ارزیابی شیوه های محدبی و متقاطع تئوری گراف در تحلیل فضای معماری

نمونه موردی: خانه‌های جهانبانی، نشاسته پور، و آزادمنش کاشان

سعید علی تاجر[1]، مینا حاجیان[2]

چکیده

یکی از روش‌های اولیه مطرح در تئوری گراف که بیش از سه دهه است که در تحلیل روابط فضایی در معماری و برنامه ریزی شهری به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد شیوه تحلیل فضای محدب است. در مقابل، یکی از روش‌های این تئوری که در تحلیل‌های معمارانه کمتر مورد استفاده قرار گرفته تحلیل نقطه تقاطع است. بااین وجود که روش نقطه تقاطع چندین مزیت بالقوه بر روش‌های قدیمی در تئوری گراف دارد اما تا کنون مقایسه متقاعد کننده‌ای بین این شیوه و سایر روش‌ها صورت نگرفته است.

دراین مقاله ۳ نمونه از خانه‌های سنتی هم دوره در شهر کاشان، که وِیژگی مشترک هرسه بهره گیری ازیک و فقط یک حیاط مرکزی می‌باشد، مورد بررسی قرار می‌گیرند و نتایج حاصل از تحلیل به شیوه فضای محدب و نقطه تقاطع در آن‌ها بایکدیگر مقایسه می‌شوند. شیوه نقطه تقاطع خود به دو روش تقسیم می‌شود: نقطه پایانی و نقطه تقاطع. این دو روش به ترتیب با شمول یا عدم شمول ریشه دریک گراف در ارتباط است. ریشه، بخشی از نقشه‌های محوری است که برای تولید گراف نقطه تقاطع مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتیجه نشان می‌دهد که روش نقطه تقاطع در شناسایی مفهوم فضا از منظر حرکت و مسیریابی نسبت به روش فضای محدب تواناتر است و نیز شمول یا عدم شمول ریشه‌ها بر درجه همپیوندی تاثیر محسوس می‌گذارد. در نهایت می‌توان گفت پژوهش پیش رو در عین اینکه به طور عمده به کاربرد و ارزیابی دو روش تحلیل تئوری گراف می‌پردازد، نمونه‌هایی از معماری سنتی ارزشمند شهر کاشان را، مختصرا معرفی می‌نماید.

واژگان کلیدی: تئوری گراف، تحلیل نقطه تقاطع، تحلیل فضای محدب، نحو فضا، درجه همپیوندی

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۰۱
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۱۵

۱ استادیار گروه معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران (نویسنده مسئول) tajer1966@gmail.com
۲ پژوهشگر دوره دکتری معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران Hajianmina@yahoo.com

این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده دوم با عنوان "ژن گونه ها در مسکن سنتی ایران، نمونه موردی: کاشان" است که با راهنمایی نویسنده اول در دانشگاه بوعلی سینا همدان در حال انجام است.

مقدمه

در میانه دهه ۱۹۸۰ میلادی، هیلیر و هانسون روش‌هایی را برای تحلیل معماری و فضای شهری به کار گرفتند. مهمترین این روش‌ها در مقایسه با ویژگی‌های معمولی‌تر هندسی، بیشتر بر درک رابطه توپولوژیکی بین فضاها استوار بودند. پژوهش آن‌ها پیشرفت روش‌های نظریه گراف در تحلیل معماری را با پیوند ویژگی‌های ریاضیاتی به پدیده‌های اجتماعی- فضایی اعلام نمود[۱]. دو مورد از روش‌هایی که هیلیر و هانسون پیشنهاد کردند تحلیل فضای محدب و تحلیل محوری نام داشت که هر دوی آن‌ها در دهه‌های بعدی جهت اطمینان از درجه تاثیر و ثبات آن‌ها مورد بازبینی و اصلاح قرار گرفته اند. روش دیگر(سوم) تئوری گراف در تحلیل فضای معماری، روش تحلیل گراف میدان دید می‌باشد[۲].این روش که بر تقریب ویژگی‌های بصری فضای معمارانه متکی است به پژوهشگران اجازه می‌دهد که با معیارهای قابل اندازه گیری مانند فاصله‌یا مساحت، اندازه‌های توپولوژیکی را تکمیل کنند. علاوه براین سه روش، روش چهارمی‌نیز اخیرا برای کاربرد تئوری گراف در معماری به وجود آمده است که البته کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد.این روش ویژگی‌های تقاطعی نقشه‌های محوری را مورد تحلیل قرار می‌دهد و بدین وسیله به طور بالقوه نتایج تحلیل را بهتر بیان می‌کند و توانایی ارائه اعداد و ارقامی برای موقعیت‌های مکانی مختلف دریک پلان را داراست [۳]. علیرغم وجوداین گزینه، تحلیل نقطه تقاطع به ندرت در معماری مورد استفاده قرار می‌گیرد و رابطه آن با سایر روش‌های تحلیلی به خوبی درک نمی‌شود[۴]. لذا هدف این پژوهش مقایسه روش تحلیل فضای محدب به عنوان یک روش تحلیل کلاسیک با دو گونه از تکنیک‌های کمتر شناخته شده نقطه تقاطع می‌باشد. به منظور مقایسه‌این دو روش سه نمونه از خانه‌های تاریخی شهر کاشان که در بازه زمانی دو قرن ۱۲ و ۱۳ هجری قمری ساخته شده اند انتخاب شده و فرآیند پژوهش بر روی این جامعه آماری صورت پذیرفته است.

این مقاله با مروری مختصر بر ادبیات کلیدی مربوط به روش‌های تحلیلی آزموده شده آغاز می‌شود و سپس مختصری راجع به خانه‌های منتخب به عنوان نمونه موردی و معماری آن‌ها بحث می‌گردد. پس از آن نتایج تحلیل هریک از خانه‌ها گزارش شده و تفاوت‌های بین روش‌ها بیان می‌گردد.

برای هر خانه خلاصه‌ای از نتایج همپیوندی بدست آمده از روش‌های تحلیلی متفاوت تئوری گراف فراهم گردیده است. مختصری توضیحات راجع به هرخانه همراه بایک پلان، نقشه فضای محدب، گراف توجیهی نقشه محدب و سپس یک نقشه نقطه تقاطع از همان پلان ارائه خواهد شد. نتایج بررسی‌این گراف‌ها طی جدولی مقایسه می‌شوند.این فرآیند برای هر سه نمونه تکرار می‌شود و نهایتا جمع‌بندی و نتیجه گیری صورت می‌پذیرد.

فرآیند پژوهش و روش تحقیق

سوالات پژوهش

سوال اصلی پژوهش‌این است که مقادیر درجه همپیوندی در تحلیل به شیوه محدبی و متقاطع چه تفاوتی بایکدیگر دارند؟ آیاایین تفاوت معنادار است؟ و نیزاینکه کیفیت نحو فضا از منظر دسترسی فضا دراین دو شیوه چگونه است؟

روش تحقیق

مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که آثار معماری سنتی‌ایران می‌تواند به عنوان یک منبع اساسی در تامین مبانی نظری و عملی لازم برای معماری امروزایران به کار گرفته شود[۵]. چرا که پیش از دوره نوگرایی معماری سنتی‌ایران هویتی متناسب باایران داشت و عمق آن نشاندهنده فرهنگ غنی جامعه اسلامی‌بود[۶] ویکی از دلایل بحران هویت معماری در جامعه امروزی نبود عواملی است که در هویت شهر و به خصوص هویت معماری موثر هستند[۷]. نسبت فناوری‌های روزآمد با معماری فاخر در معاصر سازی مفاهیم معماری سنتی بسیار نقش کلیدی و مهمی‌راایفا می‌نماید[۸]. بدین جهت دراین پژوهش سه نمونه از خانه‌های شهر کاشان که گویای تاریخ معماری هویتمنداین سرزمین هستند با شیوه تحلیل فضای محدب مورد بررسی قرار می‌گیرند و نتایج آن با تحلیل به شیوه نقطه تقاطع برجامعه نمونه مقایسه می‌گردد. به طور مفصل تر می‌توان گفت که در هر مورد، تحلیل معماری بر اساس شبیه سازی رایانه‌ای خانه‌های اصلی صورت می‌گیرد. برای هریک ازاین سه خانه، ابتدا تحلیل فضای محدب از ارتباط بین فضاها صورت می‌گیرد و نتایج ریاضیاتی محاسبه می‌گردد. بنابراین برای هریک از خانه‌هایک نقشه محوری ساخته می‌شود.این نقشه شبکه خطوط حرکت موثر که برای نظارت بر هر فضا در خانه مورد نیاز است را معرفی می‌نماید. زمانی که نقشه به گراف تبدیل می‌شود برای تحلیل ریاضیاتی رابطه بین نقاط تقاطع، مسیرها در نقشه محوری اولیه معکوس می‌گردد. معکوس نمودن نقشه محوری نیازمند تئوری گراف منحصر به فرد است؛

مرزهای اضافی باید در گراف گنجانده شوند تا اطمینان حاصل شود که ساختار توپولوژیکی آن حفظ شده است. در طول فرآیند وارونگی، دو گراف نقطه تقاطع می‌تواند تولید شود، یکی کاملا متمرکز بر موقعیت‌های مکانی که محورها به هم می‌رسند(که گراف نقطه تقاطع نامیده می‌شود) و دیگری مشتمل بر ریشه‌ها که ویژگی‌های نظارتی منحصربه فردی دارد(گونه‌ای از گراف نقطه تقاطع که گراف گره پایانی نامیده می‌شود). ازاین دو گراف نقطه تقاطع ارزش‌های ریاضیاتی استخراج می‌شود که می‌تواند با نتایج تحلیل فضای محدب مقایسه شود. از طریق این فرآیند ضعف‌ها و قوت‌های نسبی‌این سه روش برای اولین بار مشخص می‌شود.

