۷۵-۹۳

تاریخ دریافت مقاله:
۱۳۹۹/۰۹/۰۳

تاریخ پذیرش نهایی:
۱۳۹۹/۱۰/۲۰

به‌کارگیری الگوریتم بهینه‌یابی چیدمان پلان در طراحی مرکز آموزشی[۱]

نیلوفر سادات حسینی[۲]، کتایون تقی زاده[۳]، علی اندجی گرمارودی [۴]

چکیده

فضا و فعالیت انسانی را می‌توان دو جلوهٔ ظهور متفاوت از یک ماهیت واحد دانست. در ساختمان مدرسه، ارزش آموزشی فضا متناسب با عملکرد فضاها برای نیل به اهداف آموزشی تعریف می‌شود. پیکربندی فضایی این پتانسیل را دارد که موقعیت دانش‌آموزان و معلمان را تعیین و مسیری که یادگیری در آن صورت می‌گیرد را تنظیم کند. اگر چیدمان فضایی به‌عنوان یکی از جنبه‌های اساسی طراحی معماری که بر روی عملکرد اجتماعی فضا تأثیر می‌گذارد در نظر گرفته شود پرسشی که در این میان مطرح می‌شود این است که چگونه می‌توان با استفاده از روش‌های جدید طراحی و استفاده از کامپیوتر مناسب‌ترین چیدمان را برای این فضاها به دست آورد که به بهینه‌ترین نحو پاسخگوی نیازهای عملکردی آنها باشد. روش تحقیق مورد استفاده در این پژوهش، راهبردی ترکیبی دارد که آمیزه‌ای از استراتژی‌های استدلال منطقی، مبانی نظری، بررسی نمونه‌های موردی و مدل‌سازی دیجیتالی می‌باشد. این پژوهش با استفاده از بستر الگوریتمیک به دنبال راه حلی برای دستیابی به مناسب‌ترین پاسخ طراحی برای فضاهایی مانند مدرسه است که در آن‌ها نحوهٔ چیدمان فضاها از اهمیت بسیاری برخوردار است. الگوریتم تدوین شده با استفاده از ورودی‌های اولیه مانند عرصه‌بندی، مساحت حدودی هر عرصه، روابط بین عرصه‌ها و الزامات جهت‌گیری فضاها آغاز شده و همین ورودی‌ها اساس الگوریتم را شکل می‌دهند. در ادامه الگوریتم انواع حالات ممکن قرارگیری فضاها در کنار هم بررسی شده و باتوجه‌به داده‌ها بهترین حالت چیدمان پیشنهاد می‌گردد که بهینه‌ترین پاسخ برای طراحی پلان فضای موردنظر محسوب می‌شود. دستیابی به الگوریتمی واحد بر مبنای داده‌های مرتبط با اصول چیدمان فضاها در یک ساختمان هدف اصلی این پژوهش است. در ساختمان‌هایی که از فضاهای متنوع تشکیل شده‌اند که هرکدام کاربری مختص به خود را داشته و ارتباط بین کاربری‌ها نظم فضایی مجموعه را شکل می‌دهند، یافتن بهینه‌ترین چیدمان بر اساس اصول حاکم بر طراحی امری مهم تلقی می‌شود که با استفاده از روند الگوریتمیک می‌توان این امر دشوار را ساده‌تر کرد.

واژگان کلیدی: چیدمان فضا، عملکرد اجتماعی، پیکربندی، بهینه‌یابی، فضای آموزشی

۱- این مقاله برگرفته از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد نیلوفرسادات حسینی با عنوان کاربرد هوش مصنوعی در طراحی معماری (به‌کارگیری الگوریتم بهینه‌یابی چیدمان پلان در طراحی مرکز آموزشی) است که با راهنمایی دکتر کتایون تقی‌زاده و مشاورهٔ دکتر علی اندجی گرمارودی در تاریخ ۱۳۹۵/۱۱/۳۰ انجام شده است.

۲. کارشناسی ارشد فناوری معماری دیجیتال، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول) E-mail: niloo.s.hosseini@gmail.com

۳. دانشیار، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، ایران E-mail: ktaghizad@ut.ac.ir

٤. استادیار گروه معماری، موسسه آموزش عالی معماری و هنرپارس، تهران، ایران E- mail: aliandaji@gmail.com

مقدمه

طراحی یک فعالیت شناختی پیچیده است. در معماری، این فعالیت با تولید یک ایدهٔ انتزاعی آغاز می‌شود و با تبدیل آن به تشکل‌های فضایی ادامه می‌یابد. با تولید طرح‌های مختلف و آزمایش آن‌ها، معمار ایده خود را تثبیت یا در جهت به‌دست‌آوردن تشکل‌های فضایی راضی‌کننده دوباره تعریف می‌کند. در این میان آن‌چه مورد پرسش است روش مناسب برای به‌دست‌آوردن تشکل‌های فضایی یک ساختمان است. چرا که مهم‌ترین بخش طراحی را همین نحوه ارتباط فضاها تشکیل می‌دهد. انسان به‌واسطه ادراک روح فضا، عملکرد هر فضا را تعیین می‌کند و یا به عبارتی فضا تابع انسان است. این فضا می‌تواند بیمارستان، آرامگاه، فضای آموزشی و یا هر کاربری داشته باشد. برای شناخت نیازهای انسان و ارتقا کیفیت پاسخگویی به آن‌ها باید عواملی مانند فرهنگ، اقلیم، اقتصاد و جامعه‌شناسی را مورد دقت و بررسی قرار داد (بیات و همکاران، ۱۳۹۵).

بر اساس نظریات گیفورد[1] ، تعامل و تأثیر متقابل انسان با محیط خود انکارناپذیر است و رفتار اجتماعی شامل چگونگی تعامل با محیط پیرامون است و در خلأ رخ نمی‌دهد (گیفورد،۱۳۷۸). روان‌شناسان بر این باورند که نتیجهٔ تعامل بین ارگانیسم انسان و محیط منجر به پدیده‌های روانی می‌شود (طباطباییان و همکاران، ۱۳۹۳، ۹۶). علاوه بر اثر کلام معلم در تعلیم و آموزش دانش‌آموزان، عوامل متعددی از جمله فضای آموزشی در انتقال پیام به او نقش دارند و نقشی مستقیم در میزان یادگیری آنان دارد (مرتضوی، ۱۳۷۶، ۲۱).

فضای آموزشی فضایی است که بعد از فضای مسکونی بیشترین ساعات روز محصلین و دانش‌آموزان را به خود اختصاص می‌دهد و آموزش از اساسی‌ترین فرایندهای شکل‌دهی فرهنگ جامعه محسوب می‌شود. با وجود رشد فرایند تعلیم‌وتربیت در دوره معاصر ایران و تغییرات بنیادین در محتوای آموزش، الگوی فضایی مدارس تغییراتی چشمگیری نداشته است (طاهر سیما و همکاران، ۱۳۹۴، ۵۶)؛ بنابراین فراهم‌آوردن محیطی مطلوب و پاسخگو برای ایجاد شوق و انگیزه نسبت به فرایند یاددهی - یادگیری در دانش‌آموزان نیاز به توجه کافی دارد. با درنظرگرفتن این مسئله این پروژه با استفاده از بستر الگوریتمیک به دنبال راه حلی برای دستیابی به مناسب‌ترین پاسخ طراحی برای فضاهایی مانند مدرسه است که در آنها تشکل فضایی و نحوه چیدمان فضاها از اهمیت بسیاری برخوردار است و چگونگی رخداد وقایع در فضا را تعریف می‌کند.

تحولات ایجاد شده در نحوهٔ آموزش در قرن اخیر نشان می‌دهد که محیط مدارس در قرن ۲۱ میلادی کاملاً متفاوت از قرن ۲۰ میلادی خواهد بود؛ لذا محیط مدارس باید برای مطابقت با تغییرات به‌وجود آمده در سیستم آموزشی که شامل تغییرات در نحوه آموزش و یادگیری با تاکید بر سیستم آموزش غیرمتمرکز می‌باشد، بازطراحی گردند. علاوه بر این، شیوهٔ سازماندهی فضای مدرسه می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی در فرصت‌های یادگیری، تشویق دانش‌آموزان و معلمان برای حضور در مدرسه و شرکت در فعالیت‌های آموزشی و کمک به ترویج فرهنگ یادگیری داشته باشد. در این میان آن‌چه از اهمیت بسیار برخوردار خواهد بود نوع روابط بین این فضاها است چرا که دیگر فضاها به‌عنوان کاربری‌های مجزا از هم و بدون ارتباط نزدیک نخواهند بود، بلکه کاربری‌ها با یکدیگر تلفیق شده و نحوهٔ ارتباط و چیدمان فضایی آن‌ها مهم‌ترین بخش طراحی خواهد بود.

چیدمان فضا تلاشی برای تشکیل پیکربندی در معماری با درک نظری از چگونگی استفاده افراد از این پیکر بندی است. به بیان دیگر تلاشی برای نشان‌دادن این مسئله که چگونه ساختار فضایی بنا زمینه‌ساز شکلی گیری روابط و تعاملات اجتماعی در آن فضا خواهد بود. نحوهٔ ارتباطات، رخدادهای درون فضا و تجربهٔ فضا در مدارس به‌واسطهٔ چیدمان فضایی آن تعریف می‌شود که عاملی مؤثر و بااهمیت در ارتقا آسایش فیزیکی و روانی کاربران فضا است. ازاین‌رو دستیابی به اصول چیدمان فضایی مؤثر در فضای آموزشی امری ضروری به نظر می‌رسد (عظمتی و همکاران، ۱۳۹۵، ۱۷).

پرسشی که در این مرحله به وجود می‌آید این است که چگونه می‌توان با استفاده از بستر الگوریتمیک مناسب‌ترین چیدمان را برای فضاهایی نظیر مدرسه به دست آورد که به بهینه‌ترین نحو پاسخگوی نیازهای عملکردی این فضاها باشد؟ و همچنین چه فاکتورهایی باید در طراحی دخیل شوند تا بهترین تشکل فضایی ممکن برای فضاهایی نظیر فضاهای آموزشی که ارتباط بین کاربری‌ها نظم مجموعه را شکل می‌دهد ایجاد شود؟

ضوابط عمومی طراحی مدارس به طور کامل در منابع معماری موجود هستند اما آن‌چه که هنوز مشکل اساسی در پروسه طراحی محسوب می‌شود مطابقت این قوانین و ضوابط با معیارهای جدید طراحی مدرسه و چگونگی ایجاد روابط فضایی مطلوب بین فضاها متناسب با اهداف عملکردی این‌گونه فضاها است. در این پروژه هدف اصلی طراحی تأمین نیازهای عملکردی پروژه می‌باشد نه ایجاد یک فرم و ساختمان منحصربه‌فرد. در حقیقت هدف تحقیق شامل درک و پیش‌بینی مشکل طراحی معماری، تعریف و تدوین مشکل واقعی و ارزیابی مشکل و ارائهٔ راه‌حل آن است.

پیشینهٔ تحقیق

نزدیک به چند دهه از مطرح‌شدن نظریهٔ چیدمان فضا توسط چند صاحب‌نظر و دانشمند انگلیسی می‌گذرد، در این میان استدمن، هیلیر وهانسون پژوهش‌های مؤثری انجام داده‌اند. استدمن کتاب "شکل‌شناسی معماری" را در معرفی این نظریه تدوین کرده است که بیشتر به مبانی نظری شکل‌شناسی معماری پرداخته است و احتمالات مختلف در ترکیب فضاهای معماری را بررسی کرده است، درحالی‌که هیلیر و جانسون سعی در کاربردی کردن این نظریه داشته‌اند (معماریان، ۱۳۸۱).

کتاب منطق اجتماعی فضا در سال ۱۹۸۴ برای اولین‌بار نظریهٔ بیل هیلیر و جولیا هانسون را در دانشکده‌های معماری معرفی کرد. این نظریه به‌وسیله آثار به چاپ رسیده و تشکیل سمینارهای داخلی و سپس توسط تعداد زیادی از فارغ‌التحصیلان خارجی در جهان معرفی گردید (معماریان، ۱۳۸۵). در حال حاضر بیش از هفتاد مؤسسهٔ تحقیقاتی مرتبط در جهان وجود دارد که روی این مبحث پژوهش می‌کنند (Duan and Etel, 2013, 2).

این مبحث در سال ۲۰۰۲ برای نخستین‌بار موردتوجه محققین و دانشگاهیان ایران به طور روشمند قرار گرفت و تلاش‌های محققان ایرانی اوایل دههٔ ۸۰ (عباس‌زادگان، ۱۳۸۱؛ جمشیدی، ۱۳۸۲) برای واردکردن این مباحث در دانشکده‌های معماری و شهرسازی، در اواخر دههٔ مذکور شکل وسیع‌تری به خود گرفته و در اوایل دههٔ ۹۰ به اوج خود می‌رسد (رحمتی و همکاران، ۱۳۹۸، ۱۶۱).

پیروز نوریان، پژوهشگر دکتری و مدرس دانشگاه دلفت[۲] در سال‌های اخیر به تفضیل به این مباحث پرداخته است. وی در سال ۲۰۱۳ در مقاله‌ای تحت عنوان "طراحی با اسپیس سینتکس" به بررسی کاربرد این تئوری در معماری پرداخته است و راهکاری مؤثر در طراحی معماری با استفاده از این روش را ارائه کرده است. همچنین افزونه طراحی شده توسط وی با عنوان سینتکتیک[۳]، یک افزونهٔ کاربردی برای آنالیز فضاهای معماری با این روش است که در این پژوهش نیز از آن بهره گرفته شده است.

روش تحقیق

در بخش نظری با انجام مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی با استفاده از استانداردها و مبانی نظری پژوهش به بررسی مسائل مختلف در زمینهٔ موضوع پرداخته شد. در بخش طراحی نیز باتوجه‌به اطلاعات

به‌دست‌آمده در بخش نظری، الگوریتمی باهدف طراحی بر اساس روابط بین فضاها تدوین گردید. در این تحقیق بخش طراحی به ساماندهی فضای آموزشی برای دانش‌آموزان ابتدایی و پیش‌دبستانی اختصاص‌یافته است، لیکن الگوریتم تدوین شده قابلیت استفاده برای طراحی سایر فضاهایی که در آن‌ها روابط بین فضاها از اهمیت بسیاری برخوردار است (مانند بیمارستان) را دارد. باتوجه‌به مطالب مطرح شده روش تحقیق مورداستفاده در این پژوهش، راهبردی ترکیبی دارد که آمیزه‌ای از استراتژی‌های استدلال منطقی، مبانی نظری، بررسی نمونه‌های موردی و مدل‌سازی دیجیتالی می‌باشد.

ابزارها و الگوریتم‌ها: به‌منظور نیل به اهداف طراحی، پس از بررسی نرم‌افزارهای کاربردی در زمینهٔ معماری دیجیتال، نرم‌افزار گرس‌هاپر[4] به‌عنوان بستری برای طراحی انتخاب شد. گرس‌هاپر یک زبان برنامه‌نویسی بصری است که در برنامه راینو سروس تری‌دی[5] اجرا می‌شود. تهیهٔ بستری نرم‌افزاری در روندهای طراحی الگوریتمیک نکته مهمی است که تا بتواند گزینه‌های مختلف و پاسخ‌های احتمالی را بررسی نموده و پس از آنالیز هرکدام به سمت پاسخ بهینه حرکت نماید. الگوریتم بهینه‌سازی به‌کاررفته در این پژوهش الگوریتم ژنتیک[6] می‌باشد. الگوریتم ژنتیک در حقیقت منطقی است برای جست‌وجوی بهینه‌ترین جواب که برای تحقق یافتن نیازمند یک بستر نرم‌افزاری است. در این پژوهش برای اجرا کردن الگوریتم ژنتیک از افزونه گالاپاگوس[7] استفاده شده است.

مبانی نظری

نگاه اجتماعی به معماری

فضا و فعالیت انسانی یک ماهیت واحد هستند که دو جلوه متفاوت ظهور می‌کنند. این ماهیت وابسته به انسان و ویژگی‌های حرکتی و بصری او است که با محوریت دادن آن، مفهوم واحدی از فضای معماری و روابط اجتماعی پدید می‌آید. این مفهوم نشان می‌دهد فضا خصیصهٔ ذاتی فعالیت بشری است؛ بنابراین ویژگی‌های پیکربندی فضا، نقش پررنگ‌تر و پراهمیت‌تری، در مقابل ویژگی‌های فیزیکی فضا دارند (Vaghaun, 2007, 208). منظور از انتظام فضاها در کنار هم نوعی ارتباط درونی است که کاربر از آن بهره می‌برد(معماریان، ۱۳۹۲، ۱۰۷).

تعریف فضا از نظر هیلیر

"فضا است که روابط را تعریف می‌کند و الگوهای هم بودگی[8] یا عدم[9] را معین می‌کند" (Hillier, 2007, 20). این تعریف فضا معادل پیکربندی[10] یا ساختار است. نظریهٔ چیدمان فضا در اواخر دههٔ ۱۹۷۰ (و توسعهٔ آن در طول دهه‌های ۸۰ و ۹۰) از سوی بیل هیلیر در دانشگاه لندن پدیدار شد. نخست، هیلیر و همکارانش در سال‌های ۱۹۷۴ و ۱۹۷۶ از واژهٔ چیدمان (نحوه، ترتیب، قوانین) برای تحلیل قوانین اولیهٔ ساختار فضایی استفاده کردند (فتحی،۱۳۹۲،۲۵).

چیدمان‌هایی را مانند ساختارهای ترکیبی ارائه دادند که نه‌تنها به‌نظام جهانی می‌پردازد، بلکه به پژوهشگران اجازه می‌دهد ضمن توجه به مفهوم فضا، به ارتباط محکم، بین تولیدکنندگان فرم و فضا که رویکرد مهمی در اقتصاد سیاسی است و نیروهای اجتماعی پی ببرند. در سال ۱۹۹۸ هیلیر و همکارانش با روش نوین نشان دادند که چگونه اجزای تشکیل‌دهندهٔ فضا مورد تحلیل قرار می‌گیرند، روشی که حتّی معماران و طراحان برجسته‌ای همچون، "نورمن فاستر" و "ریچارد راجرز" را وادار به استفاده از آن کرد(هیلیر،۱۹۹۸، ۲۱) .

