جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره بیست و نهم، بهار ۱۳۹۸

صص ۲۳۶- ۲۱۹
DOI: https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.69187

ارزیابی شاخص‌های شهر اکولوژیک در شهر چناران در راستای توسعه پایدار با روش Emergy

محمد رحیم رهنما- استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
ندا سپهری[1]- کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۸ تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۲/۳۰

چکیده

در این تحقیق به ارزیابی شاخص‌های شهر اکولوژیک و ابعاد توسعه پایدار در شهر چناران، پرداخته شده است. جامعه آماری، شهر چناران و ابزار تحلیل داده‌ها، استفاده از روش Emergy است. برای بررسی، شاخص‌های چون منابع تجدید پذیر، تجدید ناپذیر، سوخت و تولیدات، استفاده شده و سپس شهر چناران را به لحاظ ابعاد مختلف Emergy (شدت، ساختار، بهره‌وری و فشار زیست‌محیطی) مورد بررسی قرار داده، که جهت بررسی شدت از تراکم و سرانه Emergy، در بررسی ساختار، جریان Emergy از منابع تجدید پذیر در مقایسه به واردات انرژی و مواد و همچنین نرخ خودکفایی و در بهره‌وری فرآیند، Emergy سوخت و برق در نظر گرفته شده و درنهایت جهت نشان دادن فشار زیست‌محیطی و شاخص‌های پایداری (ESI) از ترکیب همه عوامل و جریان‌ها استفاده می‌شود که نسبت EYR به ELR(عملکرد Emergy به بارگذاری محیط‌زیست) است و همچنین تحمل تراکم ظرفیت بر اساس Emergy تجدید پذیر می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد،EYR به دست آمده در شهر چناران 1.05 و (ELR) 3.76e+04 می‌باشد که از نسبت این دو با هم، میزان پایداری (ESI) برابر با 2.79e-05 است و با توجه به اینکه نسبت EYR به ELR کمتر می‌باشد درنتیجه فشار زیست‌محیطی ناشی از استفاده از منابع تجدید ناپذیر و سوخت‌های فسیلی بالا بوده، این نیز بر پایداری تأثیر مستقیم داشته، از طرفی رشد و گسترش شهر و ساخت‌وسازهای صورت گرفته نیز باعث استفاده بیش‌تر از منابع محلی و درنتیجه منجر به کاهش پایداری شده است. همچنین، اقدامات و جهت‌گیری‌ها با توجه به شاخص‌های در نظر گرفته شده در راستای، شهر اکولوژیک نیست.

کلیدواژه‌ها: اکولوژیک، توسعه پایدار، چناران، روش Emergy.

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۷۳۷۰۸۱۲ Email:sepehrineda1388@gmail.com

۱- مقدمه

شهرنشینی سریع در بسیاری از کشورها در سراسر جهان به یک نگرانی عمده تبدیل شده است زیرا اثرات زیان‌آور خود را بر روی محیط‌زیست دارد (Jaeger et al, 2010). توسعه انسانی به دلیل شهرنشینی همچنین یکی دیگر از تأثیرات منطقه‌ای در ساختار اکوسیستم و کارکرد آن می‌باشد (Miltner et al, 2004). استفاده از زمین و پوشش زمین، تغییر در ارتباط با توسعه شهری، یکی از عمده‌ترین فرایندهای نگران کننده است زیرا باعث تغییرات چشمگیر در انرژی و مواد، چرخه طبیعی اکوسیستم‌ها و تأثیرات الگوهای آب و هوایی بزرگ‌مقیاس، شرایط آب و هوایی محلی، تنوع زیستی، و منابع آب شده است (Alberti et al: 2005).

شهرهای اکولوژیکی؛ پاسخی به بحران زیست‌محیطی و خساراتی که توسط فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی حاصل شده‌اند، می‌باشد (Muñuzuri et al: 2010,6168)؛ بنابراین می‌توان توان اکولوژیک را توان بالقوه سرزمین در رابطه با قابلیت‌های اکولوژیکی آن برای توسعه دانست (پورجعفر و دیگران،۱۳۹۱). شهرهای کوچک و بزرگ و دهکده‌ها باید بر اساس اصول بوم‌شناختی (اکولوژیک) طراحی شوند تا کیفیت زندگی ساکنانشان را افزایش دهند و حافظ زیست‌بوم‌های طبیعی باشند (The fifth international eco city conference shenzen, china, 1999).

تجزیه‌وتحلیل Emergy ابتدا در سال ۱۹۸۳ توسط Odum ارائه شد، که به‌طور کامل ادغام ارزش‌های آزاد محیطی شامل سرمایه‌گذاری، کالا، خدمات و اطلاعات، می‌باشد. اکنون در جهان مطالعات گسترده‌ای در زمینه Emergy انجام شده است اما متأسفانه در ایران این کار صورت نگرفته است. زهانگ، می، شن و چن (۲۰۱۲)، در پژوهش، ارزیابی و شبیه‌سازی برای خطرات زیست‌محیطی بر اساس آنالیز Emergy، انجام داده‌اند که، هدف از این مطالعه بررسی و شبیه‌سازی خطرات زیست‌محیطی شهر ساحلی تیانجن بر اساس مدل Emergy است و در این مطالعه عوامل خطر اکوسیستم شهری را بررسی و برای ارزیابی پایداری از تیانجن در سال‌های ۲۰۰۹-۱۹۹۵ بوده است، نتایج نشان داده که فشار خطرات زیست‌محیطی در سال‌های مذکور افزایش یافته است. لی یو، یانگ و چن (۲۰۱۲)،Emergy مبتنی بر مدل‌سازی پویا شهری از منابع بلندمدت مصرف، رشد اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی را بررسی کرده، و در این مطالعه یک دیدگاه تازه در جامعه شهری، تمرکز عملکرد ایجاد ارتباط بین این اجرام به طرف عرضه ارزیابی هزینه‌های زیست‌محیطی (ازجمله عرضه خدمات زیست‌محیطی، ضرر و زیان‌های زیست‌محیطی و اقتصادی و سرمایه‌گذاری برای درمان) می‌باشد و هم‌چنین در این مقاله، ملاحظاتی از مهم‌ترین اجزای مدل پویا شهری مبتنی برEmergy ، دارایی‌های شهری، زمین، پایتخت، جمعیت، منابع آب، از بین رفتن منابع اقتصادی و زیست‌محیطی بررسی شده و درنهایت بازخورد و سناریوهای آن مشخص شده‌اند. سو، یانگ و چن (۲۰۱۱)، محدود کردن تحلیل عاملی از اکوسیستم‌های شهری براساس Emergy، (مطالعه موردی از سه شهر در چین) را انجام داده‌اند و در این مطالعه عوامل محدود کننده مربوط به زیرسیستم‌های طبیعی، اقتصادی و اجتماعی و

اندازه‌گیری جریان‌های زیست‌محیطی متعدد در داخل و در میان این زیر سیستم با آنالیز Emergy به کار گرفته شده و توصیف وضع موجود از اکوسیستم‌های شهری از نظر سوخت‌وساز انرژی و مواد در سه شهر با استفاده از داده‌ها در سال ۲۰۰۵، و سپس تجزیه‌وتحلیل مبتنی برEmergy برای سه شهر از جنبه‌های ساختار، شدت، رفاه، فشار زیست‌محیطی و رابط اقتصادی- اکولوژیک بررسی شده است. لی یو، یانگ وچن (۲۰۱۱)، ارزیابی اکولوژیکی- اقتصادی از اکوسیستم شهرهای پکن براساس Emergy، را مورد مطالعه قرار دادند که در این مقاله وضعیت پایه‌های اقتصاد شهری، که شامل منابع بومی و پایه، الگوهای مصرف، صادرات و واردات، مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از مجموعه‌ای از نسبت‌ها و شاخص‌های ناشی از تجزیه‌وتحلیلEmergy ، ازجمله شدت، نسبت بار زیست‌محیطی و پایداری زیست‌محیطی در پکن در طول سال‌های ۱۹۹۹-۲۰۰۶، و فشار سنگین آن را بر روی محیط‌زیست مورد تجزیه‌وتحلیل و بررسی قرار داده است .نتایج نشان داد که توسعه اقتصاد در پکن در ارتباط نزدیک با مصرف منابع غیر قابل تجدید و درنهایت اعمال افزایش نسبت بار بر روی محیط‌زیست است. یولین، جی‌ای و شی (۲۰۱۱)، آنالیز از ساختار Emergy و کشاورزی سازگار با محیط‌زیست اکوسیستم‌های اقتصادی در هونان را انجام داده‌اند، که این مقاله با بهره‌گیری آمار مربوط اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیست از هونان، سیستم کشت و منابع زیست‌محیطی استان برای سال ۲۰۰۸، و انجام محاسبات و پردازش داده‌ها از ورودی و خروجی Emergyبرای این سیستم و درعین‌حال تجزیه‌وتحلیلی از وضعیت فعلی ساختار ورودی و خروجی، ظرفیت بار سیستم و کارایی عملیات سیستم را در میان دیگر مشکلات بررسی کرده و درنهایت این مقاله به پی‌ریزی شالوده‌ای محکم برای تحقیقات بیشتر در آینده، در توسعه پایدار سیستم کشت و منابع زیست‌محیطی استان هونان پرداخته است.

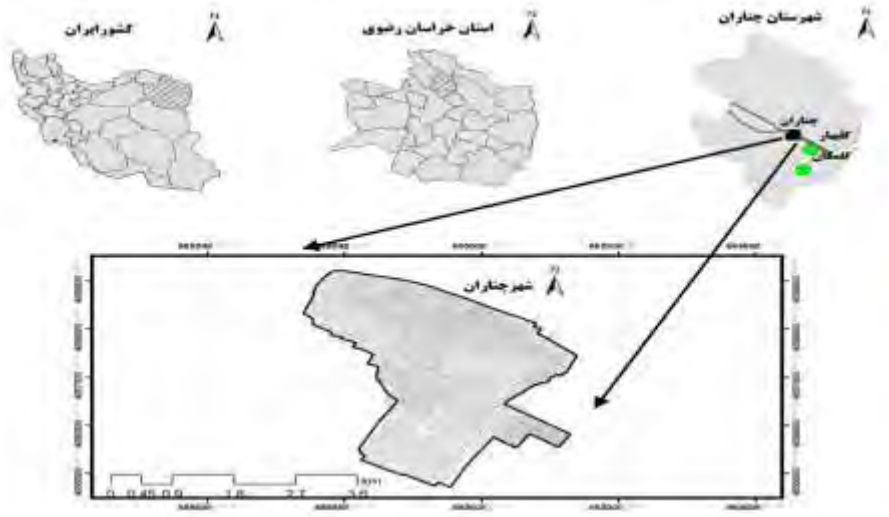
Emergy، انرژی موجود (اکسرژی): یکی از راه‌های تحلیل انرژی است، که در برگیرنده تمامی انرژی‌های جریان سیال است. این انرژی می‌تواند ناشی از حرکت واکنش و یا هر چیز دیگر هم باشد درواقع روش اکسرژی یک راهکار برای آنالیز ترمودینامیکی فرآیندهاست که به‌طور تقریبی به‌صورت اندازه‌گیری جهانی پتانسیل کار یا کیفیت شکل‌های مختلف انرژی در ارتباط با یک محیط تعریف می‌شود. یک کاربرد موازنه اکسرژی بیان می‌دارد که چقدر از پتانسیل کار قابل استفاده (مفید) وارد شده به فرآیند، به‌وسیله فرآیند، مصرف شده است. این میزان اتلاف، همان بازگشت‌ناپذیری است. در واقع Emergy از یک نوع است که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در تحولات یک محصول و یا خدمات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Odum,1996)، مبنای نظری و مفهومی پایه برای روش Emergy، در جهت ترمودینامیک است (Bertalanffy,1968) و به‌طورکلی تئوری سیستم‌های پایه و سیستم‌های بوم‌شناسی است (Odum,1983) که در این راستا با استفاده از روش Emergy، که در طول دو دهه گذشته، Emergy با شاخص‌های مربوطه و نسبت ثابت شده، به‌عنوان یک ابزار مؤثر و کارآمد برای درک منابع

جریان، در اکوسیستم‌های طبیعی و اقتصادی، جهت اندازه‌گیری عملکرد کلی و پایداری مورد استفاده قرارگرفته که به‌طور سیستماتیک، ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی شهری و مقایسه سطوح پایدار شهری را، بررسی می‌کند (Cai et al:2009,4320).

ازاین‌رو در این تحقیق با به کارگیری روش اندازه گیری Emergy و با استفاده از اطلاعات به دست آمده از بخش‌های مختلف، در ابعاد (منابع تجدید پذیر، غیر قابل تجدید و تولیدات)، به اندازه گیری اطلاعات به دست آمده پرداخته و سپس به تجزیه‌وتحلیل و ارزیابی شهر چناران به لحاظ شاخص‌های شهر اکولوژیک (شدت Emergy، ساختار Emergy، و بازدهی و فشار زیست‌محیطی) پرداخته شده است و پاسخ به این پرسش که چگونه یک رویکرد اکولوژیکی می‌تواند عملاً در توسعه شهر چناران به کار رود؟ درنهایت درصدد ارائه راهکارهای برای کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی و فعالیت‌های ناسازگار و ارتقاء کیفیت زیستی و سکونت با توجه به منابع موجود می‌باشیم.