نمونه‌های موردی

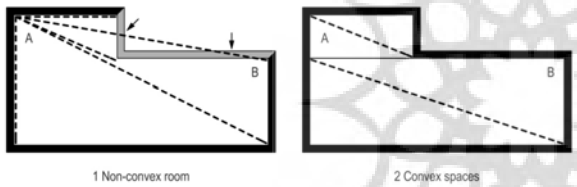
قرن ۱۲ و ۱۳ هجری قمری دوره اوج شکوفایی معماری اسلامی-ایرانی بوده که ماحصل آن در خانه‌های تاریخی شهر کاشان به وضوح دیده می‌شود. دراین مقاله سه نمونه ازاین خانه‌ها شامل خانه نشاسته پور، خانه جهانبانی و خانه آزادمنش به عنوان جامعه آماری در نظر گرفته شده اند. شایان ذکر است که ویژگی مشترک هرسه بنا در تعداد حیاط‌های خانه می‌باشد که سازمان فضایی مشابهی به آن‌ها می‌بخشد. در میان خانه‌هایی بایک حیاط که از کثرت بیشتری برخوردارند چهار گونه متفاوت از نحوه قرارگیری بنا پیرامون حیاط وجود دارد که نمونه‌هایی که به تصادف از میانشان انتخاب شده از دو گونه پرتعدادتر که شامل سه جبهه ساخت و دو جبهه مقابل یکدیگر است، برگزیده شده اند.

مفاهیم و مبانی نظری

نحو فضا

کاربرد معمارانه تئوری گراف از دهه ۱۹۷۰ میلادی آغاز شد و در دهه بعدی با انتشار کتاب منطق اجتماعی فضا توسط هیلیر وهانسون به طور گسترده مورد توجه قرار گرفت. یکی از همکاری‌های اولیه‌این دو نفر دراین زمینه اثبات توانایی تئوری گراف در شناسایی ساختارهای اجتماعی اساسی موجود در فضای معماری بود. مطالعات آن‌ها در مورد چیزی که امروزه به عنوان نحو فضا شناخته می‌شوداین بحث را مطرح می‌کند که نه تنها شرایط اجتماعی، فضاهای معماری را تحت تاثیر قرار می‌دهد بلکه معماری هم بر جریانات اجتماعی که در آن جاری است تاثیر گذار است [۹].

یکی از تکنیک‌های اولیه که توسط هیلیر وهانسون مورد استفاده قرار گرفت تحلیل گراف فضای محدب نام دارد. این شیوه با ساده سازی پلان در قالب فرم‌های محدب دو بعدی متصل به‌یکدیگر که نقشه محدب نامیده می‌شود آغاز می‌گردد [۱۰]. نقشه محدب، نقشه‌ای است که در آن هر نقطه از فضا از هر نقطه دیگر آن فضا قابل رویت است. اتصالات بین فضاهای محدب زمانی وجود دارند که فرد بتواند ازیکی ازاین فضاها به فضای دیگر برود بدون آنکه از فضای واسطه‌ای عبود کند. یک راه ساده برای چک کردن تحدب فضااین است که اطمینان یابیم که خط ترسیمی‌از هر راس فضا به سایر رئوس، خط محیطی فضا را قطع نمی‌کند(شکل ۱). هر فضایی که محدب نباشد باید طوری تقسیم شود که کمترین تعداد و حجیم ترین فضاهای محدب ممکن که همه پلان را پوشش می‌دهد، به دست آید [۱۱]. هنگامی‌که نقشه تکمیل گردید، هر فضای محدب تبدیل به‌یک گره در گراف می‌شود و خطوط متصل کننده بین آن‌هایال‌های گراف را تشکیل می‌دهند. بنابراین پلان به‌یک گراف ترجمه می‌شود که امکان تحلیل ریاضیاتی با استفاده از تکنیک‌های تئوری گراف را فراهم می‌نماید.



شکل ۱- تصویر سمت چپ‌یک فضای غیر محدب را نشان می‌دهد زیرا خطی که راس A را به راس B متصل می‌کند محیط اتاق را قطع می‌کند. این فضا باید به دو فضای کوچکتر تقسیم شود. تصویر سمت راست‌یک تقسیم اشتباه را نشان می‌دهد. زیرا مطابق نظریه هیلیر وهانسون فضای غیر محدب باید طوری تقسیم شود که فضاهای حاصل حجیم ترین فضاهای ممکن باشند لذا تقسیم باید به صورت عمودی صورت پذیرد.(منبع: ۴)

تحلیل فضای محدب ممکن است برای‌یک ساختمان واحدیا شبکه‌ای از فضاهای شهری تعریف شده مورد استفاده قرار گیرد، اما معمولا هنگامی‌که نتایج ازیک سری مطالعات مشابه مشتق می‌شوند حاوی اطلاعات مفیدتری هستند [۱۲]. تحلیل تعدادی پلان معماری به‌این شیوه، جهت شناسایی پیکربندی جنوتایپی نوع ویژه‌ای از معماری با بستر فرهنگی مشخص، توسط یک معمار مشخص یا جهت مقایسه پیکربندی فضایی بناها در اثر تغییرات سیاسی- اجتماعی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۳]. در عمل، ارزش‌های ریاضیاتی که ازیک گراف فضای محدب مشتق شده اند، اغلب با داده‌های مطالعات میدانی ترکیب می‌گردند. این امر موجب می‌شود که محققان بتوانند داده‌های تعدادی از پلان‌های معماری را با یک پلان واحد مقایسه کنند بدون اینکه نیاز به انجام مطالعات میدانی راجع به هر پلان وجود داشته باشد. تحلیل فضای محدب اعداد و ارقامی برای هر پلان به دست

می‌دهد که برای تحلیل‌های بصری کیفی هم حاوی اطلاعات مفیدی هستند. تحلیل بصری به محققان این امکان را می‌دهد تا به سرعت ساختار فضایی یک پلان را شناسایی کنند و فضاهای عملکردی مهم را در رابطه بایکدیگر مکان‌یابی نمایند[۱۴]. برای این منظور معمولا نوعی گراف ترسیم می‌گردد، به طوری‌که یک اتاق تکی یا نقطه حامل بیرونی به عنوان ریشه گراف در نظر گرفته می‌شود. چنین گرافی، گراف پلان توجیهی(JPG) نامیده می‌شود[۱۵]. گراف پلان توجیهی براساس نوع ساختار فضایی پلان به دو دسته بوته‌ای، اگر گراف کم عمق باشد، و درختی، اگر گراف عمیق باشد دسته بندی می‌شود. ساختار متداول دیگری که در JPGهایافت می‌شود روابط فضایی ریشه مانند است که اغلب در پلان‌های حلقه واریا لوپ دیده می‌شود. گراف‌های ریشه‌ای انعطاف پذیری یا نفوذپذیری بسیار بالایی در ساختمان دارند[۱۶].

در دهه ۱۹۹۰ میلادی محققان تلاش نمودند که تحلیل فضای محدب را اتوماتیک کنند تا به نتایج دقیقی برای پلان مورد بررسی برسند. گستره وسیعی از موضوعاتی که بااستفاده ازاین روش تحلیل شده اند به تولید گونه‌های زیادی انجامیده است که به شیوه تحلیل محدب ساخته شده اند[۱۶]. اغلب نقشه‌های تعریف شده انعطاف پذیرند. به عنوان مثال ممکن است محقق تصمیم بگیرد که فضاهای محدب کوچک که توسط درب از هم جدا شده اند را باهم ترکیب کند تا فضاهای بزرگتری تولید کندیا فرورفتگی‌های کوچک در دیوارها را به اتاق مجاور متصل نماید. ساده سازی تحلیل دراین روش باعث می‌شود که بتوان به سرعت بدون نیاز به کامپیوتر و نرم افزارهای ویژه، نقشه‌ها را بررسی نمود.

اگرچه سرعت فرآیند تولید نقشه محدب یک مزیت قابل توجه برای برخی مطالعات می‌باشد اما ممکن است تحلیل موقعیت‌های دقیق تر مکانی پلان را به درستی انجام ندهد. برای‌این منظور روندی جایگزین جهت خلاصه سازی پلان و تبدیل آن به‌یک گراف مورد نیاز است.این روش که گراف میدان دید نامیده می‌شود بر روی‌یک شبکه که روی پلان قرار می‌گیرد اعمال شده به طوری‌که هر مربع از شبکه، معرف‌یک گره از گراف می‌باشد.یال‌های گراف هر دو مربعی را به هم متصل می‌کنند که قادرندیکدیگر را رویت نمایند. بدین ترتیب که خطی مستقیم از مرکزهر مربع شبکه به مرکزهر مربع قابل رویت دیگر ترسیم می‌گردد.این روش درعین اینکه روشی کارآمد است اما تنها زمانی عملی است که نرم افزارهای کامپیوتری مورد استفاده قرار گرفته باشد، زیرا قدرت محاسبه با افزایش اندازه شبکه به صورت نمایی افزایش می‌یابد. نوعی تعامل بین‌این دو تکنیک- میدان دید و فضای محدب- درروش دیگری که به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرد دیده می‌شود.این روش، روش تحلیل نقاط متقاطع دریک نقشه محوری نام دارد.

تحلیل محوری، پلان معماری را به‌یک گراف با کمترین تعداد خطوط طولانی دیدیا حرکت خلاصه می‌کند[۱۷].این خطوط محوری، گره های گراف و نقاط تقاطع آن‌ها،یال‌ها را می‌سازد به طوری‌که هر خط محوری‌یک گام از گراف است. مزیت محورهااین است که عناصری تک بعدی هستند که در آن محل تقاطع دو محور به جای‌یک منطقه کلی، که در نقشه محدب بود،یک موقعیت مکانی دقیق را نشان می‌دهد. محورها تجربه حرکت در پلان را ارائه می‌نمایند[۶] و نقاط تقاطع آن‌ها نه تنها دقیق است که معنی دار نیزمی‌باشد و در واقع نمایاننده نقاطی هستند که افراد جهت جهت‌یابی و تصمیم گیری برای حرکت در آن جا توقف می‌نمایند.

