بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌های سبز عمودی (نماهای سبز)

محمد بهاروند[1*]، تبسم صفی‌خانی[2]

۱- استادیار رشته معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)

۲- استادیار گروه معماری و شهرسازی، موسسه آموزش عالی دانش پژوهان پیشرو، اصفهان

baharvand12@gmail.com

چکیده

ساختارهای سبز عمودی که با عنوان نماهای سبز شناخته می‌شوند ترکیبی خلاقانه از سبزینگی و معماری هستند که با توجه به هدف از برپایی آن‌ها، در فضاهای داخلی یا خارجی استفاده می‌شوند. آن‌ها می‌توانند در داخل ساختمان به عنوان دیوار یا پارتیشن برای جداسازی فضا و بوجود آوردن محدوده، یا به هدف ایجاد زیبایی بصری بکار روند. همچنین می‌توانند در بیرون از ساختمان برای پوشش بنا به عنوان نما یا اطراف بالکن‌ها و حیاط‌ها برای ایجاد حریم یا بجای نرده استفاده شوند. این نماها نه تنها از نظر بصری زیبا هستند بلکه با تکیه بر خاصیت طبیعی گیاهان در کاهش دما، تصفیه هوا، کاهش آلودگی صوتی و غیره سودهای بیشماری بهمراه دارند. هدف از پژوهش حاضر ارائه راهکارهایی جهت استفاده بهینه از سودهای محیط‌زیستی و اقتصادی سیستم‌های سبز عمودی می‌باشد و به این مهم می‌پردازد که بهینه‌سازی سیستم‌های سبز عمودی چگونه می‌تواند در کاهش معضلات محیط‌زیستی موثر واقع شود و سودهای اقتصادی نیز به‌همراه داشته باشد. از این رو، ابتدا به معرفی سیستم‌های سبز عمودی و سپس به واژه‌شناسی و دسته‌بندی‌های آن پرداخته شده است. در ادامه در کنار سودهای اجتماعی، سودهای محیط‌زیستی و اقتصادی آن‌ها بررسی شده‌اند و با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای پژوهش‌های مختلف از سراسر دنیا معرفی و تحلیل گردیده است. با بررسی عوامل تاثیرگذار بر کارایی بهتر سیستم‌های سبز عمودی تلاش می‌شود استفاده از این سیستم‌ها تنها به عنوان عنصری جهت ارتقای زیبایی بصری نباشد و بتوان با تکیه بر آن‌ها در ارتقای کیفیت محیط‌زیست گامی موثر برداشت.

واژگان کلیدی: سیستم‌های سبز عمودی، نماهای سبز، دیوارهای زنده

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱- مقدمه

استفاده از نماهای سبز راهکاری هوشمندانه جهت ترکیب محیط زیست طبیعی و فضاهای شهری هستند. شهرهای امروز بواسطه رشد سریع و گسترش بی‌رویه دچار معضلاتی شده‌اند که بیرون رفتن از این مشکلات بسیار زمان بر و هزینه بر می‌باشد و نیازمند برنامه‌ریزی‌های دقیق و بلند مدت است. نه تنها شهرها برای ساخته شدن محیط زیست را تحت تاثیر قرار می‌دهند بلکه جمعیت عظیمی که در شهرها ساکن هستند برای رفع نیازهای خود تاثیرات زیاد و اغلب مخربی بر محیط می‌گذارند. ایجاد مسکن برای سکونت و راه‌سازی برای حمل و نقل چهره شهرها را به یک منظره صلب، غیرقابل نفوذ، تیره و به عبارتی جنگل‌هایی از بتن تبدیل کرده است. سطوح سخت اجازه نفوذ آب به زمین را نمی‌دهند و علاوه بر در خطر افتادن منابع آب زیرزمینی، آب‌های روان و سیلاب‌ها را بوجود می‌آورند که علاوه بر خسارات زیاد، سبب آلودگی آب نیز می‌شوند. وجود وسایل نقلیه، ماشین‌ها و صنایع، علاوه بر آلودگی هوا، آلودگی صوتی را به همراه دارد. علاوه بر آن، اثر جزیره‌ای گرما از دیگر مسائل قابل تامل می‌باشد که مشکلات زیادی را سبب می‌گردد. گرچه بسیاری از مشکلات محیط‌زیستی شهرهای امروز حل نشدنی به نظر می‌رسند اما با صرف زمان و انرژی قابل تعدیل می‌باشند.

مطالعات بسیاری در خصوص سودهای طبیعی گیاهان و اثرات آن‌ها بر کنترل شرایط سخت محیط‌زیست انجام گرفته است و تقریبا تمامی آن‌ها اثرات مثبت گیاهان در این امر را نشان داده‌اند (Binabid,2010- Wong, 2009). با وجود نتایج مثبت

ثبت شده، استفاده بهینه و عملکرد بالای سیستم‌های سبز نیازمند توجه به بسیاری نکات مختلف می‌باشد. توجه به شرایط اقلیمی از کلیدهای موفقیت یک پروژه سبز است. به عنوان مثال، استفاده از سبزینگی باعث افزایش رطوبت هوا که یکی از عوامل تاثیرگذار در آسایش حرارتی است می‌شود، بنابراین در اقلیم‌های با رطوبت بالا استفاده از گیاهان زمانی مفید است که نکات تهویه‌ای بخوبی رعایت شده باشند تا وجود گیاهان باعث بالا رفتن بی‌رویه رطوبت نشود. همچنین توجه به خصوصیات ذاتی گیاه و همخوانی آن با مکان بکار بردن آن بسیار مهم است، چنانچه در مراکز درمانی توجه به بوی گیاه و آلرژی زا نبودن از اهمیت بالایی برخوردار است. در مکان‌هایی که برای کودکان طراحی شده است توجه به نرم و ایمن بودن گیاه بسیار مهم است، درصورتیکه در بکار بردن گیاه برای کنترل صوت مزاحم گیاهان با برگ‌های سوزنی و ساقه‌های قطور عملکرد بهتری دارند.

بکاربردن فضاهای سبز در محیط شهرها علاوه بر رفاه شهروندان، باعث ارتقای شرایط زیستی می‌شود و دارای ضوابط و قوانین ویژه‌ای است و احداث آن‌ها نیازمند تخصص‌های مرتبط می‌باشد. اگر از دیدگاه تخصصی بررسی شود عرصه‌های سبز پوشیده از چمن و گیاهان پوششی "سطح سبز" و عرصه‌های پوشیده از درختان با دارا بودن بعد و حجم "فضای سبز" هستند(سعیدنیا، ۱۳۷۹ به نقل از پاریزی و تجملیان، ۱۳۹۰). اما در اصطلاح کلی فضاهای پوشیده شده با هرنوع سبزینگی فضای سبز خوانده می‌شوند.

در شهرها فضاهای سبز از فضاهای سبز عمومی، نیمه عمومی و خصوصی تشکیل می‌شوند (پاریزی و تجملیان، ۱۳۹۰). فضاهای سبز عمومی برای استفاده کلیه افراد و کلیه گروه‌ها هستند که علاوه بر کارکرد محیط زیستی، کارکرد اجتماعی بالایی دارند زیرا تا اندازه‌ای نیاز و گرایش انسان به ارتباط با طبیعت (توجه به بیوفیلیا) را برطرف می‌کنند. فضاهای سبز عمومی مانند درختکاری‌ها و فضاهای سبز در حدفاصل مسیر سواره و پیاده، سبزینگی در میادین و یا در زمین‌های اطراف بزرگراه‌ها و خیابان‌ها علاوه بر عملکردهای محیط زیستی و اجتماعی، باعث خوانایی فضا می‌شوند و نیز دید رانندگان را هدایت می‌کنند. علاوه بر آن نقش سایه‌انداز را ایفا می‌نمایند. برای این امر توجه به جهت خیابان بسیار مهم است. در خیابان‌های با جهت شرقی-غربی، پیاده‌روهای در جهت جنوب با استفاده از سایه ساختمان‌ها در سایه قرار می‌گیرند و درختان در سایه‌اندازی برای افراد پیاده تاثیر زیادی ندارند، در عوض سایه مورد نیاز سواره و وسایل نقلیه را فراهم می‌آورند. این درصورتی است که در بدنه شمالی همین خیابان، درختان نقش مهمی در ایجاد سایه برای رهگذران در پیاده رو را دارند.

فضاهای سبز نیمه عمومی استفاده کنندگان محدودتری نسبت به فضاهای سبز عمومی دارند، از این رو عملکرد محیط زیستی آن‌ها بر عملکرد اجتماعیشان غالب است. از نمونه فضاهای سبز نیمه عمومی می‌توان به فضاهای سبز موجود در حیاط بیمارستان‌ها، ادارات دولتی، مراکز آموزشی و مانند آن اشاره کرد. دسته دیگر، فضاهای سبز خصوصی مانند باغ‌های مثمر و غیرمثمر هستند که گرچه دارای سودهای محیط زیستی زیادی می‌باشند اما عملکرد اجتماعی ندارند زیرا برای استفاده عموم نیستند و براین اساس در بعضی تعاریف آن‌ها را جز فضاهای سبز شهری به حساب نمی‌آورند (پاریزی و تجملیان، ۱۳۹۰). نکته مهم آن است که به عملکرد محیط زیستی فضاهای سبز خصوصی در طولانی مدت نمی‌توان امیدوار بود، زیرا متاسفانه به علت بها و ارزش زمین تخریب آن‌ها و احداث ساختمان بجای آن‌ها بسیار رایج شده‌است. تراکم بالا و بهای بسیار زیاد زمین از عوامل تاثیرگذار در کمبود فضاهای سبز در محیط‌های شهری هستند. برای جبران این کمبود می‌توان از پهنه‌های وسیع بام‌ها و نماهای ساختمان با تعریف بام سبز و نمای سبز بهره برد.

۲- تاریخچه نمای سبز

ایده تلفیق سبزینگی با محیط‌های ساخته شده بدست انسان ایده جدیدی نیست و در طول تاریخ همواره در محیط‌های ساخته شده به دست انسان نشانه‌هایی از سبزینگی و محیط زیست طبیعی دیده می‌شود. گاه این استفاده از روی اجبار و برای تامین نیازهای مادی بوده و گاه برای پاسخگویی به نیاز فطری، طبیعت دوستی و حس زیبایی شناسی. اما استفاده از فضاهای سبز بصورت پیشرفته و مدرن به دنیای معاصر مربوط می‌شود.

باغ‌های معلق بابل در بین‌النهرین از ساختمان‌های پیشرو و بنام در تلفیق فضای سبز و معماری هستند که چگونگی سیستم آبیاری، این مجموعه را به یکی از عجایب هفتگانه جهان امروز تبدیل کرده است. در اسکاندیناوی ساختمان‌های سنتی با گیاه پوشانده می شدند (Figueroa, 2008) و رومیان گیاه را بر روی ساختمان برای زیبایی بکار می‌بردند اما در طول زمان متوجه شدند بنای پوشیده با بام گلکاری شده دمای کمتری از بنای مشابه بدون پوشش سبز دارد (Miller, 2008). در کشورهای مدیترانه‌ای نیز بطور گسترده از پوشش‌های سبز استفاده می‌شد که تاریخچه آن به حدود ۲۰۰۰ سال پیش بر

می‌گردد ولی در ۵۰۰ سال قبل استفاده از گلها و گیاهان بالا رونده بطور گسترده در کشورهای اروپای میانی رایج شده بود، چنانچه بعد از آن پوشش سبز بطور عمده در مناطق روستایی برای زیبایی و در مناطق شهری برای پوشش بالکن‌ها و تراس‌ها بکار می‌رفت (Köhler, 2008). بر اساس آنچه در تاریخ آمده، در طول جنگ جهانی دوم، ارتش بریتانیا از پوشش سبز برای پنهان کردن ارتش استفاده می‌کرد (Miller, 2008). بر این اساس می‌توان گفت در گذشته بیشترین استفاده از سبزینگی و محیط زیست طبیعی جنبه بصری و زیبایی داشته است. توجه به جنبه‌های محیط زیستی فضاهای سبز در فضاهای شهری و تحقیقات علمی در مورد آن در دهه ۱۹۸۰ میلادی بسیار مورد توجه قرار گرفت و امروزه مبحث نمای سبز و بام سبز در اروپا بسیار شناخته شده و مورد استفاده است (Köhler, 2008). تحقیقات نشان داده است آلمان در استفاده از بام‌های سبز و مطالعات در مورد سیستم‌های سبز عمودی کشوری پیشگام است (Saadatian et al., 2013). بررسی‌ها نشان داده است که بکارگیری سبزینگی در فرم بام سبز بسیار رایج‌تر از نمای سبز است، اما درمورد برتری بام سبز بر نمای سبز و یا بلعکس بحث‌ها و چالش‌های زیادی بین محققین مطرح می‌باشد.

۳- بام سبز یا نمای سبز؟

چالش‌ها و بحث‌های متفاوتی در مورد برتری بام‌های سبز بر نماهای سبز و بالعکس وجود دارد. برخی بر این باورند که استفاده از بام‌های سبز بر نماهای سبز برتری دارد زیرا با استفاده از بام‌های سبز بویژه از نوع متمرکز یا باغ بام‌ها کمبود فضای سبز شهری را می‌توان جبران کرد زیرا کاشتن درختچه‌ها و باغ‌ها در مقیاس کوچک بر روی بام‌ها و ایجاد دسترسی برای آن‌ها ممکن است اما بر روی نماها نمی‌توان چنین خدماتی را ارائه داد. از طرفی بحث دیگر آن است که یک ساختمان دارای ۱ بام در ازای ۴ نما است و برنامه ریزی برای استفاده از ۴ نمای سبز سودمندتر خواهد بود. این مقایسه در مورد ساختمان‌های شهرهای پرتراکم امروزی که اکثرا دارای ۱ الی ۲ نما هستند صادق نمی‌باشد. از طرفی سبز کردن تمامی نماهای ساختمان‌های شهر نه امکان پذیر است و نه کاریست منطقی. گرچه در مقیاس شهری استفاده از هر دو مورد بام و نمای سبز دارای سودهای محیط‌زیستی بی‌شماری هستند اما در مقیاس معماری و تاثیر بر فضای داخلی بام سبز تنها تک ساختمان و یا واحد طبقه آخر یک ساختمان را تحت تاثیر قرار می‌دهد، در صورتیکه با بکاربردن نمای سبز بر روی بدنه ساختمان تمامی طبقات می‌توانند از وجود آن بهره ببرند. درهرصورت برای مقایسه و تصمیم‌گیری در این امر شناخت سایت مورد نظر، شرایط اقلیمی، هدف از ایجاد بام یا نمای سبز و نوع سیستم یکار رفته بسیار مهم و تاثیرگذار خواهد بود و نمی‌توان به سادگی مقایسه‌ای در برتری آن دو انجام داد و در واقع چنین مقایسه‌ای صحیح و اصولی نمی‌باشد. در هرصورت استفاده صحیح و تکنیکی از هر دو سیستم بام سبز و نمای سبز می‌تواند سودهای محیط‌زیستی و اقتصادی فراوانی داشته باشد.

۴- واژه شناسی نمای سبز

هرگاه گیاهی بر روی هر سطح عمودی رشد کند یک نمای سبز یا سیستم سبز عمودی بوجود می‌آید، خواه بصورت طبیعی باشد مانند خزه رشد کرده بر تنه یک درخت و خواه گیاه کاشته شده بدست انسان باشد که بر روی یک ساختار عمودی کاشته شده است. این سیستم‌ها انواع و دسته‌بندی‌های متفاوتی دارند که هرکدام اسم ویژه خود و اصطلاح تخصصی خود را دارند. سیستم‌های سبز عمودی عنوان جامعی است که پژوهشگران در منابع مختلف با اصطلاحات متفاوتی آن‌را می‌خوانند و به همه انواع و دسته‌بندی‌ها اطلاق می‌شود. آنچه در اصطلاح با عنوان "نمای سبز" شناخته شده است، در نگاه تخصصی عنوان یکی از دسته‌ها و زیر مجموعه‌های سیستم‌های سبز عمودی است. اما در موارد بسیار این دو اصطلاح (سیستم سبز عمودی و نمای سبز) بدون تفکیک، بجای هم و با منظور گیاه رشد کرده بر روی سطحی عمودی بکار می‌رود. جدول (شماره ۱) اصطلاحات بکار رفته توسط پژوهشگران مختلف برای سیستم‌های سبز عمودی را معرفی می‌کند.

جدول شماره ۱: واژه‌شناسی بر اساس منابع مختلف (منبع: گردآوری و تنظیم نگارنده)

عنوان فارسی	عنوان انگلیسی	منابع
سیستم‌های سبز عمودی	Vertical Greenery Systems	(Wong, 2009)-(Wong, 2010)-(Cheng, 2010) (Binabid, 2010)
سیستم‌های عمودی سبز	Green Vertical Systems	(Perez, 2011)
سبزینگی عمودی	Vertical Greens	(Perini, 2010)-(Feranco, 2012)

باغ‌های عمودی	Vertical Gardens	(Blanc, 2008)-(Binabid, 2010)-(Peck, 1999) (Perini, 2011)-(Alexandri and Jones, 2008)
دیوارهای سبز	Green Walls	(Kontoleon, 2010)-(Susorova, 2013)
سایه‌انداز زنده	Bio Shader	(Ip, 2010), (Miller, et. Al, 2008)
منظر عمودی	Vertical Landscaping	(Binabid, 2010)
نمای گیاهی	Vegetated Facade	(Susorova, 2013)

۵- دسته‌بندی‌های سیستم‌های سبز عمودی

با معیار قرار دادن ویژگی‌ها و عوامل مختلف، می‌توان دسته‌بندی‌های متفاوتی را برای سیستم‌های سبز عمودی قائل شد. از آنجا که در مباحث مربوط به گیاهان بستر رشد و تغذیه ریشه گیاه بسیار مهم و تاثیرگذار است، بر اساس آن، ۲ دسته کلی بنام‌های نماهای سبز[1] و دیوارهای زنده[2] تعریف می‌شود که مورد تایید اکثر پژوهشگران می‌باشد (Kohler,2009) و (Kontoleon,2010) و (Jaafar,2011). گرچه ممکن است نام این دو دسته در منابع مختلف با اسامی مختلف دیده شوند اما در ماهیت گویای این تقسیم‌بندی دوگانه هستند. تعاریف و واژه‌شناسی نمای سبز و نمای زنده در جدول (شماره ۲) ارائه شده است.

جدول شماره ۲: تعاریف و واژه‌شناسی دسته‌های مختلف سیستم‌های سبز عمودی (منبع: گردآوری و تنظیم نگارنده)

تعریف دیوار زنده: قرارگیری بستر رشد و ریشه گیاه بصورت عمودی بر سطح یا در مقابل نما		**تعریف نمای سبز:** قرارگیری بستر رشد و ریشه گیاه بر زمین و رشد گیاه بصورت عمودی بر سطح نما	
واژه‌شناسی دیوار زنده		**واژه‌شناسی نمای سبز**	
منبع	**اصطلاحات بکار رفته معادل دیوار زنده**	**منبع**	**اصطلاحات بکار رفته معادل نمای سبز**
(Jaafar,2011) (Kontoleon, 2010) (Perini, 2011) (Perez, 2011)	**Living Wall/ Living Facade (دیوار زنده/ نمای زنده)**	(Kohler,2009) (Jaafar,2011) (Kontoleon, 2010) (Perini, 2011) (Perez, 2011)	**Green Facade/ Green Wall (نمای سبز/ دیوار سبز)**
(Binabid, 2010)	**Vertical Garden (باغ عمودی)**	(Perez, 2011)	**Green Vertical System (سیستم عمودی سبز)**
(Jaafar, 2011)	**Carrier System (سیستم حامل)**	(Jaafar,2011)	**Support System (سیستم حمایت شوند)**
(Binabid, 2010)	**Bio-Wall (دیوار زنده)**	(Perini, 2011)	**Facade Greening (نمای سبز شده)**

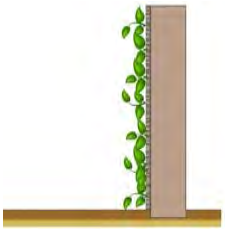
در نمای سبز که دیوار سبز یا نمای سبز شده نیز خوانده می‌شود ریشه گیاه در زمین قرار دارد و تنها گیاه بر سطح دیوار بصورت عمودی بالا می‌رود و نما را پوشش می‌دهد (تصویر ۱). نوع و اندازه بستر کشت که ریشه گیاه در آن قرار دارد تاثیر زیادی بر روی رشد گیاه می‌گذارد و بر اساس نظر پژوهشگران بهتر است عمق آن بیش تر از ۳۰ سانتیمتر باشد (Jaafar et al., 2011). انواع گیاهان بالا رونده بر نما گزینه مناسب این دسته هستند که می‌توانند مانند آنچه در گذشته‌ها و در معماری سنتی رایج بوده، مستقیم به نما متصل شوند، و یا می‌توانند با استفاده از ساختار حمایت کننده (داربست) در جلوی نما قرار بگیرند (Susorova, 2013). ساختار حمایت کننده علاوه بر اینکه گیاهان را به رشد رو به بالا هدایت می‌کند، تا حدی ساختمان را از آسیب‌های گیاهان حفظ می‌نماید. سیستم‌های حمایت کننده معمولا در سه نوع منفرد[3]، مش[1] و پانل‌های سطحی[2] دیده

1- Green Facades
2- Living Walls
3 Singular

می‌شوند (Jaafar et al., 2011)، و از مصالح مختلفی مانند داربست‌های چوبی، ژئوتکستایل[3]، سیم‌های فلزی، فایبرگلاس و مانند آن ساخته می‌شوند. تصمیم‌گیری در مورد انتخاب نوع و مصالح سیستم‌های حمایت کننده با توجه به نوع گیاه، نوع ساختمان، هدف از برپایی نمای سبز، بودجه و عواملی از این دست انجام می‌گیرد. این دسته از سیستم‌های سبز عمودی گرچه ساده و کم هزینه هستند اما پروسه رشد و پوشش نما توسط آن‌ها زمان بر می‌باشد، و نیز این امکان وجود دارد تماس شاخ و برگ گیاهان با نما و آبیاری آن‌ها به نما آسیب برساند. همچنین درصورت پژمردگی و خرابی قسمتی از گیاه، کل سیستم دچار مشکل می‌شود.

تصویر ۱ : نمای سبز و انواع داربست

دیوارهای زنده یا نماهای زنده دسته دیگری از سیستم‌های سبز عمودی هستند که بستر رشد و ریشه گیاه بر سطح عمودی و در ارتفاع قرار می‌گیرد (تصویر ۲). این دسته، اجازه استفاده از سیستم‌های سبز عمودی را بصورت مدرن و کنترل شده می‌دهند و علاوه بر جلوگیری از آسیب ساختمان توسط گیاه، می‌توانند بر ساختمان‌های با ارتفاع زیاد نیز نصب شوند. نماهای زنده بصورت‌های مختلفی اجرا می‌شوند. پاتریک بلانک[4] یک متخصص گیاه‌شناسی است که نمونه‌های موفقی از نماهای زنده را در سراسر دنیا به اجرا در آورده است. از نکته‌های کلیدی موفقیت او، تسلط بر علم گیاه‌شناسی می‌باشد، زیرا آشنایی با ویژگی‌های گیاهان مختلف این امکان را می‌دهد که علاوه بر همخوانی با اقلیم، گیاهان متفاوت با نیازهای آبی مشابه بتوانند در کنار هم قرار بگیرند و یک ساختار یکدست گیاهی را بوجود بیاورند.



تصویر ۲: مکان قرارگیری دیوار زنده

نوعی از نماهای زنده صفحات از پیش سبز شده‌ای هستند که بر ساختار عمودی متصل می‌شوند. در این حالت گیاهان با ساختار و نیازهای آبی متفاوت در مدول‌های جداگانه و بطور مستقل رشد می‌کنند. این سیستم‌ها شامل قسمت‌های بستر رشد که مواد مغذی برای رشد ریشه را فراهم می‌آورد، محفظه که بستر رشد را نگه داشته و ساختار سبز می‌شوند. بستر رشد می‌تواند از خاک‌های معمولی یا سبک، پرلیت، فوم و مانند آن تشکیل شده باشد (تصویر ۳).

1 Mesh
2 Surface Panels
3 Geo-textile
4 Patrick Blanc

خاک معمولی یا خاک سبک

پرلیت

فوم

تصویر ۳ : انواع بستر رشد

محفظه از مصالح مختلفی تشکیل می‌شود که بر اساس آن ۳ دسته کلی برای نماهای زنده تعریف می‌شود به نام‌های سیستم‌های پنلی[1]، نمدی[2] و مخزنی[3] (Architects, 2008). سیستم‌های پنلی، پنل‌های از پیش سبز شده‌ای هستند که به ساختار متصل می‌شوند و انواع متفاوتی دارند. اصولا برای این سیستم‌ها آبیاری بصورت مکانیکی انجام می‌شود. تصویر ۴ (الف) نمونه‌هایی از سیستم پنلی را نشان می‌دهد. دسته دیگر سیستم‌های نمدی هستند (تصویر ۴ - ب) که برای آن گیاهان در مدول‌های ساخته از نمد قرار می‌گیرند و با اتصال به پوشش‌های ضد آب (عایق آب) به ساختار پشت متصل می‌شوند. در این حالت ریشه گیاه می‌تواند بطور مستقیم در نمد باشد و یا نمد بصورت کیسه‌ای بستر کشت را برای رشد ریشه در خود نگه دارد. بر اساس نظر پژوهشگران استفاده از سیستم‌های نمدی عملکرد حرارتی سیستم‌های سبز عمودی را بطور چشمگیری ارتقا می‌دهند (Perini, 2011b). در سیستم‌های مخزنی، گیاه در مخزنی که بر روی نما نصب می‌شود کاشته می‌شود و از داربست بالا می‌رود. با زیرسازی‌های مناسب گیاهان متنوع و مختلفی می‌توانند بر روی این سیستم‌ها رشد کنند. نوع مخزن، مصالح و نحوه اتصال آن به ساختار پشت و نیز چگونگی رشد گیاه سیستم به صورت مدول‌های عمودی و یا مدول های‌افقی دیده می‌شود (تصویر ۴- ج).

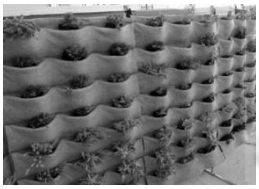
الف: سیستم‌های پنلی

Vertigarden

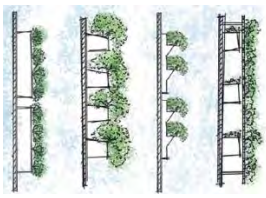
Fytowall

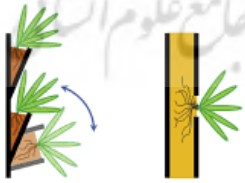
G-Sky

ب: سیستم‌های نمدی



ج سیستم های مخزنی





تصویر ۴ : انواع سیستم‌های نمای زنده بر اساس نوع و مصالح محفظه

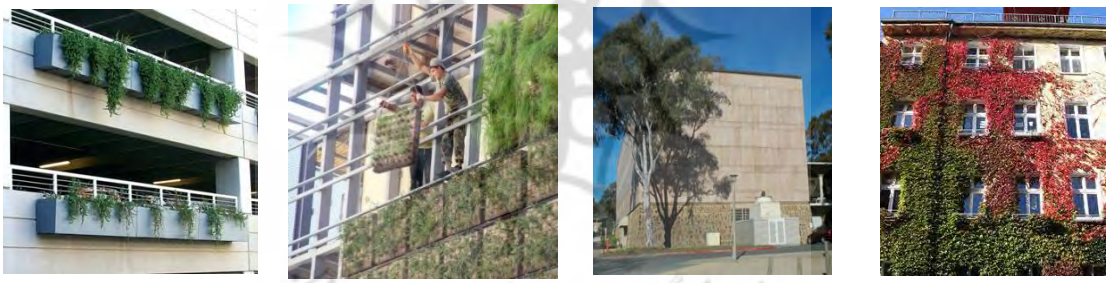
گرچه تقسیم‌بندی سیستم‌های سبز عمودی به دو دسته نمای سبز و نمای زنده بسیار رایج بوده و مورد تایید پژوهشگران است اما در مواردی با توجه به ویژگی‌های دیگر، دسته‌بندی‌های مختلف و متفاوتی ارائه شده است. به عنوان مثال چن یو (۲۰۰۹) بر اساس نوع گیاه، بستر رشد و روش ساخت، نماهای سبز را به ۴ دسته تقسیم می‌کند که عبارتند از: درختان قرار گرفته در مقابل دیوار[4]، گیاهان رونده بر دیوار[1]، گیاهان آویزان از دیوار[2] و نوع مدولار[3] (تصویر ۵). بر اساس این دسته‌بندی

1- Panel Systems
2- Felt Systems
3- Container Systems
4 Tree-against-wall

درختان ساده‌ترین نوع سیستم سبز عمودی هستند. از نظر مکان بستر رشد درختان در دسته نماهای سبز قرار می‌گیرند. گرچه نمی‌توان آن‌ها را نمای ساختمان به حساب آورد اما دارای عملکرد و سودهای مشابهی هستند. در کنار بهره بردن از سودهای درختان، استفاده از آن‌ها محدودیت‌هایی نیز دارد. به عنوان مثال، پروسه رشد درختان زمان‌بر می‌باشد و تنها برای ساختمان‌های کوتاه یا طبقاتی محدود جوابگو هستند. بر این اساس محقق دیگری بنام نیوک هین (۲۰۰۹) در کتاب خود درختان را به عنوان دسته‌ای از سیستم‌های سبز عمودی بحساب نمی‌آورد و فقط ۳ دسته دیگر را نام برده است.

دسته دوم در این تقسیم‌بندی گیاهان رونده بر نمای ساختمان هستند که از نظر مکان بستر رشد و ویژگی‌ها اشاره مستقیم به نماهای سبز دارند. دسته گیاهان آویزان یا معلق، گیاهان با ساقه‌های بلند هستند که ساقه‌های آن‌ها از بام، بالکن یا نما آویزان شده است و در واقع سیستمی بین نمای سبز و بام سبز را ایجاد می‌کنند. زیرا برای سطح زیرین خود به عنوان بام عمل می‌کنند و همزمان بوجود آورنده نمایی سبز هستند. از مزایای این دسته این است که با رشد گیاهان در طبقات مختلف، در مدت زمان کوتاهی تمامی سطح نما پوشانده می‌شود و نیز با رشد گیاهان متفاوت در طبقات مختلف، می‌توان نمایی با رنگ‌های متنوع و از نظر بصری زیبا بوجود آورد. به راحتی می‌توان گفت این دسته نوعی از نماهای زنده هستند زیرا بستر رشد بصورت عمودی و در سطح نما قرار گرفته است.