این روش، در گام نخست، تمام سنت‌های طراحی را زیر پا گذاشته و با ارائهٔ راه حل کمی، سطوح

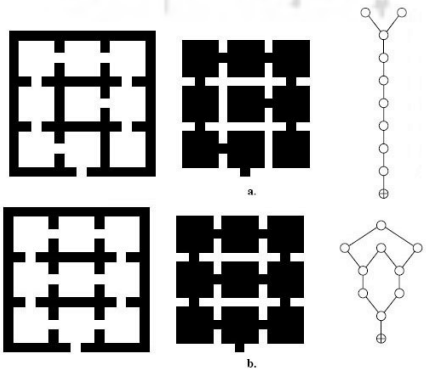
کاربـرد نظریـه را محـدود کـرد؛ امـا بـا روشـن شـدن ابعـاد ایـن روش از جانـب افـرادی همچـون کاسـموک، رویکـرد کیفـی بـه جامعـه، انسـان و روابـط انسـان بـا کالبـد شـهر بـه وجـود آمـد.

در شرق آسـیا، کیـم و شـین بـه کمـک ایـن نظریـه، بـه ارزیابـی ویژگی‌هـای اسـتفاده از پیاده‌روهـا و کاربری‌هـای زمیـن و شـبکه و حجـم پیاده‌روهـا در بخـش مرکـزی سـئول پرداخته‌انـد. نتایـج پژوهش‌هـای آن‌هـا نشـان می‌دهـد، هروقـت برنامه‌ریـزی بـرای فضاهـای پیـاده در محیط‌هـای تجـاری انجـام می‌شـود، بایـد بـر شـبکهٔ فضایـی راحـت و آسـوده بـرای پیاده‌روهـا تأکیـد شـود؛ چـون از اهمیـت بیشـتری نسـبت بـه شـبکهٔ فضایـی شـهر برخـوردار اسـت. انتخـاب واژهٔ "چیدمـان فضـا" بـرای توصیـف انگیزش‌هـا و رفتارهـای اجتماعـی و فرهنگـی درون شـهر، بـه تعریـف خلـق و ایجـاد "فضـا" و تغییـرات آن در طـول زمـان برمی‌گردد(فتحـی،۱۳۹۲، ۲۵).

فضاهایـی کـه فـرم هندسـی ظاهـراً همسـانی دارنـد سـاختار فضایـی متفاوتـی را بـه نمایـش می‌گذارنـد و برعکـس ممکـن اسـت دو خانـه بـا فـرم متفـاوت دارای سـاختار فضایـی یکسـانی باشـند. شـکل ۱ کـه برگرفتـه از کتـاب " فضـا ماشـین اسـت[11] " بیـل هیلیـر می‌باشـد بـرای درک بهـتر ایـن بحـث کارسـاز خواهـد بـود. شـکل ۱ سـلولی را نشـان می‌دهـد کـه بـه دو فضـای a و b تقسـیم شـده اسـت. دیـوارهٔ بیـن ایـن دو فضـا به‌گونـه‌ای اسـت کـه امـکان نفـوذ را بیـن آنهـا فراهـم مـی‌آورد. همان‌طـور کـه مشـخص اسـت ایـن دو فضـا نسـبت بـه هـم متقـارن هسـتند. همچنیـن فضـای بیرونـی نیـز بـا حـرف c نام‌گـذاری شـده اسـت. حـال اگـر هـر فضـا را بـا یـک دایـره و نفـوذ هـر فضـا بـه دیگـری را بـا خـط نشـان دهیـم نمـودار توجیهـی ایـن سـلول مشـابه شـکل خواهـد بـود (Hillier, 2007, 24).

در شـکل ۲ نیـز همیـن نـوع ارتبـاط ایـن بـار بیـن تعـداد بیشـتری از فضاهـا نشان‌داده‌شـده اسـت. همان‌طـور کـه از شـکل مشـخص اسـت نـوع ارتبـاط بیـن فضاهـا اسـت کـه نمـودار را شـکل می‌دهـد، نـه فـرم قرارگیـری آن‌هـا.

شکل ۱: تشریح روابط در یک سیستم فضایی،(هیلیر، ۲۰۰۷، ۲۴)



شکل ۲: تشریح روابط در سیستم‌های فضایی پیچیده‌تر،(هیلیر، ۲۰۰۷، ۲۱)

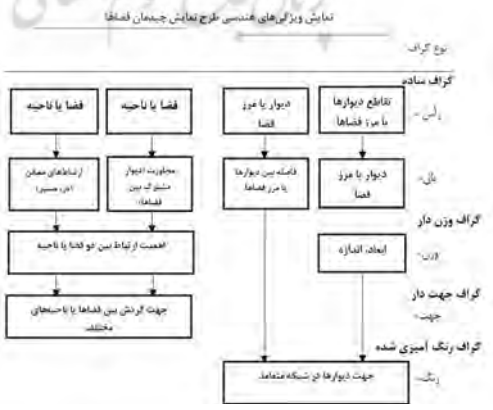
نتیجهٔ تحلیل این نمودارها نشان می‌دهد که نحوهٔ چیدمان فضاها بر میزان و نحوه استفاده فضا توسط کاربر تأثیر می‌گذارد بدین معنا که هر تغییر در نحوهٔ چیدمان فضاها در سطح کل ترتیب فضایی تغییراتی را ایجاد خواهد کرد و در نتیجه ترتیب فضایی، بعضی از اجبارها را به کاربر فضا چه در ساختمان و چه در شهر تحمیل می‌کند؛ بنابراین می‌توان گفت نحوهٔ چیدمان فضا منجر به نحوهٔ درک کل محیط مصنوع (شهر یا ساختمان) می‌شود (بشیرزاده، ۱۳۹۳، ۳).

گراف

نظریهٔ گراف[۱۲] یکی از موضوع‌های مهم در ریاضیات گسسته است که به مطالعه گراف‌ها و مدل‌بندی مسائل به وسیله آن‌ها می‌پردازد. لئونارد اویلر[۱۳] در سال ۱۷۳۶ با حل مسئله پل‌های کونیگسبرگ[۱۴]نظریهٔ گراف‌ها را بنیان گذاشت. مسئلهٔ پل‌های کونیگسبرگ که در اوایل سدهٔ ۱۸ در کونیگسبرگ مطرح شد یکی از معروف‌ترین مسائل در نظریهٔ گراف شد. رود پرگل این شهر را به چهار قسمت تقسیم می‌کرد که قسمت‌های مختلف شهر توسط هفت پل بر روی رود به هم مربوط می‌شدند. بررسی‌های زیادی برای یافتن راهی که فقط یکبار از روی هر پل بگذرد و به نقطه شروع برسد صورت گرفت و در نهایت لئونارد اویلر در سال ۱۷۳۶، اعلام کرد که همچین اتفاقی ممکن نیست و آن را در مقاله‌ای با عنوان "راه حل مسئله‌ای در رابطه با هندسهٔ موقعیت[۱۵]" اثبات کرد (Gribkovasaia and Halskau and Laporte, 2007,1).

راه‌حل اویلر باعث شکل‌گیری بهتر شاخهٔ جدیدی از ریاضیات به نام توپولوژی شد که پیشتر توسط لایبنیتز[۱۶] مطرح شده بود اما مهمتر از آن، راه‌حل اویلر در تاریخ ریاضیات به عنوان اولین قضیه در نظریه گراف شناخته شده‌است که امروزه شاخه‌ای بسیار کاربردی در ریاضیات محسوب می‌شود (Heine Barnett, 2005, 1). نخستین کسی که واژهٔ گراف را برای نامیدن این مدل‌های ریاضی استفاده کرد جیمز جوزف سیلوستر[۱۷] بود.

کاربرد گراف در طراحی معماری: نخستین‌بار لوین[۱۸] ایدهٔ استفاده از گراف برای مدل سازی طراحی معماری را مطرح کرد و پس از آن تحقیقات بسیاری در این زمینه انجام شد. یکی از مهم‌ترین مزایای استفاده از گراف برای مدل‌سازی مسئلهٔ طراحی معماری این است که به طراح امکان ارائه نمایشی از مسئلهٔ طراحی را می‌دهد که فقط شامل مشخصات ضروری طرح است و از طرف دیگر استفاده از نظریهٔ گراف یک روش اصولی برای طراحی معماری ارائه می‌دهد که از اطلاعات داده شده و ارتباطات لازم بین فضاها، می‌توان به یک طرح بهینه رسید (Roth, 1988, 373). انواع گراف‌های قابل‌استفاده در طراحی معماری در شکل ۳ قابل‌مشاهده است.

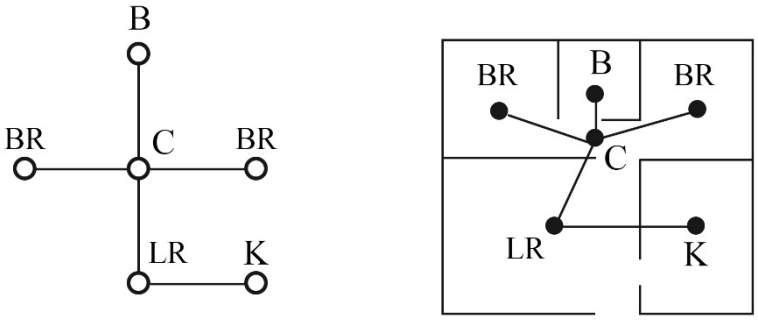


شکل ۳: انواع گراف‌های مورد استفاده در معماری، (*Roth*, 1988, 374)

رایج‌ترین روش بیان یک پلان توسط گراف، استفاده از گراف دوگان[۱۹] آن پلان است که به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

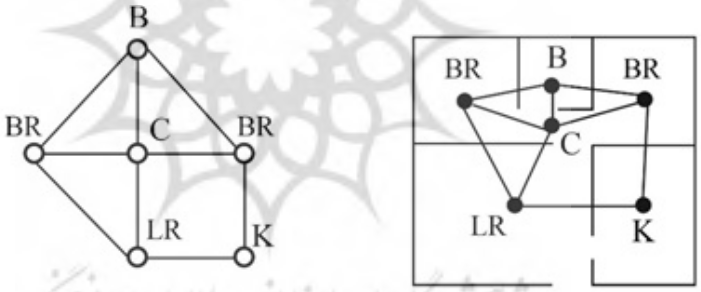
رأس[۲۰]: هر یک از فضاها

یال[۲۱]: دو رأس به هم متصل هستند اگر ارتباط مستقیمی بین آن دو فضا وجود داشته باشد (بین دو فضا در وجود داشته باشد).



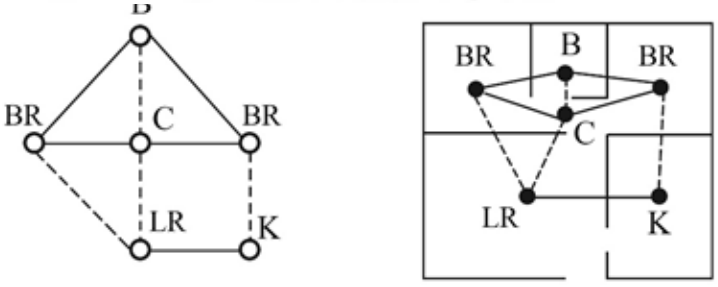
شکل ٤: نمایش پلان توسط گراف دوگان،(Roth, 1988, 376)

اگر یال‌ها را به این صورت تعریف کنیم که دو رأس را به هم وصل می‌کنیم درصورتی‌که فضاهای مربوط به آن دو رأس، دیوار مشترک در پلان داشته باشند به گرافی می‌رسیم که گراف مجاورت[۲۲] نام دارد.



شکل ٥: نمایش پلان توسط گراف مجاورت،(Roth, 1988, 376)

جهت دیوارها را در گراف مجاورت می‌توان با رنگ‌آمیزی یال‌ها مشخص کرد، گراف حاصل گراف مجاورت رنگ‌آمیزی شده[۲۱] نام دارد.



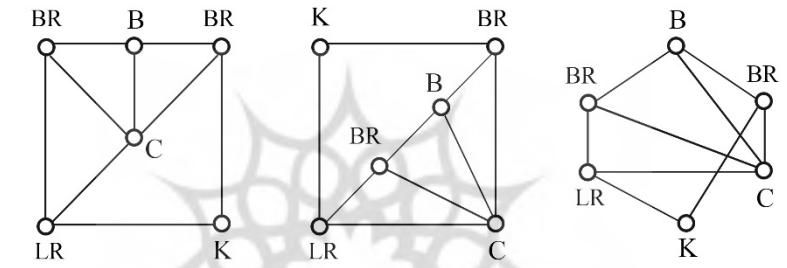
شکل ٦: نمایش پلان توسط گراف مجاورت رنگ آمیزی شده،(Roth, 1988, 376)

مشخصات دیگری نیز می‌توانند به گراف‌های تعریف شده در بالا اضافه شود. در صورت نیاز

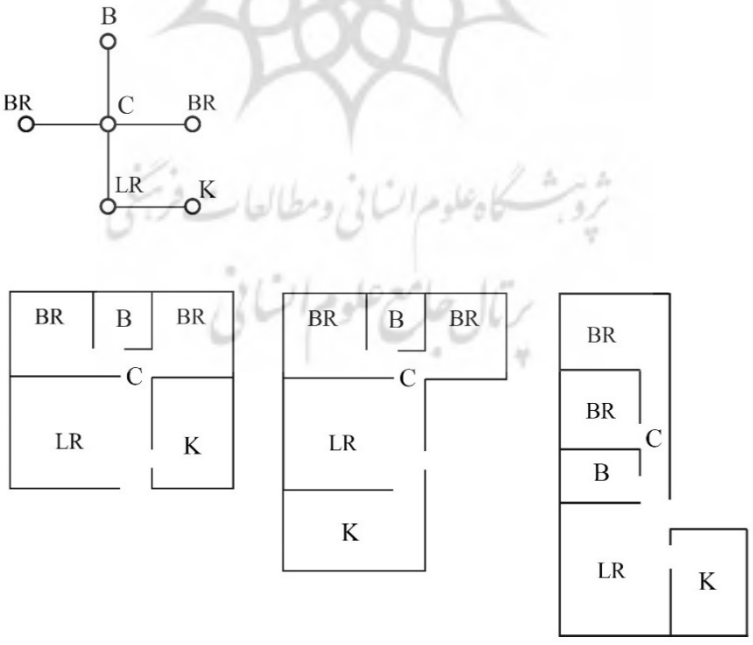
یال‌هـای گـراف ارتباطـی می‌تواننـد جهـت‌دار فـرض شـوند، بـرای مثـال گـراف مربـوط بـه خـط تولیـد یـک کارخانـه یـا گـراف مربـوط بـه خطـوط جاده‌هـا. هـر یـک از گراف‌هـای تعریـف شـده در بـالا میتواننـد بـه گـراف وزنـدار[۲۴] تبدیـل شـوند. در واقـع وزن هـر یـال میـزان اهمیـت ارتبـاط بیـن فضاهـا را نشـان می‌دهـد.

تبدیل گراف به پلان

همان‌طـور کـه مشـاهده شـد یـک پـلان بـه صـورت یکتـا و بسـیار سـاده بـه گـراف تبدیـل می‌شـود ولـی بـه دلیـل اینکـه یـک گـراف معمـولاً بخش‌هایـی از مشـخصات فیزیکـی پـلان را بیـان می‌کنـد و همچنیـن یـک گـراف می‌توانـد بـه طـرق مختلفـی رسـم شـود کـه همگـی ویژگی‌هـای یکسـانی داشـته باشـند، تبدیـل گـراف بـه پـلان معمـولاً فراینـدی پیچیـده اسـت. همچنیـن تبدیـل یـک گـراف بـه پـلان یکتـا نیسـت و یـک گـراف می‌توانـد بـه پلان‌هـای متفاوتـی تبدیـل شـود (حیاتـی،۱۳۹۲، ۷).



شکل۷: گرافهای یک ریخت،(Roth, 1988, 376)



شکل ۸: تبدیل یک گراف به سه پلان مختلف،(Roth, 1988, 376)

گـراف مجـاورت فضاهـا: اولیـن مرحلـه در فراینـد مدل‌سـازی طراحـی معـماری، سـاختن گـراف مجـاورت

فضاها بر اساس نوع ارتباطات لازم بین فضاها می‌باشد که کلیهٔ نیازمندی‌های طرح و ارتباطات بین فضاها توسط طراح از قبل تعیین شده است. این گراف نهایتاً بعد از طی مراحلی به پلان معماری تبدیل می‌شود و این واقعیت که تبدیل گراف به پلان معماری منحصربه‌فرد نیست به این معنی است که وقتی نیازمندی‌های مسئلهٔ طراحی در قالب یک گراف مطرح می‌شود راه‌حل‌های نهایی منحصربه‌فرد نیستند و این گراف می‌تواند به تعداد زیادی پلان تبدیل شود و خلاقیت طراح با استفاده از این روش به خطر نمی‌افتد (حیاتی،۱۳۹۲، ۸).

قبل از تبدیل گراف به پلان بهتر است برخی از جزئیات در همین مرحله به گراف اضافه شود. زیرا در این مرحله تصمیمات کاملاً منطقی صورت می‌گیرد و عواملی مثل توجه به شکل فضاها و زیبایی طرح، در روند طراحی منطقی و برقراری صحیح ارتباط بین فضاها مداخله نمی‌کند و همچنین این امکان را به طراح می‌دهد که در هر مرحله روی مسائل مربوط به همان مرحله تمرکز کند. چگونگی ارتباط و هم‌جواری بین فضاها در قالب یک ماتریس متقارن بیان می‌شود که ماتریس مجاورت[۲۵] نام دارد، درایه‌های این ماتریس بدین صورت تعریف می‌شوند:

اگر فضای i و j مجاور باشند (دیوار مشترک داشته باشند) درایه (i,j) را ۱ در نظر می‌گیریم. در غیر این صورت درایه (ij) را صفر در نظر می‌گیریم (حیاتی،۱۳۹۲، ۸).

اصول و معیارهای طراحی مدرسه

در دهه‌های اخیر تحقیقات فراوانی پیرامون تأثیر محیط بر یادگیری انجام شده است. با تغییر زیرساخت واحدهای آموزشی می‌توان سبب ترویج یادگیری زاینده و یادگیری برای نوآوری شد. حیاط مدرسه به عنوان فضایی برای ارتباط با طبیعت به عنوان یک ابزار آموزشی سودمند در راستای کاهش فشارهای عصبی و بهبود سلامت روحی و جسمی کاربران به حساب می‌آید (باقریها،۱۳۹۳).

الف) انعطاف‌پذیری و پلان باز: برای افزایش کیفیت آموزشی، می توان از راهکارهای انعطاف پذیر کنندهٔ فضا بهره جست. به این ترتیب می توان انتظار داشت با استفاده از پلان باز در اغلب فضاهای جمعی و آموزشی مدارس که فضای مذکور بتواند پاسخ‌گوی تغییرات الگوهای رفتاری در آینده باشد.

ب) گردش و حرکت در فضا: شناخت هر چه بیشتر ساختار فضایی متناسب با رفتارهای دانش آموزان می‌تواند راهکاری برای ارائهٔ الگوهای حرکتی و گردشی در فضا باشد. شاخص نمودن ورودی‌های و دسترسی به فضا به لحاظ بصری و کالبدی از دیگر اصول طراحی حرکت در فضا است (Hillenbrand, 1999).

ج) عرصه‌بندی: چیدن فضاها بر اساس حوزه‌های عملکردی مرتبط می‌تواند سبب کاهش انتقال آلودگی صوتی از قسمت‌های پرتردد را به کلاس‌های درس و فضاهایی که نیاز به سکوت دارند، شود (امینی‌فر، ۱۳۹۵، ۲۰).

د) سرانهٔ فضای باز و مسقف: استفاده از فضاهای نیمه باز و باز بستری مناسب برای استفاده از فرصت‌های تجربی به وجود می‌آورد. فراهم آوردن بستر مناسب برای استراحت دانش‌آموزان برای دقایقی و همچنین افزایش تعامل و یادگیری در این زمان‌ها در روند رشد و بهبود یادگیری دانش آموزان موثر است (امینی‌فر، ۱۳۹۵، ۲۰).

ه) ارتباط بین درون و بیرون: «ایجاد ارتباط آسان بین فضای درون و بیرون با استفاده از رواق و جداره‌های شفاف بهره‌گیری از طبیعت، نور روز و آفتاب را فراهم می‌آورد و تأثیر مثبتی بر کاربران می‌گذارد» (امینی‌فر، ۱۳۹۵، ۲۱).

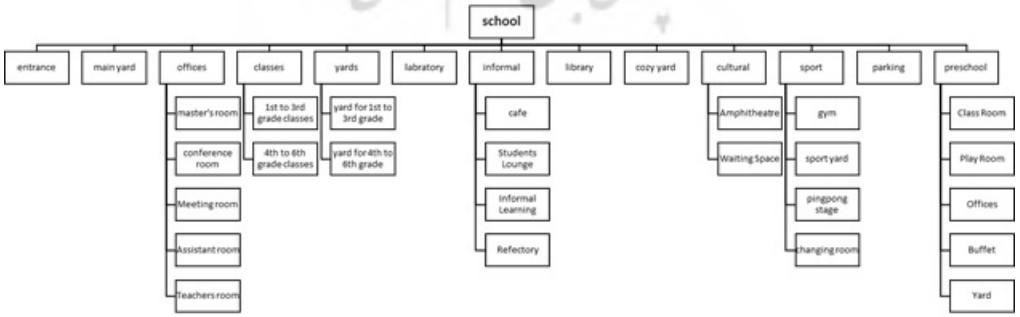
روند طراحی

اگـر چیدمـان فضایـی را بـه عنـوان یکـی از جنبه‌هـای اساسـی طراحـی معـماری کـه بـر روی عملکـرد اجتماعـی فضـا تأثیـر می‌گـذارد در نظـر بگیریـم، در نتیجـه آن برخـی از تجزیـه و تحلیل‌هـای فضایـی بایـد بخشـی جدایی‌ناپذیـر از فراینـد طراحـی معـماری باشـد.

ایـدۀ طراحـی پـلان از طریـق گـراف و نمـودار سـؤالات زیـادی را در ذهـن ایجـاد می‌کنـد کـه مهم‌تریـن آن‌هـا تعـداد آلترناتیوهـای ارائـه شـده اسـت. در واقـع پاسـخ نظـری کـه می‌تـوان بـه ایـن سـؤال داد ایـن اسـت کـه تعـداد بـی شـماری پـلان بـا الگوهـای اتصـال مشـابه می‌توانـد وجـود داشـته باشـد. بـا ایـن وجـود از طریـق محـدود کـردن پارامترهـای طراحـی ماننـد محـدود شـدن بـه فرم‌هـای هندسـی خـاص ماننـد مسـتطیل، محدودیت‌هـای اقلیمـی، محدودیت‌هـای دسترسـی و غیـره می‌تـوان تعـدادی از جواب‌هـا را حـذف نمـود. یـک ایـدۀ عملـی ایـن اسـت کـه در ابتـدا گـراف را تبدیـل بـه یـک فـرم هندسـی کـرده تـا بـه الگـوی هندسـی نهایـی نزدیک‌تـر شـود. در طـول ایـن پروسـه، ممکـن اسـت گاهـی تعـداد آلترناتیوهـا بسـیار زیـاد شـود، در ایـن زمـان بایـد مسـیرهای مشـخصی بـرای درک و کشـف طیف‌هـای مختلـف جواب‌هـا در یـک مسـیر خـاص و روش‌منـد انتخـاب شـود. در ایـن پژوهـش بـه منظـور یافـتن بهینه‌تریـن جـواب از بیـن آلترناتیوهـای موجـود از الگوریتـم ژنتیـک اسـتفاده شـده اسـت. مراحـل بـه کار رفتـه بـه منظـور رسـیدن بـه پاسـخ نهایـی در ایـن پـروژه بـه شرح زیـر می‌باشـد:

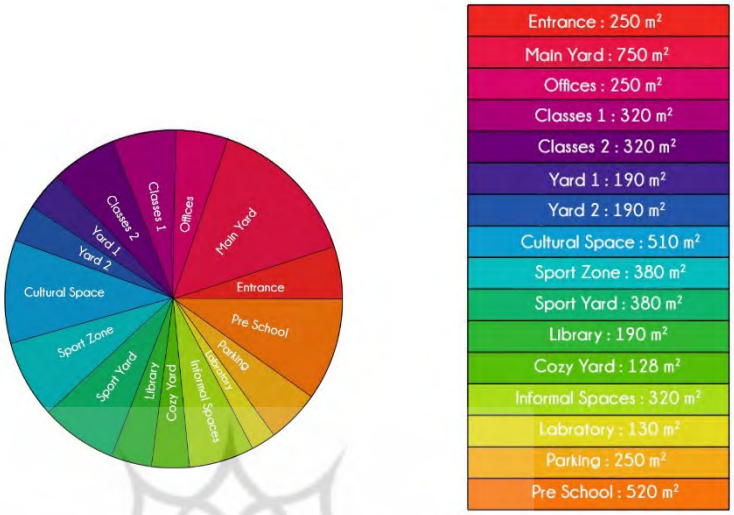
الـف) جمع‌بنـدی داده‌هـا و اطلاعـات اولیـه: مرحلـه اول طراحـی معـماری همـواره جمـع‌آوری اطلاعـات و داده‌هـای اولیـه لازم بـرای طراحـی می‌باشـد. در طراحی‌هـای الگوریتمیـک نیـز بـرای شروع رونـد الگوریتـم، داده‌هـای اولیـه بایـد به‌صـورت ورودی بـه کامپیوتـر داده شـود؛ لـذا در ابتـدا بایـد اطلاعـات لازم بـرای شروع طراحـی جمع‌بندی‌شـده و سـپس ایـن اطلاعـات بـه داده‌هایـی قابـل‌درک بـرای کامپیوتـر تبدیـل گـردد.

ب) تقسـیم فضاهـا بـه تعـدادی زون فضایـی: در ایـن مرحلـه کلیـۀ فضاهـای مـورد نیـاز دبسـتان در قالـب تعـدادی زون اصلـی فضایـی تعریـف می‌شـود تـا کلیـۀ مراحـل بعـدی بـا توجـه بـه ایـن فضاهـا انجـام گیـرد. در نمـودار زیـر ایـن زون‌هـای فضایـی بـه همـراه ریزفضاهـای هـر یـک نشـان داده شـده اسـت. همانطـور کـه در نمـودار مشـاهده می‌شـود بـرای کلاس‌هـای درس دو محـدوده فضایـی مجـزا در نظـر گرفتـه شـده، پایـۀ اول تـا سـوم در یـک محـدوده و چهـارم تـا پنجـم در محـدوده‌ای دیگـر. بـا ایـن هـدف کـه هـر کـدام جـدا از حیـاط اصلـی و مشـترک یـک فضـای بـاز جـدا داشـته و بـه دلیـل تفـاوت سـنی مشـکلاتی بیـن دانش‌آمـوزان ایجـاد نگـردد.



شکل ۹: برنامه فیزیکی، نگارندگان

ج) ارائـهٔ یـک لیسـت از مسـاحت فضاهـای عملکـردی: باتوجه‌بـه ضوابـط و محدودیت‌هـای طراحـی مـدارس و همچنیـن ایده‌هـای طراحـی بـرای هـر زون فضایـی مسـاحت تقریبـی در نظـر گرفتـه شـده اسـت.

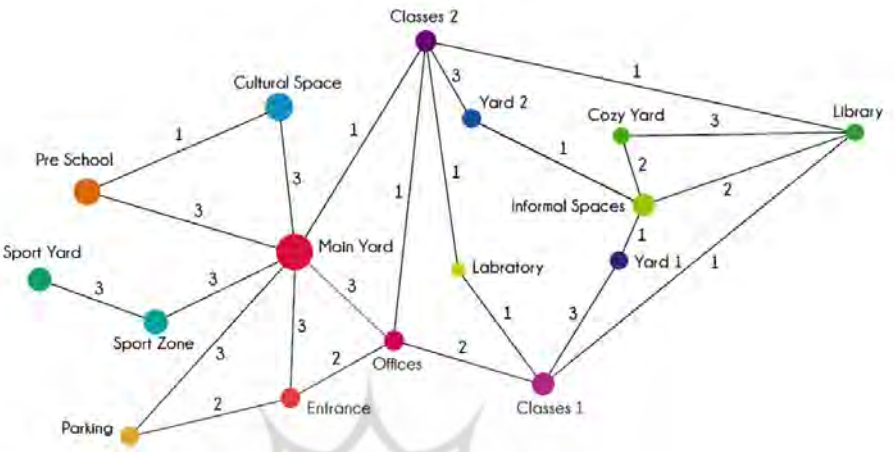


شکل ۱۰: مساحت فضاها، نگارندگان

د) ترسـیم ماتریـس مجـاورت فضاهـا بـر اسـاس ایـدهٔ پیکربنـدی طراحـی: در ایـن مرحلـه بـر اسـاس ایده‌هـای پیکربنـدی فضایـی طراحـی مدرسـه ماتریسـی ترسـیم گردیـده کـه نحـوهٔ مجـاورت فضاهـا و درجـهٔ اهمیـت ایـن مجاورت‌هـا در آن مشـخص می‌باشـد. مسـاحت‌های محاسـبه شـده در مرحلـهٔ قبـل و همچنیـن سـایر محدودیت‌هـا نظیـر دسترسـی عمومـی، درجـهٔ نیازمنـدی فضـا بـه نـور طبیعـی و میـزان محرمیـت فضـا نیـز در ایـن ماتریـس نشـان داده شـده اسـت.

شکل ۱۱: ماتریس مجاورت فضا، نگارندگان

ه) ترسیم گراف مجاورت فضاها بر اساس ماتریس مجاورت: در این مرحله باتوجه‌به ماتریس مجاورت می‌توان گراف مجاورت فضاها را ترسیم نمود گرافی که در این پژوهش کاربردی می‌باشد گراف وزن‌دار است. منظور از وزن میزان اهمیت همجواری است که در ماتریس نیز نشان‌داده‌شده است.

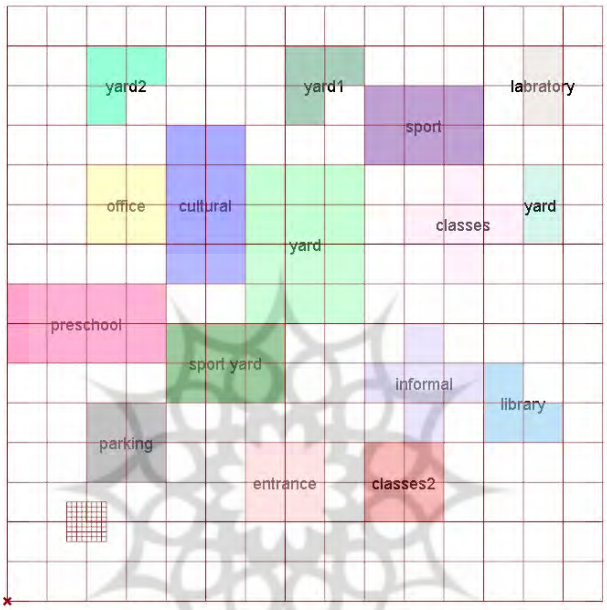


شکل ۱۲: گراف وزن دار فضاها، نگارندگان

و) بررسی محدودیت‌های مربوط به جهت‌گیری فضاها: علاوه بر بحث همجواری نکتهٔ دیگری که در قرارگیری فضاهای مدرسه مهم می‌باشد بحث جهت‌گیری است. نور طبیعی در فضاهایی مانند کلاس درس و کتابخانه از اهمیت بسیاری برخوردار است؛ لذا جهت‌گیری این دست فضاها برای دریافت نور مناسب باید در مراحل اولیهٔ طراحی لحاظ شود. نکتهٔ دیگری که در مورد جهت‌گیری فضاها مهم است بحث دسترسی‌ها می‌باشد. با توجه به سایت طراحی که از سمت جنوب و غرب امکان دسترسی به سایت مجموعه وجود دارد؛ لذا فضاهایی که نیازمند دسترسی مستقیم از بیرون هستند باید در این دو جبهه قرار بگیرند. جدول زیر قوانین حاکم بر جهت‌گیری فضاهای مختلف را باتوجه‌به نوع نور موردنیاز بر اساس شرایط اقلیمی منطقه و همچنین دسترسی به خیابان اصلی نشان می‌دهد.

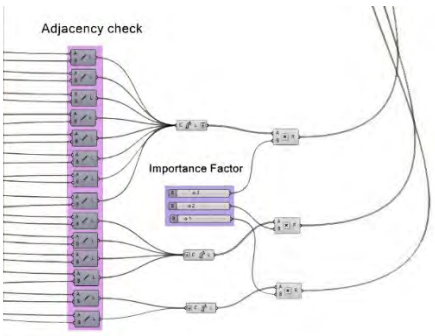
شکل ۱۳: محدودیت‌های جهت گیری فضاها، نگارندگان

ز) تبدیل اطلاعات اولیه به ورودی‌های الگوریتم: در این مرحله ابتدا سایت مورد نظر به تعدادی گرید تقسیم‌بندی شده و مراکز مربع‌های این شبکه به عنوان متغیری برای قرارگیری هر یک از زون‌های فضایی تعریف می‌شوند. سپس برای شروع کار، تعدادی از مراکز مربع‌ها به صورت رندوم به عنوان محل اولیهٔ قرارگیری مرکز فضاها انتخاب شده و بسته به مساحت‌های به دست آمده برای هر زون تعدادی از مربع‌های اطراف هر مرکز به هر فضا اختصاص می‌یابد. بدیهی است که حالت‌های مختلفی برای انتخاب مربع‌های اطراف هر مرکز به وجود می‌آید و به تبع آن فرم‌های متفاوتی برای هر فضا ایجاد می‌شود. نحوهٔ انتخاب این مربع‌ها نیز دومین متغیر در حل الگوریتم خواهد بود.



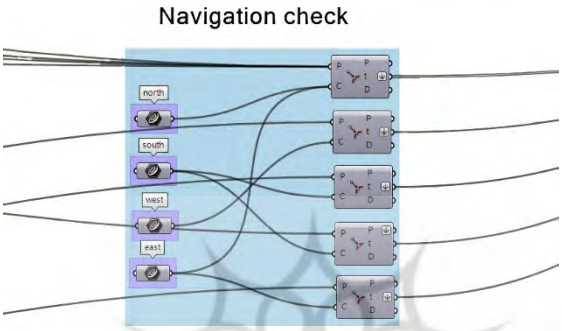
شکل ۱۴: تعریف فضاها در الگوریتم، نگارندگان

در ادامه برای هر فضای عملکردی یک برچسب (نام) در نرم‌افزار تعریف شده و برای قابلیت تشخیص بهتر فضاها به هر کدام رنگ منحصر به فردی اختصاص داده می‌شود. در این مرحله باید گراف وزن دار به یک پلان معماری تبدیل شود لذا یال‌های گراف را این بار بین فضاهای ایجاد شده ترسیم شده (از مرکز هر فضا به مرکز دیگری) و به خطوط وزن اختصاص می‌یابد تا به این طریق همجواری‌ها و میزان اهمیت آن‌ها را تعریف شود.



شکل ۱۵: اعمال مجاورت‌ها در الگوریتم، نگارندگان

مرحلهٔ بعد اعمال محدودیت‌های جهت‌گیری است که از طریق اتصال تعدادی از فضاها به شمال، جنوب، شرق یا غرب از طریق با رسم تعدادی خط صورت می‌گیرد. ترسیم این خطوط از این جهت ضروری است که تضمین می‌کند هر فضا در مسیر و جهت درست خود قرار می‌گیرد. به عنوان مثال مهم است که کلاس‌ها در شمال یا شرق قرار بگیرند تا از نور مناسب برخوردار شوند. سایر محدودیت‌ها نیز نظیر دسترسی و محرمیت در همین مرحله اعمال می‌شود. به این خطوط نیز مانند خطوط بالا بسته به میزان اهمیت جهت گیری هر فضا وزن اختصاص داده می‌شود. در پایان این مرحله کلیهٔ اطلاعات اولیه به صورت داده‌هایی به نرم افزار ارائه شده و گراف نیز به یک پلان ترجمه شده است. حال باید به دنبال روشی بود که با استفاده از این داده‌ها بهترین پاسخ را ارائه دهد.



شکل ۱۶: اعمال قوانین مربوط به جهت‌گیری فضاها در الگوریتم، نگارندگان

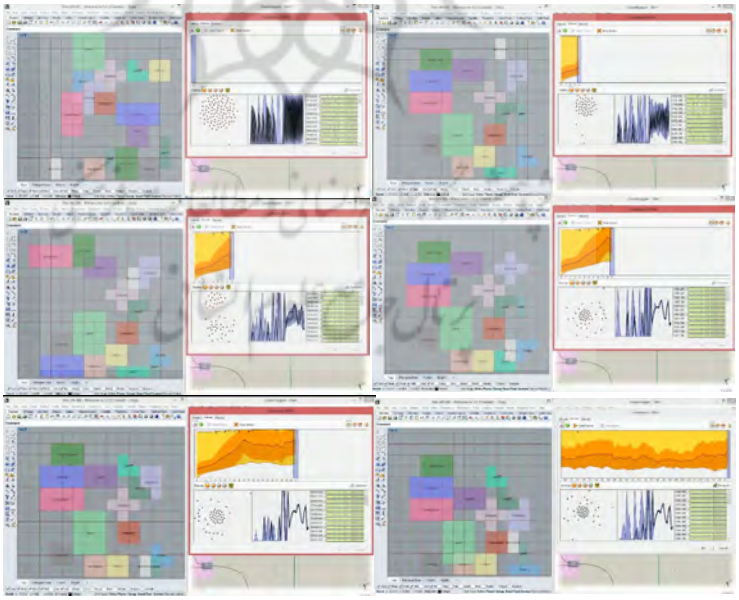
ح) الگوریتم بهینه‌سازی: بهینه‌سازی یک فعالیت مهم و تعیین‌کننده در طراحی ساختاری است. طراحان زمانی قادر خواهند بود طرح‌های بهتری تولید کنند که بتوانند با روش‌های بهینه‌سازی در صرف زمان و هزینه طراحی صرفه‌جویی نمایند. هدف از بهینه‌سازی یافتن بهترین جواب قابل‌قبول، باتوجه‌به محدودیت‌ها و نیازهای مسئله است. برای یک مسئله، ممکن است جواب‌های مختلفی موجود باشد که برای مقایسهٔ آن‌ها و انتخاب جواب بهینه، تابعی به نام تابع هدف تعریف می‌شود. انتخاب این تابع به طبیعت مسئله وابسته است. انتخاب تابع هدف مناسب یکی از مهم‌ترین گام‌های بهینه‌سازی است. هر مسئلهٔ بهینه‌سازی دارای تعدادی متغیر مستقل است که آن‌ها را متغیرهای طراحی می‌نامند که با بردار n بعدی x نشان داده می‌شوند. هدف از بهینه‌سازی تعیین متغیرهای طراحی است، به‌گونه‌ای که تابع هدف کمینه یا بیشینه شود.

الگوریتم بهینه‌سازی مورداستفاده در این پژوهش الگوریتم ژنتیک می‌باشد. الگوریتم‌های ژنتیک اغلب گزینهٔ خوبی برای تکنیک‌های پیش‌بینی بر مبنای تصادف هستند. مختصراً گفته می‌شود که الگوریتم ژنتیک یک تکنیک برنامه‌نویسی است که از تکامل ژنتیکی به‌عنوان یک الگوی حل مسئلهٔ استفاده می‌کند. مسئله‌ای که باید حل شود ورودی است و راه‌حل‌ها طبق یک الگو کدگذاری می‌شوند که تابع هدف نام دارد هر راه‌حل کاندید را ارزیابی می‌کند که اکثر آن‌ها به‌صورت تصادفی انتخاب می‌شوند. متغیرها نیز به‌صورت ژنوم به موتور جستجو وارد می‌شوند.

در الگوریتم‌های ژنتیک ابتدا به طور تصادفی یا الگوریتمیک، چندین جواب برای مسئله تولید و این مجموعه جواب جمعیت اولیه نامیده می‌شود. هر جواب یک کروموزوم نام دارد. سپس با استفاده از عملگرهای الگوریتم ژنتیک پس از انتخاب کروموزوم‌های بهتر، کروموزوم‌ها با هم ترکیب و جهشی در آن‌ها ایجاد می‌شود. در نهایت جمعیت فعلی با جمعیت جدیدی که از ترکیب و جهش در کروموزوم‌ها حاصل می‌شود، ترکیب خواهند شد(Yibo Xu. 2009).

در این پژوهش همان‌طور که قبلاً گفته شده، متغیرها محل قرارگیری هر یک از فضاها در سایت و فرم و چرخش هرکدام از آن‌ها است که به‌عنوان ژنوم‌ها در نظر گرفته می‌شود. تابع هدف نیز مجموع خطوط ترسیم شدهٔ بین فضاها بر اساس مجاورت آن‌ها، خطوط بین فضاها و جهت‌های جغرافیایی از نظر نورگیری و خطوط مربوط به دسترسی‌ها و محرمیت است که هرکدام باتوجه‌به وزن یا ضریب اهمیت خود با هم جمع شده وعدد به‌دست‌آمده به‌عنوان تابع هدف در نظر گرفته می‌شود. مینیمم شدن این عدد به معنای این است که فضاها تا حد ممکن در بهترین حالت نسبت به یکدیگر و نسبت به سایت طراحی قرار گرفته‌اند. منظور از بهترین حالت منطبق‌ترین جواب برای تأمین نیازهای پروژه می‌باشد.

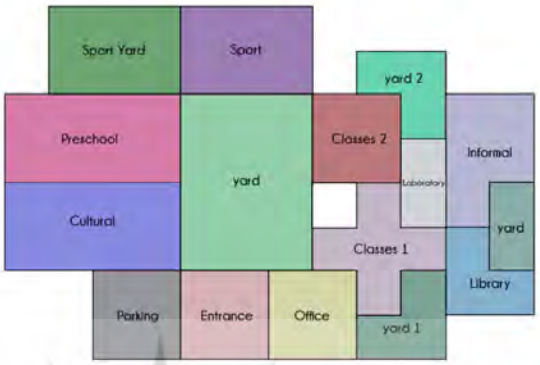
مسئله‌ای که در این میان پیش می‌آید این است که نرم‌افزار برای کم کردن عدد فیتنس فضاها را تا حد ممکن به هم نزدیک می‌کند که این باعث تداخل بین آن‌ها می‌شود؛ لذا برای جلوگیری از ایجاد چنین مسئله‌ای باید شرط عدم تداخل به الگوریتم اضافه شود. به این شکل که هر یک از جواب‌های به‌دست‌آمده باید از فیلتری عبور کند که بررسی می‌کند آیا فضاها باهم نقطهٔ اشتراکی دارند یا نه و در صورت عدم اشتراک جواب به‌دست‌آمده از این فیلتر عبور کرده و در غیر این صورت در همین مرحله از دایرهٔ جواب‌ها حذف می‌گردد. در حین اجرای پروسهٔ بهینه‌سازی با تغییر پارامترها فرم‌های مختلف ایجاد شده برای پلان، توسط نرم‌افزار بررسی می‌شود. شکل شماره ۱۷ روند بهینه‌سازی را نشان می‌دهد. این پروسه به‌وسیله کامپوننت گالاپاگوس در افزونه گرس هاپر اجرا می‌شود. این کامپوننت با بهره‌گیری از الگوریتم ژنتیک به محاسبهٔ پاسخ بهینه می‌پردازد. روش کار در این کامپوننت بدین شکل است که در ابتدا پاسخ‌هایی تصادفی به‌عنوان نسل اولیه انتخاب و بررسی می‌شوند. باتوجه‌به تنظیمات انجام شده توسط کاربر، در این پروژه ۷۵ درصد هر نسل با هم ترکیب و ۵ درصد از بهترین جواب‌ها ذخیره می‌شوند. هنگامی که تعداد پاسخ‌های ذخیره شده به ۵۰ رسید محاسبات نسل بعدی آغاز می‌گردد. همان گونه که در شکل مشخص است با افزایش تعداد نسل، بازهٔ تغییرات فرم پاسخ‌های مطلوب کاهش می‌یابد.



شکل ۱۷: روند اجرای الگوریتم ژنتیک برای به دست آوردن جواب بهینه، نگارندگان

قابل‌ذکر است که هر چه زمان بیشتری از اجرای الگوریتم بهینه‌سازی بگذرد پاسخ‌های بیشتری تولید شده و احتمال دستیابی به گزینهٔ مطلوب‌تر افزایش می‌یابد. اما باید توجه داشت که علاوه بر

پارامترهـای تأثیرگـذار در طراحـی، زمـان و میـزان محاسـبات نیـز در هـر پـروژه نقشـی اساسـی دارد، لـذا پـس از رسـیدن بـه نقطـه‌ای کـه بـازهٔ تغییـرات از حـد دقـت موردنیـاز در طراحـی کمـتر شـود، می‌تـوان محاسـبات را متوقـف نمـود و بـه مجموعـه پاسـخ‌های به‌دسـت‌آمده اکتفـا کـرد. پـس از گذشـت ۱۲۰ نسـل بـازهٔ تغییـرات بسـیار انـدک گردیـد لـذا پروسـهٔ بهینه‌سـازی متوقـف و پاسـخ به‌دسـت‌آمده به‌عنـوان جـواب نهایـی مسـئله در نظـر گرفتـه شـد.



شکل ۱۸: پاسخ نهایی به دست آمده از الگوریتم، نگارندگان

آن‌چـه در ایـن میـان حائـز اهمیـت اسـت ایـن اسـت کـه کامپیوتـر بایـد به‌عنـوان ابـزاری بـرای کمـک بـه طراحـی در نظـر گرفتـه شـود نـه ابـزاری کـه طراحـی صفـر تـا صـد بـه آن سـپرده می‌شـود؛ بنابرایـن پـس از به‌دسـت‌آوردن پاسـخ نهایـی، اندکـی تغییـرات باتوجه‌بـه مسـائل زیبایی‌شناسـانه، عملکـردی و نیازهـای پـروژه توسـط طـراح روی طـرح صـورت می‌پذیـرد.

ط) بسـط و توسـعه طـرح: در ایـن مرحلـه باتوجه‌بـه جـواب اولیـهٔ فضـای داخلـی هـر یـک از زون‌هـا طراحـی گردیـد و تغییـرات اندکـی در کلیـت پـلان مجموعـه ایجـاد شـد. در مرحلـهٔ بعـدی الگـوی پـلان بـه حجـم تبدیـل گردیـد و فـرم نهایـی مجموعـه ایجـاد شـد. در شـکل زیـر زون‌بندی‌هـا در فـرم حجمـی ایجـاد شـده نشان‌داده‌شـده اسـت.

شکل ۱۹: عرصه‌بندی مدل حجمی، نگارندگان

نتیجه‌گیری

دستیابی به الگوریتمی واحد بر مبنای داده‌های مرتبط با اصول چیدمان فضاها در یک ساختمان هدف اصلی این پژوهش بوده است. در ساختمان‌هایی که از فضاهای متنوع تشکیل شده‌اند که هرکدام کاربری مختص به خود را داشته و ارتباط بین کاربری‌ها نظم فضایی مجموعه را شکل می‌دهند، یافتن بهینه‌ترین چیدمان بر اساس اصول حاکم بر طراحی امری مهم تلقی می‌شود که با استفاده از روند الگوریتمیک می‌توان این امر دشوار را ساده‌تر کرد. نتیجهٔ به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که در صورت تبیین دقیق نیازهای پروژه و استفاده از الگوریتم صحیح، کامپیوتر می‌تواند روند طراحی را در پروژه‌هایی ازاین‌دست، تسریع و تدقیق نماید و نتیجهٔ به‌دست‌آمده تا حد بسیار زیادی به پاسخ ایدئال نزدیک می‌باشد. لازم به ذکر است که الگوریتم تدوین شده تنها مختص به این پروژه نبوده و با تغییر ورودی‌های الگوریتم، می‌توان مناسب‌ترین چیدمان فضایی برای هر ساختمان و کاربری را به دست آورد که این امر می‌تواند کمک بسیار بزرگی در مسیر رسیدن به طرح نهایی پروژه‌هایی با برنامه فیزیکی پیچیده باشد.

پی‌نوشت

1. Gifford
2. TU Delft, the Netherlands
3. Syntactic
4. grasshopper
5. Rhinoceros 3D
6. Genetic Algorithm
7. Galapagos
8. Co-presence
9. Co-absence
10. Configuration
11. Space is the machine
12. Graph Theory
13. Leonhard Euler
14. Königsberg Bridge Problem
15. Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis
16. Gottfried Wilhelm Leibniz
17. James Joseph Sylvester
18. Levin
19. Passage Graph
20. Vertice
21. Edge
22. Adjacencies Graph
23. Colored adjacencies Graph
24. Weighted Graph
25. Adjacencies Matrix

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

- امینی فر، زینت، پورباقر، سمیه، عظمتی، حمیدرضا (۱۳۹۵)، الگوی چیدمان فضایی مدارس نوین مبتنی بر اصول مدارس اسلامی در راستای ارتقاء یادگیری افراد، فصلنامه علمی‌پژوهشی نقش‌جهان، شماره ۲-۶، ۲۳-۱۶
- باقریها، مهتاب (۱۳۹۳)، طراحی مجتمع آموزشی پیش‌دبستان و دبستان پسرانه، پایاننامه برای دریافت درجه کارشناسی، دانشگاه تهران
- بشیرزاده، سحر (۱۳۹۳). بررسی کارکرد تئوری اسپیس سینتکس در حوزه معماری، همایش ملی نظریه های نوین در معماری و شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین
- بیات، مهدی، و مظاهر، صفی و کاظمی، حسن (۱۳۹۵). نقش مبلمان کارگاه در میزان یادگیری دانشجویان معماری، اولین همایش ملی معماری و شهرسازی (اندیشه، نظریه‌ها و روش‌ها)، ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر
- حیاتی، مریم (۱۳۹۲)، کاربردهایی از نظریه گراف در طراحی معماری، پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد، دانشگاه شریف
- رحمتی گواری، رمیصا، و طاهباز، منصوره، و قدوسی‌فر، هادی (۱۳۹۸). معیارهای مرکزیت جهت تحلیل چیدمان عملکردی فضا، نشریه علمی - پژوهشی معماری و شهرسازی ایران، ۱۷، ۱۵۹-۱۷۳
- طاهرسیما سارا, ایراني بهبهانی هما, بذرافکن کاوه(۱۳۹٤). تبیین نقش آموزشي فضاي باز در مدارس ایران با

مطالعـه تطبيقـي مـدارس سـنتي تـا معـاصر (نمونـه هـای مـوردی: مدرسـه هـاي چهاربـاغ، دارالفنـون و الـبرز)، نشريـه پژوهش‌هـاي معـماري اسـلامي، دوره ۳ , شـماره ۱ (پياپـی ٦)
- طباطباييـان، مريـم، و عباسـعلی زاده رضـا کلايـی، سـاناز، فيـاض، ريـما (۱۳۹۳). بررسـی تاثيـر طبيعـت بـر خلاقيـت کـودک، نشريـه معـماری و شهرسـازی آرمـان شـهر، ۱۷، ۹۱-۱۰۲
- گيفـورد، رابـرت. ۱۳۷۸ .شـخصيت و محيـط. ترجمـۀ نگـين جواهريـان و ديگـران. مجلـه معـماري و فرهنـگ(۲-۳):۳۳-۵۳
- مرتضـوی، شـهرناز (۱۳۷٦). فضاهـای آموزشـی از ديـدگاه روانشناسـی محيـط. تهـران: انتشـارات سـازمان نوسـازی مـدارس کشـور.
- معماريان، غلامحسين (۱۳۸۱)، نحو فضای معماری، مجله صفه، ۳۵، ۷٤-۸٤
- معماريان، غلامحسين (۱۳۸۵)، نحو فضای معماری، مجله صفه، شماره ۳۹
- معماريـان، غلامحسـين، و طبرسـا، محمـد علـی (۱۳۹۲). گونـه و گونـه شناسـی معـماری، نشريـه علمـی - پژوهشـی انجمـن علمـی معـماری و شهرسـازی ايـران، ٦، ۱۰۳-۱۱٤
- Duan, Jin; Lu, Han; (2013), "Application of space syntax in urban master planning: A case study of Fuyang in China", Proceedings of the Ninth International Space Syntax Symposium Edited by Y O Kim, H T Park and K W Seo, Seoul:Sejong University, PP 1-12.
- Heine Barnett, Janet (2005) ،Early Writings on Graph Theory: Euler Circuits and The Konigsberg Bridge Problem, Colorado State University – Pueblo
- Hillenbrand, Robert. (1999).Islamic Architecture: form, function and meaning.translated by Iraj Etesam. Tehran:pardazesh.
- Hillenbrand, Robert. (2007) Space is The Machine: a Configurational Theory Of Architecture, Cambridge University Press, Cambridge.
- Gribkovskaia, Irana; Halskau sr, Oyvind; Laporte, Gilber(2007). The bridges of KÖNIGSBERG - A historical perspective, Wiley Periodicals, Inc. NETWORKS, Vol. 49(3), 199–203
- Roth, J., Hashimony,R., (1988). Algorithms in graph theory and their use for solving problems in architectural design, Faculty of Architecture & Town Planning, Technion Institute of Technology, Thechnion City,
- Yibo Xu. (2009). " Design Architecture By Genetic Algorithm". 12th Generative Art Conference GA2009.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Employing the Optimization Algorithm for Plan Layout in Designing Academic Center

Niloofar Sadat Hosseini[1], Katayoon Taghizade[2], Ali Andaji Garmaroodi[3]

Abstract

Space and Human Activity are not two independent and different facts; they are two different manifestations of a similar nature. Accordingly, focusing on these human characteristics leads to a single concept evolution of architectural space and social relations. This single concept forms the idea that space is an inherent feature of human activity, not a basis for it. Simply put, space' configuration properties, in contrast to its physical properties, play a more prominent and vital role in shaping human activities. In a school building, space's pedagogical value is defined relative to space's function to attain socio-educational goals. Particular configuration possesses the potential to determine the position of the students and the teachers and adjust the paths in which knowledge is shared, and learning happens. If we consider the spatial arrangement to be one of the fundamental aspects of architectural designing that affects social function, then specific spatial analyses should be integral parts of architectural designing processes. As an architectural analytical theory, space syntax has provided a body of knowledge on the spatial quality of architecture, its social effects, and a method for its analysis. Based on an algorithmic ground, this research is looking for a solution to achieve the most appropriate response for designing spaces such as schools in which spatial formation and the arrangement method are of grave importance and define the way events happen in space. Since spatial discipline and the relationship among the spaces are notable factors in providing physical and mental comfort for the space users, it seems necessary to make an effort to gain the principles of effective spatial arrangement in schools.

Keywords: Spatial Arrangement, Social Function, Configuration, Architectural Technology

1. M.A. in Architectural Technology, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran(Corresponding Author)

2.**Associate** Professor, school of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran

3. Assistant Professor, Architecture Department, Pars Institute Higher Eduction, Tehran, Iran