

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

نمونه موردی: خانه های جهانبانی، نشاسته پور، و آزادمنش کاشان

سعید علی تاجر^۱، مینا حاجیان^۲

چکیده

یکی از روش های 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 می گیرد شیوه تحلیل فضای محدب است. در مقابل، یکی از روش های این تئوری که در تحلیل های معمارانه کمتر مورد استفاده قرار گرفته تحلیل نقطه تقاطع است. با این وجود که روش نقطه تقاطع چندین مزیت بالقوه بر روش های قدیمی در تئوری گراف دارد اما تا کنون مقایسه متقاعد کننده ای بین این شیوه و سایر روش ها صورت نگرفته است.

در این مقاله ۳ نمونه از خانه های سنتی هم دوره در شهر کاشان، که ویژگی مشترک هر سه بهره گیری از یک و فقط یک حیاط مرکزی می باشد، مورد بررسی قرار می گیرند و نتایج حاصل از تحلیل به شیوه فضای محدب و نقطه تقاطع در آن ها بایکدیگر مقایسه می شوند. شیوه نقطه تقاطع خود به دوروش تقسیم می شود: نقطه پایانی و نقطه تقاطع. این دو روش به ترتیب با شمول یا عدم شمول ریشه در یک گراف در ارتباط است. ریشه، بخشی از نقشه های محوری است که برای تولید گراف نقطه تقاطع مورد استفاده قرار می گیرد. نتیجه نشان می دهد 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 ریشه ها بر درجه همپیوندی تاثیر محسوس می گذارد. در نهایت می توان گفت پژوهش پیش رو در عین اینکه به طور عمده به کاربرد و ارزیابی دوروش تحلیل تئوری گراف می پردازد، نمونه هایی از معماری سنتی ارزشمند شهر کاشان را، مختصرا معرفی می نماید.

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

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۰۱

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۱۵

۳۳

شماره ۲-۷
تابستان ۱۳۹۶

فصلنامه
علمی-پژوهشی

نقش
جهان

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

tajer1966@gmail.com

۱ استادیار گروه معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران (نویسنده مسئول)

Hajianmina@yahoo.com

۲ پژوهشگر دوره دکتری معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

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 وهانسون روش هایی را برای تحلیل معماری و فضای شهری به کار گرفتند. مهمترین این روش ها در مقایسه با ویژگی های معمولی تر هندسی، بیشتر بر درک رابطه توپولوژیکی بین فضاها استوار بودند. پژوهش آن ها پیشرفت روش های نظریه گراف در تحلیل معماری را با پیوند ویژگی های ریاضیاتی به پدیده های اجتماعی- فضایی اعلام نمود [۱]. دو مورد از روش هایی که هیلیر وهانسون پیشنهاد کردند تحلیل فضای محدب و تحلیل محوری نام داشت که هر دوی آن ها در دهه های بعدی جهت اطمینان از درجه تاثیر و ثبات آن ها مورد بازبینی و اصلاح قرار گرفته اند. روش دیگر (سوم) تئوری گراف در تحلیل فضای معماری، روش تحلیل گراف میدان دید می باشد [۲]. این روش که بر تقریب ویژگی های بصری فضای معمارانه متکی است به پژوهشگران اجازه می دهد که با معیارهای قابل اندازه گیری مانند فاصله یا مساحت، اندازه های توپولوژیکی را تکمیل کنند. علاوه بر این سه روش، روش چهارمی نیز اخیرا برای کاربرد تئوری گراف در معماری به وجود آمده است که البته کمتر مورد توجه قرار می گیرد. این روش ویژگی های تقاطعی نقشه های محوری را مورد تحلیل قرار می دهد و بدین وسیله به طور بالقوه نتایج تحلیل را بهتر بیان می کند و توانایی ارائه اعداد و ارقامی برای موقعیت های مکانی مختلف در یک پلان را داراست [۳].

علیرغم وجود این گزینه، تحلیل نقطه تقاطع به ندرت در معماری مورد استفاده قرار می گیرد و رابطه آن با سایر روش های تحلیلی به خوبی درک نمی شود [۴]. لذا هدف این پژوهش مقایسه روش تحلیل فضای محدب به عنوان یک روش تحلیل کلاسیک با دو گونه از تکنیک های کمتر شناخته شده نقطه تقاطع می باشد. به منظور مقایسه این دو روش سه نمونه از خانه های 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 روش های تحلیلی آزموده شده آغاز می شود و سپس مختصری راجع به خانه های منتخب به عنوان نمونه موردی و معماری آن ها بحث می گردد. پس از آن نتایج تحلیل هر یک از خانه ها گزارش شده و تفاوت های بین روش ها بیان می گردد.

برای هر خانه خلاصه ای از نتایج همپوندی بدست آمده از روش های تحلیلی متفاوت تئوری گراف فراهم گردیده

است. مختصری توضیحات راجع به هر خانه همراه بایک پلان، نقشه فضای محدب، گراف توجیهی نقشه محدب و سپس یک نقشه نقطه تقاطع از همان پلان ارائه خواهد شد. نتایج بررسی این گراف ها طی جدولی مقایسه می شوند. این فرآیند برای هر سه نمونه تکرار می شود و نهایتا جمع بندی و نتیجه گیری صورت می پذیرد.

فرآیند پژوهش و روش تحقیق

سوالات پژوهش

سوال اصلی پژوهش این است که مقادیر درجه همپیوندی در تحلیل به شیوه محدبی و متقاطع چه تفاوتی بایکدیگر دارند؟ آیا این تفاوت معنادار است؟ و نیز اینکه کیفیت نحو فضا از منظر دسترسی فضا در این دو شیوه چگونه است؟

روش تحقیق

مطالعات صورت گرفته نشان می دهد که آثار معماری سنتی ایران می تواند به عنوان یک منبع اساسی در تامین مبانی نظری و عملی لازم برای معماری امروز ایران به کار گرفته شود [۵]. چرا که پیش از دوره نوگرایی معماری سنتی ایران هویتی متناسب با ایران داشت و عمق آن نشاندهنده فرهنگ غنی جامعه اسلامی بود [۶] و یکی از دلایل بحران هویت معماری در جامعه امروزی نبود عواملی است که در هویت شهر و به خصوص هویت معماری موثر هستند [۷]. نسبت فناوری های روزآمد با معماری فاخر در معاصر سازی مفاهیم معماری سنتی بسیار نقش کلیدی و مهمی را ایفا می نماید [۸]. بدین جهت در این پژوهش سه نمونه از خانه های شهر کاشان که گویای تاریخ معماری هویت مندانین سرزمین هستند با شیوه تحلیل فضای محدب مورد بررسی قرار می گیرند و نتایج آن با تحلیل به شیوه نقطه تقاطع بر جامعه نمونه مقایسه می گردد. به طور مفصل تر می توان گفت که در هر مورد، تحلیل معماری بر اساس شبیه سازی رایانه ای خانه های اصلی صورت می گیرد. برای هر یک از این سه خانه، ابتدا تحلیل فضای محدب از ارتباط بین فضاها صورت می گیرد و نتایج ریاضیاتی محاسبه می گردد. بنابراین برای هر یک از خانه های یک نقشه محوری ساخته می شود. این نقشه شبکه خطوط حرکت موثر که برای نظارت بر هر فضا در خانه مورد نیاز است را معرفی می نماید. زمانی که نقشه به گراف تبدیل می شود برای تحلیل ریاضیاتی رابطه بین نقاط تقاطع، مسیرها در نقشه محوری اولیه معکوس می گردد. 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 می تواند تولید شود، یکی کاملاً متمرکز بر موقعیت های مکانی که محورها به هم می رسند (که گراف نقطه تقاطع نامیده می شود) و دیگری مشتمل بر ریشه ها که ویژگی های نظارتی منحصربه فردی دارد (گونه ای از گراف نقطه تقاطع که گراف گره پایانی نامیده می شود). از این دو گراف نقطه تقاطع ارزش های ریاضیاتی استخراج می شود که می تواند با نتایج تحلیل فضای محدب مقایسه شود. از طریق این فرآیند ضعف ها و قوت های نسبی این سه روش برای اولین بار مشخص می شود.

نمونه های موردی

قرن ۱۲ و ۱۳ هجری قمری دوره اوج شکوفایی معماری اسلامی-ایرانی بوده که ماحصل آن در خانه های تاریخی شهر کاشان به وضوح دیده می شود. در این مقاله سه نمونه از این خانه ها شامل خانه نشاسته پور، خانه جهانبانی و خانه آزادمنش به عنوان جامعه آماری در نظر گرفته شده اند. شایان ذکر است که ویژگی مشترک هر سه بنا در تعداد حیاط های خانه می باشد که سازمان فضایی مشابهی به آن ها می بخشد. در میان خانه هایی بایک حیاط که از کثرت بیشتری برخوردارند چهار گونه متفاوت از نحوه قرارگیری بنا پیرامون حیاط وجود دارد که نمونه هایی که به تصادف از میان نشان انتخاب شده از دو گونه پرتعدادتر که شامل سه جبهه ساخت و دو جبهه مقابل یکدیگر است، برگزیده شده اند.

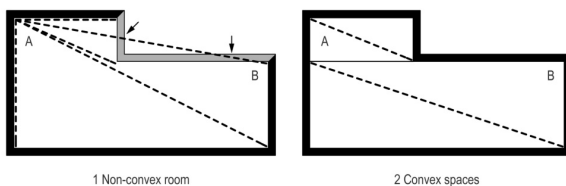
مفاهیم و مبانی نظری

نحو فضا

کاربرد معمارانه تئوری گراف از دهه ۱۹۷۰ میلادی آغاز شد و در دهه بعدی با انتشار کتاب منطق اجتماعی فضا توسط هیلبر وهانسون به طور گسترده مورد توجه قرار گرفت. یکی از همکاری های اولیه این دو نفر در این زمینه اثبات توانایی تئوری گراف در شناسایی ساختارهای اجتماعی اساسی موجود در فضای معماری بود. مطالعات آن ها در مورد چیزی که امروزه به عنوان نحوه فضا شناخته می شود این بحث را مطرح می کند که نه تنها شرایط اجتماعی، فضاهای معماری را تحت تاثیر قرار می دهد بلکه معماری هم بر جریان های اجتماعی که در آن جاری است تاثیر گذار است [۹].

یکی از تکنیک های اولیه که توسط هیلبر وهانسون مورد استفاده قرار گرفت تحلیل گراف فضای محدب

نام دارد. این شیوه با ساده سازی پلان در قالب فرم های محدب دو بعدی متصل به یکدیگر که نقشه محدب نامیده می شود آغاز می گردد [۱۰]. نقشه محدب، نقشه ای 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 از یکی از این فضاها به فضای دیگر برود بدون آنکه از فضای واسطه ای عبور کند. یک راه ساده برای چک کردن تحدب فضایی است که اطمینان یابیم که خط ترسیمی از هر راس فضا به سایر رئوس، خط محیطی فضا را قطع نمی کند (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 می دهد، به دست آید [۱۱]. هنگامی که نقشه تکمیل گردید، هر فضای محدب تبدیل به یک گره در گراف می شود و خطوط متصل کننده بین آن هایال های گراف را تشکیل می دهند. بنابراین پلان به یک گراف ترجمه می شود که امکان تحلیل ریاضیاتی با استفاده از تکنیک های تئوری گراف را فراهم می نماید.



شکل ۱- تصویر سمت چپ یک فضای غیر محدب را نشان می دهد زیرا خطی که راس A را به راس B متصل می کند محیط اتاق را قطع می کند. این فضا باید به دو فضای کوچکتر تقسیم شود. تصویر سمت راست یک تقسیم اشتباه را نشان می دهد. زیرا مطابق نظریه هیلبر 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 برای یک ساختمان واحد یا شبکه ای از فضاهای شهری تعریف شده مورد استفاده قرار گیرد، اما معمولاً هنگامی که نتایج از یک سری مطالعات مشابه مشتق می شوند حاوی اطلاعات مفیدتری هستند [۱۲]. تحلیل تعدادی پلان معماری به این شیوه، جهت شناسایی پیکربندی جنوتایی نوع ویژه ای از معماری با بستر فرهنگی مشخص، توسط یک معمار مشخص یا جهت مقایسه پیکربندی فضایی بناها در اثر تغییرات سیاسی- اجتماعی مورد استفاده قرار می گیرد [۱۳]. در عمل، ارزش های ریاضیاتی که از یک گراف فضای محدب مشتق شده اند، اغلب با داده های مطالعات میدانی ترکیب می گردند. این امر موجب می شود که محققان بتوانند داده های تعدادی از پلان های معماری را بایک 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

می دهد که برای تحلیل های بصری کیفی هم حاوی اطلاعات مفیدی هستند. تحلیل بصری به محققان این امکان را می دهد تا به سرعت ساختار فضایی یک پلان را شناسایی کنند و فضاهای عملکردی مهم را در رابطه بایکدیگر مکان یابی نمایند [۱۴]. برای این منظور معمولاً نوعی گراف ترسیم می گردد، به طوری که یک اتاق تکی یا نقطه حامل بیرونی به عنوان ریشه گراف در نظر گرفته می شود. چنین گرافی، گراف پلان توجیهی (JPG) نامیده می شود [۱۵]. گراف پلان توجیهی بر اساس نوع ساختار فضایی پلان به دو دسته بوته ای، اگر گراف کم عمق باشد، و درختی، اگر گراف عمیق باشد دسته بندی می شود. ساختار متداول دیگری که در JPGها یافت می شود روابط فضایی ریشه مانند است که اغلب در پلان های حلقه واریا لوپ دیده می شود. گراف های ریشه ای انعطاف پذیری یا نفوذپذیری بسیار بالایی در ساختمان دارند [۱۶].

در دهه ۱۹۹۰ میلادی محققان تلاش نمودند که تحلیل فضای محدب را اوتوماتیک کنند تا به نتایج دقیقی برای پلان مورد بررسی برسند. گستره وسیعی از موضوعاتی که با استفاده از این روش تحلیل شده اند به تولید گونه های زیادی انجامیده است که به شیوه تحلیل محدب ساخته شده اند [۱۶]. اغلب نقشه های 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 کند یا فرورفتگی های کوچک در دیوارها را به اتاق مجاور متصل نماید. ساده سازی تحلیل در این روش باعث می شود که بتوان به سرعت بدون نیاز به کامپیوتر و نرم افزارهای ویژه، نقشه ها را بررسی نمود.

اگرچه سرعت فرآیند تولید نقشه محدب یک مزیت قابل توجه برای برخی مطالعات می باشد اما ممکن است تحلیل موقعیت های دقیق تر مکانی پلان را به درستی انجام ندهد. برای این منظور روندی جایگزین جهت خلاصه سازی پلان و تبدیل آن به یک گراف مورد نیاز است. این روش که گراف میدان دید نامیده می شود بر روی یک شبکه که روی پلان قرار می گیرد اعمال شده به طوری که هر مربع از شبکه، معرف یک گره از گراف می باشد. یال های گراف هر دو مربعی را به هم متصل می کنند که قادرند یکدیگر را رویت نمایند. بدین ترتیب که خطی مستقیم از مرکز هر مربع شبکه به مرکز هر مربع قابل رویت دیگر ترسیم می گردد. این روش در عین 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 می یابد. نوعی تعامل بین این دو تکنیک - میدان دید و فضای محدب - در روش دیگری که به ندرت مورد استفاده قرار می گیرد دیده می شود. این روش، روش تحلیل نقاط متقاطع در یک نقشه محوری نام دارد.

تحلیل محوری، پلان معماری را به یک گراف با کمترین تعداد خطوط طولانی دیدیا حرکت خلاصه می کند [۱۷]. این خطوط محوری، گره های گراف و نقاط تقاطع آن ها، یال ها را می سازد به طوری که هر خط محوری یک گام از گراف است. مزیت محورها این است که عناصری تک بعدی هستند که در آن محل تقاطع دو محور به جای یک منطقه کلی، که در نقشه محدب بود، یک موقعیت مکانی دقیق را نشان می دهد. محورها تجربه حرکت در پلان را ارائه می نمایند [۶] و نقاط تقاطع آن ها نه تنها دقیق است که معنی دار نیز می باشد و واقع نمایاننده نقاطی هستند که افراد جهت جهت یابی و تصمیم گیری برای حرکت در آن جا توقف می نمایند.

نقشه محوری معکوس، گراف نقطه تقاطع خوانده می شود. که در آن محورها تبدیل به یال هایی از گراف می شوند که می بایست بیش از دو گره را به هم متصل نمایند و این غیر ممکن است و نیاز به یال های اضافه وجود دارد (شکل ۲). محدودیت بالقوه گراف نقطه تقاطع آن است که صرفاً به محققان امکان تحلیل ویژگی های نقاط تقاطع محورها را می دهد. بنابراین در حالیکه هر دوی نقشه های محوری و محدب طبق تعریف کلیه فضاهای بنا را در گراف هایشان جا می دهند، ممکن است برای فضاهایی که در تقاطع محورها قرار نگرفته اند هیچ نقطه تقاطعی در نظر نگیرد و بنابراین مورد تحلیل قرار نگیرند. تجربه نشان می دهد که بخشی از نقشه محوری که مابین انتهای محور و اولین نقطه تقاطع قرار دارند اغلب نقاط بحرانی هستند [۱۷].

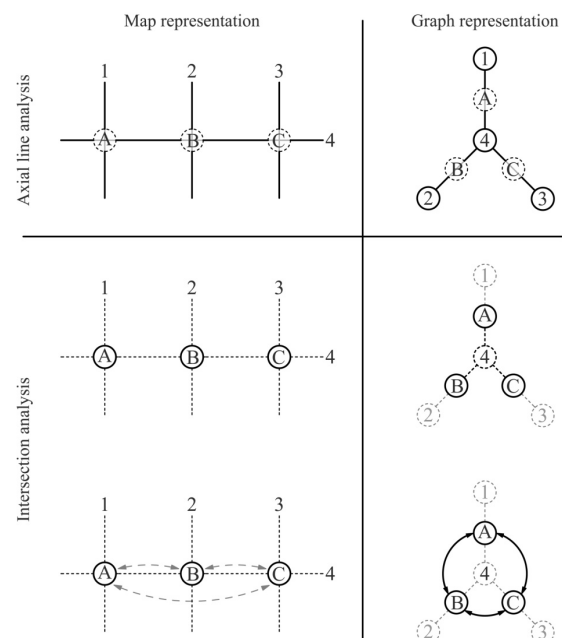
ماحصل تصمیم برای مستثنی کردن چنین ریشه هایی در گراف محوری، گراف نقطه تقاطع خواهد بود که تجربه فضایی بالقوه ساکنین را عیناً مدل سازی نمی کند. در حال حاضر، داده ای برای اندازه گیری عددی اثر شمول یا عدم شمول ریشه های گراف محوری وجود ندارد؛ هرچند می دانیم که هرچه تعداد گره های مرتبط بایک محور افزایش یابد اهمیت آن محور نسبت به محورهای دیگر گراف بسیار بیشتر می شود [۳]. این مسئله در گراف نقطه تقاطع به سادگی با افزودن یک گره (نقطه پایانی) به انتهای هر محور حل می شود.

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 خواب‌ها یا 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 و هانسون فضای محدب شامل کمترین تعداد و حجیم ترین فضاهاست. فضاهای حجیم تردایره وارتر هستند و لذا نسبت محیط به مساحت کمتری دارند [۹].



شکل ۲- هر خط در نقشه محوری (۲ و ۳ و ۴) تبدیل به گره در گراف متناظر با آن می‌گردد و محل‌های تقاطع (A, B, C) پال‌ها را تشکیل می‌دهند. این امر در تحلیل متقاطع برعکس می‌باشد. در تحلیل متقاطع خط محوری کلیه گره‌های موجود روی خود را مستقیماً به هم متصل می‌نماید لذا در تبدیل گراف محوری به متقاطع، گره شماره ۴ می‌بایست به ۳ پال 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 در نظر گرفتن پایین ترین نسبت محیط به مساحت صورت می‌پذیرد.

پس از این مراحل نقشه محدب برای ورود به نرم افزار Depthmap آماده است. در این نرم افزار ابزار فضای محدب برای ترسیم فضاها و ایجاد گره‌های گراف مورد استفاده قرار می‌گیرد. سپس ابزار اتصال برای اضافه کردن پال‌های گراف مورد استفاده قرار می‌گیرد. نرم افزار Depthmap ابعاد نظری گراف را برای استفاده در تحلیل‌های آتی محاسبه می‌نماید.

نقشه تحلیل متقاطع

روندی که در این 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. به این ترتیب ممکن است خطی از یک نقطه در یک 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 لزوماً 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 در نظر 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 همه این رئوس از نقاط تقاطع قابل رویت باشند انتهای محور دارای ویژگی نظارتی منحصربفردی نمی‌باشد و یک موقعیت مکانی نامعتبر برای نقطه پایانی تلقی می‌شود.

در غیر این صورت دو انتهای محورها تبدیل به گره هایی در گراف تقاطع می شوند. برای این نقاط پایانی یک گره جدید در نرم افزار ترسیم می گردد. پس از اضافه نمودن همه اتصالات، نرم افزار قادر به انجام محاسبات مربوطه می گردد.

آزمون نمونه های موردی

رابطه های توپولوژیکی بین فضاهای محدب، نقاط تقاطع و نقاط پایانی برای هر یک از سه خانه نمونه تولید گردیده است. پر اطلاعات ترین نتیجه برای تحلیل مقایسه ای، درجه همپیوندی هر گره در گراف مربوطه است. نرم افزار Depthmap فرمی از همپیوندی را محاسبه می نماید که معکوس عدم تقارن نسبی واقعی (RRA) است که هیلبر و هانسون بیان نموده اند. به این ترتیب می توان درجه های همپیوندی را در گراف هایی که شامل تعداد متفاوتی گره می باشد را محاسبه نمود.

روش های تحلیلی که در ابتدای مقاله عنوان گردیده اند عبارتند از: فضای محدب (تحلیل گراف فضای محدب)، تقاطع (تحلیل گراف نقطه تقاطع به استثنای ریشه ها) و گره پایانی (تحلیل گراف نقطه تقاطع با در نظر گرفتن ریشه ها). برای هر خانه به هر سه روش بیشینه، کمینه و میانگین نتایج همپیوندی به انضمام یک نقشه فضای محدب و یک گراف توجیهی ثبت می شود. توضیحاتی راجع به هر خانه نیز ارائه می گردد. جدول ۱ علایم اختصاری را معرفی می نماید (جدول ۱). نهایتاً نتایج همپیوندی برای روش های فضای محدب و نقطه تقاطع و گره پایانی که مربوط به فضاهای عملکردی عمده در هر خانه می باشد جدول بندی شده تا تغییرات نتایج همپیوندی در روش های متفاوت بررسی شود. در هر یک از چارت ها عملکردهای فضا (محور ۷) مطابق با تئوری شیب حریم خصوصی ترتیب یافته اند. این بدان معناست که فضاهایی که عمومی ترند (ورودی ها، سراسراها، نشیمن ها) در بالای محور و خصوصی ترین فضاها در پایین محور قرار می گیرند. آنچه که از مطالعات پیشین

بر می آید این است که یک فضای عمومی معمولاً درجه همپیوندی بالایی دارد [۱۸]. این چارت ها راهی ساده برای مقایسه اهمیت نسبی فضاها هستند.

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 باغچه ای را ندارد و بر خلاف عمده خانه های کاشان که روی صفحه ای بلند قرار گرفته اند، اختلاف سطح چندانی با حیاط ندارد و با چند پله می توان روی ایوان رفت و از آنجا به اتاق ها دسترسی داشت (شکل ۳). تالار اصلی دارای سقفی گنبدی و بلند است و دو جبهه این تالار به وسیله سه دری های بزرگی با دو اتاق جانبی از طریق کفش کن ها ارتباط می یابد. در دوسوی سه دری ها دو دهلیز قرینه قرار گرفته است که یکی به فضای خدماتی و دیگری به راه پله پشت بام می رسد. در ضلع غربی حیاط و درست در مقابل ضلعی که توصیفش رفت زیرزمین وسیعی بنا شده که سقف آن مهتابی نسبتاً 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 آزاد منش درجه همپیوندی کمتری را در مقایسه با مقادیر بالاتر آن به دو شیوه دیگر نشان می دهد (شکل ۴ و جدول ۲). گراف توجیهی فضاهای محدب دو حلقه گردشی که یکی شامل آشپزخانه و اتاق شماره ۲ و ایوان و سراسرای ورودی و دیگری شامل ایوان، اتاق شماره ۱ و سراسرای دوم می شود را نشان می دهد (شکل ۵). این حلقه ها موجب می شوند تا امکان تنوع در مسیر حرکت برای ساکنین بیشتر شود.

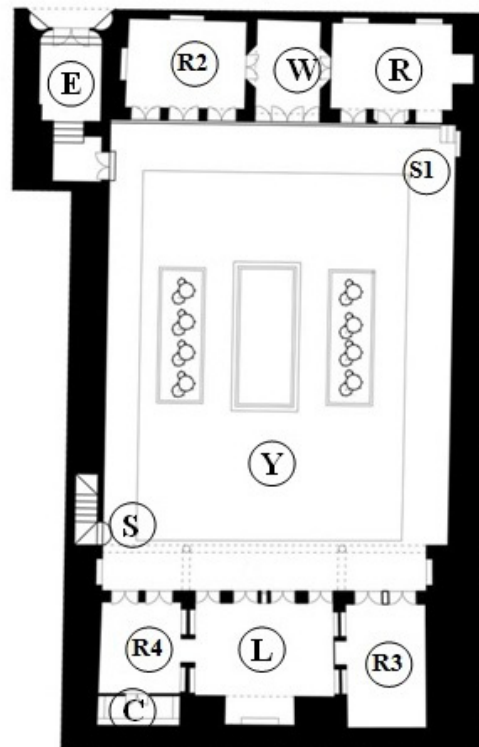
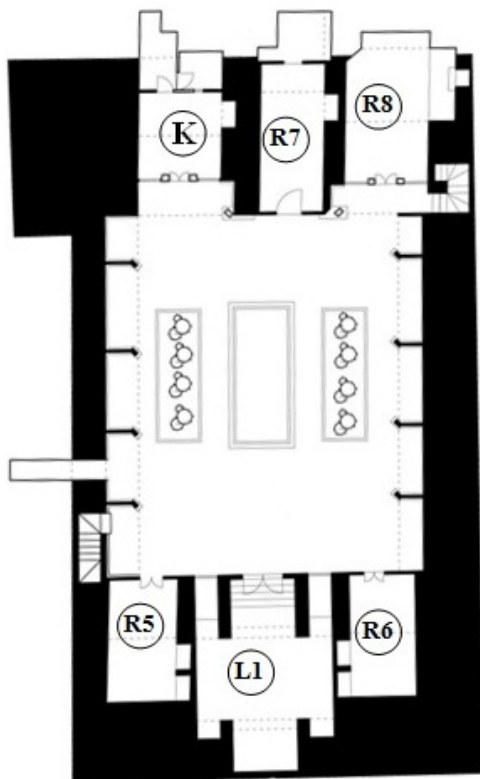
تعداد زیادی از فضاهای محدب (حدود ۶۰ درصد) هیچ نقطه تقاطعی ندارند. اهمیت شمول ریشه های محوری در فضاهایی که فقط نقطه پایانی دارند نهفته است زیرا با در نظر گرفتنشان مجموع درجه های همپیوندی گره ها افزایش محسوسی می یابد (شکل ۶) و این مجموع نشان می دهد کدام فضاها اهمیت بیشتری از نظر مسیرهای حرکتی دارند.

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

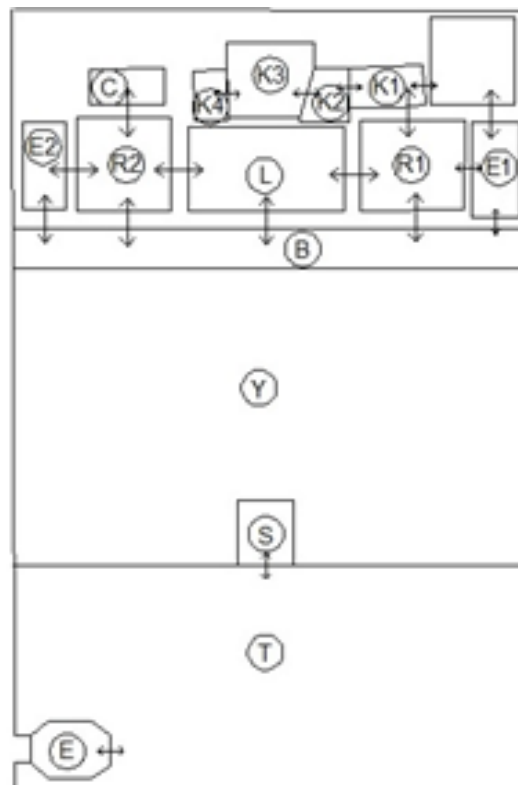
جدول ۲- نتایج همپیوندی برای خانه آزاد منش (منبع: نگارندگان)

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

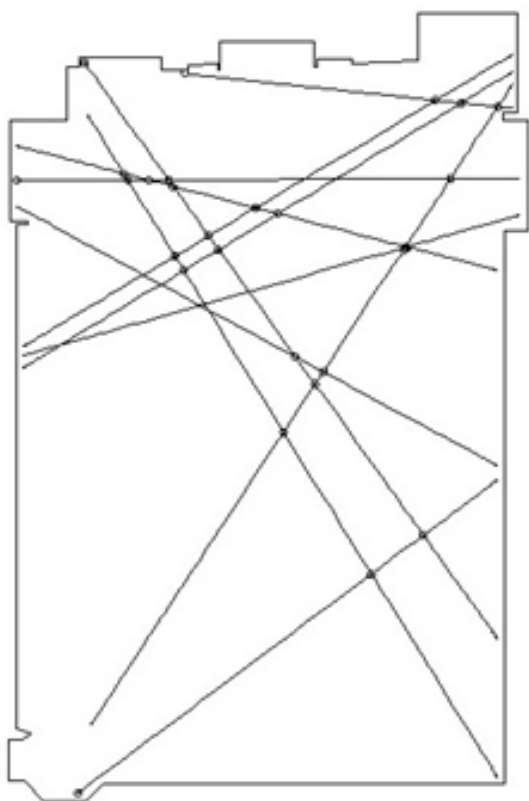
جدول ۱- علایم اختصاری مورد استفاده در نقشه ها و گراف ها. در صورتی که از فضایی بیش از یک عدد موجود باشد با شماره گذاری علامت مشخص می گردد. (منبع: نگارندگان)



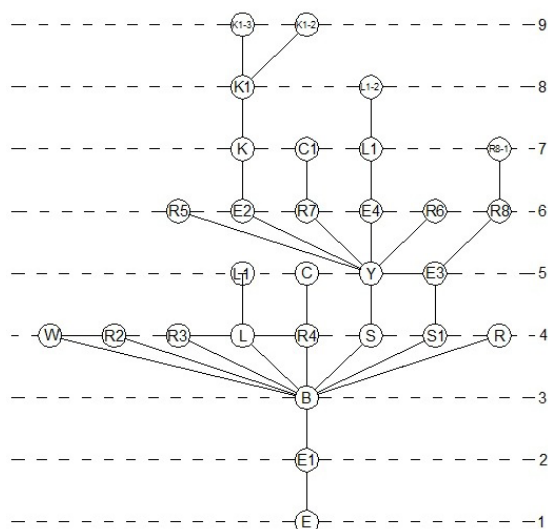
شکل ۳- سمت چپ، پلان همکف و سمت راست پلان زیرزمین خانه آزاد منش را نشان می‌دهد. (منبع: نگارندگان)



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



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. زیرا این بخش نیز حوضخانه و فضای خدماتی اش قرار گرفته‌اند. در جبهه غربی خانه نیز اتاق



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 زیر این قسمت تابستان نشین و خدمات این بخش واقع شده است. در جبهه شمالی یک اتاق سه دری در میانه و دو

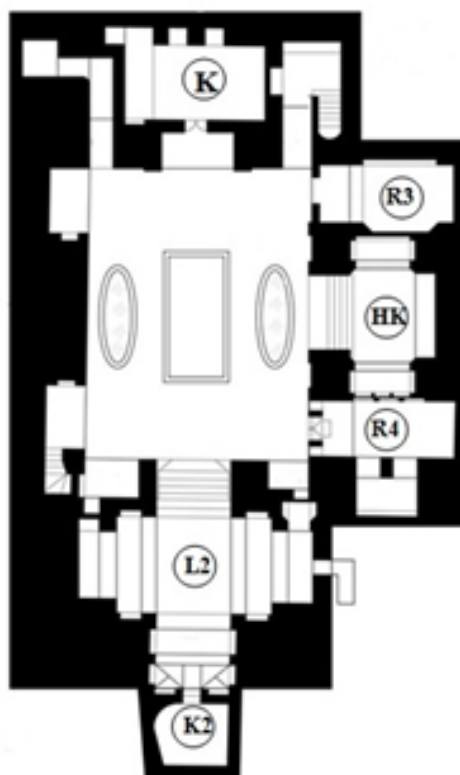
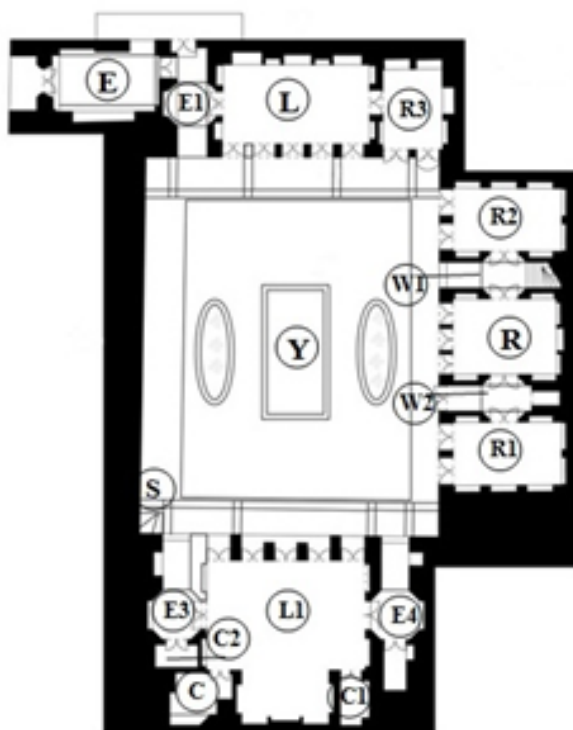
۴۰

شماره ۷-۲
تابستان ۱۳۹۶

فصلنامه
علمی-پژوهشی

نقش
جهان

ارزیابی شیوه‌های محدب و متقاطع تئوری گراف در تحلیل فضای معماری



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	۰/۴۳۶۹۴۳۰	۱/۰۰۲۴۰۶۲۰	۰/۶۴۴۵۷۲۴۹
تحلیل متقاطع	۴۲	۰/۶۰۶۲۱۳۹۳	۱/۹۶۰۵۲۱۷۰	۱/۲۴۱۵۱۹۵۶
گره پایانی	۶۰	۰/۵۸۱۳۲۳۵۰	۱/۸۲۵۹۰۲۱۰	۱/۱۵۷۶۸۱۹۵

جدول ۳- نتایج همپیوندی برای خانه جهانبانی (منبع: نگارندگان)

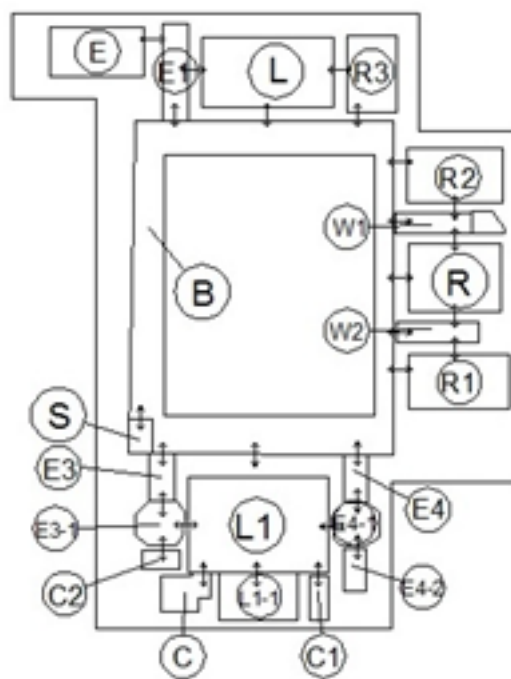
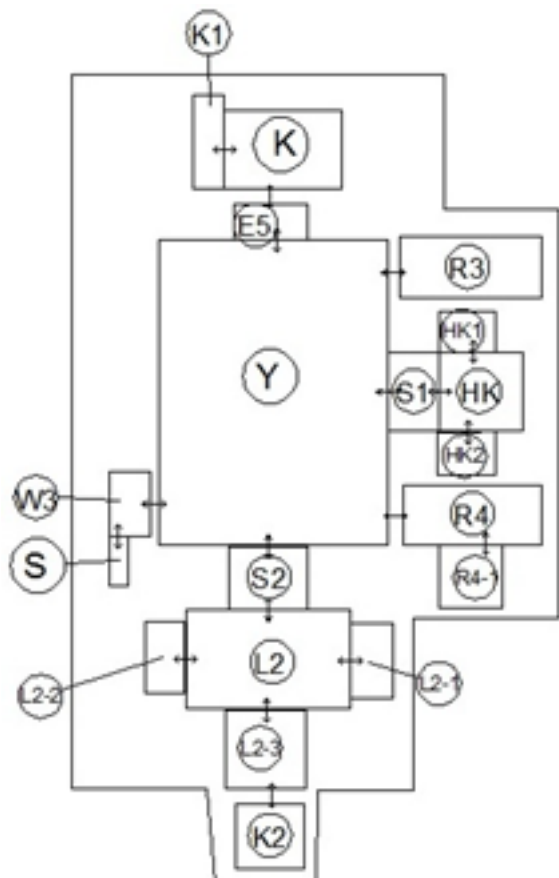
پنج دری دیگری با دو دهلیز وجود دارد. در زیر این جبهه نیز سردابی بزرگ با خدمات مربوطه قرار گرفته است. سردر ورودی خانه در جبهه جنوبی بنا شده که توسط هشتی و دالانی کوتاه به حیاط می‌رسد [۱۹].

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 گردش 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 گردش سیر حرکتی منعطفی برای ساکنین فراهم می‌نمایند و در مقابل در بخش‌هایی که انشعابی ترند ساختار حرکتی و نظام فضایی جدی‌تری به وجود می‌آورند.

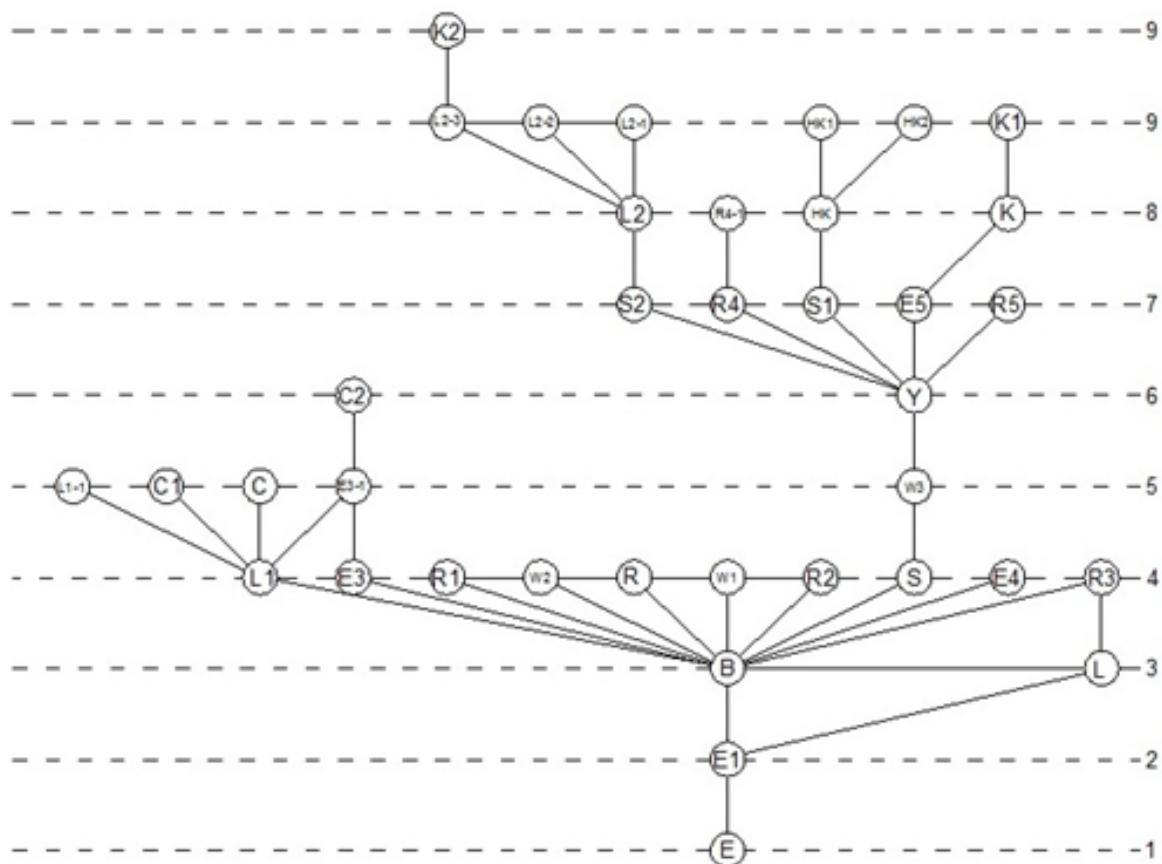
هر دو گونه تحلیل‌های نقطه‌ای درجه همپیوندی مشابهی دارند. از همه فضاهای محدب خانه، نیمی از آن‌ها هیچ گره تقاطعی ندارند (شکل ۱۰). یک سوم فضاهای محدب نه متقاطع‌اند و نه گره پایانی دارند. و فقط ۶ فضای محدب بیشتر از دو نقطه تقاطع دارند. این نتایج نشان می‌دهد نقاطی که موجب مکث برای تعیین مسیر از بین چندین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

خانه نشاسته پور

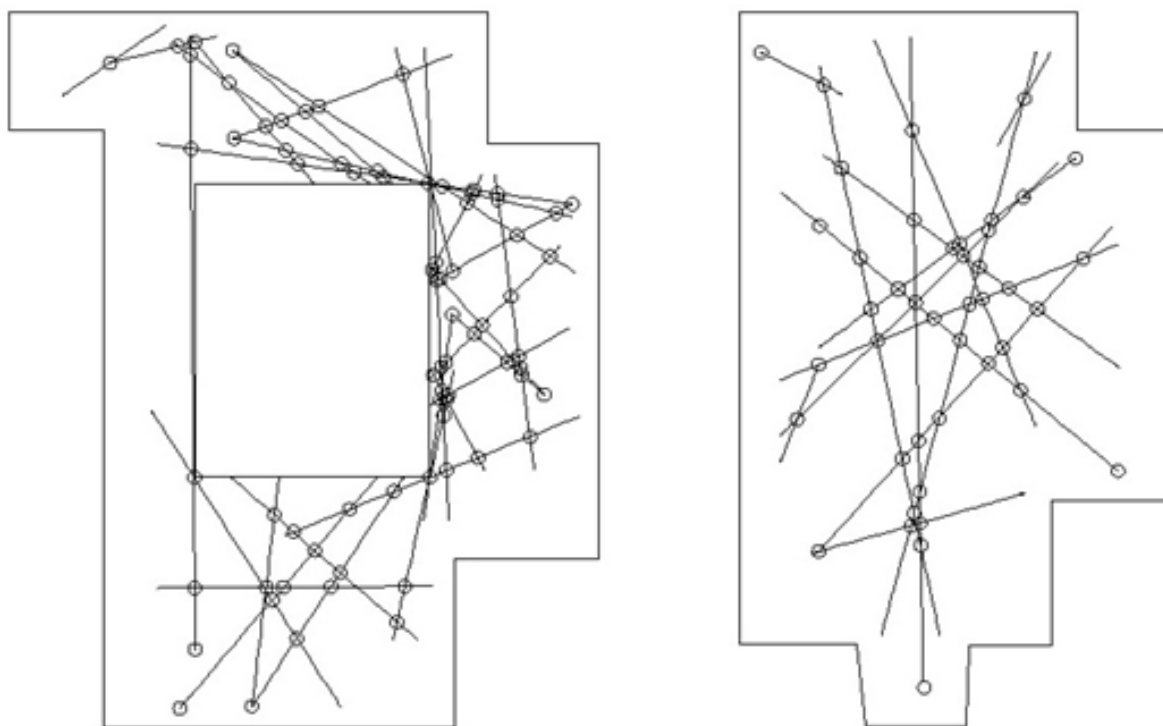
این خانه با الگوی گودال باغچه در دو جبهه مقابل هم شرقی و غربی دارای بنا می‌باشد (شکل ۱۱). در میانه ضلع شرقی یک تالار پنج دری با دو اتاق دو دری در طرفین و در زیر این قسمت سرداب بزرگ و زیرزمین‌های کوچک قرینه که با پله به حیاط راه دارند قرار گرفته است. در جبهه روبه روتالار دیگری با اتاق‌هایی قرینه در دو سوی آن وجود دارد و چند فضای خدماتی و سرداب در زیر این 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	۱/۰۵۵۹۰۷۶	۱/۰۶۴۲۶۲۵۹
گره پایانی	۴۱	۰/۶۷۳۳۳۰۹۰	۱/۰۶۳۶۱۳۱۲	۱/۰۸۰۵۸۹۷۹

جدول ۴- نتایج همپیوندی برای خانه نشاسته پور (منبع: نگارندگان)

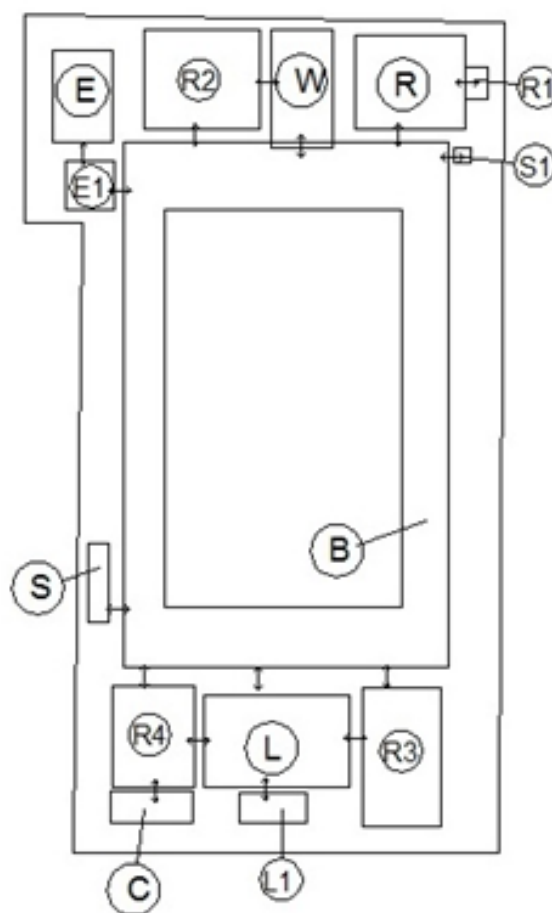
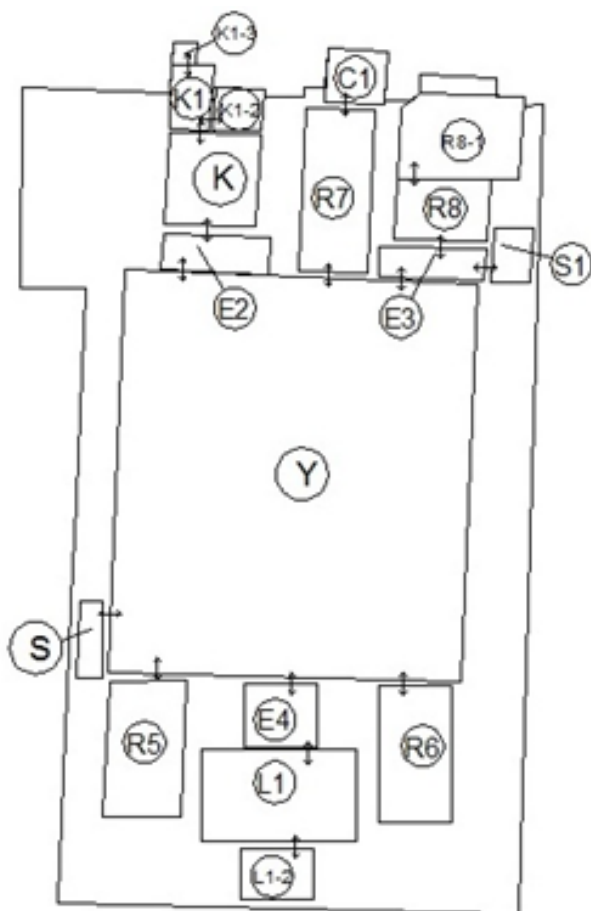
نقطه تقاطعی ندارند و تقریباً یک چهارم فضاها فقط شامل نقطه پایانی هستند (شکل ۱۴).

نتیجه گیری

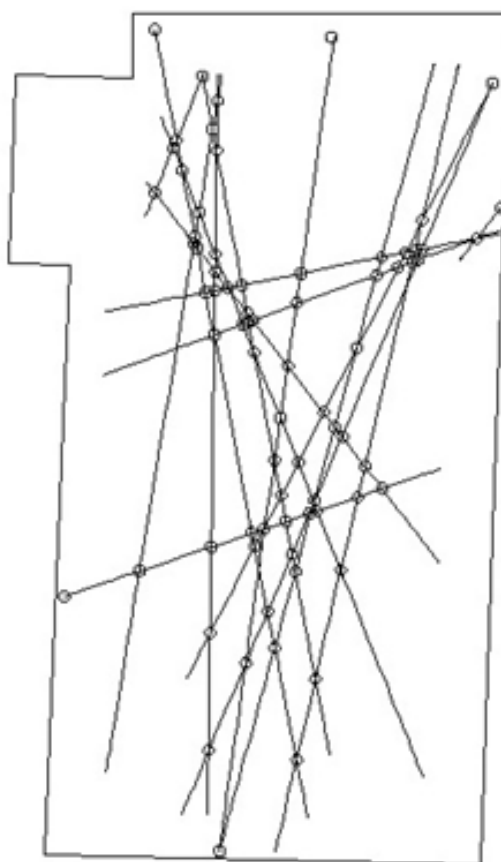
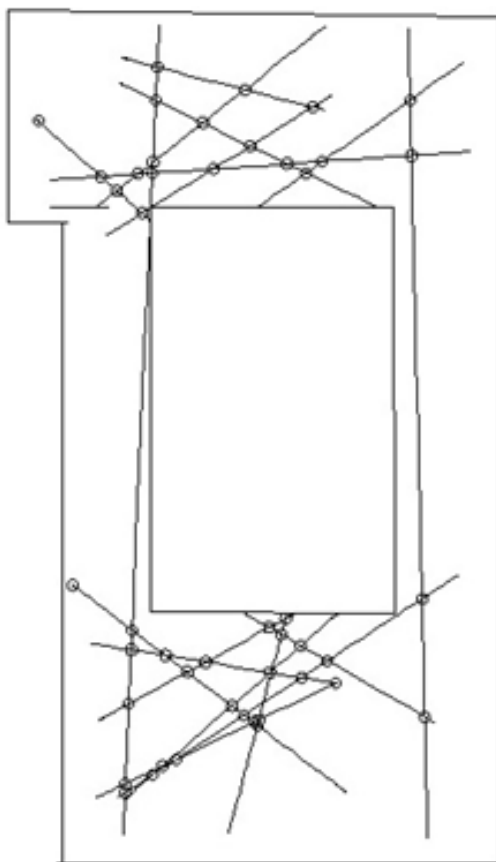
در مقایسه داده‌های همه خانه‌های الگوی قوی شناسایی می‌شود که ثابت می‌کند تحلیل محدبی در مقایسه با تحلیل‌های مبتنی بر نقاط، درجه همپیوندی پایین‌تری به دست می‌دهند. هرچند این امر قابل پیش‌بینی بود چرا که تحلیل محدبی به دو فضای محدب مجاور نیاز دارد در حالیکه هر تقاطع یا نقطه پایانی روی یک محور مستقیماً به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

می‌شود. سردر اصلی خانه با کمی عقب نشینی از مبعر اصلی از طریق هشتی و دالانی کوتاه به ایوان 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 جزئی 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). در این خانه بیش از نیمی از فضاهای محدب هیچ



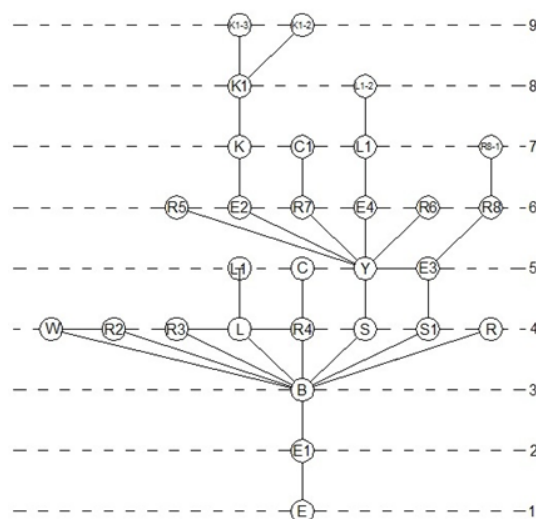
شکل ۱۲- سمت راست، نقشه محدب همکف و سمت چپ نقشه محدب گودال باغچه خانه نشاسته پور را نشان می‌دهد. (منبع: نگارندگان)



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

فقط به همسایه مجاورش متصل می شود، در مقایسه با شیوه هایی که در این مقاله به کار گرفته شده است منجر به درجه همپیوندی پایین تری می گردد. از طرفی مستثنی کردن این اتصالات جانبی توزیع درجه های همپیوندی را تغییر می دهد؛ نقاط پایانی تمایل خواهند داشت که همپیوندی ضعیف تری داشته باشند و نقاط تقاطع نزدیک به مرکز محورهای طولانی نسبتاً همپیوندترند. کمی سازی تفاوت بین نقشه های نقطه ای که شامل چنین اتصالات جانبی ای می شوند و پیاپی می شوند 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 می دهد که شمول یا عدم شمول نقاط پایانی که به ترتیب در گونه های گره پایانی و نقطه تقاطع اتفاق می افتد صرفاً اثری جزئی بر درجه های همپیوندی می گذارد. هنگامی که توزیع گره های پایانی در گراف طوری است که به طور مساوی از هم دور می شوند اثرشان بر درجه همپیوندی جزئی است. گذشته از این تعداد فضاهای محدب که در برگرفته هیچ نقطه تقاطعی نیستند بیش از حد انتظار است.



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 می گردد. لذا تفاوت بین ارزش های همپیوندی برای فضاهای محدب و نقاط ویژه، بیشتر حاصل استفاده از دوروند متفاوت در تولید گراف است تا نمایانده یک فاکتور از روش طراحی خاص ایرانی در خانه های کاشان. روش نقطه محوری که اتصالات جانبی را در بر نمی گیرد، مثل اینکه هر نقطه

تعداد واقعی این فضاها به طرز قابل توجهی متفاوت است، به علاوه نمونه‌های مورد بررسی درصد کمی از فضاها را محذب که حاوی نقاط تقاطع زیادی هستند را دارند و برای فهم توزیع موقعیت‌های مسیریابی از طریق پلان معماری بحرانی هستند. تحلیل نقطه تقاطع قطعاً شایسته تحقیقات آتی می‌باشد تا چنانچه این یافته منحصر به نمونه‌های مورد مطالعه در این مقاله است و یا 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

- 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, Julianne. (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, Julianne. (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). Garih for Domes: Analysis of Three Iranian Dome. *Nexus Netw*, 321-311 (1)18.
- 16- Ostwald, Michael, J. (2011). *The Mathematics 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.
- 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.



شماره ۲-۷
تابستان ۱۳۹۶

فصلنامه
علمی-پژوهشی

نقش
جهان

ارزیابی شیوه‌های محذی و متقاطع تئوری گراف در تحلیل فضایی معماری

- 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, 100 houses 100 plans. Kashan: Islamic Azad University press



شماره ۲-۷
تابستان ۱۳۹۶
فصلنامه
علمی-پژوهشی

**نقش
جهان**

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