

سنجش پایداری محله‌های شهری در بافت‌های سکونتی با استفاده از سیستم استنتاج منطق فازی (نمونه موردی: محلات شهر سنندج)

دکتر مهین نسترن*

دکتر کیومرث حبیبی**

مهرداد محمدی***

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۲۷

چکیده

تحولات شهرسازی دوران معاصر در ایران و به‌خصوص در شهر سنندج به دنبال افزایش جمعیت و شهرنشینی مبین رشد و توسعه‌ی محله‌های مسکونی‌ای است که به دور از مراکز شهری، به حومه‌ها رانده شده‌اند و بافت‌های جدید را در نقاط مختلف شهرها ایجاد نموده‌اند. باید به این امر توجه داشت که رشد و گسترش محله‌های مسکونی به‌خصوص در بافت‌های جدید شهری بدون توجه به ابعاد و شاخص‌های توسعه پایدار موجب هدررفت منابع طبیعی می‌گردد که با اهداف توسعه‌ی پایدار شهری در تعارض و تقابل قرار دارد.

هدف از این پژوهش ارائه، سنجش و ارزیابی شاخص‌های پایداری در محله‌های شهری و مقایسه پایداری محلات منتخب واقع در بافت‌های گوناگون شهر سنندج از جمله، بافت‌های قدیم (قطارچیان)، میانی (تپه‌قوپال)، جدید (ظفریه) و محله‌های واقع در سکونتگاه‌های غیر رسمی (حاجی‌آباد) می‌باشد. این پژوهش با هدف کاربردی و با استفاده از روش‌های توصیفی-تحلیلی به سنجش و ارزیابی پایداری در محله‌های منتخب پرداخته است. برای تحلیل داده‌های پژوهش با توجه به ماهیت پایداری و ابهام و عدم قطعیت موجود در آن از روش استنتاج منطق فازی که به دلیل توانایی در الگوسازی و داشتن روش سیستماتیک ابزاری مناسب برای کاربرد در موقعیت‌های مبهم است، استفاده گردید. پس از بررسی منابع علمی و تحقیقات عملی نهایتاً ۵۹ شاخص در ابعاد مختلف برگزیده شد. سپس شاخص‌های ۵۹ گانه با مراجعه به سوابق علمی و اصول همگنی شاخص‌ها به ۱۲ شاخص ثانویه تقسیم شدند. از تقسیم شاخص‌های ۱۲ گانه ابعاد چهارگانه پایداری متشکل از پایداری اکولوژیکی-محیطی، پایداری کالبدی-فضایی، پایداری اجتماعی-فرهنگی و پایداری اقتصادی به دست آمد. ابعاد محیطی-اکولوژیکی و کالبدی-فضایی مشخص‌کننده بعد گسترده‌ی پایداری اکوسیستم و ابعاد اجتماعی-فرهنگی و اقتصادی نیز تبیین‌کننده پایداری انسانی است. از ترکیب پایداری اکوسیستم و پایداری انسانی نیز پایداری کلی حاصل گردید. فرآیند استنتاج منطق فازی (شامل مراحل نرمال‌سازی، فازی‌سازی، استنتاج فازی و فازی‌زدایی) برای ارزیابی و سنجش چهار بعد پایداری، دو بعد گسترده‌ی پایداری و پایداری کلی و برای هر کدام از محله‌های نمونه موردی، به طور جداگانه و به کمک Tool Box منطق فازی نرم‌افزار MATLAB به اجرا درآمد. نتایج نشان‌دهنده‌ی پایداری بیشتر محله قدیمی قطارچیان (۴۲۱٪) در مقایسه با محله‌های واقع در بافت جدید (ظفریه=۳۳۵٪)، بافت میانی (تپه‌قوپال=۱۹۶٪) و حاشیه‌نشین (حاجی‌آباد=۱۲۵٪) می‌باشد.

واژگان کلیدی: سنجش پایداری، محله‌های شهری، بافت‌های سکونتی، منطق فازی، شهر سنندج

* دانشیار گروه شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان

** دانشیار گروه شهرسازی، دانشگاه کردستان

*** دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه هنر اصفهان، mehrdad_mohammadi2012@yahoo.com

۱. مقدمه و بیان مسأله

نگرانی‌های موجود درباره‌ی آسیب‌های محیطی و کاهش منابع طبیعی، توسعه پایدار را به عنوان مفهوم کلیدی در سیاستگذاری‌های ملی و بین‌المللی مطرح کرده است (۱۴: ۲۰۰۵، Curweel). توسعه پایدار پس از پنج دهه چالش‌های نظری و عملی در زمینه توسعه پا به عرصه اندیشه و عمل جوامع انسانی گذاشته است تا با پیوند نظام‌های اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی، توسعه را مفهومی انسانی، متعالی، چندبعدی، همه جانبه، متوازن و پایدار بخشد (فراهانی، ۱۳۸۵: ۹). پایداری به عنوان واژه‌ای که برای جریان‌های اصلی تفکرات اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی مفهومی نسبتاً جدید محسوب می‌گردد، بسته به اعتقادات، آگاهی‌ها و جایگاه سیاسی یک فرد به صورت‌های گوناگون تفسیر می‌گردد. این واژه از فردی به فرد دیگر، از محله‌ای به محله‌ی دیگر، از شهری به شهر دیگر و از ملتی به ملت دیگر معانی متفاوت پیدا می‌کند (کریزک و پاور، ۱۳۸۹: ۱۱).

یکی از ارکان بسیار مهم توسعه‌ی پایدار، توسعه‌ی پایدار شهری می‌باشد (Xing & et al, ۲۰۰۹). توسعه شهری پایدار به توازن بین ابعاد مختلف اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی شهر و توسعه همزمان آن‌ها اشاره دارد. مسائل و مشکلات محیطی و اجتماعی و اقتصادی شهرها، ضرورت رسیدن به توسعه‌ی پایدار را تأکید می‌کند، اما برای دستیابی به این امر مهم، لازمست تا جایگاه و فاصله‌ی شهر از آرمان الگوی توسعه‌ی پایدار سنجیده شود (فرهودی، رهنمایی و تیموری، ۱۳۸۹: ۹۱). مفهوم توسعه پایدار شهری بسیار گسترده است و در شرایط مختلف زمانی و مکانی متفاوت می‌باشد و از همین رو امکان تسری و تعمیم برداشت واحد و خاصی از پایداری وجود ندارد، لذا لزوم سنجش و ارزیابی پایداری در سطوح فضایی مختلف کاملاً محسوس می‌گردد.

عرصه سنجش پایداری، عرصه ایست که کارهای پژوهشی و اجرایی بسیاری در آن به انجام رسیده است. ابزارها و روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری پیشرفت به سمت توسعه پایدار طراحی شده‌اند، لیکن با وجود دیدگاه‌های متفاوت در مورد پایداری، عدم وجود یک روش پذیرفته شده همگانی و قابل کارکرد در تمام مناطق و بخش‌ها، جای تعجب نیست (بل و موریس، ۱۳۸۶: ۳۰). این پرسش که چگونه می‌توان پایداری توسعه را ارزیابی کرد، پرسشی است که پاسخ به آن با بررسی روش‌ها، چارچوب‌ها و معرف‌های مناسب پیدا می‌شود. مسائل پیچیده توسعه‌ی پایدار نیازمند مجموعه‌هایی به هم پیوسته از معرف‌ها یا ترکیب‌هایی از معرف‌ها در قالب شاخص‌است (بدری و افتخاری، ۱۳۸۲: ۲۴). تا کنون بیشتر چارچوب‌های سنجش و ارزیابی پایداری و همچنین متغیرها و شاخص‌های سنجش پایداری متمرکز بر سطوح مختلف بین‌المللی، ملی، منطقه‌ای و شهری بوده است، در حالی که بهترین مقیاس برای سنجش پایداری، سطح محلی (Garde et al, ۲۰۱۰; Winston, ۲۰۰۹، خاکپور و همکاران،

(۱۳۸۸) می‌باشد. می‌توان گفت که مفهوم توسعه پایدار در مقیاس محله هنوز به قطعیت روشنی نرسیده و ابعاد آن مورد بررسی و تجزیه و تحلیل‌های جدی قرار نگرفته است. این در حالی است که محله‌های شهری مکان‌های هستند که ابعاد مسائل در آن‌ها کاملاً محسوس است (عزیزی، ۱۳۸۵: ۳۷). پیرو تحولات در بافت‌های شهری دوران معاصر و جایگزین شدن بافت‌های شهری جدید به جای محیط‌های شهری قدیم، نقش و جایگاه محله‌های شهری از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار شده است (عزیزی، ۱۳۸۵: ۳۶). تحولات شهرسازی دوران معاصر به دنبال افزایش جمعیت و شهرنشینی مبین رشد و توسعه‌ی محله‌های مسکونی‌ای است که به دور از مراکز شهری، به حومه‌ها رانده شده‌اند و بافت‌های جدیدی را در نقاط مختلف شهرها ایجاد نموده‌اند. باید به این نکته اذعان نمود که؛ رشد شهری، به ویژه پراکندگی مسکونی، در خط مقدم آسیب‌های زیست‌محیطی از طریق کاهش منابع طبیعی به جای توسعه می‌باشد که این امر در تقابل و تضاد با اهداف توسعه‌ی پایدار قرار دارد (Karol & Brunner, ۲۰۰۹). در عصر جدید به تبع افزایش جمعیت و رشد سریع شهرها، محلات شهری، فرصت نیافتند تا خود را با مقتضیات جدید زندگی شهری وفق دهند و در تأمین نیازها و خواست‌های متنوع شهروندان تا حدود زیادی ناکام بوده و کارایی لازم را نداشته‌اند که این مسائل و مشکلات موجب پیدایش شکاف و عدم همگنی پایداری در محله‌های شهری و به تبع آن افزایش نارضایتی طیف گسترده‌ای از ساکنان شهری از محیط زندگی خود شده است. بنابراین لازمست که با استفاده از روش‌ها و شاخص‌های مناسب توسعه پایدار در سطح محله‌های شهری نسبت به سنجش پایداری این محلات اقدام گردد.

هدف از این پژوهش ارائه، سنجش و ارزیابی شاخص‌های پایداری در محله‌های شهری و مقایسه پایداری محلات واقع در بافت‌های گوناگون شهری در شهر سنجندج از جمله، بافت‌های قدیم، میانی، جدید و محله‌های واقع در سکونتگاه‌های غیر رسمی می‌باشد. بنابراین می‌توان مهم‌ترین سؤال‌های پژوهش حاضر را اینگونه تعریف نمود:

۱. مهم‌ترین شاخص‌های سنجش پایداری به تفکیک ابعاد مختلف توسعه پایدار برای سنجش و ارزیابی پایداری محله‌های شهری کدام‌اند؟
۲. کدامیک از محله‌های شهری واقع در بافت‌های سکونتی (قدیم، میانی، جدید و سکونتگاه‌های غیررسمی) از پایداری بیشتری برخوردار است؟
۳. کدامیک از ابعاد پایداری محله‌های شهری در بافت‌های سکونتی از وضعیت مطلوب‌تری برخوردارند؟

۲. روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف از نوع پژوهش‌های کاربردی محسوب می‌گردد. روش انجام مطالعات در این تحقیق با توجه به ماهیت کار مبتنی بر روش‌های توصیفی-تحلیلی می‌باشد. به‌منظور انتخاب روش مناسب برای تحلیل داده‌های این پژوهش با توجه به ابهام و عدم قطعیت ذاتی حاکم بر علوم انسانی و محیط‌های برنامه‌ریزی، تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری به طور کلی و مفهوم مبهم و پیچیده واژه‌ی پایداری به‌طور خاص از روش استنتاج منطق فازی که امکان بررسی و صورت‌بندی ریاضی مفاهیم نادقیق و ناخوش تعریف را فراهم می‌نماید استفاده گردید. منطق فازی در سال ۱۹۶۵ توسط پروفسور لطفی‌زاده، بعنوان یک تئوری ریاضی برای مدل نمودن ابهام و عدم قطعیت موجود در ادراک و افکار انسان ارائه گردید (Liu, ۲۰۰۷: ۷۲۴).

پایداری یک مفهوم چند وجهی است که برای آن هیچ تعریف پذیرفته شده گسترده و یا روش اندازه‌گیری خاص وجود ندارد. از نظر ریاضی، پایداری ترکیبی از توابع چند متغیره می‌باشد که این توابع نیز، به نوبه خود، ترکیبی از متغیرهای اولیه می‌باشند. به دو دلیل تعیین دقیق و صریح این توابع غیر ممکن می‌باشد:

۱. پایداری یک مفهوم ذاتاً مبهم و پیچیده است و نمی‌توان آن را توصیف کرد، چه رسد به اندازه‌گیری، آن هم توسط ریاضیات سنتی. سیاست‌گذاران و دانشمندان اغلب عبارات طبیعی زبانی را به جای معادلات و یا مقادیر عددی در ارزیابی پایداری ترجیح می‌دهند.

۲. در ساخت مدل برای سیستم‌هایی که ساختار آن‌ها شناخته شده نیست از آمارها و شناسایی سیستم‌ها استفاده می‌شود. این روش‌ها نیازمند به تعداد زیاد اندازه‌گیری‌های ورودی و خروجی، مجموعه‌ای از مدل‌های کاندید برای سنجش و یک معیار برای انتخاب بهترین مدل بر اساس این اندازه‌گیری‌ها می‌باشند. مشکل اصلی ارزیابی پایداری با استفاده از این روش‌ها عدم وجود داده‌های خروجی است. اگر چه بسیاری از ورودی‌های قابل اندازه‌گیری هستند، ولی این ورودی‌ها برای تخمین خروجی غیر کارآمد می‌باشند (Phillis and Kouikoglou, ۲۰۰۹: ۱۱).

در حقیقت، مرز میان پایداری و ناپایداری کاملاً واضح نیست. این بدان معنی است که تعیین دقیق مقادیر اصلی پایداری ممکن نبوده و همواره باید میزانی از نااطمینانی در محاسبه‌ی پایداری، لحاظ شود. به عبارت دیگر می‌توان گفت به دلیل ماهیت مبهم و مفهوم پیچیده‌ی پایداری، تعریف و اندازه‌گیری آن مشکل است. از این رو به نظر می‌رسد منطق فازی به دلیل توانایی در الگوسازی و داشتن روش سیستماتیک برای استفاده از موقعیت‌های مبهم (شرایطی که ریاضیات سنتی در برابر آن ناکارآمد است) و همچنین قدرت استفاده از زبان طبیعی و ارزش‌های زبانی، ابزار مناسبی جهت محاسبه‌ی پایداری باشد (Phillis et al, ۲۰۰۱: ۴۳۷).

در این پژوهش برای ارزیابی و سنجش پایداری در سطح محله‌های شهری پس از مراجعه به منابع علمی و تحقیقات عملی در این زمینه، نهایتاً تعداد ۵۹ شاخص (جدول شماره ۱) در زمینه‌های مختلف زیست‌محیطی، کالبدی- زیرساختی، اجتماعی و اقتصادی برای سنجش پایداری در محله‌های شهری انتخاب گردید. سپس شاخص‌های ۵۹ گانه با مراجعه به سوابق علمی و اصول همگنی شاخص‌ها به ۱۲ شاخص ثانویه تقسیم شدند. از تقسیم شاخص‌های ۱۲ گانه ابعاد چهارگانه پایداری متشکل از پایداری اکولوژیکی- محیطی (استفاده پایدار از زمین، سلامت محیطی و ویژگی‌های طبیعی)، پایداری کالبدی- فضایی (دسترسی و مجاورت به خدمات رفاه اجتماعی، مسکن و حمل‌ونقل و ارتباطات)، پایداری اجتماعی- فرهنگی (امنیت و ایمنی، ویژگی‌های جمعیتی و اجتماعی و دسترسی به خدمات اجتماعی- فرهنگی) و پایداری اقتصادی (اشتغال، دارایی خانوار و کارایی اقتصادی محله) به‌دست آمد. از ترکیب ابعاد چهارگانه نیز، به پیروی از الگوی اتحادیه‌ی بین‌المللی حفاظت از طبیعت (IUCN) که ابعاد پایداری را شامل بهبود اکوسیستم و بهبود زندگی انسانی می‌داند و همچنین روش ارزیابی پایداری با استفاده از ارزشگذاری فازی (Phillis et al, ۲۰۱۱)، دو بعد گسترده‌تر پایداری شامل پایداری اکوسیستم (پایداری اکولوژیکی- محیطی و پایداری کالبدی- فضایی) و پایداری انسانی (پایداری اجتماعی- فرهنگی و پایداری اقتصادی) حاصل گردید. در نهایت نیز از ترکیب ابعاد گسترده‌ی پایداری اکوسیستم و پایداری انسانی، شاخص پایداری کلی به‌دست آمد. تصویر شماره ۱ مدل مفهومی پژوهش حاضر را به تصویر می‌کشد.



تصویر شماره ۱: مدل مفهومی پژوهش

مأخذ: نگارندگان

ادامه جدول شماره ۱: شاخص‌های اولیه، شاخص‌های ثانویه، ابعاد و ابعاد گسترده‌ی پایداری

بعد گسترده	ابعاد	شاخص ثانویه	شاخص اولیه	بعد گسترده	ابعاد	شاخص ثانویه	شاخص اولیه
پایداری اکوسیستم	پایداری کالبدی- فضایی	مسکن	۱. درصد مالکیت وسیله نقلیه؛ ۲. نسبت شغل به خانوار و ۳. درصد مالکیت مسکن	پایداری انسانی	پایداری اقتصادی	۱. تنوع خدمات تجاری محلی؛ ۲. تنوع انتخاب مسکن؛ ۳. مجاورت به خدمات تجاری محله‌ای و ۴. دسترسی به خدمات تجار محله‌ای	۱. ارتباطات داخل محله؛ ۲. ارتباطات با خارج از محله؛ ۳. نفوذپذیری محله؛ ۴. نفوذپذیری معابر؛ ۵. مجاورت به حمل و نقل عمومی؛ ۶. دسترسی به حمل و نقل عمومی
پایداری اکوسیستم	پایداری کالبدی- فضایی	مسکن	۱. خانوار در واحد مسکونی؛ ۲. سرانه زیربنای خانوار؛ ۳. تعداد نفر در اتاق؛ ۴. درصد واحدهای مسکونی دارای تمام امکانات و تسهیلات؛ ۵. ریزدانی قطعات مسکونی؛ ۶. درصد واحدهای مسکونی با مصالح مقاوم	پایداری اقتصادی	پایداری انسانی	۱. کارایی اقتصادی محله	۱. ارتباطات داخل محله؛ ۲. ارتباطات با خارج از محله؛ ۳. نفوذپذیری محله؛ ۴. نفوذپذیری معابر؛ ۵. مجاورت به حمل و نقل عمومی؛ ۶. دسترسی به حمل و نقل عمومی

شاخص‌هایی که با علامت * مشخص گردیده‌اند، بدین معنی است که، ارزش پایین شاخص نشان‌دهنده‌ی پایداری بیشتر می‌باشد.
مأخذ: نگارندگان

۳. پیشینه‌ی تحقیق

اندازه‌گیری توسعه‌ی پایدار با استفاده از روش فازی، در ابتدا توسط فیلیس و اندریان^۱ (۲۰۰۱) معرفی شد. سپس توسط اندریان و همکاران^۲ (۲۰۰۴)، کولومپیس و همکاران^۳ (۲۰۰۸) و فیلیس و کوکولو^۴ (۲۰۰۹) بسط داده شده است. روش ارزیابی پایداری به روش منطق فازی یک سیستم استنتاج فازی است که در آن ۷۵ متغیر ورودی که شاخص‌های پایه

^۱ Phillis and Andriantiatsaholainiaina

^۲ Andriantiatsaholainiaina et al

^۳ Kouloumpis et al

^۴ Phillis and Kouikoglou

نامیده می‌شوند، با استفاده از قواعد "اگر-آن‌گاه" و منطق فازی با یکدیگر ترکیب شده تا دو متغیر ترکیبی که در برگیرنده ملاحظات زیست محیطی و اجتماعی است را محاسبه نمایند. در نهایت شاخص پایداری کل بر حسب اعداد بین ۰ تا ۱ محاسبه می‌گردد. (Phillis et al, ۲۰۱۱). این روش به محاسبه‌ی سطح توسعه‌ی پایدار ۱۲۸ کشور جهان پرداخته است. طبق نتایج یک دوره ۲۲ ساله از سال ۱۹۹۱ تا سال ۲۰۱۱، کشورهای آلمان (۹۲۷/)، سوئیس (۹۱۵/)، سوئد (۸۹۶/)، نروژ (۸۹۳/)، و فنلاند (۸۸۲/) در رتبه‌های اول تا پنجم قرار دارند. ضمن اینکه کشور ایران با کسب شاخص پایداری کل ۴۹۱/ (ارزش شاخص پایداری انسانی ۵/ و ارزش شاخص پایداری اکوسیستم ۴۸۱/ می‌باشد) در رتبه ۱۰۳ قرار دارد (www.sustainability.tuc.gr).

در مطالعات داخلی می‌توان، به موارد ذیل اشاره کرد. فرهودی و دیگران در سال ۱۳۹۰ با هدف سنجش میزان پایداری در سطح محله‌های منطقه‌ی ۱۷ شهری تهران به بررسی در این زمینه می‌پردازند. در این پژوهش ۲۰ شاخص مختلف اقتصادی اجتماعی و کالبدی برای سنجش پایداری به کار برده شده که با استفاده از تابع عضویت مثلثی، هر شاخص جداگانه در داخل سیستم اطلاعات جغرافیایی فازی شده است. پس از آن با استفاده از استدلال اولیه و نهایی ممدانی، وضعیت پایداری منطقه در نه طبقه (کاملاً بد، خیلی بد، بد، نسبتاً بد، متوسط، نسبتاً بالا، بالا، خیلی بالا، کاملاً بالا) دسته‌بندی شد و در پایان شاخص‌ها نافازی شدند. نتیجه‌ی مطالعه نشان می‌دهد که وضعیت پایداری محله‌های شهری منطقه‌ی ۱۷ در سطوح متوسط و پایین از آن قرار دارند. (فرهودی و همکاران، ۱۳۹۰)

صمدی و اوجی مهر در سال ۱۳۹۰ با هدف اندازه‌گیری شاخص توسعه‌ی پایدار شهری برای ۶ کلان شهر تهران، مشهد، اصفهان، شیراز، تبریز و اهواز به پژوهش در این زمینه می‌پردازند. نتایج حاصل از محاسبات با استفاده از سیستم استنتاج فازی سلسله مراتبی نشان می‌دهد که در بین کلان شهرهای ایران در سال ۱۳۸۶، پایداری‌ترین و ناپایداری‌ترین شهرها، به ترتیب شهرهای اصفهان و تهران می‌باشد. (صمدی و اوجی مهر، ۱۳۹۰).

۴. مبانی نظری

مفهوم توسعه‌ی پایدار به روش‌های گوناگون در قالب مفاهیم متنوعی چون تبادل ارزش‌ها (Clark, ۱۹۸۹)، حمایت و پشتیبانی از وضعیتی مطلوب (سعیدی، ۱۳۷۷)، کاربرد چهار اصل یکپارچگی، برابری، انطباق و پذیرش محدودیت‌ها (Ward, ۲۰۰۰)، متضمن دستیابی به کیفیت زندگی در ابعاد مختلف برای همه (Bond, ۲۰۰۱)، تداوم طولانی مدت اکوسیستم در حمایت از زندگی انسانی و رفاه اجتماعی (یاری‌حصار، ۱۳۹۰)، توسعه‌ی اخلاقی (Roslton, ۱۹۹۴)، رسانیدن انسان به مرحله رضایت از زندگی خویش (Escap, ۱۹۹۶) و سعادت بشر

(Mustafa, ۱۹۸۷) توسط افراد و نهادهای مختلف ارائه گشته است، اما کامل‌ترین این تعاریف‌ها را می‌توان توسعه‌ای دانست که نیازهای نسل فعلی را بدون به خطر انداختن توانایی نسل آینده در برآوردن نیازهای خود، تأمین کند (WCED, ۱۹۸۷: ۵). از آن‌جا که توسعه‌ی پایدار فرایندی است به سوی پایداری، نمی‌توان با یک گام به آن رسید و برای تحقق آن می‌بایست توجهات به گام‌های بینابینی توسعه‌ی پایدار معطوف گردد، زیرا توسعه‌ی پایدار: (۱) فرایندی است چند بعدی در جست‌وجوی یکپارچگی اهداف اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و محیطی به شیوه‌ای پایدار و (۲) فرایندی است پایدار و مداوم برای تغییر اقتصادی، اجتماعی و محیطی که برای افزایش رفاه طولانی‌مدت کل اجتماع طراحی شده است (بوسل، ۱۳۸۶: ۶۳۶). با توجه به تنوع شیوه‌های زندگی و ترجیحاتی که در همه جوامع و کشورهای جهان وجود دارد نمی‌توان تعریف واحدی از مفهوم پایداری که برآورنده تمامی نظرات و انتظارات باشد ارائه داد. حتی اگر با یک توافق دوجانبه به خلق تعریفی از پایداری برسیم، آن تعریف به همان اندازه که مهم به نظر می‌رسد بی‌معنی خواهد بود (کریزک و پاور، ۱۳۸۹: ۱۲) پایداری در معنای وسیع خود به توانایی جامعه، اکوسیستم یا هر سیستم جاری برای تداوم کارکرد در آینده نامحدود اطلاق می‌شود، بدون اینکه به‌طور اجبار در نتیجه تحلیل رفتن منابعی که سیستم به آن وابسته است یا به دلیل تحمیل بار بیش از حد روی آن‌ها، به ضعف کشیده شود (Gold, ۱۹۹۶: ۱). سطح پایداری فضاهای زندگی شهری به یکی از عوامل عمده در توسعه کلی پایدار شهری تبدیل گشته است. در سطح محلی، مفهوم پایداری به‌طور گسترده برنامه‌ریزی محله‌های مسکونی و اجتماعات محلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. توسعه‌ی پایدار محله‌ای توانایی جوامع کوچک محلی (محلات) در بهره‌برداری و استفاده از منابع طبیعی، انسانی و اکولوژیکی است. به گونه‌ای که همه اعضا یا اجتماعات محله‌ای در حال حاضر و آینده از سطوح مناسبی در بهداشت و سلامت، زندگی مطلوب، امنیت، یکپارچگی میان محیط زیست و فعالیت انسانی و اقتصادی پویا برخوردار شوند (Kline, ۱۹۹۷: ۴).

با توجه به تعریف بالا پایداری محلات و توسعه‌ی محله‌ای در صدد است تا با دستیابی به اهداف توسعه‌ی پایدار در مقیاس اجتماعات محله‌ای و اجزای سازنده محیط شهری، نتایج توسعه‌ی پایدار را به‌صورت ملموس و قابل ارزشیابی درآورد. نکته این جاست که ناکامی‌اهداف توسعه‌ی پایدار چرخش مقیاس آن را اکنون به مقیاس محلات جلب نموده است، به گونه‌ای که مقیاس محلات برای توسعه‌ی پایدار اکنون مقیاس بهینه تعریف شده است (خاکپور و همکاران، ۱۳۸۸: ۶۳).

۵. محدوده‌ی مطالعاتی

هر چند سکونت قوم کُرد در منطقه‌ی کردستان تاریخی چند هزار ساله دارد، اما از آغاز و پیدایش و بنای شهر سنندج زمان زیادی نمی‌گذرد. در سال ۱۰۴۶ ه‍.ق. سلیمان خان اردلان به انگیزه نظامی و ایجاد مرکزیت سیاسی برای حکومت، هسته اولیه سنندج را بر روی تپه‌ای در کنار روستای «سینه» بنا نهاد (فرهودی و محمدی، ۱۳۸۴: ۸۸). این شهر تا سال ۱۳۴۰ دارای حالتی از شهرنشینی ایستا و طبیعی بوده است. ولی از این دوره به بعد وارد مرحله شهرنشینی سریع می‌شود. به طوری که از این دوره تا سال ۱۳۵۷، رشد کالبدی شهر معادل دوره ۳۵۰ ساله تاریخ شهر بوده و جمعیت آن نیز دو برابر گردیده است (پوراحمد و حبیبی، ۱۳۸۴: ۹۸) به تدریج و در دوره‌های بعد و با رشد سریع و عدم توجه به امکانات بالقوه شهر، نارسایی و مشکلاتی در سازمان فضایی- کالبدی شهر از قبیل رشد ناهماهنگ و نابجای فضای خدماتی، نبود فضای خدمات‌دهنده و کمبود فضاهای باز شهری، موجب پدید آمدن فقر شهری و اسکان غیر رسمی در فضاهای اطراف شهر شده است (پوراحمد و همکاران، ۱۳۸۲: ۲۰) می‌توان گفت: از سال ۷۵ توسعه شهر، بیشتر به شکل برنامه‌ریزی شده انجام می‌شود. توسعه شهرک‌های جدید در جنوب شهر مانند: شهرک بهاران و پیام در راستای طرح‌های آماده‌سازی و واگذاری اراضی دولتی در این سال‌ها انجام می‌پذیرد. شهر سنندج بتدریج از حالت روستا-شهری فاصله گرفته و میزان شهریت آن روز به روز افزایش می‌یابد (پوراحمد و حبیبی، ۱۳۸۴). در ارتباط با انواع بافت‌های شهری شهر سنندج می‌توان گفت: بافت قدیمی به دور هسته اولیه شهر و یا بافت تاریخی تنیده شده است. انتهای مرحله زمان شکل‌گیری این بافت به اواخر دوره قاجاریه می‌رسد. این بافت شامل ۶ محله‌ی قطارچیان، قلاچوران، جورآباد بالا، جورآباد پایین، چهار باغ و محله آقامان می‌باشد. بافت میانی شهر سنندج از نظر ساخت بیش از نیم قرن عمر دارد و در اطراف بافت قدیمی تنیده شده است. در این تقسیم‌بندی محدوده نهایی این بافت، توسعه شهر تا سال ۱۳۴۵ در نظر گرفته شده است. با افزایش سریع جمعیت شهر سنندج طی ۴۰ سال گذشته، بافت جدید شکل گرفت. پیدایش بافت جدید شهر سنندج از یکسو معلول مهاجرت‌های روستایی و از سوی دیگر به دلیل جابه‌جایی جمعیت از بخش‌های قدیم و میانی به سمت نواحی جدید بوده است. بافت جدید در اطراف بافت میانی و قدیمی شهر در همه جا گسترده شده است، اما طی دهه اخیر این گسترش بیشتر به سمت جنوب شهر بوده است. بافت حاشیه‌ای شهر که عمدتاً در برگرنده محلات نامتعارف است، به‌طور عمده محل سکونت اقشار تهیدست شهری به خصوص مهاجران روستایی است، که درصد قابل توجهی از جمعیت شهر را به خود اختصاص داده است. از جمله این محلات می‌توان حاجی‌آباد، کمیز، شیخ محمد صادق، تققان، جورآباد، گلشن، کاراموزی، فرجه، عباس‌آباد بالا و پایین وکانی‌کوزله را نام برد.

در این پژوهش با توجه به هدف مورد مطالعه، از هر کدام از بافت‌های شهری سنندج یک محله انتخاب گردید. انتخاب محله‌ها بر اساس معیارهایی همچون قرارگیری در یک محدوده‌ی

مشترک برنامه‌ریزی شده (در این پژوهش منطقه ۳ طرح تفصیلی مصوب ۹۱)، دسترسی به آمار و اطلاعات، هویت محلات، اعتبار از نظر ساکنین محلی شهر سنج، همگنی از نظر مساحت، جمعیت و ... انتخاب گردید. بدین منظور از بافت قدیمی، محله قطارچیان؛ از بافت میانی، محله تپه‌قوپال؛ از بافت جدید، محله ظفریه و از محله‌های سکونتگاه‌ی غیر رسمی نیز، محله حاجی‌آباد بالا انتخاب گردید. جدول شماره ۲ برخی از ویژگی‌های جمعیتی، اقتصادی، فرهنگی و کالبدی- فضایی محله‌های منتخب را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۲: ویژگی‌های جمعیتی، اقتصادی، فرهنگی و کالبدی- فضایی محله‌های مورد پژوهش

ویژگی	قطارچیان	تپه‌قوپال	ظفریه	حاجی‌آباد	ویژگی	قطارچیان	تپه‌قوپال	ظفریه	حاجی‌آباد
جمعیت (نفر)	۳۳۸۶	۳۵۸۵	۳۳۶۶	۷۰۵۱	تعداد خانوار	۱۰۱۱	۱۰۷۵	۹۹۱	۲۰۲۶
درصد باسوادی	۸۵/۷۵	۸۸/۷۹	۹۲/۶۲	۷۸/۶۶	درصد اشتغال	۷۶/۱۰	۷۵/۷۳	۷۱/۶۶	۸۱/۰۴
تعداد واحد مسکونی	۱۰۰۵	۱۰۶۷	۹۲۰	۱۸۹۴	درصد مالکیت مسکن	۴۹/۷۵	۵۸/۷۹	۵۳/۹۸	۵۰/۳۹
مساحت محله (هکتار)	۲۳۳۵	۲۶۷۵	۲۹۲۲	۳۴۵۲	مساحت مسکونی (هکتار)	۱۰/۷۲	۱۲/۵۱	۱۲/۷۵	۱۳/۸۲

مأخذ: سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰

۶. نتایج و یافته‌های تحقیق

۶-۱- شاخص‌های سنجش پایداری محله‌های شهری

شاخص‌ها به‌عنوان واژه‌های دارای مفهوم ضمنی، ابزاری هستند که امکان ارزیابی وضع موجود و پیشرفت‌های آینده را فراهم می‌آورند و از سوی دیگر، مقصد و هدف را نشان می‌دهند (۵: Patrick, ۲۰۰۲). برای انجام هر پژوهشی، انتخاب شاخص‌ها می‌بایست بر اساس شیوه‌ی مناسب انجام شود و ویژگی‌هایی مانند مشخص بودن، قابلیت اندازه‌گیری، قابلیت کاربرد، حساسیت و قابلیت دسترسی آسان به داده‌های مورد نیاز، مورد توجه قرار گیرند (۲۵: Berrera, ۲۰۰۲). بیانیه ریو در زمینه محیط زیست و توسعه (سازمان ملل متحد، ۱۹۹۲) که شاید رسمی‌ترین دیدگاه در خصوص توسعه پایدار باشد، توجه توأمان به انسان، جامعه،

توسعه و محیط زیست را از الزامات پایداری می‌داند و بر بومی شدن شاخص‌ها و معیارهای سنجش پایداری تأکید می‌کند (نوریان و عبدالهی ثابت، ۱۳۸۷: ۵۲). در این پژوهش با مراجعه با منابع علمی و تحقیقات عملی در زمینه سنجش پایداری و با توجه به موارد مطرح شده برای انتخاب شاخص‌ها، نهایتاً ۵۹ شاخص در زمینه‌های زیست محیطی، کالبدی، اجتماعی و اقتصادی انتخاب گردید. جدول شاخص‌های ۵۹ گانه در قسمت روش تحقیق ارائه گشت، اما با توجه به اینکه برخی از شاخص‌ها نیازمند تعریف روشن و نحوه‌ی محاسبه‌ی دقیق بوده، لذا در این قسمت به برخی از مهم‌ترین شاخص‌ها و نحوه‌ی محاسبه و شرحی بر این شاخص‌ها در قالب جدول شماره ۳ اشاره می‌گردد.

جدول شماره ۳: شرح و نحوه‌ی محاسبه‌ی برخی شاخص‌های مهم در سنجش پایداری محله‌های

شهری

شاخص	شرح	نحوه‌ی محاسبه	واحد
تنوع استفاده از زمین	اختلاطی از کاربری‌های سازگار با هدف برطرف کردن نیازهای ساکنین محله از جمله کاربری‌های مسکونی، خرده فروشی، تفریح و سرگرمی، آموزشی و خدمات عمومی).	$M_i = \frac{(D_i + \sum_{a=1}^{\infty} D_a)}{(U_i + \sum_{a=1}^{\infty} U_a)}$ M_i = شاخص تنوع استفاده از زمین در محله i ؛ D_i = تعداد کاربری‌های مشابه محله i با دیگر محله‌ها؛ D_a = تعداد کاربری‌های مشابه سایر محله‌ها با کاربری‌های محله i ؛ U_i = تعداد کاربری‌های محله i ؛ U_a = تعداد کاربری‌ها در دیگر محله‌ها	از: شاخص
تعادل استفاده از زمین	دارا بودن یک تناسب بین مساحت اختصاص یافته به کاربری‌های محله و استفاده متعادل از زمین	$B_i = \frac{\sum_{j=1}^N (-\left(\frac{\sum [P_j * \ln P_j]}{\ln(N)}\right) * A_i)}{A_i}$ B_i = شاخص تعادل استفاده از زمین در محله i ؛ P_j = درصد اختصاص یافته به مساحت کاربری j ؛ N = تعداد کل کاربری‌ها؛ A_i = مساحت کل محله i ؛ A_j = مساحت اختصاص یافته به کاربری j	از: شاخص
قابل نفوذ سطوح غیر	سطوح پوشیده شده به وسیله معابر، ساختمان‌ها، پیاده‌روها، پارکینگ‌ها و غیره	سطوح غیر قابل نفوذ = (مساحت کل سطوح غیر قابل نفوذ / مساحت کل محله) $\times 100$	درصد
جهت‌گیری خورشیدی	بهره‌وری انرژی از طریق ایجاد شرایط بهینه برای استفاده از انرژی‌های فعال و غیرفعال خورشیدی	جهت‌گیری خورشیدی = (تعداد قطعات مسکونی در جهت مناسب نسبت به خورشید / کل تعداد قطعات مسکونی) $\times 100$	درصد

ادامه جدول شماره ۳: شرح و نحوه محاسبه‌ی برخی شاخص‌های مهم در سنجش پایداری محله‌های

شهری

شاخص	شرح	نحوه محاسبه	واحد
تهویه طبیعی	بهره‌گیری از بادهای مطلوب برای تهویه طبیعی و هوای متبوع	تهویه طبیعی = (طول معابر در جهت مناسب به باد مطلوب / کل طول معابر محله) $\times 100$	$\frac{3}{100}$
تراکم درختان	استفاده از درختان برای تولید اکسیژن و افزایش پاک‌ی هوا	تراکم درخت = (تعداد درختان در محله / مساحت محله به هکتار)	ارزش شاخص
شیب مناسب	استقرار محله در شیب‌های مناسب برای شهرسازی	محاسبه شیب عمومی محله با استفاده از روش وزنی	$\frac{3}{100}$
بهره‌گیری از جهت شیب	استفاده از جهت شیب عمومی برای دفع آب‌های سطحی و سیلاب (معابری که آب‌گرفتگی ندارد)	بهره‌گیری از شیب = (طول معابر در جهت مناسب شیب عمومی محله / کل طول معابر محله) $\times 100$	$\frac{3}{100}$
مجاورت به مهد کودک ^۱	میانگین فاصله واحدهای مسکونی از مهد کودک	مجاورت به مهد کودک = کل طول نزدیک‌ترین فاصله واحدهای مسکونی از مهد کودک / تعداد واحدهای مسکونی	م:۱
دسترسی به مهد کودک ^۲	تعداد واحدهای مسکونی در فاصله ۲۰۰ متری از مهد کودک	دسترسی به مهد کودک = (تعداد واحدهای مسکونی در فاصله ۲۰۰ متری از مهد کودک / کل تعداد واحدهای مسکونی) $\times 100$	$\frac{3}{100}$
ارتباطات داخل محله	میزان اتصال معابر داخل محله برای افزایش کارایی و دسترسی در محله	ارتباطات داخل محله = کل تعداد تقاطع‌ها در محله / (کل تعداد تقاطع‌ها در محله + تعداد معابر بن بست در محله)	ارزش شاخص

خارج از محله	ارتباطات با محله	تعداد ورودی و خروجی‌های محله و اتصال به مناطق مجاور	ارتباطات با خارج از محله = کل طول معابر محله / تعداد ورودی و خروجی‌های محله
--------------	------------------	---	---

ادامه جدول شماره ۳: شرح و نحوه‌ی محاسبه‌ی برخی شاخص‌های مهم در سنجش پایداری محله‌های

شهری

شاخص	شرح	نحوه‌ی محاسبه	واحد
نفوذپذیری محله	تعداد تقاطع‌های موجود در کیلومتر مربع در فاصله ۳۰۰ متری از مرز محله	نفوذپذیری محله = تعداد تقاطع‌ها در فاصله ۳۰۰ متری مرز محله / کل مساحت ناحیه ۳۰۰ متری مرز محله به کیلومتر مربع	ارزش شاخص
نفوذناپذیری معابر محله	سهم معابر کمتر از ۸ متر عرض از کل طول معابر	نفوذناپذیری معابر = (کل طول معابر کمتر از ۸ متر عرض / کل طول معابر محله) $\times 100$	درصد
فاصله از مراکز انتظامی	وجود مراکز انتظامی در فاصله پاسخگویی ۵ دقیقه (۳ km) تا مرکز جغرافیایی محله	فاصله از مراکز انتظامی (بیمارستان / اورژانس، آتش‌نشانی) = طول نزدیک‌ترین مرکز انتظامی (بیمارستان / اورژانس، آتش‌نشانی) از مرکز جغرافیایی محله	کیلومتر
دسترسی به خدمات تجاری	تعداد واحدهای مسکونی در فاصله ۴۰۰ متری از خدمات تجاری محله‌ای	دسترسی به خدمات تجاری محله‌ای = (تعداد واحدهای مسکونی در فاصله ۴۰۰ متری خدمات تجاری محله‌ای / کل تعداد واحدهای مسکونی) $\times 100$	درصد
تنوع خدمات تجاری محلی	ترکیبی از واحدهای خرده فروشی و خدمات رفاهی در سطح محله برای تأمین نیازهای روزمره.	$M_i = \text{شاخص تنوع خدمات تجاری در محله } i = D_i$ تعداد خدمات تجاری مشابه محله i با دیگر محله‌ها؛ $D_a = \text{تعداد خدمات تجاری مشابه سایر محله‌ها با خدمات تجاری محله } i$ $U_i = \text{تعداد خدمات تجاری محله } i$ $U_a = \text{تعداد خدمات تجاری در دیگر محله‌ها}$	ارزش شاخص
تنوع انتخاب مسکن	تنوع انتخاب مسکن که مردم از گروه‌های مختلف اقتصادی بتوانند در محله آن را انتخاب نمایند. (استفاده از شاخص سیمپسون)	$S = \text{شاخص سیمپسون} = n$ تعداد کل واحدهای مسکونی در یک طبقه بندی واحد؛ و $N = \text{تعداد کل واحدهای مسکونی در تمام دسته‌ها}$	ارزش شاخص

توضیحات = برای پرهیز از طولانی شدن جدول، نکات ذیل قابل ذکر است.

۱. برای محاسبه‌ی شاخص مجاورت دیگر خدمات رفاه عمومی نیز، کل طول نزدیک‌ترین فاصله واحدهای مسکونی از آن خدمات تقسیم بر کل تعداد واحدهای مسکونی خواهد بود.
۲. در بررسی میزان دسترسی واحدهای مسکونی از خدمات رفاه عمومی فاصله‌های زیر به عنوان استاندارد رعایت گردید: دبستان (۴۰۰ متر)، پارک و خدمات تفریحی (۴۰۰ متر)، خدمات ورزشی (۴۰۰ متر)، خدمات درمانی (۸۰۰ متر) و خدمات تجاری محله‌ای (۴۰۰ متر)، ایستگاه‌های اتوبوس (۴۰۰ متر)
۳. در بررسی دسترسی و مجاورت به خدمات تجاری محله‌ای، میانگین دسترسی و مجاورت به ۱۰ خرده‌فروشی (آرایشگاه زنانه، بانک و مؤسسات تجاری، پیرایشگاه مردانه، خشکبار و شیرینی فروشی، ساندویچی و فست‌فود، سوپرمارکت و خواربارفروشی، قصابی، کبابی (جگرکی، طبخ)، مرغ و ماهی‌فروشی، میوه و سبزی‌فروشی و نانوا) در نظر گرفته شده است.

منابع و مأخذ: (Boer et al., ۲۰۰۷), (WCED, ۱۹۸۷), (www.usgbc.org/LEED), (۲۰۱۱), (Criterion Planners), (Aurbach, ۲۰۰۵), (Brabec, ۲۰۰۹), (۲۰۱۰), (Aurand), (حکمت‌نیا و زنگی‌آبادی, ۱۳۸۳) و (نسترن و همکاران, ۱۳۸۹), (سرایی و همکاران, ۱۳۹۰), (یاری‌حصار و همکاران, ۱۳۹۰), (ملکی, ۱۳۹۰) و نگارندگان

۶-۲- سنجش شاخص‌های اولیه

به‌منظور سنجش شاخص‌های اولیه پژوهش، پس از جمع‌آوری اطلاعات از منابع و بانک‌های اطلاعاتی مختلف از شیوه‌های متفاوتی برای سنجش استفاده گردید. در سنجش شاخص‌هایی که نیاز به آمارها و سرشماری‌ها بوده با استفاده از اطلاعات سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ اقدام گردیده است. برای سنجش شاخص‌های کالبدی- فضایی از جمله مجاورت و دسترسی به خدمات رفاه عمومی محدوده‌ی ۳۰۰ متری از مرز محله‌های مورد بررسی (حبیبی و مسائلی, ۱۳۷۸: ۴)، به عنوان ناحیه‌ی خدمات‌رسان به این محله‌ها انتخاب گردید. تصویر شماره‌ی ۲ کاربری اراضی محله‌های نمونه موردی و شعاع ۳۰۰ متری از مرز محله را نشان می‌دهند. پس از ساخت شبکه‌ی ارتباطی محلات با کمک نرم افزارهای Auto CAD و Arc Catalog، در قسمت Network Analyst سیستم اطلاعات جغرافیایی (Arc GIS) با استفاده از تابع Closest Facility برای سنجش شاخص‌های مجاورت و دسترسی اقدام گردید. به‌عنوان نمونه، نتایج سنجش دسترسی و مجاورت به خدمات ورزشی در جداول شماره‌ی ۴ و ۵ آورده شده است. تصویر شماره‌ی ۳ نیز نشان‌دهنده‌ی سنجش شاخص دسترسی به خدمات ورزشی می‌باشد.

جدول شماره ۴: شاخص دسترسی به خدمات ورزشی در محله‌های نمونه موردی (درصد پوشش پوشش

خدمات ورزشی)

محله	قطارچیان	تپه قوپال	ظفریه	حاجی آباد
تعداد واحدهای مسکونی در فاصله ۴۰۰ متری از مراکز ورزشی	۹۸۴	۱۷۲	۵۴۹	۲۲۰
کل تعداد واحدهای مسکونی	۱۰۰۵	۱۰۶۷	۹۳۰	۱۸۹۴
درصد پوشش مراکز ورزشی	۹۷/۹۱	۱۶/۱۲	۵۹/۰۳	۱۱/۶۱

مأخذ: محاسبات نگارنده

جدول شماره ۵: شاخص مجاورت به خدمات ورزشی در محله‌های نمونه موردی

محله	قطارچیان	تپه قوپال	ظفریه	حاجی آباد
کل طول نزدیک‌ترین فاصله واحدهای مسکونی از مراکز ورزشی	۲۳۸۹۱۵	۵۲۵۵۱۶	۳۶۲۴۹۲	۱۳۰۱۱۷۸
کل تعداد واحدهای مسکونی	۱۰۰۵	۱۰۶۷	۹۳۰	۱۸۹۴
مجاورت به مراکز ورزشی	۲۳۸	۴۹۲	۳۹۰	۶۸۷

مأخذ: محاسبات نگارنده

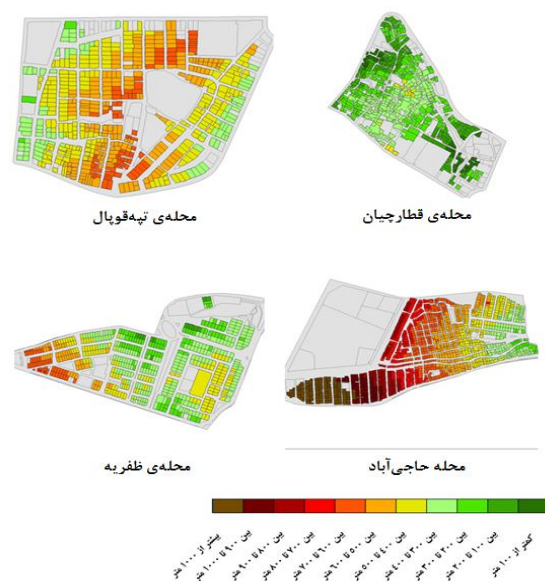
۶-۳- کاربرد استنتاج منطق فازی در سنجش پایداری محله‌های نمونه موردی

برای تشکیل یک سیستم ارزیابی فازی نیاز به طی نمودن مراحل مختلفی به شرح زیر می‌باشد:

۶-۳-۱- نرمال‌سازی شاخص‌ها

به‌منظور آغاز فرایند استنتاج منطق فازی، پس از سنجش و اندازه‌گیری شاخص‌های ۵۹ گانه، به دلیل اینکه این شاخص‌ها دارای مقیاس‌ها و واحدهای متفاوت بوده و در دامنه‌های متفاوتی قرار دارند و همچنین به دلیل اینکه در بعضی از شاخص‌ها ارزش‌های کمتر نشان‌دهنده‌ی پایداری بیشتر و یا بالعکس می‌باشند، بنابراین برای یافتن یک مقیاس واحد و عمومی برای تمامی شاخص‌های اولیه، این شاخص‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر (Phillis and Kouikoglou, ۲۰۰۹: ۸۵) در دامنه‌ای از ۰ تا ۱ نرمال شدند. برای هر شاخص اولیه‌ی C که x_c نشان‌دهنده‌ی ارزش آن است، مقادیری به عنوان هدف، یک حداقل v_c و یک حداکثر U_c اختصاص داده شد، مقدار هدف T_c مقدار ارزشی برابر با مقدار ماکزیمم شاخص (در صورتی که وضعیت واحد دارای مقدار ماکزیمم، بهینه و ایده‌آل باشد) و در غیر این‌صورت که اغلب نیز چنین است مقداری بزرگتر از ارزش ماکزیمم و با توجه به وضعیت تمامی محله‌ها خواهد بود. مقدار مینیمم نیز از مجموعه اندازه‌گیری‌های در دسترس شاخص از مجموعه واحدهای مورد ارزیابی (محله‌های مختلف) اخذ می‌شود.

تصویر شماره‌ی ۲: کاربری اراضی محله‌های نمونه موردی و محدوده‌ی ۳۰۰ متری اطراف آن‌ها

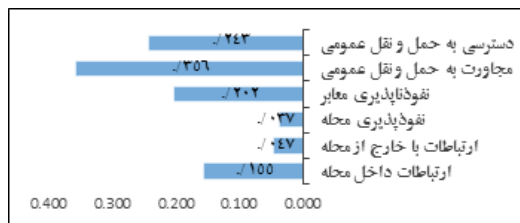


تصویر شماره‌ی ۳: دسترسی به خدمات ورزشی

۶-۳-۲- فازسازی

فازسازی به معنای تبدیل متغیرهای ورودی به متغیرهای زبانی است. متغیر زبانی متغیری است که ارزش آن به صورت صفات کیفی بیان می‌گردد. هر متغیر زبانی با استفاده از یک تابع عضویت به صورت یک مجموعه‌ی فازی نمایش داده می‌شود. برخلاف منطق کلاسیک که دارای دو ارزش صفر و یک است، منطق فازی ارزش‌های خود را به صورت عضویت در بازه $[0,1]$ نشان می‌دهد. عدد یک نشان‌دهنده درجه عضویت کامل است (Zadeh, ۱۹۷۳). توابع عضویت فازی به صورت مثلثی، دوزنقه‌ای و یا نمائی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Klir & Bo, ۱۹۹۵: ۱۸۳). از مرحله‌ی تشکیل تابع عضویت می‌توان به مرحله‌ی تشکیل پایگاه داده نیز یاد کرد. در این پژوهش ابتدا، با استفاده از اصول و ضوابط شاخص‌سازی از مقادیر نرمال‌شده‌ی شاخص‌های اولیه، ارزش‌های مقادیر شاخص‌های ۱۲ گانه ثانویه محاسبه گردید. البته قابل ذکر است که ارزش‌های شاخص‌های ثانویه را نیز می‌توان با استفاده از استدلالات تقریبی فازی و بر اساس متغیرهای اولیه استخراج نمود، اما به دلیل کثرت تعداد قوانین لازم و ابهام زیاد در تعریف توابع عضویت فازی متفاوت و مناسب برای تک‌تک شاخص‌های اولیه، پیچیدگی سیستم بسیار افزایش می‌یابد. (بر اساس محاسبات برای استخراج شاخص‌های ثانویه

از شاخص‌های اولیه بر اساس متغیرهای زبانی ۳ ارزشی نیاز به تشکیل ۶۱۵۹۶ قانون می‌باشد). برای محاسبه‌ی ارزش‌های مقادیر ۱۲ گانه شاخص‌های ثانویه، ابتدا شاخص‌های اولیه هر کدام از شاخص‌های ثانویه با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای تعیین ارزش هر کدام از شاخص‌ها وزن‌دهی گردید. به‌عنوان مثال تصویر شماره‌ی ۶ وزن‌های اختصاص داده شده برای شش شاخص اولیه‌ی شاخص ثانویه حمل‌ونقل و ارتباطات را نشان می‌دهد.

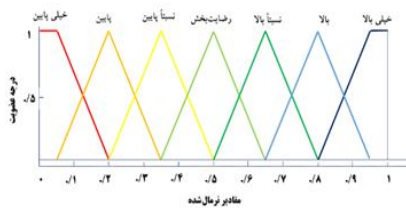


تصویر شماره ۶: مقادیر وزن‌دهی شده‌ی شاخص‌های اولیه حمل‌ونقل و ارتباطات

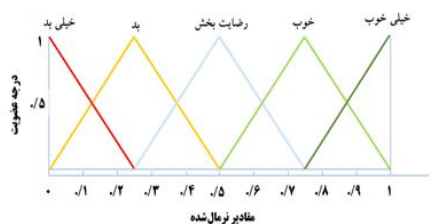
برای حاصل شدن ارزش نهایی شاخص حمل‌ونقل و ارتباطات مقادیر وزن‌دهی شده‌ی اولیه در مقادیر نرمال‌شده ضرب گردید تا مقادیر نرمال‌شده‌ی ثانویه به‌دست آید، جمع جبری مقادیر نرمال‌شده‌ی ثانویه‌ی شش شاخص اولیه ارزش نهایی شاخص حمل‌ونقل و ارتباطات خواهد بود (جدول شماره ۶). جدول شماره‌ی ۷ ارزش‌های شاخص‌های ثانویه را به تفکیک محله‌های نمونه موردی نشان می‌دهد.

جدول شماره ۶: محاسبه‌ی ارزش شاخص ثانویه حمل‌ونقل و ارتباطات از شاخص‌های اولیه

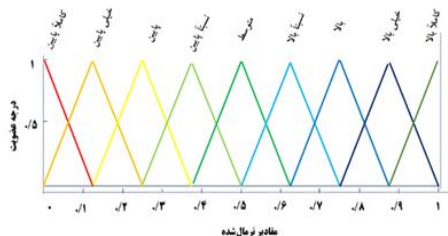
شاخص اولیه	مقادیر نرمال‌شده‌ی اولیه				مقادیر نرمال - شده‌ی ثانویه				ارزش شاخص ثانویه حمل‌ونقل و ارتباطات			
	قطر چین	تپه‌قوئال	ظفریه	حاجی آباد	قطر چین	تپه‌قوئال	ظفریه	حاجی آباد	قطر چین	تپه‌قوئال	ظفریه	حاجی آباد
ارتباطات داخل محله	۰	۰/۱۹۱	۰/۱۹۵	۰/۱۶۴	۰	۰/۳۰	۰/۱۴۹	۰/۱۱۸	۰/۵۶۷	۰/۷۷۸	۰/۹۷۴	۰/۸۵۷
ارتباطات با خارج از محله	۰	۰/۳۵۸	۰/۳۲۵	۱	۰	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۰۴۷	۰/۵۶۷	۰/۷۷۸	۰/۹۷۴	۰/۸۵۷
نفوذپذیری محله	۱	۰/۳۶	۰/۴۵۰	۰	۰/۳۷	۰/۰۵	۰/۱۱۷	۰	۰/۵۶۷	۰/۷۷۸	۰/۹۷۴	۰/۸۵۷
نفوذپذیری معابر	۰	۰/۷۶۰	۱	۰/۵۶۴	۰	۰/۱۵۳	۰/۲۰۲	۰/۱۱۴	۰/۵۶۷	۰/۷۷۸	۰/۹۷۴	۰/۸۵۷
مجاورت به حمل و نقل عمومی	۰/۱۲	۰/۹۸۸	۱	۰/۹۵۳	۰/۳۲۵	۰/۳۵۲	۰/۳۵۶	۰/۳۳۹	۰/۵۶۷	۰/۷۷۸	۰/۹۷۴	۰/۸۵۷



شکل شماره ۸: توابع عضویت برای ابعاد چهارگانه و دو بعد گسترده‌ی پایداری



شکل شماره ۷: توابع عضویت برای شاخص‌های ثانویه



شکل شماره ۹: توابع عضویت برای پایداری کلی

۳-۳-۶- استنتاج فازی

مهمترین مرحله در منطق فازی، مرحله‌ی استنتاج فازی است. در این مرحله می‌توان متغیرهای ورودی فازی شده را با استفاده از قواعد "اگر-آن‌گاه" با هم ترکیب کرد تا متغیر خروجی محاسبه گردد. قواعد فازی و استدلال فازی، ستون فقرات سیستم‌های استنتاج فازی را تشکیل می‌دهند (کیا، ۱۳۹۰: ۶۹). استنتاج فازی با کمک پایگاه قانون صورت می‌گیرد. این قوانین در واقع بیانگر وابستگی‌های متقابل بین شاخص‌ها، ابعاد و ابعاد گسترده‌ی پایداری و نحوه‌ی تعامل و تأثیر و تأثر آن‌ها بر یکدیگر است (امینی فسخودی، ۱۳۸۴ با تغییر). به عنوان مثال:

اگر دسترسی و مجاورت به خدمات رفاه عمومی متوسط و مسکن خیلی خوب و حمل و نقل و ارتباطات پایین باشد، آن‌گاه پایداری کالبدی- فضایی متوسط است. (پایگاه اول)
اگر پایداری اجتماعی- فرهنگی متوسط و پایداری اقتصادی خیلی بالا باشد، آن‌گاه پایداری انسانی نسبتاً بالا است. (پایگاه دوم)
اگر پایداری اکوسیستم خیلی پایین و پایداری انسانی نسبتاً بالا باشد، آن‌گاه پایداری کلی نسبتاً پایین است. (پایگاه سوم)

تعداد قوانین مورد نیاز جهت استنتاج فازی برابر با تعداد مجموعه‌ی فازی به توان تعداد ورودی‌هاست، بنابراین در اولین پایگاه با توجه به وجود ۱۲ شاخص ثانویه در قالب ۴ بعد (هر ۳ شاخص ثانویه ورودی یک بعد)، و با تعریف ۵ متغیر زبانی برای آن، تعداد $5^3 = 125$

قانون برای استنتاج یک بعد و در مجموع $۴ \times ۱۲۵ = ۵۰۰$ قانون وجود خواهد داشت. در دومین پایگاه نیز $۴۹ = ۷^۲$ قانون برای استنتاج هر بعد گسترده‌ی پایداری و در مجموع $۲ \times ۴۹ = ۹۸$ قانون، و در سومین پایگاه نیز $۴۹ = ۷^۲$ قانون برای استنتاج پایداری کلی وجود خواهد داشت. به عنوان نمونه ۴۹ قانون پایگاه سوم برای استنتاج پایداری کلی از پایداری اکوسیستم و پایداری انسانی در جدول شماره‌ی ۸ آورده شده است.

ساختار پایه‌ی سیستم‌های استنتاج فازی از سه بخش مفهومی تشکیل می‌شود. بخش اول قواعد هستند که شامل گزینشی از قواعد فازی می‌باشد. بخش دوم پایگاه داده است که توابع عضویت مورد استفاده در قواعد فازی در قالب آن تعریف می‌شود. در نهایت، بخش سوم سازوکار استنتاج است که روال استنتاج توسط آن و به کمک قواعد و حقایق موجود، برای رسیدن به یک خروجی معقول انجام می‌پذیرد (کیا، ۱۳۹۰: ۹۹). از جمله سیستم‌های استنتاج فازی که دارای کاربرد گسترده در مسائل مختلف هستند، مدل‌های فازی مددانی، سوگنو و تسوکاموتو می‌باشند. در این پژوهش از روش استدلال مددانی استفاده می‌گردد. در روش مددانی مینیمم درجه عضویت توابع در نظر گرفته خواهد شد. به‌عنوان مثال اگر پایداری اکوسیستم خیلی پایین و پایداری انسانی متوسط باشد، آن‌گاه پایداری کلی پایین خواهد بود.

جدول شماره ۸: ۴۹ قانون استنتاج برای پایداری کلی (OSUS)

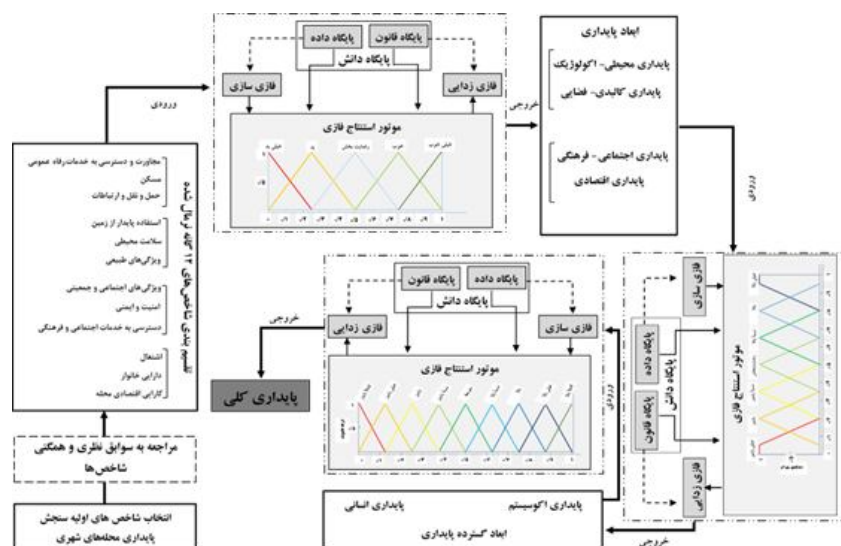
پایداری انسانی (HUMS)	پایداری اکوسیستم (ECOS)	خیلی پایین (VL)	پایین (L)	نسبتاً پایین (FL)	رضایت‌بخش (S)	نسبتاً بالا (FH)	بالا (H)	خیلی بالا (VH)
		پایین کاملاً	پایین خیلی	پایین نسبتاً	پایین نسبتاً	پایین نسبتاً	پایین نسبتاً	رضایت‌بخش
خیلی پایین (VL)								
پایین (L)								
نسبتاً پایین (FL)								
رضایت‌بخش (S)								
نسبتاً بالا (FH)								
بالا (H)								
خیلی بالا (VH)								

۴-۳-۶- فازی‌زدایی

متغیر خروجی به‌دست آمده با استفاده از قواعد استنتاج فازی، باید فازی‌زدایی گردد. در واقع، فازی‌زدایی، آخرین مرحله از روش منطق فازی است. در این مرحله، درجه‌ی عضویت به یک مقدار واحد قطعی تبدیل می‌گردد. برای فازی‌زدایی، چندین روش وجود دارد که فرمول مرکز ثقل پرکاربردترین آن‌هاست. به عنوان مثال، با استفاده از این روش، مقدار پایداری کل به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\text{Def}(T_{\text{osus}}) = \frac{\sum_j y_j \cdot \mu_{T_{\text{osus}}}(y_j)}{\sum_j \mu_{T_{\text{osus}}}(y_j)}$$

که در آن y_j ارزش آامین عضو مجموعه فازی T_{osus} (پایداری کلی) و $\mu_{T_{\text{osus}}}(y_j)$ ، درجه‌ی عضویت آامین عضو مجموعه فازی T_{osus} می‌باشد (Phillis & Andriantiatsaholainaina, ۲۰۰۱: ۴۴۴). تصویر شماره‌ی ۱۰ فرایند کلی روش استنتاج فازی در پژوهش حاضر را به تصویر می‌کشد.



شکل شماره ۱۰: فرایند کلی روش استنتاج فازی برای سنجش پایداری محله‌های شهری

۴-۶- نتایج حاصل از استنتاج منطق فازی در محله‌های نمونه موردی

فرایند استنتاج منطق فازی (شامل مراحل نرمال‌سازی، فازی‌سازی، استنتاج فازی و فازی‌زدایی) که در قسمت‌های قبل به تفصیل مورد بحث قرار گرفت، برای ارزیابی و سنجش چهار بعد پایداری، دو بعد گسترده‌ی پایداری و پایداری کلی و برای هر کدام از محله‌های نمونه

موردی، به طور جداگانه و به کمک Tool Box منطق‌فازی نرم‌افزار MATLAB به اجرا درآمد. نتایج حاصل از این سنجش‌ها به طور خلاصه در جداول شماره‌ی ۹، ۱۰ و ۱۱ آمده است.

با توجه به جدول شماره‌ی ۹ محله‌ی قدیمی قطارچیان از نظر زیست‌محیطی پایدارتر از سایر محله‌ها می‌باشد. توجه و احترام به طبیعت و طراحی بافت بر اساس آن سبب پایداری محیطی بیشتر این محله نسبت به سایر محلات گردیده است. محلات بافت‌های میانی و حاشیه‌ای شهر سنندج که عمدتاً پس از مهاجرت‌های گسترده‌ی روستاییان به شهر شکل گرفته‌اند و ساکنان آن‌ها فقط در پی یافتن سرپناهی برای خود بوده‌اند با مشکلات عدیده در زمینه‌ی پایداری محیطی از جمله عدم توجه به ویژگی‌های طبیعی و محیطی و احداث ابنیه در شیب‌های تند و سخت، عدم وجود فضاهای سبز مناسب، عدم استفاده متعادل و متنوع از زمین مواجه هستند که سبب شده این محلات از نظر پایداری محیطی در وضعیت مناسبی قرار نگیرند. از نظر پایداری کالبدی- فضایی بین محله‌های قطارچیان (۰/۶۰۸) و ظفریه (۰/۶۰۴) تفاوت عمده وجود ندارد. ناپایدارترین محله از نظر پایداری کالبدی- فضایی محله‌ی حاشیه‌نشین حاجی‌آباد می‌باشد. مجاورت و دسترسی مطلوب محله‌های واقع در بافت‌های قدیمی شهر به خدمات متنوع و متراکم در مرکز شهر سبب شده است که این محلات از نظر پایداری کالبدی- فضایی در وضعیت مطلوبی قرار بگیرند و در صورت نوسازی و بهسازی این‌گونه بافت‌ها موجب تسریع حرکت این‌گونه محلات به سمت پایداری هرچه بیشترشان شد. ناپایداری بعد کالبدی- فضایی محلات بافت‌های حاشیه‌ای وضعیتی نگران کننده را برای این محلات به وجود آورده است که نیازمند توجه هر چه بیشتر مدیران شهری به این نوع بافت‌هاست. با ترکیب ابعاد پایداری محیطی- اکولوژیک و پایداری کالبدی- فضایی، پایداری اکوسیستم استخراج گردید. همان‌گونه که قابل مشاهده است، محله‌ی قطارچیان پایدارترین محله از نظر زیست‌محیطی می‌باشد، پس از این محله، به ترتیب محله‌های ظفریه، تپه‌قوपाल و حاجی‌آباد قرار می‌گیرند.

جدول شماره ۹: نتایج سنجش ابعاد پایداری اکوسیستم

رتبه	پایداری اکوسیستم (ECOS)	پایداری کالبدی- فضایی (PHsus)	پایداری محیطی- اکولوژیک (ENsus)	بعد محله
۱	۰/۶۰۲	۰/۶۰۸	۰/۶۱۰	قطارچیان
۳	۰/۲۸۷	۰/۴۴۰	۰/۲۲۰	تپه‌قوपाल
۲	۰/۴۸۴	۰/۶۰۴	۰/۴۸۹	ظفریه
۴	۰/۲۶۸	۰/۲۶۶	۰/۲۸۷	حاجی‌آباد

مأخذ: نگارندگان

نتایج سنجش پایداری اجتماعی- فرهنگی حاکی از برتری و پایداری بیشتر محله‌ی قطارچیان نسبت به سایر محله‌های نمونه موردی است. محله‌ی حاشیه نشین حاجی‌آباد ناپایدارترین محله از نظر بعد اجتماعی است که سطح سواد پایین، درصد بالای مهاجرت به محله به دلیل قیمت پایین مسکن، عدم دسترسی مناسب به خدمات اجتماعی و فرهنگی از جمله عواملی است که پایداری اجتماعی در این محله را با تهدید جدی مواجه نموده است. پایداری اقتصادی در محله‌ی ظفریه بیشتر از پایداری اقتصادی سایر محلات بوده است، ناپایدارترین محله از نظر اقتصادی نیز محله‌ی قطارچیان است. محله‌ی قدیمی قطارچیان از نظر پایداری انسانی، ارزش بیشتری را کسب نموده است. ناپایدارترین محله از نظر پایداری انسانی محله‌ی حاجی‌آباد می‌باشد.

جدول شماره ۱۰: نتایج سنجش ابعاد پایداری انسانی

رتبه	پایداری انسانی (HUMS)	پایداری اقتصادی (ECsus)	پایداری اجتماعی- فرهنگی (SOsus)	بعد محله
۱	۰/۴۰۱	۰/۲۴۶	۰/۶۳۲	قطارچیان
۳	۰/۳۳۴	۰/۳۰۵	۰/۴۸۹	تپه‌قوپال
۲	۰/۳۳۶	۰/۳۴۱	۰/۳۹۵	ظفریه
۴	۰/۱۹۵	۰/۲۷۱	۰/۱۹۲	حاجی‌آباد

مأخذ: نگارندگان

پس از استنتاج منطق فازی برای سنجش پایداری کلی از دو بعد گسترده‌ی پایداری اکوسیستم و پایداری انسانی، محله‌ی قدیمی قطارچیان با ارزش ۰/۴۲۱، پایداری بیشتری را نسبت به محله‌ی بافت جدید ظفریه با ارزش ۰/۳۳۵ و محله‌ی واقع در بافت میانی تپه‌قوپال با ارزش ۰/۱۹۶، کسب کرد. ناپایدارترین محله نیز محله‌ی حاشیه‌نشین حاجی‌آباد با ارزش ۰/۱۲۵، به دست آمد.

جدول شماره ۱۱: نتایج سنجش پایداری کلی

رتبه	پایداری کلی (OSUS)	پایداری انسانی (HUMS)	پایداری اکوسیستم (ECOS)	بعد محله
۱	۰/۴۲۱	۰/۴۰۱	۰/۶۰۲	قطارچیان
۳	۰/۱۹۶	۰/۳۳۴	۰/۲۸۷	تپه‌قوپال
۲	۰/۳۳۵	۰/۳۳۶	۰/۴۸۴	ظفریه
۴	۰/۱۲۵	۰/۱۹۵	۰/۲۶۸	حاجی‌آباد

مأخذ: نگارندگان

۵-۶- تحلیل وضعیت ابعاد پایداری در محله‌های نمونه موردی

برای تحلیل وضعیت پایداری در محلات از تقسیم‌بندی زیر با توجه به ارزش‌های ابعاد پایداری استفاده گردید. (جدول شماره ۱۲)

جدول شماره ۱۲: دسته‌بندی ارزش‌های پایداری

وضعیت پایداری	ارزش پایداری
ناپایدار	۰ - ۲
ناپایدار بالقوه	۲ - ۴
پایداری متوسط	۴ - ۶
پایدار بالقوه	۶ - ۸
پایدار	۸ - ۱۰

مأخذ: نگارندگان

با استفاده از جدول فوق به تحلیل وضعیت پایداری محلات پرداخته شد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود هیچ‌کدام از ابعاد یا ابعاد گسترده‌ی پایداری در محله‌ها در وضعیت پایدار قرار نگرفته‌اند. محله‌ی قطارچیان در چهار بعد در حالت پایدار بالقوه قرار گرفته است. بیشترین وضعیت پایداری در محله‌ی تپه‌قوپال ناپایدار بالقوه می‌باشد. محله‌ی ظفریه در ابعاد انسانی در حالت ناپایدار بالقوه قرار دارد. محله‌ی حاشیه‌نشین حاجی‌آباد در کلیه ابعاد در حالت ناپایدار بالقوه و ناپایدار بوده است. (جدول شماره ۱۳)

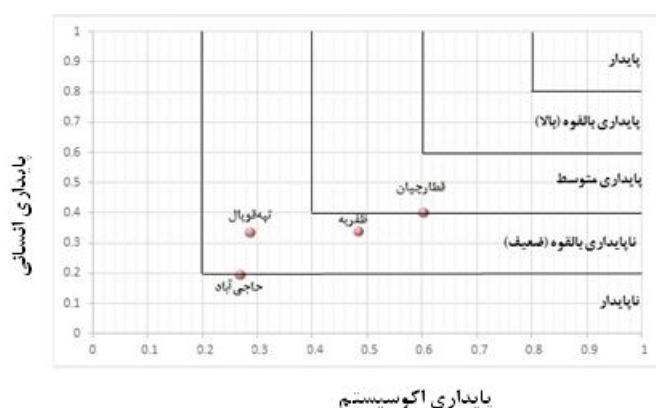
جدول شماره ۱۳: وضعیت ابعاد پایداری به تفکیک محله‌های نمونه موردی

بعد محله	پایداری محیطی - اکولوژیک (ENsus)	پایداری کالبدی - فضایی (PHsus)	پایداری اکوسیستم (ECOS)	پایداری اجتماعی - فرهنگی (SOsus)	پایداری اقتصادی (ENsus)	پایداری انسانی (HUMS)
قطارچیان	پایدار بالقوه	پایدار بالقوه	پایدار بالقوه	پایدار بالقوه	ناپایدار بالقوه	پایداری متوسط
تپه‌قوپال	ناپایدار بالقوه	پایداری متوسط	ناپایدار بالقوه	پایداری متوسط	ناپایدار بالقوه	ناپایدار بالقوه
ظفریه	پایداری متوسط	پایدار بالقوه	پایداری متوسط	ناپایدار بالقوه	ناپایدار بالقوه	ناپایدار بالقوه
حاجی‌آباد	ناپایدار بالقوه	ناپایدار بالقوه	ناپایدار بالقوه	ناپایدار	ناپایدار بالقوه	ناپایدار

مأخذ: نگارندگان

۶-۶- تحلیل وضعیت پایداری کلی با استفاده از بارومتر پایداری

به منظور تحلیل وضعیت کلی پایداری محله‌ها از مدل بارومتر پایداری استفاده گردید. این مدل که توسط پرسکات آلن (Prescott allen, ۱۹۹۵) ارائه شده است، پایداری را به پنج سطح تقسیم می‌نماید و سپس بر مبنای دو متغیر پایداری اکوسیستم و پایداری انسانی، پایداری کلی را مورد سنجش قرار می‌دهد. بدین منظور پایداری اکوسیستم در محور افقی و پایداری انسانی در محور عمودی رسم می‌گردد، نقطه‌ی تلاقی این خطوط سطح پایداری کلی خواهد بود. با توجه به شکل شماره ۱۱ محله‌ی قطارچیان دارای پایداری متوسط، محله‌های ظفریه و تپه‌قوچال دارای وضعیت ناپایداری بالقوه و محله‌ی حاجی‌آباد نیز در وضعیت ناپایدار به سر می‌برد. این وضعیت حاکی از روندی نگران‌کننده و هشدار دهنده‌ی جدی به مدیران و مسئولان شهری در صدر امر، و سپس به نخبگان و تصمیم‌سازان شهری و همچنین به شهروندان شهر سنج می‌باشد.



تصویر شماره ۱۱: وضعیت پایداری محله‌ها بر اساس مدل بارومتر پایداری

۷. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

به دلیل ماهیت مبهم و مفهوم پیچیده‌ی پایداری، سنجش آن، نیازمند روش‌هایی است که امکان مدل نمودن این ابهام و عدم قطعیت را داشته باشد. منطق فازی که بعنوان یک تئوری ریاضی برای مدل نمودن ابهام و عدم قطعیت موجود در ادراک و افکار انسان ارائه گردید است، می‌تواند ابزار مناسبی جهت محاسبه‌ی پایداری باشد تا بتوان راه‌های دستیابی به توسعه‌ی پایدار شهری را کشف نمود. در نظر گرفتن دو هدف عمده به طور همزمان، برای دستیابی به توسعه‌ی پایدار شهری باید مد نظر سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان قرار گیرد؛ این دو هدف عمده عبارتند از: بهبود توسعه‌ی انسانی به منظور تأمین استانداردهای بالای زندگی و رشد و

شکوفایی انسان‌ها و بهبود محیط زیست برای استفاده‌ی نسل‌های حال و آینده. به همین دلیل، سیاستگذاران و برنامه‌ریزان به ابزاری نیاز دارند تا بتوانند قابلیت‌ها و عوامل تسریع‌کننده و همچنین موانع و عوامل کاهنده توسعه‌ی پایدار را شناسایی نمایند (Hincu, ۲۰۱۱). ناکامی‌ها در دستیابی به اهداف توسعه‌ی پایدار موجب تغییر چرخش اهداف آن به سطح محلی گردیده است، بنابراین اندازه‌گیری و سنجش پایداری در محله‌های شهری اهمیتی دو چندان می‌یابد. اطلاع از وضعیت پایداری محله‌های واقع در بافت‌های سکونت‌ی قدیم، میانی، جدید و سکونتگاه‌های غیر رسمی می‌تواند نقشی مؤثر در برنامه‌ریزی‌ها و جهت‌گیری‌های توسعه و پیشرفت به سمت پایداری در این محله‌ها داشته باشد.

در این تحقیق سنجش پایداری محله‌های شهری با استفاده از شناخت شاخص‌های ۵۹ گانه اولیه که بیشترین کاربرد را اندازه‌گیری پایداری محلات داشتند، صورت گرفت. ۱۲ شاخص ثانویه از شاخص‌های اولیه حاصل گردید. ۱۲ شاخص ثانویه به چهار بعد و چهار بعد پایداری به دو بعد گسترده برای سنجش پایداری کلی در قالب یک سلسله مراتب و با استفاده از استنتاج فازی صورت گرفت. ۳ پایگاه داده برای سیستم استنتاج با استفاده از متغیرهای زبانی ۵، ۷ و ۹ ارزشی تعریف گردید. در مجموع نیز ۶۴۷ قانون در سه پایگاه قانون تشکیل شد. فرایند استنتاج با استفاده از روش استنتاج ممدانی که مینیمم عضویت توابع را در نظر می‌گیرد، انجام شد. نتایج نشان‌دهنده‌ی پایداری بیشتر محله‌ی قدیمی قطارچیان در ابعاد گسترده‌ی پایداری اکوسیستم و پایداری انسانی و به طبع آن‌ها پایداری کلی نسبت به سایر محله‌های نمونه موردی بود. وضعیت کلی پایداری در محله‌ی قطارچیان پایداری متوسط به دست آمد. بعد از محله‌ی قطارچیان، محله‌ی ظفریه واقع در بافت جدید شهر سنجند قرار گرفت. در این محله ابعاد کالبدی-فضایی و اقتصادی پایداری در وضعیت بهتری نسبت به سایر محلات قرار داشت. وضعیت کلی پایداری در این محله ناپایدار بالقوه می‌باشد. ناپایدارترین محله، محله حاشیه‌نشین حاجی‌آباد می‌باشد، که در سه بعد محیطی، کالبدی-فضایی و اجتماعی رتبه آخر را کسب کرده است و نیازمند توجه ویژه برای پیشرفت به سمت توسعه پایدار می‌باشد. نتایج حاصل نشان می‌دهد ادعای پایداری بیشتر محله‌های واقع در بافت‌های جدید شهری در مقایسه با محله‌های واقع در دیگر بافت‌های شهری و علی‌الخصوص بافت‌های قدیمی شهری می‌تواند مورد پذیرش واقع نگردد، و در صورت بهسازی و نوسازی آن‌ها و انطباق هر چه بیشتر با نیازهای نوین زندگی شهری از توسعه‌های جدید که موجب پراکنده‌رویی و هدررفت منابع طبیعی و اقتصادی می‌شود جلوگیری نمود. این امر نیازمند توجه جدی مسئولان و مدیران شهری در جهت شناسایی نقاط ضعف و قوت و همچنین تهدیدات و فرصت‌هایی است که هر کدام از محله‌های واقع در بافت‌های سکونت‌ی جهت نیل به آرمان توسعه‌ی پایدار شهری و توسعه‌ی پایدار محله‌ای، با آن مواجه‌اند.

پیشنهادهای کلی زیر در رابطه با ارتقای پایداری در هر کدام از ابعاد پایداری با توجه به وضعیت نامطلوب پایداری در کلیه محله‌های نمونه موردی در جدول شماره ۱۴ آورده شده است. در پایان ذکر این نکته ضروری است که تغییر در شاخص‌ها و یا استفاده از روش‌ها و مدل‌های دیگر در سنجش پایداری محله‌های نمونه موردی، ممکن است موجب تغییر در نتایج و رتبه‌بندی‌های صورت گرفته در این تحقیق گردد.

جدول شماره ۱۴: پیشنهاد کلی جهت ارتقای پایداری

محیطی - اکولوژیک	کالبدی - فضایی	اجتماعی - فرهنگی	اقتصادی
استفاده متعادل از زمین - افزایش سطوح فضاهای سبز درون محله‌ای - افزایش تنوع کاربری‌های شهری - تدوین ضوابط و مقررات ویژه جهت بهره‌گیری از انرژی‌های خورشیدی، به‌خصوص در بافت‌های قدیم و حاشیه‌نشین - استفاده پایدار از زمین و توجه ویژه تراکم مسکونی متعادل در رابطه با تراکم جمعیت	مکان‌یابی مناسب برای کاربری‌های رفاه عمومی در جهت افزایش دسترسی به این خدمات - جانمایی جدید یا تغییر ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی در جهت افزایش دسترسی به این خدمات - تدوین ضوابط و مقررات ویژه جهت نوسازی قطعات مسکونی با استفاده از مصالح مقاوم - اصلاح عرض معابر در صورت امکان -	مکان‌یابی‌های جدید یا استقرار صحیح کاربری‌های فرهنگی جهت افزایش دسترسی به این خدمات - بازگرداندن ساکنان اصیل و قدیمی به محله و تقویت حسن تعلق مردم به مکان - ایجاد نهادهای مدنی و تقویت مراکز اجتماعی دوزن محله‌ای	افزایش تنوع خدمات تجاری برای افزایش کارایی اقتصادی محلات و افزایش دسترسی به خدمات تجاری محله‌ای - سوق ساخت و سازهای جدید به گونه‌ای که تنوع‌انخاب مسکن در محله را افزایش دهد

منابع:

- بدری، سید علی و عبدالرضا رکن‌الدین افتخاری. (۱۳۸۲)، ارزیابی پایداری: مفهوم و روش، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۹.
- بل، سیمون و مورس، استفان، (۱۳۸۵)، سنجش پایداری، ترجمه ناصر شاهسونی و یدالله آذین‌فر، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- بوسل، هارتموت (۱۳۸۶)، معرف‌های توسعه‌ی پایدار: نظریه‌ها، روش‌ها و تجربیات، ترجمه: علی بدری و عبدالرضا رکن‌الدین افتخاری، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.
- پوراحمد، احمد و حبیبی، کیومرث (۱۳۸۲) "بررسی روند و الگوی توسعه فیزیکی شهر سنندج با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور"، هنرهای زیبا، نشریه علمی پژوهشی دانشکده هنرهای زیبا دانشگاه تهران، شماره ۱۶
- حبیبی، کیومرث و پوراحمد، احمد، (۱۳۸۴)، "توسعه کالبدی - فضایی شهر سنندج با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی"، انتشارات دانشگاه کردستان
- حکمت‌نیا، حسن و زنگی‌آبادی، علی (۱۳۸۳)، بررسی و تحلیل سطوح پایداری در محلات شهر یزد و ارائه راهکارهایی در بهبود روند آن، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۲، صص ۵۱-۳۷.
- خاکپور، براتعلی، مافی، عزت‌الله و باوان پوری، علیرضا (۱۳۸۸). نقش سرمایه اجتماعی در توسعه پایدار محله ای (نمونه: کوی سجادیه مشهد). مجله جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه ای، شماره ی ۱۲. صص ۸۱-۵۵.
- سرابی، محمد حسین، لطفی، صدیقه و ابراهیمی، سمیه (۱۳۸۹)، ارزیابی و سنجش سطح پایداری توسعه‌ی محلات شهر بابلسر، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال اول، شماره دوم، صص ۶۰-۳۷.
- سعیدی، عباس (۱۳۷۷)، توسعه پایدار و ناپایدار توسعه روستایی، نشریه مسکن و انقلاب، شماره ۲
- صمدی، علی حسین و اوجی مهر، سکینه (۱۳۹۰)، محاسبه سطح توسعه پایدار شهری با استفاده از سیستم استنتاج فازی سلسله مراتبی (SAFE)؛ مطالعه موردی: چند کلان شهر منتخب ایران، نشریه مدیریت شهری، سال نهم، شماره ۲۷، بهار و تابستان ۱۳۹۰
- طاهری، سید محمود، (۱۳۷۸)، آشنایی با نظریه مجموعه‌های فازی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.
- عزیزی، محمد مهدی (۱۳۸۵). محله مسکونی پایدار: مطالعه موردی نارمک، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۲۷. صص ۴۶-۳۵.
- فراهانی، حسین؛ (۱۳۸۵)، ارزیابی پایداری در نواحی روستایی با تأکید بر عوامل اجتماعی و اقتصادی مطالعه موردی: شهرستان تفرش، رساله دکتری دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، تهران.

- فرهودی، رحمت‌الله و محمدی، اکبر (۱۳۸۴)، روند توسعه تاریخی، کاربری اراضی و تنگناهای شهرسازی در سنجند، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۳، صص ۸۷-۹۸.
- فرهودی، رحمت‌الله، رهنمایی، محمد تقی و تیموری، ایرج (۱۳۹۰). سنجش توسعه‌ی پایدار محله‌های شهری با استفاده از منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مطالعه موردی: منطقه ۱۷ شهرداری تهران، پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، شماره ۷۷، صص ۸۹-۱۱۰.
- فسخودی، عباس. (۱۳۸۴) کاربرد استنتاج منطق فازی در مطالعات برنامه‌ریزی و توسعه‌ی منطقه‌ای. مجله‌ی دانش و توسعه، شماره ۱۷
- کریزک، کوین و پاور، جو (۱۳۸۹)، آیین شهرسازی پایدار، ترجمه و افزوده‌ها دکتر مصطفی بهزادفر و دکتر کیومرث حبیبی، انتشارات مهر ایران
- کیا، سید مصطفی (۱۳۸۹)، منطق فازی در MATLAB، انتشارات کیان رایانه سبز، تهران، چاپ اول.
- مرکز آمار ایران، (۱۳۹۰)، سرشماری عمومی نفوس و مسکن، شهر سنجند
- مسائل، صدیقه و حبیبی، سید محسن؛ (۱۳۷۸)، سرانه کاربری‌های شهری، تهران: انتشارات سازمان ملی زمین و مسکن.
- ملکی، سعید (۱۳۹۰)، سنجش توسعه‌ی پایدار در نواحی شهری با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی (نمونه موردی شهر ایلام) ، نشریه جغرافیا و توسعه، شماره ۲۱، صص ۱۳۶ - ۱۱۷.
- موسی کاظمی محمدی، م و شکوئی، حسین (۱۳۸۱)، سنجش پایداری اجتماعی توسعه شهر قم، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۳.
- نسترن، مهین، ابوالحسنی، فرحناز و ایزدی، ملیحه (۱۳۸۹)، کاربرد تکنیک تاپسیس در تحلیل اولویت بندی توسعه‌ی پایدار مناطق شهری (نمونه مورد: مناطق شهری اصفهان)، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره ۳۸، صص ۸۳-۱۰۰.
- نوریان، فرشاد و عبدالهی ثابت، محمد مهدی (۱۳۸۷)، تبیین معیارها و شاخصهای پایداری در محله مسکونی، دو ماهنامه شهرنگار، سال نهم، شماره ۵۰
- یاری‌حصار، ارسطور، بدری، سید علی، پورطاهری، مهدی و فرجی سبکبار، حسنعلی (۱۳۹۰)، سنجش و ارزیابی پایداری حوزه روستایی کلان‌شهر تهران، نشریه پژوهش‌های روستایی، سال دوم، شماره ۴، صص ۸۹-۱۲۲.
- Aurand, A. (۲۰۱۰). Density, housing types and mixed land use: Smart tools for affordable housing. Urban Studies, ۴۷(۵), ۱۰۱۵-۱۰۳۶.
- Aurbach, L. (۲۰۰۵). TND design ratings standards: Version ۲,۲. Retrieved August ۱۹, ۲۰۱۰
- Barrera, A., (۲۰۰۲), Proposal and Application of a Sustainable Development Index, Ecological Indicators, ۲, PP. ۲۵۱-۲۵۶

- Boer, R., Zheng, Y., Overton, A., Ridgeway, G., & Cohen, D. (۲۰۰۷). Neighbourhood design and walki trips in ten U.S. metropolitan areas. *American Journal of Preventive Medicine*, ۳۲(۴), ۲۹۸-۳۰۴
- Bond. R, Integrated Impact Assessment for Sustainable Development, world development, Vol ۲۹, No۶, ۲۰۰۱, p۱۰۱
- Brabec, E. (۲۰۰۹). Imperviousness and land-use policy: Toward an effective approach to watershed planning. *Journal of Hydrologic Engineering*, ۱۴(۴), ۴۲۵-۴۳۳
- Clark, W.C., (۱۹۸۹), Managing Planet Earth, Scientific American, ۲۶۱, PP. ۴۷-۵۴.
- Criterion Planners. (۲۰۱۱). Index PlanBuilder planning support system: Indicator dictionary. Retrieved ۲۰th June, ۲۰۱۱
- Curweel, S., Deakin, M. and Symes, M, (۲۰۰۵), Sustainable Urban Development, VOLUME ۱, The Framework And Protocols For Environmental Assesment, Published by Routledge
- Garde, A., Saphores, J.D., Matthew, R., & Day, K. (۲۰۱۰). Sustainable neighbourhood development: missed opportunities in Southern California. *Environment and Planning B: Planning and Design*, ۳۷, ۳۸۷-۴۰۷.
- Gold – Mary V.; Sustainable agriculture : Definition and terms,special reference; Brief Series No. SRB ۹۹-۲,
- Hincu D. (۲۰۱۱). Modelling The Urban Sustainable Development By Using Fuzzy Sets. *Journal Of Theoretical and Empirical Researches In Urban Management*. Vol, ۶. Pp, ۸۸-۱۰۳.
- International Institute of Sustainable Development (IISD), (۱۹۹۹), Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications, A Report to The Balaton Group
- J. Klir. George & Yuan. Bo, (۱۹۹۵), Fuzzy Sets Fuzzy Logic; Theory and Application, Prentice Hall. PTR
- Karol, E., & Brunner, J. (۲۰۰۹). Tools for measuring progress towards sustainable neighbourhood environments. *Sustainability*, ۱(۳), ۶۱۲-۶۲۷.
- Kline, E (۱۹۹۷). Sustainable community indicators. In: Roseland, M (Ed). *Eco-City Dimensions: Healthy Communities, Healthy Planet*, New Society Publishers, Gabriola Island, BC
- Kouloumpis V. D., V. S. Kouikoglou and Y. A. Phillis. (۲۰۰۸). Sustainability Assessment Of Nations and Related Decision Making Using Fuzzy Logic. *IEEE Systems Journal*. Vol, ۲. No, ۲. Pp, ۲۲۴-۲۳۶.

- Liu, K.F.R. (۲۰۰۷). Evaluating Environmental Sustainability: An Integration Of Multiple-Criteria Decision-Making and Fuzzy Logic. Environmental Management. Vol, ۳۹. No, ۵. Pp, ۷۲۱-۷۳۶.
- Liu, K.F.R. (۲۰۰۷). Evaluating Environmental Sustainability: An Integration Of Multiple-Criteria Decision-Making and Fuzzy Logic. Environmental Management. Vol, ۳۹. No, ۵. Pp, ۷۲۱-۷۳۶
- Mustafa, Tolba., (۱۹۸۷), Sustainable Development, Constraints and Opportunities, London, Butterworth
- Patrick, R., ۲۰۰۲, Developing Sustainability Indicators for Rural Residential Areas: The Public Transit Connection, Simon Fraser University, United State
- Phillis Y and S. Kouikoglou. (۲۰۰۹). FUZZY MEASUREMENT OF SUSTAINABILITY, Nova Science Publishers, Inc. New York
- Phillis Y. A. and L.A. Andriantiatsaholainaina. (۲۰۰۱). Sustainability: An Ill-Defined Concept and Its Assessment Using Fuzzy Logic. Journal Of Ecological Economics. Vol, ۳۷. Pp, ۴۳۵-۴۵۶
- Phillis Y. A., E. Grigoroudis and V. S. Kouikoglou. (۲۰۱۱). Sustainability Ranking and Improvement Of Countries. Journal Of Ecological Economics. Vol, ۷۰. Pp, ۵۴۲-۵۵۳
- Prescott, Allen, R, (۱۹۹۵), Assessing rural sustainability, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources - World Conservation Union
- Ward, Nail, (۲۰۰۰), the nature of Rural Development toward sustainable Integrated Policy in europe, IEEP, P۵۰
- Winston, N. (۲۰۰۹). Urban regeneration for sustainable development: The role of sustainable housing? European Planning Studies ۱۷(۱۲), ۱۷۸۱-۱۷۹۶
- World Commission for Environment and Development (WCED), (۱۹۸۷), Our Common Future, Oxford University Press, WEF, Switzerland
- Xing, Y. & et al., (۲۰۰۹), a Framework Model for Assessing Sustainability Impacts of Urban Development, Accounting Forum, Vol. ۳۳, pp. ۲۰۹-۲۲۴
- Zadeh, L. A, (۱۹۷۳), the concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. Memorandum ERL-M ۴۱۱, Berkeley
- (www.usgbc.org/LEED)
- (www.sustainability.tuc.gr)