۲- محدوده مورد مطالعه

شهر چناران مرکز شهرستان چناران، در مختصاتَ ۳۹ ۵۸ درجه تا ۲۳ ۵۹ درجه طول جغرافیایی وَ ١٦ و ٣٦ درجه تاَ ۰۳ تا ۳۷ درجه عرض جغرافیایی، یکی از نقاط شهری واقع در محدوده ناحیه مشهد قلمداد می‌گردد. این شهر در بستر دشتی به همین نام با روند شمال غربی- جنوب شرقی در حد فاصل رشته کوه هزار مسجد و بینالود استقرار یافته است. این شهرستان با مساحت ۳۰۷۲ کیلومتر مربع در شمال استان خراسان رضوی واقع شده و از شرق به شهرستان مشهد محدود می‌گردد. این منطقه به لحاظ موقعیت جغرافیایی در گذر گاه عبوری هوای خزری به شمال شرق قرار دارد (سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و نیروهای مسلح، ١٣٨٤)، میانگین بارش سالانه شهر چناران در سال ۱۳۹۱، ۲۳۲,۵ میلی متر، تعداد ساعات آفتابی ۳۱۳۸,۳ ساعت و سرعت باد ۲۰ متر بر ثانیه گزارش شده است (سازمان آب و هوا شناسی خراسان رضوی، ۱۳۹۱). در سال ۱۳۹۰ جمعیت شهر چناران ٤٨٥٦٧ نفر بوده، و تحولات جمعیتی شهر چناران در دوره ۱۳۸۵-۱۳۵۵ نشان می‌دهد که در این دوره ۳۰ ساله جمعیت شهر تقریباً ۵ برابر شده، این در حالی است که در دهه ۱۳۸۵-۱۳۷۵ با کاهش میزان رشد جمعیت شهر و رشد طبیعی آن، اثر مهاجرتی نیز کاهش یافته و به ۳/۱ درصد یا اندکی کمتر از نرخ رشد طبیعی رسیده است (طرح جامع شهر چناران، ۱۳۸۷).



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه، شهر چناران

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- روش تحقیق

این تحقیق از حیث ماهیت و روش، از نوع تحقیقات کمی است. به این صورت که اطلاعات به دست آمده از بخش‌های مختلف (شاخص‌های شهر اکولویک) شامل منابع تجدید پذیر (R)، منابع غیر قابل تجدید (N)، مواد (G) و سوخت (F) می‌باشد، که شاخص‌های است که توسط Odum ارائه شده است. با استفاده از روش Emergy، اندازه گیری شده و سپس در چهار بعد (شدت Emergy، ساختار، بهره‌وری و فشار زیست‌محیطی) و زیر شاخه‌های آن و فرمول‌های مرتبط، به بررسی و استخراج آن‌ها پرداخته و تجزیه وتحلیل شده است.

۳-۲- روش محاسبه Emergy

محاسبه Emergy با استفاده از، پایه و اساس ترمودینامیکی از تمام اشکال انرژی، منابع و خدمات انسانی است که آنها را به معادل یک شکلی از انرژی، معمولاً Emergy خورشیدی تبدیل می‌کند. برای ارزیابی یک سیستم و هم چنین جهت سازماندهی ارزیابی و حساب برای همه ورودی‌ها و خروجی ابتدا جدولی تهیه می‌شود از همه جریان‌های ارزیابی شامل جریان‌های واقعی از منابع، نیروی کار و انرژی مانند جدول (۱) وسپس گام نهایی از ارزیابی Emergy شامل تفسیر نتایج کمی است و در برخی موارد، ارزیابی به منظور تعیین وضعیت (مناسب یا نامناسب بودن) از یک طرح توسعه در محیطزیست انجام می‌شود، و در گاهی موارد ارزیابی ممکن است به دنبال بهترین استفاده از منابع، برای به حداکثر رساندن کاریایی باشد. ارزیابی Emergy، هم کمی و هم تحلیلی است. در روش Emergy به ارزیابی سیستم‌های پیچیده پرداخته و درنهایت به تجزیه‌وتحلیل مسائل مربوط به سیاست‌های

عمومی و مدیریت‌های زیست‌محیطی پرداخته می‌شود (Silvert ,1982). جریانEmergy ، تعریف شده به انرژی موجود از یک نوع که بطور مستقیم و غیر مستقیم در یک سرویس یا محصول استفاده می‌شود و واحد آن Sej بیان می‌شود. درنتیجه عوامل مؤثر، متغییرهای موقعیت مورد نظر و ویژگی‌های سیستم دیگر را می‌توان به یک واحد متریک نرمال، یعنی solar emergy تبدیل کرد. با این تعریف Emergy Em_k، از جریان k که از یک فرایند در زیر داده شده، به دست می‌آید:

$$Em_k = \sum_i Tr_i E_i,\ i = 1,2,\ldots,n \qquad (1)$$

که در آن E_i محتوای انرژی واقعی جریان ورود مستقل i به فرآیند و Tr، transformity متناظر (مکاتبه کننده) از جریان ورودی i که قبلاً برآورد شده است.

جدول زیر، (به‌عنوان مثال) از جریان‌های واقعی از منابع، نیروی کار و انرژی است و اطلاعات خام در جریان هستند که تبدیل به واحد Emergy، و سپس خلاصه‌ای برای به دست آوردن Emergy کل از سیستم می‌باشد. جریان انرژی در واحد زمان (معمولاً در هر سال) در جدول به عنوان اقلام جداگانه معرفی شده‌اند. استفاده از جدول‌ها معمولاً در این ساختار ساخته شده و درنهایت تجزیه‌وتحلیل می‌شود، به عنوان مثال ساختار جدول در زیر آورده شده است (Sciubba, 2010):

جدول۱- نمونه‌ای از جدول ارزیابی Emergy

Note	Item(name)	Data(flow/time)	Units	UEV (seJ/unit)	Solar Emergy (seJ/time)
1.	First item	xxx.x	J/yr	xxx.x	Em_1
n.	nth item	xxx.x	J/yr	xxx.x	Em_n
O.	Output	xxx.x	J/yr or g/yr	xxx.x	$\sum_n^1 Em_i$

ستون ۱: تعداد موارد داده‌های خام را نشان می‌دهد.

ستون ۲: نام آیتم‌ها است که در نمودار نشان داده شده است.

ستون ۳: داده‌های خام در ژول، گرم، دلار یا واحدهای دیگر است.

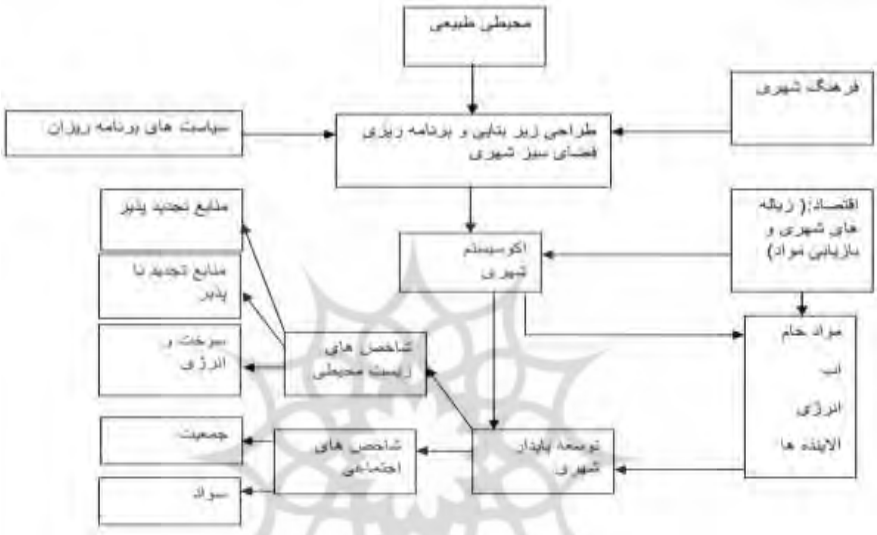
ستون ٤: واحدمورد نیاز برای هر آیتم از داده‌های خام را نشان می‌دهد.

ستون ٥: ارزش واحدهای Emergy، در واحد Solar emergy joules بیان شده است. گاهی اوقات، اعداد در گرم، ساعت، و یا دلار بیان شده است، بنابراین UEV مناسب، نیز استفاده شده است (sej/hr; sej/g sej/$).

ستون ٦: Emergy خورشیدی از یک جریان داده شده، که از محاسبه نرخ ورودی مواد خام و UEV تشکیل شده است.

ماخذ: (همان منبع)

پس از آنکه جدول جهت ارزیابی همه ورودی‌ها آماده شد، ارزش واحد Emergy از محصول یا فرایند محاسبه می‌شود. خروجی، (ردیف o در مثال جدول بالا) برای اولین واحد از انرژی، مورد ارزیابی و بررسی قرار می‌گیرد، سپس ورودی Emergy و ارزش واحد انرژی، با تقسیم Emergy توسط واحدهای خروجی محاسبه می‌شود. سپس ارزش‌های واحد که نتیجه داده برای هر ارزیابی، برای دیگر ارزیابی‌های Emergy نیز مفید هستند. بنابراین ارزیابی‌های Emergy، ارزش‌های واحد Emergy جدید را تولید می‌کنند (Sciubba, 2010).



شکل۲- مدل مفهومی شامل متغیرها و روابط بینان ها

٤- نتایج و بحث

ارزیابی وضعیت شهر چناران، در سطح چهار شاخص اصلی (شدت Emergy، ساختار Emergy، بازدهی (بهره‌وری) فرایند و فشار زیست‌محیطی) انجام شد. که هر کدام از موارد گفته شده از اندازه گیری زیر شاخص‌هایی، که با روش Emergy، مورد محاسبه و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته، به دست آمده است، که در ادامه به آن اشاره می‌شود.

جدول ۲- شرایط کلی از شهر چناران در سال ۱۳۹۰

موارد	شهرستان چناران
مساحت (m^2)	۷۳۵۸۹۷,۳۱
بارش (mm)	۲٤۰,۹
جمعیت	٤۸٥٦۷
تراکم نسبی جمعیت	٥٦,۸
سرانه مصرف آب (m^3)	۱٤۲۳,٤۱

ماخذ : (طرح جامع شهر چناران،۱۳۸۷)

٤-١- شاخص‌های عملکرد در روش Emergy

در زیر تعاریف بسیاری از اصطلاحات مهم مورد استفاده در روش Emergy آورده شده است:

Emergy؛ انرژی موجود در یک فرم است که در تحولات محصول یا خدمات به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. واحد Emjoule, Emergy یا ژول Emergy است. با استفاده از Emergy، نور خورشید، سوخت، برق و خدمات انسانی را می‌توان به‌طور معمول، با بیان هر یک آنها در Emjoules، از انرژی خورشیدی مورد نیاز که برای تولید آنها قرار داده شده است، تبدیل به یک واحد کرد. اگر Emergy خورشیدی به‌عنوان پایه در نظر گرفته شده، سپس نتایج براساس Emjoules خورشیدی مخفف (sej) محاسبه می‌شود. اگر چه دیگر واحدها مانند Emjoules زغال سنگ و یا Emjoules الکتریکی استفاده شده است، اما در بیشتر موارد داده‌های Emergy در Emjoules خورشیدی داده محاسبه شده است (Odum, 1980).

ارزش واحدEmergy، (UEVs) ؛ بر اساس emergy مورد نیاز برای تولید یک محصول واحد از یک فرآیند، محاسبه می‌شود. انواع مختلفی از UEVs وجود دارد که به شرح زیر است:

Transformity : ورودی Emergy به ازای هر واحد تولید انرژی در دسترس است. transformity خورشیدی از نور خورشید جذب شده توسط زمین برابر با 1.0تعریف شده است.

Emergy : Specific emergy در خروجی واحد جرم، Emergy خاص است، که معمولاً به عنوان Emergy خورشیدی در هر گرم (seJ /g) بیان شده است .

Emergy: Emergy per unit money در واحد پول، Emergy حمایت از تولید یک واحد از محصول اقتصادی است (به عنوان ارز)، که از آن برای تبدیل پرداخت پول به واحد Emergy استفاده می‌شود. به‌طور متوسط نسبت پول / emergy در emjoulesخورشیدی/ را می‌توان از تقسیم استفاده Emergy کل یک کشور و یا تولید ناخالص اقتصادی آن کشور محاسبه کرد، که نشان دهنده‌ی از، شاخص‌های تورم است.

Empower : توانمند سازی، جریان emergy (به عنوان مثال، Emergyدر واحد زمان). جریان Emergy معمولاً در واحد توانمندسازی خورشیدی emjoules خورشیدی در هر زمان، (seJ / S)، (سال /seJ) بیان شده است (Odum, 1980).

خلاصه‌ای از اصطلاحات، اختصارات، تعاریف و واحدهای مربوط به Emergy را در جدول زیر مشاهده می‌کنید (Hau & Bakshi, 2004).

جدول۳- قوانین و مقررات (اصطلاحات)، اختصارات، شاخص‌های اصلی و واحدهای Emergy

	اصطلاحات	تعریف	مخفف	واحد
مشخصات	Emergy	مقدار انرژی موجود از یک نوع (معمولاً خورشید) است، که به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم، مورد نیاز برای تولید و یا ذخیره سازی انرژی یا ماده	E_m	seJ (solar equivalent Joules)seJ: (معادل ژول خورشیدی)
	Emergy Flow (جریانEmergy)	هر جریان مرتبط با ورودی انرژی و یا مواد به سیستم/ روندEmergy	R=renewable flows; N= nonrenewable flows; F= imported flows; S= services R =جریان‌های تجدید پذیر N= جریان تجدید ناپذیر F= جریان‌های وارد شده S = خدمات	$seJ*time^{-1}$
	Gross Emergy Product (تولیدناخالص Emergy)	مجموعEmergy سالانه برای راه اندازی یک اقتصاد ملی و یا منطقه‌ای	GEP	$seJ*yr^{-1}$
	Emergy released (used) (استفاده شده)	سرمایه‌گذاری Emergy ها در یک فرایند (اندازه گیری فرایند footprint)	U= N+R+F+S	seJ
	Emergy Yield Ratio(نسبت عملکرد Emergy)	مجموع Emergy منتشر شده (استفاده می‌شود) در واحد سرمایه‌گذاری Emergy	EYR= U/(F+S)	seJ
	Environmental Loading Ratio (نسبت در حال بارگیری محیط‌زیست)	مجموع Emergyتجدید ناپذیر و وارداتی منتشر شده در هر واحد از منابع تجدید پذیر محلی	ELR= (N+F+S)/R	seJ
	Emergy Sustainability Index (شاخص پایداری Emergy)	عملکرد Emergyدر هر واحد از بارگذاری زیست‌محیطی	ESI= EYR/ELR	seJ
	Renewability (قابلیت تجدید)	درصدی از کل Emergy منتشر شده (استفاده شده)، قابل تجدید پذیر	%REN= R/U	seJ
	Emergy Investment Ratio (نسبت سرمایه‌گذاری Emergy)	سرمایه‌گذاری Emergy مورد نیاز برای بهره برداری از یک واحد از منابع محلی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر.	EIR= (F+S)/(R+N)	seJ

ماخذ:(Hau & Bakshi, 2004)

برای ارزیابی عملکرد جهانی از یک فرایند، چندین نسبت، و یا شاخص‌های اصلی که نشان از جریان مورد استفاده در نسبت عملکرد شاخص‌های Emergy است، به شرح زیر استفاده می‌شود (Mansson,1993).

نسبت عملکرد Emergy (EYR): مجموع Emergy منتشر شده (استفاده می‌شود)؛که در واحد سرمایه‌گذاری Emergy، این نسبت هست، اندازه گیری از همه مقادیر سرمایه‌گذاری در دسترس یک فرایند، جهت بهره برداری از منابع محلی به منظور کمک به اقتصاد محلی.

نسبت درحال بارگیری محیط‌زیست Emergy(ELY): از نسبت منابع تجدیدناپذیر و واردات Emergy مورد استفاده، به استفاده Emergy منابع تجدید پذیر است. و این نشان از فشار فرآیند تحولات در محیط است و می‌تواند به‌عنوان اندازه گیری عملکرد استرس اکوسیستم‌ها برای تولیدات در نظر گرفته شود.

شاخص‌های پایداری Emergy(ESI): این شاخص، از نسبت عملکرد Emergy به نسبت در حال بارگیری محیط‌زیست به دست می‌آید. این اندازه گیری، سهمی از یک منبع یا فرایند، در واحدی از بارگیری زیست‌محیطی را نشان می‌دهد.

شدت توانمند سازی: نسبت کل Emergy استفاده شده در اقتصاد، از یک منطقه یا کشور به مساحت منطقه یا کشور است. تراکم Emergy تجدید پذیر یا ناپذیر همچنین بطور جداگانه، به ترتیب توسط تقسیم همه Emergy تجدید پذیر به مساحت، و کل emergy تجدید ناپذیر به مساحت، محاسبه می‌شود.

چندین نسبت دیگر، گاهی اوقات بسته به نوع و مقیاس سیستم در حال ارزیابی، محاسبه می‌شود:

درصد قابل بازیافت Emergy (Ren %) : نسبت Emergy مورد استفاده می‌باشد. در داراز مدت، تنها فرایندهایی با Ren % بالا پایدار می‌مانند.

سرانه Emergy : نسبت از کل Emergy استفاده شده در یک اقتصاد از منطقه یا کشور، به کل جمعیت می‌باشد. سرانه Emergy می‌تواند به‌عنوان یک اندازه گیری از پتانسیل‌ها، بطور متوسط برای نشان دادن استاندارد زندگی مردم استفاده می‌شود.

٤-۲- روش ارزیابی

با توجه به ویژگی‌های متنوع از انرژی موجود در سلسله مراتب اجزای سیستم، Emergy تعریف شده، به انرژی موجود از یک نوع که بطور مستقیم و غیر مستقیم در یک سرویس یا محصول استفاده می‌شود. معمولاً در تعیین و یا اندازه گیری معادل‌های انرژی خورشیدی، Solar emjoules (sej) بیان می‌شود. Emergy از محصولات مختلف از ضرب مقدار جرم (kg) یا مقادیر انرژی (j)، در ضریب انتقال یعنی Transformity یا Emergy خاص، به دست می‌آید. بنابراین Transformity به‌عنوان مقداری از یک نوع Emergy مورد نیاز برای تولید یک واحد انرژی از نوع دیگری تعریف شده است. معمولاً در Solar emergy joules، در هر ژول و یا گرم جریان خروجی، به عنوان مثال

sej/j یا sej/j بیان شده است. از لحاظ تئوری transformity بزرگ‌تر، انرژی خورشیدی بیش‌تری را برای تولید از منابع، محصول یا خدمات مورد نیاز، می‌طلبد. خروجی یا همان سیستم با Transformity پایین‌تر، اکولوژیک کارامدتری را نشان می‌دهد (Sciubba, 2010).

جدول٤- طبقه بندی جریان Emergy و شاخص‌های مربوط

	شاخص‌های Emergy	تشریح (توصیف)
۱	منابع طبیعی قابل تجدید محلی	R
۲	منابع غیر قابل تجدید	N
۲	سوخت	F
٤	کالاها و خدمات	G
٥	کل Emergy استفاده شده	U=N+R+G+F
٦	بخشی که استفاده می‌شود، بصورت منابع محلی تجدید پذیر	R/U
۷	تراکم Emergy (ED)	U/area
۸	نسبت خودکفایی Emergy (ESR)	(R+N)/U
۹	سرانه Emergy استفاده شده (EPC)	U/pop
۱۰	سرانه Emergy سوخت استفاده شده	F/pop
۱۱	نسبت عملکرد Emergy (EYR)	U/(G+F)
۱۲	نسبت سرمایه‌گذاری Emergy (EIR)	(G+F)/(N+R)
۱۳	نسبت بار گذاری محیط‌زیست (ELR)	(G+F)/R
١٤	شاخص پایداری Emergy (ESI)	EYR/ELR
١٥	تحمل تراکم ظرفیت براساس Emergy تجدیدپذیر	(R*pop)/(U*area)

ماخذ: (Cai et al,2009)

جریان‌های انرژی در سیستم شهری شامل منابع تجدید پذیر (R)، منابع غیر قابل تجدید (N)، مواد (G) و سوخت (F) می‌باشد، که شاخص‌های است که توسط Odum ارائه شده است. برای ارزیابی جنبه‌های مختلف سیستم، مانند شدت استفاده از منابع، بازده فرایند، فشار محیط‌زیست و تعاملات و سیستم پایداری مورد بررسی قرار می‌گیرد، که این شاخص‌ها و نسبت‌های مورد استفاده در تجزیه‌وتحلیل در جدول شماره (۳) و (٤) آمده است. تجزیه‌وتحلیل از طریق نسبت‌ها و شاخص‌های Emergy مربوط، که می‌توان به چهار جنبه مورد نظر (شدت Emergy، ساختار منابع، فشار محیط‌زیست و بهره‌وری استفاده از منابع)، طبقه بندی کرد، در همین حال می‌توان مقایسه‌ای با دیگر شهرها از کشورهای مختلف در سطح، کارایی و پایداری داشته باشیم.

در جدول شماره (۵)، اطلاعات آماری در تولید، مصرف، سوخت و... و هم چنین منابع ژئومورفولوژیکی محلی (تابش نور خورشید، باران، باد، سنگ آهک و...) در سال مورد مطالعه گردآوری شده (طرح جامع شهرچناران:۱۳۸۷، سازمان آب و هواشناسی خراسان رضوی:۱۳۹۱، مرکز آمار ایران:۱۳۹۰، جهاد کشاورزی:۱۳۹۰)، و سپس با تبدیل مقادیر جرم (kg) و مقادیر انرژی (j)، به (sej) از طریق ضرب در transformity به دست می‌آید (Transformity عددی ثابت است که قبلاً محاسبه شده است). در جدول شماره (۵) می‌توان نتایج به دست آمده از فرمول شماره (۱) را مشاهده کرد.

جدول ۵- جریان Emergy سالیانه منابع شهر چناران درسال ۱۳۹۰

تعداد	شاخص‌ها	داده‌ها درسال ۱۳۹۰	واحد	Transformity (sej/unit)	Solar emergy (sej)
منابع تجدید پذیر					
۱	نور خورشید	6.44e+16	j/yr	1	6
۲	باران	3.45e+11	j/yr	3.02e+04	1.04e+16
۳	باد	9.73e+06	j/yr	2.59e+04	2.52e+11
جمع کل		6.44e+16			7.48e+16
منابع غیر قابل تجدید					
٤	گاز طبیعی	1.17e+15	j/yr	1.11e+05	1.09e+17
٥	سنگ آهک وکودشیمیایی	5.69e+12	g/yr	1.68e+04	9.56e+16
٦	زغال سنگ	0	g/yr	6.69e+04	0
جمع کل		1.18e+15			1.30e+20
منابع تولیدی و وارداتی					
۷	برق	1.44e+15	j/yr	2.69e+05	3.87e+20
۸	محصولات کشاورزی	4.30e+15	j/yr	3.36e+05	1.44e+21
۹	محصولات دامی	2.16e14	j/yr	3.36e+06	7.26e+20
۱۰	سوخت‌ها	1.17e+15	j/yr	1.11e+05	1.09e+17
جمع کل		7.13e+15			2.68e+21

جدول ٦- طبقه بندی شاخص‌های Emergy از شهر چناران در سال ۱۳۹۰

تعداد	شاخص‌های Emergy	مقدار
۱	منابع طبیعی قابل تجدید محلی	7.48e+16
۲	منابع غیر قابل تجدید	1.09e+17
۲	سوخت	1.30e+16
٤	کالاها و خدمات	2.68e+21

ادامه جدول ٦

تعداد	شاخص‌های Emergy	مقدار
٥	کل Emergy استفاده شده (U)	2.81e+21
٦	بخشی که استفاده می‌شود، بصورت منابع محلی تجدید پذیر	2.66e-05
٧	تراکم Emergy (ED)	3.81e+15
٨	نسبت خودکفایی Emergy (ESR)	4.63e-2
٩	سرانه Emergy استفاده شده (EPC)	5.75e+16
١٠	سرانه Emergy سوخت استفاده شده	2.24e+12
١١	نسبت عملکرد Emergy (EYR)	1.05e+00
١٢	نسبت سرمایه‌گذاری Emergy (EIR)	1.41e+04
١٣	نسبت بار گذاری محیط‌زیست (ELR)	3.76e+04
١٤	شاخص پایداری Emergy (ESI)	2.79e-05
١٥	تحمل تراکم ظرفیت براساس Emergy تجدیدپذیر	1.75e-06

با توجه به اطلاعات به دست آمده از جدول شماره (٤)، (٥)، (٦)، ELR نشان دهنده عدم تعادل بین منابع تجدید پذیر و غیر قابل تجدید مورد استفاده در یک فرایند است. ELR پایین نشان دهنده بار گذاری نسبتاً کوچک زیست‌محیطی، در حالی که ELR بالا نشان از زیاده روی را نشان می‌دهد و با توجه به محاسبات انجام شده در شهر چناران، نشان از عدم تعادل بین منابع تجدید پذیر و تجدید ناپذیر می‌باشد چراکه میزان منابع تجدید ناپذیر بزرگتر از منابع تجدید پذیر می‌باشد، و با توجه به منابع در دسترس، نسبت منابع تجدید پذیر به تجدید ناپذیر7.48e+16 به 1.09e+19 می‌باشد که درنتیجه با دخالت منابع و سوخت‌های استفاده شده این نسبت به مراتب بیش‌تر شده و بر عدم تعادل می‌افزاید، درکل از نظر نسبت بار زیست‌محیطی شهر چناران در وضعیت خیلی بدی قرار ندارد. با استفاده از شاخص پایداری ESI می‌توان ارزیابی ریسک اکولوژیکی در اکوسیستم‌های شهری را بررسی کرد که با ترکیب هردو عملکرد اجتماعی–اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی به دست آورد، که آن از نسبت EYR و ELR محاسبه شده و اندازه گیری تولید یک سیستم نسبت به فشار محیط‌زیست را نشان می‌دهد. EYR به دست آمده در شهر چناران ١,٠٥ و ELR 3.76e+04 می‌باشد که از نسبت این دو با هم میزان پایداری نشان داده می‌شود، ESI به دست آمده در شهر چناران برابر با 2.79e-05 است و با توجه به اینکه نسبت عملکرد Emergy نسبت به بار گذاری محیط‌زیست کمتر می‌باشد درنتیجه فشار زیست‌محیطی ناشی از استفاده از منابع تجدید ناپذیر و سوخت‌های فسیلی بالا بود، این نیز بر پایداری تأثیر مستقیم داشته و باعث پایین آوردن سطح پایداری در منطقه شده است. که البته رشد و گسترش شهر و مهاجر پذیری و ساخت و سازهای صورت گرفته باعث استفاده بیش‌تر از منابع محلی و درنتیجه منجر به

کاهش پایداری شده است. و اما محاسبه و اندازه گیری Emergy از در چهار بعد در زیر به نمایش گذاشته شده است:

٤-۲-۱- شدت Emergy

کل مصرف Emergy در شهر چناران با توجه به محاسبات انجام شده در سال مورد مطالعه 2.81e+21(sej) می‌باشد. جهت بررسی شدت Emergy، از تراکم Emergy و سرانه استفاده شده است که بطور کلی نتایج به دست آمده به ترتیب 3.81e+15 و 5.75e+16 است که نشان از بالا بودن شاخص‌های مد نظر است. تراکم و سرانه Emergy نقش مهمی در عملیات سیستم شهری دارد.

٤-۲-۲- ساختار Emergy

ساختار Emergy به پایداری منطقه، با توجه به گسترش سریع شهرنشینی بسیار حیاتی است. Emergy مورد نیاز برای حفظ ساختار مشاهده شده از دو منبع اصلی محیط‌زیست طبیعی و استفاده و واردات سوخت‌های فسیلی و کالاها از سایر سازمان‌های اقتصادی می‌باشد و با توجه به اطلاعات به دست آمده، جریان Emergy از منابع تجدید پذیر در مقایسه به واردات انرژی و مواد نسبتاً کوچک است. با وجود اینکه شهر، خیلی گسترده و صنعتی نمی‌باشد ولی همین، خود نشانه‌ای از عدم تعادل جریان‌ها در سیستم شهری می‌باشد. بخش به دست آمده از منابع تجدید شونده 7.48e+16 است که در مقایسه با منابع غیر قابل تجدید کم‌تر می‌باشد و این نشان می‌دهد که سیستم‌های زندگی در منطقه به شدت وابسته به منابع غیر قابل تجدید می‌باشد و البته تنوع عملکرد شهری را نیز نمی‌توان نادیده گرفت. شاخص دیگری در ارتباط با ساختار Emergy، نسبت خود کفایی است. با توجه به محاسبات انجام شده شهر چناران با کاهش نرخ خود کفایی مواجه است. چرا که سطح خود کفایی بالا نشان از وضعیت مناسب و سطح خود کفایی پایین نشان از وضعیت نامطلوب است و شهر چناران با نرخ خود کفایی پایین 4.63e-3 و یا (۰,۰٤٦) است و این واقعیت نشان از جریان‌های منابع غیر قابل تجدید و هم چنین افزایش سوخت Emergy وارد شده به شهر و استفاده کمتر از منابع محلی را نشان می‌دهد. استفاده از سوخت‌های فسیلی تأثیر بسزایی در ساختار Emergy و شهر دارد.

٤-۲-۳- بهره‌وری فرآیند

دو شاخص مرتبط با بهره‌وری فرآیند، استفاده Emergy سوخت و برق می‌باشد. که به منظور بررسی عملکرد نظام مند از شهر می‌باشد. سوخت و برق نقش بسیار حیاتی در توسعه شهری، و شدت این شاخص‌ها می‌تواند در بهره‌وری تأثیر گذار باشند. همان طور که نتایج نشان داده سوخت و برق استفاده شده در شهر چناران، در کل در یک سطح نسبتاً بالا قرار گرفته که البته نمی‌توان مصرف کارخانجات و صنایع موجود در شهر چناران را انکار کرد که

مصرف انرژی را و درنتیجه میزان استفاده از سوخت‌ها و برق را در شهر چناران افزایش داده است و می‌تواند باعث بروز مشکلاتی در آینده شود. و درنهایت با توجه به نتایج به دست آمده از محاسبات انجام شده می‌توان دریافت که شهر در طول فرآیند صنعتی شدن و شهر نشینی بدنبال بهره‌وری بیش‌تر از منابع و درنتیجه خواسته‌های آن‌ها از منابع نیز افزایش می‌یابد که باعث ضرر رساندن به منابع محلی و استفاده بیش از حد از منابع غیر بومی و تجدید ناپذیر را فراهم می‌کند.

٤-٢-٤- فشار زیست‌محیطی

برای نشان دادن فشار زیست‌محیطی در یک اکوسیستم، بحث آلودگی و استفاده بیش از حد از منابع تجدید ناپذیر و از بین بردن منابع محلی و تجدید پذیر اهمیت دارد. همان طور که قبلاً اشاره گردید در جدول شماره (٥) و (٦)، شهر چناران در استفاده از منابع تجدید ناپذیر و سوخت‌های فسیلی درصد بالایی را داشته است و ازطرف دیگر وجود منابع آلوده کننده در شهر از قبیل صنایع و کارخانجات (کارخانه قند چناران) و..... باعث تشدید آلودگی و صدمه رساندن به محیط‌زیست و اکوسیستم شده است. وابستگی شهر به منابع تجدید ناپذیر و تولید زباله انبوه بر فشار زیست‌محیطی می‌افزاید. و در واقع تنها، به‌طور کامل و با توجه به تمام جنبه‌های مختلف عملکردهای شهری می‌توان تصویر کلی و چشم انداز خوبی از توسعه شهری با مفهوم پایداری طولانی مدت را داشت.

٥- جمع بندی

توجه به اصول توسعه پایدار و بخصوص پیاده سازی و حرکت در جهت تبدیل شدن به شهر اکولوژیک، بسیار مهم می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که در چهار شاخص اصلی (شدت Emergy، ساختار Emergy، بازدهی (بهره‌وری) فرایند و فشار زیست‌محیطی) شهر چناران با توجه به اینکه در وضعیت موجود، در پایداری نسبتاً خوبی قرار گرفته ولی جهت گیری در اقدامات صورت گرفته، نشان داده شده که فعالیت‌ها در حوزه زیست‌محیطی در جهت ایده شهر اکولوژیک نبوده و این از جریان‌های Emergy مواد، سوخت، منابع تجدید پذیر و تجدید ناپذیر که به‌طور کامل در جدول شماره (٤)، (٥) و شماره (٦) به نمایش گذاشته شد، مشخص شده است.

جهت نشان دادن فشار زیست‌محیطی و شاخص‌های پایداری (ESI) در یک اکوسیستم شهری از ترکیب همه عوامل و جریان‌ها استفاده می‌شود که نسبت EYR به ELR(عملکرد Emergy به بارگذاری محیط‌زیست) است، با توجه به اطلاعات به دست آمده از جدول شماره (٤)، (٥)، (٦)، ELR نشان دهنده عدم تعادل بین منابع تجدید پذیر و غیر قابل تجدید مورد استفاده در یک فرایند است. ELR پایین نشان دهنده بار گذاری نسبتاً کوچک زیست‌محیطی، در حالی که ELR بالا نشان از زیاده روی را نشان می‌دهد و با توجه به محاسبات انجام شده در شهر چناران، نشان از عدم تعادل بین منابع تجدید پذیر و تجدید ناپذیر می‌باشد چراکه میزان منابع تجدید ناپذیر بزرگتر از منابع تجدید

پذیر می‌باشد، و با توجه به منابع در دسترس، نسبت منابع تجدید پذیر به تجدید ناپذیر7.48e+16 به 1.09e+19 می‌باشد که درنتیجه با دخالت منابع و سوخت‌های استفاده شده این نسبت به مراتب بیش‌تر شده و بر عدم تعادل می‌افزاید. با استفاده از شاخص پایداری ESI می‌توان، ارزیابی ریسک اکولوژیکی در اکوسیستم‌های شهری را بررسی کرد که با ترکیب هردو عملکرد اجتماعی–اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی به دست می‌آید، که آن از نسبت EYR و ELR محاسبه شده، و اندازه گیری تولید یک سیستم، نسبت به فشار محیط‌زیست را نشان می‌دهد. EYR به دست آمده در شهر چناران، 1.05 و ELR 3.76e+04 می‌باشد که از نسبت این دو با هم، میزان پایداری (ESI) نشان داده می‌شود، ESI به دست آمده در شهر چناران برابر با 2.79e-05 است و با توجه به اینکه نسبت عملکرد Emergy، نسبت به بار گذاری محیط‌زیست کمتر می‌باشد درنتیجه فشار زیست‌محیطی ناشی از استفاده از منابع تجدید ناپذیر و سوخت‌های فسیلی بالا بوده، این نیز بر پایداری تأثیر مستقیم داشته و باعث پایین آوردن سطح پایداری در منطقه شده است. که البته رشد و گسترش شهر و ساخت و سازهای صورت گرفته باعث استفاده بیش‌تر از منابع محلی و درنتیجه منجر به کاهش پایداری شده است.

لذا نتایج حاصل از این تحقیق به جهت رابطه میان ارزیابی شاخص‌های شهر اکولوژیک در شهر چناران در راستای توسعه پایدار با روش Emergy، با نتایج حاصل از سای و همکاران (۲۰۰۹) تحت عنوان تجزیه‌وتحلیل مبتنی بر Emergy از مناطق پکن، تیانجن و تانگشن در چین، که با شاخص‌های مشابه (شدت و تراکم Emergy، ساختار، بازدهی و بهره‌وری منابع، فشار زیست‌محیطی) در طول سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۵ را مورد آزمون قرار داده یودند، همخوانی دارد. و نتایج نشان داد که این سه شهر در مقایسه با دیگر شهرهای چین بارگذاری محیطی بالاتر و سطح پایداری کمتری دارد، اگرچه فرایند سریع شهرنشینی و توسعه اقتصادی نیز تأثیر گذار بوده است. و این مطالعه نیز نشان می‌دهد که الویت اول در رقابت توسعه اقتصادی در مناطق متراکم شهری ممکن است به هدر رفتن منابع و ساخت و ساز بیش از حد شود. در حالی که انتخاب منطقی الگوی توسعه مناسب، برای هماهنگ کردن توسعه منطقه‌ای و پایداری طولانی مدت، برای غلبه بر محدودیت‌های منابع لازم است.

به همین دلیل با اجرای سیاست‌های نظیر تبدیل یک شهر به "شهر اکولوژیک" و شاخص‌ها و استانداردهای مرتبط با آن که توجه بسیاری به محیط‌زیست و مسائل زیست‌محیطی دارد، می‌تواند محیطی با آستانه ظرفیت تحمل بالا داشته باشد. و با توجه به موقعیت و ویژگی‌های شهر چناران، می‌تواند با جهت گیری‌ها، سیاست‌ها و برنامه ریزی‌های مناسب و عاقلانه یک شهر اکولوژیک باشد. به همین دلیل پیشنهاد می‌گردد با توجه به اینکه شهر در شرایط نسبتاً مطلوبی به لحاظ شاخص‌های Emergy قرار دارد، و با توجه به تشدید فعالیت‌های ساخت و ساز و...، امکان از بین بردن تعادل اکولوژیکی وجود دارد، بنابراین، توسعه باید تحت کنترل و مراقبت قرار گیرد. و همچنین حفظ ملاحظات زیست‌محیطی در جهت توسعه پایدار در بکارگیری طرح‌های صنعتی لحاظ گردد. و باتوجه به اینکه روش

Emergy در ایران کار نشده وباتوجه به قابلیت‌های این روش در زمینه‌های مختلف (اکوسیستم، کشاورزی، چشم انداز، مدلسازی، جریان مواد و بازیافت، اقتصاد و....)، استفاده از این روش می‌تواند در شناسایی و حل مشکلات کار ساز باشد.

کتابنامه

پور جعفر، محمودرضا؛منتظر الحجه، مهدی؛رنجبر، احسان؛کبیری، رضا؛ ۱۳۹۱. ارزیابی توان اکولوژیکی به منظور تعیین عرصه‌های مناسب توسعه در محدوده شهر جدید سهند. *مجله جغرافیا و توسعه*. شماره ۲۸. پاییز۱۳۹۱،۲۲– ۱۱.

جهادکشاورزی شهرستان چناران؛ ۱۳۹۰. *اطلاعات و آمار کشاورزی*.

سازمان آب و هوا شناسی خراسان رضوی؛ ۱۳۹۱. *ایستگاه هوا شناسی گلمکان- چناران*..

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح ؛۱۳۸٤. *فرهنگ جغرافیای آبادی‌های کشور استان خراسان رضوی شهرستان چناران*. چاپ اول.

مرکز آمار ایران؛ ۱۳۹۰. *اطلاعات سرشماری عمومی نفوس و مسکن*..

مهندسان مشاور نقش پیراوش؛ ۱۳۸۷. *طرح جامع شهر چناران*..

Alberti, M., 2005. The effects of urban patterns on ecosystem function. *International Regional Science Review 28 (2), 168–192.*

Bertalanffy, L., 1968.*General system Theory*. George Braziller Publ. New York 295 p.

Cai.Z.F, Zhang. L.X, Zhang. B, Chen. Z.M., 2009. *Emergy-based analysis of Beijing–Tianjin–Tangshan region in China*, Commun Nonlinear Sci Numer Simulat 14 4319–4331.39

Chen.Shaoqinga, Chen. Bin, Su. Meirong., 2011. *A new way to quantify ecological and economic interactions between two cities using emergy analysis*, 2010 International workshop from the International Congress on Environmental Modeling and Software (iEMSs2010), 60–24.

Hau JL, Bakshi BR., 2004. *Promise and problems of emergy analysis.* Ecological Modelling 178:215–225.

Jaeger, J.A.G., Bertiller, R., Schwick, C., Kienast, F, (2010. *Suitability criteria for measures of urban sprawl.* Ecological Indicators 10 (2), 397–406.

Liu. G.Y, Yang.Z.F, Chen.B(2012), *Emergy-based urban dynamic modeling of long-run resource consumption, economic growth and environmental impact: conceptual considerations and calibration,* The 18th Biennial Conference of International Society for Ecological Modelling, Procedia Environmental Sciences 13 (2012) 1179 – 1188.

Liu. Gengyuan, Yang. Zhifeng, Chen. Bin., 2010. *Emergy-based Ecological Economic Evaluation of Beijing Urban Ecosystem.*, 2010 International workshop from the International Congress on Environmental Modeling and.

Mansson, B.A., McGlade, J.M., 1993. *Ecology, thermodynamics* and H.T. Odum's conjectures. Oecologia 93, 582–596.

Miltner, R., White, D., Yoder, C.O., 2004. *The biotic integrity of streams in urban and suburbanizing landscapes*. Landscape and Urban Planning 69 (1),87-100.

Muñuzuri.Jesús,Duin.J.H.R.van,Escudero.Alejandro., 2010. *How efficient is city logistics? Estimating ecological footprints for urban freight deliveries,*The Sixth International Conference on City Logistics,Procedia Social and Behavioral Sciences 2 (2010) 6165–6176.

Odum, E.C., and Odum, H.T., 1980. *Energy systems and environmental education.* Pp. 213-231 in: Environmental Education- Principles, Methods and Applications, Ed. by T.S. Bakshi and Z. Naveh. Plenum Press, New York.

Odum, H.T., 1983. *Systems Ecology: An Introduction*. John Wiley, NY. 644 p.

Odum, H.T., 1996. *Environmental Accounting: Emergy and Environmental Policy Making*. John Wiley and Sons, New York. p370.

-Response Model in a coastal city., 2012. China, *The 18th Biennial Conference of International Society for Ecological Modelling*, (2012) 221 – 231.

Sciubba, E., 2010. *On the Second-Law inconsistency of Emergy Analysis.* Energy 35, 3696-3706.

Silvert W., 1982. *The theory of power and efficiency in ecology*. Ecological Modelling 15:159–164.

The fifth International Eco-city conference, shenzen, china, august(1999).

YuLin.Zhu, Jie. Zhou, Sha. Li., 2011. *Analysis on the emergy structure and eco-efficiency of the agricultural eco-economic system in Hunan*, IACEED2010. 1597–1602.

Zhang. X.C, Ma.C, Zhan. S.F, Chen. W.P., 2012. Evaluation and simulation for ecological risk based on emergy analysis and Pressure-State-Response Model in a coastal city, China, *The 18th Biennial Conference of International Society for Ecological Modelling*, (2012) 221 – 231.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی