

گونه‌شناسی فرم شهر و ساختار فضایی پایدار با نظری بر شهر تهران*

مهندس آزاده قرائی**، دکتر اسفندیار زبردست***، دکتر حمید ماجدی****

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۵/۰۸ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۲/۳۰

چکیده

فرم و ساختار فضایی شهر، از ابعاد مهم شناخت و تحلیل شهر می‌باشند. بررسی ادبیات نظری پیرامون مفاهیم ساختار فضایی، فرم شهری، استخوان‌بندی و شکل شهر نشان می‌دهد تنوع آراء در این حوزه‌ها بسیار است؛ لذا محقق با استفاده از روش‌های پژوهش قیاسی به دنبال تبارشناسی و واکاوی دقیق مفاهیم فرم و ساختار فضایی شهر است. از طرف دیگر، یکی از مهم‌ترین منابع ناپایداری، فرم و ساختار فضایی شهر شناخته شده است. محقق با استفاده از روش پژوهش استقرایی و بهره‌گیری از مدل خوشه‌بندی K-means در نرم‌افزار Python و همچنین استفاده از نرم‌افزار GIS جهت تحلیل داده‌های مکانی و پرسش‌نامه ساکنین برای شاخص‌های کیفی، به دنبال آن است که ارتباط میان مؤلفه‌های فرم شهری و ساختار فضایی را بر مؤلفه‌های پایداری در مقیاس مناطق شهر تهران شناسایی نماید. همپوشانی بالای خوشه‌بندی مناطق تهران بر اساس شاخص‌های فرم و ساختار فضایی و نیز شاخص‌های پایداری، نشان‌دهنده تأثیرگذاری مستقیم شاخص‌های فرم و ساختار فضایی شهری بر پایداری در شهر تهران است.

واژه‌های کلیدی

فرم شهر، ساختار فضایی، پایداری اجتماعی، پایداری اقتصادی، پایداری زیست‌محیطی

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان «تبیین ارتباط بین ساختار فضایی و فرم در پایداری شهر، نمونه موردی: شهر تهران» است که با راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشکده عمران معماری و هنر دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، در دست انجام است.
** دانشجوی دکترای شهرسازی، گروه شهرسازی، دانشکده عمران معماری و هنر واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
azadehgharaye@yahoo.com
*** استاد تمام و عضو هیأت علمی دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. (مسئول مکاتبات)
zebardst@ut.ac.ir
**** استاد تمام و عضو هیأت علمی گروه شهرسازی، دانشکده عمران معماری و هنر واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
majedi_h@yahoo.com

مقدمه

بر برخی جوانب پایداری شهری (پایداری الگوهای سفر و مصرف انرژی و یا پایداری اجتماعی) متمرکز شده‌اند (نظیر پژوهش‌های Bramley, Wheeler, 2003, 300؛ Camagni, 2002, 200؛ 2009, 2120؛ Chen, 2008, 28؛ ۲۰۱۳۸۶، ۲۰). از این رو، تحلیل جامع ارتباط مؤلفه‌های فرم شهری و ساختار فضایی در مقیاس شهر تهران با پایداری در ابعاد مختلف و استنتاج الگوها و فرم‌های شهری پایدار حائز اهمیت خواهد بود. نتایج پیاده‌سازی چهارچوب نظری فوق در تهران و طبقه‌بندی مناطق آن، ما را در درک بهتر ارتباط میان این مفاهیم توانمند می‌سازد.

مروری بر مفاهیم نظری

فرم شهری و ساختار فضایی شهری پایدار

توسعه سریع شهری در دهه‌های اخیر زندگی بشر را تحت تأثیر قرار داده است. در دهه‌های گذشته شهرها به‌عنوان منابع تخریب محیط‌زیست و استهلاک منابع طبیعی دیده شده‌اند (Chen et al., 2008, 28). اهداف مهم توسعه شهری پایدار در کشورهای ثروتمند، کاهش تغییرات آب و هوایی، کاهش مصرف انرژی و آلودگی، حفاظت از نواحی طبیعی و زراعی و فراهم آوردن محیطی امن و سالم برای شهروندان به‌ویژه گروه‌های آسیب‌پذیر است (Næss, 2014, 1524). شهر پایدار شهری است که در آن بهبود در عدالت اجتماعی، تنوع و امکان زندگی باکیفیت مطلوب تحقق یابد. فرم شهری پایدار نیز فرمی است که در آن منابع کمتری از جمله انرژی مصرف شود، شبکه‌های شهری کارا و رقابتی بوده و قابلیت بالا برای زندگی انسان را دارا باشند (عزیزی، ۱۳۸۰، ۲۲). برخی ویژگی‌های شهر پایدار عبارت‌اند از: عدالت میان نسلی، حفاظت از محیط‌زیست طبیعی، حداقل استفاده از منابع تجدیدناپذیر، حیات و تنوع اقتصادی، جامعه مستقل و غیر وابسته، رفاه افراد و برآورده سازی نیازهای اولیه انسانی (Maclaren, 2004, 205). این ابعاد توسعه پایدار بر فضای اکولوژی شهری تأثیرگذار و از آن تأثیرپذیرند. به‌طور کلی جوانب محیط مصنوع پایدار در جدول ۱ آورده شده است.

با مرور ادبیات پایداری و توسعه پایدار شهری می‌توان نتیجه گرفت که «بهره‌وری منابع در الگوهای مختلف سکونتگاهی منوط به حداقل دو منبع طبیعی محدود است: منبع زمین برای کاربردهای مسکونی و منابع انرژی برای کاربردهای جابه‌جایی. مصرف زمین به‌طور مستقیم به فشردگی نسبی سکونتگاه‌های انسانی و تراکم مسکونی بستگی دارد. از طرف دیگر مصرف انرژی به‌طور غیرمستقیم به همان متغیرها و نیز الگوهای جابه‌جایی وابسته است» (Camagni et al., 2002, 200). بر اساس مرور ادبیات جهانی پیرامون مفاهیم فرم شهری و

توسعه سریع شهری در چند دهه اخیر ابعاد مختلف زندگی بشر را تحت تأثیر قرار داده است. شدت این تأثیرگذاری و نیز توجه به نقش شهرها در مصرف انرژی و منابع طبیعی، تولید ضایعات و آلاینده‌ها و نیز در برداشتن تمرکز فعالیت‌های انسانی، توسعه شهری پایدار را به عنصری کلیدی در آینده بشریت مبدل نموده است و لذا تلاش برای درک پایداری شهری و ابعاد مختلف آن ادامه دارد. بحث در خصوص توسعه پایدار شهری به‌عنوان یک مفهوم چندجانبه و گسترده، موضوع فرم و شکل شهری را نیز در برمی‌گیرد. بررسی مبانی نظری پیرامون موضوعاتی از قبیل فرم شهری، ساختار فضایی، استخوان‌بندی، ساختار کالبدی، الگوی شکل کلی شهر و الگوی کلی رشد شهر نشان‌دهنده اختلاف نظر صاحب‌نظران در این حوزه‌ها است. برخی از مهم‌ترین دلایل اختلاف نظر صاحب‌نظران درباره تعاریف مفاهیم فوق عبارت‌اند از: تفاوت در مقیاس‌های مطالعاتی، تنوع حوزه‌ها و رویکردهای پژوهشی، تفاوت در ترجمه واژگان انگلیسی و نگاه برنامه‌ریزانه یا طراحانه صاحب‌نظران. گونه شناسی تعاریف فرم شهر و ساختار فضایی شهر، بر اساس دیدگاه صاحب‌نظران و در مقیاس‌های مطالعاتی گوناگون، سبب درک جامع‌تری از مفاهیم فوق گردیده و تمایزات و همپوشانی‌های محتوایی این دو اصطلاح را آشکار می‌سازد. از طرف دیگر، مفاهیم فرم شهری و ساختار فضایی با در برگرفتن محورهای گسترده‌ای از موضوعات مرتبط با شهر و شهرسازی از قبیل سیمای طبیعی، جمعیت، تراکم، مراکز فعالیتی، پراکنش کاربری‌ها، شبکه‌های ارتباطی و دیگر محورها، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابعاد شناخت و تحلیل شهر، نقش غیرقابل‌انکاری بر پایداری اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و کالبدی ایفا می‌نمایند. لذا دستیابی به یک فرم شهری پایدار که موجب توسعه شیوه‌های کارآمدتر سکونت و فعالیت در شهرها باشد، به یکی از دغدغه‌های برنامه‌ریزان شهری مبدل گردیده است. اگر تهران در سه جایگاه مرکز مجموعه شهری تهران، شهر تهران و مجموعه‌ای متشکل از ۲۲ منطقه در نظر گرفته شود، برخی از محورهای فرم و ساختار فضایی در مقیاس کلان نظیر شبکه‌های ارتباطی برون‌شهری، سهم جمعیت حوزه‌های شهری و ساختار کالبدی طبیعی و مصنوع در طرح مجموعه شهری و طرح ساختاری و برخی دیگر نظیر تراکم‌های جمعیتی، حمل‌ونقل عمومی و تراکم‌های ساختمانی در طرح تفصیلی مناطق شهر تهران بدون مدنظر قرار دادن هدفمند و نظام‌مند تأثیرات این مؤلفه‌ها بر ابعاد مختلف پایداری، موردبررسی و تحلیل قرار گرفته‌اند. از طرف دیگر بسیاری از پژوهش‌های انجام‌شده داخلی و داخلی نیز تنها بر تبیین تأثیرات تعداد محدودی از شاخص‌های فرم (انواع تراکم‌های شهری)

جدول ۱. جوانب محیط مصنوع پایدار (منبع: Jenks & Jones, 2009, 3)

ارتباطات و حمل و نقل	زیست محیطی - بازیافت و استفاده مجدد	زیست محیطی و مصرف انرژی	کاربری زمین و فرم ساخته شده
معاير حمل و نقلی سبک، اتوبوس‌ها و مسیرهای دوستدار محیط زیست	سیستم آب‌های خاکستری	ترکیب گرما و برق - تولید برق محلی	استفاده فراوان از زمین شهری
امکانات دوچرخه سواری	بازیافت آب برای باغبانی و شستشوی ماشین	تولید برق میکرو	شبکه‌ها و کریدورهای سبز خود مدیریتی
زیرساخت‌های دوستدار عابر پیاده	مصرف مجدد آب برای پارک‌های اکولوژی و فضاهای سبز	انرژی‌های تجدیدپذیر	اختلاط کاربری اراضی در تراکم‌های نسبتاً بالا
محدودیت پارکینگ اتومبیل	بازیافت زباله و استفاده برای تولید بیوگاز	کاهش مصرف انرژی	مسکن قابل استطاعت
	کاهش زباله‌های خانگی	سطوح بالای عایق	هویت محلی
	شیوه زندگی به‌دوراز کربن	روشنایی هوشمند و سیستم‌های امنیتی، حرارتی و فناوری اطلاعات یکپارچه	مصلح ساختمانی پایدار
		ارزیابی سازگاری با محیط زیست	طراحی منعطف و استانداردهای فضای مطلوب
			عایق‌های صوتی بهبود یافته

ساختار فضایی شهری که به تلخیص در جداول ۲ و ۳ ارائه گردیده است، موضوعات تراکم، چیدمان کاربری اراضی، فواصل میان مراکز شهری و الگوهای جابه‌جایی و برخی محورهای دیگر از فرم و ساختار فضایی شهری نشأت می‌گیرند. لذا می‌توان چنین استنباط نمود که فرم شهری و ساختار فضایی شهری با تأثیرگذاری بر دو منبع زمین و انرژی، می‌توانند سبب افزایش، کاهش و یا تثبیت پایداری شهری شوند. از این‌رو، تبیین نحوه اثرگذاری مؤلفه‌های فرم شهری و ساختار فضایی شهری بر پایداری و استنتاج الگوها و فرم‌های شهری پایدار حائز اهمیت خواهد بود.

بر اساس جداول ۲ و ۳، در برخی از تعاریف پیرامون مفاهیم فرم شهر و ساختار فضایی شهر، شاخص‌های مشترک، گهگاه تحت عناوین مختلف به کار برده شده است. این تفاوت رویکردها با توجه به نگاه برنامه‌ریزان یا طراحان صاحب‌نظران کاملاً مشهود و قابل درک است. یکی از دلایل این اختلاف‌نظرها را نیز می‌توان در تفاوت قائل نشدن میان مفاهیم ساختار شهری و ساختار فضایی شهری جستجو نمود که از نگاه طراحان برخی افراد، مغفول مانده است. «فرم‌های شهری اگر از نظر مردم به‌عنوان مکانی برای زندگی، کار و تعاملات قابل قبول نباشند و یا جوامعی بی‌ثبات و ناکارآمد باشند، نمی‌توانند پایدار تلقی شوند» (Bramley et al., 2009). ساختار فضایی کارآمد می‌تواند به مشوق و پشتیبان جهت پویایی اقتصادی و در نهایت، رقابت‌پذیری شهر مبدل شود. ساختار فضایی پایدار نتیجه به‌کارگیری معیارهای پایداری و شرایط مختلفی است که در طول زمان شکل می‌گیرند. تکوین یک ساختار فضایی پایدار به شرایطی

چون تأمین سهولت حرکت و دسترسی به همراه توجیه‌پذیری حمل‌ونقل عمومی، توجیه‌پذیری اختلاط کاربری‌ها و میزان انطباق و انعطاف‌پذیری، کیفیت زیست‌محیطی و رعایت فاصله بین مراکز فعالیت و سکونت بستگی دارد (Meijer et al., 2011). آنچه به پایداری شهری می‌انجامد شامل شیوه کارآمد کاربری زمین، ایجاد بهترین دسترسی‌ها و حمل‌ونقل به تمام نقاط شهر با حداقل استفاده از وسیله نقلیه موتوری آلوده‌کننده، کاربرد کارآمد منابع، فقدان انواع آلودگی‌ها و ضایعات محیطی، استفاده درست از منابع طبیعی و امکان تجدید چرخه آن، خانه‌سازی مطلوب و ایجاد محله‌های سالم، برقراری نظام بوم‌شناسانه پایا، اقتصاد شهری پایدار، امکان حضور و فعالیت ساکنان شهرها در مشارکت‌های اجتماعی و تصمیمات شهری، حذف زاغه‌نشینی و مسکن غیربهداشتی و بالاخره حفظ فرهنگ محیطی بر اساس استیلاي عقل و خرد جمعی است (Wheeler, 2004). این موضوعات به‌طور مستقیم با ساختار فضایی شهر در ارتباط است. ساختار فضایی شهر نظم و رابطه بین عناصر کالبدی و کاربری‌ها را در شهر نشان می‌دهد (Cheng et al., 2006). بحث درباره اینکه آیا فرم‌های شهری خاص می‌توانند بر پایداری شهرها تأثیرگذار باشند، دارای سابقه نسبتاً طولانی و غنی است (Williams, 2005). به‌طور کلی دیدگاه‌های ارائه‌شده در مورد الگوهای شهری پایدار را می‌توان در چند گروه طرفداران تمرکز شهری، طرفداران عدم تمرکز شهری، طرفداران دیدگاه سازش-گرانه میان تمرکز شهری و عدم تمرکز شهری و یا گسترش برنامه‌ریزی‌شده تقسیم کرد. هر یک از صاحب‌نظران، پایداری فرم و ساختار فضایی شهر را با معیارهای

جدول ۲. تلخیص مؤلفه‌ها و اجزای فرم شهری بر اساس مرور ادبیات جهانی

مؤلفه‌ها و اجزاء	مأخذ
توزیع فضایی افرادی که مشغول انجام فعالیتی هستند، جریان‌های فضایی حاصل از حرکت افراد، کالاها و اطلاعات و خصوصیات کالبدی که فضا را به نحوی که برای آن فعالیت‌ها اهمیت داشته باشد.	Lynch, 1981
صورت؛ آن چیزی که شیء مطلقاً از طریق آن متمایز نمی‌شود.	صلیبا، ۱۳۶۶
کلیه عناصر و اجزای کالبدی و قابل‌رؤیت شهر متشکل از عناصر طبیعی و مصنوع؛	حمیدی، ۱۳۷۲
الگوی توزیع فضایی فعالیت‌های انسان در دوره خاصی از زمان: الگوی فضایی کاربری اراضی و تراکم آنها و همچنین طراحی فضایی حمل‌ونقل و زیرساخت؛	Anderson, 1996
فرم مصنوع مربوط به یک دوره تاریخی خاص؛ حاصل فعالیت‌هایی که در آن انجام می‌گیرد و برای جای دادن به آنها طراحی شده است.	Kropf, 1996
ترکیب ویژگی‌های مربوط به الگوی کاربری اراضی، سیستم حمل‌ونقل و طراحی شهری؛	Handy, 1996
الگوی فیزیکی کاربری زمین، توزیع جمعیت و شبکه‌های ارتباطی؛	Ibrahim, 1997
دربرگیرنده مؤلفه‌های تراکم، فضای باز، اندازه، فشردگی و جمعیت؛	Banister et al, 1997
الگوهای کاربری زمین، زیرساخت حمل‌ونقل، آب و زیرساخت انرژی و فرم فیزیکی توسعه؛	Smith, & Marquez 1999
دربرگیرنده شاخص‌هایی نظیر ۱- فاصله سکونت از مرکز شهر ۲- اندازه سکونتگاه ۳- اختلاط کاربری‌ها ۴- ارائه تسهیلات و امکانات محلی ۵- تراکم توسعه ۶- نزدیکی به شبکه‌های اصلی حمل‌ونقل ۷- دسترسی به پارکینگ مسکونی ۸- نوع شبکه معابر ۹- گونه واحد همسایگی؛	Stead & Marshall, 2001
متشکل از عوامل مصنوع، عوامل طبیعی و عوامل انسانی و دربرگیرنده مفاهیم اندازه شهر، بافت شهر، الگوی شهر، ساختار کالبدی و در تلفیق با محیط؛	حبیب، ۱۳۸۰، ۷۰
الگوی خیابان‌ها، قطعات زمین، بلوک‌ها و ویژگی‌های کاربری زمین؛	,Wheeler, 2003
اندازه متروپلیتن و تراکم جمعیتی؛	Giuliano & Narayan, 2003
طراحی خیابان و سیستم‌های گردش، تراکم، اختلاط کاربری زمین، دسترسی، دسترسی پیاده؛	Song & Knaap, 2004
نمایش تأثیرات اقدامات انسانی بر محیط درون و بیرون شهر؛	Alberti, 2005
کالبد و فرم ساخته‌شده شهر؛ جانمایی (ساختار و دانه‌بندی)، تراکم، مقیاس (ارتفاع و جرم‌گذاری)، ظاهر (مصالح و جزئیات) و منظر توسعه؛	Cowan, 2005
تراکم، اندازه، توپوگرافی، چیدمان شبکه معابر؛	Williams, 2005
حمل‌ونقل (دسترسی)، ویژگی‌های کاربری زمین و تراکم؛	Muñiz & Galindo, 2005
ویژگی‌های کاربری زمین، تراکم، موقعیت نسبت به مرکز شهر، دسترسی به حمل‌ونقل عمومی؛	Holden, 2004
اندازه متروپلیتن، تراکم، توزیع نابرابر، مرکزیت، پیوستگی یا تداوم؛	Tsai, 2005
نتیجه گردهم آمدن مفاهیم و عناصر متعددی مانند الگوی خیابان، اندازه و شکل بلوک، طراحی خیابان، شکل‌بندی قطعه، پارک‌ها و فضاهای عمومی و مانند این؛	Jabareen, 2006
کلیه عناصر محیطی که انسان به‌طور بالقوه می‌تواند در ارتباط با آن قرار گیرد؛ کلیه اطلاعات واقعی در محیط شهر؛ کلیه جنبه‌های عملکردی، اجتماعی، ارتباطی و کالبدی یک محیط یا یک شهر؛ نه فقط ظاهر یک کالبد یک فضا، بلکه یک معنا، فعالیت‌ها و کاربری‌های منتج از آنان را نیز شامل می‌گردد.	پاکزاد، ۱۳۸۵
نظام فرم کالبدی، نظام منظر شهری، نظام استخوان‌بندی فضایی، نظام کاربری و فعالیت، نظام حرکت و دسترسی؛	گلکار، ۱۳۸۶
رابطه بین یک شهر و مناطق اطراف آن؛	Grimm et al., 2008

ادامه جدول ۲. تلخیص مؤلفه‌ها و اجزای فرم شهری بر اساس مرور ادبیات جهانی

مؤلفه‌ها و اجزاء	مأخذ
گونه و ارتفاع مسکن، درصد زمین اختصاص یافته به هر کاربری، تراکم، فاصله تا مرکز شهر، دسترسی به باغات، درصد سکونتگاه‌های جدا از هم	Bramley et al., 2009
اندازه، شکل، مقیاس، تراکم، کاربری‌های زمین، گونه‌های ساخت‌وساز، چیدمان بلوک شهری و توزیع فضای سبز	Jenks & Jones, 2009
شامل رمزگان‌های فضایی طبیعی؛ رمزگان‌های فضایی کالبدی و عوامل مصنوع و رمزگان‌های غیر فضایی و عوامل انسانی	دانشپور و همکاران، ۷۹، ۱۳۹۲
الگوی فعالیت‌های شهری مسکونی و غیرمسکونی و برهم‌کنش‌های آنها در محیط مصنوع	مدنی‌پور، ۱۳۹۲، ۴۷

جدول ۳. تلخیص مؤلفه‌ها و اجزای ساختار فضایی شهر بر اساس مرور ادبیات جهانی

مؤلفه‌ها و اجزاء	مأخذ
نیروی سازمان‌دهنده اصلی شهر؛ تعیین‌کننده شبکه‌های ارتباطی و ساختمان‌های اصلی؛	Bacon, 1974, 253
ساخت سکونتگاه منطبق با طرحی که در آن، کلیه شبکه‌ها، دسترسی‌ها و فضاهای لازم برای کاربری‌ها و فعالیت‌های اصلی مشخص شده باشد.	MC Connel, 1981
پایاده شدن الگوهای رفتاری و تعامل درون زیر نظام‌ها و ترکیب آنها با مجموعه قوانین سازمان‌دهنده زیر نظام‌ها روی شکل شهر، ساختار فضایی شهری را تشکیل می‌دهند. (قابل ذکر است که مضامینی که این محقق برای شکل شهر تعریف نموده، با مضامین فرم شهری اشتراکاتی دارد).	بورن، ۱۹۸۲
ترکیب فرم، تراکم، تنوع، اتصالات و ارتباطات	Alberti, 1996, 381
فرم شهری، تعاملات متقابل شهری و مجموعه‌ای از اصول سازمان‌دهی که ارتباط بین این دو را تعریف می‌کند.	Anderson, 1996
میزان تمرکز فضایی جمعیت و اشتغال شهری	Anas et al, 1998
– مفهوم استخوان‌بندی اصلی در سطح منطقه: شریان‌های اصلی منطقه‌ای و بین‌شهری اعم از خطوط زمینی یا حتی خط آهن، رشته‌های از سکونتگاه‌ها، صنایع و قطب‌های فعالیتی، تفریحی، مراکز اصلی حمل‌ونقل	حمیدی، ۱۳۷۶
– مفهوم استخوان‌بندی اصلی در سطح کلانشهر: شریان‌های سریع‌السیر شهری و بین منطقه‌ای مانند بزرگراه‌ها، فعالیت‌ها و مراکز کلان‌شهری که ارائه‌کننده خدمات، در شهر و اقمار آن است، اعم از صنایع، مراکز تجاری و تفریحی، دانشگاهی و نظایر آن.	
– مفهوم استخوان‌بندی اصلی در سطح شهر: خیابان‌های سواره اصلی، مراکز تجاری، فرهنگی و اداری، آنچه در یک حرکت سواره سریع قابل‌رؤیت و دسترسی و توجه است مطرح می‌شود.	
– مفهوم استخوان‌بندی اصلی در سطح نواحی و محله‌های شهر: خیابان‌ها و مسیرهای اصلی حرکت پایاده، همراه با فعالیت‌های اوقات فراغت، تفریحی، خدماتی، تجاری در مقیاس نواحی و محله‌های شهر بوده که دارای مبلمان و تجهیزات شهری، عناصر شاخص معماری، تداوم فضای سبز است و در آن مقیاس حرکت، پایاده بوده و لذا قابلیت‌رؤیت در دید عابر پایاده اهمیت می‌یابد.	
الگوهای کاربری زمین، زیرساخت حمل‌ونقل، آب و زیرساخت انرژی و فرم فیزیکی توسعه؛	Smith, & Marquez 1999
الگوی سفر روزانه، متوسط تراکم ساخته‌شده، نیمرخ تراکم و درصد شیب؛	Bertaud, 2002
درب‌گیرنده سیاست‌های رشد و توسعه شهری، حمل‌ونقل درون‌شهری، مسئله مسکن و الگوی ریخت‌شناسی شهر؛	بذرگر، ۱۳۸۲، ۵۲
ترکیب پهنه‌های کاربری زمین، محورها، لبه‌ها، مراکز، نشانه‌ها و شبکه راه‌ها؛	سعیدنیا، ۱۳۸۳، ۹۴
شکل کلی دربرگیرنده ویژگی‌هایی نظیر کاربری زمین به‌عنوان فرم تک‌مرکزی در مقابل چندمرکزی، الگوهای متمرکز در مقابل غیرمتمرکز و توسعه‌های پیوسته در مقابل ناپیوسته؛	Tsai, 2005, 142
نظم و رابطه بین عناصر کالبدی و کاربری‌ها؛	Chenge et al., 2006, 607
مجموعه‌ای از ارتباطات ناشی از فرم شهری و تجمع مردم، حمل‌ونقل، جریان کالا و اطلاعات؛	Rodrigue et al, 2009, 54
نظم و رابطه بین عناصر کالبدی و کاربری‌ها را در مناطق شهر؛	بحرینی، ۱۳۹۳، ۱۷۷

مختلفی سنجیده‌اند و هر یک بر بخشی از جوانب مثبت و منفی موضوع، متمرکز گردیده‌اند. به‌عنوان مثال، جبارن^۱ با در نظر گرفتن معیارهای فشردگی، حمل‌ونقل پایدار، تراکم، کاربری زمین مختلط، تنوع، طراحی با استفاده از انرژی خورشیدی و طراحی سبز، شهر فشرده را پایدارترین فرم شهری معرفی می‌کند (Jabareen, 2006). ویلر^۲ نیز، پنج اصل فرم شهری پایدار را به شرح ذیل مطرح می‌سازد: توسعه فشرده، توسعه به‌هم‌پیوسته، توسعه متصل، توسعه متنوع و توسعه بوم‌شناسانه (Wheeler, 2003). صاحب‌نظری دیگر نیز برای سنجش پایداری فرم‌های شهری گوناگون، متغیرهای ارزیابی را با مؤلفه‌هایی نظیر مؤلفه منابع، مؤلفه زیست‌محیطی، مؤلفه اجتماعی و مؤلفه اقتصادی پیشنهاد نمودند (Echenique et al., 2012). دیدگاه‌های کلان مجموعه‌ای از الگوها را برای شهر پایدار معرفی نموده‌اند. با این وجود نمی‌توان شکل واحدی را به‌عنوان شکل پایدار شهر معرفی نمود. انتخاب راهکار برنامه‌ریزی و طراحی برای شهر یا منطقه شهری موجود کلاً بستگی به خصوصیات آن شهر یا منطقه شهری داشته و بنابراین ممکن است در هر مورد متفاوت باشد (هدمن، ۱۳۷۰، ۵۶). علاوه بر این، هیچ چارچوب مفهومی مشترکی وجود ندارد که امکان مقایسه این رویکردها، گزاره‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌ها را فراهم کند (Jabareen, 2006, 39). از طرف دیگر به‌جای تمرکز و تأکید بر نتایج حاصل از یک راه‌حل، افرادی که برنامه‌ریز تعریف و یا اداره شهرهای پایدار هستند، باید در نظر داشته باشند که تنوعی از آینده‌های شهری می‌توانند در چارچوب یک شهر واحد همزیستی داشته باشند (ویلیامز و همکاران، ۱۳۸۳، ۱۲). به‌عبارتی دیگر، راه‌های متعدد و مختلفی برای دستیابی به آینده‌ای پایدار می‌تواند در داخل یک شهر وجود داشته باشد که این راه‌حل‌ها رقیب یکدیگرند و در سطح محلی و با توجه به شرایط محیطی بحث‌برانگیز خواهند بود. در ادامه تلاش می‌شود تا نحوه اثرگذاری فرم شهری و ساختار فضایی بر مؤلفه‌های مختلف پایداری تبیین و تدقیق گردد.

فرم شهری، ساختار فضایی و پایداری اجتماعی

در دهه‌های اخیر و در ادبیات گسترده توسعه پایدار، توجه صرف به نگرانی‌های زیست‌محیطی کنار گذاشته شده و پایداری با رویکردهای اقتصادی و اجتماعی نیز مورد توجه قرار گرفته است. این در حالی است که هنوز توافق‌های اندکی در خصوص چیستی آن وجود دارد. در کنار عدم وجود توافق‌های نسبی در خصوص مفهوم پایداری اجتماعی، ارتباط میان فرم شهری و پایداری نیز هنوز به‌عنوان یکی از مورد بحث‌ترین مسائل دستورالعمل زیست‌محیطی بین‌المللی مطرح است که با توجه به تأثیرات اجتماعی آن، بیشترین توجه را در ادبیات به خود معطوف نموده است. صاحب‌نظران در خصوص

پایدارترین فرم شهری از حیث اجتماعی نیز هنوز به اتفاق نظر و اجماع قابل قبولی دست نیافته‌اند؛ اما از دیدگاه تمامی آنان، تراکم یکی از جوانب فرم شهری است که می‌تواند به صورت مختلف بر پایداری اجتماعی شهر اثرگذار باشد. درحالی که ادبیات نسبتاً محدودی به‌طور خاص بر موضوع پایداری اجتماعی متمرکز شده است، مبانی نظری گسترده‌تری در ارتباط با سرمایه اجتماعی، همبستگی اجتماعی و مشارکت اجتماعی وجود دارد. شاید بتوان گفت که فرض اساسی تمامی این مفاهیم این است که افراد جامعه در راستای نیل به جوامع پایدار از حیث اجتماعی، نیاز به همکاری و تعامل با یکدیگر دارند. شبکه‌های اجتماعی به‌وضوح فصل مشترک میان سه مفهوم فوق را تنظیم نموده‌اند. این مفاهیم اهمیت اینکه مردم در جامعه درگیر شوند و منافع خود را دنبال کنند، به‌نحوی که دسترسی برابر به مزایای اجتماعی داشته باشند را نشان می‌دهد. با این حال، فراتر از این، ممکن است مفهوم محرومیت اجتماعی به دلیل تمرکز بیشتر روی دسترسی به فرصت‌های اقتصادی و خدمات متمایز باشد؛ درحالی که مفاهیم اول و دوم همپوشانی بیشتری دارند (Bramley & Power, 2009). پایداری اجتماعی، توسعه‌ای است سازگار با سیر تکاملی جامعه مدنی، ترویج محیط مساعد برای زندگی اجتماعی سازگار با گروه‌های فرهنگی و اجتماعی مختلف، هم‌زمان با ترغیب یکپارچه‌سازی اجتماعی و بهبود کیفیت زندگی تمامی اقشار مردم (Polese & Stren, 2000). از شاخص‌های سنجش پایداری اجتماعی عبارت‌اند از: غرور و دل‌بستگی، تعاملات، امنیت، محیط زیست، رضایتمندی از سکونت، ثبات و پایداری در مقابل جابه‌جایی، مشارکت در فعالیت‌های جمعی و گروهی، استفاده از امکانات و خدمات واحد همسایگی (Jenks & Jones, 2009, 112). از مشکلات تلاش در ارتباط با فرم شهری و پدیده‌های اجتماعی، دشواری جداسازی اثرات سببی از اثرات انتخابی است؛ جایی که اثرات انتخابی در نتیجه افراد و گروه‌های مختلفی است که در مکان‌های متفاوت زندگی می‌کنند (Bramley et al., 2009, 2129). لذا در ارزیابی فرم‌ها و ساختارهای پیشنهادی برای توسعه شهری مطلوب، از موضوعات چالش‌برانگیز، پایداری اجتماعی است که ابعاد متفاوتی را دربر می‌گیرد. در راستای دستیابی به پایداری اجتماعی، ارتقاء مؤلفه‌هایی از فرم و ساختار فضایی شهری که اولاً پایداری اجتماع و ثانیاً برابری در دسترسی به خدمات و امکانات را سبب می‌شوند، کارگشا خواهد بود.

فرم شهری، ساختار فضایی و پایداری اقتصادی

فرم شهری علاوه بر جوانب زیست‌محیطی، کالبدی و اجتماعی، بر موضوعات و مؤلفه‌های اقتصادی نیز اثرگذار است. هزینه مصرف انرژی، فواصل میان هسته‌ها و مراکز کار و فعالیت، هزینه‌های

محركه توسعه شهرها هستند، تراکم ترافیک و ازدحام و آلودگی هوا در آنها اتفاق می‌افتد. این نظریه حاکی از آن است که اندازه بهینه شهر اندازه‌ای است که در آن، منافع و هزینه‌های کلی باهم برابر باشد. اندازه بهینه و کارآمد شهر، یکی از معیارهای دستیابی به پایداری اقتصادی است. باین‌حال اندازه بهینه شهر به محصول تولیدی شهر، چگونگی فرایند تولید و چگونگی عملکرد محدود در اقتصاد شهری بستگی دارد (Jenks & Jones, 2009). تبیین نقش فرم شهری بر ابعاد مختلف پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی نشان می‌دهد که طراحی مجدد برخی از واحدهای همسایگی به شیوه‌ای پایدار از حیث کالبدی با تمرکز بر مؤلفه‌های کاربری زمین، حمل‌ونقل عمومی، تراکم، دسترسی‌ها و برخی دیگر، شرط کافی برای پایدار بودن شهر نیست؛ بلکه در بسیاری موارد، ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی و جمعیتی می‌توانند عوامل تأثیرگذارتری باشد.

فرم شهری، ساختار فضایی و پایداری زیست‌محیطی

از جمله مؤلفه‌های تأثیرگذار بر پایداری زیست‌محیطی عبارت‌اند از: مصرف انرژی و سوخت، کیفیت هوا، ردپای اکولوژیکی، میزان فضای باز و انتشار گازهای گلخانه‌ای. یکی از عوامل تأثیرگذار بر پایداری زیست‌محیطی، بحث رفتار سفر و عوامل مؤثر بر تقاضای آن است که بر کیفیت هوا، مصرف انرژی، ترافیک و آلودگی‌های محیطی تأثیرگذار است. شیوه سفر تأثیرات عمیقی بر پایداری دارد. «مشکلات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی مرتبط با الگوهای جابه‌جایی شهری نشان می‌دهد که هسته اصلی بحث، تأثیر احتمالی فرم شهری بر الگوهای جابه‌جایی است» (Muniz & Galindo, 2005, 499). برنامهریزان به تأثیر فرم شهری بر تعدادی از مؤلفه‌های پایداری نظیر برابری اجتماعی، دسترسی، اکولوژی، عملکرد اقتصادی، آلودگی و سلامتی توجه داشته‌اند. باین‌حال، تأثیر فرم شهری بر حمل‌ونقل، جابه‌جایی و مصرف سوخت موضوعی است که بیشترین توجه را چه در محافل علمی و چه در عمل به خود جلب کرده است. خصوصاً این بررسی‌ها بر موضوع بهترین فرم شهری در راستای تسهیل راه‌حل‌های حمل‌ونقل پایدار، کاهش طول و زمان سفر، کاهش وابستگی به اتومبیل، توانمندسازی حمل‌ونقل عمومی، تشویق به پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری و کاهش آلاینده‌ها و تصادفات مربوط به حمل‌ونقل متمرکز شده است (Williams, 2005, 1). حمایت از فرم‌های مختلف شهرسازی نئوسنتی، شهرهای فشرده، روستاشهری و توسعه حمل‌ونقل محور، همه به‌وضوح از سیاست کاربری زمین و طراحی شهری برای ترویج الگوهای پایدارتر سفر استفاده کرده‌اند (Stead & Marshall, 2001). چهار ویژگی طراحی مسکن متراکم و متمرکز، درجه نسبتاً بالایی از تراکم در نواحی مسکونی، کوتاه‌ترین فاصله ممکن

ساخت و توسعه سکونتگاهی و هزینه احداث شبکه معابر و تجهیزات و زیرساخت‌های شهری از جمله پارامترهای فرم شهری و ساختار فضایی هستند که بر پایداری اقتصادی جوامع تأثیرگذارند. نتایج پژوهش‌های مختلف، ارتباط قابل‌توجهی را میان فرم‌های مختلف شهری و هزینه‌های عمومی نشان می‌دهد. همان‌طور که در بخش‌های قبل مطرح گردید، فرم توسعه پراکنده، یکی از فرم‌هایی است که به‌عنوان فرم شهری پایدار توسط برخی صاحب‌نظران معرفی گردیده است. «پراکنده‌رویی توسط بسیاری از تحلیل‌گران اقتصادی ترویج یافته است. کاهش محدودیت در عرضه زمین به‌وضوح قیمت آن را کاهش و به‌نوبه خود استفاده از آن را افزایش می‌دهد. آثار آن، فضای بیشتر برای زندگی و هزینه پایین‌تر املاک و مستغلات است که به‌نوبه خود هزینه‌های زندگی، نیروی کار و تولید را کاهش می‌دهد، منطقه را رقابتی‌تر و مثمر‌تر در برخی از بخش‌های اقتصادی می‌کند. برخی استدلال می‌کنند که فرم پراکنده نیاز به تجهیزات و زیرساخت‌های جاده‌ای گسترده‌تر دارد؛ اما برخی دیگر استدلال می‌کنند که باوجود شبکه‌های گسترده‌تر، هزینه واحد نصب و راه‌اندازی پایین‌تر است» (Echenique et al., 2012, 125). در مقابل فرم پراکنده، فرم توسعه فشرده قرار دارد. از حیث پایداری اقتصادی، طرفداران این رویکرد معتقدند که «فرم‌های شهری با تراکم بالاتر از ارائه خدمات متنوع‌تر محلی از طریق کسب‌وکار محلی و واحدهای سرزنده‌تر و تقویت زنجیره محلی تأمین کالا حمایت می‌کنند؛ نواحی مرکزی مختلط و پرتراکم از تعاملات بیشتر و شبکه‌هایی برای ترویج نوآوری و خلاقیت و از این‌رو توسعه درون‌زا از طریق خوشه‌بندی‌های اقتصادی تشویق و حمایت می‌کنند. ادغام شهری هزینه زیرساخت‌ها را از طریق اقتصاد ناشی از مقیاس و اقتصاد شبکه‌ای و استفاده مجدد از ظرفیت‌های موجود کاهش می‌دهد؛ درحالی‌که ارزش زمین را بالا می‌برد و بنابراین توسعه مجدد را بادوام‌تر می‌سازد. محدوده و کیفیت خدمات محلی در نواحی پرتراکم‌تر خصوصاً در مکان‌های مرکزی مطلوب‌تر و بالاتر است؛ اما روندهای اقتصادی و فن‌آوری برخی از بخش‌ها همچنان واحدهای اقتصادی بزرگ‌تر و غیر محلی را عقلانی و منطقی می‌دانند. بقا و دوام خدمات بستگی به درآمد و تراکم دارد و محله‌های شهری محروم ممکن است فاقد خدمات حتی در تراکم‌های بالا باشند. زنجیره تأمین کالای محلی در بسیاری از بخش‌ها ضعیف است و ممکن است به‌مرور و در طول زمان تضعیف گردد. این در حالی است که ارزش بالای زمین ممکن است مانع ارائه خدمات متنوع محلی شود» (Jenks & Jones, 2009). در کنار ادبیات شهر پایدار و قبل از آن، مفهوم اندازه بهینه شهر از اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی مطرح شده است. منطق برگرفته از این استدلالات این است که درحالی‌که اقتصادهای تجمعی نیروهای

هم‌گذاری عناصر و اجزاء فرم شهری و ساختار فضایی و مؤلفه‌های پایداری و نگاهی به شهر تهران، مدل تحلیلی و چارچوب نظری تدقیقی برای سنجش ارتباط میان مؤلفه‌های فرم شهری و ساختار فضایی با پایداری در شهر تهران تدوین می‌گردد. در شکل ۱ ارتباط مذکور نشان داده شده است.

بر اساس جدول ۴، دو مفهوم فرم شهری و ساختار فضایی شهر با دربرداشتن مؤلفه‌های سیمای طبیعی (شامل عوارض طبیعی)، سیمای مصنوع (شامل زیر مؤلفه‌های طراحی زیرساخت و حمل‌ونقل، الگوی فضایی کاربری اراضی و تراکم) و سیمای غیرفضایی (دربرگیرنده عوامل انسانی، اقتصادی، اجتماعی و فنی) در مقیاس میانی شهرها باهم اشتراکات مفهومی و محتوایی بسیاری دارند؛ لذا می‌توان این دو مفهوم را در مقیاس میانی شهرها هم‌معنا تلقی نمود.

بر اساس شکل ۱ (مدل مفهومی پژوهش)، مؤلفه‌های فرم و ساختار فضایی در مقیاس میانی شهر تهران به هشت مؤلفه شبکه‌های ارتباطی، سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری، دسترسی‌های پیاده و دوچرخه، استخوان‌بندی فضایی، تراکم و توزیع فضایی فعالیت‌ها، ریخت‌شناسی مسکن و اندازه سکونتگاه، سیمای طبیعی و سیمای غیرفضایی قابل تفکیک است. در ادامه محقق بر آن است تا ارتباط میان مؤلفه‌های مذکور با ابعاد مختلف پایداری اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را مورد ارزیابی قرار دهد.

در راستای سنجش و اندازه‌گیری مؤلفه‌های مذکور در شکل ۱، در جدول ۵، شاخص‌ها و سنججه‌های اندازه‌گیری به تفکیک ارائه و تدقیق شده است. لازم به ذکر است که تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری از ادبیات و تجارب جهانی استخراج گردیده است.

روش‌شناسی پژوهش

با توجه به اهداف پژوهش حاضر و ماهیت آن، روش پژوهش ترکیبی از روش‌های پژوهش قیاسی (استنتاجی) و استقرایی است. بدین ترتیب که در قسمت پیشینه تحقیق و مطالعات نظری، بر اساس روش پژوهش استنتاجی، با کاوش نظری در اندیشه‌های کلاسیک، مطالعه نظریه‌ها و آراء صاحب‌نظران، واکاوی مفاهیم مرتبط با فرم شهر و ساختار فضایی شهر صورت می‌گیرد و شاخص‌های سنجش این مفاهیم در سطوح جغرافیایی متفاوت، استنتاج و تبیین می‌گردد. در ادامه با استفاده از روش پژوهش استقرایی، مناطق ۲۲ گانه شهر تهران بر اساس شاخص‌های فرم و ساختار فضایی شهری در سطح میانی و نیز شاخص‌های پایداری با بهره‌گیری از مدل خوشه‌بندی K-means در محیط نرم‌افزار Python طبقه‌بندی می‌گردند. مدل خوشه‌بندی K-means به روشی گفته می‌شود که با استفاده از آن می‌توان

تا مرکز شهر و اندازه متوسط محل سکونت می‌تواند بهترین نتایج در کاهش اثرات زیست‌محیطی را تولید کند (Holden, 2004). موضوع دیگر در بحث فرم و ساختار فضایی شهری پایدار، مصرف انرژی است. «ردپای اکولوژیکی ابزار تحلیلی برای تحلیل پیامدهای زیست‌محیطی مصارف انرژی است» (Holden, 2004). همچنین یکی از مهم‌ترین موضوعاتی که در زمینه زیست‌محیطی و پایداری فرم شهری مطرح می‌شود، بحث کیفیت هوای شهری است. «نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد که شکل یک شهر و توزیع کاربری زمین، موقعیت مکانی منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای و الگوی ترافیک شهری را تعیین می‌کند که بر کیفیت هوای شهری اثرگذار است» (Borrego et al., 2006). ذکر این نکته نیز حائز اهمیت است که مطلوب‌ترین فرم شهری را نمی‌توان تنها بر پایه مسائل زیست‌محیطی استنباط نمود. در دهه‌های پایانی قرن بیستم به دلیل نگرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از شهرسازی مدرنیسم، برنامه‌ریزان شهری به دنبال پارادایم‌های جدید توسعه پایدار در جستجوی فرم ایده آلی برای شهر پایدار می‌گردند. شهرها بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی هستند و به دنبال مصرف انرژی، تبعات فراوان زیست‌محیطی را موجب می‌شوند. کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی یکی از مهم‌ترین اهداف توسعه پایدار است. بر اساس تعاریف فرم شهری و ساختار فضایی در زمینه مؤلفه‌هایی نظیر شبکه‌های شهری مناسب، اختلاط کاربری اراضی، تراکم‌های توسعه مطلوب و تنوع عملکردی، فرم و ساختار فضایی شهر می‌تواند بر میزان مصرف انرژی و وضعیت اکوسیستم‌های طبیعی تأثیر گذارد.

چارچوب نظری: فرم و ساختار فضایی شهری پایدار؛ با نظری بر شهر تهران

مطالعه و واکاوی اندیشه و نظرات صاحب‌نظران مختلف نشان می‌دهد که مفاهیم ساختار فضایی و فرم شهری در برخی اجزاء و متغیرها باهم هم‌پوشانی دارند؛ اما به‌صورت کامل منطبق بر هم و یا ذیل هم نمی‌باشند. به‌عبارتی دیگر اگر تعاریف این دو مفهوم را در سه سطح کلان (نواحی متروپلیتنی)، میانی (شهر و مناطق درون‌شهری) و خرد (محله‌ها و واحدهای همسایگی) طبقه‌بندی نماییم، در سطح میانی، مضامین این دو مفهوم باهم اشتراکات و همپوشانی‌های بسیاری دارد و لذا می‌توان در این مقیاس، دو مفهوم را یکسان تلقی نمود؛ این در حالی است که در مقیاس کلان، اجزاء و عناصر ساختار فضایی شهری و در مقیاس خرد، عناصر و اجزای فرم شهری به‌صورت روشن‌تری می‌توانند به تبیین موضوع پردازند (جدول ۴). هرچند برخی محققان در مقیاس خرد از مفهوم ساختار فضایی و در مقیاس کلان، از مفهوم فرم شهری نیز استفاده نموده‌اند. درنهایت نیز با تلفیق و روی

نرمال گردیده‌اند. همچنین از نرم‌افزار GIS نیز جهت تحلیل داده‌های مکانی و از ۲۲۰۰ پرسش‌نامه خانوار بر اساس فرمول کوکران و با توزیع متعادل در محله‌های مختلف مناطق بر اساس جمعیتشان برای سنجش شاخص‌های کیفی و ذهنی پایداری استفاده شده است.

مروری بر نمونه موردی و تجزیه و تحلیل

بر اساس ادبیات پژوهش و چارچوب نظری، شاخص‌های فرم و ساختار فضایی شهر تهران در مقیاس میانی و نیز شاخص‌های پایداری

داده‌های نمونه را به چندطبقه رده‌بندی کرد؛ به طوری که داده‌های قرار گرفته شده در هر خوشه، همگون و یکسان باشند و بین خوشه‌ها بیشترین تفاوت و ناهمگونی وجود داشته باشد. دلیل استفاده از این مدل، طبقه‌بندی مناطق مشابه شهر تهران از نظر شاخص‌های فرم و شاخص‌های پایداری بر پایه شاخص‌های چارچوب نظری پژوهش بوده است. لازم به ذکر است که قبل از پیاده‌سازی شاخص‌ها در نرم‌افزار، آزمون چولگی و کشیدگی داده‌ها برای آزمون نرمال بودن یا نبودن انجام شده و شاخص‌های غیرنرمال با استفاده از روش فازی

جدول ۵. مؤلفه‌ها، شاخص‌ها و سنججه‌های اندازه‌گیری ارتباط میان ساختار فضایی و فرم شهری و پایداری شهر تهران

مؤلفه	شاخص و سنججه اندازه‌گیری	کد	برخی از مأخذ
شبکه‌های ارتباطی	طول خیابان‌های اصلی در دسترس	FV1	Echenique et al, 2012/ Souche, 2010/ Chen et al, 2008/ Vance & Hedel, 2007/ Williams, 2005
	سرانه شبکه حمل‌ونقل و پارکینگ و سهم درصدی شبکه حمل‌ونقل و انبارداری	FV2-FV3	Echenique et al, 2012/ Thinh et al, 2002/ Stead & Marshall, 2001
سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی درون شهری	درصد اراضی مسکونی تحت پوشش ایستگاه‌های مترو و اتوبوس	FV4-FV5	Souche, 2010/ Jenks & Jones, 2009/ Vance & Hedel, 2007
	تعداد ایستگاه اتوبوس و مترو	FV6-FV7	Hamin & Gurrán, 2009/ Jenks & Jones, 2009/ Holden, 2004/ Song & Knaap, 2004
دسترسی‌های دوچرخه	تعداد ایستگاه‌ها و خانه‌های دوچرخه	FV8-FV9	Jenks & Jones, 2009
	میانگین فاصله تا مراکز تجاری شهر	FV10	Jenks & Jones, 2009/ Muñiz & Galindo, 2005/ Holden, 2004/ Stead & Marshall, 2001
استخوان‌بندی فضایی	تمرکز جمعیت و فعالیت (با استفاده از ضریب جینی)	FV11	Tsai, 2005
	مرکزیت و درجه تمرکز (با استفاده از ضریب موران)	FV12	Tsai, 2005/ Alberti, 2005
توزیع فضایی فعالیت‌ها	سهم درصدی کاربری مسکونی تحت پوشش انواع کاربری‌ها	FV13	Echenique et al, 2012/ Bramley et al, 2009/ Jenks & Jones, 2009/ Chen et al, 2008
	اختلاط عملکردهای شهری	FV14	Hamin & Gurrán, 2009/ Chen et al, 2008/ Williams, 2005/ Song & Knaap, 2004/ Stead & Marshall, 2001
ریخت‌شناسی مسکن و اندازه سکونتگاه	سرانه مسکن	FV15	Echenique et al, 2012/ Holden, 2004
	سهم درصدی مساحت نسبت به شهر تهران	FV16	Tsai, 2005/ Giuliano & Narayan, 2003/ Stead & Marshall, 2001
سیمای طبیعی	سرانه و سهم درصدی باغات، اراضی باز و سبز	FV17-FV18	Jabareen, 2006/ Thinh et al, 2002
	تراکم خالص مسکونی	FV19	Bramley & Power, 2009/ Jenks & Jones, 2009/ Hamin & Gurrán, 2009/ Chen et al, 2008/ Holden, 2004/ Williams, 2005/ Camagni et al, 2002/ Leicester City Council, 1995
سیمای غیرفضایی	تراکم جمعیتی	FV20	Bramley et al, 2009/ Hamin & Gurrán, 2009/ Chen et al, 2008/ Muñiz & Galindo, 2005/ Giuliano & Narayan, 2003/ Banister et al, 1997/ Stead & Marshall, 2001

ساختار فضایی و فرم در مقیاس شهر تهران

هویت شهر

شماره چهارم و یکم / سال چهاردهم / بهار ۱۳۹۹

ادامه جدول ۵. مؤلفه‌ها، شاخص‌ها و سنجه‌های اندازه‌گیری ارتباط میان ساختار فضایی و فرم شهری و پایداری شهر تهران

برخی از مآخذ	کد	شاخص و سنجه اندازه‌گیری	پایداری اجتماعی	پایداری اقتصادی	پایداری زیست‌محیطی
Jenks & Jones, 2009/ Bramley & Power, 2009/ Handy, 1996/ Woolever, 1992	SQ4	میزان تعامل با دیگر ساکنین یا گروه‌های اجتماعی	پایداری اجتماعی		
Echenique et al, 2012/ Bramley & Power, 2009/ Chen et al, 2008/ Stead & Marshall, 2001/ Handy, 1996	SQ5	میزان دسترسی شهروندان به خدمات محلی			
Bramley & Power, 2009/ Jenks & Jones, 2009	SQ6	رضایت‌مندی از سکونت			
Bramley et al, 2009	SQ7	میزان دسترسی شهروندان به مسکن قابل‌استطاعت	پایداری اقتصادی		
Jenks & Jones, 2009/ Bramley & Power, 2009/ Woolever, 1992	SQ8	میزان مشارکت در فعالیت‌های اجتماعی و گروهی			
Bramley & Power, 2009/ Chen et al, 2008/ Leicester City Council, 1995	SQ9	میزان امنیت اجتماعی (فقدان جرم و بی‌نظمی)			
Echenique et al, 2012/ Souche, 2010/ Banister et al, 1997	SQ10-SQ11	میانگین هزینه سفر با وسیله نقلیه شخصی و حمل‌ونقل عمومی	پایداری اقتصادی		
Chen et al, 2008/ Camagni et al, 2002	SV21-SV22	هزینه‌های مربوط به ساخت‌وساز جاده‌ها			
Banister et al, 1997	SV23-SV24-SV25	وضعیت اشتغال			
	SV36	بودجه مصوب پروژه‌های عمرانی شهرداری	پایداری زیست‌محیطی		
Camagni et al, 2002/ Leicester City Council, 1995	SV26-SV27	میزان آلودگی صوتی (هنگام صبح و شب)			
Bramley et al, 2009/ Leicester City Council, 1995	SQ12	میزان دسترسی به باغات و فضای سبز			
Camagni et al, 2002/ Leicester City Council, 1995	SV28-SV29	آلودگی هوا و انتشار دی‌اکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن	پایداری زیست‌محیطی		
Camagni et al, 2002	SV30	کیفیت زیست‌محیطی پروژه‌های آب و فاضلاب			
Leicester City Council, 1995	SV31	مدیریت پسماند و آلودگی خاک			
	SV32-SV33-S34		پایداری زیست‌محیطی		
Jenks & Jones, 2009/ Chen et al, 2008	SV35	تعداد مسافرین خدمات‌رسانی‌شده با حمل‌ونقل عمومی			

پایداری شهری

هویت شهر

شماره چهارم و یکم / سال چهاردهم / بهار ۱۳۹۹

استفاده از همان الگوریتم صورت می‌گیرد و در نهایت، همپوشانی و یا عدم همپوشانی خوشه‌ها مورد ارزیابی و تحلیل قرار خواهد گرفت. الف) خوشه‌بندی مناطق ۲۲ گانه شهر تهران بر اساس شاخص‌های فرم و ساختار فضایی شهری با استفاده از الگوریتم k-means جهت بالا بردن سطوح معناداری در این مقاله، خوشه‌بندی بر اساس ۲۰ شاخص فرم و ساختار فضایی با تعداد خوشه‌های مختلف (K=1,2,3,4,5,6,7) با سطح همگرایی ۰,۰۰۱ و حداکثر ۱۰ مرتبه تکرار، پیاده‌سازی گردید. با توجه به شناخت نمونه موردی و نیز خروجی‌های مدل، به نظر می‌رسد K=6 به دلیل اختلاف معنادار میان دسته‌ها، به‌بترین شکل بتواند تفاوت میان وضعیت فعلی فرم و ساختار فضایی این مناطق را تبیین نماید. یکی از خروجی‌های

معرفی گردید. پس از جمع‌آوری اطلاعات شاخص‌های مذکور با استفاده از منابع و لایه‌های اطلاعاتی و نیز تحلیل‌های مکانی، در راستای گونه‌بندی مناطق شهر تهران از لحاظ شاخص‌های فرم و ساختار فضایی و از لحاظ شاخص‌های پایداری، استفاده از روش‌های خوشه‌بندی ضروری به نظر می‌رسد. یکی از روش‌های خوشه‌بندی داده‌ها، الگوریتم k-means است که روشی ساده و درعین حال بسیار کاربردی است. در این پژوهش در مرحله اول با استفاده از الگوریتم k-means، ابتدا چند منطقه با توجه به اختلاف واریانس شاخص‌ها به‌عنوان مرکز خوشه در نظر گرفته می‌شوند. سپس سایر مناطق نیز برحسب میزان نزدیکی به مراکز خوشه‌ها، طبقه‌بندی می‌گردند. در مرحله دوم، خوشه‌بندی مناطق برحسب شاخص‌های پایداری با

نسبت واریانس‌های مذکور در ارتباط با بخش عمده شاخص‌ها، معنادار و لذا از دقت و صحت لازم برخوردار است.

(ب) خوشه‌بندی مناطق ۲۲ گانه شهر تهران بر اساس شاخص‌های پایداری شهری با استفاده از الگوریتم k-means: جهت بالا بردن سطوح معناداری، خوشه‌بندی بر اساس ۲۵ شاخص پایداری شهری با تعداد خوشه‌های مختلف (K=1,2,3,4,5,6,7) و حداکثر ۵۰ مرتبه تکرار به تفکیک شاخص‌های ذهنی پایداری (شاخص‌های منتج از پرسش‌نامه خانوار بر اساس فرمول کوکران و با توزیع متعادل و متوازن بر اساس جمعیت درون مناطق) و شاخص‌های عینی (شاخص‌های کمی بر اساس اطلاعات سازمان‌ها و اسناد) و نیز شاخص‌های ترکیبی پیاده‌سازی گردید. نتایج تحلیل می‌دهد، خوشه‌بندی مناطق بر اساس شاخص‌های پایداری عینی و کمی با خوشه‌بندی آنها بر اساس شاخص‌های فرم و ساختار فضایی شباهت و همپوشانی‌های زیادی دارد. این همپوشانی‌ها تأثیرگذاری مستقیم ویژگی‌های فرم شهر و ساختار فضایی شهر بر پایداری شهری را نشان می‌دهد. از طرف دیگر ارتباط بسیار پائین میان همپوشانی شاخص‌های کیفی و نتایج حاصل از پرسش‌نامه‌ها با فرم شهری، نشان‌دهنده

خوشه‌بندی k-means، دسته‌بندی نمونه‌های مشابه است (جدول ۶). در تحلیل ذیل، تعداد و آمار توصیفی کلاس‌ها، ارائه شده است. همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، برحسب واریانس درون کلاسی و فاصله تا مرکز خوشه‌های مختلف، مناطق ۲۲ گانه شهر تهران خوشه‌بندی شده‌اند. بر این اساس می‌توان بادر نظر گرفتن شباهت‌های فرم و ساختار فضایی، مناطق ۱ و ۴ و ۱۸ در خوشه اول، مناطق ۲ و ۳ و ۸ و ۱۴ و ۱۶ و ۱۷ در خوشه دوم، مناطق ۵ و ۲۰ در خوشه سوم، مناطق ۶ و ۷ و ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ در خوشه چهارم، مناطق ۹ و ۱۳ و ۱۵ و ۱۹ در خوشه پنجم و مناطق ۲۱ و ۲۲ در خوشه ششم طبقه‌بندی نمود (شکل ۲). تحلیل واریانس، از دیگر یافته‌های الگوریتم k-means است. به عبارت دیگر مشخصه آماری (فیشر) F نسبت واریانس بین کلاس به واریانس درون کلاس‌ها را نشان می‌دهد. هرچقدر این نسبت بیشتر باشد، واریانس بین کلاسی در مقایسه با واریانس درون کلاسی بیشتر خواهد بود و در نتیجه میانگین بین کلاس‌ها تفاوت بیشتری خواهد داشت. در دو سطح آخر جدول ۶، وضعیت این آماره تحلیلی برای شاخص‌های کمی فرم و ساختار فضایی ارائه شده است. همان‌طور که در سطر آخر این جدول مشخص است،

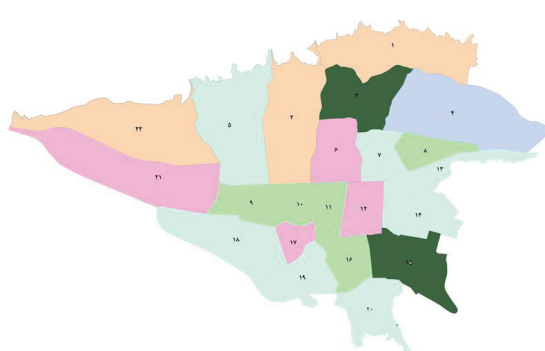
جدول ۶. خوشه‌بندی مناطق شهر تهران بر اساس شاخص‌های کمی فرم و ساختار فضایی شهری

خوشه	۱	۲	۳	۴	۵	۶				
تعداد مناطق هر خوشه	۳	۶	۲	۵	۴	۲				
واریانس درون خوشه‌ای	۱۱۶۹۶۱,۶۱۵	۹۹۳۴۰,۸۳۵	۴۲۲۵۸,۵۸۴	۱۳۹۳۵۳۵,۰۴۵	۲۳۳۲۳۳,۱۲۲	۱۲۵۷۷۶,۶۵۰				
حداقل فاصله تا مرکز خوشه	۱۵۳,۳۱۳	۸۳,۶۶۶	۱۴۵,۳۵۹	۸۰,۶۵۴	۹۹,۱۲۰	۲۵۰,۷۷۵				
میانگین فاصله تا مرکز خوشه	۲۶۱,۸۹۷	۲۶۰,۷۲۷	۱۴۵,۳۵۹	۸۹۷,۲۰۴	۳۴۷,۹۲۱	۲۵۰,۷۷۵				
حداکثر فاصله تا مرکز خوشه	۳۸۸,۵۳۳	۴۲۴,۴۹۳	۱۴۵,۳۵۹	۱۶۸۲,۱۵۴	۶۳۴,۸۵۷	۲۵۰,۷۷۵				
مناطق هر خوشه	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۹	منطقه ۲۱				
	منطقه ۴	منطقه ۳	منطقه ۲۰	منطقه ۷	منطقه ۱۳	منطقه ۲۲				
	منطقه ۱۸	منطقه ۸		منطقه ۱۰	منطقه ۱۵					
	منطقه ۱۴	منطقه ۱۶		منطقه ۱۱	منطقه ۱۹					
		منطقه ۱۷		منطقه ۱۲						
شاخص‌ها	FV1	FV2	FV3	FV4	FV5	FV6	FV7	FV8	FV9	FV10
آزمون فیشر	۰,۰۰۰	۰,۰۳۶	۰,۵۳۴	۰,۰۰۲	۰,۰۱۸	۰,۰۰۷	۰,۰۰۳	۰,۵۴۰	۰,۷۲۸	کمتر از ۰,۰۰۱
شاخص‌ها	FV11	FV12	FV13	FV14	FV15	FV16	FV17	FV18	FV19	FV20
آزمون فیشر	۰,۰۱۳	۰,۵۷۹	۰,۰۰۱	۰,۰۱۵	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	۰,۰۴۵	۰,۰۴۳	۰,۰۴۴	۰,۰۷۰

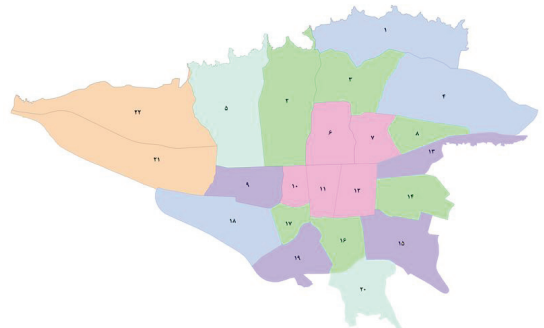
جدول ۷. خوشه‌بندی مناطق شهر تهران بر اساس شاخص‌های عینی و کمی پایداری

خوشه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
تعداد مناطق هر خوشه	۳	۲	۱	۷	۴	۵
واریانس درون خوشه‌ای	۱۸۸۴۰۹۴۶۱۵۶۰۰۹۸۰۰۰	۵۰۵۲۷۸۳۴۳۴۸۱۵۹۳۰۰۰	۰,۰۰۰	۹۰۱۰۴۱۵۴۱۴۲۱۰۳۹۱۰	۵۰۱۵۵۴۹۳۱۹۱۷۲۶۰۰	۸۱۵۶۸۳۰۵۲۳۳۳۸۱۷۲۰
حداقل فاصله تا مرکز خوشه	۲۴۸۰۱۷۸۴۶,۰۴۵	۵۰۲۶۳۲۲۴۳,۰۳۷	۰,۰۰۰	۱۲۶۰۵۴۳۹,۵۰۲	۱۰۰۶۶۷۲۹,۱۲۳	۱۲۶۸۴۵۶۰,۳۶۴
میانگین فاصله تا مرکز خوشه	۳۳۴۱۳۴۸۵۹,۱۴۰	۵۰۲۶۳۲۲۴۳,۰۳۷	۰,۰۰۰	۷۷۱۲۳۳۶۰,۹۲۲	۴۸۲۸۸۱۷۸۷,۹۹۸	۶۵۲۹۲۲۳۷,۱۹۲
حداکثر فاصله تا مرکز خوشه	۵۰۱۲۰۲۳۳۸,۲۰۴	۵۰۲۶۳۲۲۴۳,۰۳۷	۰,۰۰۰	۱۸۴۱۳۰۶۸۳,۴۴۲	۸۶۵۱۰۸۴۷,۵۵۶	۱۵۰۵۴۶۰۲۸,۳۰۰
مناطق هر خوشه	منطقه ۱	منطقه ۳	۴	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۸
	منطقه ۲	منطقه ۱۵		منطقه ۷	منطقه ۱۲	منطقه ۹
	منطقه ۲۲			منطقه ۱۳	منطقه ۱۷	منطقه ۱۰
				منطقه ۱۴	منطقه ۲۱	منطقه ۱۱
				منطقه ۱۸		منطقه ۱۶
				منطقه ۱۹		
				منطقه ۲۰		

شاخص‌ها	SV21	SV22	SV23	SV24	SV25	SV26	SV27	SV28	SV29	SV30
آزمون فیشر	۰,۳۰۶	۰,۲۲۳	۰,۱۶۸	۰,۵۴۳	۰,۸۶۶	۰,۷۸۸	۰,۸۳۸	۰,۸۱۶	۰,۴۴۱	۰,۳۲۰
شاخص‌ها	SQ12	SV31	SV32	SV33	SV34	SV35	SV36			
آزمون فیشر	۰,۳۲۵	۰,۱۹۲	۰,۰۵۸	۰,۶۸۶	۰,۰۱۶	۰,۱۹۲	کمتر از ۰,۰۰۰۱			



شکل ۳. خوشه‌بندی مناطق شهر تهران بر اساس شاخص‌های عینی و کمی پایداری



شکل ۲. خوشه‌بندی مناطق شهر تهران بر اساس شاخص‌های کمی فرم و ساختار فضایی شهری

فضایی و بر اساس شاخص‌های پایداری، نشان‌دهنده تأثیرگذاری مستقیم شاخص‌های فرم و ساختار فضایی شهری بر پایداری در تهران است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تلاش گردید با مطالعه‌ای استنتاجی و اکتشافی در مبانی نظری، در وهله اول، مؤلفه‌های فرم و ساختار فضایی در مقیاس‌های مختلف شناسایی و تدوین گردد که این موضوع محوریت اصلی و نوآوری پژوهش بوده است؛ بدین ترتیب اکتشاف گردید که می‌توان مؤلفه‌ها و شاخص‌های فرم و ساختار فضایی شهری را در سه مقیاس کلان، میانی و خرد طبقه‌بندی نمود؛ در سطح میانی، مضامین این دو مفهوم باهم اشتراکات و همپوشانی‌های بسیاری دارد و لذا می‌توان در این مقیاس، دو مفهوم را یکسان تلقی نمود؛ این در حالی است که در مقیاس کلان، اجزاء و عناصر ساختار فضایی شهری و در مقیاس خرد، عناصر و اجزای فرم شهری به صورت روشن‌تری می‌توانند به تبیین موضوع بپردازند. در وهله دوم، شاخص‌های پایداری شهری در ابعاد مختلف تدقیق گردد و در وهله سوم، خوشه‌بندی مناطق شهر تهران بر اساس مجموعه شاخص‌های فرم و ساختار فضایی در مقیاس میانی و نیز بر اساس شاخص‌های پایداری صورت گیرد تا شناخت اولیه و منطقی مقدماتی از همپوشانی‌ها و نحوه تأثیرگذاری مؤلفه‌های فرم و ساختار فضایی بر پایداری شهری بدست آید. اندازه‌گیری میزان این ارتباط و آزمون مدل تحلیلی پژوهش در نمونه‌های موردی مختلف جهت تعمیم‌یافته‌ها در پژوهش‌های آتی حائز اهمیت خواهد بود.

پیشنهادات

1. Jabareen
2. Wheeler

فهرست مراجع

۱. بحرینی، سید حسین. (۱۳۹۳). *فرایند طراحی شهری*. چاپ نهم. تهران: دانشگاه تهران.
۲. بذرگر، محمدرضا. (۱۳۸۲). *شهرسازی و ساخت اصلی شهر*. شیراز: کوشامهر.
۳. پاکزاد، جهان‌شاه. (۱۳۸۵). *سیمای شهر آنچه کوبین لینگ از آن می‌فهمید*. فصلنامه *آبادی*. ۵۳ (۱۸). ۲۵-۲۰.
۴. تولایی، نوین. (۱۳۸۶). *شکل شهر منسجم*. تهران: امیرکبیر.
۵. حبیب، فرح. (۱۳۸۰). *تحلیل شکل شهر: معنا و معیار*. رساله دکتری تخصصی، دانشگاه تهران، تهران.
۶. حمیدی، ملیحه. (۱۳۷۲). *نقش فرم، الگو و اندازه شهر در کاهش*

تأثیرگذاری کم مؤلفه‌های اجتماعی بر عناصر و مؤلفه‌های فرم شهری است. در جدول ۷ و شکل ۳، نتایج خوشه‌بندی مناطق بر اساس شاخص‌های عینی پایداری ارائه شده است.

در اشکال ۲ و ۳، به ترتیب، مناطق شهر تهران بر اساس شاخص‌های کمی فرم و ساختار فضایی شهری و نیز بر اساس شاخص‌های عینی و کمی پایداری خوشه‌بندی گردیده‌اند. رنگ‌های مشابه در هر شکل، شباهت آن مناطق از لحاظ شاخص‌های مورد بحث را نشان می‌دهد. مناطقی که در هر دو شکل در یک طبقه و خوشه قرار گرفته‌اند، نمایانگر ارتباط میان شاخص‌های فرم و ساختار فضایی با شاخص‌های پایداری و تأثیرگذاری آنها بر هم می‌باشند.

جمع‌بندی

شیوه کارآمد برنامه‌ریزی کاربری، دسترسی و حمل‌ونقل عمومی فراگیر، مصرف بهینه منابع انرژی و زمین و امکان تجدید چرخه آن، کاهش آلودگی‌های محیطی، اقتصادی شهری پایدار، تعاملات اجتماعی، تنوع، حفظ و ایجاد محیط‌های سالم، همه و همه به پایداری شهری می‌انجامد و شرایط زیست‌پذیری در شهرها را فراهم می‌سازد. این موضوعات به طور مستقیم با مؤلفه‌های فرم و ساختار فضایی در مقیاس میانی (شهرها از جمله شهر تهران) از قبیل شبکه‌های ارتباطی، سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی، دسترسی‌های پیاده و دوچرخه، استخوان‌بندی فضایی، تراکم و توزیع فضایی، ریخت‌شناسی مسکن و اندازه سکونتگاه، سیمای طبیعی و غیر فضایی (از جمله تراکم جمعیتی)، ارتباط دارد. لذا برنامه‌ریزی و طراحی کارآمد فرم شهری و ساختار فضایی در شهرهای آتی و اصلاح آنها در وضع موجود، بر میزان پایداری اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و زیست‌محیطی شهرها تأثیرگذار خواهد بود. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که می‌توان مناطق ۲۲ گانه تهران را بر اساس شاخص‌های فرم و ساختار فضایی شهری در مقیاس میانی به شش دسته طبقه‌بندی نمود. شباهت‌های شاخص‌های فرم و ساختار فضایی مناطق هر یک از این دسته‌ها، چنین طبقه‌بندی را معنادار می‌نماید. به‌عنوان مثال با توجه به شناخت مناطق، مناطق ۱ و ۴ و ۱۸، از نظر خصوصیات فرم و ساختار فضایی در مقیاس میانی شباهت‌های معناداری دارند. مناطق ۲۱ و ۲۲ نیز با برخورداری از فرم شهری گسترده نسبت به سایر مناطق شهر و مناطق ۶ و ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ نیز با توجه به برخورداری از موقعیت مرکزی نسبتاً فشرده در شهر تهران، در یک دسته قرار گرفته‌اند که خروجی‌های نرم‌افزاری نیز این موضوع را تأیید می‌نماید. همچنین بر اساس شاخص‌های پایداری، مناطق تهران به شش دسته قابل طبقه‌بندی است. همپوشانی بالای خوشه‌بندی‌های مناطق تهران بر اساس شاخص‌های فرم و ساختار

- structure. *ABCDE conference*. Washington.
22. Borrego, C., Martins, H., Tchepel, O., Salmim, L., Monteiro, A., & Miranda, A. I. (2006). How urban structure can affect city sustainability from an air quality perspective. *Environmental modelling & software*. 21(4). 461-467.
23. Bramley, G., Dempsey, N., Power, S., Brown, C., & Watkins, D. (2009). Social sustainability and urban form: evidence from five British citie. *Environment and planning. A*, 41 (9).
24. Bramley, G., & Power, S. (2009). Urban form and social sustainability: the role of density and housing type. *Environment and Planning B Planning and Design*. (36). 30-48.
25. Camagni, R., Gibelli, M. C., & Rigamonti, P. (2002). Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion. *Ecological economics*. 40 (2). 199-216.
26. Chen, H., Jia, B., & Lau, S. S. Y. (2008). Sustainable urban form for Chinese compact cities: Challenges of a rapid urbanized economy. *Habitat international*. 32 (1). 28-40.
27. Chenge, Jianquan, Jan, Turkstra., Mingjun Peng, Ningrui Du & Peter Ho. (2006). Urban land administration and planning in China: Opportunities and constraints of spatial data models. *Land Use Policy*. 23 (4). 604- 616.
28. Cowan, Robert. (2005). *Dictionary of Urbanism*. Streetwise Press.
29. Crook, Kenneth, F. (2007). *Britannica Concise Encyclopedia*. Encycloepedia Britannica Crop. (Available, at: www.britannica.com).
30. Echenique, M. H., Hargreaves, A. J., Mitchell, G., & Namdeo, A. (2012). Growing cities sustainably: does urban form really matter?. *Journal of the American Planning Association*. 78(2). 121-137.
31. Giuliano, Genevieve & Narayan, Dhiraj. (2003). Another Look at Travel Patterns and Urban Form: The US and Great Britain. *Urban Studies*. (40).
32. Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X. & Briggs, J.M. (2008). *Global change and the ecology of cities Science*. 8;319(5864). 56- 760.
- آسیب‌پذیری از زلزله. هشتمین سمینار بین‌المللی پیش‌بینی برابر زلزله تهران: دانشگاه تهران و بنیاد مسکن انقلاب اسلامی.
۷. حمیدی، ملیحه؛ صبری، سیروس؛ حبیبی، رضا؛ حبیبی، محسن؛ و سلیمی، جواد. (۱۳۷۶). *استخوان‌بندی شهر تهران*. (جلد اول). تهران: سازمان مشاور فنی و مهندسی شهر تهران.
۸. دانشپور، سیدعبدالهادی؛ رضازاده، راضیه؛ سجودی، فرزانه؛ و محمدی، مریم. (۱۳۹۲). بررسی کارکرد و معنای فرم شهر مدرن از منظر نشانه‌شناسی لایه‌ای. *دو فصلنامه معماری و شهرسازی*. ۶ (۱۱). ۸۷- ۷۱.
۹. سعیدنیا، احمد. (۱۳۸۳). *ساختار فضایی کلان‌شهر تهران*. مجموعه مقالات کارگاه تخصصی تدوین سیاست‌های راهبردی برای توسعه آتی شهر تهران: تهران: وزارت مسکن و شهرسازی.
۱۰. صلیبا، جمیل. (۱۳۶۶). *فرهنگ لغت فلسفی*. (منوچهر صانعی بیدهندی، مترجم). تهران: حکمت. (نشر اثر اصلی ۱۹۷۸).
۱۱. عزیزی، محمد مهدی. (۱۳۸۰). *توسعه شهری پایدار: برداشت و تحلیلی از دیدگاه‌های جهانی*. نشریه علمی پژوهشی صفا. (۳۳). ۲۷- ۱۵.
۱۲. گلکار، کوروش. (۱۳۸۶). *طراحی شهری در عمل: الگویی برای هدایت و کنترل چندسطحی در طراحی شهری*. *فصلنامه آبادی*. (۵۶). ۳۷- ۳۰.
۱۳. مدنی‌پور، علی. (۱۳۹۲). *طراحی فضای شهری: نگرشی بر فرایند اجتماعی و مکانی*. (چاپ دوم). تهران: سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران.
۱۴. ویلیامز، کاتی؛ بارتون، الیزابت؛ و جنکس، مایک. (۱۳۸۳). *دستیابی به شکل پایدار شهری*. (جلد اول). (واراز مرادی مسیحی، مترجم). تهران: پردازش و برنامه‌ریزی شهری.
15. Alberti, M. (1996). Measuring urban sustainability. *Environmental impact assessment review*. 16(4). 381-424.
16. Alberti, M. (2005). The effects of urban patterns on ecosystem function. *Int. Reg. Sci. Rev*. 28 (2). 168- 192.
17. Anas, A., Arnott, R., & Small, K. (1998). Urban spatial structure. *Economic Literature*. (36) 1426-1464.
18. Anderson, W.P., Kanaroglou, P.S., & Miller, E.I. (1996). Urban form, Energy and the Environment, a Review of Issue and Policy. *Urban Studies*. 33 (1). 7-35.
19. Bacon, E.N. (1974). *Design of Cities*. New York: The Viking Press.
20. Banister, D., Watson, S., & Wood, C. (1997). Sustainable cities: transport, energy, and urban form. *Environment and Planning B*. (24). 125-144.
21. Bertaud, Alain. (2002). Not on Transition and urban spatial

33. Hamin, E. M., & Gurrán, N. (2009). Urban form and climate change: Balancing adaptation and mitigation in the US and Australia. *Habitat international*. 33 (3). 238-245.
34. Handy, S. (1996). Methodologies for Exploring the Link between Urban form and Travel Behavior. Transportation Research. (Part D). *Transport and Environment*. 2 (2). 151-165.
35. Holden, E. (2004). Ecological footprints and sustainable urban form. *Journal of Housing and the Built Environment*. 19 (1). 91-109.
36. Ibrahim, A. (1997). *Investigation of the Relationship between Urban Spatial Structure and Travel Demand in the GTA*. A thesis submitted in conformity with the requirements for the degree of Master of Applied Science. University of Toronto.
37. Jabareen, Y.R. (2006). Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models and Concepts. *Journal of planning Education and Research*. 26 (1). 38-52.
38. Jenks, M., & Jones, C. (Eds.). (2009). Dimensions of the sustainable city. (Vol. 2). Springer Science & Business Media.
39. Kropf, Karl. (1996). Urban tissue and the character of towns. *Urban Design International journal*. 1 (3). 247-263.
40. Leicester City Council. (1995). *Indicators of Sustainable Development in Leicester: Progress and Trends*. UK: Leicester City Council.
41. Lynch, Kevin. (1981). *Theory of Good City Form*. MIT press.
42. Maclaren, V. (2004). *Urban Sustainability Reporting The sustainable urban development reader*. Routledge.
43. Marquez, L.O & Smith, N.C (1999). A framework for linking urban form and air quality. *Environmental Modelling and Software*. (14). 541- 548.
44. MC Connel, S. (1981). *Theories for Planning*. London: Heinemann Publication.
45. Meijer, M., Adriana, F., Linden, O & Vander, S. (2011). *A Next Step for Sustainable Urban Design in the Netherlands*. New York. Routledge.
46. Muñoz, I., & Galindo, A. (2005). *Urban form and the ecological footprint of commuting The case of Barcelona. Ecological Economics*. 55 (4). 499-514.
47. Næss, P. (2014). Urban form, sustainability and health: the case of greater Oslo. *European Planning Studies*. 22 (7). 1524-1543.
48. Polese, M., Stren, R. (2000). *The Social Sustainability of Cities: Diversity and Management of Change*. Toronto: University of Toronto Press.
49. Rodrigue, J.P., Claude, C. & Brian, S. (2009). *The Geography of Transport Systems*. New York. Routledge.
50. Song, Yan & Knaap. (2004). Measuring the effects of mixed land uses on housing values. *City and Regional Planning*. 34 (6). 663- 680.
51. Souche, Stephanie. (2010). Measuring the structural determinants of urban travel demand, *Transport Policy. Elsevier*. 17 (3). 127-134.
52. Stead, D., & Marshall, S. (2001). The relationships between urban form and travel patterns. An international review and evaluation. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 1 (2).
53. Thinh, N. X., Arlt, G., Heber, B., Hennersdorf, J., & Lehmann, I. (2002). Evaluation of urban land-use structures with a view to sustainable development. *Environmental Impact Assessment Review*. 22 (5). 475-492.
54. Transport and Infrastructure Research. 1(2). 113-141.
55. Tsai, Y. H. (2005). Quantifying urban form: compactness versus' sprawl. *Urban studies*. 42 (1). 141-161.
56. Vance, C., & Hedel, R. (2007). The impact of urban form on automobile travel: disentangling causation from correlation. *Transportation*. 34 (5). 575-588.
57. Wheeler, S. M. (2003). The evolution of urban form in Portland and Toronto: implications for sustainability planning. *Local Environment*. 8 (3). 317-336.
58. Wheeler, S.M. (2004). *Planning for Sustainability*. New York, Routledge.
59. Williams, K. (2005). *Spatial planning, urban form and sustainable transport*.
60. Woolever, C. (1992). A contextual approach to neighbourhood attachment. *Urban Studies*. (29). 99- 116.

the form and spatial structure indicators and on the basis of sustainability indicators, shows urban form and urban spatial structure factors affect sustainability directly. Determining the extent of this relationship will be important in future researches.

Keywords: Urban form, Urban Structure, Social Sustainability, Economic Sustainability, Environmental Sustainability.

Typology of Sustainable Urban Form and Urban Structure, With a view to Tehran

Azadeh Gharaei, Ph.D. Candidate, Faculty of Civil, Architecture And Art, Islamic Azad University, Science and research Branch, Tehran, Iran.

*Esfandiar Zebardast**, Ph.D., Associate Professor, School of Urban Planning, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran.

Hamid Majedi, Ph.D., Associate Professor, Faculty of Civil, Architecture And Art, Islamic Azad University, Science and research Branch, Tehran, Iran.

Abstract

Urban form and spatial structure are important aspects for city surveying and its analysis. Literature review on the concepts of spatial structure, urban form, pattern of the city and etc. indicates variety and diversity of opinion in these areas. Some of the reasons for differences in the definition of these concepts are as follows: the difference in scales and areas of research, different ways of translations, different semantic content for similar indicators, view of planner or designer and etc. Therefore the author is looking for detailed analysis and explanation of the concepts of urban form and urban spatial structure. we can find out that the urban spatial structure and urban form in some parts and some variables such as natural landscape, transport infrastructure, communication networks, spatial pattern of land use, morphology of housing, density and etc. have overlaps, but not completely overlapping or following. In other words, if we classify the definitions of these two concepts into three levels: the macro level (metropolitan areas), middle level (cities and regions) and micro levels (neighborhoods and neighborhoods units), at the middle level, the implications of these two concepts are overlapping, so in this scale, the two concepts can be equated. However at the macro level, the components of urban spatial structure and at the micro level, the elements of urban form can be clearer to explain the issue. Although some researchers use urban spatial structure for micro scale or urban form for macro scale, but in this article, by analysis of comments of majority of experts, it has been argued that the concepts of urban form and urban spatial structure at the middle scale equally, the components of urban form at the micro scale and the elements and variables of urban spatial structure at the macro scale can repaint the nature of urban development issues with a more accurate method.

From another prospect, urban form and spatial structure of the city are known as one of the most important sources of environmental, economic and social instability. There are many ways to achieve a sustainable future for urban and regional scales. In this research and with an analytical view, the authors went on to identify how urban form and spatial structure affect Tehran sustainability and after collecting information and analyzing the spatial layers, using the K-Means Clustering Model and the GIS software series and Python programming language, we classified the 22 districts of Tehran into six clusters based on the urban-form and urban spatial structure indicators in the middle scale. The similarities between the form and spatial structure indicators in each of these categories makes such categorization and typology meaningful. Also we classified these districts into six clusters based on the urban sustainability indexes by using K-Means Clustering Model the overlap of clustering in Tehran's districts based on

* Corresponding Author: Email: zebardst@ut.ac.ir