ISSN: 2538-2594; Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2021;11(1):64-82

The Investigation, Classification, and Prioritization of Factors Affecting the Selection of Vertical Greenery Systems as Building Façade and Their Structural Components

ARTICLE INFO

Article Type
Analytic Study

Authors
Samane Torabifar
Kiyanoosh Suzanchi

How to cite this article
Torabifar S, Suzanchi K. The Investigation, Classification, and Prioritization of factors Affecting the Selection of Vertical Greenery System as Building Façade and Their Structural Components. *Naqshejahan.* 2021 Apr 10; 11(1): *64-82*.
URL:https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-43708-fa.html

ABSTRACT

Aims: Due to high building density and lack of adequate open space in large and growing cities, the possibility of developing green spaces as elements controlling air pollution and urban heat island has decreased. One possible solution is to use the vertical surfaces of buildings to develop vertical greeneries. The right choice of vertical greenery systems according to internal and external factors affecting the system is the key to their success and development. This choice includes the correct choice of each of the four components of the system, including plants, growing media, supporting system, and irrigation/ drainage systems.

Methods: In this study, the factors affecting the selection of these systems were collected and explained through field observation and review and analysis of previous researches and were divided into four general categories based on the effect on each of the main components. Then, through a questionnaire from green wall experts, the prioritization of these factors was evaluated using the Five-point Likert scale. The results of the questionnaire were analyzed by Kolmogorov-Smirnov, Cronbach's Alpha, Friedman, and Spearman's correlation tests, and presented.

Results: The results showed that external factors: "budget", "type of selected plants", "type of vertical greenery system" and "climatic conditions (temperature and humidity)" and also the internal factor: "structural characteristics and building materials" have had the greatest impact on the choice of these systems.

Conclusion: Paying attention to the importance of each of these factors and the prioritizations can help in organized decision making and optimal selection of vertical greenery systems.

Keywords: Vertical greenery system, System selection, Plants, Growth bed, Supporting system, Building façade

CITATIONLINKS

[1] The impact of greening systems on building energy performance [2] Green roofs and facades: A comprehensive review. Renew Sustain Energy Rev [3] Greenery on residential buildings: Does it affect preferences and perceptions of beauty? [4]Effect of using conventional and controlled release fertiliser on nutrient runoff from various vegetated roof systems [5] Green Facades and Living Walls—A Review Establishing the Classification of Construction Types and Mapping the Benefits. Sustainability [6] Perception studies of vertical greenery systems in Singapore [7] Green facades—a view back and some visions. Urban Ecosyst [8] A review of energy characteristic of vertical greenery systems [9] Vertical greening systems and sustainable cities [10] The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone [11]Vertical greening systems, a process tree for green façades and living walls [12] Comparative life cycle analysis for green façades and living wall systems. Energy Build [13]Green wall systems: a review of their characteristics [14] Living architecture : green roofs and walls [15] Greening the building envelope, façade greening and living wall systems [16] Living walls and their contribution to improved thermal comfort and carbon emission reduction: A review. Build Environ.

1. M.Sc. Student, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor of Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

**Correspondence*
Address: Art and Architecture Faculty, Tarbiat Modares University, Jalal Al-Ahmad Highway, Tehran, Iran.

Phone: +98(21)82883755
Fax: +98(21)82883755

Article History
Received: June 16, 2020
Accepted: Nov 23, 2020
ePublished: Apr 10, 2021

Copyright©2021, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

بررسی، دسته بندی و اولویت بندی عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم‌های سبز عمودی به عنوان نمای ساختمان و اجزاء ساختاری آن‌ها

سمانه ترابی‌فر[۱] MSc

دانشجوی کارشناسی‌ارشد معماری منظر، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

کیانوش سوزنچی*[۲] PhD

استادیار گروه معماری منظر، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده

اهداف: به دلیل تراکم بالای ساختمانی و کمبود فضای باز کافی در شهرهای بزرگ و درحال رشد، امکان توسعه فضاهای سبز به عنوان عناصر کنترل‌کننده آلودگی هوا و جزایر حرارتی در شهرها کاهش یافته است. یکی از راه حل‌های ممکن، استفاده از سطوح عمودی ساختمان‌ها در سطح شهر برای توسعه فضای سبز عمودی است. انتخاب صحیح سیستم‌های سبز عمودی با توجه به عوامل درونی و بیرونی مؤثر بر سیستم کلید موفقیت و توسعه آن‌هاست. این انتخاب شامل انتخاب درست هریک از اجزاء چهارگانه سیستم از جمله گیاهان، بستر رشد، سیستم پشتیبان و سیستم آبیاری و زهکشی می‌شود.

روش‌ها: در این پژوهش فاکتورهای مؤثر بر انتخاب سیستم‌های سبز عمودی از طریق مشاهده میدانی و بررسی و تحلیل پژوهش‌های پیشین جمع‌آوری و تشریح گردید و براساس اثرگذاری بر هریک از اجزاء اصلی به چهار دسته کلی تقسیم شدند. سپس ازطریق طرح پرسشنامه از متخصصین، اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر انتخاب با استفاده از طیف ۵ ارزشی لیکرت ارزیابی گردید. نتایج مستخرج از پرسشنامه توسط آزمون‌های آماری کولموگراف-اسمیرنوف، آلفای کرونباخ، فریدمن و همبستگی اسپیرمن تحلیل و اولویت‌بندی‌های نهایی ارائه گردید.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد که عوامل بیرونی: "بودجه"، "نوع گیاهان انتخابی"، "نوع سیستم سبز عمودی" و "شرایط آب و هوایی (دما و رطوبت)" و عامل درونی "مشخصات سازه‌ای و مصالح پوشش ساختمان" بیشترین اثر را بر انتخاب سیستم‌های سبز عمودی داشته‌اند.

نتیجه‌گیری: توجه به میزان اهمیت هریک از این عوامل و اولویت بند انجام شده در این پژوهش می‌تواند به تصمیم‌گیری سازمان یافته و انتخاب بهینه و مناسب سیستم‌های سبز عمودی کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: سیستم سبز عمودی، انتخاب سیستم، گیاه، بستر رشد، سیستم پشتیبان، نمای ساختمان.

مقدمه

بر طبق گزارش سازمان اتحادیه ملت‌ها امروزه ۵۵٪ از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند و پیشبینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰، جمعیت شهرها به ۶۸٪ افزایش یابد[۱]. مناطق متراکم شهری منابع مسائل محیطی متعددی همچون جزیره حرارتی شهری، تخلیه منابع و آلودگی های هوا و آب هستند. این معضلات منجر به آسیب‌های جدی به محیط زیست و سلامت جسمی و روحی انسان می‌شوند. همچنین مصرف انرژی کلی جهان در چهار دهه اخیر افزایش یافته و بخش عظیمی از این افزایش مرتبط با ساختمان‌ها است و بر طبق برنامه محیط اتحادیه ملت‌ها، بخش ساختمان ۴۰٪ از کل مصرف انرژی را در بر می‌گیرد[۲].

یکی از راه‌حل‌های پیشنهادی در جهت کمک به رفع این مسائل و کمک به توسعه پایدار شهر، استفاده هرچه بیشتر از فضای سبز در سطح شهرها به منظور جذب آلاینده‌ها و تولید اکسیژن، کاهش جزایر حرارتی شهری و ایجاد زیبایی بصری است. از طرفی پوشش سبز در محیط شهری به دلیل خواص تجدیدکننده‌ای که با عوامل استرس زا مانند شلوغی و سر و صدا مقابله می‌کند مطلوب است[۳]. اما امروزه بدلیل تراکم ساختمانی و کمبود فضای باز کافی در سطح شهرها، فضای خالی برای توسعه فضاهای سبز محدود می‌باشد، بنابراین نیاز به راه‌حلی جایگزین احساس می‌شود. یکی از این راه‌حل ها استفاده از سطوح بلااستفاده ساختمان‌ها از جمله بام‌ها و جداره‌ها برای ایجاد فضای سبز است. از طرفی فضای بالقوه برای اجرای دیوار سبز بسیار بیشتر از سطح افقی در دسترس است، در نتیجه بنظر می‌رسد قابلیت اصلاح مشکلات محیطی توسط دیوارهای سبز بیشتر از بام‌های سبز می‌باشد و می‌توانند اثر بیشتری بر تأثیر محیطی ساختمان داشته باشند[۴و۵].

در کشور ایران با وجود سابقه چندین ساله استفاده از دیواره های سبز، این شیوه ها به طور گسترده توسعه نیافته اند. بر طبق پژوهش [۶] موانع توسعه سیستم‌های سبز عمودی عبارت از نیاز سیستم‌ها به نگهداری مستمر، کمبود اطلاعات فنی، دستورالعمل‌های نگهداری و اطلاعات مرتبط با گیاهان مناسب (محلی)، کمبود آگاهی از مزایا و عملکردها، عدم وجود کمک هزینه ها و مشوق‌های دولتی هستند.

یکی از مهمترین موضوعات در بحث سیستم‌های سبز عمودی، انتخاب نوع مناسب این سیستم‌ها با توجه به شرایط مختلف موجود از جمله شرایط اقلیمی (مانند قرارگیری در معرض خورشید، سایه، دما، باد، بارندگی)، مشخصات ساختمان و محیط پیرامون (مانند جهت، دسترسی، ارتفاع)، اهداف ایجاد سیستم، نوع کاربری، تأثیرات محیطی اجزاء سیستم (مانند انرژی یا آب مصرفی و قابلیت بازیافت متریال ها)، هزینه‌های مرتبط در طول کل دوره زندگی، میزان بودجه و نیز انتخاب صحیح هریک از اجزاء تشکیل دهنده آن بر اساس عوامل مؤثر بر هریک از اجزاء می‌باشد. استخراج و جمع بندی نظرات متخصصان حوزه دیوار سبز درخصوص اولویت بندی این عوامل، در به کارگیری درست آن‌ها در فرایند انتخاب و طراحی و درنتیجه کمک به انتخاب نوع مناسب این سیستم‌ها و موفقیت و گسترش هرچه بیشتر آن‌ها کمک خواهد نمود.

در این مقاله پس از شرح مختصر تاریخچه، تعریف و انواع سیستم-های سبز عمودی، با مرور جامع مطالعات گذشته، کلیه عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم‌ها جمع آوری و بر طبق اجزاء اصلی سازنده آن‌ها دسته بندی شده اند. سپس از طریق پرسشنامه ، میزان اهمیت و اولویت‌بندی این عوامل مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این مقاله پس از ارائه خلاصه‌ای از پیشینه و اجزاء اصلی سازنده سیستم‌های سبز عمودی، تمامی فاکتورهای مؤثر در انتخاب سیستم-های سبز عمودی از طریق مشاهده میدانی و بررسی و تحلیل پژوهش‌های پیشین جمع‌آوری و تشریح گردید. در گام بعد، عوامل نامبرده بر اساس اثرگذاری بر هریک از اجزاء اصلی به چهار دسته کلی یعنی عوامل مؤثر بر گیاهان، بستر رشد، سیستم پشتیبان و سیستم آبیاری و زهکشی تقسیم شدند. پس از آن از طریق پرسشنامه از متخصصین در حوزه طراحی و اجرای دیوار سبز در خصوص اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر انتخاب، با استفاده از طیف ۵ ارزشی لیکرت، پرسش به عمل آمد. آنالیز اطلاعات به صورت آمار استنباطی با استفاده از آزمون‌های آماری همچون کولموگراف-اسمیرنوف،

آلفای کرونباخ، فریدمن و همبستگی اسپیرمن (برای تعمیم به جامعه) با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفته است.

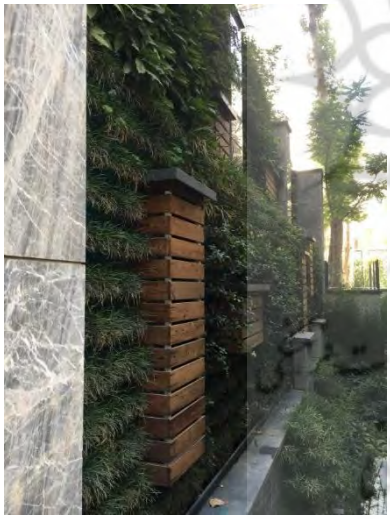
پیشینه پژوهش

۱- تعریف و طبقه بندی سیستم‌های سبز عمودی

نماهای ساختمانی یکی از بخش‌های تکیل دهنده محیط‌های شهری هستند که می‌توانند در راستای معماری پایدار یا بیوفیلیک به صورت خلاقانه مورد استفاده قرار گیرند. از طرفی نماهای سبز این امکان را ایجاد می‌کنند که برای بهبود عملکرد پایدار ساختمان، معماری سنتی و مصالح و تکنولوژی‌های پیشرفته را با یکدیگر ادغام نمود[۷]. اصطلاحات گوناگونی در منابع برای این سیستم‌ها ذکر شده است، از جمله دیوار سبز، باغ عمودی، سیستم سبز عمودی، محوطه سازی عمودی، سایه انداز زیستی و سیستم عمودی سبز، که اصطلاح "سیستم سبز عمودی" (Vertical greenery system) جامع ترین و رایج ترین آن هاست[۸].

طبقه بندی های متنوعی از سیستم‌های سبز عمودی بر اساس ساختار، بستر رشد، گونه‌های گیاهی و سیستم آبیاری ارائه شده است اما در جامع‌ترین طبقه بندی، سیستم‌های سبز عمودی بر اساس نوع پوشش گیاهی و ساختار پشتیبان به دو دسته نماهای سبز (Green facades) و دیوارهای زنده (Living walls) تقسیم می‌شوند [۹] که هرکدام شامل زیرمجموعه‌هایی می‌باشند و به ترتیب در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند. نماهای سبز نوعی سیستم سبز عمودی هستند که در آن‌ها از گیاهان بالارونده یا آبشاری برای پوشش سطح دیوار موجود یا ساختارهای پشتیبان طراحی شده استفاده می‌شود. دیوارهای زنده از پنل‌های پیش‌کاشته، مدول‌های عمودی یا نمدهای گیاه کاری شده تشکیل شده اند که به یک دیوار یا فریم متصل شده اند. این نوع سیستم‌ها از تنوع گیاهی بالاتری برخوردارند و مزایای محیطی متعددی را برای محیط پیرامون خود ایجاد می‌کنند [۱۰]. (شکل۱) (شکل۲)

شکل۱) نمای سبز مستقیم با گیاهان بالارونده و بدون ساختار پشتیبان، منبع: نگارندگان.

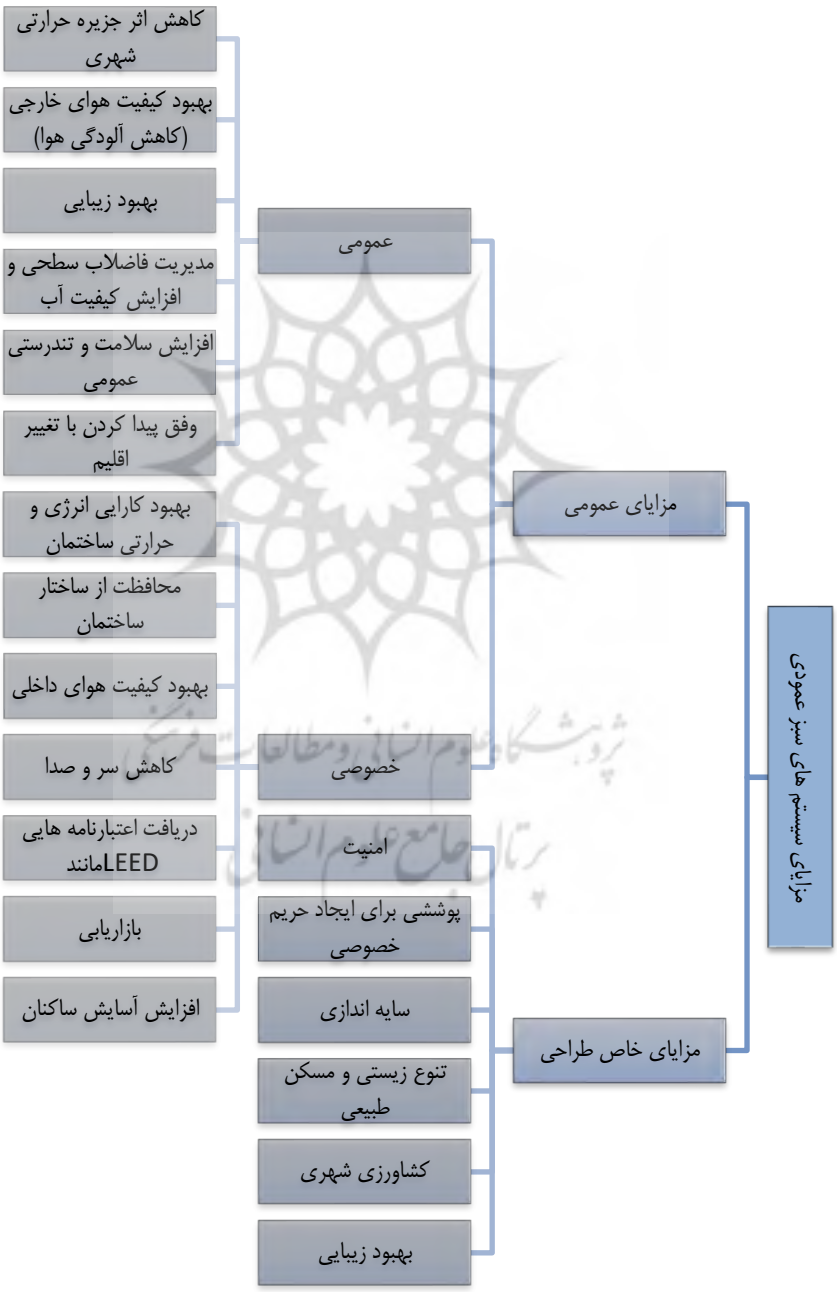


شکل۲) اجرای دیوار زنده مدولار با جعبه‌های کاشت بر نمای ساختمان در پروژه برج مریم واثق، منبع: نگارندگان.