نقشه محوری معکوس، گراف نقطه تقاطع خوانده می‌شود. که در آن محورها تبدیل به‌یال‌هایی از گراف می‌شوند که می‌بایست بیش از دو گره را به هم متصل نمایند واین غیر ممکن است و نیاز به‌یال‌های اضافه وجود دارد(شکل ۲). محدودیت بالقوه گراف نقطه تقاطع آن است که صرفا به محققان امکان تحلیل ویژگی‌های نقاط تقاطع محورها را می‌دهد. بنابراین در حالیکه هر دوی نقشه‌های محوری و محدب طبق تعریف کلیه فضاهای بنا را در گراف‌هایشان جا می‌دهند، ممکن است برای فضاهایی که در تقاطع محورها قرار نگرفته اند هیچ نقطه تقاطعی درنظر نگیرد و بنابراین مورد تحلیل قرار نگیرند. تجربه نشان می‌دهد که بخشی از نقشه محوری که مابین انتهای محور و اولین نقطه تقاطع قرار دارند اغلب نقاط بحرانی هستند[۱۷].

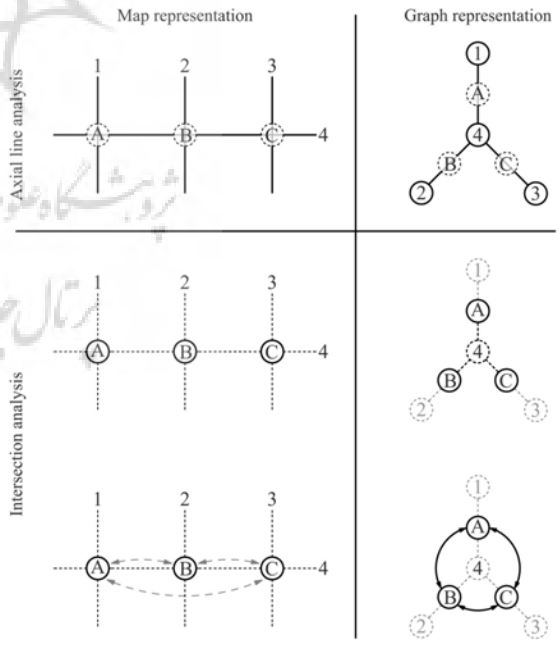
ماحصل تصمیم برای مستثنی کردن چنین ریشه‌هایی در گراف محوری، گراف نقطه تقاطع خواهد بود که تجربه فضایی بالقوه ساکنین را عینا مدل سازی نمی‌کند. در حال حاضر، داده‌ای برای اندازه گیری عددی اثرشمول یا عدم شمول ریشه‌های گراف محوری وجود ندارد؛ هرچند می‌دانیم که هرچه تعداد گره‌های مرتبط بایک محور افزایش‌یابد اهمیت آن محور نسبت به محورهای دیگر گراف بسیار بیشتر می‌شود[۳].این مسئله در گراف نقطه تقاطع به سادگی با افزودن‌یک گره(نقطه پایانی) به انتهای هر محور حل می‌شود.

نقشه تحلیل محدب

تحلیل فضای محدب، به ساده سازی پلان در قالب مجموعه‌ای از فضاهای محدب که در گراف، گره نامیده می‌شوند نیاز دارد. روندهای متعددی برای این فرآیند وجود دارد که در مقاله طی سه مرحله صورت می‌گیرد.

در مرحله اول اتاق‌هایی که توسط چهار دیوار مشخص شده اند، اتاق خواب‌هایا حمام‌ها، به عنوان فضای محدب تعریف می‌شوند. این اولین مجموعه از فضاهای محدب است که فضاهایی را معرفی می‌کند که ابهام بصری در تحدب آن‌ها وجود ندارد. طبق قرارداد، فضاهای محدبی که یک بعد کوچکتر از ۳۰۰ میلیمتر دارند در بزرگترین فضای محدب مجاور گنجانده می‌شوند.

مرحله دوم در رابطه با فضاهای غیر محدبی است که L شکل ویا T شکل هستند. این اتاق‌ها طوری تقسیم می‌شوند که کمترین تعداد فضاهای محدب که عملکرد اتاق دارند، به وجود آید. چنانچه پس از تقسیم، فضاها فاقد عملکرد اولیه باشند می‌بایست تقسیم را طوری انجام داد تا فضاهای محدب تولید شده کمترین نسبت محیط به مساحت ممکن را داشته باشند. مطابق نظر هیلیر وهانسون فضای محدب شامل کمترین تعداد و حجیم ترین فضاهاست. فضاهای حجیم تر دایره وار تر هستند و لذا نسبت محیط به مساحت کمتری دارند[۹].



شکل۲- هر خط در نقشه محوری(۱و۲و۳و۴) تبدیل به گره در گراف متناظر با آن می‌گردد و محل‌های تقاطع(A,B,C)یال‌ها را تشکیل می‌دهند. این امر در تحلیل متقاطع برعکس می‌باشد. در تحلیل متقاطع خط محوری کلیه گره‌های موجود روی خود را مستقیما به هم متصل می‌نماید لذا در تبدیل گراف محوری به متقاطع، گره شماره ۴ می‌بایست به ۳یال تبدیل شود. بدین جهت، فلش‌های منحنی به گراف افزوده می‌شود تا رابطه توپولوژیکی نقاط تقاطع حفظ شود.(منبع:۴)

در مرحله آخر تقسیم سایر فضاهای پلان که محدب نیستند مطابق مرحله قبل با درنظرگرفتن پایین ترین نسبت محیط به مساحت صورت می‌پذیرد.

پس ازاین مراحل نقشه محدب برای ورود به نرم افزار Depthmap آماده است. دراین نرم افزار ابزار فضای محدب برای ترسیم فضاها وایجاد گره‌های گراف مورد استفاده قرار می‌گیرد. سپس ابزار اتصال برای اضافه کردن یال‌های گراف مورد استفاده قرار می‌گیرد. نرم افزار Depthmap ابعاد نظری گراف را برای استفاده در تحلیل‌های آتی محاسبه می‌نماید.

نقشه تحلیل متقاطع

روندی که دراین مقاله برای تولید نقشه محوری مورد استفاده قرار گرفته است، پروتکلی را جهت برقرار ارتباط بین طبقات چندگانه دنبال می‌کند که در آن محورها به جای محور دید به عنوان محور حرکت تعریف شده اند. به‌این ترتیب ممکن است خطی ازیک نقطه دریک طبقه شروع شود، به طور افقی در طبقه حرکت کند و سپس به سمت پایان خود در طبقه بالاتر برود، بدون اینکه از پله‌ها بگذرد اما لزوما ارتباط بصری بین هر دو انتهای محور وجود ندارد.

مرحله اول تولید نقشه تقاطع با شناسایی نقاطی که دو خط محوری در آن‌ها قطع می‌یابند آغاز می‌شود و روی نقشه بایک دایره علامت گذاری می‌شود. سپس فایلی که حاوی نقشه محوری و نقاط تقاطع است برای ورود به نرم افزار آماده می‌شود. نرم افزار Depthmap ابزار پیش فرضی برای تحلیل نقاط تقاطع ندارد لذا با استفاده از ابزار فضای محدب هر نقطه تقاطع به عنوان یک فضای محدب به شکل گرهی از گراف درنظر گرفته می‌شود و با استفاده از ابزار اتصال این گره‌ها به صورت دستی به همه نقاط تقاطع دیگر متصل می‌گردند. هر گره باید با حداقل دو محور مرتبط باشد و به طور مستقیم به هر گرهی که روی آن دو محور قرار گرفته اند متصل شود. پس از افزودن همه اتصالات نرم افزار قادر به محاسبه ابعاد نظری گراف خواهد بود.

روش «نقطه پایانی» گونه‌ای از روش نقطه تقاطع است که ریشه پایانی هر محور را بررسی می‌کند. برای این کار می‌بایست یک خط مستقیم از انتهای هر خط به همه رئوس قابل رویت پلان ترسیم نمود[۳]. اگر همه‌این رئوس از نقاط تقاطع قابل رویت باشند انتهای محور دارای ویژگی نظارتی منحصربفردی نمی‌باشد ویک موقعیت مکانی نامعتبر برای نقطه پایانی تلقی می‌شود.

در غیراین صورت دو انتهای محورها تبدیل به گره‌هایی در گراف تقاطع می‌شوند. برای این نقاط پایانی یک گره جدید در نرم افزار ترسیم می‌گردد. پس از اضافه نمودن همه اتصالات، نرم افزار قادر به انجام محاسبات مربوطه می‌گردد.

آزمون نمونه‌های موردی

رابطه‌های توپولوژیکی بین فضاهای محدب ، نقاط تقاطع و نقاط پایانی برای هریک از سه خانه نمونه تولید گردیده است. پر اطلاعات ترین نتیجه برای تحلیل مقایسه‌ای، درجه همپیوندی هرگره در گراف مربوطه است. نرم افزار Depthmapفرمی‌از همپیوندی را محاسبه می‌نماید که معکوس عدم تقارن نسبی واقعی(RRA)است که هیلیر وهانسون بیان نموده اند. به‌این ترتیب می‌توان درجه‌های همپیوندی را در گراف‌هایی که شامل تعداد متفاوتی گره می‌باشد را محاسبه نمود.

روش‌های تحلیلی که در ابتدای مقاله عنوان گردیده اند عبارتند از: فضای محدب(تحلیل گراف فضای محدب)، تقاطع(تحلیل گراف نقطه تقاطع به استثنای ریشه‌ها) و گره پایانی(تحلیل گراف نقطه تقاطع با درنظر گرفتن ریشه‌ها). برای هر خانه به هر سه روش بیشینه، کمینه و میانگین نتایج همپیوندی به انضمام یک نقشه فضای محدب ویک گراف توجیهی ثبت می‌شود. توضیحاتی راجع به هر خانه نیز ارائه می‌گردد. جدول ۱ علایم اختصاری را معرفی می‌نماید(جدول ۱). نهایتا نتایج همپیوندی برای روش‌های فضای محدب و نقطه تقاطع و گره پایانی که مربوط به فضاهای عملکردی عمده در هر خانه می‌باشد جدول بندی شده تا تغییرات نتایج همپیوندی در روش‌های متفاوت بررسی شود. در هریک از چارت‌ها عملکردهای فضا (محور ۲) مطابق با تئوری شیب حریم خصوصی ترتیب یافته اند. این بدان معناست که فضاهایی که عمومی‌ترند(ورودی‌ها، سرسراها، نشیمن‌ها) در بالای محور و خصوصی ترین فضاها در پایین محور قرار می‌گیرند. آنچه که از مطالعات پیشین بر می‌آید این است که یک فضای عمومی معمولا درجه همپیوندی بالایی دارد[۱۸]. این چارت‌ها راهی ساده برای مقایسه اهمیت نسبی فضاها هستند.

مهمانخانه/ پذیرایی	L	آشپزخانه	K
پله	S	اتاق	R
مهتابی	T	هشتی	E
پستو	C	ایوان	B
حوضخانه	HK	حیاط	Y

جدول۱- علایم اختصاری مورد استفاده در نقشه‌ها وگراف‌ها. در صورتی که از فضایی بیش ازیک عدد موجود باشد با شماره گذاری علامت مشخص می‌گردد. (منبع:نگارندگان)

خانه آزاد منش

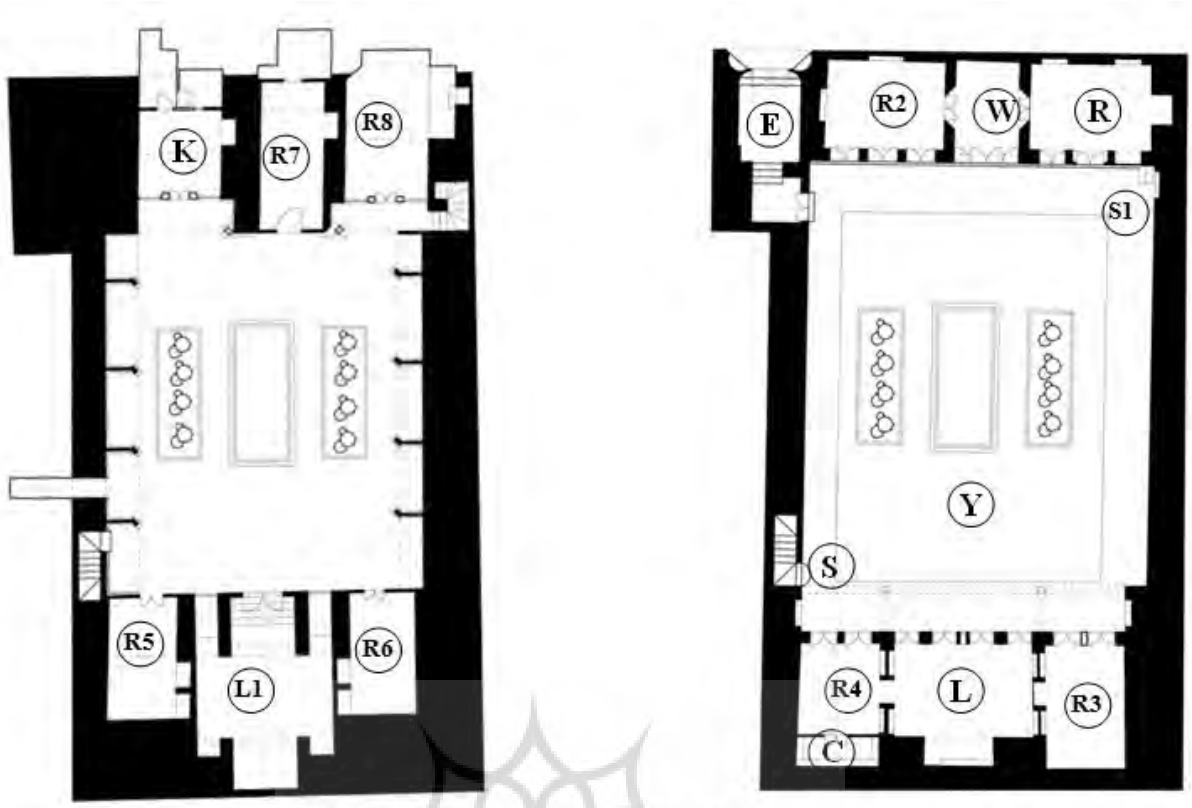
این خانه با ترکیبی از چند اتاق و راهرو و سردابی بزرگ گرچه در حیاطی گود قرار گرفته ولی معماری بناهای گودال باغچه‌ای را ندارد و برخلاف عمده خانه‌های کاشان که روی صفه‌ای بلند قرار گرفته اند، اختلاف سطح چندانی با حیاط ندارد و با چند پله می‌توان روی ایوان رفت و از آنجا به اتاق‌ها دسترسی داشت(شکل ۳). تالار اصلی دارای سقفی گنبدی و بلند است و دو جبهه این تالار به وسیله سه دری‌های بزرگی با دو اتاق جانبی از طریق کفش کن‌ها ارتباط می‌یابد. در دوسوی سه دری‌ها دو دهلیز قرینه قرار گرفته است که یکی به فضای خدماتی و دیگری به راه پله پشت بام می‌رسد. در ضلع غربی حیاط و درست در مقابل ضلعی که توصیفش رفت زیرزمین وسیعی بنا شده که سقف آن مهتابی نسبتا بزرگی را در حیاط ایجاد نموده است. درب ورودی در ضلع جنوب شرقی با شیبی تند از سطح معبر به حیاط دسترسی دارد[۱۹].

تحلیل محدبی در خانه آزادمنش درجه همپیوندی کمتری را در مقایسه با مقادیر بالاتر آن به دو شیوه دیگر نشان می‌دهد(شکل۴ و جدول ۲). گراف توجیهی فضاهای محدب دو حلقه گردشی که یکی شامل آشپزخانه و اتاق شماره ۲ وایوان و سرسرای ورودی و دیگری شامل ایوان، اتاق شماره۱ و سرسرای دوم می‌شود را نشان می‌دهد(شکل ۵). این حلقه‌ها موجب می‌شوند تا امکان تنوع در مسیر حرکت برای ساکنین بیشتر شود.

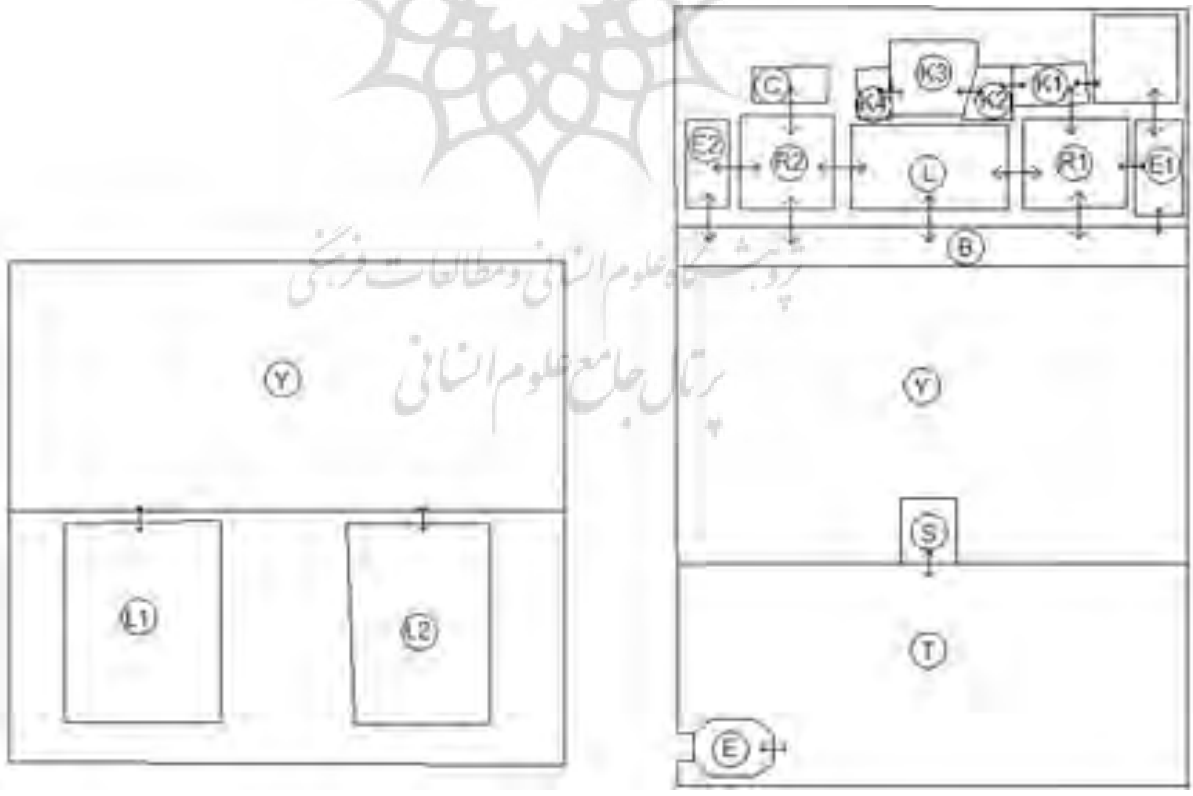
تعداد زیادی از فضاهای محدب(حدود ۶۰ درصد) هیچ نقطه تقاطعی ندارند. اهمیت شمول ریشه‌های محوری در فضاهایی که فقط نقطه پایانی دارند نهفته است زیرا با درنظر گرفتنشان مجموع درجه‌های همپیوندی گره‌ها افزایش محسوسی می‌یابد(شکل ۶) واین مجموع نشان می‌دهد کدام فضاها اهمیت بیشتری از نظر مسیرهای حرکتی دارند.

روش	تعداد گره‌ها	درجه همپیوندی MIN	درجه همپیوندی MAX	درجه همپیوندی MEAN
تحلیل محدبی	۱۷	۰/۴۲۳۰۷۹۶۹	۱/۳۷۵۰۰۰۰۰	۰/۸۳۶۴۱۸۳۴
تحلیل متقاطع	۱۰	۰/۸۷۲۵۵۶۲۷	۳/۴۹۰۲۲۵۱۰	۰/۰۳۵۹۶۴۶۳
گره پایانی	۱۷	۰/۸۴۶۱۵۳۸۶	۲/۷۵۰۰۰۰۰۰	۱/۷۷۱۲۸۲۰۷

جدول۲- نتایج همپیوندی برای خانه آزادمنش(منبع:نگارندگان)

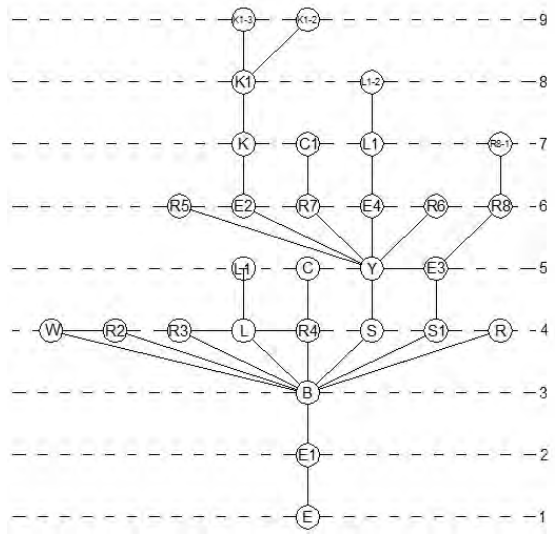


شکل ۳- سمت چپ، پلان همکف و سمت راست پلان زیرزمین خانه آزاد منش را نشان می‌دهد. (منبع: نگارندگان)



شکل ۴- سمت راست، نقشه محدب همکف و سمت چپ نقشه محدب زیرزمین خانه آزاد منش را نشان می‌دهد. (منبع: نگارندگان)

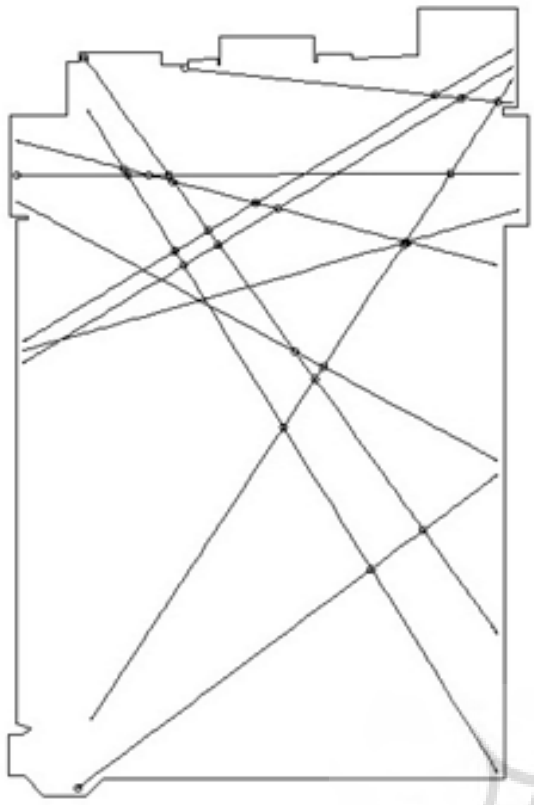
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۵- گراف پلان توجیهی برای فضاهای محدب در خانه آزادمنش (منبع:نگارندگان)

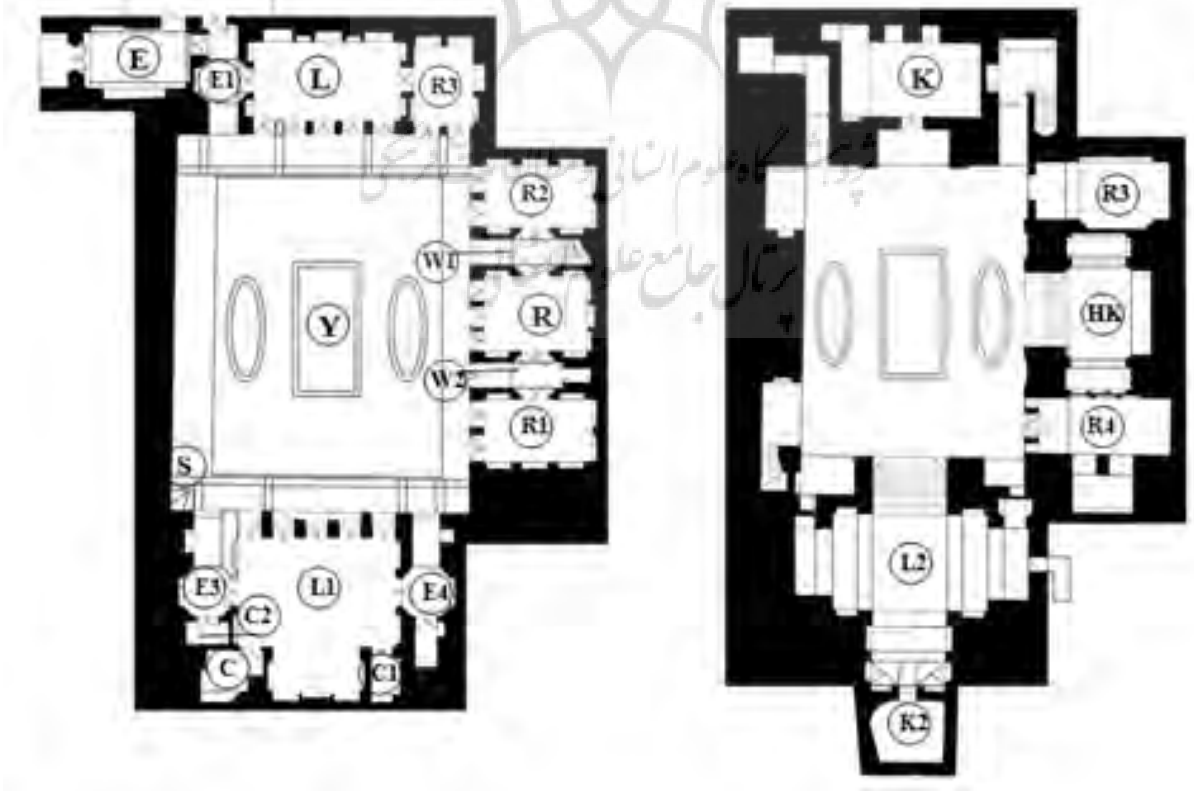
خانه جهانبانی

معماری این خانه به صورت گودال باغچه و در سه جبهه آن سه مجموعه فضایی در دو طبقه بنا شده است(شکل ۷). در ضلع شرقی ایوانی سرتاسری است که دسترسی به سایر نقاط خانه را ممکن می‌نماید. پنج دری با کفش کن‌های قرینه در میانه این جبهه واقع شده و در زیراین قسمت تابستان نشین و خدمات این بخش واقع شده است. در جبهه شمالی یک اتاق سه دری در میانه و دو



شکل ۶- نقاط متقاطع در نقشه محوری خانه آزادمنش(منبع:نگارندگان)

کفش کن قرینه که یکی از آن‌ها به فضای دو دری مجاور راه دارد دیده می‌شود. زیراین بخش نیز حوضخانه و فضای خدماتی اش قرار گرفته اند. در جبهه غربی خانه نیز اتاق



شکل ۷- سمت چپ، پلان همکف و سمت راست پلان گودال باغچه خانه جهانبانی را نشان می‌دهد.(منبع:نگارندگان)

روش	تعداد گره‌ها	درجه همپیوندی MIN	درجه همپیوندی MAX	درجه همپیوندی MEAN
تحلیل محدبی	۳۷	۰/۴۳۶۹۴۶۳۰	۱/۰۰۲۴۰۶۲۰	۰/۶۴۴۵۷۲۴۹
تحلیل متقاطع	۴۲	۰/۶۰۶۲۱۳۹۳	۱/۹۶۰۵۲۱۷۰	۱/۲۴۱۵۱۹۵۶
گره پایانی	۶۰	۰/۵۸۱۳۲۳۵۰	۱/۸۲۵۹۰۲۱۰	۱/۱۵۷۶۸۱۹۵

جدول۳- نتایج همپیوندی برای خانه جهانبانی(منبع:نگارندگان)

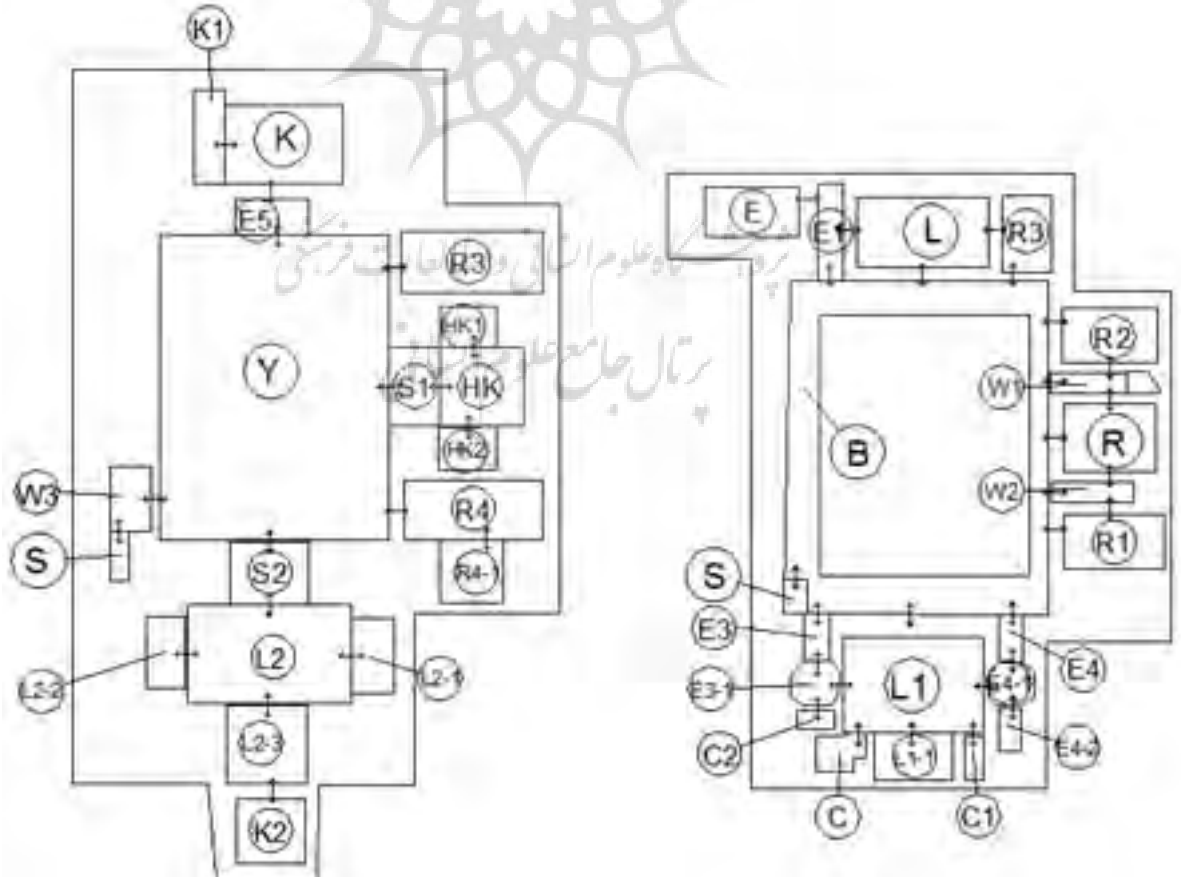
پنج دری دیگری با دو دهلیز وجود دارد. در زیراین جبهه نیز سردابی بزرگ با خدمات مربوطه قرار گرفته است. سردر ورودی خانه در جبهه جنوبی بنا شده که توسط هشتی و دالانی کوتاه به حیاط می‌رسد[۱۹].

در تحلیل محدبی خانه جهانبانی درجه همپیوندی میانگین نسبت به دو روش دیگر عدد پایین‌تری می‌باشد(شکل ۸ و جدول ۳).گراف توجیهی فضاهای محدب دو حلقه گردشی بزرگ و دو حلقه کوچکتر را نشان می‌دهد(شکل ۹).یکی از حلقه‌های بزرگتر دربرگیرنده هشتی،ایوان، اتاق سه دری و اتاق پنج دری، دیگری ایوان و اتاق‌های سه دری و دو حلقه کوچکتر دو پنج دری دیگر و ارتباطاتشان را نشان می‌دهد.این حلقه‌های گردشی سیرحرکتی منعطفی برای ساکنین فراهم می‌نمایند و در مقابل در بخش‌هایی که انشعابی ترند ساختار حرکتی و نظام فضایی جدی تری به وجود می‌آورند.

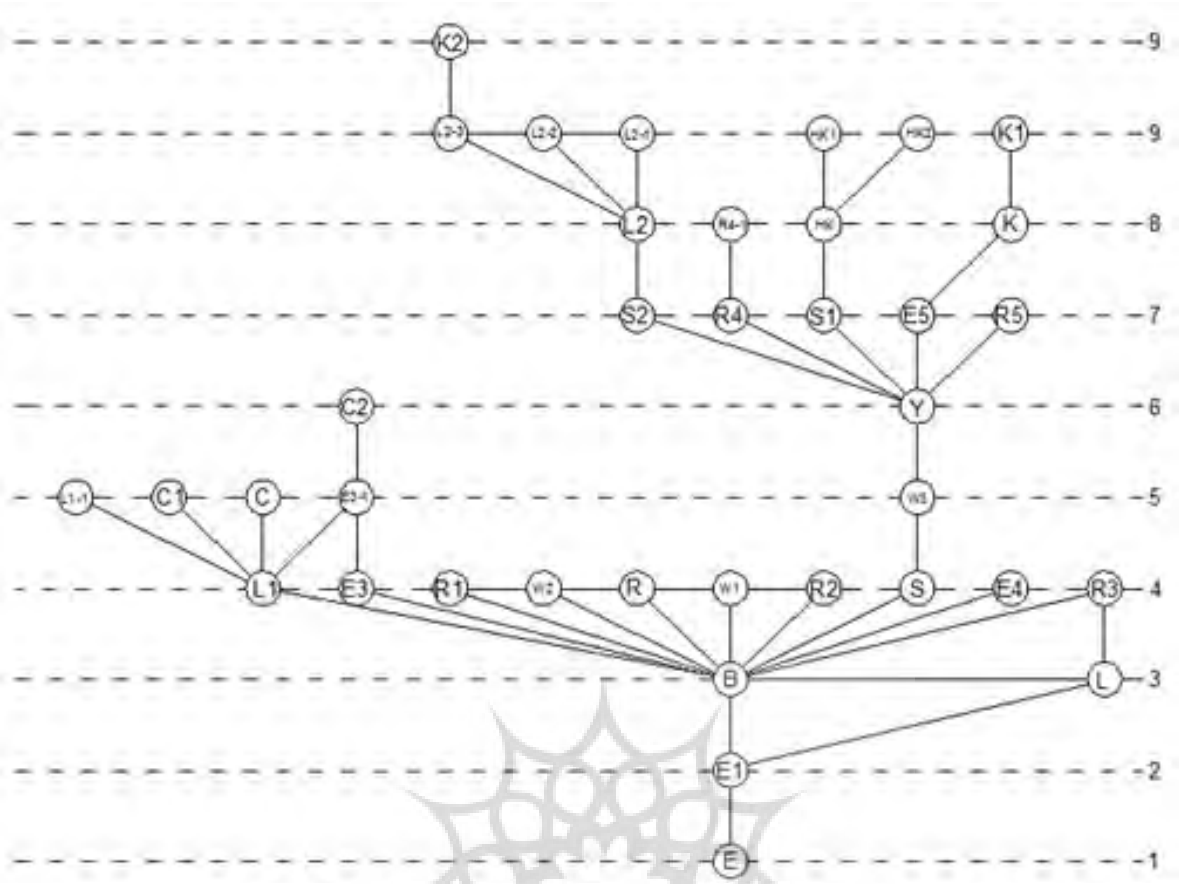
هردوگونه تحلیل‌های نقطه‌ای درجه همپیوندی مشابهی دارند. از همه فضاهای محدب خانه، نیمی‌ازآن‌ها هیچ گره تقاطعی ندارند(شکل ۱۰). یک سوم فضاهای محدب نه متقاطع‌اند و نه گره پایانی دارند. و فقط ۶ فضای محدب بیشتر از دو نقطه تقاطع دارند.این نتایج نشان می‌دهد نقاطی که موجب مکث برای تعیین مسیر از بین چندین مسیر متفاوت می‌شود دراین خانه کم است.

خانه نشاسته پور

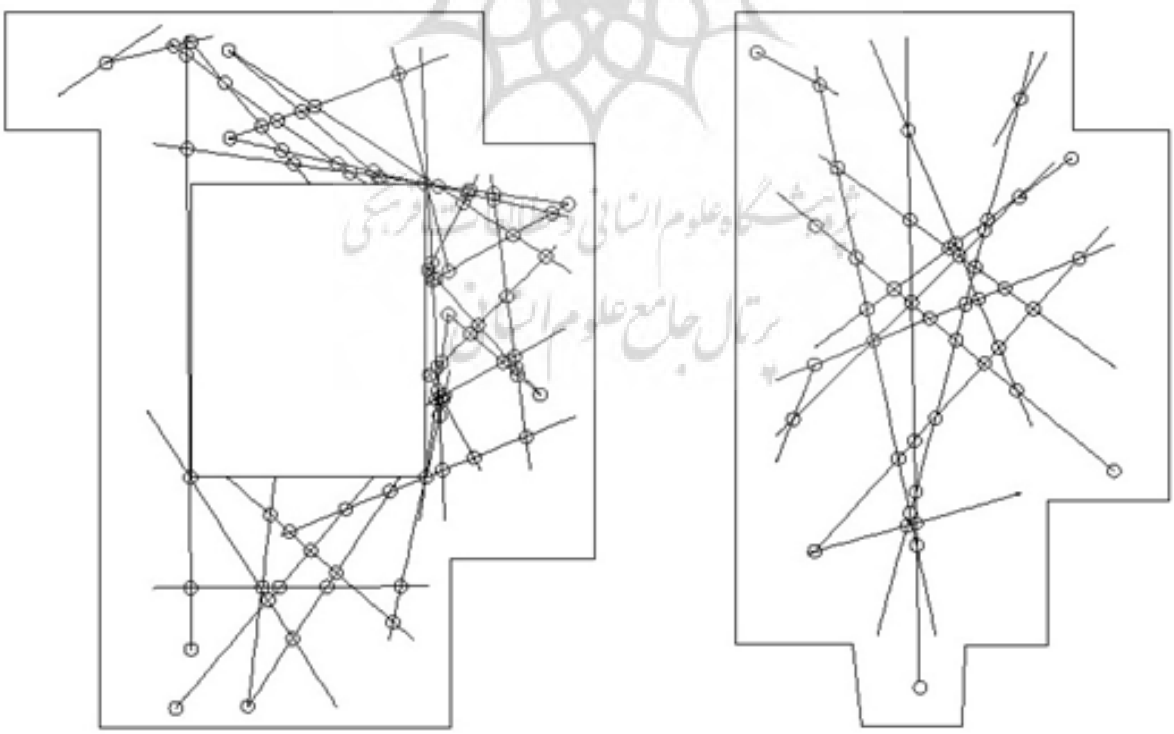
این خانه با الگوی گودال باغچه در دوجبهه مقابل هم شرقی و غربی دارای بنا می‌باشد(شکل ۱۱). در میانه ضلع شرقی یک تالار پنج دری با دو اتاق دو دری در طرفین و در زیراین قسمت سرداب بزرگ و زیرزمین‌های کوچک قرینه که با پله به حیاط راه دارند قرار گرفته است. در جبهه رو به رو تالار دیگری با اتاق هایی قرینه در دو سوی آن وجود دارد و چند فضای خدماتی و سرداب در زیراین قسمت دیده



شکل ۸- سمت راست، نقشه محدب همکف و سمت چپ نقشه محدب گودال باغچه خانه جهانبانی را نشان می‌دهد.(منبع: نگارندگان)



شکل ۹- گراف پلان توجیهی برای فضاهای محدب در خانه جهانبانی(منبع:نگارندگان)



شکل ۱۰- نقاط متقاطع در نقشه محوری خانه جهانبانی(منبع:نگارندگان)

روش	تعداد گره‌ها	درجه همپیوندی MIN	درجه همپیوندی MAX	درجه همپیوندی MEAN
تحلیل محدبی	۲۹	۰/۳۶۴۸۰۴۵۴	۱/۰۹۷۹۳۸۳	۰/۶۳۰۴۴۵۹۵
تحلیل متقاطع	۳۴	۰/۷۲۹۹۵۸۰۰	۱/۶۰۵۹۰۷۶	۱/۰۶۴۲۶۲۵۹
گره پایانی	۴۱	۰/۶۷۳۳۳۰۹۰	۱/۶۳۶۱۳۱۲	۱/۰۸۰۵۸۹۷۹

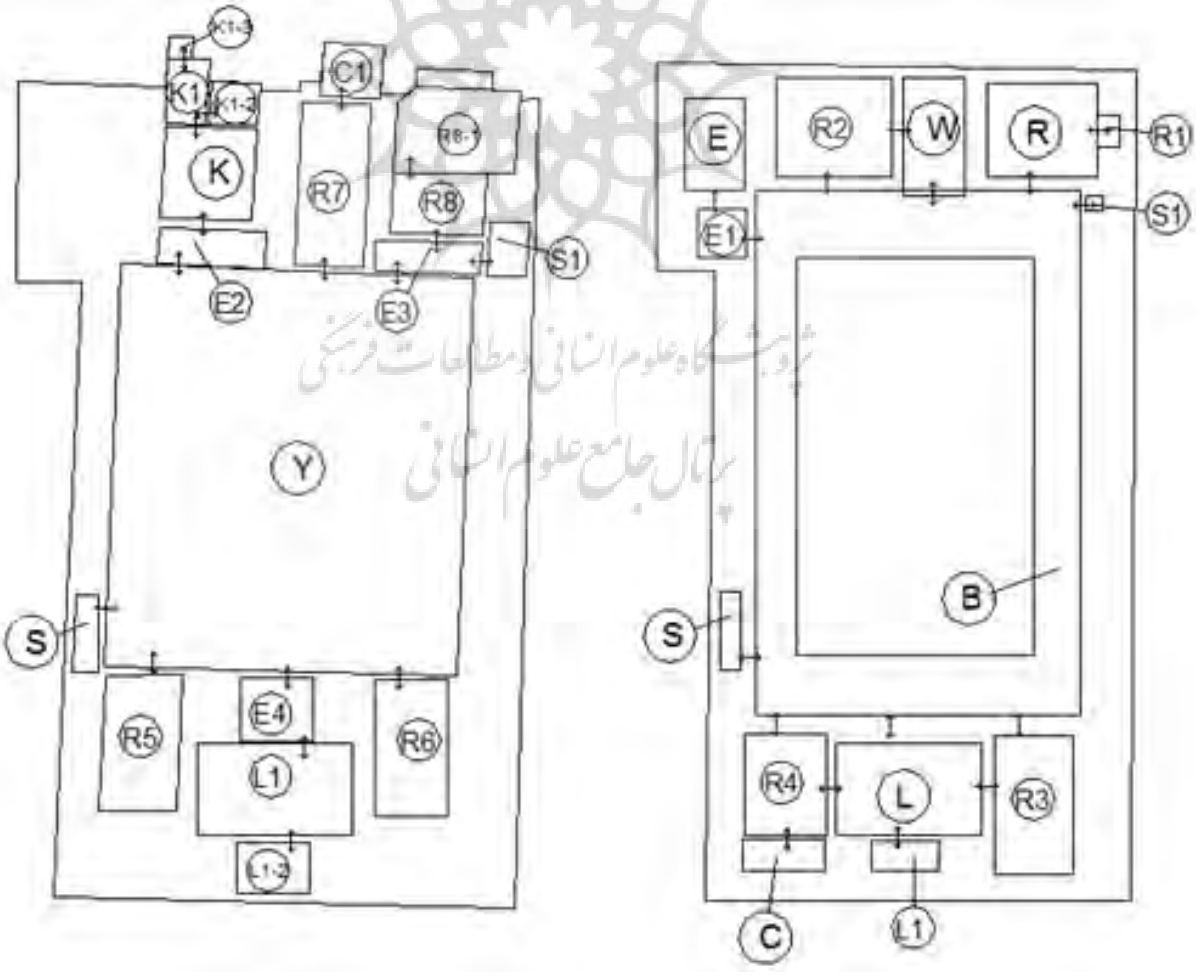
جدول۴- نتایج همپیوندی برای خانه نشاسته پور(منبع:نگارندگان)

می‌شود. سر در اصلی خانه با کمی‌عقب نشینی از معبر اصلی از طریق هشتی و دالانی کوتاه به‌ایوان جبهه غربی گشوده می‌شود[۱۹].

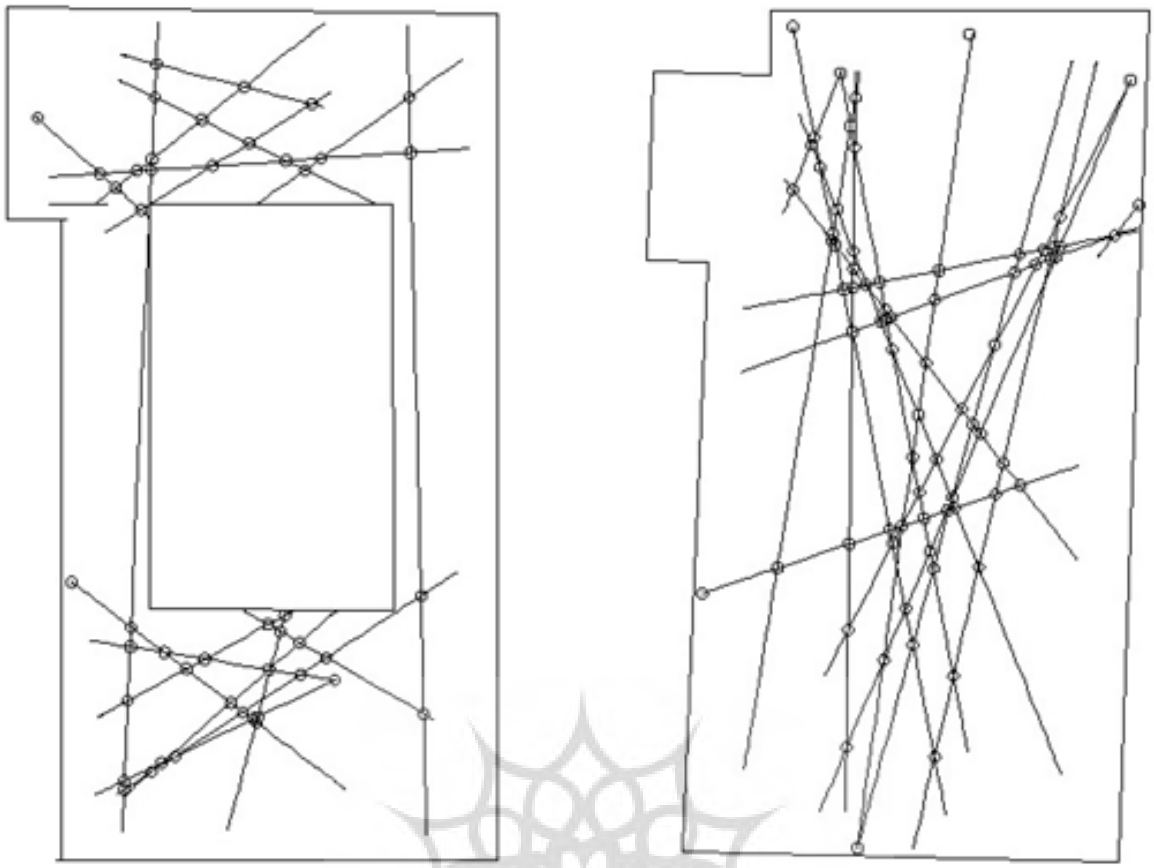
ارزش همپیوندی برای تحلیل محدبی خانه نشاسته پور کمتر از روش‌های نقطه محور است(جدول ۴ و شکل ۱۲). تحلیل‌های نقطه محور تفاوتی جزیی از نظر ارزش‌های همپیوندی دارند، در واقع درجه همپیوندی برای تحلیل نقطه پایانی اندکی کمتر از تحلیل متقاطع می‌باشد. گراف توجیهی فضاهای محدب فقط حاوی یک حلقه گردشی است که امکان تعیین مسیر منعطف را به فرد می‌دهد که شامل ایوان، پنج دری و ۲ اتاق سه دری می‌شود(شکل ۱۳). دراین خانه بیش از نیمی از فضاهای محدب هیچ نقطه تقاطعی ندارند و تقریبا یک چهارم فضاها فقط شامل نقطه پایانی هستند(شکل ۱۴).

نتیجه گیری

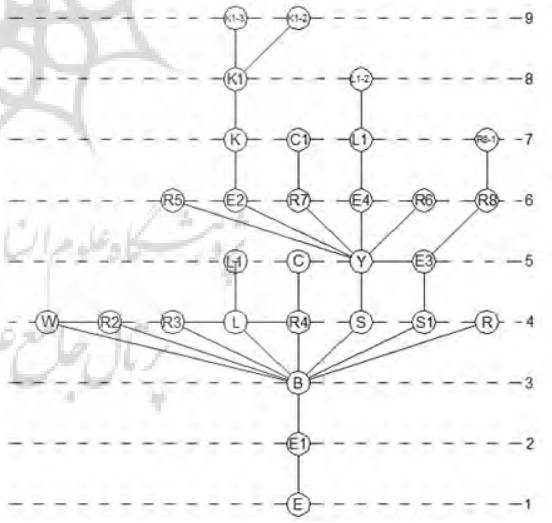
در مقایسه داده‌های همه خانه‌هایک الگوی قوی شناسایی می‌شود که ثابت می‌کند تحلیل محدبی در مقایسه با تحلیل‌های مبتنی بر نقاط، درجه همپیوندی پایین تری به دست می‌دهند. هرچند این امر قابل پیش بینی بود چرا که تحلیل محدبی به دو فضای محدب مجاور نیاز دارد در حالیکه هر تقاطع یا نقطه پایانی روی یک محور مستقیما به همه تقاطع‌ها یا نقطه پایانی روی آن محور صرف نظر از اینکه مجاور ندیا نه، متصل می‌شود. درجه همپیوندی برای یک گره ویژه از گراف، ماحصل فاصله آن گره از سایر گره‌ها در گراف است، بنابراین به



شکل ۱۲- سمت راست، نقشه محدب همکف و سمت چپ نقشه محدب گودال باغچه خانه نشاسته پور را نشان می‌دهد.(منبع: نگارندگان)



شکل ۱۴- نقاط متقاطع در نقشه محوری خانه نشاسته پور(منبع:نگارندگان)



شکل ۱۳- گراف پلان توجیهی برای فضاهای محدب در خانه نشاسته پور(منبع:نگارندگان)

طور طبیعی، تعداد بیشتر اتصالات در تحلیل های نقطه محور منجر به ارائه درجه همپیوندی بالاتری می‌گردد. لذا تفاوت بین ارزش های همپیوندی برای فضاهای محدب و نقاط ویژه، بیشتر حاصل استفاده از دو روند متفاوت در تولید گراف است تا نماینده یک فاکتور از روش طراحی خاص ایرانی در خانه‌های کاشان. روش نقطه محوری که اتصالات جانبی را در برنمی‌گیرد، مثل اینکه هر نقطه فقط به همسایه مجاورش متصل می‌شود، در مقایسه با شیوه هایی که در این مقاله به کار گرفته شده است منجر به درجه همپیوندی پایین تری می‌گردد. از طرفی مستثنی کردن این اتصالات جانبی توزیع درجه‌های همپیوندی را تغییر می‌دهد؛ نقاط پایانی تمایل خواهند داشت که همپیوندی ضعیف تری داشته باشند و نقاط تقاطع نزدیک به مرکز محورهای طولانی نسبتا همپیوندترند. کمی سازی تفاوت بین نقشه‌های نقطه‌ای که شامل چنین اتصالات جانبی‌ای می‌شوند و یا نمی‌شوند در یک محیط کاربردی، مانند تحلیل ساختمان های متعارف، به عنوان زمینه هایی برای تحقیقات آتی مطرح خواهند بود.

نتیجه این پژوهش برای اولین بار نشان می‌دهد که شمول یا عدم شمول نقاط پایانی که به ترتیب در گونه‌های گره پایانی و نقطه تقاطع اتفاق می افتد صرفا اثری جزیی بر درجه‌های همپیوندی می‌گذارد. هنگامی‌که توزیع گره‌های پایانی در گراف طوری است که به طور مساوی از هم دور می‌شوند اثرشان بر درجه همپیوندی جزیی است. گذشته از این تعداد فضاهای محدبی که در برگیرنده هیچ نقطه تقاطعی نیستند بیش از حد انتظار است.

تعداد واقعی این فضاها به طرز قابل توجهی متفاوت است، به علاوه نمونه‌های مورد بررسی درصد کمی از فضاهای محدب که حاوی نقاط تقاطع زیادی هستند را دارند و برای فهم توزیع موقعیت‌های مسیریابی از طریق پلان معماری بحرانی هستند. تحلیل نقطه تقاطع قطعا شایسته تحقیقات آتی می‌باشد تا چنانچه این یافته منحصر به نمونه‌های مورد مطالعه در این مقاله است ویا الگوی قابل تعمیمی می‌باشد مشخص گردد. علی‌ای الحال می‌توان گفت که تجمع نقاط تقاطع در یک مکان نشان می‌دهد که آن مکان تمایل بیشتری برای ایفای نقش در الگوی فضای گردش و کیفیات مسیریابی دارد و عدم وجود این نقاط در یک مکان نشان دهنده تمایل معمار برای جدا کردن فضای سکون و حرکت در بناست. بدین وسیله می‌توان ترکیب فضایی بناهای فاخر معماری سنتی را دریافت و در خلق فضاهای جدید روحی از معماری دیرینه دمید.

منابع

1- M. Mahdavinejad.(2004). Syntax of Architectural Mathematics. Architecture and Urbanism,38-76,33 .

2- Turner, Alasdair., Doxa, M., O'Sullivan, D., and Penn, A. (2001). From isovists to visibility graphs: a methodology for the analysis of architectural space.Environment and Planning B: Planning and Design, -103 ,(1)28 121.

3- Batty, Michael. (2004). A New Theory of Space Syntax. London: Working Papers Series; University College London.

4- Ostwald, M. J. and Dawes, M. J. (2012). Differentiating between Line and Point Maps on the Basis of Spatial Experience: Considering Richard Neutra's Lovell House. Nexus Network Journal, 3)14).

5- M. Mahdavinejad. 2014.Dilemma of Prosperity and Technology in Contemporary Architecture of Developing Countries,Naqshejahan ,53-43 :(2)4.

6- M. Mahdavinejad. P. Mansouri Majomerd. (2015). Modern Movement and Contemporary Architecture of Iran. Journal of Studies on Iranian-Islamic City, -19 (21)6 30.

7- M. Mahdavinejad, M. Dideban, H. Bazazzadeh. (2016).Contemporary Architectural Heritage and Industrial Identity in Historic Districts. Journal of Studies on Iranian-Islamic City\, 50-41 (22)6.

8- M. Mahdavinejad.(2016). High-Performance Architecture: Search for Future Legacy in Contemporary Iranian Architecture. Armanshahr Architecture & Urban Development, 138-129 :(17)9.

9- Hillier, Bill. and Hanson, Julienne. (1984). The Social Logic of Space. Cambridge: Cambridge University Press.

10- M. Mahdavinejad, S. Shahri. (2015). Contemporization of Tehran Traditional Architecture by Parametric Algorithm,Hoviat Shahr, 44-31 (20)8.

11- Markus, Tom. (1993). Buildings and Power. London: Routledge.

12- Hanson, Julienne. (1998). Decoding homes and houses. Cambridge: Cambridge University Press.

13- M. Mahdavinejad, S. Ahmadzadeh Siyahrood, M. Ghasempourabadi, M. Poulad. (2012). Development of Intelligent Pattern for Modeling a Parametric Program for Public Space (Case Study: Isfahan, Mosalla, Iran). Applied Mechanics and Materials, 2935-2930 223-220.

14- Hillier, Bill. (2005). The Art of Place and the Science of Space. World Architecture, 102-96 ,(185)11.

15- H. Kasraei, Y. Nourian, M. Mahdavinejad. (2016). Girih for Domes: Analysis of Three Iranian Dome. Nexus Netw, 321-311 (1)18.

16-Ostwald,Michael.,J.(2011).TheMathematics of Spatial Configuration:Revisiting, Revising and Critiquing Justified Plan Graph Theory. Nexus Network Journal, 470-445 ,(2)13.

17- Ostwald, Michael. J. and Dawes, Michael. J. (2011). Axial Line Analysis Revisited. The International Journal of the Constructed Environment 242-219 ,(3)1.

18- Bafna, Sonit. (2003). Space Syntax a brief introduction to its logic and analytical techniques. Environment and behavior, 29-17 ,(1)35.
19- Farrokhyar,Hossein.(2013).Iranian architecture,100houses100-plans. Kashan: Islamic Azad University press

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی