



ORIGINAL RESEARCH PAPER

The impact of virtual reality (VR) technology on the results of green roof adoption in residential buildings; Case study: Qaemshahr *

Elham Shokrinia Omrani ¹ , Raheleh Rostami ^{2,**} 

¹ Ph.D. Candidate in Architecture, Department of Architecture, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.

² Assistant Professor, Department of Architecture, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received	2020/05/17
Revised	2020/10/19
Accepted	2021/02/28
Available Online	2022/09/22

Keywords:

Virtual Reality
Adoption
Green Roof
Residential Buildings

Use your device to scan
and read the article online



Number of References

59



Number of Figures

3



Number of Tables

3

Extended ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVES: Today, the use of virtual reality in various fields is expanding rapidly. Although there is a lot of research on virtual reality technology in design and architecture education, the research on virtual reality (VR) technology in the architectural analysis as a tool in research methods is scarce. Due to the rapid growth of urbanization, cities around the world are becoming concrete jungles. Worldwide, the total urban population has surpassed the rural population. Rapid population growth and urbanization, coupled with limited biological resources, have been the cause of numerous environmental problems. Some solutions have been suggested to address urban environmental issues. The contribution of roof surfaces to environmental problems cannot be overlooked in this discussion because they cover many cities. Green roofs have been offered as an effective strategy for tackling these problems. Green roofs are very popular in many countries due to their sustainable benefits. Green roofs can help reduce the negative impacts of urbanization. This overview discusses green roofs and their effect on the energy consumption of buildings and living environments (aesthetic, ecological, and climate aspects), health, and quality of life — optimal parameters of green roofs.

METHODS: In the present work, we pursued two aims. According to the literature review, the first aim of this research was to identify and describe the effective factors of adopting green roofs for residential buildings. The following factors were observed: economic, environmental, and social benefit, type of plant, type of irrigation, and extensive green roof type. The second aim was to study the impact of VR technology on green roof adoption. Virtual reality (VR) has become a valuable tool to study. We conducted a VR experiment with a total of 374 participants. The research findings based on SmartPLS support that selected factors positively influence the adoption of green roofs in residential buildings. In examining the impact of factors on the adoption of green roofs for residential buildings, the advantage of this methodology is that researchers can observe actual behavior.

FINDINGS: Regardless of the type, green roofs have many advantages in urban environments, including aesthetic, ecological, climate-related, and health benefits, as well as improved quality of life. Furthermore, given that about 40% of global energy consumption is related to building construction and maintenance, green roofs can play a part in reducing the energy consumed for heating and cooling buildings. Moreover, while green roofs may use more energy for maintenance, there is evidence that their overall energy consumption is less than that of white roofs. Green roofs insulate buildings against the wind and sunlight, and the combination of the added insulation and evaporative cooling could decrease the cooling requirements inside the building. They also reduce the surface temperature of roofs, which can help ameliorate the UHI effect in cities. In addition, green roofs can help with stormwater management by reducing and slowing runoff and may help to reduce the pollutants that enter the surface water. Green roofs can also reduce lead concentrations in runoff and increase

Extended ABSTRACT

air quality, provide wildlife habitats for animal species, create beautiful city views, serve as cultivation spaces for food production, and reduce noise pollution from traffic. Urban green spaces can also have important benefits for social, mental, and physical health. People living in environments with more green spaces have better physical health and higher self-esteem and experience less stress, anxiety, and depression; as a result, they have better social and mental health than those with very few green spaces. Green spaces also provide opportunities to interact with nature and other people and can serve as recreational spaces. Finally, they can improve city residents' well-being by reducing air pollution and facilitating physical exercise.

CONCLUSION: Finally, it was concluded that the mentioned factors played a significant role in adopting green roofs. Also, the results show that VR has many positive effects on the results of green roof adoption in residential buildings by creating a sense of presence in a virtual reality experience.

HIGHLIGHTS:

- Assessing the acceptance of green roof by a questionnaire.
- The use of virtual reality (VR) technology, In architectural analysis as a tool in research.
- Identify and describe the efficient factors of adoption of green roof for residential buildings.

ACKNOWLEDGMENTS:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-forprofit sectors.

CONFLICT OF INTEREST:

The authors declared no conflicts of interest.

COPYRIGHTS

©2022 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers. (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**HOW TO CITE THIS ARTICLE**

Shokrinia Omrani, E.; Rostami, R., (2022). The impact of virtual reality (VR) technology on the results of green roof adoption in residential buildings; Case study: Qaemshahr. *Journal of Iranian Architecture & Urbanism.*, 13(1): 327-338.

 <https://dx.doi.org/10.30475/ISAU.2022.229172.1408>

 https://www.isau.ir/article_157119.html



تاثیر تکنولوژی واقعیت مجازی (VR) بر نتایج پذیرش بام سبز در ساختمان‌های مسکونی (مطالعه موردی: قائمشهر)*

الهام شکری نیا عمرانی^۱، راحله رستمی^{۲*}

۱. دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران.
۲. استادیار، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران.

مشخصات مقاله	چکیده
تاریخ ارسال ۱۳۹۹/۰۲/۲۸	<p>امروزه استفاده از واقعیت مجازی به طور گسترده در زمینه‌های مختلف در حال افزایش است. در این تحقیق تاثیر استفاده تکنولوژی واقعیت مجازی (VR) در تحلیل معماری، میزان پذیرش بام سبز، به عنوان کمک ابزاری در روش تحقیق مورد مطالعه قرار گرفت. تحقیق حاضر با فرض این‌که تکنولوژی VR بر نتایج پذیرش بام سبز تاثیرگذار می‌باشد، ابتدا به بررسی پارامترهای مختلف بام سبز پرداخته و با بررسی ادبیات تحقیق به روش تحلیل منطقی و استدلال قیاسی عوامل تاثیرگذار بر پذیرش سقف‌های سبز از قبیل: انتخاب نوع گیاه، آبیاری و بام سبز، عملکرد اجتماعی و عوامل موثر در ایجاد مزایای اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی، استخراج شد. با استفاده از این پارامترها مدل تحقیق و پرسشنامه طراحی گردید. بعد از تکمیل پرسشنامه توسط شرکت‌کنندگان با استفاده از عینک واقعیت مجازی به عنوان ابزاری کمکی در روش تحقیق، داده‌ها به دست آمده و به کمک نرم‌افزار اسمارت پی ال اس (Smart PLS)، تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد که عوامل ذکر شده نقش بسزایی در پذیرش بام سبز داشته است. همچنین قرار دادن شرکت‌کنندگان در محیط بام سبز به صورت مجازی، سبب شد تا آن‌ها نتایج دقیق‌تری با توجه به تجربه حضور در بام سبز ارائه دهند. همچنین نتایج نظرسنجی نشان داد، میزان مشارکت و اشتیاق شرکت‌کنندگان با پیشنهاد استفاده از عینک VR به طوری چشمگیری بالاترفته و منجر به احساس خرسندی از شرکت در آزمون شده است.</p>
تاریخ بازنگری ۱۳۹۹/۰۷/۲۸	
تاریخ پذیرش ۱۳۹۹/۱۲/۱۰	
تاریخ انتشار آنلاین ۱۴۰۱/۰۶/۳۱	
واژگان کلیدی	
واقعیت مجازی VR	
پذیرش بام سبز	
ساختمان‌های مسکونی	

نکات شاخص

- بررسی میزان پذیرش بام سبز توسط پرسشنامه.
- استفاده تکنولوژی واقعیت مجازی VR به عنوان کمک ابزاری در روش تحقیق.
- بررسی پارامترهای مختلف بام سبز در ساختمان‌های مسکونی.

نحوه ارجاع به مقاله

شکری نیا عمرانی، الهام و رستمی، راحله. (۱۴۰۱). تاثیر تکنولوژی واقعیت مجازی (VR) بر نتایج پذیرش بام سبز در ساختمان‌های مسکونی (مطالعه موردی قائمشهر)، نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران، ۱۳(۱)، ۳۲۷-۳۳۸.

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده نخست با عنوان «پارامترهای مطلوب بام سبز در فضاهای مسکونی آپارتمانی اقلیم معتدل و مرطوب (مطالعه موردی قائمشهر)» می‌باشد که به راهنمایی نویسنده دوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری، انجام گرفته است.

* نویسنده مسئول

تلفن: ۰۰۹۸۹۱۳۱۹۷۱۶۶۲

پست الکترونیک: rahelehrostami364@gmail.com

مقدمه

شد. برای تعیین پایایی ابزار اندازه‌گیری از روش آلفای کرونباخ استفاده شد. نتایج آلفای کرونباخ و قابلیت اطمینان ترکیبی از نرم‌افزار اسمارت پی ال اس بیشتر از ۰.۷ بوده و بنابراین کلیه متغیرها قابل قبول می‌باشد. بنابراین پایایی خوبی بین سوالات وجود دارد. این مطالعه با استفاده از روش تحقیق کمی تحلیل خواهد شد. در این مطالعه از تکنیک استقرایی استفاده شده است. بام سبز مورد مطالعه، در قائمشهر یکی از شهرهای استان مازندران قرار دارد و متعلق به ویلا آپارتمان خصوصی که مطابق با خواسته‌های کارفرما توسط دفتر طراحی پارس دیزاین طراحی شده، می‌باشد.

مرور ادبیات

واقعیت مجازی VR

یک محیط مجازی تولید شده توسط رایانه است که سناریوهای زندگی واقعی را شبیه‌سازی می‌کند، در آن کاربر می‌تواند اشیاء مختلفی را احساس کرده و احساس حضور کند (Deng et al., 2019). واقعیت مجازی VR، یک شبیه‌ساز الکترونیکی است که از طریق عینک روی سر نصب می‌شود تا کاربر با موقعیت‌های سه بعدی واقع بینانه در تعامل باشد (Boton, 2018). فناوری VR می‌تواند محیط‌های بسیار واقع‌گرایانه را شبیه‌سازی کند. فناوری‌های VR فعلی به ایده‌هایی که در دهه ۱۹۶۰ ایجاد و ساخته شدند باز می‌گردد. در سال ۱۹۶۸، ایوان ساترلند اولین بار صفحه نمایش مجهز برای سر که مدلهایی با فریم ساده بودند را ابداع کرد. این اختراع پایه و اساس فناوری‌هایی که اکنون به آنها VR می‌گویند، قرار گرفت (Wolfartsberger, 2019). امروزه برندهای زیادی از هدفون‌های مجازی که قادر به نمایش تصاویر با کیفیت بالا و سه بعدی هستند، وجود دارد. آخرین نسل از دستگاه‌های حضور در دنیای مجازی، تجارب دلپذیر و واضح‌تری را ارائه می‌دهند که منجر به مقاصد رفتاری می‌شود و تأثیر مثبت بر نگرش کاربران دارد (Waterworth et al., 2015). به همین ترتیب، VR می‌تواند احساس حضور و تجربه را قبل از حضور در محیط تسهیل کند (Bogicevic et al., 2019). جنبه‌های تجربی واقعیت مجازی تأثیر مثبتی بر حس حضور دارد و این باعث افزایش رضایت کاربر می‌شود (Matti-la et al., 2020). هنگام استفاده از VR، ویژگی‌های محیط مجازی قابل کنترل و تنظیم هستند. می‌تواند برای شرکت‌کنندگان بی‌خطر است و می‌تواند موقعیت‌هایی را شبیه‌سازی کند که در دنیای واقعی غیرممکن است (Botella et al., 2017). علاوه بر این، استفاده از VR حس عمیق‌تری نسبت به استفاده از فیلم و عکس‌هایی که در آن‌ها شرکت‌کنندگان فقط توانایی مشاهده دارند، ایجاد می‌کند (Ammann et al., 2020). در یک محیط مجازی، شرکت‌کنندگان می‌توانند حرکت کنند و با اشیاء و محیط اطراف

اخیرا همزمان با پیشرفت تکنولوژی، استفاده از واقعیت مجازی (Virtual Reality) یا به عبارتی VR به طور چشم‌گیری در زمینه‌های مختلف نظیر درمان، پزشکی، ورزش، گردشگری، آموزش و پرورش، طراحی محصول و طراحی معماری، در حال گسترش است. VR به ابزاری ارزشمند برای مطالعه تبدیل شده است. طبق آمار، انتظار می‌رود بازار جهانی محیط‌های مجازی از ۱۶.۸ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۹ به ۱۶۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۳ رشد یابد (Flavián et al., 2019). با وجود اینکه تکنولوژی مجازی به طور گسترده‌ای در مبحث آموزش و طراحی شاخه‌های مختلف معماری از قبیل معماری معماری منظر، معماری داخلی مورد استفاده قرار گرفته است (Portman et al., 2015). تحقیقات کمی در زمینه تأثیر استفاده تکنولوژی واقعیت مجازی و تأثیر آن را در تصمیم‌گیری کاربران در به کارگیری محیط‌های معماری وجود دارد. در این تحقیق سعی شده میزان کارایی تکنولوژی VR در قانع کردن مالکان ساختمان‌ها برای استفاده از بام سبز مورد بررسی قرار گیرد. به عبارت دقیق‌تر این تحقیق به دنبال تأثیر تکنولوژی واقعیت مجازی (VR) بر نتایج پذیرش بام سبز در ساختمان‌های مسکونی می‌باشد. در اینجا منظور از پذیرش بام سبز در واقع به معنی پذیرفتن و جلب رضایت مالکان ساختمان برای استفاده بام سبز با آوردن دلایل کافی و مستدل می‌باشد. در واقع این تحقیق به دنبال آن است که تأثیر (VR) را بر تصمیم‌گیری برای استفاده بام سبز توسط مالک مورد مطالعه قرار دهد. بدون تردید عواملی برای تصمیم‌گیری و پذیرش بام سبز وجود دارد که در ادبیات تحقیق بدان پرداخته می‌شود.

روش تحقیق

هدف اصلی این مطالعه، جستجوی پارامترهای تأثیرگذار بر پذیرش بام سبز در ساختمان‌های مسکونی (مطالعه موردی قائمشهر) و تأثیر تکنولوژی واقعیت مجازی بر نتایج تحقیق است. برای این منظور، به کمک تحلیل منطقی و استدلال عقلی از جمع‌بندی نتایج سایر محققان، عوامل تأثیرگذار بر پذیرش بام سبز پیشنهاد می‌شود. سپس یک مدل تحقیق آماده و فرضیه تحقیق سازماندهی شد. با توجه به متغیرها و عوامل مستخرج از ادبیات تحقیق پرسشنامه‌ای تنظیم شد. برای تعیین اعتبار و روایی پرسشنامه ابتدا به صورت پایلوت بین ۳۰ نفر توزیع و توسط آنها تکمیل گردید. در جامعه تحقیق از افراد عادی ساکن قائمشهر و شهرهای مجاور دعوت و سپس پرسشنامه‌ها بین جمعیت توزیع شد. بعد از تکمیل پرسشنامه توسط شرکت‌کنندگان به کمک عینک واقعیت مجازی به عنوان ابزاری کمکی در روش تحقیق، داده‌های به دست آمده توسط نرم‌افزار اسمارت پی ال اس (Smart PLS) تجزیه و تحلیل



با لمس مجازی محصول می‌تواند به احساس واقعی دست یافته و تصمیم بهتری جهت انتخاب کالا اتخاذ نماید (Flavián et al., 2019). بنابراین در معماری نیز همانطور که استفاده از VR در مرحله طراحی سودمند می‌باشد، می‌تواند بر تصمیم‌گیری و میزان پذیرش افراد از انتخاب محیط مورد نظر نیز مفید واقع شود. کانیف و کرایگ در تحقیق خود نشان دادند که یک مکان ممکن است از طریق درک و تکمیل پرسشنامه نمره‌ی بالایی را به خود اختصاص دهد، اما در دنیای واقعی ممکن است به علت سروصدای دائمی که در اطرافش موجود است موجب القای حس خوب نشود (Conniff & Craig, 2016). بنابراین می‌توان ادعا کرد که استفاده از تکنولوژی VR در تحقیق بررسی پذیرش بام سبز می‌تواند موجب افزایش درک و تجربه کاربران از محیط شود. در همین راستا، در این پژوهش فرض می‌شود که با قرارگیری شرکت‌کنندگان به صورت مجازی در بام سبز مورد نظر، درک و تجربه آن‌ها از محیط بیشتر شده، در نتیجه تاثیر بیشتری بر نتایج پذیرش بام سبز خواهد داشت.

بام سبز

افزایش تقاضا برای سقف‌های سازگار با محیط زیست که به عنوان سقف‌های سبز یا سقف‌هایی که با پوشش گیاهی پوشانده شده است شناخته می‌شوند، بدین معنی است که بام سبز در جهان به ویژه در مناطق متراکم شهری، بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Tabatabaee et al., 2019). با مروری کلی بر ادبیات بام سبز، طیف وسیعی از مزایای زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی دریافت می‌شود (Francis & Jensen, 2017). همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، بام سبز به سه نوع است: گسترده (بستر سبک، بدون آبیاری، ضخامت بستر ۱۵-۴ سانتی‌متر، به طور عمده گیاهان مکمل)؛ نیمه فشرده (بستر سبک، آبیاری، ضخامت بستر ۳۰-۱۲ سانتی‌متر، گیاهان یا بوته‌های کم توسعه) و فشرده (خاک طبیعی، آبیاری، ضخامت زیر ۳۰ سانتی‌متر، انتخاب نامحدود گیاهان (Lata et al., 2018).

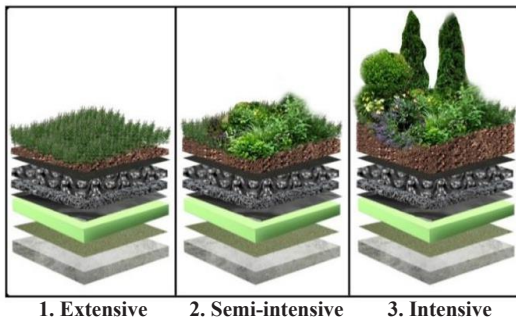


Fig.1. Types of green roofs

انواع مختلف سقف‌های سبز هزینه‌ها و مزایای مختلفی را نیز ارائه می‌دهند (Gargari et al., 2016). به طور کلی مزایای بام سبز شامل: افزایش ارزش ملک، کاهش مصرف انرژی، افزایش عمر سقف، ایجاد محیط مناسب تفریحی، کاهش رواناب، عایق صوتی،

خود در تعامل باشند. علاوه بر این، آن‌ها تا حدودی بر وقایع در یک محیط VR کنترل دارند. به این ترتیب VR محیطی همه‌جانبه و حس حضور، یعنی وضعیت روانی "بودن" ایجاد می‌کند (Ammann et al., 2020).

کاربرد واقعیت مجازی در معماری

حضور یک بعد مهم از تجربه VR است. مطالعات زیادی در رابطه با محیط‌های مصنوعی، از جمله VR، در زمینه‌های تحقیق، درمان، ورزش، بازاریابی، گردشگری، بازی‌های ویدئویی و سینمای سه بعدی، تجسم معماری، آموزش، شبیه‌سازی (به عنوان مثال پرواز، شبیه‌سازهای رانندگی و جراحی) و عملکرد از راه دور (به عنوان مثال رباتیک) و ... استفاده شده است (Flavián et al., 2019). مزیت استفاده از VR این است که محققان می‌توانند رفتار واقعی شرکت‌کنندگان در آزمایش را مشاهده کنند. واقعیت مجازی VR ابزاری است که به سرعت در طراحی و معماری در حال ظهور است. VR اجازه می‌دهد تا کاربران معادلات طراحی را در مقیاس کامل تعریف و ارزیابی کنند، بر خلاف نقشه‌ها و طرح‌های CAD که روی صفحه نمایش داده می‌شود، حس عمق، حجم و مسافت را در اختیار آن‌ها قرار می‌دهد. در حال حاضر، VR به افراد تجربیات اولیه‌ای از بدن و موقعیت آن نسبت به فضای طراحی شده، ارائه می‌دهد (Verwulgen et al., 2020). از کاربردهای واقعیت مجازی در معماری می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱. ارزیابی گزینه‌های مختلف برای یک ساختمان و آنالیز آن که منجر به کاهش هزینه‌ها و پایین آوردن درصد اشتباهات و خطاها می‌گردد.
 ۲. امکان تعامل از راه دور مثلاً مابین معماران، معماران و کارفرما و یا مابین معماران و مهندسين راه، فراهم کرده که لزوم درمحل بودن به صورت فیزیکی را از بین می‌برد. برای مثال دو تیم طراحی می‌توانند درحالی که به صورت مجازی در ارائه‌ی یکدیگر حضور دارند، در طراحی نیز مشارکت کنند (Portman et al., 2015).

۳. ابزارهای مدلسازی برای سنجش را فراهم می‌سازد، مثلاً برای مطالعه‌ی تأثیر نور طبیعی و مصنوعی، ارزیابی اکوستیک، برای شبیه‌سازی مشخصات مواد و ...

۴. ابزارهای مدل‌کردن و طراحی را شامل می‌شود. برای مثال، ارزیابی فضاها با قرارگیری در درون آن‌ها، برای مشارکت دادن اطلاعات منطقی در طی مراحل طراحی شماتیک، سپس نظاره کردن پاسخ‌های متفاوت طراحی، که این گزینه در بحث معماری مجازی کاربرد دارد. (Sala, 2011).

استفاده از VR در بازاریابی تاثیر بسیاری بر تصمیم‌گیری مصرف‌کننده می‌گذارد زیرا مصرف‌کننده

حرارت می‌شود. در هوای گرم، سقف‌های سبز به طور بالقوه دمای محیط داخلی را از طریق سایه لایه پشت بام و جلوگیری از تأثیر مستقیم تابش خورشید کاهش می‌دهند. سقف‌های سبز بهینه شده به صرفه‌جویی انرژی و آسایش دمای درونی کمک می‌کند و برای طراحی شهرها پیشنهاد می‌شوند (Zeng et al., 2017). از دیگر مزایا به پاکسازی آب و هوا (Emilsson et al., 2007) و کاهش روان آب بارش باران می‌توان اشاره نمود (Castiglia Feitosa & Wilkinson, 2016). دناردو و همکاران نشان دادند که سقف‌های سبز می‌تواند منجر به ۶۰٪ کاهش روان آب برای سقف‌های سبز گسترده و تا ۱۰۰٪ برای سقف‌های سبز فشرده شود (DeNardo et al., 2005).

نتایج مطالعه لورا سیسکو و همکاران نشان می‌دهد غنی‌سازی زیست محیطی همانند باغ‌های روی بام، برای تولید سبزیجات در مناطق شهری مناسب هستند، علاوه بر این، دفن مواد بازیافت شده به صورت زباله‌های تر، می‌تواند به عنوان بستر کاشت استفاده شوند و بدین ترتیب باعث کاهش ضایعات شده و از طرف دیگر میعان‌ات تهویه مطبوع، منبع آب مناسبی برای آبیاری باغ‌های سقفی است (Sisco et al., 2017).

تحقیقات انجام شده در رابطه با پارامترهای موثر در عملکرد بام سبز نشان می‌دهد که به طور کلی افزایش سایه، عایق کاری بهتر و جرم حرارتی سیستم بالای سقف، عملکرد حرارتی سقف‌های سبز را بهبود می‌بخشند (Nagase & Dunnett, 2013). همچنین گونه‌های مختلف گیاهی و شرایط مختلف آب و هوایی می‌توانند میزان متغیری صرفه‌جویی انرژی را به دست آورند که توسط جیم مشاهده شده است (Tsang & Jim, 2016). با توجه به بررسی مفاهیم اولیه در مورد متغیرهای تحقیق و جمع‌بندی نظرات سایر محققین در مورد عوامل موثر بام سبز در ادبیات تحقیق (به کمک تحلیل منطقی و استدلال عقلی)، معیارهای موثر در بام سبز استخراج گردید و طراحی سوالات پرسشنامه برای ارزیابی نقش آن‌ها بر تصمیم‌گیری پذیرش و یا اتخاذ بام سبز انجام شد. تحقیقات بررسی شده مبنای شناسایی معیارهایی تأثیرگذار بر پذیرش بام سبز قرار گرفت. این عوامل تأثیرگذار در جدول ۱ به همراه توضیحات نشان داده شده است.

یافته‌های تحقیق

شرکت‌کنندگان

در این مطالعه با توجه به این که می‌خواهیم نتایج را توزیع کنیم، روش نمونه‌گیری غیر تصادفی انتخاب شده است. در این میان نیز از روش‌های نمونه‌گیری غیر تصادفی از نمونه‌گیری اتفاقی استفاده شد. اطلاعات جمع‌آوری شده شامل ۴۲۳ نظرسنجی بود که این تعداد نمونه مطابق با جمعیت شهر مورد مطالعه و با توجه به جدول مورگان تعیین شد و البته توسط ۳۷۴ پاسخ‌دهنده تکمیل شد که از نظر مورگان قابل تأیید

عایق در برابر آتش‌سوزی، افزایش رطوبت فضای شهری، کاهش گرد و غبار و ایجاد محیط زیست جانوران شهری می‌باشد (Morakinyo et al., 2017).

علاوه بر مزایای فوق، بدنه‌ی گسترده‌ای از ادبیات در روانشناسی و پزشکی وجود دارد که مزایای طبیعت و فضای سبز را بر سلامت، هم از نظر فیزیکی و هم روانی تجزیه و تحلیل می‌کند. این که فضای سبز ظاهراً سلامت‌بخش است، امریست که به طور گسترده مورد قبول است. گرچه شواهد موجود برای سلامت‌بخش بودن فضای سبز (به عنوان مثال از طریق توسعه ورزش) مبهم می‌باشد، اما شماری از بررسی‌های نظام‌مند این نتیجه را دربرداشتند که محیط‌هایی با عناصر طبیعی مانند درخت، بوته و سبزه، برای سلامتی به صورت کلی مفید هستند (Conniff & Craig, 2016) و به عنوان مثال، می‌تواند موجب کاهش استرس و افزایش احساس مثبت شود. علاوه بر مزایای روانی، همچنین فواید مستقیمی بر سلامتی نیز دارد، مانند افزایش طول عمر و بهبود بهداشت فردی و رفاه اجتماعی (Bertram & Reh-danz, 2015). بنابراین می‌توان از تحقیقات گذشته اینطور نتیجه گرفت که بام سبز موجب افزایش رضایت محیطی، کیفیت محیطی، آسایش انسانی، رضایت و آسایش مکانی و نیز تکامل روان انسان می‌شود (Van den Berg et al., 2016). در نهایت می‌توان با توجه به تحقیقات گذشته از مزایای بام سبز، عوامل تأثیرگذار در پذیرش بام سبز را برای آزمایش و ادامه تحقیقات استخراج کرد.

معیارهای تأثیرگذار در پذیرش بام سبز

این که چه معیارهایی ملاک تصمیم‌گیری برای پذیرش و اتخاذ بام سبز توسط مالکان و کارفرمایان می‌باشد، مستلزم استخراج پارامترهای مطلوب بام سبز از ادبیات تحقیق است. با توجه به مشکلات زیست محیطی ناشی از رشد شهرنشینی و اهمیت موضوع راهکارهایی در این زمینه بیان شده که نصب سقف سبز به عنوان یک استراتژی موثر برای کاهش ضعف محیط زیست در نظر گرفته است. از این رو نمی‌توان سهم بالای سطوح بام را در نظر نگرفت؛ زیرا بیشتر از ۲۰ درصد از کل سطح شهری را پوشش می‌دهند. انعطاف‌پذیری و سرعت ساخت بام‌های سبز به کمک پیشرفت‌های تکنولوژیکی اخیر، افزایش یافته به طوری که می‌توان از آن‌ها در بیشتر پروژه‌های ساختمانی استفاده نمود (Morakinyo et al., 2017). در بسیاری از تحقیقات به مزایای بام‌های سبز اشاره شده است، افزودن ظاهر زیبا به یک ساختمان (Catalano et al., 2016)، محیطی جهت کشت، افزایش کشاورزی شهری به ویژه تولید سبزیجات (Whittinghill et al., 2013) و سبزی‌سازی نواحی شهری که یکی از موثرترین اقدامات مقابله با افزایش حرارت شهر بوده (Razzaghmanesh et al., 2016). زیرا بهره‌خوردی توسط سطوح را به طور مستقیم کاهش می‌دهد و موجب کاهش جذب



Table 1. Factors that effect on adoption of green roof

Factor	Reference	Description
Plant Type	(Squier & Davidson, 2016)	PT1 green roofs can provide wildlife habitat for many species
	(Bates, Sadler, & Mackay, 2013)	PT2 The use of plants that will improve the quality of sight is viewed.
	(Lata et al., 2018b)	PT3 Green roofs have increased the urban agriculture
	(Catalano et al., 2016)	PT4 Use of great plants and shrubs to create shadows.
	(Tang & Qu, 2016)	PT5 Using plants that require little need of care.
Social Function	(Morakinyo et al., 2017)	SF1 Green roofs tend to interact more and build residents.
	(Dunnett, Nagase, Booth, & Grime, 2008)	SF2 The green roof can increase the physical activity and vitality of residents.
	(Johannessen, Hanslin, & Muthanna, 2017)	SF3 The green roof contributes to the participation of residents in urban farming.
	(Zhou et al., 2014)	SF4 green roofs can be a space for food making
Irrigation	(Douglas, Lennon, & Scott, 2017)	I1 The smart irrigation system will ease the use of green roof.
	(Eksi, Rowe, Fernández-Cañero, & Cregg, 2015)	I2 The green roof will cause the rain water to be used again.
	(Whittinghill, Bradley Rowe, & Cregg, 2013)	I3 The green roof controls the flood waters due to severe rain.
Type of Green Roof	(Qin, Peng, Tang, & Yu, 2016)	TG1 The use of extensive green roof helps to reduce the dead weight of the building.
	(Tsang & Jim, 2016)	TG2 The extensive green roof needs to be a component for irrigation and maintenance.
	(Shafique, Kim, & Rafiq, 2018)	TG3 The type of green roof has less cost to set up.
Economic Benefits	(Berardi, 2016)	EB1 The green roof increases the value of the property.
	(Nagase & Dunnett, 2013)	EB2 The use of green roof reduces the cost of energy consumption.
Social Benefits	(Mahdiyari et al., 2016)	SB1 Green roofs increase the health and welfare of the residents.
	(Perini & Rosasco, 2016)	SB2 Green roofs create new social opportunities for residents.
Environmental Benefits	(Brudermann & Sangkakool, 2017)	SB3 The green roof promotes the perspective.
	(Van den Berg et al., 2016)	ELB1 The green roof reduces the heat of the environment, air pollution and sound pollution.
	(Madureira, Nunes, Oliveira, Cormier, & Madureira, 2015)	ELB2 The green roof creates new habitat for animals.
	(Mesimäki, Hauru, & Lehvävirta, 2019)	ELB3 The green roof reduces waste.
	(Mahdiyari, Tabatabaee, Abdullah, & Marto, 2018)	

شده و به عنوان هدست یا همان نمایش گر سریند شناخته می شوند. با قرار گرفتن نمایش گر آن ها در برابر چشمان، محیطی سه بعدی تجربه خواهد شد که برخلاف تصاویر سه بعدی تلویزیون از هیچ مرز و محدودیتی برخوردار نیستند و کاملاً مانند دنیای واقعی می باشد. در اکثر تحقیقات این چنینی، عکس به عنوان ابزار تحقیق استفاده شده است.

لذا با توجه به هدف تحقیق، به دنبال حسی فراتر از دیدن عکس توسط شرکت کنندگان بوده و در نتیجه از تکنولوژی واقعیت مجازی را به عنوان یک کمک ابزار برای انجام آزمایش مورد استفاده قرار داده و نتایج تحلیل شد. بدین ترتیب که در این تحقیق برای تکمیل پرسشنامه به جای نشان دادن عکس به شرکت کنندگان، آن ها را به صورت مجازی در بام سبز مورد نظر قرار دادیم تا درک و حس آن ها از بام سبز برای پاسخگویی واقعی تر شود. در نتیجه می توان نتایج مطمئن تری را استخراج کرد. بدین ترتیب که ابتدا از بام سبز مورد نظر عکاسی کرده و اصوات محیط را ضبط کرده و توسط اپلیکیشن های VR، عکس را تبدیل به فضای سه بعدی کرده،

می باشد. در این داده ها تقریباً ۳۱٪ از شرکت کنندگان زن و ۶۹٪ مرد بودند. ۳۲٪ از پاسخ دهندگان جوان تر از ۳۰ سال، ۴۷٪ بین ۳۱ تا ۴۰ سال، ۱۶٪ بین ۴۱ تا ۵۰ سال و ۵٪ از آن ها بزرگتر از ۵۰ سال بودند. آمار نشان می دهد که ۲۷٪ از پاسخ دهندگان مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد و بالاتر، ۶۹٪ کارشناسی و تنها ۴٪ دارای مدرک دیپلم بودند.

طراحی مطالعه

همانطور که پیش تر بیان شد استفاده از VR حس عمیق تری نسبت به استفاده از فیلم و عکس هایی که در آن ها شرکت کنندگان فقط توانایی مشاهده دارند، ایجاد می کند (Ammann et al., 2020) و نیز احساس حضور و تجربه را قبل از حضور واقعی در محیط را، تسهیل می کند (Bogicevic et al., 2019). همچنین با توجه به محدودیت آزمون، جهت قرار دادن ۳۷۴ نفر از شرکت کنندگان در محیط مورد مطالعه، استفاده از عینک واقعیت مجازی و قرار دادن شرکت کنندگان به صورت مجازی در بام سبز مورد نظر، موثرتر از نشان دادن عکس به آن ها می باشد. عینک های واقعیت مجازی به اختصار از آن ها با نام VR نیز یاد

روی چشمان خود قرار داده و تصاویر بام سبز را همراه با گوش دادن به اصوات محیط مشاهده کردند و به صورت مجازی در محیط قرار گرفتند. بدین صورت که با هر حرکت فیزیکی و تغییر جهت شرکت کننده، زاویه دید او نیز تغییر می‌یافت (شکل ۲).



Fig.2. The image of the green roof used in virtual reality(VR) technology

مطالعه بسیار بالاتر از آستانه است. از این رو، اعتبار همبستگی و همگرایی در این مطالعه قابل قبول است. بنابراین مقیاس‌های مورد استفاده در این مطالعه هم معتبر بوده و نهایتاً نتایج به دست آمده از پرسشنامه قابل قبول می‌باشد.

در جدول ۳، فرضیه‌های H1 الی H4، مطابق با پارامترهای مطلوب بام سبز نشان داده شده که بر پذیرش بام سبز تأثیر می‌گذارد. فرضیه‌های H5 الی H7، مربوط به تأثیرات بام سبز بر زمینه‌های اقتصادی، اجتماعی و محیطی بوده که ممکن است موجب محدود کردن یا تسهیل پذیرش بام سبز شود. از آنجایی که مکان مورد مطالعه در اقلیم معتدل و مرطوب می‌باشد نمی‌توان نتایج را به دیگر اقلیم‌ها تعمیم داد، بنابراین اقلیم معتدل و مرطوب در مدل تحقیق لحاظ می‌شود.

ارزیابی مدل پیشنهادی

داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار اسمارت پی ال اس، تجزیه و تحلیل شد. می‌توان گفت که ابزار اندازه‌گیری (پرسشنامه) به خوبی توانسته متغیرهای مورد نظر را اندازه‌گیری کند. در این تحقیق، مناسب بودن شاخص نسبت به سازه و اعتبار و روایی سازه، با استفاده از ۲۵ مورد از خدمات بام سبز از شهروندان قائمشهر و شهرهای مجاور مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که پرسشنامه قابل اعتماد است. بارگذاری فاکتورهای اندازه‌گیری با توجه به مدل اتخاذ در نرم‌افزار اسمارت پی ال اس، انجام شد. کلیه موارد با سازه مورد نظر خود کاملاً همبسته بوده و همچنین مقدار نسبتاً بالایی حدود، ۰/۷۰ را برای کلیه سازه‌ها نشان می‌دهد. سطح ۰/۶۰ (Gefen & Straub, 2005) نشانگر اعتبار همگرایی است

راستی‌آزمایی و قابلیت اطمینان

نتایج آلفا کرونباخ و قابلیت اطمینان ترکیبی از نرم‌افزار اسمارت پی ال اس، بیشتر از ۰/۷ بوده و بنابراین کلیه متغیرها قابل قبول است (Clum et al., 1990). برای ادامه مطالعه، مطابق ارزیابی و پیش‌بینی مدل ساختاری، برخی از داده‌ها در مورد مقادیر t ، مقادیر مسیر p ، p -values، β ، مقادیر R^2 مشخص شد.

اقدامات

سوالات پرسشنامه با توجه به جدول ۱، که پارامترهای مطلوب بام سبز یا به عبارتی معیارهای تأثیرگذار بر پذیرش بام سبز را نشان می‌دهد، طراحی شد. جدا از سوالات پیش‌زمینه (جنسیت، سن، شغل و تحصیلات) اطلاعات ۲۵ سوال مربوط به پذیرش بام سبز بر اساس ۷ سازه، که به شناسایی عوامل مؤثر در پذیرش بام سبز کمک می‌کنند، بررسی شد. تمامی مواردی که در این پرسشنامه گنجانده شده است با اقتباس از مقالات معتبری می‌باشد که در این تحقیق با ذکر منابع بدان‌ها اشاره شد. سوالات پرسشنامه بر اساس طیف پنج گزینه‌ای لیکرت تهیه شده‌اند که یکی از رایج‌ترین قالب‌های بررسی است. اعتقاد بر این است که مقیاس‌های با بیش از ۷ امتیاز گنج‌کننده هستند (Allen et al., 2007).

تحلیل یافته‌ها

اعتبار و روایی سازه توسط آنالیز پایلوت ۳۰ پاسخ‌دهنده که یک عدد جادویی از توزیع‌های غیر عادی است، تأیید شد (Arsham, 2011). جدول ۲ مقدار قابلیت اطمینان هر پارامتر با استفاده از آلفای کرونباخ (Cronbach's alpha) را نشان می‌دهد. اگر قابلیت اطمینان آلفا کرونباخ بیش از ۰/۷ باشد، بدین معنی است که این مورد از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار است (Cronbach & Warrington, 1951).

Table 2. Average variance

Construct	Average variance
Plant type	0.786
Social function	0.868
irrigation	0.849
Extensive roof garden	0.796
Economic benefits	0.824
Social benefits	0.778
Environmental benefits	0.782

اعتبار و همگرایی با استفاده از میانگین واریانس استخراج و اندازه‌گیری شد. اعتبار همگرا هنگامی که مقدار میانگین (AVE) از هر سازه از ۰/۵ بیشتر باشد، کافی است (Ifinedo, 2011). همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده، مقادیر میانگین برای کلیه پارامترهای



Table 3. Summaries of the Results

Hypothesis	Patch Coefficients	T-Value	P-Value	Results
H1: plant type → Adoption of green roof	0.182736	5.232520	1.40 E-06	Support
H2: social function → Adoption of green roof	0.180259	7.012348	7.87 E-10	Support
H3: irrigation → Adoption of green roof	0.146042	12.544119	2.69 E-20	Support
H4: extensive green roof → Adoption of green roof	0.048284	2.135209	3.59 E-04	Support
H5: economic benefits → Adoption of green roof	0.214678	17.260114	3.46 E-28	Support
H6: social benefits → Adoption of green roof	0.145625	11.812925	5.76 E-19	Support
H7: environmental benefits → Adoption of green roof	0.220330	13.467357	6.17 E-22	Support

درصد از انجام آزمون به استفاده از عینک واقعیت مجازی احساس رضایت و خرسندی کردند. این میزان نمایانگر تاثیر استفاده از عینک واقعیت مجازی به عنوان یک کمک ابزار تحلیلی و روش تحقیق در معماری می‌باشد.

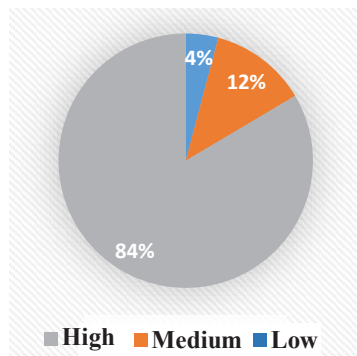


Fig.3. Participants' satisfaction with the use of virtual reality (VR) glasses

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اول این تحقیق شناسایی و توصیف عوامل مؤثر در پذیرش بام سبز در ساختمان‌های مسکونی است. بر اساس اعتبار مدل اندازه‌گیری و آزمون مدل ساختاری، به دو دلیل پارامترهای سیستم آبیاری هوشمند و کنترل روان آب، انتخاب نوع گیاه مناسب، عملکرد اجتماعی، انتخاب نوع گسترده بام سبز، مزایای اقتصادی، مزایای زیست محیطی و مزایای اجتماعی به عنوان عوامل مؤثر در پذیرش بام سبز تعیین شدند. اول آن که اعتبار هر ۷ پارامتر طبق جدول ۳ تأیید شده است و دلیل دوم بین این عوامل و پذیرش بام سبز رابطه مثبت وجود دارد.

هدف دوم این تحقیق در رابطه تاثیر استفاده VR بر نتایج پذیرش بام سبز می‌باشد. نتایج حاکی از آن است که استفاده از تکنولوژی VR به طور چشمگیری میل به شرکت در آزمون را در شرکت کنندگان افزایش داد و همچنین در این تحقیق قرارگیری شرکت کنندگان به صورت مجازی در بام سبز مورد مطالعه، موجب درک و تجربه بیشتر آن‌ها از محیط و در نتیجه تاثیر بر نتایج پذیرش بام سبز شد.

در راستای تحقیق و به موازات آن محدودیت‌هایی وجود داشت. در ابتدا، نتایج تحقیقات فعلی فقط بر اساس یک اقلیم در کشور بدست آمده است. از آنجا که اقلیم عامل مهمی است که بر یافته‌ها تأثیر می‌گذارد، نمی‌توان نتایج را برای کل کشور تعمیم

- ضرایب مسیر (β): ضرایب مسیر (β) نشان می‌دهد که ارتباط بین متغیرهای وابسته و مستقل چقدر قوی و معنی‌دار است. این بدان معنی است که یک ضریب مسیر، تأثیر فوری یک متغیر که به عنوان علت در نظر گرفته می‌شود را، آشکار می‌کند که قرار است متغیر متفاوتی را در پی داشته باشد (به عنوان اثر در نظر گرفته می‌شود). از آنجا که می‌توان ضریب مسیر را براساس همبستگی مشخص کرد، در حالی که یک ضریب رگرسیون مسیر نمی‌تواند استاندارد تلقی شود، استاندارد می‌شود. ضرایب مسیر باید بین ۱ تا -۱، باشد.

- آزمایش فرضیه: طبق گفته‌های ردی و همکاران، برای انجام آزمایش فرضیه، می‌توان از طریق مقادیر T-test با استفاده از روش Bootstrapping، اهمیت مسیر را تعیین کرد. معمولاً عدد قابل قبول برای مقدار t بزرگتر از دو است ($T\text{-value} > 2$) که به معنای سطح قابل توجه می‌باشد (Reddy & Chin, 1998).

- مقدار P-value: مقدار P را می‌توان اندازه‌گیری کمی از اهمیت عددی آزمایش یک فرضیه در نظر گرفت. علاوه بر این، در مورد مطالعات انجام شده در گذشته، مقدار $P < 0.05$ حاکی از اهمیت فرضیه مربوط است (به عنوان مثال: Ifinedo, 2011).

در بررسی تأثیر فاکتورها در پذیرش بام سبز، فرضیه‌های تدوین شده H1 الی H7، توسط داده‌ها پشتیبانی شدند. مشخص شد که مدل تحقیق در این مطالعه قادر به پیش‌بینی این عوامل برای دستیابی به سطح بالایی از پذیرش است.

تأثیر تکنولوژی واقعیت مجازی بر روند و نتایج تحقیق

حدود ۸۰ درصد شرکت کنندگان هیچ تجربه‌ای از استفاده عینک VR نداشتند. بنابراین برای نتیجه بهتر قبل از انجام آزمون کارایی عینک VR برای هر یک توضیح داده شد. این تکنولوژی موجب شد آن‌ها رغبت و انگیزه بیشتری برای شرکت در آزمون و تکمیل پرسشنامه پیدا کنند. در این روش شرکت کنندگان، به مدت ۵ دقیقه بام سبز و پارامترهای آن را به صورت واقعی تجربه کردند که موجب شد بتوانند با تجربه و لمس واقعی بام سبز اقدام به تکمیل پرسشنامه کنند. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، نتایج تحقیق برای بیان احساس خرسندی مخاطبین ارائه شد. تعداد زیادی از شرکت کنندگان حدود ۸۴

تشکر و قدردانی

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافی برای ایشان وجود نداشته است.

تأییدیه‌های اخلاقی

نویسندگان متعهد می‌شوند که کلیه اصول اخلاقی انتشار اثر علمی را براساس اصول اخلاقی COPE رعایت کرده‌اند و در صورت احراز هر یک از موارد تخطی از اصول اخلاقی، حتی پس از انتشار مقاله، حق حذف مقاله و پیگیری مورد را به مجله می‌دهند.

منابع مالی / حمایت‌ها

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

مشارکت و مسئولیت نویسندگان

نویسندگان اعلام می‌دارند به‌طور مستقیم در مراحل انجام پژوهش و نگارش مقاله مشارکت فعال داشته و به‌طور برابر مسئولیت تمام محتویات مطالب گفته‌شده در مقاله را می‌پذیرند.

References

- Allen, I. E., Seaman, J., & Sloan Consortium. (2007). *Online nation: five years of growth in on-line learning*. Sloan-C.
- Ammann, J., Hartmann, C., Peterhans, V., Rope-lato, S., & Siegrist, M. (2020). The relationship between disgust sensitivity and behavior: A virtual reality study on food disgust. *Food Quality and Preference*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103833>
- Arsham, H. (2011). *Questionnaire Design and Surveys...* - Google Scholar. (n.d.). Retrieved April 9, 2020, from https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Arsham%2C+H.+%282011%29.+Questionnaire+Design+and+Surveys+Sampling.+Retrieved+July+24%2C+2013.&btnG=
- Bates, A. J., Sadler, J. P., & Mackay, R. (2013). Vegetation development over four years on two green roofs in the UK. *Urban Forestry and Urban Greening*, 12(1), 98–108. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.12.003>
- Berardi, U. (2016). The outdoor microclimate benefits and energy saving resulting from green roofs retrofits. *Energy and Buildings*, 121, 217–229. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.03.021>
- Bertram, C., & Rehdanz, K. (2015). The role of urban green space for human well-being. *Ecological Economics*, 120, 139–152. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.10.013>
- Bianchini, F., & Hewage, K. (2012). Probabilistic social cost-benefit analysis for green roofs: A lifecycle approach. *Building and Environment*, 58, 152–162. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.07.005>
- Bogicevic, V., Seo, S., Kandampully, J. A., Liu, S. Q., & Rudd, N. A. (2019). Virtual reality presence as a preamble of tourism experience: The role of mental imagery. *Tourism Management*, 74, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2019.02.009>
- Botella, C., Fernández-Álvarez, J., Guillén, V., García-Palacios, A., & Baños, R. (2017). Recent Progress in Virtual Reality Exposure Therapy for Phobias: A Systematic Review. In *Current Psychiatry Reports* (Vol. 19, Issue 7). Current Medicine Group LLC 1. <https://doi.org/10.1007/s11920-017-0788-4>
- Boton, C. (2018). Supporting constructability analysis meetings with Immersive Virtual Reality-based collaborative BIM 4D simulation. *Automation in Construction*, 96, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.08.020>
- Brudermann, T., & Sangkakool, T. (2017). Green roofs in temperate climate cities in Europe – An analysis of key decision factors. *Urban Forestry and Urban Greening*, 21, 224–234. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.12.008>
- Castiglia Feitosa, R., & Wilkinson, S. (2016). Modelling green roof storm water response for different soil depths. *Landscape and Urban Planning*, 153, 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.05.007>
- Catalano, C., Marcenò, C., Laudicina, V. A., & Guarino, R. (2016). Thirty years unmanaged green roofs: Ecological research and design implications. *Landscape and Urban Planning*, 149, 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.01.003>
- Clum, G. A., Broyles, S., Borden, J., & Watkins, P. L. (1990). Validity and reliability of the panic attack symptoms and cognitions questionnaires. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, 12(3), 133–145.
- Conniff, A., & Craig, T. (2016). A methodological



- approach to understanding the wellbeing and restorative benefits associated with greenspace. *Urban Forestry and Urban Greening*, 19, 103–109. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.06.019>
16. Cronbach, L. J., & Warrington, W. G. (1951). Time-limit tests: Estimating their reliability and degree of speeding. *Psychometrika*, 16(2), 167–188. <https://doi.org/10.1007/BF02289113>
 17. DeNardo, J. C., Jarrett, A. R., Manbeck, H. B., Beattie, D. J., & Berghage, R. D. (2005). Storm water mitigation and surface temperature reduction by green roofs. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 48(4), 1491–1496. <https://doi.org/10.13031/2013.19181>
 18. Deng, X., Unnava, H. R., & Lee, H. (2019). “Too true to be good?” when virtual reality decreases interest in actual reality. *Journal of Business Research*, 100, 561–570. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.11.008>
 19. Douglas, O., Lennon, M., & Scott, M. (2017). Green space benefits for health and well-being: A life-course approach for urban planning, design and management. *Cities*, 66, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.03.011>
 20. Dunnett, N., Nagase, A., Booth, R., & Grime, P. (2008). Influence of vegetation composition on runoff in two simulated green roof experiments. *Urban Ecosystems*, 11(4), 385–398. <https://doi.org/10.1007/s11252-008-0064-9>
 21. Eksi, M., Rowe, D. B., Fernández-Cañero, R., & Cregg, B. M. (2015). Effect of substrate compost percentage on green roof vegetable production. *Urban Forestry and Urban Greening*, 14(2), 315–322. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.03.006>
 22. Emilsson, T., Czemił Berndtsson, J., Mattsson, J. E., & Rolf, K. (2007). Effect of using conventional and controlled release fertiliser on nutrient runoff from various vegetated roof systems. *Ecological Engineering*, 29(3), 260–271. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.01.001>
 23. Flavián, C., Ibáñez-Sánchez, S., & Orús, C. (2019a). The impact of virtual, augmented and mixed reality technologies on the customer experience. *Journal of Business Research*, 100, 547–560. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.10.050>
 24. Flavián, C., Ibáñez-Sánchez, S., & Orús, C. (2019b). The impact of virtual, augmented and mixed reality technologies on the customer experience. *Journal of Business Research*, 100, 547–560. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.10.050>
 25. Francis, L. F. M., & Jensen, M. B. (2017). Benefits of green roofs: A systematic review of the evidence for three ecosystem services. *Urban Forestry and Urban Greening*, 28, 167–176. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.10.015>
 26. Gargari, C., Bibbiani, C., Fantozzi, F., & Campiotti, C. A. (2016). Environmental Impact of Green Roofing: The Contribute of a Green Roof to the Sustainable use of Natural Resources in a Life Cycle Approach. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8, 646–656. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.087>
 27. Gefen, D., & Straub, D. (2005). A practical guide to factorial validity using PLS-Graph: Tutorial and annotated example. *Communications of the Association for Information Systems*, 16(1), 109–118.
 28. Ifinedo, P. (2011). An empirical analysis of factors influencing internet/e-business technologies adoption by smes in Canada. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 10(4), 731–766. <https://doi.org/10.1142/S0219622011004543>
 29. Jennett, T. S., & Zheng, Y. (2018). Component characterization and predictive modeling for green roof substrates optimized to adsorb P and improve runoff quality: A review. *Environmental Pollution*, 237, 988–999. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.012>
 30. Johannessen, B. G., Hanslin, H. M., & Muthanna, T. M. (2017). Green roof performance potential in cold and wet regions. *Ecological Engineering*, 106, 436–447. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.011>
 31. Lata, J. C., Dusza, Y., Abbadie, L., Barot, S., Carmignac, D., Gendreau, E., Kraepiel, Y., Mériquet, J., Motard, E., & Raynaud, X. (2018a). Role of substrate properties in the provision of multifunctional green roof ecosystem services. *Applied Soil Ecology*, 123, 464–468. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.09.012>
 32. Lata, J. C., Dusza, Y., Abbadie, L., Barot, S., Carmignac, D., Gendreau, E., Kraepiel, Y., Mériquet, J., Motard, E., & Raynaud, X. (2018b). Role of substrate properties in the provision of multifunctional green roof ecosystem services. *Applied Soil Ecology*, 123, 464–468. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.09.012>
 33. Madureira, H., Nunes, F., Oliveira, J. V., Cormier, L., & Madureira, T. (2015). Urban residents' beliefs concerning green space benefits in four cities in France and Portugal. *Urban Forestry and Urban Greening*, 14(1), 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.11.008>
 34. Mahdiyar, A., Tabatabaee, S., Abdullah, A., & Marto, A. (2018). Identifying and assessing the critical criteria affecting decision-making for green roof type selection. *Sustainable Cities and Society*, 39, 772–783. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.03.007>
 35. Mahdiyar, A., Tabatabaee, S., Sadeghifam, A. N., Mohandes, S. R., Abdullah, A., & Meynagh, M. M. (2016). Probabilistic private cost-benefit analysis for green roof installation: A Monte Carlo simulation approach. *Urban Forestry and Urban Greening*, 20, 317–327. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.10.001>
 36. Mattila, O., Korhonen, A., Pöyry, E., Hauru, K., Holopainen, J., & Parvinen, P. (2020). Restoration in a virtual reality forest environment. *Computers in Human Behavior*, 107. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106295>
 37. Mesimäki, M., Hauru, K., & Lehvävirta, S. (2019). Do small green roofs have the possibility to offer recreational and experiential benefits in a dense urban area? A case study in Helsinki, Finland. *Urban Forestry and Urban Greening*, 40, 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.10.005>
 38. Morakinyo, T. E., Kalani, K. W. D., Dahanay-

- ake, C., Ng, E., & Chow, C. L. (2017). Temperature and cooling demand reduction by green-roof types in different climates and urban densities: A co-simulation parametric study. *Energy and Buildings*, 145, 226–237. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.066>
39. Nagase, A., & Dunnett, N. (2013). Establishment of an annual meadow on extensive green roofs in the UK. *Landscape and Urban Planning*, 112(1), 50–62. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.12.007>
40. Perini, K., & Rosasco, P. (2016). Is greening the building envelope economically sustainable? An analysis to evaluate the advantages of economy of scope of vertical greening systems and green roofs. *Urban Forestry and Urban Greening*, 20, 328–337. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.08.002>
41. Portman, M. E., Natapov, A., & Fisher-Gewirtzman, D. (2015). To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning. *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 376–384. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurb-sys.2015.05.001>
42. Qin, H. peng, Peng, Y. nuan, Tang, Q. ling, & Yu, S. L. (2016). A HYDRUS model for irrigation management of green roofs with a water storage layer. *Ecological Engineering*, 95, 399–408. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.077>
43. Razzaghmanesh, M., Beecham, S., & Salemi, T. (2016). The role of green roofs in mitigating Urban Heat Island effects in the metropolitan area of Adelaide, South Australia. *Urban Forestry and Urban Greening*, 15, 89–102. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.11.013>
44. Reddy, J. N., & Chin, C. D. (1998). Thermomechanical analysis of functionally graded cylinders and plates. *Journal of Thermal Stresses*, 21(6), 593–626. <https://doi.org/10.1080/01495739808956165>
45. Sala, N. (2011). Virtual reality in architecture, in engineering and beyond. In *Technology Engineering and Management in Aviation: Advancements and Discoveries* (pp. 336–345). <https://doi.org/10.4018/978-1-60960-887-3.ch020>
46. Shafique, M., Kim, R., & Rafiq, M. (2018). Green roof benefits, opportunities and challenges – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 757–773. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.006>
47. Sisco, L., Monzer, S., Farajalla, N., Bashour, I., & Saoud, I. P. (2017). Roof top gardens as a means to use recycled waste and A/C condensate and reduce temperature variation in buildings. *Building and Environment*, 117, 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.02.025>
48. Squier, M., & Davidson, C. I. (2016). Heat flux and seasonal thermal performance of an extensive green roof. *Building and Environment*, 107, 235–244. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.07.025>
49. Tabatabaee, S., Mahdiyar, A., Durdyev, S., Mohandes, S. R., & Ismail, S. (2019). An assessment model of benefits, opportunities, costs, and risks of green roof installation: A multi criteria decision making approach. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117956. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117956>
50. Tang, X., & Qu, M. (2016). Phase change and thermal performance analysis for green roofs in cold climates. *Energy and Buildings*, 121, 165–175. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.03.069>
51. Tsang, S. W., & Jim, C. Y. (2016). Applying artificial intelligence modeling to optimize green roof irrigation. *Energy and Buildings*, 127, 360–369. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.005>
52. Van den Berg, M., Van Poppel, M., Van Kamp, I., Andrusaityte, S., Balseviciene, B., Cirach, M., Danileviciute, A., Ellis, N., Hurst, G., Masterson, D., Smith, G., Triguero-Mas, M., Uzdancviciute, I., Wit, P. de, Van Mechelen, W., Gidlow, C., Grazuleviciene, R., Nieuwenhuijsen, M. J., Kruize, H., & Maas, J. (2016). Visiting green space is associated with mental health and vitality: A cross-sectional study in four european cities. *Health and Place*, 38, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2016.01.003>
53. Verwulgen, S., Van Goethem, S., Cornelis, G., Verlinden, J., & Coppens, T. (2020). Appreciation of Proportion in Architecture: A Comparison Between Facades Primed in Virtual Reality and on Paper. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 973, 305–314. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20476-1_31
54. Waterworth, J. A., Waterworth, E. L., Riva, G., & Mantovani, F. (2015). Presence: Form, content and consciousness. In *Immersed in Media: Telepresence Theory, Measurement and Technology* (pp. 35–58). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10190-3_3
55. Whittinghill, L. J., Bradley Rowe, D., & Cregg, B. M. (2013). Evaluation of vegetable production on extensive green roofs. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(4), 465–484. <https://doi.org/10.1080/21683565.2012.756847>
56. Whittinghill, L. J., Rowe, D. B., & Cregg, B. M. (2013). Evaluation of Vegetable Production on Extensive Green Roofs. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(4), 465–484. <https://doi.org/10.1080/21683565.2012.756847>
57. Wolfartsberger, J. (2019). Analyzing the potential of Virtual Reality for engineering design review. *Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.018>
58. Zeng, C., Bai, X., Sun, L., Zhang, Y., & Yuan, Y. (2017). Optimal parameters of green roofs in representative cities of four climate zones in China: A simulation study. *Energy and Buildings*, 150, 118–131. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.05.079>
59. Zhou, Y., Clarke, L., Eom, J., Kyle, P., Patel, P., Kim, S. H., Dirks, J., Jensen, E., Liu, Y., Rice, J., Schmidt, L., & Seiple, T. (2014). Modeling the effect of climate change on U.S. state-level buildings energy demands in an integrated assessment framework. *Applied Energy*, 113, 1077–1088. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.08.034>

