Journal of Structural and Construction Engineering, 10(7), 2023, pp. 116-131

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

green roof development criteria by using Best- Evaluation and prioritization of Worst method

Majid Alipour[1]*, Ali Gohari[2]

1- Assistant Professor, Sadjad University of Technology, Mashhad, Iran
2- Master student, Sadjad University of Technology, Mashhad, Iran

ABSTRACT

Megacities recently are experiencing a shortage of green spaces basically due to an increase in both urbanization demand and residential complexes. In order to solve this problem and create sustainable urban development, green roofs have been suggested as one of the useful options. Therefore, it is necessary to pay special attention to its use so that we can witness the creation of urban facilities and welfare along with the preservation of citizens' health. The purpose of this research is to evaluate and prioritize effective criteria in the development of green roof. For doing so, by using library studies and experts' opinions, the criteria were extracted and classified into three environmental, economic and social groups, consisting of thirteen sub-criteria. After checking and confirming validity and reliability and collecting questionnaires distributed among experts, data analysis has been done using the best-worst method. The results shows that economic indicator attract the highest priority among others. Additionally, the most important sub-criteria in environmental, economic, and social groups was air quality, roof longevity, and public health, respectively. Finally, the respective highest and lowest scores were assigned to roof longevity and biodiversity when all criteria were considered. However these results may change in other countries.

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

ARTICLE INFO

Receive Date: 24 April 2022
Revise Date: 06 November 2022
Accept Date: 06 December 2022

Keywords:
Green roof
Sustainable development
Indicator
Prioritization
Best-Worst

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2022.338362.2790

*Corresponding author: Majid Alipour.
Email address: majid.alipour@sadjad.ac.ir

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

Journal of Structural and Construction Engineering
JSCE
نشریه علمی-پژوهشی مهندسی سازه و ساخت

ارزیابی و اولویت‌بندی معیارهای توسعه بام سبز به روش بهترین-بدترین

مجید علیپور [۱*]، علی گوهری [۲]

۱- استادیار گروه عمران، دانشگاه سجاد، مشهد، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه سجاد، مشهد، ایران

چکیده

در سالهای اخیر، سطح فضای سبز در شهرهای بزرگ به دلیل افزایش تمایل به شهرنشینی و نیاز به ساخت مجتمع‌های مسکونی رو به کاهش بوده است. به منظور رفع این معضل و ایجاد توسعه پایدار شهری، بام سبز به عنوان یکی از راه‌های مفید پیشنهاد شده است. بنابراین ضرورت دارد که توجه ویژه‌ای به استفاده از آن گردد تا بتوان ایجاد امکانات و رفاه شهری را در کنار حفظ سلامت شهروندان شاهد باشیم . هدف این تحقیق ارزیابی و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر در توسعه بام سبز بوده است. بدین جهت با بهره‌جویی از مطالعات کتابخانه‌ای و نظرات خبرگان، معیارها در سه گروه محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی و مشتمل بر سیزده زیرمعیار استخراج و طبقه-بندی گردید. پس از بررسی و تایید روایی و پایایی و جمع آوری پرسش‌نامه‌های توزیع شده بین خبرگان، آنالیز داده‌ها به کمک روش بهترین-بدترین معرفی انجام شد. نتایج نشان داد که شاخص اقتصادی مقدم بر دو شاخص دیگر است. ثانیاً، مهمترین زیرمعیار در گروه-های محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی به ترتیب افزایش کیفیت هوا و کاهش آلاینده‌ها، افزایش عمر پوسته بام و ارتقای سلامت عمومی افراد بوده است. در نهایت، با در نظر گرفتن کل معیارها، افزایش عمر پوسته بام به عنوان نخستین و گسترش و تنوع زیستگاه جانداران به عنوان آخرین معیار رتبه‌بندی شدند.

کلمات کلیدی: بام سبز، توسعه پایدار، معیار، رتبه‌بندی، بهترین-بدترین.

سابقه مقاله:					
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	شناسه دیجیتال:
۱۴۰۱/۰۲/۰۴	۱۴۰۱/۰۸/۱۵	۱۴۰۱/۰۹/۱۵	۱۴۰۱/۰۹/۱۵	۱۴۰۲/۰۷/۳۱	doi: 10.22065/jsce.2022.338362.2790

https://doi.org/10.22065/jsce.2022.338362.2790

*نویسنده مسئول: مجید علیپور
پست الکترونیکی: majid.alipour@sadjad.ac.ir

۱- مقدمه

امروزه کلان‌شهرها شاهد افزایش روزافزون تراکم جمعیت هستند چون با رشد صنعت و تجارت مکانی جذاب برای زندگی و کار افراد شده‌اند. به این ترتیب تقاضا برای مسکن و ساخت مجتمع‌های مسکونی با رشدی بیش از پیش مواجه شده است[۱]. در حقیقت توسعه ساخت و ساز به دلیل افزایش تمایل به شهرنشینی باعث کاهش سطح اختصاص یافته به فضای سبز شهری شده است[۲]. از آنجا که اهمیت فضای سبز و محیط زیست به حدی است که به عنوان یکی از شاخص‌های توسعه‌یافتگی قلمداد می‌شود، در شهرهای بزرگ ضرورت توجه به آن نمود بیشتری پیدا نموده است. به منظور برقرار کردن تعادل میان رشد و توسعه شهرها و جلوگیری از اثرات مخرب محیط زیستی آن می‌توان از اصل توسعه پایدار و راه‌حل‌های آن بهره جست. یکی از راه‌های مؤثر و مفید، جایگزین نمودن بام سبز به عنوان یک گزینه پایدار بجای بام معمولی است که در آن بام به واسطه گیاهان مختلف پوشش داده شده است[۳]. متأسفانه، در کشورهای در حال توسعه در آسیا، کماکان توجه لازم به تحقیقات در زمینه استفاده از بام سبز نشده است[۴]. کلان‌شهر مشهد نیز نمونه بارزی است که بر خلاف صنعت ساخت رو به رشد و کاهش سرانه فضای سبز شهری، استقبال لازم در خصوص بهره‌جویی از بام سبز را نداشته است. این شهر با توجه به اینکه کارخانجات صنعتی و شرکت‌های تجاری زیادی را در خود جای داده و سالیانه میزبان مسافرین زیادی از داخل و خارج کشور می‌باشد، دارای جمعیت زیادی است. به نظر می‌رسد در این شهر بی‌توجهی به فناوری‌های نوین نظیر بام سبز به دلیل نداشتن اطلاعات کافی در مورد فواید بی‌شمار آن می‌باشد که زمینه عدم حمایت تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان را فراهم نموده و مورد غفلت قرار گرفته است. همچنین تاکنون تحقیق جدی و شایسته به منظور افزایش آگاهی و دانش فعالین صنعت ساختمان صورت نگرفته است. بنابراین تحقیق حاضر به منظور شناسایی و رتبه‌بندی معیارهای مؤثر توسعه بام سبز در پروژه‌های مسکونی شهر مشهد و با هدف اشاعه و ترویج استفاده از آن انجام شده است. در این راستا نظرات جمعی از دست اندرکاران صنعت ساختمان که تجربه و تخصصی در زمینه بام سبز داشتند جمع‌آوری گردید. در حقیقت عوامل کیفی فواید بام سبز با توجه به نظرات خبرگان به عوامل کمی تبدیل شد و برای اولین بار در مشهد به کمک روش بهترین-بدترین که روشی جدید و کارا می‌باشد تحلیل و اولویت‌بندی گردید. امید است که نتایج این تحقیق بتواند گامی مؤثر در جهت توسعه هر چه بیشتر بام سبز باشد.

در سال ۲۰۱۸ میلادی تحقیقی با عنوان چشم‌انداز بام‌های سبز در تایلند انجام شد که هدف آن شناخت و اولویت‌بندی معیارهای مهم بام سبز بود. در این خصوص بیمارستانی مجهز به بام سبز متمرکز در شهر بانکوک مورد بررسی قرار گرفت. عوامل مختلف بر اساس مقالات مروری و مصاحبه با متخصصان شناسایی گردید که به چهار دسته اصلی و چهارده عامل فرعی طبقه بندی شدند. جهت کسب اطلاعات از ۴۶ متخصص شامل معماران، برنامه‌ریزان شهری، افراد دانشگاهی و اساتید فضای سبز استفاده شد و عملیات تحلیل به روش AHPانجام شد. در نهایت این نتیجه حاصل شد که مهمترین مزیت استفاده از بام سبز، کاهش اثر جزیره حرارتی روی شهر است. همچنین مهمترین عوامل مانع از استفاده بام سبز کمبود یارانه دولتی، کمبود دانش و نیروی ماهر شناخته شد[۵]. همچنین در سال ۲۰۱۸ میلادی تحقیقی تحت عنوان ارزیابی انواع سقف‌های تخت بر اساس قوانین توسعه پایدار صورت پذیرفت. چهار نوع سقف مختلف شامل لایه آسفالتی، خودمراقب، شناور و بام سبز در نظر گرفته شد. همچنین سه اقلیم آب و هوایی مدیترانه‌ای، اقیانوسی و قاره‌ای به عنوان حالات بررسی به همراه شانزده معیار مدنظر قرارگرفت. از نظرات ۲۳ نفر از متخصصین تحت قالب پرسش‌نامه در سطح بین‌الملل استفاده شد. بابت تصمیم‌گیری از دو روشTOPSIS وAHP استفاده شد. نتیجه آن شد که بام سبز بابت نوسازی و بازسازی ساختمان‌ها در سطح شهر بهترین گزینه بوده است و برای طراحی سیاست‌های شهری به طوری که هدف توسعه پایدار باشد جایگزین بهتری نسبت به حالات دیگر می‌باشد[۶]. سال ۲۰۱۹ در مالزی تحقیقی صورت گرفت که در آن به دنبال انتخاب بهینه بام سبز بودند. این تحقیق با استفاده از روشANP و برای ساختمان‌های مسکونی شهر کوالالامپور و صرفاً برای آب و هوای استوایی آن منطقه انجام شد. سه نوع بام سبز متمرکز، نیمه‌متمرکز و گسترده به عنوان فرضیه انتخاب شدند و معیارهای مختلف برای هر یک از آنها به تفکیک مورد تحلیل و آنالیز قرار گرفت. معیارهای اولیه که براساس نظرات ۳۳ نفر از خبرگان بود به کمک روش دلفی فازی شناسایی و تعریف شدند. برای جمع‌آوری اطلاعات پرسش‌نامه میان جمعی از مهندسین عمران، معماران، پیمانکاران و طراحان فضای سبز توزیع گردید. در نهایت نتیجه گرفته شد که بام سبز متمرکز انتخاب مناسب برای بام‌ها می‌باشد[۷]. همچنین تحقیقی در سال ۲۰۱۹ به قیاس بام معمولی و بام سبز پرداخت که هدف آن

شناسایی عوامل اثرگذار بر روی انتخاب و طراحی سیستم‌های سقف درساختمان‌ها بود. بدین جهت با توزیع پرسش‌نامه بین خبرگان شامل معماران، مهندسین و محققان مبادرت به جمع آوری اطلاعات نمودند. پس از شناخت فاکتورهای مؤثر، آنها را به چهار گروه محیط زیستی، اقتصادی، اجتماعی و فنی تقسیم‌بندی نمودند. سپس به کمک روش AHP کل ورودی‌ها تحلیل و آنالیز شدند. پراهمیت‌ترین و کم‌اهمیت-ترین معیار به ترتیب عوامل فنی و اجتماعی ارزیابی شد. در مرحله نهایی، از نظر دو گروه طراحان و اساتید دانشگاهی، عوامل محیط زیستی و فنی نقش اساسی در استفاده از بام‌های سبز دارند به طوری که معیارهای بالارفتن کیفیت هوا، بالارفتن سلامت عمومی افراد و عایق‌بندی حرارتی سقف مهمترین آنها بودند. در رابطه با عامل اقتصادی، اساتید دانشگاه معتقد بودند که مزایای اقتصادی بام سبز بیش از هزینه‌های نصب و نگهداری آن است در حالی که گروه طراح برخلاف آنها اعتقاد داشتند که هزینه‌های نصب و نگهداری به الباقی مزایای اقتصادی برتری دارد[۸].

۲- روش تحقیق

تحقیق حاضر در شش مرحله به انجام رسیده است. نخست به کمک مطالعات کتابخانه‌ای و مرور مقالات استاندارد و معتبر اقدام به استخراج و گروه‌بندی مقدماتی فواید بام سبز گردید. در این راستا، به کمک کلمات کلیدی " بام سبز" و " روشهای تصمیم گیری چند شاخصه" در گوگل اسکولار مرتبط‌ترین و نزدیک‌ترین مقالات به موضوع این تحقیق یافت شد. در نهایت با مطالعه دقیق ۱۹ مقاله که یکی درسال ۲۰۰۷، نه مقاله بین ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ و نه مقاله بین سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۹ به چاپ رسیده بودند، پانزده معیار بطور مساوی در سه گروه اصلی محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی به عنوان معیارهای اولیه در نظر گرفته شدند. در مرحله دوم به منظور بومی‌سازی وگروه‌بندی نهایی معیارهای مؤثر، پرسش‌نامه‌ای از نوع سوالات باز تهیه شد تا خبرگان بتوانند نظرات خود را در خصوص اضافه، کسر و یا ادغام معیارها و همچنین مناسب بودن گروه‌بندی آنها اعلام کنند. پس از اخذ کلیه نظرات و پیشنهادات، در ادامه به بررسی روایی و پایایی پرداخته شد و در نهایت معیارهای مؤثر و طبقه بندی آنها مورد تایید خبرگان قرار گرفت و ملاک کار این تحقیق گردید. گام سوم به تهیه و تنظیم پرسش‌نامه اصلی اختصاص یافت. بدین منظور پرسش‌نامه‌ای از نوع مصاحبه ساختار یافته و بر اساس ملزومات روش مورد استفاده در تحقیق طراحی شد که در این خصوص از الگوی استاندارد پیشنهادی توسط مبدع روش (آقای جعفر رضایی) استفاده شد. در این خصوص، علاوه بر مقاله‌های آقای رضایی به عنوان مراجع اصلی، یک مقاله در ارتباط با طراحی پایدار و همچنین پنج مقاله مربوط به استفاده از این روش تصمیم‌گیری که در سال‌های ۲۰۱۸، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ به چاپ رسیده بودند مورد بررسی دقیق قرار گرفتند. در مرحله چهارم پس از توزیع پرسش‌نامه‌ها میان خبرگان، به جمع آوری آنها مبادرت گردید که بدین ترتیب داده‌های تحقیق مهیا شد. در گام بعدی با استفاده از روش بهترین-بدترین اقدام به تحلیل و آنالیز داده‌ها شد و اوزان معیارها بدست آمد. علت استفاده از این روش در تحقیق حاضر آن است که نسبت به روش محبوب و متداول AHP تعداد مقایسات زوجی کمتری دارد و در عین حال سازگاری بیشتری را میتوان شاهد بود. همچنین اخیراً در تحقیقات بزرگ و مهمی استفاده شده و جواب‌های قابل اطمینانی از آن بدست آمده است. طبق تحقیقات به عمل آمده در مشهد تاکنون تحقیقی مشابه موضوع این تحقیق با استفاده از این روش جدید و دقیق انجام نشده است. در مرحله ششم و پایانی نیز پس از گرفتن خروجی‌ها بصورت جدول و نمودارهای مختلف در خصوص نتایج حاصله به طور کامل بحث و بررسی انجام شده است. در حقیقت با نتایج این تحقیق معیارهای مهم بابت توسعه بام سبز شناسایی و اولویت بندی شده است و بستر جهت تحقیقات بیشتر در زمینه شناخت بام سبز بهینه باتوجه به اقلیم و شرایط شهر مشهد فراهم شده است تا بتوان در آینده شاهد شهری سبز و پایدار باشیم.

۲-۱- شناسایی و گروه‌بندی معیارها

۲-۱-۱- افزایش کیفیت هوا و کاهش آلاینده‌ها

بام سبز به دلیل داشتن پوشش گیاهی قادر است کربن و سایر آلاینده‌های هوا را جذب نماید و همچنین دی‌اکسیدکربن هوا را گرفته و تولید اکسیژن کند[۹].

۲-۱-۲- کاهش پدیده جزیره حرارتی و تعدیل دما

بام سبز با جذب ۷۰ تا ۹۰ درصد از گرمای خورشید موجب تعدیل دما در سطح بام ساختمان و همچنین کاهش جزیره حرارتی شهر می‌شود[۱۰].

۲-۱-۳- مدیریت و کاهش رواناب‌های سطحی

بام‌های سبز نقش مهمی در نگهداری آب باران و به تأخیر انداختن رواناب‌های ناشی از آن دارند. ظرفیت نگهداری آب باران نیز بستگی به عواملی نظیر حجم و نوع بارندگی، میزان حجم آب ذخیره شده در برگ‌ها و میزان آب جذب شده در محیط کشت دارد. بنابراین در طول سال می‌تواند از حداقل ۴۰ درصد تا حداکثر ۸۰ درصد متغیر باشد[۱۱].

۲-۱-۴- استفاده از منابع پایدار و تجدیدپذیر

در استفاده و بهره‌گیری از مصالح و تکنولوژی‌های مختلف علاوه بر مسائل فنی و طرح و زیبایی آنها، بایستی نیازها و مصارف جهانی دیده و لحاظ شود. بنابراین بهتر است از منابع پایدار و بادوام استفاده گردد. در بام‌های معمولی بسته به انتخاب مصالح عمدتاً نمی‌توان ادعا کرد که از منابع پایدار و برگشت پذیر استفاده شده است. این در حالی است که در تکنولوژی بام سبز از مصالحی استفاده می‌شود که علاوه بر دوام وکارآیی بیشتر در زمان بهره‌برداری، کارکردهای اکولوژیکی و برگشت پذیر بودن مصالح نیز در نظر گرفته شده است[۱۲].

۲-۱-۵- گسترش و تنوع زیستگاه جانداران

از آنجا که فضاهای سبز زیستگاه برخی از جانداران بوده و به واسطه ساختمان‌سازی در شهرها از بین می‌روند، بام‌های سبز می‌توانند آثار منفی شهرنشینی روی پرندگان و زیستگاه آنها را کاهش دهند[۱۳].

۲-۱-۶- کاهش میزان مصرف انرژی

بام سبز با سپر محافظتی که ایجاد می‌کند باعث کاهش در مصرف انرژی در انواع شرایط آب و هوایی می‌شود[۳]. در یونان دریافتند که چنانچه در مناطق شهری از بام سبز در ساختمان‌ها بهره گرفته شود می‌توان کاهش مصرف انرژی حدود ۵ درصد برای گرمایش و تقریباً ۱۶ درصد برای سرمایش را شاهد بود[۱].

۲-۱-۷- افزایش ارزش ملک

فروش ساختمان‌های مسکونی دارای مدرک پایداری بین ۲ تا ۱۷ درصد ارزش بیشتری نسبت به ساختمان‌های معمولی در فروش را به ثبت رساندند[۱۴].

۲-۱-۸- افزایش عمر پوسته بام

لایه محیط کشت به همراه پوشش گیاهی روی بام سبز قادر هستند از لایه خارجی بام در برابر اشعه خورشید محافظت نمایند. علاوه بر این، از انبساط و انقباض لایه خارجی در اثر نوسانات حرارتی طول شبانه روز جلوگیری کرده و آن را کاهش می‌دهند که این امر موجب افزایش عمر و دوام لایه خارجی می‌شود. در چند تحقیق مشخص شد که عمر مفید بام معمولی حدوداً ۲۰ سال است[۱۵] در حالی که عمر مفید بام سبز تقریباً بین ۴۰ تا ۵۰ سال می‌تواند باشد[۵].

۹-۱-۲- استفاده بهینه از زمین

به کمک بام سبز می‌توان فضاهای بدون مصرف در ساختمان‌ها را به فضاهای مفید و قابل استفاده تبدیل نمود[۱]. به گونه‌ای که می‌تواند به منظور ایجاد فضای بیشتر در مصارف خصوصی و عمومی و همچنین در نقش باغ خصوصی برای افراد مورد استفاده قرار گیرد[۱۶].

۱۰-۱-۲- ایجاد اشتغال

کشاورزی یکی از بخش های مهم اقتصادی است و نقش کلیدی در ایجاد اشتغال دارد. بدین جهت امروزه شهرهای زیادی برنامه-های وسیعی در رابطه با آن را اتخاذ نموده‌اند[۱۷].

۱۱-۱-۲- کاهش آلودگی صوتی

ساختمان‌ها به کمک درزبندی که در لایه بام اجرا می‌گردد، آرامش را برای انسان در برابر آلودگی صوتی شهری ایجاد می‌کنند. درز بندی صوتی در بام سبز توسط گیاهان برای جذب فرکانس‌های بالاتر و محیط کشت برای جذب فرکانس‌های پایین‌تر انجام می-شود[۱۸].

۱۲-۱-۲- بالا بردن سلامت عمومی افراد

سبز کردن شهر فواید زیادی دارد از جمله این که موجب افزایش پویایی و طراوت شهر، بالابردن سلامتی عمومی افراد و ارتقای روابط اجتماعی و ظرفیت‌های کاری شهروندان می‌شود[۱۹].

۱۳-۱-۲- کمک به زیباسازی ساختمان و منظر شهری

بام‌های سبز می‌توانند باعث زیباسازی محیط و ایجاد منظر چشم‌نواز شوند[۷].

۱۴-۱-۲- گروه‌بندی معیارها

پس از شناخت مقدماتی معیارها به کمک مطالعات کتابخانه‌ای و مرور مقالات معتبر، به منظور همگن‌سازی و تایید معیارها توسط خبرگان و نیز طبقه‌بندی آنها از روش گروه اسمی استفاده شد. این روش به عنوان یک فرآیند تصمیم‌گیری گروهی کاربردهای مختلفی دارد که یکی از آنها شناسایی متغیرهای مهم در یک موضوع است. مزیت این روش در آن است که اولاً افراد تمام موارد را قبل از ارزیابی بین هم مطرح کرده و راجع به آن بحث می‌کنند. دوماً اینکه هر یک از افراد به طور مساوی می‌توانند اعمال نظر داشته باشند. بدین منظور طی جلسه حضوری مشتمل بر ده نفر از خبرگان، پس از بحث ابتدایی پیرامون موضوع تحقیق به هر یک از آنان یک پرسش‌نامه از نوع سوالات باز داده شد که نظرات خود را در مورد معیارهای گردآوری شده و طبقه‌بندی آنها اعلام کنند. طبق اقدامات اولیه پانزده معیار در سه گروه اصلی محیط زیستی(افزایش کیفیت هوا و کاهش آلاینده‌ها، کاهش پدیده جزیره حرارتی و تعدیل دما، مدیریت و کاهش رواناب‌های سطحی، استفاده از منابع پایدار و تجدیدپذیر، گسترش و تنوع زیستگاه جانداران)، اقتصادی(افزایش ارزش ملک، کاهش مصرف انرژی، افزایش عمر پوسته بام، گسترش کشاورزی شهری) و اجتماعی(کاهش آلودگی صوتی، بالابردن سلامت عمومی افراد، زیباسازی منظر شهری و ساختمان‌ها، استفاده به عنوان باغ خصوصی، کاربرد تفریحی و سرگرمی) طبقه بندی شدند. در این جلسه تمام خبرگان در مورد معیارهای انتخابی و ارتباط آنها به موضوع تحقیق اتفاق نظر داشتند. اما در خصوص گروه‌بندی معیارها اکثریت موافق آن بودند که دو معیار " گسترش کشاورزی شهری" از گروه اقتصادی به همراه دو معیار " استفاده به عنوان باغ خصوصی " و " کاربرد تفریحی و سرگرمی " از گروه اجتماعی با هم تلفیق شوند. در نهایت نتیجه آن شد که سه معیار مذکور باهم ادغام شده و با نام " استفاده بهینه از زمین" در گروه اقتصادی جای گیرد. در پایان جلسه معیارهای مؤثر بام سبز بنا به توافق خبرگان طبق جدول۱ شناسایی و گروه‌بندی شدند.

جدول۱ : گروه‌بندی معیارهای توسعه بام سبز

شاخص‌های پایداری	زیرمعیارها
محیط زیستی	- افزایش کیفیت هوا و کاهش آلاینده‌ها - کاهش پدیده جزیره حرارتی و تعدیل دما - مدیریت و کاهش رواناب‌های سطحی - استفاده از منابع پایدار و تجدیدپذیر - گسترش و تنوع زیستگاه جانداران
اقتصادی	- افزایش ارزش ملک - کاهش مصرف انرژی - افزایش عمر پوسته بام - استفاده بهینه از زمین - ایجاد اشتغال
اجتماعی	- کاهش آلودگی صوتی - بالابردن سلامت عمومی افراد - زیباسازی منظر شهری و ساختمان‌ها

۲-۲- طراحی پرسش‌نامه و برگزیدن جامعه هدف

جمع‌آوری داده‌های ورودی از طریق پرسش‌نامه به عنوان ابزاری متداول انجام شد. پرسش‌نامه خبرگان بر اساس ملزومات روش بهترین-بدترین و به طور کاملاً استاندارد(پیشنهادی از طرف ابداع کننده روش) تهیه و تنظیم شد. این شکل پرسش‌گری تحت قالب مصاحبه ساختاریافته می‌باشد که در آن محقق از پرسش‌نامه رسمی مشتمل بر سوألات یکسان بهره می‌برد، انجام مصاحبه می‌تواند به صورت حضوری یا رایانه‌ای و تلفن صورت پذیرد، انعطاف‌پذیری به حداقل و استانداردسازی به حداکثر می‌رسد، روایی و پایایی به حداکثر می‌رسد و پاسخ‌ها در طول مدت زمان اندک قابل جمع‌آوری و طبقه‌بندی می‌باشند.

جامعه آماری که به آن جامعه هدف نیز گفته می‌شود مشتمل بر ۳۵ نفر از متخصصین شامل کارفرمایان، مدیران‌پروژه و مهندسان مشاور و طراح از رشته‌های عمران، معماری، فضای سبز و شهرسازی با درجات تحصیلی و سوابق کاری متفاوت بوده است. این دسته از افراد به دلیل داشتن تجارب مرتبط و ارزشمند و همچنین اثرگذاری روی تصمیم‌گیری به ایجاد بام سبز در پروژه‌ها برگزیده شدند.

۲-۳- جمع‌آوری نظرات خبرگان

از آنجا که دقت نتایج تحقیق مسقیماً وابسته به نظرات افراد پاسخ‌گو می‌باشد بنابراین آگاهی از چگونگی جواب دادن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پس از اتمام طراحی، پرسش‌نامه‌ها به تعداد مورد نظر میان خبرگان توزیع گردید و توضیحات کامل جهت تفهیم آنها برای پاسخگویی به پرسش‌ها داده شد.

۲-۴- تحلیل و آنالیز داده‌ها

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها در این تحقیق از روش بهترین-بدترین استفاده شد که در سال ۲۰۱۵ میلادی مدل غیرخطی و در سال ۲۰۱۶ مدل خطی آن توسط آقای جعفر رضایی معرفی گردید. این روش جزو روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه می‌باشد که در آن بجای آن که همه معیارها باهم قیاس شوند فقط بهترین و بدترین عضو با اعضای دیگر مقایسه می‌شوند. این قضیه سبب می‌شود تا سازگاری مقایسه‌ها بالاتر رفته و پاسخ‌دهنده نیز در جواب‌دادن به پرسش‌ها به علت کثرت آنها خسته و آزرده نشود. از مزایای آن نسبت به AHP می‌توان تعداد مقایسات زوجی کمتر، دستیابی به مقایسات زوجی سازگارتر، قابلیت استفاده در ترکیب با سایر روش‌ها علاوه بر وزن-دهی معیارها و استفاده از اعداد صحیح در مقایسات زوجی را برشمرد. این روش نه تنها در زمینه درجه ناسازگاری بلکه با در نظر گرفتن

معیارهای دیگر ارزیابی نظیر حداقل انحراف، سهولت و راحتی انجام کار و مقایسات زوجی کمتر جواب‌های مطمئن‌تری می‌دهد[۲۰] و[۲۱]. از این روش برای برآورد وزن معیارها، اولویت‌بندی آنها و یا هر دو می‌توان بهره جست. همچنین نسبت به روش AHP دارای مقایسات زوجی با درجه سازگاری بالا است[۲۲]. این روش به طور موفقیت‌آمیزی برای چندین تحقیق نظیر اهمیت شاخص‌های لجستیکی[۲۳]، اهمیت معیارهای انتخاب حالت حمل و نقل[۲۴]، اهمیت سیستم‌های تولید قابل تنظیم مجدد[۲۵]، اهمیت عوامل بازگشت آنلاین پوشاک[۲۶]، اهمیت عوامل نیروگاه‌های بادی پایدار[۲۷] مورد استفاده بوده است.

۵-۲- گام‌بندی روش بهترین-بدترین (BWM)

درگام اول مجموعه شاخص‌های تصمیم‌گیری تعیین می‌شود. درگام دوم بهترین (مهمترین) و بدترین (کم‌اهمیت‌ترین) شاخص مشخص می‌شود و هیچ مقایسه‌ای در این مرحله صورت نمی‌گیرد. درگام سوم ارجحیت بهترین شاخص نسبت به سایر شاخص‌ها با اعداد ۱ تا ۹ مشخص می‌شود. a_{Bj} نشان دهنده ارجحیت بهترین شاخص (B) نسبت به شاخص (j) می‌باشد. در گام چهارم ارجحیت همه شاخص‌ها نسبت به بدترین شاخص با اعداد ۱ تا ۹ مشخص می‌شود. a_{jw} نشان دهنده ارجحیت شاخص (j) را نسبت به بدترین شاخص (W) نشان می‌دهد. در گام پنجم مقادیر بهینه وزن‌ها پیدا می‌شود. W_j وزن معیار j ام، W_B وزن بهترین معیار و W_W وزن بدترین معیار می‌باشد.

$$Min\xi \qquad (۱)$$

$$\left|\frac{w_B}{w_j}-a_{Bj}\right|\le\xi \qquad (۲)$$

$$\left|\frac{w_j}{W_w}-a_{jW}\right|\le\xi \qquad (۳)$$

$$\sum w_j=1 \qquad (۴)$$

$$w_j\ge 0 \qquad (۵)$$

با حل مدل فوق مقادیر بهینه ξ^* و $(w_1^*.w_2^*.\dots.w_n^*)$ بدست می‌آید. مدل خطی تابع نیز توسط آقای رضایی در سال ۲۰۱۶ معرفی و مورد استفاده قرار گرفت.

$$Min\xi \qquad (۶)$$

$$\left|w_B-a_{Bj}w_j\right|\le\xi \qquad (۷)$$

$$\left|W_J-a_{jw}W_w\right|\le\xi \qquad (۸)$$

$$\sum w_j=1 \qquad (۹)$$

$$w_j\ge 0 \qquad (۱۰)$$

۳- نتایج و تفسیر آنها

۳-۱- جمعیت‌شناختی پاسخگویان

در تحقیق حاضر به منظور پر نمودن پرسش‌نامه و ایجاد داده‌های مورد نیاز از نظرات ۳۵ تن از خبرگان شامل ۲۷ مرد و ۸ زن بین سنین ۲۵ تا ۵۵ سال که تجاربی ارزشمند در خصوص بام سبز داشته‌اند استفاده گردید. براساس داده‌ها مشاهده شد که ۴۰٪ از خبرگان بین ۵ تا ۱۰ سال، ۴۳٪ از آنها بین ۱۰ تا ۱۵ سال و الباقی ۱۷٪ بین ۱۵ تا ۲۰ سال سابقه‌کار داشتند. همچنین، از میان خبرگان ۳۴٪ دارای مدرک کارشناسی، ۴۸٪ کارشناسی ارشد و ۱۸٪ دارای مدرک دکترا بودند. در خصوص عنوان شغلی، ۴۳٪ از خبرگان به عنوان مشاور و طراح، ۳۷٪ به عنوان کارفرما و الباقی ۲۰٪ به عنوان مدیرپروژه مشغول به فعالیت بوده‌اند. رشته تحصیلی خبرگان بدین‌گونه بود که ۵۲٪ از آنها رشته عمران و ۳۲٪ رشته معماری بوده و رشته‌های شهرسازی و فضای سبز هر یک ۸٪ از خبرگان را شامل می‌شدند.

۳-۲- روایی و پایایی پرسش‌نامه

از نظر خبرگان سوألات طرح شده در پرسش‌نامه این تحقیق توانسته است موضوع مورد نظر را به درستی اندازه‌گیری کرده به طوری که از لحاظ ظاهری با هدف تحقیق کاملاً مرتبط بود که این خود گواه بر روایی صوری ابزار بوده است. همچنین از آنجا که شناسایی و گروه‌بندی عوامل مختلف بر اساس مقالات معتبر و نظر و تأیید خبرگان صورت پذیرفته است نتیجه گرفته شد که تمام جنبه‌های هدف تحقیق پوشش داده شده و پرسش‌ها، محتوای تعریف شده را به درستی اندازه‌گیری نموده و بدین ترتیب ابزار دارای روایی محتوایی نیز بوده است. همچنین در پرسش‌نامه‌هایی که مبتنی بر مقایسات زوجی عناصر با یکدیگر است تمامی معیارها در سنجش مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتیجه آن که پرسش‌نامه از روایی صوری و محتوایی برخوردار بوده و می‌توان به صحت و درستی آن اطمینان داشت.

در این تحقیق برای سنجش پایایی پرسش‌نامه از روش آلفای کرونباخ استفاده شده است که عملاً شاخصی برای اندازه‌گیری سازگاری درونی می‌باشد. این شاخص برای تحقیق حاضر عدد۰/۸۴۲بدست آمد که از حداقل۰/۷ بیشتر است. با توجه به این که در این تحقیق از روش بهترین-بدترین استفاده شده است، پرسش نامه خبرگان به صورت استاندارد تهیه شد. بنابراین در پرسش‌نامه تمامی معیارها در نظر گرفته شده و با هم به صورت زوجی قیاس شده‌اند و احتمال اینکه معیاری در نظر گرفته نشود وجود نداشته است. بدین ترتیب پرسش‌نامه از پایایی مطلوب برخوردار بوده است.

۳-۳- محاسبه وزن زیرمعیارهای گروه محیط زیستی

جدول۲ : وزن زیرمعیارهای گروه محیط زیستی

رتبه	وزن	زیرمعیارها	شاخص
۱	۰/۳۲۶۵	افزایش کیفیت هوا و کاهش آلاینده‌ها	
۲	۰/۳۱۴۱	کاهش جزیره حرارتی و تعدیل دما	
۴	۰/۰۹۵۸	مدیریت وکاهش رواناب‌های سطحی	محیط زیستی
۳	۰/۱۹۶۹	استفاده از منابع پایدار	
۵	۰/۰۶۶۷	گسترش و تنوع زیستگاه جانداران	

در گروه محیط زیستی، افزایش کیفیت هوا و کاهش آلاینده‌ها در رتبه اول جای گرفت که پس از آن و با فاصله اندک کاهش جزیره حرارتی و تعدیل دما قرار گرفته است. استفاده از منابع پایدار به عنوان رتبه سوم در این گروه به چشم خورد. مدیریت و کاهش رواناب‌های سطحی و گسترش و تنوع زیستگاه جانداران نیز به ترتیب در رتبه چهارم و پنجم ارزیابی شدند.

۳-۴- محاسبه وزن زیرمعیارهای گروه اقتصادی

جدول۳ : وزن زیرمعیارهای گروه اقتصادی

رتبه	وزن	زیرمعیارها	شاخص
۲	۰/۲۴۳۶	افزایش ارزش ملک	اقتصادی
۳	۰/۲۱۸۳	کاهش مصرف انرژی	
۱	۰/۲۹۲۴	افزایش عمر پوسته بام	
۴	۰/۱۳۹۹	استفاده بهینه از زمین	
۵	۰/۱۰۵۸	ایجاد اشتغال	

درگروه اقتصادی، مقام نخست به افزایش عمر پوسته بام تعلق گرفت در حالی که افزایش ارزش ملک و کاهش مصرف انرژی در جایگاه دوم و سوم گروه قرار گرفتند. استفاده بهینه از زمین و ایجاد اشتغال به عنوان اولویت‌های چهارم و پنجم ارزیابی شدند.

۳-۵- محاسبه وزن زیرمعیارهای گروه اجتماعی

جدول۴ : وزن زیرمعیارهای گروه اجتماعی

رتبه	وزن	زیرمعیارها	شاخص
۲	۰/۳۲۷۹	کاهش آلودگی صوتی	اجتماعی
۱	۰/۳۵۱۸	افزایش سلامت عمومی افراد	
۳	۰/۳۲۰۳	زیباسازی منظر شهر و ساختمان	

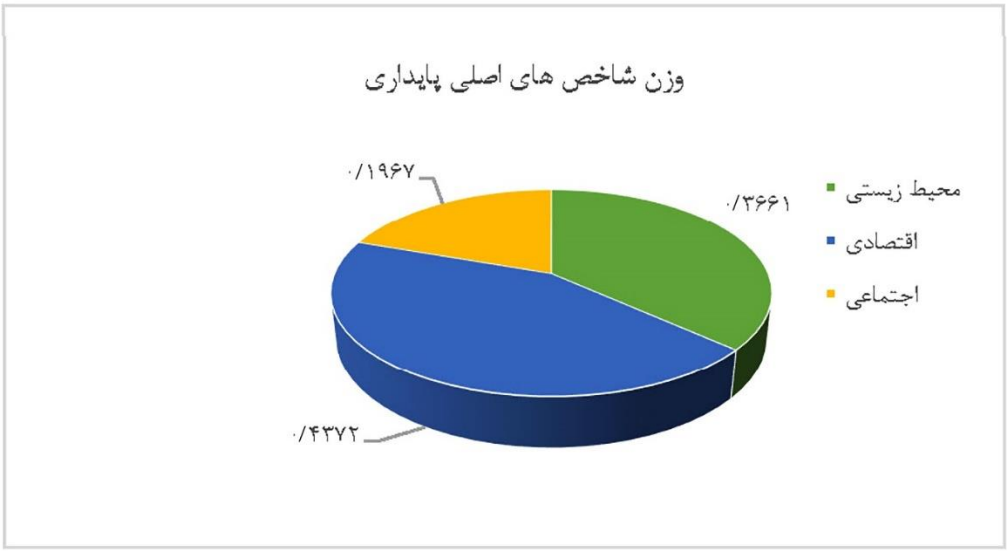
در گروه اجتماعی، ارتقای سلامت عمومی افراد به عنوان مقام اول ارزیابی شد. کاهش آلودگی صوتی و زیباسازی منظر شهر و ساختمان به ترتیب رتبه‌های دوم و سوم را به خود اختصاص دادند.

۳-۶- محاسبه وزن کل زیرمعیارها

در جدول۵ وزن محاسبه شده هر از یک شاخص‌های اصلی و زیرمعیارهای آن در هرگروه و همچنین با در نظر گرفتن کل آنها به همراه رتبه نمایش داده شده است. نتایج بدست آمده در جدول۵ را جهت وضوح بیشتر می‌توان به صورت تصویر در اشکال ۱ تا ۳ مشاهده نمود.

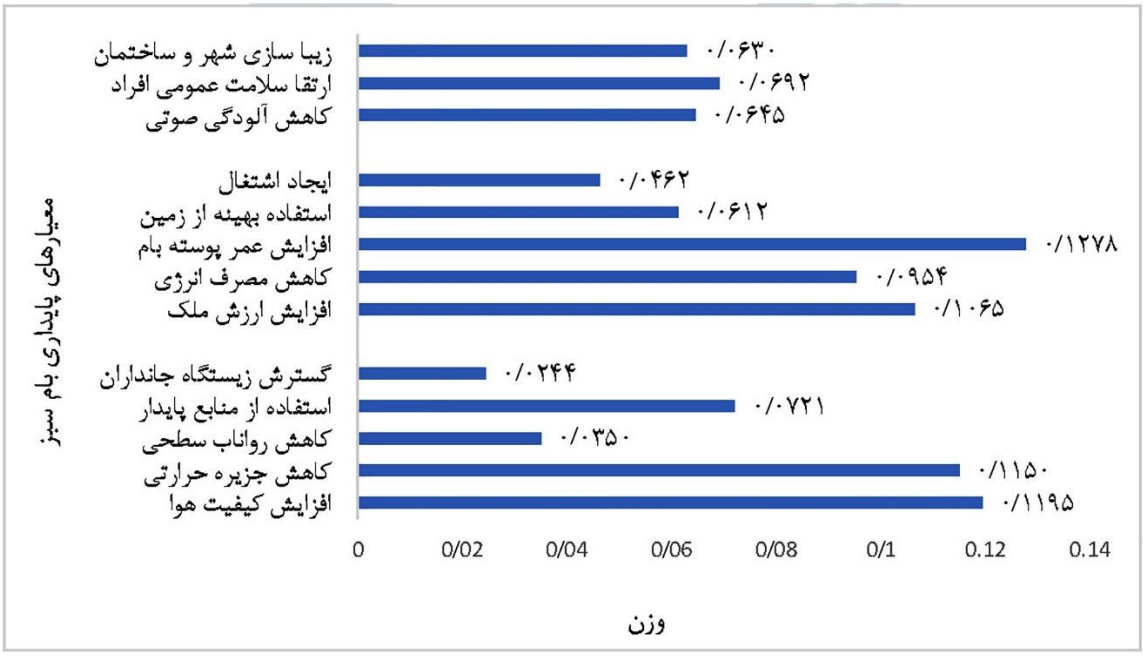
جدول۵ : وزن و رتبه‌بندی زیرمعیارها

رتبه کل	امتیازکل	رتبه گروه	وزن گروه	زیرمعیارها	رتبه	وزن	شاخص
۲	۰/۱۱۹۵	۱	۰/۳۲۶۵	افزایش کیفیت هوا وکاهش آلاینده‌ها			
۳	۰/۱۱۵۰	۲	۰/۳۱۴۱	کاهش جزیره حرارتی و تعدیل دما			
۱۲	۰/۰۳۵۰	۴	۰/۰۹۵۸	مدیریت وکاهش رواناب سطحی	۲	۰/۳۶۶۱	محیط زیستی
۶	۰/۰۷۲۱	۳	۰/۱۹۶۹	استفاده از منابع تجدید پذیر و پایدار			
۱۳	۰/۰۲۴۴	۵	۰/۰۶۶۷	گسترش و تنوع زیستگاه جانداران			
۴	۰/۱۰۶۵	۲	۰/۲۴۳۶	افزایش ارزش ملک			
۵	۰/۰۹۵۴	۳	۰/۲۱۸۳	کاهش مصرف انرژی			
۱	۰/۱۲۷۸	۱	۰/۲۹۲۴	افزایش عمر پوسته بام	۱	۰/۴۳۷۲	اقتصادی
۱۰	۰/۰۶۱۲	۴	۰/۱۳۹۹	استفاده بهینه از زمین			
۱۱	۰/۰۴۶۲	۵	۰/۱۰۵۸	ایجاد اشتغال			
۸	۰/۰۶۴۵	۲	۰/۳۲۷۹	کاهش آلودگی صوتی			
۷	۰/۰۶۹۲	۱	۰/۳۵۱۸	افزایش سلامت عمومی افراد	۳	۰/۱۹۶۷	اجتماعی
۹	۰/۰۶۳۰	۳	۰/۳۲۰۳	زیباسازی منظر شهر و ساختمان			

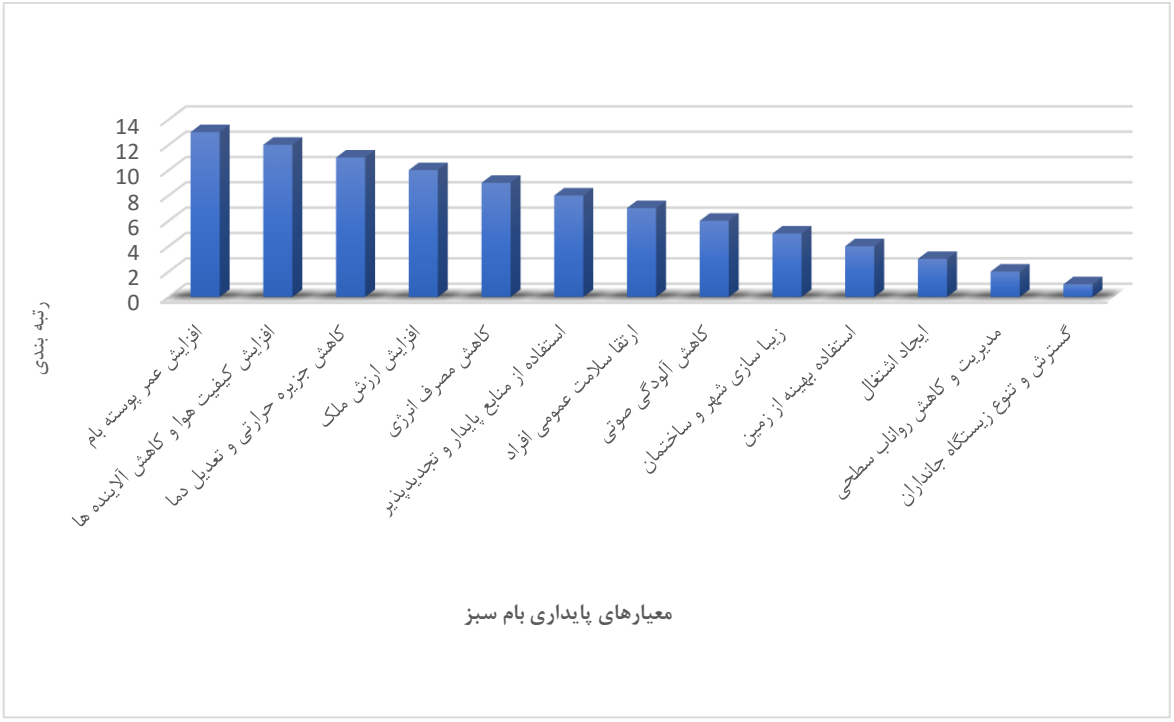


شکل۱ : نمودار نمایش وزن شاخص‌های اصلی بام سبز.

مشاهده شده است که شاخص اقتصادی به عنوان پراهمیت‌ترین، شاخص محیط زیستی در مقام دوم و شاخص اجتماعی در جایگاه سوم به عنوان کم‌اهمیت‌ترین معیار اصلی ارزیابی شده‌اند.



شکل۲ : نمودار نمایش وزن معیارهای پایداری بام سبز.



شکل۳ : نمودار نمایش رتبه‌بندی معیارهای پایداری بام سبز.

از آنجا که شاخص اقتصادی مهمترین عامل پایداری شناخته شد، در رتبه‌بندی کلی نیز افزایش عمر پوسته بام در رتبه نخست قرار گرفت. اهمیت ویژه آن بدین جهت است که عمر طولانی‌تر لایه بام در اثر استفاده از بام سبز هزینه‌های تعمیرات و نگهداری نسبت به بام‌های معمولی را کاهش داده و همچنین از سلب آرامش افراد به دلیل مشکلات اجرایی تعمیرات جلوگیری می‌نماید. افزایش کیفیت هوا و کاهش جزیره حرارتی به ترتیب در جایگاه دوم و سوم با اختلاف کمی از هم قرار گرفتند که نتیجه گرفته شد بام سبز به واسطه داشتن پوشش گیاهی، آلاینده‌های هوا را جذب نموده و انسان را قادر می‌سازد که تنفس بهتر و سالم‌تری در مناطق شهری داشته باشد. همچنین به کمک سایه انداختن روی سطح بام می‌تواند موجب کاهش و تعدیل دما شود. از آنجا که بام سبز قادر است فضای بی‌روح بام را به فضای شاد و مفرح تبدیل کند یک گزینه مثبت در ساختمان تلقی شده که می‌تواند نقش مؤثری در افزایش ارزش ملک ایفا کند و باعث شود نسبت به ساختمانی که از این گزینه بی‌بهره است بیشتر و یا حداقل زودتر فروخته شود. با توجه به این که شهر مشهد در تابستان‌ها گرم و در زمستان‌ها سرد می‌باشد بام سبز می‌تواند در سرد و گرم نگه داشتن ساختمان در فصول مختلف اثر مثبتی بجای گذارد و موجب کاهش مصرف انرژی‌های مختلف نظیر برق و گاز شود که در رتبه پنجم به چشم خورده است. با استفاده از بام سبز می‌توان از اتلاف و هدررفت مصالح ساختمانی ممانعت کرد زیرا در ایجاد آن از مواد قابل بازیافت استفاده می‌شود که پس از هرگونه خدمات تعمیر و نگهداری می‌توان آنها را به چرخه طبیعت بازگرداند. این در حالی است که در بام‌های معمولی خاصیت تجدیدپذیری مصالح وجود ندارد. لذا استفاده از منابع پایدار و تجدیدپذیر در مقام ششم و مقدم بر هفت زیرمعیار دیگر جای گرفت و نشان از آن دارد که خبرگان در مسیر توسعه پایدار شهری و استفاده بهینه از منابع توجه ویژه‌ای مبذول داشته‌اند. رتبه هفتم به ارتقای سلامت عمومی افراد اختصاص یافت زیرا بام سبز به دلیل فضایی که برای ساکنین ایجاد می‌کند می‌تواند به ایجاد آرامش و سلامت جسمی و روحی افراد کمک نموده و باعث افزایش محدوده عمر انسان‌ها شود. این موضوع حکایت از صحت اصل پایدار داشت که علاوه بر زمینه‌های محیط زیستی و اقتصادی بر روی سلامتی و نشاط افراد که جنبه اجتماعی دارد نیز تأکید دارد. در کلان‌شهرها به دلیل افزایش ترددها و شلوغی معابر، خطوط هوایی پرترافیک تحرکات زیاد، آلودگی صوتی مضاعفی ثبت شده است. بدین جهت کاهش آلودگی صوتی در رتبه هشتم و بلافاصله پس از معیار افزایش سلامت عمومی قرار گرفت زیرا آلودگی صوتی رابطه مستقیم با برهم خوردن اعصاب و روان و آرامش انسان‌ها دارد. جایگاه نهم به نقش بام سبز درخصوص زیباسازی منظر شهر و ساختمان اختصاص یافت. قطعاً ایجاد فضای سبز و مفرح به همراه برخی امکانات روی بام، فضایی دلنشین و مملو از گل‌ها و درختچه‌های مختلف ایجاد می‌نماید و بدین ترتیب بستر و مقدمات زیباسازی ساختمان و همچنین شهرها را فراهم می‌کند به گونه‌ای که برای انسان‌ها چشم نواز می‌شود. با ایجاد بام‌های سبز در ساختمان‌ها علاوه بر بعد تفریحی می‌توان به پرورش انواع گیاهان خاص و بومی و همچنین کشاورزی و حصول میوه‌های ارگانیک پرداخت. همچنین به عنوان فضایی اضافه به صورت عمومی و خصوصی مورد استفاده است. بدین ترتیب از فضای بدون استفاده بام می‌توان به نحو مناسب بهره‌برداری نمود که با عنوان استفاده بهینه از زمین در جایگاه دهم رتبه بندی شده است. تکنولوژی بام سبز در مراحل مختلف اعم از طراحی، اجرا و نظارت در زمان ساخت و همچنین انجام کارهای کشاورزی و باغبانی به همراه خدمات تعمیر و نگهداری طی سال‌های بهره‌برداری می‌تواند به رشد و توسعه اشتغال کمک شایانی داشته باشد. ایجاد اشتغال به عنوان اولویت یازدهم احتمالاً به این دلیل بوده است که استفاده از تکنولوژی بام سبز هنوز در کلان‌شهر مشهد نوپا بوده و گسترش زیادی پیدا نکرده است. همچنین تا به حال نگاه تخصصی به مراحل ساخت و بهره برداری آن نشده است و لذا سطح آگاهی نسبت به این مقوله پایین به نظر می‌رسد. مدیریت رواناب‌های سطحی ناشی از نزولات جوی یکی از مزایای بام سبز است که در کلان‌شهر مشهد به دلیل دارا بودن اقلیم گرم و خشک و بارندگی نسبتاً کم نتوانسته است در نظرات خبرگان بزرگ و مهم جلوه پیدا کند و در مقام دوازدهم جای گرفت. رتبه سیزدهم به گسترش زیستگاه جانداران تعلق گرفته است زیرا بام‌های سبز به علت ایجاد پوشش گیاهی می‌توانند به وسعت حیات‌وحش که به واسطه ساختمان‌سازی محدود شده است کمک کرده و زیستگاهی مناسب برای پرندگان و جانداران مهیا سازند.

۴- نتیجه گیری و بحث

یکی از مهمترین مواردی که در سال‌های اخیر ذهن مدیران شهری را درگیر خود نموده است موضوع فضای سبز شهری می‌باشد. با توجه به ساخت و سازهای رو به افزایش و کاهش فضاهای سبز، نیاز به استفاده از روش‌های جدید جهت تامین فضای سبز شهری ضروری به نظر می‌رسد. یکی از این روش‌ها که در سطح دنیا مورد استفاده قرار گرفته است استفاده از بام سبز می‌باشد. بام سبز به عنوان یک

فناوری نوین می‌تواند در جهت سوق دادن کلان‌شهرها به سمت پایداری شهری مفید واقع شود. همچنین بنا به محاسن بی‌شماری که دارد استفاده از آن کاملاً موجه و منطقی بوده و شایسته است که رشد و توسعه این تکنولوژی سبز مورد عنایت و توجه تصمیم‌گیران پروژه‌ها قرارگیرد. در این تحقیق شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر در توسعه بام سبز مورد بررسی قرار گرفت. از آنجا که ساختمان‌های مسکونی عموماً سطح زیادی را در شهرهای بزرگ اشغال نموده و اجرای بام سبز در آنها می‌تواند بسیار مثبت و مؤثر واقع شود در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفتند. در حقیقت این تحقیق صرفاً ساختمانهای مسکونی را مد نظر قرار داده است و در تحقیقات آتی می‌توان ساختمان‌های دولتی ، صنعتی و کاربری‌های دیگر را نیز در نظر گرفت. محدودیت دیگر این تحقیق شهر مشهد با شرایط آب و هوایی گرم و خشک است که می‌توان شرایط کوهستانی یا اقلیم معتدل و مرطوب در شهرهای دیگر ایران را نیز در آینده مورد مطالعه و بررسی قرار داد. توجه به این نکته ضرورت دارد که به منظور طراحی و انتخاب گونه مناسب و بهینه بام سبز برای هر شهر، بایستی ابتدا معیارهای پراهمیت بر اساس شرایط و نظرات خبرگان در آن منطقه اولویت‌بندی شود. بدین جهت پس از شناسایی و گروه‌بندی معیارها، رتبه‌بندی آنها با استفاده از روش بهترین-بدترین در شهر مشهد صورت پذیرفت تا مسیر و اطلاعات لازم برای تحقیقات آتی هموار و مهیا گردد. نتایج تحقیق حاضر به ترتیب شماره مشتمل بر ۹ مورد می‌باشد.

۱. درخصوص شناسایی معیارهای مؤثر در توسعه بام سبز می‌توان گفت که شاخص‌های اصلی به سه دسته محیط زیستی، اقتصادی، اجتماعی تقسیم‌بندی شدند. هر یک از این مجموعه‌ها دارای چند زیرمعیار هستند.

۲. گروه محیط زیستی شامل پنج زیرمعیار افزایش کیفیت هوا و کاهش آلاینده‌ها، کاهش پدیده جزیره حرارتی و تعدیل دما، مدیریت و کاهش رواناب‌های سطحی، استفاده از منابع پایدار و تجدیدپذیر، گسترش و تنوع زیستگاه جانداران می‌باشد.

۳. در گروه اقتصادی پنج زیرمعیار افزایش ارزش ملک، کاهش مصرف انرژی، افزایش عمر پوسته بام، استفاده بهینه از زمین، ایجاد اشتغال قرار دارند.

۴. گروه اجتماعی مشتمل بر سه زیرمعیار کاهش آلودگی صوتی، ارتقای سلامت عمومی افراد، کمک به زیباسازی منظر شهر و ساختمان است .

۵. درخصوص اولویت‌بندی معیارهای مؤثر در توسعه بام سبز با توجه به تحلیل و آنالیز صورت گرفته این‌گونه مشاهده شد که درگروه اصلی، شاخص اقتصادی در رتبه اول، شاخص محیط زیستی در جایگاه دوم و شاخص اجتماعی در مقام سوم قرار گرفته است. بنابراین اقتصاد و زیرمعیارهای آن بایستی در صدر توجه باشند تا با تقویت آنها بتوان تصمیم‌گیران پروژه‌های ساختمانی را توجیه و تشویق نمود که هرچه بیشتر از بام سبز استفاده نمایند. بنابراین در صورتی که مدیران شهری به صورت جدی پیگیر افزایش سرانه فضای سبز شهری هستند بایستی از طرق مختلف در جهت تشویق سازندگان به این امر اقدام نمایند.

۶. در گروه محیط زیستی، مهمترین معیار افزایش کیفیت هوا و کاهش آلاینده‌ها بوده و به دنبال آن کاهش پدیده جزیره حرارتی و تعدیل دما در مقام دوم جای گرفته است که نشان از آن دارد که دغدغه‌های هوایی و اقلیمی از اهمیت والایی برخودار هستند و معیار بسیار قابل توجهی در جهت توسعه استفاده از بام سبز می‌باشند. استفاده از منابع پایدار در جایگاه سوم قرارگرفته و گواه بر آن است که اقبال و توجه لازم به مقوله پایداری وجود دارد. مدیریت و کاهش رواناب‌های سطحی به عنوان معیار چهارم می‌باشد وکم اهمیت-ترین معیار به گسترش و تنوع زیستگاه جانداران اختصاص پیدا نموده است .

۷. درگروه اقتصادی، افزایش عمر پوسته بام به عنوان معیار نخست شناخته شده است. بدون شک اطمینان از عدم نیاز به مرمت یا تعویض زود هنگام لایه بام در دوران بهره برداری می‌تواند آسودگی خاطر برای ساکنین و همچنین سازندگان را فراهم نموده و بنابراین به عنوان عاملی محسوس برای ذینفعان می‌تواند مشوقی جذاب قلمداد شود. افزایش ارزش ملک در رتبه دوم گروه قرار گرفته است زیرا ایجاد امنیت اقتصادی در زمان تولید و نیز بهره برداری برای ذینفعان خوشایند و مطلوب می‌باشد. کاهش مصرف انرژی به دلیل محدودیت‌های تولید انرژی و هزینه‌های آن به عنوان یک دغدغه عمومی در رتبه سوم جای گرفته است. استفاده بهینه از زمین

در مقام چهارم و پنجمین جایگاه نیز به ایجاد اشتغال تعلق یافته است که مشخص می‌کند نسبت به معیارهای دیگر گروه از اهمیت کمتری برخوردار هستند.

۸. درگروه اجتماعی، پراهمیت‌ترین معیار افزایش سلامت عمومی افراد ارزیابی شده است و حکایت از آن دارد که رشد و توسعه شهری بدون در نظر گرفتن تندرستی شهروندان جایگاه و منزلتی ندارد. کاهش آلودگی صوتی که منجر به آرامش روانی و اعصاب افراد می‌شود در جایگاه دوم قرار گرفته و پس از آن آخرین معیار گروه به زیباسازی منظر شهری و ساختمان به عنوان چشم‌اندازی سبز و نشاط آور برای عموم مردم اختصاص یافته است.

۹. در پایان، با در نظر گرفتن کل زیرمعیارها این گونه نتیجه گرفته شد که اولویت نخست به افزایش عمر پوسته بام، دوم افزایش کیفیت هوا و کاهش آلاینده‌ها، سوم کاهش پدیده جزیره حرارتی و تعدیل دما، چهارم افزایش ارزش ملک، پنجم کاهش مصرف انرژی، ششم استفاده از منابع پایدار و تجدیدپذیر، هفتم ارتقای سلامت عمومی افراد، هشتم کاهش آلودگی صوتی، نهم زیباسازی منظر شهر و ساختمان، دهم استفاده بهینه از زمین، یازدهم ایجاد اشتغال، دوازدهم مدیریت وکاهش رواناب‌های سطحی و آخرین اولویت به گسترش و تنوع زیستگاه جانداران اختصاص یافته است .

مراجع

[1] Karteris, M. Theodoridou, I. Mallinis, G. Tsiros, E. and Karteris, A. (2016). Towards a green sustainable strategy for Mediterranean cities: Assessing the benefits of large-scale green roofs implementation in Thessaloniki, Northern Greece, using environmental modelling, GIS and very high spatial resolution remote sensing data. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *58*, 510-525. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.098.

[2] Wu, J. (2014). Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. *Landscape and urban planning*, *125*, 209-221. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.018.

[3] Refahi, A. H. and Talkhabi, H. (2015). Investigating the effective factors on the reduction of energy consumption in residential buildings with green roofs. *Renewable Energy*, *80*, 595-603. https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.02.030.

[4] Vijayaraghavan, K. (2016). Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and sustainable energy reviews*, *57*, 740-752. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.119.

[5] Sangkakool, T. Techato, K. Zaman, R. and Brudermann, T. (2018). Prospects of green roofs in urban Thailand–A multi-criteria decision analysis. *Journal of cleaner production*, *196*, 400-410. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.060.

[6] Guzmán-Sánchez, S. Jato-Espino, D. Lombillo, I. and Diaz-Sarachaga, J. M. (2018). Assessment of the contributions of different flat roof types to achieving sustainable development. *Building and Environment*, *141*, 182-192. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.05.063.

[7] Mahdiyar, A. Tabatabaee, S. Durdyev, S. Ismail, S. Abdullah, A. and Rani, W.N.M.W.M. (2019). A prototype decision support system for green roof type selection: A cybernetic fuzzy ANP method. *Sustainable cities and society*, *48*, p.101532. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101532.

[8] Rosasco, P. and Perini, K. (2019). Selection of (green) roof systems: A sustainability-based multicriteria analysis. *Buildings*, *9*(5), p.134. https://doi.org/10.3390/buildings9050134.

[9] Rowe, B. (2018). Chapter 3.5 - Green roofs for pollutants' reduction. In: *Nature based strategies for urban and building sustainability*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 141-148. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00013-6.

[10] Whittinghill, L. J. Rowe, D. B. Schutzki, R. and Cregg, B. M. (2014). Quantifying carbon sequestration of various green roof and ornamental landscape systems. *Landscape and Urban Planning*, *123*, 41-48. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.015.

[11] Palla, A. and Gnecco, I. (2018). Chapter 3.11 - Green Roofs to Improve Water Management. In: *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 203-213. https:// doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00019-7.

[12] Coma, J. Pérez, G. Cabeza, L.F. (2018). Chapter 4.8 - Life Cycle Assessment of Green Roofs. In: *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 341–351. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00010-0.

[13] Eakin, C. J. Campa III, H. Linden, D. W. Roloff, G. J. Rowe, D. B. and Westphal, J. (2015). Avian response to green roofs in urban landscapes in the Midwestern USA. Wildlife Society Bulletin, 39(3), 574-582. https://doi.org/10.1002/wsb.566.

[14] Kahn, M. E. and Kok, N. (2014). The capitalization of green labels in the California housing market. *Regional Science and Urban Economics*, *47*, 25-34. https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2013.07.001.
[15] Giulio, R.D. (2007). *Manuale di manutenzione edilizia.* In*: Valutazione del Degrado e Programmazione della Manutenzione.* 3rd ed. Rimini: Maggioli Editore.
[16] Mahdiyar, A. Tabatabaee, S. Abdullah, A. and Marto, A. (2018). Identifying and assessing the critical criteria affecting decision-making for green roof type selection. *Sustainable cities andsociety*, *39*, 772-783. https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.03.007.
[17] Baker, L. de Zeeuw, H. (2015). *Cities and agriculture*. In*: Developing resilient urban food systems*. New York and London: Routledge, 26–55.
[18] Connelly, M. and Hodgson, M. (2015). Experimental investigation of the sound absorption characteristics of vegetated roofs. *Building and Environment*, *92*, 335-346. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.04.023.
[19] Sabbion, P. (2018). Green streets social and aesthetic aspects. In: *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 283-290. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00026-4.
[20] Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, *53*, 49-57. https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009.
[21] Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*, *64*, 126-130. https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.12.001.
[22] Zolfani, S. H. and Chatterjee, P. (2019). Comparative evaluation of sustainable design based on Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) and Best Worst Method (BWM) methods: a perspective on household furnishing materials. *Symmetry*, *11*(1), 74. https://doi.org/10.3390/sym11010074.
[23] Rezaei, J. van Roekel, W. S. and Tavasszy, L. (2018). Measuring the relative importance of the logistics performance index indicators using Best Worst Method. *Transport Policy*, *68*, 158-169. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.05.007.
[24] Tavasszy, L. van de Kaa, G. and Liu, W. (2020). Importance of freight mode choice criteria: An MCDA approach. *Journal of Supply Chain Management Science*, *1*(1-2), 27-44. https://doi.org/10.18757/jscms.2020.4651.
[25] Singh, A. Asjad, M. Gupta, P. Khan, Z. A. and Siddiquee, A. N. (2021). Measuring the Relative Importance of Reconfigurable Manufacturing System (RMS) Using Best–Worst Method (BWM). In: *Advances in Electromechanical Technologies.* Singapore: Springer, 253-275. https://doi.org /10.1007/978-981-15-5463-6_24.
[26] Kaushik, V. Kumar, A. Gupta, H. and Dixit, G. (2020). Modelling and prioritizing the factors for online apparel return using BWM approach. *Electronic Commerce Research*, 1-31. https://doi.org/10.1007/s10660-020-09406-3.
[27] Ecer, F. (2021). Sustainability assessment of existing onshore wind plants in the context of triple bottom line: a best-worst method (BWM) based MCDM framework. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(16), 19677-19693. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11940-4.