رویکردی عملیاتی در ارزیابی جریان‌های اصلی شکل پایدار شهر با تمرکز بر مدل شکل شهر بوم-کارا

مطالعه موردی: ریخت-گونه‌های شهر اصفهان

یونس چنگلوایی[1] - دکترای شهرسازی ،دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
مصطفی بهزادفر[2] - استاد طراحی شهری،دانشکده معماری و شهرسازی،دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران.
محمود محمدی - دانشیار گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران.
زهرا سادات سعیده زرآبادی - دانشیار گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۳

چکیده
شکل شهر به عنوان واسط میان انسان و محیط، مظهر و تجسم جریان‌های شکل دهنده و دگرگون کننده فرم مصنوع است. جریان‌های انرژی در تولید، استفاده و نگهداشت فرم شهر منجر به شکل‌گیری و دگردیسی شکل شهر می‌شود. فرم مصنوع حاصل از فرآیندها و جریان‌های یاد شده، فرستنده جریان‌های اطلاعاتی بصری و ادراکی به انسان به عنوان دریافت کننده است. در تحقیق حاضر تبادلات و تعاملات میان انسان و محیط زیست او براساس جریان‌های انرژی مورد نیاز دامنه آسایش محیطی (تمرکز بر انرژی مورد تقاضا برای گرمایش و سرمایش داخلی فرم مصنوع) و نیز جریان‌های اطلاعات (بصری) در نظر گرفته می‌شود. این دو جریان انرژی و اطلاعات(بصری) به عنوان جریان‌های اصلی و غالب فرم مصنوع در نظر گرفته می‌شوند. در تحقیق تمامی روابط و برهمکنش‌های یکپارچه جریان‌های انرژی و اطلاعات در محتوای شکل شهر براساس مدل نظری "**شکل شهر بوم ـکارا**" مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد. پژوهش حاضر با هدف جست‌وجوی روابط یکپارچه درونی میان جریان‌های اصلی شکل شهر، دو حالت شاخص بسته شدگی را مورد دقت و ریزبینی قرار می‌دهد. حالت نخست شاخص بسته‌شدگی مبین نقش عناصر عمودی شکل شهر (ساختار سه بعدی محیط هندسی فرم مصنوع) و پخشایش آنها در عملکردهای محیطی فرم مصنوع است (لوک آدولف) و حالت دوم مبین نقش عناصر افقی شکل شهر (ساختار دو بعدی محیط هندسی سطوح فرم مصنوع) و پیکره‌بندی هندسی آن در پایداری جریان‌های اطلاعاتی بصری است (بندیکت). بر این اساس محتوای ارزیابانه این تحقیق شامل ریخت‌ـگونه‌های نظام ریخت‌شناسی شهر اصفهان است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که میان دو حالت شاخص بسته‌شدگی رابطه معکوس و قوی و از لحاظ آماری معنی‌دار وجود دارد که تشریح کننده این نکته است که بافت‌های قدیمی با ساختار ارگانیک دارای پایداری بالاتر محیطی (در فصول سرد سال با توجه به سرمای شدید فصول سرد سال در اقلیم گرم و خشک اصفهان) و همچنین پایداری بالاتر جریان‌های اطلاعاتی (بصری) است. بنابراین یکپارچگی جریان‌های بصری (اطلاعات و انرژی) براساس مدل نظری تحقیق در بافت‌های قدیمی با ساختار ارگانیک قابل اثبات است.

واژگان کلیدی: بسته‌شدگی، ایزویست، تقاضای انرژی، شکل شهر، جریان‌های اطلاعات.

۱ مقاله حاضر مستخرج از رساله دکتری یونس چنگلوایی با عنوان بررسی رابطه میان ریخت شناسی و متابولیسم شهری، نمونه موردی منطقه شهری اصفهان به راهنمایی آقایان دکتر مصطفی بهزادفر و دکتر محمود محمودی و همچنین مشاوره خانم دکتر سیده زهرا سادات سعیده زرآبادی در واحد علوم و تحقیقات تهران می‌باشد.

۱ نویسنده مسئول مقاله: behzadfar@iust.ac.ir

۱.مقدمه

نقطه آغازین این پژوهش ارائه فهم روشنی از شکاف عمیق میان درک کنونی ما از ارتباط میان فرم کالبدی محیط شهری و عملکردهای محیطی مانند جریان‌های مواد و انرژی و نیز کیفیت‌های روان‌شناختی و کیفیت‌های کالبدی تجربه شده (در قالب تبادلات اطلاعات میان انسان و محیط) است. بر این اساس پژوهش حاضر در پی ارائه چارچوبی منسجم از ارتباط میان جریان‌های اصلی شکل شهر در راستای ارائه نگرشی دیگر به مقوله شکل پایدار شهری است. از این رو مدل شکل شهر بوم‌ـکارا به عنوان چارچوبی مفهومی به تشریح روابط یاد شده می‌پردازد. بنابراین هدف اصلی تحقیق یافتن جنبه‌های یکپارچه شکل شهر با جریان‌های غالب عملکردهای محیطی است. به بیان دیگر هدف از مطالعه حاضر بررسی جریان‌های زاینده شکل شهر پایدار با تأکید بر یکپارچگی جریان‌های انرژی و اطلاعات است. توصیف، تحلیل و ارزیابی شاخص‌های کلیدی این جریان‌های زاینده و نیز بررسی یکپارچگی آنها در پایداری شکل شهر از جمله مأموریت‌های مهم تحقیق حاضر است.

با توجه به هدف تحقیق و مورد پژوهی گونه‌های ریختی شهر اصفهان، از مهمترین سئوالات تحقیق این است که براساس ساختار پیکره‌بندی گونه‌های متنوع ریخت‌شناسانه شهر اصفهان آیا گونه فرمی وجود دارد که به صورت یکپارچه رفتار پایداری در مقابل جریان‌های انرژی و اطلاعات بصری از خود نشان دهد؟ از طرف دیگر کدام یک از شاخص‌ها و مؤلفه‌های ریخت‌شناسی شهری در تحلیل و ارزیابی جریان‌های انرژی و اطلاعات شکل شهر از قابلیت ارائه یک روش‌شناسی تحلیلی در ارزیابی برهمکنش یکپارچه جریان‌های انرژی و اطلاعات در محتوای شکل شهر برخوردار است؟

نقطه مرجع تحلیلی معطوف به ارزیابی شکل شهر مطالعه حاضر براساس جریان‌های انرژی و اطلاعات، دو تحقیق انجام شده و منتشر شده در نشریه معتبر بین‌المللی محیط و برنامه‌ریزی(B) است. این دو مطالعه بر استناد دو روش تحلیلی مبتنی بر مؤلفه‌های شکل شهر مرتبط با جریان‌های انرژی و اطلاعات، مورد بررسی قرار گرفته است. بندیکت (۱۹۷۹) به ارائه شاخص بسته‌شدگی جریان‌های اطلاعات بصری شکل شهر پرداخت و همچنین لوک آدولف (۲۰۰۱) به ارائه شاخص بسته‌شدگی جریان انرژی شکل شهر مبادرت نمود. بنابراین تحقیق حاضر به ارائه چارچوبی یکپارچه از برهمکنش‌های شاخص‌های یاد شده در مدل شکل شهر پایدار مد نظر تحقیق حاضر می‌پردازد. از این رو مقاله حاضر مشتمل بر چهار بخش اساسی است. بخش نخست به ارائه مبانی نظری موضوعات مربوطه و تشریح چارچوب مفهومی مرتبط با آن در قالب مدل مفهومی شکل شهر بوم‌ـکارا و همچنین شاخص‌های مطالعاتی می‌پردازد. بخش دوم به تشریح روش‌شناسی تحقیق در ارتباط با ریخت گونه‌های شهر اصفهان (مورد پژوهی تحقیق)، شبیه‌سازی و محاسبات جریان‌های انرژی و اطلاعات می‌پردازد. در نهایت در بخش‌های سوم و چهارم به ارائه یافته‌ها و نتایج تحقیق پرداخته می‌شود.

۲. چارچوب نظری

مفهوم متابولیسم شهری از جمله رویکردهای تأثیرگذار در بررسی روابط میان انسان، شهر و عملکردهای محیطی وابسطه به آن است. سیر تحولات این انگاره از دیدگاه‌های کاملاً مهندسی به روابط انسان و محیط در قالب جریان‌های داده‌ـستانده‌ای (Wolman,1965; Zhang, 2013; Chrysoulakis,2013) انرژی و مواد به ابعاد روان‌شناختی‌ـادراکی رابطه انسان و محیط (جریان اطلاعات) ،(Coward and Salingaros,2004;Macfarlane,2003) بیانگر تحولات اساسی در انگاره‌های اندیشه‌ای پیرامون سکونتگاه‌های پایدار است. ولی بررسی‌های انجام شده بر سیر تحولات نظری و روش‌های مرتبط با متابولیسم شهری نشان دهنده شکاف نظری و روش شناختی عمیق (Osmond, 2008) در یکپارچگی جریان‌های اصلی سازنده، تغییر دهنده و نگهدارنده سکونتگاه‌های انسانی (انرژی، مواد و اطلاعات) در مطالعات تحلیلی و ارزیابانه شکل شهر پایدار است. براساس این یکپارچگی میان جریان‌های اصلی فرم مصنوع سکونتگاه‌های شهری لازم است سیستم شکل شهر براساس این جریان‌ها توصیف و تشریح گردد. بنابراین برهمکنش یکپارچه جریان‌های اصلی سیستم شکل شهر در حالت‌های تولیدی، کارکردی و نگهداشت در قالب مدل شکل شهر بوم‌ـکارا ساختاربندی می‌گردد.

مدل شکل شهر بوم‌ـکارا در هسته خود واحد تحلیلی مطالعات ریخت‌شناسی شهری یعنی بافت (نسج) شهری و ترکیب عناصر ساختار سلسله مراتبی شکل شهر را می‌بیند(Conzen, 1969; Coninggia, 1986;Coniggia and Maffie,2001;Kropf, 1993;2011 and2014) . این هسته در تعامل با جریان‌های انرژی و مواد زمینه محلی و وارد شده از بیرون، شکل و ساختار می‌یابد و در فرایند تولید فرم و دگردیسی آن به صورت مرتب در معرض عملکرد و استفاده کاربران (مردم) قرار می‌گیرد. این عملکرد و استفاده از شکل شهر براساس شرایط زمانی، نیازها و عادات اجتماعی و فرهنگی تعریف می‌گردد و بر این اساس فرم مصنوع نگهداری و یا اصلاح می‌گردد که در هر دو وجه عملکردی و نگه‌داشت شکل شهر، جریان‌های انرژی و مواد همواره به عنوان دروندادهای وارد شونده به سیستم فرم مصنوع هستند.

در این میان، در مرحله تولید فرم مصنوع و دگردیسی آن براساس نیازها و عادات اجتماعی‌ـفرهنگی و خلق گونه‌های فرمی، انسان در مواجه اولیه با فرم مصنوع و درگیری اطلاعاتی‌ـادراکی با فرم ساخته شده در معرض ابتدایی‌ترین کنش‌های اطلاعاتی و ادراکی با فرم مصنوع قرار می‌گیرد که در این تحقیق از آن به عنوان جریان اطلاعاتی متابولیسم شهری یاد می‌شود.

این کنش اولیه میان انسان و فرم مصنوع در فرایند تعامل محیطی انسان و شکل شهر به صورت ارتباط، ادراک، شناخت، ارزیابی و رفتار در محیط منعکس می‌گردد (Nasar, 1998)، اما حیطه مطالعه حاضر بر برهمکنش و درگیری اولیه میان انسان و فرم مصنوع استوار است؛ آنچه گیبسون به آن ادارک محیط براساس قابلیت محیط و ادراک بصری و همچنین سالینگاروس به آن زمینه اطلاعاتی فضا (کنش ادراکی، بصری اولیه میان شکل شهری به عنوان فرستنده و

ناظر به عنوان گیرنده اطلاق می‌نماید (Salingaros,1999).

براساس دیاگرام مفهومی سیستم شکل شهر، جریان‌های انرژی و مواد به عنوان دروندادهای سیستم شکل شهر در فرایند شکل‌گیری و دگردیسی شکل شهر در نظر گرفته می‌شوند و پسماندها، چرخه‌های مجدد، آلاینده‌ها به عنوان یک گونه از بروندادهای سیستم شکل شهر و عملکرد، کاربری، نیاز عملکردی (آسایش محیطی) و جریان‌های ادراکی، شناختی و رفتاری به عنوان گونه دیگر بروندادهای سیستم شکل شهر در مدل حاضر شناخته می‌شود. از طرف دیگر دو بعد اساسی فرم کالبدی و عملکرد به صورت منطبق برهم و یکپارچه براساس روند بیان شده سیستم شکل شهر را تشکیل می‌دهد. بنابراین بعد عملکردی سیستم شکل شهر مبین رابطه ویژه عملیاتی میان انسان و فرم کالبدی است.

۲،۱. شرحی بر مدل مفهومی تحقیق (شکل شهر بوم-کارا)

با توجه به نکات اشاره شده و همچنین براساس رویکردهای بررسی شده، مدل شکل شهر بوم-کارا به عنوان یک مدل تحلیلی و ارزیابانه و مطابق با مدل بوم- کارایی[1] شالتگر و استارم (Schaltegger and Sturm, 1990) و نیز مدل منابع محلی[2] (Kropf, 2008,2013) به عنوان یک رویکرد در طراحی شهری و طراحی شکل پایدار شهری مدنظر قرار می‌گیرد.

در همین راستا، مدل متشکل از دو دسته جریان‌های ورودی و خروجی است. جریان ورودی خود به دو دسته منابع محلی مانند توپوگرافی، نور خورشید، انرژی‌های تجدیدپذیر، خاک محلی و... و همچنین منابع بیرونی (وارد شده) شامل سوخت‌های فسیلی، مصالح و مواد غیربومی و به صورت کلی انرژی‌های تجدیدناپذیر است. از طرف دیگر جریان‌های خروجی نیز دربردارنده دو دسته برونداد است. برونداد نخست شامل محصول تولید شده (شکل شهر) و نوع استفاده و خدمت محصول تولید شده (وجه عملیاتی شکل شهر) بوده و برونداد دوم شامل محصولات جانبی فرآیندهای شکل‌گیری و دگردیسی شکل شهر است. این محصولات جانبی در وهله نخست دربردارنده تمامی جنبه‌های ادراکی،ارزیابانه و رفتاری است. همچنین وجوه متفاوت حس مکان و دامنه وسیع آمبیانس‌های شهری که شامل آسایش‌های محیطی بیولوژیک و روان‌شناسانه (Osmond, 2008) است را نیز در بر می‌گیرد. در وهله دوم محصولات جانبی مدل شامل پسماندها، آلاینده‌ها و تمامی چرخه‌های مجدد و بازیافت‌ها است.

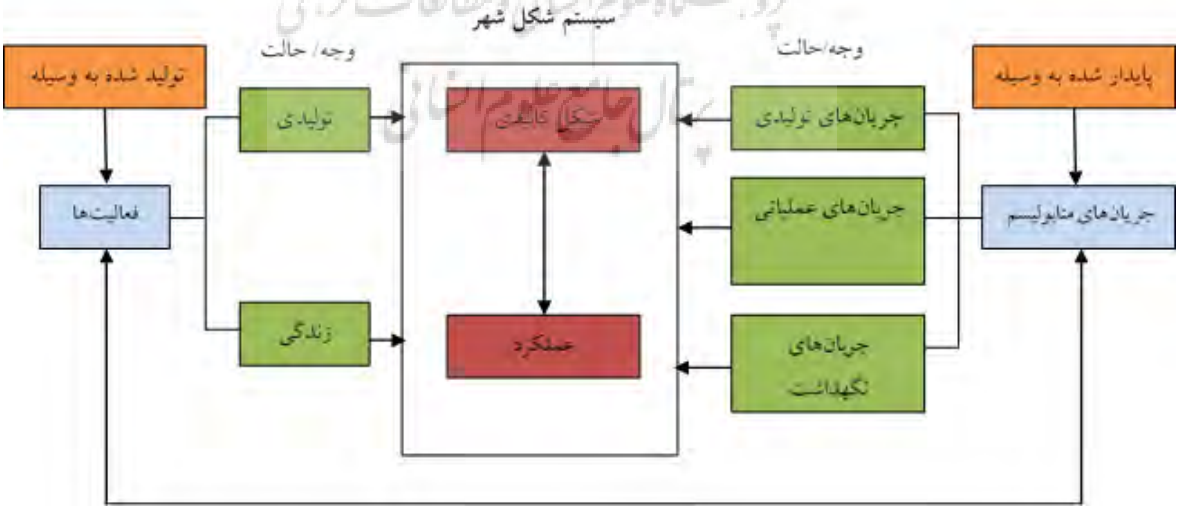
در مدل حاضر با رجوع به نظریه تمایز میان ادراک اشیا و ادراک یک محیط برونسویک و گیبسون (Brunswik, 1956; Gibson, 1979) و در نهایت نظریه ایزوویست بندیکت (Benedikt, 1979)، ارتباط میان انسان و فرم مصنوع از طریق جریان‌های اطلاعاتی بصری اولیه فرستاده شده از طرف فرم مصنوع (نظریه و رویکرد اپتیک در ادراک محیط) (Gibson,1966; Cullen,1975; Salingaros,1999) مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

۲،۲. شاخص‌های تحقیق

از جمله نکات قابل توجه تحقیق حاضر، نوع شاخص‌های انتخابی برای جریان‌های زاینده شکل پایدار شهر است. تمرکز این مقاله بر شاخص بسته‌شدگی از هر دو منظر جریان‌های انرژی و جریان‌های اطلاعات است. لوک آدولف(۲۰۰۱) بر پایه بررسی رابطه میان شکل شهر و عملکردهای محیطی مرتبط با آن (جریان‌های انرژی) شاخص بسته‌شدگی را طرح کرد که معرف پخشایش ارتفاعی عناصر شکل شهر است. این شاخص تشریح کننده گشودگی‌های شهری است(Adolphe,2001).

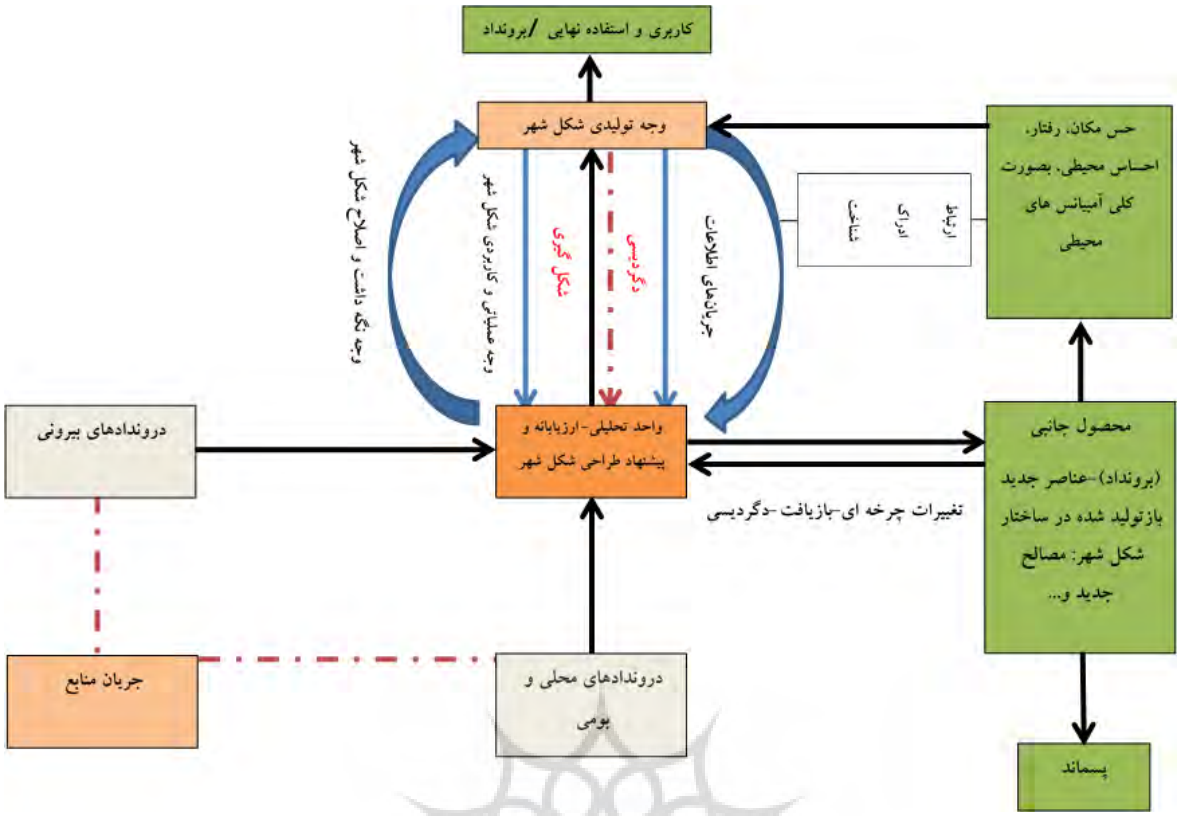
$$\text{Occlusivity} = \frac{1}{\text{Nhorz. Cuts} \times \sum \text{Pbuilt/Punbuilt}}$$

(۱). رابطه بسته‌شدگی لوک آدولف

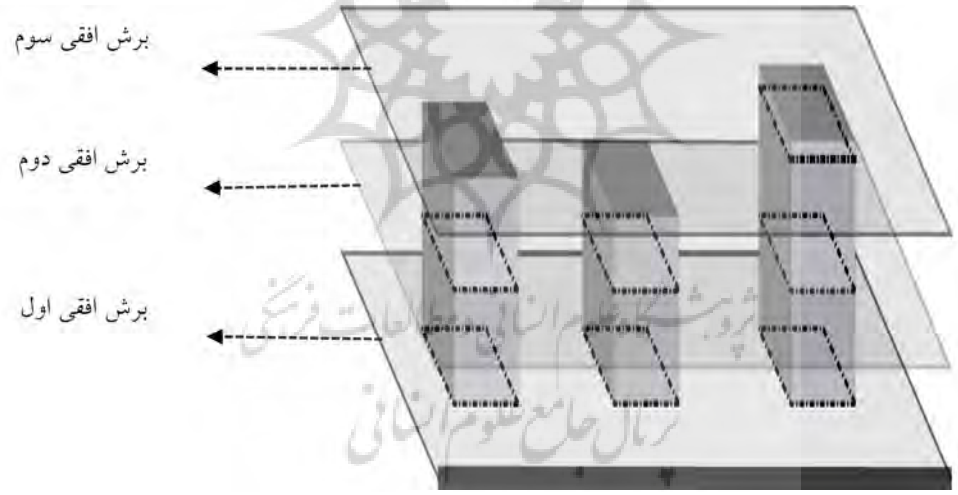


تصویر شماره ۱: دیاگرام مفهومی سیستم شکل شهر

1 Eco-Efficiency
2 Local resource model



تصویر شماره ۲: مدل مفهومی شکل شهر بوم-کارا



تصویر شماره ۳: برش‌های بافت شهری به صورت شماتیک (Adopted from Merlier, 2015)

از طرف دیگر بندیکت نیز در روش ایزوویست، در راستای بررسی روابط میان پیکره‌بندی شهری و هندسه فرم مصنوع با جریان‌های اطلاعاتی، شاخص بسته‌شدگی را به منظور تشریح و توصیف جریان‌های اطلاعاتی بصری در لبه‌های تعریف نشده پوسته‌های ساخته شده معرفی نمود. این لبه‌های باز، حوزه‌های ناشناخته تجربه بصری یک فضاست که نقش عمده‌ای در سنجش پایداری جریان‌های اطلاعاتی ایفا می‌نماید(Benedikt, 1979; Psarra and Elhinney, 2014; Yu et al., 2016). بنابراین شاخص بسته‌شدگی عملکردهای محیطی معرف ساختار حجمی و سه بعدی شکل شهر است و همچنین شاخص بسته‌شدگی جریان‌های اطلاعات بصری معرف محیط و مساحت دو بعدی هندسی فرم مصنوع است.

۳. روش

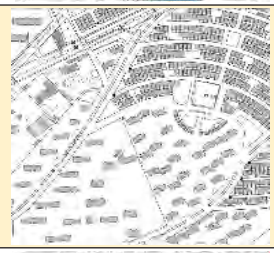
با توجه به هدف تحقیق ابتدا لازم است نمونه موردی مناسب انتخاب گردد. برای این منظور با توجه به روش‌شناسی به کار رفته در گونه‌شناسی شکل شهر اصفهان (Kropf and Changalvaiee,2014) گونه‌های شکل شهر در نمونه اصفهان به نحوی انتخاب می‌شود که یک دورنمای کلی از وضعیت ریخت‌شناسی شهر اصفهان ارائه نماید. بنابراین پنج گونه-بافت

(۱. بافت سنتی با هسته کهن و تاریخی، ۲. توسعه دگرگون شده هسته کهن و تاریخی، ۳. گسترش‌های فرمی دگرگون شده، ۴. حوزه‌های روستایی الحاق شده و ۵. بلوک‌های آپارتمانی ردیفی در توسعه‌های جدید) به عنوان واحدهای مطالعات ریخت‌شناسی تحقیق حاضر انتخاب می‌گردد. سپس از هر گونه دو نمونه بافت ۱۰۰*۱۰۰ مترمربع انتخاب می‌شود.

براساس پنج گونه کلان شناسایی شده در ساختار کلی ریخت شناسانه شهر اصفهان، گونه بافت ۲ به عنوان نقطه عطف دگردیسی‌های ریخت شناسانه شهر اصفهان است. این گونه بافت با ماهیت بافت‌های قدیمی با ساختار قطعات فشرده (به فرم‌های حیاط مرکزی، یو،ال و تی شکل) پذیرای نخستین نمودهای مدرنیته در شهر اصفهان در دهه‌های ۱۳۲۰ و ۱۳۳۰ خورشیدی است. ساختار شبکه شطرنجی به جای مانده از آن دوره‌ها مبین نکته یاد شده است. به صورت کلی گونه بافت‌های ۱،۲ و ۴ به عنوان گونه بافت‌های قدیمی با ساختار ارگانیک و نیز گونه بافت‌های ۳ و ۵ به عنوان گونه بافت‌های مدرن با ساختار پراکنده و شطرنجی در نظر گرفته می‌شوند.

در ادامه تحقیق، عملکردهای محیطی شکل شهر بر حسب میزان تقاضای انرژی تئوریک برای گرمایش و سرمایش یک ساختمان شبیه‌سازی می‌شود. منظور از تقاضای تئوریک ثابت در نظر گرفتن رفتار مصرف کننده و حذف سایر عوامل غیرمورفولوژیک است(Salat,2009). برای این منظور از مدل CitySim استفاده می‌شود. این مدل یک شبیه‌ساز جریان‌های انرژی در مقیاس شهر است که بر حسب داده‌های هندسه شکل شهر، داده‌های اقلیمی

جدول شماره۱: گونه شناسی ریخت شناسی شهر اصفهان

نمونه گونه بافت	جنبه‌های عام ریخت شهری	ویژگی‌های عام	نوع قطعه	گونه بافت
	• پیکره‌بندی و ساختار ارگانیک • بلوک‌ها و قطعات فشرده	• هسته کهن و تاریخی	• حیاط مرکزی و فرم‌های مشابه	گونه بافت ۱
	• ساختار شطرنجی با الگوی ارگانیک قطعات • بلوک‌ها و قطعات فشرده	• مرکز دگرگون شده	• حیاط مرکزی و فرم‌های مشابه • چند طبقه حیاط جلو	گونه بافت ۲
	• ساختار پراکنده و گسسته • بلوک‌های آپارتمانی ایزوله شده	• گسترش‌های فرمی دگرگون شده	• بلوک‌های آپارتمانی ایزوله	گونه بافت۳
	• پیکره‌بندی و ساختار ارگانیک • بلوک‌ها و قطعات فشرده	• حوزه‌های روستایی الحاق شده	• حیاط مرکزی و فرم های مشابه • کم تراکم حیاط جلو	گونه بافت ۴
	• ساختار شطرنجی • بلوک‌های منظم هندسی • قطعات و سری قطعات ردیفی	• بلوک‌های آپارتمانی ردیفی و شبکه شطرنجی در توسعه‌های جدید	• پرتراکم حیاط جلو	گونه بافت ۵

و یک الگوریم تابشی ساده شده (Robinson and Stone, 2004) (SRA) به محاسبه جریان‌های تقاضای تئوریک انرژی براساس پیکره‌بندی شهری می‌پردازد. یکی دیگر از اجزای این مدل، جریان مواد و مصالح ساختمانی و تأثیر آن در میزان مصرف انرژی است. مصالح سقف و دیوار، مصالح نما، کف فضاهای شهری، عایق پنجره‌ها و ... ازجمله این موارد است (Robinson, 2012; Kampf and Robinson, 2007). با این حال در تحقیق حاضر به دلیل اعتبار تحلیلی و مقایسه‌ای نتایج براساس شاخص‌های ریخت‌شناسی شهری معین، تمامی عوامل غیر ریخت‌شناسی مانند رفتار مصرف کننده، کاربری زمین، پوشش فضای سبز، ضریب عایق بازشوها، جزئیات نمای ساختمان‌ها، مصالح دیوار و... برای هر ده نمونه شکل شهر اصفهان ثابت در نظر گرفته می‌شود. بنابراین تنها متغیر تأثیرگذار در عملکردهای محیطی، هندسه و پیکره‌بندی شکل شهر است.

از طرف دیگر برای بررسی و سنجش جریان‌های اطلاعات بصری، از نرم‌افزار Depthmap و منطق نظریه چیدمان فضا و روش ایزوویست استفاده می‌شود. همانگونه که پیشتر اشاره گردید، شاخص بسته‌شدگی در این روش مورد بررسی قرار خواهد گرفت (Turner, 1997; Batty, 2001). بر این مبنا، بسته‌شدگی به عنوان یک شاخص ریخت شناسانه تحلیل جریان‌های اطلاعات بصری، معرف کیفیت تغییر بصری در فرم مصنوع است. بر این اساس به منظور کنترل این شاخص در تحلیل‌های انجام شده، به بررسی شاخص فشردگی در تکنیک ایزوویست پرداخته می‌شود. شاخص فشردگی معرف تدوام جریان‌های اطلاعات بصری در فرم مصنوع است (Psarra and Elhinney, 2014).

۴. نتایج و بحث

با توجه به روش تحقیق پژوهش و شاخص‌های اشاره شده، نتایج تحقیق به دو بخش بررسی روابط همبستگی شاخص بسته‌شدگی با عملکردهای محیطی (میزان تقاضای تئوریک انرژی برای سرمایش و گرمایش) و نیز بررسی روابط همبستگی جریان‌های اطلاعات بصری در شاخص‌های بسته‌شدگی-ایزوویست و فشردگی-ایزوویست و روابط درونی آنها پرداخته می‌شود. درنهایت روابط همبستگی جریان‌های زاینده شکل پایدار شهر(انرژی-اطلاعات) به صورت یکپارچه براساس ماهیت دوگانه شاخص بسته‌شدگی مورد بررسی و تحلیل قرار خواهد گرفت.

۴،۱. نتایج همبستگی شاخص بسته‌شدگی با عملکردهای محیطی (انرژی برای سرمایش و گرمایش)

در این قسمت ابتدا لازم است مشخصات و ویژگی‌های کلی ریخت شناسانه هر کدام از بافت‌ها مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور شاخص‌های تراکم توده ساخته شده در واحد سطح بافت و ارتفاع به همراه شاخص بسته‌شدگی برای هر نمونه محاسبه می‌شود. همانگونه که در قسمت روش‌شناسی اشاره گردید، از روش شبیه‌سازی CitySim برای مدل‌سازی میزان انرژی مورد نیاز برای سرمایش و گرمایش استفاده می‌شود. بر این اساس لازم است ورودی‌های مدل به صورت دقیق تعریف شود. از مهمترین ورودی‌های مدل سه بعدی هندسه و پیکره‌بندی شکل شهر براساس عناصر شکل شهر است. همچنین در کنار ساختار هندسی، داده‌های اقلیمی نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. داده‌های اقلیمی به فرمت‌های hor. و Cli. از نرم‌افزار Meteonorm استخراج می‌گردد. برخی از مهترین شاخص‌های اقلیمی عبارتند از سرعت باد، جهت باد، رطوبت نسبی، میزان بارش، دمای هوا و... . به این منظور مشخصات اقلیمی شهر اصفهان با اقلیم گرم و خشک به صورت فرمت‌های اشاره شده در مدل وارد می‌گردد.

از دیگر ورودی‌های مهم مدل شاخص‌های نرخ تعویض هوا، ضریب انعکاس مصالح، ضریب عایق، ضریب انتقال حرارت، مصالح دیوار و نما و... است که همه این موارد به صورت ثابت در هر ۱۰ بافت مورد مطالعه در نظر گرفته می‌شود. در نهایت یکی از مهمترین ورودی‌های مدل شبیه‌سازی تعیین دامنه آسایش حرارتی در فصول گرم و سرد سال است. از این رو براساس مطالعات جهانی انجام شده و نیز با تأکید بر استانداردهای مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث صرفه‌جویی در مصرف انرژی، حداقل دمای آسایش در فصول سرد سال ۲۰ درجه سلسیوس و در فصول گرم سال ۲۶ درجه سلسیوس برای فضای داخل ساختمان‌ها در نظر گرفته می‌شود (MRUD, 2010).

دیگر ورودی‌های مدل مانند تجهیزات و وسایل گرمایش و سرمایش ساختمان به صورت پیش فرض در مدل تنظیم شده و به مقدار ثابت برای هر ۱۰ بافت در نظر گرفته می‌شود. در این روش رفتار مصرف کننده برای همه بافت‌ها به عنوان یک ضریب ثابت و یکسان محاسبه و در مدل لحاظ می‌گردد. در نهایت، سرانه تقاضای تئوریک برای گرمایش و سرمایش بر حسب کیلووات ساعت بر مترمکعب حجم ساختمانی به صورت سالانه محاسبه می‌گردد.

ویژگی‌های ریخت شناسانه نمونه‌های موردی تحقیق نشان می‌دهد که در بافت‌های با الگوهای ارگانیک و سنتی (T1, T1.1, T2, T2.1, T4 , T4.1) نسبت به بافت‌های با الگوی شطرنجی و بلوک‌های آپارتمانی ایزوله شده (T3, T3.1, T5, T5.1) شاخص تراکم ساختمانی نسبت به سطح بافت و نیز شاخص ارتفاع و همچنین شاخص بسته‌شدگی بالاتر است.

همچنین نتایج شبیه‌سازی میزان تقاضا برای مصرف انرژی گرمایش در فصول سرد نشان می‌دهد که این میزان مصرف در بافت‌های ارگانیک کمتر از بافت‌های مدرن است. بنابراین مقدار بالاتر شاخص بسته‌شدگی به معنای سطوح بیشتر احجام و توده‌های ساختمانی در معرض تابش خورشید و دریافت انرژی بیشتر از خورشید در فصل سرما است. از طرف دیگر فشردگی بلوک‌ها و قطعات این گونه بافت‌ها منجر به کاهش اتلاف حرارتی در فصول سرد سال و در نهایت کاهش تقاضای انرژی گرمایی می‌گردد. از سوی دیگر در بافت‌های مدرن پایین بودن شاخص بسته‌شدگی به علت بالا بودن تراکم ساختمانی در واحد سطح و نیز بالا بودن شاخص ارتفاع است. بنابراین سطوح بیشتری از بافت در معرض سایه و جریان سیال هوا برای تهویه طبیعی قرار

گرفته و در نتیجه میزان انرژی مصرفی برای سرمایش ساختمان‌ها در فصول گرم سال نسبت به بافت‌های ارگانیک کمتر است.

در همین راستا نتایج تحلیل همبستگی اسپیرمن نشان می‌دهد که بین شاخص بسته‌شدگی و میزان تقاضا برای انرژی گرمایش همبستگی قوی معکوس و معنی‌داری وجود دارد (rho: -0.830 P-value:0.003). بنابراین در بافت‌های با الگوی ارگانیک مقدار بالای شاخص بسته‌شدگی منجر به کاهش میزان مصرف انرژی برای گرمایش ساختمان‌ها در فصول سرد سال در اقلیم گرم و خشک اصفهان می‌شود. از طرف دیگر نتایج تحلیل همبستگی اسپیرمن نشان دهنده وجود همبستگی قوی و مستقیم میان شاخص بسته‌شدگی و انرژی مصرفی برای سرمایش ساختمان‌ها در فصول گرم سال است (rho:0.939 P-value:0.001). بنابراین در بافت‌های با الگوی مدرن، پایین بودن شاخص بسته‌شدگی منجر به کاهش انرژی مصرفی برای سرمایش در فصول گرم می‌گردد.

۴،۲. نتایج همبستگی شاخص بسته‌شدگی با جریان‌های اطلاعات بصری (بسته‌شدگی-ایزووویست و فشردگی-ایزووویست)

بررسی نتایج مستخرج شده از تحلیل‌های بسته‌شدگی-ایزووویست و فشردگی-ایزووویست با استفاده از نرم‌افزار Depthmap نشان می‌دهد که بافت‌های مدرن با الگوهای شطرنجی و بلوک‌های ساختمانی ایزوله شده از میانگین بالاتر و نیز انحراف معیار بالاتری نسبت به بافت‌های سنتی برخوردارند. بنابراین از لبه‌های باز و تعریف نشده بیشتر و نیز شدت تغییرات فضایی بالاتری نسبت به بافت‌های سنتی برخوردارند. البته در بافت‌های با الگوی بلوک‌های پراکنده شدت تغییرات به مراتب بیشتر از بافت‌های با الگوی شطرنجی است. درنتیجه مجموع عوامل فضاهای بد-تعریف شده و نیز شدت تغییرات فضایی موجبات سردرگمی و ابهام[1] فضایی بیشتری از لحاظ جریان‌های اطلاعاتی می‌گردد. از طرف دیگر در خصوص شاخص فشردگی، نتایج نشان می‌دهد که بافت‌های سنتی و ارگانیک از میانگین و انحراف معیار بالاتری نسبت به بافت‌های مدرن برخوردارند. بنابراین تداوم و تنوع جریان‌های اطلاعات بصری از خصوصیات بافت‌های سنتی ارگانیک است. تداوم جریان‌های اطلاعاتی و تنوع حاصل از تغییرات فضایی (تنوع در شاخص تحدب) را می‌توان در فضاهای متوالی و دیدهای پی‌درپی ناشی از آن در بافت‌های سنتی جست‌وجو کرد. بر این اساس زمینه برای افزودن جریان‌های اطلاعاتی ثانویه مانند تناسبات بصری جداره‌ها، رنگ، بافت مصالح، تمایز فرمی و... ایجاد می‌گردد.

جدول شماره ۲: محاسبات شاخص بسته‌شدگی آدولف و سایر شاخص‌های فرمی و همچنین نتایج محاسبات میزان مصرف انرژی

شاخص بسته‌شدگی	شاخص ارتفاع L	شاخص تراکم به واحد سطح بافت FSI	تقاضای تئوریک برای سرمایش Kwh/m۲/Year	تقاضای تئوریک برای گرمایش Kwh/m۲/Year	گونه بافت
۰،۸۸	۱،۰۶	۰،۵۷	۶۱	۱۴،۰۸	T1
۰،۷۲	۱،۳	۰،۷۴	۳۱	۱۶،۱۹	T.۱،۱
۰،۵۴	۲،۲۷	۱،۳۱	۵۰	۲۱،۷۳	T2
۰،۴۱	۲،۷	۱،۵	۴۸	۱۸،۳۱	T.۲،۱
۰،۱۶	۶،۶	۱،۹۸	۱۸	۲۳،۳۸	T3
۰،۰۹۵	۱۱	۳،۷	۱۶	۲۲،۵۷	T.۳،۱
۰،۸۱	۱،۱۱	۰،۵۱	۵۶	۱۰،۱۶	T4
۰،۷۷	۱،۱۵	۰،۶۹	۵۷	۱۱،۲۱	T.۴،۱
۰،۱۸۴	۵،۶۲	۲،۴۸	۲۴	۲۴،۱۴	T5
۰،۱۸۸	۵،۵	۳،۴	۱۹	۲۴،۶۳	T.۵،۱

جدول شماره۳: محاسبات جریان‌های اطلاعاتی براساس روش ایزو ویست

گونه بافت	فشردگی-ایزووویست				بسته‌شدگی-ایزووویست			
	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
T1	۰،۱۸۱	۰،۰۳۶	۰،۷۷۸	۰،۱۱۶	۸۴،۴۳	۴،۲۶	۲۹۶،۹۴	۴۷،۶۲
T.۱،۱	۰،۱۳۴	۰،۲۸	۰،۵۷۷	۰،۰۶۹	۷۹،۲۸	۰	۲۲۵،۹۳	۴۷،۷۶
T2	۰،۱۷۹	۰،۲۲	۰،۷۰۳	۰،۱۵۶	۸۷،۹۷	۳،۱۵	۳۰۳،۲۲	۵۳،۶۸
T.۲،۱	۰،۱۱۹	۰،۰۳۱	۰،۵۰۳	۰،۱۱۷	۱۱۷،۷۳	۱،۶۹	۳۱۸،۳۸	۷۷،۹۰
T3	۰،۱۴۹	۰،۰۷۲	۰،۷۵۲	۰،۰۷۰	۳۸۴،۶۱	۳۳،۶۶	۶۶۸،۶۵	۱۱۹،۲۵
T.۳،۱	۰،۱۶۹	۰،۰۴۹	۰،۴۵۱	۰،۰۴۴	۳۲۷،۳۸	۳۲،۴۲	۷۶۰،۰۰۵	۱۱۷،۹۰
T4	۰،۲۰۶	۰،۰۴۴	۰،۶۰۷	۰،۱۰۲	۶۸،۹۹	۳،۴۱	۲۰۰،۲۷	۴۰،۴۴
T.۴،۱	۰،۲۷۱	۰،۱۱۲	۰،۶۶۰	۰،۰۸۲	۱۴،۷۶	۰	۵۷،۳۶	۱۰،۸۶
T5	۰،۱۶۶	۰،۰۳۲	۰،۶۱۳	۰،۰۶۸	۱۱۶،۶۴	۶،۳۶	۳۳۹،۵۲۳	۵۶،۴۵
T.۵،۱	۰،۲۵۷	۰،۰۸۹	۰،۵۲۲	۰،۰۳۷	۵۲،۶	۱۱،۴۰	۲۱۳،۵۱	۲۰،۹۹

1 Vagueness

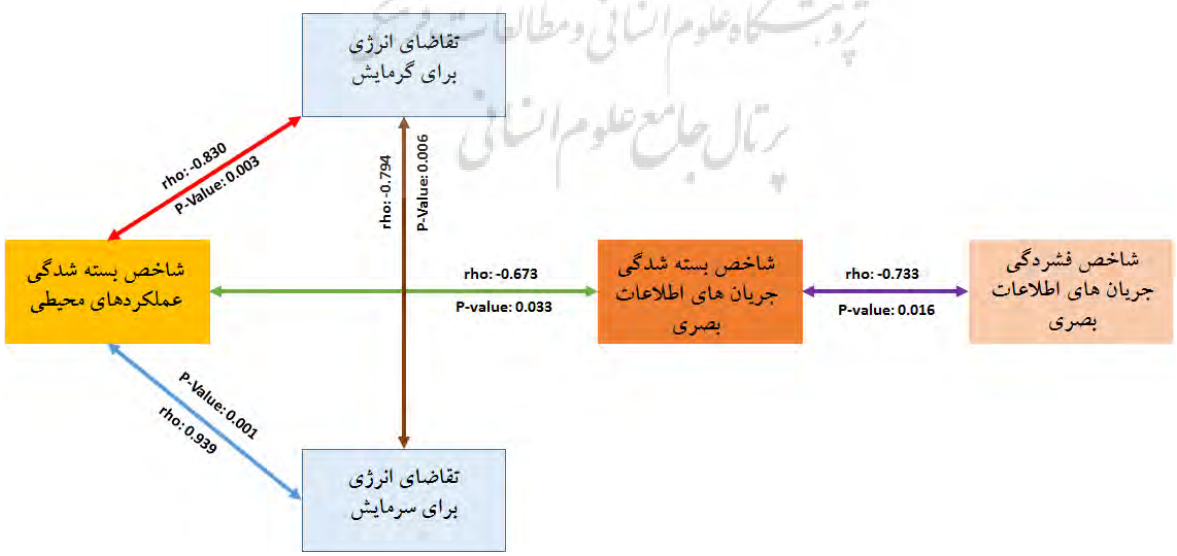
در همین راستا نتایج تحلیل همبستگی اسپیرمن نشان می‌دهد که بین شاخص‌های بسته‌شدگی-ایزوویست و فشردگی-ایزوویست همبستگی قوی معکوس و معنی‌داری وجود دارد(rho: -0.733 ،P-value: 0.016). بنابراین به صورت کلی بافت‌های سنتی با الگوی فرمی ارگانیک از جریان‌های اطلاعات بصری اولیه (دیدشناسی[1]) پایدارتری نسبت به بافت‌های مدرن برخوردارند.

۵. نتیجه‌گیری (تحلیل یکپارچه جریان‌های اصلی شکل شهر پایدار)

براساس تحلیل‌های انجام شده، نتایج به صورت کلی و یکپارچه نشان می‌دهد که اولاً میان شاخص بسته‌شدگی (ساختار حجمی محیط هندسی شکل ساخته شده) جریان‌های انرژی لوک آدولف و شاخص بسته‌شدگی جریان‌های اطلاعاتی بصری بندیکت همبستگی قوی معکوس و معنی‌داری وجود دارد. از لحاظ هندسی و ساختار پیکره‌بندی فرم شهر مقدار کمتر شاخص بسته‌شدگی بندیکت بیانگر فشردگی محیط هندسی عناصر فرم مصنوع در مرزهای سطحی دو بعدی و فشردگی فضاهای باز در ساختار فرم مصنوع است. از طرف دیگر مقدار بالای شاخص بسته‌شدگی آدولف مبین ارتفاع کمتر و تراکم توده‌ای کمتر فرم شهری در سطح است.

ثانیاً پایداری محیطی شکل شهر در الگوهای سنتی و ارگانیک(درفصول سرد سال) و نیز پایداری این الگوها براساس جریان‌های اطلاعات بصری فرم مصنوع مبین وجود رابطه و برهمکنش یکپارچه و پایدار جریان‌های انرژی و مواد در الگوهای سنتی شکل شهر در نمونه بافت‌های بررسی شده اصفهان است. بنابراین می‌توان اذعان نمود که تحلیل‌ها و نتایج بررسی شده به عنوان شواهدی در اثبات مدل شکل شهر بوم-کارا و یکپارچگی جریان‌های زاینده انرژی، مواد و اطلاعات در وجوه تولیدی، عملکردی و نگهداشت شکل شهر است. در همین زمینه، نتایج نشان می‌دهد که بین شاخص‌های بسته‌شدگی جریان اطلاعات و عملکردهای محیطی، همبستگی قوی معکوس و معنی‌دار از لحاظ آماری وجود دارد (rho: -0.637, P-value:0.033) که بیانگر این است که از لحاظ ساختار هندسی و پیکره‌بندی شکل شهر در الگوهای طراحی فرم پایدار شهری می‌بایست به صورت ترکیبی از ماهیت این شاخص‌ها در طراحی یکپارچه شکل شهر منطبق بر برهمکنش جریان‌های اطلاعات و انرژی بهره جست.

در همین راستا، تحلیل شاخص‌های ریخت‌شناسی الگوهای شهر اصفهان این نتیجه را نمایان می‌سازد که در بافت‌های با الگوهای سنتی و ارگانیک در مقایسه با الگوهای مدرن و گسسته به دلیل بالاتر بودن مقادیر شاخص بسته‌شدگی آدولف و پایین‌تر بودن شاخص‌های تراکم در سطح و ارتفاع از ضریب دید به آسمان بالاتری در درون قطعات و نیز ضریب دید به آسمان پایین‌تری در مسیرها و گذرهای درون بافت برخوردار است. این حالت به دلیل وجود قطعات با فرم‌های فشرده با آرایش و سازماندهی درونی مانند فرم قطعات به اشکال حیاط مرکزی و پیکره‌بندی‌های مشابه است که از یک تخلخل فضایی مناسب همراه با فشردگی پیکره‌بندی کلان بلوک برخوردار است. این تخلخل فضایی باعث افزایش ضریب دید به آسمان در این الگوها شده و در نتیجه باعث افزایش دسترسی به نور طبیعی در طول روز می‌شود که این امر خود موجب کاهش تقاضای تئوریک برای مصرف انرژی در فصول سرد سال و نیز روشنایی ساختمان‌ها می‌گردد. از طرف دیگر فشردگی کلی پیکره‌بندی بافت و پایین بودن شاخص ارتفاع و نیز تراکم پایین در واحد سطح و نیز گسترش افقی قطعات و بلوک‌ها باعث پایین بودن ضریب دید به آسمان در مسیرها و گذرهای درون بافت‌های با الگوی سنتی و ارگانیک است. به همین علت، تداوم خطوط بدنه قطعات مجاور مسیرها و گذرها و محصوریت مسیرها موجب فشردگی بالاتری در دریافت اطلاعات بصری از فرم ساخته شده می‌شود. این فشردگی در دریافت اطلاعات بصری با



شکل شماره۴: دیگرام روابط همبستگی شاخص های تحقیق براساس سوالات تحقیق

1 Optic

ارتقای کیفیت تداوم تبادل اطلاعات بصری در بافت‌های سنتی و ارگانیک همراه است. بر این اساس به منظور دستیابی به الگوهای شکل شهر مطمح نظر مقاله حاضر لازم است ترکیب شاخص‌های پیکره‌بندی و هندسه فرم شهری در ابتدا منطبق بر شرایط اقلیمی کلان زمینه باشد و در ادامه این ترکیبات فرمی و پیکره‌بندی به صورت ترکیبی در پاسخ به تقاضای مصرف انرژی در فصول سرد و گرم سال به صورت یکپارچه باشد و همزمان ارائه دهنده ساختاری منسجم و پایدار از تبادلات جریان‌های اطلاعات میان انسان و فرم ساخته شده باشد.

براساس جمیع نتایج اشاره شده مجدداً گفتنی است که تمامی تحلیل‌های انجام شده خصوصاً در بعد عملکردهای محیطی شکل شهر، صرفاً معطوف به مؤلفه‌های ریختی-پیکره‌بندی و اقلیم گرم و خشک محدوده مورد مطالعه است. بنابراین بررسی سایرعوامل مانند نوع مصالح ساختمانی، تأسیسات تهویه طبیعی مانند بادگیرها، الزامات سازه‌ای ، تناسبات بصری جداره‌های عمودی، جنبه‌های زیبایی شناسانه، معنای مکان، ترجیحات محیطی، حس مکان و... در کنار عوامل بررسی شده این تحقیق به عنوان زمینه‌های مطالعاتی تحقیقات آتی در نظر گرفته می‌شود.

Refrences:

- Adolphe, L. (2001) "A simplified model of urban morphology: application to an analysis of the environmental performance of cities", Environment and Planning B: Planning and Design, 28, 183-200.
- Batty, M. (2001) "Exploring isovist fields: space and shape in architectural and urban morphology", Environment and Planning B: Planning and Design, 28, 123-150.
- Benedikt, M. L. (1979) to take hold of space: isovists and isovist fields, Environment and Planning B: Planning and Design, 6, 47-65.
- Broadbent, G. (1990) Emerging Concepts of Urban Space Design, Van Nostrand Reinhold, London.
- Caniggia, G. and Maffei, G. L. (2001) Architectural Composition and Building Typology: Interpreting Basic Building, Alinea, Florence.
- Chrysoulakis, N., Lopes, M., Jose, R.S., Et Al. (2013) " Sustainable urban metabolism as a link between bio -physical sciences and urban planning: The BRIDGE project", Landscape and Urban Planning, 112, 100 -117. DOI: 10.1016/j.urblandplan.2012.12.005
- Conzen, M. R. G. (1960) Alnwick, Northumberland: a study in town-plan analysis, George Philip, London.
- Coward, L. A. and Salingaros, N. A. (2004) "An information architecture approach to cities", Journal of Information Science, 30, 107-118.
- Cullen, G. (1971) the Concise Townscape, Architectural Press, Oxford.
- Gibson, J. J. (1979) The ecological approach to visual perception, Houghton Mifflin, Boston.
- Grutter, Jurg, (2004), "Aesthetics in architecture", Tehran, trans. Jahanshah, Pakzad and Abdolreza, Homayoun, edit. 2, pup. Shahid Beheshti University. (In Persian)
- Hillier, B. and Hanson, J. (1984) The Social Logic of Space, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Kämpf .J .H and Robinson D. (2009) "A simplified thermal model to support analysis of urban resource flows", Energy and Buildings, 2007, 39(4):445–453.
- Kampf, J. H. (2009) On the Modelling and Optimization of Urban Energy Fluxes. PhD Thesis, EPFL, Switzerland.
- Kropf, K. (1996) "Urban tissue and the character of towns", Urban Design International 1, 247-63.
- Kropf, K. (2009) 'Aspects of urban form', Urban Morphology 13, 105-20.
- Kropf, K. (2013) Intelligent Master Planning Tools (working paper), London, England: University College London, Centre for Advanced Spatial Analysis.
- Kropf, K. (2014) "Ambiguity in the definition of built form", Urban Morphology 18(1), 41-57.
- Kropf, K. (ed) (2008) New Stewartby Design and Access Statement (Roger Evans Associates, Oxford).
- Kropf, K. and Changalvaiee Y. (2014, July) Taking a metabolic perspective in urban morphological analysis: the case of Isfahan, Paper presented at 21st International Seminar on Urban Form (ISUF), Porto.
- Kropf, K. S. (1993) An enquiry into the definition of built form in urban morphology, unpublished PhD thesis, Geography, University of Birmingham, Birmingham.
- Lynch, K. (2004), The Image of the City,trnas: Manouchehr Mozayeni, Theran University, Tehran.(In Persian)
- MacFarlane, A. G. J. (2003) "Information,

Engineering, 4:4

- Salat S (2009) "Energy loads, CO2 emissions and building stocks: morphologies, typologies energy systems and behavior", Building research and information, 37(5-6), 598-609.
- Salingaros, N. A. (1999) "Urban space and its information field", Journal of Urban Design, 4, 29-49.
- Schaltegger, S. and Sturm, A. (1990) "Öologische Rationalität (German/in English: Environmental rationality)", Die Unternehmung 4, 117–131.
- Turner, A. (2007) "UCL Depthmap 7: From isovist analysis to generic spatial network analysis", Sixth International Space Syntax Symposium, Istanbul, 12-15 June.
- Turner, A. and Penn, A. (1999) "Making isovists syntactic: isovist integration analysis", Second Space Syntax Symposium, Brasilia, 29 March - 2 April.
- Wolman, A. (1965) "The metabolism of cities", Scientific American, 213, 179-190.
- Zhang, Y. (2013) "Urban metabolism: A review of research methodologies", Environmental Pollution, 178, 463-473.

knowledge and the future of machines", Philosophical Transactions of the Royal Society of London A, 361, 1581–1616.

- Martin Centre, Future Systems, GRECO, RP+K, TUë V Rheinland (1997) ``Towards zero emissions urban development, final report'', project ZED-RENA-CT94-0016, EC DGXII, University of Cambridge, Cambridge.
- Merlier, L. (2015) Interactions between urban structures and air flows: Numerical study of the effects of urban morphology on the building wind environment and the related building energy loads, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (INSA Lyon), Retrieved from http://theses.insa-lyon.fr/publication/2015ISAL0070/these.pdf
- Ministry of Road and Urban Development (MRUD) (2010) national standards of building sector book series, 19th issue, energy saving, Iran. (In Persian)
- Ministry of Road and Urban Development (2010) national standards of building sector book series, 19th issue, energy saving, Iran.
- Nasar, J. L. (1998) The evaluative image of the city, Sage Press, Thousand Oaks, CA.
- Nikolopoulou, M., Baker, N. and Steemers, K. (2001) "Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter", Solar Energy, 70, 227–235.
- Osmond, P. (2008) "An enquiry into new methodologies for evaluating sustainable urban form", unpublished PhD thesis, University of New South Wales.
- Perez D (2014) A framework to model and simulate the disaggregated energy flows supplying buildings in urban areas, PhD Thesis, EPFL, Switzerland.
- Psarra S. and McElhinney S. (2014) "Just around the corner from where you are: probabilistic Isovist fields, inference and embodied projection", journal of space syntax, 5(1), 109-132.
- Robinson, D. (2012) Computer Modelling for Sustainable Urban Design: Physical Principles, Methods and Applications, Routledge.
- Rongrong Y., Ning G. and Michael O. (2016) "The mathematics of spatial transparency and mystery: using syntactical data to visualise and analyse the properties of the Yuyuan Garden", Visualization in