ارزیابی فشار وارد بر محیطزیست شهری با استفاده از مدل فضایی عدد فشار ظرفیت‌برد (منطقه مورد مطالعه: شهر کرج)

ائلسن محبوب[۱] ، شراره پورابراهیم [۲*]، مجید مخدوم[۳] ، نادیا عباس زاده تهرانی[۴]

۱- کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲* - دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴- استادیار پژوهشگاه هوافضا، وزارت علوم و تحقیقات و فناوری

*ایمیل نویسنده مسئول: sh_pourebrahim@ut.ac.ir

تاریخ دریافت : ۱۴۰۰/۰۵/۰۹ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۰/۰۷/۱۸

چکیده:

شهرها به عنوان یکی از پیچیده‌ترین سیستمهای اقتصادی، اجتماعی، نیازمند رویکردهای سیستماتیک در شناسایی و هدایت بر مبنای روابط و کنترل هستند. رشد جمعیت، شرایط اجتماعی و اقتصادی مختلف شهرها، تامین سکونتگاههایی با کیفیت بالا در شهرها، تکه تکه شدن، تخریب زیستگاه‌های طبیعی در اثر توسعه شهری، ضمن اینکه به یکی از چالش‌های بزرگ برای مدیران و برنامه‌ریزان تبدیل شده، شهرها را ناچار به تحمل فشاری فراتر از ظرفیت پالایش محیطزیست و توان باز جذب خود کرده است. افزایش اندازه و تعداد شهرها در آینده فعالیت‌های انسانی مثل تغییر کاربری‌ها، مصرف بیشتر منابع و انتشار آلاینده ها اثرات منفی بر کارکرد و ساختار سیستم شهری برجای گذاشته و گردش مواد و انرژی را دچار اختلال کرده است. وجود یک سیستم شاخص مبتنی بر ظرفیت‌برد منابع شهری و محیطزیست می‌تواند به این مهم کمک کند. هدف اصلی مطالعه حاضر ارزیابی وضعیت محیطزیست شهری کرج بر اساس اصول پایداری بر مبنای عدد بارگذاری ظرفیت‌برد شهری است. با ایجاد یک مدل ظرفیت‌برد شهری و از طریق ارائه‌ی شاخص‌هایی که بر اساس چارچوب فشار، وضعیت، اثر، پاسخ (PSIR) و مفاهیم پایداری و توسعه شهری انتخاب شده‌اند، وضعیت فشار محیطزیستی وارد براکوسیستم شهری، با نمایه عدد بارگذاری در هر یک از زون‌های مورد مطالعه از طریق بکارگیری مدل معرفی شده، محاسبه و مقایسه شده است. بررسی اعداد بارگذاری کلی به دست آمده در مناطق شهر کرج نشان می‌دهد که هیچ یک از مناطق شهری در زمان مطالعه، با توجه به شاخص‌های ۱۸ گانه، در محدوده دارای عدد بارگذاری کل مطلوب قرار ندارد. ۵ منطقه شهری دارای عدد بارگذاری کل کم تا متوسط (۲۰۰-۱۰۰) و تعداد ۴ منطقه دارای عدد بارگذاری کل متوسط تا زیاد (۳۰۰-۲۰۰) و منطقه ۱ شهر کرج دارای عدد بارگذاری زیاد تا حد آستانه (۴۰۰-۳۰۰) می باشد. نتایج این تحقیق، گذشتن شهر کرج از حد مطلوب محیطزیستی به فشار بالا بر ظرفیت‌برد شهری را نمایان نموده و لزوم مدیریت و برنامه‌ریزی جهت کاهش فشار وارد بر سرزمین را در مناطق شهری کرج آشکار می‌سازد. با توجه به مدل عدد بارگذاری بررسی شده در این پژوهش قابلیت کاربرد این مدل در تمامی مناطق شهری نشان داده می‌شود و به آسانی می‌توان با مقایسه اعداد بارگذاری حاصل از هر منطقه شهری به مقایسه وضعیت فشار محیطزیستی وارد بر اکوسیستم شهری پرداخت.

کلمات کلیدی

"عدد بارگذاری"، "ظرفیت‌برد اکوسیستم شهری"، "PSIR"، "سیستم شاخص"، "GIS"

" ۱. مقدمه

محققان محیطزیست شهر را به عنوان یک سیستم هتروتروف می‌شناسند که به شدت وابسته به ورودی‌های بزرگ انرژی و مواد است که باعث تغییرات محیطزیستی بزرگ و غیرخطی و غیرمنتظره می‌شوند و نتیجه آن عبور از حد آستانه محیطزیستی یا ایجاد محدودیت‌های محیطی است. نظارت منظم بر تاثیرات انسانی در سیستم‌های شهری ضروری است تا فشارهای ناشی از انسانها از ظرفیت‌برد فراتر نرود (شناور و همکاران، ۱۳۹۵). ظرفیت‌برد مقدار آستانه حداکثر ظرفیت فعالیت انسانی در شرایط خاص است (Tang et al., 2021). ظرفیت‌برد شهری به میزان جمعیت یا توسعه ای اشاره دارد که می‌تواند در یک ناحیه ادامه یابد، بدون هیچ‌گونه تاثیری در منطقه که بیش از حد قابل قبول باشد (Tehrani and Makhdoum, 2013).

ظرفیت‌برد محیطزیستی شهری یک استاندارد مهم برای اندازه گیری توسعه پایدار محیطزیست شهری است. چگونگی اندازه‌گیری کمی و مقایسه داخلی ظرفیت‌برد محیطزیستی شهری در منطقه برای تدوین سیاست‌های توسعه اقتصادی مهم است و نقش اصلی را در ساخت و توسعه اکولوژیکی شهر ایفا می‌کند (Song *et al*., 2019). ظرفیت‌برد منابع و محیطزیست (RECC[1]) پایه مهمی برای توسعه بلند مدت شهرها است و در این راستا ارزیابی دقیق شهرها از اهمیت بالایی در راستای حرکت به سمت توسعه پایدار برخوردار است (Zhang *et al*., 2019). ارزیابی پایداری محیطزیستی به عنوان مهم‌ترین مقوله در فرآیند برنامه-ریزی توسعه پایدار، قابل طرح و بررسی است و در سطوح مختلف به طور

1 Resources and Environmental Carrying Capacity

متوالی انجام می‌شود، از این رو فراهم کردن بستری مناسب برای ارزیابی و سنجش پایداری محیطزیستی در فرآیند برنامه‌ریزی و توسعه، به ویژه توسعه شهری لازم وضروری است (Pope, 2004).در جهان امروز، توسعه پایدار و حفظ محیطزیست اهدافی ارزشمند هستند که بر یگانگی بوم شناختی طبیعت و جامعه، نه تنها در سطح کشورها بلکه در سطح کره مسکونی توجه می‌کنند، بدین معنا که کشورها بدون توجه به مرزهای قراردادی و خط‌کشی‌های سیاسی، توسعه پایدار و حفاظت از محیطزیست را برای بالندگی جوامع ضروری و حتی حیاتی می‌دانند (Haughton and hunter, 2004) در این مقاله سعی بر آن است تا به شهر کرج به عنوان سیستمی که به سبب دخل و تصرف انسانی، ساختار، عملکرد و فرآیندهایش دچار اختلال شده، نگریسته شود و از طریق شناسایی صحیح نیروهای فشار، منابع و مخازن و تجزیه و تحلیل وضعیت آنها، به بررسی و پایش فشارهای حاصل از توسعه در سیستم‌های پس رفته شهری پرداخته و از طریق پایش شاخص‌های فشار وارد بر محیطزیست شهری، وضعیت پایداری شهر در قالب نمایه عدد بارگذاری بررسی و در نهایت در فرایند برنامه‌ریزی و مدیریت محیطزیست شهر کرج بکار گرفته شود. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی وضعیت محیطزیست شهری کرج براساس اصول پایداری با محاسبه عدد بارگذاری ظرفیت‌برد است. و در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده به پاسخ سوالات زیر خواهیم رسید:

۱- چه شاخص‌هایی در ارزیابی فشار وارد بر محیطزیست شهری کرج موثر هستند؟

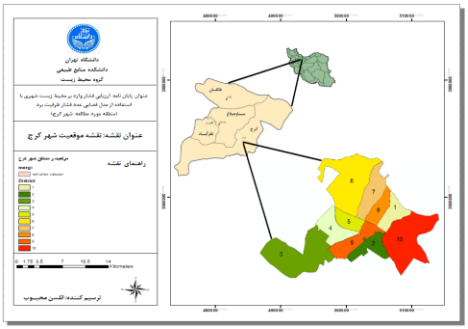
۲- با توجه به مدل فضایی عدد بارگذاری مبتنی بر مفاهیم ظرفیت‌برد در مناطق مختلف شهرکرج، کدامیک از مناطق شهری از لحاظ محیطزیست شهری درحالت بحرانی قرار دارند؟

در مطالعه‌ای که جهت سنجش کیفیت محیطزیست شهر تهران صورت گرفته است (طبیبیان، ۱۳۸۰) با استفاده از مدل ریاضی معرفی شده، خصوصیات کمی و کیفی شهر به زبان اعداد و ارقام ترجمه شده است که نتیجه حاصل، نمادی از خصوصیات محیطزیستی شهر مورد ارزیابی می-باشد و نتیجه آزمون بصورت عددی که نماینده وضعیت محیطزیستی کلی شهر بر اساس آمار و اطلاعات موجود است. مخدوم و عباس‌زاده طهرانی، در مطالعه‌ای با عنوان " تدوین مدل فضایی عدد بارگذاری ظرفیت‌برد شهری "، با ارایه مدل عدد بارگذاری و تکیه بر مفاهیم ظرفیت تحمل و اصول پایداری اکوسیستم ها، وضعیت فشار محیطزیستی وارد بر سیستم شهری در شهر تهران را مورد مطالعه قرار دادند. این پژوهش با هدف معرفی سیستم پشتیبانی تصمیم گیری فضایی برای برنامه‌ریزی محیط-زیست پایدار و مدیریت سیستم‌های شهری با ایجاد یک شهر با مدل ظرفیت‌برد(Load Number (UCCLN و بر اساس مفاهیم ظرفیت‌برد و اصول پایداری صورت می‌گیرد (مخدوم و عباس‌زاده طهرانی، ۱۳۸۷). شایسته و غندالی در مطالعه ای با عنوان" ارزیابی ظرفیت‌برد شهر سمنان با استفاده از مدل عدد بارگذاری ظرفیت‌برد شهری"، در چهارچوب فشار، وضعیت، اثر، پاسخ و با استفاده از شاخص‌های معین شده، به بررسی ظرفیت‌برد و میزان فشار وارد شده بر سیستم شهری سمنان پرداختند (Shayesteh and Ghandali, 2017). مطالعه دیگری توسط Oh و همکاران در سال (2005) با عنوان «تعیین تراکم توسعه پایدار با استفاده از نظام ارزیابی ظرفیت‌برد شهری» انجام شده است. در این پژوهش با ایجاد سیستم ارزیابی ظرفیت‌برد شهری، تراکم توسعه مورد بررسی قرار گرفته است (Oh et al., 2005). Jiang Dong و همکاران در سال (2008) مطالعه‌ای با عنوان «ارزیابی یکپارچه مناسبات توسعه شهری براساس تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در منطقه Jinginji در چین» انجام دادند. براساس این مطالعه در منطقه جینگجینجی ارزیابی مناسب بودن کاربری زمین برای رشد شهری در مقیاس منطقه‌ای با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شد و یک مدل ارزیابی یکپارچه با پشتیبانی از روش AHP توسعه یافت (Dong et al., 2008). Liu و Borthwick در سال (2011) مطالعه‌ای با عنوان «اندازه‌گیری و ارزیابی ظرفیت‌برد محیطزیستی در نینگبو چین» انجام دادند. در این مطالعه یک سیستم اندازه‌گیری جامع برای ظرفیت‌برد محیطزیستی ارائه شد که شامل مدل‌هایی از ظرفیت منابع‌طبیعی شامل ظرفیت جذب محیطی، ظرفیت خدمات اکوسیستم و ظرفیت حمایت جامعه است (Liu and Borthwick, 2011).

۲. روش انجام تحقیق

* محدوده مورد مطالعه

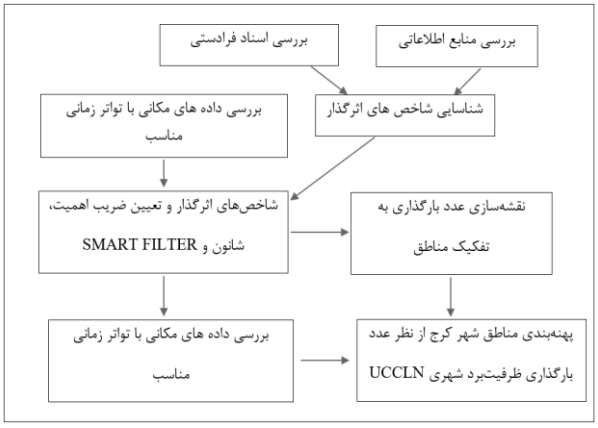
محدوده مورد مطالعه در این تحقیق، شهر کرج در استان البرز است که در ۳۶ کیلومتری غرب تهران، در کرانه‌ی غربی رود کرج و در دامنه‌ی جنوبی رشته کوه البرز گسترده شده است. شهر کرج با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه‌ی خاوری و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه‌ی شمالی، با ارتفاع ۱۲۹۷ متر از سطح دریا، در فاصله ۴۸ کیلومتری غرب شمالی تهران واقع شده است. این شهر با مساحتی معادل ۱۷۵/۴ کیلومتر مربع و حریمی به وسعت ۱۷۸/۹ کیلومتر مربع در دامنه رشته کوه البرز مرکزی قرار دارد. جمعیت شهرکرج بر پایه سرشماری سال ۱۳۹۵ برابر با ۱/۵۹۲/۴۹۲ تن بوده که این رقم با احتساب جمعیت ساکن در حومه ی شهر به ۱/۹۷۳/۴۷۰ تن می‌رسد. دلیل انتخاب شهر کرج در این پژوهش این است که شهر کرج شاهد افزایش طبیعی جمعیت و مهاجرت‌ها، رشد شهری و گسترش شهرنشینی در نتیجه افزایش نیازهای جمعیتی و مصرف‌گرایی بوده که به گونه‌ای سیاست‌های شهرسازی را نیز تحت تاثیر قرار داده و در عین حال دغدغه‌ها و نگرانی‌های محیطزیستی و فشارهای وارده بر منابع‌طبیعی را افزایش داده و برنامه‌ریزان شهری را به اتخاذ تمهیداتی جهت حل و کاهش بحران‌های ناشی از آن واداشته است (اینانلو و اکبریان، ۱۳۹۶).



شکل ۱- نقشه‌ی موقعیت شهر کرج

*** روش پژوهش**

یک از مناطق براساس این اعداد بارگذاری صورت گرفت. نهایتا پهنه‌بندی و وضعیت هر یک از مناطق شهر کرج براساس فشار محیطزیستی و مدل عدد بارگذاری مشخص شد (شکل ۲).



شکل ۲- نگاره فرآیند تحقیق

*** شاخص‌های ظرفیت‌برد شهری**

در این تحقیق، با استفاده از چارچوب PSIR، علاوه بر ساختاردهی اطلاعات، تعیین روابط مهم و همچنین دستیابی به درک جامع از مشکلات محیطزیستی و در نهایت دستیابی به راه‌حل‌های مدیریت عملی و محیطی امکان‌پذیر است (Ness et al, 2010). بنابراین، شاخص‌های موثر در زمینه فشار، وضعیت، اثر، پاسخ برای ارزیابی وضعیت محیط‌شهری انتخاب می شوند (جدول ۳).

*** تدوین جدول درجه ظرفیت‌برد شاخص‌ها**

به منظور ایجاد مدل عدد بارگذاری ظرفیت‌برد شهری، هر یک از شاخص‌های تعیین شده براساس مقادیر حداقل (مطلوب) و حداکثر یا مجاز (آستانه ای) خود در در ۶ کلاس طبقه‌بندی شده‌اند و بر حسب میزان و شدت شاخص در محدوده ظرفیت‌برد آن درجه‌ای به آنها تعلق می‌گیرد که درجه ظرفیت‌برد شاخص نامیده می‌شود (DCC[1]). جدول ۱ درجات ظرفیت‌برد را نشان می‌دهد.

جدول ۱ - مفهوم درجات ظرفیت‌برد شاخص‌ها

شاخص X	طبقه‌بندی ارزش شاخص‌ها بر اساس ظرفیت‌برد					
درجه ظرفیت برد	۰/۱	۱	۲	۳	۴	۵
مفهوم ظرفیت برد	حداقل تخریب و تغییر	فشار کم	فشار متوسط	فشار زیاد	حداکثر آستانه مجاز	حد بحرانی

*** آستانه ها و دامنه ها در مدل ظرفیت برد شهری**

در این مدل، شاخص‌ها در ۶ دسته "درجه ظرفیت‌برد " (DCC) قرار داده شده‌اند. برای محاسبه درجه ظرفیت‌برد شاخص‌ها، از استانداردها، مقادیر پایه و تعرفه‌ها برای هر شاخص استفاده شده است که برای گروه شاخص‌های انتخاب شده شامل شاخص‌های وضعیت، فشار و اثرات محاسبه شده‌اند (جدول ۲) . با توجه به اهداف تحقیق و استانداردهای موجود شهرسازی و با بهره‌گیری از مدل اکولوژیکی توسعه‌شهری (مخدوم، ۱۳۷۸) و همچنین با لحاظ میزان فشار وارد بر بستر اکوسیستم شهری، مقادیر ارتفاع و شیب در ۶ طبقه‌بندی در نظر گرفته شده‌اند. در این مدل جهت تعیین وضعیت منطقه مورد مطالعه از لحاظ آسیب‌پذیری در مقابل بلایای طبیعی، با توجه به شدت و میزان احتمال هر رویداد طبیعی در منطقه مورد مطالعه، شاخص آسیب‌پذیری در مقابل زلزله انتخاب می‌گردد. با توجه به سوابق زلزله‌خیزی در منطقه مورد مطالعه (شهرکرج) لازم است نقشه زلزله‌خیزی آن تهیه شود. بدین منظور از اطلاعات مربوط به آسیب-پذیری در مقابل زلزله در شهرکرج استفاده شده است. از میان سرانه‌های شهری، جهت بررسی ظرفیت‌برد محیطزیست شهری،کاربری‌هایی که در ایجاد محدودیت‌ها تعیین کننده هستند انتخاب شده و جدول درجه ظرفیت‌برد و عدد بارگذاری شاخص‌های سرانه‌های شهری براساس برآوردی از مجموعه آستانه‌ها و استانداردهای موجود (مهندسین مشاور سبز اندیش پایش، ۱۳۹۵)، طرح چشم انداز ۲۰ ساله و برنامه راهبردی-عملیاتی ۵ ساله اول توسعه شهرکرج، برای شهرکرج تهیه و تنظیم شده است. جهت ایجاد جدول درجه ظرفیت‌برد شاخص تراکم ناخالص جمعیت، همانند دیگر شاخص‌ها، تعیین حدود آستانه‌ای ضروری است. با توجه به طرح جامع شهرکرج و طرح تفصیلی شهرکرج، ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری (مهندسان مشاور باند و پارس بوم، ۱۳۸۷)، بیشینه تراکم ناخالص جمعیتی مجاز ۵۶۰ نفر در هکتار و کمینه ۹۰ نفر در هکتار است. جهت زون‌بندی ترافیک، از نقشه‌ی حجم ترافیک تولید شده با توجه به گزارش مدیریتی مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک کرج (مهندسان مشاور اندیشکار و رهپویان،۱۳۹۳)، استفاده شده است. این نقشه‌ها ابتدا رقومی و تصحیح شده‌اند که ترافیک مربوط به مناطق شهری را با توجه به تردد و تعداد اتومبیل‌ها نشان می‌دهد که حداقل تعداد تردد اتومبیل ۴۱۷ عدد است. جهت ایجاد جدول درجه ظرفیت‌برد شاخص پسماندخانگی، حدود آستانه‌ای با توجه به طرح جامع توسعه مدیریت پسماند کلانشهرکرج (جهاد دانشگاهی تربیت مدرس، ۱۳۹۷) میزان کمینه پسماندخانگی ۴۵۰ گرم بر شخص در روز است. جهت ایجاد جدول درجه ظرفیت‌برد شاخص نخاله ساختمانی، حدود آستانه‌ای با توجه به طرح جامع توسعه مدیریت پسماند کلانشهرکرج (جهاد دانشگاهی تربیت مدرس، ۱۳۹۷)، میزان کمینه نخاله ساختمانی ۵۰ تن در روز است. جهت ایجاد جدول درجه ظرفیت‌برد میانگین منوکسیدکربن با توجه به استانداردهای مرکز تحقیقات آلودگی هوا (پژوهشکده محیطزیست) و مقاله (معین الدینی و همکاران، ۱۳۹۶) کمینه منوکسید کربن ۵/۵ درصد در نظر گرفته شد.

*** ضریب اهمیت شاخص‌ها**

به منظور تدوین مدل فضایی ظرفیت‌برد شهری بر اساس چارچوب PSIR ، شاخص‌ها با استفاده از روش Smart Filter و آنتروپی شانون انتخاب

[1] Degree Carrying Capacity

شده و ضریب اهمیت آنها تعیین می‌شود. جدول ۳ ضرایب اهمیت شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

*** محاسبه درجه ظرفیت‌برد و عدد بارگذاری شاخص‌ها**

پس از تعیین ضرایب اهمیت شاخص‌ها، درجه ظرفیت‌برد (DCC) هر شاخص در ضریب‌اهمیت (IC[1]) خود ضرب شد، عدد به‌دست آمده، عدد بارگذاری (LN) بر اکوسیستم شهری را بر اساس مفهوم ظرفیت‌برد نشان می‌دهد.

$$LN = DCC \times IC$$

*** تهیه جدول درجه ظرفیت‌برد و عدد بارگذاری مجموع شاخص‌های ۱۸ گانه**

پس از تهیه جدول ظرفیت‌برد و عدد بارگذاری ۱۸ شاخص در نظر گرفته شده در مناطق شهرکرج، دامنه‌های مربوط به خصوصیات هر ۱۸ شاخص ایجاد می‌گردد و در نهایت می‌توان عدد بارگذاری کلی حاصل جمع ۱۸ شاخص را در هر یک از مناطق محاسبه نموده و نقشه عدد بارگذاری کلی در مناطق شهرکرج ایجاد نمود. این نقشه پراکنش، فشار را در مناطق شهرکرج نشان داده و ابزار مناسبی جهت بررسی و مکانیابی نقاط بحرانی و مقایسه وضعیت کلی مناطق از لحاظ وضعیت ۱۸ شاخص با یکدیگر است (جدول ۴).

*** میزان عدد بارگذاری شاخص‌ها و تهیه نقشه‌های LN شاخص‌ها**

پس از تعیین DCC و LN شاخص‌های ۱۸ گانه در شهر کرج، عدد بارگذاری کل این شاخص‌ها محاسبه شد (جدول ۶). و نقشه‌های LN تهیه شد (شکل ۳، ۷). این نقشه ها توزیع فشار در مناطق مختلف کرج را نشان می‌دهد و ابزاری مناسب برای بررسی و مکان یابی نقاط بحرانی و مقایسه وضعیت کلی مناطق مختلف است. اعداد بارگذاری کلی زون‌های مورد مطالعه مناطق شهرکرج و مناطقی که بیشترین عدد بارگذاری را دارند شناسایی و اولویت‌بندی شدند. سپس در هر منطقه اولویت هر یک از شاخص‌ها در ایجاد فشار مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۵).

[1] Importance Coefficient

جدول ۲- حد آستانه های ۱۸ شاخص در ارزیابی محیط زیستی شهر کرج

شاخص	واحد	درجه ظرفیت‌برد					
		0.1	1	2	3	4	5
ارتفاع	متر	0-400	400-1200	1200-1400	1400-1600	1600-1800	>1800
شیب	درصد	0-4	4-6	6-8	8-12	12-15	>15
آسیب‌پذیری به زلزله	زون آسیب‌پذیری، ٪	0	Up to 50%	Up to 70%	More than 75%	More than 75%	More than 75%
کاربری مسکونی	مترمربع/نفر	>30	25-30	20-25	15-20	10-15	<10
کاربری آموزشی	مترمربع/نفر	4	3-4	2-3	1-2	0.5-1	<0.5
کاربری بهداشتی	مترمربع/نفر	1	0.75-1	0.5-0.75	0.25-0.5	0.1-0.25	<0.1
پوشش سبز	مترمربع/نفر	6	5-6	4-5	3-4	2-3	<1
کاربری تفریحی-ورزشی	مترمربع/نفر	2.25	2-2.25	1.5-2	1-1.5	0.5-1	< 0.5
کاربری صنعتی	مترمربع/نفر	1	0.75-1	0.5-0.75	0.25-0.5	0.1-0.25	< 0.1
کاربری خدماتی-گردشگری	مترمربع/نفر	0.25	0.20-0.25	0.15-0.20	0.12-0.15	0.10-0.12	< 0.10
زیرساخت شهری	مترمربع/نفر	1	0.75-1	0.5-0.75	0.25-0.5	0.1-0.25	< 0.1
کاربری تجاری	مترمربع/نفر	1.7	1-1.7	0.75-1	0.5-0.75	0.25-0.5	< 0.25
شبکه‌های حمل و نقل	مترمربع/نفر	1	0.75-1	0.5-0.75	0.25-0.5	0.1-0.25	< 0.1
تراکم جمعیت	نفر در هکتار	0-90	90-105	105-115	115-130	130-150	150<
حجم ترافیک	تعداداتومبیل	417	417-700	700-1000	1000-1500	1500-2000	2000<
میزان پسماندخانگی	گرم برشخص در روز	450-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900<
میزان نخاله ساختمانی	تن در روز	0-50	50-70	70-100	100-200	200-300	300<
میزان منوکسید کربن	درصد	<5.5	5.5-10.5	10.5-15	15-20	20-25	25<

جدول ۳- شاخص‌های مورد استفاده جهت ارزیابی پایداری محیط‌زیستی شهر کرج بر اساس چارچوب PSIR و ضریب اهمیت آنها

چارچوب PSIR		شاخص	ضریب اهمیت
وضعیت	محیط‌طبیعی	شیب	4.48
		ارتفاع	4.48
		آسیب‌پذیری به زلزله	7.43
	محیط انسان‌ساخت	کاربری مسکونی	5.30
		کاربری آموزشی	5.30
		کاربری بهداشتی	5.30
		پوشش سبز	5.30
		کاربری تفریحی-ورزشی	5.30
		کاربری صنعتی	5.30
		کاربری خدماتی-گردشگری	5.30
		زیرساخت شهری	5.30
		کاربری تجاری	5.30
		شبکه‌های حمل و نقل	5.30
فشار		تراکم جمعیت	5.32
		حجم ترافیک	5.32
اثرات		میزان پسماند خانگی	4.71
		میزان نخاله ساختمانی	4.71
		میزان منوکسید کربن	5.25

جدول ٤- درجات ظرفیت‌برد و عدد بارگذاری کل شاخص‌های ۱۸ گانه

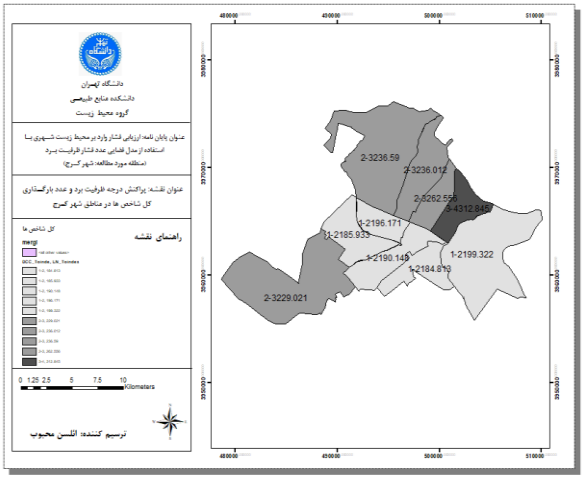
	درجه ظرفیت برد					
	0.1	1	2	3	4	5
عدد بارگذاری کل	10	100	200	300	400	500

جدول ٥- اولویت‌بندی مناطق شهر کرج از لحاظ میزان عدد بارگذاری

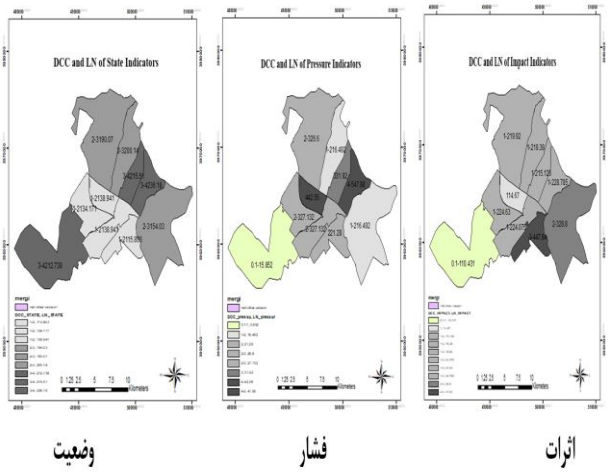
منطقه	شاخص‌های وضعیت	شاخص‌های فشار	شاخص-های اثرات	نمره کل	درجه ظرفیت-برد کل
1	236.18	47.88	28.785	312.845	3-4
8	215.51	31.92	15.126	262.556	2-3
6	190.07	26.6	19.92	236.59	2-3
7	200.14	16.492	19.38	236.012	2-3
3	212.738	5.852	10.431	229.021	2-3
10	154.03	16.492	28.8	199.322	1-2
5	138.941	42.56	14.67	196.171	1-2
9	138.941	27.132	24.075	190.148	1-2
4	134.171	27.132	24.63	185.933	1-2
2	115.893	21.28	47.64	184.813	1-2

جدول ٦- عدد بارگذاری شاخص‌های ۱۸ گانه در مناطق ۱۰ گانه کرج

چارچوب PSIR	شاخص	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۷	منطقه ۸	منطقه ۹	منطقه ۱۰
وضعیت	ارتفاع	22.4	8.96	4.48	8.96	8.96	22.4	22.4	22.4	8.96	22.4
	شیب	22.4	13.44	0.448	0.448	0.448	22.4	22.4	22.4	0.448	22.4
	زلزله	37.15	0.743	37.15	0.743	0.743	37.15	37.15	37.15	0.743	37.15
	مسکونی	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
	آموزشی	15.9	0.53	15.9	21.2	21.2	0.53	0.53	5.3	15.9	0.53
	بهداشتی	10.6	15.9	26.5	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	26.5
	پوشش‌سز	15.9	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
	تفریحی،ورزشی	26.5	21.2	26.5	26.5	26.5	26.5	10.6	26.5	26.5	0.53
	صنعتی	21.2	0.53	21.2	0.53	0.53	0.53	15.9	15.9	0.53	0.53
	گردشگری	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	10.6
	زیرساخت،شهری	10.6	15.9	21.2	0.53	15.9	15.9	15.9	5.3	15.9	0.53
	تجاری	10.6	10.6	10.6	10.6	5.3	5.3	5.3	15.9	5.3	15.9
	حمل و نقل	15.9	0.53	21.2	15.9	10.6	10.6	21.2	15.9	15.9	15.9
فشار	تراکم جمعیت	21.28	5.32	0.532	0.532	26.6	10.64	0.532	15.96	26.6	0.532
	حجم ترافیک	26.6	15.96	5.32	26.6	15.96	15.96	15.96	15.96	0.532	15.96
اثرات	پسماند خانگی	14.13	18.84	0.471	14.13	9.42	9.42	4.71	14.13	18.84	14.13
	نخاله‌ساختمانی	14.13	23.55	4.71	0	0	0	9.42	0.471	4.71	9.42
	منوکسیدکربن	0.525	5.25	5.25	10.5	5.25	10.5	5.25	0.525	0.525	5.25
TLN		312.845	184.813	229.021	185.933	196.171	236.59	236.012	262.556	190.148	199.322
DCC		3-4	1-2	2-3	1-2	1-2	2-3	2-3	2-3	1-2	1-2



شکل ۳ - نقشه پراکنش درجه ظرفیت‌برد و عدد بارگذاری کل مجموع شاخص‌ها در هر یک از مناطق شهرکرج



شکل ۷ - نقشه پراکنش درجه ظرفیت‌برد و عدد بارگذاری کل شاخص‌های وضعیت، فشار و اثرات در هر یک از مناطق شهرکرج

۳. نتایج

بر اساس یافته‌های تحقیق حاصل از بکارگیری مدل معرفی شده، شامل شاخص‌های ۱۸ گانه جهت تعیین میزان فشار وارد بر اکوسیستم شهری در منطقه مورد مطالعه، که شامل ۱۰ منطقه شهرکرج در سال ۱۳۹۹ است، آشکار می‌شود که:

۱- در هیچ منطقه از ۱۰ منطقه شهرکرج عدد بارگذاری کل ۱۰ و یا درجه ظرفیت‌برد ۰/۱ یا حد مطلوب مجموع شاخص‌ها وجود ندارد. بدان معنا که هیچ منطقه‌ای وجود ندارد که همه شاخص‌های ۱۸ گانه در آن در حد مطلوب باشند. ۲- هیچ منطقه‌ای از شهرکرج دارای عدد بارگذاری کل ۱۰۰-۱۰ نیست. این بدین معناست که در هیچ منطقه مجموع میزان شاخص‌ها در محدوده مطلوب تا کم یا درجه ظرفیت‌برد (۱-۰/۱) نیست. ۳- تعداد ۵ منطقه دارای عدد بارگذاری کل ۲۰۰-۱۰۰ هستند. یعنی مجموع میزان شاخص‌ها در محدوده کم تا متوسط ظرفیت‌برد بوده و یا درجه ظرفیت‌برد ۲-۱ دارند. ۴- تعداد ۴ منطقه دارای عدد بارگذاری کل ۳۰۰-۲۰۰ بدین معنا که مجموع میزان عدد بارگذاری شاخص‌ها در محدوده متوسط تا زیاد جدول ظرفیت‌برد یا درجه (۳-۲) است. ۵- تعداد ۱ منطقه دارای درجه ظرفیت‌برد (۴-۳) فشار کل زیاد تا خیلی زیاد با عدد بارگذاری کل (۴۰۰-۳۰۰) می باشد. ۶- هیچ منطقه‌ای دارای عدد بارگذاری کلی خیلی زیاد تا بحرانی (۵۰۰-۴۰۰) و با درجه ظرفیت‌برد (۵-۴) و همچنین عدد بارگذاری کل ۵۰۰ (بحرانی) معادل درجه ظرفیت‌برد ۵ نمی‌باشد.

بر این اساس منطقه ۱ با کسب عدد بارگذاری ۳۱۲/۸۴۵ که در درجه ۳ تا ۴ گروه ظرفیت‌برد عدد بارگذاری کلی قرار می‌گیرد دارای بیشترین میزان عدد بارگذاری است که بالاترین آن در گروه شاخص‌ها برابر با ۲۳۶/۱۸ و متعلق به شاخص‌های وضعیت است. سپس شاخص‌های فشار با عدد بارگذاری ۴۷/۸۸ و در رتبه سوم شاخص‌های اثرات با عدد بارگذاری ۲۸/۷۸۵ قرار دارند (جدول ۵). همانطور که مشاهده می‌شود، جهت مدیریت پایدار مناطق شهرکرج وکاهش فشار توسعه بر محیط‌زیست اکوسیستم شهری، منطقه ۱ مقدم بر دیگر مناطق بوده و فشار حاصل از گروه شاخص‌ها به تفصیل نقش هر یک برابر است با:

۱- شاخص‌های وضعیت: در منطقه ۱ بیشترین عدد بارگذاری گروه شاخص‌های وضعیت برابر با ۳۷/۱۵ و مربوط به شاخص آسیب پذیری در مقابل زلزله است.

۲- شاخص‌های مولد فشار: در این منطقه بیشترین عدد بارگذاری در این گروه برابر با ۲۶/۶ و مربوط به شاخص حجم ترافیک است.

۳- شاخص های اثرات منفی: در این منطقه بیشترین عدد بارگذاری در این گروه برابر با ۱۴/۱۳ و مربوط به شاخص‌های تولید پسماند و نخاله ساختمانی است.

در اکثر مناطق شهرکرج میزان فشار حاصل از توسعه شهری در حد کم تا متوسط ظرفیت‌برد و حد متوسط تا زیاد ظرفیت‌برد است که لزوم اتخاذ همکاریهایی جهت کاهش میزان فشار تا سطح مطلوب را در این مناطق نمایان می‌سازد. با توجه به میزان عدد بارگذاری در هر یک از ۳ گروه شاخص‌ها شامل: ۱- شاخص‌های وضعیت ۲- شاخص‌های مولد فشار ۳- شاخص‌های اثرات منفی، در ۱۰ منطقه شهرکرج، خطوط کلی زیر جهت کاهش میزان فشار پیشنهاد می‌شود: در ارتباط با شاخص‌های وضعیت، در مناطق (۱، ۸، ۳، ۷، ۶، ۱۰) شاخص آسیب‌پذیری به زلزله دارای عدد بارگذاری کل بالایی می‌باشد که در این راستا اقدامات در این مناطق بیان می‌شود: مقاوم سازی لرزهای سازه‌های موجود و بهسازی سازه‌ها، بررسی و رعایت زیرساخت‌های لازم در ساختمان‌سازی براساس مقررات ملی ساختمان و رعایت استانداردهای ایمن‌سازی در ساختمان‌ها ، ایمن سازی سازه و بنا به منظور مشخص نمودن نقاط ضعف یک ساختمان در طراحی و اجرا و رفع آن. در ارتباط با شاخص‌های فشار، در مناطق (۱، ۵، ۸، ۹) شاخص جمعیت بیشترین عدد بارگذاری کل را دارا می‌باشد بر این اساس، لزوم اتخاذ تصمیماتی جهت کاهش تراکم جمعیت در مناطق شامل اتخاذ سیاست‌های که ساخت‌وسازها در مناطق مرتفع و پرشیب را ممنوع می‌نماید. عدم صدور پروانه ساخت و ساز و تبدیل تدریجی تعدادی از کاربری های مسکونی و تجاری فرسوده به پوشش‌سبز و کاربری‌های دیگر و پراکنده ساختن ساختمانهای اداری در مناطق دیگر و اجرای سیاست‌هایی

پیشگیرانه جهت جلوگیری از رشد بی رویه جمعیت شامل کنترل موالید و مهاجرت و سکونت در مناطق مذکور می‌تواند از میزان فشار و تراکم جمعیت بکاهد. شاخص حجم ترافیک به ترتیب در مناطق (۱، ۸، ۴، ۶، ۲، ۷، ۱۰، ۳) دارای عدد بارگذاری بالایی می‌باشد بنابراین در مورد شاخص حجم ترافیک نظر به بار زیاد تردد در این مناطق، بهسازی شبکه حمل و نقل شامل اصلاح و افزایش پهنای باند بزرگراه‌ها و خیابان‌های پرتردد (از قبیل تعریض، دو طبقه نمودن و احداث معابر جدید در حوزه عمران شهری)، احداث بزرگراه‌ها و خیابان‌های کمکی، اقداماتی جهت دسترسی مناسب‌تر و سریعتر در مناطق امور شده و ساخت، توسعه و افزایش انواع ناوگان حمل و نقل همگانی(مترو، اتوبوس، تاکسی و...)، استفاده از تجهیزات و امکانات ترافیکی(تابلو ها، علائم و ...)، اعمال و افزایش مبالغ جرایم رانندگی، سیاست های ایجاد محدودیت های ترافیکی(محدوده طرح زوج یا فرد، و ...)، تدوین و اجرای سیاست ها و برنامه ریزی های متنوع در حوزه مدیریت و کاهش ترافیک، ضروری به نظر می‌رسد. در مورد شاخص-های اثرات منفی، شاخص پسماند خانگی به ترتیب در مناطق (۲، ۱۰، ۱، ۴، ۹، ۶، ۸، ۵) دارای عدد بارگذاری زیادی می‌باشد به این منظور راهکارهایی پیشنهاد می‌شود: تفکیک زباله‌های تر و خشک در مبدا و اجرای آن در تمامی سطوح جامعه، شهروندان علاقه‌مند می‌توانند با پیوستن به کمپین جمع‌آوری در بطری، آن‌ها را جداکرده و پس از گردآوری به غرفه‌های بازیافت یا مرکز آموزش‌های تخصصی سازمان مدیریت پسماند واگذار کنند. اولین قدم در مسیر کاهش تولید پسماند، خرید به اندازه اقلام مصرفی می‌باشد. عدم استفاده از ظروف، سفره‌ها و لوازم یکبار مصرف کمک شایان توجهی به کاهش میزان پسماندهای خشک می‌کند. علاوه براین می‌توان هنگام خرید وسایل مورد نیاز به قابلیت بازیافت آن‌ها توجه و مواردی را تهیه کرد که به چرخه تولید بازمی‌گردند. می‌توان با اشتراک گذاشتن لوازمی که دیگر به آن‌ها احتیاجی نداریم به افراد نیازمند علاوه بر گسترش حس کمک و نوع دوستی در جامعه، در کاهش تولید پسماند و ارتقای سطح سلامت شهروندی گامی موثر برداریم. برای استفاده مجدد از دورریزها با کمی خلاقیت و ایده‌پردازی می‌توان کارهای تزیینی زیبایی خلق کرد و با کاهش هزینه‌های خانوار موجب رونق اقتصادی کشور نیز شد. تعمیر وسایل خراب‌شده به جای دورانداختن آن‌ها و خرید لوازم جدید، یکی دیگر از شیوه‌هایی است که به مقدار قابل توجهی از میزان تولید پسماندهای خانگی می‌کاهد. کاهش مصرف کاغذ با استفاده از هر دو روی کاغذ، جایگزینی کاغذ کادو با کیسه‌های پارچه‌ای زینتی، عدم دریافت رسید از خودپردازهای بانکی و استفاده از خدمات الکترونیکی بانک‌ها، ادارات، سازمان‌ها یا مؤسسات، مصرف کاغذ را کاهش داد. همچنین جمع‌آوری و تفکیک کاغذهای باطله و تحویل آن به غرفه‌های بازیافت یا خودروهای مخصوص جمع‌آوری پسماند خشک شهری، در کمک به فرآیند بازیافت و استفاده مجدد از کاغذ بسیار مؤثر خواهد بود . همچنین در این راستا باید خاطر نشان کرد که دستیابی به توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست جز با کاهش تولید پسماند، بازیافت و به کارگیری مجدد دورریزها محقق نمی‌شود و رسیدن به این هدف، مشارکت همه جانبه شهروندان و همکاری تمامی دستگاه‌ها و نهادها را می‌طلبد. شاخص نخاله ساختمانی به ترتیب در مناطق (۲، ۱، ۹، ۷) دارای عدد بارگذاری بالایی می‌باشد به این منظور راهکارهایی جهت کاهش تولید این شاخص پیشنهاد می‌شود: استفاده مجدد از قاب های پنجره یا برش خود پنجره ها برای سایز جدید، استفاده مجدد از سنگدانه های نخاله ها، برطرف کرن مشکلات موجود در روش ها و سیستم های صنعتی ساختمان سازی و ارتقاء کیفیت محصل نهایی، تدوین قوانین کارآمد در زمینه استفاده از مصالح ساختمانی زیست سازگار، آگاه سازی فراگیر در زمینه کاهش و بهینه سازی مصرف انرژی از طریق کتابهای دانشگاهی و برنامه های تبلیغاتی، اعمال روش های تشویقی و تنبیهی به منظور حفاظت از محیط زیست، ایجاد آژانس نخاله های ساختمانی به جهت ساماندهی نخاله های ساختمانی، نوسازی و مرمت بافت های فرسوده، طراحی مکانی جهت دفع نخاله های ساختمانی، سپس اخذ مجوزهای لازم، وضع قوانین و مقررات جهت حمل و دفع نخاله های ساختمانی و ساماندهی شاغلین در این حرفه، ارزیابی حجم و نوع نخاله های ورودی به محل دفن جهت برنامه ریزی بازیافت، انجام تحقیقات در زمینه روش های کاهش حجم نخاله در منشاء و نیز بازیافت نخاله تولیدی. در مناطق ذکر شده، لزوم کاهش میزان تولید پسماند و نخاله ساختمانی از طریق بازیافت بیشتر زائدات و اجرای طرح تفکیک از مبدا و همچنین تغییر الگوی مصرف و تولید سرانه کمتر پسماند، ضروری است. و در این میان، نقش فرهنگ‌سازی را که از وظایف سازمان حفاظت محیط زیست است، نباید نادیده گرفت. در ارتباط با شاخص میزان منوکسید کربن که به ترتیب در مناطق (۴، ۶) دارای بیشترین عدد بارگذاری می‌باشد به این منظور راهکارهایی جهت کاهش تولید این شاخص پیشنهاد می‌شود: کاهش خودروهای شخصی و فرسوده، بهبود شبکه حمل و نقل، گاز سوز نمودن خودروها و اصلاح منابع گرمایی خانگی و توسعه و ارتقای کیفیت فضای باز و پارکها در مناطق یاد شده، می تواند به کاهش فشار کمک نماید، افزایش استفاده از حمل و نقل عمومی، با کاهش حضور خودروهای شخصی در خیابان، میزان غلظت آلاینده های ناشی از احتراق بنزین در هوا نیز کمتر می شود. در صورتی که سیستم حمل و نقل عمومی از سوخت های پاک بهره بگیرد، آلودگی هوا تا حد بسیار زیادی کاهش می یابد، الزام کارخانه ها به رعایت استانداردهای آلایندگی، پالایش و فیلتر گازها و فاضلاب خارج شده از کارخانه ها یکی از روش های موثر در کاهش آلودگی هوای محیط است. در مناطق دارای عدد بارگذاری کل بالا، میزان بالا بودن عدد بارگذاری شاخص‌های وضعیت به چشم می‌خورد. در نهایت آنچه که در این مناطق بیشتر موجب ایجاد فشار می‌گردد، متناسب نبودن سرانه‌های کاربری‌های اراضی با جمعیت ساکن می‌باشد. لازم است در طرح‌های جامع آتی، جهت احیا، بازسازی و ساماندهی کاربری‌ها در این مناطق، متناسب با نیاز جمعیت و یا بالعکس تنظیم جمعیت متناسب با امکانات و تسهیلات، راه‌حل‌هایی در نظر گرفته شود. در بررسی مدل‌ها و منابع معرفی شده جهت مدیریت و برنامه‌ریزی شهری نکته‌ای که به چشم می‌خورد، متوقف ماندن اکثر روش‌ها در مرحله بررسی و ارزیابی اثرات و یا ساماندهی کاربری‌ها است. در اکثر روش‌ها مکانیابی بر اساس تقاضا و یا خواسته‌ها و رفاه عنصر انسانی اکوسیستم شهری و ملاحظات اقتصادی-اجتماعی صورت می‌گیرد و کمتر به پایش متابولیسم شهری و تعاملات آن با دیگر عناصر اکوسیستم و آستانه‌های مورد قبول تحت نام "ظرفیت‌برد" پرداخته می‌شود. در تحقیق حاضر میزان اهمیت شاخص‌ها از لحاظ ایجاد

فشار بر روی محیط‌زیست بررسی شده است و با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه وزن‌دهی شده است. علاوه بر اینکه شاخص‌ها جهت بررسی کل اکوسیستم شهری تدوین شده‌اند، روند و میزان تولید نیز در آنها لحاظ شده است و در نهایت در قالب یک میزان قابل اندازه‌گیری به نام عدد بارگذاری که حاصل ضرب درجه ظرفیت‌برد شاخص در ضریب اهمیت آن نسبت به دیگر شاخص‌ها، در ایجاد فشار بر روی اکوسیستم شهری می‌باشد، نمایش داده شده‌اند، که بررسی مقایسه وضعیت زون-های مورد مطالعه(منطقه) را تسهیل نموده و جهت تصمیم‌گیری، ابزار مناسب‌تری می‌باشد. در مدل حاضر (UCCLN[1]) علاوه بر طبقه‌بندی میزان و شاخص از لحاظ ظرفیت‌برد آن، اهمیت آن نسبت به دیگر شاخص‌ها در قالب میزان کمی عدد بارگذاری، ارائه شده است. شاخص‌ها از لحاظ ایجاد فشار بر سرزمین و جهت پایش سلامت کل اکوسیستم شامل عناصر انسانی و غیرانسانی اکوسیستم انتخاب و بررسی شده‌اند. مدل پیشنهادی (UCCLN) مدلی انعطاف‌پذیر است که قابلیت کاربرد در تمامی زون‌های شهری و در نواحی مختلف جهان را داشته و به راحتی می‌تواند با مقایسه اعداد بارگذاری حاصل از هر منطقه یا ناحیه در هر شهر به مقایسه وضعیت فشار بر اکوسیستم در دو منطقه یا شهر مختلف و در دو مکان متفاوت پرداخت. در بررسی و تعیین ظرفیت‌برد اکوسیستم شهری همواره با متغیرهای متنوعی روبرو هستیم. مسئله مهم در مطالعات مربوط به ظرفیت‌برد، انتخاب صحیح متغیرهایی می‌باشد که به ساده ترین و مناسب‌ترین حالت ممکن، ما را به درک پیچیدگی‌ها و محدودیت‌ها و فرصت‌ها یاری رسانند. در بررسی محدودیت‌های اکوسیستم شهری، علاوه بر پارامترهای اکولوژیکی ابعاد مربوط به متابولیسم و ورودی- خروجی مواد انرژی و زیرساخت‌های مصنوع، ابعاد مهم دیگری نیز مانند بعد اقتصادی-اجتماعی و همچنین نهادی و سازمانی وجود دارد. به نظر می‌رسد در تحقیقات آتی، توجه به ابعاد اقتصادی-اجتماعی و نهادی در ملاحظات مربوط به ظرفیت‌برد اکوسیستم شهری، تصویر جامع‌تری از محدودیت ها و فرصت ها را به دست خواهد داد.

کاربرد مدل عدد بارگذاری در دیگر شهرها یا مناطق می‌تواند جهت مقایسه شرایط شهرهای مختلف جهان از لحاظ فشار محیط‌زیستی مورد استفاده قرار بگیرد.

٤. نتیجه‌گیری

روش معرفی شده در این تحقیق به مشابه ابزاری است که به برنامه-ریزان کمک می‌کند تا وضعیت پایداری را در یک اکوسیستم شهری طبقه‌بندی و ارزیابی نموده و اثرات تصمیم‌گیری‌های مختلف را بر وضعیت پایداری هر یک از آنها را در یک اکوسیستم شهری بارها مشاهده و پایش نمایند تا بتوانند جهت حفظ و تجدید سلامت اکوسیستم شهری، خط‌مشی‌ها و تصمیمات صحیح را اتخاذ نمایند. از آنجایی که شاخص‌های منتخب در این تحقیق همگی کمی بوده و مبتنی بر آمار دقیق زمانی و مکانی می‌باشد امکان دریافت وضعیت دقیق فشار در هر زمان و در هر واحد کاری در اکوسیستم شهری را میسر می‌سازد. مدل ظرفیت‌برد شهری به ما نشان می‌دهد که چقدر باید مصرف مان را کم کنیم و یا الگوی مصرف را تغییر دهیم تا پایداری اکوسیستم شهری را حفظ کنیم و یا سرعت حرکت به سمت بی‌نظمی آن را کاهش دهیم. ارائه مدل ظرفیت‌برد شهری ما را قادر به برنامه‌ریزی جهت حفظ پایداری و یا حرکت به سمت آن در شهرها می‌کند. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی وضعیت محیط‌زیست شهری کرج براساس اصول پایداری با محاسبه عدد بارگذاری ظرفیت‌برد بود که با توجه به نتایج به دست آمده این تحقیق آشکارا گذشتن شهرکرج از آستانه‌های مطلوب و حتی مجاز و قرار داشتن وضعیت اکثر مناطق در حدود بالای ظرفیت‌برد شاخص‌ها نمایان می‌شود. بنابراین نیاز به مدیریت و برنامه‌ریزی برای کاهش فشار بر سرزمین در مناطق شهری کرج را آشکار می‌کند.

1 Urban Carrying Capacity Load Number

منابع:

- اینانلو، ح.، اکبریان، ا. ۱۳۹۶. ارزیابی توان های محیطی برای ایجاد شهر زیست پذیر (مطالعه موردی: عظیمیه کرج)، دومین کنفرانس ملی یافته های نوین پژوهشی و آموزشی عمران معماری شهرسازی و محیط زیست ایران.
- جهاد دانشگاهی تربیت مدرس، سازمان مدیریت پسماند شهرداری کلانشهر کرج، ۱۳۹۷. بانک جامع اطلاعات آماری سازمان مدیریت پسماند کرج (گزارش تکمیلی مرحله دوم).
- شناور، ب.، حسینی، م.، اورک، ن. ۱۳۹۵. ارزیابی توان سرزمین به منظور استقرار کاربری توسعه شهری بااستفاده از روش ترکیب خطی وزن دار (WLC) در محیط سامانه اطلاعات مکانی (GIS) (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زرد خوزستان). علوم و تکنولوژی محیط زیست، ص ۹۹-۱۱۶.
- طبیبیان، م.، فیاض، ر. ۱۳۸۰. ارزیابی کیفیت محیط زیست شهر تهران، محیط شناسی، شماره ۲۸، ص ۱۲-۱.
- عباس زاده طهرانی، ن.، مخدوم، م. ۱۳۸۷. تدوین مدل فضایی عدد بارگذاری ظرفیت‌برد شهری (UCCLN) بمنزله ی سامانه ی پشتیبان تصمیم گیری فضایی، جهت پایش فشار وارد بر محیط زیست اکوسیستم شهری (مطالعه موردی: شهر تهران): پایان نامه دکتری، دانشگاه تهران.
- مخدوم، م.، ۱۳۷۸. شالوده آمایش سرزمین، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- معین الدینی، م.، طالشی، م.، عظیمی یانچشمه، ر. ۱۳۹۶. مدل سازی فضایی انتشار آلاینده‌های هوا از منابع متحرک در کلان شهر کرج، محیط زیست طبیعی، ص ۱۱-۸.
- مهندسان مشاور اندیشکار، مهندسان مشاور رهپویان، ۱۳۹۳، مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک کرج.
- مهندسان مشاور پارس بوم و مشاور باند، ۱۳۸۷، برنامه راهبردی و طرح ساختاری (جامع) شهر کرج.
- مهندسین مشاور سبز اندیش پایش، ۱۳۹۵، طرح چشم انداز ۲۰ ساله و برنامه راهبردی عملیاتی ۵ ساله اول توسعه شهر کرج.

- Dong, J., et al. 2008. Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and GIS techniques–a case study in Jingjinji Area, China. Vol. 8, P. 5975-5986.
- Haughton, G., Hunter, C. 2004. Sustainable cities. Routledge.
- Liu, R.Z., Borthwick, A.G. 2011. Measurement and assessment of carrying capacity of the environment in Ningbo, China. Journal of environmental management, VOL. 92, P. 2047-2053.
- Ness, B., et al. 2010. Structuring problems in sustainability science: The multi-level DPSIR framework. Geoforum, Vol. 41, P. 479-488.
- Oh, K., et al. 2005. Determining development density using the urban carrying capacity assessment system. *Landscape and urban planning*, Vol. *73*, P. 1-15.
- Pope, J., et al. 2004. Conceptualising sustainability assessment. Environmental impact assessment review, Vol. 24, P.595-616.
- Shayesteh, K., Ghandali, M. 2017. Evaluation of the Carrying Capacity of Semnan Using Urban Carrying Capacity Load Number Model. ECOPERSIA, Vol. 5, P. 1941-1953.
- Song, F., et al. 2019. February. Evaluation of Urban Ecological Carrying Capacity Based on State-space method. In IOP Conference Series: Earth & Environmental Science, Vol. 237, p. 032106.
- Tang, Y., et al. 2021. Evaluation of Land Comprehensive Carrying Capacity and Spatio-Temporal Analysis of the Harbin-Changchun Urban Agglomeration. International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol. 18, P. 521.
- Tehrani, N., Makhdoum, M. 2013. Implementing a spatial model of Urban Carrying Capacity Load Number (UCCLN) to monitor the environmental loads of urban ecosystems. Case study: Tehran metropolis. Ecological indicators, Vol. 32, P. 197-211.
- Zhang, F., et al. 2019. Evaluation of resources and environmental carrying capacity of 36 large cities in China based on a support-pressure coupling mechanism. Science of The Total Environment, Vol. 688, P. 838-854.

Assessment of the environmental loads in urban environment sites using the spatial of carrying capacity load number model; Case of Karaj city

Elsan Mahboub [1]*, Sharareh Pourebrahim[2], Majid Makhdoum[3], Nadia Abbaszadeh Tehrani[4]

1* MSc., Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
2 Associate Professor, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
3 Professor, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
4 Assistant Professor, Department of Environmental Science and Engineering, Ministry of Science, Research and Technology, Aerospace Research Institute
*Email Address: elsan.mahboub@gmail.com

Abstract

Introduction

Urban development and land use pattern changes have far-reaching environmental effects. Increasing the size and number of cities in the future Human activities such as changing land uses, consuming more resources and emitting pollutants have negative effects on the functioning and structure of the urban system and disrupt the circulation of materials and energy. Population growth, different social and economic conditions of cities, providing high quality housing in cities, fragmentation, destruction of natural habitats due to urban development, while becoming one of the major challenges for managers and planners, It has forced cities to withstand pressures beyond the carrying capacity of environmental refinement and reabsorption capacity. Urban carrying capacity refers to the amount of population or development that can continue in an area without any impact in the area that is too acceptable. This article tries to look at the city of Karaj as a system that has been disrupted due to human intervention, structure, function and processes, and through the correct identification of pressure forces, resources and reservoirs and analysis of their status. To study and monitor the pressures resulting from development in urban regressed systems and by monitoring the indicators of pressure on the urban environment, the stability of the city in the form of load number index and finally in the process of planning and environmental management the life of Karaj city should be used. The study of the Total Load Numbers (TLN) obtained in the districts of Karaj shows that none of the urban districts at the time of the study, according to the 18 indicators, is in the range of the optimal total load number. district 1 of Karaj city had high-to-very high range.

Methodology:

In this study, in order to evaluate the pressure on the urban environment in the city of Karaj, after reviewing information sources and frost documents and preparing existing maps, a number of effective indicators based on weighting analysis and calculating the coefficient of importance of indicators using the method entropy and SMART FILTER were determined. Then, the loading numbers were calculated for each of the indicators in the degrees of carrying capacity and the mapping of these indicators was done in GIS and in each of the areas based on these loading numbers. Finally, the zoning and status of each area of Karaj was determined based on environmental pressure and loading number model (Figure 1).In this research, using the PSIR framework, in addition to structuring information, it is possible to determine important relationships as well as achieve a comprehensive understanding of environmental problems and finally to achieve practical and environmental management solutions. Therefore, effective indicators in the context of pressure-status-effect-response are selected to assess the state of the urban environment (table 3).In order to create a model of loading number from the city board, each of the indicators, in case of minimum allowed (desirable) and maximum allowed or allowed (threshold) is classified into 6 categories and according to the amount and intensity of the index within the allowed limit Winning is given to them to the degree that is called the degree of carrying capacity (DCC) (table 1).In this model, indicators are placed in 6 categories called "Degree of Carrying Capacity (DCC)".In order to calculate the degree of carrying capacity of the indicators, the standards, base values and tariffs for each indicator have

been used, which have been calculated for the group of selected indicators, including status, pressure and effects indicators (table 2).In order to compile the spatial model of urban board capacity based on PSIR framework, the indicators are selected using Smart Filter and entropy methods and their importance coefficient is determined. Table 3 shows the importance coefficients of indicators.After determining the importance coefficients of indicators by the importance coefficient matrix, DCC of each indicator was multiplied by its IC. The resulting number represents the pressure on the urban ecosystem based on the concept of carrying capacity. It also indicates the priority of pressure indicators called the load number (LN). LN= DCC x IC

To evaluate the total carrying capacity of 18 pressure indictors, the carrying capacity table and the total pressure number of 18 indicators were used (Table 4).

Conclusion

After determining the DCC and LN of 18 indicators in Karaj, the total load number of these indicators was calculated (Table 6) and the LN maps were prepared (Figure 3, 7). This maps shows the distribution of pressure in different areas of Karaj and is an appropriate tool to investigate and locate critical points and to compare the overall situation in different areas. The total load numbers of the studied zones in the areas of Karaj city and the areas with the highest number of loads were identified and prioritized. Then. In each region, the priority of each indicator in creating pressure was examined (table 5).After calculating the values of the load numbers of each indicator in the study zones, district 1 with the loading number of 312.845, which is in the 3rd to 4th group of the carrying capacity of the total loading number degree, has the highest amount of loading number, the highest of which in the group of indicators is equal to 236.18 and belongs to the indicators, The situation. Then the pressure indices with loading number 47.88 and in the third place are the effect indices with loading number 28.785.The results of this study show that the city of Karaj exceeds the desired environmental level with high pressure on the urban carrying capacity and reveals the need for management and planning to reduce the pressure on the land in the urban areas of Karaj.It should be noted that obtaining the final loading number means a very high pressure and is within the threshold of all indicators, which seems unbearable to achieve, placing the loading number in this range can indicate a high and threshold of most Indicators and requires special attention to the situation of the land in the area whose loading number is mentioned in the range.According to the load number model studied in this study, the applicability of this model in all urban areas is shown and it is easy to compare the load numbers from each urban area to compare the environmental pressure on the urban ecosystem.

Keywords

"Load number", "Urban ecosystem carrying capacity", "PSIR", "Index system", "GIS"