۲- مزایای سیستم‌های سبز عمودی

در صورت اجرای موفق سیستم‌های سبز عمودی، این سیستم‌ها پتانسیل زیادی برای تغییرات مثبت محیطی در مقیاس خرد و کلان در نواحی متراکم شهری دارند. مزایای این سیستم‌ها به عوامل مؤثر بر طراحی و انتخاب آن‌ها بستگی دارند و به دو دسته عمومی و

خاص طراحی تقسیم می‌شوند. مزایای عمومی تقریباً به وسیله تمام دیوارهای سبز ایجاد می‌شوند. اما مزایای خاص طراحی تابعی از اهداف طراحی/ مشتری هستند. مزایای عمومی دیوارهای سبز نیز خود به دو دسته عمده عمومی و خصوصی تقسیم می‌شوند، زیرا برخی از آن‌ها برای ساکنان ساختمان و سایر مزایا برای اجتماع در مقیاس بزرگ هستند که در نمودار۱ نشان داده شده‌اند[۹و۱۱].



نمودار۱) تقسیم بندی مزایای سیستم های سبز عمودی، [۹، ۱۱]

۳- اجزاء سیستم‌های سبز عمودی

سیستم‌های سبز عمودی گوناگون اجزاء، نیازها و تمهیدات خاص متفاوتی را دارا می‌باشند. بیشتر توسعه های اخیر در حوزه سیستم‌های سبز عمودی عمدتاً بر طراحی سیستم‌ها و عناصر آن‌ها (شامل: گیاهان، بستر رشد، عناصر پشتیبان، سیستم آبیاری و زهکشی) تمرکز کرده‌اند تا به راه حل‌های تکنیکی کارآمدتر و کارایی بهتر دست یابند. در جدول ۱ خلاصه ای از اجزاء انواع سیستم‌های سبز عمودی ارائه شده است.

جدول۱) خلاصه اجزاء سیستم‌های دیوار سبز، [۱۳]

نیازهای سیستم	نماهای سبز	دیوار زنده پیوسته	دیوار زنده مدولار
گیاهان	گیاهان بالارونده (همیشه سبز یا برگریز)	بوته‌ها، چمن‌ها و گیاهان همیشگی	بوته‌ها، چمن‌ها، گیاهان همیشگی و گیاهان گوشتی
بستر رشد	خاک زمین یا ظروف پرشده از زیرلایه	ـــــ	مخلوط زیرلایه شامل ترکیبات ارگانیک و/یا غیرارگانیک
سیستم پشتیبان	کابل‌ها، طناب‌ها، داربست فولاد ضدزنگ، فولاد گالوانیزه، چوب، پلاستیک، فایبرگلاس	نمدهای ژئوتکستایل	فولاد گالوانیزه، فولاد ضد زنگ، پلیمرهای سبک و/یا انعطاف‌پذیر، سرامیک‌ها
آبیاری	خطوط چکه کننده درون ظروف	خطوط چکه کننده در بالای دیوار	خطوط چکه کننده در بالای هر مدول
زهکشی	ظروف با سوراخ های پایینی	ـــــ	سوراخ‌های جانبی و پایینی

۴- فاکتورهای مؤثر بر انتخاب سیستم‌های سبز عمودی

طراحی سیستم‌های سبز نیاز به در نظر گرفتن جنبه‌های بسیاری همچون ادغام با پوشش ساختمان، انتخاب مصالح پایدار، اثر محیطی، و همزیستی بین بستر رشد و گیاهان دارد، که عنصری کلیدی در موفقیت سیستم‌های سبز است[۱۲]. عوامل و فاکتورهای متعدد درونی و بیرونی بر فرایند انتخاب سیستم‌های سبز عمودی تأثیر می‌گذارند. یکی از اقدامات مهم در استفاده مؤثر از این سیستم‌ها شناسایی فاکتورهای مؤثر بر هر یک از اجزاء سازنده آن‌ها و انتخاب سیستم بر اساس اولویت و میزان اهمیت هریک از این عوامل می‌باشد.

در این پژوهش در گام اول با مرور منابع متعدد، تمامی عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم‌های سبز عمودی جمع‌آوری و در بخش های زیر تشریح گردیده است.

۱-۴- شرایط اقلیمی و محیطی

در منابع مختلفی از جمله [۸، ۹، ۱۱، ۱۳] شرایط اقلیمی و محیطی به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر انتخاب گیاهان مطرح شده اند. گونه‌های گیاهی مختلف برای رشد و بقا شرایط آب و هوایی خاص و متفاوتی را طلب می‌کنند. از جمله پارامترهای مؤثر بر این شرایط می‌توان به قرارگیری در معرض نور خورشید (میزان نور دریافتی)، دما (گرما، سرما)، باد و بارندگی (رطوبت و خشکی) اشاره کرد. همچنین در انتخاب نوع بستر رشد نیز می‌بایست شرایط محیطی را در نظر گرفت[۱۳]. زیرا شرایط حاد محیطی با تأثیر بر پارامترهایی از جمله دمای بستر رشد در قلمرو ریشه می‌توانند در موفقیت یا عدم موفقیت گیاهان سیستم مؤثر باشند[۱۴].

از طرفی یکی از عوامل مؤثر بر انتخاب نوع سیستم آبیاری یک دیوار سبز شرایط آب و هوایی منطقه و خرداقلیم پیرامون آن است و مشخصاً طراحی سیستم‌های آبیاری دراقلیم‌های خشک از دقت و حساسیت بیشتری برخوردار است. برای مثال به طور معمول، یک سیستم دیوار زنده مدولار در تابستان ماکسیمم ۵ لیتر بر متر مربع در هر روز، و در زمستان ۱ لیتر بر متر مربع در هر روز آب نیاز دارد. در مکان‌هایی با تابستان‌های گرم و مرطوب این ارقام متفاوت خواهند بود، اما به هر حال تعبیه روشی برای آبیاری مورد نیاز است [۱۴].

۲-۴- نوع سیستم سبز عمودی

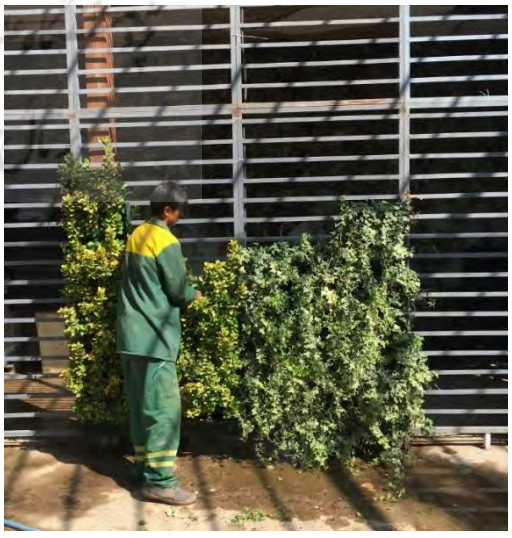
بر طبق منابع [۹، ۱۱، ۱۳] یکی از عوامل مؤثر بر انتخاب گیاهان نوع سیستم سبز عمودی یا به عبارتی نوع سیستم پشتیبان می‌باشد زیرا گیاهان مصرفی در سیستم‌های مختلف متفاوت هستند، برای مثال در سیستم‌های نمای سبز از گیاهان بالارونده استفاده می‌شود که به دو صورت گیاهان خود پشتیبان و گیاهان نیازمند به ساختار پشتیبانی هستند. دیوارهای زنده انواع متنوع تر از گیاهان از جمله انواع بوته‌ها، چمن‌ها و گیاهان همیشگی گوناگون را در بر می‌گیرند.

همچنین یکی از عوامل مؤثر بر انتخاب نوع بستر رشد، نوع سیستم سبز درنظرگرفته شده می‌باشد. نوع بستر رشد در سیستم‌های نمای سبز (پیوسته و مدولار) و سیستم‌های دیوار زنده (پیوسته و مدولار) متفاوت است. در سیستم‌های نمای سبز پیوسته عموماً گیاهان در زمین ریشه دارند. نماهای سبز مدولار با توجه به آویخته شدن، نیازمند انتخاب بستر رشدی سبک و منطبق با گونه‌های گیاهی انتخابی و شرایط محیطی می‌باشد. دیوارهای زنده پیوسته زیرلایه ندارند و از صفحات جاذب سبک وزن که گیاهان در پاکت هایی قرار می‌گیرند ساخته می‌شوند و عموماً بر اساس روش هیدروپونیک هستند. بستر رشد دیوارهای زنده مدولار متشکل از ترکیبات ارگانیک یا غیر ارگانیک یا شامل یک لایه از زیرلایه غیر ارگانیک (معمولاً فوم) برای کاهش وزن می‌باشد[۱۳].

