

پیش‌بینی شاخص‌های توسعه پایدار شهر تهران در افق ۱۴۰۴ در چارچوب یک الگوی سیستم دینامیک*

داریوش شجاعی باغینی^۱ - بیژن صفوی^۲

۱. دکتری شهرسازی، گروه شهرسازی، دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. استادیار گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۰۶ تاریخ اصلاحات: ۹۷/۱۰/۲۴ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۷/۱۲/۰۶ تاریخ انتشار: ۹۹/۰۶/۳۱

چکیده

در سال‌های اخیر توجه به توسعه پایدار شهری بیش از پیش مورد توجه محققان قرار گرفته است؛ لذا این مطالعه به دنبال ارائه یک مدل پویای توسعه پایدار برای شهر تهران می‌باشد که به این منظور از یک شبیه‌سازی کامپیوتری بر مبنای رهیافت پویایی‌شناسی سیستم، توسط نرم‌افزار VENSIM استفاده شده است. با توجه به هدف مورد نظر و دسترسی به داده‌ها، الگوی طراحی شده از دو زیربخش اقتصاد و اجتماع و زیربخش آلودگی محیط‌زیست استفاده شده است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی در مدل پایه نشان داد که مقادیر شبیه‌سازی به‌خوبی توانسته است مقادیر واقعی متغیرهای نشان‌دهنده توسعه پایدار در شهر تهران را پیش‌بینی کند. به‌صورتی که می‌توان گفت در صورت ادامه همین روند در شهر تهران در سال ۱۴۰۴ جمعیت شهر تهران به نزدیک ۱۱ میلیون نفر خواهد رسید. از طرف دیگر نتایج نشان می‌دهد که با وجود نرخ رشد تولید ناخالص در نظر گرفته شده برای شهر تهران، درآمد کل این شهر از ابتدای سال ۱۳۸۷ با مقدار ۶۲۴ هزار میلیارد ریال به ۳۱۵۶۶۹ هزار میلیارد ریال در سال ۱۴۰۴ خواهد رسید. همچنین نتایج نشان دادند که انتشار دی‌اکسید کربن تا سال ۱۴۰۴ در شهر تهران به‌اندازه نزدیک به ۱۰۰ میلیارد تن در سال خواهد رسید که این مقدار، بسیار زیاد بوده و نیاز به اتخاذ سیاست‌های مناسب زیست‌محیطی ضروری به نظر می‌رسد.

واژگان کلیدی: توسعه پایدار، زیربخش‌های اقتصادی و اجتماعی، آلودگی محیط‌زیست، رهیافت سیستم دینامیک.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتری نویسنده اول با عنوان «بررسی تأثیر توسعه شهری بر افزایش وصول مالیات بر ارزش افزوده با استفاده از روش سیستم دینامیک (مورد مطالعه شهر تهران)» با راهنمایی نویسنده دوم می‌باشد.

** E_mail: bijansafavi@gmail.com

۱. مقدمه

دستیابی به وضعیت پایداری جوامع شهری است. فرآیندی که هدف آن ایجاد یا تقویت ویژگی‌های پایداری در زندگی اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و زیست‌محیطی شهر است. طرفداران توسعه شهری با تأکید بر پروژه‌های منطقی، سعی در توجه به تمام جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و کالبدی طرح‌ها دارند و برای نیل به شهر آرمانی بایستی تعمق و تعامل بین بخش‌های مذکور صورت پذیرد. از این رو با توجه به اهمیت مقوله پایداری در اهداف توسعه شهرها، دامنه گسترده‌ای از مجموعه نیازهای اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، اکولوژیکی و کالبدی برای حرکت به سوی پایداری مورد توجه است که می‌تواند در قالب شاخص‌های پایداری شهر تعریف شود.

مشکلات زیست‌محیطی یکی از اساسی‌ترین مسائل شهر امروزی و حاصل تعارض و تقابل آن‌ها با محیط طبیعی است؛ چرا که توسعه شهری ناگزیر با تسلط ساختمان‌ها، صنایع و حمل‌ونقل و فعالیت‌های اقتصادی بر فضاهای طبیعی همراه است و این تسلط به مرور زمان به شکل چیرگی شهر بر طبیعت تغییر یافته است و زمینه‌ساز آلودگی‌های گسترده شهری می‌شود. نتیجه این روند عدم تعادل و ناسازگاری میان انسان و طبیعت و به هم خوردن روابط اکوسیستم خواهد بود. با گسترش شهرها، مظاهر و ارزش‌های محیط طبیعی در معرض نابودی و فرسایش بیشتر قرار گرفته است و شهرنشینان از جاذبه‌های طبیعی محروم شده‌اند و مشکلات روانی و اجتماعی نمود یافته است. تمرکز جمعیت در شهرها و مناطق حاشیه‌ای شهرها و عدم تناسب بین رشد خدمات و زیربنای شهری به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه مناطق شهری را به مکان‌های غیربهداشتی و آلوده تبدیل و با مشکلات دفع فاضلاب و زباله، تأمین آب بهداشتی و غیره روبه‌رو ساخته است (Zebardast, 2002; Firoozbakht et al., 2012). مشکلی که امروزه در پیش روی برنامه‌ریزان قرار دارد، چگونگی اعمال سیاست‌ها و برنامه‌های پایدار و ترسیم جلوه‌های این پایداری است. نیل به چنین شرایطی، نیازمند جهت دادن به هدف‌ها و برنامه‌های اجرایی، اصلاح وضعیت ساختارها و مدیریت‌های مرتبط در اداره امور است. به عبارت دیگر، سطح قابل قبول و بالای رشد اقتصادی و اشتغال، پیشرفت اجتماعی و حفاظت از محیط جنبه‌های دیگر پایداری را تشکیل می‌دهد. پایداری، یک برنامه پیشرفت اجتماعی است که می‌کوشد نیازهای افراد را بشناسد، از منابع محیطی حفاظت کند و منابع اقتصادی و اجتماعی حاصل از آن را در تمام سطوح تعمیم دهد (Shieh et al., 2008; Firoozbakht et al., 2012)؛ بنابراین می‌توان گفت که ارائه مدلی که بتواند شاخص‌های توسعه پایدار را نشان داده و به پیش‌بینی آن بپردازد از اهمیت زیادی برای سیاست‌گذاران اقتصادی و اجتماعی برخوردار خواهد بود. حال در این مطالعه با استفاده از رهیافت سیستم دینامیک تعدادی از شاخص‌های توسعه پایدار برای شهر

توسعه اقتصادی، هدف اصلی هر کشور در جهت بهبود سطح استاندارد زندگی بوده و توسعه شهرها به‌عنوان مجموعه‌ای که یک کشور را تشکیل می‌دهند و از منابع مهم توسعه محسوب می‌شود. بر اساس برآوردهای سازمان ملل، ۶۰ درصد جمعیت جهان در سال ۲۰۳۰ در شهرها زندگی خواهند کرد که باعث تغییرات گسترده در سبک زندگی، کاربری زمین، تقاضا برای انرژی خواهد شد. لذا شهرها به‌عنوان موتورهای رشد و توسعه اجتماعی، دارای پتانسیلی باورنکردنی هستند که بی‌شک باید مورد توجه قرار گیرند (Amanpour & Mavedat, 2015). در قرن بیستم با گسترش زندگی در نواحی شهری و توسعه شهرها و رشد آن‌ها در کشورهای در حال توسعه، چالش‌های بزرگی در حوزه‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی به وجود آمد. تمامی شهرها به‌ویژه کلان شهرها در این کشورها، از لحاظ بهداشت محیط و کیفیت زندگی، در شرایط نابسامانی به سر می‌برند، چرا که مراکز شهرنشینی از تراکم و حضور متمرکز مردم، ساختمان‌ها و فعالیت‌ها به وجود می‌آیند و توسعه آن‌ها در فضایی محدود صورت می‌گیرد و نیز رشد اقتصاد جهانی به همراه پیشرفت فناوری‌های جدید، توسعه چشمگیر جهانی در برنامه‌ریزی شهری و شهرسازی، متعاقباً تغییراتی بر شرایط زندگی مردم و محیط‌زیست آن‌ها به وجود آورده است (Aghabozorgi, Khakzand, & Helali, 2014). افزایش شهرهای بزرگ و تأثیرات فضایی رشد آن‌ها، باعث تغییر مناطق وسیع روستایی به مناطق شهری شده و الگوهای زندگی در بسیاری از کشورها را طی سال‌های اخیر با تغییرات زیادی فراهم کرده است. رشد شهری در ایران نیز روند شتابنده‌ای به‌صورتی که نرخ شهرنشینی در ایران و بر اساس آمار در سال‌های بعد از ۱۳۹۰ به بیش از ۷۰ درصد رسیده است (Majidi, Zabrdast, & Mojrebi Kermani, 2017).

در سال‌های اخیر موضوع رشد شهری، گسترش شهری و پراکنده‌رویی شهری و روش‌های مختلف مدیریت و مهار آن‌ها یکی از موضوعات مهم در ارتباط با ارزیابی و سنجش برنامه‌های توسعه شهری در آمده است. به عبارت دیگر رشد شهری و روش‌های کنترل خاص آن‌ها، مکانیزم و شرایطی را در سطح شهر مسبب می‌شوند که بر روی بسیاری از پارامترهای توسعه شهری تأثیر می‌گذارد (Khalili, Zabrdast, & Azizi, 2017).

در دهه‌های اخیر یکی از ارکان اساسی توسعه پایدار، دستیابی به توسعه پایدار شهری است و در این راستا مطالعات و برنامه‌ریزی‌های متعددی در جهت یافتن اصول و راهکارهای کاربردی در برنامه‌های توسعه شهری صورت گرفته است و اندیشه توسعه شهری پایدار از جنبه‌های بسیار گسترده مورد نقد و بررسی در امر توسعه در سطح ملی است. با بررسی نظرات، تعاریف و پیشنهادهایی که در این زمینه مطرح شده، هدف فرآیند توسعه شهری پایدار

این مطالعه هشت شاخص خدمات شهری تحت عنوان تعداد ایستگاه‌های آتش‌نشانی، تعداد کتابخانه‌های عمومی، تعداد پارک‌های عمومی، تعداد بیمارستان‌های عمومی، تعداد جایگاه‌های سوخت‌رسانی، تعداد دانشگاه‌ها، تعداد پایانه‌های مسافربری و تعداد دفاتر خدمات ارتباطی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که بین شهرستان کرمانشاه و سایر شهرستان‌های این استان اختلاف فاحشی از نظر برخورداری از شاخص‌های خدمات شهری وجود دارد (Amanpur, Alizadeh, & Da-manbagh, 2013).

محمودزاده و خوشروی (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای به کاربرد رگرسیون لجستیک در بررسی توسعه شهری شهر بناب پرداختند. آنان در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای برای دوره زمانی ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ استفاده کردند. پس از پیش‌بینی الگوی آتی توسعه شهری در شهر بناب و روستاهای پیرامونی با استفاده از راهبرد حفاظت از باغات و فضاهای سبز در فرآیند توسعه شهری با بلوک‌بندی نقشه احتمال توسعه شهری، دادن فضای لازم برای توسعه، استخراج کمربند سبز طبیعی و پیشنهاد اعمال ممنوعیت توسعه در اطراف کمربند سبز، حفظ ذخایر اکولوژیک شهر بناب با کاهش تخریب اراضی باغی و کشاورزی و کنترل رشد پراکنده و انفصال شهرها و روستاها عملیاتی شده است (Mahmoudzadeh & Khoshrooi, 2015).

عبداللهی (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای به اولویت‌بندی شاخص‌های توسعه پایدار شهری در شهر کرمان پرداخت. در این مطالعه که با استفاده از پرسشنامه از هفت نفر از خبرگان در مسکن و شهرسازی و شهرداری کرمان انجام شد، نتایج حاصل از رویکرد AHP نشان داد که پایداری اقتصادی با وزن ۰.۷۰۳ بیشترین تأثیر را در توسعه پایدار شهری شهر کرمان دارد و توسعه اجتماعی و زیست‌محیطی در اولویت‌های بعدی قرار دارند (Abdullahi, 2015).

ماجدی و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای به بررسی عوامل مؤثر در رشد شهری ارومیه پرداختند. در این مطالعه از رگرسیون لجستیک استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد شهر ارومیه به ترتیب نزدیکی به مناطق مسکونی و راه‌ها و مناطق با تراکم جمعیتی متوسط است (Majidi, Zabrdest, & Mojrebi, 2017).

مرادی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی الزامات توسعه شهر در شهر بروجرد پرداختند. در این مطالعه از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و با استفاده از تکنیک دلفی به بررسی موضوع پرداخته شد. نتایج این مطالعه نشان داد که با توجه به وجود زمین‌های خالی و فضاهای ناکارآمد و حضور برخی از صنایع مزاحم و وجود شرایط زیست‌محیطی و اجتماعی-اقتصادی بافت فرسوده بخش مرکزی شهر بروجرد امکان توسعه از درون را دارد و می‌توان با بهره‌گیری از فضاهای نام برده شده، تراکم ساختمانی و در نتیجه تراکم جمعیتی

نهران پیش‌بینی خواهد شد. به این‌منظور تحقیق حاضر در هفت بخش ارائه شده است که در بخش دوم و پس از ارائه مقدمه، به ارائه مطالعات پیشین در زمینه تحقیق پرداخته می‌شود؛ بخش سوم این مطالعه به ارائه مبانی نظری تحقیق اختصاص یافته و در بخش چهارم به توضیح مختصری از رهیافت سیستم دینامیک پرداخته خواهد شد. در بخش پنجم این مطالعه به ارائه مدل تحقیق پرداخته و در بخش ششم نتایج پیش‌بینی بر اساس مدل ارائه شده و مقایسه نتایج آن با مقادیر واقعی پرداخته می‌شود. در بخش هفتم و پایانی این مطالعه نیز به ارائه خلاصه و نتیجه‌گیری پرداخته خواهد شد.

۲. پیشینه پژوهش

مطالعات موجود در این زمینه را می‌توان به چند دسته کلی تقسیم‌بندی کرد؛ برخی از مطالعات به ارائه مدل‌های توسعه پایدار بر اساس رهیافت پویایی‌شناسی سیستم پرداخته، برخی دیگر از مطالعات به بررسی عوامل مؤثر بر توسعه پایدار شهری پرداخته و برخی از مطالعات دیگر نیز به پیش‌بینی شاخص‌های توسعه پایدار پرداخته‌اند. حال در این بخش با توجه به محدودیت‌های موجود در این زمینه به مرور مختصری بر مطالعات نزدیک به مطالعه حاضر پرداخته می‌شود.

نوابخش و بذرافشان (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای به بررسی توسعه پایدار شهر شیراز در طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که میزان استفاده از رسانه‌های جمعی، میزان مطالعه، میزان مهارت‌های اجتماعی، میزان حکمرانی خوب، رفتار زیست‌محیطی، تمایل به مشارکت، میزان حقوق شهروندی، میزان استفاده از اوقات فراغت و میزان مشارکت اجتماعی با توسعه پایدار شهری رابطه مستقیم و معنی‌داری داشته و توانسته است ۳۶ درصد از متغیر وابسته را توضیح دهد (Navabakhsh & Bazrafshan, 2014).

ابراهیم‌زاده و کماسی (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای به ارزیابی کیفیت خدمات شهری در شهر سنقر پرداخت. نتایج تحلیل عاملی کیفیت خدمات در حالت تخمین استاندارد نشان داد که مدل اندازه‌گیری کیفیت خدمات مناسب و کلیه اعداد و پارامترهای مدل معنادار است. همچنین، بین ادراکات و انتظارات شهروندان در تمامی ابعاد کیفیت خدمات شهرداری تفاوت معناداری وجود دارد، لذا شهرداری سنقر نتوانسته است رضایت شهروندان را در زمینه کیفیت خدمات تأمین نماید، نتیجه دیگر این‌که از دیدگاه شهروندان سنقری ابعاد پنج‌گانه کیفیت خدماتی از نظر اهمیت در یک سطح نبوده‌اند (Ebrahimzadeh & Komasi, 2014).

امانپور و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای به بررسی میزان توسعه‌یافتگی شهرستان‌های استان کرمانشاه از لحاظ برخورداری از شاخص‌های خدمات شهری پرداختند. در

سین سیسادیا^۷ و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای به ارائه یک الگوی پویایی‌شناسی سیستم برای کشور هند پرداختند. در این مطالعه مدل فوق با در نظر گرفتن بحث‌های مالی مربوط به سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی‌های نو، به پیش‌بینی مصرف انرژی برای هند پرداخت. این مطالعه سیاست‌های کاربردی برای انرژی‌های نو مانند انرژی خورشیدی در کشور هند ارائه کرد (Singh, Sisodia, Sahay, & Singh, 2016).

در این بخش به تعدادی از مطالعات پیشین نزدیک به تحقیق حاضر پرداخته شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در مطالعات پیشین، تاکنون یک الگوی پویایی‌شناسی سیستم برای شهر تهران در چارچوب یک الگوی توسعه پایدار ارائه نشده است. بنابراین می‌توان گفت مطالعه حاضر در این زمینه جز اولین مطالعات است. از طرف دیگر در این مطالعه به پیش‌بینی مالیات بر ارزش افزوده در چارچوب یک الگوی توسعه پایدار پرداخته شده که در این زمینه نیز یافته‌های مقاله دارای نوآوری می‌باشد.

۳. مبانی نظری تحقیق

اندیشه توسعه شهری پایدار از جنبه‌های بسیار گسترده مطالعات در امور توسعه است. ارائه یک تعریف مشخص در این رابطه زیاد ساده نیست، اما سعی می‌شود معنی توسعه شهری پایدار از بین مفاهیم، اصول و تاریخچه مطالعات کاربردی تشریح شود. اندیشه توسعه شهری پایدار تنها در ارتباط با تحولات تاریخی مطرح نمی‌شود، بلکه در این رابطه توسعه خردمندان علوم مختلف و دانش اجتماعی نیز مطرح است. توجه به تحولات باعث می‌شود حجم و کیفیت دانش موجود درباره محیط‌زیست شهری افزایش یابد؛ از جمله علم شناسایی و رفع آلودگی هوا، گازهای گلخانه‌ای، تغییرات جهانی آب و هوا و موارد دیگری از این قبیل در این رابطه مطرح می‌شوند. پیشرفت در زمینه علوم اجتماعی نیز با کمک دستورکارهای پژوهشی مختلف درباره توسعه پایدار صورت می‌گیرند.

۳-۱- تعریف توسعه پایدار و توسعه پایدار شهری

توسعه پایدار یک مفهوم قابل بحث با دامنه گسترده‌ای از معانی بوده به‌صورتی که تعاریف متعددی از این مفهوم ارائه شده است. در گزارش کمیسیون برانتلند^۸ توسعه پایدار به‌صورت زیر تعریف شده است:

«توسعه پایدار نوعی از توسعه است که نیازهای نسل امروز را بدون به خطر انداختن فرصت‌های آن برای تأمین نیازهای نسل‌های آینده ارضاء کند. مفهوم توسعه پایدار مرزهای مشخصی - نه مطلقاً محدودی - دارد ولی استفاده از منابع موجود تکنولوژیکی و محیط سازمان اجتماعی و ظرفیت جذب اثرات فعالیت‌های انسانی را محدود می‌کند». بر اساس تعریف فوق، توسعه پایدار دارای سه اصل حمایت محیطی، توسعه اقتصادی و توسعه اجتماعی است (Kiani,

را در محله‌ها دارای پتانسیل توسعه از درون تعدیل نمود (Moradi, Parizadi, & Moradi, 2018).

کارولین^۱ و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی اثر رشد اقتصادی بر توسعه شهری شهر کامپالا در اوگاندا پرداختند. در این مطالعه با توجه به نرخ رشد سالانه ۵.۶ درصد در شهر یاد شده که باعث مشکلات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی عمده‌ای برای ساکنان شهر شده، با استفاده از تصاویر لندست طی سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۵، ۲۰۰۳ و ۲۰۱۰ نقشه توسعه شهری منطقه مورد مطالعه را استخراج نمودند و با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک و تأثیر بالاتر لایه‌های جاده‌ها، دسترسی به مرکز شهر و فاصله از مناطق ساخته‌شده با ایجاد سناریوهای آینده توسعه شهری در قالب سه سناریو به‌پیش‌بینی الگوهای رشد شهری تا سال ۲۰۳۰ پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که رشد اقتصادی این شهر توانسته شاخص‌های توسعه شهری را تحت تأثیر قرار دهد (Vermeiren, Van Rom- & paey, Loopmans, Serwajja, & Mukwaya, 2012).

ژان^۲ و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای به‌منظور پیش‌بینی شاخص‌های توسعه پایدار، الگویی برای تیانجین^۳ طراحی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که می‌توان یک تعادل بین سه زیرسیستم برقرار کرد اگر فقط از سیاست‌های برنامه‌ای استفاده شود (Zhan, Zhan, Ma, & Chen, 2012).

لیو^۴ و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از روش سیستم دینامیک، به پیش‌بینی رشد اقتصادی و آثار زیست‌محیطی در شهر پکن پرداختند. در این مطالعه آن‌ها اجزای اصلی و مهم الگو مانند دارایی‌های شهر، زمین، سرمایه‌ها، جمعیت، منابع آبی، اقتصاد و محیط‌زیست مورد توجه قرار دادند. در این مطالعه روابط پویای بین زیر بخش‌ها بررسی شده و جهت سیاست‌گذاری، پیش‌نویس‌های مختلفی پیشنهاد شده است (Liu & Chen, 2012).

وفارانی و همکاران^۵ (۲۰۱۴) الگویی برای شبیه‌سازی مصرف انرژی و آلودگی محیط‌زیست برای شهر تهران طراحی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که به‌منظور کنترل و کاهش آلودگی هوا، افزایش فناوری در سوخت و صنایع و توسعه زیرساخت‌های بخش حمل‌ونقل شهری مؤثرتر خواهد بود (Vafa-Arani, Dashti, Heydari, & Moazen, 2014).

ژو و زمروسکی^۶ (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای با ارائه یک مدل پویایی‌شناسی سیستم به پیش‌بینی مصرف انرژی در صنایع غذایی آمریکا پرداخت. آنان در این مطالعه به بررسی آثار سیاست‌های مختلف بر مصرف انرژی در این صنعت در میان‌مدت و بلندمدت پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که نرخ رشد جمعیت، تولید ناخالص داخلی، سهم بخش کشاورزی، اسراف در مواد غذایی، فناوری و همچنین سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی از جمله عوامل مؤثر بر مصرف انرژی هستند (Xu & Szmer- & ekovsky, 2017).

پایدار است (Moldan & Bilarz, 2002; Navabakhsh & Bazrafshan, 2014). اندیشه توسعه شهری پایدار از جنبه‌های بسیار گسترده مطالعات در امور توسعه است. ارائه یک تعریف مشخص در این رابطه زیاد ساده نیست، اما سعی می‌شود معنی توسعه شهری پایدار از بین مفاهیم، اصول و تاریخچه مطالعات کاربردی تشریح شود. اندیشه توسعه شهری پایدار تنها در ارتباط با تحولات تاریخی مطرح نمی‌شود، بلکه در این رابطه توسعه خردمندان علوم مختلف و دانش اجتماعی نیز مطرح است. توسعه پایدار شهری به معنی بهره‌وری در استفاده از زمین و تشویق به استفاده مجدد از ساختمان‌هاست. با توجه به این‌که امروزه با مسائلی همچون گرم شدن هوا، مصرف بی‌رویه انرژی و استفاده بی‌قیدوبند از منابع تجدید ناپذیر روبرو هستیم و شهرها جزو عوامل اصلی بروز این ناهنجاری‌ها در انسان و طبیعت می‌باشند، باید سیاست‌گذاری‌های اصولی و فرامنطقه‌ای را در به‌کارگیری و مصرف در پیش بگیریم. در واقع شهرهایی در قرن‌های آتی قابل‌زیست خواهند بود که پایداری خود را مدیون فروتنی، عطوفت و قبول مفهوم قناعت هستند (Bahraïni, 1999). مفهوم توسعه پایدار به تغییرات شهری و به فرم کالبدی شهری نیز توجه دارد و نکاتی مانند برنامه‌ریزی آموزشی، بهداشتی و رفاه اجتماعی را نیز در بر گرفته است (Mojtahed-Zadeh & Mujta-hidz-dah, 1999).

۳-۲- شاخص‌های توسعه پایدار شهری

به‌صورت کلی و با توجه به تعاریف ارائه شده در زمینه توسعه پایدار و توسعه پایدار شهری، می‌توان شاخص‌های زیر را به‌عنوان شاخص‌های توسعه پایدار شهری لحاظ کرد:

۱. شاخص‌های اقتصادی
 ۲. تجارت
 ۳. زیرساخت‌های اقتصادی
 ۴. شاخص‌های سیاسی و اجتماعی
 ۵. سطح آموزش و سواد
 ۶. جمعیت
 ۷. سرمایه اجتماعی
 ۸. پایداری ارزش‌ها
 ۹. امنیت
 ۱۰. مشارکت‌های مردمی
 ۱۱. آزادی‌های فردی و اجتماعی
 ۱۲. شاخص‌های زیست‌محیطی
- حال در این بخش و بر اساس مدل ارائه شده در تحقیق، به توضیح تعدادی از شاخص‌های ارائه شده پرداخته می‌شود.

۳-۲-۱- شاخص‌های اقتصادی

شاخص‌های اقتصادی سه دامنه شاخص‌های مالی همچون GNP و موازنه پرداخت‌ها. دوم، شاخص‌های حیاتی برای زیست و منابع طبیعی و سوم شاخص‌های انسانی در زمینه

(2004). از نظر لمن و کاکس^۹ توسعه پایدار فرآیند اصلاح و بهبود اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی است که مبتنی بر فناوری و همراه با عدالت اجتماعی باشد به طریقی که اکوسیستم را آلوده و منابع طبیعی را تخریب نکند. توسعه پایدار به معنی افزایش منابع انسان، توانمندسازی جوامع به سمت افزایش توانمندی‌های اقتصادی، اجتماعی، فناوری و فرهنگی است. همچنین آنان معتقدند که توسعه پایدار نمی‌تواند بدون تفکر دقیق و در نظر داشتن امکان‌های انسانی اتفاق افتد؛ بنابراین توسعه پایدار یک اتفاق یا رویداد نیست که یک‌باره اتفاق بیافتد؛ بلکه یک فرآیند پویا و هدفمند است که در طول زمان و با برنامه‌ریزی تحقق می‌یابد و هدف آن ارتقاء سطح حیات انسان است و نیاز به هوشمندی، تجربه، شناخت و خلاقیت دارد (Navabakhsh & Bazrafshan, 2014). استرانگ^{۱۰} (۱۹۹۶) احترام به انسان، طبیعت و محیط‌زیست را اصل قرار داد و از مفهوم جدید توسعه پایدار به‌عنوان توسعه متناسب با شأن و طبیعت نام برد. به عقیده وی توسعه پایدار نه‌تنها شامل اقتصاد و مناسبت‌های اجتماعی می‌شد، بلکه مسئله جمعیت، شیوه استفاده از منابع طبیعی و به‌ویژه تأثیرات این عوامل بر محیط‌زیست را نیز دربرمی‌گیرد (Strange, 1996; Navabakhsh & Ba-zrafshan, 2014). چوگول^{۱۱} توسعه پایدار را به حداقل رساندن مصرف منابع تجدیدنپذیر می‌داند. از نظر دولین و یاپ توسعه پایدار تغییرات اساسی در شیوه تفکر، زندگی، تولید، مصرف و نیز شیوه‌ای که انسان‌ها به یکدیگر می‌نگرند، است (Navabakhsh & Bazrafshan, 2014). در سال ۱۹۹۰ آدامز در کتب محیط‌زیست و پایداری در جهان سوم به این نکته اشاره کرد که مفهوم توسعه پایدار نمی‌تواند در یک خلأ تاریخی به‌خوبی درک شود. برای شناخت چالش‌ها و ظرایف و ظرفیت‌های آن پیشاپیش لازم است دگرگونی‌هایی که در اندیشه و عمل پیرامون سرفصل توسعه به وقوع پیوسته است و نیز تجاربی که به شکل‌گیری این مفهوم جدید منجر شد مورد توجه قرار گیرد به این ترتیب برای درک زوایا و قابلیت‌های بالقوه و بالفعل نهفته در مفهوم توسعه پایدار لاجرم باید جریان مستمر نقدها، مسیر پیموده شده، شکست‌ها و موفقیت‌ها و همچنین بیم‌ها و امیدهای بشری در کنار هم مورد ارزیابی قرار گیرند. رابرت فوگل برنده جایزه نوبل ۱۹۹۳ به رابطه بین بهداشت و فقر و متوسط افراد جامعه و خط‌مشی‌های مربوط به توسعه پایدار پرداخت. فوگل چنین بیان می‌کند که در کشورهای توسعه‌یافته امکانات پزشکی بسیار وسعت یافته است و خط‌مشی‌های بهداشتی و خانه‌سازی ارتقاء چشمگیری پیدا کرده که این خود باعث قابلیت بیشتر نیروی انسانی برای کار می‌شود و در نتیجه رشد اقتصادی و توسعه اجتماعی تحقق می‌یابد درحالی‌که در کشورهای درحال‌توسعه مشکلاتی از قبیل عقب‌ماندگی رشد، فقر غذایی و مالی از عمده‌ترین عوامل بازدارنده توسعه

انسانی اقتصاد را در برمی‌گیرد؛ در واقع هر عنصر اقتصادی کم‌وبیش شامل این سه دامنه است.

۳-۲-۲- زیرساخت‌های اقتصادی

منظور از زیرساخت‌های اقتصادی، تأسیسات و تجهیزاتی است که شهر را با بقیه نقاط جهان در ارتباط قرار می‌دهد، مانند: سیستم‌های حمل‌ونقل (ریلی، هوایی، جاده‌ای، دریایی) و ارتباطات. این زیرساخت‌ها باید توسعه یابند تا مانعی برای مشارکت شهر در اقتصاد جانی ایجاد نشود. ارتباطات راه دور، زیرساخت اساسی برای قرن بیست و یکم است. همان‌گونه که بزرگراه‌ها در قرن بیستم زیرساخت اساسی و مرکزی بودند. با وجود این که ارتباطات راه دور هسته مرکزی زندگی شهری جدید را تشکیل می‌دهند، در بررسی پایداری شهری به ارتباط میان پایداری و ارتباطات راه دور توجه چندانی نشده است. ارتباطات می‌تواند پایداری را به خاطر اثرات غیرمستقیم و پیچیده‌ای که تغییرات در سیستم‌های ارتباطی بر تحرک، کاربردی زمین، تصمیمات محلی و مصرف انرژی دارد، متأثر نماید. ارتباطات راه دور به‌درستی سلسله عصب مرکزی سیستم شهرهای جدید است. بدون این سیستم‌های ارتباطی اشخاص و بنگاه‌های تجاری نمی‌توانند کار کنند (Moss & Townsend, 2006).

۳-۲-۳- شاخص‌های سیاسی و اجتماعی

شاخص‌های اجتماعی تأکید ویژه‌ای بر آموزش و سوادآموزی، کار و عدم اشتغال، مصرف، توزیع درآمد، ثروت و بهداشت دارند. این گروه شاخص‌های مطلوب و ممکن که قابل دسترس هستند، عبارت‌اند از:

- نرخ بی‌سوادی مردان و زنان؛
- نرخ بیکاری؛
- درصد جمعیت برخوردار از آب آشامیدنی سالم؛
- تعداد تلفن به ازای هر نفر؛
- نرخ مرگ‌ومیر کودکان و
- سطح آموزش و سواد.

انسان‌ها نیاز به تحصیلات و آموزش و پرورش دارند تا بتوانند به یک فرد مفید در جامعه تبدیل شوند. چنانچه جامعه‌ای بخواهد از حالت یک اجتماع محلی فراتر برود و مشارکت دموکراتیک در جامعه پدید آید، آموزش در این فرآیند امری حیاتی است. تغییر و تحرک اجتماعی با توانایی سیستم آموزشی برای تجهیز کردن جمعیت به مهارت‌های زندگی و همچنین اشتغال مرتبط است. در زمانی که اقتصاد شهرهای بیش از پیش جهانی می‌شود و بخش خدمات متنوع‌تر می‌شود، شغل‌ها تخصصی‌تر می‌شوند و در نتیجه نیاز به افزایش آگاهی‌ها برای ارتباط با جهان نوین به‌سرعت توسعه پیدا می‌کند. آموزش از طریق شکل‌دهی مشارکت بین سازمان‌های گوناگون خصوصی و عمومی، ساختار لازم را برای پیشرفت فراهم می‌نماید. شاخص‌های مربوط به آموزش باید شامل آموزش رسمی

و غیررسمی شود. شاخص‌های مورد تأکید در این ارتباط عبارت‌اند از: امید به مدرسه (تعداد سال‌های تمام‌وقت یا نیمه‌وقتی که بچه‌های پنج‌ساله در طول زندگی‌شان می‌توانند انتظار داشته باشند که در آموزش‌های رسمی و غیررسمی صرف کنند)، کیفیت آموزش (تعداد افراد با درجه تحصیلی بالا)، آموزش در حین کار (ساعات آموزشی که به‌وسیله کارفرمایان برای کارگران و کارمندان به‌طور مداوم فراهم می‌شود).

۳-۲-۴- جمعیت

بر اساس پیش‌بینی‌های سازمان ملل تا سال ۲۰۳۰ حدود شصت درصد از جمعیت جهان در شهرها زندگی خواهند کرد و با روند رشد شهرنشینی به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه، به نظر می‌رسد در آینده ما با یک جهان شهرنشین روبرو خواهیم بود. شهرها برای حدود نیمی از جمعیت جهان حکم سرپناه و خانه را دارند. در ایالات متحده آمریکا و دیگر کشورهای صنعتی شهرها بیش از هشتاد درصد جمعیت را در بر می‌گیرند. در کشورهای درحال توسعه، شهرنشینی با روندی رو به رشد و توأم با ایجاد تجمعات بزرگ شهری مانند مادر شهرها در حال روی دادن است. قسمت اعظم دو میلیارد جمعیتی که به جمعیت جهان اضافه خواهد شد، انتظار می‌رود که عمدتاً در مناطق شهری کشورهای درحال توسعه روی دهد. سطح شهرنشینی جهان در حال حاضر و تعدد و اندازه بزرگ‌ترین شهرها، پدیده‌ای بی‌سابقه در جهان است. رشد جمعیتی شهرها در بیشتر مناطق و به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه بدون توجه به ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و پتانسیل‌های طبیعی و محدودیت‌های آن‌ها شکل گرفته است. نبود برنامه‌ریزی فضایی و آمایشی مناسب، عدم تعادل‌ها در سطوح منطقه‌ای، ملی و حتی بین‌المللی، زمینه را برای جذب بیشتر مهاجران در شهرها و به‌خصوص شهرهای بزرگ فراهم کرده است، بدون این که زیرساخت‌ها و تسهیلات لازم برای پذیرایی از این جمعیت عظیم را تدارک دیده باشد. اصلی‌ترین عامل در بحث از پایداری شهری، جمعیت و اثرات اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و در نهایت مدیریتی آن روی شهرها و حتی زیست‌کرده است. پس به جاست در بحث از پایداری شهری و شاخص‌شناسی آن به جمعیت نیز به‌عنوان مهم‌ترین عامل توجه نمود. بررسی تعداد جمعیت، نرخ رشد آن، میزان مهاجرت و اثرات آن در ساختار جمعیتی شهر و غیره می‌تواند در رسیدن به پایداری شهری مؤثر واقع شود (Gharkhloo & Hosseini, 2006).

۳-۲-۵- شاخص‌های زیست‌محیطی

نظریه توسعه پایدار شهری موضوع‌های جلوگیری از آلودگی‌های محیط‌زیست شهری و ناحیه‌ای، کاهش ظرفیت‌های تولید محیط محلی، ناحیه‌ای و ملی حمایت

باشد (Jackson, 2003; Sterman, 2000). نیز با استفاده از روش پویایی‌شناسی سیستم، رفتار تولید ناخالص داخلی کشور آمریکا و اثرات آن بر سایر بخش‌ها مخصوصاً بخش صنعت را در طول سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ مدل‌سازی کرد و به این نتیجه رسید که الگوی رشد حاکم بر تولید ناخالص داخلی این کشور به صورت نمایی بوده است. بر این اساس بخش صنعت نیز به صورت نمایی با یک تأخیر زمانی، رشد خواهد کرد. جکسون^{۱۶} (۲۰۰۳) معتقد است برای کاربرد روش‌شناسی پویای سیستم نقش پنج عامل مهم است. این عوامل عبارت‌اند از: تعریف مرز و محدوده سیستم، گسترش الگوهای ذهنی، شناسایی حلقه‌های بازخور، تعریف متغیرهای سطح و نرخ و تعیین نقاط اهرمی (Jackson, 2003).

با توجه به قابلیت‌های روش پویایی‌شناسی سیستم بر شبیه‌سازی و تحلیل رفتار سیستم‌های پیچیده، این الگو طی چند دهه گذشته در حوزه‌های مختلف مخصوصاً سیستم‌های اقتصادی، اجتماعی کاربردهای زیادی داشته است. افزون بر موارد فوق افراد دیگری از جمله هوبرت و همکاران^{۱۷} (۲۰۰۲) ساریدی و کاوالاری^{۱۸} (۲۰۰۴) و آبلانج و پرات^{۱۹} (۲۰۰۵)، سنگه^{۲۰} (۲۰۰۶)، مانی و کاوانا^{۲۱} (۲۰۰۸) در این حوزه پیش رو بودند که این موضوع را در زمینه‌های مختلف به کار گرفتند. به طوری که از زمان معرفی این روش تا به حال بیش از صدها کتاب و مجله در این زمینه منتشر و نرم‌افزارهای متعددی در این حوزه عرضه شده است. درامداد این پیشرفت‌ها در سال ۱۹۸۰ انجمن پویایی‌شناسی سیستم^{۲۱} در دانشگاه MIT آمریکا تشکیل شد و این انجمن از سال ۱۹۸۲ تا به حال هر ساله کنفرانسی در زمینه کاربردهای این روش در کشورهای مختلف برگزار می‌کند (System Dynamics Association Website, 2013).

با توجه به قابلیت‌های متعدد پویایی‌شناسی سیستم، امروزه کاربرد این روش منحصر به بخش خاصی نیست و حوزه‌های مختلفی از این الگو در سطح کلان و خرد برای مدل‌سازی رفتار سیستم‌ها استفاده می‌کنند. در این مطالعه صرفاً به فعالیت‌های شاخص انجام شده بر حسب هر حوزه اشاره می‌شود. در حوزه کسب‌وکار، مطالعات استرمن (۲۰۰۰)، در حوزه مدیریت و ساختارهای سازمانی، فعالیت‌های جکسون (۲۰۰۳) در حوزه تئوری‌های اجتماعی و مدیریت، والکر و همکاران^{۲۲} (۲۰۰۹)، در حوزه تصمیم‌گیری، مانی و ماهاراجا^{۲۳} (۲۰۰۴)، در حوزه مدیریت منابع انسانی، کواترو والدمن^{۲۴} (۲۰۰۷) در زمینه یادگیری سازمانی، گالانکیس^{۲۵} (۲۰۰۶) در بخش سلامت، مطالعات نوول^{۲۶} (۲۰۰۳) و لی^{۲۷} (۲۰۰۹)، در حوزه کشاورزی و منابع طبیعی، ویلسون^{۲۸} (۲۰۰۴) و آلیسون^{۲۹} (۲۰۰۶)، در زمینه محیط‌زیست، لی^{۳۰} و همکاران (۲۰۱۲) در هواشناسی، الیاس^{۳۱} (۲۰۰۸) در زمینه آموزش، کیگان و انگوین^{۳۲} (۲۰۱۱) و هانگ^{۳۳} (۲۰۰۸) در حوزه امنیت غذا و سیاست‌های جمعیتی و

از بازیافت‌ها، عدم حمایت از توسعه زیان‌آور و از بین بردن شکاف میان فقیر و غنی را مطرح می‌کند. همچنین راه رسیدن به این اهداف را با برنامه‌ریزی اهمیت بسیاری می‌دهد و معتقد است دولت‌ها باید از محیط‌زیست شهری حمایت همه‌جانبه‌ای کنند. این نظریه پایداری شکل شهر، الگوی پایداری سکونت‌گاه‌ها، الگوی مؤثر حمل‌ونقل در زمینه مصرف سوخت و نیز شهر را در سلسله‌مراتب ناحیه شهری بررسی می‌کند؛ زیرا ایجاد شهر را فقط برای لذت شهرنشینان می‌داند (Scout, 2005). با توجه به موضوع که شهرها اصلی‌ترین آلودگی‌کننده‌های کیفیت هوای محیط‌زیست در مقیاس محلی، ملی و بین‌المللی هستند، شناخت و عوامل آلوده‌ساز و تشدیدکننده آن‌ها در محیط‌های شهری و تلاش در جهت کاهش آن‌ها در ضرورت‌های دستیابی به پایداری شهری است. مجموعه شاخص‌های زیست‌محیطی عبارت‌اند از:

- انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوخت‌های فسیلی بر حسب میلیون تن در یک سال؛
- میانگین درصد نرخ افزایش سالانه جمعیت؛
- تعداد راکتورهای هسته‌ای فعال و
- مصرف انرژی به ازای یک میلیون دلار GDP.

۴. مدل‌سازی بر اساس روش سیستم دینامیک

پویایی‌شناسی سیستم به عنوان یکی از مهم‌ترین روش‌های تفکر سیستمی اولین بار توسط فارستر^۲ (۱۹۶۱) جهت شناسایی و تبیین رفتار غیرخطی سیستم‌های پیچیده و چگونگی تعامل آن‌ها با یکدیگر مطرح شد. وی معتقد بود که روش‌های کمی قادر به حل مشکلات واقعی نمی‌باشند. چون بعضی از مسائل قابل کمی شدن نیستند و روابط بین آن‌ها خطی نیست؛ اما این روش با تمرکز بر فرآیند بازخور و تعیین روابط علی و معلولی قادر به شناخت و تبیین روابط بین سیستم‌های مختلف است. وی اوایل دهه ۷۰ با استفاده از این الگو ارتباط بخش‌های مختلف حاکم بر دنیا را در قالب مدل‌سازی "world1" مطرح کرد. جنبه‌های پیشرفته این الگو تحت عنوان world2 و world3 در سطحی وسیع‌تر به منظور بررسی چالش‌های پیش روی جامعه بشری ایجاد و آزمون شد. این مدل شامل حوزه‌های مختلفی است و بخشی از آن که به مدل توسعه ملی صنعت^{۱۳} معروف شد، به بررسی وضعیت بخش صنعت با سایر بخش‌ها می‌پردازد (Meadows, Meadows, Rand- & Behrens, 1972). به تبعیت از مطالعات فاستر الگوی محدودیت‌های رشد^{۱۴} را با استفاده از پویایی‌شناسی سیستم طراحی کرد، سنگه^{۱۵} (۱۹۹۰) نیز نقش مهمی در توسعه این روش داشت. وی معتقد است، مدل‌های ذهنی زیربنای تفکر پویایی‌شناسی سیستم است و این یادگیری از طریق حلقه‌های بازخور تقویت می‌شود. از نظر وی الگوی پویایی‌شناسی سیستم شرایطی را فراهم می‌کند که به واسطه آن سازمان باید به طور مداوم در حال یادگیری

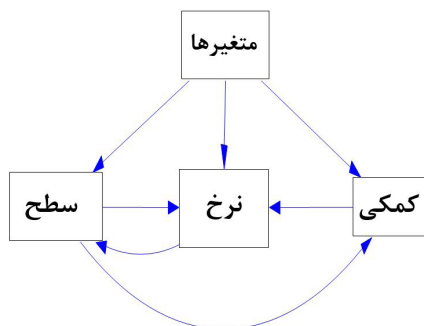
مکانیکی بسیار کمتر است. اهمیت مدل‌سازی در درک رفتار مدل و تعاملات اجزاء با یکدیگر بسیار مهم و اساسی است؛ بنابراین نسبت به افزایش درک واقعی از عملکرد سیستم اقدام کرد (Ibid, 2000).

به‌طور کلی متغیرهای مؤثر در مدل‌سازی پویایی‌شناسی سیستم عبارت‌اند از: متغیرهای سطح^{۳۵}، نرخ^{۳۶} و کمکی^{۳۷}، تفکیک این متغیرها در مدل‌سازی بسیار مهم است. به‌طوری‌که بر نتایج مدل و سیاست‌گذاری‌های آن تأثیر جدی دارد. در شکل ۱ ارتباط این متغیرها با یکدیگر نشان داده شد است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تأثیر متغیر نرخ بر سطح بر اساس جریان فیزیکی است؛ اما سایر ارتباطات بین این متغیرها بر اساس جریان فیزیکی است؛ اما سایر ارتباطات بین این متغیرها بر اساس جریان اطلاعات تعریف شده است.

در حوزه مدیریت سازمان‌های پیچیده و مطالعات بوش و نوین^{۳۴} (۲۰۱۳) از جمله فعالیت‌هایی است که نقش آن‌ها نسبت به دیگران برجسته‌تر است.

در پویایی‌شناسی سیستم برخلاف روش‌های عقلایی، مدل‌سازی عملیاتی تکراری توأم با توالی منظم نیست، بلکه فرآیندی مبتنی بر بازخور با هدف افزایش درک بیشتر از سیستم است. چون در واقع بر اساس بازخوری که از مدل دریافت می‌شود، درک و فهم از مسئله اولیه افزایش یافته و منجر به تکامل مدل می‌شود. مدل‌های شبیه‌سازی اطلاعات مورد نیاز خود را از مدل‌های ذهنی و جهان واقعی به دست می‌آورند و بر اساس تجربیات و آزمون‌هایی که در مدل وجود دارد، برای تغییر مدل‌های ذهنی بازخور می‌دهند که منجر به ساختارهای نو و قوانین تصمیم‌گیری جدید می‌شود. با توجه به این‌که امکان تجربه و آزمون در سیستم‌های اقتصادی، اجتماعی نسبت به سیستم‌های

شکل ۱: ارتباط متغیرهای مورد استفاده در تحلیل پویایی‌شناسی سیستم



(Sushil, 2007)

و یا موجودی حساب بانکی، متغیرهای نرخ تعیین‌کننده مقدار متغیرهای حالت با کمیت زمانی می‌باشند. به عبارتی برای تشخیص متغیرهای نرخ از حالت کافی است عامل زمان را قطع کنیم اگر تغییرات متغیر مربوطه متوقف شد، این متغیر به‌عنوان متغیر نرخ محسوب می‌شود، در غیر این صورت به‌عنوان متغیر سطح خواهد بود (Ibid, p.23). متغیرهای کمکی نشان دهنده ضرایبی هستند که رابطه بین متغیرهای دیگر را معین می‌کنند. متغیرهای کمکی معمولاً شامل متغیرهای ثابت و برون‌زا هستند. مقادیر ثابت متغیرهای حالتی هستند که میزان تغییر آن‌ها در طول افق زمانی مدل به‌قدری کند است که ثابت فرض می‌شوند. متغیرهای برون‌زا متغیرهای حالتی هستند که بر روی سیستم تأثیر می‌گذارند اما سیستم بازخوری به آن‌ها نمی‌دهند، از این‌رو در بیرون از مرز مدل قرار دارند (Ibid, p. 24).

یکی از الگوهای مرسوم در داده‌های سری زمانی الگوی خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی^{۳۸} استفاده می‌شود. استفاده از این الگو دارای چند مزیت است. اول این‌که لازم نیست همه متغیرها از یک درجه تجمعی یکسان برخوردار باشند. همچنین در این الگو علاوه بر برآورد ضرایب مربوط به الگوی بلندمدت، الگوی تصحیح خطا را نیز به منظور

متغیرهای سطح یا حالت نشان دهنده انباشتگی در سیستم بوده که وضعیت آن را در هر لحظه مشخص می‌کنند. این متغیرها در واقع برای سیستم ایجاد حافظه می‌کنند و از طریق انباشته کردن مواد و یا اطلاعات باعث ایجاد تأخیر می‌شوند. ضمن اینکه متغیرهای سطح با قطع ارتباط بین متغیرهای نرخ (ورودی یا خروجی)، منبع ایجاد ثبات و عدم تعادل در سیستم‌های پویا می‌شوند (Serman, 2000). موجودی انبار یک کارخانه، مانده حساب‌های ترازنامه، تعداد کارمندان یک شرکت و یا موجودی حساب بانکی نمونه‌های از متغیرهای سطح است.

متغیرهای نرخ، جریان‌هایی هستند که به متغیر سطح وارد و یا از آن خارج می‌شوند. این متغیرها در طول زمان بر متغیرهای سطح تأثیر می‌گذارند. به‌عبارتی دیگر تنها راه تغییر یک متغیر سطح از طریق جریان‌های ورودی و خروجی مربوط آن است. به‌عنوان مثال در یک سیستم کنترل موجودی، موجودی انبار به‌عنوان متغیر سطح محسوب می‌شود که به‌وسیله نرخ خروج یا ورود کالا از انبار تغییر می‌کند و با نرخ اخراج و استخدام، سطح موجودی کارکنان را تغییر می‌دهد. در فرآیند مدل‌سازی تشخیص بین متغیرهای نرخ و سطح معمولاً دشوار است. متغیرهای سطح یک کمیت هستند؛ مانند موجودی انبار

الگوی زیر برآورد می‌شود.

$$Q(L, P)y_t = \sum_{i=1}^k \beta_i(L, q_i)x_{i,t} + \delta W_t + u_t$$

که در این رابطه داریم:

$$Q(L, P) = 1 - \alpha_1 L - \alpha_2 L^2 - \dots - \alpha_p L^p$$

$$\beta_i(L, q_i) = 1 - \beta_{i1} L - \beta_{i2} L^2 - \dots - \beta_{iq} L^q$$

در این روابط L عملگر وقفه، W برداری از متغیرهای غیرتصادفی مانند عرض از مبدأ، متغیر روند، متغیر مجازی و متغیرهای برونزا است (Eslamlouryan & Zare, 2006).

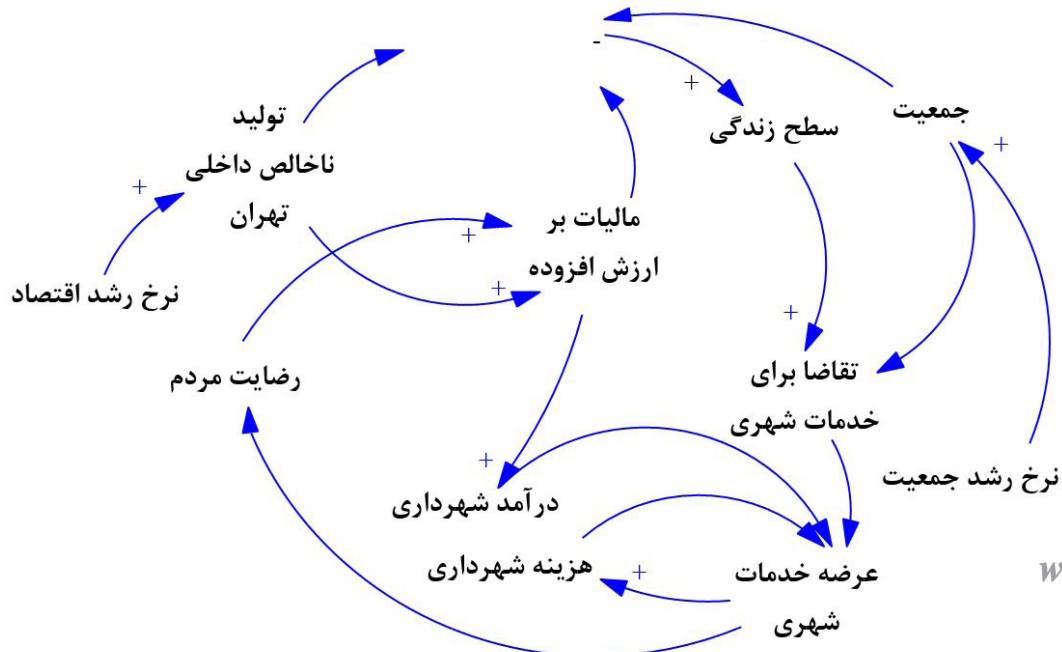
۵. ارائه مدل

در بخش مبانی نظری تحقیق به ارائه شاخص‌های توسعه پایدار شهری پرداخته شد، حال در این قسمت ما به دنبال آن هستیم تا به ارائه یک مدل بر اساس مدل‌سازی سیستم دینامیکی و با توجه به شاخص‌های توسعه پایدار بپردازیم. بر این اساس مدل موردنظر در تحقیق حاضر از دو زیر بخش کلب اقتصاد- اجتماع و زیربخش آلودگی محیط‌زیست تشکیل شده است که در ادامه به توضیح هر یک از این زیربخش‌ها و چگونگی مدل‌سازی متغیرهای آن پرداخته می‌شود.

۵-۱- زیربخش اقتصاد- اجتماع

با توجه به اثرگذاری جمعیت و نرخ رشد جمعیت و همچنین تولید ناخالص داخلی سرانه بر تقاضای خدمات شهری، مدل علی حلقوی زیر بخش اقتصاد و اجتماع به صورت قابل تصور است؛ که در نمودار فوق، متغیرهای جمعیت، نرخ رشد اقتصادی، رضایت مردم، مالیات بر ارزش افزوده و تقاضا برای خدمات شهری متغیرهای اصلی مدل را شکل می‌دهد. همان‌طور که در ۰ نیز مشخص است، تولید ناخالص داخلی و رضایت‌مندی مردم می‌تواند اثر معنی‌داری بر پرداخت مالیات بر ارزش افزوده توسط جمعیت ساکن در تهران داشته باشد.

شکل ۲: نمودار علی حلقوی زیر بخش اقتصاد- اجتماع



بررسی چگونگی تعدیل عدم تعادل در کوتاه‌مدت به تعادل در بلندمدت ارائه می‌کند. پسران و شین^{۳۹} (۱۹۹۹) نشان دادند که تخمین‌ها با استفاده از این روش برای حجم نمونه‌های کوچک (هنگامی که وقفه‌ها خوب تصریح شوند) دارای تورش کمتر و کارایی بیشتر است. همچنین این رویکرد، امکان بررسی مساله هم‌تجمعی را هنگامی که داده‌های سری زمانی ایستا نیستند را فراهم می‌کند (Piraei & Shahsavar, 2009). فرم کلی یک الگوی خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی به صورت زیر است:

$$y_t = \beta_0 + \sum_{h=1}^{p-1} \eta_h y_{t-h} + \sum_{h=0}^{q-1} \lambda_h x_{t-h} + u_t$$

که در این رابطه y_t متغیر وابسته بوده و x_t بردار متغیر وابسته و u_t نوفه سفید^{۴۰} است. بر اساس رویکرد پسران و شین، الگوی تصحیح خطا^{۴۱} برای مدل فوق را می‌توان به صورت زیر به دست آورد:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{p-1} \phi_j^* \Delta y_{t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} \beta_j^* \Delta x_{t-j} + \omega_0 y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \omega_i x_{i,t-1} + \varepsilon_t$$

که در این رابطه k تعداد رگرورها یا تعداد عناصر بردار x_t است. در الگوی فوق $x_{i,t}$ ها متغیرهای برونزا هستند. چنانچه ضرایب $x_{i,t-1}$ و $x_{i,t-2}$ معنی‌دار باشند، هم‌تجمعی یا وجود رابطه تعادلی بلند مدت بین متغیرهای الگو پذیرفته می‌شود. لذا فرضیه آزمون هم‌تجمعی را می‌توان بصورت زیر بیان کرد:

$$H_0: w_i = 0 \quad i = 0, 1, \dots, k$$

برای تخمین الگوی ARDL ابتدا با استفاده از یکی از آزمون‌های تعیین وقفه (مانند معیار شوارتز- بیژین^{۴۲} (SBC)، آکائیک^{۴۳} (AIC) یا حنان کوئین^{۴۴} (HQC)) تعداد وقفه‌های بهینه به دست آورده می‌شود و سپس ضرایب

شهرداری تهران از هشت منبع درآمد ناشی از عوارض عمومی با شماره طبقه‌بندی ۱۱۰۰۰۰، درآمد ناشی از عوارض اختصاصی با شماره ۱۲۰۰۰۰، بهای خدمات و مؤسسات انتفاعی شهرداری با کد ۱۳۰۰۰۰، درآمد حاصل از وجوه و اموال شهرداری با کد ۱۴۰۰۰۰، اعانات، هدایا و دارایی‌ها با کد ۱۶۰۰۰۰، عوارض و درآمدهای وصولی در حریم استحفاظی شهر با کد ۱۷۰۰۰۰، منابع حاصل از واگذاری دارایی‌های سرمایه‌ای با کد ۲۰۰۰۰۰، منابع حاصل از واگذاری دارایی‌های مالی با کد ۳۰۰۰۰۰ و مالیات بر ارزش افزوده به دست می‌آید. مالیات بر ارزش افزوده جز منابع درآمدی با کدهای قید شده بوده است اما به دلیل این که در این مطالعه هسته اصلی بر مالیات بر ارزش افزوده تمرکز دارد، این قسمت از منابع درآمدی شهرداری به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است و برای اندازه‌گیری میانگین سایر درآمدهای شهرداری مقادیر مربوط به این مورد از مقادیر کلی حذف شده است. برای در نظر گرفتن کل درآمد شهرداری، متوسط درآمدهای یاد شده به اضافه درآمد ناشی از مالیات بر ارزش افزوده، به عنوان اجزای تشکیل دهنده درآمد شهرداری شهر تهران لحاظ شده است.

هزینه‌های شهرداری تهران نیز به سه دسته هزینه‌های اجتماعی و فرهنگی با کد ۱۰۰۰۰۰، هزینه‌های مربوط به توسعه مدیریت و هوشمندسازی شهری با کد ۶۰۰۰۰۰ و سایر هزینه‌ها که شامل هزینه‌های حمل و نقل ترافیک با کد ۲۰۰۰۰۰، خدمات شهری با کد ۳۰۰۰۰۰، ایمنی و مدیریت بحران با کد ۴۰۰۰۰۰ و شهرسازی و معماری با کد ۵۰۰۰۰۰ است که مجموع هزینه‌های یاد شده با عنوان هزینه‌های خدمات شهری در مدل مورد بررسی ارائه شده است و فرض می‌شود که این موارد به عنوان خدمات ارائه شده توسط شهرداری مورد توجه مردم قرار گرفته می‌شود. در این مطالعه متوسط سهم هزینه‌های فرهنگی و همچنین متوسط سهم هزینه‌های توسعه و مدیریت شهری به عنوان سهم این هزینه‌ها از بودجه شهرداری تهران در نظر گرفته شده است. همچنین به منظور نزدیک بودن به واقعیت‌های موجود در هزینه‌های شهرداری تهران، فرض می‌شود که زمانی که شهرداری با کمبود منابع درآمدی مواجه است، سعی می‌کند که این کمبود بودجه را به کاهش ارائه خدمات شهری جبران کند، از این رو نرخ کاهش خدمات شهری از تفاوت هزینه‌ها از درآمدهای شهرداری تهران به دست خواهد آمد. از طرف دیگر افزایش هزینه‌های خدمات شهری با افزایش جمعیت و افزایش تقاضا برای این خدمات بایستی افزایش پیدا کند که این افزایش تقاضا با نرخ افزایش جمعیت (تفاوت نرخ زاد و ولد و نرخ مرگومیر) مدل‌سازی شده است. همچنین شهرداری تهران به منظور کاهش آثار ناشی از آلودگی محیط زیست بایستی خدمات شهری خود را افزایش داده که این مورد نیز با هزینه‌های کاهش آلودگی ناشی از دی‌اکسیدکربن در

جمعیت هم به عنوان یک متغیر ذخیره لحاظ شده که با متوسط نرخ زاد و ولد افزایش یافته و با متوسط نرخ مرگ و میر کاهش می‌یابد. متوسط نرخ زاد و ولد در مدل با استفاده از متوسط نرخ زاد و ولد شهر تهران در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۳ مقدار ۱.۹۶ درصد و متوسط نرخ مرگومیر نیز بر اساس همین آمار ۰.۵۸ درصد فرض شده است. جمعیت ابتدایی شهر تهران بر اساس آمار موجود و بر اساس مطالعه منصف (۱۳۸۸) مقدار ۸۰۱۹.۷ میلیون نفر در نظر گرفته شده است.

برای شبیه‌سازی تولید ناخالص داخلی شهر تهران، این متغیر به صورت یک متغیر ذخیره فرض شد که با متوسط نرخ رشد ۱۰ درصد در سال رشد خواهد کرد. این نرخ رشد ده درصد با توجه به نرخ رشد پیش‌بینی شده در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ و همچنین متوسط نرخ رشد تولید ناخالص جاری این شهر در طی دوره زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۲ به دست آمده است. مقدار اولیه این متغیر نیز بر اساس مطالعه منصف (۱۳۸۸) حدود ۶۲۴ هزار میلیارد ریال فرض شده است. در این مطالعه فرض شده که تولید ناخالص داخلی از سه بخش صنعت، کشاورزی و خدمات در این شهر به دست آمده که با توجه به روند ده ساله ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳، سهم هر یک از بخش‌ها تعیین شده و در مدل آورده شده است.

در مدل مورد نظر این تحقیق، بر طبق مطالعات پیشین، تحقیق فرض شده که مالیات بر ارزش افزوده تحت تأثیر متغیرهای درآمد سرانه، نرخ باسوادی، نرخ مالیات بر ارزش افزوده و همچنین هزینه تجمعی خدمات شهری قرار می‌گیرد. درآمد سرانه در مدل از تقسیم تولید ناخالص داخلی شهر تهران به جمعیت ساکن این شهر به دست می‌آید. نرخ مالیات بر ارزش افزوده در مدل فوق مطابق با آخرین نرخ اعلام شده ۹ درصد فرض شده و متوسط نرخ باسوادی در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ نیز بر اساس سالنامه آماری استان تهران ۹۸.۲ درصد فرض شده است. تابع مالیات بر ارزش افزوده در شهر تهران با استفاده از روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) برآورده شده است که تابع آن به صورت زیر است:

$$\text{vaddtax} = 1.005e - 16 * \text{gdpper} + 1.745 016 - * \text{urbanservice} + 1.84523e - 16 * \text{litaracy rate} - 5.478e - 16 * \text{vaddrate}$$

که در رابطه فوق Vaddtax مالیات بر ارزش افزوده، Gdpper درآمد سرانه، Urbanservice میزان هزینه تجمعی خدمات شهری، Literacy Rate نرخ باسوادی و Vaddrate نیز نرخ مالیات بر ارزش افزوده است.

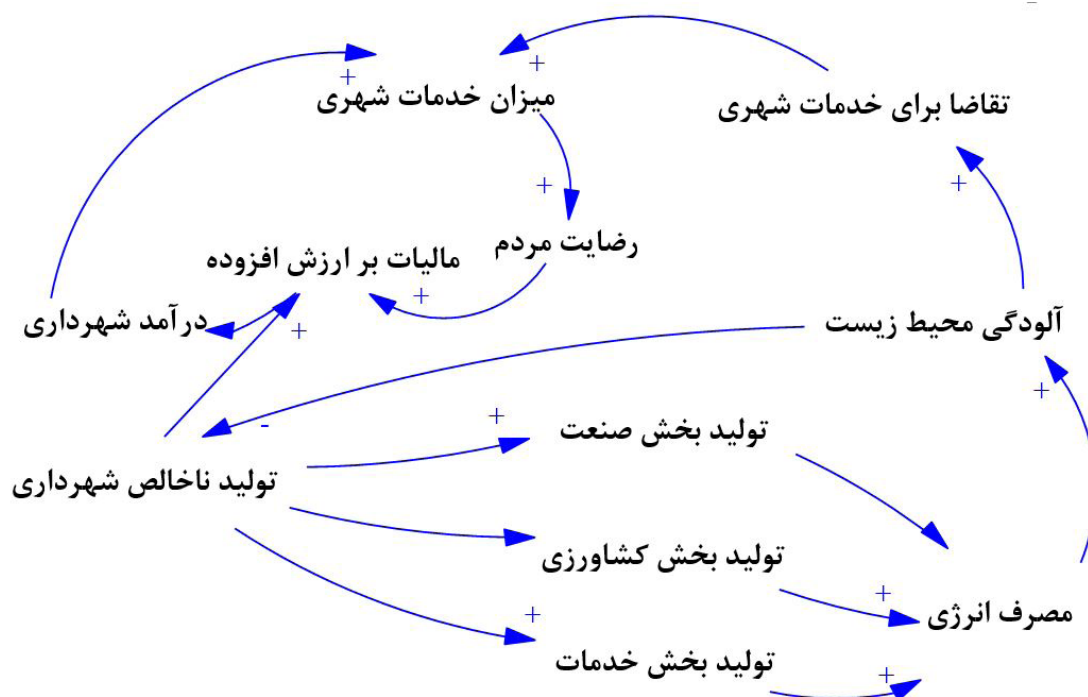
قبل از این که نتایج مربوط به مقادیر شبیه‌سازی شده هزینه تجمعی خدمات شهری ارائه شود، نیاز است تا توضیحاتی در مورد مدل‌سازی درآمدها و هزینه‌های شهرداری تهران ارائه شود. در مطالعه فوق و بر طبق بودجه‌ریزی مصوب شهرداری تهران فرض شده است که منابع درآمدی

به ازای هر واحد انرژی مصرف شده در هر بخش استفاده شده است. داده‌های مربوط به این قسمت از سایت مرکز آمار ایران و همچنین سالنامه آماری استان تهران و همچنین مطالعات انجام شده در این زمینه استفاده شد. در این مطالعه همچنین فرض می‌شود که برای کاهش یک درصدی در ضریب آلودگی در هر بخش شهرداری هزینه‌های مشخصی باید انجام دهد که به هزینه‌های شهرداری تهران اضافه خواهد شد.

۵-۲- زیربخش آلودگی محیط‌زیست

با افزایش تولید ناخالص داخلی و تولیدات بخش‌های مختلف اقتصادی، مصرف انرژی در این بخش‌ها افزایش یافته و با افزایش مصرف انرژی آلودگی محیط‌زیست افزایش می‌یابد، این افزایش آلودگی می‌تواند از یک طرف شهر تهران را نیازمند ارائه خدمات شهری بیشتر و از طرف دیگر می‌تواند باعث عدم رضایت مردم از شرایط موجود شود. این روابط در نمودار علی حلقوی آورده شده است.

شکل ۳: نمودار علی حلقوی زیر بخش آلودگی محیط‌زیست



۵-۳- بحث در خصوص نمودار جریان انباشت پژوهش

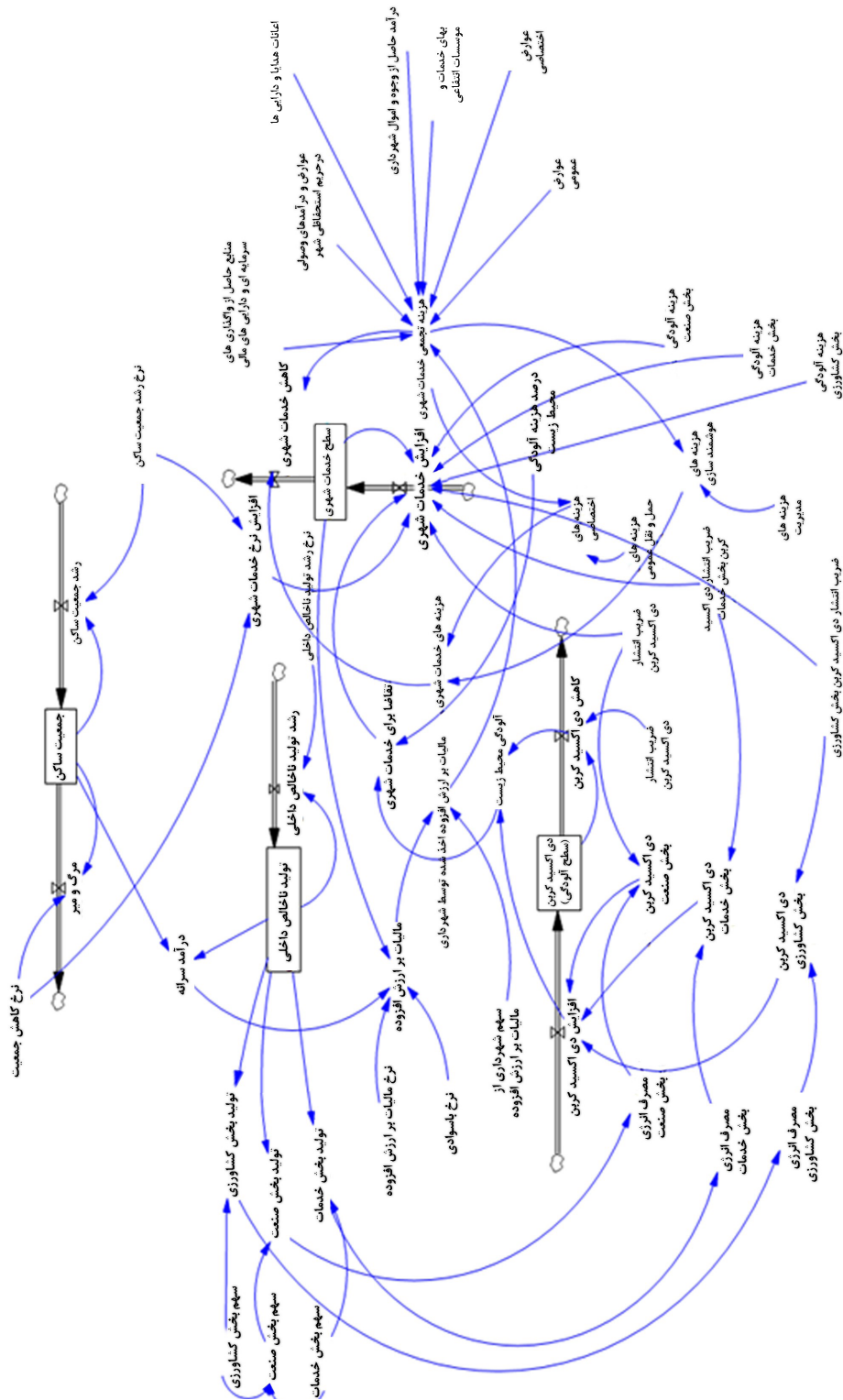
نمودار ذخیره انباشت مربوط به زیر بخش اقتصاد و اجتماع در شکل ۴ آورده شده است. نتایج مربوط به مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر واقعی تولید ناخالص داخلی شهر تهران بر حسب هزار ریال در شکل ۶ آورده شده است. همان‌طور که مشخص است مقادیر شبیه‌سازی شده تا حدودی توانسته است مقادیر واقعی تولید ناخالص شهر تهران و یا به عبارت دیگر درآمد شهر تهران را پیش‌بینی کند. نتایج نشان می‌دهد که با وجود نرخ رشد تولید ناخالص

در نظر گرفته شده برای شهر تهران، درآمد کل این شهر از ابتدای سال ۱۳۸۷ با مقدار ۶۲۴ هزار میلیارد ریال به ۳۱۵۶۶۹ هزار میلیارد ریال در سال ۱۴۰۴ خواهد رسید و این به معنای نزدیک به صد برابر شدن درآمد جاری شهر تهران در سال ۱۴۰۴ خواهد بود. البته بایستی به این نکته نیز توجه کرد که در مدل پایه نرخ رشد اقتصادی ۱۰ درصد در نظر گرفته شده است که این نرخ به همراه نرخ تورم بوده است؛ بنابراین نمی‌توان انتظار داشت که درآمد واقعی یعنی درآمد به قیمت ثابت نیز به همین

ناخالص به قیمت جاری نیز در دوره‌های ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۸۳ رخ داده است؛ بنابراین نتایج به دست آمده علاوه بر این که متناسب با مقادیر واقعی دوره زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ است، با واقعیت‌های موجود در اقتصاد ایران نیز همخوانی دارد.

مقدار افزایش داشته باشد. مقداری از این افزایش درآمد به دلیل گسترش اقتصاد و گسترش جمعیت بوده و مقداری نیز به دلیل افزایش سطح قیمت‌ها شکل خواهد گرفت؛ بنابراین با تغییر در فروض اولیه، این مقدار نیز کاهش پیدا خواهد کرد. نگاهی به روند تولید ناخالص داخلی جاری کل کشور نیز نشان می‌دهد که افزایش ۱۰۰ برابری در تولید

شکل ۴: نمودار جریان انباشت تحقیق



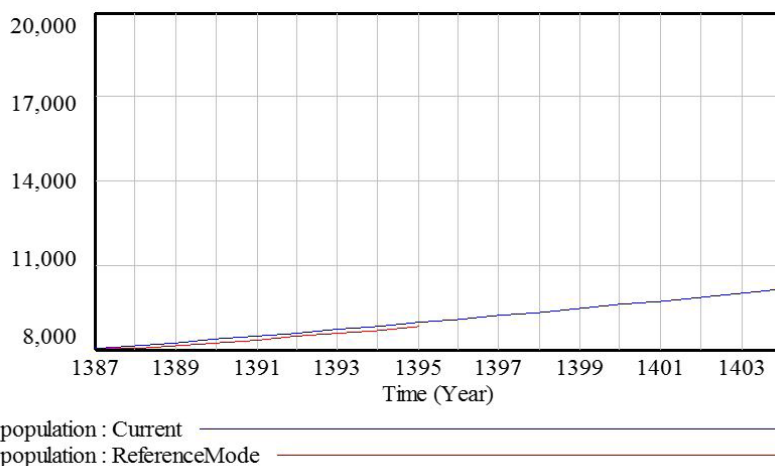
مربوط به مقادیر شبیه‌سازی مقدار تجمعی خدمات شهری در شکل ۸ آورده شده است. همان‌طور که در شکل ۸ نیز مشخص است، روند هزینه‌های تجمعی صعودی بوده و تا سال ۱۴۰۴ به مقدار نزدیک به ۲۲ هزار میلیارد ریال خواهد رسید. از طرف دیگر نتایج نشان می‌دهد که مقادیر شبیه‌سازی تا حدودی توانسته است مقادیر واقعی متغیرها را توضیح دهد.

نتایج مربوط به هزینه خدمات شهری شهرداری تهران در شکل ۹ آورده شده است. همان‌طور که در شکل نیز مشخص است، تفاوت کمی بین مقادیر واقعی و مقادیر شبیه‌سازی شده هزینه‌های خدمات شهری شهرداری تهران وجود داشته است که این را می‌توان ناشی از آن دانست که بودجه تنظیم‌شده در شهرداری بر اساس منابع درآمدی بوده و مدلی که ما توانسته‌ایم ارائه کنیم بر اساس نیاز و تقاضا برای خدمات شهری بوده است. از این رو این تفاوت می‌تواند طبیعی باشد. از طرف دیگر می‌توان گفت که تفاوت بین مقادیر آن‌چنان زیاد نیست که نتوان به مقادیر شبیه‌سازی شده اعتماد کرد.

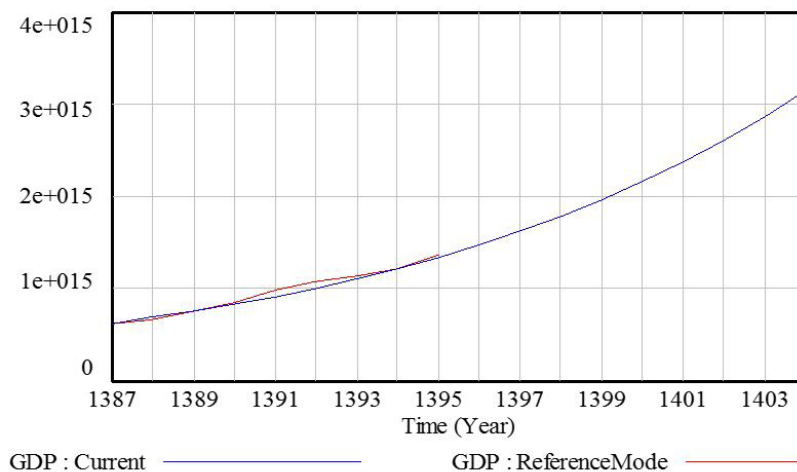
۶. نتایج پیش‌بینی بر اساس مدل ارائه شده و مقایسه نتایج آن با مقادیر واقعی

نتایج مربوط به مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر واقعی مالیات بر ارزش‌افزوده شهر تهران در شکل ۷ آورده شده است. همان‌طور که در شکل نیز مشخص است، مقادیر شبیه‌سازی به خوبی توانسته است مقادیر واقعی مالیات بر ارزش‌افزوده گرفته شده توسط سازمان امور مالیاتی شهر تهران را پیش‌بینی کند. نتایج همچنین نشان می‌دهد که با ادامه همین روند، مقدار مالیات بر ارزش‌افزوده گرفته شده از شهروندان تهرانی در سال ۱۴۰۴ به ۴۰ هزار میلیارد ریال خواهد رسید. حال توجه به مقادیر تولید ناخالص داخلی شهر تهران و مالیات بر ارزش‌افزوده نشان می‌دهد که مقدار مالیات بر ارزش‌افزوده گرفته شده خیلی کمتر از ۹ درصد از درآمد ایجاد شده در شهر تهران است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در بسیاری از موارد دولت و سازمان امور مالیاتی نتوانسته است مقدار مالیات بر ارزش‌افزوده واقعی را از مؤدیان مالیاتی اتخاذ کند و این به معنی فرار مالیاتی زیاد در شهر تهران است. نتایج

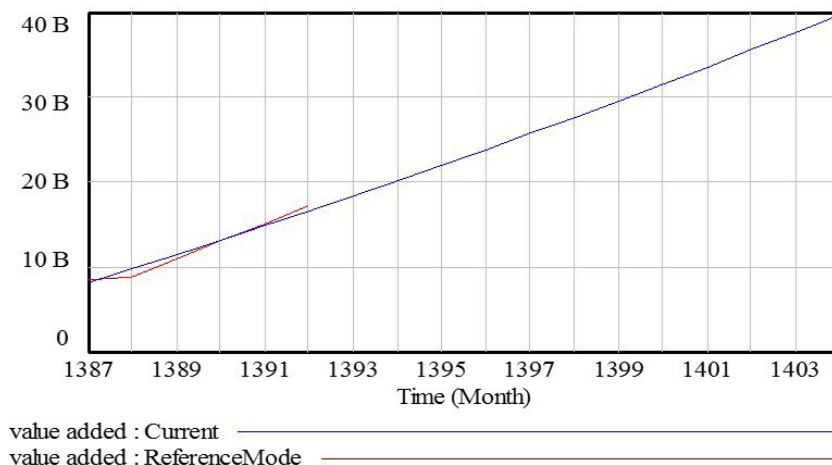
شکل ۵: نتایج مربوط به مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر واقعی جمعیت شهر تهران



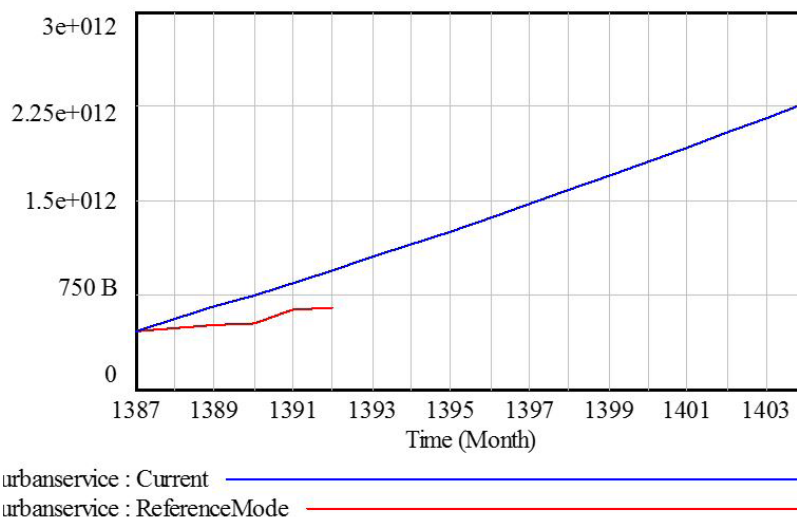
شکل ۶: نتایج مربوط به مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر واقعی تولید ناخالص داخلی تهران



شکل ۷: نتایج مربوط به مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر واقعی مالیات بر ارزش افزوده گرفته شده در شهر تهران



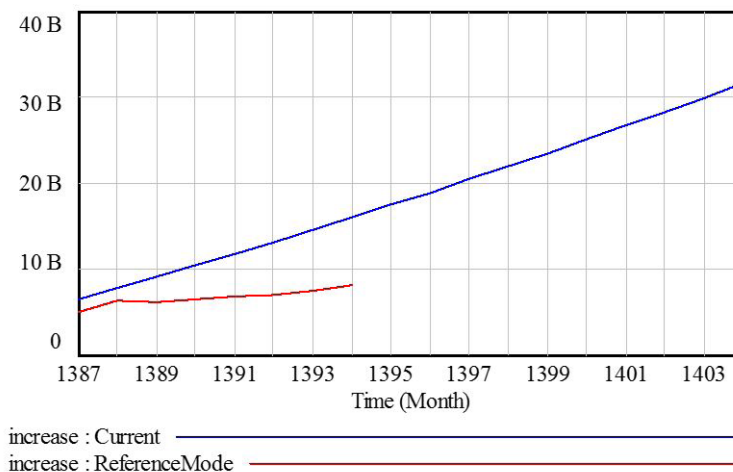
شکل ۸: نتایج مربوط به مقادیر شبیه‌سازی شده هزینه‌های تجمعی خدمات شهری شهرداری تهران



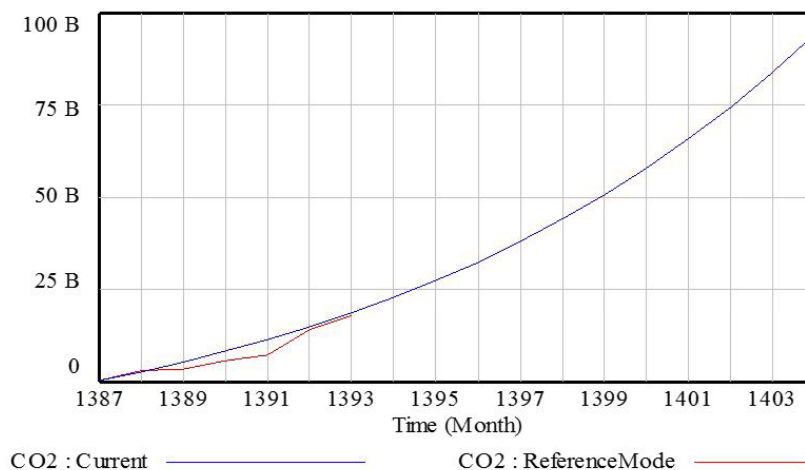
دی‌اکسیدکربن صعودی بوده و نشان می‌دهد در صورت عدم کنترل آلودگی محیط‌زیست، تهران با مشکل بسیار بزرگی مواجه خواهد شد. به صورتی که تا سال ۱۴۰۴ انتشار دی‌اکسیدکربن در شهر تهران به‌اندازه نزدیک به ۱۰۰ میلیارد تن در سال خواهد رسید که این مقدار، بسیار زیاد خواهد بود.

نتایج مربوط به مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر واقعی دی‌اکسیدکربن منتشر شده در شهر تهران در آورده شده است. همان‌طور که در شکل نیز مشخص است، مقادیر شبیه‌سازی شده تا حدودی توانسته است مقادیر واقعی دی‌اکسیدکربن منتشر شده در شهر تهران را پیش‌بینی کند. از طرف دیگر روند مقادیر شبیه‌سازی شده

شکل ۹: نتایج مربوط به مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر واقعی هزینه خدمات شهری تهران



شکل ۱۰: نتایج مربوط به مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر واقعی انتشار دی‌اکسیدکربن در شهر تهران



۷. نتیجه‌گیری

در دهه‌های اخیر یکی از ارکان اساسی توسعه پایدار، دستیابی به توسعه پایدار شهری است و در این راستا مطالعات و برنامه‌ریزی‌های متعددی در جهت یافتن اصول و راهکارهای کاربردی در برنامه‌های توسعه شهری صورت گرفته است و اندیشه توسعه شهری پایدار از جنبه‌های بسیار گسترده مورد نقد و بررسی در امر توسعه در سطح ملی است. با بررسی نظرات، تعاریف و پیشنهادهایی که در این زمینه مطرح شده، هدف فرآیند توسعه شهری پایدار دستیابی به وضعیت پایداری جوامع شهری است. فرآیندی که هدف آن ایجاد یا تقویت ویژگی‌های پایداری در زندگی اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و زیست‌محیطی شهر است. طرفداران توسعه شهری با تأکید بر پروژه‌های منطقی، سعی در توجه به تمام جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و کالبدی طرح‌ها دارند و برای نیل به شهر آرمانی بایستی تعمق و تعامل بین بخش‌های مذکور صورت پذیرد. از این رو با توجه به اهمیت مقوله پایداری در اهداف توسعه شهرها، دامنه گسترده‌ای از مجموعه نیازهای اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، اکولوژیکی و کالبدی برای حرکت به سوی پایداری مورد توجه است که می‌تواند در قالب شاخص‌های پایداری شهر تعریف شود. توسعه پایدار و توسعه پایدار منطقه‌ای طی دهه‌های اخیر به تدریج به الگوهای نوین و مسلطی در ادبیات نظری و علمی رایج در زمینه توسعه و برنامه‌ریزی تبدیل شده است. این مدل‌ها اگرچه ناظر به برداشتها و تفسیرهای گوناگون است؛ اما در مجموع بر پایداری و استمرار توسعه برای همگان و نسل‌های آینده طی زمان و بر همه‌جانبه نگرایی ابعاد

پیچیده اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی فرآیند توسعه در سطح یک کشور یا شهر تأکید دارد. در این مطالعه به دنبال ارائه یک مدل پویای توسعه پایدار برای شهر تهران بودیم که به این منظور از یک شبیه‌سازی کامپیوتری بر مبنای رهیافت پویایی‌شناسی سیستم استفاده شده است. با توجه به هدف مورد نظر و دسترسی به داده‌ها، الگوی طراحی شده از دو زیر بخش اقتصاد و اجتماع و زیربخش آلودگی محیط‌زیست استفاده شده است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی در مدل پایه نشان داد که مقادیر شبیه‌سازی به خوبی توانسته است مقادیر واقعی متغیرهای نشان‌دهنده توسعه پایدار در شهر تهران را پیش‌بینی کند. به صورتی که می‌توان گفت در صورت ادامه همین روند در شهر تهران در سال ۱۴۰۴ جمعیت شهر تهران نزدیک به یازده میلیون نفر خواهد رسید از این رو افزایش نزدیک به دو میلیون نفری را در ده سال آینده پیش‌رو خواهیم داشت. از طرف دیگر نتایج نشان می‌دهد که با وجود نرخ رشد تولید ناخالص در نظر گرفته شده برای شهر تهران، درآمد کل این شهر از ابتدای سال ۱۳۸۷ با مقدار ۶۲۴ هزار میلیارد ریال به ۳۱۵۶۶۹ هزار میلیارد ریال در سال ۱۴۰۴ خواهد رسید و با ادامه همین روند، مقدار مالیات بر ارزش افزوده گرفته شده از شهروندان تهرانی در سال ۱۴۰۴ به ۴۰۰ هزار میلیارد ریال خواهد رسید. همچنین نتایج نشان دادند که روند هزینه‌های تجمعی صعودی بوده و تا سال ۱۴۰۴ به مقدار نزدیک به ۲۲ هزار میلیارد ریال خواهد رسید و انتشار دی‌اکسیدکربن تا سال ۱۴۰۴ در شهر تهران به اندازه نزدیک به ۱۰۰ میلیارد تن در سال خواهد رسید که این مقدار، بسیار زیاد خواهد بود.

1. Vermeiren et al.
2. Zhan
3. Tianjin
4. Liu
5. Vafa-Arani
6. Xu and Szmerekovsky
7. Singh Sisadia
8. The Bruntland Commission
9. Leman and cox
10. Strange
11. Chogol
12. Forrester
13. Industrial National Model
14. The Limits to Growth
15. Senge & Sterman
16. Jackson
17. Hobert et al.
18. Caridi & Cavalieri
19. Obloj & Pratt
20. Maani & Cavana
21. System Dynamic Society
22. Walker et al.
23. Maani and Maharraj
24. Quatro and Waldman
25. Galanakis
26. Newell
27. Lee
28. Wilson
29. Allison
30. Li
31. Elias
32. Keegan and Nguyen
33. Hung
34. Bosh and Nguyen
35. State Variables
36. Rate Variables
37. Axulary Variables
38. Auto Regressive Distributed Lag
39. Pesaran & Shin
40. White Noise
41. Error Correction Model
42. Schwartz Bayesian Criterion
43. Akaike Information Criterion
44. Hannan Quinn Criterion

REFERENCES

- Abdullahi, A.A. (2015). Prioritizing the Effective Indicators of Sustainable Urban Development in Kerman. *Geography*, 13 (47), 268-254.
- Aghabozorgi, K., Khakzand, M., & Helali, Sh. (2015). Improving the Urban Development Based on Creating "HEALTHY CITY" Using Environmental, Social and Economical Approaches. *City Development Research Journal*, 11(28), 77. <https://www.magiran.com/p1383531>
- Amanpur, S., Alizadeh, H., & Damanbagh, S. (2013). Evaluate the Development of the City of Kermanshah From the Perspective of Allocating Utilities Indices. *ENVIRONMENTAL BASED TERRITORIAL PLANNING (AMAYESH)*, 6(23), 105-126. sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=364543
- Amanpour, S., & Mavedat, E.L. (2015). Classification and Assessment of the Spatial the Range of Healthy Sustainable Urban Development Approach Using Techniques Entropy-Vikor, Topsis and Gis (Case Study of Yazd Province). *SOCIAL WELFARE*, 15(58), 63-90. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=486038>
- Bahraini, S.H. (2000). Indicators of Urban Instability: The Key to Change, Conference on Environment and Sustainable Development, University of Tehran.
- Firoozbakht, A., Parhizgar, A., & Rabifar, V. (2012). Strategies of Environmental Structure City with Approach Urban Sustainable Development (Case Study: City of Karaj). *Human Geography Research*, 44(80), 21-239. [10.22059/JHGR.2012.24609](https://doi.org/10.22059/JHGR.2012.24609)
- Firoozbakht, F., Mahmoudian, S., Alaeddini, F., Esmailzadeh, M., Rafiei, M., Firoozbakht, A., Rahimi, F., & Farhadi, M. (2014). Community-Based Newborn Hearing Screening Programme for Early Detection of Permanent Hearing Loss in Iran: An Eight-Year Cross-Sectional Study. From 2005 to 2012, First Published February 12, 2014 Research Article Find in PubMed. <https://doi.org/10.1177/0969141314522992>
- Caridi, M., & Cavalieri, S. (2004). Multi-Agent Systems in Production Planning and Control: An Overview. *Production Planning & Control*, 15(2), 106-118. https://www.researchgate.net/publication/248787393_Multi-agent_systems_in_production_planning_and_control_An_overview
- Ebrahimzadeh, E.I., & Komasi, H. (2014). Evaluation and Analysis of the Quality of Municipal Services Based on the Servqual Model (Case Study: Sanghar Municipality). *Journal of Research and Urban Planning*, 2(6), 153-172. http://shahr.journals.umz.ac.ir/article_970_b3b847a710669160aba4960551a8eec2.pdf
- Forrester, A.T. (1961). Photoelectric Mixing as a Spectroscopic Tool. *JOSA*, 51(3), 253-259. <https://doi.org/10.1364/JOSA.51.000253>
- Gharkhloo, M., & Hosseini, S.H. (2006). Indicators of Sustainable Urban Development. *Journal of Geography and Regional Development*, 2 (8), 177-157.
- Hobert, O., Johnston Jr, R.J., & Chang, S. (2002). Left-Right Asymmetry in the Nervous System: the Caenorhabditis Elegans Model. *Nature Reviews. Neuroscience*, 3(8), 629. <https://www.nature.com/articles/nrn897>
- Jackson, M.C. (2003). *Systems Thinking: Creative Holism For Managers*: Wiley Chichester.
- Khalili, A., Zabdast, E., & Azizi, M.M. (2017). Typology of Urban Growth Management Policies in Science. *Architecture and Urban Planning Areas of Armanshahr*, 10(21), 291-308. http://www.armanshahrjournal.com/article_59793.html
- Kiani, M. (2004). Sustainable Development and Reconstruction of Bam. *Center for Urban Planning and Architecture Studies and Research*, 14 (42).
- Liu, G.Y.Z.F., & Chen, B. (2012). Emergy-based Urban Dynamic Modeling of Long-Run Resource Consumption, Economic Growth and Environmental Impact: Conceptual Considerations and Calibration. *Procedia Environmental Sciences*, 13(27), 1179-1188. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.112>
- Maani, K., & Cavana, R.Y. (2007). *Systems Thinking, System Dynamics: Managing Change and Complexity*: Prentice Hall.
- Mahmoudzadeh, H., & Khoshrooi, GH. (2015). Application of Logistic Regression in Urban Development Modeling (Case Study: Bonab Urban Area). *Motaleate Shahri*, 4(3), 31-46. <https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=269901>
- Majidi, H., Zabdast, E., & Mojrebi Kermani, B. (2017). A Study of Effective Variables in Urban Growth in Urmia Using Logistics. *Architecture and Urban Regression Model of Armanshahr*, 21.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., & Behrens, W.W. (1972). *The Limits to Growth*. New York, 102, 27.
- Mojtahed-Zadeh, P., & Mujtahidz-dah, P. (1999). Security and Territoriality in the Persian Gulf - A Maritime Political Geography (1999 London, Curzon Press, London, and 2002 New York). In google book: https://books.google.com/books/about/Security_and_Territoriality_in_the_Persi.html?id=P4g6iRcZIKIC
- Moldan, B., & Bilarz, S. (2002). Indicators of Sustainable Development, Translation: Neshat Haddad Tehrani and Nasser Moharramnejad, Environmental Protection Organization Publications, Tehran.
- Moradi, M., Parizadi, T., & Moradi, M. (2018). Requirements for the Development of the City from Within, Case Study: Boroujerd City. *Armanshahr Architecture and Urban Planning*, 23(11), 07-318. http://www.armanshahr-journal.com/article_69812.html

- Moss, M.M.K.S., & Townsend, M. (2006). The Relationship of Sustainability to Telecommunications. *Technology in Society*, 28(1-2), 235-244. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2005.10.011>
- Navabakhsh, M., & Bazrafshan, M. (2014). Paper: The Investigation of Sustainable Urban Development's Assessment in Shiraz in Recent 10 Years. *JOURNAL OF IRANIAN SOCIAL DEVELOPMENT STUDIES (JISDS)*, 6 (23), 49 - 69. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=418812>
- Oblój, K., & Pratt, M. (2005). Happy Kids and Mature Losers: Differentiating the Dominant Logics of Successful and Unsuccessful Firms in Emerging Markets. *Strategy in Transition*, 81-104. <https://books.google.com/books?id=RqzTyZs1PEIC&pg=PA81&lpg=PA81&dq=Happy+Kids+and+Mature+Losers:+Differentiating+the+Dominant+Logics+of+Successful+and+Unsuccessful+Firms+in+Emerging+Markets&source=bl&ots=RTzvsqFfr2&sig=ACfU3U0fCKxuzWL7oyYVn3xYzer44MKivQ&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwjJwdOpi8rqAhXNx4UKHTv3AGoQ6AEwAHoECAoQAQ#v=onepage&q=Happy%20Kids%20and%20Mature%20Losers%3A%20Differentiating%20the%20Dominant%20Logics%20of%20Successful%20and%20Unsuccessful%20Firms%20in%20Emerging%20Markets&f=false>
- Piraei, KH., & Shahsavari, M.R. (2009). The Survey of Poverty Status in the Rural and Urban Areas in Fars Province. *Economic Research Review*, 10(34), 205-231. <https://www.sid.ir/En/Journal/ViewPaper.aspx?ID=178944>
- Senge, P.M., & Sterman, J.D. (1992). Systems Thinking and Organizational Learning: Acting Locally and Thinking Globally in the Organization of the Future. *European Journal of Operational Research*, 59(1), 137-150. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(92\)90011-W](https://doi.org/10.1016/0377-2217(92)90011-W)
- Shieh, Es., Piran, P., Zargar, A., Saeidnia, A., Talib, M., & Ganji, M.H.(2008) .Momeni M Under the Supervision Dolatkah A. Urban Sustainability, Encyclopedia of Urban and Rural Management, Publications of Municipalities and Municipalities. Publisher: Cultural, Information and Press Institute, Winter 2008 Tehran. Other Colleagues Dr. Kamal Pouladi, Sarir Karimi, Soheila Shamsollah, Gohar Nosrati, Shideh Shahriari, Nastaran Golriz, Saeedeh Salamat, Mitra Ouhadian, Fereshteh Asadi Jozani. <https://dl.bazar4h.ir/up/fl.pdf> <http://book.roostanet.com/list.php?id=1017> <http://www.lib.ir/book/54401674/%D8%AF%D8%A7%D9%86%D8%B4%D9%86%D8%A7%D9%85%D9%87-%D9%85%D8%AF%DB%8C%D8%B1%DB%8C%D8%AA-%D8%B4%D9%87%D8%B1%DB%8C-%D9%88-%D8%B1%D9%88%D8%B3%D8%AA%D8%A7%DB%8C%DB%8C/>
- Singh Sisodia, G., Sahay, M., & Singh, P. (2016). System Dynamics Methodology for the Energy Demand Fulfillment in India: A Preliminary Study. *Energy Procedia*, 95, 429-434. https://www.researchgate.net/publication/309179380_System_Dynamics_Methodology_for_the_Energy_Demand_Fulfillment_in_India_A_Preliminary_Study
- Sterman, J.D.(2000). Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World.
- Strange, S. (1996). The Retreat of the State: the Diffusion of Power in the World Economy: Cambridge University Press.
- Sushil, S. (2007). The European Union Framework Directive Identifies Waste Prevention as the Most Preferred Option in the Waste Management Hierarchy. https://www.researchgate.net/figure/Basic-production-resource-source-Sushil-2007_fig2_266542298
- Vafa-Arani, H.J.S., Dashti, H., Heydari, J., & Moazen, S. (2014). A System Dynamic Modeling for Urban Air Pollution: A Case Study of Tehran, Iran. *Transportation Research*, 31(4), 21-36. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.05.016>
- Vermeiren, K., Van Rompaey, A., Loopmans, M., Serwajja, E., & Mukwaya, P. (2012). Urban Growth of Kampala, Uganda: Pattern Analysis and Scenario Development. *Landscape and Urban Planning*, 106(2), 199-206. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.03.006>
- Walker, G.H., Stanton, N.A., Jenkins, D.P., & Salmon, P.M. (2009). From Telephones to Iphones: Applying Systems Thinking to Networked, Interoperable Products. *Applied Ergonomics*, 40(2), 206-215. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.04.003>
- Xua, Y., & Szmerekovsky, J. (2017). System Dynamic Modeling of Energy Savings in the US Food Industry. *Journal of Cleaner Production*, 165, 13-26. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.093>
- Zebardast, E. (2002). Intra - Metropolitan Migration and the Expansion of Spontaneous Settlements on the Tehran Metropolitan Fringe. *Sustainable Cities*. 1, 189-198. <http://www.noandishaan.com/uploads/do.php?id=5149>
- Zhan, S.F., Zhan, C., Ma, C., & Chen, W.P. (2012). Dynamic Modeling for Ecological and Economic Sustainability in a Rapid Urbanizing Region. *Environmental Economics*, 13(2), 242-251. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.023>

نحوه ارجاع به این مقاله

شجاعی باغینی، داریوش و صفوی، بیژن. (۱۳۹۹). پیش‌بینی شاخص‌های توسعه پایدار شهر تهران در افق ۱۴۰۴ در چارچوب یک الگوی سیستم دینامیک. نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، ۱۳(۳۱)، ۲۵۳-۲۷۰.

DOI: 10.22034/AAUD.2020.113273

URL: http://www.armanshahrjournal.com/article_113273.html

