

محاسبه ی سطح توسعه ی پایدار شهری با استفاده از سیستم استنتاج فازی سلسله مراتبی (SAFE): مطالعه ی موردی چند کلان شهر منتخب ایران

علی حسین صمدی^۱، سکینه اوجی مهر^۲

۱- استادیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز

asamadi@rose.shirazu.ac.i

۲- کارشناس ارشد بخش اقتصاد دانشگاه شیراز

oujimehrs@yahoo.com

چکیده

توسعه پایدار شهری موضوعی جذاب برای سیاستگذاران و برنامه ریزان منطقه ای محسوب می شود، بنابراین انتخاب روش و ابزار مناسب به منظور اندازه گیری کمی آن، از اهمیت بالایی برخوردار است. از این رو هدف مقاله ی حاضر، بررسی و مقایسه ی روش های مختلف محاسبه ی شاخص پایداری، انتخاب روش مناسب جهت محاسبه ی شاخص توسعه ی پایدار شهری و اندازه گیری شاخص توسعه ی پایدار شهری برای ۶ کلان شهر تهران، مشهد، اصفهان، شیراز، تبریز و اهواز است. نتایج حاصل از مقایسه ی روش های مختلف حاکی از آن است که بهترین و جامع ترین روش برای محاسبه ی شاخص توسعه ی پایدار شهری، استفاده از سیستم استنتاج فازی سلسله مراتبی (SAFE) است. زیرا در روش مذکور با به کارگیری تعداد زیادی شاخص پایه که در برگیرنده ی سطح وسیعی از ملاحظات زیست محیطی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی است می توان درجه ی شاخص توسعه پایدار شهری را بر حسب اعداد ۰ تا ۱ مشخص نمود. نتایج حاصل از محاسبات صورت گرفته نیز نشان می دهد که در بین کلان شهرهای ایران در سال ۱۳۸۶، پایدارترین و ناپایدارترین شهرها، به ترتیب شهرهای اصفهان و تهران می باشد.

واژگان کلیدی: پایداری، شاخص های پایداری، توسعه ی پایدار شهری، سیستم استنتاج فازی سلسله مراتبی

مفهوم توسعه‌ی پایدار نخستین بار در مجمع براتلند^۱ مطرح گردید و در کنفرانس زمین^۲ در ریو^۳ (۱۹۹۲) به طور بین‌المللی پذیرفته شد (لو و همکاران^۴، ۲۰۰۹). قابل قبول‌ترین تعریف از توسعه‌ی پایدار، تعریفی است که در گزارش براتلند ارائه شده است. طبق این گزارش، توسعه‌ی پایدار توسعه‌ای است که نیازهای فعلی بشر را برآورده سازد، بدون این که به توانایی نسل بعد برای برآوردن احتیاجاتشان آسیبی وارد نماید (موری و کریستودولو^۵، ۲۰۱۱). وقتی صحبت از توسعه‌ی پایدار می‌شود، چهار مؤلفه‌ی اساسی برای آن مدنظر است: مؤلفه‌ی رشد، مؤلفه‌ی توزیع، مؤلفه‌ی زیست‌محیطی و مؤلفه‌ی نهادی (رنانی و همکاران، ۱۳۸۹).

بدون شک بحث از پایداری و توسعه‌ی پایدار بدون توجه به شهرها و شهر نشینی، بی‌معنی خواهد بود. شهرها به عنوان عامل اصلی ایجادکننده‌ی ناپایداری در جهان به شمار می‌روند و در واقع پایداری شهری و پایداری جهانی هر دو مفهومی واحد هستند. بر این اساس و با توجه به پیچیدگی ذاتی شهرها و ابعاد مختلف تأثیر گذاری آن‌ها، شناخت عوامل اصلی و کلیدی در جهت دستیابی به پایداری شهری ضروری به نظر می‌رسد (قرخلو و حسینی، ۱۳۸۵).

در کشورهای در حال توسعه، معمولاً برنامه ریزی توسط دولت و به صورت متمرکز صورت می‌گیرد و عمدتاً منابع تخصیص یافته ارتباط چندانی با پتانسیل‌ها و نیازها نداشته و در نتیجه شکاف و دوگانگی بین مناطق مرتب افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد که در ایران و در بین استان‌های آن نیز از لحاظ برخورداری از شاخص‌های مختلف توسعه، عدم تعادل تفاوت زیادی وجود دارد (سرور و موسوی، ۱۳۹۰).

ارزیابی و آگاهی از میزان هر یک از ابعاد شاخص توسعه‌ی پایدار، می‌تواند برنامه ریزان را در جهت تخصیص بهینه‌ی منابع یاری نماید. اما با وجود این که امروزه توسعه‌ی پایدار تقریباً به یک هدف جهانی تبدیل شده است، هنوز یک معیار اندازه‌گیری مشترک برای دستیابی به سیاست‌های کاربردی وجود ندارد (فیلیس و اندریان، ۲۰۰۱). در تحقیق حاضر سعی بر این است تا ضمن مرور شاخص‌های مختلف توسعه‌ی پایدار و توسعه‌ی پایدار شهری، با استفاده از روش استنتاج فازی^۶ (SAFE)، شاخص توسعه‌ی پایدار شهری در ۶ کلان شهر ایران (تهران، مشهد، اصفهان، تبریز، شیراز و اهواز) محاسبه و از لحاظ ابعاد مختلف پایداری مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

با وجود اینکه مطالعات زیادی در داخل کشور با محوریت توسعه‌ی پایدار و توسعه‌ی پایدار شهری صورت گرفته است، شاخص توسعه‌ی پایدار شهری (بر اساس اطلاعات نویسندگان) فقط در مطالعه‌ی سرور و موسوی (۱۳۹۰)، به طور کمی محاسبه و شهرستان‌های استان آذربایجان غربی از لحاظ برخورداری از شاخص‌های توسعه رتبه‌بندی شده‌اند.^۷ این در حالی است که سایر مطالعات موجود، فقط ابعاد نظری توسعه‌ی پایدار را بررسی نموده‌اند. از این رو وجوه تمایز مطالعه‌ی حاضر با سایر مطالعات انجام شده در داخل کشور، عبارت است از

- ۱- معرفی و توضیح انواع روش‌های محاسبه‌ی توسعه‌ی پایدار و توسعه‌ی پایدار شهری،
- ۲- محاسبه‌ی کمی توسعه‌ی پایدار شهری و ابعاد مختلف آن با بهره‌گیری از روش SAFE،
- ۳- رتبه‌بندی کلان شهرهای کشور از لحاظ شاخص توسعه‌ی پایدار شهری و ابعاد آن (در سال ۱۳۸۶).

^۱ - Brundtland

^۲ -Earth Summit

^۳ - Rio

^۴ -Lu et al

^۵ -Mori and Christodoulou

^۶ -Sustanabilty Assessment By Fuzzy Evaluation

^۷ - روش مورد استفاده توسط این محققان مدل‌های کمی برنامه ریزی از جمله تصمیم‌گیری‌های چند معیاره Topsis، ضریب آنتروپی و ضریب پراکندگی بوده است.

بر این اساس، مقاله‌ی حاضر در ۴ قسمت تنظیم شده است. در بخش دوم مروری بر شاخص‌های توسعه‌ی پایدار و توسعه‌ی پایدار شهری صورت گرفته و در نهایت روش مناسب جهت محاسبه‌ی توسعه پایدار شهری انتخاب شده است. نتایج تجربی به همراه توضیح ساختار روش SAFE در بخش سوم ارائه شده است. یک جمع‌بندی از مقاله و نتایج تجربی آن در بخش چهارم صورت گرفته و سپس پیشنهادهایی ارائه گردیده است.

- مروری بر شاخص‌های توسعه‌ی پایدار و توسعه‌ی پایدار شهری

از دهه‌ی ۱۹۹۰ تا کنون با توجه به اهمیت روز افزون توسعه‌ی پایدار، محققان تلاش نموده‌اند تا با معرفی شاخص‌ها و روش‌های مختلف، توسعه پایدار را مورد ارزیابی و محاسبه قرار دهند. در ادامه برخی از معروف‌ترین و پر کاربردترین این شاخص‌ها به اختصار توضیح داده شده است.

- روش ردپای اکولوژیکی^۱ (EF)

این روش در دهه‌ی ۱۹۹۰ توسط محققانی چون واکرانگل^۲ (۱۹۹۱)، ریز^۳ (۱۹۹۲)، واکرانگل و ریز (۱۹۹۶) و فولک و همکاران^۴ (۱۹۹۷) مطرح و امروزه، در مطالعات مختلف تغییرات بسیاری نموده و به عنوان یک معیار برای توسعه‌ی پایدار شناخته شده است (لو و همکاران^۵، ۲۰۰۹).

ردپای اکولوژیکی ابزاری برای مدیریت استفاده از منابع توسط افراد می‌باشد. این روش، محدوده‌ی را اندازه‌گیری می‌کند که در آن استفاده‌ی بشر از منابع تولیدی سریع‌تر از بازتولید آن‌هاست. در واقع ردپای اکولوژیکی، محدوده‌ی را محاسبه می‌کند که در آن تقاضای اکولوژیکی مساوی یا از ظرفیت طبیعت برای عرضه‌ی کالا و خدمات بیشتر است. زمانی که تقاضای افراد بیشتر از ظرفیت‌های زیستی تجدیدپذیر باشد در این صورت، منابع طبیعی کاهش یافته و این مسأله منجر به ناپایداری می‌شود.

-چارچوب فشار- وضعیت- پاسخ^۶ (PSR)

در نشست کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری اقتصادی^۷ (OECD) در سال ۱۹۹۲ درباره‌ی عملکرد زیست محیطی کشورها، با پیشنهاد نمایندگان کشورهای هلند، نروژ و ایالات متحده، کشورهای عضو OECD به این توافق دست یافتند که به منظور تسهیل ارزیابی عملکرد زیست محیطی، اقدام به طراحی شاخص‌های زیست محیطی نمایند. سرانجام چارچوبی توسط گروه وضعیت محیط زیست طراحی گردید که چارچوب فشار- وضعیت- پاسخ (PSR) نامیده شد. این چارچوب بر اساس مفهوم علیت ارائه شده است و این گونه توصیف می‌شود: فعالیت‌های انسان بر محیط زیست فشار وارد کرده (فشار) و کمیت و کیفیت منابع طبیعی آن را تغییر می‌دهد (وضعیت) و جامعه به این تغییرات با اعمال سیاست‌های زیست محیطی و اقتصادی عکس‌العمل نشان می‌دهد (پاسخ).

-روش میزان سنج یا پارامتر پایداری^۸

این الگو که توسط اتحادیه‌ی بین‌المللی حفاظت از طبیعت^۹ (IUCN) معرفی شده، ابزاری بصری برای اندازه‌گیری پایداری است. بر اساس این الگو پایداری هر کشور دارای دو مؤلفه‌ی اصلی است؛ بهبود اکوسیستم^۱ و بهبود زندگی انسان^۲. آب، هوا،

1 - Ecological Footprint

2 -Wackernagle

3-Rees

4-Folke et al

5-Lu et al

6-Pressure- State- Response

7 - Organization For Economic Co- Operation and Development

8 -Barameter Of Sustainability

9 -International Union For The Conservation Of Nature

خاک، جانوران و منابع مورد استفاده از زیر شاخص های بهبود اکوسیستم و بهداشت، تحصیلات، بیکاری، فقر، درآمد و جرم از زیر شاخص های بهبود زندگی هستند.^۳

-شاخص پایداری محیط زیست^۴ (ESI)

شاخص (ESI) که اولین بار در سال ۲۰۰۰ منتشر گردید، شاخصی است که بر اساس مفاهیم توسعه پایدار ساخته شده است. این شاخص توانایی کشورها برای مدیریت چالش‌های مختلف زیست محیطی را اندازه می‌گیرد. موهبت منابع طبیعی، سطح آلودگی گذشته و حال، استفاده از منابع طبیعی و ظرفیت‌های اجتماعی برای حل مشکلات حال و آینده از جمله مسایلی هستند که چالش های مختلف کشورها درباره محیط زیست را منعکس می‌نمایند.^۵

-شاخص جامعه ی پایدار^۶ (SSI)

کرک و مانویل^۷ (۲۰۰۸)، با اضافه نمودن ملاحظات اجتماعی زندگی انسان به تعریف ارائه شده توسط مجمع برانتلند، شاخص جامعه ی پایدار را معرفی نموده‌اند. این محققان برای ساختن شاخص مذکور، ۲۲ زیر شاخص را به ۵ گروه تقسیم کرده اند.^۸ به منظور محاسبه ی هر یک از ۵ شاخص اصلی باید زیر شاخص‌های مربوط به آن‌ها، ابتدا بین ۰ تا ۱۰ مقیاس‌بندی شده و سپس با هم جمع گردند

-ارزیابی توسعه ی پایدار به روش الگوی تصمیم گیری های چند معیاره^۹ (MCDM)

در بیشتر مطالعات برنامه‌ریزی منطقه‌ای (اعم از شهری و روستایی) با گونه‌ای از مسایل تصمیم‌گیری‌های چند معیاره (MCDM) مواجه هستیم. در این تصمیم‌گیری‌ها به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی از چندین معیار سنجش ممکن است استفاده گردد. بدین ترتیب ماتریس تصمیم‌گیری در این گونه برنامه‌ریزی‌ها، شامل مناطق مختلف یا واحدهای

¹ -Ecosystem Well-Being

² -Human Well-Being

³ زیر شاخص های بهبود اکوسیستم بر اساس ۵۱ متغیر و زیر شاخص های بهبود زندگی بر اساس ۳۶ متغیر محاسبه می شوند، طوری که تمامی ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را پوشش می دهند (Mori and Christodoulou, 2011;7) هر شاخص در فاصله ی ۰ تا ۱۰۰ مقیاس بندی شده طوری که ۰ بدترین وضعیت و ۱۰۰ بهترین وضعیت را نشان می دهد (Phillis et al, 2011;542).

⁴ -Environmental Sustainability Index

⁵ هسته ی اصلی شاخص (ESI)، مشتمل بر ۲۱ شاخص پایداری محیط است که می تواند در ۵ مؤلفه خلاصه گردد؛ ۱- مؤلفه ی سیستم های زیست محیطی (شامل شاخص های کیفیت هوا، کیفیت آب، کمیت آب، جانوران و زمین)، ۲- مؤلفه ی کاهش فشارهای محیطی (شامل شاخص های کاهش آلودگی هوا، کاهش فشار اکوسیستم، کاهش فشار جمعیت، کاهش فشار ضایعات و مصرف، کاهش فشار آب و مدیریت منابع طبیعی)، ۳- مؤلفه ی کاهش آسیب پذیری انسان (شامل شاخص های تغذیه ی اصلی انسان، شاخص بهداشت محیط زیست و شاخص کاهش آسیب پذیری بلایای طبیعی مرتبط با محیط زیست)، ۴- مؤلفه ی ظرفیت نهادی و اجتماعی (شامل شاخص های نظارت بر محیط زیست، تأثیر بخش خصوصی، دانش و تکنولوژی و کارایی محیط زیست)، ۵- مؤلفه ی همراهی و مشارکت جهانی (شامل شاخص های مشارکت در تلاش های مشترک جهانی، نشر گازهای گلخانه ای و کاهش فشارهای محیطی بین مرزی). شاخص های پایداری محیطی بر اساس ۷۶ متغیر محاسبه گردیده و در نهایت از میانگین وزنی (با وزن های مساوی) ۲۱ شاخص مذکور به دست می آید.

⁶ - Sustainable Society Index

⁷ -Kerk and Manuel

^۸ این ۵ گروه (شاخص های اصلی) عبارتند از ۱- توسعه ی فردی (شامل متغیرهای زندگی سالم، غذای کافی، نوشیدنی کافی، بهداشت، فرصت های تحصیلی و برابری جنستی) ۲- محیط زیست پاک (شامل متغیرهای کیفیت آب، خاک و هوا) ۳- توازن جامعه (شامل متغیرهای دولت خوب، بیکاری، رشد جمعیت، توزیع درآمد و بدهی دولت) ۴- مصرف پایدارمنابع (شامل متغیرهای بازیافت ضایعات، مصرف منابع آب تجدید پذیر و مصرف انرژی تجدید پذیر) ۵- جهان پایدار (شامل متغیرهای نواحی جنگلی، حفاظت از محیط زیست، نشر گازهای گلخانه ای، ردپای اکولوژیکی و همکاری های بین المللی).

⁹-Multi Criteria Decision Making

برنامه‌ریزی به عنوان گزینه‌ها و شاخص‌ها یا عوامل دخیل در برنامه‌ریزی به عنوان معیارها خواهد بود (امینی فسخودی، ۱۳۸۴).

از الگوی برنامه‌ریزی MCDM، به طور وسیعی به عنوان روشی برای ارزیابی پایداری محیط زیست استفاده شده است (لیو^۱، ۲۰۰۷). سرور و موسوی (۱۳۹۰) نیز با بهره‌گیری از این الگو، شهرستان‌های استان آذربایجان غربی را براساس برخورداری از شاخص‌های توسعه‌رته‌بندی نموده‌اند. این محققان از ۵۰ شاخص جمعیتی، اجتماعی، اقتصادی، بهداشتی-درمانی، زیر بنایی، حمل‌ونقل و ارتباطات و کالبدی استفاده نموده‌اند.

اخیراً محققان تلاش نموده‌اند تا الگوی MCDM را با به کارگیری منطق فازی کامل نمایند. لیو (۲۰۰۷)، از جمله محققانی است که در مطالعه‌ی خود با استفاده از ۷۴ متغیر و با تلفیق منطق فازی و MCDM به ارزیابی پایداری محیط زیست پرداخته است (فیلیس و همکاران، ۲۰۱۱).

-ارزیابی پایداری به روش سنجش فازی^۲ (SAFE)

اندازه‌گیری توسعه‌ی پایدار با استفاده از روش فازی، در ابتدا توسط فیلیس و اندریان^۳ (۲۰۰۱) معرفی شده و سپس توسط اندریان و همکاران^۴ (۲۰۰۴)، کولومپیس و همکاران^۵ (۲۰۰۸) و فیلیس و کوکولگلو^۶ (۲۰۰۹)، بسط داده شده است. روش SAFE یک سیستم استنتاج فازی است که در آن ۷۵ متغیر ورودی که شاخص‌های پایه نامیده می‌شوند، با استفاده از قواعد "اگر-آنگاه" و منطق فازی با یکدیگر ترکیب شده تا دو متغیر ترکیبی که در برگیرنده ملاحظات زیست محیطی و اجتماعی است را محاسبه نمایند. در نهایت شاخص پایداری کل بر حسب اعداد بین ۰ تا ۱ محاسبه می‌گردد (فیلیس و همکاران^۷، ۲۰۱۱).

با توجه به نزدیکی مفاهیم توسعه‌ی پایدار و توسعه‌ی پایدار شهری، می‌توان از شاخص‌های مشترکی جهت محاسبه‌ی آن‌ها استفاده نمود. اما در مطالعه‌ی حاضر، سه روش خاص مورد استفاده برای محاسبه‌ی توسعه‌ی پایدار شهری، توضیح داده شده است.

-شاخص فراگیر پایداری^۸

این شاخص اولین بار توسط آتکینسون و همکاران^۹ (۱۹۹۷) و برای ارزیابی توسعه‌ی پایدار شهری آرلاندوی^{۱۰} فلوریدا طراحی شد. این محققان به منظور محاسبه‌ی شاخص پایداری از شاخص‌هایی که در ۴ گروه طبیعت، اقتصاد، جامعه و بهبود زندگی^{۱۱} دسته‌بندی شده‌اند، استفاده نموده‌اند. در این روش شاخص‌ها بین ۰ تا ۱۰۰ مقیاس‌بندی شده و تمامی شاخص‌ها دارای وزن‌های مساوی هستند (سین و همکاران^{۱۲}، ۲۰۰۹).

¹ -Liu

² -Sustanabilty Assessment By Fuzzy Evaluation

³ -Phillis and Andriantiatsaholiniaina

⁴ -Andriantiatsaholiniaina et al

⁵ -Kouloumpis et al

⁶ -Phillis and Kouikoglou

⁷ -Phillis et al

⁸ -Compass Index Of Sustainability

⁹ -Atkinson et al

¹⁰ -Orlando

¹¹ -Well-Being

¹² -Singh et al

-شاخص پایداری شهری^۱ (USI)

شاخص پایداری شهری (USI) توسط زانگ^۲ (۲۰۰۲) و بر پایه ی ۲۲ شاخص در سطح ناحیه ی شهری چین ارایه شده است. متغیرها با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی^۳ (AHP)، موزون می شوند. پایداری کل شهری مشتمل بر ۳ بُعد موقعیت شهر، تناسب شهر^۴ و پتانسیل شهر می باشد. این ابعاد در برگیرنده ی ۳ نکته ی کلیدی درباره ی پایداری شهری هستند: ظرفیت توسعه ی شهری، ظرفیت تناسب (هماهنگی) شهری و پتانسیل توسعه ی شهری. مقدار شاخص USI از جمع وزنی مقادیر ۳ مؤلفه ی پایداری شهری و مقدار هر یک از این ۳ مؤلفه نیز از مجموع وزنی مقادیر زیر شاخص های پایداری به دست می آید. مقدار شاخص توسعه ی پایدار شهری محاسبه شده، بین ۰ تا ۱ تغییر می کند (سین و همکاران^۵، ۲۰۰۹).

-شاخص توسعه ی پایدار شهری با استفاده از منطق فازی

هینکو^۶ (۲۰۱۱)، به دلیل مفهوم چند بعدی، نامطمئن و مبهم توسعه ی پایدار شهری، به پیروی از فیلیس و اندریان^۷ (۲۰۰۱) و با استفاده از روش SAFE به محاسبه ی شاخص توسعه ی پایدار شهری پرداخته است. در مطالعه ی وی، پایداری شهری دارای دو جنبه ی اصلی پویایی های هموار^۸ (SD) و ملاحظات مثبت رشد^۹ (PG) می باشد که مؤلفه های اصلی پایداری پایداری کل شهری می باشند. هر یک از این مؤلفه ها به ابعاد مختلف پایداری یعنی وضعیت موجود^{۱۰} (STA)، پتانسیل آشکار شده^{۱۱} (POT) و پاسخ های مشتق شده^{۱۲} (RES) بستگی دارند.^{۱۳}

-انتخاب روش مناسب جهت محاسبه ی توسعه ی پایدار شهری

در حقیقت، مرز میان پایداری و ناپایداری کاملاً واضح نیست. این بدان معنی است که تعیین دقیق مقادیر اصلی پایداری ممکن نبوده و همواره باید میزانی از نااطمینانی در محاسبه ی پایداری، لحاظ شود. به عبارت دیگر می توان گفت به دلیل ماهیت مبهم و مفهوم پیچیده ی پایداری، تعریف و اندازه گیری آن مشکل است. از این رو به نظر می رسد منطق فازی به دلیل توانایی در الگوسازی و داشتن روش سیستماتیک برای استفاده از موقعیت های مبهم (شرایطی که ریاضیات سنتی در برابر آن ناکاراست) و همچنین قدرت استفاده از زبان طبیعی و ارزش های زبانی، ابزار مناسبی جهت محاسبه ی پایداری باشد (فیلیس و اندریان^{۱۴}، ۲۰۰۱). بنابراین در مقاله ی حاضر به پیروی از فیلیس و اندریان (۲۰۰۱) و فیلیس و همکاران (۲۰۱۱)، از روش سیستم استنتاج فازی (SAFE) برای محاسبه ی توسعه ی پایدار شهری استفاده می گردد.

روش SAFE، شباهت ها و تفاوت هایی با سایر الگوهای پایداری دارد. این روش به دلیل استفاده از روش فشار-وضعیت-پاسخ (PSR) در دسته بندی متغیرها، در واقع دربرگیرنده ی چارچوب پیشنهادی توسط OECD است. در روش SAFE نیز مانند شاخص پایداری شهری (USI)، شاخص فراگیر پایداری، شاخص جامعه ی پایدار (SSI)، شاخص پایداری محیط زیست (ESI) و روش سنجش پایداری، در نهایت یک شاخص پایداری به صورت کمی محاسبه می گردد. اما در بین این روش ها به نظر می رسد روش SAFE و روش پارامتر پایداری کامل ترین الگوها در استفاده از شاخص های زیست محیطی و اجتماعی می باشند.

^۱ -Urban Sustainability Index

^۲ -Zhang

^۳ -Analytical Hierarchy Process

^۴ -Urban Coordination

^۵ -Singh et al

^۶ - Hincu

^۷ -Phillis and Andriantiatsaholiniaina

^۸ -Smooth Dynamics

^۹ -Positive Growth Prospects

^{۱۰} - Current Status

^{۱۱} -Evolving Potential

^{۱۲} -Driven Responses

^{۱۳} برای مطالعه ی بیشتر در مورد نحوه ی محاسبه ی شاخص پایداری شهری به هینکو (Hincu, 2011) مراجعه نمایید.

^{۱۴} -Phillis and Andriantiatsaholiniaina

این در حالی است که شاخص ردپای اکولوژیکی (EF)، کمترین شباهت را به الگوی SAFE دارد. در واقع ردپای اکولوژیکی بر عکس تمام الگوهای پایداری است. در این روش به جای در نظر گرفتن یک قطعه زمین و محاسبه‌ی شاخص پایداری، یک جمعیت مشخص با سطح مصرف معین در نظر گرفته می‌شود و زمین مورد نیاز برای تأمین آن، محاسبه می‌گردد. تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)، نیز روش جالبی برای ارزیابی پایداری است. به خصوص زمانی که چارچوب سیاستی مشخصی وجود داشته باشد. در چنین شرایطی این امکان وجود دارد که ترجیحات تصمیم‌گیرنده با موزون کردن شاخص‌های پایداری، فشرده شده و سیاستی ارایه گردد که بتواند پایداری را ارتقاء بخشد (فیلیس، ۲۰۱۱).

هینکو^۱ (۲۰۱۱)، نیز با استفاده از روش استنتاج فازی به محاسبه‌ی شاخص توسعه‌ی پایدار شهری پرداخته است. هر چند وی وی نیز در مطالعه‌ی خود مانند فیلیس و همکاران (۲۰۱۱)، ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی را مد نظر قرار داده است، اما مؤلفه‌ها و شاخص‌های ثانویه در مطالعه‌ی هینکو، نشان دهنده‌ی ابعاد مختلف توسعه‌ی پایدار نیستند.

از نظر وارهرست^۲ (۲۰۰۲)، محاسبه‌ی توسعه‌ی پایدار شامل دو مرحله است. در مرحله‌ی اول، اندازه‌ی هر یک از ابعاد در نظر گرفته شده برای توسعه‌ی پایدار محاسبه می‌گردد و در مرحله‌ی دوم، شاخص کل پایداری به دست می‌آید (سین و همکاران^۳، ۲۰۰۹). در مطالعه‌ی فیلیس و اندریان (۲۰۰۱) و فیلیس و همکاران (۲۰۱۱)، با محاسبه‌ی ۸ شاخص ثانویه ی آب، هوا، جانوران، خاک، بهداشت، ثروت، دانش و سیاست، امکان ارزیابی هر یک از این شاخص‌ها و تجزیه و تحلیل نقاط ضعف و قوت هر شاخص در مناطق مختلف وجود دارد، در حالی در مطالعه‌ی هینکو این امکان وجود ندارد. علاوه بر این، در مطالعات فیلیس، با تقسیم متغیرهای ورودی به زیرگروه‌های متعدد با استفاده از چارچوب فشار-وضعیت-پاسخ، تعداد قواعد زبانی موردنیاز جهت استنتاج به میزان چشمگیری کاهش یافته است، در صورتی که هینکو، در مطالعه‌ی خود به این دسته بندی ریز اشاره‌ای نداشته است.

بنابراین با مجموعه‌ی توضیحات ارائه شده، به نظر می‌رسد که روش SAFE، مناسب‌ترین روش برای محاسبه‌ی شاخص کل پایدار شهری باشد. قبل از به کارگیری این روش، لازم است که تعدیلاتی صورت گیرد. از آن جا که مطالعات فیلیس و اندریان (۲۰۰۱) و فیلیس و همکاران (۲۰۱۱)، در سطح بین کشوری انجام شده، بنابراین ملاحظات سیاسی نیز به عنوان یک شاخص ثانویه در نظر گرفته شده است، اما تحقیق حاضر در سطح شهرهای یک کشور که از لحاظ سیاسی شرایطی مشابه را دارند انجام گرفته است. از این رو در این مطالعه، از شاخص سرمایه‌ی اجتماعی به جای شاخص سیاست استفاده شده است. شاخص ثانویه‌ی مربوط به جانوران نیز به علت محدودیت آماری حذف گردید. بنابراین مؤلفه‌ی اکولوژیکی با استفاده از ۳ شاخص ثانویه‌ی آب، خاک و هوا اندازه‌گیری می‌شود.

- نتایج تجربی

عسگر زاده، معروف به زاده در سال ۱۹۶۵، نظریه‌ی معروف سیستم‌های فازی را معرفی کرد. در فضایی که دانشمندان علوم مهندسی به دنبال روش‌های ریاضی برای حل مسائل دشوارتر بودند، نظریه‌ی فازی به گونه‌ای دیگر از الگوسازی اقدام کرد. منطق فازی معتقد است که در ماهیت علم ابهام وجود دارد. بر خلاف دیگران که معتقدند باید تقریب‌ها را دقیق‌تر کرد تا بهره‌وری افزایش یابد، زاده معتقد است که باید به دنبال ساختن الگوهایی بود که ابهام را به عنوان بخشی از سیستم الگو بندی کند (قاسمی و محمودزاده، ۱۳۸۹). سیستم منطق فازی شامل سه مرحله می‌باشد: ۱- فازی سازی^۴، ۲- استنتاج فازی^۵، ۳- فازی زدایی^۶ (غیر فازی سازی). در روش SAFE، به صورت پی‌درپی و سلسله مراتبی از سیستم منطق فازی استفاده می‌گردد. به این صورت که ابتدا شاخص‌های اولیه به عنوان متغیر ورودی، فازی شده، مورد استنتاج قرار گرفته و سپس غیر فازی

¹ -Hincu

² -Warhurst

³ -Singh et al

⁴ - Fuzzyfication

⁵ -Making Inferences

⁶ -Defuzzyfication

می‌گردد. متغیر خروجی در این مرحله، یک شاخص ثانویه (آب، خاک، هوا، بهداشت، دانش، سرمایه‌ی اجتماعی، ثروت یا رفاه) است. این رویه برای محاسبه‌ی تمامی شاخص‌های ثانویه تکرار می‌گردد. در مرحله‌ی بعد، شاخص‌های ثانویه به عنوان متغیر ورودی وارد سیستم فازی شده، مورد استنتاج قرار گرفته و سپس غیرفازی می‌شوند. متغیر خروجی در این قسمت، یکی از دو مؤلفه‌ی پایداری (شاخص اکولوژیکی، شاخص انسانی) است. در مرحله‌ی آخر نیز، دو مؤلفه‌ی پایداری به عنوان متغیر ورودی وارد سیستم فازی شده و متغیر خروجی نیز، توسعه‌ی کل پایدار شهری می‌باشد. شکل شماره‌ی (۴)، به طور خلاصه این فرآیند را نشان می‌دهد. در تحقیق حاضر با بهره‌گیری از روش SAFE، شاخص توسعه‌ی پایدار شهری در ۶ کلان‌شهر ایران یعنی شهرهای تهران، مشهد، اصفهان، تبریز، شیراز و اهواز محاسبه و از لحاظ ابعاد مختلف پایداری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.^۱ جدول شماره‌ی (۱)، شاخص‌های اولیه مورد استفاده در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد. شاخص‌های مذکور با توجه به مطالعات هینکو^۲ (۲۰۱۱) و فیلیس و همکاران^۳ (۲۰۱۱)، و با توجه به محدودیت‌های آماری انتخاب شده‌اند. در ادامه به توضیح هر یک از مراحل سیستم منطق فازی خواهیم پرداخت:

قبل از شروع مرحله‌ی فازی، به منظور تسهیل محاسبات فازی، متغیرهای ورودی به مقادیر صفر تا یک نرمالیز^۴ می‌شوند. فازی‌سازی به معنای تبدیل متغیرهای ورودی به متغیرهای زبانی^۵ است. متغیر زبانی متغیری است که ارزش آن به صورت صفات کمی مانند "خوب، بد، معمولی و..." بیان می‌گردد. در تحقیق حاضر به پیروی از فیلیس (۲۰۱۱)، از متغیرهای زبانی عالی، قابل قبول و بد برای شاخص‌های پایه و از متغیرهای زبانی قوی، متوسط و ضعیف برای شاخص‌های فشار-وضعیت - پاسخ استفاده شده است. در فازی‌سازی شاخص‌های ثانویه نیز از ارزش‌های زبانی خیلی بالا، بالا، رضایت بخش، پایین و خیلی پایین استفاده شده است. همچنین ارزش‌های زبانی خیلی خوب، خوب، معمولی، بد و خیلی بد برای شاخص‌های اکولوژیکی و انسانی استفاده شده است. توسعه‌ی پایدار شهری نیز بر اساس ارزش‌های زبانی بی‌نهایت پایین، خیلی پایین، پایین، نسبتاً پایین، متوسط، نسبتاً بالا، بالا، خیلی بالا و بی‌نهایت بالا اندازه‌گیری شده است.

هر متغیر زبانی با استفاده از یک تابع عضویت^۶ به صورت یک مجموعه‌ی فازی نمایش داده می‌شود. تابع عضویت منحنی‌ای است که نحوه‌ی نگاشت هر نقطه از فضای ورودی را به یک مقدار عضویت (درجه‌ی عضویت) بین ۰ و ۱ تعریف می‌کند (کیا، ۱۳۸۹). توابع عضویت به اشکال مختلفی از جمله مثلثی، دوزنقه‌ای، گوسی (نرمال) وجود دارند.

مهم‌ترین مرحله در منطق فازی، مرحله‌ی استنتاج فازی است. در این مرحله می‌توان متغیرهای ورودی فازی شده را با استفاده از قواعد "اگر-آنگاه" فازی با هم ترکیب کرد تا متغیر خروجی محاسبه گردد. به عنوان مثال "اگر متغیر ورودی اول قوی و متغیر ورودی دوم ضعیف باشد آنگاه متغیر خروجی، متوسط خواهد بود". استنتاج فازی با کمک پایگاه قواعد صورت می‌گیرد. تعداد قواعد مورد نیاز جهت استنتاج فازی برابر با تعداد مجموعه‌ی فازی به توان تعداد ورودی‌هاست. مثلاً اگر تعداد مجموعه‌ی فازی ۳ باشد (قوی، متوسط، ضعیف) و تعداد متغیرهای ورودی نیز ۳ باشد (فشار، وضعیت، پاسخ)، تعداد قواعد مورد نیاز ۲۷ قاعده خواهد بود. جدول شماره‌ی (۲) و شماره‌ی (۳) به ترتیب پایگاه قواعد مورد نیاز جهت محاسبه‌ی شاخص‌های ثانویه و شاخص پایداری کل را نشان می‌دهند.^۷

^۱ آمار مربوط به شهرهای اهواز، شیراز، اصفهان، مشهد، تهران و اهواز از سالنامه‌ی آماری-استانی سال ۱۳۸۶ و آمار مربوط به شهر تبریز از سالنامه‌ی آماری-استانی سال ۱۳۸۵ جمع‌آوری شده است. علت انتخاب چنین شهرهایی نیز محدودیت آماری بوده است. همچنین محاسبات نیز با استفاده از نرم افزار مطلب، نسخه‌ی ۷ انجام شده است.

^۲ -Hincu

^۳ -Phillis

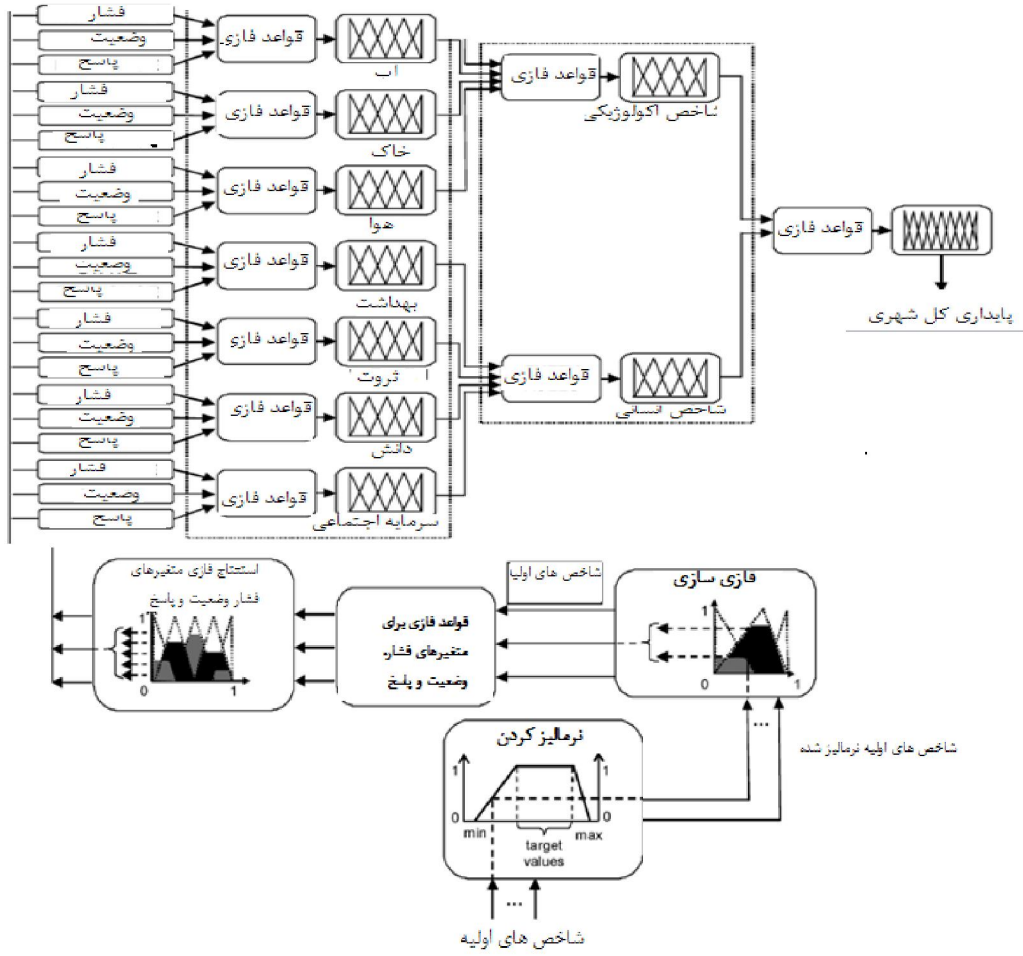
^۴ - برنامه‌ی نرمالیز سازی نزد نویسندگان موجود می‌باشد.

^۵ Linguistic Variable

^۶ Membership Function

^۷ جدول قواعد زبانی مورد نیاز جهت محاسبه‌ی شاخص انسانی، شامل ۸۱ قاعده می‌باشد که به دلیل محدودیت فضا ارایه نشده است.

شکل (۴) - ساختار روش منطق فازی سلسله مراتبی



مأخذ: فیلیس و همکاران (Phillis et al, 2011) با کمی تعدیلات

جدول ۱- شاخص های اولیه

شاخص ثانویه	فشار، وضعیت، پاسخ	شاخص اولیه
آب	فشار	رشد جمعیت
	وضعیت	متر مکعب فروش آب به ازاء هر نفر
	پاسخ	تعداد انشعاب فاضلاب به ازاء هر ۱۰۰ نفر
خاک	فشار	رشد جمعیت- میزان کود شیمیایی مصرف شده به ازاء هر هکتار زمین مورد بهره برداری
	وضعیت	میزان تناژ زباله‌ی حمل شده به ازاء هر نفر
	پاسخ	تراکم جمعیت شهری - متر مربع پارک عمومی به ازاء هر نفر
هوا ^۱	فشار	متر مکعب مصرف فرآورده‌های نفتی به ازاء هر متر مربع مساحت شهر
	پاسخ	متر مربع پارک عمومی به ازاء هر نفر
	فشار	میزان جرایم (تعداد پرونده‌های مختومه به ازاء هر نفر)
سرمایه‌ی اجتماعی	وضعیت	تعداد کتابخانه‌ی عمومی و سینما به ازاء هر ۱۰۰ هزار نفر
	پاسخ	تعداد اماکن متبرکه‌ی اسلامی به ازاء هر ۱۰۰ هزار نفر
	فشار	نرخ بیکاری- متوسط هزینه‌ی خانوار شهری
رفاه (ثروت)	وضعیت	متوسط درآمد خانوار شهری- ضریب جینی
	پاسخ	شاخص سرانه‌ی سرمایه‌گذاری واحدهای فعال اقتصادی ^۲
	فشار	میزان مرگ و میر به ازاء هر ۱۰۰ نفر
بهداشت	وضعیت	تعداد ایمن‌سازی در برابر سرخک به ازاء هر ۱۰ نفر
	پاسخ	تعداد تخت بیمارستان و تعداد پزشکان به ازاء هر ۱۰۰۰ نفر
	فشار	نرخ بیکاری
دانش	وضعیت	تعداد فارغ التحصیلان مقطع متوسطه به ازاء هر ۱۰۰۰ نفر جمعیت ۶ ساله و بیشتر- تعداد آموزش دیدگان فنی و حرفه‌ای به ازاء هر ۱۰۰۰ نفر جمعیت ۶ ساله
		و بیشتر- نرخ باسوادی
	پاسخ	مخارج آموزشی به ازاء هر نفر

^۱ از میزان دی اکسید کربن یا گازهای گلخانه‌ای موجود در هوا می‌توان به عنوان شاخص وضعیت هوا استفاده کرد. (در سطح شهرستان موجود نیست).

^۲ این شاخص برگرفته از گزارش وزارت صنایع و معادن (۱۳۸۷) می‌باشد.

جدول ۲- پایگاه قواعد زبانی شاخص های ثانویه

متغیر خروجی ^۱	متغیرهای ورودی		
اگر فشار	و وضعیت	و پاسخ	آنگاه نتیجه می شود
قوی	قوی	قوی	خیلی بالا
قوی	قوی	متوسط	بالا
قوی	قوی	ضعیف	بالا
قوی	متوسط	قوی	بالا
قوی	متوسط	متوسط	بالا
قوی	متوسط	ضعیف	رضایت بخش
قوی	ضعیف	قوی	بالا
قوی	ضعیف	متوسط	رضایت بخش
قوی	ضعیف	ضعیف	بد
متوسط	قوی	قوی	بالا
متوسط	قوی	متوسط	بالا
متوسط	قوی	ضعیف	رضایت بخش
متوسط	متوسط	قوی	بالا
متوسط	متوسط	متوسط	رضایت بخش
متوسط	متوسط	ضعیف	بد
متوسط	ضعیف	قوی	رضایت بخش
متوسط	ضعیف	متوسط	بد
متوسط	ضعیف	ضعیف	خیلی بد
ضعیف	قوی	قوی	بالا
ضعیف	قوی	متوسط	رضایت بخش
ضعیف	قوی	ضعیف	بد
ضعیف	متوسط	قوی	رضایت بخش
ضعیف	متوسط	متوسط	بد
ضعیف	متوسط	ضعیف	خیلی بد
ضعیف	ضعیف	قوی	بد
ضعیف	ضعیف	متوسط	خیلی بد
ضعیف	ضعیف	ضعیف	خیلی بد

ماخذ: کولومپیس و همکاران^۲ (۲۰۰۸)

^۱ - متغیر خروجی در این مقاله شامل شاخص آب، خاک، هوا، دانش، بهداشت، سرمایه ی اجتماعی یا رفاه می باشد.

^۲ -Kouloumpis et al

جدول ۳- پایگاه قواعد زبانی شاخص توسعه پایدار شهری

شاخص انسانی ←	خیلی بد	بد	معمولی	خوب	خیلی خوب
شاخص اکولوژیکی ↓	خیلی بد	خیلی پایین	پایین	نسبتاً پایین	متوسط
	بد	پایین	نسبتاً پایین	متوسط	نسبتاً بالا
	معمولی	پایین	متوسط	نسبتاً بالا	بالا
	خوب	نسبتاً پایین	متوسط	بالا	خیلی بالا
	خیلی خوب	متوسط	نسبتاً بالا	خیلی بالا	بی نهایت بالا

ماخذ : کولومپیس و همکاران (۲۰۰۸)

متغیر خروجی به دست آمده با استفاده از قواعد استنتاج فازی، باید فازی زدایی گردد. در واقع، فازی زدایی، آخرین مرحله از روش منطق فازی است. در این مرحله، درجه ی عضویت به یک مقدار واحد قطعی تبدیل می گردد. برای فازی زدایی، چندین روش وجود دارد که فرمول مرکز ثقل^۱ پرکاربردترین آن هاست. با استفاده از این روش، مقدار پایداری کل به صورت زیر به دست می آید:

$$Def(T_{OSUS}) = \frac{\sum_j y_j \cdot \mu_{T_{OSUS}}(y_j)}{\sum_j \mu_{T_{OSUS}}(y_j)} \quad (1)$$

که در آن y_j ارزش j امین عضو مجموعه ی فازی T_{OSUS} (توسعه ی پایدار کل) و $\mu_{T_{OSUS}}(y_j)$ ، درجه ی عضویت j امین عضو مجموعه ی فازی T_{OSUS} است (فیلیس و اندریان، ۲۰۰۱؛ ۴۴۴).

پس از انجام کلیه ی مراحل ذکر شده (فازی سازی، استنتاج فازی و فازی زدایی) به صورت سلسله مراتبی بر شاخص های اولیه ی موجود برای هر یک از کلان شهرهای ایران، شاخص های ثانویه، مؤلفه های پایداری و شاخص کل پایداری برای هر شهر محاسبه گردیده است. نتایج حاصل از این محاسبات به طور خلاصه در جداول (۴)، (۵) و (۶) آمده است.

رتبه بندی شهرها بر اساس شاخص های ثانویه ی مربوط به مؤلفه ی اکولوژیکی در جدول شماره ی (۴)، آمده است. بر اساس این جدول می توان گفت از لحاظ شاخص آب، پایدارترین شهر، تبریز و پس از آن با اختلاف ناچیزی شیراز قرار دارد. پس از شیراز، شهرهای اهواز، اصفهان، مشهد و تهران در رده های بعدی قرار دارند. از لحاظ شاخص های خاک و هوا، پایدارترین شهر، اصفهان می باشد. از لحاظ شاخص خاک، بعد از اصفهان، به ترتیب شهرهای تبریز، مشهد، تهران، شیراز و اهواز قرار دارند. از لحاظ شاخص هوا نیز، بدترین وضعیت مربوط به شهر تهران است. از لحاظ این شاخص همچنین، اهواز در رده دوم، تبریز در رده سوم، مشهد در رده چهارم و شیراز در رده پنجم قرار دارند. شاخص اکولوژیکی (بوم شناسی)، نیز که با توجه به سه شاخص آب، خاک و هوا محاسبه شده نشان می دهد که از لحاظ اکولوژیکی، پایدارترین شهرها، تبریز و اصفهان و سپس اهواز می باشد پس از آن ها، شیراز و مشهد در رده ی بعد اما تهران با اختلاف فاحشی در آخرین ردیف قرار گرفته است.

¹ -Center- Of- Gravity

جدول ۴- محاسبه شاخص های ثانویه و شاخص اکولوژیکی

شاخص اکولوژیکی (ECOS)	هوا	خاک	آب	شاخص ← شهر ↓
۰/۳۹۶۸	۰/۴۰۲۹	۰/۴۲۱۵	۰/۶۰۸۲	شیراز
۰/۷۳۴۳	۰/۷۷۲۹	۰/۷۰۲۱	۰/۴۷۱۷	اصفهان
۰/۳۸۹۲	۰/۴۲۸۱	۰/۵۷۳۱	۰/۳۷۸۷	مشهد
۰/۰۹۴۲	۰/۳۲۰۲	۰/۴۷۷۵	۰/۲۵۶۷	تهران
۰/۴۶۸۲	۰/۷۱۹۲	۰/۳۶۰۹	۰/۵۰۶۴	اهواز
۰/۷۴۲	۰/۶۲۸	۰/۵۹۴۹	۰/۶۴۴۳	تبریز

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول شماره ۵ (د)، نیز شاخص های ثانویه مربوط به مؤلفه های انسانی را نشان می دهد. براساس این جدول، از لحاظ شاخص های ثروت (رفاه) و بهداشت، شهر اهواز بهترین رتبه و از لحاظ شاخص دانش، تهران و اصفهان بهترین وضعیت را داشته اند. از لحاظ سرمایه اجتماعی نیز، بهترین رتبه متعلق به شیراز و بدترین رتبه متعلق به مشهد بوده است. بدترین رتبه ها از نظر شاخص ثروت شهر شیراز، شاخص بهداشت، شهر تهران، شاخص سرمایه اجتماعی، مشهد و شاخص دانش، شهر اهواز می باشد.

از لحاظ شاخص سرمایه اجتماعی، رتبه ای اهواز تقریباً با شیراز برابر بوده، اما شهرهای اصفهان، تبریز، تهران و مشهد در رده های بعدی قرار دارند. از لحاظ شاخص رفاه، شهرهای تبریز، مشهد و تهران نیز تقریباً در یک سطح و بعد از شهر اهواز قرار دارند. از لحاظ شاخص بهداشت، بعد از اهواز، سه شهر تبریز، اصفهان و شیراز قرار دارند که از لحاظ این شاخص، تقریباً در یک رده قرار گرفته اند. از لحاظ شاخص دانش نیز شهرهای تهران، تبریز، مشهد و اصفهان دارای وضعیت بهتری نسبت به شیراز و علی الخصوص نسبت به اهواز دارند. در مجموع، نتایج حاصل از محاسبه شاخص انسانی با استفاده از شاخص های ثانویه سرمایه اجتماعی، رفاه، بهداشت و دانش حاکی از آن است که از لحاظ شاخص مذکور، شهرهای اهواز، اصفهان، تبریز، شیراز، تهران و مشهد به ترتیب پایدارترین شهرهای کشور در سال ۱۳۸۶ می باشند.

جدول ۵- محاسبه شاخص های ثانویه و شاخص انسانی

شاخص انسانی (HUMS)	دانش	بهداشت	رفاه (ثروت)	سرمایه ی اجتماعی	شاخص ← شهر ↓
۰/۳۶۸۱	۰/۳۹۸۷	۰/۵۲۴۸	۰/۳۳۰۸	۰/۷۸۹۶	شیراز
۰/۶۱۸۲	۰/۵۸۹	۰/۵۷	۰/۵۵۹۹	۰/۵۱۶۹	اصفهان
۰/۱۷۴۹	۰/۵۵۲۹	۰/۳۵۴۵	۰/۳۸۵۵	۰/۱۴۴۵	مشهد
۰/۳۱۰۴	۰/۵۹۶۸	۰/۲۳۷۹	۰/۴۱۳۸	۰/۲۱۶۳	تهران
۰/۷۷۷۱	۰/۲۵۲۸	۰/۶۵۴۲	۰/۷۱۴۱	۰/۷۳۶۱	اهواز
۰/۴۲۳۳	۰/۵۴۹۱	۰/۵۸۸۳	۰/۴۰۵	۰/۳۷۶۵	تبریز

مأخذ: یافته های تحقیق

نتایج به دست آمده در جدول شماره ۶ (د)، نشان می دهد که پایدارترین و ناپایدارترین شهرهای ایران در سال ۱۳۸۶ و بر اساس شاخص های موجود، به ترتیب شهرهای اصفهان و تهران می باشند. پس از اصفهان شهرهای تبریز، اهواز، شیراز و مشهد در رده های بعدی قرار دارند.

جدول ۶- محاسبه شاخص توسعه ی پایدار شهری

رتبه	شاخص توسعه پایدار شهری (SUS)	شاخص انسانی (HUMS)	شاخص اکولوژیکی (ECOS)	شاخص شهر ↓
۴	۰/۴۱۶۴	۰/۳۶۸۱	۰/۳۹۶۸	شیراز
۱	۰/۷۴۸۴	۰/۶۱۸۲	۰/۷۳۴۳	اصفهان
۵	۰/۲۸۹۲	۰/۱۷۴۹	۰/۳۸۹۲	مشهد
۶	۰/۲۲۵۸	۰/۳۱۰۴	۰/۰۹۴۲	تهران
۳	۰/۶۰۸۹	۰/۷۷۷۱	۰/۴۶۸۲	اهواز
۲	۰/۶۴۳۷	۰/۴۲۳۳	۰/۷۴۲	تبریز

مأخذ: یافته های تحقیق

یادداشت: مقادیر ضخیم شده، بیشترین مقدار هر شاخص را نشان می دهد.

۴- جمع بندی و پیشنهادات

با ورود به هزاره ی جدید، یکی از بحث برانگیزترین سؤالات، چگونگی دستیابی به یک اقتصاد پایدار است. اقتصادی که بدون تخریب طبیعت و محیط زیست، به جامعه ی انسانی، مجال لذت از یک زندگی با کیفیت بالا را بدهد (فیلیس و اندریان^۱، ۲۰۰۱). اقبال روزافزون محققان، سیاستگذاران و برنامه ریزان جهان به بحث توسعه ی پایدار از یک سو و افزایش بی رویه ی جمعیت، تخریب محیط زیست، نابودی گونه های جانوری و استفاده ی بیش از حد از منابع طبیعی، ضرورت مطالعه در مورد توسعه ی پایدار در کشور به خصوص در سطح کلان شهرها را نشان می دهد تا بدین وسیله، نتایج مطالعات بتواند تا حد امکان برنامه ریزان شهری را در راه افزایش پایداری شهرها یاری دهد. از این رو هدف تحقیق حاضر، محاسبه ی کمی شاخص توسعه ی پایدار شهری در سطح ۶ کلان شهر تهران، مشهد، اصفهان، شیراز، تبریز و اهواز بوده است. بدین منظور به پیروی از فیلیس و اندریان (۲۰۰۱) و فیلیس و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از روش منطق فازی سلسله مراتبی (SAFE)، به این مهم پرداخته شده است. نتایج حاصل از محاسبات، حاکی از آن است که پایدارترین و ناپایدارترین شهرهای کشور در سال ۱۳۸۶ و با توجه به آمار موجود، به ترتیب شهرهای اصفهان و تهران، بوده اند.

برای دستیابی به توسعه ی پایدار شهری، سیاستگذاران باید دو هدف عمده را به طور همزمان در نظر داشته باشند: بهبود توسعه ی انسانی به منظور تأمین استانداردهای بالای زندگی و محافظت و بهبود محیط زیست برای استفاده ی نسل های حال و آینده. بدین منظور، سیاستگذاران به ابزاری نیاز دارند تا بتوانند عوامل تسریع کننده و همچنین موانع فرآیند توسعه ی پایدار را شناسایی نمایند (هینکو، ۲۰۱۱). همان طور که قبلاً اشاره گردید، با استفاده از روش SAFE می توان ابعاد مختلف توسعه ی پایدار را نیز اندازه گیری نمود. بنابراین به نظر می رسد این روش، ابزاری مناسب برای سیاستگذاران و برنامه ریزان پایداری باشد. در ادامه، با توجه به نتایج به دست آمده با بهره گیری از روش SAFE برای کلان شهرهای ایران، پیشنهادهایی ارائه شده است. ذکر این نکته ضروری است که این پیشنهادها به صورت کلی برای هر شهر مطرح شده، و پیشنهاد اجرایی برای آنها به تجزیه و تحلیل تخصصی، مجزا و ویژه ای نیاز دارد که خارج از هدف مقاله ی حاضر می باشد.

۱. با وجود این که کلان شهر اصفهان از لحاظ شاخص کل پایداری، رتبه اول را کسب نموده است، از لحاظ شاخص آب، به دلیل رشد بالای جمعیت و میزان بالای مصرف سرانه ی آب، در بین شهرهای کشور، رتبه ی چهارم را داراست. بنابراین پیشنهاد می شود که سیاستگذاران و مسئولین استانی برای حرکت به سمت توسعه ی پایدار در این شهر، به بحث رشد جمعیت و همچنین سرانه ی مصرف آب، اولویت بیشتری در برنامه های خود بدهند.

¹ -Phillis and Andriantiatsaholiniaina

۲. کلان‌شهر تبریز از لحاظ شاخص کل پایداری شهری، رتبه‌ی دوم، از لحاظ شاخص اکولوژیکی رتبه‌ی اول و از لحاظ شاخص انسانی رتبه‌ی سوم را کسب نموده است. بنابراین می‌توان گفت با وجود اینکه کلان‌شهر تبریز از نظر اکولوژیکی نسبت به سایر کلان‌شهرهای کشور، از وضعیت مناسب تری برخوردار است، اما از لحاظ شاخص انسانی به خصوص شاخص‌های ثانویه‌ی سرمایه اجتماعی و ثروت از وضعیت نسبتاً ضعیفی برخوردار است. از این رو پیشنهاد می‌گردد که سیاستگذاران و مسئولین استانی برای افزایش توسعه‌ی پایدار شهری، با افزایش تعداد کتابخانه‌ها، سینماها، مخارج سرانه‌ی آموزشی و کاهش جرایم، و..... به بهبود میزان سرمایه‌ی اجتماعی و رفاه مردم (و در نتیجه بعد شاخص انسانی توسعه‌ی پایدار شهری) این شهر کمک کنند.

۳. هر چند کلان‌شهر اهواز به عنوان سومین شهر پایدار کشور شناخته شده است، اما از لحاظ شاخص خاک (به دلیل بالا بودن میزان تناژ زباله‌ی حمل شده به ازاء هر نفر، همچنین بالا بودن رشد جمعیت) رتبه‌ی آخر را کسب نموده است. علاوه بر شاخص خاک، اهواز از لحاظ شاخص دانش نیز (به دلیل تعداد کم دانش‌آموختگان فنی و حرفه‌ای، تعداد کم دانش‌آموزان مقطع متوسطه و همچنین کم بودن نرخ باسوادی نسبت به سایر استان‌ها) در وضعیت بدتری قرار گرفته و در رده‌ی آخر قرار دارد. بنابراین به نظر می‌رسد وضعیت توسعه‌ی پایداری در کلان‌شهر اهواز با توجه بیشتر برنامه‌ریزان این شهر به آموزش، برنامه‌های تنظیم خانواده و برنامه‌های لازم مربوط به شاخص‌های اکولوژیکی، بهبود یابد.

۴. کلان‌شهر شیراز که تنها از لحاظ سرمایه‌ی اجتماعی توانسته است در بین سایر کلان‌شهرها رتبه‌ی اول را به خود اختصاص دهد، از لحاظ شاخص اکولوژیکی، شاخص انسانی و بالاخره شاخص کل پایداری شهری، از وضعیت خوبی برخوردار نیست. شیراز از لحاظ شاخص ثروت، بدترین رتبه را کسب نموده است. بنابراین به نظر می‌رسد برنامه‌ریزان شهر شیراز علاوه بر توجه جدی به بهبود شاخص‌های خاک، هوا، بهداشت و دانش، باید گام‌هایی اساسی در جهت کاهش بیکاری و افزایش سرمایه‌گذاری سرانه بردارند، تا بدین وسیله شاخص ثروت در این کلان‌شهر ارتقاء یابد.

۵. شهر مقدس مشهد، رتبه‌ی پنجم از لحاظ شاخص اکولوژیکی و رتبه‌ی ششم از لحاظ شاخص انسانی و در کل رتبه‌ی پنجم را کسب نموده است. داشتن بالاترین نرخ رشد جمعیت در بین کلان‌شهرهای کشور، کمبود فضای سبز، بالا بودن میزان جرایم، کم بودن تعداد کتابخانه‌ها، بالا بودن نابرابری درآمدی، کم بودن تخت بیمارستان و تعداد پزشکان نسبت به جمعیت، از برجسته‌ترین مشکلاتی است که می‌توان با بررسی شاخص‌های اولیه‌ی این کلان‌شهر، مشاهده نمود. بنابراین توصیه می‌گردد که سیاست‌ها و برنامه‌های پایداری در این کلان‌شهر، بیشتر معطوف به توسعه‌ی انسانی و اکولوژیکی گردد.

۶. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که ناپایدارترین کلان‌شهر کشور در سال ۱۳۸۶، کلان‌شهر تهران بوده است. این شهر علاوه بر داشتن بدترین وضعیت از لحاظ شاخص آب و بهداشت، فاصله‌ی چشمگیری نیز با سایر کلان‌شهرها از لحاظ شاخص هوا داشته است. لذا پیشنهاد می‌گردد سیاست‌ها و برنامه‌های پایداری این شهر در راستای بهبود شاخص‌های اولیه‌ی مصرف آب، انشعاب فاضلاب، تراکم جمعیت، مصرف فرآورده‌های نفتی به نسبت مساحت، تعداد جرایم، تعداد کتابخانه‌ها، متوسط هزینه‌ی خانوار، میزان واکسیناسیون، تعداد تخت بیمارستان و تعداد پزشک، باشد.

نکته آخر این که، نتایج حاصل از این مطالعه را به دلایل زیر باید با دیده احتیاط نگریست:

۱ - رتبه این کلان‌شهرها به صورت نسبی تعیین شده و امکان تغییر رتبه‌ها در صورت اضافه کردن اطلاعات سایر شهرهای کشور و همچنین اضافه کردن سایر اطلاعات (در صورت وجود) وجود دارد. بنابراین تهیه‌ی آمار لازم برای تعیین رتبه دقیق پایداری شهرها از اهمیت خاصی برخوردار است که به مسئولان شهری توصیه اکید در این زمینه می‌شود.

۲ - به دلیل فقدان اطلاعات لازم برای سال‌های اخیر، نتایج مطالعه‌ی حاضر تنها برای سال ۱۳۸۶ معتبر است و امکان تغییر این رتبه‌ها در سال‌های اخیر وجود دارد. بنابراین آرایه‌ی آمار به روز از طرف مسئولین، برای تصمیم‌سازی‌ها و تصمیم‌گیری‌های درست از اهمیت خاصی برخوردار است.

منابع

- امینی فسخودی، ع. کاربرد استنتاج منطق فازی در مطالعات برنامه‌ریزی و توسعه‌ی منطقه‌ای. مجله‌ی دانش و توسعه. شماره‌ی ۱۷. صص ۳۹-۶۱.
- رنانی، م. دلالی اصفهانی، ر. صمدی، ع. (۱۳۸۹). ارزیابی الگویی برای رشد اقتصادی ایران: برخی ملاحظات نهادی. مجله‌ی پژوهشنامه‌ی اقتصادی. شماره‌ی دوم. صص ۱۹۳-۲۱۵.
- سالنامه‌ی آماری استان‌های کشور. سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶.
- سرور، ر. م. موسوی. (۱۳۹۰). ارزیابی توسعه‌ی پایدار شهری استان آذربایجان غربی. فصلنامه‌ی علمی - پژوهشی انجمن جغرافیای ایران. سال نهم. شماره‌ی ۲۸. صص ۷-۲۸.
- شیخ الاسلامی، ع. کریمی، ب. اقبالی، ر. (۱۳۸۸). ارزیابی توسعه‌ی پایدار شهری کلان شهر شیراز. فصل‌نامه‌ی جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس. شماره‌ی ۲. صص ۳۱-۵۳.
- قاسمی، ع. محمودزاده، س. (۱۳۸۹). ارزیابی طرح‌های اقتصادی در شرایط عدم قطعیت. مجله‌ی تحقیقات اقتصادی. شماره‌ی ۹۳. صص ۸۳-۱۰۸.
- قرخلو، م. حسینی، ه. (۱۳۸۵). شاخص‌های توسعه‌ی پایدار شهری. مجله‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای. شماره‌ی هشتم. صص ۱۷۷-۱۵۷.
- کیا، س. منطق فازی در MATLAB. انتشارات کیان رایانه سبز. تهران: چاپ اول. ۱۳۸۹.
- وزارت صنایع و معادن، معاونت برنامه‌ریزی، توسعه و فن آوری. (۱۳۸۷). رده بندی استان‌های کشور از نظر توسعه یافتگی صنعتی و معدنی در سال ۱۳۸۶.

- Hincu D. (2011). Modelling The Urban Sustainable Development By Using Fuzzy Sets. Journal Of Theoretical and Empirical Researches In Urban Management. Vol, 6. Pp, 88-103.
- Kerk, G. V. D and A. Manuel. (2008). A Comprehensive Index For A Sustainable Society: The SSI-The Sustainable Society Index. Ecological Economics, Vol, 66. Pp, 228-242.
- Kouloumpis V. D., V. S. Kouikoglou and Y. A. Phillis. (2008). Sustainability Assessment Of Nations and Related Decision Making Using Fuzzy Logic. IEEE Systems Journal. Vol, 2. No, 2. Pp, 224-236.
- Liu, K.F.R. (2007). Evaluating Environmental Sustainability: An Integration Of Multiple-Criteria Decision-Making and Fuzzy Logic. Environmental Management. Vol, 39. No, 5. Pp, 721-736.
- Lui Y., D.He, S. Buchanan and J.Liu. (2009). Ecological Footprint Dynamic Of Yunnan China. Journal Of Mountain Science. Vol, 6. No, 3. Pp, 286-292.
- Mori K. and A.Christodoulou. (2011). Review Of Sustainability Indices and Indicators: Towards A New City Sustainability Index (CSI). Journal of Environmental Impact Assessment Review. Pp 1-13.
- Phillis Y. A., E. Grigoroudis and V. S. Kouikoglou. (2011). Sustainability Ranking and Improvement Of Countries. Journal Of Ecological Economics. Vol, 70. Pp, 542-553.
- Phillis Y. A. and L.A. Andriantiatsaholainaina. (2001). Sustainability: An Ill-Defined Concept and Its Assessment Using Fuzzy Logic. Journal Of Ecological Economics. Vol, 37. Pp, 435-456.
- Singh R. K., H. R. Murty, S. K. Gupta and A. K. Dikshit. (2009). An Overview Of Sustainability Assessment Methodologies. Journal Of Ecological Indicator. Vol, 2. Pp, 189-212.
- Srebotnjak T. and D. Esty. (2005). Measuring Up: Applying The Environmental Sustainability Index. YALE Journal Of International Affairs. Pp, 156-168.
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development, 1992. Environmental Indicators: A Preliminary Set. OECD, Paris.

Measuring of urban development sustainability with SAFE method : The case of some metropolitans of IRAN

Dr. Ali Hossein Samadi¹

Sakine Oujimehr²

Abstact

The urban development sustainability is a subject of interest for regional policy makers and planners, so introducing a certain approach for measuring it, is very important. In this paper, we compares the several approaches have been proposed to test sustainability, and propose the suitable approach for measuring urban development sustainability. Then, we measure urban development sustainability index for 6 metropolitans of IRAN . The results of comparing several approaches show that SAFE model is the best. The SAFE model compared to the aforementioned approaches appears to be quite holistic in that it uses a balanced representation of environmental, social, economical and political aspects. The results of measuring urban development sustainability, indicate that the most sustainable metropolitan of IRAN in 1386, is Esfahan.

Key words: sustainability, urban development sustainability, SAFE model

¹ Assistant Professor in Economics ,University of Shiraz , Shiraz, Iran- Corresponding Author (asamadi@rose.shirazu.ac.ir).

²Master of science in Economics ,University of Shiraz , Shiraz, Iran.