دسته آخر که سیستم‌های سبز مدولار می‌باشند، به‌نوعی دیوار زنده هستندکه نسبت به سیستم‌های قبلی جدیدتر بوده و از مزایای بسیاری برخوردارند. در این سیستم مدول‌های مورد نظر از پیش در گلخانه‌ها رشد داده شده‌اند و در مکان مورد نظر بر روی زیرسازی مناسب نصب می‌شوند. اینکار باعث می‌شود سطح وسیعی از نما در مدت زمان بسیار کوتاهی پوشانده شود. از آنجا که معمولا آبیاری و زهکشی این سیستم‌ها بصورت مکانیزه انجام می‌شود ساختار زیرین آن از خرابی در امان است. همچنین درصورت خرابی و پژمردگی قسمتی از نما با جایگزین کردن مدول‌های همان قسمت، کل سیستم از خرابی در امان می‌ماند. سیستم‌های مدولار از نظر بصری بسیار زیبا هستند زیرا با قرار دادن گیاهان متفاوت در مدول‌ها می‌توان نمایی رنگی و متنوع بوجود آورد.



نمای سبز | استفاده از درختان | سیستم‌های مدولار | گیاهان آویزان از دیوار

تصویر ۵ : دسته‌بندی سیستم‌های سبز عمودی بر اساس نظر چن یو (۲۰۰۹)

در کنار این تعاریف و دسته‌بندی‌ها، فرانسیس (۲۰۱۱) دیوارهای زنده با عنوان (Bio-Wall) را به عنوان نمای سبز یا زنده‌ای تعریف می‌کند که در فضای داخلی بکار رفته‌اند و کیفیت هوای داخلی را ارتقا می‌دهند در حالیکه محقق دیگری (Binabid, 2010) این اصطلاح را به عنوان اسمی اختصاصی برای دیوار زنده بکار می‌برد. علاوه بر آن، هانتر (۲۰۱۴) برای نمای سبز دسته‌بندی دیگری ارائه می‌دهد با عنوان نمای سبز مستقیم و نمای سبز دولایه. بنا به این تعریف نماهای سبز که در آن گیاه بطور مستقیم و بدون واسطه از دیوار بالا می‌رود نمای سبز مستقیم است و اضافه کردن ساختار حمایت کننده در مقابل دیوار آن را به نمای دو پوسته تبدیل می‌کند. گرچه هانتر این دسته بندی را تنها برای نمای سبز ارائه داده است به‌راحتی می‌توان این تعریف را به دیوارهای زنده نیز گسترش داد. با توجه به اینکه گیاهان موجوداتی زنده هستند و انواع آن دارای ویژگی‌های مختلفی هستند بنا به نوع گیاه، نوع زیرسازی مناسب برای رشد گونه‌های گیاه، نحوه اتصالات، مصالح بکار رفته، مکان قرار گرفتن ساختار سبز و غیره می‌توان انواع مختلفی از سیستم‌های سبز عمودی را تعریف کرد. اما تقسیم‌بندی دوگانه

1 Wall-climbing type
2 Hanging-down type
3 Module type

نماهای سبز و دیوارهای زنده که بر مبنای مکان بستر رشد است اصلی‌ترین و جامع‌ترین تقسیم‌بندی است و بقیه تعاریف به نوعی زیرمجموعه این دو قرار می‌گیرند.

۶- سودهای نمای سبز

نماهای سبز به عنوان دسته‌ای از فضاهای سبز شهری، دارای سودهای اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی فراوانی هستند. درمورد سودهای اجتماعی و اثرات مثبت آن‌ها بر روح و روان انسان مطالعات زیادی انجام گرفته است و بر این اساس محققین استفاده از گیاهان بویژه در فضای داخلی را پاسخگویی به نیاز فطری انسان در رابطه با ارتباط انسان با طبیعت می‌دانند. نه تنها استفاده از گیاهان در فضاهای داخلی باعث کاهش استرس و ایجاد آرامش می‌شود بلکه استفاده از تصاویر محیط‌های طبیعی و یا صدای طبیعت نیز چنین اثری دارد. پاتریک بلانک به عنوان یک اکولوژیست، گیاهشناس و برپاکننده نمونه‌های موفقی از نماهای سبز در سراسر دنیا معتقد است وجود گیاهان و فضاهای سبز در درون ساختمان‌ها و یا در فضاهای شهری و میان ساختمان‌ها برای مردم بسیار جذاب‌تر است تا دیدن همان گیاهان در زیستگاه‌های طبیعی (Blanc, 2008). در کنار سودهای اجتماعی و ایجاد زیبایی بصری نمی‌توان اثرات مفید محیط‌زیستی نماهای سبز را نادیده گرفت. نماهای سبز با کنترل آلودگی‌ها باعث تصفیه هوا و با کنترل دی‌اکسیدکربن و تولید اکسیژن باعث تازگی هوا می‌شوند و صوت را نیز کنترل می‌نمایند. اما براساس مطالعات انجام شده اکثر افراد استفاده از نماهای سبز را تنها برای زیبایی بصری آن می‌دانند و کمتر از اثرات محیط‌زیستی آن اطلاع دارند، چنانچه در پژوهشی در سنگاپور نه تنها افراد از سودهای محیط زیستی نماهای سبز خبر نداشتند بلکه آن‌ها را عاملی برای از بین رفتن سریع‌تر ساختمان می‌دانستند (Wong, 2010). تحقیق دیگری نشان داد نه تنها مردم در مورد سودهای نماهای سبز اطلاعی ندارند بلکه در مورد سودهای بام‌های سبز نیز بی‌اطلاع هستند (Yuen, 2005). در کنار سودهای اجتماعی و محیط‌زیستی، استفاده هوشمندانه از نماهای سبز سودهای اقتصادی زیادی درپی دارد. به عنوان نمونه می‌توان از نماهای سبز به عنوان سایبان برای پنجره‌ها استفاده کرد و بواسطه آن تابش مستقیم آفتاب را کنترل نمود، در حالیکه نور روز براحتی وارد فضا می‌شود و به این طریق در مصرف انرژی برای خنک‌سازی و الکتریسیته برای روشنایی صرفه جویی می‌شود. اثر خنک‌کنندگی گیاهان نه تنها ساختمان پشت نمای سبز را تحت تاثیر قرار می‌دهد بلکه در مقیاس بزرگتر باعث کاهش دمای محیط می‌شود که از عوامل موثر در جلوگیری از ایجاد اثر جزیره گرمایی می‌باشد.

۷- حرکت از زیبایی بصری نمای سبز به سوی بهره‌بری اقتصادی از آن

نمونه‌های موفق نماهای سبز در سراسر دنیا وجود دارد که از آن جمله می‌توان به موزه کاسیاس[۱] در اسپانیا، موزه برنلی[۲] و لس‌هال[۳] در فرانسه اشاره کرد (تصویر ۶). درمورد زیبایی بصری نماهای سبز سخن‌های بسیار گفته شده است، اما با توجه به مشکلات امروز شهرها لازم است استفاده از سیستم‌های سبز عمودی بصورت حرفه‌ای و هدفمند بکار گرفته شوند و راهکارهای عملی برای بهره بردن از آن‌ها ارائه گردد. لازمه نزدیک شدن به این مهم، هدف‌دار شدن مطالعات و اجتناب از سخن‌سرائی‌های تکراری است. در مطالعات گوناگون محققین با بررسی متغیرهایی مانند نوع سیستم سبز، نوع گیاه، زیرساخت مناسب، مکان قرارگیری و نصب نمای سبز، ترکیب با دیگر عوامل تاثیرگذار بر آسایش حرارتی مانند تابش آفتاب، تهویه و رطوبت سعی در بهینه‌سازی این سیستم‌ها و بهره بردن از آن‌ها در کنترل شرایط محیطی دارند.

Caixa Forum Museum

Quai Branly Museum

Les Halles

تصویر ۶ : نمونه های موفقی از سیستم های سبز عمودی، اثر پاتریک بلانک

1 Caixa Forum Museum
2 Quai Branly Museum
3 Les Halles

برای مطالعه سیستم‌های سبز عمودی از روش‌های گوناگونی می‌توان استفاده کرد که هرکدام نقاط مثبت و منفی گوناگونی دارند. مطالعه وضع موجود و تمرکز برروی سیستم‌های سبز موجود در شهرها و بررسی عملکرد آن‌ها این مشکل را دارد که کنترل کردن همه شرایط و متغییرهای تاثیرگذار بر مطالعه کار بسیار دشواری است. راه دیگر، استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی می‌باشد که یک راه مفید برای پیش‌بینی و بررسی عملکرد ساختمان در آینده است، اما در مورد سیستم‌های سبز مطالعات محدودی بوسیله نرم‌افزارهای شبیه‌سازی صورت پذیرفته که از نمونه آن می‌توان پژوهش ونگ (۲۰۰۹) را نام برد که با استفاده از نرم‌افزار (TAS) ساختمانی با نمای سبز را در موقعیت‌های متفاوت و نیز در مقایسه با ساختمانی فاقد سبزینگی بررسی کرده و میزان بهره‌وری انرژی آن را مورد ارزیابی قرار داده است. از دیگر روش‌های متداول برای بررسی عملکرد نماهای سبز استفاده از جعبه‌های آزمایش است که بواسطه آن‌ها در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی متغییرها را مورد بررسی قرار می‌دهند. از نمونه‌های آن می‌توان به مطالعات اسچومن[1] در سال ۲۰۰۷ و بینبید[2] در سال ۲۰۱۰ اشاره کرد (تصویر ۷).

Binabid, 2010

Schumann, 2007

تصویر ۷: استفاده از نرم‌افزار و جعبه آزمایش برای مطالعات نماهای سبز

در بهینه سازی عملکرد نماهای سبز باید به فاکتورهای گوناگون توجه کرد، از جمله اینکه نمای سبز در چه اقلیمی نصب می‌شود. به عنوان مثال در اقلیم‌های با رطوبت بالا استفاده از سبزینگی منجر به بالا رفتن هرچه بیشتر رطوبت می‌شود که این عاملی تاثیرگذار و مخل برای آسایش حرارتی می‌باشد. در چنین مناطقی استفاده همزمان از سبزینگی و سیستم‌های تهویه در بهبود کیفیت هوا تاثیر مثبتی خواهد داشت. طراحان می‌توانند با توجه به اقلیم با هوشیاری از خصوصیات مشترک بهره‌های گوناگون ببرند و از عملکردهای یکسان استفاده‌های متفاوتی ببرند. به عنوان مثال در پژوهشی ضمن توجه به نوع سیستم سبز عمودی، زیرساخت‌ها و محدود کردن تهویه با بهره جستن از فضای خالی بین گیاه و دیوار در نمای سبز، آن را به عنوان عایق و عاملی جهت جلوگیری از پرت گرما در اقلیم سرد استفاده کرده‌اند (Perini, 2011). این درصورتی است که در اقلیم گرم و مرطوب استوایی با بدست آوردن فاصله بهینه بین گیاه و دیوار، گردش هوا و تهویه به حداکثر رسیده و از این فضا به عنوان عاملی برای خنک‌سازی استفاده شده است (Safikhani, 2017). در پژوهش دیگری ضمن مطالعه نوع و گونه گیاهی مناسب برای نمای سبز به عملکرد آن در بهینه سازی تهویه توجه شده است(Sunakorn, 2011). توجه به نوع و گونه مناسب گیاهی در هر اقلیم عامل بسیار مهم و تاثیرگذاری در عملکرد نمای سبز می‌باشد. به عنوان مثال، در ملبورن استرالیا ساختمانی با نمای سبز برپا شده بود که بعد از ۲ سال نمای سبز آن رو به خرابی رفت و در مطالعه‌ای علت این عدم موفقیت بررسی شده و یکی از عوامل مهم آن را عدم توجه به انتخاب مناسب گیاه با توجه به اقلیم عنوان کردند (Rayner, 2010).

در پژوهش دیگری (Kenneth IP, 2010) قابلیت نماهای سبز جهت سایه اندازی بر پنجره بیرونی و کنترل تابش مستقیم اشعه‌های خورشید بررسی شده است. همچنین استک (۲۰۰۵) با بکار بردن نمای سبز در فاصله میانی نمای دوپوسته مزیت آن نسبت به سایه اندازهای[3] مصنوعی در نمای دوپوسته را بررسی کرده است. در پژوهشی دیگر فرانکو (۲۰۱۰) با استفاده از نمای سبز در فضای داخلی و ترکیب آن با تهویه مکانیکی راهکارهایی جهت ارتقای کیفیت هوای داخلی ارائه داده است.

[1] Schumann
[2] Binabid
3 Shading Devices

نتیجه‌گیری

در دنیای امروز بهره بردن از سیستم‌های سبز عمودی تنها برای زیبایی بصری آن‌ها نیست بلکه تلاشی است تا با استفاده از سودهای طبیعی گیاهان بصورت مدرن و امروزی بتوان تاحدی مشکلات محیط‌زیستی را تعدیل کرد. با طراحی و اجرای صحیح، این سیستم‌ها قادرند به پاکسازی هوا، افزایش رطوبت، کنترل صوت، کنترل نور و همچنین تعدیل گرمای هوا کمک کنند. عواملی نظیر نوع گیاه، نوع سیستم، مصالح بکار رفته در سیستم، نوع بستر رشد و غیره فاکتورهای تاثیرگذاری در کارایی این سیستم‌ها هستند و در سراسر دنیا با سرمایه‌گذاری جهت بهینه‌سازی این عوامل گام‌های موثری برداشته شده است تا بتوان کارایی آن‌ها را به حداکثر رساند. آگاهی هرچه بیشتر طراحان ساختمانی و مالکان از دست آوردهای پژوهشگران در جهت ارتقای عملکرد این سیستم‌ها می‌تواند در گسترش استفاده از سیستم‌های سبز عمودی بسیار موثر باشد.

منابع

۱. ایران نژادی پاریزی. محمد حسین، تجملیان. مهدیه، بوستان ها و فضاهای سبز شهری، مرکز انتشارات دانشگاه یزد- چاپ اول ۱۳۹۰

2. Alexandri, E. and Jones, P. (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. Building and Environment. 43 (4), 480-493.
3. Architects, T. R. A. I. o. (2008). Australia: The Royal Australian Institute of Architects.
4. Binabid, J. (2010). Vertical Garden: The study of vertical gardens and their benefits for low-rise buildings in moderate and hot climates. M.B.S. University of Southern California.
5. Blanc, P. (2008). The Vertical Garden: In Nature and the City. New York: W. W. Norton & Company.
6. Chen Yu and Wong N. ., (2009), Thermal Impact of Strategic Landscaping in Cities: A Review, Advances In Building Energy Research, VOL 3, 237˚260
7. Cheng, C. Y. and Cheung, K. K. S. andChu, L. M. (2010). Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls. Building and Environment. 45 (8), 1779-1787.
8. Figueroa, M. (2008). Green roof performance in Los Angeles, California. M.B.S. University of Southern California.
9. Francis, R. A. and Lorimer, J. (2011). Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls. Journal of Environmental Management. 92 (6), 1429-1437.
10. Franco, A. and Fernández-Cañero, R. and Pérez-Urrestarazu, L. andValera, D. L. (2012). Wind tunnel analysis of artificial substrates used in active living walls for indoor environment conditioning in Mediterranean buildings. Building and Environment. 51 (0), 370-378.
11. Hunter, A. M. and Williams, N. S. G. and Rayner, J. P. and Aye, L. and Hes, D. andLivesley, S. J. (2014). Quantifying the thermal performance of green façades: A critical review. Ecological Engineering. 63 (0), 102-113.
12. Ip, K. and Lam, M. and Miller, A. (2010). Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy. Building and Environment. 45 (1), 81-88.
13. Jaafar, B. and Said, I. andRasidi, M. H. (2011). Evaluating the Impact of Vertical Greenery System on Cooling Effect on High Rise Buildings and Surroundings: A Review. The 12th International Conference on Sustainable Environment and Architecture (Senvar) 10th to 11th November 2011.
14. Köhler, M. (2008). Green facades˘ a view back and some visions. Urban Ecosystems. 11 (4), 423-436.
15. Kontoleon, K. J. and Eumorfopoulou, E. A. (2010). The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone. Building and Environment. 45 (5), 1287-1303.
16. Miller, L. (2008). Green roof policy: a sustainable space to grow? M.A. Tufts University.
17. Peck, S. W. (1999). Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada. Canada Mortgage and Housing Corporation.
18. Perez, G. and Rincon, L. and Vila, A. and Gonzalez, J. M. andCabeza, L. F. (2011). Behaviour of green facades in Mediterranean Continental climate. Energy Conversion and Management. 52 (4), 1861-1867.

19. Perini, K. and Ottelé, M. and Fraaij, A. L. A. and Haas, E. M. andRaiteri, R. (2011a). Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. Building and Environment. 46 (11), 2287-2294.
20. Perini, K. and Ottelé, M. and Haas, E. andRaiteri, R. (2011b). Greening the building envelope, façade greening and living wall systems. Open Journal of Ecology. 1 (1), 1-8.
21. Rayner. J.P, Raynor. K.J and N.S.G. Williams, (2010), Façade Greening: a Case Study from Melbourn,, uu srr,,,,, ,IInd Int oooonf..on Landsaap nnd rr bnn oo r
22. Saadatian, O. and Sopian, K. and Salleh, E. and Lim, C. H. and Riffat, S. and Saadatian, E. and Toudeshki, A. andSulaiman, M. Y. (2013). A review of energy aspects of green roofs. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 23 (0), 155-168.
23. Safikhani, T. and Baharvand, M. (2017). Evaluating the effective distance between living walls and wall surfaces, Energy and Buildings, 150, 498˚506.
24. Schumann, L. (2007). Ecologically inspired design of green roof retrofit. M.S. University of Maryland, College Park.
25. Stec, W. J. and van Paassen, A. H. C. andMaziarz, A. (2005). Modelling the double skin façade with plants. Energy and Buildings. 37 (5), 419-427.
26. Sunakorn, P. and Yimprayoon, C. (2011). Thermal Performance of Biofacade with Natural Ventilation in the Tropical Climate. Procedia Engineering. 21 (0), 34-41.
27. Susorova, I. (2013). Evaluation of The Effects of Vegetation and Green Walls on Building Thermal Performance and Energy Consumption. Doctor of Philosophy in Architecture Illinois Institute of Technology.
28. Wong, N. H. and Tan, A. Y. K. and Tan, P. Y. and Sia, A. andWong, N. C. (2010c). Perception Studies of Vertical Greenery Systems in Singapore. Journal of Urban Planning and Development-Asce. 136 (4), 330-338.
29. Wong, N. H. and Tan, A. Y. K. and Tan, P. Y. andWong, N. C. (2009). Energy simulation of vertical greenery systems. Energy and Buildings. 41 (12), 1401-1408.
30. Wong. N and Chen. Yu, Tropical urban heat islands: climate, buildings and greenery, Publisher: Taylor & Francis 2009.
31. Yuen, B. and Hien, W. N. (2005). Resident perceptions and expectations of rooftop gardens in Singapore. Landscape and Urban Planning. 73 (4), 263-276.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی