مدیریت شهری
ویژه‌نامه شماره بهار و تابستان ۱۳۹۰
۱۶۷-۱۸۲
زمان دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۲/۲۱ زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۰/۶/۱۳

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

علی حسین صمدی* - استادیار گروه اقتصاد دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
سکینه اوجی مهر - کارشناس ارشد گروه اقتصاد دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

چکیده
توسعه پایدار شهری موضوعی جذاب برای سیاستگذاران و برنامه ریزان منطقه ای محسوب می‌شود، بنابراین انتخاب روش و ابزار مناسب به منظور اندازه گیری کمّی آن، از اهمیت بالایی برخوردار است. از این رو هدف مقاله حاضر، بررسی و مقایسه ی روش‌های مختلف محاسبه شاخص پایداری، انتخاب روش مناسب جهت محاسبه شاخص توسعه پایدار شهری و اندازه‌گیری شاخص توسعه پایدار شهری برای ۶کلان شهر تهران، مشهد، اصفهان، شیراز، تبریز و اهواز است. نتایج حاصل از مقایسه ی روش‌های مختلف حاکی از آن است که بهترین و جامع‌ترین 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 می‌توان درجه شاخص توسعه پایدار شهری را بر حسب اعداد ۰ تا ۱ مشخص نمود. نتایج حاصل از محاسبات صورت گرفته نیز نشان می‌دهد که در بین کلان شهرهای ایران در سال ۱۳۸۶، پایدارترین و ناپایدارترین شهرها، به ترتیب شهرهای اصفهان و تهران می‌باشد.
واژگان کلیدی: پایداری، شاخص‌های پایداری، توسعه پایدار شهری، سیستم استنتاج فازی سلسله مراتبی.

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

Abstract: The urban development sustainability is a subject of interest for regional policy makers and a planner, so introducing certain approached 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

* نویسنده مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۱۷۷۱۰۰۴۴۵، رایانامه: asamadi@rose.shirazu.ac.ir

www.SID.ir

مقدمه

مفهوم «**توسعه پایدار**» نخستین بار در «**مجمع برانتلند**»[1] مطرح گردید و در «**کنفرانس زمین**»[2] در ریو[3] (۱۹۹۲) به طور بین‌المللی پذیرفته شد (لو و همکاران[4]، ۲۰۰۹). قابل قبولترین تعریف از توسعه پایدار، تعریفی است که در گزارش برانتلند ارایه شده است. طبق این گزارش، توسعه 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[5]، ۲۰۱۱). **وقتی صحبت از توسعه‌ی پایدار می‌شود، چهار مؤلفه اساسی برای آن مدنظر است: «مؤلفه رشد، مؤلفه توزیع، مؤلفه زیست‌محیطی و مؤلفه نهادی»** (رنانی و همکاران، ۱۳۸۹).

بدون شک بحث از پایداری و توسعه پایدار بدون توجه به شهرها و شهر نشینی، بی‌معنی خواهد بود. شهرها به عنوان عامل اصلی ایجادکننده ناپایداری در جهان به شمار می‌روند و در واقع پایداری شهری و پایداری جهانی هر دو مفهومی‌واحد هستند. بر این اساس و با توجه به پیچیدگی ذاتی شهرها و ابعاد مختلف تأثیرگذاری آنها، شناخت عوامل اصلی و کلیدی در جهت دستیابی به پایداری شهری ضروری به نظر می‌رسد (قرخلو و حسینی، ۱۳۸۵). درکشورهای 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 می‌رسدکه 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 توسعه پایدار، می‌تواند برنامه ریزان را در جهت تخصیص بهینه منابع یاری نماید. اما با وجود این‌که امروزه توسعه پایدار تقریباً به یک هدف جهانی تبدیل شده است، هنوز یک معیار اندازه گیری مشترک برای دستیابی به سیاست‌های کاربردی وجود ندارد (فیلیس و اندریان، ۲۰۰۱). در تحقیق حاضر سعی بر این است تا ضمن مرور شاخص‌های مختلف توسعه ی پایدار و توسعه‌ی پایدار شهری، با استفاده از «**روش استنتاج فازی**»[6] (SAFE)، شاخص توسعه پایدار شهری در ۶کلان شهر ایران (تهران، مشهد، اصفهان، تبریز، شیراز و اهواز) محاسبه و از لحاظ ابعاد مختلف پایداری مورد تجزیه و تحلیل قرارگیرد.

با وجود اینکه مطالعات زیادی در داخل کشور با محوریت توسعه‌ی پایدار و توسعه پایدار شهری صورت گرفته است، شاخص توسعه پایدارشهری (بر اساس اطلاعات نویسندگان) فقط در مطالعه «**سرور و موسوی**» (۱۳۹۰)، به طورکمّی محاسبه و شهرستان‌های استان آذربایجان غربی از لحاظ برخورداری از شاخص‌های توسعه رتبه‌بندی شده‌اند.[7] این در حالی است که سایر مطالعات موجود، فقط ابعاد نظری توسعه پایدار را بررسی نموده‌اند. از این رو وجوه تمایز مطالعه‌ی حاضر با سایر مطالعات انجام شده در داخل کشور، عبارت است از

- معرفی و توضیح انواع روش‌های محاسبه‌ی توسعه‌ی پایدار و توسعه‌ی پایدار شهری،
- محاسبه‌کمّی توسعه‌ی پایدار شهری و ابعاد مختلف آن با بهره‌گیری از روش SAFE،
- رتبه بندی کلان شهرهای کشور از لحاظ شاخص توسعه پایدار شهری و ابعاد آن (در سال ۱۳۸۶).

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

1. Brundtland
2. Earth Summit
3. Rio
4. Lu et al
5. Mori and Christodoulou
6. Sustanabilty Assessment By Fuzzy Evaluation

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

Archive of SID
www.SID.ir

ـ مروری بر شاخص‌های توسعه‌ی پایدار و توسعه‌ی پایدار شهری

از دهه ۱۹۹۰ تاکنون با توجه به اهمیت روز افزون توسعه 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 پرکاربردترین این شاخص‌ها به اختصار توضیح داده شده است.

- روش ردپای اکولوژیکی[8](EF)

این روش در دهه ۱۹۹۰ توسط محققانی چون «**واکرانگل**»[9] (۱۹۹۱)، «**ریز**»[10] (۱۹۹۲)، «**واکرانگل و ریز**» (۱۹۹۶) و «**فولک و همکاران**»[11] (۱۹۹۷) مطرح و امروزه، در مطالعات مختلف تغییرات بسیاری نموده و به عنوان یک معیار برای توسعه‌ی پایدار شناخته شده است (لو و همکاران[12]، ۲۰۰۹).

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

- چارچوب فشار- وضعیت- پاسخ [13](PSR)

در نشست کشورهای عضو «**سازمان توسعه و همکاری اقتصادی**»[14] (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 علیّت ارایه شده است و این‌گونه توصیف می‌شود: فعالیت‌های انسان بر محیط زیست فشار وارد کرده (فشار) وکمیت وکیفیت منابع طبیعی آن را تغییر می‌دهد (وضعیت) و جامعه به این تغییرات با اعمال سیاست‌های زیست محیطی و اقتصادی عکس العمل نشان می‌دهد (پاسخ).

- روش میزان سنج یا پارامتر پایداری[15]

این الگوکه توسط «**اتحادیه بین المللی حفاظت از طبیعت**»[16] (IUCN) معرفی شده، ابزاری بصری برای اندازه‌گیری پایداری است. بر اساس این الگو پایداری هر کشور دارای دو مؤلفه‌ی اصلی است؛ «بهبود اکوسیستم»[17] و «بهبود زندگی انسان»[18]. آب، هوا، خاک، جانوران و منابع مورد استفاده از زیر شاخص‌های بهبود اکوسیستم و بهداشت، تحصیلات، بیکاری، فقر، درآمد و جرم از زیر شاخصهای بهبود زندگی هستند.[19]

- شاخص پایداری محیط زیست[20](ESI)

شاخص (ESI) که اولین بار در سال ۲۰۰۰ منتشر گردید، شاخصی است که بر اساس مفاهیم توسعه پایدار ساخته

8. Ecological Footprint
9. Wackernagle
10. Rees
11. Folke et al
12. Lu et al
13. Pressure- State- Response
14. Organization For Economic Co- Operation and Development
15. Barameter Of Sustainability
16. International Union For The Conservation Of Nature
17. Ecosystem Well-Being
18. Human Well-Being

۱۹. زیر شاخص‌های بهبود اکوسیستم بر اساس ۵۱ متغیر و زیر شاخص‌های بهبود زندگی بر اساس ۳۶ متغیر محاسبه می‌شوند، طوری که تمامی ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را پوشش می‌دهند (Mori and Christodulou,2011;7) هر شاخص در فاصله ی ۰ تا ۱۰۰ مقیاس بندی شده طوری‌که ۰ بدترین وضعیت و ۱۰۰ بهترین وضعیت را نشان می‌دهد (Phillis et al, 2011;542).

20. Environmental Sustainability Index

Archive of SID
www.SID.ir

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 چالش‌های مختلف کشورها درباره محیط زیست را منعکس می‌نمایند.[۲۱]

- شاخص جامعه پایدار[۲۲] (SSI)

«**کرک و مانویل**»[۲۳](۲۰۰۸)، با اضافه نمودن ملاحظات اجتماعی زندگی انسان به تعریف ارائه شده توسط مجمع برانتلند، شاخص جامعه‌پایدار را معرفی نموده‌اند. این محققان برای ساختن شاخص مذکور، ۲۲ زیر شاخص را به ۵ گروه تقسیم کرده‌اند.[۲۴] به منظور محاسبه 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 پایدار به روش الگوی تصمیم گیری‌های چند معیاره[۲۵] (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 برنامه‌ریزی به عنوان گزینه‌ها و شاخص‌ها یا عوامل دخیل در برنامه‌ریزی به عنوان معیارها خواهد بود (امینی فسخودی، ۱۳۸۴).

از الگوی برنامه ریزی MCDM، به طور وسیعی به عنوان روشی برای ارزیابی پایداری محیط زیست استفاده شده است (لیو[۲۶]، ۲۰۰۷). سرور و موسوی (۱۳۹۰) نیز با بهره‌گیری از این الگو، شهرستان‌های استان آذربایجان غربی را براساس برخورداری از شاخص‌های توسعه رتبه‌بندی نموده‌اند. این محققان از ۵۰ شاخص جمعیتی، اجتماعی، اقتصادی، بهداشتی- درمانی، زیر بنایی، حمل و نقل 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

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

22. Sustainable Society Index
23. Kerk and Manuel

۲۴. این ۵ گروه (شاخص‌های اصلی) عبارتند از: ۱- توسعه ی فردی (شامل متغیرهای زندگی سالم، غذای کافی، نوشیدنی کافی، بهداشت، فرصت‌های 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 همکاری‌های بین المللی).

