پژوهش و فناوری محیط‌زیست، ۱۴۰۳،(۱۵)۹، ۶۵-۸۱

پژوهشکده محیط زیست

پژوهش و فناوری محیط زیست

وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۰۶۰

مدل ارزیابی تاثیرگذاری شاخص‌های محیط‌زیستی در زیرساخت‌های سبز در صنعت ساختمان با رویکرد توسعه پایدار

صادق پرتانی[1*]، حسین درویش رکن‌آبادی[2]، ایمان لطفی[3]

۱- دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران

۲- کارشناش ارشد گروه مهندسی عمران_مهندسی و مدیریت ساخت، دفتر طرح های عمرانی، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی (IPM)، تهران، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی عمران، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۱۰/۱۹

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۱/۲۷

دسترسی آنلاین:
۱۴۰۳/۰۷/۳۰

کلید واژه‌ها:
محیط‌زیستی،
زیرساخت سبز،
ساخت‌وساز،
توسعه شهری،
توسعه پایدار

چکیده

هدف از پژوهش حاضر طراحی مدل ارزیابی تأثیرگذاری شاخص‌های محیط‌زیستی در زیرساخت‌های سبز در صنعت ساختمان با رویکرد توسعه پایدار بود. پژوهش حاضر از نظر روش، توصیفی تحلیلی و روش گردآوری اطلاعات میدانی و پیمایشی است. ابزار گردآوری اطلاعات پرسشنامه و مصاحبه بود و برای طراحی پرسشنامه، از طیف هفت گزینه‌ای لیکرت استفاده شده است، در مجموع تعداد ۵۰ نفر باتوجه به شناخت کامل به موضوع و سابقه کاری سه سال به بالا افراد انتخاب شده‌اند، که از این مقدار ۳۰ نفر مشارکت فعال و مؤثر داشته و نسبت به پرسش‌نامه‌ها، پاسخگوی کامل را انجام داده‌اند. از بین این ۳۰ نفر، جنسیت آقا با ۷۷٪ و مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد با ۵۷٪ و سابقه کاری مرتبط با ۶ تا ۱۰ سال با ۵۰٪ بیشترین فراوانی نسبی را دارند. جامعه آماری پژوهش اساتید دانشگاهی صاحب‌نظر و متخصصان و مهندسین محیط‌زیست، فضای سبز، طراحی شهری و شهرسازی شهر تهران هستند که با استفاده از تکنیک گلوله برفی تعداد ۳۰ نفر انتخاب شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های کمی از نرم‌افزار SPSS و بررسی پایایی از آلفای کرونباخ استفاده شد و در بخش آمار استنباطی از فرآیند تحلیل شبکه ANP به‌منظور رتبه‌بندی روابط بین معیارهای مؤثر بر ارزیابی شاخص‌های محیط‌زیستی در زیرساخت‌های سبز در صنعت ساختمان با رویکرد توسعه پایدار استفاده شده است. معیارهای مؤثر به دست آمده از آراء خبرگان شامل ۱۲ مورد، یعنی سیستم ملی ارزیابی محیط‌زیست ساخته شده استرالیا (H)، تحقیقات ساختمان روش ارزیابی محیط‌زیست (A)، سیستم جامع ارزیابی برای ایجاد بازده محیطی (F)، استاندارد محیطی با کیفیت بالا (G)، روش ارزیابی محیط‌زیست ساختمان(D)، ستاره سبز (E)، رهبری در طراحی انرژی (B)، اداره ساختمان و ساخت‌وساز (J)، جهان سبز (C)، مجوز ساختمان پایدار آلمان(L)، رتبه سبز برای ارزیابی زیستگاه یکپارچه (I)، سه ستاره (K) به دست آمد. نتایج پژوهش نشان داد که "سیستم ملی ارزیابی محیط‌زیست ساخته شده استرالیا (H)" دارای بالاترین رتبه با وزن نهایی ۰/۱۹۰۲۸ و "سه ستاره (K)" با وزن نهایی ۰/۰۰۹۲۴۰دارای کمترین رتبه تعیین شده از عوامل مربوط به مؤلفه‌های مؤثر بر ارزیابی شاخص‌های محیط‌زیستی در زیرساخت‌های سبز در صنعت ساختمان با رویکرد توسعه پایدار است.

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: s_partani@ub.ac.ir

Journal of Environmental Research and Technology, 9(15)2024. 65-81

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Environmental Research institute

Online ISSN: 3060-2676

The model for evaluating the effectiveness of environmental indicators in green infrastructures in the construction industry with a sustainable development approach

Sadegh Partani[1], Hosein Darvish RoknAbadi[2], Iman Lotfi[3]

1- Associate Professor, Department of Civil Engineering, University of Bojnord, Bojnord, Iran
2- MSc, Department of Civil Engineering, Construction Engineering and Management, Civil Projects Office at Institute For Research In Fundamental Sciences(IPM), Tehran, Iran
3- MSc student, Department of Civil Engineering, University of Bojnord, Bojnord, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received:
09/01/2024
Accepted:
15/04/2024
Available online:
21/10/2024

Keywords:
Environmental Impacts,
Green infrastructure,
Construction,
Urban development,
Sustainable developmen.

Abstract

The purpose of this research is to design a model for evaluating the impact of environmental indicators on green infrastructure in the construction industry with a sustainable development approach. In terms of method, the current research is descriptive- analytical, and the method of collecting data is field and survey. The data collection tools were questionnaires and interviews, and a seven-point Likert scale was used to design the questionnaire. A total of 50 people have been selected based on their full knowledge of the subject and work experience of three years or more, of which 30 people have actively and effectively participated and answered the questionnaires completely. Among these 30 people, male gender with 77%, master's degree with 57% and related work experience of 6 to 10 years with 50% have the highest relative frequency. The statistical population of the research is academic professors and experts and engineers of environment, green space, urban design and urban planning of Tehran city, which was selected by using electric bullet technique. SPSS software was used to analyze quantitative data and Cronbach's alpha was used to check the reliability and in the inferential statistics segment, the Analytic Network Process (ANP) network analysis process has been used in order to rank the relationships between the effective criteria on the evaluation of environmental indicators in green infrastructures in the construction industry with a sustainable development approach. The effective criteria obtained from expert opinions include 12 items, namely the Australian National Built Environment Assessment System (H), Building Research Environmental Assessment Method (A), Comprehensive Assessment System to Create Environmental Efficiency (F), High Quality Environmental Standard (G), Building Environmental Assessment Method(D), Green Star(E), Leadership in Energy Design(B), Building and Construction Administration(J), Green World(C), German Sustainable Building License(L) Green rating for integrated habitat evaluation (I) and three stars (K). The research results showed that "Australia's National Built Environment Assessment System (H)" has the highest rating with a final weight of 0.19028 and "Three Stars (K)" with a final weight of 0.009240 has the lowest rating determined from the factors related to the components affecting the evaluation of environmental indicators in green infrastructures in the construction industry with a sustainable development approach.

* Corresponding author E-mail address: s_partani@ub.ac.ir

مقدمه

زیرساخت سبز شبکه‌ای است که "ترکیبات" را برای حل چالش‌های شهری و اقلیمی با ایجاد طبیعت فراهم می‌کند (صبری، ۱۳۹۰). مؤلفه‌های اصلی این رویکرد شامل مدیریت آب طوفان، سازگاری با آب و هوا، تنش گرما کمتر، تنوع زیستی بیشتر، تولید مواد غذایی، کیفیت بهتر هوا، تولید انرژی پایدار، آب تمیز و خاک‌های سالم و همچنین عملکردهای انسانی بیشتر مانند افزایش کیفیت زندگی است (مثنوی و همکاران، ۱۳۹۴). از طریق تفریح و تأمین سایه و سرپناه در مراکز شهرها و اطراف آن (یاوری و آل محمد، ۱۳۹۴). زیرساخت‌های سبز همچنین به ارائه چهارچوبی محیط‌زیستی برای سلامت اجتماعی، اقتصادی و بهداشت محیط اطراف می‌انجامد (علی تبار، ۱۳۹۵). زیرساخت‌های سبز زیرمجموعه‌ای از زیرساخت‌های پایدار و انعطاف‌پذیر در نظر گرفته شده است که در استانداردهایی مانند SuRe (استاندارد زیرساخت‌های پایدار و مقاوم) تعریف شده است. با این حال، زیرساخت‌های سبز همچنین می‌تواند به معنای "زیرساخت‌های کم کربن" مانند زیرساخت‌های انرژی تجدیدپذیر و سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی باشد (حکیمیان و لک، ۱۳۹۷). همچنین، زیرساخت‌های سبز می‌تواند جزئی از "سیستم‌های زهکشی پایدار" یا "سیستم‌های زهکشی پایدار شهری" (SuDS یا SUDS) باشد که برای مدیریت کمیت و کیفیت آب طراحی شده‌اند، در عین حال پیشرفت‌هایی را در تنوع زیستی و امکانات ایجاد می‌کند (محمودزاده و همکاران، ۱۳۹۹). زیرساخت‌های سبز در همه مقیاس‌ها اتفاق می‌افتد. این اغلب با سیستم‌های مدیریت آب طوفان، هوشمند و مقرون به صرفه همراه است (نوروزی و بمانیان، ۱۳۹۸). با این حال، زیرساخت‌های سبز یک مفهوم بزرگ‌تر است و از نزدیک با بسیاری موارد دیگر ارتباط دارد (سآتی[۱] ۱۹۸۲).

آگاهی رو به رشد در شهرهای سراسر جهان وجود دارد که زیرساخت‌های سبز می‌تواند طیف وسیعی از خدمات اکوسیستم را برای حمایت از محیط‌زیست سالم شهری ارائه دهد (سندستروم[۲] ۲۰۰۲). به‌عنوان مثال، معماران منظر امکانات خود را در طراحی چشم‌انداز شهر بررسی می‌کنند تا از پتانسیل عناصر سبز برای تنظیم دمای هوا، کیفیت هوا، ذخیره آب و زهکشی و کاهش نویز استفاده کنند (مک دونالد[۳] ۲۰۰۵). با این حال، مزایای بالقوه زیرساخت‌های سبز، احتمالاً تنها به‌واسطه فقدان دانش علمی و درک عملی از آنچه که این مزایا و چگونگی اجرای زیرساخت‌های سبز را دارد، تنها بخشی از آن استفاده می‌شود (بندیکت[۴] ۲۰۰۶). از این رو نیاز به ترجمه دانش علمی در مورد قابلیت زیرساخت سبز در اصول طراحی و نحوه ادغام این اصول در طراحی زیرساخت‌های سبز چندمنظوره وجود دارد (پاکزاد[۵] ۲۰۱۶). تداوم به استفاده از منابع طبیعی و آلودگی محیط، قابلیت تأثیرگذاری بر نظام‌هایی را دارد که برای ادامه‌ی حیات ما روی این سیاره ضروری و حیاتی می‌باشند (گانگ[۶] و همکاران، ۲۰۱۴). از طرفی در مقام یک انسان، طول عمر ما وابسته به تعادل در نظام‌های طبیعی است (پتربوش[۷] ۲۰۱۶). در این بین طراحی زیرساخت‌های سبز یک روش راهبردی را برای حفظ و جلوگیری از نابودی فضای سبز و محیط‌زیست معرفی می‌کند که تمامی روش‌های قدیمی برای طراحی، حفظ و نگهداری را در یک چهارچوب نظام‌مند گردهم می‌آورد، که این ساختار می‌تواند

---

۱. Saaty
۲. Sandstrom
۳. McDonald
۴. Benedict
۵. Pakzada
۶. Gong et al
۷. Peter Bosch

شامل منظره‌های وسیع‌تر و اهداف طراحی کامل‌تر باشد (خوشبخت[۱] ۲۰۱۴). حیات و اقتصاد بشر در بیوسفر واقع شده و تمامی فعالیت‌های حیاتی و اقتصادی انسان‌ها به‌طور کامل به توانایی‌های اکولوژیکی بیوسفر و سرویس‌هایی که طبیعت در اختیار انسان‌ها قرار می‌دهد وابسته است (وود-بالارد[۲] ۲۰۱۵). پایداری و بقای بشر نیازمند بهره‌برداری از ظرفیت‌های بیولوژیکی بیوسفر است(بوننبرگ[۳] ۲۰۱۹). بنابراین، طبیعت تا زمانی قادر است نیازهای انسان را برآورد نماید که مصرف انسانی در راستای ظرفیت قابل تحمل زمین و ظرفیت احیاکنندگی بیوسفر باشد (هاناس-پتر[۴] ۲۰۱۶). در راستای تلاش برای اندازه‌گیری گسترش و تأثیر فعالیت‌های انسانی، نیازمندیم برآورده نماییم که میزان مصرف انسان از محیط‌زیست و یا به عبارت دیگر بیوسفر که نیازهای بشر را تأمین می‌نماید به چه حد است (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۸). به عبارت دیگر هر فرد دارای اثرات اکولوژیکی یعنی مقدار فضایی از طبیعت که در اشغال دارد می‌باشند که اصطلاحاً ردپای اکولوژیک محسوب می‌شود (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۸). ردپای اکولوژیک برابر است با تقاضا برای تولیدات بیولوژیکی یعنی بیوماس یا تولیدات زیستی که برای تولید آن‌ها نیازمند زمین هستیم، بنابراین ردپای اکولوژیک نشان‌دهنده اکوسیستم‌های آبی و خشکی موردنیاز انسان‌ها است (کالینسکآ[۵] ۲۰۱۹). از سوی دیگر در ازای استفاده از این منابع هر فرد دارای تأثیراتی بر زمین و محیط‌زیست است (واتسون[۶] و همکاران، ۲۰۱۷). در نتیجه به تأثیر فرد یا انسان بر محیط‌زیست یا بیوسفر رد پای اکولوژیک می‌گویند. ردپای اکولوژیک بیان کننده ترکیبی مرکب از دو جنبه اکولوژی و اقتصاد است. ردپای اکولوژیک بیانگر این مفهوم است که منابع طبیعی به فعالیت‌های انسانی و سیاست‌های مصرفی بشر وابسته است (وانگ[۷] و همکاران، ۲۰۱۷). از جنبه اقتصادی ردپای اکولوژیک عاملی است جهت تشخیص فاکتورهای مرتبط با مصرف منابع و قانون‌های وابسته به مصرف از طبیعت که تأثیر بسیاری بر بیوسفر داشته و بر مبحث استفاده پایدار از منابع نیز تأکید دارد (دیی[۸] و همکاران، ۲۰۱۸). در نتیجه ردپای اکولوژیک ابزاری مناسب جهت مدیریت منابع و محیط‌زیست است (تویتآ[۹] و همکاران، ۲۰۱۸).

شتاب رشد شهرنشینی روزانه با تعداد جمعیت بی‌شمار شهرنشین و ایده‌های بلند پروازانه توسعه سروکار دارد(نوروزی و سوزنچی، ۱۴۰۱). زیرساخت‌های سبز در بستر کوه‌ها در اطراف شهرها رابطه بین شهر و طبیعت بکر را برقرار می‌نماید و متضمن گوناگونی گونه‌های گیاهی و جانوری می‌شوند. این کیفیت با فعالیت‌ها و دخالت‌های انسان‌ها و توسعه بی‌رویه شهرها در معرض خطر قرار گرفته است. دو عنصر اصلی زیرساخت‌های سبز آب و خاک هستند (ناروئی و اسماعیل زاده، ۱۴۰۱). اگر هر کدام از این دو عامل توسط همجواری با فعالیت‌های انسان‌ها آلوده شوند چرخه محیط‌زیستی سلامت خود و طبیعت توازن خود را از دست می‌دهند (قادریان و همکاران، ۱۴۰۱). بنابراین، نیاز به بررسی و بازنگری قابلیت‌های محیطی الزامی شده تا توسعه‌ها در چارچوب پایدار شکل گیرند (سعیدی و همکاران، ۱۴۰۱). به‌طور معمول زیرساخت به‌عنوان امکانات و خدمات لازم برای فعالیت

---

۱. Khoshbakht
۲. Woods-Ballard
۳. Bonenberg
۴. Hans-Peter
۵. Kulinskaa
۶. Watson et al
۷. Wang et al
۸. Di et al
۹. Toita et al

جامعه شناخته شده و در دو بخش عمده زیرساخت‌های سخت و زیرساخت‌های نرم تعریف می‌شوند (خوش‌نوا[۱] و همکاران، ۲۰۲۰). یکی از شاخصه‌های بارز زیرساخت سبز، چندمنظوره بودن آن است، بدان معنی که برخلاف زیرساخت سنتی (زیرساخت خاکستری) که تنها برای یک هدف طراحی و اجرا می‌شوند، می‌توانند در یک منطقه به ایفای چند وظیفه بپردازد. و این به‌معنای اجرای سیاست برد - برد یا باخت کوچک - برد بزرگ است (لین[۲] و همکاران، ۲۰۲۱). بدان معنی که ضمن حصول فایده بیشتر برای ساکنین و سیاست‌گذاران یک منطقه، کمترین زیان را نیز برای محیط‌زیست به همراه خواهد داشت (مینا[۳] و همکاران، ۲۰۲۲).

زیرساخت سبز از عناصر متفاوت انسان ساخت و یا طبیعی تشکیل شده است (نورشاه‌رودین[۴] و همکاران، ۲۰۲۴). از کوچکترین عناصر مانند دریچه گذر ماهی در کنار سرریزها گرفته تا دشت‌های سیلابی، جنگل‌ها، رودها و یا تالاب‌ها، هر کدام از این عناصر چه در محیط‌های شهری، نیمه شهری و یا روستایی، چه در داخل و یا خارج مناطق حفاظت شده به‌عنوان بخشی از شبکه زیرساختی سبز ایفای نقش می‌کنند (اوواسا مانا[۵] و همکاران، ۲۰۲۳). زیرساخت سخت به‌صورت کلی به امکانات و خدمات مربوط به بخش‌های حمل‌ونقل، تأسیسات و دیگر شبکه‌های فیزیکی اشاره دارد و زیرساخت نرم دربرگیرنده نظام‌های سازمانی و روابط دخیل در ساختار جوامع است (استانیتساس[۶] ۲۰۲۳). با وجود آنکه زیرساخت‌های سبز عموماً در دسته‌ی زیرساخت‌های سخت مورد مطالعه قرار می‌گیرند، به سبب تأثیرات عمیق بر کیفیت زندگی افراد، در بخش زیرساخت نرم نیز حائز اهمیت هستند (تئوتونیو[۷] و همکاران، ۲۰۲۳). از سوی دیگر مفهوم مکان پایدار در مباحث طراحی شهری، اشاره به تمامی مؤلفه‌ها و ابعادی دارد که از جنبه‌های مختلف کیفیت‌های محیطی را ارتقاء می‌دهند (رضایی و همکاران، ۱۴۰۱). پاره‌ای از این کیفیت‌ها بر ویژگی‌های عینی و کالبدی مکان تأکید می‌کنند و دسته‌ای دیگر بر ارتقاء کیفیت‌های ادراکی، رفتار و نظایر آن، نظر دارند (کشاورز و شبانی، ۱۴۰۲). بدین ترتیب زیرساخت‌های سبز با توجه به پتانسیل‌ها، اهداف و تعاریف، می‌توانند از نقشی بسزا در تحقق مفهوم مکان پایدار برخوردار باشند، درواقع توسعه روزافزون شهرها و نیاز به توسعه زیرساخت‌ها و به دنبال آن افزایش آلاینده‌های محیطی از یک‌سو و از سوی دیگر محدود بودن منابع طبیعی مانند آب، خاک و جنگل‌ها، لزوم تغییر در الگوی زیرساخت شهرسازی و توسعه پایدار آن هرچه بیشتر حس می‌شود (زارتا سوسا[۸] و همکاران، ۲۰۲۲). لذا ارائه الگویی پایدار که از یک‌سو امکان توسعه شهری را فراهم آورده و از سوی دیگر با کاهش آلاینده‌های منابع آبی و یا کربنی، منابع محیط‌زیستی را به‌عنوان سرمایه‌ای پایدار برای نسل‌های آینده حفظ و نگهداری کند (ناصحی و همکاران، ۱۴۰۲). در دانش روز دنیا زیرساخت سبز به‌عنوان راه‌حلی عملی در نیل به اهداف فوق شناخته شده است. فرضیات این پژوهش، مؤلفه‌های زیرساخت‌های سبز باعث بهبود شاخص‌های محیط‌زیستی در صنعت ساخت‌وساز می‌شود و نیز اولویت‌بندی مؤلفه‌های زیرساخت‌های سبز در صنعت ساختمان باعث بهبود تصمیم‌گیری در مورد شاخص‌های محیط‌زیستی می‌گردد. لذا هدف از این پژوهش، ارزیابی شاخص‌های محیط‌زیستی در زیرساخت‌های سبز در

---

۱. Khoshnava
۲. Lin
۳. Meena
۴. Nor Shahrudin
۵. Owusu-Manu
۶. Stanitsas
۷. Teotonio
۸. Zartha Sossa

صنعت ساختمان با رویکرد توسعه پایدار در شهر تهران انتخاب شد و بالاترین و کمترین رتبه وزن نهایی از عوامل مربوط به مؤلفه‌های مؤثر بر ارزیابی شاخص‌های محیط‌زیستی در زیرساخت‌های سبز تعیین شد.

مواد و روش‌ها

جامعه موردِ مطالعه را می‌توان به دو گروه کلی شامل: گروه اول دربرگیرنده اساتید دانشگاهی صاحب‌نظر در حوزه مورد مطالعه و گروه دوم دربرگیرنده و متخصصان و مهندسین محیط‌زیست، فضای سبز، طراحی شهری و شهرسازی، دسته‌بندی کرد. که با استفاده از روش گلوگه برفی تعداد آن‌ها پس از مصاحبه و توزیع پرسشنامه مشخص می‌شود زیرا حجم نمونه شامل خبرگان در دسترس و متمایل به همکاری خواهد بود. و از آنجا که متخصص باید دانش کافی در موضوع پژوهش داشته باشد تا در بحث درگیر و بر فرآیند تأثیر بگذارد. در مجموع تعداد ۳۰ نفر که باید از دو ویژگی برخوردار باشند، (نخست، با موضوع آشنا بوده و در ثانی، سابقه کار سه سال به بالا را داشته باشند) به‌صورت نمونه‌گیری غیر احتمالی هدفمند انتخاب شدند. در پژوهش حاضر، به‌منظور" ارزیابی و بهبود تأثیرگذاری شاخص‌های محیط‌زیستی در زیرساخت‌های سبز در صنعت ساختمان"، از نرم‌افزار SPSS 26 استفاده می‌شود و نیز در ادامه پژوهش، به رتبه‌بندی عوامل مذکور، با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در نرم‌افزار Super Decisions 2.3 اقدام می‌شود. جدول (۱) به‌صورت خلاصه به توصیف جمعیت شناختی نمونه تحقیق می‌پردازد. که در مجموع تعداد ۵۰ نفر باتوجه به شناخت کامل به موضوع و سابقه کاری سه سال به بالا افراد انتخاب شده‌اند، که از این مقدار ۳۰ نفر مشارکت فعال و مؤثر داشته و نسبت به پرسش‌نامه‌ها، پاسخگوی کامل را انجام داده‌اند. از بین این ۳۰ نفر، جنسیت آقا با ۷۷٪ و مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد با ۵۷٪ و سابقه کاری مرتبط با ۶ تا ۱۰ سال با ۵۰٪ بیشترین فراوانی نسبی را دارند.

جدول (۱) خلاصه‌ای از توصیف جمعیت شناختی نمونه تحقیق

ردیف	نوع مشخصات	مشخصات	تعداد	فراوانی نسبی
۱	جنسیت	آقا	۲۳	٪ ۷۷
		خانم	۷	٪ ۲۳
۲	مدرک تحصیلی	کارشناسی	۶	٪ ۲۰
		کارشناسی ارشد	۱۷	٪ ۵۷
		دکتری	7	٪ ۲۳
۳	سابقه کاری مرتبط	۳ تا ۵ سال	۸	٪ ۲۷
		۶ تا ۱۰ سال	۱۵	٪ ۵۰
		بیشتر از ۱۰ سال	۷	٪ ۲۳

روش آلفای کرونباخ

روایایی یک آزمون یا وسیله اندازه‌گیری به روش‌های مختلفی قابل ارزیابی است. روایایی همانند پایایی به‌وسیله ضریب همبستگی بیان می‌شود. پایایی عبارت است از میزان همبستگی بین نتایج حاصله از دو بار اندازه‌گیری که به‌طور مستقل و جداگانه بر روی متقاضیان صورت می‌گیرد. به کمک پایایی می‌توان به میزان خطا پی برد. یکی از روش‌های محاسبه قابلیت اعتماد استفاده از فرمول کرونباخ است. روش آلفای کرونباخ طبق رابطه زیر برای سؤالات پرسشنامه با گزینه‌های دو ارزشی صفر و یک و همچنین

برای گزینه‌های چند ارزشی طیف لیکرت مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته باید دقت داشت که فقط سؤالات با گزینه‌های مشابه را می‌شود در هر بار اجرای آزمون در نرم‌افزار SPSS مورد آزمون قرار داد.

