تدوین الگوی شهر بیوفیلیک در شهر اصفهان

وحید مهدویان: دکتری شهرسازی دانشگاه هنر اصفهان و معاون شهرسازی و معماری شهرداری اصفهان
فریاد پرهیز[1]: دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه اصفهان و رئیس اداره مطالعات و برنامه ریزی شهری معاونت شهرسازی و معماری شهرداری اصفهان

چکیده

با توجه به وضعیت موجود اصفهان از لحاظ فضای سبز، کم آبی، آلودگی و سایر مشکلات زیست‌محیطی، به نظر می‌رسد در نظر گرفتن الگویی برای شهر اصفهان که بتواند این شهر را از بحران‌های کنونی نجات داده و به سوی سلامت و بهزیستی سوق دهد، ضروری و لازم است. لذا استفاده از روش شهرسازی بیوفیلیک، می‌تواند راهکار مناسبی برای مقابله با مشکل دوری از طبیعت و پیامدهای منفی آن در شهر اصفهان باشد. از اینرو هدف مقاله حاضر تدوین الگوی شهر بیوفیلیک اصفهان براساس شاخص های مستخرج از مطالعات جهانی بوده است. روش تحقیق از لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ روش توصیفی- تحلیلی است و برای شناسایی پهنه‌ها(یا محلات) مستعد توسعه بیوفیلیک در شهر اصفهان از مدل‌های آماری و گرافیک مبنا، خوشه‌بندی و تحلیل عاملی در تلفیق با محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS استفاده شده است. نتایج نشان داد، محدوده‌های ناژوان و محله‌های نقش جهان، چرخاب، عباس آباد از نظر ویژگی‌های شهر بیوفیلیک از سایر محدوده‌ها برخوردارتر و هماهنگ‌تر هستند. همچنین خوشه بندی محلات شهر اصفهان بر اساس اصل همگنی در ویژگی‌های شهرسازی بیوفیلیک انجام و محلات شهر اصفهان به ۱۰ خوشه تقسیم شده است. این سند می تواند به عنوان یک نظام پشتیبان تصمیم گیری و طراحی در دو مقیاس برای طرح‌ها و برنامه‌ها مورد استفاده قرار بگیرد. اول در مقیاس راهبردی، می‌توان محلات درون یک خوشه را یکی دانست و راهبردها و سیاست‌های یگانه‌ای را در خصوص آن‌ها پیش گرفت. دوم در مقیاس طراحی درون محلی، به این صورت که مشخص می‌کند نقاط ضعف و قوت هر خوشه و محلات آن چیست و طراحی در هر یک از محلات باید به سمت کدام یا کدامین دسته‌ها از معیارهای شهر بیوفیلیک حرکت کند تا ضعف‌ها را برطرف ساخته یا از قوت‌ها و پتانسیل‌ها بهره گیرد.

واژگان کلیدی: *بیوفیلیک، شهر بیوفیلیک، طراحی بیوفیلیک، محلات، شهر اصفهان.*

نسخه تایید شده نهایی قبل از حذف الکترونیکی

مقدمه

در طی چند قرن اخیر، تغییرات چشمگیری در روش زندگی انسان‌ها به‌وجود آمده است. با گسترش شهرنشینی، بیش از نیمی از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند. در واکنش به صنعت‌گرایی قرن نوزدهم، شهرها در طی قرن بیستم به منظور نزدیکی با طبیعت، تراکم را کاهش داده‌اند. این "پراکندگی شهری" طیفی از مسائل شامل افزایش وابستگی به اتومبیل و افزایش ردپای اکولوژیکی را به همراه داشته است(Newman and Kenworthy, 1999). همچنین در نظر گرفتن حومه شهر به عنوان جایگاه سلامت و طبیعت، باعث پرورش نسلی چاق و ناسالم شده که توانایی پیاده‌روی را از دست داده‌اند(Newman and Matan, 2012). به موازات این جنبش فراشهری، تأکید جدیدی بر اینکه چطور طبیعت می-تواند به صورت مستقیم‌تر و کارآتر به این محیط‌های شهری پرتراکم بازگردد، وجود دارد. این نیروی محرک برای این موضوع زیست‌گرایی و شهرسازی بیوفیلیک است، چون این ایده صراحتاً به شهرهای متراکم و مناطق مرکزی اشاره دارد(Reeve et al, 2012).

در این راستا شهرهای بیوفیلیک بر اهمیت استراتژی‌های خلاقانه برای آوردن طبیعت به فضاهای داخلی خانه‌ها و دفاتر تأکید دارند. دیوارهای سبز داخلی، تهویه طبیعی، نور روز، فضاهای داخلی و کریدورهای جنگلی داخلی از جمله ایده‌هایی هستند که می‌توان از آنها استقبال کرد و شهرهای بیوفیلیک مزایای سلامتی تشویق چنین ویژگی‌هایی را نه به‌عنوان جایگزین، بلکه به عنوان مکمل‌های ضروری برای طبیعت بیرونی درک می‌کنند (Pedersen Zari, 2019; Beatley, 2016). در مجموع، مفهوم شهر بیوفیلیک فرصتی منحصر به فرد برای ایجاد شهرهای پایدار و زیست پذیر جهت بهبود سلامت ساکنان ارائه می‌دهد. شهر بیوفیلیک ایده ادغام و یکپارچگی طبیعت شهری در شهرها را ارائه داده و یک اصل طراحی را برای اطلاع از استفاده کارکردی از عناصر طبیعی یا "بیوفیلیک" مانند پارک‌های شهری و جیبی، فضای سبز خطی و سقف‌ها و دیوارهای سبز در محیط ساخته شده پیشنهاد می‌نماید(Ebrahimpour, 2020) همچنین

۱. نویسنده مسئول
Email:faryad1364@gmail.com

تحقیقات نشان داده است که واحدهای همسایگی و اجتماعاتی که در تبادل بیشتری با طبیعت هستند، جوامع همبسته‌تر و دارای تساوی بیشتری هستند و این مجاورت با طبیعت به کاهش اختلافات در این واحدها کمک کرده است. با صنعتی شدن جوامع مدرن و ورود تکنولوژی، دلبستگی و حضور طبیعت در شهرها بیشتر مورد نیاز است و حتی وجود طبیعت از کلان در سطح شهر تا سطح خرد در خانه‌های مسکونی بیش از پیش احساس می‌شود. شهر بیوفیلیک به معنی شهر سبز نیست و وجود طبیعت در ابعاد گسترده ضروری است، اما شرط کافی نیست. در شهرهای بیوفیلیک، ساکنین مستقیماً وارد عمل شده و برای یادگیری، لذت بردن و مراقبت از طبیعت اطراف خود نامزد می‌شوند و ارتباطات حسی عمیق توسعه یافته با طبیعت برقرار می‌کنند. چالش طراحی بیوفیلیک رسیدگی به کاستی‌های مناظر و ساختارهای معاصر از طریق ایجاد شبکه‌ای جدید برای ارائه‌ی تجربه‌ای رضایت‌بخش از نفوذ طبیعت درون محیط ساخته شده، است(Kellert et al, 2008).

شهر اصفهان به عنوان یکی از کلانشهرهای ایران که با مشکلات بسیاری از جمله، صنایع آلوده کننده آب و هوا، ترافیک و مشکلات زیست محیطی آن، فصلی شدن رودخانه زاینده رود و... دست و پنجه نرم می‌کند، هر روز بیشتر از گذشته از معیارهای سلامت دور شده و به یکی از شهرهای آلوده جهان تبدیل می‌شود. در مقابل این تهدید نگران کننده، شهر اصفهان، از موقعیت مناسبی به دلیل وجود رودخانه زاینده رود و فضاهای گسترده‌ی سبز و بکر و دست نخورده همچون ناژوان بهره مند است. بنابراین به نظر می‌رسد، بتوان با حرکت به سوی یک برنامه‌ی پایدارتر برای شهر اصفهان، علاوه بر بهبود ویژگی‌های محیطی، کیفیت زندگی و زیست پذیری در این شهر را نیز ارتقا بخشید. در این راستا به نظر می‌رسد، توسعه مفهوم شهر بیوفیلیک که یک گام پیشتر از پایداری و حفاظت از محیط زیست شهری است، می-تواند حرکت مهم و درخوری به حساب بیاید.

مبانی نظری

اصطلاح "بیوفیلیا"[۲]اولین بار توسط اریک فروم[۳]روانکاو معروف استفاده شد. او بیوفیلی را عشق به زندگی و موجودات زنده تعریف کرد و بیوفیلی را یک غریزه طبیعی زیست شناختی دانست(Nkubiyaho, 2020). پس از فروم، این اصطلاح توسط بسیاری از محققان، به ویژه ادوارد او. ویلسون[۴]در کتاب منتشر شده‌اش در سال ۱۹۸۴ استفاده شده است. ویلسون بیوفیلیا را به عنوان گرایش ذاتی به تمرکز بر زندگی و فرآیندهای واقعی تعریف کرد. ویلسون ادعا کرد که ارتباط با طبیعت فراتر از مسائل فیزیولوژیکی است، زیرا دارای پایه های ژنتیکی است(Wilson, 1984). مفاهیم نوظهور بیوفیلیا، طراحی بیوفیلیک و شهرگرایی بیوفیلیک در درجه اول با تمایلات انسان به وابستگی به طبیعت در محیط های شهری مربوط می‌شود(Kellert et al., 2008). بیوفیلیا گرایش ذاتی انسان به سیستم‌ها و فرآیندهای طبیعی است (Xue et al., 2019). بیوفیلیا تلاشی برای کشف تمایل ذاتی انسان برای تعلق به فرآیندها و سیستم های موجود در طبیعت (عشق به طبیعت) در طراحی یک محیط ساخته شده است(Alaskary & Alrobaee, 2022). فرضیه بیوفیلیا مبتنی بر این ایده است که انسان ها نیازی بین نسلی دارند که آنها را به ارتباط با طبیعت دعوت می کند زیرا انسان ها برای بقا و تداوم خود به طبیعت وابسته هستند. در واقع، بیوفیلیا این ایده را مطرح کرد که تماس با طبیعت نقش اساسی در سلامت جسمی و روانی انسان دارد(Beatley & Newman, 2013). بیوفیلیک را به عنوان وابستگی عاطفی ذاتی انسان به سایر موجودات زنده تعریف می کند، بنابراین بخشی از طبیعت نهایی انسان است(Arof et al., 2020). مفهوم بیوفیلیک نزدیک به نیازهای انسان و نزدیک به طبیعت است و از این نظر، مفهوم بیوفلیک به طور چشمگیری در برنامه‌ریزی شهری محبوب شده است(Ghorab & Shalaby, 2016).

---

[۲] Biophilia

[۳] Erich Fromm

[۴] Edward O. Wilson

تایید شده نهایی قبل از چاپ الکترونیکی

برنامه‌ریزی شهری بیوفیلیک به معنای بازتعریف ماهیت شهرها به عنوان مکان‌هایی با طبیعت مبتنی بر حیات وحش و ترمیمی است. در چشم انداز برنامه ریزی شهری، بیوفیلیک در مورد درک شهرها به عنوان مکان‌هایی است که قبلاً طبیعت زیادی را در خود جای داده‌اند و مکان‌هایی که می‌توانند از طریق چشم‌انداز جسورانه و اقدام مستمر، حتی از طبیعتی که دارند سبزتر و غنی تر شون. شهرهای بیوفلیک به عنوان شهرهای با طبیعت فراوان در مجاورت شهرنشینان گفته می شود که ارتباط ذاتی ساکنان و دسترسی به طبیعت را از طریق فرصت‌هایی برای حضور در بیرون و لذت بردن از جنبه‌های چندحسی طبیعت با حفاظت و ترویج طبیعت در داخل شهر ارزش می‌دهند. از این رو، شهرهای بیوفیلیک شهرهایی هستند که سیستم‌های طبیعی تولید می‌کنند و اکوسیستمی برای پیامدهای تنوع زیستی ایجاد می‌کنند(Ghorab & Shalaby, 2016; Arof et al., 2020). شهرهای بیوفیلیک نیز شهرهایی عمیقاً تاب‌آور هستند. تقریباً هر گام یا اقدامی که برای افزایش و تقویت طبیعت در شهر انجام می‌شود به تاب‌آوری بیشتر آن کمک می‌کند. به عنوان مثال، افزایش گرمای شهری یک مشکل رو به رشد است و بسیاری از موثرترین پاسخ‌های برنامه‌ریزی، از جنگل‌داری شهری گرفته تا پشت بام‌های زیست‌محیطی، به یکباره طبیعت جدید و محیط‌های خنک شهری را وارد می‌کنند(Beatley, 2017).

شهر بیوفیلیک به شهرهایی گفته می‌شود که طبیعت در درون آنها نمود بارزی دارد. آنها شهرهایی هستند که به طبیعت اهمیت می‌دهند، به دنبال حافظت، بازسازی و رشد طبیعت هستند، و تلاش می‌کنند ارتباطات عمیق و تماس روزانه با جهان طبیعی را تقویت نمایند(Nkubiyaho, 2020). شهر بیوفیلیک شهری است که طبیعت را در برنامه‌ریزی، طراحی و حکمروایی خود در اولویت قرار می‌دهد. شهر بیوفیلیک بر نیاز اساسی انسان در ارتباط روزانه با طبیعت و همچنین وجود ارزش‌ها و مزایای اقتصادی و اجتماعی فراوانی که نظام های طبیعی ارائه می‌کنند، تمرکز دارد (Beatley, 2011). مفهوم شهرهای بیوفیلیک بر اساس این واقعیت ثابت شده است که انسان‌ها ارتباط ذاتی با طبیعت دارند و به سمت آن کشیده می‌شوند(Beatley, 2017). شهر بیوفیلیک به عنوان شهری غنی از طبیعت نیز شناخته می‌شود، شهری است که دائماً به دنبال فرصت‌هایی برای ترمیم و احیای آنچه از طبیعت خود می‌باشد که آسیب دیده است. مکانی است که سیستم‌های طبیعی را شبیه‌سازی می‌کند و از آنها یاد می‌گیرد(Nasreldin & Abdelfattah, 2020). شهرنشینی بیوفیلیک می‌تواند طیف گسترده‌ای از خدمات اکوسیستم را ارائه دهد که شامل کیفیت هوا، کاهش دی اکسید کربن، مزایای میکرو اقلیم، کنترل سیل، و کیفیت آب، تولید غذا و مزایای اقتصادی می‌شود(Russo & Cirella, 2017).

افزون بر این، یک شهر بیوفیلیک، شهری است که ساکنان آن به طور فعال درگیر تجربه طبیعت مانند باغبانی، پیاده‌روی، تماشای پرندگان، تماشای آسمان و بسیاری از فعالیت‌های دیگر هستند. همچنین، شهروندان شهرهای بیوفیلیک فرصت‌های فراوانی برای احیا و مراقبت از طبیعت اطراف خود دارند(Nasreldin & Abdelfattah, 2020). مفهوم شهرهای بیوفیلیک یا شهرگرایی بیوفیلیک[۵] به عنوان چشم‌اندازی قانع کننده برای چگونگی طراحی و سازماندهی شهرهای آینده پدیدار شده است. این بر بینش اساسی "بیوفیلیا" استوار است: اینکه ما به طبیعت کشیده می شویم و ارتباط یا وابستگی ذاتی با جهان طبیعی داریم(Beatley, 2011, 2017; Wilson, 1984). تحقیقات راه‌های قابل توجهی را نشان می‌دهد که تماس با طبیعت می‌تواند انسان را شادتر و سالم‌تر نموده و به زندگی شهری معنادار کمک سازد. سالینگاروس[۶] این رابطه را عمیقاً مورد مطالعه قرار داد مبنی بر آنکه انسان چگونه فضای حسی خود را توسعه داده است. او پیشنهاد کرد که ویژگی‌های هندسی خاصی در ساختار طبیعت و در محیط ساخته شده وجود دارد که تأثیر مثبت و نشاط‌آوری بر شرایط جسمی و روحی انسان دارد. بنابراین، این ویژگی‌های به کار رفته در طراحی می‌تواند کیفیت زندگی در مراکز شهری را افزایش دهد. این فرآیند که توسط سالینگاروس "اثر بیوفیلیک" نامیده می‌شود، بر یک ارتباط

---

[۵] Biophilic Cities, or Biophilic Urbanism

[۶] Salingaros

نسخه نهایی قبل از چاپ الکترونیکی

اطلاعاتی صمیمی بین انسان و طبیعت متکی است و از نیاز به معرفی سیستم‌های طبیعی در طراحی محیط‌های ساخته شده حمایت می‌کند(Salingaros, 2015).

یافته‌های حاصل از پژوهش صورت گرفته در خصوص «حمام جنگل»[۷]ژاپنی نشان می‌دهد که پیاده‌روی در جنگل یا فضای سبز مزایای قابل‌توجهی مشتمل بر کاهش سطح هورمون استرس و تقویت سیستم ایمنی برای سلامت روان دارد(Beatley, 2017). همچنین طبیعت عملکرد شناختی و خلق و خوی را افزایش می‌دهد (Berman et al., 2012; Bratman et al., 2015) و پادزهر قابل توجهی برای استرس مزمن طولانی مدت است که توسط بسیاری از شهرنشینان تجربه می شود(Beatley, 2017). مطالعات نشان می‌دهد که در حضور طبیعت، انسان‌ها بیشتر سخاوتمند و همکاری می‌کنند و همچنین طولانی‌مدت فکر می‌کنند(Zelenski et al., 2015). کلرت[۸]شش عنصر طراحی بیوفیلیک و هفتاد ویژگی را تعریف و توصیف کرد که بعداً برای کاربرد عملی در طراحی معماری و شهری خلاصه شده‌اند. کلرت و کالابرز[۹] طراحی بیوفیلیک را به عنوان وسیله‌ای برای توسعه پایدار در نظر گرفت زیرا می‌تواند مراقبت، نظارت و دلبستگی به مکان را ارتقا دهد (Kellert & Calabrese, 2019).

شکل ۱: چهارچوب نظری تحقیق
مآخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

روش پژوهش

روش تحقیق مقاله حاضر از لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ روش توصیفی- تحلیلی است. تمامی پهنه‌ها (یا محلات شهری) به عنوان جامعه‌ی آماری تحقیق مطرح است که در این تحقیق در مواردی که اطلاعات از درون نقشه‌های موجود قابل استخراج نباشد، از جامعه‌ی آماری معرف محلات شهری که همان شهروندان اصفهانی ساکن در محلات شهری است، استفاده می‌شود. نمونه‌ی آماری از طریق روش نمونه گیری به صورت خوشه‌ای تصادفی ساده استفاده شده

---

[۷] Forest bathing

[۸] Kellert

[۹] Kellert and Calabrese

تایید شده
نرونیکی

است که نمونه آماری ۳۹۴ نفر از شهروندان اصفهانی است که از طریق پرسشنامه نظر آنان نسبت به ویژگی‌های شهر بیوفیلیک در محله‌ی زندگیشان مورد سنجش قرار می‌گیرد.

برای آنکه پرسش‌نامه‌ها بتوانند به دست‌یابی به اهداف پژوهش کمک کنند باید دارای پایایی و روایی لازم باشند. پایایی یعنی در صورت تکرار یک اندازه‌گیری تا چه میزان مقادیر سنجیده شده به یکدیگر نزدیک هستند. و روایی یا اعتبار یعنی مقدار سنجیده شده چه میزان به واقعیت نزدیک است؟ در این تحقیق برای سنجش میزان پایایی از آلفای کرونباخ و برای سنجش روایی از فنون هیئت منصفه استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که پایایی مقیاس لیکرت با ضریبی در حدود ۰,۷۵ توسط محققان قابل قبول دانسته شده است.

شیوه‌های گردآوری داده در این تحقیق شامل: مطالعات اسنادی(کتابخانه‌ای، اینترنت، عکس‌ها و نقشه‌های هوایی و...)، مشاهده، مصاحبه و پرسشنامه است که به فراخور موضوعات در بخش‌های مختلف تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق پس از تعیین اصول، معیارها و شاخص‌های شهر بیوفیلیک، از روش‌ها و الگوریتم‌های خوشه‌بندی، تحلیل عاملی استفاده می‌شود. به عبارت دیگر ابتدا شاخص‌ها و ویژگی‌های شهر بیوفیلیک استخراج می‌شود. بخشی از این ویژگی‌ها از طریق نقشه‌های رقومی و بخشی دیگر از طریق پرسشنامه اندازه‌گیری می‌شود. سپس از طریق فن تحلیل عاملی اکتشافی[1] محلات شهری اصفهان از نظر وضعیت شاخص‌های شهر بیوفیلیک تحلیل شده و رتبه‌بندی می‌شوند. تحلیل عاملی اکتشافی نامی عمومی است برای برخی از روش‌های آماری چند متغیره که به منظور تحقیق درباره‌ی ماهیت روابط بین متغیرهای یک مجموعه معین مورد استفاده قرار می‌گیرد. مساله اساسی این مطلب است که آیا یک مجموعه متغیر را می‌توان بر حسب تعدادی از ابعاد یا عامل‌های کمتری نسبت به تعداد متغیرها خلاصه کرد و هر یک از ابعاد(عامل‌ها) معرف چه صفت یا ویژگی است. در عین حال خلاصه کردن اطلاعات به ترتیبی صورت می‌گیرد که نتیجه خلاصه شده از نظر مفهوم معنی‌دار باشد(حکمت نیا و موسوی، ۱۳۸۵). در این تحقیق تحلیل عاملی اکتشافی کمک می‌کند با تقلیل ۳۲ متغیر به تعداد کمتری که بخش بزرگی از واریانس جامعه را پوشش دهد، بتوان به رتبه بندی پاسخ‌دهندگان و در نتیجه مناطق مختلف شهری اقدام کرد.

از سوی دیگر از طریق تحلیل خوشه‌ای (K Mean) ویژگی‌های هر یک از پهنه‌های شهری مشخص شده و مناطق با ویژگی‌های یکسان در یک خوشه قرار می‌گیرد. در خوشه بندی معمولاً دسته بندی و شناسایی گروه های همگن و مشابه از افراد، اشیاء و به طور کلی آزمودنی ها بر اساس بررسی وجوه تشابه و تمایز آن ها صورت می گیرد. بدین صورت که برای هر یک از آزمودنی ها مشخصه های متعددی وجود دارد که آن ها را می توان بر اساس قرابتی که از لحاظ این ویژگی ها با هم دارند در دسته های همگن مشابه گروه بندی نمود(Hoppner et al, 1999). در خوشه بندی منفرد تنها از یک الگوریتم خوشه بندی استفاده می شود ولی در خوشه بندی ترکیبی نتایج حاصل از الگوریتم خوشه بندی اول، وارد الگوریتم خوشه بندی دوم شده و نتیجه ی نهایی استخراج می شود. در ترکیب الگوریتم ها سعی می شود نقاط قوت هر یک گرفته شود تا نتایج بهتری بدست آید. در واقع هدف اصلی خوشه بندی ترکیبی جستجوی نتایج بهتر و مستحکم تر، با استفاده از ترکیب اطلاعات و نتایج حاصل از چندین خوشه بندی اولیه است(Fred and Lourenco, 2008).

از اینرو خروجی تحلیل‌ها شامل ۲ نقشه کلی خواهد بود که نقشه اول نشان می‌دهد کدام مناطق وضعیت بهتری دارند. نقشه دوم نیز نشان می‌دهد کدام مناطق به لحاظ ویژگی‌هایی که دارند با یکدیگر هم سنخ بوده و در یک خوشه یا دسته قرار می‌گیرند. از نقشه تحلیلی اول می‌توان به شناسایی مناطق دارای استعداد بیوفیلیک شدن و یا مناطق دارای اولویت مداخله پرداخت و از نقشه دوم می‌توان به شناسایی ظرفیت و اقدامات مورد نیاز در هر یک از خوشه‌ها پرداخت.

نسخه نهایی قبل از چاپ الکترونیکی

[1] Exploratory Factor Analysis

جدول ۱: نحوه‌ی سنجش شاخص‌های طراحی شهر بیوفیلیک

نحوه گردآوری داده	شاخص های شهر بیوفیلیک
نقشه	دسترسی به طبیعت و مزارع شهری، مسیرهای سبز، طبیعت فراوان، حمل و نقل پایدار، تجربه مستقیم آب، فرصت‌های آموزش طبیعت، ارتقا کیفیت هوا، تغییر و گذر زمان
پرسشنامه	صدای طبیعت، الهام و تقلید از طبیعت، ارتباط خانه و طبیعت، بازیافت، کاهش مصرف انرژی، مدیریت جریان آب‌های سطحی و فاضلاب، استفاده از گیاهان خانگی، بام سبز، جداره‌های سبز، تجربه مستقیم از نور، تجربه مستقیم از حیوانات، اکوسیستم‌ها و حیات وحش، رنگ‌های طبیعی، مصالح طبیعی، جهت‌گیری مناظر، رازآمیزی، ایمنی و حفاظت، اتصال و همپیوندی، غنای اطلاعات، سلسله مراتب، علاقه و تعلق

ماخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

جدول ۲: سنجنده‌های شاخص‌های عینی در دسترس

شاخص ها	سنجنده ها
دسترسی به طبیعت	نسبت مساحت فضای سبز به مساحت کل محله
	نسبت تعداد تک درختان به مساحت کل محله
مسیرهای سبز	نسبت طول ردیف درختان به مساحت کل محله
طبیعت فراوان	نزدیکی به زاینده رود
حمل و نقل پایدار	نسبت طول خطوط اتوبوس به مساحت کل محله
	نسبت طول خطوط BRT به مساحت کل محله
	نسبت طول خطوط مترو به مساحت کل محله
	نسبت مساحت پیاده روها به مساحت کل محله
	نسبت تعداد ایستگاه های دوچرخه(همجوار و داخل محله) به مساحت کل محله
	نسبت طول مسیرهای دوچرخه به مساحت کل محله
تجربه مستقیم آب	نسبت تعداد چاه ها به مساحت کل محله
	نسبت مساحت حوض‌ها، فواره‌ها و استخرها در فضای عمومی به مساحت کل محله
	نسبت طول جوی‌ها، انهار، مادی‌ها به مساحت کل محله
فرصت‌های آموزش طبیعت	نسبت تعداد موزه‌های طبیعی و مراکز آشنایی با طبیعت و موجودات زنده به مساحت کل محله
ارتقا کیفیت هوا	میانگین عددی شاخص آلودگی هوا بر اساس داده‌های ۶ ایستگاه سنجش آلودگی هوا در یک دوره یکساله
تغییر و گذر زمان	تعداد خانه‌ها یا مراکز مهم تاریخی

ماخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

تایید شده نهایی قبل از چاپ الکترونیکی

یافته‌ها

لازم است ۳۷ لایه اطلاعاتی بدست آمده، یکپارچه شده و نقشه یکپارچه ارزیابی شهر اصفهان نسبت به شاخص‌های بیوفیلیک به تفکیک محلات بدست آید. با توجه به تعداد بالای لایه‌های اطلاعاتی و همچنین نیازمندی به تحلیل خوشه‌ای در گام بعدی این پژوهش برای پهنه‌بندی نهایی از تحلیل عاملی اکتشافی استفاده شده است. همانگونه که در بخش روش تحقیق توضیح داده شد پرسشنامه‌ی طراحی شده در این تحقیق به لحاظ نظری دارای اعتبار لازم است زیرا که اول؛ پرسش‌های آن به طور متناظر با یافته‌های حاصل از مبانی نظری این تحقیق همسو است. دوم؛ به لحاظ آماری نیز این پرسشنامه دارای پایایی لازم می‌باشد، زیرا که مقدار آلفای کرونباخ محاسبه شده‌ی آن قابل قبول است. بنابراین

می‌توان به نتایج حاصل از این پرسشنامه به لحاظ علمی و آماری تکیه کرده و به تحلیل داده‌های حاصل از آن پرداخت. از طرفی سایر لایه‌های اطلاعاتی نیز عینی بوده و فرایندهای بی‌مقیاس‌سازی و نرمال‌سازی داده‌ها بر روی آن‌ها صورت گرفته است و اطلاعات یعنی عددی نیز به لحاظ علمی و آماری مورد تایید است. بنابراین داده‌ها از نظر آماری مناسب شروع فرایند تحلیل عاملی هستند. تحلیل عاملی در این تحقیق طی مراحل زیر صورت می‌گیرد.

– مرحله اول: سنجش امکان استفاده از تحلیل عاملی

قبل از انجام تحلیل عاملی و تقلیل متغیرها به تعداد کمتری از عوامل لازم است به این سوال پاسخ داده شود که آیا از لحاظ آماری امکان استخراج عامل‌ها از متغیرها وجود دارد یا خیر؟ برای این امر از دو آزمون KMO و آزمون بارتلت استفاده می‌شود.

جدول ۳: آزمون بارتلت و KMO

۰,۶۹۳	Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	
۲۱۰۲	Approx. Chi-Square	Bartlett's Test of Sphericity
٦٦٦	df	
۰,۰۰۰	Sig.	

ماخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

آزمون بارتلت، ماتریس نمونه‌ای را با یک ماتریس صفر مقایسه می‌کند و مشخص می‌کند که آیا تفاوتی بین این دو وجود دارد یا خیر. با توجه به جدول فوق آزمون بارتلت برای ۳۷ متغیر این تحقیق در فاصله اطمینان ۹۹ درصد معنادار بوده است. این امر بدین معناست که به لحاظ آماری متغیرها را می‌توان به تعداد کمتری عامل تقلیل داد. شاخص KMO نیز شاخص دیگری است که میزان عامل‌پذیری متغیرها را نشان می‌دهد. اگر مقدار شاخص KMO از ۰,۵ بزرگتر باشد به این معناست که متغیرها عامل پذیری خوبی دارند. با توجه به مقدار KMO که ۰,۶۹۳ محاسبه شده است می‌توان گفت از نظر هر دو آزمون بارتلت و KMO انجام تحلیل عاملی بر روی داده های این پرسشنامه امکان پذیر است.

– مرحله دوم: عامل سازی

پس از آنکه مشخص شد امکان تحلیل عاملی وجود دارد، از طریق نرم افزار SPSS به استخراج عامل‌ها اقدام می‌شود.

جدول ٤: عامل‌های استخراج شده، مقدار ویژه و درصد واریانس تبیین شده توسط هر یک از عوامل

متغیرها	مقادیر اولیه			مقادیر اولیه برای عامل‌های استخراج شده			مقادیر برای عامل‌های استخراج شده پس از چرخش عاملی		
	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
1	5.496	14.853	14.853	5.496	14.853	14.853	3.718	10.048	10.048
2	3.922	10.600	25.453	3.922	10.600	25.453	3.172	8.573	18.621
3	2.512	6.788	32.241	2.512	6.788	32.241	2.843	7.684	26.305
4	2.204	5.957	38.198	2.204	5.957	38.198	2.472	6.681	32.986
5	1.699	4.593	42.791	1.699	4.593	42.791	2.452	6.628	39.614
6	1.578	4.264	47.055	1.578	4.264	47.055	2.305	6.231	45.845
7	1.397	3.776	50.832	1.397	3.776	50.832	1.845	4.987	50.832
8	1.226	3.314	54.146						
9	1.186	3.204	57.350						
10	1.147	3.100	60.451						
11	1.035	2.798	63.249						
12	1.020	2.757	66.006						
13	.943	2.550	68.556						
14	.891	2.408	70.964						
15	.844	2.281	73.245						
16	.792	2.140	75.385						
17	.728	1.967	77.352						
18	.688	1.860	79.212						
19	.676	1.828	81.040						

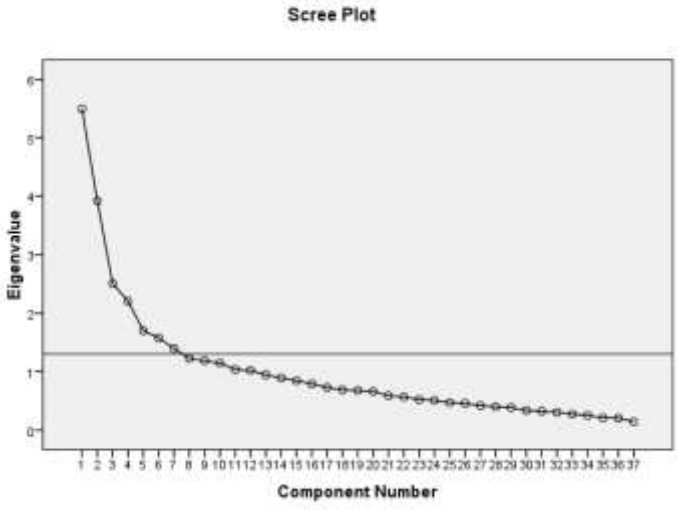
20	.661	1.786	82.826						
21	.589	1.593	84.419						
22	.567	1.532	85.951						
23	.523	1.414	87.365						
24	.508	1.373	88.737						
25	.470	1.270	90.007						
26	.455	1.229	91.236						
27	.419	1.131	92.367						
28	.400	1.080	93.448						
29	.384	1.039	94.487						
30	.335	.904	95.391						
31	.322	.870	96.261						
32	.304	.822	97.082						
33	.273	.738	97.821						
34	.250	.677	98.497						
35	.210	.567	99.064						
36	.204	.553	99.617						
37	.142	.383	100.000						

ماخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

همانطور که در جدول مشاهده می‌شود، تعداد ۷ عامل از مجموع ۳۷ متغیر قابل استخراج است. اگرچه بنابر قاعده کیزر عامل های هشتم تا دوازدهم نیز به علت بزرگتر بودن مقدار ویژه آن از یک، قابلیت استخراج داشته است ولی در این تحقیق به دلیل پایین بودن مقدار ویژه‌ی این عوامل(بسیار نزدیک به یک)، این عوامل به عنوان یک عامل نهایی استخراج نشده است و تنها عامل هایی استخراج گردید که مقدار ویژه آن‌ها از ۱,۳ بزرگتر باشد.

در تفسیر عامل‌های استخراج شده باید گفت عامل اول با مقدار ویژه‌ی ۳,۷۱۸ به میزان ۱۰,۰۴۸درصد از واریانس جامعه را تبیین می‌کند. همچنین مقدار ویژه‌ی عامل دوم برابر ۳,۱۷۲ است که ۸,۵۷۳ درصد از واریانس کل جامعه را تبیین می‌کند. مقدار ویژه‌ی عامل سوم و چهارم و پنجم و ششم و هفتم نیز به ترتیب برابر ۲,۸۴۳ و ۲,۴۷۲ و ۲,۴۵۲ و ۲,۳۰۵ و ۱,۸۴۵ است که ۷,۶۸۴ و ۶,۶۸۱ و ۶,۶۲۸ و ۶,۲۳۱ و ۴,۹۸۷ درصد از واریانس کل جامعه را تبیین می‌کند. به طور کلی می‌توان گفت در مجموع عامل‌های استخراج شده می‌توانند ۵۰,۸۳۲ درصد از واریانس کل جامعه را تبیین کرده و به جای ۳۷ متغیر مذکور مورد استفاده قرار گیرند.

نمودار سنگریزه که در ذیل آمده است نشان می‌دهد که عامل‌های استخراج شده در تبیین واریانس کل داده چقدر مهم بوده و می‌توانند سهم مهمی از واریانس متغیرها را در خود گنجانده و مفاهیم را خلاصه کنند بدون آنکه اعتبار نتایج دچار تغییر محسوسی شود.



شکل۲: نمودار سنگریزه و خط افقی تعیین عامل(با مقدار ویژه بزرگتر از ۱,۳)
ماخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

– مرحله سوم: متغیرهای بارگذاری شده در هر یک از عامل

حال که مشخص شد تعداد ۷ عامل می‌تواند بخش بزرگی از واریانس ۳۷ متغیر را مورد بررسی قرار دهد، لازم است مشخص شود در هر یک از عامل‌ها چه متغیرهایی بارگذاری شده‌اند. به عبارت ساده‌تر هر عامل چه متغیرهایی را درون خود گنجانده است و از طریق آن به خلاصه‌سازی اطلاعات اقدام شده است. جداول زیر مقدار بار عاملی هر متغیر در هر عامل را نشان می‌دهد. بار عاملی هر متغیر یعنی اینکه هر عامل چند درصد از واریانس یک متغیر را تبیین می‌کند. بارهای عاملی ارائه شده در این جداول پس از چرخش عاملی از طریق تکنیک Varimax بدست آمده است. چرخش عاملی باعث می‌شود بار عاملی هر متغیر روی یک عامل به حداکثر برسد و روی سایر عامل‌ها به حداقل برسد. بنابراین چرخش عاملی علاوه بر خالص کردن عامل‌ها به متغیرهای معین‌تری، عامل‌ها را نیز به لحاظ نظری مفهوم دارتر می-کند. این امر چنان مهم است که کاکس تحلیل عاملی را شامل دو دسته فرایند کلی یعنی استخراج عامل ها و چرخش آن‌ها می‌داند(Cox, 2006: 3).

عامل اول: مقدار ویژه‌ی این عامل۳,۷۱۸ است که به تنهایی ۱۰,۰۴۸ درصد از واریانس جامعه را پوشش می‌دهد. متغیرهایی که در عامل اول بارگذاری شده اند در جدول زیر آمده است.

جدول۵: متغیرهای بارگذاری شده در عامل اول

ردیف	متغیر	مقدار همبستگی(بار عاملی)
۱	صدای طبیعت	۰,٦٧٨
۲	تجربه مستقیم از نور	۰,٤٧٧
۳	تجربه مستقیم از حیوانات	۰,٥٤٨
٤	اکوسیستم و حیات وحش	۰,٦٥١
٥	مصالح طبیعی	۰,٦٥٦
٦	جهت گیری مناظر	۰,٧٣١

ماخذ: نگارندگان، ۱٤۰۱

با توجه به مقدار بار عاملی بالای این متغیر ها در عامل اول می توان گفت عامل‌پذیری در این متغیرها به طور قابل توجهی قابل قبول است. زیرا هرگاه مقدار بار عاملی بیشتر از ۰,۳ باشد می‌توان گفت متغیر در آن عامل به طور قابل توجهی بارگذاری شده است. با توجه به متغیرهای بارگذاری شده در این عامل آن را عامل **"اکوسیستم"** نامگذاری شده است.

تحلیل عاملی در عامل اول نشان می‌دهد، ۶ متغیر فوق، همبستگی بالایی با یکدیگر داشته‌اند و به عبارتی با افزایش یکی از متغیرها، متغیرهای دیگر نیز تغییرات محسوسی داشته‌اند.

عامل دوم: مقدار ویژه‌ی این عامل ۳,۱۷۲ است که به تنهایی ۸,۵۷۳ درصد از واریانس جامعه را پوشش می‌دهد. متغیرهایی که در عامل دوم بارگذاری شده اند در جدول زیر آمده است.

جدول٦: متغیرهای بارگذاری شده در عامل دوم

ردیف	متغیر	مقدار همبستگی(بار عاملی)
۱	دسترسی به طبیعت(تک درختان)	۰,٦٩١
۲	دسترسی به طبیعت(فضای سبز)	۰,٨٢٨
۳	تجربه مستقیم آب(چاه ها)	۰,٣٩١
٤	تجربه مستقیم آب(عوارض خطی آبی مانند کانال ها و جوی	۰,٥٢۰

نسخه نهایی پذیرفته شده

	ها)	
٥	کیفیت هوا	۰,٤۹۰

ماخذ: نگارندگان، ۱٤۰۱

مقدار بار عاملی این متغیرها نیز نشان می‌دهد، همبستگی قابل توجهی بین آن‌ها وجود دارد. با توجه به متغیرهای بارگذاری شده در این عامل، عامل دوم را عامل **" سبزآبی"** می‌نامیم.

عامل سوم: مقدار ویژه‌ی این عامل ۲,۸۴۳ است که به تنهایی ۷,۶۸۴ درصد از واریانس جامعه را پوشش می‌دهد. متغیرهایی که در عامل سوم بارگذاری شده اند در جدول زیر آمده است:

جدول ۷: متغیرهای بارگذاری شده در عامل سوم

ردیف	متغیر	مقدار همبستگی(بار عاملی)
۱	بازیافت و تفکیک زباله	٦۲٦
۲	مدیریت جریان آب های سطحی و فاضلاب	۰,٤۹۰
۳	استفاده از گیاهان خانگی	۰,٥۳۸
٤	جداره های سبز	۰,٤٦۲
٥	ایمنی و حفاظت	۰,۷۳۹
٦	علاقه و تعلق	۰,٥۷٦

ماخذ: نگارندگان، ۱٤۰۱

مقدار بار عاملی این متغیرها نیز نشان می‌دهد، همبستگی قابل توجهی بین آن‌ها وجود دارد. با توجه به متغیرهای بارگذاری شده در این عامل، عامل سوم را عامل **"بهداشت و سلامت محیط زیست"** می‌نامیم.

عامل چهارم: مقدار ویژه‌ی این عامل ۲,۴۷۲ است که به تنهایی ۶,۶۸۱ درصد از واریانس جامعه را پوشش می‌دهد. متغیرهایی که در عامل چهارم بارگذاری شده اند در جدول زیر آمده است:

جدول ۸: متغیرهای بارگذاری شده در عامل چهارم

ردیف	متغیر	مقدار همبستگی(بار عاملی)
۱	ارتباط خانه و طبیعت	۰,٥۱۸
۲	کاهش مصرف انرژی	۰,۳۷۸
۳	اتصال و همپیوندی	۰,٥٦۳
٤	رازآمیزی	۰,۷۱٤
٥	غنای اطلاعات	۰,٦۱٦
٦	سلسله مراتب فضایی	۰,٥۸۹

ماخذ: نگارندگان، ۱٤۰۱

مقدار بار عاملی این متغیرها نیز نشان می‌دهد، همبستگی قابل توجهی بین آن‌ها وجود دارد. با توجه به متغیرهای بارگذاری شده در این عامل، عامل چهارم را عامل **"چیدمان فضا"** می‌نامیم.

عامل پنجم: مقدار ویژه‌ی این عامل ۲,۴۵۲ است که به تنهایی ۶,۶۲۸ درصد از واریانس جامعه را پوشش می‌دهد. متغیرهایی که در عامل پنجم بارگذاری شده اند در جدول زیر آمده است:

جدول۹ متغیرهای بارگذاری شده در عامل پنجم

ردیف	متغیر	مقدار همبستگی(بار عاملی)
۱	مسیرهای سبز(ردیف درختان)	۰,۵۵٤
۲	حمل و نقل پایدار(خطوط اتوبوس)	۰,۵٦۱
۳	حمل و نقل پایدار(پیاده روها)	۰,۷۳۰
٤	حمل و نقل پایدار(خطوط بی آر تی)	۰,۲٤۱
۵	حمل و نقل پایدار(مسیر دوچرخه)	۰,۵۹۱

ماخذ: نگارندگان، ۱٤۰۱

مقدار بار عاملی این متغیرها به جز یک مورد در خصوص خطوط بی آر تی نشان می‌دهد، همبستگی قابل توجهی بین آن‌ها وجود دارد. با توجه به متغیرهای بارگذاری شده در این عامل، عامل پنجم را عامل **"حمل و نقل پایدار"** می‌نامیم.

عامل ششم: مقدار ویژه‌ی این عامل ۲,۳۰۵ است که به تنهایی ۶,۲۳۱ درصد از واریانس جامعه را پوشش می‌دهد. متغیرهایی که در عامل ششم بارگذاری شده اند در جدول زیر آمده است:

جدول ۱۰: متغیرهای بارگذاری شده در عامل ششم

ردیف	متغیر	مقدار همبستگی(بار عاملی)
۱	تجربه مستقیم آب(عوارض پهنه ای آبی مانند انهار، مادی ها و حوض ها)	۰,٤۷۸
۲	حمل و نقل پایدار(ایستگاه دوچرخه)	۰,۵۰۱
۳	فرصت های آموزش طبیعت	۰,۵۹۹
٤	تغییر و گذر زمان	۰,۷۱٦

ماخذ: نگارندگان، ۱٤۰۱

مقدار بار عاملی این متغیرها نیز نشان می‌دهد، همبستگی قابل توجهی بین آن‌ها وجود دارد. با توجه به متغیرهای بارگذاری شده در این عامل، عامل ششم را عامل **"تجربه و آموزش"** می‌نامیم.

عامل هفتم: مقدار ویژه‌ی این عامل ۱,۸۴۵ است که به تنهایی ۴,۹۸۷ درصد از واریانس جامعه را پوشش می‌دهد. متغیرهایی که در عامل خفتم بارگذاری شده اند در جدول زیر آمده است.

جدول۱۱: متغیرهای بارگذاری شده در عامل هفتم

ردیف	متغیر	مقدار همبستگی(بار عاملی)
۱	حمل و نقل پایدار(خطوط مترو)	۰,٤٤۹
۲	طبیعت فراوان(نزدیکی به زاینده رود)	۰,٤۵٦
۳	الهام و تقلید از طبیعت	۰,٤۱٤
٤	بام سبز	۰,۵٦٦
۵	رنگ های طبیعی	۰,۳۸٦

ماخذ: نگارندگان، ۱٤۰۱

مقدار بار عاملی این متغیرها نیز نشان می‌دهد، همبستگی قابل توجهی بین آن‌ها وجود دارد. با توجه به متغیرهای بارگذاری شده در این عامل، عامل سوم را عامل **"الحاق متناسب با طبیعت"** می‌نامیم.

تایید شده نهایی قبل از چاپ الکترونیکی

– مرحله چهارم: محاسبه امتیازات عاملی و رتبه بندی با استفاده از مقدار امتیاز عاملی کل

پس از آنکه متغیرهای بارگذاری شده در هر عامل مشخص شد، میزان امتیاز عاملی برای هر یک از پاسخ دهندگان در هر یک از عامل ها محاسبه می‌شود. سپس از طریق جمع جبری امتیازهای عاملی، امتیاز ترکیبی برآورد می‌شود که نشان دهنده امتیازات فرد در ۷ عامل(نماینده‌ی ۳۷ متغیر) بررسی شده در این تحقیق است. در این روش مشکل یکسان بودن ضریب اهمیت متغیرها، با استفاده از بارهای عاملی حاصله برطرف می‌گردد.

پس از طی مراحل تحلیل عاملی، متغیرهای بارگذاری شده در هر عامل و میزان امتیاز عاملی برای هر یک از پاسخ دهندگان در هر یک از عامل ها محاسبه و سپس از طریق جمع جبری امتیازهای عاملی، امتیاز ترکیبی برآورد شده است که نشان دهنده امتیازات محله در ۷ عامل(نماینده‌ی ۳۷ متغیر) بررسی شده در این پژوهش است.

با این حال با توجه به اینکه تعداد پرسشنامه ها ۳۹۴ عدد لحاظ شده است و به نظر می رسد تعمیم نتایج حاصل از این تعداد پرسشنامه به کل شهر اصفهان می‌تواند نتایج پژوهش را دچار انحراف کند، در این پژوهش برای رتبه بندی محلات و کاهش خطای ناشی از پرسشنامه‌ها از امتیازات عاملی وزن دار استفاده می شود. برای کاهش نقش و تاثیر شاخص‌های پرسشنامه‌ای در نتایج تحقیق، ضریب تاثیر این شاخص‌ها نسبت به شاخص‌هایی که از طریق داده و نقشه بدست آمده است، یک سوم در نظر گرفته می‌شود(لازم به ذکر است این ضریب تنها برای کم رنگ کردن تاثیر شاخص-های پرسشنامه ای در نتایج پژوهش است که نتایج پژوهش را دچار انحراف نکند و همچنان صحت نتایج قابل اعتماد باشد).

باتوجه به تعداد شاخص‌های عینی و ذهنی موجود در هر عامل وزن دهی به عامل‌ها انجام می‌شود(در اینجا هر شاخص برآورد شده از طریق پرسشنامه ۱ امتیاز و هر شاخص عینی برآورد شده از طریق نقشه و داده ۳ امتیاز گرفته است). در این پژوهش عامل‌های اول، سوم و چهارم کاملا از شاخص‌های مبتنی بر پرسشنامه تشکیل شده است و وزن نهایی آن‌ها نیز کمتر از سایر عامل‌هاست. همچنین عامل‌های دوم و پنجم به طور کامل از شاخص‌های مبتنی بر نقشه و داده‌ها بدست آمده است و وزن نهایی آن‌ها نیز از سایر عامل‌ها بیشتر است. دو عامل ششم و هفتم نیز اختلاط هر دو شاخص را داشته‌اند. در جدول شماره ۱۲، وزن نهایی عامل‌ها بر اساس تعداد شاخص‌های بارگذاری شده در آن‌ها و نوع آن‌ها آمده است.

جدول ۱۲: وزن نهایی هر یک از عامل‌ها برای محاسبه امتیاز نهایی عاملی و رتبه بندی محلات

نام عامل	وزن خام	وزن نرمال شده
عامل اول(اکوسیستم)	۶	8.96
عامل دوم(سبزآبی)	۱۵	22.39
عامل سوم(بهداشت و سلامت محیط زیست)	۶	8.96
عامل چهارم(چیدمان فضا)	۶	8.96
عامل پنجم(حمل و نقل پایدار)	۱۵	22.39
عامل ششم(تجربه و آموزش)	۱۰	14.93
عامل هفتم(الحاق متناسب با طبیعت)	۹	13.43

مأخذ: محاسبات نگارندگان، ۱۴۰۱

حال که وزن هر یک از عامل‌ها با استفاده از تعداد و ضریب اهمیت شاخص‌های برآورده شده از پرسشنامه یا شاخص‌های برآورد شده از داده‌ها و نقشه محاسبه شد، می‌توان در آخرین مرحله از تحلیل عاملی از امتیازات عاملی وزن-دار برای رتبه‌بندی محلات شهر اصفهان بهره گرفت. بدین منظور امتیاز عاملی خام بدست آمده از تحلیل عاملی برای هر یک از محلات در هر یک از عامل‌ها، در وزن عامل که در جدول فوق آمده است ضرب می‌شود و امتیازات عاملی وزن‌دار بدست می‌آید هر عامل بدست می‌آید. جمع جبری امتیاز وزن دار ۷ عامل برای هر یک از محلات، نشان دهنده امتیاز

نهایی تحلیل عاملی برای هر یک از محلات است. از طریق این امتیازات می‌توان به دسته‌بندی شهر اصفهان با استفاده از تحلیل عاملی اقدام نمود و محلات شهر اصفهان را از منظر بیوفیلیک رتبه‌بندی کرد. در این پژوهش محلات شهر اصفهان در سه دسته محلات با قوت و پتانسیل بالا، متوسط و کم تقسیم بندی شده اند که در شکل شماره ۱ آمده است.

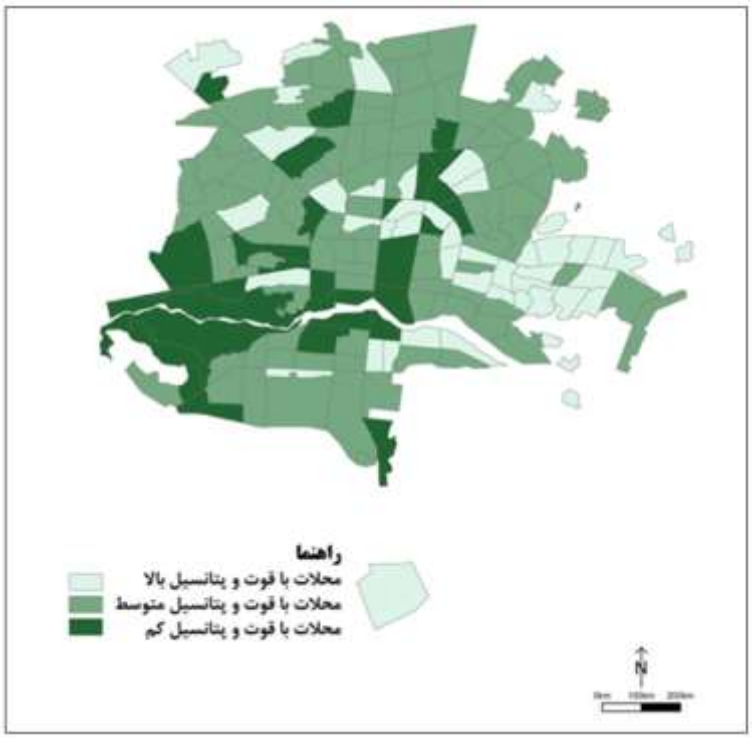
همانطور که در شکل ذیل(پهنه بندی و رتبه‌بندی محلات بر اساس میزان استعداد و ظرفیت توسعه شهر بیوفیلیک) مشخص شده است. محلات شهر اصفهان که در حاشیه‌ی زاینده رود قرار گرفته‌اند جز محلات با قوت و پتانسیل بالا و متوسط محسوب می‌شوند.

بهترین محلات نیز محدوده‌ی ناژوان، محلات چرخاب، عباس آباد، نقش جهان و چند محله به صورت پراکنده در شمال و جنوب شهر است که در نقشه نمایش داده شده است. همچنین محلات با قوت و پتانسیل کم در زمینه بیوفیلیک عمدتا در شرق، شمال شرق و شمال غرب شهر اصفهان قرار دارند. بنابراین باتوجه به نقشه ذیل که خوشه بندی و رتبه محلات شهر اصفهان از منظر بیوفیلیک را نشان می‌دهد دو راهبرد کلان کلی متفاوت را می‌توان در طرح‌های آتی عملیاتی مدنظر قرار داد:

اول) توسعه زیرساخت‌ها، توان و ظرفیت محلات با قوت و پتانسیل کم.

دوم) بهره گیری از محلات با قوت و پتانسیل بالا برای تحقق شهر بیوفیلیک در اصفهان

به عبارت دیگر حال که نتایج خوشه‌بندی مشخص شده است یا باید به توسعه محلات کم توان اقدام کرد تا ظرفیت کلی شهر اصفهان برای تحقق شهر بیوفیلیک افزایش یابد و یا اینکه سرمایه گذاری روی محلات پر توان صورت گیرد و در این محلات حداقل به صورت پایلوت، تحقق شهر(یا محله) بیوفیلیک مدنظر قرار گیرد.



شکل ۳: پهنه بندی و رتبه بندی محلات شهر اصفهان بر اساس میزان استعداد و ظرفیت توسعه شهر بیوفیلیک
مأخذ: محاسبات نگارندگان، ۱۴۰۱

بحث و نتیجه گیری

به منظور شناخت الزامات و زیرساخت های مورد نیاز ایجاد الگوی بیوفیلیک در محلات شهر اصفهان لازم است مشخص شود هر محله از منظر ویژگی های بیوفیلیکی چه امتیازی را می‌گیرد یا به طور کلی در کدام ویژگی ها قوی تر

و در کدامیک ضعیف تر بوده و پس از درک این مهم حالا باید برای هر محله‌ای تصمیم گیری شود که روی رفع نقاط ضعف می بایست کار کند یا روی ترویج و توسعه نقاط قوت؟ اقدامات زیرساختی بهتر است در سطح پهنه‌های بزرگتر از محله روی دهد، لذا لازم است شهر اصفهان به چند پهنه همگن تقسیم بندی شود. از سوی دیگر ممکن است نتوان برای همه محلات بررسی شده در این پژوهش به طور جداگانه به ارائه طرح پرداخت که در این خصوص می‌توان به طرح‌های راهبردی در مقیاس پهنه‌های همگن پرداخت.

برای تهیه پهنه‌های همگن روش‌های مختلفی از جمله روش‌های همپوشانی نقشه‌ها وجود دارد. ولی از آنجایی که روش‌های همپوشانی و سایر روش‌های امتیاز دهی که جزئی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره هستند با استفاده مقدار امتیاز نهایی به دسته‌بندی می‌پردازند عملاً می‌توان گفت که پهنه‌ها به لحاظ ویژگی‌های درونی یکسان نخواهند بود بلکه تنها امتیاز نهایی آن‌ها یکسان یا نزدیک به هم شده است.

برای رفع این خطا در پژوهش حاضر از روش‌های خوشه‌بندی استفاده شده است. یکی از محبوب ترین روش‌های خوشه بندی روش K MEAN است. در این روش اعضای هر خوشه با استفاده از سنجش میزان فاصله‌ی آن‌ها با مرکز خوشه مشخص می‌شوند. بنابراین این روش مبتنی بر امتیاز دهی و تبدیل عوامل به یک عامل از طریق یک رابطه‌ی خطی نیست. بلکه از طریق میزان فاصله با مرکز دسته، تمامی عوامل را در نظر می‌گیرد و لذا می‌توان گفت اعضای هر خوشه خصوصیات نزدیک به هم در تمامی عوامل دارند.

این تکنیک در سه مرحله انجام می‌شود:

الف) تعیین مراکز خوشه برای هر یک از عامل‌ها

به منظور تعیین مراکز خوشه‌ها برای هر یک از عامل‌ها، داده‌ها وارد نرم افزار SPSS شد و مراکز دسته از طریق تحلیل خوشه‌ای K MEAN به شرح زیر بدست آمد.

جدول ۱۳: تعیین مراکز خوشه برای هر یک از عامل ها

	مراکز خوشه ها برای هر هر عامل									
خوشه ها	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
عامل اول(اکوسیستم)	-.23	-.55	-.49	.85	-.37	1.93	.36	-.48	1.24	2.81
عامل دوم(سبزآبی)	-.93	.55	.81	-.54	.08	-.06	-.28	-1.61	.20	4.80
عامل سوم(بهداشت و سلامت محیط زیست)	.06	-.04	-.42	-.02	.85	-2.67	.56	-2.85	.02	-.30
عامل چهارم(چیدمان فضا)	-.30	-.03	-.42	.27	1.20	2.11	.78	3.20	-.47	.58
عامل پنجم(حمل و نقل پایدار)	-.09	1.97	-.43	-.81	-.43	-1.43	1.48	.99	-.14	-.33
عامل ششم(تجربه و آموزش)	.09	-.71	-.01	7.66	-.44	-.61	1.34	.80	-.33	4.26
عامل هفتم(الحاق متناسب با طبیعت)	-.34	.17	.51	.82	.12	.28	-.65	4.12	-.27	-.45

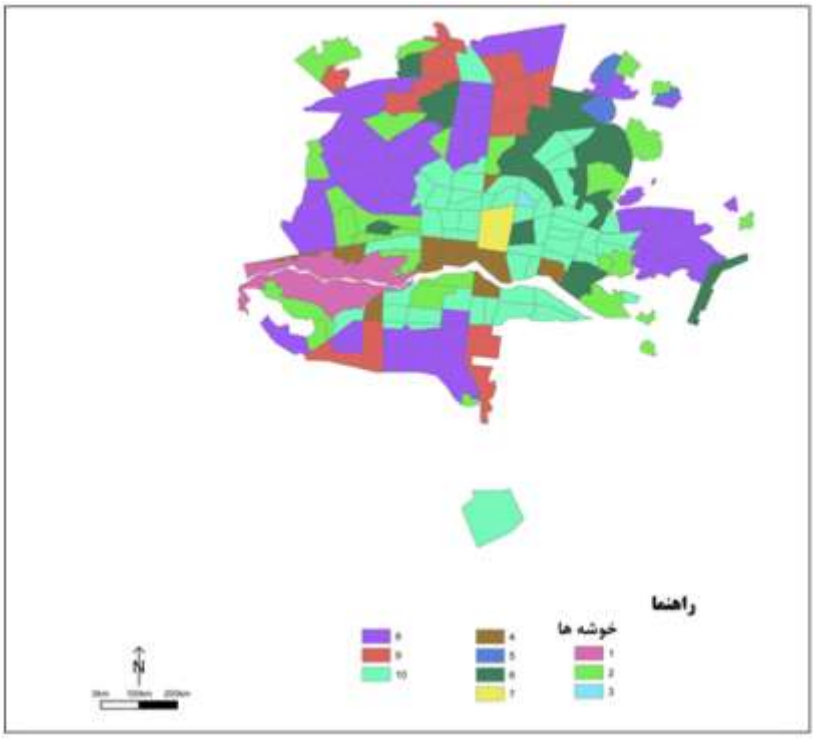
مأخذ: محاسبات نگارندگان، ۱۴۰۱

ب) اندازه گیری فاصله امتیاز هر محله نسبت به مراکز خوشه ها

این مرحله نیز توسط نرم افزار SPSS انجام شد ولی به علت گسترده بودن جدول آن از ارائه آن در این گزارش خودداری می شود.

ج) تعیین اعضای هر خوشه

از طریق محاسبات صورت گرفته در محله الف و ب هر عضوی با استفاده از معیار نزدیک به مراکز خوشه‌ها به تنها یک خوشه تعلق می‌گیرد. برای ارائه بهتر و ملموس‌تر نتایج، خوشه‌بندی مذکور به نقشه جی آی اس متصل شد و خوشه-ها بر روی نقشه ارائه می‌گردد.



شکل ٤: خوشه بندی محلات همگن از منظر ویژگی‌های بیوفیلیک در شهر اصفهان
مأخذ: محاسبات نگارندگان، ١٤٠١

خوشه‌بندی فوق نشان می‌دهد محلات شهر اصفهان را می‌توان به ده خوشه متفاوت از منظر ویژگی‌های بیوفیلیک تقسیم کرد. به عبارت دیگر می‌توان گفت تمامی محلاتی که در نقشه بالا رنگ یکسان دارند، از نظر ویژگی های بیوفیلیکی و پتانسیل‌های شهر بیوفیلیک نیز همگن هستند و می‌توان راهکارها، راهبردها و سیاست‌های مشترکی را برایشان اتخاذ نمود.

نقشه خوشه‌بندی محلات شهر اصفهان که به عنوان یکی از مهمترین خروجی های پژوهش حاضر است، به عنوان یک پشتیبان تصمیم گیری برای برنامه‌های عملیاتی در مقیاس محلات می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. زیرا که این نقشه نشان می‌دهد، هر محله دارای چه پتانسیل‌ها و ویژگی‌هایی در خصوص شهر بیوفیلیک است و در چه مواردی دچار ضعف دارد. خوشه بندی در پژوهش حاضر بنابر نتایج تحلیل عاملی بوده است. این امر به تفسیر ساده‌تر نتایج کمک می-کند و به صورت مفهوم تری وضعیت هر محله را نشان می‌دهد. پس از آنکه هر محله عضو یکی از خوشه‌ها گردید می-توان به طور کلی به بررسی خوشه‌ها و میزان قوت و پتانسیل آن‌ها در هر یک از عوامل بدست آمده از تحلیل عاملی پرداخت.

در جدول شماره ۱۴ مقادیر نرمال شده میانگین امتیاز هر خوشه در هر یک از عامل‌ها آمده است. لذا می‌توان با تکیه بر این جدول به عنوان یک پشتیبان تصمیم‌گیری از نقاط ضعف و قوت هر خوشه آگاه شده و تصمیماتی بر رفع ضعف‌ها و یا استفاده از قوت‌ها و پتانسیل‌ها اتخاذ نمود. در این جدول هر چه عدد امتیاز به عدد یک نزدیک‌تر باشد نشانه بهتر بودن وضعیت خوشه در آن عامل است و هر چه عدد به صفر نزدیک‌تر باشد نشان می‌دهد که آن خوشه به طور کلی دارای وضعیت بدتری در آن عامل است.

تایید
نسخه قبل از چاپ ویراستاری

جدول ۱۴: امتیاز میانگین محلات هر خوشه نسبت به هر عامل

خوشه‌ها	عامل اول(اکوسیستم)	عامل دوم(سبزآبی)	عامل سوم(بهداشت و محیط زیست)	عامل چهارم(چیدمان فضا)	عامل پنجم(حمل و نقل پایدار)	عامل ششم(تجربه و آموزش)	عامل هفتم(الحاق متناسب با طبیعت)
1	0.91	1.00	0.58	0.57	0.29	0.64	0.30
2	0.62	0.35	0.63	0.41	0.32	0.15	0.32
3	0.29	0.10	0.17	0.97	0.49	0.27	1.00
4	0.45	0.28	0.72	0.60	0.56	0.32	0.27
5	0.74	0.31	0.20	0.80	0.12	0.12	0.41
6	0.31	0.33	0.76	0.66	0.27	0.13	0.38
7	0.54	0.25	0.62	0.52	0.21	1.00	0.49
8	0.29	0.44	0.56	0.42	0.27	0.18	0.44
9	0.28	0.40	0.62	0.48	0.63	0.11	0.39
10	0.34	0.19	0.64	0.44	0.32	0.19	0.31

مأخذ: محاسبات نگارندگان، ۱۴۰۱

باتوجه به جدول فوق الزامات و زیرساخت‌های شهر بیوفیلیک در چهار عامل سبزآبی، حمل و نقل پایدار، تجربه و آموزش طبیعت الحاق متناسب با طبیعت دارای ضعف اساسی است. زیرا که به جز یک یا دو خوشه سایر خوشه‌های امتیازی کمتر از نصف را به خود اختصاص داده اند. بنابراین مهم ترین زیرساخت ها و الزامات در زمینه افزایش فضاهای سبز، افزایش حضور آب در فضاهای شهری، بهبود سیستم حمل و نقل پایدار مبتنی بر حمل و نقل همگانی و پیاده مداری، ایجاد مراکز در جهت آموزش محیط زیست و طبیعت از جمله موزه‌های طبیعت و همچنین تشویق به ایجاد الگوی ساخت و ساز بومی و متناسب با طبیعت است.

در تشریح جدول فوق برای تفهیم بهتر، ابتدا به توضیح سطر و ستون‌ها جدول پرداخته می‌شود و سپس وضعیت هر محله توضیح داده خواهد شد. در سطرها، همانطور که در خوشه بندی عنوان شد، محلات به تعداد کمتری خوشه تقلیل داده شد. به عبارت دیگر به جای اینکه ۱۷۳ محله در این جدول گنجانده شود، محله‌های با خصوصیات یکسان در یک خوشه قرار گرفتند. بر این اساس کل ۱۷۳ محله مورد بررسی به ۱۰ خوشه تقلیل یافت. این امر به تفسیر ساده تر نتایج نهایی کمک می‌کند به این صورت که به جای ۱۷۳ محله با ۱۰ خوشه که حاوی ۱۷۳ محله است سر و کار داریم.

در ستون‌ها، عامل‌های تحلیل عاملی قرار دارند. همانطور که پیش‌تر عنوان شد، در تحلیل عاملی شاخص‌ها به تعداد کمتری عامل تقلیل می‌یابد. با استفاده از این تحلیل تمامی شاخص‌ها و ویژگی‌های شهر بیوفیلیک در ۷ دسته یا عامل قرار گرفتند. بنابراین این امر نیز به تفسیر ساده‌تر نتایج نهایی کمک می‌کند به این صورت که به جای تعداد زیادی از شاخص‌ها و ویژگی‌های شهر بیوفیلیک تنها با ۷ دسته یا عامل سر و کار داریم.

خوشه اول؛ محلاتی که در خوشه اول جای گرفته‌اند، بهترین محلات از نظر ویژگی‌های شهر بیوفیلیک به حساب می‌آیند. این محلات از نظر عوامل اول، دوم، سوم، چهارم و ششم وضعیت مناسبی دارند ولی در مورد شاخص هایی که در عامل پنجم و هفتم بارگذاری شده است، وضعیت مناسب نیست.

خوشه دوم؛ محلاتی که در خوشه دوم جای گرفته‌اند، از نظر شاخص های بارگذاری شده در عامل اول و سوم وضعیت مناسبی دارند ولی در بقیه شاخص‌ها وضعیت نامطلوب است.

خوشه سوم؛ محلاتی که در خوشه سوم جای گرفته‌اند، از نظر شاخص‌های بارگذاری شده در عامل چهارم و هفتم وضعیت مناسبی دارند ولی در سایر شاخص‌ها وضعیت نامطلوب است.

خوشه چهارم؛ محلاتی که در خوشه چهارم جای گرفته‌اند، از نظر شاخص‌های بارگذاری شده در عامل‌های سوم و چهارم و پنجم وضعیت مناسبی دارند ولی در سایر شاخص‌ها وضعیت نامطلوب است.

خوشه پنجم؛ محلاتی که در خوشه پنجم جای گرفته‌اند، از نظر شاخص‌های بارگذاری شده در عامل‌های اول و چهارم وضعیت مناسبی دارند ولی در سایر شاخص‌ها وضعیت نامطلوب است.
خوشه ششم؛ محلاتی که در خوشه ششم جای گرفته‌اند، از نظر شاخص‌های بارگذاری شده در عامل‌های سوم و چهارم وضعیت مناسبی دارند ولی در سایر شاخص‌ها وضعیت نامطلوب است.
خوشه هفتم؛ محلاتی که در خوشه هفتم جای گرفته‌اند، از نظر شاخص‌های بارگذاری شده در عامل‌های اول و سوم و ششم وضعیت مناسبی دارند ولی در سایر شاخص‌ها وضعیت نامطلوب است.
خوشه هشتم؛ محلاتی که در خوشه هشتم جای گرفته‌اند، تنها از نظر شاخص‌های بارگذاری شده در عامل سوم وضعیت مناسبی دارند و در سایر شاخص‌ها وضعیت نامطلوب است. این محلات کمترین قوت‌ها و پتانسیل‌ها در زمینه شهر بیوفیلیک دارا هستند.
خوشه نهم؛ محلاتی که در خوشه نهم جای گرفته‌اند، از نظر شاخص‌های بارگذاری شده در عامل‌های سوم و پنجم وضعیت مناسبی دارند ولی در سایر شاخص‌ها وضعیت نامطلوب است.
خوشه دهم؛ محلاتی که در خوشه دهم جای گرفته‌اند، تنها از نظر شاخص‌های بارگذاری شده در عامل سوم وضعیت مناسبی دارند و در سایر شاخص‌ها وضعیت نامطلوب است. این محلات کمترین قوت‌ها و پتانسیل‌ها در زمینه شهر بیوفیلیک دارا هستند.

نتایج تحقیق حاضر با نتایج پژوهش‌های تردست و همکاران (۱۴۰۰)، جلالیان و همکاران (۱۳۹۹)، پوراحمد و کچوئی (۱۳۹۹)، قربانی و همکاران (۱۳۹۹) و زیاری و همکاران (۱۳۹۷) تفاوت دارد. از نظر اینکه در مرحله اول الگوی خاص شهر بیوفیلیک برای شهر اصفهان برنامه‌ریزی می‌کند که به طور کلی راهبردهایی را در بستر مکانی شهر اصفهان پیشنهاد می‌دهد که در مقیاس شهر جهت‌دهی کلی را برای رسیدن به مفهوم شهر بیوفیلیک رهنمون می‌سازد. این مرحله در واقع، یک سند تصویری(نقشه) است. به عبارت دیگر چارچوب طراحی شهری بیوفیلیک در شهر اصفهان است که از طریق مکان‌مند سازی راهبردهای اساسی حاصل شده است. در مرحله دوم رتبه بندی محلات شهری از منظر شهر بیوفیلیک انجام گرفته است. این مرحله که تصویری و در قالب نقشه ارائه شده است به رتبه بندی محلات شهر اصفهان از منظر ویژگی‌های شهر بیوفیلیک پرداخته است. مرحله سوم خوشه بندی محلات شهر اصفهان بر اساس اصل همگنی در ویژگی‌های بیوفیلیک است که محلات شهر اصفهان را به ۱۰ خوشه تقسیم بندی شده است. هر کدام از خوشه‌ها شامل محلاتی است که از نظر شاخص‌های شهر بیوفیلیک به یکدیگر شباهت دارند. مرحله سوم می‌تواند به عنوان یک نظام پشتیبان تصمیم گیری و طراحی در دو مقیاس برای طرح‌ها و برنامه‌ها مورد استفاده قرار بگیرد. اول در مقیاس راهبردی، زیرا می‌توان با تقریب کمی محلات درون یک خوشه را یکی دانست و راهبردها و سیاست‌های یگانه‌ای را در خصوص آن‌ها پیش گرفت. دوم در مقیاس طراحی درون محلی، به این صورت که مشخص می‌کند نقاط ضعف و قوت هر خوشه و محلات آن چیست و طراحی در هر یک از محلات باید به سمت کدام یا کدامین دسته‌ها از معیارهای شهر بیوفیلیک حرکت کند تا ضعف‌ها را برطرف ساخته یا از قوت‌ها و پتانسیل‌ها بهره گیرد.

نسخه نهایی قبل از چاپ الکترونیکی

منابع و ماخذ

حکمت نیا، حسن و موسوی، میرنجف، (۱۳۸۵)، کاربرد مدل در جغرافیا با تاکید بر برنامه‌ریزی شهری و ناحیه‌ای، چاپ اول، انتشارات علم نوین: یزد.

Alaskary , Abdulhussien Abdali., & Alrobaee, Tuqa R. (2022). Identifying and Measuring Biophilic Planning Indicators in Riverside Neighborhoods, Civil Engineering Journal, 8(1): 33-44.

Arof, K Z M., Ismail, S., Najib, N H., Amat, R C., & Ahmad, N H B .(2020). Exploring Opportunities of Adopting Biophilic Cities Concept into Mixed-Use Development Project in Malaysia, Earth and Environmental Science 409(1):1-10.

Beatley, T. (2011). Biophilic cities: Integrating nature into urban design and planning. Washington, DC: Island Press

Beatley, T. (2016) Biophilic Cities and Urban Resilience. In: Handbook of Biophilic City Planning and Design. Island Press, Washington, DC

Beatley, T. (2017). Biophilic Cities and Healthy Societies, Urban Planning, 2, (4): 1–4.

Beatley, T., & Newman P .(2013). Biophilic Cities Are Sustainable, Resilient Cities Sustainability, 5(1), 3328-45.
Berman, M. G., Jonides, J., & Kaplan, S. (2012). The cognitive benefits of interacting with nature. Psychological Science, 19(12), 1207–1212.
Bratman, G. N., Hamilton, J. P., Hahn, K. S., Daily, G. C., & Gross, J. J. (2015). Nature experience reduces rumination and subgenual prefrontal cortex activation. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(28), 8567–8572.
Ebrahimpour, Maryam .(2020). Proposing a Framework of Biophilic Design Principles in Hot and Arid Climate of Iran by Using Grounded Theory. Civil and Environmental Engineering, 16(1): 71-78
Fred, A.L., Lourenco, A., (2008). Cluster Ensemble Methods: from Single Clusterings to Combined Solutions, Studies in Computational Intelligence (SCI), 126, 3-30.
Ghorab, H K El., & Shalaby, H A .(2016). Eco and Green cities as new approaches for planning and developing cities in Egypt Alexandria Eng. J. 55 495–503
Hoppner, F., Kalwon, F., Ruse, RK., et al. (1999). Fuzzy Cluster Analysis. Methods for Classification, Data Analysis and Image Recognition. Wiley&sons.
Kellert S, Calabrese E. (2019). The practice of biophilic design.. www.biophilicdesign.com. Accessed 16 Sept 2019.
Kellert, S, J. Heerwagen, M. Mador, eds. (2008). Biophilic Design: the Theory, Science, and Practice of Bringing Buildings to Life. Hoboken, NJ: John Wiley.
Kellert, S., Heerwagen, J., & Mador, M. (Eds.). (2008). Biophilic design: The theory, science, practice of bringing buildings to life. Hoboken, NJ: John Wiley Press.
Nasreldin, R., & Abdelfattah, D. (2020). Toward Biophilic Egyptian Cities. The Case of New Administrative Capital in Egypt. Journal of Urban Research, 35(1), 121-136.
Newman P. and Kenworthy, J.R. (1999). Sustainability and Cities: overcoming automobile dependence, Island Press, Washington DC.
Newman, P., and A. Matan .(2012). Human Health and Human Mobility, Current Opinion in Environmental Sustainability, 4(4): 420–426
Nkubiyaho, B. (2020). The concept of biophilic city and biophilic design. A Global Journal of Innovation in Urban Nature, 1(November). doi:10.13140/RG.2.2.23953.25449.
Pedersen Zari , M. .(2019). Understanding and designing nature experiences in cities: a framework for biophilic urbanism, Cities & Health, 1(1):1-12.
Reeve, A; Desha, C. K., Hargroves, K., Hargreaves, D., & Newman, P. (2012). Informing healthy building design with biophilic urbanism design principles: a review and synthesis of current knowledge and research, Paper presented for the Healthy Buildings 2012 Conference, Brisbane, 8-12 July.
Russo, A., & Cirella, G. T. (2017). Biophilic Cities : Planning for Sustainable and Smart Urban Environments. Smart Cities Movement in BRICS , 1(1): 153–159.
Salingaros NA. (2015). Biophilia and healing environments: healthy principles for designing the built world. New York: Terrapin Bright Green LLC.
Wilson, E. O. (1984). The Human Bond with Other Species. In Cambridge, MA, USA: Harvard. Harvard University Press.
Xue, F., Gou, Z., Lau, S S-Y., Lau, S-K., Chung, K-H., & Zhang, J .(2019). From Biophilic Design to Biophilic Urbanism: Stakeholders Perspectives J. Clean. Prod. 211(1), 1444–52.
Zelenski, J. M., Dopko, R. L., & Capaldi, C. A. (2015). Cooperation is in our nature: Nature exposure may promote cooperative and environmentally sustainable behavior. Journal of Environmental Psychology, 42, 24–31.