Journal of Safe City
Online ISSN: 2676-556X

Journal Homepage: www.ispdrc.ir

Research Paper

Assessment of Urban Green Space Arrangements to Reduce Explosion Impacts on Buildings

Ali Bitarafan[1]*, Seyed Bagher Hosseini[2], Gholamreza Jalali[3], Seyed Abbas Yazdanfar[2], Saeed Norouzian[4]

[1] M.Sc. in Housing Architecture, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
[2] Associate Professor, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
[3] Assistant Professor, National Defense University, Tehran, Iran
[4] Assistant Professor, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

ispdrc.2022.254405/10.22034

ARTICLEINFO

Keywords:
Urban Green Space
Passive Defense
Explosion
Building

Received:
31 December 2021
Accepted:
10 May 2022

ABSTRACT

The most important stage in urban green space planning and design is the pursuit of sustainable development and the enhancement of green space efficiency. For this reason, contemporary urban green spaces are increasingly designed to be multifunctional. In this context, one of the overlooked functions of urban green spaces is their defensive role, particularly the capacity of vegetation to protect critical urban buildings and even public spaces against accidental or deliberate explosions, including terrorist attacks.

In this research, a library-based study was first conducted to collect relevant materials. Subsequently, in order to incorporate expert opinion, a questionnaire was developed for a panel of 26 experts to weight the influential criteria and to score each of the alternatives. The collected data were analyzed using the SWARA method to determine the relative importance and weights of the criteria, and finally, the COPRAS method was applied to evaluate different tree arrangement patterns.

The results indicate that the dense arrangement of trees is the most effective layout for mitigating blast impacts on buildings, followed by the topographic arrangement. In contrast, vertical and linear arrangements were identified as the least effective layouts for reducing the destructive effects of explosions on buildings.

***Corresponding author: ali.bitarafn@gmail.com**

Extended Abstract

Introduction

Urban security and the reduction of vulnerability of critical infrastructures against man-made threats—particularly accidental or deliberate explosions—have gained increasing importance in recent decades. With rapid urbanization and the growing density of populations in metropolitan areas, urban design and planning with a passive defense approach has become an essential priority in the fields of architecture and urban management. Within this context, urban green spaces represent a vital layer of the city fabric with a dual role: on the one hand, they provide environmental and social benefits such as air purification, noise reduction, landscape enhancement, psychological well-being, and microclimatic regulation; on the other hand, they can act as natural shields against physical threats such as blast waves and explosion impacts.

Unlike the vast number of studies that focus on the environmental and recreational functions of green spaces, fewer investigations have examined their defensive and protective capacities in urban safety planning. The present study addresses this gap by evaluating different tree arrangement patterns in urban green spaces to identify the most effective layout for mitigating the impacts of explosions on buildings. The novelty of this research lies in linking landscape design and passive defense principles, providing practical insights for urban managers, landscape architects, and safety planners**.**

Methodology

This study is applied and developmental in nature, employing a descriptive-survey approach. Initially, through a comprehensive literature review, key criteria related to tree arrangements were identified. Subsequently, expert judgment was sought to prioritize these criteria and assess alternative layouts. A total of 26 experts participated, representing fields such as architecture, urban planning, civil engineering, environmental science, urban management, and passive defense.

The research instrument was a two-part questionnaire: the first part focused on ranking the relative importance of criteria, while the second part evaluated alternative tree layouts based on these criteria. The four main criteria were defined as follows:

Resistance against explosion (C1)

Visual concealment (C2)

Fire spread potential (C3)

Economic considerations (C4)

To analyze the collected data, two multi-criteria decision-making (MCDM) methods were applied:

SWARA (Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis) was used to determine the weights and prioritize the criteria based on expert judgment.

COPRAS (Complex Proportional Assessment) was then employed to rank six alternative tree arrangements: linear, irregular, dense, vertical, zigzag, and topographic-based layouts.

SWARA was selected for its simplicity and capacity to incorporate expert knowledge in weighting, while COPRAS enabled a comparative assessment of alternatives considering both beneficial and non-beneficial criteria**.**

Discussion

The SWARA analysis revealed that “resistance against explosion” (C1) is the most significant criterion, accounting for approximately 40% of the total weight. This highlights the primacy of protective functions in the context of urban security. The second most important criterion was “fire spread” (C3) with about 29%, followed by “visual concealment” (C2) at 20% and “economic considerations” (C4) at 11%. Clearly, safety-related factors outweigh aesthetic or cost-related aspects when green space is designed for protective purposes.

Subsequent evaluation using COPRAS ranked the tree arrangements based on their effectiveness in mitigating explosion impacts. The results indicated that the dense arrangement achieved the highest score (21.1%), making it the most effective option for reducing blast effects on buildings. Its superiority is attributed to its ability to absorb and attenuate blast waves through compact vegetation layers. The topographic arrangement (17.5%) ranked second, benefitting from the synergy of vegetation with natural landforms that help disperse shockwaves.

Irregular (16.4%) and zigzag (16.1%) layouts performed moderately, providing partial deflection

of blast energy but lacking the efficiency of dense vegetation. In contrast, the vertical (14.4%) and linear (14.1%) patterns scored the lowest, as their sparse coverage allows shockwaves to pass through with minimal resistance.

These findings align with international research, such as FEMA guidelines on secure site and urban design, which emphasize the role of landscaping and vegetation density in blast mitigation. They also support ecological studies highlighting the multifunctionality of urban green spaces when integrated into broader safety strategies**.**

Results

The main outcomes of this research can be summarized as follows:

- Resistance against explosion is the dominant criterion in tree arrangement for urban safety, followed by fire spread, visual concealment, and cost.
- Dense tree arrangement is the most effective strategy for mitigating blast impacts on buildings.
- Topographic-based arrangements also provide strong protection and can serve as a practical complementary strategy.
- Irregular and zigzag patterns are acceptable alternatives but less efficient.
- Vertical and linear layouts are the least effective and are not recommended for protective urban design.

Overall, the study underscores the necessity of rethinking urban green space planning from a security-oriented perspective. Designing dense vegetation buffers around sensitive and critical urban facilities, integrating them with topographic features, and aligning them with other passive defense measures can significantly reduce urban vulnerability to blast hazards. Such approaches not only enhance security but also strengthen the multifunctional role of green spaces, contributing to resilient, safe, and sustainable cities.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific advisors and participants in the research.

نشریه‌ی علمی-پژوهشی شهر ایمن
JOURNAL OF RESILIENT CITY
(JRC)

ارزیابی انواع چیدمان فضاهای سبز شهری جهت کاهش اثرات انفجار بر ساختمان ها

علی بیطرفان[1*]؛ سید باقر حسینی [2]؛ غلامرضا جلالی [3]؛ سید عباس یزدانفر[2]؛ سعید نوروزیان[4]

۱- کارشناسی ارشد معماری مسکن دانشگاه علم و صنعت ایران
۲- دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران
۳- استادیار دانشگاه عالی دفاع ملی
۴- استادیار دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی

دریافت دست‌نوشته: ۱۴۰۰/۱۰/۱۰؛ پذیرش دست‌نوشته: ۱۴۰۱/۰۲/۲۰

واژگان کلیدی

فضای سبز شهری،
پدافند غیرعامل،
انفجار، ساختمان

چکیده

مهم‌ترین مرحله در برنامه‌ریزی و طراحی فضای سبز شهری توسعه پایدار و ارتقای بهره‌وری فضاهای سبز شهر است. به همین منظور است که امروزه فضاهای سبز شهری را چندعملکردی طراحی می‌کنند. در همین راستا، یکی از کارکردهای مغفول فضاهای سبز شهری، کاربرد¬های دفاعی گیاهان در قالب حفاظت از ساختمان‌های کلیدی شهر و حتی فضاهای عمومی در برابر انفجارهای تصادفی و عمدی از جمله حملات تروریستی می‌باشد. در این تحقیق ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه ای به جمع آوری مطالب مرتبط با این زمینه پرداخته شد و به منظور کسب نظر سنجی از جامعه خبرگان، متشکل از ۲۶ نفر، پرسشنامه‌ای جهت وزن دهی به شاخص‌های موثر و همچنین امتیاز دهی به هر یک از گزینه ها، فراهم گردید. در ادامه با استفاده از روش *SWARA* نظر خبرگان تحلیل شده و میزان اهمیت و وزن هر یک از شاخص‌های تاثیرگذار بدست آمده و در نهایت با استفاده از روش *COPRAS*، انواع چیدمان درختان بررسی شده است. نتایج نشان می دهد که بهترین چیدمان درختان برای کاهش اثرات انفجار بر ساختمان ها، چیدمان متراکم بوده و بعد از آن چیدمان توپوگرافی منطقه بوده است. چیدمان های عمودی و خطی به عنوان بدترین چیدمان ها برای کاهش اثرات انفجار بر ساختمان ها، شناخته شده اند.

۱- پیش‌گفتار

پرداختن به امنیت شهرها با توجه به اهمیت محیط های شهری در جنگ های اخیر بیش از پیش ضرورت پیدا کرده است. شهر به عنوان مرکز تجمع افراد غیرنظامی و تاسیسات و تجهیزات ضروری در ادامه حیات انسان در جنگ‌های امروزی نقش تعیین کننده ای دارد. لایهٔ سبز شهر به عنوان یکی از لایه های با اهمیتِ تشکیل دهنده شهر می تواند در تشکیل شهری ایمن و پایدار در برابر تهدیدات انسان ساخت و تهدیدات طبیعی کاربردهای فراوانی داشته باشد. لایه سبز شهر یا فضاهای سبز شهر متشکل از عناصر گیاهی متنوعی مانند گیاهان پوششی (مثل چمن)، انواع بوته ها، انواع درختچه ها و انواع درختان است که با توجه به هدف طراح می¬تواند کاربردهای متنوعی داشته باشند (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۴). کاربرد های متنوع در قرن اخیر از گیاهان و درختان درکنترل و کاهش فرسایش بادی و آبی و تثبیت خاک، کاهش آلودگی های صوتی و صداهای مزاحم، کاهش آلودگی هوا و پالایش ذرات آلوده کننده محیط،کنترل انعکاس نورهای مزاحم در خیابانها از جمله ویژگی های کاربردی گیاهان است (بزازی و همکاران، ۱۳۹۷).

مهم‌ترین مرحله در برنامه‌ریزی و طراحی فضای سبز

* دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران - رایانامه: ali.bitarafn@gmail.com

شهری توسعه پایدار و ارتقای بهره‌وری فضاهای سبز شهر است که باید سرلوحه سیاست‌گذاری‌ها قرار گیرد. به همین منظور است که امروزه فضاهای سبز شهری را چندعملکردی طراحی می‌کنند. در همین راستا، یکی از کارکردهای مغفول فضاهای سبز شهری، کاربردهای دفاعی گیاهان در قالب حفاظت از ساختمان¬های کلیدی شهر و حتی فضاهای عمومی در برابر انفجارهای تصادفی و عمدی از جمله حملات تروریستی می¬باشد. استفاده از عناصر گیاهی در مراکز حیاتی و حساس شهر و به طور کلی در پیکره شهر موجب افزایش پایداری و کاهش آسیب پذیری در برابر انواع تهدیدات اعم از طبیعی و انسان ساخت می¬شود. بنابراین در این تحقیق سعی بر آن است که ابتدا معیارهای اثرگذار در نوع چیدمان درختان اولویت بندی شده و سپس گزینه های موجود با توجه به معیارهای انتخاب شده ارزیابی شده و بهترین چیدمان برای کاهش اثر انفجار بر ساختمان¬ها مشخص گردد.

می توان گفت در تمام تحقیقات گذشته بیشتر به بحث فضای سبز از نظر محیط زیست، طراحی، اثرات آن بر شهرها و از این قبیل موضوعات پرداخته شده است. به عنوان نمونه، *Huang* و همکاران (*2009*) تحقیقی در زمینه مدیریت یکپارچه فضای سبز شهری انجام داده است. در این تحقیق، مدیریت یکپارچه به عنوان مکانیزم موثر بر مدیریت منابع طبیعی معرفی شده است. علاوه بر این، مطالعه موردی برای گوانگژو چین انجام شده است. *Threfall* و همکاران (۲۰۱۵) ارزش حفاظتی زیستگاه های فضای سبز شهری را برای کلونی های زنبورهای بومی استرالیا بررسی کرد که نتایج آن بر نیاز ایجاد مناطق شهری در طرح‌های حفاظت از گرده‌افشانی تاکید دارد، زیرا فراهم کردن منابع حیاتی برای کلونی های مختلف زنبور عسل می‌تواند به حفظ این گرده‌افشانی ها در مناظر شهری کمک کند. چن و هو(*2015*) با موضوع «تولید طبیعت برای مردم: شهرنشینی مبتنی بر زمین و تأمین فضای سبز عمومی در چین»، تحلیل داده های پانلی از تأمین فضاهای سبز عمومی در ۲۸۵ شهر چین ارائه کرد و یک رابطه منفی بین قیمت زمین و میزان فضاهای سبز عمومی شهری ارائه کرده است. علاوه بر این، *Zhang* و همکاران (*2015*) تحقیقی در مورد تأثیر تغییرات فضای سبز شهری بر نقش کاهش روان آب باران در پکن انجام داد که نتایج آن نشان داد که مساحت فضای سبز به میزان ۱۹۹ کیلومتر مربع کاهش یافته و از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ تفکیک شده است. همچنین، میزان رواناب با تغییر پوشش زمین ۶ درصد کاهش یافته است، بنابراین فضای سبز با *LPI* و *AI* بزرگتر برای کاهش خطر سیل مناسب است. مقاله دیگری به ارزیابی ظرفیت مشارکت های فضای سبز در انگلستان، میزان ظرفیت گروه‌ها در مشارکت‌های بین‌بخشی برای پایداری فضای سبز، یا مدیریت پاسخگوی بلندمدت می پردازد (*Mathers et al. 2015*). این مقاله در مورد داده های جمع آوری شده در مورد نه مشارکت بین بخشی در شفیلد، هاکنی و استاکتون-آن-تیس گزارش داده است.

برخی از تحقیقات بر روی تأثیر الگوی فضای سبز بر دما متمرکز شده اند. *Maimaitiyiming* و همکاران (*2014*) در مورد اثرات الگوی فضای سبز بر دمای سطح زمین تحقیق کرد و مفاهیمی را برای برنامه ریزی شهری پایدار و سازگاری با تغییرات آب و هوایی ارائه کرد. نتایج این مطالعه می‌تواند درک ما را از رابطه بین *LST* و درختان خیابانی و پوشش گیاهی گسترش دهد و بینش‌هایی را برای برنامه‌ریزی و مدیریت شهری پایدار تحت شرایط آب و هوایی در حال تغییر ارائه دهد.

یکی از تحقیقات اخیر که در مورد درختان فضای سبز است، مقاله ای با عنوان "درختان رفاهی و ساختار فضای سبز در سکونتگاه های شهری *Kigali*، *Rwanda*" توسط *Seburanga* و همکاران است (*2014*) که نتایج آن نشان می دهد، درختان خیابانی و باغ‌های سازمانی طراحی‌شده‌ترین لایه فضای سبز هستند و هم توزیع و هم ترکیب گونه‌ها در باغ‌ها مبتنی بر اقتصادی-اجتماعی است. به عنوان مثال، درختان خرما از ویژگی های محله های مرفه، در حالی که میوه های زینتی مانند *Psidium guajava* و *Persea americana* در سکونتگاه های پراکنده و غیررسمی رایج بودند.

Zhang و همکاران (*2013*) در مورد درک منظره و نیازهای تفریحی در فضای سبز شهری در فویانگ، هانگژو، چین تحقیق کرد. هدف از این مطالعه تلاش برای تعیین کمیت نیازهای تفریحی مردم در فضای سبز شهری بوده است؛ شناسایی مولفه‌های منظر در فضای سبز شهری که می‌تواند بازدیدهای بیشتر در فضای باز و/یا فعالیت‌های تفریحی بیشتر را ایجاد کند؛ و ارائه پیشنهادات و راهبردهایی در زمینه برنامه

ریزی، مدیریت و حفاظت از فضای سبز شهری تفریحی که با بهبود کیفیت زیبایی منظر، عملکرد تفریحی و اکولوژیکی، لذت و رفاه مردم را افزایش می دهد. تحقیق دیگری که به صورت موردی می باشد، «رویکرد پایدار به چیدمان فضای سبز در محیط شهری با تراکم بالا: مطالعه موردی شبه جزیره ماکائو» توسط *Min* و همکاران است (*2011*). بر اساس مطالعه موردی شبه جزیره ماکائو، این مقاله یک رویکرد صحیح برای توسعه فضای سبز شهری در محیط شهری با تراکم بالا را بررسی کرد که می تواند پایداری شهر را افزایش دهد.

از دیگر مقالاتی که می توان به آنها اشاره کرد عبارتند از: " سهم فضاهای سبز شهری در بهبود محیط زیست در شهرها: مطالعه موردی *Chania*، یونان" توسط گئورگی و دیمیترو(*2010*). "ارزیابی کیفیت زیبایی شناختی و عملکردهای چندگانه فضای سبز شهری از دیدگاه کاربران: مطالعه موردی باغ گل هانگژو، چین" توسط *Chen* و همکاران. (*2019*)؛ و " اتخاذ یک دیدگاه اکولوژیکی مدرن از منظر شهری: مورد سیستم فضای سبز برای منطقه شهر نیویورک" توسط *Flores* و همکاران (*1998*).

از کتاب‌های منشر شده در زمینه فضای سبز می توان به "اصول طراحی فضای سبز در محیط های مسکونی" توسط رستم خانی و لقایی(۱۳۹۱) و "مباحثی پیرامون پارک ها، فضای سبز و تفرجگاه ها" توسط مجنونیان (۱۳۷۴) اشاره نمود. با توجه به اینکه در این کتاب ها مباحث مفیدی در رابطه با قابلیت¬های فضای سبز شهری بیان شده است، به عنوان مطالعات پایه بسیار مورد استفاده واقع شده¬اند.¬. معروفی (۱۳۹۰) تحقیقی را با عنوان " راهبردها و اصول طراحی فضای سبز در برابر تهدیدات از منظر پدافند غیر عامل" انجام داده است که در آن به صورت کلی به فضای سبز و معرفی اجمالی برخی از کاربردهای آن پرداخته شده و با استفاده از روش *SWOT* به تحلیل نقاط قوت، ضعف و فرصت های موجود پرداخته است.

Federal Emergency Management Agency (FEMA) حاوی دستورالعمل‌هایی در حوزه طراحی شهری و ساختمان در برابر تهدیدات تروریستی می‌باشد. در بخشی از این مجموعه، روشهایی برای افزایش امنیت ساختمانها به وسیله محوطه سازی بوسیله انواع مبلمان شهری، از جمله گیاهان معرفی شده است. خصوصا در نشریه¬های شماره ۴۲۶،۴۲۷،۴۳۰،۴۵۲.

از دیگر تحقیقات در حوزه طراحی شهری و ساختمان می توان به تحقیقات هاشمی نسب و همکاران(*2019*) در زمینه نمای ساختمان مقاوم در برابر انفجار و بیطرفان و همکاران(*2016*) در حوزه شاخص های معماری ساختمان مقاوم در برابر انفجار، نخعی و همکاران(*2016*) در مورد ساختمان سازگار با پدافند غیرعامل، نخعی و همکاران در حوزه نمای شیشه ای مقاوم در برابر انفجار، پوری رحیم و همکاران (*2013*) در مورد بام ساختمان های در برابر انفجار، نخعی و همکاران (*2015*) در حوزه طراحی فضای امن، بیطرفان و همکاران (*2013*) در مورد طراحی فضای داخلی ساختمان در برابر انفجار، حسینی و همکاران(*2013*) در مورد بازشو مقاوم در برابر انفجار، پوری رحیم و همکاران(*2012*) در مورد ورودی ساختمان های در برابر انفجار و حسینی و همکاران(*2012*)فرم پایه ساختمان ها اشاره نمو.

۲- روش تحقیق

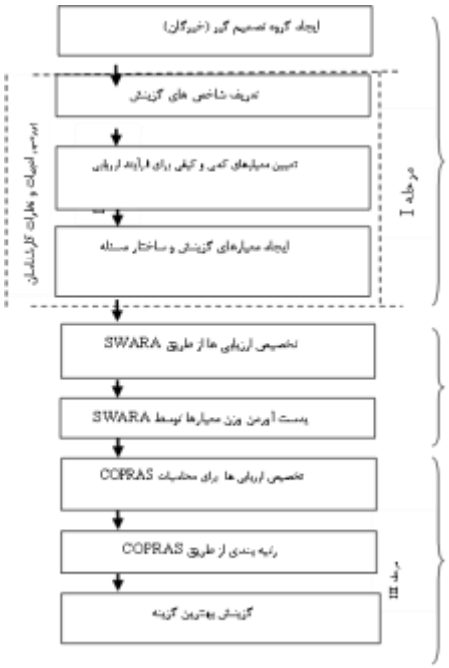
این تحقیق از نظر هدف و محتوا جزء روش های تحقیق کاربردی و توسعه ای می باشد و روش تحقیق از نظر جمع آوری اطلاعات بصورت توصیفی- پیمایشی (دلفی) می باشد. در این تحقیق ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه ای به جمع آوری مطالب مرتبط با این زمینه پرداخته شد و به منظور کسب نظر سنجی از خبرگان، پرسشنامه‌ای جهت وزن دهی به شاخص‌های موثر و همچنین امتیاز دهی به هر یک از روش‌ها در معرض دید ۲۶ فرد خبره که آشنا به زمینه های مربوطه بوده و سایر افراد متخصص قرار گرفت (مطابق جدول۱). پرسشنامه فراهم شده به طور اختصاصی از دو بخش تشکیل شده است. بخش اول به شناسایی اولویت شاخص‌های چیدمان درختان بمنظور کاهش اثرات انفجار بر ساختمان ها می باشد که این معیارها با مرور ادبیات حوزه مورد بحث و اسناد موجود انتخاب گردیده است. این معیارهای اصلی شامل مقاومت در برابر انفجار ($1C$)، کاهش دید بصری ($2C$)، گسترش آتش سوزی ($3C$) و اقتصادی ($4C$) می¬باشند. این معیارهای اصلی بایستی با اعداد ترتیبی براساس درجه اهمیت الویت بندی گردد، به گونه ای که عدد یک نشان دهنده بالاترین اولویت می باشد. سپس به نمره دهی به گزینه‌های موجود، در هر یک از این شاخص¬ها پرداخته شده است. در

واقع این گزینه ها انواع چیدمان درختان می باشد که عبارتند از خطی ($A1$)، نامنظم ($A2$)، متراکم ($A3$)، عمودی ($A4$)، زیگزاک ($A5$) و چیدمان توپوگرافی منطقه ($A6$). مبنای ارزیابی در این قسمت مقایسات کیفی می باشد که نمره ۹ بالاترین نمره و ۱ کمترین نمره است. در ادامه با استفاده از روش *SWARA* نظر خبرگان تحلیل شده و میزان اهمیت و وزن هر یک از شاخص‌های تاثیرگذار بدست آمده است. در نهایت با استفاده از روش *COPRAS*، انواع چیدمان درختان بررسی شده و بهترین چیدمان درختان جهت کاهش اثرات انفجار بر ساختمان ها معرفی شده است.

جدول ۱- آمار جامعه خبرگان

تخصص	سطح تحصیلات	تعدادافراد
عمران	دکتری	۲
معماری	دکتری	۴
شهرسازی	کارشناسی ارشد	۵
محیط زیست	کارشناسی ارشد	۵
پدافند غیرعامل	کارشناسی ارشد	۵
مدیریت شهری	کارشناسی ارشد	۵

در شکل (۱) روند کلی روش تحقیق انجام شده نشان داده شده است.



شکل ۱- الگوریتم فرآیند انتخاب بهترین گزینه

۱-۲- تکنیک SWARA روش تحلیل منطقی ارزیابی وزنی

ارزیابی وزنی، مو ضوع مهمی در بسیاری از مسائل *MADM* می باشد. از جمله روشهای ارزیابی وزنی شناخته شده در مقالات، عبارتند از: روش تحلیل سلسله مراتبی (*Wind and Saaty,* ۱۹۸۰)، روش تحلیل شبکه (*Saaty andVargas,* ۲۰۰۷)، انتروپی (*Shannon,* ۲۰۱۵) و (*Kersuliene and Turskis,* ۲۰۱۴)، فار (*Ginevicius et al.,* ۲۰۱۴) ، سوارا (*Zavadskas et al.,* ۲۰۰۸) و غیره. در میان این روشها، روش سوارا از جمله روشهای جدید می باشد.

در این روش،یک کارشناس نقش مهمی در ارزیابی و محاسبه وزنها بازی می کند. همچنین، هر کارشناس اهمیت هر معیار را انتخاب می کند. سپس، تمامی معیارها از اولین تا آخرین معیاررا رتبه بندی می کند و از معلومات تلویحی و تجربیات خود استفاده می کند. بر اساس این روش، با اهمیت ترین معیاررتبه۱ و کم اهمیت ترین آنها رتبه آخر را کسب می کند. رتبه های کلی بر اساس مقدار میانگین امتیازات توسط گروه کارشناسان تعیین می شود.

توانایی تخمین نظر متخصصان در مورد اهمیت نسبی معیارها در فرآیند تعیین وزنشان، مهمترین المان در این روش می باشد.همچنین این روش برای هماهنگ سازی و جمع آوری داده ها از کارشناسان مناسب است، به علاوه، روش *SWARA* روش پیچیده ای نیست و کارشناس به آسانی می تواند از آسان استفاده کند.مزیت اصلی این روش در تصمیم گیری این است که در بعضی مسائل،اولویتها بر اساس سیاستهای شرکتها یا کشورها تعریف می شوند و نیازی به ارزیابی برای رتبه بندی معیارها نمی باشد.

در دیگر روشها مانند *AHP* یا*ANP* ، مدل براساس معیارها ایجاد می شود وارزیابی کارشناسان بر اولویتها و رتبه ها تاثیر خواهد داشت. بنابراین،*SWARA* در مواردی که اولویتها بر اساس شرایط شناخته می شوند، کاربرد دارد و بالاخره، *SWARA* برای استفاده در محیط ویژه تصمیم گیری پیشنهاد می شود.

2-2 تکنیک COPRAS (ارزیابی نسبی پیچیده)

برای ارزیابی کارایی کلی یک گزینه، شناخت مهمترین

معیارها ضروری است تا بتوان گزینه ها و اطلاعات را بادر نظر گرفتن این معیارها بررسی کرد و روشهای مختلف برای ارزیابی معیارها جهت برآورده کردن نیازهای *DM* گسترش می یابند.تحلیل تصمیم گیری مربوط به موقعیتی است که در آن یک *DM* باید از میان گزینه های مختلف با درنظرگرفتن مجموعه ویژه ای ازمعمولاً معیارهای مغایر،انتخاب شود.به همین دلیل، روش *COPRAS* که توسط زاوادسکاس و همکاران (۲۰۰۸) گسترش یافت، می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در موقعیتهای واقعی بیشتر معیارها برای ارزیابی گزینه ها به شکل مبهم و نه به شکل اعداد دقیق بیان می شوند.

توسعه های اخیرمدلهای تصمیم گیری براساس روش *COPRAS*در زیر فهرست شده است:

- رویکرد ارزیابی تناسبی پیچیده *SWARA* فازی مردد برای انتخاب تامین کننده پایدار *(HF-SWARA-COPRAS) (Rani et al.* ۲۰۲۰)؛
- رویکرد جدید چند معیاره شهودی فازی *SWARA-COPRAS* برای ارزیابی پایداری فرآیند تولید انرژی زیستی (*Mishra et al.* ۲۰۲۰)؛
- رویکرد یکپارچه *SWARA* و *COPRAS* فازی برای رتبه بندی عوامل انتخاب تکنسین های تعمیر و نگهداری (*Ighravwe and Oke,* ۲۰۱۹)؛
- انتخاب مدیر کنترل کیفیت بر اساس روش های *AHP-COPRAS-G:* نمونه موردی در ایران (*Hashemkhani Zolfani et al.* ۲۰۱۲)؛
- ارزیابی روش های ساخت سازه های فولادی نورد سرد در بازسازی مناطق آسیب دیده در بحران های طبیعی با استفاده از روش های *AHP* و *COPRAS-G (Bitarafan et al.* ۲۰۱۲)؛

۳- نتیجه‌گیری

در این بخش، ابتدا به بیان نتایج حاصل از روش *SWARA* پرداخته شده که در آن به اولویت بندی شاخص¬های چیدمان درختان برای کاهش اثرات انفجار بر ساختمان ها اشاره شده، و در ادامه نتایج حاصل از وزن دهی گزینه¬ها که از روش *COPRAS* حاصل شده، بیان شده است.

۳-۱- نتایج حاصل از روش *SWARA* برای اولویت بندی شاخص ها

از خبرگان همکار تحقیق خواسته شد تا شاخص ها را در هر بخش اولویت بندی کنند. نتایج رتبه بندی ها بر اساس میانگین نظرات آن ها نتیجه گیری شده است. در جداول (۲) و (۳) معیارها و میانگین کسب شده آن ها توسط خبرگان ارائه شده است.

براساس نظر خبرگان مقاومت در برابر انفجاربه عنوان اولویت یکم شناخته شده است. اولویت دوم را گسترش آتش سوزی به خود اختصاص داده است. در ادامه شاخص های کاهش دید بصری و هزینه به ترتیب در اولویت های سوم و چهارم قرار گرفنه اند که در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول(۲) اولویت چیدمان درختان در برابر حملات تروریستی

معیارها	نام شاخص	میانگین اولویت (خبرگان)	اولویت ها
مقاومت در برابر انفجار	C_1	۱/۱۰	۱
کاهش دید بصری	C_2	۲/۹۱	۳
گسترش آتش سوزی	C_3	۲/۱۳	۲
هزینه	C_4	۳/۷۲	۴

در جدول (۳)، اولین ستون از سمت چپ معیارها را نشان می دهد و در ضمن شاخص ها بر اساس اولویت های مشخص شده توسط خبرگان مرتب شده اند. ستون دوم از سمت چپ *Sj* مقایسه اهمیت ارزشی شاخص ها در مقایسه با هم می باشد. شیوه ارزیابی معیارها در طی پرسش نامه¬ای، توسط خبرگان صورت می پذیرد. خبرگان همکار در تحقیق پرسش نامه طراحی شده را پاسخ گفتند. توجه شود شاخصی که در بالاترین درجه اهمیت قرار دارد تنها مورد مقایسه با شاخص پایین تر از خود مورد ارزیابی قرار می گیرد. شیوه ارزیابی در این روش بر این اصل استوار است که هر شاخص تنها با شاخص بالاتر (بهتر) از خود مورد ارزیابی قرار می گیرد. البته در ادامه رویکردی مدنظر قرار گرفته که در نهایت همه شاخص¬ها با هم مورد ارزیابی قرار گیرند. مبنای ارزیابی به

صورت درصدی می باشد. مقیاس ارزیابی بر اساس بازه های ۵ درصدی است. برای مثال خبرگان می توانند تفاوت های مقایسه ای و ارزشی را بر مبناهای ۵ درصدی مانند ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪، ۲۰٪ و ... را ابراز کنند. اعداد نهایی در این قسمت از میانگین حسابی نظرات خبرگان محاسبه و در جدول قرار گرفته است.

ستون سوم Kj یکپارچه سازی اولیه برای ارزیابی و محاسبه وزن نهایی است. هر Sj با عدد ۱ جمع می شود تا در مرحله بعد ارزیابی اولیه روی آن ها صورت پذیرد. توجه شود عدد ۱ به این علت اضافه می شود که معیار اول Sj آن صفر است و با توجه به الگو مسئله در حالت عادی غیرقابل حل می شود.

ستون چهارم Wj از تقسیم Kj یکپارچه معیار اول بر Sj معیار دوم و الی آخر صورت می پذیرد. به این ترتیب ارزش شاخص-ها در مقایسه با معیار بهتر از خود صورت می پذیرد و اینکه در نهایت به این ترتیب هر شاخص¬ با همه شاخص¬ها مورد ارزیابی قرار می گیرد و در واقع ارزیابی های اولیه را یکپارچه می سازد.

ستون پنجم Qj از تقسیم هر Wj بر جمع ستون Wj صورت می پذیرد. در واقع ارزش هر شاخص از کل ارزش شاخص¬ها وزن نهایی هر شاخص‌ها را مشخص می سازد.

بر اساس روش *Swara* در جدول (۳)، شاخص¬ $C1$ دارای وزن ۴۰.۲۰ درصد شده است. شاخص$C3$ با ۲۸.۷۱ درصد در جایگاه دوم قرار گرفته است. بعد از آن، شاخص¬ های $C2$ و $C4$ به ترتیب با وزن های ۱۹.۵۸ درصد و ۱۱.۵۲ درصد قرار گرفته اند.

جدول (۳) ا ولویت ها و وزن نهایی شاخص های چیدمان درختان برای کاهش اثرات انفجار بر ساختمان ها

شاخص	s_j	$k_j = s_j + 1$	$w_j = \frac{x_{j-1}}{k_j}$	$q_j = \frac{w_j}{\sum w_j}$
C1		۱	۱.۰۰۰۰	۰.۴۰۲۰
C3	۰.۴۰	۱.۴۰۰	۰.۷۱۴۳	۰.۲۸۷۱
C2	۰.۴۶	۱.۴۶۷	۰.۴۸۷۰	۰.۱۹۵۸
C4	۰.۷۰	۱.۷۰۰	۰.۲۸۶۵	۰.۱۱۵۲

۲-۳- نتایج حاصل از روش *Copras* برای وزن هر یک از گزینه ها

با توجه به وزن شاخص‌های اصلی ، جدول شماره (۴) میانگین نمره خبرگان برای انواع چیدمان درختان را در شاخص¬های اصلی نشان می‌دهد که شش چیدمان خطی ($1A$)، نامنظم ($2A$)، متراکم ($3A$)، عمودی ($4A$)، زیکزاک ($5A$) و چیدمان توپوگرافی منطقه ($6A$) مورد بررسی قرار گرفته اند. در ادامه جدول شماره (۵) وزن نرمال شده هریک از انواع چیدمان¬ها را در شاخص‌ها بیان می کند. در جدول شماره (۶) نتایج نهایی و رتبه بندی برای انواع چیدمان درختان در کاهش اثرات انفجار بر ساختمان ها آورده شده است که براساس آن، چیدمان متراکم ($3A$) دارای وزن ۲۱.۱ ٪ بوده ودر رتبه اول قرارگرفته است. بعد از آن چیدمان توپوگرافی منطقه ($6A$) با وزن ۱۷.۵ ٪ در اولویت دوم بوده است. با فاصله کمی از آن، چیدمان¬های نامنظم ($2A$) و زیکزاک ($5A$) با وزن های ۱۶.۴٪ و ۱۶.۱٪ بوده اند و در نهایت چیدمان های عمودی ($4A$) و خطی ($1A$) با وزن های ۱۴.۴ ٪ و ۱۴.۱ ٪ دارای کمترین وزن ها بوده و به عنوان بدترین چیدمان ها برای کاهش اثرات انفجار بر ساختمان ها شناخته شده اند.

جدول (۴) میانگین نمره خبرگان برای انواع چیدمان درختان

وزن و معیارها / گزینه ها	C1	C2	C3	C4
	۰.۴	۰.۱۹۵۸	۰.۲۸۷۱	۰.۱۱۵۲
	Max	Max	Min	Max
A1	۲.۲ ۰	۴.۰ ۹۰	۲.۶ ۵۰	۷.۱ ۴۰
A2	۵۸ ۰۰	۲.۹ ۸۰	۳.۴ ۵۰	۴.۶ ۹۰
A3	۹.۰ ۰۰	۹.۰ ۰۰	۷.۵ ۹۰	۴.۰ ۵۰
A4	۵.۱ ۲۰	۴.۰ ۲۰	۵.۱ ۱۰	۴.۸ ۱۰
A5	۳.۱ ۸۰	۶.۸ ۹۰	۲.۸ ۳۰	۴.۵ ۵۰
A6	۴.۱ ۳۰	۷.۹ ۳۰	۳.۷ ۹۰	۷.۶ ۸۰
Σ	۲۹. ۳۵۰	۳۴. ۹۱۰	۲۵. ۴۲۰	۳۲. ۹۲۰

جدول (۵) وزن نرمال شده هریک از انواع انواع چیدمان درختان

معیارها / گزینه ها	C1	C2	C3	C4
	Max	Max	Min	Max
A1	۰.۰۲۹	۰.۰۲۳	۰.۰۳۰	۰.۰۲۵
A2	۰.۰۷۹	۰.۰۱۷	۰.۰۳۹	۰.۰۱۶
A3	۰.۱۲۳	۰.۰۵۰	۰.۰۸۶	۰.۰۱۴
A4	۰.۰۷۰	۰.۰۲۳	۰.۰۵۸	۰.۰۱۷
A5	۰.۰۴۴	۰.۰۳۹	۰.۰۳۲	۰.۰۱۶
A6	۰.۰۵۷	۰.۰۴۴	۰.۰۴۳	۰.۰۲۷

جدول (۶) نتایج نهایی در رتبه بندی برای انواع چیدمان درختان برای کاهش اثرات انفجار بر ساختمان ها

گزینه ها	P	R	Q	N	رتبه بندی
A1	۰.۰۷۷	۰.۰۳۰	۰.۰۶۷	۱۴.۱٪	۶
A2	۰.۱۱۳	۰.۰۳۹	۰.۰۵۲	۱۶.۴٪	۳
A3	۰.۱۸۸	۰.۰۸۶	۰.۰۲۳	۲۱.۱٪	۱
A4	۰.۱۱۰	۰.۰۵۸	۰.۰۳۵	۱۴.۴٪	۵
A5	۰.۰۹۸	۰.۰۳۲	۰.۰۶۳	۱۶.۱٪	۴
A6	۰.۱۲۸	۰.۰۴۳	۰.۰۴۷	۱۷.۵٪	۲
	R_{min}	۰.۰۳۰		٪۱۰۰	

۴- نتیجه گیری

۱) بر اساس نظر خبرگان در اولویت بندی شاخص های چیدمان درختان برای کاهش اثرات انفجار بر ساختمان ها و همچنین نتایج حاصل از روش *SWARA*، شاخص مقاومت در برابر انفجار دارای وزن ۴۰.۲۰درصد شده است. شاخص گسترش آتش سوزی با ۲۸.۷۱ درصد در جایگاه دوم قرار گرفته است. بعد از آن، شاخص های کاهش دید بصری و هزینه به ترتیب با وزنهای ۱۹.۵۸ درصد، ۱۱.۵۲درصد قرار گرفته اند.

۲)در شاخص مقاومت در برابر انفجار، چیدمان متراکم بهترین گزینه و چیدمان خطی بدترین گزینه بوده است.

۳) در شاخص کاهش دید بصری، چیدمان متراکم به عنوان بهترین گزینه و چیدمان نامنظم به عنوان بدترین گزینه انتخاب شده است.

۴) در شاخص گسترش آتش سوزی، بهترین گزینه چیدمان خطی و بدترین گزینه چیدمان متراکم بوده است.

۵) در شاخص هزینه، چیدمان توپوگرافی منطقه به عنوان بهترین گزینه و چیدمان متراکم به عنوان بدترین گزینه انتخاب شده است.

۶) بهترین چیدمان درختان برای کاهش اثرات انفجار بر ساختمان ها، چیدمان متراکم با وزن ۲۱.۱ ٪ بوده ودر رتبه اول قرارگرفته است. بعد از آن چیدمان توپوگرافی منطقه با وزن ۱۷.۵ ٪ در اولویت دوم بوده است. با فاصله کمی از آن، چیدمان های نامنظم و زیکزاک با وزن های ۱۶.۴٪ و ۱۶.۱٪ بوده¬اند و در نهایت چیدمان های عمودی و خطی با وزن های ۱۴.۴ ٪ و ۱۴.۱ ٪ دارای کمترین وزن ها بوده و به عنوان بدترین چیدمان ها برای کاهش اثرات انفجار بر ساختمان ها شناخته شده اند.

مراجع

1. Aghdaie, M. H., Hashemkhani Zolfani, S., & Zavadskas, E. K. (2013). Market segment evaluation and selection based on application of fuzzy AHP and COPRAS-G methods. *Journal of Business Economics and Management, 14*(1), 213–233.

2. Bazazi, K., Ghods Vali, M., Shamsi, H., & Sotoudehnia, Y. (2018). Evaluation of spatial suitability of urban parks with a passive defense approach (Case study: Parks of Gorgan city). Golestan Scientific Quarterly of Police Knowledge, 9(36), 55–66.

3. Bitarafan, M., Hosseini, S. B., Javad hashemi-fesharaki, S., & Esmailzadeh, A. (2013). Role of architectural space in blast-resistant buildings. Frontiers of Architectural Research, 2(1), 67-73.

4. Bitarafan, M., Hosseini, S. B., Sabeti, N., & Bitarafan, A. (2016). The architectural evaluation of buildings' indices in explosion crisis management. *Alexandria Engineering Journal*, *55*(4), 3219-3228.

5. Bitarafan, M., Zolfani, S. H., Arefi, S. L., & Zavadskas, E. K. (2012). Evaluating the construction methods of cold-formed steel structures in reconstructing the areas damaged in natural crises, using the methods AHP and COPRAS-G. *Archives of civil and mechanical engineering*, *12*(3), 360-367.

6. Chen, B., Adimo, O. A., & Bao, Z. (2009). Assessment of aesthetic quality and multiple functions of urban green space from the users' perspective: The case of Hangzhou Flower Garden, China. *Landscape and Urban Planning*, *93*(1), 76–82.

7. Chen, W. Y., & Hu, F. Z. Y. (2015). Producing nature for public: Land-based urbanization and provision of public green spaces in China. *Applied Geography, 58,* 32–40.

8. Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2003). *FEMA 426: Reference manual to mitigate potential terrorist attacks against buildings.*

9. Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2003). *FEMA 427: Primer for design of commercial buildings to mitigate terrorist attacks.*

10. Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2005). *FEMA 452: Risk assessment: A how-to guide to mitigate potential terrorist attacks against buildings.*

11. Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2007). *FEMA 430: Site and urban design for security: Guidance against potential terrorist attacks.*

12. Flores, A., Pickett, S. T. A., Zipperer, W. C., Pouyat, R. V., & Pirani, R. (1998). Adopting a modern ecological view of the metropolitan landscape: The case of a greenspace system for the New York City region. *Landscape and Urban Planning, 39*(4), 295–308.

13. Georgi, J. N., & Dimitriou, D. (2010). The contribution of urban green spaces to the improvement of environment in cities: Case study of Chania, Greece. *Building and Environment, 45*(6), 1401–1414.

14. Ginevičius, R., Suhajda, K., Petraškevičius, V., & Šimkūnaitė, J. (2014). Lithuanian experience of quantitative evaluation of socioeconomic systems position by multicriteria methods. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 110,* 952–960.

15. Hashemkhani Zolfani, S., & Zavadskas, E. K. (2013). Sustainable development of rural areas' building structures based on local climate. Procedia Engineering, 57, 1295–1301.

16. Hashemkhani Zolfani, S., Esfahani, M. H., Bitarafan, M., Zavadskas, E. K., & Arefi, S. L. (2013). Developing a new hybrid MCDM method for selection of the optimal alternative of mechanical longitudinal ventilation of tunnel pollutants during automobile accidents. Transport, 28(1), 89–96.

17. Hashemkhani Zolfani, S., Farrokhzad, M., & Turskis, Z. (2013). Investigating on successful factors of online games based on explorer. E & M Ekonomie a Management, 16(2), 161–169.

18. Hashemkhani Zolfani, S., Rezaeiniya, N., Aghdaie, M. H., & Zavadskas, E. K. (2012). Quality control manager selection based on AHP-COPRAS-G methods: A case in Iran. Ekonomska Istraživanja, 25(1), 88–104.

19. Hosseini, B., Bitarafan, M., Hosseini, B., & Hashemi-fesharak, J. (2013). Openings compatible with passive defense architecture by using Analytic hierarchy process (AHP). Journal of Architecture and Urban Planning, 6(11), 25-38.

20. Hosseini, S. B., Bitarafan, M., Hashemi-Fesharaki, S. J., & Norouzian-Maleki, S. (2012). The role of basic forms buildings in explosion protection. International Journal of Science and Advanced Technology, 2(8), 47-50.

21. Huang, D., Lu, C., & Wang, G. (2009). Integrated management of urban green space: The case in Guangzhou, China. *45th ISOCARP Congress Proceedings.*

22. Ighravwe, D. E., & Oke, S. A. (2019). An integrated approach of SWARA and fuzzy COPRAS for maintenance technicians' selection factors ranking. *International Journal of System Assurance Engineering and Management, 10,* 1615–1626. https://doi.org/10.1007/s13198-019-00912-8

23. Keršulienė, V., & Turskis, Z. (2014). An integrated multi-criteria group decision making process: Selection of the chief accountant. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 110,* 897–904.

24. Li, M., Gong, F., Fu, J., She, M., & Zhu, H. (2011). The sustainable approach to the green space layout in high-density urban environment: A case study of Macau peninsula. *Procedia Engineering, 21,* 922–928.

25. Maimaitiyiming, M., Ghulam, A., Tiyip, T., Pla, F., Latorre-Carmona, P., Halik, Ü., Sawut, M., & Caetano, M. (2014). Effects of green space spatial pattern on land surface temperature: Implications for sustainable urban planning and climate change adaptation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 89,* 59–66.

26. Majnunian, H. (1995). Discussions on parks, green spaces, and recreation areas. Tehran: Tehran Parks and Green Space Organization Publications.

27. Maroufi, A. R. (2011). Strategies and principles of green space design against threats from the perspective of passive defense (Master's thesis). Malek Ashtar University of Technology, Tehran.

28. Mathers, A., Dempsey, N., & Molin, J. F. (2015). Place-keeping in action: Evaluating the capacity of green space partnerships in England. *Landscape and Urban Planning, 139,* 126–136.

29. Mishra, A. R., Rani, P., Pandey, K., Mardani, A., Streimikis, J., Streimikiene, D., & Alrasheedi, M. (2020). Novel multi-criteria intuitionistic fuzzy SWARA–COPRAS approach for sustainability

evaluation of the bioenergy production process. *Sustainability, 12*(4155). https://doi.org/10.3390/su12104155

30. Morales, S. J., Chalhoub, W., Mishra, A., Nigam, N., Alukal, J., Sultan, M. A., Haddad, N., & Carroll, J. E. (2015). Identification of risk factors for the development of distal esophageal stricture following radiofrequency ablation of Barrett's esophagus. *Gastrointestinal Endoscopy, 81*(5, Suppl), AB510.

31. Nakhaei, J., Bitarafan, M., & Lale Arefi, S. (2015). Choosing the best urban tunnels as safe space in crisis using AHP method: a case study in Iran. Journal of Architecture and Urbanism, 39(2), 149-160.

32. Nakhaei, J., Bitarafan, M., Lale Arefi, S., & Kapliński, O. (2016). Model for rapid assessment of vulnerability of office buildings to blast using SWARA and SMART methods (a case study of swiss re tower). Journal of Civil Engineering and Management, 22(6), 831-843.

33. Nakhaei, J., Forghani, S., Bitarafan, M., Lale Arefi, S., & Šaparauskas, J. (2015). Reinforcement of laminated glass facades against the blast load. Journal of Civil Engineering and Management, 21(8), 1085-1097.

34. Purirahim, A. A., Bitarafan, M., Arefi, S. L., & Setareh, A. A. (2012). Evaluation of Types of Buildings Entrances against Explosion. American Journal of Advanced Scientific Research (AJASR), 1(1).

35. Rahim, A. A. P., Bitarafan, M., & Arefi, S. L. (2013). Evaluation of types of shapes of building roof against explosion. International Journal of Engineering and Technology, 5(1), 1.

36. Rani, P., Mishra, A. R., Krishankumar, R., Mardani, A., Cavallaro, F., Ravichandran, K. S., & Balasubramanian, K. (2020). Hesitant fuzzy SWARA-complex proportional assessment approach for sustainable supplier selection (HF-SWARA-COPRAS). *Symmetry, 12*(1152). https://doi.org/10.3390/sym12071152

37. Rostamkhani, P., & Loghaei, H. (2012). Principles of green space design in residential environments. Tehran: Building and Housing Research Center.

38. Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2007). Dispersion of group judgments. *Mathematical and Computer Modelling, 46*(7–8), 918–925.

39. Saeedi, A., Shiva, H., & Savadkouhi-Far, S. (2015). Passive defense considerations and environmental technologies in urban settlements (Case study: District 15). Scientific-Promotional Quarterly of Passive Defense, (23), 15–30.

40. Seburanga, J. L., Kaplin, B. A., Zhang, Q.-X., & Gatesire, T. (2014). Amenity trees and green space structure in urban settlements of Kigali, Rwanda. *Urban Forestry & Urban Greening, 13*(1), 84–93.

41. Threlfall, C. G., Walker, K., Williams, N. S. G., Hahs, A. K., Mata, L., Stork, N., & Livesley, S. J. (2015). The conservation value of urban green space habitats for Australian native bee communities. *Biological Conservation, 187*, 240–248.

42. Wind, Y., & Saaty, T. L. (1980). Marketing applications of the analytic hierarchy process. *Management Science, 26*(7), 641–658.

43. Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Tamošaitienė, J., & Marina, V. (2008). Multicriteria selection of project managers by applying grey criteria. *Technological and Economic Development of Economy*, *14*, 462–477.

44. Zhang, B., Xie, G., Li, N., & Wang, S. (2015). Effect of urban green space changes on the role of rainwater runoff reduction in Beijing, China. *Landscape and Urban Planning*, *140*, 8–16.

45. Zhang, H., Chen, B., Sun, Z., & Bao, Z. (2013). Landscape perception and recreation needs in urban green space in Fuyang, Hangzhou, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, *12*(1), 44–52.