

### چکیده

شهرهای معاصر به مثابه سامانه‌هایی پیچیده و پویا، نیازمند رویکردهای تحلیلی نوینی هستند که از محدودیت‌های مدل‌های خطی فراتر روند. پژوهش حاضر در ادامه مطالعه پیشین نویسندگان درباره الگوی پارادایمی حکمروایی خوب شهری سنندج انجام شده و با هدف بررسی کاربست نظریه آشوب-پیچیدگی در مواجهه با چالش‌های مدیریت شهری این شهر دنبال شده است. پرسش محوری پژوهش آن است که مؤلفه‌های اصلی نظریه آشوب-پیچیدگی، از جمله خودسازمان‌دهی، پویایی‌های غیرخطی و حساسیت به شرایط اولیه، چگونه می‌توانند در مدیریت مسائل شهری و فرایندهای سیاست‌گذاری شهری سنندج به کار گرفته شوند؟ روش پژوهش مبتنی بر سناریونویسی پویا و بهره‌گیری از مدل‌سازی روابط غیرخطی و تعاملات پیچیده نهادی است. در این راستا، با استفاده از روش سناریونویسی، امکان‌سنجی و پیامدهای کاربرد این نظریه در چارچوب حکمروایی خوب شهری سنندج مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج پژوهش نشان داد که به‌کارگیری رویکرد آشوب-پیچیدگی می‌تواند درک عمیق‌تری از پویایی‌های نظام شهری فراهم آورد و زمینه طراحی سیاست‌ها و تصمیم‌گیری‌های انعطاف‌پذیرتر را در مدیریت شهری سنندج فراهم کند. همچنین این رویکرد چارچوبی تحلیلی برای مواجهه با عدم قطعیت‌ها و پیچیدگی‌های ذاتی سامانه‌های شهری ارائه می‌دهد و می‌تواند به بهبود فرایند برنامه‌ریزی و نوآوری در حل مسائل شهری سنندج و شهرهای مشابه کمک کند.

**کلمات کلیدی:** آشوب - پیچیدگی، حکمروایی خوب شهری، سنندج، سیستم‌های پیچیده، معادلات غیرخطی.

<sup>۱</sup> مقاله برگرفته از رساله دکتری شهرسازی نویسنده اول به راهنمایی و مشاوره نویسنده دوم و سوم با عنوان "تدوین الگوی حکمروایی خوب شهری براساس تئوری آشوب - پیچیدگی (مورد پژوهی: شهر سنندج) در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی می‌باشد.

## ۱. مقدمه

شهرهای امروزی بسیار پیچیده‌تر از آن است که بتوان در قالب مدل‌های خطی و از پیش طراحی شده آن‌ها را اداره کرد. شهر مجموعه‌ای از کنش‌ها، جریان‌ها، نیروهای متعدد و متنوعی است که در تعاملات با هم در مقیاس‌های خرد و کلان عمل می‌نمایند و برخلاف ظاهر منظمی که دارند، سرشار از تعاملات غیرخطی و نوسان‌های پیوسته در قالب الگوهای نوظهور شکل می‌گیرند به‌طوری‌که با کوچکترین تغییری در شرایط اولیه، به طرز چشمگیری دگرگون می‌شوند. در چنین شرایطی هرگونه تصویری از امکان مدیریت و برنامه‌ریزی خطی برای شهر توهمی بیش در باره نظامی قابل کنترل نیست.

از سوی دیگر در کنار ناتوانایی‌های سیستم‌های مدیریت و برنامه‌ریزی شهری در تطابق با ابعاد اجتماعی-اقتصادی محلی، همچنین نبود ابزارهای سیاست‌ها و راه‌کارهای علمی و عملی، و عدم هماهنگی بین برنامه‌ریزی و منابع طبیعی به ناکارآمدی‌های مدیریتی افزوده است (اریات و همکاران، ۲۰۲۴). به همین ترتیب، چنکز (۲۰۱۲)، هم بر این باور است که شهرها را نمی‌توان با روابط خطی و قوانین منطقی ساده تحلیل کرد؛ بلکه نیازمند رویکردهای چندبعدی و غیرخطی هستند که پیچیدگی و پویایی ذاتی آن‌ها را درک کنند (بتی، ۲۰۰۸). این در حالی است، اغلب از این پیچیدگی‌ها به معنای استعاری آن، به عنوان سخت و دشوار تعبیر می‌گردد، درحالی‌که از نگاه علمی و نظری محصول هم‌زمانی مجموعه‌ای از عوامل جمعیتی، اجتماعی، اقتصادی، کالبدی، زیست‌محیطی، نهادی و فناوری ارتباطی است که در قالب شبکه‌ای پویا و درهم‌تنیده در شهر عمل می‌کنند. در چنین شرایطی مدیریت شهری به صورت سنتی دیگر قادر به اداره و پاسخگویی به مسائل شهری نمی‌باشد.

از این رو در شهرهای درحال توسعه قرن بیست و یکم، نیاز به رویکردهای جایگزین برای مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آور شهرها احساس می‌گردد (دشکار و همکاران، ۲۰۱۱). در این زمینه در چند دهه اخیر، پارادایم حکمروایی خوب شهری به عنوان رویکردی چندبعدی با هدف کاهش فقر و مدیریت پیچیدگی‌ها مطرح شد. اگرچه این رویکرد نسبت به مدیریت سلسله‌مراتبی سنتی گامی مهم در ارتقاء ظرفیت نهادی و بهبود کیفیت تصمیم‌گیری به شمار می‌رود، اما تجارب دو دهه اخیر نشان می‌دهد که این چارچوب نیز به تنهایی قادر به مواجهه با چالش‌های پیچیده، غیرخطی، پویا و چندلایه شهرهای معاصر نیست (مایر و اوریاکومب، ۲۰۱۹). در این بستر دستیابی به حکمروایی خوب شهری مستلزم درک عمیق از پویایی‌ها، تعاملات چندسطحی و رفتارهای غیرخطی ساختار شهری است. درکی که تنها با اتکای استعاری به مفهوم پیچیدگی حاصل نمی‌شود. بلکه نیازمند بهره‌گیری از رویکردهای علمی نوین همچون دینامیک غیرخطی و نظریه آشوب - پیچیدگی است.

در ایران نیز مدیریت شهری با چالش‌هایی همچون ساختارهای اداری چندپاره، ضعف هماهنگی نهادی، مشارکت محدود شهروندان، نبود سازوکارهای یادگیری، اغتشاش مفهومی و استفاده از رویکردهای وارداتی بدون بومی‌سازی به پیچیدگی شهرها افزوده و مدیریت و برنامه‌ریزی شهری را با چالش‌های جدی مواجه ساخته است. علاوه بر این، مدیریت شهری در ایران با دوگانه‌ای دشوار روبه‌رو است. از یک سو ضرورت حفظ هویت، فرهنگ و نظم قانونی و

---

<sup>1</sup> Arabeyyat et al

<sup>2</sup> Batty

<sup>3</sup> Deshkar et al

<sup>4</sup> Meyer & Auriacombe

از سوی دیگر با پویایی‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی و پدیده‌های چندلایه با ویژگی‌های نوظهور مواجه است. مفاهیمی که اندیشمندانی چون دلوز و گتاری و نیز دلاندا در نظریه اسمبلژ به آن‌ها پرداخته‌اند (عرفانی و همکاران، ۱۴۰۴).

در این راستا، اگرچه تأسیس شوراهای اسلامی شهر در ایران تلاشی برای گذار از مدیریت سنتی به حکمروایی خوب شهری بوده است، اما پژوهش‌ها نشان می‌دهد این نهادها نیز نتوانسته‌اند پیچیدگی مسائل شهری را به‌طور مؤثر مدیریت کنند (فرزانه، ۱۴۰۲: ۳). این ناکارآمدی زمانی جدی‌تر می‌شود که مدیریت شهری همچنان با نگاه بخشی و یک‌سویه به مسائل شهری می‌نگرد و تعامل میان بخش‌های مختلف ضعیف است. مسئله‌ای که خود به عنوان چالشی اساسی برای تحقق حکمروایی خوب شهری تبدیل شده است (شیعه، ۱۳۹۸: ۸). همان‌طور که از کیا (۲۰۲۳: ۱۵) نیز تأکید می‌کند، نظام‌های شهری امروز بیش از هر زمان دیگری نیازمند رویکردی یکپارچه، هماهنگ و چندبعدی هستند. رویکردی که بتواند کیفیت زندگی شهروندان و کارایی برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری شهری را ارتقاء دهد. این ضرورت در شهرهای ایران، به‌ویژه شهر سنندج، با توجه به پویایی‌های خاص اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی، اهمیتی دوچندان دارد و مستلزم بومی‌سازی رویکردهای نوین است.

در چنین بستری، با وجود گذار تدریجی مدیریت شهری سنندج از الگوی سنتی به سمت حکمروایی خوب شهری و استقرار شوراهای اسلامی شهر، این شهر همچنان با مسائل پیچیده و چندبعدی روبه‌رو است. بی‌توجهی به ماهیت پیچیده شهر و اتکاء به برنامه‌ریزی خطی و اثبات‌باورانه نه تنها مشکلات را حل نکرده، بلکه در بسیاری موارد به ایجاد مسائل جدید و تبدیل آن‌ها به ابرمسئله منجر شده است. بنابراین بهره‌گیری از حکمروایی خوب شهری بدون توجه به شرایط زمینه‌ای و ماهیت پیچیده سنندج کافی نیست. این وضعیت نشان می‌دهد اداره امور شهری در سنندج صرفاً یک موضوع مدیریتی ساده یا بخشی نیست، بلکه نیازمند نگاهی فراارشته‌ای و زمینه‌مند است. نگاهی که بتواند پیچیدگی‌ها، پویایی‌ها و ویژگی‌های بومی شهر را به‌طور دقیق در نظر گیرد.

این پژوهش با عبور از مراحل مقدماتی نظریه‌پردازی و اعتبارسنجی (که در مطالعات پیشین نویسندگان به انجام رسید)، گامی نوین در مسیر عملیاتی‌سازی چارچوب نظری آشوب-پیچیدگی در حکمروایی خوب شهری سنندج برمی‌دارد. پرسش محوری این مطالعه آن است که مؤلفه‌های کلیدی این نظریه، از جمله خودسازمان‌دهی، پویایی‌های غیرخطی و حساسیت به شرایط اولیه (که در پژوهش‌های قبلی به عنوان مبانی نظری تأیید شدند)، چگونه می‌توانند در مواجهه با چالش‌های ملموس مدیریت شهری سنندج، از جمله، ناهمگونی در توزیع خدمات شهری، بحران‌های زیست‌محیطی فزاینده و ناپایداری الگوهای توسعه کالبدی، به ابزارهای کارآمد سیاست‌گذاری تبدیل شوند؟ با به‌کارگیری روش سناریونویسی پویا و مدل‌سازی تعاملات پیچیده نهادی، این پژوهش نه تنها الگویی پیشنهادی برای شهر سنندج ارائه می‌دهد، بلکه چارچوبی انعطاف‌پذیر برای شهرهای با شرایط مشابه طراحی می‌کند که می‌تواند تصمیم‌گیران شهری را در مدیریت عدم قطعیت‌های ذاتی سیستم‌های شهری یاری رساند.

## ۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

رویکرد حکمروایی خوب شهری در چارچوب مفهومی چند دهه اخیر جای می‌گیرد. جایی که این رویکرد، به عنوان نظامی از تعامل و همکاری میان دولت، بخش خصوصی و جامعه مدنی تعریف شده است. چنین نظامی تلاش می‌کند

با ایجاد تعادل میان ثبات و انعطاف، توسعه پایدار و ارتقای کیفیت زندگی شهروندان را محقق سازد و در عین حال اصول اخلاقی و کارآمدی نهادی را نیز مدنظر قرار دهد (سایپین، ۲۰۲۵).

این موضوع، برنامه‌ریزی شهری را پیچیده‌تر می‌کند، اما در عین حال فرصتی برای بهره‌گیری از مهارت‌ها و منابع اضافی از طریق فرآیندهای حکمروایی خوب شهری مشارکتی فراهم می‌آورد (منون<sup>۱</sup>؛ ۲۰۱۹: ۶). این یکپارچگی پیچیدگی می‌تواند به بروز تضاد منافع میان کنشگران حکمروایی خوب شهری منجر شود، به‌ویژه زمانی که ظرفیت‌ها محدود باشد. به بیان دیگر مسئولیت‌ها میان مجموعه‌ای از بخش‌های دولتی، خصوصی و جامعه مدنی دولتی با توان محدود و منافع گاه متعارض تقسیم می‌شود. وضعیتی که خود به افزایش پیچیدگی و دشواری هماهنگی در حکمروایی خوب شهری می‌انجامد (اسمیت<sup>۲</sup>؛ ۲۰۱۸).

پیچیدگی حکمروایی خوب شهری در گرو توانایی آن برای ایجاد هماهنگی و یکپارچگی بین بخش‌های دولتی، خصوصی و جامعه مدنی است، درحالی‌که با چالش‌های ناشی از تضاد منافع، عدم توازن قدرت و ضرورت مدیریت همزمان ثبات و تغییر در مواجهه با پدیده‌های شهری روبرو می‌باشد. این پدیده‌ها که به‌صورت پنهان و با پیش‌بینی پذیری محدود و عدم قطعیت ناشی از تعامل پویا و چندلایه ابعاد اقتصادی، اجتماعی-فرهنگی و زیست‌محیطی شهر ظهور می‌کنند، مستلزم رویکردی نظام‌مند و انطباق‌پذیر هستند تا زمینه حرکت به سوی توسعه پایدار و افزایش تاب‌آوری شهری را فراهم نمایند. ساختار پیچیده این نظام و روابط غیرخطی میان اجزای آن، حکمروایی شهری را به سامانه‌ای پویا تبدیل کرده که توان پاسخگویی به تغییرات و بحران‌های پیش‌بینی نشده را می‌طلبد.

در این ارتباط، نظریه آشوب-پیچیدگی چهارچوب تحلیلی مناسبی ارائه می‌دهد که براساس آن، سیستم‌های پیچیده شهری حساسیت بالایی به شرایط اولیه دارند و تغییرات ظاهراً ناچیز در ابتدای فرآیندها می‌تواند به نتایج چشمگیر و غیرقابل پیش‌بینی در بلندمدت منجر شود. این نظریه همچنین نشان می‌دهد که کنش متقابل اجزای به ظاهر مستقل در سیستم‌های پیچیده، منجر به ظهور ویژگی‌ها و الگوهای نوظهوری می‌شود که نمی‌توان آنها را صرفاً از جمع جبری خصوصیات تک‌تک اجزاء استنباط کرد، بلکه کیفیات جدیدی پدید می‌آید که در سطوح بالاتر سیستم ظهور می‌یابند (کوزار، ۲۰۲۳).

این نظریه به دلیل توانایی در تحلیل و درک پیچیدگی‌های اجتماعی و پدیده‌های شهری، به عنوان ابزاری مؤثر در مدیریت شهری شناخته می‌شود (بایرن<sup>۳</sup>؛ ۲۰۲۲: ۴۵).

نظریه آشوب - پیچیدگی چشم‌انداز تازه‌ای برای درک حکمروایی خوب شهری ارائه می‌دهد. براساس این نظریه، شهر به عنوان یک موجود زنده و خودسازمان‌ده شناخته می‌شود که در بستر تغییرات پیوسته، از دل آشوب، نظم و پایداری را بازتولید می‌کند. چنین نگرشی به حکمروایی شهری، ضرورت اتخاذ رویکردهای انعطاف‌پذیر، تاب‌آور و هوشمند را در مدیریت و برنامه‌ریزی شهری برای مواجهه با عدم قطعیت‌های ذاتی چنین سیستم‌هایی آشکار می‌سازد.

1. Menon

2. Smit

3 Byrne

در این زمینه، مدیران شهری به جای کنترل مستقیم، باید بر ایجاد بسترهایی برای یادگیری، تعامل و تاب‌آوری تمرکز کنند. در جهان پیچیده امروز، حکمروایی خوب شهری به معنای توانایی مدیریت پویایی است، نه حذف آن. این رویکرد به دنبال یافتن نظم در دل بی‌نظمی و عدالتی است که در فرایند تغییر تداوم می‌یابد (درمن و دومان، ۲۰۲۵).

## ۲-۱- پیشینه پژوهش

مرور مطالعات پیشین نیز نشان می‌دهند که رویکردهای متنوع شهری، هرچند ابعاد مهمی از واقعیت شهر را تبیین می‌کنند، اما به‌تنهایی قادر به درک ماهیت کل‌گرای شهر نیستند. بتی (۲۰۰۷)، در مطالعه‌ای نشان می‌دهد که مدیریت و برنامه‌ریزی شهری به تدریج از رویکرد متمرکز و از بالا به پایین به سمت دیدگاهی غیرمتمرکز و از پایین به بالا در حال تغییر است.

براین اساس، تحقق حکمروایی خوب شهری نیازمند نگاهی پیچیده و ساختارمند است که تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌ها بر اساس پویایی‌ها و ویژگی‌های غیرخطی شهر در نظر گرفته شود. مک‌گریوی (۲۰۱۸)، بیان می‌کند که تئوری پیچیدگی می‌تواند به‌عنوان یک هدف مناسب برای برنامه‌ریزی شهری پست‌مدرن در نظر گرفته شود. این تئوری در تحلیل و مدل‌سازی محیط‌های شهری تأثیرگذار بوده است. یافته‌های دنگ (۲۰۲۳)، نشان داد که برای کاهش مشکلات ناشی از ماهیت عدم پیش‌بینی‌پذیری شهر و حکمروایی و برنامه‌ریزی آن، باید شهرها به عنوان سیستم‌های انطباقی پیچیده در نظر گرفته شوند. در همین راستا، هورو و همکاران (۲۰۲۳)، در مطالعه‌ای به هویت‌های فرهنگی چندلایه و جهانی شدن شهرها و جغرافیای فرهنگی که با رفتار انسان در هم تنیده است و همزیستی جوامع متنوع با بافت‌های اجتماعی پیچیده در شهرها اشاره می‌نمایند. یافته‌های ابوجدر و همکاران (۲۰۲۴)، نشان می‌دهد که شهر به عنوان سامانه‌ای آشوب‌ناک، چندمقیاسی است که در چارچوب رویکردهای غیرخطی تبیین می‌شود. این ویژگی ناشی از ماهیت تعاملات پیچیده و پویایی‌های مختلفی است که در محیط‌های شهری به وقوع می‌پیوندد. در همین راستا پژوهش‌های دیگری نیز بر عوامل مؤثر در این پیچیدگی تأکید دارند به طوری که آلترنر و همکاران (۲۰۲۴)، فن‌آوری‌های ارتباطی را در افزایش پویایی و پیچیدگی شهرها برجسته می‌کنند. وانگ و همکاران (۲۰۲۵)، پویایی‌های اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی عامل شکل‌گیری رفتارهای نوظهور می‌دانند. سینگ (۲۰۲۵)، با اشاره به جغرافیای فرهنگی درهم‌تنیده با رفتار انسانی، همزیستی جوامع متنوع و شکل‌گیری بافت‌های اجتماعی پیچیده را از دیگر دلایل ماهیت پیچیده و آشوب‌ناک شهرها معرفی می‌کند. مجموعه این عوامل، همراه با رفتارهای غیرقابل پیش‌بینی شهروندان در فضاهای شهری، نشان‌دهنده پویایی و عدم قطعیت ذاتی سیستم‌های شهری است. همچنین حاتمی‌نژاد و بهبودی‌مقدم (۱۳۹۷)، نیز با مرور رویکردهای مختلف برنامه‌ریزی شهری، بر این نکته تأکید می‌کنند که نظریه پیچیدگی می‌تواند چارچوبی مناسب برای فهم شهر به‌عنوان سامانه‌ای کل‌نگر فراهم کرده و زمینه تحقق حکمروایی خوب شهری را

<sup>1</sup> . Derman & Duman

<sup>2</sup> . Batty

<sup>3</sup> 0McGreevy

<sup>4</sup> . Dong

<sup>5</sup> . Hurova et al

<sup>6</sup> r Abujder et al

<sup>7</sup> e Altanlar et al

<sup>8</sup> Wang et al

<sup>9</sup> . Singh et al

تقویت کند. زیاری و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهش خود شاخص‌هایی نظیر مشارکت، کارایی، شفافیت، عدالت محوری و پاسخگویی را از مؤلفه‌های کلیدی حکمروایی خوب شهری دانسته‌اند. آشناور و همکاران (۱۴۰۰)، در بررسی‌های خود نبود نظریه پایه برای تعریف شهر، ضعف نهادسازی مدنی و فقدان یکپارچگی در مدیریت شهری را از مهم‌ترین موانع تحقق حکمروایی خوب شهری معرفی می‌کنند.

آیتی و همکاران (۱۴۰۰)، نیز با تمرکز بر شهرهای اسلامی، نشان می‌دهند که پویایی، خودسازمان‌یافتگی و مشارکت اجتماعی، نقش اساسی در شکل‌گیری نظم پنهان و پایداری شهری دارند و رشد درونزا را عاملی مهم‌تر از مدیریت صرفاً تخصص‌محور معرفی می‌کنند. فیروزی و همکاران (۱۴۰۰)، با تحلیل موانع تحقق شهر هوشمند از منظر نظریه آشوب، اهمیت توجه هم‌زمان به خودسازماندهی و ویژگی‌های آشوبناک سیستم‌های شهری را برجسته می‌سازند. از سوی دیگر، مالک‌آبادی و همکاران (۱۴۰۳)، ضعف هماهنگی نهادی و ساختارهای مدیریتی را از موانع تحقق حکمروایی خوب شهری دانسته و بر لزوم انعطاف‌پذیری و هماهنگی نهادی در مواجهه با پویایی‌های شهری تأکید می‌کنند. در نهایت، افشاری (۱۴۰۴) نشان می‌دهد که تلفیق نظریه آشوب و تفکر سیستمی می‌تواند ابزاری مؤثر برای مدیریت عدم قطعیت در سیاست‌گذاری شهری و تقویت تاب‌آوری شهرها فراهم آورد.

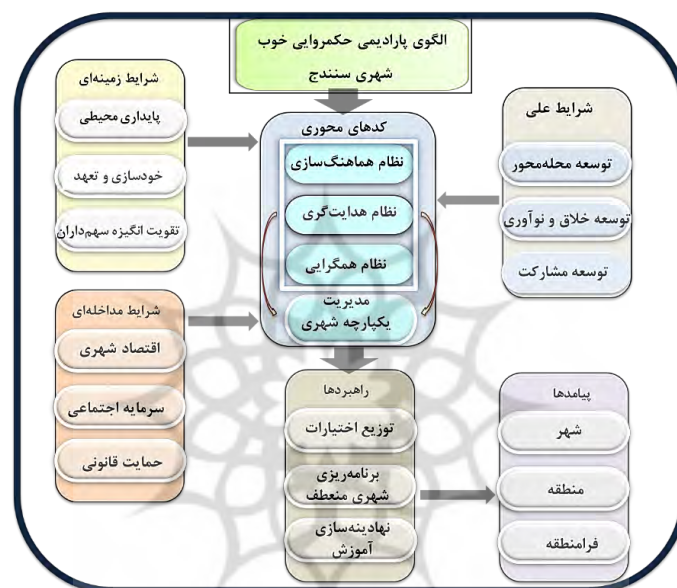
مرور انتقادی مطالعات پیشین نشان می‌دهد که اغلب پژوهش‌های مرتبط با حکمروایی خوب شهری، با اتکاء بر شاخص‌های جهانی و بدون توجه کافی به بومی‌سازی و ویژگی‌های زمینه‌ای شهرها، عمدتاً با رویکردی نتیجه‌محور انجام شده‌اند رویکردی که با ماهیت محلی، چندبعدی حکمروایی خوب شهری همخوانی کامل ندارد و کمتر به ارائه راهبردهای عملی برای تحقق حکمروایی خوب شهری توجه شده است. افزون بر این، تمرکز غالب این مطالعات بر کلان‌شهرها بوده، در حالی که بسیاری از مسائل و ناپایداری‌های شهری، ریشه در شهرهای کوچک و میانی داشته و در ادامه به کلان‌شهرها گسترش می‌یابند. از سوی دیگر، اگرچه هدف غایی حکمروایی خوب شهری دستیابی به توسعه پایدار و کاهش فقر شهری است، اما در ادبیات موجود این هدف غالباً به صورت پراکنده و از منظر رویکردهای بخشی نظیر شهر هوشمند، شهر سالم یا شهر پایدار مورد توجه قرار گرفته و کمتر به شهر به عنوان یک نظام پیچیده، پویا و غیرخطی نگریسته شده است. تفاوت اصلی این تحقیق با مطالعات پیشین شامل:

۱. نوآوری نظری-عملیاتی (دوگانه): این مطالعه اولین پژوهشی است که نظریه آشوب-پیچیدگی را از سطح تبیین نظری صرف به الگوی عملیاتی سیاست‌گذاری شهری برای سنندج تبدیل می‌کند.
۲. برخلاف پژوهش‌های قبلی که عمدتاً بر شاخص‌سازی اکتفاء کرده‌اند، این تحقیق ابزارهای اجرایی برای مدیریت عدم قطعیت ارائه می‌دهد.
- ۳-تلفیق منحصربفرد روش‌شناختی: ترکیب سناریونویسی پویا با مدل‌سازی غیرخطی (براساس معادلات دینامیک غیرخطی) برای تحلیل الگوی بومی حکمروایی خوب شهری سنندج و شهرهای مشابه که در مطالعات پیشین دیده نمی‌شود.
- ۴- استفاده از داده‌های پویای شهری (مثل ترافیک لحظه‌ای، مصرف آب) برای تنظیم و تطبیق مدل‌های نظری با شرایط

واقعی، تا اطمینان حاصل شود که سناریوهای طراحی شده انعکاس دقیقی از پویایی‌های سیستم شهری دارند. سناریوها، برخلاف اکثر پژوهش‌ها که با داده‌های ایستا کار کرده‌اند.

### ۳. روش شناسی پژوهش

رویکرد پژوهش تحلیلی بود که با استفاده از روش سناریونویسی و با هدف کابردی و توسعه‌ای انجام شد. روش سناریونویسی امکان‌سنجی و پیامدهای کاربرد نظریه تئوری آشوب- پیچیدگی را در حکمروایی خوب شهری سنندج را مورد بررسی قرار می‌دهد. با توجه به ماهیت پویا و غیرخطی حکمروایی خوب شهری، سناریونویسی امکان مدل‌سازی رفتار سیستم در شرایط مختلف را فراهم می‌کند. اعتبار سناریوها مبتنی بر چارچوب نظری آشوب- پیچیدگی و یافته‌های پیشین پژوهشگران در خصوص اعتباریابی مدل پارادایمی حکمروایی خوب شهری سنندج (عرفانی و همکاران، ۱۴۰۴) استوار است.



شکل ۱: الگوی پارادایمی حکمروایی خوب شهری سنندج

منبع: عرفانی و همکاران (۱۴۰۴)

### ۴. یافته‌ها و تحلیل داده‌ها

#### ۴-۱- مقایسه شاخص‌های مدل الگوی پارادایمی حکمروایی خوب شهری سنندج با شاخص‌های جهانی

در تحلیل مقایسه‌ای شاخص‌ها، مدل پارادایمی حکمروایی خوب شهری سنندج که از بستر فرهنگی- اجتماعی این شهر برآمده، در مقابل مدل‌های جهانی قرار می‌گیرد. تمایز اساسی در این است که این مدل، برآمده از داده‌های عینی و تجربه زیسته سهام‌داران شهر است و ضمن داشتن ویژگی‌های منحصربه‌فرد نهادی و فرهنگی شهر، پیچیدگی‌های ساختارهای محلی و کنشگران بومی را در خود دارد. در حالی که مدل‌های جهانی، مبتنی بر استانداردهای یکسان‌سازی شده هستند و به ساختارهای کلان و انتزاعی تکیه داشته و از انعطاف کمتری در مواجهه با شرایط محلی برخوردار می‌باشند.

از تفاوت‌های بنیادین دیگر میان این دو الگو آن است که مدل شاخص‌های جهانی یک مدل نتیجه‌محور است. بدین معنا که شاخص‌های آن بیشتر برای ارزیابی کیفیت حکمروایی خوب شهری و سنجش وضعیت نهایی عملکرد آن

طراحی شده‌اند. اما مدل سنندج، برخاسته از نظریه داده‌بنیاد، یک مدل فرآیندمحور و سیاست‌محور است. مدلی که صرفاً پیامد نهایی را تبیین نمی‌کند، بلکه مجموعه فرایندهای رسیدن به حکمروایی خوب شهری شامل: عوامل علی، شرایط زمینه‌ای، شرایط مداخله‌گر، راهبردها و سیاست‌ها را به صورت روابط مستقیم و غیر مستقیم مورد بررسی و تبیین قرار می‌دهد. از این رو علاوه بر ابزاری برای ارزیابی به عنوان نقشه عملیاتی و راهبردی در جهت سیاست‌گذاری شهری نسبت به مدل جهانی از قابلیت بهتری برخوردار است.

از سوی دیگر، مدل سنندج در ارتقاء ظرفیت‌های خودسازمان‌دهی، سرمایه اجتماعی و نقش کنشگران محلی نیز از الگوی جهانی فراتر می‌رود. در حالی که مدل جهانی مشارکت را در سطح اصول کلان مطرح می‌کند، مدل بومی سنندج آن را در قالب فرایندهای محله‌محور، شبکه‌های خرد و سازوکارهای ارتقاء سرمایه اجتماعی عملیاتی کرده است. این ادغام مشارکت با پویایی‌های محلی، امکان حکمروایی خوب شهری را از پایین به بالا و شکل‌گیری الگوهای نوظهور را افزایش می‌دهد. مجموع این عوامل نشان می‌دهد که مدل سنندج، علاوه بر سازگاری کامل با استانداردهای جهانی، توانسته است ابعادی از حکمروایی خوب شهری سنندج را تبیین و عملیاتی کند که در مدل جهانی کمتر دیده شده است (جدول شماره ۱).

جدول ۱: مقایسه شاخص‌های مدل الگوی پارادایمی حکمروایی خوب شهری سنندج

| سطح در مدل بومی سنندج | شاخص‌های اصلی مدل سنندج                                                                                                                        | معادل یا شباهت در مدل‌های جهانی (UN-Habitat, UNDP, World Bank, OECD)                                    | تفاوت‌ها و ویژگی‌های بومی                                                                                                                                                             |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| شرایط زمینه‌ای        | <ul style="list-style-type: none"> <li>پایداری زیست‌محیطی</li> <li>خودسازمانی و تعهد اجتماعی</li> <li>تقویت انگیزه سهم داران شهر</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>تاب آوری، ظرفیت نهادی، حاکمیت قانون و پاسخگویی.</li> </ul>       | در مدل بومی، بر درون‌زایی و خودسازمانی جامعه تأکید شده؛ در حالی که مدل‌های جهانی بیشتر بر چارچوب‌های رسمی و سیاست‌گذاری ملی تمرکز دارند.                                              |
| شرایط علی             | <ul style="list-style-type: none"> <li>توسعه محله‌محور</li> <li>توسعه خلاق و نوآور</li> <li>توسعه مشارکتی</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>مشارکت مردمی، نوآوری و فناوری شهری، برنامه‌ریزی محلی.</li> </ul> | مدل جهانی بر مشارکت رسمی و ساختاریافته تمرکز دارد، ولی در مدل بومی محله‌محوری و نوآوری اجتماعی محور است و مشارکت را از حالت نمادین به خودسازمان‌دهی اجتماعی ارتقاء می‌دهد.            |
| کدهای محوری           | <ul style="list-style-type: none"> <li>نظام هماهنگ‌سازی</li> <li>نظام هدایتگری</li> <li>نظام همگرایی</li> <li>(مدیریت یکپارچه شهری)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>موثر بودن، شفافیت هم‌افزایی بین‌بخشی</li> </ul>                  | مدل سنندج نگاه سیستمی و ارگانیک‌تری دارد. یعنی این نظام‌ها را به صورت شبکه‌ای و پویا در نظر می‌گیرد، نه سلسله‌مراتبی. فراتر از شفافیت هستند و به کارآمدی و انسجام نهادی منجر می‌شوند. |
| راهبردها              | <ul style="list-style-type: none"> <li>توزیع اختیارات</li> <li>برنامه‌ریزی منطقه‌ای</li> <li>نهادسازی و آموزش</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>تمرکززدایی ظرفیت‌سازی مدیریت منطقه‌ای و چندسطحی</li> </ul>       | در مدل بومی، آموزش و نهادسازی بومی‌اهمیت بیشتری دارد و جنبه فرهنگی و اجتماعی پررنگ‌تر است.                                                                                            |
| پیامدها               | <ul style="list-style-type: none"> <li>توسعه شهری</li> <li>توسعه منطقه‌ای</li> <li>توسعه فرامنطقه‌ای</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>انسجام اجتماعی و اقتصادی منطقه‌ای رقابت‌پذیری شهری</li> </ul>    | در مدل جهانی، پیامدها بیشتر اقتصادی و سنجش‌پذیر هستند. اما در مدل بومی، تأکید بر همبستگی اجتماعی و عدالت فضایی است.                                                                   |

## ۴-۲- کاربست تئوری آشوب- پیچیدگی در حکمروایی خوب شهری سنندج (نقدی بر رویکردهای خطی و تقلیل گرایانه)

### ۴-۲-۱- چالش‌های مدل‌سازی خطی در مدیریت شهری سنندج

شهر سنندج، به عنوان یک سیستم پیچیده و پویا، از عناصر متعددی تشکیل شده است که رفتار آن‌ها اغلب غیرخطی، وابسته به شرایط اولیه و حساس به تغییرات کوچک است. با این حال مدیران شهری در بسیاری از موارد از روش‌های ساده‌سازی شده و مدل‌های خطی برای تحلیل و تصمیم‌گیری استفاده می‌کنند. این تقلیل‌گرایی ممکن است در کوتاه‌مدت عملی به نظر برسد، ولی در بلندمدت به دلیل نادیده گرفتن پویایی‌های ذاتی سیستم شهری، منجر به برنامه‌ریزی‌های ناکارآمد و اجرای پروژه‌های بی‌ثمر می‌شود. براساس مطالعات انجام شده، دو نوع از رایج‌ترین اشکال تقلیل‌گرایی در مدیریت شهری سنندج عبارتند از:

#### ۱. تقریب فیزیکی (فرض رفتار مشابه سیستم‌ها)

- **فرض همگنی جمعیتی:** برنامه‌ریزان شهری گاهی رفتار ساکنین محلات مختلف سنندج را یکسان در نظر می‌گیرند، در حالی که ویژگی‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی مناطق مختلف (مانند محلات مرکزی در مقابل حاشیه‌نشین) تفاوت‌های چشمگیری دارد.

- **یکسان‌پنداری الگوی ترافیک:** مدل‌سازی ترافیک شهری بر اساس الگوهای ثابت، بدون در نظر گرفتن تغییرات رفتاری رانندگان، حوادث غیرمنتظره و تاثیر پروژه‌های عمرانی جدید، می‌تواند به طراحی نامناسب معابر و افزایش بار ترافیکی منجر شود.

- **بی‌توجهی به خودسازمان‌دهی محلات:** سیستم‌های شهری (مانند بازارهای محلی یا شبکه‌های اجتماعی غیررسمی) اغلب خودتنظیم‌شونده هستند، اما مدل‌های خطی این ویژگی پویا را نادیده می‌گیرند.

#### ۲. تقریب ریاضی (ساده‌سازی معادلات و پارامترها)

- **استفاده از معادلات خطی برای سیستم‌های غیرخطی:** به عنوان مثال، پیش‌بینی رشد جمعیت یا مصرف منابع آب با روش‌های رگرسیون خطی، بدون در نظر گرفتن اثرات فیدبکی و تغییرات ناگهانی (مانند مهاجرت‌های سریع یا خشکسالی‌های شدید)، نتایج گمراه‌کننده‌ای ایجاد می‌کند.

- **کاهش ابعاد مسئله:** برخی تصمیمات مدیریت شهری (مانند تخصیص بودجه یا مکان‌یابی پروژه‌ها) با مدل‌های ساده چندمتغیره تحلیل می‌شوند، در حالی که واقعیت شهری متشکل از صدها پارامتر متعامد و وابسته است.

- **بی‌توجهی به اثر پروانه‌ای:** تغییرات کوچک (مانند ساخت یک پل میان‌گذر) ممکن است اثرات نامتناسبی بر کل سیستم شهری (افزایش گرانی مسکن در مناطق اطراف، تغییر الگوی مهاجرت) داشته باشد که در محاسبات خطی نادیده گرفته می‌شود.

### ۴-۲-۲- پیامدهای رویکردهای تقلیل‌گرایانه در مدیریت شهری سنندج

- **شکاف بین برنامه‌ریزی و اجراء:** پروژه‌هایی مانند توسعه حمل‌ونقل عمومی یا ساماندهی حاشیه‌نشین، به دلیل استفاده از مدل‌های ساده‌شده، اغلب با مقاومت اجتماعی یا مشکلات اجرایی مواجه می‌شوند.

**تشدید ناپایداری های شهری:** سیاست های کوتاه نگرانه در مدیریت منابع آب یا آلودگی هوا باعث تشدید بحران های زیست محیطی شده است.

**- کاهش مشارکت مردمی:** مدل های مدیریتی متمرکز و غیر منعطف، توانایی سیستم شهری را برای خودسازمان دهی و سازگاری پویا تضعیف می کنند. در جدول شماره (۲)، به بررسی برخی از این رویدادها پرداخته شده است.

**جدول ۲: مقایسه تقریب های فیزیکی و ریاضی با رویکرد آشوب- پیچیدگی در حکمروایی خوب شهری سندج**

| حوزه/مسئله            | تقریب های فیزیکی                                                  | تقریب های ریاضی                                                    | رویکرد آشوب- پیچیدگی                                                                                      |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| مصرف آب شهری          | فرض ثابت بودن مصرف خانوارها (مثلاً ۱۵۰ لیتر در روز برای هر نفر)   | تقسیم شهر به مناطق و محاسبه میانگین مصرف در قالب منحنی ساده روزانه | تغییرات اقلیمی یا رفتار مردم می تواند سیستم را به هم بریزد. نیاز به مدل پویا و شبکه ای                    |
| مصرف انرژی (برق)      | فرض ثابت بودن مصرف خانوارها (مثلاً ۲ کیلووات در شب)               | میانگین مصرف مناطق، تغییرات مصرف در قالب کلی منحنی اوج در عصرها    | موج گرما یا سرمای ناگهانی می تواند بحران بزرگ بسازد. شبکه برق باید هوشمند و خودسازمان دهی باشد            |
| حمل و نقل عمومی       | فرض ثابت بودن تعداد مسافر در ساعات اوج (مثلاً ۵۰۰ نفر در ایستگاه) | ساده سازی مسیرها به خطوط اصلی. منحنی اوج صبح و عصر                 | یک تصادف کوچک یا رویداد اجتماعی می تواند کل شبکه را مختل کند. نیاز به شبیه سازی شبکه ای و چراغ های هوشمند |
| طرح جامع شهری         | پیش بینی جمعیت با یک عدد ثابت                                     | تقسیم زمین ها به کاربری های کلی. تراکم میانگین                     | شهر مثل موجود زنده تغییر می کند. باید سناریوهای مختلف و پویا بررسی شوند                                   |
| ترافیک شهری           | فرض ثابت بودن حجم خودرو در ساعات اوج                              | مدل سازی با منحنی ساده (اوج صبح و عصر)                             | تغییر کوچک (مثل یک تصادف) می تواند کل شبکه را مختل کند؛ سیستم باید انعطاف پذیر باشد                       |
| بحران ها (زلزله، سیل) | توجه به تغییرات کوچک مثل ترک سد یا لرزش زمین                      | برنامه های کلی امداد و نجات                                        | بحران ها غیر قابل پیش بینی اند. سیستم باید شبکه ای و خودسازمان دهی عمل کند                                |
| تغییرات اقلیمی        | فرض ثابت بودن مصرف یا دما                                         | مدل سازی با میانگین بارش یا دما                                    | تغییر کوچک (مثلاً نیم درجه افزایش دما) می تواند بحران بزرگ بسازد. نیاز به سیستم های هوشمند                |
| شهر هوشمند            | فرض ثابت بودن رفتار شهروندان یا مصرف انرژی                        | تحلیل داده ها با مدل های ساده                                      | شهر مثل موجود زنده، سیستم باید انعطاف پذیر و خودسازمان دهی باشد، حسگرها، چراغ های هوشمند                  |

جدول شماره (۲)، مقایسه ای نشان می دهد که تقریب های فیزیکی و ریاضی صرفاً رفتار شهری را در قالب فرضیات ثابت و میانگین های ساده شده توضیح می دهند. این رویکردها اگرچه در مراحل ابتدایی برای مدیریت و برنامه ریزی شهری می توانند مفید باشند. اما در مواجهه با پویایی، عدم قطعیت و تعاملات چندبعدی سیستم های شهری، محدودیت داشته و کافی نیستند. در مقابل رویکرد آشوب - پیچیدگی (ستون چهارم جدول ۲) بر این نکته تأکید دارد که شهر به عنوان یک سیستم زنده، پویا و حساس به تغییرات کوچک نیازمند ابزارهایی فراتر از معادلات خطی و غیرخطی یکنواخت است. ابزارهایی که بتوانند رفتار غیرخطی، شبکه ای و خودسازمان دهی اجزای شهری را مدل سازی کنند. از این رو، مدیریت شهری سندج نیازمند عبور از الگوهای مکانیکی و خطی به سمت درک عمیق تر از پویایی های پیچیده شهری است. تئوری آشوب و پیچیدگی نشان می دهد که تقلیل گرایی نه تنها راه حل مشکلات شهر نیست، بلکه ممکن است به بحران های جدیدی بینجامد. تنها با پذیرش ذات غیرقابل پیش بینی و غیرخطی سیستم های شهری است که می توان به حکمرانی اثربخش در سندج دست یافت.

با توجه به آنچه گفته شد، اگر شهر به مثابه یک سیستم پیچیده، تطبیقی و غیرخطی درک شود، آنگاه الگوی حکمروایی خوب آن نیز نمی‌تواند صرفاً بر مبنای منطق‌های خطی، سلسله‌مراتبی و ایستا طراحی و ارزیابی شود. شاخص‌های حکمروایی خوب شهری نیز در عمل در بستری از تعاملات شبکه‌ای، بازخوردهای چندسطحی، عدم قطعیت و پویایی‌های زمانی- مکانی عمل می‌کنند. ویژگی‌هایی که با مفاهیم بنیادین نظریه آشوب - پیچیدگی هم‌خوانی بالایی دارند.

جدول ۳: تطبیق (نگاشت) شاخص‌های الگوی حکمروایی خوب سنندج با شاخص‌های نظریه آشوب - پیچیدگی

| شاخص‌های نظریه آشوب-پیچیدگی | شاخص‌های مدل پارادایمی حکمروایی خوب شهری سنندج                                                    | نوع ارتباط و تفسیر نظری                                                                                                                                               |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| تنوع                        | توسعه محله‌محور، توسعه مشارکت، رشد سرمایه اجتماعی، تقویت انگیزه سهامداران، اقتصاد شهری چندلایه    | تنوع کنشگران، سلاقی، منافع و ساختارها، افزایش تاب‌آوری و پویایی سیستم شهری                                                                                            |
| کل‌نگری                     | مدیریت یکپارچه شهری، نظام هماهنگ‌سازی، نظام هدایت‌کننده، نظام همگرایی، برنامه‌ریزی شهری منعطف     | اجزا به تنهایی معنا ندارند، معنا در پیوندها و کل سیستم شکل می‌گیرد، نمود الگوهای نوظهور                                                                               |
| عدم تعادل پویا              | توسعه خلاق و نوآورانه، اقتصاد شهری ناپایدار/پویا، پایداری محیطی (پویایی نه ثبات)، شرایط علی متغیر | شهر در وضعیت تعادل ناپایدار می‌ماند و نوآوری و تکامل از دل نوسان و بی‌ثباتی بیرون می‌آید                                                                              |
| یادگیری و سازگاری           | نهادسازی و آموزش، ارتقاء مهارت‌ها، توانمندسازی مدیریت، تقویت دانش محلی                            | توانایی سیستم برای انطباق با تغییرات غیرخطی، یادگیری مستمر و به‌روزرسانی قواعد حکمروایی خوب شهری                                                                      |
| محدودیت در پیش‌بینی         | برنامه‌ریزی سناریو محور، سیاست‌های انعطاف‌پذیر، مدیریت بحران، هدایت شوک‌ها و تغییرات              | پذیرش عدم قطعیت، نیاز به برنامه‌ریزی سازگار و نه نسخه‌های خطی و قطعی                                                                                                  |
| خودسازمان‌دهی               | توسعه مشارکت، توسعه محله‌محور، سرمایه اجتماعی، نقش فعال کنشگران، نظام همکاری و همگرایی            | نظم از پایین به بالا شکل می‌گیرد، مدیریت نقش تسهیل‌کننده دارد نه کنترل مطلق                                                                                           |
| پیوند و ارتباط              | نظام هماهنگ‌سازی، مدیریت یکپارچه، پیوند اقتصاد، جامعه و محیط، حمایت قانونی، تعامل نهادی           | روابط شبکه‌ای، وابستگی متقابل اجزاء تولید الگوهای پیش‌بینی‌ناپذیر اما سامانمند                                                                                        |
| بازخورد                     | نظام پایش و ارزشیابی، سازوکارهای اصلاح خطمشی، انعطاف‌پذیری نهادی، پاسخگویی دینامیک                | بازخوردها (مثبت و منفی) مکانیزم، یادگیری و انطباق سیستم را ممکن می‌سازد. بازخوردهای تقویتی عاملی برای شتاب تغییرات، و بازخوردهای تعدیلی موجب ثبات نسبی سیستم می‌شوند. |

#### ۴-۳- گذار به سمت حکمروایی خوب شهری پویا در سنندج بر اساس نظریه آشوب-پیچیدگی

برای تحقق حکمروایی خوب شهری سنندج، بهره‌گیری از رویکردهای نوین که بتوانند پیچیدگی‌ها و پویایی‌های ذاتی سیستم شهری را درک کنند ضروری است. این رویکرد جدید مستلزم به کارگیری روش‌های مدل‌سازی پویا برای تحلیل رفتارهای غیرخطی شهر، برنامه‌ریزی انعطاف‌پذیر با مکانیسم‌های بازخورد مستمر، تفکر سیستمی یکپارچه برای درک روابط چندبعدی، و تحلیل چندسناریویی برای ارزیابی پیامدهای تصمیمات در شرایط عدم قطعیت است. نظریه آشوب-پیچیدگی در این چارچوب، چشم‌اندازی تحلیلی ارائه می‌کند که در آن شاخص‌های حکمروایی خوب شهری نه به صورت عوامل مجزا و ایستا، بلکه به عنوان عناصری پویا، خودسازمان‌یابنده و درهم‌تنیده در نظر گرفته می‌شوند که حساسیت بالایی به شرایط اولیه دارند. برای تجسم این ارتباط، چارچوب مفهومی ارائه شده در جدول شماره (۳)، شاخص‌های حکمروایی خوب شهری را با مفاهیم کلیدی نظریه آشوب-پیچیدگی تطبیق می‌دهد و بستری

برای تحلیل عمیق‌تر پویایی‌های مدیریتی سنندج فراهم می‌کند. این تحلیل در ادامه پژوهش از طریق سناریوهای تحلیلی و ارزیابی اثرات متقابل اجزای سیستم شهری به مرحله اجرا درخواهد آمد.

#### ۴-۳-۱- معادله لجستیک<sup>۱</sup>: مدل‌سازی گذار از نظم به آشوب - پیچیدگی

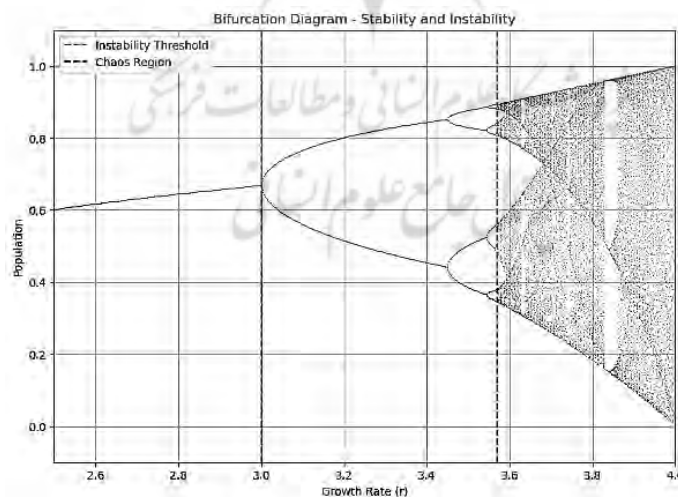
معادله لجستیک پل کمی میان مفاهیم انتزاعی آشوب-پیچیدگی و نیازهای عملی سناریوهای تحلیلی است. این همگرایی ثابت می‌کند که نظریه آشوب-پیچیدگی صرفاً فلسفی نیستند، بلکه با ابزارهایی مانند این معادله می‌توان قبل از اجرای پرهزینه، خط‌مشی‌های شهری را پیش‌آزمون کرد.

این معادله به صورت رابطه (۱) بیان می‌گردد:

$$X_{(n+1)} = r * x * (1 - x) \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این معادله:

- $X$ : جمعیت مورد نظر را در زمان  $n$  نشان می‌دهد،
  - $r$ : پارامتر کنترل نرخ رشد جمعیت است،
  - $X_{(n+1)}$ : نشان‌دهنده جمعیت در گام زمانی بعدی می‌باشد.
- روابط معادله لجستیک نشان می‌دهد سیستم‌های ساده و غیرخطی متناسب با مقدار کنترل  $r$  می‌توانند رفتار پیچیده و آشوبناک از خود نشان دهند. به این معنا که مقدار کنترل  $r$  در کدامیک از بازه زیر قرار گیرد رفتار سیستم می‌تواند متفاوت باشد.
- اگر  $r < 3$  سیستم به یک نقطه پایدار می‌رسد؛
  - اگر  $3 < r < 3.57$  در سیستم نوسانات تناوبی اتفاق خواهد افتاد؛
  - اگر  $r > 3.57$  سیستم آشوبناک خواهد شد (حساسیت به شرایط اولیه).



نمودار ۱: رفتار دو شاخه‌ای و نقش آن در درک رفتار سیستم‌های پیچیده و آشوبناک

<sup>۱</sup> . Logistic Map

این مدل به دلیل رفتار دوشاخه‌ای<sup>۱</sup> و نقش آن در درک آشوب قطعی به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است (گاف<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳). دهمچنین در زمینه‌هایی مانند رمزنگاری و رمزگذاری تصاویر به دلیل ویژگی‌های آشوبناک و تحلیل سیستم‌های پیچیده آن کاربرد دارد (سفی<sup>۳</sup>، ۲۰۱۷).

#### ۴-۳-۲- کاربرد مدل لجستیک در حکمروایی خوب شهری (تحلیل ترافیک و زیرساخت در سنندج)

مدل لجستیک به‌عنوان یکی از ابزارهای تحلیلی در علوم اجتماعی و مطالعات شهری، قابلیت بالایی در تبیین روابط پیچیده میان متغیرها و پیش‌بینی پیامدهای سیاست‌گذاری دارد. در حوزه حکمروایی خوب شهری نیز این مدل به‌عنوان چارچوبی علمی برای تحلیل و مدیریت مسائل کلیدی همچون ترافیک، زیرساخت‌ها و کارآمدی خدمات عمومی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در همین راستا به عنوان نمونه، کاربرد معادله لجستیک در مدیریت ترافیک شهر سنندج در جدول شماره (۴) آورده شده است.

جدول ۴: کاربرد مدل لجستیک در حکمروایی خوب شهری سنندج

| مؤلفه                                     | توضیح                                                                                                                                                                     | پیامد برای مدیریت شهری                                              |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| پارامتر $r$<br>(حجم ترافیک)               | افزایش تعداد خودرو و فعالیت‌های اقتصادی باعث بالا رفتن فشار بر شبکه حمل‌ونقل می‌شود                                                                                       | شناسایی نقاط بحرانی و نیاز به سیاست‌های مدیریت تقاضا                |
| پارامتر $X$<br>(توسعه زیرساخت‌ها)         | کیفیت و نوع توسعه تعیین‌کننده نوع همبستگی با ترافیک است                                                                                                                   | توسعه نامتناسب، افزایش ترافیک، توسعه هوشمند، کاهش ازدحام            |
| پایداری سیستم<br>(تا $r \leq 3$ )         | سیستم ترافیک پایدار و بحران جدی وجود ندارد                                                                                                                                | امکان مدیریت با ابزارهای موجود                                      |
| ناپایداری سیستم<br>(بازه $3 < r < 4.49$ ) | رفتار سیستم غیرخطی و مستعد آشوب می‌شود                                                                                                                                    | ضرورت سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های جدید و ساماندهی زیرساخت‌های موجود |
| آشوب سیستم<br>(برای $r > 4.49$ )          | سیستم وارد فاز آشوب می‌شود. تغییرات کوچک در تقاضا یا زیرساخت می‌تواند پیامدهای بزرگ و غیرخطی ایجاد کند. نیاز به سیاست‌های پیشگیرانه و مدل‌های شبیه‌سازی پیشرفته وجود دارد | تهدید بروز آشوب و رفتار غیرقابل پیش‌بینی در شبکه حمل‌ونقل           |
| ابزارهای مدیریتی                          | مدیریت هوشمند ترافیک، بهینه‌سازی چراغ‌ها، سیاست‌های کنترل تقاضا                                                                                                           | امکان ایش بینی آینده و افزایش کارآمدی حکمروایی خوب شهری             |

#### ۴-۳-۳- ثابت فایگنباوم<sup>۴</sup>

ثابت فایگنباوم عددی جهانی است که الگوی دوشاخه‌شدن در سیستم‌های غیرخطی را توضیح می‌دهد. مطالعات فایگنباوم درباره ثابت‌های آشوب، پایه‌ای برای درک رفتار آشوبناک در طیف گسترده‌ای از سیستم‌ها فراهم کرد و نشان داد که آشوب در سیستم‌های مختلف به شکلی همگانی و پیش‌بینی‌پذیر رفتار می‌کند (بریگس<sup>۵</sup>، ۱۹۹۱). عدد جهانی فایگنباوم ( $\delta \approx 4.699$ ) نقش مهمی در تحلیل دینامیک سیستم‌ها داشته است (کمپل<sup>۶</sup>، ۲۰۲۰). او در بررسی معادله

1. bifurcation

2. Gough

3. Safi

4. Feigenbaum Constant

5. bifurcation

6. Briggs

7. Campbell

لجستیک کشف کرد که نسبت فواصل بین نقاط دوشاخه شدن متوالی به یک مقدار ثابت میل می کند. علاوه بر این، ثابت دوم فیگنباوم ( $\alpha \approx 2/5.02$ )، نشان دهنده نسبت فواصل میان نقاط بیشینه در چرخه های متوالی است که بیانگر خودهمانندی رفتار آشوبناک حتی در مقیاس های کوچک می باشد.

**تحلیل مشارکت شهروندان در حکمروایی خوب شهری سنندج براساس ثابت فایگنباوم:**

**سناریوی (۱):** با فرض آن که حکمروایی خوب شهری سنندج ( $Q$ ) تابعی از مشارکت شهروندان ( $r$ ) باشد. نقش مشارکت شهروندان در حکمروایی خوب شهری سنندج چگونه است؟

به ازاء مقدار  $r$  حکمروایی خوب شهری سنندج، رفتار متفاوتی را نشان می دهد به طوری که اگر:

$r=2$ : مشارکت کم باشد  $Q$  پایدار (متوسط) است؛

$r=2/8$ : نوسانات بین نظرات مشارکت کنندگان متضاد شروع می شود؛

$r=3$ : سیستم به سمت آشوب می رود.

**۴-۳-۴- بررسی مرحله آغاز دوشاخه شدن در حکمروایی خوب شهری سنندج:**

اگر فاصله های بین دو شاخه ها  $\Delta r$  به صورت تجربی مشخص شود، آنگاه با قرار دادن اعداد فوق در رابطه (۲) خواهیم داشت:

$$\Delta r_1 = r_2 - r_1 \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$\Delta r_1 = 2.8 - 2 = 0.8$$

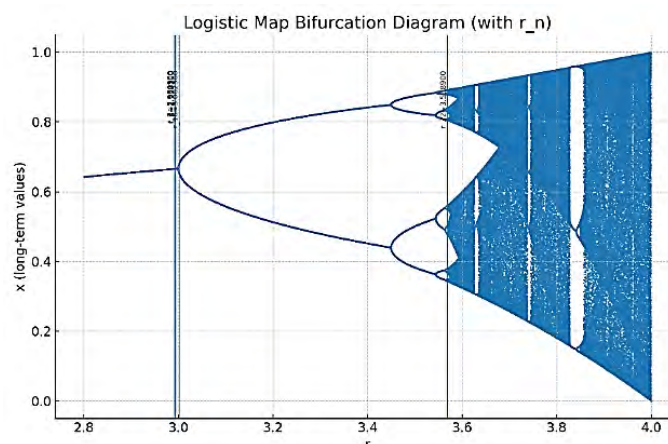
$$\Delta r_2 = \frac{\Delta r_1}{\delta} \approx \frac{0.8}{4.669} = 0.171$$

$$\Delta r_3 = \frac{\Delta r_2}{\delta} \approx 0.037$$

$$\Delta r_1 = 0.8, \Delta r_2 = 0.171, \Delta r_3 = 0.037$$

$$\delta \approx 4.669 \approx \frac{r_2 - r_1}{r_3 - r_2} \approx \frac{2.8 - 2}{r_3 - 2.8} \approx r_3 \approx 3$$

این مقادیر نشان می دهند که با افزایش مشارکت، فاصله زمانی بین بروز تعارضات کمتر می شود و سیستم به سمت آشوب حرکت می کند. به عبارت دیگر، برای جلوگیری از ورود به آشوب بهتر است مشارکت در بازه ای کنترل شود (مثلاً  $r=2.5$ ) که حکمروایی خوب شهری سنندج در حالت پایدار یا نوسان ضعیف باقی بماند.



نمودار ۲: نمودار دو شاخه‌ای فیگنباوم در تاثیر مشارکت شهروندان در حکمروایی خوب شهری سنندج

#### ۴-۳-۵- نظریه اثر پروانه‌ای در تئوری آشوب

اثر پروانه‌ای نخستین بار در دهه ۱۹۶۰ توسط ادوارد لورنز معرفی شد و به عنوان یکی از پایه‌های اصلی تئوری آشوب شناخته می‌شود. این نظریه بر حساسیت شدید سیستم‌ها به شرایط اولیه تأکید دارد؛ به گونه‌ای که تغییرات بسیار کوچک می‌توانند نتایج کاملاً متفاوتی ایجاد کنند (لورنز، ۲۰۱۳).

مدل لورنز برای توضیح این رفتار شامل سه معادله دیفرانسیل غیرخطی است:

$$\text{رابطه (۳): } dx/dt = \sigma(y-x)$$

$$\text{رابطه (۴): } dy/dt = x(\rho - z) - y$$

$$\text{رابطه (۵): } dz/dt = xy - \beta z$$

در این معادلات،  $x, y, z$  متغیرهای حالت سیستم و  $\sigma, \rho, \beta$  پارامترهای مقیاس هستند. این روابط نشان می‌دهند که حتی سیستم‌های ساده می‌توانند تحت شرایط خاص رفتاری آشوبناک و غیرقابل پیش‌بینی داشته باشند.

#### ایده برگرفته از سامانه‌های دینامیکی غیرخطی مدل لورنز در حکمروایی خوب شهری سنندج

مدل لورنز که در اصل برای تحلیل پدیده‌های آب‌وهوایی طراحی شد، قابلیت آن را دارد که در حوزه‌های شهری و به‌ویژه حکمروایی خوب شهری نیز به کار گرفته شود. این مدل نشان می‌دهد که وقتی چند عامل به‌طور همزمان در تعامل باشند، تغییر در یکی از آن‌ها می‌تواند کل سیستم را وارد رفتاری پیچیده و آشوبناک کند. که در ادامه به بررسی آن در سناریوی (۲) پرداخته خواهد شد.

**سناریوی ۲:** اگر مشارکت شهروندان در فرایند حکمروایی افزایش یابد، چنین مشارکتی چه تأثیری بر کیفیت خدمات عمومی و کاهش نابرابری اجتماعی خواهد داشت. برای پاسخ، می‌توان از معادلات لورنز استفاده کرد تا روابط پویا میان این سه عامل به صورت کمی تحلیل شوند.

#### فرضیات سناریو:

$x$ : مشارکت شهروندان

$y$ : کیفیت خدمات عمومی

$z$ : نابرابری اجتماعی

$\sigma$ : توان هماهنگی مدیریت

$\rho$ : سطح منابع و ظرفیت شهری

$\beta$ : کارایی سیاست‌های کاهش نابرابری

#### تحلیل سناریو:

معادله اول:  $dx/dt = \sigma(y-x)$  (معادله مشارکت اجتماعی)

<sup>1</sup> . Edward lorenz

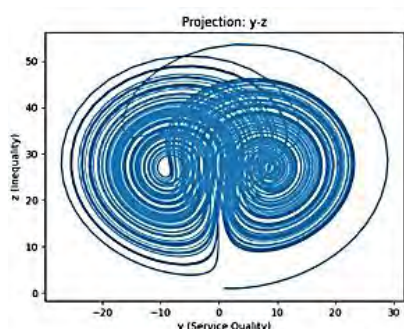
این معادله بیان می‌کند که پویایی مشارکت اجتماعی به اختلاف میان کیفیت خدمات عمومی و سطح موجود مشارکت وابسته است، به گونه‌ای که ظرفیت واکنش اجتماعی تعیین‌کننده سرعت تعدیل مشارکت نسبت به تغییرات کیفیت خدمات است. به عبارت دیگر، اگر کیفیت خدمات جلوتر از مشارکت باشد، انگیزه شهروندان افزایش یافته و مشارکت رشد می‌کند. از سوی دیگر اگر مشارکت بیشتر از کیفیت خدمات باشد، مشارکت کاهش می‌یابد.

**معادله دوم:**  $dy/dt = x(p-z) - y$  (معادله کیفیت خدمات)

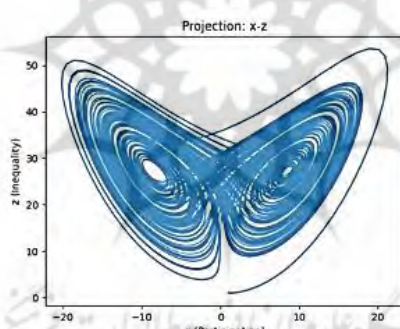
این معادله نشان می‌دهد که مشارکت اجتماعی، در حضور ظرفیت سیاست‌گذاری و منابع کلان، می‌تواند به بهبود کیفیت خدمات عمومی منجر شود. با این حال افزایش نابرابری اجتماعی و وجود فرسایش ساختاری می‌تواند اثر مشارکت را تضعیف کرده و حتی به کاهش کیفیت خدمات بینجامد. مشارکت زیاد در شرایط نابرابری بالا باعث کاهش سرعت کیفیت خدمات می‌شود و سیستم به سمت آشوب بازمی‌گردد. به عبارت دیگر، مشارکت زیاد در شرایط نابرابری بالا باعث کاهش سرعت کیفیت خدمات می‌شود و سیستم به سمت آشوب بازمی‌گردد.

**معادله سوم:**  $dz/dt = xy - \beta z$  (نابرابری اجتماعی)

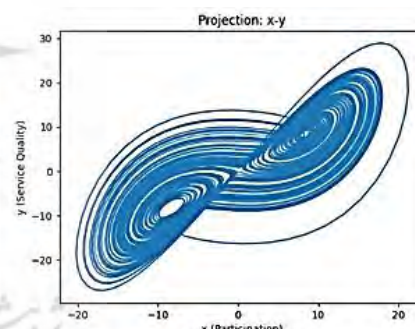
پویایی نابرابری اجتماعی حاصل برهم‌کنش میان مشارکت اجتماعی و کیفیت خدمات عمومی است، در حالی که سازوکارهای بازتوزیعی و نهادی، با شدتی متناسب با پارامتر کاهش نابرابری، نقش تعدیل‌کننده ایفاء می‌کنند. تعامل مثبت مشارکت و کیفیت خدمات می‌تواند نابرابری را کاهش دهد، اما اگر سیاست‌های بازتوزیعی ( $\beta$ ) ضعیف باشند، این کاهش پایدار نخواهد بود.



نمودار ۵: فرافکنی



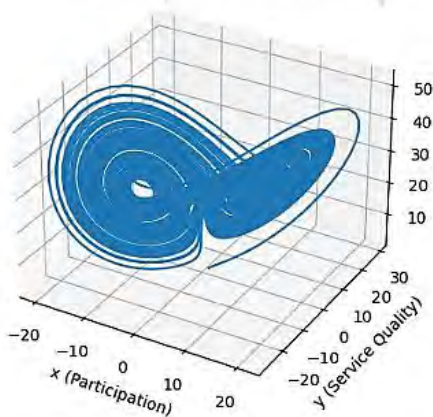
نمودار ۴: فرافکنی x-z



نمودار ۳: فرافکنی x-y

y-z

3D Lorenz-type Attractor



نمودار ۶: سه‌بعدی x, y, z

این سناریو با الهام از سامانه‌های دینامیکی غیرخطی از نوع لورنز ارائه شد و هدف آن تبیین رفتارهای کیفی سیستم است، همچنین این سیستم یک چارچوب دینامیکی غیرخطی را توصیف می‌کند که بازخوردهای متقابل میان مشارکت اجتماعی، کیفیت خدمات عمومی و نابرابری اجتماعی می‌توانند به الگوهای رفتاری پایدار، نوسانی یا بی‌ثبات در سیستم اجتماعی منجر شوند.

#### ۴-۳-۶- فضای فازی در تئوری آشوب

فضای فازی در تئوری آشوب به مفهوم استفاده از منطق فازی برای مدل‌سازی و کنترل سیستم‌های آشوبناک اشاره دارد. این رویکرد امکان درک بهتر عدم قطعیت و پیچیدگی‌های موجود در رفتار سیستم‌های دینامیکی را فراهم می‌سازد. کنترل آشوب با استفاده از منطق فازی، به‌ویژه در سیستم‌های پیچیده، این قابلیت را ایجاد می‌کند که رفتارهای غیرقابل پیش‌بینی مدیریت شوند (وایدیاناثان<sup>۱</sup>، ۲۰۱۶).

#### ۴-۳-۷- تحلیل رفتار سیستم در فضای فازی

در چارچوب فضای فازی، متغیرهای  $X$  و  $Y$  به‌صورت مقادیر فازی تعریف می‌شوند که بازه‌ای از حدود پایین و بالای جمعیت یا منابع را در بر می‌گیرند. این رویکرد امکان مدل‌سازی دقیق‌تر عدم قطعیت‌ها و تغییرات کوچک در نرخ‌های رشد یا زوال را فراهم می‌سازد. در این چارچوب، معادلات حاکم شامل عملگرهای محاسباتی فازی، نظیر انتگرال‌گیری فازی، بوده و ماهیت غیرخطی سیستم به‌ویژه به‌واسطه وجود جمله غیرخطی  $X^2$  منجر به بروز رفتارهای دینامیکی پیچیده‌تری نسبت به سیستم‌های خطی می‌شود.

#### تحلیل پویایی معادله

معادله پایه:

$$dx/dt = -r + x^2$$

مرحله (۱) مشخص کردن نقاط تعادل اولیه سیستم

با قرار دادن  $dx/dt=0$ ، دو نقطه ثابت به دست می‌آید  $X=r$  و  $X=-r$ .

تحلیل پایداری نقاط ثابت: مشتق معادله نسبت به متغیر مورد نظر:

$$dx/dy = (-r + x^2) = 2x$$

مقدار مثبت  $\rightarrow$  نقطه ناپایدار:  $x = r$  اگر

مقدار منفی  $\rightarrow$  نقطه پایدار:  $x = -r$  اگر

#### مرحله (۲) تحلیل دوشاخه‌ای<sup>۲</sup>

با تغییر پارامتر  $r$ ، نقاط ثابت و پایداری آن‌ها تغییر می‌کند و سیستم وارد رفتار دوشاخه‌ای می‌شود. به عبارت دیگر سیستم در اطراف  $X=-r$  جذب می‌شود و در اطراف  $X=r$  واگرا است.

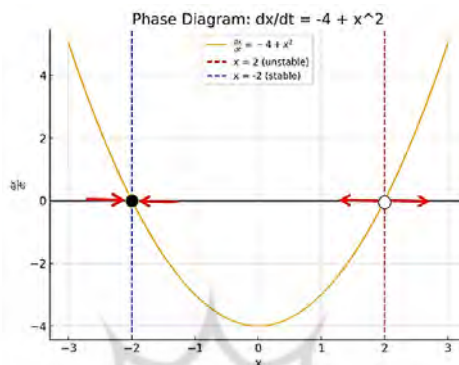
<sup>۱</sup> . Vaidyanathan

<sup>۲</sup> . Bifurcation

به عبارت دیگر، با تغییر پارامتر ۲، نقاط ثابت و پایداری آن‌ها تغییر می‌کند. سیستم وارد رفتار دوشاخه‌ای شده و امکان بروز آشوب افزایش می‌یابد.

### مرحله ۳) رفتار نمودار

- در نواحی بزرگ‌تر از  $x = r$ ، مقدار  $dx/dt$  مثبت است.
- در نواحی کوچک‌تر از  $x = -r$ ، مقدار  $dx/dt$  مثبت است.
- بین این دو نقطه،  $dx/dt$  منفی است.
- نشان می‌دهد که تغییرات کوچک در پارامتر می‌تواند سیستم را به سمت آشوب سوق دهد.



نمودار ۷: رفتار معادله تئوری آشوب - پیچیدگی در فضای فازی

فضای فازی با استفاده از منطق فازی امکان مدل‌سازی عدم قطعیت و پیچیدگی‌های سیستم‌های دینامیکی را فراهم می‌کند. تحلیل نقاط ثابت، پایداری و رفتار دوشاخه‌ای نشان می‌دهد که تغییرات کوچک در پارامترها می‌توانند سیستم را از حالت پایدار به سمت آشوب سوق دهند.

این رویکرد در حکمروایی خوب شهری سنندج نیز می‌تواند برای پیش‌بینی وضعیت‌های ناپایدار و طراحی سیاست‌های کنترلی به کار رود.

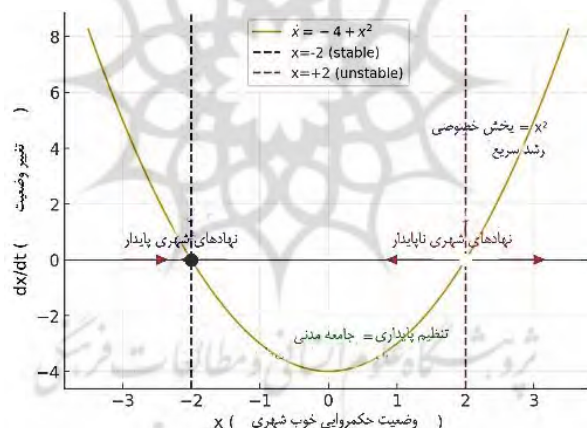
### ۸-۳-۴- تحلیل تئوری آشوب - پیچیدگی در حکمروایی خوب شهری سنندج براساس فضای فازی

در حکمروایی خوب شهری سنندج، وقتی هر سه بخش (دولت، بخش خصوصی و جامعه مدنی) هماهنگ و همگرا عمل کنند، سیستم شهری از ناپایداری فاصله گرفته و به سمت پایداری حرکت می‌کند. این موضوع را براساس تئوری آشوب در معادله  $dx/dt = -r + x^2$  قابل بررسی است.

تئوری آشوب-پیچیدگی در فضای فازی نشان می‌دهد که حکمروایی خوب شهری سنندج نیازمند تعادل پویا میان بخش دولتی، بخش خصوصی و جامعه مدنی است. نبود هماهنگی میان این سه ضلع، سیستم را به سمت ناپایداری و بحران سوق می‌دهد، در حالی که همکاری و هم‌افزایی آن‌ها می‌تواند شهر را در وضعیت پایدار نگاه دارد. این تحلیل در قالب جدول مقایسه‌ای (پایدار - ناپایدار - بدون کنترل - سه‌بعدی) نشان داده شده است.

جدول ۵: تحلیل تئوری آشوب - پیچیدگی در حکمروایی خوب شهری براساس فضای فازی

| وضعیت مدل                                                                         | توضیح ریاضی                                                                                                                | تفسیر در حکمروایی خوب شهری                                                              | پیامد                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| مدل یک بعدی<br>$dx/dt = -r + x^2$<br>$r < 0$                                      | نقطه پایدار در $X = -2$<br>نقطه ناپایدار در $X = 2$                                                                        | همکاری دولت، بخش خصوصی و جامعه مدنی = پایداری؛ تسلط یک بخش ناپایداری.                   | سیستم در حالت متوازن پایدار می ماند.                                 |
| مدل بدون تعادل<br>$dx/dt = r + x^2$                                               | هیچ نقطه تعادل پایداری وجود ندارد؛ سیستم به سمت بی نهایت میل می کند.                                                       | نبود هماهنگی میان سه بخش = بحران و ناپایداری.                                           | رشد شتاب دار و بی ثباتی ذاتی.                                        |
| $r > 0$ ، مدل با مکانیزم کنترلی $(-ax)$                                           | افزودن ترم کنترلی باعث تغییر آستانه ها می شود: $(\alpha=0)$ بدون کنترل، $(\alpha=0.5)$ کنترل ضعیف، $(\alpha=2)$ کنترل قوی. | سیاست های حکمروایی نقش تنظیم کننده دارند؛ کنترل بیش از حد می تواند مانع توسعه شود.      | نیاز به سیاست های متعادل: محرک در سطح پایین، نگه دارنده در سطح بالا. |
| مدل سه بعدی<br>$x = \text{دولت}$<br>$y = \text{خصوصی}$<br>$z = \text{جامعه مدنی}$ | نقاط تعادل $(0,0,0)$ : پایدار اما ضعیف؛ نقاطی با تسلط یک بخش ناپایدارند.                                                   | تنها با فعال بودن و تعادل سه بخش، سیستم پایدار می شود؛ جامعه مدنی نقش تعدیل کننده دارد. | جلوگیری از تسلط یک بخش و حرکت به سمت حکمروایی پایدار.                |



نمودار ۸: کاربرد تئوری آشوب - پیچیدگی در حکمروایی خوب شهری سنندج

نمودار (۸)، نشان می دهد که بر اساس نظریه آشوب - پیچیدگی، پایداری شهری تنها زمانی حاصل می شود که بخش نهادی، بخش خصوصی و جامعه مدنی به طور همزمان و متوازن فعال باشند. نبود هماهنگی یا کنترل نامناسب سیستم را به سمت ناپایداری و بحران سوق می دهد، در حالی که مکانیزم های کنترلی متعادل می توانند مسیر توسعه پایدار را تضمین کنند.

## ۵. نتیجه گیری

پژوهش حاضر در امتداد مطالعات پیشین نویسندگان قرار دارد. در آن پژوهش ها، فرآیند شکل گیری حکمروایی خوب شهری در سنندج با رویکردی نوآورانه و متناسب با شرایط زمینه ای و محلی مورد تحلیل قرار گرفت. ابتداء الگوی

پارادایمی حکمروایی خوب شهری سنندج با بهره‌گیری از روش کیفی نظریه داده‌بنیاد تدوین شد. سپس با استفاده از مدل معادلات ساختاری مدل از نظر اعتباریابی و برازش مورد تأیید قرار گرفت. در مرحله بعد با بهره‌گیری از معادلات ساختاری نقش شاخص‌های تئوری آشوب - پیچیدگی (کل‌نگری، خودسازماندهی، تنوع، یادگیری، پویایی، ارتباطات، -محدودیت در پیش‌بینی، بازخورد) در حکمروایی خوب شهری اعتبارسنجی و برازش مدل مورد تأیید قرار گرفت. در ادامه این مسیر، در تحقیق حاضر ابتداء به بررسی مقایسه شاخص‌های حکمروایی خوب شهری سنندج با شاخص‌های جهانی پرداخته شد. نتایج نشان داد که این شاخص‌ها علاوه بر پوشش شاخص‌های جهانی در فرآیند تحقق حکمروایی خوب شهری سنندج کاربردی‌تر نیز هستند. پس از آن با هدف تلفیق نظریه و عمل تلاش گردید، با کاربردپذیری نظریه آشوب - پیچیدگی ابعاد تازه‌ای از حکمروایی خوب شهری آشکار گردد.

این ارتباط، گذار از مدل‌های خطی به پیچیدگی محور را نه تنها در سطح نظری، بلکه با ابزارهای کمی عینی‌سازی کرد. استفاده از چنین مدل‌هایی می‌تواند به برنامه‌ریزی شهری انطباقی مانند پیش‌بینی نقطه بحران در تراکم جمعیت یا اثرگذاری سیاست‌های زیست‌محیطی بر اساس بازخوردهای پویای سیستم کمک کند.

در این راستا یافته‌ها نشان دادند که مدل الگوی پارادایمی حکمروایی خوب شهری سنندج، با تلفیق تئوری آشوب - پیچیدگی، توانسته است پیچیدگی‌های نهادی، اجتماعی و اداره شهر سنندج را بهتر تبیین کند. این مدل با بهره‌گیری از مفاهیم کلیدی نظریه آشوب - پیچیدگی نشان می‌دهد پایداری شهری فقط با حضور سه بخش دولتی، بخش خصوصی و جامعه مدنی ممکن نیست. بلکه با تعامل، هم‌افزایی و تعادل میان آن‌ها حاصل می‌شود. همین‌طور تغییرات کوچک در رفتار یکی از بخش‌ها می‌تواند مسیر حکمروایی خوب شهری را به‌طور نمایی به سمت تعادل یا به سوی بحران تغییر دهد.

همچنین یافته‌ها نشان داد، تقریب‌های فیزیکی و ریاضی در قالب سناریوهای عملی (مدیریت ترافیک، مصرف انرژی و آب، مشارکت اجتماعی، مدیریت بحران‌ها و توسعه محله‌محور)، برای طراحی اولیه و تصمیم‌گیری‌های کلان در حکمروایی خوب شهری سنندج ضروری هستند. اما در مواجهه با پویایی و بحران‌های غیرمنتظره ناکافی می‌باشند. به طوری که تغییرات کوچک می‌توانند پیامدهای بزرگ ایجاد کنند و در عین حال فرصت‌هایی برای نوآوری و تاب‌آوری فراهم آورند. ابزارهای نظریه آشوب - پیچیدگی مانند معادله لجستیک، ثابت فایگنباوم، معادله لورنز، سیستم‌ها و فضای فازی، نیز نشان می‌دهند که حکمروایی خوب شهری سنندج، باید توانایی پیش‌بینی و کنترل تغییرات کوچک و بحران‌های بزرگ را داشته باشد و از طریق خودسازمان‌دهی و یادگیری نهادی، ظرفیت‌های جدیدی برای تاب‌آوری ایجاد کند.

بنابراین، این پژوهش می‌تواند چشم‌اندازی نوین فراهم آورد. چنین چارچوبی با ایجاد تعادل پویا میان نظم و بی‌نظمی، ثبات و تغییر، همچنین با تقویت ظرفیت‌های نهادی و اجتماعی، الگویی راهبردی برای شهر سنندج و سایر شهرهای مشابه ارائه می‌دهد. الگویی که پیچیدگی را نه تهدید، بلکه فرصتی برای نوآوری و تکامل شهری می‌داند.

## تقدیر و تشکر

از تمام مدیران و کارشناسان شهرسازی سنندج که به انجام این پژوهش کمک شایانی کردند، کمال سپاس را داریم.

## منابع:

- آهني، منا، سياهكالي مرادي، جواد، ايازي، سيد علي، خسرواني، فرزانه، بررسي ساختار و روابط بين شاخص‌هاي حکمروايي خوب. (۱۳۹۷). دومين کنفرانس حکمراني و عمومي، تهران، پژوهشکده سياست‌گذاري علم، فناوري و صنعت دانشگاه صنعتي شريف.
- <https://civilica.com/doc/931823/>
- آيتي، سعيد و بدخشان، مهدي و رضايي، سيدسينا و عيوضي، شيما. (۱۴۰۰). بررسي تئوري آشوب در شهرسازي و معماري، ششمين کنفرانس بين المللي تحقيقات پيشرفته در علوم، مهندسي و فناوري، تهران.
- <https://civilica.com/doc/1223540>
- افشاري، رسول. (۱۴۰۴). کاربرد نظريه آشوب و تفکر سيستمي در مديريت شهري: مواجهه با عدم قطعيت در سياست‌گذاري شهري. همدان، شهرداري منطقه يك همدان.
- <https://civilica.com/doc/2211386>
- حاتمي‌نژاد، حسين، بهودي مقدم، حسين. (۱۳۹۷). نظريه پيچيدگي، شهر و برنامه‌ريزي شهري. انتشارات پاپلي - انتشارات کتاب اميد.
- زيارى، کرامت‌اله؛ يداله‌نيا، هاجر و يداله‌نيا، حسين. (۱۳۹۹). تحليل عملکرد مديريت شهري با تاکيد بر شاخص‌هاي حکمروايي خوب از منظر شهروندان (موردمطالعه: شهرساري). فصلنامه پژوهشي و برنامه‌ريزي شهري. شماره ۴۰.
- <https://doi.org/10.52547/JUPM.11.40.001>
- فيروزي، محمد، پوراحمد، احمد، سجادين، محمد. (۱۴۰۰). بررسي موانع تحقق شهر هوشمند در کلان‌شهر اهواز از منظر نظريه آشوب. جغرافياي اجتماعي شهري، (۱۵۵-۱۸۱).
- <https://doi.org/10.22103/JUSG.2021.2051>
- شيعه، اسماعيل. مقدمه‌اي بر برنامه‌ريزي شهري. (۱۴۰۱). انتشارات دانشگاه علم و صنعت ايران.
- حسيني، سيدمحمد. درآمدی انتقادی بر نظريه‌هاي آشوب و پيچيدگي. (۱۳۹۶). پژوهش‌نامه انتقادي متون و برنامه‌ريزي علوم انساني، سال هفدهم، شماره ششم.
- خسروي‌پور، بهمن، سواري مميني، آمنه. (۱۳۹۸). کاربرد تئوري پيچيدگي رهبري، نظريه آشوب و خودسازماندهي در توسعه‌يافتگي سازمان‌ها. مجله جغرافيا و روابط انساني، شماره ۱۲۴.
- عرفاني، عطااله. سجاذاده، حسن. رحيمي، محمود. (۱۴۰۴). تبیین الگوی حکمروایی خوب شهری با رویکرد زمینه‌ای (مطالعه موردی: شهر سنجندج). جغرافيا و روابط انساني.
- <https://doi.org/10.22034/gahr.2025.508443.2406>
- مالک‌آبادي، رضا محمد، گودرزي، مجيد، فدائي جزي، فهيمه. (۱۴۰۳). شناسايي عوامل مؤثر بر تحقق حکمراني خوب شهري در شهر اصفهان با استفاده از رویکرد آینده‌پژوهي"، حکمروايي شهري.
- <https://doi.org/10.1016/j.ugj.2024.12.012>

- Abujder Ochoa, W. A., Iarozinski Neto, A., Vitório Junior, P. C., Palma Calabokis, O., & Ballesteros-Ballesteros, V. (2024). The theory of complexity and sustainable urban development: A systematic literature review. *Sustainability*, 17(1), 3. <https://doi.org/10.3390/su17010003>
- Altanlar, A. (Aslı), Aktuglu Aktan, E. O. (Esin ozlem), & Eren, I. (Ibrahim). (2024). *Development, reliability, and validity of the Influences of Digital Technologies on Human Behavior in Public Space Scale tested by spatial design experts*. *SAGE Open*. <https://doi.org/10.1177/21582440241284589>
- Arabeyyat, A., Alnsour, J., Al-Bazaiah, S. A. I., & Al-Habees, M. A. (2024). *Managing urban environment: Assessing the role of planning and governance in controlling urbanization in the city of Amman, Jordan*. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 15(2), Article 03. [https://doi.org/10.14505/jemt.v15.2\(74\).03](https://doi.org/10.14505/jemt.v15.2(74).03)
- Azkia, M., & Imani Jajarmi, H. (2023). *Historical overview of development's impact on rural and urban governance in Iran*. *Middle East Critique*, 32(4), 433–445. <https://doi.org/10.1080/19436149.2023.2268881>
- Batty, M. (2007). Cities and complexity: Understanding cities with cellular automata, agent-based models, and fractals
- Byrne, D. (2022). *Complexity theory and the social sciences: The state of the art*. Routledge.
- Briggs, K. (1991). A precise calculation of the Feigenbaum constants. *Mathematics of Computation*, 57(195), 435–439.
- Campbell, B. (2020). Entrepreneurial uncertainty in context: An ethnomethodological perspective. *International Journal of Entrepreneurial Behaviour & Research*, 26(4), 749–765. <https://doi.org/10.1108/IJEER-10-2018-0627>
- Delanda, M. (2019). *A new philosophy of society*. Bloomsbury Academic. <https://doi.org/10.5040/9781350096769>
- Deleuze, G., & Guattari, F. (1993). *Que es la filosofía?* Anagrama.
- Hurova, I. (Iryna), & Shkurov, Y. (Yurii). (2023). *Man in digitized urban socio-cultural space*. *Anthropological Measurements of Philosophical Research*, (24). <https://doi.org/10.15802/ampr.v0i24.295321>
- Deshkar, S. M., Hayashi, Y., & Mori, Y. (2011). An alternative approach for planning the resilient cities in developing countries. *International Journal of Urban Sciences*, 15(3), 173–185. <https://doi.org/10.1080/12265934.2011.580148> -ε
- Derman Siddiqui, S., & Duman, Ü. (2025). Which theory fits the city? A comparative evaluation of GST, complexity, and CAS in addressing urban challenges. *TUDESJ (Turkish Journal of Earthquake Studies)*. <https://doi.org/10.69992/0.2025.12>
- Gough, B. (2013). The psychology of men's health: Maximizing masculine capital. *Health Psychology*, 32(1), 1–4. <https://doi.org/10.1037/a0030424> -ο
- Kzar, A. A., & Mohammed, A. J. (2023). *Strategic entrepreneurship under the chaos theory*. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 17(7), e03864. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n7-012>

- [Lorenz, E. N. \(2013\). Predictability: Does the flap of a butterfly's wings in Brazil set off a tornado in Texas? Retrieved from Semantic Scholar.](#)
- [McGreevy, M. \(2018\). Complexity as the telos of postmodern planning and design: Designing better cities from the bottom-up. Planning Theory, 17\(4\), 407–426. <https://doi.org/10.1177/1473095217711473>](#)
- [Meyer, N., & Auriacombe, C. \(2019\). Good urban governance and city resilience: An Afrocentric approach to sustainable development. Sustainability, 11\(19\), 5514. <https://doi.org/10.3390/su11195514>](#)
- [Menon, S., & Hartz-Karp, J. \(2019\). Institutional innovations in public participation for improved local governance and urban sustainability in India. Sustainable Earth, 2\(6\). <https://doi.org/10.1186/s42055-019-0013-x>](#)
- [Safi, A. \(2017\). A novel chaotic image encryption algorithm based on logistic map and hyperchaotic system. Signal Processing, 134, 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2017.01.009>](#)
- [Smit, W. \(2018\). Urban governance in Africa: An overview. In African cities and the development conundrum. <https://doi.org/10.4000/poldev.2637>](#)
- [SayapinV O 2025 Historical individuation in the light of speculative ontology and new materialism in Manuel DeLanda Философская.мысль, 5 <https://doi.org/10.25136/2409-8728-2025-5-74178>](#)
- [Singh, A. \(2025\). Contribution of geography in forming human behavior in South West District of Delhi. International Journal for Multidisciplinary Research, 7\(4\), 54956. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2025.v07i04.54956>](#)
- [Vaidyanathan, S., & Azar, A. \(2016\). Takagi–Sugeno fuzzy logic controller for Liu–Chen four-scroll chaotic system. International Journal of Intelligent Engineering Informatics, 4\(1\), 25–41. <https://doi.org/10.1504/IJIEI.2016.076699>](#)
- [Dong, M. \(2023\). A critical analysis on complex urban systems and complex systems theory. Journal of Computing and Natural Science, 10\(3\), 45–58. <https://doi.org/10.53759/181x/jcns202303003>](#)
- [Wang, H. \(Haining\), & Cui, W. \(Wanglai\). \(2025\). Network evolution of digital technology transfers and implications for urban digital innovation governance: Evidence from Chinese patent transactions. Sustainability. <https://doi.org/10.3390/su17219584>](#)