مقایسهٔ روش‌ها و شاخصه‌های تحلیل بصری در مطالعهٔ پیکره‌بندی فضایی بر مبنای تراکم ادراک‌شده

نمونهٔ موردی: مجتمع‌های مسکونی شهر مشهد

سیّده فاطمه موسوی‌نیا[1]*

۱- دانش‌آموختهٔ دکترای معماری، مشهد، ایران.

* نویسندهٔ مسئول: تلفن :۰۹۱۲۳۰۷۰۶۹۵، نمابر: ۰۵۱-۳۳۸۸۱۷۹۶۷، E-mail: s_f_mousavinia@yahoo.com.

چکیده

در مطالعات مرتبط با معماری و شهرسازی، طیف گسترده‌ای از روش‌های کمّی و کیفی، درخصوص مطالعه و فهم روابط بین پیکره‌بندی فضایی و شیوهٔ ادراک مردم از فضا وجود دارند که روش‌های تحلیل بصری از جمله متداول‌ترین آنها محسوب می‌شوند. در بسیاری از پژوهش‌ها که بدنبال فهم و تشریح پیکره‌بندی فضایی و یا جنبه‌های کمّی محیط هستند، تنوع و تعدد روش‌ها و شاخصه‌های تحلیل بصری، موجب سردرگمی و گاها پیچیدگی و دشواری تصمیم‌گیری می‌شود. بدین ترتیب، شناخت دقیق‌تر زمینهٔ موضوع، ضروری بنظر می‌رسد. هرچند دیدگاه‌های کمّی به تنهایی جامع نیستند، امّا می‌توانند ابزار و تکنیک‌های تجزیه و تحلیل کاربست‌پذیری را ارائه دهند که قابل‌توسعه و آزمون در تحقیقات تجربی خواهند بود. از سوی دیگر، با مطرح‌شدن توسعهٔ پایدار و سیاست متراکم‌سازی به عنوان راهکاری مناسب درجهت نیل به آن، مفهوم تراکم ادراک‌شده به عنوان معیاری پیشنهادی، برای دستیابی به شرایط مطلوب در محیط‌های متراکم، مطرح گردیده است. این پژوهش، با هدف شرح و دسته‌بندی روش‌های تحلیل بصری و مقایسهٔ شاخص‌های مرتبط با آنها، بدنبال دستیابی به بهترین معیار در مطالعهٔ پیکره‌بندی فضایی در رابطه با بعد فضایی تراکم ادراک‌شده در محیط‌های مسکونی است. با انتخاب سه محدوده (با تراکم خالص مسکونی مشابه) در شهر مشهد، تنظیم پرسش‌نامه و بکارگیری نرم‌افزارهای متداول در روش‌های تحلیل بصری، داده‌های پژوهش جمع‌آوری شده‌اند. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نشان داد، شاخصه‌های مبتنی بر سه‌بعد (بطور مشخص، میزان فاصلهٔ فضاییSOI)، در مقایسه با شاخصه‌های روش‌های تحلیل بصری دوبعدی، در مطالعهٔ بعد فضایی تراکم ادراک‌شده، کارآمدتر هستند و همبستگی معناداری با میزان تراکم ادراک‌شدهٔ ساکنان، در مقایسه با شاخصه‌های مبتنی بر دوبعد (شاخص‌های منتج از نمودار تحلیل بصری، نظیر اتصال و همپیوندی) دارند.

واژه‌های کلیدی: محیط‌های مسکونی، پیکره‌بندی فضایی، روش‌های تحلیل بصری دو بعدی، نمودار تحلیل بصریVGA، روش‌های تحلیل بصری سه‌بعدی، تراکم ادراک‌شده.

۱- مقدمه

در حالیکه برنامه‌ریزان اغلب با معیار قرار دادن تراکم درخصوص محیط‌های مسکونی تصمیم‌گیری می‌کنند، طراحان در مقیاس خرد با مسائلی همچون پیکره‌بندی فضایی و شیوهٔ سازمان‌دهی فضاهای باز و بسته سروکار دارند که موجب احساس تراکم بالا یا پایین در ساکنان می‌شود. از نظر محققان، با وجود افزایش تراکم‌های کمّی، می‌توان فضاهای کالبدی را به گونه‌ای طراحی نمود که ادراک پایین‌تری از تراکم را موجب شوند[1]. با توجه به اینکه پیکره‌بندی فضایی و شیوهٔ فاصله‌گذاری میان احجام، از عوامل کالبدی مهم در ادراک تراکم محسوب می‌شود[۲]، این سوالات مطرح می‌شوند که چه روش‌ها و شیوه‌هایی برای مطالعهٔ پیکره‌بندی فضایی وجود دارند و از میان آنان کدامیک برای پیش‌بینی و سنجش تراکم ادارک‌شده مناسب‌تر هستند؟

فهم رابطهٔ بین انسان و محیط ساخته‌شده همواره سوالاتی از نحوهٔ سنجش و مطالعهٔ محیط و چگونگی تاثیر مشخصه‌های تعاملی بین آنان را موجب می‌شود. این درحالی است که گرچه در بسیاری از نوشتارها، ارتباط میان پیکره‌بندی فضایی و ادراک محیطی فضا[1] پذیرفته شده، اما توصیف علمی رابطهٔ میان این دو موضوع همچنان نیازمند ابزار کمّی مناسب و دقیق است، تا بتوان اثرات محیط ساخته‌شده را بهتر اندازه‌گیری و پیش‌بینی نمود. در همین راستا این مقاله با شرح، مقایسه و بررسی نقاط قوّت و ضعف رویکردهای مختلف، می‌تواند به محققان در انتخاب شاخصه‌های مناسب در مطالعات تجربی کمک کند.

با درنظر داشتن سوال پژوهش، مقایسهٔ کارآمدی روش‌های مطالعهٔ پیکره‌بندی فضایی در سنجش تراکم ادراک‌شده هدف اصلی تحقیق را شکل داده است. برای دستیابی به این مهم در این نوشتار، در گام اول، انواع روش‌ها و رویکردهای سنجش پیکره‌بندی فضایی بررسی می‌شوند، در گام دوم، تراکم ادراک‌شده با مرور ادبیات موضوع مورد کاوش قرار گرفته و بر بعد فضایی مرتبط با آن تمرکز شده است. در گام سوم، سه مجتمع مسکونی با تراکم جمعیتی، تراکم خالص مسکونی و پایگاه اجتماعی-اقتصادی ساکنین مشابه و شیوهٔ طراحی و پیکره‌بندی فضایی متفاوت، در شهر مشهد، به عنوان بستر مطالعه انتخاب شدند. سپس با طراحی پرسشنامه و تعیین پایایی آن از یک سو و محاسبهٔ سه شاخص کمّی مرتبط با پیکره‌بندی فضایی از سوی دیگر، داده‌های پژوهش جمع‌آوری گردید. در نهایت با استفاده از روش‌های آماری و نرم‌افزار spss رابطهٔ بین داده‌ها تبیین و تحلیل شده‌اند.

۲- دیدگاه‌های کمّی به ادراک محیط و روش‌های تحلیل بصری در مطالعهٔ پیکره‌بندی فضایی

محیط‌های ساخته‌شده سازمان‌دهی فضاها، اعم از فضاهای ساخته‌شده(بسته) و فضاهای باز را در بر می‌گیرند. شیوه‌ای که فضاهای انفرادی بر مبنای ویژگی‌های رابطه‌ای با هم پیوند برقرار کرده و فرم یافته‌اند، از پیکره‌بندی فضایی محیط ناشی می‌شود. به دنبال فهم اثر فرم‌های ساخته‌شده و ادراک محیط، در مطالعات پیشین هر دو بعد کمّی و کیفی مورد توجه قرار گرفته اند. هردوی این ابعاد، جهت مطالعه در حوزه‌های مختلف دارای اعتبارند. در رویکردهای کمّی و کالبد-محور مواردی همچون میزان و مدت زمان رؤیت‌پذیری عناصر محیط مطرح است در حالیکه در رویکردهای کیفی به این پرداخته می‌شود که چگونه کیفیت بصری می‌تواند بر تصمیم‌گیری و رفتار شهروندان تأثیر بگذارد[۳]. به اعتقاد ترنر، برتری دیدگاه‌های کمّی در ادراک محیط، از رضایت حاصل از اطمینان محاسباتی آنان ناشی می‌شود [4]. هرچند یافته‌ها نشان داده‌اند که این دیدگاه‌ها برای فهم محیط کارآمدند، اما اغلب مورد انتقاد واقع می‌شوند و عده‌ای آنها را ساده‌اندیشانه می‌خوانند. به طور یقین محدودیت‌هایی در خصوص دیدگاه‌های کمّی، به ویژه در بحث ادراکات بصری انسان وجود دارد. محیط‌های مصنوع بسیار پیچیده‌تر از آن‌اند که توسط تحلیل کمّی استاندارد[2] فهم شوند [5]. امّا بخودی خود، پیچیدگی، با بکارگیری ابزارهای تحلیلی و مطالعه‌شان در رابطه با ادراک فضا منافاتی ندارد. وجود هردو بعد کمّی و کیفی دلالت بر این مسئله دارد که فهم ادراکات فضایی-بصری محیط بدون در نظر داشتن هردوی این دیدگاه‌ها جامع و کامل نیست [6].

---

[1] Environmental perception of space

[2] Quantitative metrical analysis

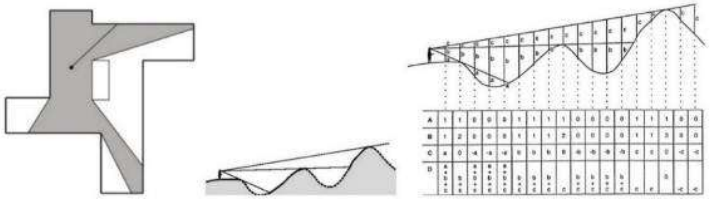
دو تئوری اساسی درخصوص ادراک انسان وجود دارد. یکی بر تجربه از طریق حواس فیزیکی استوار است و دیگری بر اندیشهٔ شناختی[3] بعنوان یک سیستم فعال تمرکز دارد. تئوری اکولوژی ادراک گیبسون[4] بر تجربهٔ فضایی مستقیم از طریق حواس و بر اساس اطلاعات دریافتی از محیط بنا شده و بجای به حساب آوردن حواس به عنوان کانال‌های حسی، آن را نگاهی ادراکی درنظر می‌گیرد [۷]. این تئوری که از مبانی تحلیل‌های بصری است، بر ادراک و رابطهٔ مستقیم کاربر و محیط متکی است، تا تلاشی برای دست یافتن به زبان پدیدارشناسانه[5] مفهوم ادراک و شناخت. بر اساس تئوری گیبسون، اطلاع و دانش درخصوص محیط، مستقیما توسط دریافت شعاع‌های بصری[6] از طریق حرکت و تغییر موقعیت چشم ما، بدون نیاز به بازسازی شناختی شعاع‌های بصری ورودی و صرفنظر از شدت نور آن صورت می‌پذیرد.

با توجه به جایگاه بینایی بعنوان مهم‌ترین حس در دریافت اطلاعات از محیط پیرامون، یکی از موضوعاتی که ادراک ساکنین و رفتار فضایی در محیط را تحت تأثیر قرار می‌دهد، قابلیت و میزان دید است. مطالعات نشان می‌دهند عوامل بصری نقش مهمی در کیفیت محیط ایفا می‌کنند[۸]. بنابراین تحلیل بصری محیط را می‌توان به عنوان یکی از جنبه‌های مهم ارزیابی و تحلیل پیکره‌بندی فضایی دانست.

در روش‌های سنتی برای فهم اثرات بصری و خصایص فضا، از تحلیل‌های بصری غیرمحاسباتی استفاده می‌شد. بطور مثال در مطالعهٔ کالن، دیدهای ادراک‌شده توسط عابران در فضای باز شهری توسط عکس و کروکی ضبط می‌شد. امّا امروزه روش‌های متعددی مطرح شده‌اند که طیف وسیعی از محاسبات ساده تا پیچیدهٔ کامپیوتری را شامل می‌شوند. این تحلیل‌ها را می‌توان بر اساس پنج متغیر اصلی شامل مقیاس، رویکرد، هدف، ابزار تحقیق و شیوهٔ تجزیه و تحلیل از یکدیگر متمایز نمود. شاید بتوان گفت مهم‌ترین متغیر در دسته‌بندی روش‌های تحلیل بصری، مقیاس است. به طور مثال در روش‌های تحلیل سازمان بصری شهر و روش تحلیل فرم بصری آن، مقیاس تحلیل، شامل کل شهر است [۳]. لذا بطور مشخص، روش‌های تحلیل و معیارهای موردنظر این نوشتار در مقیاس خرد قرار داشته و بر کمّیت و میزان دید تمرکز دارند.

۲-۱- روش‌های تحلیل بصری دو بعدی

تحلیل‌های بصری در مقیاس خرد را بنا بر ماهیت‌شان می‌توان به دو دستهٔ کلی دوبعدی و سه‌بعدی تقسیم نمود. تحلیل‌های دوبعدی، مفصل‌تر از تحلیل‌های سه‌بعدی بوده، از سابقه و پیشینهٔ بیشتری برخوردارند. دو شیوهٔ غالب در تحلیل‌های دوبعدی عبارتند از ایزوویست[7] در معماری و نقشهٔ خطوط قابل‌دید[8] در تحلیل منظر و عوارض زمین (تصویر۱). گرچه این دو مشابه به نظر می‌رسند، اما در اساس با یکدیگر متفاوت‌اند.



شکل۱: سمت چپ مثالی از ایزوویست، محدودهٔ قابل‌رویت از یک نقطه در فضا [9] و تصویر سمت راست، خط دید بعنوان مبنای نقشهٔ خطوط قابل دید، [6]

ایزوویست بصورت مجموعه‌ای از نقاط در فضای دو بعدی تعریف می‌شود که از یک نقطهٔ مشخص و مبنا[9] قابل مشاهده‌اند [10]. ایزوویست یک تحلیل دوبعدی، مبتنی بر شعاع بصری محیطی[10] گیبسون و قابل‌استفاده برای محیط‌های متراکم و بستهٔ

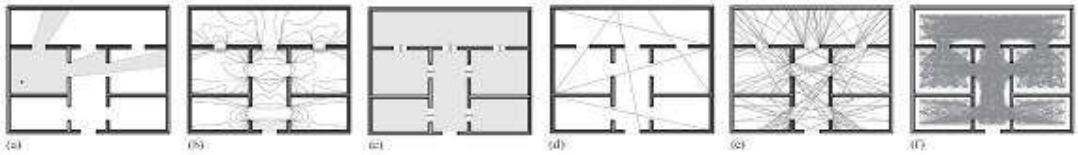
[3] Cognitive thoughts
[4] Gibson’s theory of direct ecological perception
[5] Vernacular phenomenological
[6] Ambient optic array
[7] Isovist
[8] Viewshed
[9] Vantage point
[10] Ambience optic array

شـهری اسـت [11]. مرزهای این حوزهٔ بصـری را موانعی مانند دیوارها، درخت‌ها و اجزای دیگر محیط می‌سـازند. هنگام حرکت در محیط، شـکل و اندازهٔ این حوزه تغییر می‌کند و همین تغییر، مبنایی برای مقایسـه یا ارزیابی محیط‌های مختلف اسـت. اما خط دید[11]LOS عبارتسـت از متصـل کردن اشیا به موقعیت بیننده به وسیلهٔ یک خط مجازی مستقیم. درحقیقت در ایزوویست محورx,y و در نقشـهٔ خطوط قابل دید محورy,z مبنای محاسـبه هسـتند. در مقایسـه با ایزوویست که کاملاً به صورت چندضلعی بسـتهٔ دوبعدی نمود می‌یابد، تحلیل نقشـهٔ خطوط قابل‌دید مفهومی دو و نیم بعدی اسـت که بر پایهٔ داده‌های رقومی[12](DEM) سـطوح زمین کاربردی بوده و به سـختی می‌تواند درخصـوص فضـاهای شـهری مورد اسـتفاده قرار گیرد[13]. همینطور ایزوویست نمی‌تواند با اطلاعات منظر یا زمین سـروکار داشـته باشد، چرا که شیوهٔ محاسباتی آن بر تمایز روشن مرزهای فضایی استوار است [12].

۲-۱-۱- تحلیل ایزوویست Isovist

بندیکت روشـی کمّی برای مطالعهٔ خصـوصـیات بصـری فضـا ارائه نمود. او با اسـتفاده از ترسـیم محدوده‌های قابل رویت از نقطهٔ مبنا، شـش شـاخص اصـلی را معرفی کرد. این شاخص‌ها عبارتند از: محیط perimeter، مساحت area، جمع شدگی drift، بسـته‌شـدگی occlusivity، فشـردگی compactness و مدوریت circularity. شـاخص جمع‌شدگی به مطالعهٔ بلندترین خط دید ممکن می‌پردازد. بسـته‌شـدگی نسـبت محیط در بخش توده اسـت، درحالی‌که فشردگی میزان نزدیکی ایزوویست‌ها را به فضای محدب در محیط نشان می‌دهد و مدوریت، نسبت مربع محیط به مساحت است [۸].

برای نشـان دادن اینکه چگونه خصـوصـیات ایزوویست در فضا تغییر می‌کند، بندیکت مفهوم محدودهٔ ایزوویست[14] را مطرح می‌کنـد کـه میزان تغییر در یکی از انـدازه‌گیری‌هـای ایزوویسـت را در تمـام موقعیـت‌هـای یـک طرح، بـه وسـیلـهٔ خطوط پیرامونی[15](خطوط بیرونی و محیطی) نشـان می‌دهد (تصـویر۲). محدودهٔ ایزوویسـت برای مطالعهٔ میزان تغییر در مقدار اطلاعات در موقعیت‌های مختلف کارآمد اسـت. وقتی این خطوط متراکم باشـند، میزان اطلاعات در این نواحی سـریع‌تر تغییر می‌کند و وقتی خطوط جدا از هم باشـند، اطلاعات بصری در این نواحی ثابت‌تر بوده و با تغییر کمتری خواهد بود. تحقیقات مختلف رابطهٔ میان خصـایص ایزوویسـت‌ها و جنبه‌های ذهنی افراد را مورد توجه قرار دادند. بطور مثال برنهام و بندیکت تأثیر خصـوصـیات ایزوویسـت‌ها را بر ادراک بررسـی کردند. آن‌ها دریافتند که گشودگی فضایی ادراک‌شده به پیچیدگی ایزوویست‌ها مرتبط است تا مسـاحت آن‌ها. در ادامهٔ کار بندیکت، بتی[13] با تقسـیم فضا به یک شبکهٔ منظم، روش محاسباتی و نرم‌افزار کامپیوتری را ارائه داد که بوسیلهٔ آن، می‌توان محدودهٔ ایزوویست را محاسبه نمود و آن را به طریق استانداردی نمایش داد.



شکل۲: (a) چندضلعی بستهٔ ایزوویست، یک محدودهٔ دوبعدی است که محدودهٔ قابل‌روئت از یک نقطه را نشان می‌دهد. (b) محدودهٔ ایزوویست، خطوط پیرامونی محدوده‌هایی است که خصوصیات بصری مشابهی دارند. (c) مجموعهٔ محدوده‌های محدب برای توصیف یک پیکره‌بندی فضایی (d) مجموعه‌ای از خطوط محوری (e) E-partitions محدوده‌هایی را مشخص می‌کند که تعداد لبه‌های صفحهٔ قابل رویت تغییر نمی‌کند (f) نقاط بر روی یک شبکه که ارتباطات بصری بین دوبدوی موقعیت‌ها را نشان می‌دهد، [4]

---

[11] Line of sight

[12] Digital elevation model

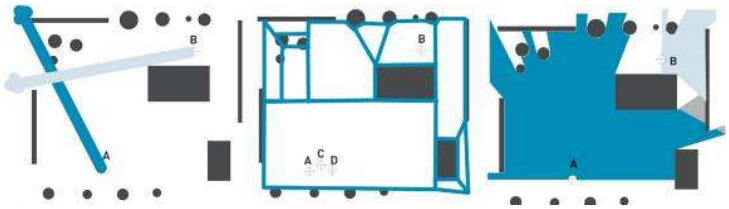
[13] چرا که عملیات آن بر مبنای اطلاعات رستری TIN (triangulated irregular network) است که عموماً برای نمایش اطلاعات کالبدی شهری مورد استفاده نیست.

[14] Isovist field

[15] Contour line

۲-۱-۲- روش چیدمان فضا و نمودار تحلیل بصری Space syntax and Visibility graph analysis(VGA)

یکی از شـیوه‌های متداول در مطالعهٔ کمّی خصـوصـیات محیط سـاخته‌شـده، روش چیدمان فضـاسـت که تحلیل دقیق سـاختمان‌ها و سـاختارهای شـهری را بصورت نظری و ریاضی امکان‌پذیر می‌کند و در آن اساساً توجه به خصوصیات روابط میان فضـاهاسـت، تا هندسه و خصوصیات شکلی [14]. روش چیدمان فضا در تحلیل‌ها بر اساس سه جز عمل می‌کند: فضای محدب، حوزهٔ بصـری و خط محوری[۱۶](تصـویر۳). منظور از فضـای محدب فضـایی اسـت که اگر ناظر از داخل این فضا به تمامی نقاط دیگر این فضـا نگاه کند، خط فرضی دید لبه‌های فضا را قطع نکند [۱۵].حوزهٔ بصری همان ایزوویست است که هیلیر و هانسون در روش چیدمان فضـا، آن را بعنوان یکی از شـیوه‌های ارائهٔ روش‌شـناسی‌شان در تعریف فضا پذیرفتند. خط محوری نیز بصورت طولانی‌ترین خط دید تعریف می‌شـود. روش چیدمان فضـا اغلب در مقیاس‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. انتخاب میان اسـتفاده از نقشـه‌های محدب یا نقشـه‌های محوری برای توصـیف پیکره‌بندی فضایی، به فاکتورهای مختلفی بستگی دارد. عمدتاً اگر هدف از تحلیل، نحوهٔ چیدمان، انتظام فضـایی و بررسـی گونه‌های سـاختمانی در مقیاس خرد باشـد، از نقشـه‌های محدب اسـتفاده می‌شـود، امّا زمانی که تمرکز بر فهم ویژگی‌های رفتاری قرارگاه‌های فضـایی در مقیاس کلان اسـت، اسـتفاده از نقشـهٔ خطوط محوری مفیدتر خواهد بود [16].



شکل۳: در روش چیدمان فضا خطوط محوری برای مطالعهٔ شیوهٔ حرکت افراد در فضا، فضاهای محدب برای تعامل و محدودهٔ ایزوویست برای شیوهٔ جهت‌یابی مورد استفاده قرار می‌گیرند، [14]

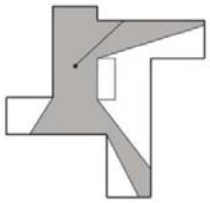
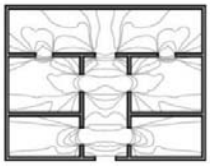
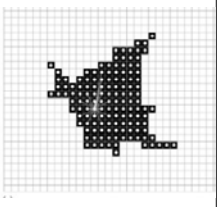
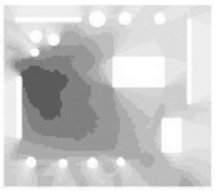
ترنر و همکارانش با ترکیب تئوری چیدمان فضـا و ایزوویسـت، نرم‌افزار Depthmap را معرفی نمودند که به نمودار تحلیل بصـری نیز معروف اسـت. در این نرم‌افزار ابتدا شـبکه‌ای روی پلان ترسـیم شـده، مرکز هرکدام از سـلول‌های مربعی این شـبکه بعنوان نقطهٔ ناظر در نظر گرفته می‌شـود. سـپس می‌توان تعداد نقاط قابل‌رویت از هر نقطهٔ مبنا را بدسـت آورد. شـاخصـه‌های متفاوتی، در دو دسـته‌بندی خصـوصـیات فضـایی کلی و محلی از طریق این نرم‌افزار قابل دسـتیابی اسـت. اتصـال و همپیوندی بصـری از جمله شـاخصـه‌های مهم در این روش هسـتند. اتصـال بصـری یک نقطه، تعداد نقاط قابل‌رویت از نقطهٔ مبنا است که می‌توان آن را به نوعی معادل با شـاخص مسـاحت در روش ایزوویسـت دانسـت. همپیوندی بصـری یک نقطه نیز، بصورت تعداد مراحل بصـری از آن نقطه تا سـایر نقاط در یک سـیسـتم محاسـبه می‌شـود. خروجی این روش بصـورت اندازه‌های عددی و نیز گراف رنگی اسـت که در آن نقاط مختلف به لحاظ ویژگی‌های بصـری، با اسـتفاده از رنگ، از طیف رنگی قرمز تا آبی نشـان داده می‌شوند [17].

روش چیدمان فضـا، از جهاتی مورد انتقاد برخی از صـاحبنظران است. فارغ از نقدهای وارد بر پیش‌فرض‌های این روش (که مورد نظر این مقاله نیسـت)، اشـکال اسـاسـی که به چیدمان فضـا وارد می‌شـود، کم‌توجهی به کالبد و بویژه هندسهٔ سه‌بعدی و ابعاد و تناسـبات فضـاها اسـت. به عبارتی روش چیدمان فضـا با اصـل قرار داردن رابطهٔ میان فضاها، بازنمود و نمایشی از بافت شـهری تنها در دو بعد اسـت که خصـوصـا در مقیاس خرد، بسیاری از ویژگی‌های مهم فضایی، از جمله ارتفاع را نادیده می‌گیرد [۱۸]. موضـوع مهم دیگر در روش چیدمان فضـا و تحلیل بصـری این است که موفقیت آن‌ها در بیان اینکه افراد چگونه در فضا با یکدیگر تعامل برقرار می‌کنند، به طور کامل اثبات نشده است [9].

جدول۱: برخی از متداول‌ترین روش‌های تحلیل بصری دوبعدی و شاخصه‌های آنها- (ماخذ: نگارنده)

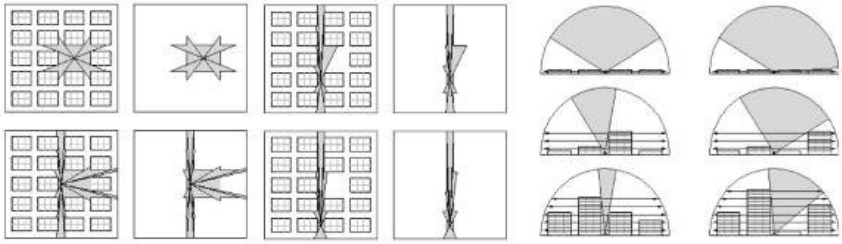
	تحلیل‌های بصری دو بعدی 2D visibility analysis

[۱۶] Axial-lines

روش	Isovist	Isovist field	Isovist computation	Visibility graph analysis
				
نویسنده	Benedikt, 1979	Benedikt, 1979	Batty, 2001	Turner, 2001
نحوهٔ محاسبه	ساخت محدوده‌های بستهٔ قابل رویت	ترسیم خطوط پیرامون محدوده‌های با خصوصیات بصری یکسان	استنباط چندضلعی‌های پدیداری از تحلیل شبکهٔ منظم قرار داده شده بر روی پلان	ترسیم نمودار از دید دوسویه میان نقاط با استفاده از یک شبکه
اندازه‌گیری‌ها و شاخص‌ها	مساحت، محیط، جمع‌شدگی، بسته‌شدگی، فشردگی و مدوریت	میزان فشردگی یا جدایی خطوط پیرامونی	معیارهای مشابه بندیکت	شاخص‌های محلی: اتصال، کنترل ، قابلیت کنترل‌پذیری، ضریب خوشه‌ای شاخص‌های کلی: درجهٔ عمق، همپیوندی، آنتروپی
نرم‌افزار	-	-	Starlog	Depthmap

۲-۲- روش‌های تحلیل بصری سه‌بعدی

با وجود اینکه تحلیل‌های بصری دوبعدی در بسیاری از پژوهش‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند، امّا باید گفت که این روش‌ها نمی‌توانند تمامی شرایط محیط سه‌بعدی را منعکس کنند و به ادراک انسانی چندان نزدیک نیستند [12]. در موقعیت‌ها و پیکره‌بندی‌های فضایی متفاوت، دید و کمّیت فضاهای باز تغییر می‌کند. در شکل زیر(سمت چپ)، به راحتی قابل مشاهده است که چگونه با تغییر مکان مشاهده‌کننده، محدودهٔ قابل‌رویت تغییر می‌کند، روشی که اغلب تحلیل‌های دوبعدی دنبال می‌کنند. تصویر سمت راست با ثابت ماندن شرایط در پلان و تغییر در ارتفاع ساختمان‌ها، نشان می‌دهد که چگونه بعد سوم، میزان دید را تحت تأثیر قرار می‌دهد [19]. بنابراین میزان فاصلهٔ فضایی و دید قویاً تحت تأثیر شرایط سه‌بعدی قرار دارد، در حالیکه در تحلیل‌های دوبعدی، ارتفاع درنظر گرفته نشده و صرفا تغییر در محدودهٔ قابل‌رویت در پلان مدنظر است.

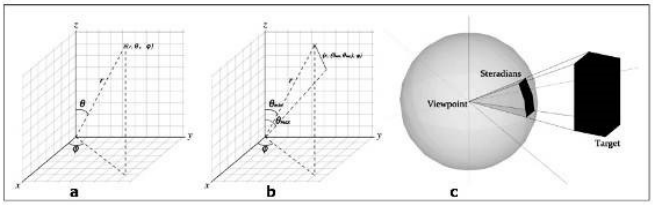


شکل۴: چپ: محدودهٔ قابل‌رویت از ۴ نقطه بر روی یک مسیر- راست: سه گزینه با ارتفاع مختلف از دو نقطه بر روی مسیر نشان می‌دهند که محدوده‌های قابل دید، با توجه به ارتفاع توده‌های مجاور تغییر می‌کند، [19]

با توجه به نقاط‌ضعف روش‌های مبتنی بر دو بعد، در سال‌های اخیر تحلیل‌های بصری از دو به سه بعد تغییر جهت داده اند. برخلاف روش‌های دوبعدی، در روش‌های سه‌بعدی نرم‌افزار کاربردی برای عموم در دسترس نیست و محققان همچنان در جستجوی راهکارهای مناسب برای غلبه بر دشواریهای محاسبات سه‌بعدی، ارائه و پیشنهاد شاخص‌های مناسب، طراحی نرم‌افزار و پیمایش بصورت تجربی در محیط‌های ساخته‌شده هستند، که خود زمینهٔ مهمی برای تحقیقات آتی در حیطهٔ مطالعات میان رشته‌ای را فراهم می‌آورد.

در روش‌های سه‌بعدی نیز، همان ایدهٔ اصلی بندیکت، یعنی تعیین محدوده‌های قابل‌رویت از نقطه‌ای خاص در محیط و فهم روابط فضایی از طریق محاسبات دقیق، وجود دارد. در تحلیل‌های بصری سه‌بعدی، انتخاب سیستم‌های مختصاتی تفاوت

اساسی ایجاد می‌کند. بطور کلی سیستم‌های کره‌مبنا و کارتزین[17] دو گونهٔ کاربردی در این تحلیل‌ها هستند. در مدل‌هایی که اساس محاسبهٔ آنها سطح است، از سیستم مختصات کارتزین استفاده می‌شود. در مقابل، مدل‌های کره‌مبنا مدعی‌اند که محاسبهٔ سه‌بعدی آنها، از طریق بکاربردن نیمکرهٔ مجازی در نقطهٔ دید ناظر محقق می‌گردد. در تحقیقات پیشین، سیستم کروی بیشتر از سیستم مختصات کارتزین مورد استفاده قرار گرفته است، چرا که به شیوه مشاهدهٔ انسان نزدیک‌تر و مانند آن به زاویهٔ دید و فاصله وابسته است. در این شیوه، هر نقطه بصورت (r, θ, φ) معرفی می شود و محاسبات بر استرادیان[18]، زوایهٔ فضایی[19] و کرهٔ دید[20] استوارند[20, 11,12]. روش‌های متداول بر اساس سیستم کروی را می‌توان به دیدگاه‌های آسمان-مبنا و فضا-مبنا تقسیم نمود.



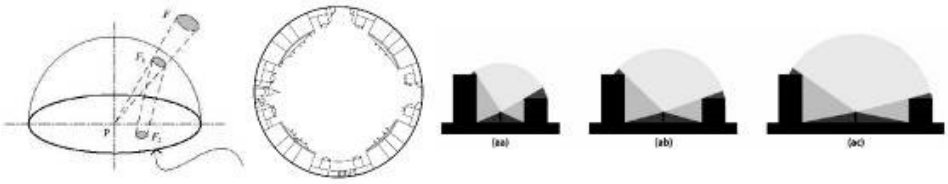
شکل۵: (a)هر نقطه در سیستم مختصات کروی بصورت(r, θ, φ) و (b) دامنهٔ قابل رویت بصورت $(r, (\theta min, \theta max), \varphi)$ نمایش داده می‌شود. (c)استرادیان‌های حاصل از تصویر شی هدف بر روی کرهٔ دید است، [12]

۲-۲-۱- تحلیل‌های بصری سه‌بعدی آسمان-مبنا(صفحه محور) Sky-oriented 3D analysis, surface-based

روش‌های تحلیل آسمان-مبنا، نسبت میان سطح آسمان (یا تصویر آن[21]) و کرهٔ دید را ارائه می‌دهند. بنابراین همیشه بدون جهت‌اند و ۳۶۰ درجهٔ افقی و ۹۰ درجهٔ عمودی را مدنظر دارند. شاخص‌هایی چون میزان گشودگی آسمان[22] که توسط تلر پیشنهاد شد[21] و شاخص رویت آسمان[23] SVF در مطالعهٔ رتی [22]، از جمله معیارهای مطرح دیدگاه‌های آسمان-مبنا هستند. میزان گشودگی آسمان، سهم آسمان قابل‌رویت از نقطه‌ای مشخص است. این شاخص، از طریق دو بار تصویر کردن نسبت آسمان بر کرهٔ فرضی آسمان و بعد از آن تصویر بر صفحهٔ دوبعدی بدست می‌آید. شاخص رویت آسمانSVF یکی از پذیرفته‌ترین روش‌شناسی‌های مرسوم در تحلیل‌های انرژی است [12]. در این روش با استفاده از تکنیک‌های ترسیمی، می‌توان تصویر ساختمان‌ها و عوامل طبیعی یا مصنوع شهری را بر روی گنبد آسمان رسم نمود. شکل حاصل، باز هم دوبعدی شدهٔ یک تصویر سه‌بعدی از آسمان محیط باز است. با توجه به اینکه این روش‌ها براساس تصویر موضوعات بر یک صفحهٔ دوبعدی شکل گرفته و درحقیقت سطح-مبنا هستند، نقد اصلی این است که محاسبات سه‌بعدی متمایزی را ارائه نمی‌دهند. بنابراین استفاده از این شاخص‌ها برای فهم خصایص فضاهای شهری و ادراک فضایی پیشنهاد نمی‌شوند، درعوض برای مقایسهٔ نسبت آسمان و نور روز در محیط‌های مختلف می‌توانند مفید باشند.

---

[17] Cartesian and spherical coordinate systems
[18] Steradian
[19] Solid angle
[20] Panoramic viewsphere
[21] Projected-sky
[22] Sky opening index
[23] Sky view factor

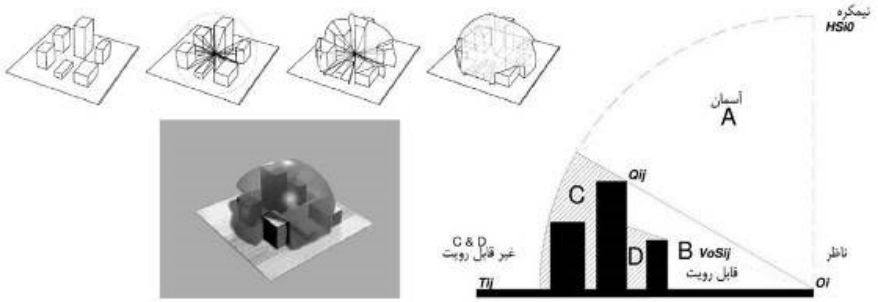


شکل۶: مقایسهٔ دو روش آسمان-مبنا. تصویر چپ، دو مرحله تصویر موضوعات در تحلیل گشودگی آسمان و نحوهٔ نمایش آن بصورت دوبعدی(Teller, 2003). تصویر راست، مقاطع مختلف، تغییرات گشودگی، بستگی و پوشش کف(OEG)، را با توجه به تنوع پیکره‌بندی‌های فضایی نشان می‌دهد، [11]

در تحقیقات پیشین بارها به رابطهٔ میان گشودگی، بستگی یا پیوستگی و ارزیابی کیفیت بصری محیط اشاره شده است [12]. بر همین اساس لین و همکارانش، شاخص OEG[۲۴]، یعنی نسبت گشودگی، بستگی و سطح قابل رویت زمین را پیشنهاد کردند که به اعتقاد آنان می‌تواند برای ارزیابی کیفیت بصری فضاهای باز شهری موثر باشد. تصویر۶ نشان می‌دهد که گونه‌های فضایی مختلف، نسبت‌های متفاوتی از این شاخص را ارائه می‌دهند. ارزش OEG بصورت اندازهٔ استرادیان بر روی کرهٔ دید درنظر گرفته می‌شود. گشودگی مرتبط با سهم آسمان، بستگی مرتبط با سطوح عمودی و سطح قابل رویت زمین برای کف قابل‌مشاهده محاسبه می‌شود [11].

۲-۲-۲- تحلیل‌های بصری سه‌بعدی فضا-مبنا(حجم محور) Space-oriented, 3D analysis, volume-based

دیدگاه فضا-مبنا بر فضای میان ادراک‌کننده و محیط ساخته‌شدهٔ اطرافش تاکید می‌کند و از نظر محاسبه، بر نسبت میان حجم قابل‌روئت به حجم کرهٔ دید (مجازی) تکیه دارد. برخلاف دیدگاه آسمان-مبنا که بر محاسبات صفحه-محور متکی است، دیدگاه فضا-مبنا محاسبهٔ حجم فضای قابل‌رویت از نقطهٔ مبنا را در نظر دارد. در دیدگاه فضا-مبنا می‌توان تحلیل را جهت‌دار تعریف نمود، درحالیکه این امر در دیدگاه آسمان-مبنا میسر نیست. یکی از معیارهای پیشنهادی در این شیوه، شاخص فاصلهٔ فضایی SOI[۲۵] است که توسط فیشر، جهت مطالعهٔ تراکم ادراک‌شده و اثر پیکره‌بندی فضایی بر ادراک پیشنهاد شد. تصویر۷ (سمت چپ) حجم قابل‌رویت از هر نقطه در میان فرم‌های ساخته‌شده را نشان می‌دهد. طریقهٔ محاسبهٔ شاخص فاصلهٔ فضایی SOI، بر اساس کم‌کردن حجم پنهان‌شده بواسطهٔ وجود موانع و ساختمانها، از حجم کرهٔ دید بنا شده است [19]. نقطهٔ قابل‌تامل در این روش عدم توجه به کیفیت دید است. باید در نظر داشت که گاه کیفیت دید همان قدر اهمیت دارد که کمّیت آن. فیشر در تحقیقات بعدی خود در این خصوص پیشنهاد می‌کند که می‌توان کرهٔ دید را به بخش‌های مختلفی تقسیم نمود و برای هرکدام ارزش و رتبه‌بندی خاصی اختصاص داد.



شکل۷: شاخص فاصلهٔ فضایی بصورت حجم فضای قابل رویت از یک نقطه در فضا تعریف می‌شود. سمت راست: خط دید بعنوان اساس تحلیل بصری در روش کرهٔ دید محدوده‌های قابل رویت،[19, 12]

[۲۴] OEG: openness, enclosure and ground

[۲۵] Spatial openness index

همزمان با فیشـر، تحقیق دیگری توسـط یانگ و همکارانش انجام شـد که بر اثر حرکت و دید گسـترده[۲۶] در فضـاهای باز شـهری تمرکز داشـت و شـاخص کرهٔ دید[۲۷] را پیشنهاد می‌داد. هدف آنها ارائهٔ نرم افزاری GISمبنا، برای تحلیل بصری سه‌بعدی بود. به همین دلیل در پژوهش آنان از خط دید LOS، که ابزار اسـاسـی تحلیل بصری در نرم‌افزار GIS است، استفاده شده است. تحلیل کرهٔ دید، حجم قابل‌رویت را از طریق ترسـیم خطوط دید اندازه‌گیری می‌کند (تصـویر۷ سـمت راسـت). بدین‌ترتیب که از نقطهٔ ناظر، خطوط دید به تمامی موانع بصـری متصـل می‌شـوند و مبنای محاسـبه هسـتند. این روش دقیقا همان ایزوویسـت سـه‌بعدی اسـت، با این تفاوت که خط دید در برش و بنا بر ارتفاع ساختمان‌ها مدنظر است. شاخص کرهٔدید بصورت نسبت حجم قـابـل‌رویـت بـه کل کرهٔ دید (نسـبتB به مجموع بخش های C،B،A و D) محاسـبه می‌شـود. در تحقیق دیگری، یانگ و همکارانش نشان دادند که نسبت حجمB به مجموع A و B، با تراکم ادراک‌شده همبستگی بالایی دارد[12].

به دنبال ارائهٔ نرم‌افزاری کارآمد برای محاسـبهٔ میزان حجم فضـای قابل‌رویت، روش دیگری توسط فیشر پیشنهاد شد که بر ترسـیم یک شـبکه سـه‌بعدی از نقاط (وکسـل[۲۸]) در محیط مجازی تکیه دارد. این شـیوهٔ تحلیل، دیدگاهی نقطه‌ای اسـت و به وسـیلهٔ تعامل میان سـاختمان‌ها و یک شـبکهٔ سـه‌بعدی از وکسل‌ها به دست می‌آید. در این روش ابتدا شبیه‌سازی سه‌بعدی در محیط نرم‌افزار اتوکد یا سـیسـتم اطلاعات جغرافیایی GIS انجام شـده، سـپس اطلاعات به محیط نرم‌افزاری نقطه مبنا[۲۹] منتقل می‌شـود. یعنی داده‌های محیط ، وارد یک سـاختار شـبکه‌ای سـه‌بعدی ثانویه از وکسـل‌ها می‌شـود. در فاز دوم، الگوریتم تعداد وکسـل‌های قابل‌رویت را از هر نقطه در محیط می‌شمارد. ارزش عددی یک نقطه به وسیلهٔ جمع ارزش وکسل‌ها به دست می‌آید (هر وکسـل قابل‌رویت ارزش یک و غیرقابل‌رویت دارای ارزش صـفر اسـت). در فاز سوم نتیجهٔ مدل به صورت گرافیکی و عددی نمایش داده می‌شود [23, 24].

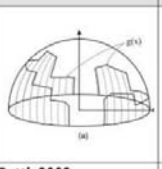
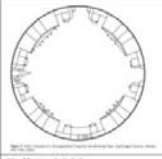
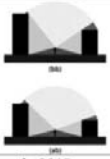
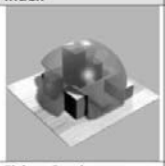
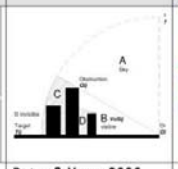
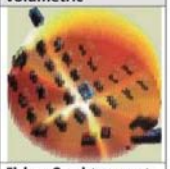
جدول۲: مقایسهٔ روش‌های تحلیل بصری سه‌بعدی و شاخصه‌های آنها، (ماخذ: نگارنده)

[۲۶] Panoramic or movable visual effects

[۲۷] Viewsphere

[۲۸] Voxel

[۲۹] Continuous raster workspace

	Sky-Oriented approach دیدگاه‌های آسمان- مبنا			Space-Oriented approach دیدگاه‌های فضا- مبنا		
	Sky View Factor	**Sky Opening Index**	**Openness, Enclosure, Ground coverage**	**Spatial Openness Index**	**Viewsphere Indices**	**Voxel-based volumetric**
						
نویسنده **Author**	**Ratti, 2002**	**Teller, 2003**	**Lin et al., 2015**	**Fisher-Gewirtzman et al., 2003**	**Putra & Yang, 2006**	**Fisher-Gewirtzman et al., 2013**
شاخص **Perceptual Indices**	شاخص رویت آسمان Sky View Factor(SVF)	شاخص گشودگی آسمان Sky Opening Index	شاخص نسبت گشودگی، بستگی و زمین OEG	شاخص فاصلهٔ فضایی Spatial Openness Index (SOI)	شاخص حجم قابل‌رویت، نسبت حجم قابل رویت به کرهٔ دید و شاخص رویت آسمان VoS, VSI,SVF	شاخص تعداد نقاط قابل‌رویت Voxel
شاخص‌های ادراکی **Perceptual Indicators**	نسبت آسمان قابل رویت، مناسب برای مطالعات اقلیمی و نور روز Sky view proportion, climatic, daylight	نسبت آسمان قابل‌رویت، گشودگی- بستگی، نور روز Sky view proportion, 3Dopenness-enclosure,daylight	سه عدد برای سطح آسمان، سطوح عمودی و سطح قابل رویت زمین Openness for blank area, enclosure for the vertically enclosed boundary, ground coverage for the terrain or ground	مناسب در مطالعهٔ تراکم ادراک-شده، گشودگی- بستگی بصورت سه بعدی Perceived density, 3D openness-enclosure	حجم فضای قابل‌رویت، مقیاس، رویت‌پذیری، گشودگی و بستگی، تراکم ادراک‌شده، ، نور روز Volume of visible space, scale,visibility,3D openness-enclosure,perceived density,daylight	حجم فضای قابل‌رویت، تراکم ادراک‌شده Volume of visible space , Perceived density
تصویر و نحوهٔ ترسیم **Projection**	یک کره، کرهٔ درونی Single, inward sphere	دو مرحله تصویر، یکی بر کرهٔ آسمان و تصویر بر روی زمین Double, sky _ sphere_ ground	یک کره، کرهٔ درونی Single, inward sphere	یک کره، کرهٔ درونی Single, inward sphere	یک کره درونی یا بیرونی Single, inward-outward sphere	یک کرهٔ تقسیم‌شده بصورت یک شبکهٔ سه‌بعدی Single, divided to voxels
نحوهٔ محاسبه **Calculation**	صفحه -مبنا(آسمان)، محاسبهٔ سطح آسمان Surface-based (sky)	صفحه -مبنا(آسمان) بصورت کل Surface-based (sky) as whole	صفحه -مبنا(آسمان، سطوح عمودی و سطح کف) Surface-based (sky , vertical surfaces and ground)	حجم-مبنا (فضا)، محاسبهٔ حجم قابل رویت. Volume-based (space)	حجم-مبنا (فضا)، قابل تقسیم به بخش‌های مختلف، صفحه-مبنا Volume-based (space) dividedto segments, Surface-basedpossible	حجم-مبنا (فضا) بصورت تقسیم شده به شبکه نقاط Volume-based (space) dividedto voxels
زاویهٔ مورد نظر برای محاسبه **Angular Scope**	افقی ۳۶۰ درجه و عمودی ۹۰ درجه (بصورت ثابت) Horizontal 360d,vertical 90d (fixed)	افقی ۳۶۰ درجه و عمودی ۹۰ درجه (بصورت ثابت) Horizontal 360d,vertical 90d (fixed)	افقی ۳۶۰ درجه و عمودی ۹۰ درجه (بصورت ثابت) Horizontal 360d, vertical 90d (fixed)	افقی ۳۶۰ درجه و عمودی ۹۰ درجه (بصورت انتخابی) Horizontal 360d, vertical 90d (optional)	افقی ۳۶۰ درجه و عمودی ۹۰ درجه (بصورت انتخابی) Horizontal 360d, vertical 90d (optional)	افقی ۳۶۰ درجه وعمودی ۹۰ درجه (بصورت انتخابی) Horizontal 360d, vertical 90d (optional)
بازنمود و ارائه **Representation**	یک نقطه در مرکز فضا، دوبعدی single center point ofspace 2D fish-eyemap	نقشهٔ رستری ماتریس دوبعدی 2D matrix raster map	بصورت عددی Numerically	مانند نقشهٔ دوبعدی ایزوویست 3D VRML&2D isovist-likemap	نمایش خطوط دید سه‌بعدی 3D vector Viewsphere array, 2Dmatrix raster map	تصویر سه‌بعدی و با طیف رنگی 3D image

۳- تراکم ادراک‌شده و بعد فضایی آن

یکی از روش‌های پیشنهادی برای دستیابی به شرایط مطلوب در محیط‌های متراکم، استفاده از تراکم ادراک‌شده است. تراکم ادراکی معمولاً بصورت تخمین تعداد مردم و فعالیت‌هایشان، یعنی شدت حضور مردم در فضا تعریف می‌شود که بر مبنای تعدادی نشانه در محیط مورد قضاوت قرار می‌گیرد[25]. برخلاف تراکم قابل‌اندازه‌گیری، تراکم ادراکی موضوعی مرتبط با محیط کالبدی است و بر این امر اشاره می‌کند که تراکم‌های یکسان به وسیله افراد متفاوت، در زمینه‌ها و فرهنگ‌های مختلف به صورت متمایزی از یکدیگر ادراک می‌شوند[26].

بطور کلی تراکم ادراک‌شده دارای دو جنبهٔ اساسی فضایی و اجتماعی است که با یکدیگر در ارتباط بوده و به میزان اطلاعات موجود در محیط وابسته‌اند. در بعد اجتماعی، رابطهٔ میان مردم با مردم بیشتر مدنظر قرار می‌گیرد. یعنی وجود مرزهای کالبدی، قلمروها و سلسله‌مراتب فضایی، اندازهٔ گروه اجتماعی، تجانس آن‌ها، سطح تعامل اجتماعی و قواعد رفتاری، نقش مهمی در کنترل احساس تراکم اجتماعی ایفا می‌نمایند [27]. در خصوص بعد فضایی، شیوهٔ سازماندهی فضا با اشیا و فضا با مردم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این شرایط شیوهٔ انتظام عناصر تشکیل‌دهندهٔ محیط، یعنی فاصله‌گذاری و مجاورت احجام و توده‌ها با یکدیگر و با مردم، نقش اصلی را در احساس تراکم ایفا می‌کنند [28]. در پژوهش رضازاده و همکاران در شهر آمل، نشان داده شد که افزایش تراکم‌های ساختمانی و شکل‌گیری ساختمان‌های بلند و پارک اتومبیل زیاد در حاشیهٔ معابر محله به منزلهٔ نشانه‌هایی از حضور انسان، می‌تواند در ادراک تراکم بالا بیش‌ترین تأثیر را داشته باشد [۲۹]. همچنین نتایج پژوهش پوردیهیمی و همکاران، با استفاده از تحلیل عامل اکتشافی نشان داد، هشت عامل، که فاصله و ارتفاع ساختمان‌ها، دید از درون واحدهای مسکونی و اشراف، از مهم‌ترین آن‌ها به حساب می‌آیند، از مهم‌ترین عوامل موثر بر ادراک تراکم در محیط های مسکونی هستند [۲]. یعنی ادراک تراکم در محیط‌های مسکونی وابسته به پیکره‌بندی توده و فضا و نحوهٔ فاصله‌گذاری میان احجام ، انتخاب گونهٔ مسکن و شیوهٔ انتظام اجزا و فضاهای باز مشترک در مجموعه‌ها است. بنابر آنچه گفته

شـد، در این تحقیق بعد فضـایی تراکم ادراک‌شـده بعنوان خصـوصیت ادراکی، بوسیلهٔ سه مولفهٔ اصلی ادراک ساکنان از ارتفاع و فاصلهٔ ساختمان‌ها، دید و اشراف، سنجیده شده است.

۴- چارچوب نظری

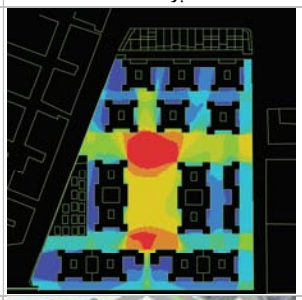
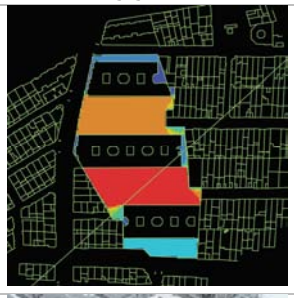
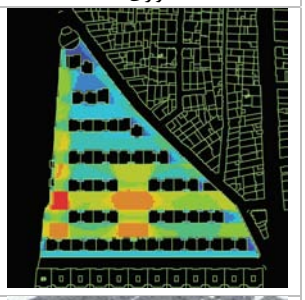
متغیرهای پایه‌ای این نوشتار را پیکره‌بندی فضایی و بعد فضایی تراکم ادراک‌شده تشکیل می‌دهند. تراکم ادراک‌شده، وابسته به ارزیابی ساکنان و بصورت متغیر وابسته و شاخصه‌های کمّی پیکره‌بندی فضایی در نقش متغیر مستقل در نظر گرفته شده‌اند. پیکره‌بندی فضایی محیط‌های مورد مطالعه با استفاده از هر دو روش تحلیل بصری دو بعدی و سه‌بعدی مورد بررسی قرار گرفته است و ویژگی‌های ترکیبی محیط به صورت شاخصه‌های کمّی استخراج شدند. شاخصه‌های انتخاب‌شده عبارتند از اتصال و همپیوندی کلی از نمودار تحلیل بصری ترنر و شاخص میزان فاصلهٔ فضایی از تحلیل‌های بصری سه بعدی فضا-مبنا. میزان تراکم ادراک‌شده بعنوان شاخصی کمّی-کیفی از طریق تکمیل پرسشنامه توسط ساکنان، بدست آمد.

۵- روش تحقیق

۵-۱- معرفی جامعهٔ آماری

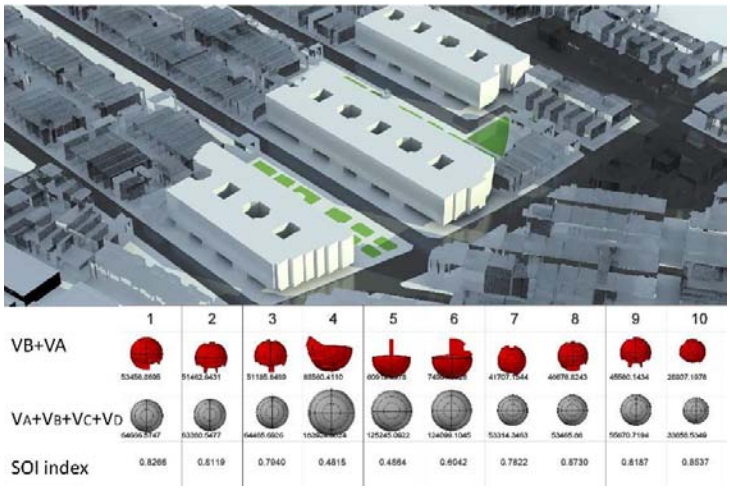
جامعهٔ آماری این پژوهش سـاکنین سـه مجتمع مسـکونی مشـابه از نظر تراکم مسکونی، تراکم جمعیتی و متفاوت از لحاظ پیکره‌بندی و انتظام فضـایی(در شـهر مشـهد) هسـتند (جدول۳). طی بازدید از مجتمع‌های مختلف از هر سـه گونهٔ پراکنده، نواری و متمرکز یک نمونه انتخاب شـده اسـت. با توجه به اهمیت توجه به متغیرهای مداخله‌گر، عواملی مانند قدمت محدوده، قیمت زمین و پایگاه اجتماعی-اقتصـادی سـاکنین، به عنوان متغیرهای کنترل در انتخاب محدوده‌ها درنظر گرفته شـده‌اند. در این پژوهش از روش تخصـیص نیمن برای تعیین حجم نمونه اسـتفاده شـد که با احتساب حداکثر خطای قابل‌قبول ۵درصد و سطح اطمینان ۹۵ درصد، تعداد ۱۰۰ نمونه در هر محدوده در نظر گرفته شده است.

جدول۳: محدوده‌های مورد مطالعه

	۱	۲	۳
محدوده‌های مورد مطالعه			
گونه‌شناسی	پراکنده	متمرکز	نواری
نمودار تحلیل بصری در نرم‌افزار depthmap			
مدل سه‌بعدی مبنا برای محاسبهٔ SOI			

۵-۲- گردآوری داده‌ها

برای تنظیم پرسشنامه، بر اساس دسته‌بندی و تحلیل مطالعات مربوط به بعد فضایی موثر بر ادراک تراکم، جداول هدف-محتوا تنظیم شده و پس از مشورت با متخصصان امر در زمینهٔ روان‌شناسی و معماری به صورت نهایی تنظیم گردید. در نهایت بوسیلهٔ پرسشنامه‌ای با ۲۲ گزاره و طیف لیکرت، در مقیاس ۴درجه‌ای از ۱ "کاملاً موافقم" تا ۴ "کاملاً مخالفم"، داده‌ها گردآوری شدند. با استفاده از نرم‌افزار spss میزان آلفای کرونباخ ابزار پژوهش بصورت ۰/۸۳ بدست آمد که بر پایایی آن دلالت می‌کند. نقشهٔ محدوده‌های مورد مطالعه در محیط برنامهٔ Auto Cad تهیه شد. فایل ایجاد شده با پسوند dxf ذخیره و در نرم‌افزارUCL Depth map فراخوانی شد. سپس در محیط این نرم‌افزار، آنالیزهای مربوط به اتصال و همپیوندی بصری بدست آمد. برای محاسبهٔ شاخص میزان فاصلهٔ فضایی، مدل‌سازی سه‌بعدی محدوده‌ها تهیه و با ترسیم کرهٔ دید برای هر نقطهٔ مبنا، این شاخص بصورت عددی استخراج گردید.



شکل۸: مثال از نحوهٔ محاسبهٔ شاخص SOI در محدودهٔ شمارهٔ ۲

۶-یافته‌ها

یافته‌های مربوط به مقایسهٔ شاخص تراکم ادراک‌شده در سه محدودهٔ مورد مطالعه در جدول۴ آمده است.

جدول۴: میانگین، انحراف معیار متغیر وابسته

متغیر	محدوده	میانگین	انحراف معیار
تراکم ادراک‌شده	**۱**	۱/۷۹	۰/۶۰۰
	۲	۲/۲۹	۰/۶۴۱
	۳	۲/۲۷	۰/۵۹۱

تحلیل همبستگی آماری با استفاده از نرم‌افزار spss با مدنظر قرار دادن تراکم ادراک‌شده بعنوان متغیر ملاک (وابسته) با میانگین شاخص‌های پیکره‌بندی فضایی میزان فاصلهٔ فضاییSOI، همپیوندی کلی و اتصال به عنوان متغیرهای پیش‌بین(مستقل) صورت گرفت. نتایج بدست آمده ارزش‌های همبستگی مختلفی را نشان داد. از میان سه شاخص در هر سه محدوده، بیشترین رابطهٔ همبستگی معنی‌دار تراکم ادراک‌شده با شاخص میزان فاصلهٔ فضایی تشخیص داده شد. جدول ۵ خلاصهٔ آماری ضرایب همبستگی بدست آمده بر اساس آنالیز همبستگی پیرسون را نشان می‌دهد.

جدول۵: خلاصهٔ آماری ضرایب همبستگی پیرسون بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته

ضریب همبستگی پیرسون	تراکم ادراک‌شده	محدودهٔ ۱	محدودهٔ ۲	محدودهٔ ۳
	شاخص میزان فاصلهٔ فضایی	-۰/۸۹۳**	-۰/۸۷۹**	-۰/۷۳۲**
	همپیوندی کلی	-۰/۲۳۷*	۰/۰۵۲	۰/۱۱۲
	اتصال	-۰/۱۵۹	۰/۱۴۷	۰/۲۰۵*

*معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ ** معنی‌داری در سطح۰/۰۱

نتیجه‌گیری

در نگرش کمّی به پیکره‌بندی فضـــایی، طیف متنوعی از مدل‌ها و ابزارهای تحلیل بصـــری محیط وجود دارند که هرکدام موضـوع و مسـئله خاصـی را با توجه به مقیاس، جزییات و دیگر انواع داده‌ها دنبال می‌کنند. این مطالعه با هدف شـناخت و دسـته‌بندی روش‌های تحلیل بصـری و آزمون کاربسـت‌پذیری آنها در مطالعهٔ پیکره‌بندی فضـایی و ویژگی‌های کیفی ادراک محیط وابسته به آن صورت پذیرفت.

روش‌های تحلیل بصـری به دو دسـتهٔ کلی دوبعدی و سـه‌بعدی تقسـیم می‌شـوند. در سـال‌های اخیر روش‌های تحلیل سـه‌بعدی بدلیل نقاط ضـعف روش‌های مبتنی بر دو بعد، بسـیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. اما برخلاف روش‌های دوبعدی، در مرحلهٔ پیشـنهاد و محاسـبهٔ شـاخصـه‌های مناسـب و پیمایش بصـورت تجربی در محیط‌های ساخته‌شده هستند، که خود زمینهٔ مهمی برای تحقیقات آتی در حیطهٔ مطالعات میان رشـته‌ای محسـوب می‌شـود. روش‌های سـه‌بعدی را می‌توان به دو دسـتهٔ آسـمان-مبنا و فضـا-مبنا تقسـیم نمود که نگرش‌های متفاوتی به موضـوع دارند. دیدگاه‌های آسمان-مبنا که بر محاسبهٔ سطح و نسـبت آسـمان قابل‌رویت تکیه دارند، در تحقیقات مربوط به شـرایط اقلیمی، انرژی و نور روز بسـیار کارآمدند. در حالیکه دیدگاه‌های فضـا-مبنا، توانایی سـنجش کمّی رابطهٔ میان فضـاهای باز و ادراک بصـری را امکان‌پذیر کرده و در مطالعهٔ جنبه‌های مرتبط با ادراک محیط پیشنهاد می‌شوند.

در این تحقیق در مطالعهٔ پیکره‌بندی فضـایی از شـاخص‌های اتصـال و همپیوندی کلی در روش چیدمان فضـا، بعنوان پرکاربردترین روش تحلیل بصـری دوبعدی و شـاخص میزان فاصـلهٔ فضـایی SOI (یکی از شـاخص‌های پیشنهادی در روش‌های تحلیل بصـری سـه‌بعدی فضـا-مبنا) اسـتفاده شد. از سوی دیگر بعد فضایی تراکم ادراک‌شده بعنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شـده اسـت. برای مطالعهٔ روابط بین ویژگی‌های ادراکی و ویژگی‌های پیکره‌بندی فضـایی از روش‌های آماری و تحلیل همبستگی اسـتفاده شـد. یافتهٔ مهم این تحقیق آزمون کاربسـت‌پذیری روش‌های تحلیل بصـری مبتنی بر دو بعد (بطور ویژه روش چیدمان فضـا) و روش‌های تحلیل بصـری سـه‌بعدی در تحلیل و مقایسـهٔ ویژگی‌های کمّی-کیفی ادراک محیط و ویژگی‌های پیکره‌بندی فضـایی اسـت. با وجود اعتبار روش چیدمان فضـا در مطالعات پیشین، در سنجش مواردی چون مسیریابی، در نتایج بدست آمده معنی‌داری آماری میان شـاخصـه‌های اتصـال و همپیندی بصری در ارتباط با متغیر وابسته در جامعه‌های آماری بدست نیامد. اما شاخص میزان فاصلهٔ فضایی همبستگی معنی‌داری با تراکم ادراک‌شده داشت.

بنـابراین نتیجهٔ مهم دیگر این تحقیق این اسـت که محققان باید در بکارگیری روش‌های کمّی دقت نظر کافی را داشـته باشـند تا به فهم اشـتباه محیط منجر نگردد. در نهایت در عین توجه به جنبه‌های انسـانی محیط برای رسـیدن به ایجاد محیط مطلوب و باکیفیت، نگاه به پیکره‌بندی فضـایی بصـورت سـاختاری سـه‌بعدی و توسـعهٔ شـاخص‌های تحلیل بصـری سـه‌بعدی و طراحی نرم‌افزارهای مربوط به آن، همچنان در آغاز راه اسـت و تحقیق‌های بعدی می‌توانند بصـورت مقایسـه‌ای و پیشـنهاد سایر شـاخص‌های موثر بر تجارب انسـانی، در توسـعهٔ این زمینهٔ مهم قدم بردارند. در نهایت به فراخور و با توجه به ویژگی‌های مرتبط با زمینه، اسـتفاده از این مدل‌ها و روش‌ها، می‌تواند در توصـیف، ارزیابی و سـنجش محیط سـاخته‌شـده موثر بوده و طراحی‌های آتی کارآمدتری را موجب شود.

مراجع

[1]. Churchman, A. Disentangling the concept of density. Journal of planning literature, 13, 389-411, 1999.

[۲]. پوردیهمی، ش.، مـدنی، ر.، موسـوی‌نیـا، ف. عوامل کالبدی موثر بر ادارک تراکم در محیط‌های مسـکونی: نمونه‌های موردی محلات مسکونی شهر مشهد، مطالعات معماری ایران، ۱۱، ۴۳-۶۱، ۱۳۹۶.

[۳]. کریمی مشاور، م. شیوه‌ها، فنون و ابزار تحلیل بصری در شهر، باغ نظر، ۲۹، ۱۰-۱۳، ۱۳۹۳.

[4]. Turner, A. Analysing the visual dynamics of spatial morphology. Environment and Planning B: Planning and Design, 30, 657-676, 2003.

[5]. Fisher-Gewirtzman, D, Wagner, I.A. Spatial openness as a practical metric for evaluating built-up environments. Environment and Planning B, 30(1), 37–50. 2003.

[6]. Putra, S Y. A Perceptual evaluation of urban space using GIS-Base 3D volumetric visibility analysis. Department of Architecture, National University of Singapore, 2006.

[۷]. لنگ، ج. آفرینش نظریهٔ معماری: نقش علوم رفتاری در طراحی محیط، (علیرضـا عینی‌فر، مترجم)، تهران: انتشـارات دانشـگاه تهران، ۱۳۸۱.

[۸].حسینی، ب.؛ علی الحسابی، م.، نسبی، ف. تحلیل محیط شهری از رویکرد کیفیت بصری، هویت شهر، ۳، ۸۳-۹۱، ۱۳۹۰.

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

[10]. Benedikt, ML. To take hold of space: Isovists and isovist fields. Environment and Planning B, 6(1), 47–65, 1979.

[11]. Lin, T, Lin, H, Hu, M. Three-dimensional visibility analysis and visual quality computation for urban open spaces aided by Google SketchUp and WebGIS. Environment and Planning B: Planning and Design 0(0), 1-29, 2015.

[12]. Yang, P. P, Putra, S Y, Li, W. Viewsphere: A GIS-based 3D visibility analysis for urban design evaluation. Environment and Planning B, 34(6), 971-992. 2007.

[13]. Batty, M. Exploring isovist fields: Space and shape in architectural and urban morphology. Environment and Planning B, 28(1), 123-150, 2001.

[14]. Van Nes, A. The one-and two-dimensional isovists analyses in Space Syntax. Research in Urbanism Series, 2(1), 163-183, 2011.

[۱۵].ریسمانچیان، ا. شناخت کاربردی روش چیدمان فضا در درک پیکره‌بندی فضایی شهرها، هنرهای زیبا، ۴۳، ۴۹-۵۶، ۱۳۸۹.

[16]. Bafna, S. Space Syntax: A Brief Introduction to Its Logic and Analytical Techniques. Environment and Behavior , 35(1), 17-29, 2003.

[17]. Turner, A. (2004). Depthmap4, A researcehr's handbook.

[۱۸]. بحرینی، ح.، تقابن، س. آزمون کاربرد روش چیدمان فضا در طراحی فضاهای سنتی شهری، هنرهای زیبا، ۴۸، ۵-۱۸، ۱۳۹۰.

[19]. Fisher-Gewirtzman D, Shach Pinsly, D, Wagner, I. A, Burt, M. View-oriented three-dimensional visual analysis models for the urban environment. Urban Design International, 10(1), 23-37, 2005.

[20]. Fisher-Gewirtzman, D. Considering internal space layout as a major component of visual analysis for urban systems and a key to reinterpret urban structures. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 38(21), 67–72, 2011.

[21]. Teller, J A. spherical metric for the field oriented analysis of complex urban open spaces. Environment and Planning B: Planning and Design, 30, 339-356, 2003.

[22]. Ratti. C, Urban Analysis for Environmental Prediction PhD thesis, University of Cambridge, Cambridge. 2002.

[23]. Fisher-Gewirtzman, D, Natapov, A. Different approaches of visibility analyses applied on hilly urban environment. Survey Review, 46, 366-382, 2014.

[24]. Fisher-Gewirtzman, D, Shashkov, A, Doytsher, Y. Voxel based volumetric visibility analysis of urban environments. Survey Review, 45(333), 451-461, 2013.

[25]. Rapoport, A. Toward a redefinition of density. Environment and behavior, 7(2), 133-158, 1975.

[26]. Forsyth, A. Density in Encyclopedia of the city, Routledge, 2005.

[27]. Bassand, N. Densité et logement colectif: innovation architecturale et urbaines dans la Suisse contemporaine, PHD thesis, Laboratoire de théorie et d'histoire, École polytechnique fédérale de Lausanne, 2009.

[28]. Cheng, V. Understanding Density and High density, Designing High- density Cities for Social and Environmental Sustainability. Edited by Edward Ng, Published by Earthscan, UK & USA, 2010.

[۲۹]. رضـــازاده، ر.، محمودی، ف.، رکن‌الدین افتخاری، ع.، رفیعیان، م. اســـتفاده از مفهوم تراکم ادراکی در برقراری مطلوبیت محیطی، مدرس علوم انسانی-برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۳، ۲۰۳-۲۲۷، ۱۳۸۹.

A Comparison of Visibility Analysis Methods and Indices in Studying Spatial Configuration and Perceived Density

A Case Study of Gated Communities in Mashhad

Abstract

The idea that the human perception of urban space is structured by urban form or urban spatial configuration has been a common proposition taken by architects and urban researchers for decades. The qualitative aspect of urban built environment is perceived mainly through visual perception of urban form. Architecture and urban forms are usually created in a relatively contingent and intuitive way in large-scale urban design processes. They sometimes lack a systematic analysis of visual and environmental effects, which may result in an urban project of the wrong scale. Therefore, the scientific spatial description of the form-perception relationship still demands accurate quantitative measurement, in order to make the visual effects of built environment more predictable.

There are qualitative and quantitative dimensions of urban space perceptions. Both dimensions are valid for investigations by various disciplines, such as environmental aesthetic studies of mainly qualitative dimension, and quantitative dimension observed extensively by environmental psychology tradition and previous visibility studies. Preference in quantitative approach may give satisfaction to the beliefs of mathematical certainty in the perception of urban space. Findings have revealed that there are quantitative indicators useful for perceiving urban space.

Previously, visibility analysis has been conducted mainly in two dimensions, based on the concept of an isovist in the built environment or the concept of a viewshed in terrain and landscape analysis. In the recent years, several three-dimensional spatial visibility metrics was introduced to answer the limitation of two dimensional analysis, which can be classified as either sky-oriented approach or space-oriented approach. The conceptual and computational development of 3d visibility analysis is grounded on the visual perception theory of the ambient optic array, Gibson's theory of direct ecological perception, which focuses on direct spatial experience through physical senses. In some researches, the proposition that 3D visibility indices are more effective than 2D indices was verified.

The research will explore the relationships among 2D and 3D visibility indices and perceived density. The notion of perceived density is based on the fact that any environment offers cues that enable people to judge an environment’s nature. Perceived density has two social and spatial aspects. Spatial configuration has an important role on spatial aspect of perceived density.

This paper provides new empirical evidence from 3 case study gated communities of same residential and Population densities, same socio-economic status of residents but different spatial configurations within the Mashhad city. Two approaches of 2d and 3d visibility analysis methods and their indices (visual connectivity, visual integration and 3D and Spatial openness index) are taken for measuring spatial configuration. Finally the correlation analysis, which show non-significant correlations between perceived density and visual integration and visual connectivity. But there is significant correlations between perceived density and SOI index in all cases (e.g., Pearson correlation of -.893, -.879 and -

0.732 ($p<.01$) respectively). Considered for long-term significance, three-dimensional visibility analysis is potential in enabling the quantitative analysis between urban open spaces and visual perception, providing appropriate standard for the evaluation of environment, and making the future planning and design rational and reasonable.

Keywords: Residential environments, Spatial configuration, Visibility graph Analysis(VGA), Two-dimensional (2D) visibility analysis, Three-dimensional (3D) visibility analysis, Perceived density.