فصلنامه علمی-پژوهشی
جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)
سال دهم، شماره ۳، تابستان ۱۳۹۹
صص: ۳۷۳-۳۵۹

مقایسه تطبیقی تاثیر مورفولوژی بر کارایی انرژی با استفاده از روش I.M.M، در محلات هفت حوض و چیذر تهران

مهسا گلابی درفولی

دانشجوی دوره دکتری شهرسازی، دانشکده عمران، معماری و هنر، واحد علوم‌وتحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

حمید ماجدی[۱]

(نویسنده مسئول) دکتری شهرسازی، استاد گروه شهرسازی، دانشکده عمران، معماری و هنر، واحد علوم‌وتحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

اسفندیار زبردست

دکتری شهرسازی، استاد دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

سید مجید مفیدی شمیرانی

استادیار گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۱۰ تاریخ صدور پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۳

چکیده

در عصر حاضر تعدد عوامل شکل دهنده شهرها، فرم پیچیده آنان و موضوع بحران‌زا بهره‌وری انرژی شهری، موجب گردیده است تا اهمیت کاربرد مدل‌های کمی مورفولوژی در تحلیل و طراحی بافت‌های شهری مورد تاکید قرار گیرد. در این مقاله، کلان‌شهر به عنوان یک سیستم تطبیقی پیچیده (CAS) فرض شده‌است و با توجه به آن که مطالعات گسترده‌ای مبین تاثیر فرم شهر و نقش عناصر کالبدی در مصرف انرژی هستند؛ سعی شده تا مصرف انرژی بر مبنای ویژگی‌های مورفولوژیکی مورد بررسی قرار گیرد. مقاله در زمره‌ی تحقیقات کاربردی قرار دارد و از روش تحقیق تطبیقی بهره می‌برد. هدف پژوهش آن است که با در نظر گرفتن رویکردی جامع و به کمک روش IMM، محلات چیذر و هفت‌حوض را از منظر کارایی انرژی به صورت تطبیقی ارزیابی نماید و به این سوال پاسخ دهد که بین محله طراحی شده هفت‌حوض و بافت ارگانیک محله چیذر، کدامیک از بهره‌وری انرژی مناسب‌تری برخوردار است. در مقاله، ابتدا رویکرد CAS تبیین و روش کاملا نوین IMM به عنوان مدل کاربردی این نوشتار معرفی شده است. سپس دو محله مذکور، مورد ارزیابی تطبیقی قرار گرفته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد محله چیذر در شاخص‌های هم‌پیوندی و دسترسی از لحاظ کمی در وضعیت نامناسبی قرار داشته و نیازمند اصلاحات اساسی می‌باشد و در شاخص‌های تخلخل، مجاورت نیز ضعیف‌تر است. در نتیجه، به صورت کلی، محله هفت‌حوض از بهره‌وری انرژی مناسب‌تری برخوردار است.

کلمات کلیدی: روش IMM، مورفولوژی شهری، بهره‌وری انرژی، محله هفت‌حوض، محله چیذر

۱-(نویسنده مسئول) majedi@srbiau.ac.ir

مقدمه

پنجاه و پنج درصد جمعیت جهان در سال ۲۰۱۸ در مناطق شهری زندگی می‌کنند و پیش‌بینی می‌شود که این عدد تا سال ۲۰۵۰ تا ٦٨ درصد افزایش یابد. با توجه به رشد بالای جمعیت و نرخ بالای شهرنشینی، تا سال ۲۰۳۰ مناطق شهری دنیا در مقایسه با ابتدای قرن بیستم، سه برابر خواهند شد (United Nations, 2018) و این در حالی است که امروزه شهرهای دنیا حدود سه چهارم انرژی دنیا را مصرف و ٦۰ درصد گازهای گلخانه‌ای را تولید می‌نمایند. بدین سبب نحوه ساخت و طراحی مناطق شهری تاثیر بسیار مهمی بر وضعیت فعلی و آینده ما خواهد داشت (Shi et al, 2017: 121) و به طور گسترده‌ای تصدیق شده است که شکل شهر و مورفولوژی آن عاملی مهم، در بهره‌وری انرژی شهری است (Wang & Li, 2016: 3225) و (Oliveira, 2016). ضرورت بهینه‌سازی مصرف انرژی در شهرها از طریق اصلاح ساختار کالبدی– فضایی بافت‌های شهری هنگامی کاملا توجیه می‌شود که حتی تکنولوژی نیز در بسیاری از موارد، در پاسخ به بحران آلودگی ناشی از توسعه صنعتی نه تنها موفق نبوده بلکه در برخی موارد به این بحران دامن زده است (پاسیان خمری، ۱۳۹٦: ۸۵).

در این نوشتار، با توجه به اهمیت بعد کالبدی و شکل شهر، مورفولوژی شهری به عنوان یکی از عوامل موثر بر میزان مصرف انرژی مورد مداقه قرار خواهد گرفت. مورفولوژی شهری اصطلاحی رایج در پژوهش‌های شهری است که به نقل از وایتهند[1] تمامی آن‌ها بر روی فرم فیزیکی مناطق شهری متمرکزند(Whitehand, 2001).

با وجود آن‌که مورفولوژی بر مطالعه شهر به عنوان یک محیط کالبدی متمرکز است، اما به طور ضمنی پیوندی میان عناصر فضایی و مادی شهر و نیروهای اجتماعی و اقتصادی شکل‌دهنده آن نیز برقرار می‌کند. به بیان دیگر " کالبد شهر، اثر و ردپای تمایلات و فعالیت‌های انسانی است (Moudon,2000 به نقل از میرمقتدایی، ۱۳۸۵: ۱۳۱) و در نتیجه می‌تواند تصویری جامع از شهر را ترسیم نماید.

از سویی دیگر پژوهش‌های مطرح شده در خصوص شهر و انرژی هر یک با نگاهی متفاوت به این موضوع می‌نگرند. بخش عظیمی از مطالعاتی که تا کنون در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در حوزه شهرسازی انجام شده است، به بررسی اثرات شکل شهری بر مصرف سوخت در حمل‌ونقل و یا محاسبه مصرف انرژی در مقیاس‌های خرد و ساختمان‌ها پرداخته‌اند (حاجی‌پور و فروزان، ۱۳۹۳: ۱۸) وکمتر پژوهش‌هایی با نگاه جامع در مقیاس میانی و محلات صورت گرفته است.

به عبارت دیگر از نظر فضایی، اکثر پژوهش‌های صورت گرفته تا کنون بر سطوح ماکرو(ملی و بخشی) و میکرو (مقیاس ساختمانی) تمرکز نموده‌اند و اطلاعات کمی راجع به متابولیسم مصرف انرژی عملکردی در سطح محله وجود دارد (حاجی پور و فروزان، ۱۳۹۳: ۱۸). به همین سبب مقیاس پژوهش پیش‌رو، مقیاس میانی (محلی) در نظر گرفته شده است .

اقدامات موثر و قابل ملاحظه‌ای در زمینه مصرف بهینه انرژی در بیشتر شهرهای واقع در نواحی کم و بیش ثروتمند جهان رایج است، که موجی از نوآوری در طراحی و فناوری را با خود به همراه داشته است(Droege, 2018: 2) و بر

[1] J.W.R Whitehand

حوزه‌های متفاوتی از جمله روش‌ها و مدل‌های ارزیابی و شبیه‌سازی تاثیر می‌گذارد. در این راستا این نوشتار رویکردی مخصوص و نوآورانه‌ای را بر پایه یک متدولوژی جامع با در نظر گرفتن شهر به عنوان سیستم تطبیقی پیچیده (CAS[1]) به کار برده است.

مدل‌ها و روش‌های اندازه‌گیری میزان مصرف انرژی در شهر طیف بسیار متنوعی را به خود اختصاص می‌دهند. براساس بررسی‌های انجام شده می‌توان آن‌ها را بر اساس، حیطه عمل(تک‌بخشی/ چندبخشی)، ماهیت روش شناختی (فضایی/ غیرفضایی، شبیه سازی، مشاهده محور، فرایندمحور) و مقیاس (قطعه، واحد همسایگی، محله، شهر) به سه دسته تقسیم نمود (Condon et al,2009 :10-9). لازم به ذکر است توانایی مدل‌ها در تدوین سیاست‌های آتی سازمان نیز از معیارهای مهم طبقه‌بندی مدل‌ها به شمار می‌رود که با توجه به هدف این نوشتار مورد بحث نخواهد بود. بر اساس اهداف و ویژگی‌های این پژوهش، روش IMM[2] جهت ارزیابی میزان مصرف انرژی محلات انتخاب شده است. روش مذکور، روشی کاملا نوین است که در دهه گذشته میلادی طی پژوهش‌های صورت گرفته در دانشگاه پلی‌تکنیک میلان ایتالیا، زیر نظر پروفسور مسیمو تدی[3]، به جهانیان معرفی شده است و هم اکنون نیز در حال بازنگری‌های مجدد در شاخص‌ها می‌باشد. روش IMM بر پایه متدولوژی CAS برنامه‌ریزی شده است و به عنوان روشی چند بخشی، فضایی، مشاهده محور و چند مقیاسی(با تاکید بر مقیاس میانی) قابل دسته‌بندی است. سایر جزئیات روش در بخش مبانی نظری به تفصیل ارائه خواهد شد.

در رویکرد جامعی که در این مقاله دنبال شده است، شهر به عنوان یک وجود واحد، متشکل از اجزا، یا به بیان دیگر یک سیستم تطبیقی پیچیده (CAS) منحصر به فرد در نظر گرفته شده است.ماهافی[4] و همکاران (۲۰۰۹) معتقدند که شهر یک سیستم پیچیده مصرف کننده انرژی، مطابق با نیاز و سطوح مختلف بهره‌وری خود می‌باشد و صرفا مجموعه‌ای از مصرف کنندگان انرژی جدا از هم نیست(Mahaffy et al, 2009) . در این رابطه، زانی[5](۲۰۱۲) بیان داشته است که امروزه، پیچیدگی و ناهمگونی عناصر شهری به حدی است که امکان تجزیه و تحلیل و دگردیسی آن به وسیله یک منطق استقرایی یا قیاسی وجود ندارد (Zanni, 2012) و جهت دست‌یابی به نتایج دقیق در بررسی یک سیستم پیچیده، استفاده از متدولوژی ساده‌سازی، انتخاب مناسبی نیست. تحقیقات ارزشمند زیادی وجود دارد که به وسیله متدولوژی ساده‌سازی انجام گرفته‌اند و به ما کمک می‌کنند تا بهتر مسئله تعادل انرژی شهری را درک کنیم؛ اما، ساده‌سازی مسئله، با در نظر نگرفتن پارامترهای کلیدی تاثیر گذار، باعث شده است تحقیقات به نتایج ناسازگار با هم منجر شوند (Vahabzadeh Manesh et al, 2012:633). بنابر این پژوهش حاضر در پی آن است تا با در نظر گرفتن رویکردی جامع و به کمک روش IMM، محلات چیذر و هفت‌حوض را از منظر کارایی انرژی به صورت تطبیقی ارزیابی نماید.

---

[1] Complex Adaptive System
[2] Integrated Modification Methodology
[3] Massimo Tadi
[4] Mahaffy
[5] Zanni

مبانی نظری

سیستم تطبیقی پیچیده (CAS)

یک سیستم پیچیده (CS[1]) مجموعه‌ای از عناصر همگن به هم‌پیوسته است که به عنوان یک کل، یک یا چند موضوع را نشان می‌دهد و نتیجه نهایی کل سیستم از عملکرد اجزاء تشکیل‌دهنده سیستم، کاملا متفاوت است. سیستم تطبیقی پیچیده (CAS)، نوع مخصوصی از سیستم پیچیده است که عملکرد شهرها زیرمجموعه‌ای از آن بوده و کارایی نهایی سیستم از کنار هم قرار گرفتن کارایی‌های هر جزء منفرد حاصل می‌شود (Nel et al, 2018, 251). با توجه به این مهم که عملکرد نهایی شهر از اصلاح عناصر شهری پدید می‌آید و عناصر نیز با عملکرد ناهمگن، تغییرات گوناگون و قوانین خاص ارتباطی به هم متصل می‌شوند(Tadi et al (1) , 2014:2) لزوم بررسی شهر به عنوان یک CAS مورد تاکید قرار می‌گیرد.

هرCAS دو نوع مختلف از فشارها را تجربه می‌کند: درونی و بیرونی. واکنش‌های تطبیقی، پاسخ CAS به عوامل وارد کننده فشار است. به عبارت دیگر، CAS باید واکنش‌های خود را با فشارهای متغیر وارده در گذر زمان منطبق کند. اگر این انطباق در درون و به وسیله اعضای موجود در یک زیرسیستم انجام شود، با نام انطباق عرضی و اگر بین زیرسیستم‌های مختلف انطباق صورت گیرد، با نام انطباق طولی شناخته می‌شود. بهینه‌سازی طولی بین زیرسیستم‌های مختلف اتفاق می‌افتد و زیرسیستم‌ها در هم‌زیستی با هم، ارتباط متقابل برقرار می‌کنند تا کارایی خودشان را بهبود بخشند و به سبب آن سطح کارایی تمام سیستم بهبود پیدا کند (Vahabzadeh Manesh et al, 2012:633). در نتیجه می‌توان کارایی کلی سیستم‌های پیچیده را با استفاده از رفتارهای تطبیقی و تبدیل انطباق‌ها به بهینه‌سازی‌ها بهبود داد. در این رویکرد، ریخت‌شناسی شهری طی زمان، از طریق تغییر دائم عناصر موجود شهری، به عنوان یک پاسخ به فشارهای اعمالی داخلی و بیرونی حاصل می‌شود. به عبارت دیگر، شهر دستخوش فرآیند تغییری پیوسته می‌شود تا با این دگردیسی‌ها به سمت مورفولوژی بهینه شهری حرکت نماید.

جدول ۱: عناصر کلیدی روش شبیه سازی CAS

		تطبیق پذیری سیستم	
دگردیسی سیستم پیچیده (بهینه‌سازی)	زمان	انطباق طولی/ عمودی	انطباق عرضی/ افقی
		تغییرات بیرونی	تغییرات درونی
		همبستگی لایه‌ها	تغییرات در یک لایه از سیستم

منبع: (Vahabzadeh Manesh et al, 2012:635)، گردآوری و تحلیل نویسندگان، ۱۳۹۷.

روش اصلاح یکپارچه(I.M.M)

نظریه I.M.M با در نظر گرفتن شهر به عنوان سیستم تطبیق‌پذیر پیچیده، تاثیر مورفولوژی بر مصرف انرژی را بررسی می‌نماید. نظریه مذکور، از طریق یک فرایند طراحی مرحله‌بندی شده با وابستگی درونی، نشان می‌دهد چگونه درهم‌آمیختن گستره‌ی وسیعی از موضوعات برای بهبود وضعیت شهر و کارایی انرژی اهمیت دارد و با تاکید بر مقیاس میانی به عنوان پلی میان مقیاس خرد و کلان ایفای نقش می‌نماید (Vahabzadeh Manesh & Tadi, 2013: 1215). معیار اصلی برای محدود کردن مرز مداخله بافت‌های وسیع؛ جنبه‌های مورفولوژیکی، لایه‌های اجتماعی و

[1] Complex System

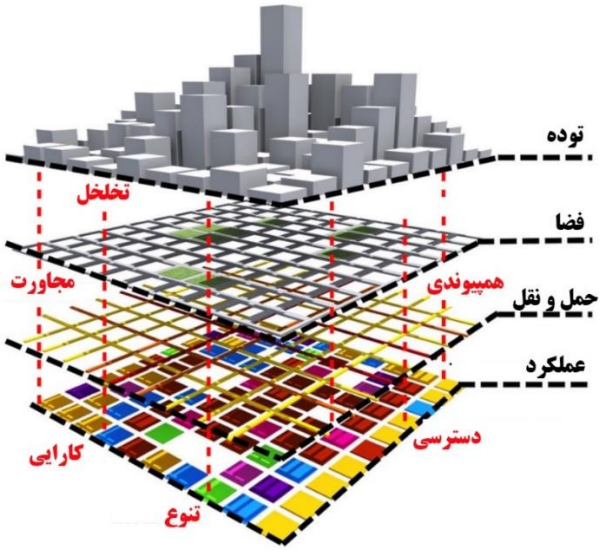
عملکردی است (Tadi et al (1) , 2014,3). این روش با بررسی دقیق وضع موجود پس از طی کردن چهار مرحله " شناخت – تحلیل"، "تدوین چارچوب"، "اصلاح از طریق قواعد و طراحی" و بهینه سازی (Vahabzade Manesh & Tadi, 2013: 1216) موجب بهینه‌سازی مصرف انرژی با تاکید بر ویژگی‌های موفولوژیکی خواهد بود. لازم به ذکر است که مرحله اول جهت ارزیابی میزان مصرف انرژی در وضع موجود کاربرد داشته و سایر مراحل به صورت فرایندی جهت ارائه اصول طراحی، بهینه‌سازی و تغییرات آتی مورد استفاده قرار خواهند گرفت. با توجه به هدف این مقاله مبنی بر بررسی تطبیقی میزان مصرف انرژی در محلات، این نوشتار به کاربست مرحله اول این روش در نمونه‌های مورد مطالعه می‌پردازد. جدول ۲ نشان دهنده مراحل، اجزا، ارتباطات و هدف روش در مرحله اول است.

جدول ۲: مراحل و ارتباطات مرحله اول در روش I.M.M

مرحله اول	الف	بررسی افقی	تجزیه سیستم جهت بررسی (زیرمجموعه‌ها)	شناخت
	ب	بررسی عمودی	ارزش گذاری طبقات کلیدی (همبستگی‌ها)	
	ج	عملکرد محیطی واقعی سیستم براساس ۱۰ شاخص		اندازه‌گیری

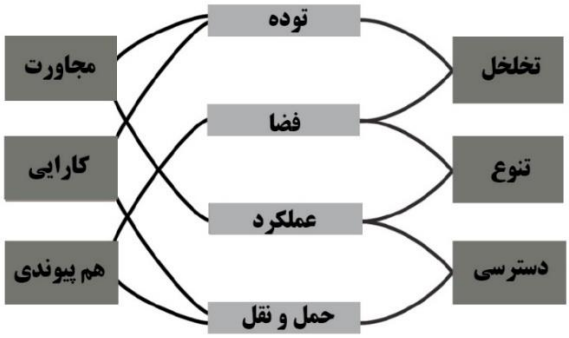
منبع: (Vahabzadeh Manesh & Tadi, 2013: 1216)

روش I.M.M مطابق تصویر ۱ با روند تجزیه‌سازی CAS به مؤلفه‌های فیزیکی یا زیرمجموعه‌ها آن آغاز می‌گردد. که شامل: فضای باز، توده، عملکرد و حمل‌ونقل می‌باشد. سپس همبستگی میان زیرمجموعه‌ها مورد توجه قرار گرفته و از طریق یک بررسی جزئی‌تر به نام بررسی عمودی و تعریف شاخص‌های کلیدی مورد مداقه قرار می‌گیرد. شاخص‌ها جهت بررسی همبستگی‌ها و تحلیل ویژگی‌های مورفولوژیکی رفتار داخلی بافت شهری، به ترتیب چنین در نظر گرفته می‌شود: تخلخل، مجاورت، تنوع، هم‌پیوندی، دسترسی و کارایی (Vahabzadeh Manesh & Tadi, 2013: 1216).



تصویر ۱: اجزای سازنده روش IMM، (منبع: www.immdesignlab.com/informazioni)

به بیان دیگر با توجه به عملکرد روش مذکور بر اساس رویکرد CAS، این روش دارای ٤ زیر سیستم است که هر لایه بر اساس انطباقات عرضی مورد بررسی قرار گرفته است. سپس همبستگی طولی لایه‌ها نیز، طبق نمودار ۱، به کمک ٦ مفهوم کلیدی (شاخص)، سنجش می‌شوند.



نمودار ۱: همبستگی طولی لایه‌های اصلی و استخراج مفاهیم کلیدی، منبع: (Tadi et al, 2017:3)

نظر به اهمیت تبیین ارتباطات زیر لایه‌ها در این روش؛ یکپارچه‌سازی لایه‌ها و شاخص‌های منتج از آن که نقش اساسی در بررسی‌های عمودی خواهند داشت، در جدول ۳ به تفصیل ارائه می‌گردد.

جدول ۳: یکپارچه‌سازی لایه‌ها و شاخص‌های کلیدی (همبستگی طولی/ عمودی)

یکپارچه سازی لایه‌ها		شاخص‌های کلیدی	توضیحات
توده	فضا	تخلخل	عواملی همچون سطح فشردگی بافت شهری، رابطه توده و فضا، بهره خورشیدی ساختمان‌ها، جریان باد بین توده‌ها و غیره مورد سنجش قرار می‌گیرد.
توده	عملکرد	مجاورت	جهت شناخت گره‌های فعالیتی و مورفولوژیکی کاربرد دارد. محلات با توجه به میزان نزدیکی آنان به کاربری‌های اصلی شهری، جنبه‌های مورفولوژیکی، الگوی پراکندگی و محل تجمع فعالیت‌های اصلی، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.
عملکرد	فضا	تنوع	تنوع نشان‌دهنده سطح بازدهی یک محله است. علاوه بر داشتن ویژگی‌های اجتماعی قوی‌تر، محله‌های با سطوح بالاتر تنوع، به دلیل مجاورت انواع مختلف فعالیت‌ها، انرژی کمتری در بخش حمل‌ونقل مصرف می‌کنند. علاوه بر آن به مفهوم تنوع زیستی و فضاهای سبز نیز اشاره دارد.
حمل‌ونقل	فضا	هم‌پیوندی	نشان‌دهنده قدرت شبکه خیابان‌ها و کیفیت جریان ترافیک در آن‌ها است. بیانگر چگونگی اتصال بخش‌های مختلف یک بافت شهری به یکدیگر از طریق خیابان‌ها می‌باشد.
حمل‌ونقل	عملکرد	دسترسی	نشان‌دهنده سهولت دسترسی به مقاصد مختلف شهری است. دسترسی شامل جنبه‌های مختلفی از لایه‌های حمل‌ونقل مانند فن‌آوری‌ها و شبکه زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی است و کمیت و کیفیت کاربری‌های شهری در محلات نیز می‌تواند از نظر ظرفیت تولید شغل و مجاورت آن‌ها به گره‌های حمل‌ونقلی مورد ارزیابی قرار گیرد.
حمل‌ونقل	توده	کارایی	وضعیت حمل و نقل عمومی برای مناطق شهری با سطح فشردگی مختلف، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

منبع: (Vahabzadeh Manesh & Tadi,2013:1217) و www.immdesignlab.com/informazioni و (Tadi at al(1),2014:6,7)، گردآوری و تحلیل نویسندگان.

نمونه موردی

ایران به عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه، دارای بیش‌ترین میزان مصرف انرژی در میان کشورهای خاورمیانه است و با داشتن سریع‌ترین نرخ رشد در مصرف گاز طبیعی (BP Statistical Review of World Energy, 2017) لزوم بهینه‌سازی مصرف انرژی در شهرها و کلان شهرها به دقت نظر بالایی نیاز دارد. به همین سبب در این مقاله تاثیر مورفولوژی بر مصرف انرژی محلات هفت‌حوض و چیذر شهر تهران به روش IMM مورد بررسی قرار گرفته است. محله هفت‌حوض، به عنوان یکی از محلات قدیمی، واقع در منطقه ۸ شهرداری تهران، از نمونه‌های موفق طراحی محله بشمار می‌رود. محله چیذر نیز واقع در منطقه ۱ شهرداری تهران، از قدیمی‌ترین محلات شهر تهران است، که با بافتی ارگانیک، در سال‌های اخیر شاهد تغییرات کالبدی زیادی بوده است. نمونه‌های مورد مطالعه با مورفولوژی‌های کاملا متفاوت انتخاب شده‌اند تا در بررسی‌ها، تاثیر مورفولوژی بر میزان مصرف انرژی هرچه بیشتر مورد تاکید قرار گیرد. نظر به محدودیت‌های تحقیق و عدم امکان دسترسی به آمار دقیق حمل‌ونقل محلی، تعداد

سفر شهری در لایه اصلی حمل‌ونقل قابل تبیین نبوده و در بررسی عمودی، شاخص کارایی با اطلاعات موجود، قابل محاسبه نیست.

بررسی و تحلیل

ارزیابی افقی

همانطور که در بخش مبانی نظری بدان اشاره شد، در این روش ابتدا لایه‌های اصلی سازنده (توده، حجم، حمل‌ونقل و عملکرد) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. شاخص‌ها، روش ارزیابی و نتایج مربوطه در جدول ٤ ارائه شده است.

جدول ٤: بررسی تطبیقی لایه‌های اصلی (ارزیابی افقی) نمونه‌های موردی

لایه اصلی	شاخص	روش محاسبه	مقدار	
			محله چیذر	محله هفت‌حوض
توده	تراکم ساختمانی	$Vl = V_{built} / Area$	16.87	8.20
فضا	تراکم فضای باز	$Vd = V_{open} / Area$	6.12	8.28
عملکرد	تراکم شغل	$Fn = J_{number} / Area$	0.0021	0.0016

منبع: (نویسندگان، ۱۳۹۷)

بر مبنای متدولوژی روش IMM ارزیابی افقی، اطلاعات کلی از وضعیت محله را ارائه خواهد داد. هدف اصلی از این بخش، شناخت وضعیت کلی لایه‌های اصلی و عوامل تاثیر گذار هر لایه در همبستگی‌های طولی است. بر این اساس طبق جدول ٤، لایه‌های اصلی توده، فضا و عملکرد مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند تا اطلاعات پشتیبان تحلیل کمی و کیفی در ارزیابی‌های عمودی فراهم گردد و تحلیل‌های یکپارچه هر شاخص، در بخش ارزیابی عمودی ارائه می‌گردد. به طور کلی نظر به تفاوت چشمگیر تراکم ساختمانی این دو محله، موضوع تراکم در تحلیل‌های همبستگی مورد مداقه قرار می‌گیرد. در تراکم فضاهای باز، تفاوت قابل ملاحظه‌ای میان محلات وجود ندارد؛ در نتیجه بررسی همبستگی لایه فضا با سایر لایه‌ها در ارزیابی عمودی، وضعیت کیفی این شاخص را مشخص می‌نماید. در لایه عملکردی نیز، تحلیل بر اساس تعداد مشاغل صورت گرفته است که به سبب عملکرد مسکونی منسجم و متشابه هر دو نمونه، نتایج یکسان حاصل شده است.

ارزیابی عمودی

بخش دوم بررسی و تحلیل، شناخت و تبیین روابط میان لایه‌ها از طریق شاخص‌های کلیدی است. که در این مطالعه شاخص تخلخل، مجاورت، تنوع، هم‌پیوندی، دسترسی را شامل می شود.

- **تخلخل**: شاخص تخلخل به کمک مفاهیم مربوط به تراکم حجمی تعریف می‌شود. تراکم حجمی مفهوم ساده‌ای است که ریشه در اجزای سازنده تخلخل (فضاهای پر و خالی) دارد و به روش زیر قابل محاسبه می باشد: (Tadi et al, 2017)

$$V = \frac{\sum(A*h)}{Vt-Vb} * 100$$

V=نسبت حجمی (توده به فضا)؛ A=مساحت همکف ؛h=ارتفاع ساختمان‌ها؛Vt=حجم کل ؛ Vb=حجم توده

طبق جدول ۵، شاخص تخلل در محله هفت‌حوض ۰,۹۸ می‌باشد که موکد تعادل حجمی در محله است. به بیان دیگر از لحاظ کمی میانگین ارتفاعی مناسب، یکنواختی بافت مسکونی، برابری میانگین حجم توده‌های ساختمانی و فضاهای باز ونیز بررسی کیفی مورفولوژی محدوده، از لحاظ پراکنش مناسب فضاهای باز در میان توده‌های

ساختمانی موجب گردیده است تا گردش هوا، سایه انـدازی و سـایر فاکتورهـای متـاثر از حجـم فضـایی، مطلـوب ارزیابی گردند. شاخص تخلل محله چیذر با مقدار ۲,۷۵، نشان از تراکم بالای محدوده دارد. عـدم تعـادل در نسـبت حجمی فضاهای باز و توده‌های ساختمانی و پراکنش نامناسب فضاهای باز و بسـته در سـطح محلـه، موجـب درهـم تنیدگی بیشتر بافت ارگانیک شده و به لحاظ کمی و کیفی بر میزان مصرف انرژی متاثر از شاخص تخلخـل تـاثیرات منفی داشته است.

- **مجاورت** : تعداد کاربری‌های اصلی که در شعاع دسترسی پیاده قرار دارنـد، شـاخص مجـاورت را تعریـف مـی-نمایند. برای ارزش‌گذاری این شاخص، ابتدا یکی از کاربری‌ها به عنوان مرکز فرض می‌گـردد و سـایر کـاربری‌هـای موجود در شعاع پیاده آن (۲۰۰ متر)، شمارش می‌شود. محاسبات برای سایر کاربری‌ها به همین شکل تکـرار شـده و میانگین آن‌ها را عنوان شاخص نزدیکی در نظر می‌گیریم (Tadi at al(2), 2014: 411).

$$P_x = \frac{\sum_{i=0}^{N} nj}{N}, S$$

P = شاخص مجاورت؛ N = تعداد کاربری‌های شاخص ؛ nj=کـاربری‌هـای موجـود در حـوزه دسترسـی پیـاده؛ S= انحراف از معیار

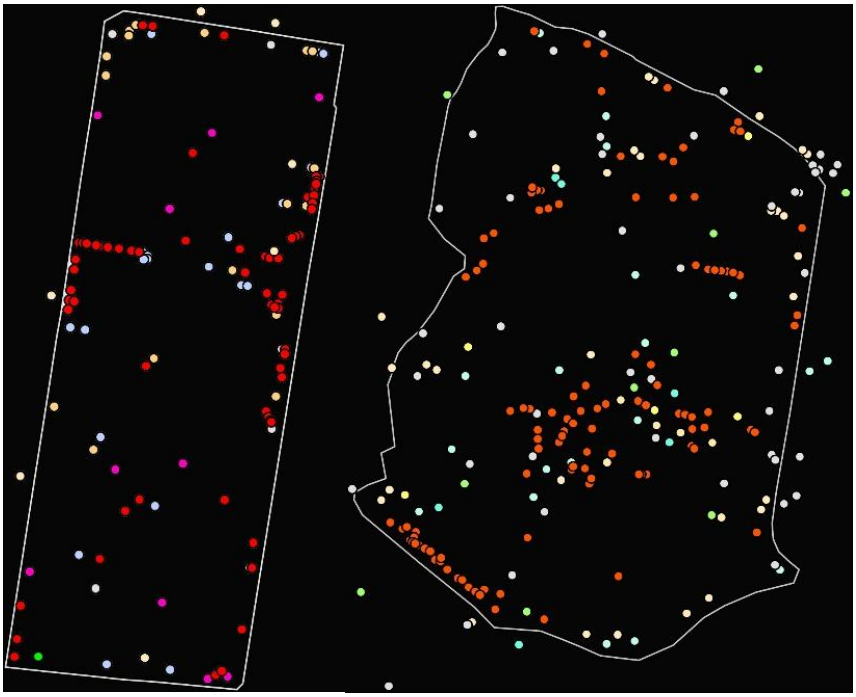
طبق جدول ۵، شاخص مجاورت برای محله هفت‌حوض ۱۵,٤۰ و برای محله چیذر 24.76 درج شده اسـت کـه بـه ترتیب دارای انحراف معیار ۸,٦۳ و ۱۲,٦۳ می باشند. در تحلیل مقادیر کمی ارائه شده باید ابتدا بـه ایـن مهـم اشـاره نمود که محله چیذر با توجه به قرارگیری در منطقه یک شهرداری تهران، دارای تعداد فعالیت‌های بیشتری نسـبت بـه محله هفت حوض می‌باشد و علاوه بر آن دارای فعالیت‌هایی خارج از مقیـاس محلـه اسـت. بـه همـین دلیـل دارای شاخص مجاورت بالاتری می‌باشد. اما بررسی‌های کیفی و موروفولوژیکی سایت و انحراف معیار بیشتر محله چیـذر نشان‌گر آن است که پراکنش فعالیت‌ها در بخش مرکزی و مجـاور محـور اصـلی محـدود شـده اسـت و از پـراکنش مناسبی در سراسر محله برخوردار نمی‌باشد. با تاکید بر موضـوعات مـذکور، بررسـی محلـه هفـت‌حـوض وضـعیت مناسب‌تری را در پراکنش فعالیت‌ها نشان می‌دهد.

- **تنوع:** شاخص تنوع میزان گوناگونی فعالیت‌های شهری را تبیین می‌نماید. این شاخص رابطه مستقیم بـا تعـداد و نوع کاربری‌ها دارد. برای محاسبه گوناگونی از شاخص اصلاح شده "سیمپسون[1]" اسـتفاده مـی‌شـود. جهـت تـدقیق مفهوم، می‌توان علاوه بر دسته‌بندی‌های عمومی از روش‌های مختلف دسته‌بندی، از جمله دسته‌بندی بر اساس کیفیت فضایی استفاده نمود. (Tadi at al(2), 2014: 412)

$$D_1 = \frac{c}{c-1}\left[1 - \sum_{i=0}^{c}\left(\frac{ni}{N}\right)^2\right]$$

D1= شاخص اصلاح شده سیمپسون؛ C= تعداد دسته‌ها؛ ni= تعداد کاربری‌ها در یک دسته‌بنـدی خـاص؛ N=تعـداد کل کاربری‌ها (تادی و محمدزاده، ۱۳۹۳: ۷۷)

[1] Simpson Index



تصویر ۲: شاخص مجاورت (سمت راست محله چیذر، سمت چپ محله هفت‌حوض)، منبع: (نگارندگان ۱۳۹۷)

در این مطالعه، شاخص سیمپسون در دو دسته‌بندی عمومی و کیفی به کار گرفته شده است. در بخش نخست که تحلیل‌ها براساس دسته‌بندی عمومی کاربری‌ها انجام شده است(تصویر۲)، مطابق جدول ۵، هر دو محله هفت‌حوض و چیذر با مقادیر ۰,۸٤ و ۰,۸۸ دارای شرایط بسیار مناسبی از لحاظ تنوع فعالیت‌های ارزیابی می‌گردند و بررسی‌ها نشان‌گر آن است که تمامی نیازهای روزانه و ماهانه ساکنین، در محدوده قابل تامین می‌باشند. در بخش دوم، برای تدقیق بهتر شاخص تنوع، در ارزیابی‌های کیفی از تقسیم‌بندی کاربری‌ها به دو دسته ضروری و انتخابی استفاده شده است. در راستای تحلیل‌های موثرتر، فعالیت‌های ضروری نیز به دو دسته دائمی و غیردائمی تفکیک شده‌اند تا نوع فعالیت‌ها به صورت کیفی نیز ارزیابی گردند. که مقدار برابر ۰,۹۸ برای هر دو محله حاصل گردید. در نتیجه هر دو محله از لحاظ کمی و کیفی در موضوع عملکردهای شهری، از جمله تنوع فعالیت، پراکنش فعالیت، تامین نیازهای ضروری و انتخابی ساکنین از وضعیت مطلوبی برخوردارند.

- **هم‌پیوندی**: شاخص هم‌پیوندی بیان‌گر حرکت میان بلوک‌های ساختمانی است. بدیهی است فضاهای خالی مورد بحث در این شاخص خیابان‌ها می‌باشند. یک راه قابل قبول برای برای ارزش گذاری هم‌پیوندی محاسبه عمق متوسط برای شبکه راه‌های شهری است. عمق یک واحد فضایی عبارتست از متوسط تعداد تقاطع‌هایی که برای رسیدن به تمام واحدهای موجود در سیستم باید از آن‌ها گذر کرد. با استفاده از این روش ارزش‌گذاری می‌توان تعیین کرد که یک واحد فضایی چگونه با سایر واحدها مرتبط است. (تادی و محمدزاده، ۱۳۹۳: ۷۸)

$$MD = \frac{\sum d.n}{k-1}$$

MD=عمق متوسط؛ d=عمق؛ n=تعداد واحدهای فضایی در یک عمق خاص؛ k=تمام واحدهای فضایی موجود در سیستم

تصویر۳: شاخص هم‌پیوندی(سمت راست محله چیذر، سمت چپ محله هفت‌حوض)، منبع: (نگارندگان، ۱۳۹۷)

بر اساس جدول ۵، محله‌های هفت‌حوض و چیذر به ترتیب دارای میانگین عمق فضایی ٦,٦٥ و ١٦,٨٥ می‌باشند. طبق تصویر شماه ۳، خطوط هرچه از طیف رنگ‌های گرم به سرد تغییر نماید، دارای عمق بیشتر و دسترسی کمتری است. که به صورت کمی بیانگر عدم دسترسی مناسب فضایی در محله چیذر می‌باشد. با توجه به اهمیت موضوع دسترسی در مصرف انرژی، این نتایج به خودی خود، وضعیت مناسب‌تری را برای محله هفت‌حوض بیان می‌کنند. از سوی دیگر نتایج موید تاثیر مورفولوژی محلات بر میزان مصرف انرژی است. چرا که محله هفت‌حوض با توجه به بافت طراحی شده از عمق مطلوب دسترسی بهره می‌برد ولی محله چیذر با توجه به بافت ارگانیک و معابر در هم تنیده وضعیت نامطلوبی در شاخص هم‌پیوندی کسب نموده است.

- **دسترسی**: این شاخص جهت ارزیابی سهولت دسترسی به مقاصد، مستقیما به فاکتور زمان وابسته است و ارزش گذاری آن متاثر از تکنولوژی حمل‌ونقل عمومی و کیفیت شبکه راه است. محاسبه آن بر اساس تعداد مقصد شغلی قابل دسترس توسط سامانه حمل‌و نقل عمومی[1] در مدت زمانی معین می‌باشد. با در نظر گرفتن ساختار شبکه حمل-ونقل عمومی، بزرگترین منطقه‌ای که در مدت زمان در نظر گرفته شده تحت پوشش سامانه حمل‌ونقل عمومی قرار می‌گیرد محاسبه و هسته دسترسی (تصویر٤) نام می‌گیرد. نسبت مساحت این هسته و مقاصد شغلی در آن به مساحت کل منطقه مورد مطالعه، میزان دسترسی را معین می‌نماید. (تادی و محمدزاده، ۱۳۹۳: ۷۸)

$$Acc = Nj\ \frac{Ac}{At}$$

Nj= تعداد مقاصد شغلی موجود در هسته دسترسی؛ Ac= مساحت هسته‌ی دسترسی؛ At= مساحت کل

[1] در این پژوهش حمل و نقل عمومی مترو و اتوبوس فرض شده است و ایستگاه های دوچرخه با توجه به عدم عملکرد صحیح و موثر به عنوان یک مد حمل‌ونقلی، از محاسبات خارج شده‌اند.

تصویر ٤: هسته مرکزی (سمت راست محله چیذر، سمت چپ محله هفت‌حوض)، منبع: (نگارندگان، ۱۳۹۷)

همان‌طور که در بررسی‌های افقی طبق جدول ٤، بدان اشاره شد، تعداد شغل تخمین زده محله چیذر با توجه به فعالیت‌ها و کاربری‌های وضع موجود، بیشتر از نمونه دیگر است. اما شاخص دسترسی با بررسی همبستگی لایه‌های دسترسی و عملکرد، تاثیر حمل‌ونقل و تعداد مشاغل را به صورت توامان بر میزان مصرف انرژی تبیین می‌نمایند. در همین راستا، با استفاده از پراکنش ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی در سطح محله و تعریف حوزه دسترسی پیاده به آنان (تصویر ٤) هسته مرکزی ترسیم گردید. نتایج نشان می‌دهد که محدوده‌ای کمتر از ۱۰ درصد در محله چیذر تحت پوشش حمل‌ونقل عمومی قرار گرفته است. که این مهم، در محله هفت حوض دارای مقداری بیش از ۹۰ درصد می‌باشد. بر اساس موارد مطروحه، مطابق جدول ۵، شاخص دسترسی محلات هفت‌حوض و چیذر به ترتیت ۱۱۳۹ و ۲۵ می‌باشد. که نشان‌گر ضعف مطلق محله چیذر در دسترسی به حمل‌ونقل عمومی است.

جدول ۵ : مقایسه تطبیقی شاخص‌ها (ارزیابی عمودی)

	شاخص	محله چیذر	محله هفت حوض
تخلخل	نسبت حجمی	2.75	0.98
مجاورت	شاخص مجاورت	24.76	15.40
	انحراف از معیار	12.63	8.63
تنوع	شاخص سیمپسون (عمومی)	۰,۸۸	0.84
	شاخص سیمپسون (کیفیت فضایی	۰,۹۸	۰,۹۸
هم‌پیوندی	میانگین عمق فضایی	۱٦,۸٥	6.65
دسترسی	شاخص دسترسی (مقاصد شغلی در شعاع دسترسی عمومی)	25	1139

منبع: (نگارندگان، ۱۳۹۷)

نتیجه‌گیری

روش IMM چارچوب علمی چالش برانگیزی را در مباحث انرژی مطرح نموده است.این روش با تبیین رابطه بین مصرف انرژی و مورفولوژی به دنبال بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق تغییرات مورفولوژیکی می‌باشد.

بر همین اساس ٤ لایه اصلی توده، فضا، عملکرد و دسترسی را با در نظر گرفتن همبستگی‌های میان لایه‌ها از طریق تعریف ٦ شاخص تخلخل، مجاورت، تنوع، هم‌پیوندی، دسترسی و کارایی مورد ارزیابی قرار می‌دهد. در راستای هدف پژوهش مبنی بر ارزیابی تطبیقی تاثیر مورفولوژی بر میزان مصرف انرژی در محلات هفت‌حوض و چیذر، بر اساس روش مذکور، شاخص‌ها مورد سنجش قرار گرفته‌اند.

روش IMM نشان می‌دهد، بحث میان تراکم بالاتر و پایین‌تر در مصرف انرژی، عاملی منحرف کننده است. تراکم و حتی فشردگی به خودی خود برای تضمین عملکرد زیست‌محیطی بالا کافی نیستند.چرا که با توجه به مطالعات، علی‌رغم تراکم بالاترمحله چیذر، بهره‌وری انرژی در شاخص‌های متاثر از تراکم، به مراتب کمتر از محله هفت‌حوض بوده است. به بیان دیگر شاخص تخلخل و هم‌پیوندی که به لایه‌های توده و فضا وابسته‌اند، در محله چیذر دارای ارزش پایین‌تری بوده و محله هفت‌حوض با تراکم کم‌تر دارای عملکرد بهتر در شاخص‌های مذکور می‌باشد.

از سوی دیگر، این نوشتار، نقش لایه حمل‌ونقل در میزان مصرف انرژی را، به خوبی مورد تاکید قرار داده است.

به نحوی که، تراکم بالاتر محله چیذر، استفاده از خودرو را به حداقل نمی‌رساند و بیشتر از محله هفت‌حوض به خودرو وابسته است.

شاخص دسترسی محله چیذر به دلیل ضعف دسترسی به حمل‌ونقل عمومی، دارای تفاوت چشمگیر با محله هفت-حوض بوده و بیانگر نقش خودرو شخصی در جابه جایی‌ها می‌باشد، که به مراتب به میزان انرژی بیشتری نیاز دارد.

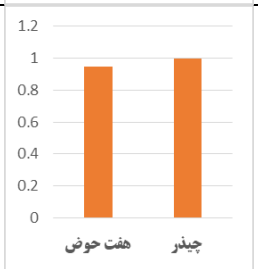
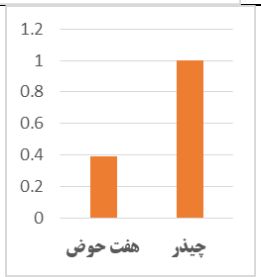
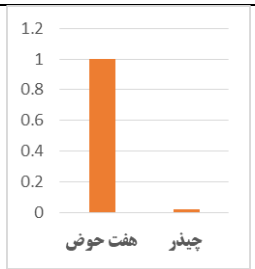
لازم به ذکر است که با توجه به نقش اساسی لایه حمل ونقل در روش IMM و اهمیت آن در میزان مصرف انرژی، محله چیذر نیازمند بازنگری‌های اساسی در دسترسی به حمل‌ونقل عمومی در سطح محله می‌باشد.

مطابق جدول ٦، محلات در شاخص تنوع، از لحاظ کمی و کیفی دارای مقادیر برابر بوده و در وضعیت مطلوبی از بهره‌وری انرژی می‌باشند. در شاخص مجاورت نیز هر دو در شرایط مناسبی قرار داشته و بر ارزیابی تطبیقی تاثیر گذار نمی‌باشند.

این نوشتار، برتری بافت‌های ارگانیک در بهره‌وری انرژی را موضوعی غیر قابل تعمیم بیان می‌کند. چرا که بافت‌های ارگانیک موجود مانند محله چیذر، در مقیاس زمان، دچار تغییرات گسترده‌ای بوده‌اند و فرصت همگام‌سازی مورفولوژیکی نیافته‌اند و در وضع موجود، فرم ارگانیک این محله، در مقایسه با محله طراحی شده هفت‌حوض، تاثیر مستقیم بر افزایش میزان مصرف انرژی را نشان می‌دهد.

در پاسخ به سوال پژوهش می‌توان اشاره نمود که، بر اساس مطالعات صورت گرفته به روش IMM، محله چیذر به علت نسبت تراکم حجمی بالا، عدم دسترسی به حمل و نقل عمومی، بافت کاملا ارگانیک و معابر بن‌بست و عمق فضایی بالا، کمبود فضای باز و پراکنش نامناسب فضاهای باز موجود در سطح محله در بررسی تطبیقی با محله هفت‌حوض از بهره‌وری کمتری از انرژی برخوردار است.

جدول ٦ : بررسی تطبیقی محلات بر اساس شاخص‌های روش IMM

شاخص	بررسی تطبیقی شاخص‌ها	محلـه مطلـوب‌تـر در شاخص: چیذر	محلـه مطلـوب‌تـر در شاخص: هفـــت-حوض	توضیحات
تخلخل			✓	نسبت حجمی مناسب‌تر (توده به فضا)، پراکنش مناسب‌تر فضای باز و بسته و دسترسی بهتر به نور خورشید و گردش مناسب هوا در محله هفت‌حوض
مجاورت		✓	✓	- پراکنش مناسب‌تر فعالیت‌ها در سطح محله هفت‌حوض (انحراف معیار کوچک‌تر) - پیوستگی مناسب و عدم وجود کاربری‌های فرامحله‌ای در بافت محله هفت‌حوض
تنوع		✓	✓	تنوع بالای فعالیت‌ها به لحاظ کمی و کیفی در هر دو محله
هم‌پیوندی			✓	بافت طراحی شده، دسترسی با عمق مناسب و حفظ سلسله مراتب دسترسی در محله هفت حوض
دسترسی			✓	بهره‌مندی از حمل‌ونقل عمومی در داخل بافت مسکونی و دسترسی به سه مد حمل‌ونقل مترو، اتوبوس (اتوبوس شهری و BRT) و دوچرخه در سایت در محله هفت حوض

منبع: (نویسندگان، ۱۳۹۷)

منابع

تادی، ماسیمو؛ و محمدزاده، محمدهادی (۱۳۹۳)، طراحی واحدهای همسایگی و ترنسفورم شهری به روش "I.M.M" بخش سوم، فصلنامه تخصصی طراح، پاییز و زمستان، (۷٤-۸۷)

حاجی پور، خلیل؛ و فروزان، نرجس (۱۳۹۳)، بررسی تاثیر فرم شهر بر میزان مصرف انرژی عملکردی در بخش مسکونی، نمونه موردی: شهر شیراز، نشریه هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی، دوره نوزدهم، شماره ٤، (۱۷–۲٦)

پاسیان خمری، رضا (۱۳۹٦)، کاربست الگوی LEED_ND برای سنجش پایداری محیطی محله، مود پژوهی: محله اقتصاد و سبز مشهد – سرچشمه گرگان، فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات محیطی هفت حصار، شماره ۲۰، (۸۲–۹۳)

رضایی جهرمی، پگاه؛ و برک‌پور، ناصر (۱۳۹۵)، ارزیابی کارایی انرژی در مقیاس شهری در مقایسه دو روش لید و تریس؛نمونه مطالعاتی: محله ظهیر آباد شهر تهران، فصل نامه علمی-پژوهشی نقش جهان، شماره ۱–٦، (۱۸–۳۰)

مرتضایی، گلناز؛ و محمدی، محمود؛ و نصراللهی، فرشاد؛ و قلعه نویی، محمود (۱۳۹٦)، بررسی ریخت–گونه شناسانه بافت‌های مسکونی جدید در راستای بهینه سازی مصرف انرژی اولیه، مطالعات موردی: سپاهان شهر، فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات شـهر، شـماره ۲٤، (٤۱–٥٤)

میرمقتدایی، مهتا (۱۳۸۵)، پیشنهاد روشی برای تحلیل شخصیت شهر، مجله علمی – پژوهشی محیط شناسی، شماره ۳۹، (۱۲۹ – ۱٤۰)

BP Statistical Review of World Energy June 2017, https/ :/www.bp.com/content /dam/bp /en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf

Condon, Patrick M.;Cavens,Duncan ; Miller,Nicole (2009), Urban planning tools for climate changing mitigation, policy focus report,linclon institute of land policy.

Droege, Peter (2018), Urban Energy Transition 2nd Edition: From Fossil Fuels to Renewable Power, Elsevier.

Mahaffy, M.; Cowan, S. & Urge-Vorsatz, D. (2009), The Factor of Urban Morphology in Greenhouse Gas Emission. *IARU Scientific Congress*: Copenhagen, pp. 1-12.

Moudon, Anne V. (2000), Proof of Goodness: a substantive basis for new urbanism, Places Journal (38-43)

Nel ,Darren; du Plessis ,Chrisna & Landman ,Karina (2018) Planning for dynamic cities: introducing a framework to understand urban change from a complex adaptive systems approach, International Planning Studies, 23:3, 250-263 .

Oliveira, Vitor (۲۰۱۶), Urban Morphology, Springer International Publishing, Cham, 2016.

Shi, Zhongming; Fonseca, Jimeno A. & Schlueter, Arno (2017), A review of simulation-based urban form generation and optimization for energy-driven urban design, Building and Enviroment, 121, 119-129.

Tadi, M.; Vahabzadeh Manesh, S.; Hadi Mohammad Zadeh,M. & Naraghi, A. (2014), Environmental and energy performances optimization of a neighborhood in Tehran, via IMM methodology. International Journal of Engineering, Science and Innovative Technology (IJESIT). Volume 3, Issue 1,(409-428).

Tadi, M.; Vahabzadeh Manesh, S. & Hadi Mohammad Zadeh, M. (2014), Investigation of Urban Form and Environmental Performances via IMM methodology: The case of Tehran, Iran. Hybridization between Form and Energy.

Tadi, Massimo et al. Urban Porosity. A morphological Key Category for the optimization of the CAS's environmental and energy performance.. GSTF Journal of Engineering Technology (JET)**,** [S.l.], v. 4, n. 3, nov. 2017. ISSN 2251-371X. Available at: <http://dl6.globalstf.org/index.php/jet/article/view/245

United Nations, World Urbanization Prospects, 2018 Revision, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York, 2018.

Vahabzadeh Manesh, S. & Tadi,M. (2013), Integrated Modification Methodology (I.M.M). A phasing process for sustainable Urban Design Issue 73 of World Academy of Science, Engineering and Technology, pp. 1207-1213.

Vahabzadeh Manesh, S.; Tadi, M. & Zanni, F. (2012), Integrated Sustainable Urban Design: Neighborhood design proceeded by sustainable urban morphology emergence, WIT Transactions on Ecology and The Environment, Vol.155, pp. (631-642)

Wang, Xin & Li, Zhengwei (2016), A systematic approach to evaluate the impact of urban form on urban energy efficiency: a case study in Shanghai, The 8 International Conference on Applied Energy, (3225 – 3231).

Whitehand, J.W.R.(2001), British Urban Morphology: the Conzenian tradition. Urban morphology) pp. 3-10) , UK: North Umbria University.

www.immdesignlab.com/informazioni

Zanni, F. (2012), Urban Hybridization. In press, pp. n/a, 2012.