند انجام پژوهش  
Figure 1. Research Process Steps



شکل ۲. گونه‌شناسی سیرکولاسیون  
Figure 2. Circulation typology

جدول ۱. نمودار آگراف مبنی بر پلان استپ‌دپت  
Table 1. A Graph chart based on step-depth plan

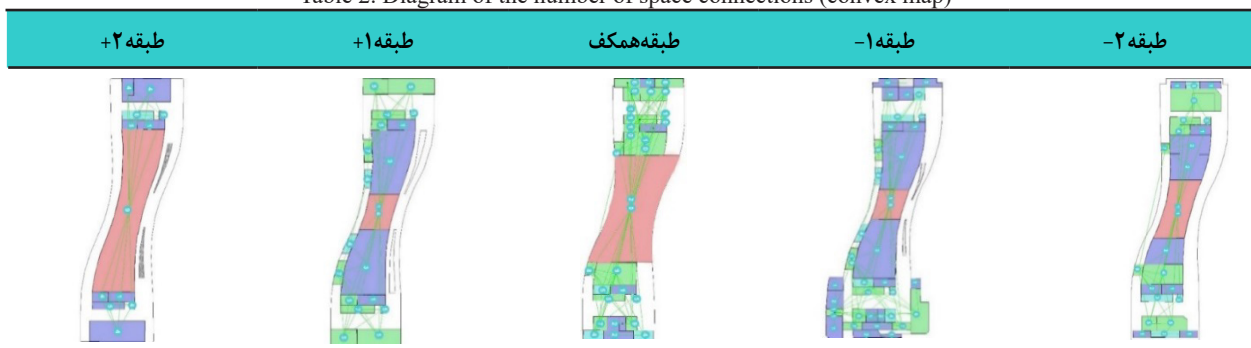


قابلیت انتخاب به عنوان مفهومی برای سهولت مسیریابی  
مورد انتظار  
ویژگی محلی هر عنصر در گراف با اندازه‌گیری اتصال نشان داده

هندسی گردش مدور، پیاده‌سازی شده است. این روش گراف باعث  
شد تا سازمان فضایی ساختمان موجود برای طبقات مختلف بنا بررسی  
شود، در حالی که الگوی گردش آن تغییر یافت.

جدول ۲. نمودار تعداد اتصالات فضاها (آزمون فضای محدب)

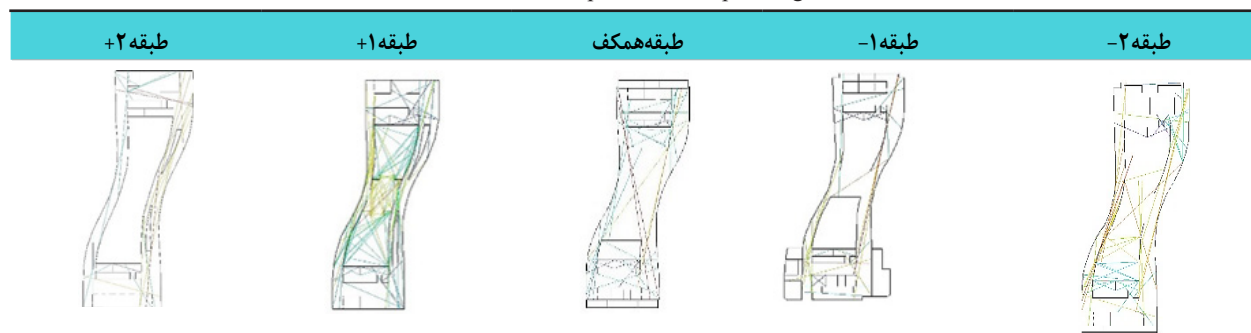
Table 2. Diagram of the number of space connections (convex map)



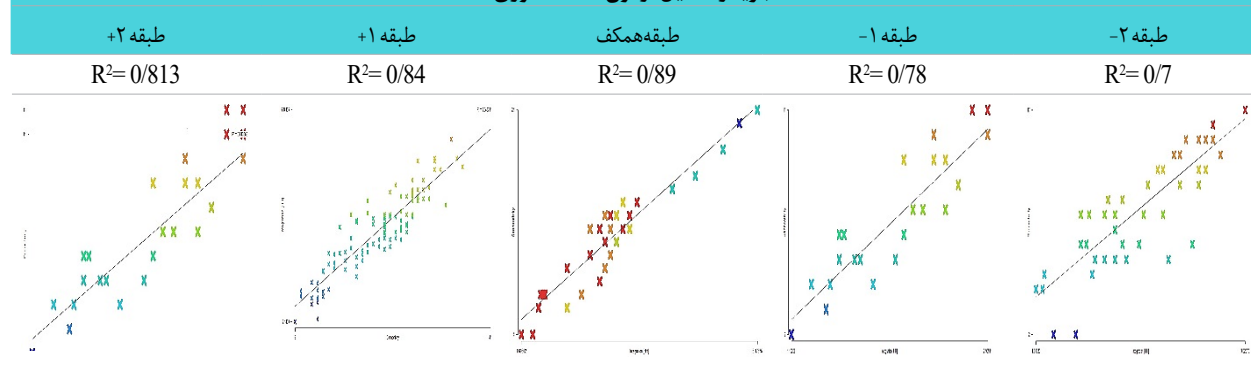
تعریف می‌شود. به‌عنوان مثال، اگر یک مکان به طور مستقیم از مکان دیگر قابل مشاهده نباشد، اما از طریق مکان سوم قابل مشاهده باشد، در این صورت می‌گوییم که به طور غیر مستقیم از طریق یک مکان میانی قابل مشاهده است. خطوط یکپارچه‌تر با فواصل کوتاه به دیگران شامل یکپارچگی بیشتری هستند (Natapov et al., 2015). در پژوهش حاضر نقشه‌ها به صورت دستی در اتوکد ترسیم شدند، سپس در نرم‌افزار دپتمپ آزمون نقشه محوری بررسی شد.

می‌شود. اتصال تعداد گره‌هایی که یک‌گره معین را به هم متصل می‌کنند را ثبت می‌کند، یعنی تعداد اتصالات بصری مستقیم، یا اینکه چند مقصد را می‌توان از هر خط محوری در شرایط هندسی مشخص طرح مشاهده کرد. معیار جهانی اهمیت نسبی یک فضا در گراف را تعیین می‌کند و نشان می‌دهد که چند مرحله برای دسترسی به هر گره دیگر از یک‌گره داده‌شده مورد نیاز است. یکپارچگی با میانگین طول کوتاه‌ترین مسیر به گره خاص از تمام گره‌های دیگر در گراف

جدول ۳. آزمون نقشه محوری پلان طبقات  
Table 3. Floor plan Axial map testing



تجزیه و تحلیل آزمون نقشه محوری



شکل‌یابی سیستم می‌گردند. یک سیستم دارای وضوح سیستمی است که فضاهای آن ضمن اینکه به خوبی با هم اتصال دارند، از هم‌پیوندی خوبی نیز برخوردار هستند (Li et al., 2016). جدول ۴ معیارهای اتصال و هم‌پیوندی پنج پلان مورد بحث را با رنگ ادغام (قرمز پر رنگ و آبی کم رنگ) به ترتیب نشان می‌دهند. ادامه جدول ۴ مقایسه ویژگی‌های قابل‌فهم بودن در آزمون گراف‌نمایی سه سیستم گردش‌گردهای تحت بررسی را نشان داد؛ با توجه به این مقادیر سیستم گردش‌شعاعی قابل‌فهم‌ترین و طرح‌ترکیبی و مرکزی به ترتیب دارای مشکل‌ترین حالت، با هم تفاوت دارند. هدایت ساختمان بهینه است، نشان داده است.

### بمٹ

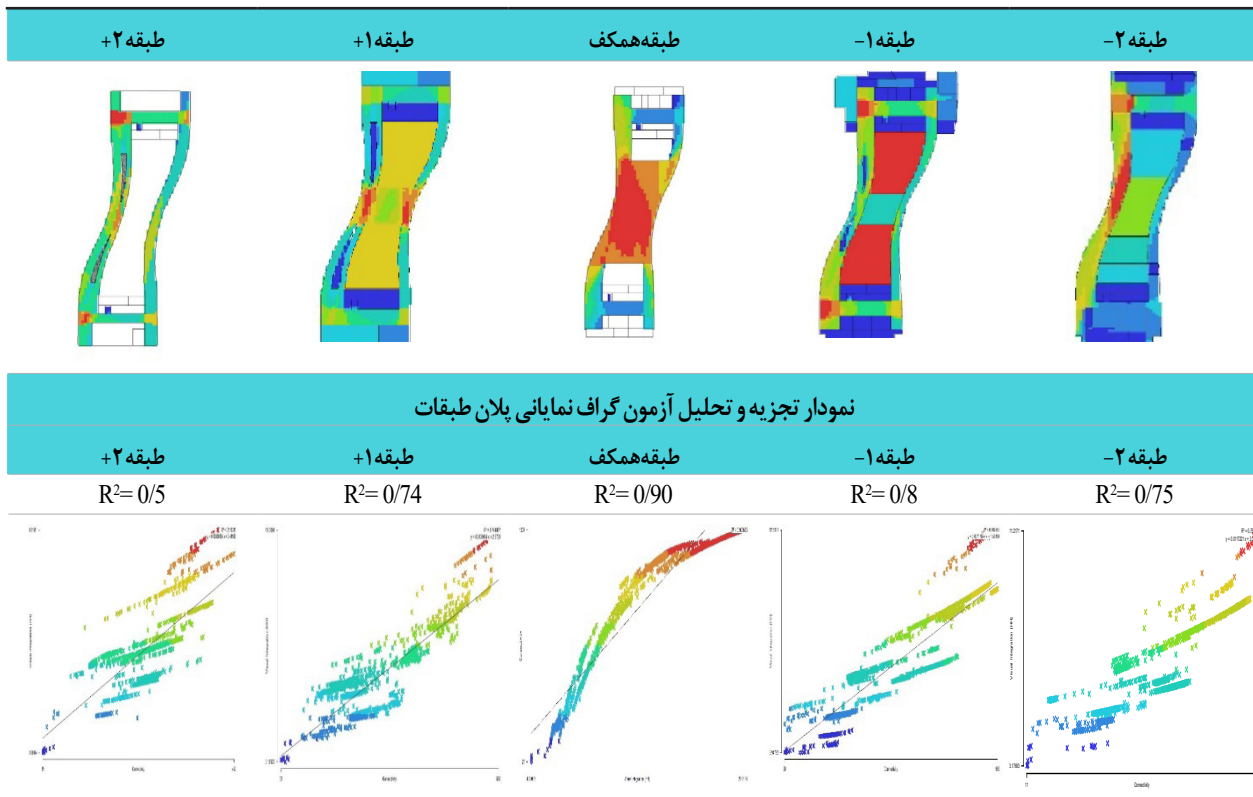
در جدول ۵ اندازه‌گیری قابلیت فهم با دو آزمون نقشه‌محوری و گراف‌نمایی و با توجه به سه سیستم گردش مختلف بررسی شده است. مشاهده مربوط به قابلیت اطمینان و قابلیت مقایسه یافته‌های به‌دست آمده از طریق دو آزمون مختلف نمودارهای محوری است. چیدمان‌های مرکزی و ترکیبی، زمانی که با نقشه‌محوری و گراف

طولانی‌ترین خطوط محوری قابل‌مشاهده به رنگ‌های گرم و کوچک‌ترین خطوط دید به رنگ‌های سرد به‌صورت پیوسته کل فضا را پوشش داده است. برای تجزیه و تحلیل این نمودار، از دو معیار ثابت شده اتصال و هم‌پیوندی که می‌تواند منجر به بینش‌هایی در ویژگی‌های قابلیت مشاهده ساختاری نقشه‌محوری در طرح شود، استفاده شده است. جدول ۳ مقایسه قابلیت فهم بین سیستم‌های گردش را به منظور نشان دادن این که کدام سازمان فضایی برای هدایت ساختمان بهینه است، نشان داده است.

### تحلیل نمودار قابلیت دید (گراف‌نمایی) و اندازه‌گیری قابلیت دید پلان طبقات

تحلیل دوم براساس نمودار قابلیت دید می‌باشد و روندهای کلی شباهت‌ها و تفاوت‌های میان چیدمان‌ها بررسی شده‌اند و نشان داده شده است که چگونه ویژگی‌های قابلیت مشاهده (وضوح) مانند اتصالات و ارزش‌های هم‌پیوندی می‌توانند برای سهولت (مورد انتظار) راه‌یابی در میان ساختمان‌هایی با انواع شکل‌های مختلف تمایز قائل شوند. وضوح به معنی میزان رؤیت پذیری در فضاهایی است که باعث

جدول ۴. آزمون گراف‌نمایی پلان طبقات  
Table 4. Floor plan VGA testing





جدول ۵. اندازه‌گیری میزان قابلیت ادراک پلان طبقات  
Table 5. Intelligibility measurements of floor plan

ترکیبی	شعاعی	مرکزی
۰/۷۴- ۰/۸	۰/۹۰	۰/۵۰
۰/۷- ۰/۸۴	۰/۸۹	۰/۸۱۳

نمایی نمایش داده شدند، نمرات قابلیت فهم نسبتاً مشابهی را با مقدار حداکثر به‌دست آمده نشان دادند. در طرح شعاعی، مقدار هر دو آزمون حداکثر است؛ یعنی همبستگی بین دو آزمون نحو فضا، باعث قابلیت اطمینان بودن انجام آنها شده است. در مطالعات تجربی قبلی نحو فضا آستانه قابل فهم را برابر با ۰/۵ تعیین کرده‌اند (Hillier & Hanson, 1984).

### طراحی مدل مجمی استریوتومیک

در پژوهش حاضر با نگاهی جدید و متفاوت به رویکرد استریوتومیک به ارائه الگوی طراحی پرداخته شد. هدف اصلی روش طراحی پیشنهادی، ایجاد فضاهای داخلی و کنترل کیفیت فضایی آنها (اعمال پارامترهای طراحی) مبنی بر سیرکولاسیون مناسب و سهولت مسیریابی است. (دلیل انتخاب سینما ملت) شکل سیرکولاسیون (مسیرهای حرکت) در یک سازماندهی ممکن است شعاعی، مرکزی یا ترکیبی باشد. به‌رحال تقریباً در تمام موارد، مسیر سیرکولاسیون به فضای میانی ختم شد. سازماندهی شعاعی فضا شامل یک فضای مرکزی غالب است که از آن چند سازماندهی خطی، به شکل شعاعی استخراج شد. جهت تبدیل الگوی طراحی معماری به الگوی استریوتومیک، نرم افزار راینو و پلاگین گرس هاپر جهت تولید الگوریتم انتخاب شد. الگوریتم یک فرآیند محاسباتی است که چند پارامتر یا گروهی از پارامترها را به عنوان ورودی در بر می‌گیرد. الگوریتم‌ها پس از فرآیند، متغیرها را به‌عنوان خروجی ارائه می‌دهند (دانش‌پور، ۱۳۹۸). برای تولید مدل استریوتومیک الگوی پلان سینما ملت که فضای میانی مرکزی به‌عنوان پارامتر طراحی جزء مشخصات آن بود انتخاب شد، سپس فرم مکعب مستطیل و راست گوشه با منحنی‌های فرمی بنا جایگزین شد. دلیل انتخاب فرم‌های مکعب امکان تبدیل راحت‌تر آن به فرم‌های پیچیده‌تر است، سپس مکعب مستطیل به مکعب‌های کوچک‌تر پارامتریک تبدیل شدند. بنابراین یک شکل سه بعدی توپر به مکعب‌های کوچک‌تر تقسیم شده است و حجم توپر به صورت مکعب‌هایی با ابعاد مساوی یا نامساوی پارامتریک در راستای X, Y, Z شکل گرفت. در ادامه دو نقطه متفاوت جهت تعریف حجم‌های خالی

شده مکعب از کل آن تعریف شد. نحوه قرارگیری و تعریف نقاط داخل حجم در نحوه ترکیب، تلفیق و تقاطع مکعب‌های کوچک و ایجاد شکل استریوتومیک تأثیر مستقیم دارد. بنابراین برای دو نقطه مسافت‌هایی متفاوتی به صورت رندم انتخاب شد و تا رسیدن به حجم و فرم مورد قبول مقدار اعداد کم یا زیاد شدند، سپس از آن نقطه نسبت به کل حجم به صورت رندم، در فضای میانی و مرکز پلان، اقدام به خالی کردن مکعب‌های توده‌ای و ظاهر شدن فضاهای خالی صورت گرفت که منجر به ایجاد شکل‌های مختلفی شد. مکعب‌های حجمی به‌عنوان فضاهای کاربری فرهنگی و مکعب‌های کم شده به‌عنوان فضاهای خالی هستند که می‌توانند در فضای میانی و مرکزی باعث اتصالات و سیرکولاسیون عمودی از طریق عناصر معماری مانند آتریوم، گودال باغچه، حیاط مرکزی و به‌همراه گره‌های ارتباطی اصلی مانند لابی اصلی، فضای انتظار و مسیرهای حرکت و... طراحی یا به‌عنوان عناصر ارتباطی مانند پله، رمپ، آسانسور باعث حفظ ارتباط سیرکولاسیون افقی و عمودی باشند. این روش براساس کاربرد عملیات تفریق برای ادغام پارامترهای فضایی و ساختاری در فاز مفهومی فرآیند طراحی انجام شده است. با کار بر روی یک شکل سه‌بعدی، که به‌عنوان یک حجم با کمک نرم‌افزارهای شبیه‌ساز نمایش و مطالعه شد، معمار قادر است آن را با استفاده از عملیات تفریق برای تولید فضاهای داخلی به شکل حفره‌های فضایی، تهی کند.

### مراحل طراحی الگوی استریوتومیک

۱- برای ایجاد حفره‌های فضایی با اعمال الزامات طراحی در حجم بنا فرآیند طراحی آغاز شد. در اینجا حفره‌های فضایی به‌صورت Spv(5) تعریف شدند. حجم‌های نشان‌دهنده حفره‌های فضایی به‌طور مستقل در سه بعد تولید شدند. در عین حال، برای هر خلأ فضایی، وزن منفی در نظر گرفته شد که طول آن اختیاری است و با نیروی (Ri) نشان داده شد. در پژوهش حاضر از مکعب‌هایی با اندازه یکسان جهت خالی کردن توده و تهی کردن فضا استفاده شده است. مهم‌ترین پارامتری که از تحلیل‌های فضا حاصل شد اعمال فضای میانی مرکزی بود که چند مدل مختلف پیشنهادی بررسی شد.

فضایی و ساختاری از مراحل اولیه فرآیند طراحی رابطه‌ای مستقیم ایجاد شد. عملیات طراحی را می‌توان چندین بار تکرار کرد، تا زمانی که کیفیت فضایی مطلوب و ثبات ساختاری مدل استریوتومیک ایجاد شد.

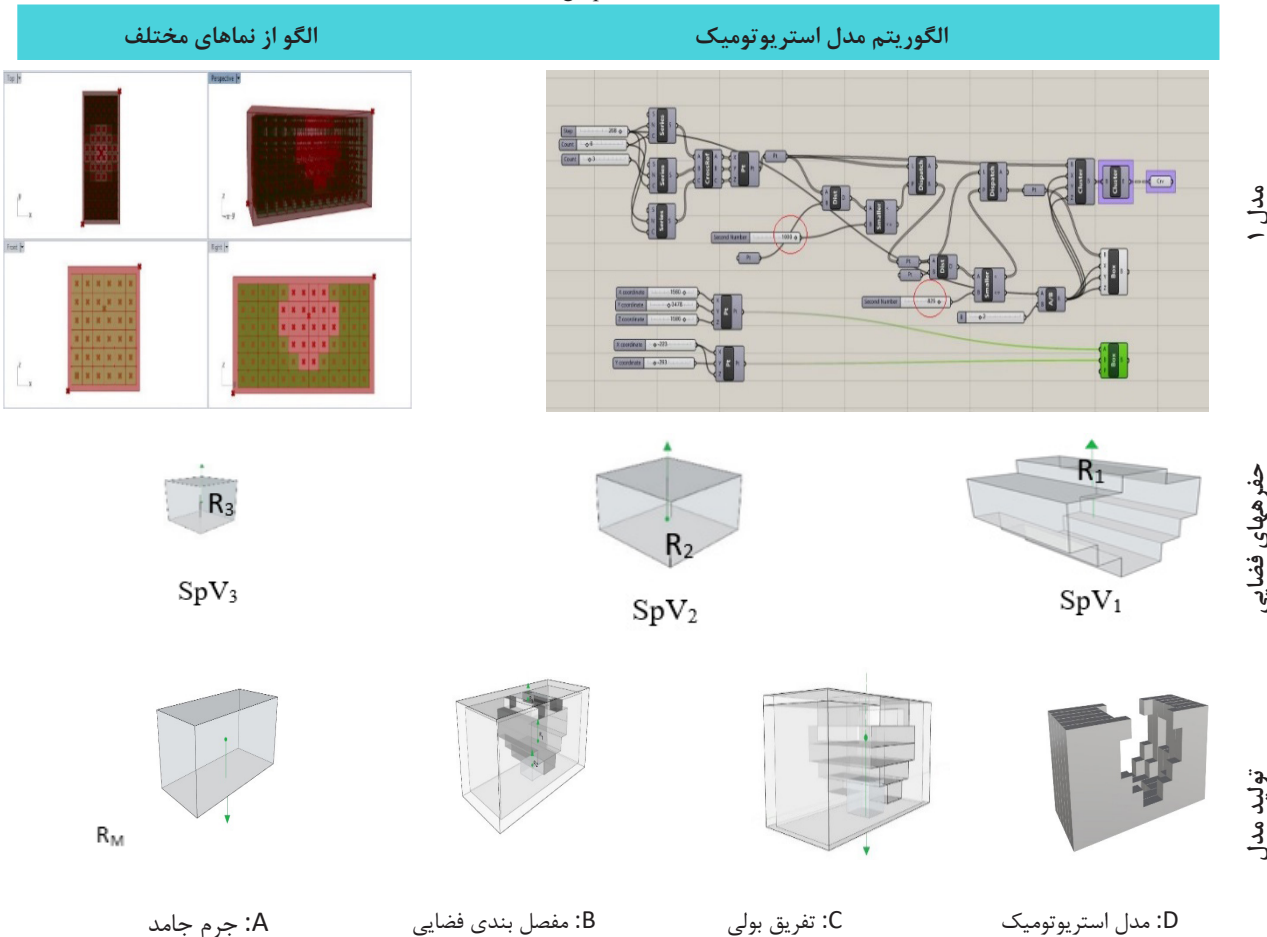
### نتیجه‌گیری

مقاله حاضر طراحی مجدد گردش دایره‌ای پلان طبقات پردیس سینما ملت از طریق تجزیه و تحلیل آزمون‌های نقشه محوری و گراف نمایانی با روش تکنیک نحو فضا که تخمینی از سهولت مسیریابی را نشان داده است. در این راستا طراحی چیدمان مدور از لحاظ هندسی و بصری با گردش شعاعی، مرکزی و ترکیبی ایجاد شده است. حفظ ساختار شکلی پلان‌ها، نه فقط از نظر تفسیر ذهنی بلکه از نظر توصیف عینی نیز یک روش برای نشان دادن اعتبار مقایسه است. در نمونه مطالعاتی، مقادیر قابل فهم بودن سه گردش با استفاده از نمودارهای

۲- پس از تعریف حفره‌های فضایی، جرم جامد (M) که فضاهای داخلی در آن قرار می‌گیرند تعریف شد. این جرم جامد می‌تواند با تراز سایت زمین هماهنگ انتخاب شود. سپس انطباق حفره‌های فضایی در داخل جرم جامد صورت گرفت به طوری که امکان گردش فضایی و داخلی بین حفره‌های فضایی ایجاد شد (D'Acunto & Juan José Castellón, 2016). این مرحله فرعی براساس کاربرد دو عملیات، یعنی ترکیب و سازمان است. چندین شکل مختلف از فضاهای خالی را می‌توان با توجه به معیارهای ترکیبی و سازمانی متنوع مورد بررسی قرار داد.

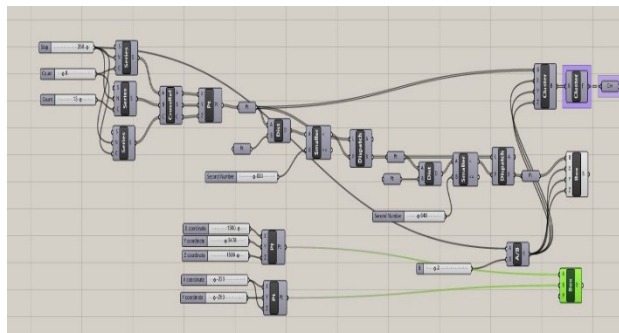
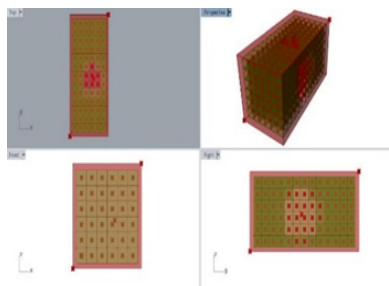
۳- از طریق تفریق بولی حفره‌های فضایی از جرم جامد اولیه کم شدند. برای ایجاد پایداری استاتیکی حفره‌های فضایی باید به نسبتی در داخل حجم توده‌ای پخش شود که تعادل استاتیکی برقرار شود. در نتیجه، به دلیل وابستگی متقابل بین توزیع حفره‌های فضایی درون جرم جامد و پایداری استاتیک مدل استریوتومیک، بین پارامترهای

جدول ۶. مراحل طراحی الگوی استریوتومیک  
Table 6. The design process of Stereotomic model



ادامه جدول ۶. مراحل طراحی الگوی استریوتومیک

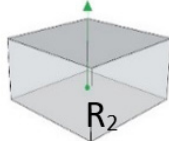
الگو از نماهای مختلف / الگوریتم مدل استریوتومیک



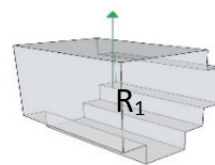
مدل ۲



SpV3

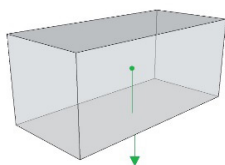


SpV2

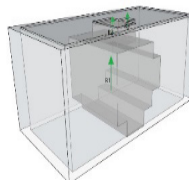


SpV1

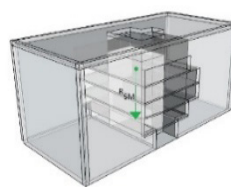
حفره‌های فضایی



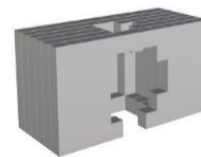
A: جرم جامد



B: مفصل بندی فضایی



C: تفریق بولی



D: مدل استریوتومیک

تولید مدل استریوتومیک

تفسیر معیارهای قابلیت فهم برای سیستم‌هایی با کم‌تر از ۰/۵ در فضا بسیار دشوار است (نمونه‌های ما بالاتر از این آستانه هستند). بنابراین با توجه به یافته‌های پژوهش طرح شعاعی بالاترین قابلیت فهم را نشان داد. در آزمون گراف نمایانی طرح مرکزی پلان (+۲) کم‌ترین نمره قابلیت فهم را دارد. در آزمون نقشه محوری طرح ترکیبی پلان طبقه (-۲) کم‌ترین نمره قابلیت فهم را دارد. بنابراین می‌توان یافته‌های پژوهش را فرموله کرد به طوری که طرح شعاعی اشاره روشنی به بخش میانی مرکزی دارد، در حالی که بقیه مسیرها و فضاها را می‌توان با توجه به مرکز بررسی کرد. در طرح مرکزی، که امتیاز قابلیت فهم کمتری در تجزیه و تحلیل آزمون گراف نمایانی دارد، مسیرها می‌توانند با پیروی از یک مسیر چرخش ثابت که انحرافات را به حداقل می‌رساند، شکل گیرند. با این حال، مسیریابی می‌تواند دشوار باشد،

نقشه محوری و گراف نمایانی بررسی شدند که تفاوت‌هایی را نشان داد. علاوه بر این، با توجه به مناطق «نقاط گرم» (رنگ‌های گرم) مسیر بررسی شدند که در آن ساختار فضایی می‌تواند بحث مسیریابی (بالا بودن اتصال و همپیوندی فضا نسبت به فضاهای اطراف) را در هر طرح مطرح کند به طوری که مقادیر قابل فهم بودن نمودارهای محوری طرح شعاعی با توجه به نمایش نقشه محوری و گراف نمایانی، بالاترین قابلیت فهم را دارد (این چیدمان‌ها بسیار منسجم و ساده هستند. در نمونه مطالعاتی و طرح مرکزی هنگامی که آزمون گراف نمایانی اندازه‌گیری شد، نسبتاً قابل درک نیست چون مقدار آن مساوی ۰/۵ است و مقدار آن با آزمون نقشه محوری در تناقض است. در مورد طرح ترکیبی هر دو آزمون نقشه محوری و گراف نمایانی، ویژگی قابلیت فهم دارند. با این حال، قابلیت فهم موضوع تأثیر اندازه است به طوری که

سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد و نویسندگان در قبال ارائه اثر خود وجهی دریافت ننموده‌اند.

## فهرست مراجع

- ۱- افشار نادری، کامران. (۱۳۹۰). سیرکولاسیون، مجله معماری، شماره ۶۹.
- ۲- پیوسته‌گر، یعقوب؛ و حیدری، علی‌اکبر؛ و کیایی، مریم؛ و کیایی، مهدخت. (۱۳۹۶). تحلیل فرآیند مسیریابی با استفاده از روش نحو فضا در موزه هنرهای معاصر، هویت شهر، شماره ۳۰.
- ۳- کیا، داوود؛ و دانش‌پور، علیرضا. (۱۳۹۸). موزه هنرهای فن‌آورانه با بهره‌گیری از معماری دیجیتال. آزاد مرودشت.
- ۴- ریسمانچیان، امید؛ و بل، سایمون. (۱۳۸۹). شناخت کاربردی روش چیدمان فضا در درک پیکره‌بندی فضایی شهرها، نشریه معماری و شهرسازی هنرهای زیبا، شماره ۴۳.
- ۵- لائوسون، برایان. (۱۳۹۳). زبان فضا، ترجمه علیرضا عینی فر و فواد کریمیان، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- 6- Arthur, P., Passini, R. (2002), *Wayfinding-People, Signs, and Architecture*: McGraw-Hill, New York.

7- Cacciatore, F. (2016). The wall as living place. Hollow structural forms in Louis Kahn's work. Lettera Ventidue.

8- D'Acunto, P., Juan José Castellón, G. (2016). Stereotomic Models in Architecture, A Generative Design Method to Integrate Spatial and Structural Parameters Through the Application of Subtractive Operations. *Conference Paper*.

9- Dalton, N. (2001), 'Fractional configurational analysis and a solution to the Manhattan problem'. In Peponis, J. Wineman, J. Bafna, S. (eds.), *Proceedings of the 3rd International Symposium on Space Syntax*, Atlanta: Georgia Institute of Technology.

10- Desyllas, J., & Duxbury, E. (2001, May). Axial maps and visibility graph analysis. In *Proceedings, 3rd International Space Syntax Symposium* (Vol. 27, pp. 21-13). Georgia Institute of Technology Atlanta.

زیرا مسیرهای ممکن باید یک منحنی بسته را با یک چرخش ثابت دنبال کنند. در طرح ترکیبی، علاوه بر چرخش، مسیریابی بین سطوح ساختمان ممکن است به دلیل نیاز به مکث کردن در گره‌ها یا فضاهای میانی، باعث مشکل شود. بنابراین با توجه یافته‌های پژوهش طرح گردش شعاعی با بیشترین مقدار و ویژگی شاخص آن که فضای میانی مرکزی بود به‌عنوان پارامتر طراحی مدل استریوتومیک انتخاب شده است. بررسی فرضیات ارائه شده به صورت واقعی‌تر نیاز به تجزیه و تحلیل‌های بیشتری دارد به طوری که تحلیل‌های سلسله مراتبی مانند ایزووویست‌ها خود یکی از فاکتورهای تحلیلی جهت بررسی سهولت مسیریابی در فضاهای معماری است که می‌تواند جهت پژوهش‌های بیشتر مد نظر پژوهشگران و معماران قرار گیرد.

## پی‌نوشت‌ها

- 1- Steretomic
- 2- Space syntax
- 3- Axial Map
- 4- Vga
- 5- Space Void

## نقش نویسندگان

بررسی ادبیات، طراحی تجربی، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها، تهیه متن دست‌نوشته توسط بهاره یزدانی و ویرایش دست‌نوشته توسط یاشار اصلانیان انجام گرفته‌است. بهاره یزدانی با انجام آزمایشات و بررسی ادبیات، جمع‌آوری داده‌ها و تهیه نسخه خطی و یاشار اصلانیان و زهره ترابی با بررسی ادبیات و تهیه نسخه، در انجام پژوهش یاری نمودند.

## تقدیر و تشکر

این پژوهش منتج از رساله دکتری با عنوان نقش فضاهای تهی بر فرم بناهای فرهنگی با رویکرد تکتونیک با هدف بهبود ارتباط بین بنا و بستر سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۵۷ و با حمایت دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دانشگاه آزاد زنجان انجام گرفته است.

## تعارض منافع نویسندگان

نویسندگان به‌طور کامل از اخلاق نشر تبعیت کرده و از هرگونه سرقت ادبی،



# Improving the Circulation of Cultural Buildings with Form Finding Stereotomic Model and Space Syntax Predictive Measures (Case Study: Mellat Park Cineplex)

*Bahareh Yazdani*, Ph.D. Candidate in Architecture, Faculty of Engineering and Technology, Azad Islamic University, Zanjan, Iran.

*Yashar Aslanian\**, Assistant Professor of Architecture, Faculty of Engineering, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran.

*Zohreh Torabi*, Assistant Professor of Architecture, Faculty of Engineering and Technology, Azad Islamic University, Zanjan, Iran.

## Abstract

Designing floor plans and circulation systems for efficient orientation, as one of the important issues of design, is the architects' attention. In this study, from the circular movement pattern method based on the ease of wayfinding with the space syntax technique method, to determine design requirements and forming a stereotomic model is used. This research is practical in terms of purpose and the nature of the analytical and field method is classified in a mixed way. To collect research data, library and field studies (architectural simulation software) have been used. Moreover, quantitative data has been collected with qualitative analysis, and for the analysis of axial map and representative graph tests, connection and integration indices have been checked. Therefore, the central middle space as the main design parameter can be considered in presenting the stereotomic model. The present research introduces a stereotomic generative design method based on the analysis of the space syntax technique in order to improve circulation, and it has been tried to make a connection between the formation of empty spaces and the findings of qualitative spatial analyzes of the plan with the technique of space syntax, which is based on improving the quality of circulation. Based on spatial analysis through space syntax technique, parameters between building circulation and expected ease of navigation were established. Such parameters can help designers predict the capabilities and limitations of building spaces and help reduce factors that cause inefficiencies in "building usability". The paper is structured as follows: at first, the floor plan was accomplished using a graph analysis method in order to systematically investigate the circular circulation system of an existing and outstanding architectural case (the architecture of the Mellat cineplex). The analysis of tests of the axial map and visible graph of space syntax technique was performed and the resulting graphs were summarized using the comprehensibility feature, which provided a measure of ease of way finding (expected). Then, the ease of way finding criterion was extracted as a design parameter based on the improvement of the quality of circulation and the ease of routing and was chosen to propose the stereotomic Form model. This method, by defining the design parameter based on circulation with ease of way finding, allows us to control and maintain the spatial organization of the existing building, and at the same time, change its circulation pattern by form finding. As a result, create. By working on a three-dimensional form, which is studied as a form with the help of Rhino modelling software and the Grasshopper plugin, the architect is able to create interior spaces by applying design requirements in the voids of form. The mentioned method can be used by contemporary digital tools to produce and discover multiple design changes. According to the review of the background of the research, it can be claimed that this study has an aspect of innovation and seeks to discover the architectural design with a new perspective, and building circulation is a key organizing mechanism and the arrangement and communication space.

**Keywords:** Central Space, Ease of navigation, contemporary, Rhino, Grasshopper

---

\* Corresponding Author Email: [Yashar.aslanian@iauz.ac.ir](mailto:Yashar.aslanian@iauz.ac.ir)