از طرفی هرکدام از انواع سیستم‌های سبز عمودی، سیستم پشتیبان مخصوص به خود را دارند، برای نمونه نماهای سبز مستقیم هیچ ساختار پشتیبانی ندارند. نماهای سبز غیرمستقیم به صورت دو پوسته و دارای دو نوع پیوسته و مدولار هستند و از ساختار حمایتی (داربست‌ها و کابل‌هایی از جنس فولاد گالوانیزه یا ضدزنگ) در مقابل دیوار تشکیل شده‌اند[۱۳]. کابل‌ها برای گیاهان بالارونده سریع‌الرشد با شاخ و برگ متراکم‌تر و شبکه‌های سیمی برای گیاهان کندرشدتر استفاده می‌شوند[۱۰]. دیوارهای زنده پیوسته دارای یک فریم متصل به دیوار هستند که پنل تکیه گاه را نگه می‌دارد و لایه‌های نمدی قابل انعطاف و مقاوم به ریشه به پنل اتصال دارند و لایه بیرونی برای ایجاد پاکت و قرارگیری گیاه برش داده می‌شوند (شکل۳). دیوارهای

زنده مدولار فرم های مختلفی دارند (برای مثال Trays، Vessels، Planter Tiles و Flexible Bags) که ساختارهای مختلفی را نیاز دارند [۱۳] اما عموماً به صورت جعبه‌های کاشت یا پنل‌های مدولار مورد استفاده قرار می‌گیرند که در شکل ۴ نشان داده شده‌است.

شکل۳) دیوار زنده پیوسته هیدروپونیک با لایه‌های نمدی و برش-های ایجاد شده جهت استقرار گیاه در پروژه اطلس مال، منبع: نگارندگان.



شکل ۴) اجرای دیوار زنده مدولار با جعبه‌های کاشت بر ساختار فولادی پشتیبان، منبع: نگارندگان.

بعلاوه هرکدام از انواع سیستم‌ها، سیستم‌های خاص آبیاری را نیازمندند، برای مثال در سیستم های نمای سبز پیوسته عموماً از روش آبیاری دستی یا از سیستم چکه کننده استفاده می‌کنند. در نمای سبز و دیوار زنده مدولار از لوله‌های آبیاری قطره ای در بالای هر مدول استفاده می‌شود و در زیر مدول‌ها سوراخ‌های برای خروج آب اضافی در نظر گرفته می‌شود. همچنین در پایین سیستم یک محفظه برای جمع‌آوری و استفاده مجدد آب و مواد مغذی اضافی تعبیه می-شود (شکل۵)[۱۴]. در دیوار زنده پیوسته یک سیستم آبیاری در بالای ساختار نصب شده است و توزیع یکنواخت آب و مواد مغذی در طول سطح از طریق صفحه نفوذپذیر انجام می‌شود[۱۳]. در پایین این نوع سیستم نیز می‌توان از یک سیستم جمع‌آوری آب اضافی همانند آنچه در بالا گفته شد استفاده کرد.

شکل۵) سیستم آبیاری دیوار سبز باغ کتاب تهران و محفظه نگهداری آب اضافی، منبع: نگارندگان.

۳-۴- میزان بودجه و هزینه‌های وابسته در طول کل دوره زندگی

یکی از عوامل مؤثر بر انتخاب گیاهان در سیستم‌های سبز عمودی میزان بودجه در دسترس برای طراحی و اجرای سیستم می‌باشد که می‌بایست هزینه‌های خرید اولیه گیاهان، جایگزینی پس از آسیب و هزینه‌های نگهداری آن‌ها در نظر گرفته شود.

هزینه یکی از فاکتورهای مؤثر در انتخاب نوع سیستم پشتیبان نیز می‌باشد. عموماً هزینه دیوارهای زنده از نماهای سبز بیشتر است و تا ۱۶ برابر هزینه نماهای سبز در هر مترمربع می‌رسد اما به طور کلی در هر نوع سیستم هزینه کلی به متریال‌های مصرفی و پیچیدگی سیستم بستگی دارد. مثلاً نمای سبزی که از فولاد گالوانیزه استفاده می‌نماید، ۴-۸ برابر گران‌تر از سیستم ساخته شده از HDPE (High-density polyethylene) است[۱۵]. با وجود هزینه بالاتر سیستم‌های دیوار زنده، به سبب ذخیره انرژی برای سرمایش و گرمایش و ارزش زیبایی شناسانه ساختمان به واسطه آن‌ها بخشی از هزینه‌های اولیه کسر می‌شود. همچنین در بخش اقتصادی، دوام و پایداری نقش مهمی را ایفا می‌کند. سیستم دیوار زنده بر پایه لایه نمدی در مقایسه با دیوار زنده با جعبه کاشت، هزینه نصب کمتری دارد اما هرچند سال نیاز به تعویض پنل‌ها می‌باشد. به طور کلی هزینه به پیچیدگی طراحی، مصالح مصرفی، پروسه نصب (با توجه به ابعاد سطح و قابلیت دسترسی) و نیازهای نگهداری (مثل آبیاری، مواد مغذی، تعویض گیاهان) بستگی دارد[۱۱]. همچنین نوع سیستم آبیاری و زهکشی دیوار سبز باید با توجه به میزان دسترسی و مصرف آب و بودجه نگهداری ممکن انتخاب و طراحی شود.

۴-۴- نیازهای نگهداری

یکی از عوامل مؤثر بر انتخاب گیاهان میزان نگهداری مورد نیاز آن‌ها از جمله آبیاری، کوددهی[۱۳]، هرس و غیره است، که با امکان دسترسی برای انجام این اقدامات و بودجه در دسترس در ارتباط است.

۵-۴- اهداف مشخص

گیاهان بر اساس اهداف مشخص طراحی سیستم سبز [۸] همچون ایجاد زیبایی [۹]، تنوع [۱۳] و مزایای میکروکلیماتیک [۱۱] مورد نظر مثل کاهش دما و اثر جزیره حرارتی شهری، افزایش رطوبت، کاهش آلودگی و غیره انتخاب می‌شوند. برای مثال اگر هدف از طراحی سیستم افزایش کارایی حرارتی ساختمان یا تصفیه هوا باشد، گیاهان متراکم تر (شاخص سطح برگ بالاتر) پیشنهاد می‌شوند.

۶-۴- زمان مورد نیاز

گیاهان سیستم‌های سبز عمودی بخصوص نماهای سبز بر اساس زمان مورد نیاز [۱۳]، سرعت رشد یا به عبارتی تولید توده زنده [۱۱] که هم به عوامل درونی گیاه (همچون ژنتیک، سن و غیره) و هم به عوامل بیرونی (از جمله میزان عمق و رطوبت و حاصلخیزی زیرلایه، میزان نور دریافتی و نگهداری درست گیاه (آبیاری، کوددهی، هرس و کنترل علف‌های هرز)) بستگی دارد انتخاب می‌شوند[۱۶].

۷-۴- مشخصات ساختمان و محدودیت‌های درون شهری

مشخصات ساختمان همچون جهت نما [۱۱] و ارتفاع [۱۳] (به دلیل تأثیر بر قرارگیری در معرض نور خورشید (آفتاب، سایه، نیم سایه) و سرعت باد) (شکل۶) و مصالح نما از لحاظ امکان اتصال گیاهان بالارونده به آن بدون مشکل جدا شدن و آسیب به دیوار، همچنین محدودیت‌های درون شهری [۱۱] نیز با تأثیر بر میزان نور دریافتی، سرعت باد، میزان آلودگی و غیره بر انتخاب سیستم مؤثر هستند.

شکل۶) تأثیر جهت و میزان نور دریافتی در گیاهان انتخابی و موفقیت و عدم موفقیت سیستم- انتخاب مناسب گیاه هدرا ابلق و نامناسب گیاه چمن یال اسبی برای نمای رو به شمال در باغ کتاب تهران، منبع: نگارندگان.

۸-۴- وزن اجزاء

وزن گیاهان [۱۳] بخصوص پس از بالغ شدن از فاکتورهای مؤثر بر انتخاب آن‌ها می‌باشد تا بسته به نوع سیستم و میزان تحمل بار توسط آن انتخاب شوند. از طرفی در فصول بارندگی در صورت استفاده از گیاهان همیشه سبز علاوه بر وزن گیاه، وزن باران و برف نشسته بر آن‌ها نیز باید در نظر گرفته شود.

همچنین یکی از فاکتورهای مؤثر بر انتخاب نوع بستر رشد مقدار وزن بستر رشد [۱۳] (که خود تابع عمق (ضخامت)، ساختار و بافت بستر رشد و گنجایش رطوبت آن است) و میزان تحمل وزن توسط سیستم و نمای زمینه می‌باشد.

۹-۴- نوع گیاهان مصرفی

بین محیط کشت و نوع گیاه می‌بایست همزیستی وجود داشته باشد. در این حالت یک رابطه متقابل بین نوع گیاه و نوع بستر رشد وجود دارد، بنابراین در صورت لزوم انتخاب نوع خاصی از گیاهان، نوع بستر رشد از لحاظ عمق (ضخامت)، دمای بستر رشد در قلمرو ریشه، میزان رطوبت مورد نیاز [۱۴] و ترکیبات و اجزاء سازنده می‌بایست متناسب با نوع گیاه انتخاب شود و در صورت وجود محدودیت در انتخاب نوع بستر رشد (مثل محدودیت وزنی، فضایی، هزینه و غیره) نوع گیاه باید با نوع بستر رشد منطبق باشد.

همچنین با توجه به نوع گیاهان و نیازهای آبی متفاوت آن‌ها نوع سیستم آبیاری دیوار سبز تعیین می‌شود. در صورت استفاده از گیاهان با نیازهای آبی متفاوت در کنار هم می‌بایست از سیستم هوشمند که آبیاری را بر طبق نیاز هر گیاه انجام می‌دهد استفاده نمود.

۱۰-۴- آنالیز چرخه زندگی

یکی از عوامل مؤثر در انتخاب نوع سیستم پشتیبان در سیستم‌های سبز عمودی آنالیز چرخه زندگی آن‌ها در طول دوره زندگی (شامل استخراج و پردازش متریال های خام، ساخت، توزیع، استفاده، بازیافت و مصرف نهایی) است. هنگامی که چرخه‌ی زندگی سیستم‌های سبز عمودی آنالیز می‌شود، پایداری آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این آنالیز انرژی یا آب مصرفی و میزان آلاینده‌های تولیدی با میزان ذخیره انرژی و تصفیه هوا توسط سیستم در طول دوره‌ی زندگی مقایسه می‌شود. آنالیز چرخه زندگی در پژوهش [۱۲] ثابت می‌کند که:

- نماهای سبز مستقیم به دلیل عدم استفاده از ساختار پشتیبانی و مصالح افزوده و نیاز نگهداری کم بار محیطی (Environmental burden) کمی دارند و یک انتخاب پایدار می‌باشند.

– نماهای سبز غیرمستقیم با سیستم پشتیبان فولاد ضدزنگ تأثیر زیادی بر بار محیطی کلی دارند. (۱۰ برابر بیشتر از سایر متریال های بازیافتی همچون HDPE) همچنین سیستم ها می‌توانند با افزایش عایق حرارتی دیوار بار محیطی را کاهش دهند و منجر به کاهش تقاضای انرژی برای سرمایش و گرمایش شوند.

– سیستم‌های دیوار زنده با جعبه کاشت به سبب مصالح مصرفی که تأثیر مثبتی بر مقاومت حرارتی سیستم دارند بار محیطی عمده ای ندارند.

– سیستم‌های دیوار زنده لایه نمدی به سبب جنبه دوام و مصالح مصرفی بار محیطی بالایی دارند.

میزان مصرف آب در یک سیستم بر آنالیز چرخه زندگی آن تأثیرگذار است. یک موضوع مهم دیگر دوام و ماندگاری متریال‌ها است. متریال های متعددی مثل PVC دوام محدودی دارند و نیاز به تعویض بیشتر از یک بار در طول دوره مورد انتظار زندگی ساختمان دارند[۱۳].

نتایج و یافته ها

۱– ارائه دسته بندی و تنظیم عوامل در دسته بندی‌های نهایی

همانطور که در بخش پیشینه پژوهش بیان شد، سیستم‌های دیوار زنده از ۴ بخش اصلی یعنی گیاهان، بستر رشد، سیستم پشتیبان و سیستم آبیاری و زهکشی تشکیل شده‌اند. برای انتخاب مناسب یک سیستم سبز عمودی برای یک پروژه و در نتیجه دوام و موفقیت آن سیستم میبایست عوامل متعددی را در نظر گرفت که همانطور که پیشتر بیان شد به ۱۰ عامل اصلی تقسیم شدند. هرکدام از این عوامل بر یک یا چند جزء از سیستم سبز عمودی مؤثر هستند. در بخش‌های زیر تنظیم این عوامل در دسته‌بندی‌های نهایی اجزاء بیان و در شکل ۷ نشان شده است.

شکل۷) دسته بندی عوامل مؤثر بر انتخاب اجزاء سیستم‌های سبز عمودی، منبع: نگارندگان.

۱–۱– فاکتورهای مؤثر بر انتخاب گیاهان

در انتخاب گونه گیاهی می‌بایست فاکتورهای متعددی را شامل: ۱. اهداف مشخص طراحی سیستم سبز عمودی (مثل زیبایی، بهبود کارایی محیطی، تصفیه هوا و غیره)، ۲. نوع سیستم پشتیبان، ۳. شرایط اقلیمی، ۴. نیازهای نگهداری ، ۵. تولید توده زنده یا سرعت رشد (به بیان دیگر زمان مورد نیاز) ، ۶. مزایای خرداقلیمی (همیشه سبز یا برگریز)، ۷. پارامترهای محیطی (قرارگیری در معرض نور خورشید، حداقل دما، یخزدگی یا برف، بارش باران، مقاومت به باد و غیره)، ۸. مشخصات ساختمان (جهت نما، ارتفاع و مصالح نما)، ۹. محدودیت های درون محیط شهری، ۱۰. بودجه و ۱۱. وزن گیاه به حساب آورد[۸، ۹، ۱۱، ۱۳].

۲-۱- فاکتورهای مؤثر بر انتخاب نوع بستر رشد

بر اساس توضیحات بیان شده در بخش قبل، در انتخاب نوع بستر رشد برای سیستم‌های سبز عمودی، که در واقع تعیین ساختار و بافت، عمق (ضخامت) و گنجایش رطوبت و قابلیت زهکشی آن است، عوامل مختلفی همچون نوع سیستم سبز عمودی [۱۳]، نوع گیاهان مصرفی [۱۴]، وزن [۱۳] و شرایط محیطی [۱۴] تأثیرگذار هستند.

۳-۱- فاکتورهای مؤثر بر انتخاب نوع سیستم پشتیبان

عوامل مؤثر بر انتخاب نوع سیستم پشتیبان در سیستم‌های سبز عمودی دربرگیرنده نوع سیستم سبز عمودی، آنالیز چرخه زندگی، هزینه‌های وابسته در طول کل دوره زندگی [۱۳] و ویژگی های معماری نمای ساختمان می‌باشند.

۴-۱- فاکتورهای مؤثر بر انتخاب نوع سیستم آبیاری و زهکشی

یکی از عوامل موفقیت سیستم‌های سبز عمودی آبیاری مناسب و کافی گیاهان در آن‌هاست، در انتخاب نوع سیستم آبیاری برای یک سیستم سبز عمودی طراحی شده فاکتورهای نوع سیستم سبز عمودی [۱۴]، گیاهان مصرفی، شرایط آب و هوایی [۱۴] و کارایی محیطی و هزینه‌ها [۱۱] مؤثر هستند.

همچنین عوامل بیرونی نیز می‌توانند در انتخاب نوع سیستم سبز عمودی مناسب مؤثر باشند، از جمله این عوامل می‌توان به مشخصات ساختمان و محیط پیرامون اشاره کرد:

۵-۱- فاکتورهای مشخصات ساختمان و محیط پیرامون مؤثر بر انتخاب

این فاکتورها شامل مشخصات معماری (مثلاً ساختمان مورد نظر بدون پنجره یا بدون تعداد زیادی پنجره یا با پنجره و تراس باشد)، مشخصات سازه ای و متریال پوشش ساختمان است که برای ارزیابی امکان نصب مستقیم سیستم سبز بر پوشش ساختمان، بر سازه بنا یا بر پایه نما در نظر گرفته می‌شود. از دیگر فاکتورهای ساختمانی و محیط پیرامون می‌توان به جهت نما و محدودیت‌های درون شهری اشاره کرد که بر انتخاب نوع گیاهان سیستم مؤثر هستند [۱۱]. همچنین انتخاب مناسب ترین سیستم مستقیماً به مشخصات ساختمان (مثل دسترسی، ارتفاع) و موانع ساخت بستگی دارد[۱۳].

۲- اولویت بندی عوامل مؤثر بر انتخاب از طریق پرسشنامه

همانطور که در بخش قبل گزارش شد، عوامل متعددی بر انتخاب سیستم سبز عمودی و اجزاء آن اثرگذارند. اما درجه اهمیت این عوامل و نوع اولویت بندی آن‌ها نسبت به یکدیگر می‌تواند در طراحی و اجرای دیوارهای سبز عمودی موفق‌تر، کاراتر و تصمیم‌گیری درست درخصوص آن‌ها کمک نماید. در این بخش از طریق طرح پرسشنامه از ۲۲ متخصص در زمینه طراحی و اجرای دیوار سبز، میزان اهمیت و اولویت‌بندی این عوامل و همبستگی آن‌ها نسبت به یکدیگر مورد سؤال، تحلیل و بررسی قرار گرفته است.

۱-۲- فرایند مصاحبه و شرح مختصر مصاحبه شوندگان

هدف از تدوین این پرسشنامه تعیین میزان اهمیت و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم سبز عمودی مناسب و اجزاء آن براساس نظر متخصصان مطرح در زمینه طراحی و اجرای دیوار سبز به منظور دستیابی به یک دستورالعمل کاربردی در جهت دستیابی به موفقیت و گسترش هرچه بیشتر این سیستم‌ها در سطح شهر و درنتیجه افزایش سرانه فضای سبز شهری و کاهش مشکلات ناشی از افزایش روند شهرنشینی می‌باشد. پرسشنامه تنظیم شده از ۳ بخش اصلی تشکیل شده است. بخش اول در ارتباط با اطلاعات مشخصات مصاحبه‌شوندگان است که نتایج حاصل از آن در جدول ۲ گزارش شده است. بخش دوم در ارتباط با عوامل درونی مؤثر بر انتخاب سیستم‌های سبز عمودی و بخش سوم در ارتباط با عوامل بیرونی

مؤثر بر انتخاب سیستم‌ها می‌باشد. در این پرسشنامه اولویت بندی مورد نظر توسط مقیاس ۵ ارزشی لیکرت در محدوده "اثر بسیار کم (۱) تا اثر بسیار زیاد (۵)" صورت گرفت و آنالیز آماری از ۲۲ نتیجه پرسشنامه توسط نرم‌افزار SPSS انجام شد.

جدول ۲) مشخصات دموگرافیک پاسخ‌دهندگان، منبع: نگارندگان

مشخصات دموگرافیک	درصد	تعداد
سن		
۲۰ الی ۲۹ سال	۳۶/۴	۸
۳۰ الی ۳۹ سال	۴۵/۵	۱۰
۴۰ الی ۴۹ سال	۱۸/۲	۴
جنسیت		
زن	۴۰/۹	۹
مرد	۵۹/۱	۱۳
تحصیلات		
کارشناسی	۹/۱	۲
کارشناسی ارشد	۶۸/۲	۱۵
دکتری	۲۲/۷	۵
زمینه مطالعه و فعالیت		
معماری	۹/۱	۲
معماری منظر و طراحی فضای سبز	۸۱/۹	۱۸
طراحی دیوار و بام سبز	۴/۵	۱
مدیریت و نگهداری فضای سبز	۴/۵	۱
شغل و حرفه		
طراح سیستم سبز عمودی	۹/۱	۲
استاد دانشگاه	۱۳/۶	۳
فعالیت مرتبط با معماری و معماری منظر	۴۵/۵	۱۰
پیمانکار	۹/۱	۲
کارشناس ادارات و سازمان ها	۲۲/۷	۵
سابقه کاری		
کمتر از ۱ سال	۱۳/۶	۳
بین ۱ إلی ۵ سال	۲۲/۸	۵
بین ۵ إلی ۱۵ سال	۵۰/۰	۱۱
بیش از ۱۵ سال	۱۳/۶	۳

۲-۲- استنباط آماری

آزمون کولموگراف-اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن متغیرهای مورد بررسی با سطح اطمینان ۹۵٪ بررسی شده است. چنانچه هر یک از این آزمون‌ها دارای سطح معنی‌داری کمتر از خطای پیش‌فرض ۰/۰۵ باشد، فرضیه نرمال بودن را نمی‌توان پذیرفت. نتایج حاصل از آزمون نشان می‌دهد که سطح معنی داری شاخص‌های

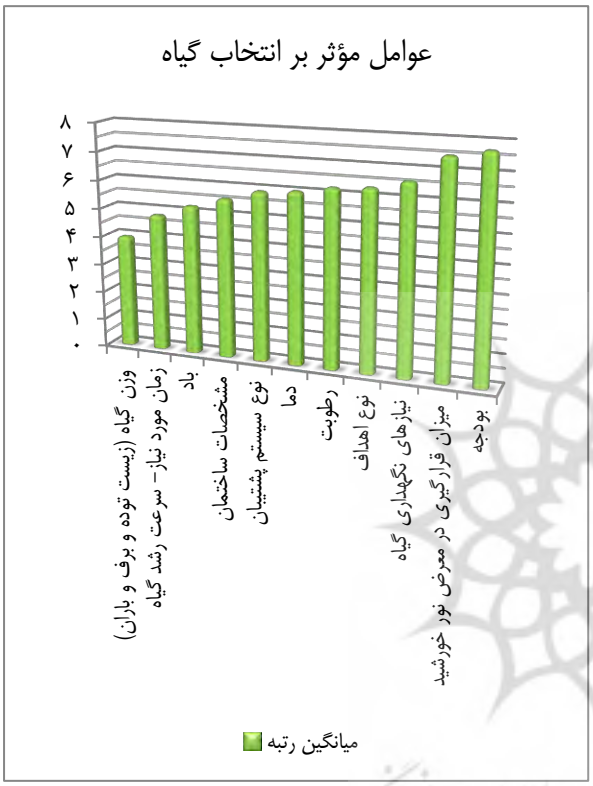
مورد بررسی کمتر از ۰/۰۵ است و این حاکی از رد فرض نرمال بودن آن‌ها می‌باشد. در نتیجه از آزمون‌های ناپارامتری همچون آزمون ناپارامتری فریدمن و آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده شده است. همچنین برای بررسی قابلیت اعتماد یا پایایی پرسشنامه از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شد. میزان آلفای کرونباخ پرسشنامه ۰/۹۶۷ بدست آمد که به دلیل نزدیکی به ۱ نشان دهنده پایایی بسیار مطلوب پرسشنامه می‌باشد. در ادامه به بررسی اولویت بندی و همبستگی تمامی عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری فریدمن و همبستگی اسپیرمن در قالب دو بخش کلی عوامل درونی و عوامل بیرونی می‌پردازیم.

۱-۲-۲- *عوامل درونی مؤثر برانتخاب سیستم‌های سبز عمودی*

عوامل درونی مؤثر بر انتخاب سیستم‌های سبز عمودی شامل عواملی است که بر انتخاب هریک از اجزاء چهارگانه سیستم اثر می‌گذارند و در شکل ۱ طبقه بندی شده اند. در بخش های زیر به صورت جداگانه نتایج اولویت بندی عوامل مؤثر بر هر جزء سیستم و همبستگی میان آن‌ها با استفاده از آزمون های آماری فریدمن و همبستگی اسپیرمن گزارش شده است تا بتواند در تصمیم‌گیری و انتخاب درست سیستم‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

الف) انتخاب گیاه برای سیستم‌های سبز عمودی

در این بخش اولویت بندی عوامل مؤثر بر انتخاب گیاهان در سیستم-های سبز عمودی براساس میانگین رتبه آزمون فریدمن مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج در نمودار۲ گزارش شده است و نشان می‌دهد که در بین این عوامل "بودجه" (۷/۷۳)، "میزان قرارگیری در معرض نور خورشید (میزان نور دریافتی)" (۷/۵۰)، "نیازهای نگهداری گیاه (آبیاری، کوددهی، هرس و...)" (۶/۶۱)، "نوع اهداف (زیبایی، مزایای خرداقلیمی،...)" (۶/۳۲)، "رطوبت" (۶/۲۳) و "دما" (۶/۰۲) بیشترین میزان اهمیت را دارا هستند، سپس در مراتب بعدی به ترتیب "نوع سیستم پشتیبان (سیستم کشت: نمای سبز و دیوار زنده)" (۵/۹۳)، "مشخصات ساختمان" (۵/۵۹)، "باد" (۵/۲۵)، "زمان مورد نیاز (سرعت رشد گیاه)" (۴/۸۴) و در انتها "وزن گیاه" (۳/۹۸) ارزشگذاری شده اند. (N=۲۲، df=۱۰، P< ۰/۰۵)



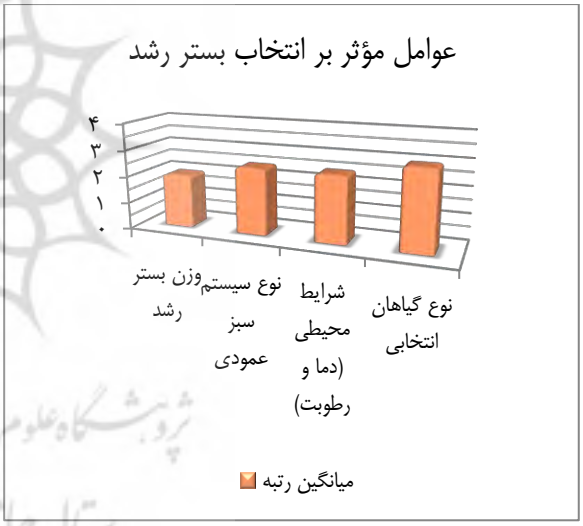
نمودار ۲) نمودار میانگین رتبه عوامل مؤثر بر انتخاب گیاه، منبع: نگارندگان.

بررسی همبستگی میان عوامل مؤثر بر انتخاب گیاهان نشان داده شش همبستگی دارای مقداری منفی اما ناچیز (بین ۰/۰۱۶- تا ۰/۱۲۹-) هستند که نشان دهنده ارتباط غیر مستقیم بین آن‌ها است. بیشترین همبستگی میان "مشخصات ساختمان" و "زمان مورد نیاز" (۰/۶۹۷) و پس از آن در بین "زمان مورد نیاز" و "وزن گیاه" (۰/۶۵۰)، "میزان قرارگیری در معرض نور خورشید" و "دما"

(۰/۶۲۶)،"باد" و "وزن گیاه" (۰/۶۲۰) و سپس در میان "مشخصات ساختمان" و "باد" (۰/۶۱۸) می‌باشد.

ب) انتخاب بستر رشد برای سیستم‌های سبز عمودی

بر اساس میانگین رتبه بدست آمده از آزمون فریدمن در خصوص عوامل مؤثر بر انتخاب بستر رشد سیستم‌های سبز عمودی، همانطور که در نمودار۳ نشان داده شده است، "نوع گیاهان انتخابی" (۳/۰۰) بیشترین میزان میانگین رتبه امتیازات را داراست که نشان دهنده تأثیر زیاد این عامل بر انتخاب بستر رشد می‌باشد، سپس در مراتب بعدی به ترتیب "نوع سیستم سبز عمودی" و "شرایط محیطی (دما و رطوبت)" به یک میزان اهمیت (۲/۵۰) و در انتها "وزن بستر رشد" (۲/۰۰) تأثیرگذار می‌باشند. (N=۲۲، df=۳، P< ۰/۰۵)

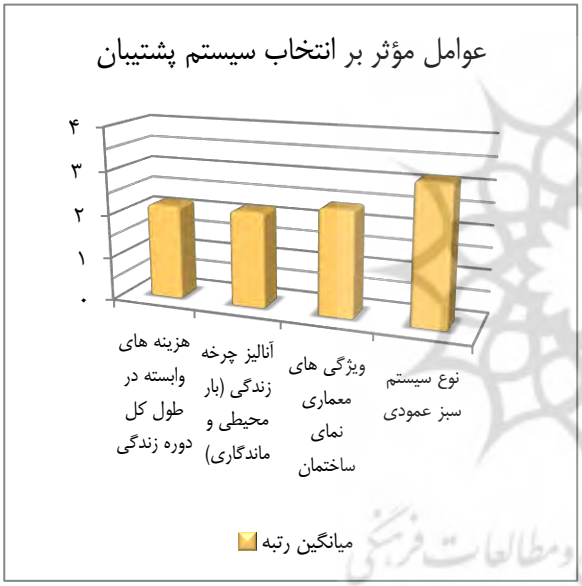


نمودار ۳) نمودار میانگین رتبه عوامل مؤثر بر انتخاب بستر رشد، منبع: نگارندگان.

بررسی همبستگی ها نشان می دهد که تمام همبستگی‌ها در سطح معنی داری بیشتر از ۰/۰۵ قرار دارند، بنابراین رابطه همبستگی برقرار نمی‌باشد.

ج) انتخاب سیستم پشتیبان برای سیستم‌های سبز عمودی

در این قسمت با محاسبه میانگین رتبه امتیازات پاسخ دهندگان با استفاده از آزمون فریدمن برطبق نمودار۴ مشاهده شد که در بین عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم پشتیبان سیستم‌های سبز عمودی "نوع سیستم سبز عمودی" (۳/۱۸) در اولویت تصمیم‌گیری قرار دارد، سایر عوامل به ترتیب امتیازات پاسخ‌دهندگان شامل"ویژگی‌های معماری نمای ساختمان" (۲/۴۳)، "آنالیز چرخه زندگی (بار محیطی و ماندگاری اجزاء و مصالح مصرفی)" (۲/۲۰) و "هزینه‌های وابسته درطول کل دوره زندگی" (۲/۱۸) هستند. (N=۲۲، df=۳، P< ۰/۰۵)



نمودار ۴) نمودار میانگین رتبه عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم پشتیبان، منبع: نگارندگان.

بررسی همبستگی ها نشان داد بیشترین همبستگی در بین "آنالیز چرخه زندگی (بار محیطی و ماندگاری اجزاء و مصالح مصرفی)" و "هزینه‌های وابسته درطول کل دوره زندگی" (۰/۵۲۹) و سایر همبستگی‌ها مثبت و کمتر از ۰/۵ می‌باشند.

د) انتخاب سیستم آبیاری و زهکشی برای سیستم‌های سبز عمودی

میانگین رتبه امتیازات متخصصان در ارتباط با عوامل متعدد مؤثر بر انتخاب سیستم آبیاری و زهکشی سیستم‌های سبز عمودی حاصل از آزمون فریدمن در نمودار۵ نشان داده شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود "شرایط آب و هوایی (دما و رطوبت)" (۲/۸۴) و با مقداری نزدیک به آن "نوع گیاهان انتخاب شده" (۲/۷۷) در اولویت و پس از آن عوامل "نوع سیستم سبز عمودی" (۲/۳۴) و "کارایی محیطی و هزینه‌ها" (۲/۰۵) قرار دارند. (N=۲۲، df=۳، P< ۰/۰۵)

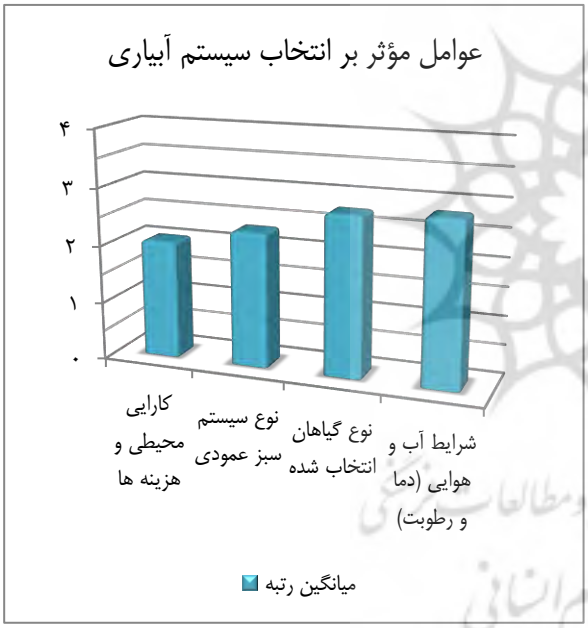
همچنین بررسی همبستگی میان عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم آبیاری و زهکشی برای سیستم‌های سبز عمودی نشان داد بیشترین همبستگی با مقداری قابل توجه میان "نوع گیاهان انتخاب شده" و "شرایط آب و هوایی (دما و رطوبت)" (۰/۸۲۴) برقرار است که ارتباط بسیار قوی بین این دو عامل را نشان می‌دهد. پس از آن بیشترین همبستگی میان "نوع سیستم سبز عمودی" و "نوع گیاهان انتخاب شده" (۰/۵۷۷) دیده می‌شود. سایر همبستگی‌ها دارای سطح معنی داری بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشند که نشان دهنده عدم وجود ارتباط میان آن عوامل می‌باشد.

۲-۲-۲- عوامل بیرونی

همانطور که در پیشتر بیان شد عوامل بیرونی نیز می‌توانند بر انتخاب سیستم‌های سبز عمودی تأثیر بگذارند. این عوامل بیشتر در ارتباط با مشخصات ساختمان محل نصب سیستم و محیط پیرامونی آن می‌باشد.

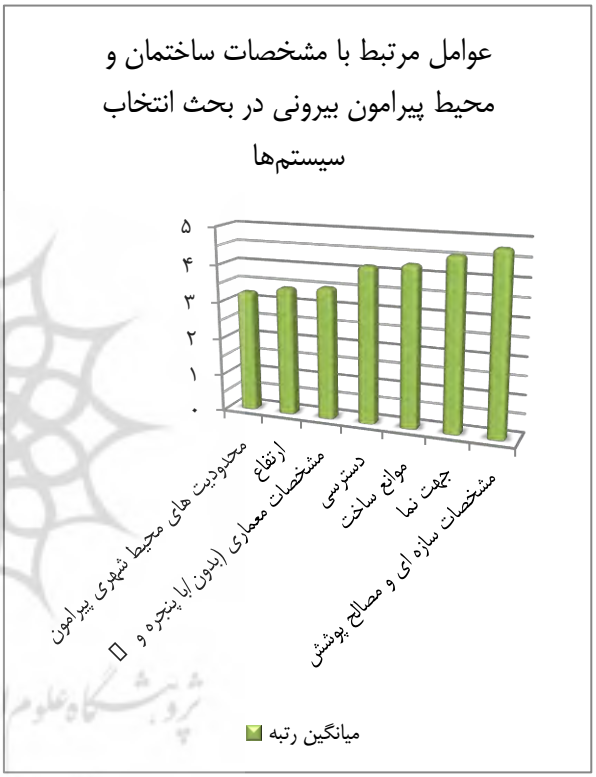
الف) عوامل مرتبط با مشخصات ساختمان و محیط پیرامون بیرونی در بحث انتخاب سیستم‌ها

در این بخش عوامل مرتبط با مشخصات ساختمان و محیط پیرامون بیرونی در بحث انتخاب سیستم‌ها بر اساس میانگین رتبه حاصل از آزمون فریدمن مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج در نمودار۶ گزارش شده است و نشان می‌دهد که در بین این عوامل "مشخصات سازه‌ای و مصالح پوشش ساختمان" (۴/۸۰) در اولویت قرار دارد، سپس به ترتیب "جهت نما" (۴/۵۷)، "موانع ساخت" (۴/۲۷)، "میزان دسترسی" (۴/۱۶)، و پس از آن با اختلاف قابل ملاحظه ای "مشخصات معماری (بدون/با پنجره و تراس)" (۳/۵۲)، "ارتفاع" (۳/۴۳) و "محدودیت‌های محیط شهری پیرامون" (۳/۲۵) دارای اهمیت می‌باشند. (N=۲۲، df=۶، P< ۰/۰۵)



نمودار ۵) نمودار میانگین رتبه عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم آبیاری، منبع: نگارندگان.

در بررسی همبستگی ها، همبستگی خوبی میان این عوامل مشاهده می‌شود. بیشترین همبستگی با مقدار قابل توجهی (۰/۷۹۹) میان "مشخصات معماری" و "محدودیت‌های محیط شهری پیرامون"، "مشخصات سازه‌ای و مصالح پوشش ساختمان" و "محدودیت‌های محیط شهری پیرامون" (۰/۷۳۵) و نیز "مشخصات معماری" و "مشخصات سازه‌ای و مصالح پوشش ساختمان" (۰/۷۲۷) برقرار است که نشان دهنده ارتباط قوی بین این عوامل است.



نمودار ۶) نمودار میانگین رتبه عوامل مرتبط با مشخصات (شرایط) ساختمان و محیط پیرامون بیرونی در بحث انتخاب سیستم‌ها، منبع: نگارندگان.

بحث و نتیجه‌گیری

جمع‌بندی تحلیل آماری نتایج پرسشنامه و بررسی میزان همبستگی میان عوامل درونی و بیرونی مؤثر بر انتخاب سیستم‌های سبز عمودی که بر انتخاب هریک از اجزاء چهارگانه سیستم اثر می‌گذارند نشان داد:

- نتایج پاسخ‌های اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر انتخاب گیاهان در سیستم‌های سبز عمودی نشان می‌دهد که در بین این عوامل به‌ترتیب "بودجه" ، "میزان قرارگیری در معرض نور خورشید (میزان نور دریافتی)" ، "نیازهای نگهداری گیاه (آبیاری، کوددهی، هرس و...)" و "نوع اهداف (زیبایی، مزایای خرداقلیمی،...)" بیشترین میزان اهمیت را دارا هستند. همبستگی میان عوامل مؤثر بر انتخاب گیاهان ناچیز بود که نشان دهنده ارتباط غیر مستقیم بین آن‌ها است.
- در خصوص عوامل مؤثر بر انتخاب بستر رشد سیستم‌های سبز عمودی، "نوع گیاهان انتخابی" بیشترین میزان میانگین رتبه امتیازات را داراست که نشان دهنده تأثیر زیاد این عامل بر انتخاب بستر رشد می‌باشد، تمام همبستگی‌ها در سطح معنی داری بیشتر از ۰/۰۵ قرار دارند، بنابراین رابطه همبستگی بین این عوامل برقرار نمی‌باشد.
- در بین عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم پشتیبان سیستم‌های سبز عمودی "نوع سیستم سبز عمودی" در اولویت تصمیم‌گیری قرار دارد، و بیشترین همبستگی در بین "آنالیز چرخه زندگی (بار محیطی و ماندگاری اجزاء و مصالح مصرفی)" و "هزینه‌های وابسته درطول کل دوره زندگی" می‌باشد.
- از میانگین رتبه امتیازات متخصصان در ارتباط با عوامل متعدد مؤثر بر انتخاب سیستم آبیاری و زهکشی سیستم-های سبز عمودی مشاهده می‌شود "شرایط آب و هوایی (دما و رطوبت)" و "نوع گیاهان انتخاب شده" بالاترین امتیاز را دارند و بیشترین همبستگی با مقداری قابل توجه

میان "نوع گیاهان انتخاب شده" و "شرایط آب و هوایی (دما و رطوبت)" برقرار است که ارتباط بسیار قوی بین این دو عامل را نشان می‌دهد.

- عوامل بیرونی که می‌توانند بر انتخاب سیستم‌های سبز عمودی تأثیر گذارند بیشتر در ارتباط با مشخصات ساختمان، محل نصب سیستم و محیط پیرامونی آن می‌باشند. تحلیل نتایج بررسی عوامل بیرونی نشان داد که بین عوامل مرتبط با مشخصات ساختمان و محیط پیرامون بیرونی در بحث انتخاب سیستم‌ها، عامل "مشخصات سازه‌ای و مصالح پوشش ساختمان" در اولویت قرار دارد، بیشترین همبستگی میان "مشخصات معماری" و "محدودیت‌های محیط شهری پیرامون" و "مشخصات سازه‌ای و مصالح پوشش ساختمان" برقرار است که نشان دهنده ارتباط قوی بین این عوامل است.

این پژوهش می‌تواند به عنوان منبعی در جهت انتخاب بهینه و مناسب سیستم‌های سبز عمودی در دست کار قرار گیرد و به کمک نتایج حاصل از این پژوهش در تعیین میزان اهمیت هریک از این عوامل و اولویت‌بندی انجام شده می‌توان به تصمیم‌گیری سازمان یافته تر و انتخاب دقیق سیستم‌های سبز عمودی کمک نمود که این امر منجر به موفقیت و در نتیجه توسعه هرچه بیشتر این سیستم‌ها در سطح شهر و ارتقای کیفیت محیط زیست شهری می‌گردد.

تشکر و قدردانی: موردی گزارش نشد.

تأییدیه اخلاقی: این مقاله حاصل کار مشترک نویسندگان است.

تعارض منافع: موردی گزارش نشد.

سهم نویسندگان: سمانه ترابی فر (نویسنده اول)، نگارنده مقاله/پژوهشگر اصلی (۵۰٪)؛ کیانوش سوزنچی (نویسنده دوم) پژوهشگر اصلی (۵۰٪)

منابع مالی: موردی گزارش نشد.

منابع

1- Raji B, Tenpierik MJ, van den Dobbelsteen A. The impact of greening systems on building energy performance: A literature review. Renew Sustain Energy Rev. 2015;45:610–23. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.011

2- Besir AB, Cuce E. Green roofs and facades: A comprehensive review. Renew Sustain Energy Rev. 2018;82:915–39. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.106

3- White E V, Gatersleben B. Greenery on residential buildings: Does it affect preferences and perceptions of beauty? J Environ Psychol. 2011;31(1):89–98. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2010.11.002

4- Emilsson T, Berndtsson JC, Mattsson JE, Rolf K. Effect of using conventional and controlled release fertiliser on nutrient runoff from various vegetated roof systems. Ecol Eng. 2007;29(3):260–71. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.01.001

5- Radić M, Brković Dodig M, Auer T. Green Facades and Living Walls—A Review Establishing the Classification of Construction Types and Mapping the Benefits. Sustainability. 2019;11(17):4579. https://doi.org/10.3390/su11174579

6- Wong NH, Tan AYK, Tan PY, Sia A, Wong NC. Perception studies of vertical greenery systems in Singapore. J urban Plan Dev. 2010;136(4):330–8. https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000034

7- Köhler M. Green facades—a view back and some visions. Urban Ecosyst. 2008;11(4):423. https://doi.org/10.1007/s11252-008-0063-x

8- Safikhani T, Abdullah AM, Ossen DR, Baharvand M. A review of energy characteristic of vertical greenery systems. Renew Sustain Energy Rev. 2014;40:450–62. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.166

9- Pérez-Urrestarazu L, Fernández-Cañero R, Franco-Salas A, Egea G. Vertical greening systems and

sustainable cities. J Urban Technol. 2015;22(4):65–85. https://doi.org/10.1080/10630732.2015.1073900

10- Kontoleon KJ, Eumorfopoulou EA. The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone. Build Environ. 2010;45(5):1287–303. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.11.013

11- Perini K, Ottelé M, Haas EM, Raiteri R. Vertical greening systems, a process tree for green façades and living walls. Urban Ecosyst. 2013;16(2):265–77. https://doi.org/10.1007/s11252-012-0262-3

12- Ottelé M, Perini K, Fraaij ALA, Haas EM, Raiteri R. Comparative life cycle analysis for green façades and living wall systems. Energy Build. 2011;43(12):3419–29. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.010

13- Manso M, Castro-Gomes J. Green wall systems: a review of their characteristics. Renew Sustain energy Rev. 2015;41:863–71. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203

14- Hopkins G, Goodwin C. Living architecture : green roofs and walls. CSIRO PUBLISHING; 2011. 359 p. https://doi.org/10.1071/9780643103078

15- Perini K, Ottelé M, Haas EM, Raiteri R. Greening the building envelope, façade greening and living wall systems. Open J Ecol. 2011;1(01):1. http://dx.doi.org/10.4236/oje.2011.11001

16- Charoenkit S, Yiemwattana S. Living walls and their contribution to improved thermal comfort and carbon emission reduction: A review. Build Environ. 2016;105:82–94. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.05.031

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی