Archive of SID

ارزیابی پیوستگی اکولوژیک لکه‌های سبز شهری با استفاده از تئوری گراف، مطالعه موردی کلان‌شهر اهواز

سرور شفیعی نژاد[1*]، فاطمه پودات[2] و فروزان فرخیان[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۲۵)

چکیده

پیوستگی لکه‌های سبز شهری، یک ویژگی مهم ساختاری سیمای سرزمین شهری است که حرکت جانوران و انتقال ژن‌ها را در بین زیستگاه‌هایشان میسر می‌سازد. تاکنون روش‌های متعددی جهت سنجش پیوستگی ارائه شده است که از جمله آنها کاربرد تئوری گراف است. هدف از این پژوهش، کاربرد تئوری گراف در اندازه‌گیری پیوستگی لکه‌های سبز شهر اهواز است. گراف مفهومی ریاضی متشکل از مجموعه‌ای از نقاط و اتصالات است. براساس تئوری گراف، در این پژوهش، شبکه فضای سبز شهر اهواز در محیط GIS مدل‌سازی شد. آنالیز پیوستگی اکولوژیک با استفاده از نرم‌افزار Conefor، به همراه کاربرد سنجه انتگرال پیوستگی (IIC) و الگوریتم برداشت نقطه صورت گرفت و لکه‌های سبز شهری با درنظر گرفتن چهار گروه جانوری ارزش‌گذاری و اولویت‌بندی شدند. به‌طور کلی نتایج مشابهی از چهار گروه جانوری به‌دست آمد (r = ۰/۹۵). نتایج پژوهش نشان داد ناحیه چهار شهری اهواز واقع در شرق رودخانه کارون و جنوب شرقی محدوده شهر با داشتن بزرگ‌ترین لکه سبز، بیشترین اهمیت را در پیوستگی شبکه سبز شهر اهواز دارد. همچنین بیشترین میزان پیوستگی در سیمای سرزمین در نواحی چهار و پنج شهر اهواز قابل مشاهده است. این مطالعه می‌تواند با شناسایی مناطق دارای اولویت حفاظت و بهبود پیوستگی درون منظر شهری به تشخیص صحیح اولویت‌های حفاظت و صرفه‌جویی در سرمایه و نیروی انسانی کمک کند.

واژه‌های کلیدی: پیوستگی اکولوژیکی، آنالیز شبکه، سنجه IIC، اکولوژی سیمای سرزمین، Conefor 2.6، اهواز

۱. گروه مدیریت محیط زیست، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲. گروه معماری، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sorour.shafieinejad@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

حفاظت و ارتقاء پیوستگی اکولوژیک یکی از راهکارهای علم حفاظت تنوع زیستی در مناطق شهری است (۳). پیوستگی اکولوژیک یک ویژگی ساختاری سیمای سرزمین است که عموماً به‌عنوان درجه‌ای تعریف می‌شود که سیمای سرزمین قادر است حرکت جانوران در بین زیستگاه‌هایشان را تسهیل کند (۱۹ و ۲۰). پیوستگی اکولوژیک لکه‌های سبز شهری باعث تسهیل حرکت جانوران در سطح شهر، حفظ بقای آنها، حفظ و تقویت ابرجمعیت‌ها، امکان اسکان دوباره در زیستگاه‌های منزوی و سازگاری گونه‌های جانوری با تغییرات اقلیمی می‌شود (۴). بررسی و ارزشیابی پیوستگی اکولوژیک باعث شناسایی مناطق با اهمیت و دارای اولویت جهت حفاظت و بهبود پیوستگی در سیمای سرزمین می‌شود. تاکنون روش‌های متعددی در جهت مطالعه، بررسی و اندازه‌گیری پیوستگی اکولوژیک در ایران و در دنیا معرفی شده است (۶، ۷، ۱۵و ۱۰). بدیهی است که کاربرد روش مناسب در این راه درنهایت منجر به تشخیص صحیح اولویت‌های حفاظت و صرفه‌جویی در سرمایه و نیروی انسانی خواهد شد (۲). یکی از روش‌های متداول برای بررسی و اندازه‌گیری پیوستگی اکولوژیکی، استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین است. سنجه‌ها شاخص‌هایی هستند که خصوصیات شکلی، هندسی و ماهیت پراکنش و توزیع اجزای ساختاری سیمای سرزمین (لکه و کریدور در بستر سرزمین) را قابل تعریف و با استفاده از عدد و رقم مقایسه و کمی می‌کنند. نقدی که محققان بر استفاده از سنجه‌های اکولوژیک دارند این است که غالب این سنجه‌ها مساحت درون لکه‌ها را به‌عنوان فضایی پیوسته درنظر نمی‌گیرند (۴). به‌عبارت دیگر براساس محاسبات این سنجه‌ها، هرچه تعداد لکه‌ها بیشتر باشد و سیمای سرزمین پرلکه‌تر باشد، میزان پیوستگی محاسبه شده از طریق این سنجه‌ها بیشتر خواهد بود.

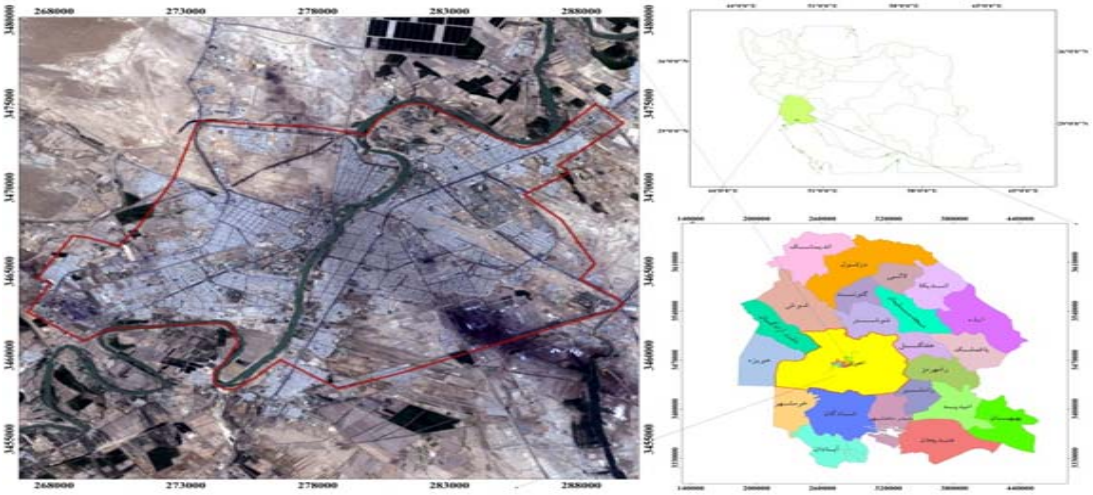
اخیراً محققان علوم محیط زیست دریافتند استفاده از تئوری گراف روشی مؤثرتر در اندازه‌گیری پیوستگی اکولوژیک است (۲، ۹، ۱۱، ۱۴، ۲۰ و ۲۱). تئوری گراف، مفهومی ریاضی، متشکل از دسته‌ای نقاط و اتصالات است و روشی مناسب جهت اندازه‌گیری میزان پیوستگی است. این مفهوم برای اولین بار توسط هراری (Harary) در سال ۱۹۶۹ معرفی شد. تئوری گراف در علوم مختلف و رویکردهای متفاوتی تاکنون استفاده شده که از جمله آنها اکولوژی سیمای سرزمین است. با وجود اینکه تئوری گراف پایه‌های ریاضی دارد، به‌خوبی در مطالعات اکولوژیک مانند برنامه‌ریزی و حفاظت محیط زیست به‌خصوص بررسی پیوستگی اکولوژیک به‌کار رفته است. گراف به‌طور موفقی، سیمای سرزمین، اجزای آن و فرایندهای اکولوژیک حاکم بر آن را مدل می‌کند. گراف قادر است ارتباط بین ساختار و عملکرد سیمای سرزمین را مدل کند (۲۰ و ۱۱). مطالعات مختلف نشان داده که تئوری گراف پتانسیل لازم را برای کاربرد در آنالیز پیوستگی و جریان‌های اکولوژیک دارد (۴). یک گراف، سیمای سرزمین را به‌صورت مجموعه‌ای از نقاط نشان می‌دهد که توسط اتصالات به‌هم مرتبط می‌شوند. در مدل‌سازی شبکه سیمای سرزمین، نقاط نماینده لکه‌های زیستگاهی و اتصالات نشان‌دهنده میزان پیوستگی بین نقاط هستند.

اولین کاربرد تئوری گراف در حوزه اکولوژی توسط کانت ول و فورمن در سال ۱۹۹۳ با شبیه‌سازی یک سیمای سرزمین نامتجانس انجام شد. سپس بان و همکاران (۹)، تئوری گراف را برای سنجش پیوستگی سیمای سرزمین به‌کار بردند و از آن به بعد به‌طور روزافزون این تئوری در مطالعات پیوستگی به‌کار می‌رود. مجموعه مطالعاتی که در این زمینه انجام شده به تفصیل در تحقیق پودات و همکاران (۴) تشریح شده است. غالباً تئوری گراف با هدف سنجش و اندازه‌گیری پیوستگی در مطالعات به‌کار گرفته شده است (۹، ۱۲، ۱۳ و ۲۰). اربن و همکاران (۲۰)، پیوستگی کلی شبکه زیستگاه‌ها را برای مجموعه‌ای از گونه‌های جانوری با زیستگاه‌های مشابه و قدرت حرکتی متفاوت سنجیده‌اند و لکه‌های زیستگاهی را براساس اهمیتی که در حفظ پیوستگی شبکه داشته‌اند، اولویت‌بندی کرده‌اند.

هدف از این پژوهش بررسی کاربرد تئوری گراف در

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. (رنگی در نسخه الکترونیکی) موقعیت جغرافیایی شهر اهواز

اندازه‌گیری پیوستگی لکه‌های سبز شهر اهواز است. این مطالعه به‌منظور اندازه‌گیری میزان مشارکت و اهمیت هر لکه سبز در حفظ پیوستگی تمام سیمای سرزمین انجام شده است. روش پژوهش در پنج مرحله انجام شده که درنهایت لکه‌های سبز شهر اهواز براساس اهمیت ارزش‌گذاری و اولویت‌بندی می‌شوند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهر اهواز با موقعیت ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی در دشتی تقریباً مسطح در جنوب غربی ایران واقع شده که توسط رودخانه کارون به دو پهنه شرقی و غربی قابل تقسیم شده است (شکل ۱). اقلیم شهر اهواز در دسته اقلیم گرم و مرطوب طبقه‌بندی می‌شود، که ویژگی بارز این اقلیم تابستان‌های گرم و مرطوب و زمستان‌های معتدل است. شهر اهواز با ۲۰۰۰۰ هکتار مساحت، چهارمین شهر وسیع ایران است و از نظر جمعیت در جایگاه هفتمین شهر پرجمعیت ایران قرار می‌گیرد (۵). افزایش جمعیت سبب گسترش و توسعه شهر شده، درحالی که این روند توسعه‌ای با برنامه‌ریزی صحیح به‌منظور ساخت و توسعه فضای سبز شهری انجام نگرفته است. به‌گونه‌ای که این روند سبب کاهش میزان فضاهای سبز شهری و درنهایت تکه‌تکه شدن آنها شده است.

روش تحقیق

این مطالعه یک پژوهش کمی، از نوع مدل‌سازی و پژوهش موردی است که در پنج مرحله انجام شده که عبارتند از: ۱) نقشه‌های فضای سبز در منطقه شهری اهواز با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 9.3 براساس تصویر ماهواره‌ای لندست تهیه شدند، ۲) داده‌های خام اولیه پردازش و شبکه زیستگاه‌های شهری به‌صورت مجموعه‌ای از نقاط و خطوط مدل شدند، ۳) با استفاده از سنجه‌های اکولوژیک مناسب میزان پیوستگی لکه‌های فضای سبز شهری اندازه‌گیری شد، ۴) سپس با استفاده از الگوریتم برداشت نقطه (Node-removal) میزان مشارکت لکه‌های سبز شهری در حفظ پیوستگی سیمای سرزمین سنجش شد، ۵) در مرحله آخر لکه‌های سبز شهری براساس میزان مشارکتشان در حفظ پیوستگی شبکه، اولویت‌بندی شدند.

ساخت شبکه

جهت محاسبه میزان پیوستگی لکه‌های سبز شهری ابتدا کلیه فضاهای سبز موجود در شهر به‌صورت شبکه‌ای از نقاط و

www.SID.ir

Archive of SID

اتصالات در محیط Arc GIS 9.3 مدل‌سازی شدند. در واقع ساخت شبکه در دو مرحله ساخت نقاط و ساخت اتصالات انجام پذیرفت. جهت تهیه لایه نقاط ابتدا نقشه کاربری اراضی شهر اهواز تهیه شد. همچنین به‌منظور دستیابی به نقشه کاربری اراضی شهر اهواز از نقشه‌های اتوکدی تهیه شده در سازمان مسکن و شهرسازی مربوط به سال ۱۳۸۹ استفاده شد. سپس با بررسی تصاویر گوگل ارث و تصاویر ماهواره لندست TM (مربوط به سال ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ با اندازه پیکسل ۲۸/۵ متر) کاربری‌های موجود تأیید شد و با الحاق اطلاعات توصیفی هر پلی‌گون در محیط GIS درنهایت نقشه کاربری به‌روزرسانی و دقیق شد. پس از تهیه و آماده‌سازی نقشه کاربری اراضی شهر اهواز، پلی‌گون‌های مربوط به کاربری مزارع، نخلستان‌ها، باغات و فضاهای سبز انتخاب و به‌عنوان یک لایه اطلاعاتی جداگانه ذخیره شدند. همچنین بیشه‌زارهای موجود در حاشیه رودخانه کارون و نوارهای سبز حاشیه معابر شهری، شناسایی و به مجموع لکه‌های فضای سبز شهری اضافه شدند. بدین ترتیب نقشه موقعیت فضاهای سبز شهر اهواز در تمامی مناطق شهری با مجموع ۹۹۵ لکه بصورت پلی‌گون‌هایی در محیط GIS تهیه شد. جهت تهیه شبکه فضاهای سبز شهری از افزونه مربوط به نرم‌افزار Conefor2.6 استفاده شد (۱۳). به این ترتیب شبکه‌ای متشکل از لکه‌های سبز شهری به همراه ارتباط همسایگی میان آنها ساخته شد، که در واقع هر کدام از این ارتباطات یک اتصال نام دارد. اتصال‌ها براساس فاصله لبه به لبه هریک از لکه‌ها نسبت به یکدیگر سنجیده و برحسب میزان فاصله بین لکه‌های سبز وزن داده شدند. سپس اطلاعات حاصل در قالب دو فایل TEXT براساس مشخصات هر لکه و مسافت‌های بین آنها به‌عنوان داده‌های اولیه به نرم‌افزار Conefor2.6 فرستاده شد.

ارزشیابی پیوستگی شبکه

به‌منظور ارزیابی پیوستگی شبکه فضای سبز شهری، از نرم‌افزار Conefor2.6 که یک نرم‌افزار متن باز و رایگان است، استفاده شد. این نرم‌افزار با هدف حفظ و بهبود پیوستگی سیمای سرزمین به‌کار می‌رود و با شناسایی و اولویت‌بندی لکه‌های مهم و حیاتی برای پیوستگی سیمای سرزمین به‌عنوان ابزاری مؤثر در جهت پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های حفاظتی و برنامه‌ریزی در سیمای سرزمین شناخته شده است. نرم‌افزار Conefor2.6 شامل سنجه‌های جدید برای محاسبه پیوستگی عملکردی از جمله سنجه انتگرال پیوستگی (IIC) و احتمال پیوستگی (PC) است. این سنجه‌ها علاوه بر درنظر گرفتن پیوستگی بین لکه‌ها تابعی از پیوستگی درون لکه زیستگاه نیز هستند و عملکردی بهتر را در مقایسه با سایر سنجه‌های موجود از خود نشان می‌دهند (۱۲، ۱۳، ۱۶ و ۱۷). از دیگر ویژگی‌های این سنجه‌ها درنظر گرفتن پیوستگی درون لکه‌ها علاوه بر پیوستگی میان لکه‌ها است. در حقیقت درون لکه سبز به‌عنوان یک فضای پیوسته، درنظر گرفته می‌شود (۱۷).

سنجه IIC (انتگرال پیوستگی)

در این پژوهش برای اندازه‌گیری میزان پیوستگی و ارزش‌گذاری لکه‌های سیمای سرزمین شهر اهواز از شاخص IIC (شاخص انتگرال پیوستگی) استفاده شده است. شاخص IIC یکی از بهترین شاخص‌های شناخته شده برای آنالیزهای پیوستگی است که از چند جنبه نسبت به سایر سنجه‌های پیوستگی بهبود یافته است.

سنجه IIC را می‌توان با استفاده از رابطه (۱) محاسبه کرد:

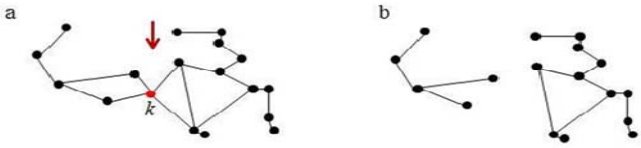
$$IIC = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{a_i - a_j}{1+nl_{ij}}}{A_L^{2}} \qquad (1)$$

در این رابطه n تعداد کل لکه در سیمای سرزمین، a_i و a_j مساحت‌های لکه‌های i, j ، nl_{ij} تعداد کوتاه‌ترین مسیرهای ممکن بین لکه i ، j و A_L مساحت کل سیمای سرزمینی است. مبنای این شاخص نظریه پیوستگی درون لکه‌ای است که در آن فضای درون لکه به‌عنوان فضایی پیوسته درنظر گرفته می‌شود (۱۸).

از میان سنجه‌ها، IIC در تشخیص لکه‌های با اهمیت‌تر از نظر موقعیت توپولوژیک و هم از نظر ارزش‌های درونی هر لکه موفق عمل کرده است (۱۳)، همچنین قادر است پیوستگی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. نحوه عملکرد الگوریتم برداشت نقطه (میزان پیوستگی مدل گراف قبل و بعد از برداشت نقطه k محاسبه می‌شود)

درون لکه‌ای را نیز در محاسبات لحاظ کند. به‌همین جهت در این پژوهش از این سنجه برای بررسی پیوستگی لکه‌های سبز شهری اهواز استفاده شد.

محاسبه میزان مشارکت لکه‌ها در حفظ شبکه

جهت محاسبه پیوستگی، اطلاعات مربوط به حداکثر مسافت پراکنش جانوران (حداکثر مسافتی که یک جانور در طول زندگی خود می‌تواند طی کند) در محدوده مطالعاتی مورد نیاز بود، تا بر این اساس بتوان امکان پراکنش موفق جانوران را در میان لکه‌ها بررسی کرد. براساس مصاحبه شفاهی با متخصصین، چهار مسافت حرکتی درنظر گرفته شد. این مسافت‌ها به‌طور تقریبی پوشش‌دهنده توان حرکتی گروه‌های مختلف جانوری ساکن درون سیمای سرزمین شهر اهواز است. این مسافت‌ها شامل ۵۰۰ متر برای خزندگان (مار قیطانی، سوسمار مارچشم، گکوی دم بز، و...)، ۲۰۰۰ متر برای پستانداران کوچک (جربیل بین‌النهرین، خفاش دم موشی مسقطی و...)، ۵۰۰۰ متر برای پستانداران بزرگ (روباه، سمور و...)، ۲۰۰۰۰ متر برای پرندگان (گنجشک خانگی، جغد انبار، بلبل خرما، حواصیل خاکستری، کشیم کوچک و...) است (الوندی،۱۳۹۳، مصاحبه شفاهی). به این ترتیب می‌توان گفت که مجموعه جانوران ساکن در شهر در محاسبه پیوستگی درنظر گرفته شده‌اند. سپس به‌منظور تعیین میزان مشارکت هریک از لکه‌ها در پیوستگی سیمای سرزمین شهر اهواز از شاخص dIIC و آنالیز node-removal استفاده شد. در این الگوریتم با حذف هر یک از نقطه‌های مربوط به مدل شبکه سبز شهر اهواز، شبکه مجدداً تشکیل داده می‌شود و سپس میزان پیوستگی نقطه قبل و بعد از حذف نقطه با یکدیگر مقایسه می‌شود بدین صورت میزان اهمیت و نقش هریک از نقطه‌ها و متعاقباً لکه‌های مرتبط با آنها در پیوستگی شبکه مشخص می‌شود (شکل ۲). بدیهی است لکه‌هایی که با حذف آنها پیوستگی شبکه آسیب بیشتری ببینند، دارای اهمیت بیشتری هستند. رابطه (۲)، نحوه محاسبه dIIC را نشان می‌دهد (۱۲). در این رابطه IIC میزان پیوستگی شبکه پیش از برداشت نقطه k و IIC_k میزان پیوستگی شبکه پس از برداشت نقطه k را نشان می‌دهد:

$$dIIC = \frac{IIC - IIC_K}{IIC} \times ۱۰۰ \qquad (۲)$$

همین فرایند چهار مرتبه براساس چهار مسافت مختلف حرکتی جانوران (حداکثر توان حرکتی جانوران در سیمای سرزمین شهر اهواز) انجام شد و میزان مشارکت هر لکه در پیوستگی سیمای سرزمین شهر اهواز براساس چهار مسافت مختلف محاسبه شد.

اولویت‌بندی لکه‌ها براساس میزان مشارکت در پیوستگی

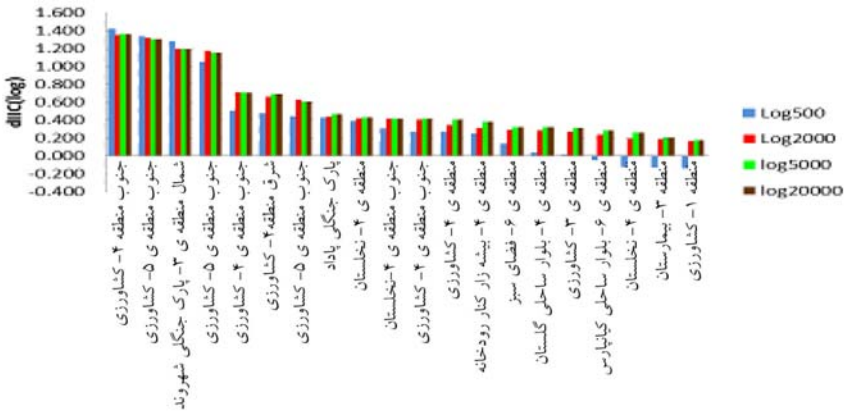
پس از محاسبه میزان مشارکت لکه‌ها، براساس هریک از مسافت‌ها تجزیه و تحلیل آماری برای هر دسته از داده‌ها انجام گرفت. در هر دسته میزان مشارکت لکه‌ها از بیشترین به کمترین داده مرتب شد و سپس در هر دسته داده، لکه‌های با اهمیت بالاتر شناسایی شدند. جهت بررسی همبستگی لکه‌های به‌دست آمده از اعمال هریک از مسافت‌ها (۵۰۰، ۲۰۰۰، ۵۰۰۰، ۲۰۰۰۰ متر)، ضریب همبستگی پیرسون مورد استفاده قرار گرفت. دسته‌بندی اطلاعات و ترسیم نمودارها و جدول‌های مورد نیاز، با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد و برای بررسی آماری نتایج، از نرم‌افزار SPSS20 استفاده شد.

نتایج

با بررسی‌های انجام شده بر نقشه‌های وضع موجود و

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. مقایسه پیوستگی لکه‌های سبز شهر اهواز در ۴ مسافت تعیین شده

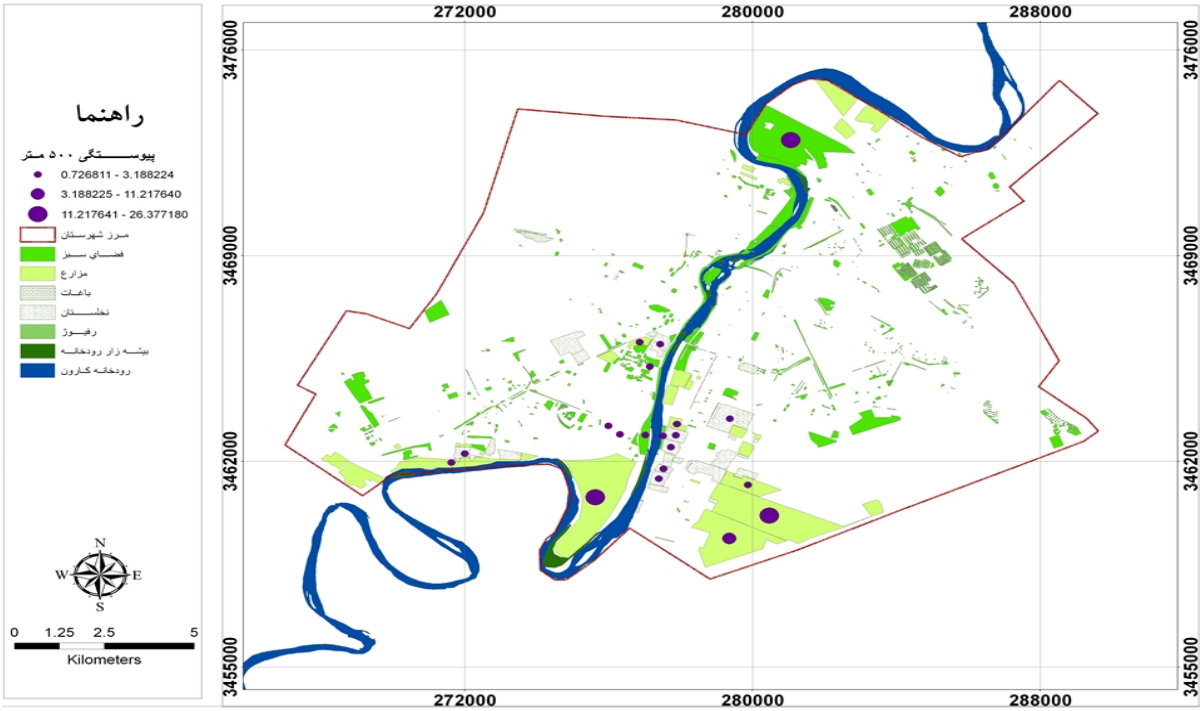
بروزرسانی آنها، ۹۹۵ لکه سبز در سیمای سرزمین شهر اهواز، با میانگین مساحتی ۲۵۸۳/۴۷۳ مترمربع شناسایی شدند. همچنین تعداد ۳۲۶۸۸ لینک برای تهیه شبکه فضای سبز شهری اهواز مشخص شد. با کاربرد روش پیشنهاد شده بر مبنای تئوری گراف، لکه‌های سبز کلان‌شهر اهواز براساس میزان اهمیتشان در حفظ پیوستگی شبکه سبز شهری اولویت‌بندی شدند. همچنین بررسی هر دسته از نتایج نشان داد، بیشترین میزان تفاوت در مشارکت لکه‌ها در پیوستگی سیمای سرزمین در ۲۰ اولویت اول هر مسافت بود. از اولویت بیستم به بعد میزان مشارکت لکه‌های سبز براساس میزان dIIC، نسبت به یکدیگر بسیار مشابه بودند. شکل ۳، ۲۰ لکه فضای سبز شهری را که دارای بیشترین میزان مشارکت در پیوستگی هستند، نشان می‌دهد. در این شکل مقادیر به‌دست آمده از میزان مشارکت لکه‌ها (میزان dIIC) با درنظر گرفتن چهار آستانه حرکتی به‌کار رفته، نشان داده و مقایسه شده‌اند. بر همین اساس در نقشه‌های شکل ۴، کلیه لکه‌های موجود بر مبنای میزان اهمیت به تفکیک نشان داده شده‌اند.

با بررسی نتایج به‌دست آمده از اعمال هریک از مسافت‌ها، نتایج حاصل از اولویت‌بندی لکه‌ها با درنظر گرفتن مسافت‌های طی شده توسط جانوران در ۲۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ متر دارای همبستگی بالایی هستند. این بدین معنی است که اولویت‌بندی لکه‌های سبز شهر اهواز برای پرندگان، پستانداران و خزندگان به گونه‌ای مشابه صورت گرفته است و لکه‌های شناسایی شده برای تمامی این جانوران حائز اهمیت و دارای اولویت بالا است. به‌طور کلی نتایج حاصل از اعمال چهار مسافت درنظر گرفته شده از همبستگی بالایی برخوردار هستند به‌ویژه در مسافت ۲۰۰۰۰ و ۵۰۰۰ متر میزان همبستگی بسیار بالا (r=۰/۹۵۵) است. این بدین معناست که اولویت‌بندی لکه‌های سبز اهواز با درنظر گرفتن گونه‌های جانوری متفاوت به نتایج مشابهی خواهد رسید.

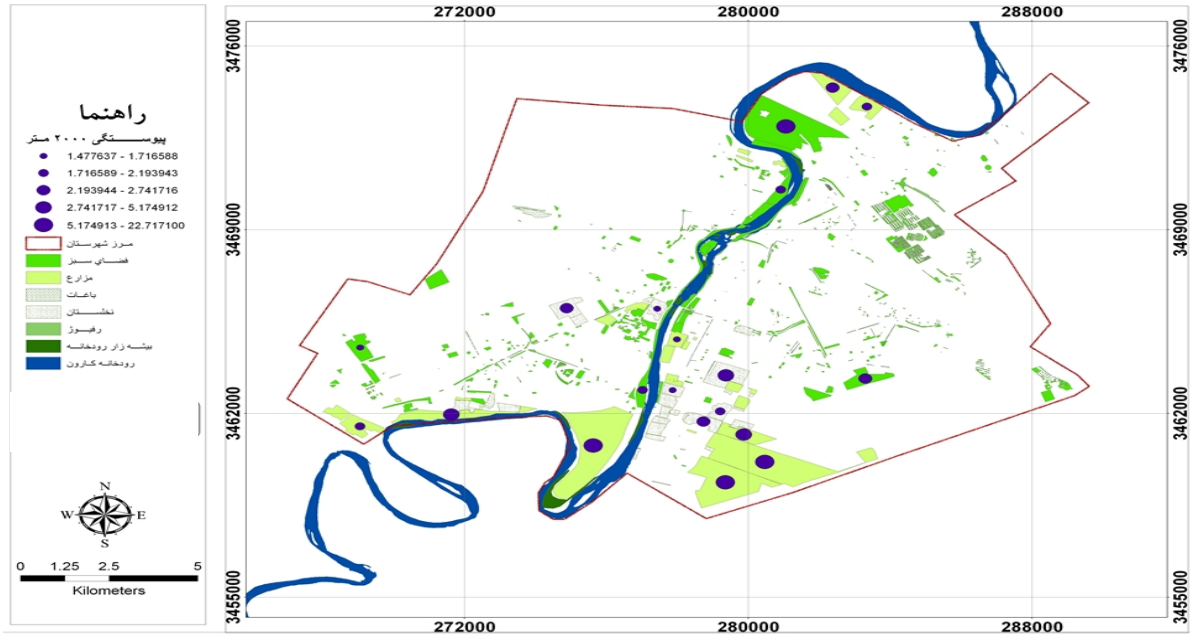
به‌طور کلی ناحیه چهار شهری واقع در شرق رودخانه کارون و جنوب شرقی محدوده شهر اهواز دارای بزرگ‌ترین لکه سبز موجود در سیمای سرزمین شهر اهواز با مساحت ۳۶۴۲۶۰۱ مترمربع است که براساس سنجه dIIC (در مسافت ۵۰۰ متر، ۲۶۳۷۷۱۸؛ مسافت ۲۰۰۰ متر، ۲۲۷۱۷۱؛ مسافت ۵۰۰۰ متر، ۲۳۱۹۲۳۳؛ مسافت ۲۰۰۰۰ متر، ۳۲۳۱۹۲۳) در هر چهار مسافت بیشترین اهمیت را در پیوستگی سیمای سرزمین شهر اهواز دارد. کمترین مساحت مربوط به پارک شهری در ناحیه شش شهری با مساحت ۲۵۳۹/۶۸۴ مترمربع و با dIIC برابر ۲۱۱۵۵۱۲ است. از آنجا که لکه‌های بزرگ نسبت به لکه‌های کوچک تعداد بیشتری از گونه‌های جانوری و گیاهی را در خود جای می‌دهند برای تنوع جمعیتی مناسب‌تر بوده و با انقراض کمتر گونه‌های محلی همراه هستند. به‌طور کلی بیشترین میزان پیوستگی در سیمای سرزمین در نواحی چهار و پنج شهر اهواز قابل مشاهده است.

www.SID.ir

Archive of SID



(الف)

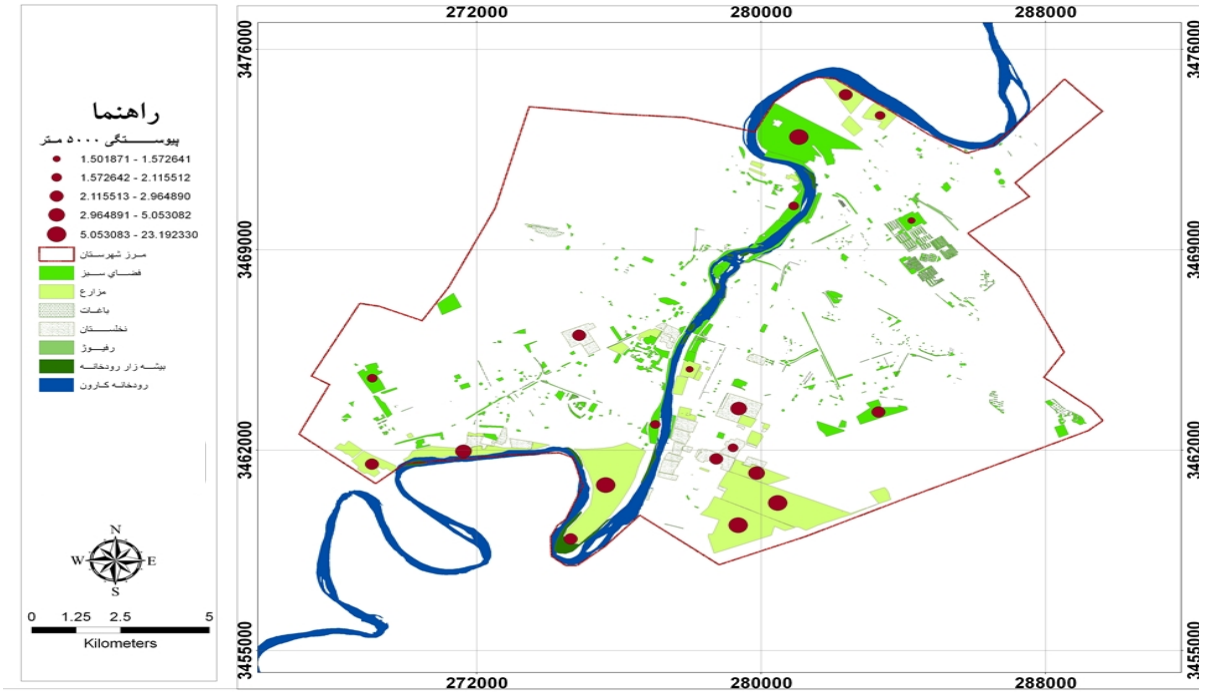


(ب)

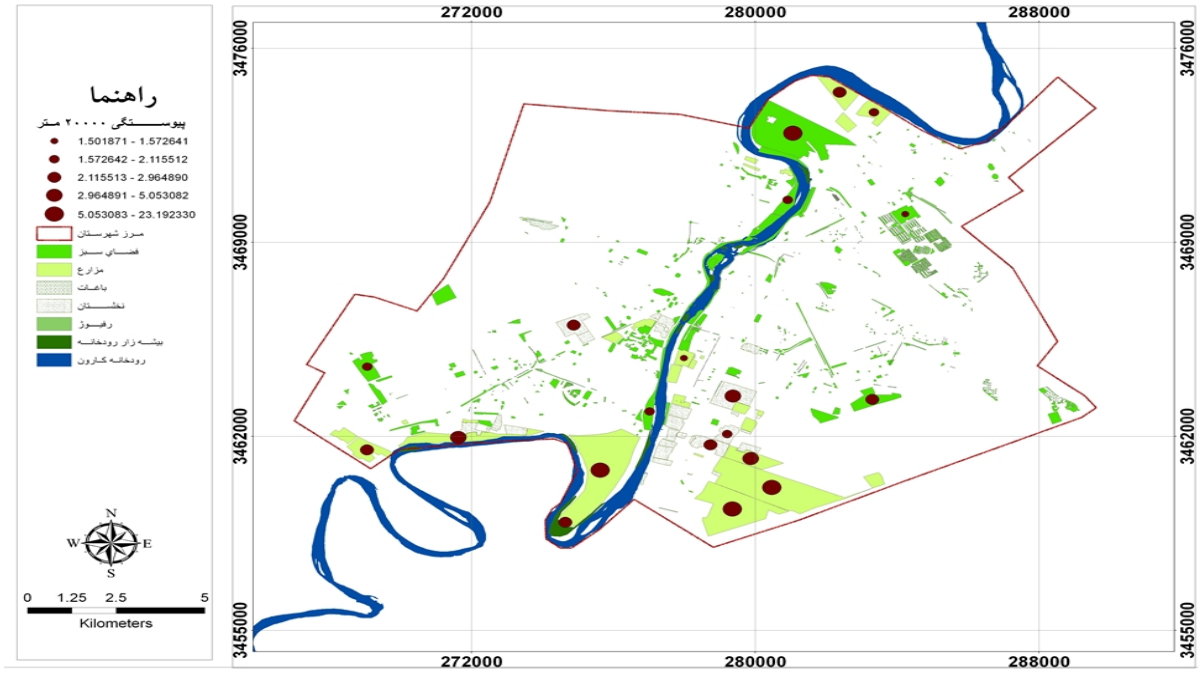
شکل۴. موقعیت کلیه لکه‌های سبز به تفکیک میزان مشارکت در پیوستگی سیمای سرزمین شهر اهواز با اعمال چهار مسافت براساس حداکثر توان حرکتی گروه‌های جانوری موجود؛ الف)۵۰۰ متر (خزندگان)، ب)۲۰۰۰ متر (پستانداران کوچک)، ج) ۵۰۰۰ متر (پستانداران بزرگ) و د)۲۰۰۰۰ متر (پرندگان)

www.SID.ir

Archive of SID



(ج)



(د)

ادامه شکل ۴

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه‌گیری

می‌توان ادعا کرد که این مطالعه از معدود تجربه‌های کاربرد تئوری گراف در ارزشیابی اکولوژیک در ایران به‌حساب می‌آید. بسیاری از سنجه‌های اکولوژیک به‌کار رفته تاکنون، از مشکل سیکل ناقص رنج می‌برند به این معنا که پیوستگی درون لکه زیستگاهی را در سنجش پیوستگی شبکه لحاظ نمی‌کنند و صرفاً پیوستگی بین زیستگاه‌ها را در محاسبه درنظر می‌گیرند. به این ترتیب نمی‌توانند به‌عنوان ابزاری کامل جهت محاسبه پیوستگی شبکه به‌شمار آیند (۳). این مطالعه نشان داد روش اعمال شده که تلفیقی از کاربرد تئوری گراف، سنجه IIC و الگوریتم برداشت نقطه (node-removal algorithm) است، ابزاری سریع و جامع در بررسی پیوستگی اکولوژیک به‌شمار می‌آید که در مقایسه با روش‌های به‌کار رفته در گذشته (عمدتاً بر کاربرد سنجه‌های گوناگون تکیه دارند) از دقت بیشتری برخوردار است و نتایج حاصل از آن با واقعیت ساختار و کارکرد سیمای سرزمین تطابق بیشتری دارد.

استفاده از سنجه IIC در این مطالعه سبب شناسایی لکه‌های جاپا شد. لکه‌هایی که علی‌رغم مساحت کم به لحاظ موقعیت توپولوژیک نقش مهمی در پیوستگی شبکه ایفا می‌کنند و از لحاظ بوم‌شناسی بسیار ارزشمند و موجب انسجام و پیوستگی شبکه زیستگاهی هستند (۱ و ۸). نقش این لکه‌ها به‌خصوص در بخش مرکزی شهر که دارای تراکم بالای جمعیتی و مسکونی است و عملاً وجود زیستگاه‌های بزرگ ممکن نیست مهم‌تر است.

با شناسایی لکه‌های با ارزش، برنامه‌ریزی‌های شهری باید به‌سمت حفاظت از آنها سوق داده شود تا بیشترین سود با حداقل هزینه‌ها در جهت حفاظت از لکه‌های با اهمیت به‌دست آید و درنهایت بتوان حضور و بقای حیات وحش و حفظ تنوع زیستی را به‌طور شایسته‌ای ضمانت کرد. عموماً سیمای سرزمین شهری به‌واسطه گسترش شهرها و کاربری‌های متعددی که در شهرها استقرار یافتند سبب شده زیستگاه‌های جانوری تکه‌تکه شده و حرکت جانوران در محیط‌های شهری با مشکل مواجه شود. با بررسی و مطالعه میزان پیوستگی در شهر اهواز می‌توان موجب افزایش تنوع زیستی، تسهیل در حرکت جانوران، ایجاد امکان اسکان مجدد برخی گونه‌های بومی گیاهی و جانوری آسیب دیده در زیستگاه‌های متروک شد تا بدین گونه تعادل و تناسب میان حیات وحش جانوری و حیات گیاهی به‌ویژه حفظ گونه‌های بومی در سیمای سرزمین شهر اهواز صورت پذیرد. نتایج حاصل از تشکیل شبکه در سیمای سرزمین شهر اهواز نشان داد سیمای سرزمین شهر اهواز از پیوستگی کمی برخوردار است که این امر ضرورت توجه مدیران تصمیم گیرنده و برنامه‌ریزان شهری را بیش از پیش آشکار می‌سازد. با توجه به نقش ضروری پیوستگی سیمای سرزمین در حفاظت از تنوع زیستی، ارتقا پیوستگی و مرمت سیمای سرزمین شهر اهواز یک ضرورت و اولویت در برنامه‌ریزی شهری تلقی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. آذری دهکردی، ف. ۱۳۸۶. اصول اکولوژی سیمای سرزمین (ترجمه)، انتشارات اتحاد، چاپ اول، ۹۶ ص.

۲. پودات، ف.، ش. برق جلوه و م. شرفی. ۱۳۹۰. کاربرد تئوری گراف بر ارزیابی اثرات اکولوژیکی، پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، ایران، ۳۰ آبان.

۳. پودات، ف.، ش. برق جلوه، و ک. ارواسمیت. ۱۳۹۲. مروری تحلیلی بر پیوستگی اکولوژیک و ضرورت آن به‌منظور حفاظت از تنوع زیستی در شهرها، اولین کنفرانس بین المللی اکولوژی سیمای سرزمین، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران، ۸ آبان.

۴. پودات، ف.، ش. برق جلوه. و ح. میرکریمی. ۱۳۹۳. مروری تحلیلی بر چگونگی اندازه‌گیری پیوستگی اکولوژیک به‌منظور حفاظت

www.SID.ir

Archive of SID

از تنوع زیستی در شهرها. *مجله پژوهش‌های محیط زیست* ۵(۱۰):۲۱۰-۱۹۵.

۵. شهرداری کلان‌شهر اهواز. ۱۳۹۱. آمارنامه شهر اهواز، فصل دوم، جمعیت.

۶. میکائیلی، ع. ر. و م. صادقی بنیس. ۱۳۸۹. شبکه اکولوژیک شهر تبریز در راهکارهای پیشنهادی برای حفظ و توسعه آن. *مجله پژوهش‌های محیط زیست* ۱(۲): ۵۲-۴۳.

۷. یوسفی، ا.، ف. قسامی، ا. صالحی و م. کافی. ۱۳۹۱. مکان‌یابی و تحلیل فضای سبز شهری با درنظر گرفتن اصول اکولوژیک مطالعه موردی: پارک‌های محله‌ای بیرجند. *مجله محیط شناسی* ۳۸(۴): ۱۷۸-۱۶۹.

8. Bodin, O. and J. Norberg. 2007. A network approach for analyzing spatially structured populatins in fragmented landscape. *Landscape Ecology* 22: 31-44.
9. Bunn, A. G., D. Urban and T. H. Kett. 2000. Landscape connectivity: A conservation application of graph theory. *Journal of Environmental Management* 59: 265-278.
10. Crooks, K. R. and M. Sanjayan. 2006. Connectivity Conservation. Cambridge University Press, Cambridge, 726 p.
11. Dale, M. R. T. and M. J. Fortin. 2010. From Graph to Spatial Graph. *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 41: 21-38.
12. Pascual-Hortal, L. and S. Saura. 2006. Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the priorization of habitat patches and corridors for conservation. *Landscape Ecology* 21(7): 959-967.
13. Pascual-Hortal, L. and S. Saura. 2007. Impact of spatial scale on the identification of critical habitat patches for the maintenance of landscape connectivity. *Landscape and Urban Planning* 83(2-3): 176-186.
14. Poodat, F., C. Arrowsmith, D. Frasoe and A. Gordon. 2015. Prioritizing urban habitats for connectivity conservation: Integrating centrality and ecological metrics. *Environmental Management* 55(5): 991-1216.
15. Rayfield, B. M., J. Fortin and A. Fall. 2011. Connectivity for conservation; A framework to classify network measures. *Ecological Society of American* 847-858.
16. Saura, S. and L. Rubio. 2010. A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography* 33: 523-537.
17. Saura, S., C. Estreguil, C. Mouton and M. Rodríguez-Freire. 2011. Network analysis to assess landscape connectivity trends: application to European forests (1990-2000). *Ecological Indicators* 11: 407-416.
18. Saura, S. and S. Torné. April 2012. CONEFOR 2.6 User manual.
19. Taylor, P. D., L. Fahrig. K. Helein and G. Merriam. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68(3): 571-573.
20. Urban, D. and T. Keitt. 2001. Landscape connectivity: A graph-theoretic perspective. *Ecology* 82(5): 1205-1218.
21. Urban, D. L., E. S. Minor, E. A. Treml and S. Robert. 2009. Graph models of habitat mosaics. *Ecology Letters* 12: 260-273.

www.SID.ir

Archive of SID

Assessment of Ecological Connectivity of Urban Green Patches Using Graph Theory: the Case study of Ahvaz Metropolitan Area

S. Shafinejad[1], F. Poodat[2] and F. Farrokhian[1]

(Received: June 25-2015; Accepted: May 15-2018)

Abstract

Connectivity of urban green patches is an important structural attribute of urban landscape that facilitates the species movement and transfer of their genes among their habitats. So far, several methods including Graph Theory have been applied to assess ecological connectivity. This research was aimed to study the application of graph theory to measure the connectivity of green patches in the city ofAhvaz .The Graph is a mathematical concept including nodes and links. The research method is based on modeling the network of green patches in the GIS environment using Graph Theory. The ecological connectivity was analyzed using the software Conefor Sensinode 2.6, by applying IIC metric and node-removal algorithm; thus, the urban green patches were ranked in relation to 4 different groups of species. Generally, similar results were achieved by applying the attributes of four different species (r=0.95). The study results showed that Ahvaz fourth district in the eastern side of Karoon River comprised the largest and the most significant green patch. Also, the fourth and fifth distincts of the city were relatively the most connected. Determining the more significant green patches and improving the connectivity of urban landscape could help the accurate identification of conservation priorities whichwould ensure financial savings in urban planning and decision making.

Keywords: Ecological connectivity, Network analysis, IIC metric, Landscape ecology, Conefor 2.6, Ahvaz.

1. Dept. of Environ. Manag., Khuzestan Sci. and Res. Branch, Islamic Azad Univ., Ahvaz, Iran.
2. Dept. of Architecture, Shahid Chamran Univ. of Ahvaz, Iran.
*: Corresponding Author, Email: sorour.shafieinejad@gmail.com

www.SID.ir