25. Multi Criteria Decision Making
26. Liu

Archive of SID
www.SID.ir

ارزیابی پایداری محیط زیست پرداخته است (فیلیس و همکاران، ۲۰۱۱).

- ارزیابی پایداری به روش سنجش فازی[27] (SAFE)

اندازه‌گیری توسعه پایدار با استفاده از روش فازی، در ابتدا توسط «**فیلیس و اندریان**»[28] (۲۰۰۱) معرفی شده و سپس توسط «**اندریان و همکاران**»[29] (۲۰۰۴)، «**کولومپیس و همکاران**»[30] (۲۰۰۸) و «**فیلیس و کوکوگلو**»[31] (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[32]، 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[33]

این شاخص اولین بار توسط «**آتکینسون و همکاران**»[34] (۱۹۹۷) و برای ارزیابی توسعه‌ی پایدار شهری اُرلاندوی[35] فلوریدا طراحی شد. این محققان به منظور محاسبه‌ی شاخص پایداری از شاخص‌هایی که در ۴ گروه «**طبیعت، اقتصاد، جامعه و بهبود زندگی**»[36] دسته‌بندی شده‌اند، استفاده نموده‌اند. در این روش شاخص‌ها بین ۰ تا ۱۰۰ مقیاس‌بندی شده و تمامی شاخص‌ها دارای وزنهای مساوی هستند (سین و همکاران[37]، ۲۰۰۹)

- شاخص پایداری شهری[38] (USI)

شاخص پایداری شهری (USI) توسط «**زانگ**»[39] (۲۰۰۲) و بر پایه ۲۲ شاخص در سطح ناحیه شهری چین ارایه شده است. متغیرها با استفاده از «**روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی**»[40] (AHP)، موزون می‌شوند. پایداری کل شهری مشتمل بر ۳ بُعد «**موقعیت شهر**»، «**تناسب شهر**»[41] و «**پتانسیل شهر**» می‌باشد. این ابعاد در برگیرنده‌ی ۳ نکته‌ی کلیدی درباره‌ی پایداری شهری هستند: ظرفیت توسعه‌ی شهری، ظرفیت تناسب (هماهنگی) شهری و پتانسیل توسعه‌ی شهری. مقدار شاخص USI از جمع وزنی مقادیر ۳ مؤلفه‌ی پایداری شهری و مقدار هر یک از این ۳ مؤلفه نیز از مجموع وزنی مقادیر زیر شاخص‌های پایداری به دست می‌آید. مقدار شاخص توسعه‌ی پایدار شهری محاسبه شده، بین ۰ تا ۱ تغییر می‌کند (سین و همکاران[42]، ۲۰۰۹).

- شاخص توسعه‌ی پایدار شهری با استفاده از منطق فازی

«**هینکو**»[43] (۲۰۱۱)، به دلیل مفهوم چند بعدی، نامطمئن و مبهم توسعه‌ی پایدار شهری، به پیروی از «**فیلیس و اندریان**»[44] (۲۰۰۱) و با استفاده از روش SAFE به محاسبه شاخص توسعه‌ی پایدار شهری پرداخته است. در مطالعه‌ی وی، پایداری شهری دارای دو جنبه‌ی اصلی «**پویایی‌های هموار**»[45] (SD) و «**ملاحظات مثبت رشد**»[46] (PG) می‌باشد که مؤلفه‌های اصلی پایداری کل شهری می‌باشند. هر یک از این مؤلفه‌ها به ابعاد مختلف پایداری یعنی «**وضعیت موجود**»[47] (STA)، «**پتانسیل آشکار**

27. Sustainability Assessment By Fuzzy Evaluation
28. Phillis and Andriantiatsaholiniaina
29. Andriantiatsaholiniaina et al
30. Kouloumpis et al
31. Phillis and Kouikoglou
32. Phillis et al
33. Compass Index Of Sustainability
34. Atkinson et al
35. Orlando
36. Well-Being
37. Singh et al
38. Urban Sustainability Index
39. Zhang
40. Analytical Hierarchy Process
41. Urban Coordination
42. Singh et al
43. Hincu
44. Phillis and Andriantiatsaholiniaina
45. Smooth Dynamics
46. Positive Growth Prospects
47. Current Status

Archive of SID
www.SID.ir

شـده»[48](POT) و «**پاسخ‌های مشتق شده**»[49](RES) بستگی دارند.[50]

– انتخاب روش مناسب جهت محاسبه‌ی توسعه‌ی 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 محاسبه‌ی پایداری، لحاظ شود. به عبارت دیگر می‌توان گفت به دلیل ماهیت مبهم و مفهوم پیچیده‌ی پایداری، تعریف و اندازه‌گیری آن مشکل است. از این رو به نظر می‌رسد منطق فازی به دلیل توانایی در الگوسازی و داشتن روش سیستماتیک برای استفاده از موقعیت‌های مبهم (شرایطی که ریاضیات سنتی در برابر آن ناکارآست) و همچنین قدرت استفاده از زبان طبیعی و ارزش‌های زبانی، ابزار مناسبی جهت محاسبه‌ی پایداری باشد (فیلیس و اندریان[51]، ۲۰۰۱). بنابراین در مقاله‌ی حاضر به پیروی از فیلیس و اندریان (۲۰۰۱) و فیلیس و همکاران (۲۰۱۱)، از روش سیستم استنتاج فازی (SAFE) برای محاسبه‌ی توسعه‌ی پایدار شهری استفاده می‌گردد.

روش SAFE، شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با سایر الگوهای پایداری دارد. این روش به دلیل استفاده از روش فشار ـ وضعیت ـ پاسخ (PSR) در دسته‌بندی متغیرها، در واقع دربرگیرنده‌ی چارچوب پیشنهادی توسط OECD است. در روش SAFEنیز مانند شاخص پایداری شهری (USI)، شاخص فراگیر پایداری، شاخص جامعه‌ی پایدار (SSI)، شاخص پایداری محیط زیست (ESI) و روش سنجش پایداری، در نهایت یک شاخص پایداری به صورت کمّی محاسبه می‌گردد. اما در بین این روش‌ها به نظر می‌رسد روش SAFE و روش پارامتر پایداری کامل‌ترین الگوها در استفاده از شاخص‌های زیست محیطی و اجتماعی می‌باشند. 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 درنظرگرفتن یک قطعه زمین و محاسبه‌ی شاخص پایداری، یک جمعیت مشخص با سطح مصرف معین در نظرگرفته 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 تصمیم گیرنده با موزون کردن شاخص‌های پایداری، فشرده شده و سیاستی ارایه گردد که بتواند پایداری را ارتقاء بخشد (فیلیس، ۲۰۱۱).

«**هینکو**» (۲۰۱۱)، نیز با استفاده از روش استنتاج فازی به محاسبه‌ی شاخص توسعه‌ی پایدار شهری پرداخته است. هر چند 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**»[52] (۲۰۰۲)، محاسبه‌ی توسعه‌ی پایدار شامل دو مرحله است:

۱. **در مرحله‌ی اول، اندازه‌ی هر یک از ابعاد در نظر گرفته شده برای توسعه‌ی پایدار محاسبه می‌گردد و**

۲. **در مرحله‌ی دوم، شاخص کل پایداری به دست می‌آید** (سین و همکاران[53]، ۲۰۰۹).

در مطالعه‌ی فیلیس و اندریان (۲۰۰۱) و فیلیس و همکاران (۲۰۱۱)، با محاسبه‌ی ۸ شاخص ثانویه 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

48. Evolving Potential
49. Driven Responses
۵۰. برای مطالعه ی بیشتر در مورد نحوه محاسبه شاخص پایداری شهری به هینکو (Hincu، ۲۰۱۱) مراجعه نمایید.
51. Phillis and Andriantiatsaholiniaina
52. Warhurst
53. Singh et al

Archive of SID
www.SID.ir

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 جاکه 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 نظرگرفته 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.

ـ 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. برخلاف دیگران که معتقدند باید تقریب‌ها را دقیق‌تر کرد تا بهره وری 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**[۵۴]، ۲- **استنتاج فازی**[۵۵]، ۳- **فازی زدایی (غیر فازی سازی)**[۵۶]. 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 قرارگرفته و سپس غیرفازی می‌گردد. متغیر خروجی در این مرحله، یک شاخص ثانویه (آب، خاک، هوا، بهداشت، دانش، سرمایه‌ی اجتماعی، ثروت یا رفاه) است. این رویه برای محاسبه ی تمامی شاخص‌های ثانویه تکرار می‌گردد. در مرحله ی 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 بهره گیری از روش SAFE، شاخص توسعه ی پایدار شهری در ۶کلان شهر ایران یعنی شهرهای تهران، مشهد، اصفهان، تبریز، شیراز و اهواز محاسبه و از لحاظ ابعاد مختلف پایداری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است[۵۷]. جدول شماره ۱، شاخص‌های اولیه مورد استفاده در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد. شاخص‌های مذکور با توجه به مطالعات «**هینکو**» (۲۰۱۱) و فیلیس و همکاران (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[۵۸]

54. Fuzzyfication
55. Making Inferences
56. Defuzzyfication

۵۷. آمار مربوط به شهرهای شیراز، اصفهان، مشهد، تهران و اهواز از سالنامه ی آماری- استانی سال ۱۳۸۶ و آمار مربوط به شهر تبریز از سالنامه ی آماری استانی سال ۱۳۸۵ جمع آوری شده است. علت انتخاب چنین شهرهایی نیز محدودیت اماری بوده است. همچنین محاسبات نیز با استفاده از نرم افزار مطلب، نسخه ی ۷ انجام شده است.

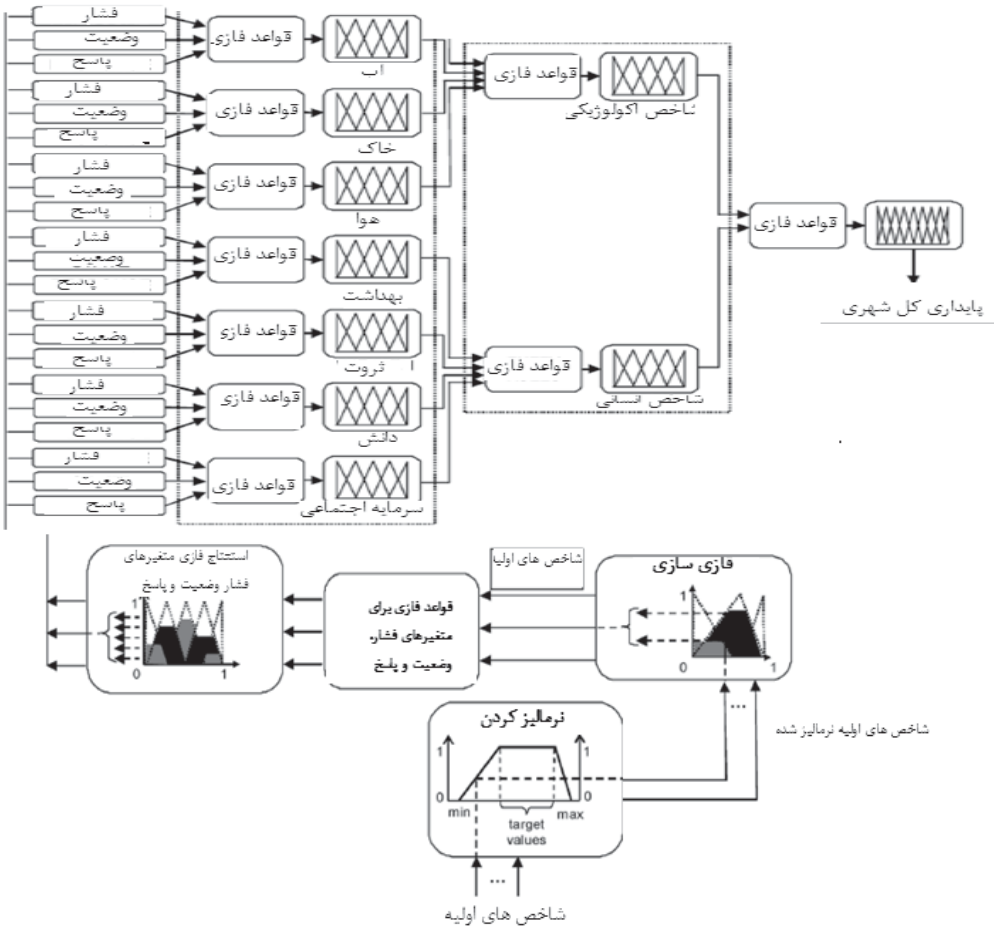
۵۸ . برنامه نرمالیز سازی نزد نویسندگان موجود می‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

می‌شوند. فازی‌سازی به معنای تبدیل متغیرهای ورودی به متغیرهای زبانی[59] است. متغیر زبانی متغیری است‌که ارزش آن به صورت صفات کمّی مانند «خوب، بد، معمولی و غیره» 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 بی نهایت پایین، خیلی پایین، پایین، نسبتاً پایین، متوسط، نسبتاً بالا، بالا، خیلی بالا و بی نهایت بالا اندازه‌گیری شده است.

هر متغیر زبانی با استفاده از یک تابع عضویت[60] به صورت یک مجموعه‌ی فازی نمایش داده می‌شود. تابع عضویت منحنی‌ای است‌که نحوه‌ی نگاشت هر نقطه از فضای ورودی را به یک مقدار عضویت (درجه ی عضویت) بین ۰ و ۱ تعریف می‌کند (کیا، ۱۳۸۹). توابع عضویت به اشکال مختلفی از جمله مثلثی، ذوزنقه ای، گوسی (نرمال) وجود دارند.

مهم‌ترین مرحله در منطق فازی، مرحله‌ی استنتاج فازی



شکل ۴. ساختار روش منطق فازی سلسله مراتبی؛ مأخذ: فیلیس و همکاران (Phillis et al, 2011) با کمی تعدیلات.

59. Linguistic Variable
60. Membership Function

www.SID.ir

جدول ۱. شاخص‌های اولیه؛ ماخذ: یافته‌های تحقیق.

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[۶۱]	فشار	متر مکعب مصرف فرآورده‌های نفتی به ازاء هر متر مربع مساحت شهر
	پاسخ	متر مربع پارک عمومی به ازاء هر نفر
سرمایه ی اجتماعی	فشار	میزان جرایم (تعداد پرونده‌های مختومه به ازاء هر نفر)
	وضعیت	تعداد کتابخانه‌ی عمومی و سینما به ازاء هر ۱۰۰ هزار نفر
	پاسخ	تعداد اماکن متبرکه اسلامی به ازاء هر ۱۰۰ هزار نفر
رفاه (ثروت)	فشار	نرخ بیکاری، متوسط هزینه‌ی خانوار شهری
	وضعیت	متوسط درآمد خانوار شهری، ضریب جینی
	پاسخ	شاخص سرانه‌ی سرمایه گذاری واحدهای فعال اقتصادی[۶۲]
بهداشت	فشار	میزان مرگ و میر به ازاء هر ۱۰۰ نفر
	وضعیت	تعداد ایمن‌سازی در برابر سرخک به ازاء هر ۱۰ نفر
	پاسخ	تعداد تخت بیمارستان و تعداد پزشکان به ازاء هر ۱۰۰۰ نفر
دانش	فشار	نرخ بیکاری
	وضعیت	تعداد فارغ التحصیلان مقطع متوسطه به ازاء هر ۱۰۰۰ نفر جمعیت ۶ ساله و بیشتر، تعداد آموزش دیدگان فنی و حرفه ای به ازاء هر ۱۰۰۰ نفر جمعیت ۶ ساله و بیشتر، نرخ باسوادی
	پاسخ	مخارج آموزشی به ازاء هر نفر

۶۱. از میزان دی اکسیدکربن یاگازهای گلخانه ای موجود در هوا می‌توان به عنوان شاخص وضعیت هوا استفاده‌کرد. (در سطح شهرستان موجود نیست).

۶۲. این شاخص برگرفته ازگزارش وزارت صنایع و معادن (۱۳۸۷) می‌باشد.

www.SID.ir

جدول ۲. پایگاه قواعد زبانی شاخص‌های ثانویه؛ ماخذ: کولومپیس و همکاران[۶۳] (۲۰۰۸).

متغیرهای ورودی			متغیر خروجی[۶۴]
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

است. در این مرحله می‌توان متغیرهای ورودی فازی شده را با استفاده از قواعد «اگر ـ آنگاه» فازی با هم ترکیب کرد تا متغیر خروجی محاسبه‌گردد. به عنوان مثال «اگر متغیر ورودی اول قوی و متغیر ورودی دوم ضعیف باشد آنگاه متغیر خروجی، متوسط خواهد بود.» استنتاج فازی باکمک 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 شماره ۲ و شماره ۳ به ترتیب پایگاه قواعد مورد نیاز جهت محاسبه‌ی

63. Kouloumpis et al

۶۴. متغیر خروجی در این مقاله شامل شاخص آب، خاک، هوا، دانش، بهداشت، سرمایه اجتماعی یا رفاه می‌باشد.

www.SID.ir

جدول ۳. پایگاه قواعد زبانی شاخص توسعه پایدار شهری؛ ماخذ: کولومپیس و همکاران (۲۰۰۸).

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

شاخص‌های ثانویه و شاخص پایداری کل را نشان می‌دهند.[۶۳]

متغیر خروجی به دست آمده با استفاده از قواعد استنتاج فازی، باید فازی زدایی گردد. درواقع، فازی زدایی، آخرین مرحله از روش منطق فازی است. در این مرحله، درجه ی عضویت به یک مقدار واحد قطعی تبدیل می‌گردد. برای فازی زدایی، چندین روش وجود دارد که «**فرمول مرکز ثقل**»[۶۶] پرکاربردترین آن هاست. با استفاده از این روش، مقدار پایداری کل به صورت زیر به دست می‌آید:

$$Def(T_{OSUS}) = \frac{\sum_j y_j . \mu_{T_{OSUS}}(y_j)}{\sum_j \mu_{T_{OSUS}}(y_j)} \qquad (۱)$$

که در آن y_j ارزش j امین عضو مجموعه فازی T_{OSUS} (توسعه پایدار کل) و $\mu_{T_{OSUS}}(y_j)$، درجه‌ی عضویتامین عضو مجموعه 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 شاخص‌های اولیه ی موجود برای هر یک از کلان شهرهای ایران، شاخص‌های ثانویه، مؤلفه‌های پایداری و شاخص کل پایداری برای هر شهر محاسبه گردیده است. نتایج حاصل از این محاسبات به طور خلاصه در جداول شماره ۴، ۵ و ۶ آمده است.

رتبه بندی شهرها بر اساس شاخص‌های ثانویه ی مربوط به مؤلفه ی اکولوژیکی در جدول شماره ۴، آمده است. بر

جدول ۴. محاسبه شاخص‌های ثانویه و شاخص اکولوژیکی؛ مأخذ: یافته‌های تحقیق.

شاخص ← / شهر↓	آب	خاک	هوا	شاخص اکولوژیکی (ECOS)
شیراز	۰/۶۰۸۲	۰/۴۲۱۵	۰/۴۰۲۹	۰/۳۹۶۸
اصفهان	۰/۴۷۱۷	۰/۷۰۲۱	۰/۷۷۲۹	۰/۷۳۴۳
مشهد	۰/۳۷۸۷	۰/۵۷۳۱	۰/۴۲۸۱	۰/۳۸۹۲
تهران	۰/۲۵۶۷	۰/۴۷۷۵	۰/۲۲۰۲	۰/۰۹۴۲
اهواز	۰/۵۰۶۴	۰/۳۶۰۹	۰/۷۱۹۲	۰/۴۶۸۲
تبریز	۰/۶۴۴۳	۰/۵۹۴۹	۰/۶۲۸	۰/۷۴۲

۶۵. جدول قواعد زبانی مورد نیاز جهت محاسبه ی شاخص انسانی، شامل ۸۱ قاعده می‌باشدکه به دلیل محدودیت فضا ارایه نشده است.

66. Center- Of- Gravity

Archive of SID
www.SID.ir

اساس این جدول می‌توان 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 رده‌های بعدی قرار دارند. از لحاظ شاخص‌های خاک و هوا، پایدارترین شهر، اصفهان می‌باشد. 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 رده‌ی سوم، مشهد در رده‌ی چهارم و شیراز در رده‌ی پنجم قرار دارند. شاخص اکولوژیکی (بوم شناسی)، نیزکه با توجه به سه شاخص آب، خاک و هوا محاسبه شده نشان می‌دهدکه از لحاظ اکولوژیکی، پایدارترین شهرها، تبریز و اصفهان و سپس اهواز می‌باشد پس از آن ها، شیراز و مشهد در رده ی بعد اما تهران با اختلاف فاحشی در آخرین ردیف قرارگرفته است.

جدول شماره ۵، نیز شاخص‌های ثانویه‌ی مربوط به مؤلفه‌ی انسانی را نشان می‌دهد. براساس این جدول، از لحاظ شاخص‌های ثروت (رفاه) و بهداشت، شهر اهواز بهترین رتبه و از لحاظ شاخص دانش، تهران و اصفهان بهترین وضعیت را داشته‌اند. از لحاظ سرمایه‌ی اجتماعی نیز، بهترین رتبه متعلق به شیراز و بدترین رتبه متعلق به مشهد بوده است. بدترین رتبه‌ها از نظر شاخص ثروت شهر شیراز، شاخص بهداشت، شهر تهران، شاخص سرمایه‌ی اجتماعی، مشهد و شاخص

جدول ۵. محاسبه شاخص‌های ثانویه و شاخص انسانی؛ مأخذ: یافته‌های تحقیق.

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

جدول ۶. محاسبه شاخص توسعه ی پایدار شهری؛ مأخذ: یافته‌های تحقیق.

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

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

Archive of SID
www.SID.ir

دانش، شهر اهواز می‌باشد.
از لحاظ شاخص سرمایه اجتماعی، رتبه‌ی اهواز تقریباً با شیراز برابر بوده، اما شهرهای اصفهان، تبریز، تهران و مشهد در رده‌های 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 دارندکه از لحاظ این شاخص، تقریباً در یک رده قرار گرفته‌اند. 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 محاسبه‌ی شاخص انسانی با استفاده از شاخص‌های ثانویه‌ی 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 شهرهای‌کشور در سال ۱۳۸۶ می‌باشند. نتایج به دست آمده در جدول شماره ۶، نشان می‌دهدکه پایدارترین و ناپایدارترین شهرهای ایران در سال ۱۳۸۶ و بر اساس شاخص‌های موجود، به ترتیب شهرهای اصفهان و تهران می‌باشند. پس از اصفهان شهرهای تبریز، اهواز، شیراز و مشهد در رده‌های بعدی قرار دارند.

۴- نتیجه گیری و جمع بندی

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 جامعه‌ی انسانی، مجال لذت از یک زندگی باکیفیت بالا را بدهد (فیلیس و اندریان[۶۷]، ۲۰۰۱). اقبال روزافزون محققان، سیاستگذاران و برنامه ریزان جهان به بحث توسعه‌ی پایدار از یک سو و افزایش بی رویه‌ی جمعیت، تخریب محیط زیست، نابودی گونه‌های جانوری و استفاده‌ی بیش از حد از منابع طبیعی، ضرورت مطالعه در مورد توسعه ی پایدار درکشور به خصوص در سطح کلان شهرها را نشان می‌دهد تا بدین وسیله، نتایج مطالعات بتواند تا حد امکان برنامه‌ریزان شهری را در راه افزایش پایداری شهرها یاری دهد. از این رو هدف تحقیق حاضر، محاسبه‌ی کمّی شاخص توسعه‌ی 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، بوده‌اند. برای دستیابی به توسعه پایدار شهری، سیاستگذاران باید دو هدف عمده را به طور همزمان در نظر داشته باشند: بهبود توسعه‌ی انسانی به منظور تأمین استانداردهای بالای زندگی و محافظت و بهبود محیط زیست برای استفاده‌ی نسل‌های حال و آینده. بدین منظور، سیاستگذاران به ابزاری نیاز دارند تا بتوانند عوامل تسریع کننده و همچنین موانع فرآیند توسعه‌ی پایدار را شناسایی نمایند. همان طورکه قبلاً اشاره گردید، با استفاده از روش SAFE می‌توان ابعاد مختلف توسعه پایدار را نیز اندازه‌گیری نمود. بنابراین به نظر می‌رسد این روش، ابزاری مناسب برای سیاستگذاران و برنامه‌ریزان پایداری باشد. در ادامه، با توجه به نتایج به دست آمده با بهره‌گیری از روش SAFE برای‌کلان‌شهرهای 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 ویژه‌ای نیاز دارد که خارج از هدف مقاله‌ی حاضر می‌باشد.

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 سرانه‌ی آب، در بین شهرهای کشور، رتبه چهارم را داراست. بنابراین پیشنهاد می‌شود که سیاستگذاران و مسئولین استانی برای حرکت به سمت توسعه‌ی پایدار در این شهر، به بحث رشد جمعیت و همچنین سرانه‌ی مصرف آب، اولویت بیشتری در برنامه‌های خود بدهند.

۲- کلان‌شهر تبریز از لحاظ شاخص کل پایداری شهری، رتبه‌ی دوم، از لحاظ شاخص اکولوژیکی رتبه‌ی اول و از

67. Phillis and Andriantiatsaholiniaina

Archive of SID
www.SID.ir

لحاظ شاخص انسانی رتبه‌ی سوم را کسب نموده است. بنابراین می‌توان گفت با وجود اینکه کلان شهر تبریز از نظر اکولوژیکی نسبت به سایر کلان شهرهای 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 غیره 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 حرفه ای، تعداد کم دانش‌آموزان مقطع متوسطه و همچنین کم‌بودن نرخ باسوادی نسبت به سایر استانها) در وضعیت بدتری قرار گرفته و در رده‌ی آخر قرار دارد. بنابراین به نظر می‌رسد وضعیت توسعه پایداری در کلان شهر اهواز با توجه بیشتر برنامه ریزان این شهر به آموزش، برنامه‌های تنظیم خانواده و برنامه‌های لازم مربوط به شاخص‌های اکولوژیکی، بهبود یابد.

۴- کلان شهر شیراز که تنها از لحاظ سرمایه ی اجتماعی توانسته است در بین سایر کلان شهرها رتبه ی 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 برنامه ریزان شهر شیراز علاوه بر توجه جدی به بهبود شاخص‌های خاک، هوا، بهداشت و دانش، باید گام هایی اساسی در جهت کاهش بیکاری و افزایش سرمایه گذاری سرانه بردارند، تا بدین وسیله شاخص ثروت در این کلان شهر 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 کلان شهرهای کشور، کمبود فضای سبز، بالا بودن میزان جرایم، کم بودن تعداد کتابخانه‌ها، بالابودن نابرابری درآمدی، کم بودن تخت بیمارستان و تعداد پزشکان نسبت به جمعیت، از برجسته‌ترین مشکلاتی است که می‌توان با بررسی شاخص‌های اولیه‌ی این کلان شهر، 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 کلان شهر کشور در سال ۱۳۸۶، کلان شهر تهران بوده است. این شهر علاوه بر داشتن بدترین وضعیت از لحاظ شاخص آب و بهداشت، فاصله چشمگیری نیز با سایر کلان شهرها از لحاظ شاخص هوا داشته است. لذا پیشنهاد می‌گردد سیاست‌ها و برنامه‌های پایداری این شهر در راستای بهبود شاخص‌های اولیه ی مصرف آب، انشعاب فاضلاب، تراکم جمعیت، مصرف فرآورده‌های نفتی به نسبت مساحت، تعداد جرایم، تعداد کتابخانه ها، متوسط هزینه ی خانوار، میزان واکسیناسیون، تعداد تخت بیمارستان و تعداد پزشک، باشد.

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

۱. رتبه این کلان شهرها 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 ارایه‌ی آمار به روز از طرف مسئولین، برای تصمیم‌سازی‌ها و تصمیم‌گیری‌های درست از اهمیت خاصی برخوردار است.

Archive of SID
www.SID.ir

منابع و ماخذ

– امینی فسخودی، ع. (۱۳۸۷) کاربرد استنتاج منطق فازی در مطالعات برنامه‌ریزی و توسعه‌ی منطقه‌ای، **مجله‌دانش و توسعه**، شماره ۱۷، صص ۶۱-۳۹.

– رنانی، م. دلالی اصفهانی، ر. صمدی، ع. (۱۳۸۹) ارایه الگویی برای رشد اقتصادی ایران: برخی ملاحظات نهادی، **مجله‌پژوهشنامه‌اقتصادی**، شماره‌ی دوم، صص ۲۱۵-۱۹۳.

– سالنامه‌ی‌آماری استان‌های کشور، سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶.

– سرور، ر. م. موسوی (۱۳۹۰) ارزیابی توسعه‌ی پایدار شهری استان آذربایجان غربی، **فصلنامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران**، سال نهم، شماره‌ی ۲۸. صص ۲۸-۷.

– شیخ الاسلامی، ع. کریمی، ب. اقبالی، ر. (۱۳۸۸) ارزیابی توسعه پایدار شهری کلان شهر شیراز، **فصل نامه‌جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس**، شماره‌ی ۲، صص ۵۳-۳۱.

قاسمی، ع. محمودزاده، س. (۱۳۸۹) ارزیابی طرح‌های اقتصادی در شرایط عدم قطعیت، **مجله‌تحقیقات اقتصادی**، شماره‌ی ۹۳، صص ۱۰۸-۸۳.

قرخلو، م. حسینی، ه. (۱۳۸۵) شاخص‌های توسعه‌پایدار شهری، **مجله جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای**، شماره هشتم، صص ۱۷۷- ۱۵۷.

کیا، س. (۱۳۸۹) **منطق فازی در** MATLAB، انتشارات کیان رایانه سبز، تهران، چاپ اول.

وزارت صنایع و معادن، معاونت برنامه ریزی، توسعه و فن آوری (۱۳۸۷) رده بندی استان‌های کشور از نظر توسعه‌یافتگی 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 Sustainble 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.Christodulou. (2011). Review Of Sustainabilty Incidices and Indicators: Towards A New City Sustainability Index (CSI). Journal of Enviironmental 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. Andriantiatsaholiniaina. (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 Sustaiability Assessment Methodologies. Journal Of Ecological Indicator. Vol, 2. Pp, 189-212.

Srebotnjak T. and D. Esty. (2005). Measuring Up: Appling The Environmental Sustainability Index. YALE Journal Of International Affaire. Pp, 156-168.

OECD (Organization for Economic Co-operation and Development, 1992. Environmental Indicators: A Preliminary Set. OECD, Paris.

Archive of SID
www.SID.ir