ISSN: 2008-5079 / EISSN: 2538-2365
DOI: 10.22034/AAUD.2020.191357.1918

بررسی رابطه بین انرژی مصرف شده در فعالیت‌ها و مؤلفه محصوریت فضایی در راستای ارتقای کیفیت فرآیند طراحی معماری*

رضا حاتمی[۱]- ناجی‌پژمان ضیایی[۲]

۱. کارشناسی ارشد معماری، دانشکده فنی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران.
۲. استادیارگروه معماری، واحد اسلام آباد غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلام‌آباد غرب، ایران (نویسنده مسئول).

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۰۲ تاریخ اصلاحات: ۹۸/۰۹/۲۷ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۸/۱۱/۳۰ تاریخ انتشار: ۰۰/۰۳/۳۱

چکیده

طراحی بهینه فعالیت متناسب با فضا، یکی از دغدغه‌های مهم در علم برنامه‌دهی معماری به‌شمار می‌رود، به همین دلیل بسیاری از مراجع استاندارد فضایی با هدف ارتقای هماهنگی کالبد و عملکرد تدوین شده‌اند. عامل درجه محصوریت، به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های تأثیرگذار در تعریف و درک هر فضا، با دلالت بر تناسب ابعاد و فاصله صحیح عناصر تشکیل دهنده آن، نقش مؤثری در ساماندهی و بهره‌وری فضایی ایفا می‌نماید. با این حال درجه محصوریت و تبیین مسائل مربوط به آن در مطالعات معماری مورد کم توجهی قرار گرفته و مفاهیم این حوزه بیش‌تر در مباحث مربوط به شهرسازی گسترش یافته است. هدف از انجام این پژوهش ایجاد روشی کمی برای تخمین ابعاد بهینه کالبد فضایی و درجه محصوریت است. همچنین بازیابی ارتباط بین نظام توده- فضا و انرژی فعالیت‌ها، هدف ویژه این تحقیق می‌باشد. این پژوهش از حیث هدف کاربردی بوده و از لحاظ ماهیت و روش از نوع تحقیق همبستگی می‌باشد. نوع داده‌ها با توجه به فرآیند تحقیق کمی بوده و از منابعی که در آن میزان مصرف انرژی فعالیت‌ها محاسبه شده، استفاده شده‌است. همچنین برای تعیین اندازه بهینه فضاهای مورد مطالعه، از استانداردهای ابعادی موجود بهره گرفته‌شده‌است. با توجه به این‌که در این پژوهش رابطه عواملی مانند: حجم فضا، مساحت و تعداد نفرات استفاده کننده از فضا، با میزان کالری مصرفی در آن فضا بررسی شده است، میزان رابطه کالری مصرفی در دقیقه و مساحت با مؤلفه حجم فضا، ۹۸ درصد و میزان رابطه کالری مصرفی در دقیقه با مساحت، ۹۲ درصد می‌باشد. علاوه بر این فرمول‌های کمی بازیابی حجم و مساحت فضایی از طریق محاسبه کالری مصرف شده در فضا، از دیگر دستاوردهای این پژوهش می‌باشد.

واژگان کلیدی: درجه محصوریت، بهره‌وری فضایی، انرژی مصرفی فعالیت، تحلیل رگرسیونی.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول با عنوان «بررسی رابطه انرژی فعالیت با مؤلفه محصوریت فضایی در طراحی معماری در قالب طراحی سیتی‌سنتر کرمانشاه» می‌باشد که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه با راهنمایی نویسنده دوم در سال ۱۳۹۷ ارائه شده است.

** E_mail: naje.pezhman@gmail.com

۱. مقدمه و بیان مساله

بررسی علمی و فلسفی مفهوم فضا نشان می‌دهد که فضا بیش‌تر امری ذهنی است. درک تجربی فضا تأیید می‌کند که فضا، خود شیء نبوده، بلکه رابطه میان اشیاء، یا ظرف اشیاء یا تابش اشیاء است و اثر هنری فضای معماری با واژه‌هایی نظیر محصور، مقدس، شفاف، شخصی، جمعی که جنبه ذهنی و ادراکی دارند تفسیر می‌شود. فضای معماری به‌طور عام به فواصل میان مصالح ساختمانی اطلاق می‌شود که هدف آن ایجاد مأمنی برای فعالیت‌های انسانی است به طوری که گاه این فضا کیفیت‌های ویژه‌ای می‌یابد شناخته می‌شود (Falahat & Shahidi, 2015). فاصله عناصر کالبدی ساختمان موجب ایجاد حس محصوریت می‌شود و محصوریت تأثیر مستقیمی بر رفتار دارد. فضاهای محصور، روابط اجتماعی را تقویت کرده و نبودن محصوریت به دور شدن افراد از یکدیگر منجر می‌شود. برداشت دقیق عناصر ایجادکننده محصوریت، کمک شایانی در ارزیابی مطلوبیت فضا در مرحله تجزیه و تحلیل خواهد داشت. هر عنصر یا پدیده‌ای که در فضا قرارگیرد، آن را تفکیک می‌کند و به آن هویت مکانی می‌بخشد. این عنصر یا پدیده می‌تواند خاصیت کالبدی، اجتماعی یا ذهنی داشته باشد. بسته به میزان اثر گذاری نیرو در هر کدام از ابعاد ذکر شده، هویت و ماهیت یک فضا با تأکید بر آن ویژگی شکل می‌گیرد (Seydian & Abafat Yeganeh, 2007) بررسی ساختار کالبدی- ادراکی معماری زمینه‌ای برای استفاده‌کنندگان ایجاد می‌کند تا اهداف و معنای معماری را با حضور در فضا درک کنند، از طرفی دیگر تناسبات دقیق کالبد، فضایی را ایجاد می‌کند که معانی در آن قابل فهم باشد. حرکت در فضا، چه فضای درونی و چه بیرونی که با حضور کالبد به وجود آمده است، سبب عمیق‌تر شدن شناخت استفاده‌کنندگان از معماری می‌شود. ساختار کالبدی- عملکردی نیز به موضوع فعالیت‌هایی که در درون فضا اتفاق می‌افتد اشاره داشته و به معنای کالبد متناسبی است که فضای مناسبی برای فعالیت‌های مشخص به وجود می‌آورد (Falahat & Shahidi, 2015).

دی کی چینگ معتقد است که قوی‌ترین نوع تعریف فضا، هنگامی است که چهار سطح عمودی یک محدوده از فضا را کاملاً می‌بندد. از نظر او چهار سطح، می‌توانند محدوده بصری و فضایی را تعریف کنند که توده را در میان خود سازمان‌دهی نمایند و بناهای اطراف متعلق به محدوده داخلی به حساب آید و فضای محصور شده را فعال و پر تحرک نماید. در نهایت راجرز ترانسیک پیشروتر از سایرین، فضا یا ضد فضا بودن را در رابطه توده و حجم تعریف می‌کند. در حقیقت خوانایی یک فضا در تضاد با زمینه‌اش است که به وجود می‌آید (Negin Taji, 2011). با توجه به مباحث فوق، می‌توان مشاهده نمود علی‌رغم اهمیت مؤلفه درجه محصوریت فضایی، به نسبت مطالعات اندکی در این خصوص صورت گرفته و اکثر مباحثات موجود نیز در حوزه شهرسازی قراردارد. علاوه بر این با در نظر گرفتن پتانسیل مناسب ضریب محصوریت در خصوص قابلیت کیفی شدن مؤلفه‌های آن، طیف وسیعی از یافته‌ها در حوزه کیفی قرارداشته و تلاش خاصی در این زمینه صورت نگرفته است.

هدف از این پژوهش بازیابی یک شاخص کمی برای میزان محصوریت مناسب هر فضا با توجه به فعالیتی است که برای آن طراحی شده‌است. با بهره‌گیری از شاخص بازیابی شده، مؤلفه بهره‌وری فضایی نیز تحت تأثیر قرارگرفته و ارتقا خواهد یافت. علاوه بر این با توجه درگیر بودن دو مورد مساحت و حجم فضا در تعریف درجه محصوریت، به میزان قابل توجهی نیاز جوامع تخصصی حوزه طراحی معماری به‌واسطه نتایج این پژوهش، از رجوع به استانداردهای ابعادی فضایی کاهش می‌یابد.

این پژوهش با فرض قرار دادن این موضوع که فعالیت‌های مختلف در هر فضا از طریق محاسبه مؤلفه‌هایی نظیر انرژی و اکسیژن مصرف شده قابل دسته‌بندی بوده و همچنین رصد ویژگی فعالیت‌ها در هر فضا امکان پیش‌بینی ابعاد فضایی و کالبدی آن فضا را ممکن خواهد ساخت، به دنبال پاسخ به سؤالات زیر می‌باشد:

- آیا رابطه معنی‌داری میان نظام توده- فضا و انرژی فعالیت‌های مستقر در آن وجود دارد؟
- مؤلفه‌های این رابطه معنادار کدامند؟
- آیا می‌توان از این ساز و کار به‌عنوان ماشین معماری مطابق با تعاریف متداول استفاده کرد؟

۲. پیشینه پژوهش

کیفیت شاخص هر مکان انسان ساخت عبارت از محصوریت است و ویژگی‌های فضایی آن به واسطه چگونگی محصوریت آن مشخص می‌شود. خصلت مکان انسان ساخت تا حدود زیادی به واسطه درجه گشودگی آن تعیین می‌شود. سختی و شفافیت مرزها باعث می‌شود تا فضا منزوی یا به‌عنوان بخشی از یک کلیت به نظر آید (Nurberg Schultz, 2009). محصوریت را می‌توان از جمله کیفیاتی دانست که نقش تعیین کننده‌ای در تعریف فضاها دارد؛ در حقیقت محصوریت است که ظرف فضا را به‌عنوان بستری برای رخداد سایر وقایع تعریف می‌نماید. منظور از محصوریت محدود شدن یک فضا به وسیله جداره‌هایش می‌باشد، به گونه‌ای که انسان احساس نماید داخل ظرفی قرار گرفته است. محصوریت دارای درجات خاصی است که حداقل از دو عامل اساسی سرچشمه می‌گیرد:

الف) نسبت ارتفاع جداره ها به کف

ب) میزان پیوستگی در جداره فضا

البته عوامل تأثیرگذار دیگری همچون رنگ- بافت- نوع و شکل مصالح جداره و کف نیز بر حس محصوریت فضا اثر مستقیم می‌گذارند (Pakzad, 2006, p. 133).

در لغت نامه دهخدا، محصور به معنای احاطه کرده‌شده، محاصره کرده‌شده، در بند شده و احاطه شده آمده‌است. در مفاهیم معماری و شهرسازی نیز به فضایی محصور گفته می‌شود که توسط عناصر کالبدی یا نمادین محاط شده‌باشد. به عبارت دیگر اگر فضا به هر روشی در ساختاری محبوس شود، فضایی محصور پدید می‌آید (Seydian & Abafat Yeganeh, 2007). به‌طور کلی می‌توان گفت، میزان محصوریت تأثیر مستقیمی بر رفتارهای انسانی دارد. فضاهای محصور، روابط اجتماعی را تقویت کرده و نبودن محصوریت به دور شدن افراد از یکدیگر منجر می شود. برداشت دقیق عناصر ایجادکننده محصوریت، کمک شایانی در ارزیابی مطلوبیت فضا در مرحله تجزیه و تحلیل خواهد شد. با این توضیحات مشخص می‌شود که برای دستیابی به مکان جذاب، فضا باید به شکل مطلوبی محصور شود (Shams & Nik Pima, 2012). علاوه بر مطالب ذکر شده، مؤلفه محصوریت فضایی و مقادیر آن در مطالعات مرتبط با مقیاس انسانی و تناسبات مربوطه نیز مورد توجه واقع شده‌است. یکی از ویژگی‌های مهم فضاهای برخوردار از مقیاس انسانی، محصوریت است. محصورشدن فضا با روحیه انسان از حرکت در فضاهای انسانی همخوان است. براساس مطالعات انجام شده، محصوریت فضاهای عمومی، نه تنها دستیابی به مقیاس انسانی را آسان‌تر می‌کند، بلکه در ایجاد حس امنیت و آسایش در مردم نیز بسیار مهم است. این موضوع در مقیاس‌های فضایی متفاوت مصداق دارد، به‌طور مثال توسلی در مطالعه اصول و روش‌های طراحی و فضاهای مسکونی در ایران، به این نتیجه دست‌یافت که اگر فضا به شکل مطلوبی محصور نشود نمی‌توان به یک مکان عمومی و یا فضای شهری جذاب دست‌یافت. وی معتقد است که، خصوصیت عمده فضای محصور، ایجاد حس مکان است. فضای محصور نسبت به فضای بی‌ترتیب رهاشده، محیطی با امنیت بیش‌تر ایجاد می‌کند (Shahabi nejad, Aboie, Ghalenoei, & Mozafar, 2014). مفهوم محصوریت در پژوهش‌های مربوط به زوایای دید و ایزوویست‌ها[1] نیز مورد بررسی و استفاده واقع شده است. رابطه عناصر ایجاد کننده محصوریت فضایی به همراه حرکت و تأثیر آن بروی درک فضا از سوی بیننده، موضوعی است که در پژوهش بتی به آن پرداخته‌شده است. این تحقیق که با تکیه بر دو نمونه فرضیه مبتنی بر هندسه ساده و سه نمونه واقعی بر اساس گالری تایت لندن، خیابان رجنت و مرکز شهر انگلیسی و لورهمپتون انجام شده‌است، مشخص نمود که، اگرچه مورفولوژی فضایی اغلب می‌تواند از نظر عناصر هندسی اولیه مانند راهروها، خیابان‌ها، اتاق‌ها و مربع‌ها درک شود، اما مطالعه ایزووست‌ها نشان داد در نهایت درک فضایی و ایجاد نقشه ذهنی از تعامل محصوریت و جنبش در فضا حاصل می‌شود (Batty, 2001). علاوه بر مطالب فوق نقش مؤلفه محصوریت فضایی در تظاهرات ناشی از ادراک فضایی نیز مثبت ارزیابی شده است. ترنر و همکارن با مطالعه بروی ایزووست و گراف‌های دیداری چندین نمونه مورد مطالعه، به این نتیجه رسیدند که خواص محصوریت فضایی به اعمال ناشی از ادراک فضایی، مانند راه یافتن، حرکت، و استفاده از فضا مرتبط می‌باشد (Turner, Doxa, O' Sullivan, & Penn, 2001). با در نظر گرفتن تمامی مطالبی که بدان اشاره شد، سهم مؤلفه محصوریت فضایی در مطالعات تئوری معماری بسیار اندک بوده و مفاهیم مرتبط با این مؤلفه، بیش‌تر در حوزه پژوهش‌های شهرسازی گسترش یافته‌است. به‌طور مثال کارمونا معتقد است میزان محصوریت و در نتیجه میزان تعریف مرزهای آن، به نسبت عرض فضا و ارتفاع دیوارهای محصور کننده آن برمی‌گردد. (Haghirian, Sajjadzadeh, & Karimi, 2016). آشی‌هارا نیز این مفهوم را در مقیاس شهری گسترش داده نسبت D/H ,W/D در منظر شهر را این‌گونه تبیین نموده است: نسبت D/H=1 را میتوان به‌عنوان میانه برای مقایسه کیفیت فضایی بسته به این‌که نسبت بیش‌تر از ۱ یا کم‌تر از ۱ باشد در نظر گرفت. وقتی این نسبت از ۱ بالاتر باشد، فضا باز و گشوده می‌شود و اگر از ۲ عبور کند به مرور به فضایی گسترده، خیلی باز و بی‌انتها تبدیل می‌شود. وقتی این نسبت از ۱ پایین‌تر می‌رود ابتدا فضا جمع و جور و خودمانی به نظر می‌رسد و سپس تبدیل به تنگ و خفه می‌شود. وقتی نسبت ۱ باشد تعادل برقرار است (Yoshi Nobashi, 2012, p. 69). به‌طور کلی می‌توان گفت مفهوم محصوریت در هر فضا، پارامتری تأثیرپذیر از میزان وجود عناصر پوشاننده آن فضا و تناسبات قرارگیری آنهاست. این پارامتر به‌طور مستقیم از مساحت و حجم فضا تأثیر پذیرفته و نسبت‌های طول به عرض و همچنین ارتفاع موجب تغییر در آن می‌شود. با توجه به اهمیت نقش میزان محصوریت در تعریف مقیاس‌های انسانی فضا، تعیین زوایای دید و همچنین تأثیر آن در ارتقای کیفیت تعاملات انسانی، می‌توان گفت توجه به تأمین معیارهای محصوریت فضایی به تنهایی بخش قابل توجهی از اصول اولیه مورد انتظار طراحی فضاها را پوشش خواهد داد. با بررسی پژوهش‌های انجام شده در حوزه پیشینه نظری این تحقیق، ملاحظه می‌شود، در اکثر مطالعات، نقش محصوریت فضایی به‌عنوان متغیر مستقل برروی موضوعات دیگر بررسی شده و تعریف، نحوه ایجاد و اندازه‌گیری درجه محصوریت مورد غفلت واقع شده‌است. بر این اساس تلاش در راستای تدوین چارچوب نظری برای تعریف و تحدید مؤلفه فوق‌الذکر لازم به نظر می‌رسد.

۳. روش‌شناسی

پژوهش حاضر از حیث هدف کاربردی و از حیث نحوه‌گردآوری داده‌ها توصیفی است. تحقیق توصیفی یا غیر آزمایشی را می‌توان به پنج دسته تقسیم نمود که شامل پیمایشی، همبستگی، پس رویدادی، اقدام‌پژوهی

و بررسی موردی می‌باشد. این تحقیق از نوع مطالعه همبستگی است و همبستگی میان متغیرهای تعریف شده، از جمله اهداف این پژوهش می‌باشد. با توجه به این که، هدف تحقیق، پیش‌بینی متغیرهای وابسته بر اساس تغییرات متغیرهای مستقل می‌باشد، متغیرهای وابسته در قالب متغیر ملاک و متغیرهای مستقل تحت عنوان متغیر پیش‌بین دسته‌بندی شده‌اند. بررسی همبستگی مفروض با تحلیل رگرسیون سنجیده شده است، با توجه به این‌که در فرآیند تحقیق، یک متغیر ملاک، براساس چند متغیر پیش بین بررسی گشته، از رگرسیون چندگانه[۲] استفاده شده‌است. رگرسیون یک روش برای کشف روابط تجربی بین یک طبقه مستقل و وابسته چند باینری و متغیرهای پیوسته است (McCullagh & Nelder, 1989, p. 141). هدف از به‌کارگیری این تکنیک تخمین یک تابع از متغیرهای مستقل است که تابع رگرسیون نامیده می‌شود. در شرایط خاصی از این تحلیل می‌توان برای استنتاج روابط عالی بین متغیرهای مستقل و وابسته استفاده نمود (Bazargan Lari, 2011, p. 51).

دو رویکرد اساسی به وابستگی فضایی و چهارچوب رگرسیونی وجود دارد که یکی ایجاد یک مدل ترکیب پیچیده‌تر مانند یک ساختار خود کاهشی برای کالبد فضایی (Anselin, 1988) و دیگری ایجاد طرح یک مدل فضایی برای گسترش بازه فاصله بین نقاط نمونه مورد مطالعه می‌باشند. از این رو بکارگیری شیوه فوق، ابزاری منطقی برای از میان بردن خود همبستگی فضایی و طراحی خردگرایانه نمونه مورد مطالعه است که موازنه ایده‌آلی بین هر دو وجه برقرار می‌نماید (Xie, Huang, Claramunt, & Chandramouli, 2005).

مدل‌های رگرسیون شامل متغیرهای زیر است:

پارامترهای ناشناخته که با β مشخص می‌شود و یک مقیاس یا بردار را نمایش می‌دهد. متغیرهای مستقل با X و متغیر وابسته با Y نشان داده می‌شوند. با توجه به مطالب فوق، رابطه میان متغیرها و پارامتر ناشناخته همانگونه که در رابطه شماره ۱ قید شده، به صورت زیر تخمین زده می‌شود.

رابطه ۱. معادله پیشنهادی میان متغیرهای مستقل و وابسته

$$Y \approx f(X, \beta)$$

نوع داده‌های پژوهش کمی بوده و نحوه جمع‌آوری اطلاعات آن کتابخانه‌ای است. با در نظر گرفتن اهداف و فرضیات تعریف شده برای این تحقیق، نظام متغیرهای پیشنهادی به ترتیب زیر تعریف شده‌است:

متغیر مستقل: نوع فعالیت‌ها، میزان کالری مصرفی فعالیت‌ها.

متغیر وابسته: ابعاد و اندازه فضایی، درجه محصوریت فضایی.

متغیر تعدیل‌کننده: وزن استفاده‌کنندگان از فضا، سن افراد، و جنسیت آنان.

متغیر مداخله‌گر: وضعیت روحی استفاده‌کنندگان از فضا، توانایی جسمانی آنان.

برای به‌دست آوردن مقادیر متغیر مستقل که نمایانگر میزان کالری مصرفی فعالیت‌های مستقر در فضاهای مورد مطالعه می‌باشد، به منابع و اسناد کتابخانه‌ای که انرژی فعالیت‌ها در آن‌ها محاسبه شده رجوع شده است. همان‌گونه که در جدول ۱ آمده است، این منابع طیف وسیعی اعم از فعالیت‌های معمولی تا حرکات ورزشی را در برگرفته و با دقت میزان مصرف کالری هر فعالیت به نسبت وزن افراد در آن‌ها لحاظ شده‌است. با توجه به حجم زیاد اطلاعات مذکور، نوع فعالیت‌ها به صورت انتخابی، برای مردان میانسال و مطابق با فضاهایی در نظر گرفته شده است که استانداردهای ابعادی آن‌ها در دسترس بوده‌است.

جدول ۱: کالری مصرفی فعالیت‌های مختلف فیزیکی

وزن (کیلوگرم) فعالیت	۵۹	۶۲	۶۵	۶۸	۷۱	۷۴	۷۷	۸۰	۸۳	۸۶	۸۹	۹۲
بدمینتون مسابقه‌ای	۸.۶	۹.۰	۹.۴	۹.۹	۱۰.۴	۱۰.۸	۱۱.۲	۱۱.۶	۱۲.۱	۱۲.۵	۱۲.۹	۱۳.۴
پخت و پز عمومی	۲.۱	۲.۲	۲.۳	۲.۴	۲.۵	۲.۶	۲.۷	۲.۸	۲.۹	۳.۰	۳.۱	۳.۲
بسکتبال مسابقه‌ای	۸.۷	۹.۲	۹.۶	۱۰.۱	۱۰.۵	۱۰.۹	۱۱.۴	۱۱.۸	۱۲.۳	۱۲.۷	۱۳.۱	۱۳.۶
بیلیارد	۲.۵	۲.۶	۲.۷	۲.۹	۳.۰	۳.۱	۳.۲	۳.۴	۳.۵	۳.۶	۳.۷	۳.۹
بوکس مسابقه	۱۳.۱	۱۳.۸	۱۴.۴	۱۵.۱	۱۵.۸	۱۶.۴	۱۷.۱	۱۷.۸	۱۸.۴	۱۹.۱	۱۹.۸	۲۰.۴
نجاری عمومی	۳.۱	۳.۲	۳.۴	۳.۵	۳.۷	۳.۸	۴.۰	۴.۲	۴.۳	۴.۵	۴.۶	۴.۸
تمیزکاری	۳.۴	۳.۶	۳.۸	۳.۹	۴.۱	۴.۳	۴.۵	۴.۶	۴.۸	۵.۰	۵.۲	۵.۳
نقشه‌کشی سرپا	۲.۱	۲.۲	۲.۳	۲.۴	۲.۶	۲.۷	۲.۸	۲.۹	۳.۰	۳.۱	۳.۲	۳.۳
خوردن نشسته	۱.۴	۱.۴	۱.۵	۱.۶	۱.۶	۱.۷	۱.۸	۱.۸	۱.۹	۲.۰	۲.۰	۲.۱
کار برقی	۳.۴	۳.۶	۳.۸	۳.۹	۴.۱	۴.۳	۴.۵	۴.۶	۴.۸	۵.۰	۵.۲	۵.۳

وزن (کیلوگرم) فعالیت	۵۹	۶۲	۶۵	۶۸	۷۱	۷۴	۷۷	۸۰	۸۳	۸۶	۸۹	۹۲
تمیز کردن انبار	۸.۰	۸.۴	۸.۸	۹.۲	۹.۶	۱۰.۰	۱۰.۴	۱۰.۸	۱۱.۲	۱۱.۶	۱۲.۰	۱۲.۴
هاکی زمین	۷.۹	۸.۳	۸.۷	۹.۱	۹.۵	۹.۹	۱۰.۳	۱۰.۷	۱۱.۱	۱۱.۵	۱۱.۹	۱۲.۳
هندبال	۸.۵	۹.۰	۹.۴	۹.۸	۱۰.۳	۱۰.۷	۱۱.۲	۱۱.۵	۱۲.۰	۱۲.۵	۱۲.۹	۱۳.۳
راحت دراز کشیدن	۱.۳	۱.۴	۱.۴	۱.۵	۱.۶	۱.۶	۱.۷	۱.۸	۱.۸	۱.۹	۲.۰	۲.۰
جوشکاری	۳.۱	۳.۲	۳.۴	۳.۵	۳.۷	۳.۸	۴.۰	۴.۲	۴.۳	۴.۵	۴.۶	۴.۸
اسکواش	۱۲.۵	۱۳.۱	۱۳.۸	۱۴.۴	۱۵.۱	۱۵.۷	۱۶.۳	۱۷.۰	۱۷.۶	۱۸.۲	۱۸.۹	۱۹.۵
تنیس روی میز	۴.۰	۴.۲	۴.۴	۴.۶	۴.۸	۵.۰	۵.۲	۵.۴	۵.۶	۵.۸	۶.۱	۶.۳
خیاطی اتو کردن	۳.۷	۳.۸	۴.۰	۴.۲	۴.۴	۴.۶	۴.۸	۵.۰	۵.۱	۵.۳	۵.۵	۵.۷
ماشین‌نویسی برقی	۱.۶	۱.۷	۱.۸	۱.۸	۱.۹	۲.۰	۲.۱	۲.۲	۲.۲	۲.۳	۲.۴	۲.۵
والیبال مسابقه	۸.۷	۹.۱	۹.۵	۱۰.۰	۳.۶	۳.۷	۳.۹	۴.۰	۴.۲	۴.۳	۴.۵	۴.۶
جودو	۱۱.۵	۱۲.۱	۱۲.۷	۱۳.۳	۱۳.۸	۱۴.۴	۱۵.۰	۱۵.۶	۱۶.۲	۱۶.۸	۱۷.۴	۱۷.۹
تنیس مسابقه	۸.۷	۹.۱	۹.۵	۹.۹	۱۰.۲	۱۰.۶	۱۱.۱	۱۱.۵	۱۱.۹	۱۲.۴	۱۲.۸	۱۳.۲
بیلیارد	۲.۵	۲.۶	۲.۷	۲.۹	۳.۰	۳.۱	۳.۲	۳.۴	۳.۵	۳.۶	۳.۷	۳.۹

(William, Frank, & Victor, 2013)

با فرض قراردادن سلامت جسمی و روحی استفاده‌کنندگان فضا، و رجوع به استانداردهای ابعادی موجود برای فضاهای مورد مطالعه، مقادیر متغیر وابسته برای فعالیت‌های منتخب در جدول ۱ استخراج شده است. طول، عرض، ارتفاع، مساحت و حجم، مؤلفه‌های ابعادی هستند که برای فعالیت‌های مذکور در جدول ۲ لیست شده‌اند. علاوه بر این به مقتضای تعداد افراد مشارکت کننده در فعالیت ورزشی و همچنین استفاده‌کنندگان از فضاهای منتخب، میزان کالری مصرفی برای هر نفر در تعداد نفرات ضرب شده و میزان کل کالری مصرفی در دقیقه برای فضا نیز محاسبه شده است.

جدول ۲: جدول مقایسه‌ای ابعاد استاندارد فضایی و میزان کالری مصرفی در آن‌ها

نوع ورزش	طول	عرض	ارتفاع	مساحت	حجم فضا	کالری مصرفی (یک دقیقه)	تعداد نفرات	جمع کالری مصرفی
اسکواش	۹.۷۵	۶.۴	۵.۷	۶۲.۴	۳۵۵.۶۸	۱۵.۱	۲	۳۰.۲
بدمینتون	۱۳.۴	۵.۱۸	۹.۱	۶۹.۴۱۲	۶۳۱.۶۴	۱۰.۴	۲	۲۰.۸
بسکتبال	۲۸	۱۵	۹	۴۲۰	۳۷۸۰	۱۰.۵	۱۰	۱۰۵
بوکس	۶.۱	۶.۱	۷	۳۷.۲۱	۲۶۰.۴۷	۱۵.۸	۲	۳۱.۶
تنیس	۲۳.۸	۸.۲	۹	۱۹۵.۱۶	۱۷۵۶.۴۴	۱۰.۲	۲	۲۰.۴
تنیس روی میز	۱۴	۷	۲.۷	۹۸	۲۶۴.۶	۴.۸	۲	۹.۶
جودو	۱۰	۱۰	۷.۵	۱۰۰	۷۵۰	۱۳.۸	۲	۲۷.۶
کشتی	۱۲	۱۲	۷	۱۴۴	۱۰۰۸	۱۳.۸	۲	۲۷.۶
والیبال	۱۸	۹	۹	۱۶۲	۱۴۵۸	۳.۶	۱۲	۴۳.۲
هاکی داخل سالن	۴۰	۲۰	۷.۶	۸۰۰	۶۰۸۰	۱۱	۱۲	۱۳۲
هندبال	۴۰	۲۰	۹	۸۰۰	۷۲۰۰	۱۰.۳	۱۴	۱۴۴.۲
بیلیارد	۳.۷	۱.۹	۲.۷	۷.۰۳	۱۸.۹	۳	۲	۶
پخت و پز عمومی	۴.۵	۳.۵	۲.۸	۱۵.۷۵	۴۴.۱	۳.۲	۲	۶.۴
غدا خوردن	۳.۷۵	۳.۲۵	۲.۵	۱۲.۱۸	۳۰.۴۶	۱.۶	۶	۹.۶

نوع ورزش	طول	عرض	ارتفاع	مساحت	حجم فضا	کالری مصرفی (یک دقیقه)	تعداد نفرات	جمع کالری مصرفی
نشستن آرام	۴.۸۷	۳.۸۱	۲.۲	۱۸.۵۷	۴۰.۸۶	۱.۵	۸	۱۲
ایستادن آرام	۳.۶	۳.۰۵	۲.۵	۱۰.۹۸	۲۷.۴۵	۱.۹	۱۰	۱۹
نقشه‌کشی	۳	۲.۴	۲.۵	۷.۲	۱۸	۲.۶	۱	۲.۶
نقاشی طرح‌های داخلی	۳	۲	۲.۵	۶	۱۵	۲.۴	۱	۲.۴
تایپ کردن	۳.۰۵	۱.۹۵	۲.۴	۵.۹۴	۱۴.۲۷	۱.۹	۱	۱.۹
نوشتن نشسته	۲.۹	۲.۴۵	۲.۴	۷.۱۰۵	۱۷.۰۵۲	۲.۱	۱	۲.۱
خیاطی	۲.۱۵	۱.۸	۲.۵	۳.۸۷	۹.۶۷۵	۲.۹	۱	۲.۹
برش دادن	۲.۱۵	۱.۸	۲.۸	۳.۸۷	۱۰.۸۳	۲.۳	۱	۲.۳
دوختن با دست	۲.۱۵	۱.۸	۲.۴	۳.۸۷	۹.۲۸	۳.۲	۱	۳.۲
دوختن با ماشین	۴.۶	۲.۵	۲.۵	۱۱.۵	۲۸.۷۵	۴.۴	۲	۸.۸
اتو کردن	۲.۱۵	۱.۸	۲.۵	۳.۸۷	۹.۶۷	۴.۵	۱	۴.۵
جوشکاری	۱۵	۷.۵	۳.۵	۱۱۲.۵	۳۹۳.۷۵	۴.۶	۳	۱۳.۸
ضربه زدن و سوراخ کردن	۱۸.۷۵	۱۰	۳	۱۸۷.۵	۵۶۲.۵	۳.۷	۴	۱۴.۸
خراطی کردن	۱۸	۱۵	۳	۲۷۰	۸۱۰	۴.۱	۵	۲۰.۵

پس از ایجاد جدول مقایسه‌ای برای متغیرهای مستقل و وابسته، میزان همبستگی آن‌ها از طریق تحلیل رگرسیونی چندگانه بررسی شده‌است.

همان‌گونه که پیش‌تر ذکر شد، روش‌های مختلفی برای تحلیل رگرسیونی وجود دارد، در فرآیند این پژوهش از مدل رگرسیونی چندگانه استفاده شده است. با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب ورژن ۱۶[۳] و به‌کارگیری تحلیل رگرسیونی، نزدیک‌ترین تابع تغییرات مؤلفه‌های مورد مطالعه برای متغیرها استخراج شده است. تابع‌های ایجاد شده توسط نرم‌افزار، میزان همبستگی متغیرها و همچنین تأثیرگذاری آن‌ها بر یکدیگر را مشخص می‌نماید، این روابط در تخمین ابعاد بهینه کالبد فضایی و درجه محصوریت به‌وسیله مؤلفه‌های کالری مصرفی، تعداد نفرات در فضا کاربرد خواهند داشت.

۴. بحث و تحلیل یافته‌ها

با توجه به مطالب فوق در راستای رسیدن به اهداف پژوهش، رابطه مساحت و فضا به طور مجزا، به‌عنوان دو مؤلفه کمی مؤثر در درجه محصوریت فضایی، با میزان مصرف انرژی در فضاهای منتخب بررسی شده و معادلات بین متغیرهای مذکور استخراج شده‌است.

آگاهی از مساحت هر فضا به‌عنوان عامل تعیین کننده رابطه ابعادی آن در دو بعد، نقش عمده‌ای در طراحی بهینه آن فضا چه از لحاظ فرم و چه عملکرد ایفا می‌نماید. در این بخش از پژوهش با توجه به مطالعات انجام شده بروی مساحت چندین فضای مورد مطالعه، که از منابع استاندارد ابعادی به‌دست آمده‌اند و همچنین میزان مصرف انرژی فعالیت‌های مورد نظر در همان فضاها (جدول) معادله پیشنهادی میان متغیرهای مستقل و وابسته با فرمت $Y \approx f(X, \beta)$، توسط نرم‌افزار استخراج شده‌است. این معادله (رابطه ۲) شامل یک ضریب برای متغیر تعریف شده و یک عدد ثابت می‌باشد.

رابطه ۲. معادله پیشنهادی بین متغیرهای مساحت و کالری مصرفی

(کالری مصرفی در دقیقه) ۵.۶۰+ ۳۷.۹- = مساحت

جهت انجام همبستگی بین متغیرها از فرضیه زیر جهت آزمون فرضیات استفاده می‌کنیم:

$$\begin{cases} H_0: b = 0 \\ H_1: b \neq 0 \end{cases}$$

جدول ۳: شاخص کفایت مدل رابطه کالری مصرفی در دقیقه با حجم فضا

ضریب همبستگی	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	انحراف معیار خطا	آماره دوربین- واتسون
۰.۹۶۱	۰.۹۲۴	۰.۹۱۶	۰.۵۰	۱.۵۲

(Predictors: (Constant), (کالری مصرفی در دقیقه متغیر وابسته: مساحت

همبستگی پیرسون بین متغیر مستقل (کالری مصرفی در دقیقه) و وابسته (مساحت) برابر ۰.۹۶ است. ضریب تعیین ۰.۹۲ به‌دست آمده و این مقدار نشان می‌دهد که ۹۲ درصد از تغییرات مساحت را می‌توان به‌وسیله مؤلفه کالری مصرفی در دقیقه تبیین نمود. همچنین آماره دوربین- واتسون نیز که در رگرسیون برای آزمون استقلال خطاها به‌کار می‌رود در اینجا تقریباً برابر ۱.۵۲ می‌باشد. اگر این آماره بین (۱.۵ تا ۲.۵) باشد جای هیچ نگرانی برای استفاده از رگرسیون وجود ندارد که در اینجا چنین است).

جدول ۴: جدول آزمون معنی‌داری همبستگی کالری مصرفی در دقیقه و مساحت

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
رگرسیون	۸۰۶۱۲۸	۱	۸۰۶۱۲۸		
مقدار باقیمانده	۶۶۵۶۹	۱۰	۶۶۵۷	۱۲۱.۱۰	۰.۰۰۰
جمع کل	۸۷۲۶۹۶	۱۱			

(متغیر وابسته: مساحت کالری مصرفی در دقیقه ,Predictors: (Constant)

با توجه به این‌که سطح معنی‌داری کوچک‌تر از مقدار خطای ۰.۰۵ می‌باشد بنابراین جدول فوق حاکی از معنی‌دار بودن رگرسیون در سطح ۰.۹۵ می‌باشد یعنی تأثیر متغیر مستقل بر متغیر وابسته معنی‌دار است و فرض H_0 رد شده و فرض H_1 قبول می‌شود. یعنی بین کالری مصرفی در دقیقه و مساحت همبستگی وجود دارد.

جدول ۵: جدول ارتباط مؤلفه کالری مصرفی در دقیقه با مساحت

مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضریب استاندارد	T	Sig.
	B	خطای استاندارد	Beta		
ثابت	۰.۸	۳۴.۶۲		-۱.۱۰	۰.۲۹۹
کالری مصرفی در دقیقه	۵.۶۰	۰.۵۰۸۹	۹۲.۴۸	۱۱.۰۰	۰.۰۰

متغیر وابسته :مساحت

با توجه به این‌که معادله خط رگرسیونی به‌صورت زیر می‌باشد:

(کالری مصرفی در دقیقه) ۵.۶۰ + ۳۷.۹- = مساحت

علامت مثبت بیانگر رابطه مستقیم مؤلفه کالری مصرفی در دقیقه با مساحت می‌باشد. با توجه به p (سطح معنی‌داری) مقدار گزارش شده برای متغیر مستقل مؤلفه کالری مصرفی در دقیقه، می‌توان نتیجه گرفت که این متغیر اختلاف معنی‌داری با صفر دارد ($b \neq 0$) و ضریب ۰.۴۸۹ به این معنی است که به ازای یک واحد افزایش در متغیر مستقل کالری مصرفی در دقیقه، متغیر مساحت به اندازه ۰.۴۸۹ تغییر و افزایش خواهد یافت. نتیجه رگرسیون خطی نشان می‌دهد که مؤلفه کالری مصرفی در دقیقه با مساحت همبستگی دارد.

ضریب رگرسیونی استاندارد شده یا Beta نیز برابر ۰.۹۲ به‌دست آمده که نشان دهنده میزان رابطه متغیر مستقل (کالری مصرفی در دقیقه) با متغیر وابسته (مساحت) می‌باشد. با استفاده از این فرمول، و اطلاع از میزان انرژی فعالیت‌های مورد انتظار در فضای مطلوب طراحی، می‌توان به درک مناسبی از مساحت فضای مذکور رسید.

در خصوص امکان تخمین حجم فضا به‌عنوان متغیر وابسته، از میان رابطه‌های استخراج شده، تابعی انتخاب شده که رابطه تغییرات دو متغیر «تعداد نفرات و میزان کالری مصرفی در دقیقه» را با حجم فضا نشان می‌دهد (رابطه ۳).

برای محاسبه ارتفاع فضا نیز می‌توان رابطه ۲ که نمایانگر معادله پیشنهادی بین متغیرهای مساحت و کالری مصرفی است را در کنار رابطه ۳، به‌کارگرفت و با تقسیم این دو عامل بر یکدیگر به ارتفاع تخمینی فضای مورد نظر نیز دست یافت.

رابطه ۳. معادله پیشنهادی بین متغیرهای حجم، تعداد نفرات و کالری مصرفی در دقیقه

(کالری مصرفی در دقیقه)۱۴۱+ (تعداد نفرات)۴۴۱ +۱۸۳۰- = حجم فضا

جدول ۶: شاخص کفایت مدل رابطه کالری مصرفی در دقیقه و تعداد نفرات با حجم فضا

ضریب همبستگی	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	انحراف معیار خطا	آماره دوربین- واتسون
۰.۸۸۸	۰.۷۹۰	۰.۷۴۴	۰.۱۲۲۳	۱.۷۷۶

(کالری مصرفی در دقیقه و تعداد نفرات متغیر وابسته: حجم فضا ,Predictors: (Constant)

همبستگی پیرسون بین متغیر مستقل (کالری مصرفی در دقیقه و تعداد نفرات) و وابسته (حجم فضا) برابر ۰.۸۸۸ است. ضریب تعیین ۰.۷۹ به‌دست آمده و همچنین میزان ضریب تعیین برابر با ۰.۷۹ این مقدار نشان می‌دهد که ۷۹ درصد از تغییرات حجم فضا را می‌توان به‌وسیله مؤلفه کالری مصرفی در دقیقه و تعداد نفرات به‌صورت همزمان تبیین نمود. همچنین آماره دوربین- واتسون نیز که در رگرسیون برای آزمون استقلال خطاها به‌کار می‌رود در اینجا تقریباً برابر ۱.۷۷۶می‌باشد (اگر این آماره بین (۱.۵ تا ۲.۵) باشد جای هیچ نگرانی برای استفاده از رگرسیون وجود ندارد که در اینجا چنین است).

جدول ۷: جدول آزمون معنی‌داری همبستگی کالری مصرفی در دقیقه و تعداد نفرات با حجم فضا

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
رگرسیون	۵۰۸۰۰۳۵۴	۲	۲۵۴۰۰۱۷۷		
مقدار باقیمانده	۱۳۴۷۶۴۲۷	۹	۱۴۹۷۳۸۱	۱۶.۹۶	۰.۰۰۱
جمع کل	۶۴۲۷۶۷۸۱	۱۱			

(Predictors: (Constant), حجم فضا :کالری مصرفی در دقیقه و تعداد نفرات متغیر وابسته)

با توجه به این‌که سطح معنی‌داری کوچکتر از مقدار خطای ۰.۰۵ می‌باشد؛ بنابراین جدول فوق حاکی از معنی‌دار بودن رگرسیون در سطح ۰.۹۵ می‌باشد. یعنی تأثیر متغیر مستقل بر متغیر وابسته معنی‌دار است و فرض H_0 رد شده و فرض H_1 قبول می‌شود. یعنی کالری مصرفی در دقیقه و تعداد نفرات با حجم فضا همبستگی دارند.

جدول ۸: جدول ارتباط مؤلفه کالری مصرفی در دقیقه و تعداد نفرات با فضاحجم

مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضریب استاندارد	T	Sig.
	B	خطای استاندارد	Beta		
ثابت	-۱۸۳۰	۱۱۱۶		- ۱.۶۴	۰.۰۰۱
تعداد نفرات	۴۴۰.۹۷	۷۵.۸۱	۰.۷۹	-۵.۸۲	۰.۰۰
کالری مصرفی در دقیقه	۱۴۱.۴۴	۸۷.۴۱	۰.۷۱	-۱.۶۲	۰.۰۱۴

حجم فضا :متغیر وابسته

با توجه به این‌که معادله خط رگرسیونی به‌صورت زیر می‌باشد:

(کالری مصرفی در دقیقه)۱۴۱+ (تعداد نفرات)۴۴۱+۱۸۳۰- = حجم فضا

می‌توان گفت که علامت منفی بیانگر رابطه غیرمستقیم مؤلفه‌های کالری مصرفی در دقیقه و تعداد نفرات با حجم فضا می‌باشد. با توجه به p (سطح معنی‌داری) مقدار گزارش شده برای متغیرهای مستقل کالری مصرفی در دقیقه و تعداد نفرات، می‌توان نتیجه گرفت که این متغیرها اختلاف معنی‌داری با صفر دارد (b≠0) و ضریب ۴۴۱ به این معنی است که به ازای یک واحد افزایش در متغیر مستقل تعداد نفرات، متغیر حجم فضا به اندازه ۴۴۱ تغییر و افزایش خواهد یافت. همچنین ضریب ۱۴۱ به این معنی است که به ازای یک واحد افزایش در متغیر مستقل کالری مصرفی در دقیقه، متغیر حجم فضا به اندازه ۱۴۱ تغییر و افزایش خواهد یافت. نتیجه رگرسیون خطی نشان می‌دهد که مؤلفه‌های کالری مصرفی در دقیقه و تعداد نفرات با حجم فضا همبستگی دارند.

ضریب رگرسیونی استاندارد شده یا Beta نیز برابر ۰.۷۹ شده که نشان دهنده میزان رابطه متغیرهای مستقل (کالری مصرفی در دقیقه و تعداد نفرات) با متغیر وابسته (حجم فضا) می‌باشد.

همان‌گونه که پیش‌تر نیز بدان اشاره شد با استفاده از روابط ۲ و ۳ عامل ارتفاع فضای مورد مطالعه را می‌توان بازیابی نمود، اما استخراج عاکل فضایی مذکور از تابع رگرسیونی دیگری نیز با دقت بسیار بالا امکان‌پذیر می‌باشد. رابطه ۴ معادله پیشنهادی بین متغیرهای حجم، مساحت و کالری مصرفی در دقیقه را نمایش می‌دهد. با توجه به وجود استانداردهای ابعادی و مساحت پیشنهادی برای کاربری‌ها در کتب مرجع استاندارد، مؤلفه مساحت در کنار میزان کالری مصرف شده فعالیت، به سادگی می‌تواند در مشخص نمودن محدوده درجه محصوریت فضا به‌کار برده شده و بخشی از کیفیت مطلوب فضایی که در نگاه کمی‌گرایانه به معماری کمرنگ شده است را تأمین نماید.

رابطه ۴. معادله پیشنهادی بین متغیرهای حجم، مساحت و کالری مصرفی در دقیقه

مساحت ۶.۸۲ + کالری مصرفی در دقیقه ۱۰.۳ + ۱۹۳- = حجم فضا

جدول ۹: شاخص کفایت مدل رابطه کالری مصرفی در دقیقه و مساحت با حجم فضا

ضریب همبستگی	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	انحراف معیار خطا	آماره دوربین-واتسون
۰.۹۹۳	۰.۹۸۷	۰.۷۴۴	۰.۳۰۸۶	۱.۸۹۵

(Predictors: (Constant), کالری مصرفی در دقیقه و مساحت متغیر وابسته: حجم فضا)

همبستگی پیرسون بین متغیر مستقل (کالری مصرفی در دقیقه و مساحت) و وابسته (حجم فضا) برابر ۰.۹۹۳ است. ضریب تعیین ۰.۹۸ به دست آمده و همچنین میزان ضریب تعیین برابر با ۰.۹۸ این مقدار نشان می‌دهد که ۹۸ درصد از تغییرات حجم فضا را می‌توان به‌وسیله مؤلفه کالری مصرفی در دقیقه و مساحت به‌صورت همزمان تبیین نمود. همچنین آماره دوربین- واتسون نیز که در رگرسیون برای آزمون استقلال خطاها به‌کار می‌رود در اینجا تقریباً برابر ۱.۸۹۵ می‌باشد (اگر این آماره بین (۱.۵ تا ۲.۵) باشد جای هیچ نگرانی برای استفاده از رگرسیون وجود ندارد که در اینجا چنین است).

جدول ۱۰: جدول آزمون معنی‌داری همبستگی کالری مصرفی در دقیقه و مساحت با حجم فضا

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
رگرسیون	۶۳۴۱۹۶۴۴	۲	۳۱۷۰۹۸۲۲		
مقدار باقیمانده	۸۵۷۱۳۸	۹	۹۵۲۳۸	۳۳۲.۹۶	۰.۰۰
جمع کل	۶۴۲۷۶۷۸	۱۱			

(Predictors: (Constant), کالری مصرفی در دقیقه و مساحت متغیر وابسته: حجم فضا)

با توجه به این‌که سطح معنی‌داری کوچک‌تر از مقدار خطای ۰.۰۵ می‌باشد بنابراین جدول فوق حاکی از معنی‌دار بودن رگرسیون در سطح ۰.۹۵ می‌باشد. یعنی تأثیر متغیر مستقل بر متغیر وابسته معنی‌دار است و فرض H_0 رد شده و فرض H_1 قبول می‌شود. یعنی کالری مصرفی در دقیقه و مساحت با حجم فضا همبستگی دارند.

جدول ۱۱: جدول ارتباط مؤلفه کالری مصرفی در دقیقه و مساحت با حجم فضا

مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضریب استاندارد	T	Sig.
	B	خطای استاندارد	Beta		
ثابت	-۱۹۳.۱	۱۳۸.۶		-۱.۳۹	۰.۰۰۱
کالری مصرفی در دقیقه	۱۰.۲۷۷	۶.۹۷۰	۰.۹۵	۱.۴۷	۰.۰۰۴
مساحت	۶.۸۱۶	۱.۱۹۶	۰.۹۲	۵.۷۰	۰.۰۰

حجم فضا :متغیر وابسته

معادله خط رگرسیونی به‌صورت زیر می‌باشد:

مساحت ۶.۸۲ + کالری مصرفی در دقیقه ۱۰.۳ + ۱۹۳- = حجم فضا

که علامت منفی بیانگر رابطه غیرمستقیم مؤلفه‌های کالری مصرفی در دقیقه و مساحت با حجم فضا می‌باشد. با توجه به p (سطح معنی‌داری) مقدار گزارش شده برای متغیرهای مستقل کالری مصرفی در دقیقه و مساحت، می‌توان نتیجه گرفت که این متغیرها اختلاف معنی‌داری با صفر دارد ($b\neq0$) و ضریب ۱۰.۳ به این معنی است که به ازای یک واحد افزایش در متغیر مستقل کالری مصرفی در دقیقه، متغیر حجم فضا به اندازه ۱۰.۳ تغییر و افزایش خواهد یافت. همچنین ضریب ۶.۸۲ به این معنی است که به ازای یک واحد افزایش در متغیر مستقل مساحت، متغیر حجم فضا به اندازه ۶.۸۲ تغییر و افزایش خواهد یافت. نتیجه رگرسیون خطی نشان می‌دهد که مؤلفه‌های کالری مصرفی در دقیقه و مساحت با حجم فضا همبستگی دارند. ضریب رگرسیونی استاندارد شده یا Beta نیز برابر ۰.۹۵ و ۰.۹۲ شده که نشان دهنده میزان رابطه متغیرهای مستقل (کالری مصرفی در دقیقه و مساحت) با متغیر وابسته (حجم فضا) می‌باشد.

۵. نتیجه‌گیری

با توجه به معادلات استخراج شده برای رابطه متغیرهای موجود در این پژوهش می‌توان گفت ۹۲ درصد از تغییرات مساحت را می‌توان به‌وسیله مؤلفه کالری مصرفی در دقیقه تعیین نمود، این در حالی‌است که نسبت مذکور برای متغیر وابسته حجم کاهش یافته و به ۷۹ درصد رسیده است. دلیل کاهش پیش‌بینی مدل در این حالت، اضافه شدن پارامتر ارتفاع در متغیر حجم بوده که دقت معادله را

تحت تأثیر قرار داده می‌دهد. در رابطه ۴ می‌توان دید که میزان پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته حجم، نسبت به متغیرهای مساحت و کالری مصرف شده در دقیقه، افزایش چشم‌گیری داشته و به نسبت ۹۸ درصد رسیده است.

در پاسخ به سؤال اول این پژوهش می‌توان گفت، نسبت بالای ارتباط میزان تغییرات مؤلفه‌های مورد مطالعه مشخص کننده رابطه معنی‌داری میان نظام توده- فضا و انرژی فعالیت‌های مستقر در فضا بوده و همچنین امکان تخمین ابعاد فضایی و در نتیجه درجه محصوریت آن را فراهم خواهد آورد. مؤلفه‌های روابط مذکور را تعداد نفرات استفاده‌کننده از فضا، میزان کالری مصرفی فعالیت و عوامل ابعادی حجم، تشکیل می‌دهند که به مقتضای نیاز، انتخاب شده و در رابطه‌های استخراج شده به‌کارگرفته خواهندشد.

در خصوص پاسخ به سؤال دیگر، که امکان استفاده از این ساز و کار را به‌عنوان ماشین معماری مورد پرسش قرارداده است، با توجه به تعریف مفهوم ماشین معماری که بر قائم بالذات، جامع، فراگیر، سریع و تکرارپذیر بودن سازوکار پیشنهاد دهنده کالبد معماری دلالت می‌کند (Ziaei, Naghizadeh, & Mokhtabad Amrei, 2017)، می‌توان گفت امکان به‌کارگیری معادلات فضایی بازیابی شده به‌عنوان ماشین معماری وجود دارد.

با توجه به این موضوع که مساحت و حجم فضا به‌طور مستقیم بر میزان محصوریت فضایی تأثیر می‌گذارد، بازیابی معادلاتی که مساحت و حجم فضا را بر مبنی فعالیت و نوع آن، پیشنهاد می‌نماید در تعیین مؤلفه محصوریت مؤثر خواهد بود. معادلات فضایی استخراج شده در این پژوهش را می‌توان به مثابه ماشین طراحی و یا بخشی از ماشین جامع‌تر به‌کار گرفت، به این معنی که در هنگام طراحی و یا برنامه‌دهی فضایی، از سازوکار ایجاد شده، برای تعیین ابعاد و تناسبات فضایی موضوعات مورد مطالعه بهره برد و در این میان از مزیت به‌کارگیری تفکر ماشینی، یعنی سرعت، تکرارپذیری و ایجاد عدالت فضایی استفاده نمود.

با انجام این پژوهش صحت فرضیات در نظر گرفته‌شده برای این تحقیق نیز آزموده شده و امکان پیش‌بینی ابعاد کالبدی فضا توسط میزان انرژی مصرف شده در فضا بررسی و تأیید شد.

پی‌نوشت

1. Isovist
2. Multiple
3. Minitab16

REFERENCES

- Anselin, L. (1988). Spatial Econometrics. Methods and Models. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht.
- Batty, M. (2001). Exploring Isovist Fields: Space and Shape in Architectural and Urban Morphology. *Journal of Planning and Design*, 28, 123-150. https://www.researchgate.net/publication/23541237_Exploring_Isovist_Fields_Space_and_Shape_in_Architectural_and_Urban_Morphology
- Bazargan Lari, A. (2011). Applied Linear Regression. Shiraz: Shiraz University. 51.
- Falahat, M.P., & Shahidi, P. (2015). The Role of the Concept of Mass-Space in Explaining the Place of Architecture. *Bagh-e Nazar Scientific Research Monthly*. 12 (35), 38-27. http://www.bagh-sj.com/article_11715.html
- Haghirian, Sh., Sajjadzadeh, H., & Karimi, M. (2016). "Prioritizing Citizen's Aesthetics Preferences in Urban Squares (Case study: 3 Main Hamadan Urban Squares)". *Quarterly Journal of Environmental Planning*, 9 (35) 23-42. http://ebtp.malayeriau.ac.ir/article_528957.html http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4899-3242-6
- McCullagh, P., & Nelder, J. (1989). Generalized Linear Models. (37). CRC Press: Boca Raton.
- Negin Taji, P. (2011). Investigating the Role of Physical Factors in Forming the Concept of Place and Sense of Place. *Landscape Magazine*, (3), 29-16. http://www.manzar-sj.com/article_101.html
- Nurberg Schultz, K. (2009). The Spirit of Place towards the Phenomenology of Architecture. Mohammad Reza Shirazi. Tehran: New happened.http://ensani.ir/fa/article/98363/%D8%B1%D9%88%D8%AD-%D9%85%DA%A9%D8%A7%D9%86-%D9%BE%D8%AF%DB%8C%D8%AF%D8%A7%D8%B1%D8%B4%D9%86%D8%A7%D8%B3%DB%8C-%D9%85%D8%B9%D9%85%D8%A7%D8%B1%DB%8C
- Pakzad, J. (2006). Theoretical Foundations & Urban Design Process. Tehran: Shahidi Publications.
- Seydian, S.A., & Abafat Yeganeh, M. (2007). "Review of the Concept of Physical Confinement in Urban Space". *Rah-o-Sakhtman Monthly*, (46) 46-54. https://www.magiran.com/paper/467708
- Shahabi nejad, A., Aboie, R., Ghalenoei, M., & Mozafar, F. (2015). Human Scale in Naghshe-Jahan Square. *mmi*. 1 (8),1-18. https://mmi.aui.ac.ir/article-1-236-fa.html
- Shams, S., & Nik Pima, M. (2012). An Introduction to the Concept of Confinement in Urban Spaces, a Review of the Literature on the Subject. *Green Message Monthly*, (103), 36-27. https://www.magiran.com/volume/72821
- Turner, A., Doxa, M., O' Sullivan, D., & Penn, A. (2001). From Isovists to Visibility Graphs: A Methodology for the Analysis of Architectural Space. *Journal of Planning and Design*, 28, 103-121.https://www.researchgate.net/publication/23541236_From_Isovists_to_Visibility_Graphs_A_Methodology_for_the_Analysis_of_Architectural_Space
- William, D.M., Frank I.K., & Victor, L.K. (2013). Sports Physiology 2. Asghar Khaledan. Tehran: Samat.
- Xie, C., Huang, B., Claramunt, C., & Chandramouli, C. (2005). Spatial Logistic Regression and GIS to Model Rural-Urban Land Conversion. Proceedings of Processus Second International Colloquium on the Behavioural Foundations of Integrated Land-use and Transportation Models: Frameworks, Models and Applications, June 12-15. Toronto: University of Toronto Press. https://www.researchgate.net/profile/Bo-Huang-46/publication/228904456_Spatial_logistic_regression_and_GIS_to_model_rural_urban_land_conversion%27%27/links/00b49533423e9b665d000000/Spatial-logistic-regression-and-GIS-to-model-rural-urban-land-conversion.pdf
- Yoshi Nobashi, H. (2012). Urban Landscape Aesthetics. Farah Habib. Tehran: Islamic Azad University, Science and Research Branch.
- Ziaei, N., Naghizadeh, M., & Mokhtabad Amrei, S.M. (2017). Retrieving the Shaping Patterns to the Physical Structure of the City in Order to Explain the Concept of Urban Planning Machine. *Bagh-e Nazar Scientific Research Monthly*, 14 (52), 59-70. http://www.bagh-sj.com/article_50518.html

نحوه ارجاع به این مقاله

حاتمی، رضا و ضیایی، ناجی‌پژمان. (۱۴۰۰). بررسی رابطه بین انرژی مصرف شده در فعالیت‌ها و مؤلفه محصوریت فضایی در راستای ارتقای کیفیت فرآیند طراحی معماری. نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، ۱۴(۳۴)، ۷۹-۸۹.

DOI: 10.22034/AAUD.2020.191357.1918

URL: http://www.armanshahrjournal.com/article_131891.html

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Armanshahr Architecture & Urban Development Journal. This is an open- access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.

http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ISSN: 2008-5079 / EISSN: 2538-2365
DOI: 10.22034/AAUD.2020.191357.1918

Investigating the Relationship between Energy Consumed in Activities and the Spatial Enclosure Component to Improve the Quality of Architectural Design Process*

Reza Hatami[a]- Naji Pezhman Ziaei[b]**

[a] M.A. of Architecture, Faculty of Engineering, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran.

[b] Assistant Professor of Architecture, Department of Architecture, Eslamabad-e Gharb Branch, Islamic Azad University, Eslamabad-e Gharb, Iran (Corresponding Author).

Received 23 June 2019; Revised 18 December 2019; Accepted 19 February 2020; Available Online 21 June 2021

ABSTRACT

A high-quality design of space-based activity is one of the major concerns in architectural planning, and for this, many standard spatial references have been codified to help coordinate both functions and structures. The level of the enclosure, one of the components affecting the definition and understanding of space, plays an effective role in organizing space and its utility by emphasizing dimensions fit and the correct distance of its constituent elements. However, the level of enclosure and an explanation of relevant issues have been less focused attention in architectural studies, with the concepts of this field found only in urban engineering. This study aimed to create a quantitative method to estimate the optimal spatial structure dimensions and the level of enclosure. Also, the study sought to examine the relationship between the mass-space system and activity energy. This research was applied in terms of objective and correlational in terms of nature and method. Consistent with the research process, data were quantitative, and the sources which estimated the energy consumption of the activities were used. Available dimensional standards were also used to determine the optimal size of the spaces under study. Since this study examined such factors as space volume, area, and the number of users of the space, and their relationship with the number of calories consumed in that space, the relationship between calories consumed per minute and area with the component of space volume was 98% and the relationship between calories consumed per minute and area 92%. Furthermore, quantitative formulas to recover space volume and area to calculate the calories consumed in space were demonstrated in this study.

Keywords: Level of the Enclosure, Spatial Utility, Energy Consumption Activity, Regression Analysis.

* This article is an excerpt from the first author's M.A. thesis entitled "A review of the relationship between activity energy and the spatial enclosure component in architectural design using the Kermanshah city center design" which was presented at the Islamic Azad University of Kermanshah supervised by the second author in 2018.

** E_mail: naje.pezhman@gmail.com

1. STATEMENT OF THE PROBLEM

From a scientific and philosophical point of view, the concept of space shows that it tends to be a subjective phenomenon. The empirical understanding of space implies that space is not, per se, an object, rather it is a relationship between objects, a seat of objects, or radiation of objects; as an artwork of architecture, space is interpreted by such terms as enclosed, sacred, transparent, personal, and collective involving mental and perceptual aspects. An architectural space is generally referred to as the distance between buildings materials aimed at creating a haven for human activities, with special qualities attached to it (Falahat & Shahidi, 2015). The distance between the physical elements of a building creates a sense of enclosure which has a direct effect on the behavior. Enclosed spaces strengthen social relations while lack of enclosure keeps people from each other. An accurate understanding of the elements causing enclosure greatly contributes to assessing the desirability of the space in the analysis phase. Each element or phenomenon in space distinguishes it and gives it a spatial identity. This element or phenomenon can be characterized by physical, social, or subjective features. Considering the extent to which force affects each of the dimensions, space is identified by emphasizing those features (Seydian & Abafat Yeganeh, 2007). An investigation of the architectural physical-perceptual structure helps create a context for users to understand architecture goals and significance by being present in space. On the other hand, the exact match between the structure elements creates a space wherein meanings can be perceived. Movement in space, both internal or external as created by the presence of the structure, helps users better understand architecture. The physical-functional structure also refers to the activities happening in space and suggests a proportionate structure that is conducive to specific activities (Falahat & Shahidi, 2015).

D.K. Ching maintains that space is defined by four vertical levels completely enclosing a place. For him, the four levels can define the visual and spatial limits that organize the mass in itself with the surrounding buildings belonging to the interior limits, activating and the enclosed space. On the other hand, Rogers Transik defines space or counter-space by mass and volume. Space is read when conflicting with its context (Negin Taji, 2011). As stated, despite the importance of spatial enclosure, scant studies have concerned this area with most of them focusing on urban engineering. Moreover, considering the appropriate potential of the enclosure coefficient as regards its qualitative components, a wide range of findings were reported in the qualitative area with no special efforts made in this field.

This study was aimed at developing a quantitative index for an appropriate enclosure level of each space by looking at the activity designed for it. Using the developed index, the spatial utility component will also be affected and improved. Moreover, considering two issues of space area and volume in defining the level of enclosure, the specialized architectural design community will, as per the results, find it less urgent to refer to spatial dimensional standards.

This study assumed that various space activities can be categorized by calculating such components as energy and oxygen consumed; also considering features of activities in each space helps predict the spatial and physical dimensions of that space. The research aimed to answer the following questions:

- Is there a significant relationship between the mass-space system and the energy of the activities consumed in it?
- What are the components of this meaningful relationship?
- Can this mechanism be used as an architectural machine as consistent with common definitions?

2. LITERATURE REVIEW

The index quality of any man-made place is referred to as enclosure, with its spatial features characterized by the way it is enclosed. The property of a man-made place is largely determined by its openness. The hardness and transparency of limits cause the space to appear isolated or part of a whole (Nurberg Schultz, 2009). The enclosure is seen as one of the qualities that play a determining role in defining spaces; in fact, it is the enclosure that defines the context of space as a platform for the occurrence of other events.

By enclosure it is meant a space confined by its walls, feeling as if one is inside a container. The enclosure is shown by some levels originating from at least two basic factors:

A) Ratio of wall height to the floor

B) Continuity on the space wall

Of course, other factors such as color, texture, type, and shape of wall and floor materials also have a direct effect on the sense of space enclosure (Pakzad, 2006, p. 133).

The Dehkhoda dictionary defines "enclosed" as meaning confined, besieged, and entangled. Architecture and urban planning concepts refer to an enclosed space as an area surrounded by physical or symbolic elements. Put it differently, if space is somehow confined in a structure, an enclosed space is created (Seydian & Abafat Yeganeh, 2007). Generally speaking, the level of the enclosure can have a direct effect on human behavior. Enclosed spaces strengthen social ties, and a lack of enclosure keeps people from each other. An accurate perception of the elements that cause enclosure will greatly help assess the desirability of the space in the analysis phase. Having said this, to achieve an attractive place, space must be well enclosed (Shams & Nik Pima, 2012). As suggested, the spatial enclosure component and relevant values in studies of the human scale as well as proportions

are focused attention. One of the important features of spaces of a human scale is enclosure. A space enclosed by the human soul is consistent with the human spaces. According to studies, public space enclosure not only facilitates access to the human scale but is also very critical in creating a sense of security for people.

This holds for different spatial scales; for example, in a review of design and residential spaces principles and methods in Iran, Tavasoli concluded that if space was not enclosed properly, an attractive public place or urban space would be lacking. He argued that an enclosed space was characterized by the creation of a sense of place. Enclosed space creates a more secure environment than an abandoned and disorganized space (Shahabi Nejad, Aboie, Ghalenoei, & Mozafar, 2014). The concept of the enclosure was also studied and used in research on angles and isovists-based studies. The relationship between the elements causing spatial enclosure along with mobility and its effect on the viewer's perception of space was addressed by Betty. Here in this study, two simple geometry hypotheses and three real examples using Tate Gallery in London, Regent Street, and Downtown and Northampton were employed which found that, although spatial morphology can be understood from initial geometric elements such as corridors Streets, rooms, and squares, isovist-based studies demonstrated that spatial understanding and mind mapping will ultimately be created out of the interactive enclosure and mobility in space (Batty, 2001).

As mentioned, the spatial enclosure was positively represented in spatial perception. Turner et al. studied the isovists and visual graphs of several cases studied to conclude that the properties of spatial enclosure pertained to spatial perceptions, such as finding a way in, mobility, and use of space (Turner, Doxa, O'Sullivan & Penn, 2001). As demonstrated, the spatial enclosure component contributes less to the study of architectural theory with the relevant concepts developing in the field of urban research. For example, Carmona maintained that the level of enclosure and, consequently, its limits were related to the width of the space and height of the enclosing walls (Haghirian, Sajjadzadeh, & Karimi, 2016). Ashi Hara also extended this concept to the urban scale, explaining the D/H, W/D ratio in the city as follows: The D/H = 1 ratio can be used as a median for comparing spatial quality depending on the ratio being more than or lower than 1. When this ratio is greater than 1, space has the openness and expands, and when it exceeds 2, it incrementally expands into a wider space, very open and infinite. When this ratio is less than 1, space first appears to be compact and familiar and then becomes cramped and suffocating. When the ratio stands at 1, balance is made (Yoshi Nobashi, 2012, p. 69). Generally, the concept of enclosure in any space is a parameter affected by the elements covering that space and the way dimensions are placed. This parameter is directly affected by the area and volume of the space and the length to width and to height ratios which make changes to it. Considering the significant role of enclosure in defining human scales of space, determining view angles, and also its effect on improving the quality of human interactions, space enclosure criteria will cover a significant part of the primary principles of space design. Looking at various relevant researches, it is seen that in most studies, the role of the spatial enclosure as an independent variable on other issues has been studied while its definition, the way it is created and measured are less focused attention. Accordingly, it is imperative to make efforts to develop a theoretical framework to define the component under study.

3. METHODOLOGY

The present study was applied in terms of objective and descriptive in terms of data collection. Descriptive or non-experimental research can be divided into five categories of the survey, correlation, Ex-Post Facto, action research, and case study. This research was a correlative study as the research aimed to measure the correlation between the defined variables. Because the research was aimed at predicting dependent variables based on the changes to independent variables, dependent variables were categorized into criterion variables and independent variables as predictive variables. The hypothesized correlation was measured by regression analysis; since in the research process, a criterion variable was examined based on several predictive variables, multiple regression was applied. Regression is a method to explore experimental relationships between an independent and dependent multi-binary class as well as continuous variables (McCullagh & Nelder, 1989, p. 141). This technique aims to estimate a function of independent variables called regression function. Under specific conditions, this analysis can be used to infer excellent relationships between independent and dependent variables (Bazargan Lari, 2011, p. 51).

There are two primary approaches to spatial dependence and regression framework; one seeks to create a more complex integrated model such as a self-reducing structure for the spatial structure (Anselin, 1988), and the latter aims to design a spatial model to increase the interval between the sample points under study. Therefore, the above method can be used as a reasonable tool to remove spatial self-correlation, and to use rational design for the sample under study, thus creating an ideal balance between the two aspects (Xie, Huang, Claramunt, & Chandramouli, 2005).

Unknown parameters are represented by β and indicate a scale or vector. Independent variables are represented by X and dependent variables by Y. As suggested, the relationship between the variables and the unknown parameter, as shown from Equation 1, is as follows.

Equation 1: The Proposed Equation between Independent and Dependent Variables

$$Y \approx f(X, \beta)$$

The type of research data was quantitative and they were collected via library studies. Considering the objectives and hypotheses defined for this research, the proposed variables system is defined as follows:
Independent variable: Type of activities, level of calories consumed by activities.
Dependent variable: Spatial dimensions and size, level of spatial enclosure.
Moderating variable: Weight of space users, peoples' age, and their gender.
Intervening variable: Psychological state of space users, their physical capacity.

To obtain the values of the independent variable, which represent the level of calories consumed by the activities exercised in the spaces under study, library sources and documents indicating the activity energy were studied. As shown in Table 1, these sources cover a wide range of activities, e.g., from daily activities to sports activities, accurately taking into account the caloric consumption from each activity as relative to peoples' weight. Looking at a large amount of data, the activities considered for middle-aged men was optional being consistent with the spaces where their dimensional standards are available.

Table 1: Calories Consumed by Various Physical Activities

Activity by Weight	59	62	65	68	71	74	77	80	83	86	89	92
Competition Badminton	8.6	9.0	9.4	9.9	10.4	10.8	11.2	11.6	12.1	12.5	12.9	13.4
General Cooking	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2
Competition Basketball	8.7	9.2	9.6	10.1	10.5	10.9	11.4	11.8	12.3	12.7	13.1	13.6
Billiard	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7	3.9
Competition Boxing	13.1	13.8	14.4	15.1	15.8	16.4	17.1	17.8	18.4	19.1	19.8	20.4
General Carpentry	3.1	3.2	3.4	3.5	3.7	3.8	4.0	4.2	4.3	4.5	4.6	4.8
Cleaning	3.4	3.6	3.8	3.9	4.1	4.3	4.5	4.6	4.8	5.0	5.2	5.3
Stand-Up Drawing	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.3	3.3
Eating While Sitting	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1
Electrical Work	3.4	3.6	3.8	3.9	4.1	4.3	4.5	4.6	4.8	5.0	5.2	5.3
Cleaning The Warehouse	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6	10.0	10.4	10.8	11.2	11.6	12.0	12.4
Filed Hockey	7.9	8.3	8.7	9.1	9.5	9.9	10.3	10.7	11.1	11.5	11.9	12.3
Handball	8.5	9.0	9.4	9.8	10.3	10.7	11.2	11.8	12.0	12.5	12.9	13.3
Lying Down Comfortably	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0
Welding	3.1	3.2	3.4	3.5	3.7	3.8	4.0	4.2	4.3	4.5	4.6	4.8
Squash	12.5	13.1	13.8	14.4	15.1	15.7	16.3	17.0	17.6	18.2	18.9	19.5
Ping Pong	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.1	6.3
Sewing/ Ironing	3.7	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.5	5.0	5.1	5.3	5.5	5.7
Electric Typewriting	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5
Competition Volleyball	8.7	9.1	9.5	10.0	3.6	3.7	3.9	4.0	4.2	4.3	4.5	4.6
Judo	11.5	12.1	12.7	13.3	13.8	14.4	15.0	15.6	16.2	16.8	17.4	17.9
Competition Tennis	8.7	9.1	9.5	9.9	10.2	10.6	11.1	11.5	11.9	12.4	12.8	13.2
Billiard	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7	3.9

(William, Frank, & Victor, 2013)

Assuming the physical and mental health of space users, and referring to the existing dimensional standards for spaces understudy, dependent variable values for the selected activities are seen in Table 1. Length, width, height, area, and volume are the dimensional components for the activities in Table 2. Moreover, in proportion to the number of people participating in sports activities and also considering the users of spaces selected, the level of calories consumed by each person was multiplied by the number of people with the total level of calories consumed per minute for space also estimated.

Table 2: Comparison of Standard Space Dimensions and the Number of Calories Consumed

Type of Sport	Length	Width	Height	Area	Space Volume	Consumed Calorie (One Minute)	Number of Users	Total Calories Consumed
Squash	9.75	6.4	5.7	62.4	355.68	15.1	2	30.2
Badminton	13.4	5.18	9.1	69.412	631.64	10.4	2	20.8

Type of Sport	Length	Width	Height	Area	Space Volume	Consumed Calorie (One Minute)	Number of Users	Total Calories Consumed
Basketball	28.	15	9	420	3780	10.5	10	105
Boxing	6.1	6.1	7	37.21	260.47	15.8	2	31.6
Tennis	23.8	8.2	9	195.16	1756.44	10.2	2	20.4
Ping pong	14	7	2.7	98	264.6	4.8	2	9.6
Judo	10	10	7.5	100	750	13.8	2	27.6
Wrestling	12	12	7	144	1008	13.8	2	27.6
Volleyball	18	9	9	162	1458	3.6	12	43.2
Indoor Hockey	40	20	7.6	800	6080	11	12	132
Handball	40	20	9	800	7200	10.3	14	144.2
Billiard	3.7	1.9	2.7	7.03	18.9	3	2	6
General Cooking	4.5	3.5	2.8	15.75	44.71	3.2	2	6.4
Eating	3.75	3.25	2.5	12.18	30.46	1.6	6	9.6
Sitting Slowly	4.87	3.81	2.2	18.57	40.86	1.5	8	12
Getting up Slowly	3.6	3.05	2.5	10.98	27.45	1.9	10	19
Drawing/ Mapping	3	2.4	2.5	7.2	18	2.6	1	2.6
Interior Design Sketches	3	2	2.5	6	15	2.4	1	2.4
Typing	3.05	1.95	2.4	5.94	14.27	1.9	1	1.9
Writing while Eating	2.9	2.45	2.4	7.105	17.052	2.1	1	2.1
Sewing	2.15	1.8	2.5	3.87	9.675	2.9	1	2.9
Cutting	2.15	1.8	2.8	3.87	10.83	2.3	1	2.3
Hand Sewing	2.15	1.8	2.4	3.87	9.28	3.2	1	3.2
Machine Sewing	4.6	2.5	2.5	11.5	28.75	4.4	2	8.8
Ironing	2.15	1.8	2.5	3.87	9.67	4.5	1	4.5
Welding	15	7.5	3.5	112.5	393.75	4.6	3	13.8
Hitting and Piercing	18.75	10	3	187.5	562.5	3.7	4	14.8
Woodturning	18	15	3	270	810	4.1	5	20.5

After creating a comparison table for independent and dependent variables, their correlation was investigated through multiple regression analysis. As stated earlier, there are different methods for regression analysis. In this research, a multiple regression model was used. Using Minitab 16 software and regression analysis, the closest function of changes pertaining to the variables studied was obtained. The functions created by the software determined the correlation of the variables as well as the extent to which they affected each other. These relations will help estimate the optimal dimensions of the spatial structure and level of the enclosure by such components as calories consumed and the number of people present in space.

4. DISCUSSION AND ANALYSIS OF FINDINGS

To meet the objectives of the research, the distinct relationship between area and space, as two quantitative components affecting the level of spatial enclosure, with the level of energy consumption in selected spaces and the equations between the variables was calculated.

Knowledge of the area of each space as a factor determining its dimensional relationship in two dimensions of form and function greatly contributed to the optimal design of that space. In this part of the research, considering the studies performed on the area of several spaces understudy, calculated from standard dimensional sources and also using energy consumption of the activities in those spaces (specific in the table), the proposed equation between independent and format-dependent variables $Y \approx f(X, \beta)$, was obtained by the software. This equation (Equation 2) contains a coefficient for the defined variable and a constant number.

Relationship 2. The Proposed Equation between Area and Consumed Calorie Variables

A (Calories Consumed Per minute) 5.60 + -9.37 = Area

To examine the correlation between the variables, the following hypothesis is used to test the hypotheses:

$$\begin{cases} H_0: b = 0 \\ H_1: b \neq 0 \end{cases}$$

Table 3: Adequacy Index of the Model for the Relationship between Calories Consumed Per Minute and the Space Volume

Correlation Coefficient	Coefficient of Determination	Modified Coefficient of Determination	Error Standard Deviation	Durbin-Watson Value
0.961	0.924	0.916	0.50	1.52

Predictors: (Constant), Calories Consumed Per Minute Dependent Variable: Area

Pearson correlation between independent (calories consumed per minute) and dependent (area) variables was 0.96. The coefficient of determination was 0.92, suggesting that 92% of the area changes can be explained by the component calorie consumed per minute. Also, the Durbin-Watson value used in the regression to test the error independence was approximately 1.52. If the value ranges from 1.5 to 2.5, using regression (which is the case here) is allowed.

Table 4: Table of Significant Correlation of Calories Consumed Per Minute and Area

Sources of Variations	Sum of Squares	Freedom Degree	Mean Squares	F	Sig.
Regression	806128	1	806128		
Residuals	66569	10	6657	121.10	0.000
Total	872696	11			

Predictors: (Constant), Calories Consumed Per Minute Dependent Variable: Area

Because the significance level was less than the error value of 0.05, so the above table indicates the regression was significant at the 0.95 level; in other words, the effect of the independent variable on the dependent variable was found to be significant with the H_0 hypothesis being rejected and H_1 confirmed. Put it simply, there is a correlation between calories consumed per minute and area.

Table 5: Relationship between the Components of Calories Consumed Per Minute and Area

Model	Non-standard Coefficients		Standard Coefficient	T	Sig.
	B	Standard Error	Beta		
Constant	0.8	34.62		-1.10	0.299
Calories Consumed Per Minute	5.60	0.5089	92.48	11.00	0.00

Dependent Variable: Area

Considering the following linear regression equation:
(Calories consumed per minute) 5.60 + -9.37 = Area
The positive sign indicates a direct relationship between the component of calorie consumed per minute and the area. Looking at the p (significance level), the value reported for the independent variable of calorie consumed per minute, this variable has a significant discrepancy with zero ($b \neq 0$) and a coefficient of 0.489 suggests that for one unit increase in the independent variable of calories consumed per minute, the area variable will change and increase by 0.489. The linear regression result indicates that the component of calories consumed per minute was correlated with the area.
The standardized regression coefficient or Beta was 0.92, indicating the relationship between the independent variable (calories consumed per minute) and the dependent variable (area). Using this formula, and considering the level of energy used for the expected activities in the desired design space, one would better understand the area of the space.
Concerning the estimation of the space volume as the dependent variable, a function was selected from among the extracted relationships that indicates the relationship from the changes between the two variables of the number of people and the level of calories consumed per minute and the space volume (Equation 3).
To estimate the space height, Equation 2 can be used, which indicates the proposed equation between the variables of area and calories consumed; in the meantime, by dividing these two factors, the estimated height of the desired space can be calculated.
Relationship 3. The Proposed Equation between the Variables of Volume, Number of People, and Calories Consumed Per minute
(Calories Consumed Per Minute) +141 (Number of People) 441 + 1830 = Space Volume

Table 6: Adequacy Index of the Model on the Relationship between Calories Consumed Per Minute and the Number of People with the Volume of Space

Correlation Coefficient	Coefficient of Determination	Modified Coefficient of Determination	Error Standard Deviation	Durbin-Watson Value
0.888	0.790	0.744	0.1223	1.776

Predictors: (Constant), Calories Consumed Per Minute and Number of People Dependent Variable: Space Volume

Pearson correlation between independent (calories consumed per minute and number of people) and dependent (space volume) variables was 0.888. The coefficient of determination was 0.79, suggesting that 79% of the area changes can be explained by the component calorie consumed per minute and the number of people simultaneously. Also, the Durbin-Watson value used in the regression to test the error independence was approximately 1.776. If the value ranges from 1.5 to 2.5, using regression (which is the case here) is allowed.

Table 7: Significance Test of Correlation of Calories Consumed Per Minute and Number of People with the Volume of Space

Sources of Variations	Sum of Squares	Freedom Degree	Mean Squares	F	Sig.
Regression	50800354	2	25400177		
Residuals	13674627	9	1497381	16.96	0.001
Total	64276781	11			

Predictors: (Constant), Calories Consumed Per Minute and Number of People Dependent Variable: Space Volume

Because the significance level was smaller than the error value of 0.05, the above table indicates the significance of regression at 0.95. In other words, the effect of the independent variable on the dependent variable was significant and the H_0 hypothesis is rejected while H_1 is confirmed. Put it differently, the calories consumed per minute and the number of people are correlated with space volume.

Table 8: Relationship between the Components of Calories Consumed Per Minute and the Number of People with the Space Volume

Model	Non-standard Coefficients		Standard Coefficient	T	Sig.
	B	Standard Error	Beta		
Constant	-1830	1116		-1.64	0.001
Number of People	440.97	75.81	0.79	-5.82	0.00
Calories Consumed Per Minute	141.44	87.41	0.71	-1.62	0.014

Dependent Variable: Space Volume

Considering the following linear regression equation:
(Calories Consumed Per Minute) +141 (Number of People) 441 + 1830 = Space Volume = Area
The negative sign indicates an indirect relationship between the component of calorie consumed per minute and the number of people with the space volume. Looking at the p (significance level), and the value reported for the independent variable of calorie consumed per minute, this variable has a significant discrepancy with zero ($b \neq 0$) and a coefficient of 0.441 suggests that for one unit increase in the independent variable of calories consumed per minute, the area variable will change and increase by 0.441. also, 0.441 suggests that for a unit increase in the independent variable of calories consumed per minute, the variable of space volume will change or increase by 0.141. The linear regression result indicates that the component of calories consumed per minute was correlated with the number of people with the space volume.
The standardized regression coefficient or Beta was 0.79, indicating the relationship between the independent variables (calories consumed per minute and the number of people) and the dependent variable (space volume).
As stated earlier, the height of the space understudy can be calculated by Equations 2 and 3; however, the calculation of the mentioned spatial structure from another highly accurate regression function was also possible. Equation 4 illustrates the equation proposed for the variables of volume, area, and calories consumed per minute. Considering dimensional standards and the proposed area for uses in standard reference books, the component of the area along with the level of calories consumed in the activity, can help determine the extent of space enclosure, thus compensating for the space desirability lost from a quantitative architectural view.
Equation 4. Proposed Equation for the Variables of Volume, Area, and Calories Consumed Per Minute
Calories Consumed Per Mnute 10.3 + 193- = Volume of Space

Table 9: Adequacy Index of the Model on the Relationship between Calories Consumed Per Minute and Area with the Volume of Space

Correlation Coefficient	Coefficient of Determination	Modified Coefficient of Determination	Error Standard Deviation	Durbin-watson Value
0.993	0.987	0.744	0.3086	1.895

Predictors: (Constant), Calories Consumed Per Minute and Area of the Dependent Variable: Volume of Space

Pearson correlation between independent (calories consumed per minute and area) and dependent (space volume) variables was 0.993. The coefficient of determination was 0.98, suggesting that 98% of the space area changes can be explained by the component calorie consumed per minute and the area simultaneously. Also, the Durbin-Watson value used in the regression to test the error independence was approximately 1.895. If the value ranges from 1.5 to 2.5, using regression (which is the case here) is allowed.

Table 10: Test of Significant Correlation of Calories Consumed Per Minute and Area with the Volume of Space

Sources of Variations	Sum of Squares	Freedom Degree	Mean Squares	F	Sig.
Regression	63419644	2	31709822		
Residuals	857138	9	95238	332.96	0.00
Total	6427678	11			

Predictors: (Constant), Calories Consumed Per Minute and Area of the Dependent Variable: Volume of Space

Because the significance level was smaller than the error value of 0.05, the above table indicates the significance of regression at 0.95. In other words, the effect of the independent variable on the dependent variable was found to be significant and the H_0 hypothesis is rejected while H_1 is confirmed. Put it differently, calories consumed per minute and area were found to be correlated with the space volume.

Table 11: Relationship between the Components of Calories Consumed Per Minute and Area with the Space Volume

Model	Non-standard Coefficients		Standard Coefficient	T	Sig.
	B	Standard Error	Beta		
Constant	-1.193	138.6		-1.39	0.001
Calories Consumed Per Minute	10.277	6.970	0.95	1.47	0.004
Area	6.816	1.196	0.92	5.70	0.00

Dependent Variable: Space Volume

The linear regression equation is as follows:

Area 6.82 + Calories Consumed Per Minute 10.3 + 193- = Volume of Space

A negative sign indicates an indirect relationship between the components of calories consumed per minute and the area with the volume of space. Considering the p (significance level) of the value reported for the independent variables of calorie consumption per minute and area, these variables have a significant discrepancy with zero ($b \neq 0$) while a coefficient of 10.3 suggests that for one unit increase in the independent variable of calories consumed per minute, the variable of space volume will change and increase by 10.3. The coefficient of 6.82 also indicates that for a one-unit increase in the independent variable of area, the variable of space volume will change and increase by 6.82. The linear regression demonstrated that the components of calories consumed per minute and area were correlated with the space volume.

The standardized regression coefficient or Beta was 0.95 and 0.92, indicating the relationship between the independent variables (calories consumed per minute and area) and the dependent variable (space volume).

5. CONCLUSION

According to the equations developed for the relationship between the variables in this study, it was found that 92% of changes to the area could be explained by the component of calories consumed per minute, while the mentioned percentage for the dependent variable decreased to 79%. The reason for the reduction was the addition of the height parameter to the variable of volume, affecting the accuracy of the equation. In Equation 4, the changes in the volume-dependent variable, as compared to the variables of area and calories consumed per minute, were predicted to significantly increase to reach 98%.

To answer the first question of this study, one would argue that the high rate of changes in the components under study suggested a significant relationship between the mass-space system and the energy consumed in space activities, helping estimate spatial dimensions and thus its level of enclosure. The components were determined by the number of users of the space, the level of calories consumed in the activity, and the dimensional factors of volume which were selected as needed and used in the relationships extracted.

To answer the other question, the concept of architectural machine, implying the essential, inclusive, fast, and reproducible mechanism (Ziaei, Naghizadeh, & Mokhtabad Amrei, 2017), can be used to recover spatial equations as an architectural machine. Because space area and volume directly affect the level of spatial enclosure, recovering equations that proposed space area and volume using activities and its types will affect the way the component of the enclosure is determined. Extracted spatial equations in this study can be employed as a design machine or part of an all-out machine. This means that the mechanism created can be utilized in designing spatial planning to determine the spatial dimensions. Thus, one can use the advantages of the machine-thinking mechanism, i.e., speed, iteration, and balance in spatial justice. This research tested the authenticity of the hypotheses and predicted the spatial structural dimensions by the level of energy used in space.

REFERENCES

- Anselin, L. (1988). Spatial Econometrics. Methods and Models. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht.
- Batty, M. (2001). Exploring Isovist Fields: Space and Shape in Architectural and Urban Morphology. *Journal of Planning and Design*, 28, 123-150. https://www.researchgate.net/publication/23541237_Exploring_Isovist_Fields_Space_and_Shape_in_Architectural_and_Urban_Morphology
- Bazargan Lari, A. (2011). Applied Linear Regression. Shiraz: Shiraz University. 51.
- Falahat, M.P., & Shahidi, P. (2015). The Role of the Concept of Mass-Space in Explaining the Place of Architecture. *Bagh-e Nazar Scientific Research Monthly*. 12 (35), 38-27. http://www.bagh-sj.com/article_11715.html
- Haghirian, Sh., Sajjadzadeh, H., & Karimi, M. (2016). "Prioritizing Citizen's Aesthetics Preferences in Urban Squares (Case study: 3 Main Hamadan Urban Squares)". *Quarterly Journal of Environmental Planning*, 9 (35) 23-42. http://ebtp.malayeriau.ac.ir/article_528957.html http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4899-3242-6
- McCullagh, P., & Nelder, J. (1989). Generalized Linear Models. (37). CRC Press: Boca Raton.
- Negin Taji, P. (2011). Investigating the Role of Physical Factors in Forming the Concept of Place and Sense of Place. *Landscape Magazine*, (3), 29-16. http://www.manzar-sj.com/article_101.html
- Nurberg Schultz, K. (2009). The Spirit of Place towards the Phenomenology of Architecture. Mohammad Reza Shirazi. Tehran: New happened.http://ensani.ir/fa/article/98363/%D8%B1%D9%88%D8%AD-%D9%85%DA%A9%D8%A7%D9%86-%D9%BE%D8%AF%DB%8C%D8%AF%D8%A7%D8%B1%D8%B4%D9%86%D8%A7%D8%B3%DB%8C-%D9%85%D8%B9%D9%85%D8%A7%D8%B1%DB%8C
- Pakzad, J. (2006). Theoretical Foundations & Urban Design Process. Tehran: Shahidi Publications.
- Seydian, S.A., & Abafat Yeganeh, M. (2007). "Review of the Concept of Physical Confinement in Urban Space". *Rah-o-Sakhtman Monthly*, (46) 46-54. https://www.magiran.com/paper/467708
- Shahabi nejad, A., Aboie, R., Ghalenoei, M., & Mozafar, F. (2015). Human Scale in Naghshe-Jahan Square. *mmi*. 1 (8),1-18. https://mmi.aui.ac.ir/article-1-236-fa.html
- Shams, S., & Nik Pima, M. (2012). An Introduction to the Concept of Confinement in Urban Spaces, a Review of the Literature on the Subject. *Green Message Monthly*, (103), 36-27. https://www.magiran.com/volume/72821
- Turner, A., Doxa, M., O' Sullivan, D., & Penn, A. (2001). From Isovists to Visibility Graphs: A Methodology for the Analysis of Architectural Space. *Journal of Planning and Design*, 28, 103-121.https://www.researchgate.net/publication/23541236_From_Isovists_to_Visibility_Graphs_A_Methodology_for_the_Analysis_of_Architectural_Space
- William, D.M., Frank I.K., & Victor, L.K. (2013). Sports Physiology 2. Asghar Khaledan. Tehran: Samat.
- Xie, C., Huang, B., Claramunt, C., & Chandramouli, C. (2005). Spatial Logistic Regression and GIS to Model Rural-Urban Land Conversion. Proceedings of Processus Second International Colloquium on the Behavioural Foundations of Integrated Land-use and Transportation Models: Frameworks, Models and Applications, June 12-15. Toronto: University of Toronto Press. https://www.researchgate.net/profile/Bo-Huang-46/publication/228904456_Spatial_logistic_regression_and_GIS_to_model_rural_urban_land_conversion%27%27/links/00b49533423e9b665d000000/Spatial-logistic-regression-and-GIS-to-model-rural-urban-land-conversion.pdf
- Yoshi Nobashi, H. (2012). Urban Landscape Aesthetics. Farah Habib. Tehran: Islamic Azad University, Science and Research Branch.
- Ziaei, N., Naghizadeh, M., & Mokhtabad Amrei, S.M. (2017). Retrieving the Shaping Patterns to the Physical Structure of the City in Order to Explain the Concept of Urban Planning Machine. *Bagh-e Nazar Scientific Research Monthly*, 14 (52), 59-70. http://www.bagh-sj.com/article_50518.html.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Hatami, R., & Ziaei, N.P. (2021). Investigating the Relationship between Energy Consumed in Activities and the Spatial Enclosure Component to Improve the Quality of Architectural Design Process. *Armanshahr Architecture & Urban Development Journal*. 14(34), 73-81.

DOI: 10.22034/AAUD.2020.191357.1918
URL: http://www.armanshahrjournal.com/article_131891.html

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Armanshahr Architecture & Urban Development Journal. This is an open- access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.

http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/