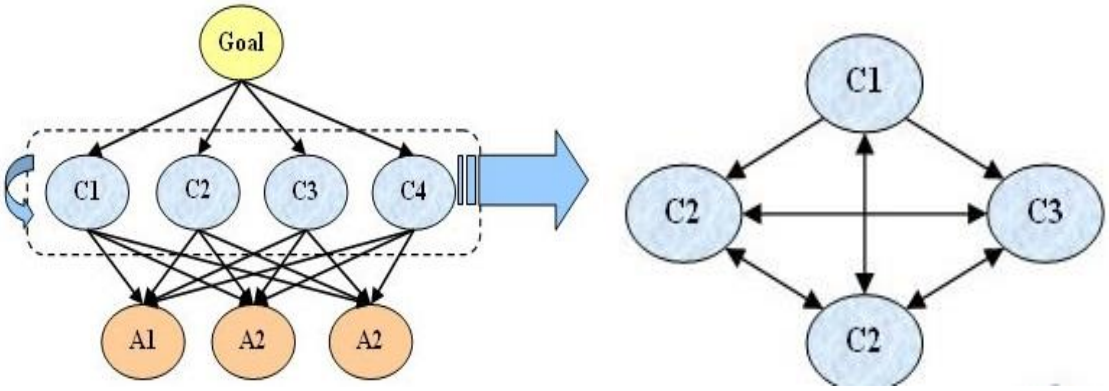
$$\alpha = (\frac{k}{k-1})(1 - \frac{\sum_{i=1}^{k} {S_t}^2}{S^2}) \quad (۱)$$

که در آن:

- نماد k تعداد سؤالات یا گویه‌های پرسشنامه یا آزمون
- نماد S^2 واریانس زیر آزمون k ام
- و سیگمای S^2 واریانس کل آزمون است

فرآیند تحلیلی شبکه ANP

روش ANP با هدف انتخاب گزینه مناسب بر اساس معیارهای چندگانه طراحی شده است. همچنین، از این تکنیک برای وزن دهی به معیارها و زیرمعیارها نیز استفاده می‌شود. برای تعیین اوزان معیارها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی از تکنیک مقایسه‌های زوجی استفاده می‌شود. روش ANP[۱] تعمیم روش AHP[۲] است. در مواردی که سطوح پایینی روی سطوح بالایی اثرگذارند و یا عناصری که در یک سطح قرار دارند مستقل از هم نیستند، دیگر نمی‌توان از روش AHP استفاده کرد. تکنیک ANP شکل کلی تری از AHP است، اما به ساختار سلسله مراتبی نیاز ندارد و در نتیجه روابط پیچیده‌تر بین سطوح مختلف تصمیم را به‌صورت شبکه‌ای نشان می‌دهد و مطابق شکل(۱) تعاملات و بازخوردهای میان معیارها و آلترناتیوها را در نظر می‌گیرد.

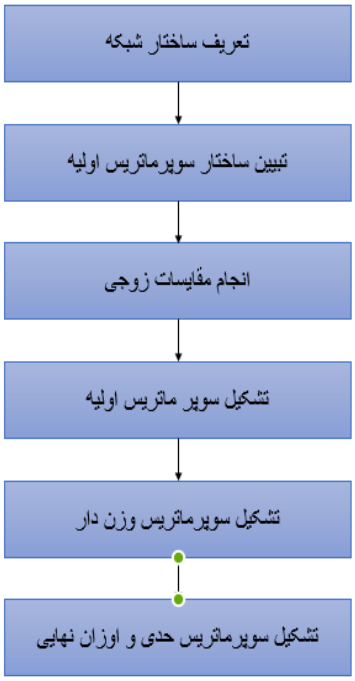


شکل(۱) چهار معیار اصلی تصمیم‌گیری C1 تا C4 (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳)

شکل (۲)، مراحل روش تحلیل شبکه ANP را نشان می‌دهد .تکنیک ANP نیر مانند تکنیک AHP آغاز می‌شود. در صورتی که سوپر ماتریس تشکیل شده در مرحله قبل همه شبکه را پوشش دهد می‌توان وزن‌های اولویت را در ستون گزینه‌ها در یک‌سوپر ماتریس نرمال شده یافت. از سوی دیگر، اگر یک‌سوپر ماتریس فقط شامل قسمت‌های به هم مرتبط باشد نیاز به محاسبات بیشتری برای رسیدن به اولویت‌های کلی گزینه‌ها وجود دارد.

18 .Analytical Network Process

۲.Analytical Hierarchy process



شکل(۲) مراحل روش تحلیل شبکه (ANP)

یافته‌های پژوهش

آمارهای توصیفی

به‌منظور تحلیل آماری از میانگین و انحراف معیار داده‌های پژوهش استفاده شده است. خلاصه‌ای از اطلاعات توصیفی مربوط به مؤلفه‌های پژوهش در جدول (۲) آمده است.

جدول (۲) اطلاعات توصیفی مربوط به مؤلفه‌های پژوهش

میانگین موزون		مؤلفه‌های پژوهش	تعداد داده‌ها	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	چولگی
تحقیقات ساختمان روش ارزیابی محیط‌زیست (A)	۵/۶۹	اکولوژی و استفاده از زمین (A1)	۳۰	۵	۷	۵/۵۷	۰/۶۷۹	۰/۸۰۵
		آب (A2)	۳۰	۳	۷	۵/۵۰	۰/۸۶۱	-۰/۱۷۴
		انرژی (A3)	۳۰	۵	۷	۵/۶۳	۰/۷۶۵	۰/۷۵۵
		متر یال و پسماند (A4)	۳۰	۵	۷	۵/۹۰	۰/۸۸۵	۰/۲۰۵
		حمل‌ونقل (A5)	۳۰	۵	۷	۵/۸۳	۰/۸۳۴	۰/۳۳۳
		مدیریت (A6)	۳۰	۳	۷	۵/۷۷	۰/۱۰۴۰	-۰/۲۸۵
		آلودگی (A7)	۳۰	۵	۷	۵/۷۷	۰/۸۱۷	۰/۴۷۰
		سلامت(A8)	۳۰	۳	۷	۵/۵۷	۰/۹۷۱	۰/۰۴۱
رهبری در طراحی انرژی (B)	۵/۵۴	توسعه پایدار سایت(B1)	۳۰	۳	۷	۵/۴۳	۰/۸۵۸	۰/۰۴۶
		بهره‌وری آب(B2)	۳۰	۳	۷	۵/۴۳	۰/۸۹۸	۰/۲۱۴
		انرژی و اتمسفر(B3)	۳۰	۵	۷	۵/۶۳	۰/۷۶۵	۰/۷۵۵
		متریال و منابع (B4)	۳۰	۳	۷	۵/۳۷	۰/۷۶۵	-۰/۲۵۹

میانگین موزون		مؤلفه‌های پژوهش	تعداد داده‌ها	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	چولگی
		کیفیت محیط داخلی (B5)	۳۰	۵	۷	۵/۷۳	۰/۸۲۸	۰/۵۵۱
		فرآیند طراحی و نوآوری (B6)	۳۰	۳	۷	۵/۶۷	۰/۱۰۲۸	-۰/۰۷۶
جهان سبز (C)	۵/۴۵	سایت (C1)	۳۰	۵	۷	۵/۴۳	۰/۸۲۸	۰/۵۵۱
		آب (C2)	۳۰	۵	۷	۵/۶۰	۰/۹۳۷	۰/۲۸۱
		انرژی (C3)	۳۰	۵	۷	۵/۵۰	۰/۸۳۴	۰/۳۳۳
		استفاده از منابع (C4)	۳۰	۵	۷	۵/۵۳	۰/۸۶۸	۰/۱۳۴
		محیط داخل (C5)	۳۰	۳	۷	۵/۴۳	۰/۱۰۴۸	-۰/۱۹۰
		سلامت و امنیت (C6)	۳۰	۵	۷	۵/۴۷	۰/۸۸۵	۰/۲۰۵
		مدیریت (C7)	۳۰	۵	۷	۵/۴۰	۰/۸۲۸	۰/۵۵۱
		پسماند (C8)	۳۰	۵	۷	۵/۴۳	۰/۸۸۵	۰/۲۰۵
		متریال پرخطر (C9)	۳۰	۵	۷	۵/۴۷	۰/۸۴۵	۰/۱۹۸
روش ارزیابی محیط‌زیست ساختمان (D)	۵/۶۲	استفاده از زمین (D1)	۳۰	۵	۷	۵/۷۷	۰/۸۵۸	۰/۴۸۷
		تأثیرات سایت و حمل‌ونقل (D2)	۳۰	۳	۷	۵/۳۳	۰/۸۰۲	۰/۱۵۹
		کیفیت آب (D3)	۳۰	۵	۷	۵/۶۰	۰/۷۲۴	۰/۷۹۴
		حفاظت و بازیافت (D4)	۳۰	۳	۷	۵/۵۷	۰/۹۷۱	۰/۰۴۱
		بهره‌وری انرژی و مدیریت (D5)	۳۰	۵	۷	۵/۶۷	۰/۸۰۲	۰/۷۰۰
		استفاده از متریال (D6)	۳۰	۳	۷	۵/۸۰	۰/۱۰۳۱	-۰/۳۸۱
		بازیافت و مدیریت پسماند (D7)	۳۰	۳	۷	۵/۵۳	۰/۹۳۷	۰/۰۳۲
		بهداشت (D8)	۳۰	۳	۷	۵/۵۷	۰/۹۷۱	۰/۰۴۱
		سلامت و آسایش (D9)	۳۰	۵	۷	۵/۷۷	۰/۸۱۷	۰/۴۷۰
ستاره سبز (E)	۵/۵۹	اکولوژی و استفاده از زمین (E1)	۳۰	۳	۷	۵/۵۷	۰/۹۷۱	۰/۰۴۱
		آب (E2)	۳۰	۳	۷	۵/۵۰	۰/۹۰۰	۰/۰۰۱
		انرژی (E3)	۳۰	۳	۷	۵/۵۰	۰/۹۳۸	۰/۱۳۴
		متریال (E4)	۳۰	۵	۷	۵/۶۳	۰/۷۶۵	۰/۷۵۵
		محیط داخل (E5)	۳۰	۳	۷	۵/۴۷	۰/۷۷۶	-۰/۵۹۳
		نوآوری (E6)	۳۰	۵	۷	۵/۶۰	۰/۷۷۰	۰/۸۵۴
		حمل‌ونقل (E7)	۳۰	۳	۷	۵/۵۳	۰/۹۷۳	۰/۱۴۰
		مدیریت (E8)	۳۰	۵	۷	۵/۶۰	۰/۷۷۰	۰/۸۵۴
		انتشار آلودگی‌ها (E9)	۳۰	۵	۷	۵/۸۷	۰/۹۳۷	۰/۲۸۱
سیستم جامع ارزیابی برای ایجاد بازده محیطی (F)	۵/۶۷	سایت (F1)	۳۰	۵	۷	۵/۸۳	۰/۸۳۴	۰/۳۳۳
		انرژی (F2)	۳۰	۵	۷	۵/۶۷	۰/۸۰۲	۰/۷۰۰
		کیفیت محیط داخل (F3)	۳۰	۳	۷	۵/۵۰	۰/۹۳۸	۰/۱۳۴
		متریال و منابع (F4)	۳۰	۵	۷	۵/۷۰	۰/۸۳۷	۰/۶۳۶
		حفاظت آب (F5)	۳۰	۵	۷	۵/۶۷	۰/۸۰۲	۰/۷۰۰
استاندارد محیطی با کیفیت بالا(G)	۵/۶۵	آب (G1)	۳۰	۵	۷	۵/۸۳	۰/۸۷۴	۰/۳۴۴
		پسماند و نگهداری (G2)	۳۰	۴	۷	۵/۹۰	۰/۹۲۳	-۰/۰۷۳
		انرژی (G3)	۳۰	۳	۷	۵/۵۳	۰/۱۰۰۸	۰/۰۱۱

میانگین موزون		مؤلفه‌های پژوهش	تعداد داده‌ها	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	چولگی
		طراحی (G3)	۳۰	۳	۷	۵/۴۷	۰/۹۰۰	-۰/۱۹۸
		ساخت (G4)	۳۰	۳	۷	۵/۵۳	۰/۹۷۳	-۰/۱۰۰
سیستم ملی ارزیابی محیط‌زیست ساخته شده استرالیا (H)	۵/۸۳	آب (H1)	۳۰	۴	۷	۵/۷۰	۰/۷۹۴	۰/۶۱۰
		انرژی (H2)	۳۰	۳	۷	۵/۹۷	۰/۱۰۳۳	-۰/۷۳۳
		محیط داخل (H3)	۳۰	۴	۷	۵/۹۳	۰/۸۶۸	۰/۱۳۴
		مدیریت پسماند (H4)	۳۰	۳	۷	۵/۷۳	۰/۱۰۴۸	-۰/۱۹۰
رتبه سبز برای ارزیابی زیستگاه یکپارچه(I)	۵/۴۰	مدیریت آب و پسماند (I1)	۳۰	۴	۷	۵/۳۰	۰/۶۵۱	۰/۴۱۷
		انتخاب متریال (I2)	۳۰	۴	۷	۵/۲۳	۰/۸۱۷	۰/۷۴۹
		کیفیت محیط داخل (I3)	۳۰	۴	۷	۵/۴۳	۰/۶۷۹	۰/۶۱۲
		طراحی پوسته ساختمان (I4)	۳۰	۴	۷	۵/۵۰	۰/۷۷۷	۰/۷۰۹
		استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی (I5)	۳۰	۴	۷	۵/۲۷	۰/۶۴۰	۰/۵۵۶
		نورگیری (I6)	۳۰	۴	۷	۵/۴۷	۰/۷۷۶	۰/۸۳۰
		سایت (I7)	۳۰	۴	۷	۵/۸۰	۰/۸۸۷	۰/۱۰۲
اداره ساختمان و ساخت‌وساز(J)	۵/۴۶	بهره‌وری آب (J1)	۳۰	۴	۷	۵/۹۰	۰/۸۴۵	۰/۱۹۸
		بهره‌وری انرژی (J2)	۳۰	۳	۷	۵/۱۰	۰/۸۴۵	۰/۱۶۹
		کیفیت محیط داخل (J3)	۳۰	۴	۷	۵/۴۳	۰/۷۷۴	۰/۴۷۷
		حفظ محیط‌زیست (J4)	۳۰	۳	۷	۵/۲۳	۰/۹۷۱	۰/۲۲۰
		ابداع و نوآوری (J5)	۳۰	۴	۷	۵/۵۷	۰/۸۱۷	۰/۵۸۳
		سایت (J6)	۳۰	۴	۷	۵/۵۷	۰/۸۵۸	۰/۳۰۵
سه ستاره(K)	۵/۳۴	سایت(K1)	۳۰	۳	۷	۵/۲۷	۰/۹۴۴	۰/۲۰۸
		انرژی(K2)	۳۰	۳	۷	۵/۵۷	۰/۹۴۴	۰/۲۰۸
		کیفیت محیط داخل (K3)	۳۰	۳	۷	۵/۴۷	۰/۹۳۷	-۰/۰۳۲
		متریال و منابع (K4)	۳۰	۴	۷	۵/۲۷	۰/۹۴۴	۰/۲۰۸
		حفاظت آب (K5)	۳۰	۳	۷	۵/۵۳	۰/۷۷۶	۰/۵۹۳
مجوز ساختمان پایدار آلمان(L)	۵/۴۲	کیفیت فرآیند (L1)	۳۰	۴	۷	۵/۴۰	۰/۷۷۰	۰/۶۰۲
		کیفیت اقتصادی (L2)	۳۰	۳	۷	۵/۳۰	۰/۹۱۵	۰/۲۰۸
		کیفیت عملکرد اجتماعی و فرهنگی (L3)	۳۰	۴	۷	۵/۴۳	۰/۸۱۷	۰/۶۳۵
		کیفیت فنی (L4)	۳۰	۴	۷	۵/۲۷	۰/۸۶۸	۰/۷۸۶
		سایت (L5)	۳۰	۴	۷	۵/۷۳	۰/۸۶۸	۰/۲۲۹

در جدول۲، مؤلفه‌های پژوهش مربوط به عوامل مستخرج از متون علمی و میانگین وزنی آن‌ها شرح داده شده است. لذا در هر بخش شامل ۳۰ داده بوده که میانگین و انحراف معیار و چولگی هرکدام به دست می‌آید. سپس تجزیه تحلیل استنباطی به شرح زیر در مورد مؤلفه‌ها و معیارهای پژوهش نشان داده شده است.

آمارهای آزمون آلفای کرونباخ

آزمون آلفای کرونباخ یا قابلیت اعتماد یا پایایی ابزار پژوهش یک آزمون آماری است برای آزمون قابلیت اعتماد یا پایایی ابزاری که به‌صورت طیف طراحی شده و جواب‌های آن چند گزینه‌ای می‌باشند، به کار می‌رود. جدول۳، مربوط به آمارهای پایایی نظرات و تجربه حرفه‌ای متخصصان و مهندسین محیط‌زیست، فضای سبز، طراحی شهری و شهر سازی در مورد مؤلفه‌ها و معیارهای پژوهش را با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ نشان می‌دهد.

جدول(۳) آمارهای پایایی مؤلفه‌های پژوهش با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ

ضریب آلفای کرونباخ	مؤلفه‌های زیرساخت سبز در صنعت ساختمان
۰/۸۳۰	تحقیقات ساختمان روش ارزیابی محیط‌زیست(A)
	رهبری در طراحی انرژی(B)
	جهان سبز(C)
	روش ارزیابی محیط‌زیست ساختمان(D)
	ستاره سبز(E)
	سیستم جامع ارزیابی برای ایجاد بازده محیطی(F)
	استاندارد محیطی با کیفیت بالا(G)
	سیستم ملی ارزیابی محیط‌زیست ساخته شده استرالیا(H)
	رتبه سبز برای ارزیابی زیستگاه یکپارچه(I)
	اداره ساختمان و ساخت‌وساز(J)
	سه ستاره(K)
	مجوز ساختمان پایدار آلمان(L)

جدول (۳)، نتایج مربوط به آمارهای پایایی معیارهای مربوط به مؤلفه‌های پژوهش با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ است که بیانگر قابلیت اعتماد بالا نسبت به ابزار گردآوری اطلاعات این تحقیق است، زیرا میانگین ضرایب آلفای کرونباخ بالاتر از ۰/۷ محاسبه شده است که نشان می‌دهد نظرات و تجربه حرفه‌ای متخصصان و مهندسین محیط‌زیست، فضای سبز، طراحی شهری و شهرسازی قابل اعتماد بوده و پایایی مناسبی دارند.

رتبه‌بندی معیارهای مدل یکپارچه ANP

مرحله اول - مدل‌سازی ANP: برای شروع، ابتدا یک مسئله باید وجود داشته باشد. از آنجایی که هدف اصلی در این پژوهش " مدل ارزیابی تأثیرگذاری شاخص‌های محیط‌زیستی در زیرساخت‌های سبز در صنعت ساختمان با رویکرد توسعه پایدار " به‌وسیله تکنیک FUZZY ANP در محیط Super Decisions است. معیارهای مرتبط با هریک از عوامل تعیین و سپس ابزاری که قابلیت اعتماد آن مورد آزمون قرار گرفته بود توزیع گردید. ابزار مقایسات زوجی مورد استفاده برای فرآیند تصمیم تحلیل سلسله مراتبی و تصمیم‌گیری چند معیاره به ابزار مقایسات زوجی خبره موسوم است مطابق جدول (۴). برای هر سطح از تحلیل سلسله مراتبی یک ابزار مقایسات زوجی خبره تهیه می‌شود.

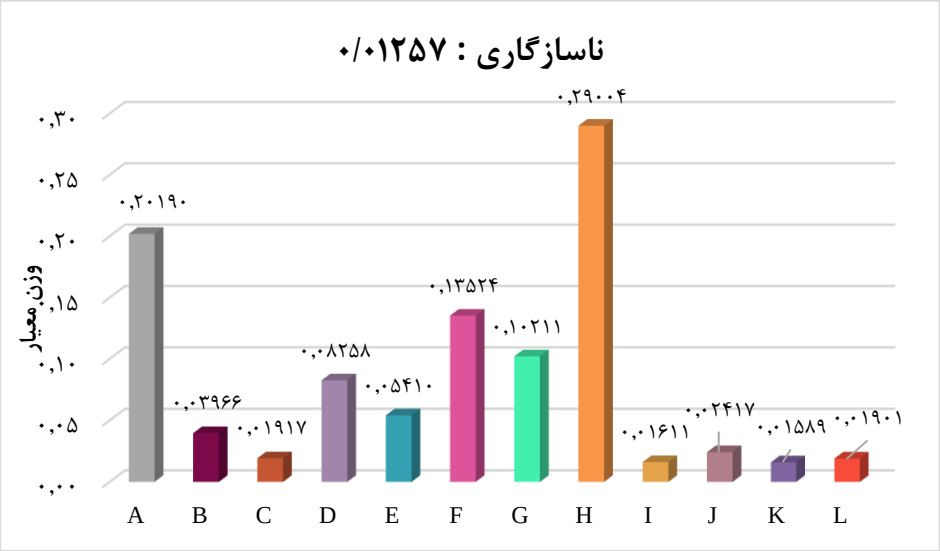
جدول (۴) ابزار مقایسات زوجی خبره از مقایسه زوجی گزینه‌ها

ارزش	وضعیت مقایسه i نسبت به j	توضیح
۱	ترجیح یکسان Equally Preferred	معیار i نسبت به j اهمیت برابر دارد و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	کمی مرجح Moderately Preferred	گزینه یا معیار i نسبت به j کمی مهم‌تر است.
۵	خیلی مرجح Strongly Preferred	گزینه یا معیار i نسبت به j مهم‌تر است.
۷	خیلی زیاد مرجح Very strongly Preferred	گزینه i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.
۹	کاملاً مرجح Extremely Preferred	گزینه i از j مطلقاً مهم‌تر و قابل مقایسه با j نیست.
۲-۴-۶-۸	بینابین	ارزش‌های بینابین را نشـــان می‌دهد مثلاً ۸، بیانگر اهمیتی زیادتر از ۷ و پایین‌تر از ۹ برای i است.

مرحله دوم، مقایسات زوجی و تعیین وزن بین مؤلفه‌های محیط‌زیستی مؤثر بر زیر ساخت‌های سبز در صنعت ساختمان به‌منظور بهبود مدیریت هوشمند انرژی، براساس نظرات خبرگان سطح اول تحلیل سلسله مراتبی را معیارهای اصلی تشکیل می‌دهد

مرحله سوم، رتبه‌بندی براساس تعیین اولویت بین معیارهای مؤثر بر ارزیابی شاخص‌های محیط‌زیستی در زیر ساخت‌های سبز در صنعت ساختمان با رویکرد توسعه پایدار به‌وسیله تکنیک FUZZY ANP، براساس تحلیل‌های نرم‌افزار Super Decisions.

برای تعیین اولویت از مفهوم نرمال سازی که در گام قبلی توضیح داده شد استفاده می شود. پس از نرمال کردن، وزن هر گزینه براساس معیار موردنظر به دست خواهد آمد. به عبارت دیگر، محاسبه مقدار ویژه هر سطر با تخمین میانگین هندسی آن سطر به جمع میانگین هندسی سطرها. همین مقایسه‌های زوجی را برای سایر معیارها انجام می‌دهیم. به این ترتیب اولویت هر فرد را براساس هر معیار مانند فوق محاسبه می‌کنیم. نمودار(۱) و جدول (۵)، رتبه‌بندی براساس روابط بین معیارهای مؤثر بر ارزیابی شاخص‌های محیط‌زیستی در زیرساخت‌های سبز در صنعت ساختمان با رویکرد توسعه پایدار براساس ANP فازی، را نشان می‌دهد:



شکل (۳) تعیین وزن مؤلفه‌های مؤثر بر معیارهای مؤثر بر در اثر رعایت ملاحظات زیرساخت‌های سبز در صنعت ساخت

در جدول ۵، اوزان فازی و رتبه‌بندی فازی پژوهش براســـاس ANP فازی، را به نمایش می‌گذارد. همچنین، وزن نهایی معیارهای محیط‌زیستی زیرساخت‌های سبز در صنعت ساختمان به‌منظور بهبود مدیریت هوشمند انرژی آمده است.

جدول(۵) اوزان فازی معیارهای عوامل مؤثر بر پژوهش

رتبه	معیارهای پژوهش	وزن معیار	وزن فازی (براساس مؤلفه‌های زبانی)	وزن نهایی معیار
۱	سیستم ملی ارزیابی محیط‌زیست ساخته شده استرالیا (H)	۰/۲۹۰۰۴	۰/۷۹۴۲	۰/۱۹۰۲۸
۲	تحقیقات ساختمان روش ارزیابی محیط‌زیست (A)	۰/۲۰۱۹۲	۰/۷۶۱۴	۰/۱۸۲۴۰
۳	سیستم جامع ارزیابی برای ایجاد بازده محیطی (F)	۰/۱۳۵۲۴	۰/۷۴۲۸	۰/۱۲۹۶۰
۴	استاندارد محیطی با کیفیت بالا (G)	۰/۱۰۲۱۱	۰/۷۳۰۱	۰/۰۷۷۹۵
۵	روش ارزیابی محیط‌زیست ساختمان (D)	۰/۰۵۲۵۸	۰/۷۵۵۸	۰/۰۷۲۳۲
۶	ستاره سبز (E)	۰/۰۵۴۱۰	۰/۷۳۸۵	۰/۰۵۰۷۷
۷	رهبری در طراحی انرژی (B)	۰/۰۳۹۶۶	۰/۷۷۴۲	۰/۰۲۲۷۷
۸	اداره ساختمان و ساخت‌وساز (J)	۰/۰۲۴۱۷	۰/۸۰۲۸	۰/۰۲۲۷۰
۹	جهان سبز (C)	۰/۰۱۹۱۷	۰/۷۵۰۱	۰/۰۱۶۰۹
۱۰	مجوز ساختمان پایدار آلمان (L)	۰/۰۱۹۰۱	۰/۷۵۱۴	۰/۰۱۲۰۲۷
۱۱	رتبه سبز برای ارزیابی زیستگاه یکپارچه (I)	۰/۰۱۶۱۱	۰/۷۷۴۲	۰/۰۱۰۲۸
۱۲	سه ستاره (K)	۰/۰۱۵۸۹	۰/۷۵۰۱	۰/۰۰۹۲۴۰

با توجه به تحلیل سلسله مراتبی و تعیین اولویت معیارها، قابل مشاهده است که " سیستم ملی ارزیابی محیط‌زیست ساخته شـــده اســـترالیا(H)" دارای بالاترین رتبه با وزن نهایی ۰/۱۹۰۲۸ و " تحقیقات ســـاختمان روش ارزیابی محیط‌زیســـت(A)" با وزن۰/۱۸۲۴۰، دارای رتبه دوم اســـت و " ســـه ســـتاره(K)" با وزن نهایی۰/۰۰۹۲۴۰ دارای کمترین رتبه تعیین شـــده از عوامل مربوط به مؤلفه‌های مؤثر بر ارزیابی شاخص‌های محیط‌زیستی در زیر ساخت‌های سبز در صنعت ساختمان با رویکرد توسعه پایدار است.

بحث و نتیجه‌گیری

توسعه پایدار یک طرز فکر جدید است که پیروانش آن را در مقابل الگوهای کوتاه‌مدت و صرفاً مادرس، کالبدی و اجتماعی و اقتصادی توسعه که بتواند از بروز مسائلی چون نابودی منابع طبیعی، تخریب اکوسیستم‌ها، آلودگی جهان، تغییر اقلیم، افزایش بی‌رویه جمعیت، بی‌عدالتی و پایین آمدن کیفیت زندگی انسان‌ها جلوگیری می‌کند ارائه می‌کند. فرآیند توسعه پایدار امروزه هم در جهان توسعه‌یافته و هم در دنیای درحال‌توسعه موردنظر و موردتوجه است. توسعه پایدار بدون محیط‌زیست و حفاظت از آن معنا ندارد و نه امکان‌پذیر است. از این رو، در صورت برنامه‌ریزی‌های مدون توسعه، توجه به ظرفیت اکوسیستم و محیط‌زیست، مکان‌یابی با مطالعات صحیح در نظر گرفتن ملاحظات محیط‌زیستی و ارائه مدل‌های اجرایی مناسب می‌تواند همگام با حفاظت محیط‌زیست، رویکردهای توسعه را اتخاذ نمود. با حفاظت از محیط‌زیست توسعه پایدار بازخوردهای مثبتی از کارکرد محیط‌های طبیعی و مصنوعی نظیر تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر کیفیت زندگی و رضایت اجتماعی، تأثیر بر حفظ ثبات نظام تأمین حیات را نشان می‌دهد.

در پژوهش حاضر، جامعه آماری اساتید دانشگاهی صاحب‌نظر و متخصصان و مهندسین محیط‌زیست، فضای سبز، طراحی شهری و شهرسازی شهر تهران است و برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های کمی از نرم‌افزار SPSS و بررسی پایایی از آلفای کرونباخ استفاده شد و در بخش آمار استنباطی از فرآیند تحلیل شبکه ANP به‌منظور رتبه‌بندی روابط بین معیارهای مؤثر بر ارزیابی شاخص‌های محیط‌زیستی در زیرساخت‌های سبز در صنعت ساختمان با رویکرد توسعه پایدار استفاده شده است. از این رو ناصحی و همکاران (۱۴۰۲)، تحقیقی با عنوان تدوین راهبردهای پایداری زیرساخت‌های سبز شهری با استفاده از ارزیابی تغییرات سیمای سرزمین مطالعه موردی منطقه دو کلان‌شهر تهران انجام دادند. براساس هدف این پژوهش، سه طبقه فضای سبز، فضای باز و فضای انسان ساخت موردنظر بوده و دو طبقه فضای سبز و فضای باز به‌عنوان زیرساخت سبز تلقی شده است. نتایج نشان داد که باتوجه به یافته‌ها که بیانگر جایگزین شدن گسترده زیرساخت‌های سبز توسط اراضی ساخته شده و از دست رفتن انسجام آن‌ها است، راهبردهایی براساس پنج اصل اکولوژی سیمای سرزمین پیشنهاد شده است.

نوروزی و بمانیان (۱۳۹۸)، تحقیقی با عنوان تحلیل اثر زیرساخت‌های سبز شهری بر ارتقای مؤلفه‌های پایدار محیطی با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام دادند. در این تحقیق از روش توصیفی تحلیلی و پیمایشی و جامعه آماری مهندسین و متخصصین و نیز تعداد ۸۰ نمونه‌ها بررسی دادند. نتایج نشان داد که نوع ساختار فضای سبز، عملکرد موضوعی فضای سبز و فاصله از فضاهای سبز تأثیر مستقیمی در تغییر شاخص‌های پایداری محیطی شهری دارد.

در این پژوهش نیز، با استفاده از تکنیک گلوله برفی تعداد ۳۰ نفر انتخاب شد. معیارهای مؤثر به دست آمده از آراء خبرگان شامل ۱۲ مورد یعنی سیستم ملی ارزیابی محیط‌زیست ساخته شده استرالیا (H)، تحقیقات ساختمان روش ارزیابی محیط‌زیست (A)، سیستم جامع ارزیابی برای ایجاد بازده محیطی (F)، استاندارد محیطی با کیفیت بالا (G)، روش ارزیابی محیط‌زیست ساختمان (D)، ستاره سبز (E)، رهبری در طراحی انرژی (B)، اداره ساختمان و ساخت‌وساز (J)، جهان سبز (C)، مجوز ساختمان پایدار آلمان (L)، رتبه سبز برای ارزیابی زیستگاه یکپارچه (I)، سه ستاره (K) به دست آمد. نتایج پژوهش نشان داد که نرخ ناسازگاری در پژوهش حاضر، وسیله‌ای است که سازگاری را مشخص ساخته و نشان می‌دهد که تا چه حد می‌توان به اولویت‌های حاصل از مقایسات اعتماد کرد. جدول۵، تحلیل نهایی و عوامل مربوط به زیرساخت‌های سبز در صنعت ساختمان به‌منظور بهبود مدیریت هوشمند انرژی، را با کمترین حد ناسازگاری[1] یعنی با وزن "۰/۰۱۵۸۹" نشان می‌دهد. با توجه به تحلیل نهایی و تعیین اولویت معیارهای مؤثر بر ارزیابی شاخص‌های محیط‌زیستی در زیرساخت‌های سبز در صنعت ساختمان با رویکرد توسعه پایدار براساس ANP فازی، قابل مشاهده است که "سیستم ملی ارزیابی محیط‌زیست ساخته شده استرالیا (H)" با وزن "۰/۲۹۰۰۴" و "تحقیقات ساختمان روش ارزیابی محیط‌زیست(A)" با وزن "۰/۲۰۱۹۲" به‌عنوان مهم‌ترین معیارهای مدل یکپارچه ANP، برای رتبه‌بندی مؤلفه‌های مؤثر بر ارزیابی شاخص‌های محیط‌زیستی در زیرساخت‌های سبز در صنعت ساختمان با رویکرد توسعه پایدار با استفاده از روش ANP، تعیین شدند و " سیستم ملی ارزیابی محیط‌زیست ساخته شده استرالیا (H)" دارای بالاترین رتبه با وزن نهایی ۰/۱۹۰۲۸ و " سه ستاره (K)" با وزن نهایی ۰/۰۰۹۲۴۰ دارای کمترین رتبه تعیین شده از عوامل مربوط به مؤلفه‌های مؤثر بر ارزیابی شاخص‌های محیط‌زیستی در زیرساخت‌های سبز در صنعت ساختمان با رویکرد توسعه پایدار است.

منابع

ابراهیمی، آرام و توکلی، مرتضی و افتخاری، عبدالرضا (۱۳۹۸). تحلیل فضایی زیرساخت‌های سبز با استفاده از اصول آمایش سرزمین (مطالعه موردی: منطقه ۲۲ تهران)، جغرافیای اجتماعی شهری، ۶(۲)، صص ۲۳۵-۲۵۳.

حبیبی، آرش؛ ایزدیار، صدیقه؛ سرافرازی، اعظم (۱۳۹۳). تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی. انتشارات سیمای دانش آذر.

حکیمیان، پانته آ و لک، آزاده (۱۳۹۷). زیرساخت سبز : مفهومی مشترک در آموزش دو رشته طراحی شهری و معماری منظر.۲۷(۳)، ۴۵-۶۰.

[1] .Inconsistency

رضایی، مریم و حق‌پرست، فرزین و ملکی، آیدا (۱۴۰۱). بررسی رابطه زیرساخت سبز_آبی و کاهش آسیب‌پذیری سلامت در برابر گرمای شدید متأثر از تغییرات اقلیمی نمونه موردی : شهر قزوین. فصلنامه علمی باغ نظر.۱۹(۱۰۷)، صص۶۹-۸۴.

رفیعی، ویدا و وحیدزادگان، فریبا و عبدالهی، رکسانا (۱۳۹۸). بازآفرینی منظر طبیعی-تاریخی زیرساخت‌های سبز شهری براساس دو مدل پیوستگی و جاذبه (نمونه مورد مطالعه منطقه ۳ اصفهان)، محیط‌شناسی، دوره ۴۵، شماره ۳، صص ۴۵۳-۴۶۹.

سعیدی، ایمان و تبریزی، علیرضا و بهره‌مند، عبدالرضا و ماهینی، عبدالرسول (۱۴۰۱). اولویت‌بندی چند معیاره زیرساخت‌های سبز و ترکیب‌های آن‌ها برای کنترل رواناب در کلان‌شهر تهران، محیط‌شناسی، دوره ۴۸، شماره۱، صص ۷۹-۱۰۰.

صبری، رضا و صبری، رویا (۱۳۹۰). رود دره‌های پایدار به‌سوی نگرش زیرساخت سبز (نمونه موردی: رود دره اوین-درکه، تهران)، فصلنامه علوم محیطی، سال هشتم، شماره دوم.

علی تبار، رمضان (۱۳۹۵). روش‌شناسی علوم انسانی اسلامی (مختصات، پایستگی‌ها و ویژگی‌ها)، ذهن، ۱۷(۶۸)، ۱۴۷-۱۷۶.

قادریان، مسعود و گلکار، کوروش و حکیمیان، پانته آ (۱۴۰۱). مفهوم یابی زیرساخت سبز در شهرهای حاشیه کویر. فصلنامه علوم محیطی، دوره بیستم، شماره۴، صص ۱۰۱-۱۲۴.

کشاورز، محدثه و شبانی، امیرحسین (۱۴۰۲). برنامه‌ریزی زیرساخت سبز شهری با تأکید بر ارتقای سلامت روان شهروندان (مورد پژوهش: پارک ملت شهر بروجن)، فصلنامه پژوهش‌های مکانی فضایی، سال هفتم، شماره اول، پیاپی ۲۶، صص۶۱-۷۸.

مثنوی، محمدرضا و صالحی، اسماعیل و باغبانی، مینو(۱۳۹۴). بهسازی محیطی و ارتقای کیفیت فضایی مناطق فرسوده شهری در چارچوب توسعه پایدار از طریق تداخل بر اونفیلدها در سیستم زیرساخت‌های سبز (مطالعه موردی: منطقه ۱۲ تهران)، محیط‌شناسی، دوره ۴۱، شماره ۲، صص ۴۸۳-۴۹۸.

محمودزاده، حسن و صمدی،محمد و هریسچیان، مهدی (۱۳۹۹). بررسی تناسب زیرساخت سبز شهری با رویکرد عدالت فضایی با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین و تحلیل شبکه فازی (مطالعه موردی : کلان‌شهر تبریز)، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، دوره ۸، شماره۲، صص۲۹۹-۳۲۵.

ناروئی، بهروز و اسماعیل‌زاده، حسن (۱۴۰۱). ارزیابی تغییرات فضایی-زمانی زیرساخت سبز شهری مبتنی بر الگوریتم درخت تصمیم‌گیری فرآیندهای فضایی (مطالعه موردی: سیمای سرزمین تهران)، فصلنامه اطلاعات جغرافیای، دوره ۳۱، شماره ۱۲۲.

ناصحی، سعیده و آل محمد، سیده و رمضانی، مجید (۱۴۰۲). تدوین راهبردهای پایداری زیرساخت‌های سبز شهری با استفاده از ارزیابی تغییرات سیمای سرزمین (مطالعه مورد: منطقه ۲ کلان‌شهر تهران)، فصلنامه جغرافیا و پایداری محیط،۱۳(۲). صص ۹۵-۱۱۴.

نوروزی، مریم و سوزنچی، کیانوش (۱۴۰۲). بررسی و مقایسه نقش زیرساخت‌های شهری در تشکیل شبکه سبز شهری، فصلنامه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، شماره ۴۰، پاییز، صص ۲۲۱-۲۴۲.

نوروزی،مریم و بمانیان،محمدرضا (۱۳۹۸). تحلیل اثر زیرساخت‌های سبز شهری بر ارتقا مؤلفه‌های پایداری محیطی، فصلنامه اندیشه معماری، سال سوم، شماره ششم، پاییز و زمستان، صص ۱۷۵ – ۱۸۹.

یاوری، احمدرضا و آل محمد، سیده (۱۳۹۴). ارزیابی زیرساخت‌های سبز شهری به‌منظور اصلاح تدریجی آن‌ها در سیمای تهران، فصلنامه محیط‌شناسی، دوره ۴۱، شماره ۳.

Benedict, Mark A. & McMahon, Edward T. (2006). Green Infrastructure: linking landscapes and communities" The Value of Green Infrastructure: A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits"(PDF). Chicago, IL: Center for Neighborhood Technology.

Bonenberg, Wojciech; Xia, Wei. (2019). 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics. Journal: Procedia Manufacturing, Volume 3, Pages 1654–165.

Di, Wu; Yafei, Wang; Chen, Fan; Beicheng, Xia. (2018). Thermal environment effects and interactions of reservoirs and forests as urban blue-green infrastructures, Ecological Indicators, Volume 91, August, Pages 657-663.

Gong, Y., Gallacher, J., Palmer, S. & Fone, D. (2014). Neighbourhood green space, physical function and participation in physical activities among elderly men: the Caerphilly Prospective study. The international journal of behavioral nutrition and physical activity. 11(1):40.

Hans-Peter, Egler. (2016). Sustainable trade infrastructure in Africa: A key element for growth and prosperity? International Centre for Trade and Sustainable Development Nachhaltiges investment.

Khoshbakht, M, Z.; Gou, a; Dupre, K. (2017). Cost-benefit prediction of green buildings: SWOT analysis of research methods and recent applications. International High- Performance Built Environment Conference A Sustainable Built Environment Conference Series (SBE16), iHBE.

Khoshnava, S. M., Rostami, R., Zin, R. M., Kamyab, H., Abd Majid, M. Z., Yousefpour, A., & Mardani, A. (2020). Green efforts to link the economy and infrastructure strategies in the context of sustainable development. Energy, 193, 116759.

Kulinskaa, Ewa, Małgorzata Dendera, Gruszka a. (2019). Green cities – problems and solutions in Turkey. Transportation Research Procedia. 39 242–251.

Lin, S. H., Zhao, X., Wu, J., Liang, F., Li, J. H., Lai, R. J., & Tzeng, G. H. (2021). An evaluation framework for developing green infrastructure by using a new hybrid multiple attribute decision-making model for promoting environmental sustainability. Socio-Economic Planning Sciences, 75, 100909.

McDonald, L. A., Allen, W. L., Benedict, M. A. & O'Conner, K. (2005). Green Infrastructure Plan Evaluation Frameworks. Journal of Conservation Planning 1:6-25

Meena, C. S., Kumar, A., Jain, S., Rehman, A. U., Mishra, S., Sharma, N. K., & Eldin, E. T. (2022). Innovation in green building sector for sustainable future. Energies, 15(18), 6631.

Nor Shahrudin, N. S., Mustaffa, N. K., & Mat Isa, C. M. (2024). Green Infrastructure Development in Malaysia: A Review. Green Infrastructure: Materials and Sustainable Management, 121-137.

Owusu-Manu, D., Seidu, S., Asiedu, R. O., Buertey, J. I. T., Danso, A. K., & Edwards, D. J. (2023). Prioritization of the key underlying sustainability indicators of urban green drainage infrastructure systems. Urban Water Journal, 20(9), 1196-1206.

Parisa Pakzada., Paul Osmond. (2016). Developing a sustainability indicator set for measuring greeninfrastructure performance. Urban Planning and Architecture Design for Sustainable Development, UPADSD 14- 16 October.

Peter Bosch, R. J. Brolsma, Gertjan Willem Geerling, Martin Goossen. (2016). Designing green and blue infrastructure to support healthy urban living, https://www. researchgate. net/publication/308165682.

Saaty. (1982). Decision Making for Leaders: The Analytical Hierarchy Process for Decisions in a Complex World, ISBN 0-534-97959-9, Wadsworth. 1988, Paperback, ISBN 0-9620317-0-4, RWS.

Sandstrom, Ulf. (2002). Green infrastructure planning in urban Sweden. In The Journal of Planning, Practice, and Research. Vol. 17, No. 4. 373-385.

Stanitsas, M., & Kirytopoulos, K. (2023). Investigating the significance of sustainability indicators for promoting sustainable construction project management. International Journal of Construction Management, 23(3), 434-448.

Teotonio, I., Cruz, C. O., Silva, C. M., & Lopes, R. F. R. (2023). Bridging CBA and MCA for evaluating green infrastructure: proposal of a new evaluation model (MAGICA). Socio-Economic Planning Sciences, 85, 101446.

Toita, Marié J. du, Sarel S. Cilliersa, Martin Dallimerb, Mark Goddardb, Solène Guenatb , Susanna F. Corneliusa. (2018). Urban green infrastructure and ecosystem services in sub-Saharan Africa. journal omepage: www. elsevier. com/locate/landurbplan.

Wang, Y., Bakker F., de Groot, R., Wörtche H. (2017). Effect of ecosystem services provided by urban green infrastructure onindoor environment: A literature review, Building and Environment 77, 88e100.

Watson, Keri B, Gillian L, Galford, Laura J. Sonter, Taylor H, Ricketts. (2017). Conserving ecosystem services and biodiversity: Measuring the tradeoffs involved in splitting conservation budgets. Journal homepage: www. elsevier. com/locate/ecoser.

Woods-Ballard. (2015). The SuDS Manual. www.ciria.org. Retrieved 2018-11-30.

Zartha Sossa, J. W., Gaviria Suarez, J. F., Lopez Suarez, N. M., Rebolledo, J. L. S., Orozco Mendoza, G. L., & Velez Suárez, V. (2022). Innovation systems and sustainability. development of a methodology on innovation systems for the measurement of sustainability indicators in regions based on a Colombian case study. Sustainability, 14(23), 15955.