علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یک، شماره سه، خرداد ماه ۹۸

ارزیابی CBA (سود و زیان) اجرای جداره‌های عمودی سبز در تهران

مریم آزموده [۱*]

m.azmudeh@gmail.com

شاهین حیدری[۲]

زهرا زمانی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۱۸ **تاریخ پذیرش:۹۵/۱۰/۸**

چکیده

زمینه و هدف: مشکلات محیط زیستی و خارج شدن شهرها از بافت طبیعی خود، موجب شده است که طراحان شهری در پی احیای نیازهای حیاتی شهرها همچون فضای سبز و چشم اندازهای طبیعی باشند و برای این کار از تجهیزات جدید بهره جویند. سطوح سبز عمودی یکی از گزینه‌هایی است که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. این فناوری مانند هر سیستم نوین دارای مزایا و چالش‌هایی است. یکی از چالش‌های اساسی این جداره‌ها، بازدهی اقتصادی آن‌هاست.

روش بررسی: در این پژوهش از ارزیابی CBA[۴] (تحلیل سود و زیان) برای بررسی چالش مطرح شده استفاده می‌شود. در حقیقت با درنظر گرفتن صرفه‌های اقتصادی ناشی از استفاده از این جداره‌ها در کنار هزینه‌های مربوط به نصب، اجرا و نگه‌داری درک بهتری از بازدهی اقتصادی آن‌ها حاصل می‌شود. هزینه‌های اجرا و نگه‌داری برمبنای اطلاعات شرکت‌های مجری این سیستم‌ها در تهران و صرفه اقتصادی آن‌ها براساس کاهش انرژی مصرفی در ساختمان شبیه‌سازی شده با جداره‌ی سبز مورد کاوش قرار گرفت.

یافته ها: طبق بررسی‌های صورت گرفته، هزینه‌های اجرا و نگه‌داری جداره‌های سبز در مقابل کاهش هزینه‌های مربوط به بارهای سرمایشی و گرمایشی، چندین برابر هستند.

بحث و نتیجه گیری: براساس این پژوهش با توجه به هزینه بالای اجرا و نگه‌داری جداره‌های عمودی سبز با درنظرگرفتن کاهش هزینه‌های مربوط به سرمایش و گرمایش، این سیستم‌ها مقرون به صرفه به نظر نمی‌رسند. به‌علاوه سایر صرفه‌های اقتصادی مطرح برای این جداره‌ها هم‌چون برگشت هزینه انجام شده از راه تولید اکسیژن، کاهش مالیات کربن، افزایش ارزش افزوده‌ی ملک، کاهش تولید انرژی در نیروگاه‌ها و کاهش هزینه‌های درمانی ناشی از کاهش آلودگی هوا مسایلی هستند که مربوط به بهره‌گیری از گیاهان و نه الزاما جداره‌های سبز است. بدین ترتیب با بهره‌گیری از پوشش‌های گیاهی به اشکال مختلف در قالب فضای سبز نیز فواید مندرج در موارد فوق با صرف هزینه بسیار کم‌تر حاصل خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: جداره عمودی سبز، CBA (ارزیابی سود و زیان)، هزینه اجرا، بازدهی اقتصادی.

۱-عضو هیات علمی و استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین المللی امام خمینی ، قزوین، ایران*(مسوول مکاتبات).

۲- عضو هیات علمی و استاد گروه معماری، پردیس هنرهای زیبا، ، دانشکده معماری دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- دکتری معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران تهران، ایران

4- Cost- Benefit Analysis

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.3, May, 2019

CBA Evaluation of Green Walls Implementation in Tehran City

Maryam Azmoodeh [1*]
m.azmudeh@gmail.com
Shahin Heidari [2]
Zahra Zamani [3]

Admission Date: December 28, 2016 Date Received: August 8, 2016

Abstract

Background and Objective: Environmental issues and the cities losing their natural context have motivated the urban designers to seek for reclamation of urban critical elements, such as green spaces and natural landscapes, and apply new technologies to achieve this goal. Vertical green surfaces are one of the technologies which have become attractive during the recent years. This technology, like any new system, has some advantages and challenges. One of the important challenges for these surfaces is their financial efficiency.

Method: In this study, Cost Benefit Analysis (CBA) is used to evaluate the mentioned challenge. Considering the financial gain of these surfaces along with the cost of their installation and maintenance, a better perception of their financial efficiency would be obtained. The costs of implementation and maintenance were calculated based on the data from relevant companies in Tehran and the financial gain was estimated by reduction of energy consumption in a simulated building with green wall.

Findings: Findings of this study show that costs of implementing and maintaining green surfaces is much more than what is gained due to reduction of cooling/heating loads in a building.

Discussion and Conclusion: Due to high costs of green walls installation and maintenance, they do not seem to be affordable by considering the reduction of energy consumption costs. Besides, other mentioned issues including oxygen production, carbon tax reduction, increase of building real estate value, energy reduction in the power plants, and reduction of costs of air pollution which can reduce the associated costs are related to the application of plants but not solely green walls. Hence, by applying various forms of vegetation in green spaces, the above-mentioned benefits can be achieved at very low costs.

Keywords: Green Walls, CBA evaluation, Implementation cost, Economical performance

1- Assistant Processor, Faculty of Architecture and Urban Development, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran*(Corresponding Authors).
2- Professor, Pardis of Fine Arts, Faculty of Architecture, Tehran University, Tehran, Iran
3- PhD Candidate of Architecture, Pardis of Fine Arts, University of Tehran

مقدمه

ازدیاد جمعیت، گسترش شهرها، تولد کلان شهرها و خارج شدن از بافت سنتی و طبیعی شهرها پیوسته موجب شده است که متفکران طراحی محیط‌های شهری در پی احیای نیازهای حیاتی شهرها همچون بهره‌گیری از فضای سبز و چشم اندازهای طبیعی باشند و برای این کار از لوازم و تجهیزات نوین بهره جویند(۱).

اما علی‌رغم پتانسیل فوق العاده فضای سبز برای ارتقای مسایل شهری، امکان ایجاد فضای سبز در همه‌ی مناطق شهری وجود ندارد. تراکم بالای ساختمانی در برخی مناطق شهری این نیاز را ایجاد می‌کند تا تامین فضای سبز از روش‌های دیگری نیز صورت گیرد. سطوح سبز شامل دیوارها و بام‌های سبز یکی از گزینه هایی است که می‌تواند در این زمینه بسیار موثر باشد. با توجه به وجود سطوح بزرگ موجود روی ساختمان ها که برای به کارگیری این تکنولوژی مهیا هستند، دیوارهای سبز پتانسیل عظیمی برای ایجاد تغییرات زیست محیطی مثبت در مناطق شهری متراکم دارند که با استفاده صحیح و موفق آن ها، می توان از منافع آن بهره برد. این سیستم‌ها با استفاده از پوشش‌های گیاهی روی سطح خود، علاوه بر کاهش آلودگی هوا، به‌دلیل بهبود عملکرد حرارتی جداره موجب کاهش میزان مصرف انرژی در داخل ساختمان نیز می‌شود. سیستم عمودی سبز که با نام باغ‌های عمودی نیز شناخته می‌شود یک لغت توصیفی است که به تمامی انواع دیوارهای گیاه‌کاری شده اشاره دارد(۲). می‌توان این‌گونه بیان کرد که این نام به سیستم‌هایی اطلاق می‌شود که گیاهان را به سازه‌های مهندسی و دیوارهای ساختمان الحاق می‌کنند یا به‌عبارتی نماهای سبز عمودی، دیوارهایی هستند که به طور کامل یا بخشی ازآن‌ها گیاه‌کاری شده است(۳). این نماها عموما دارای گیاهان بالارونده‌ای هستند که برای پوشاندن سطح ساختمان در خاک زمین یا جعبه‌های مخصوص کاشته می‌شوند.گاهی اوقات برای رویش این گیاهان نیاز به اجرای سازه‌های نگهدارنده وجود دارد. نگهداری و مراقبت از این گیاهان برای بقا و رشد گیاه بایستی به طور دوره‌ای انجام شود(۴). اما با وجود مزایای گسترده‌ی بهره‌گیری از این سطوح، چالش‌هایی نیز در استفاده از آن‌ها وجود دارد که در این پژوهش تاکید بر هزینه‌های مربوط به اجرا و نصب این جداره‌ها است. با توجه به اهمیت مسایل اقتصادی در اجرای هر سیستم نوین، این مقاله برآنست تا هزینه‌های ناشی از اجرا و نگه‌داری این سطوح را در تهران برآورد نموده و سپس مقادیر فوق را با صرفه‌های اقتصادی ناشی از بهره‌گیری از سطوح سبز مقایسه نماید.

بنابر موارد فوق فرضیه اصلی این پژوهش در قالب جمله زیر قابل بیان است: اجرای دیوارهای سبز در تهران از لحاظ ابعاد اقتصادی به صرفه نیست. در حقیقت این پژوهش براساس این سوال کلی شکل گرفته است که "آیا اجرای جداره‌های سبز در تهران با توجه به هزینه‌های مربوط به نصب و نگه‌داری اقتصادی است؟". هدف از انجام این پژوهش، اثبات و بسط فرضیه بالا در دو مرحله است. در مرحله نخست تمرکز پژوهش براین‌است که دیوارهای سبز دارای چه فواید و معایبی هستند. در مرحله دوم، بررسی‌ها برای برآورد دقیق هزینه‌های اجرای این سیستم‌ها در کنار فواید اقتصادی ناشی از بهره‌گیری از آن‌هاست.

مواد و روش‌ها

سیستم‌های عمودی سبز مانند هر فناوری دارای مزایا و چالش‌هایی هستند. بررسی این دو در کنار هم می‌تواند درک دقیق‌تری از این سیستم‌ها را ارایه نماید زیرا تنها با بررسی جداگانه مزایا یا معایب، قضاوت عادلانه‌ای پیرامون این فن‌آوری به دست نخواهد آمد.

دیوارهای سبز دارای فوایدی هستند که در زیر به برخی از آن‌ها به اختصار اشاره می‌شود:

۱-فواید دیوارهای سبز:

۱-۱- افزایش کیفیت آب و هوا

نماهای سبز یک تکنولوژی مناسب برای ایجاد محیط مصنوع عاری از آلودگی می باشد(۵). این دیوارها قادر به فیلتر کردن گازهای سمی، ذرات معلق موجود در هوا و سایر آلودگی‌ها می‌باشند. سطح برگ ها آلودگی هایی همچون خاک و گرده را گرفته و گازهای سمی را فیلتر می‌کنند. فیلتراسیون توسط گیاه

و از طریق میکروارگانیسم ها صورت می‌گیرد(۶). اکنون در بسیاری از شهرهای بزرگ دنیا الزامات و توصیه‌های طراحی برای یکپارچه کردن سیستم های ارگانیک با محیط مصنوع شهری تعریف شده است که عمدتا شامل طراحی بام سبز و نمای سبز با هدف کاهش مخاطرات محیط زیستی در محیط شهری است. این ایده که از آن با عنوان معماری زنده[1]نیز یاد می‌شود با استفاده از رشد گیاهان در سطوح ساختمان موجب بهبود کیفیت هوا و کاهش شدت آب باران نیز می‌شود(۷).

کنترل آلودگی هوا می‌تواند شیمیایی یا فیزیکی باشد. بحث کنترل آلودگی‌های فیزیکی شامل کاربرد گیاهان برای کاهش ذرات معلق در هوا مانند گردو خاک، گرده گیاهان، بوهای ناخوشایند و در کنترل شیمیایی مربوط به جذب آلاینده‌های موجود در هوا از جمله نیترات و سولفات است.

۱-۲- کاهش انرژی مصرفی

مصرف انرژی ساختمان با بهره‌گیری از گیاهان بر روی نما به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد(۵). در حقیقیت افزایش تعداد لایه‌های دیوار، موجب افزایش مقاومت حرارتی دیوار شده و در نتیجه منجر به بهبود عملکرد حرارتی جداره می‌گردد. عبور حرارت از میان این لایه ها هم کندتر و هم کم‌تر است که به ترتیب موجب افزایش ظرفیت و مقاومت حرارتی دیوار، و در نتیجه کاهش میزان انتقال حرارت آن می‌گردد. دیوار سبز موجب ایجاد یک خرداقلیم بین دیوار ساختمان و پوسته سبز، با دمای کم‌تر و رطوبت نسبی بالاتر می‌شود که خود باعث ظرفیت بالای نماهای سبز در کاهش دمای دیوار ساختمان خواهد بود(۸). عامل بعدی، اثر سایه اندازی گیاه، خنک کنندگی تبخیری و ممانعت از تابش مستقیم خورشید است(۹).

۱-۳- زیبایی بصری در فضاهای شهری

دیوارهای سبز به دلیل ایجاد جذابیت‌های بصری و پوشش اشکال بدمنظر، موجب تنوع و زیبایی در محیط شده و فضا را به مکانی مطلوب‌تر برای زندگی تبدیل می‌نماید. در حال حاضر، پیشرفت‌های زیبایی شناسانه، هدف عمده طراحی غالب پروژه‌های دیوار سبز را تشکیل می‌دهد. به کارگیری الگوها، ریتم‌ها، اشکال و استفاده از بافت گیاه و کیفیت دعوت کنندگی طراحی با طبیعت، تماما موجب زیباتر کردن طرح می‌شوند.

۱-۴- ارتقای روانی ساکنین شهر

نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهند که وجود فضای سبز از لحاظ روانی و فیزیولوژیکی می‌تواند تأثیرات مثبتی بر روی ساکنین این فضاها داشته باشد (۱۰). رویکردها و نظریات مختلفی در جهت توضیح و سنجش تأثیر طبیعت بر سلامت انسان ایجاد شده‌اند. نظریات معاصری مانند نظریه بهبود استرس الریچ پیش بینی کرده‌اند که مناظر طبیعی استرس را کاهش می‌دهند در حالی‌که محیط‌های ساختمانی بهبود استرس را به تأخیر می‌اندازند(۱۱). این در حالی است که با افزایش شهرنشینی انسان از طبیعت فاصله گرفته است و از لمس عناصر زنده و غیرزنده طبیعت محروم شده است. بهره‌گیری از جداره‌های سبز می‌تواند یکی از راه‌های تامین نیاز انسان به طبیعت و گیاهان به حساب آید(۱۲).

۱-۵- کنترل آلودگی صوتی

یکی دیگر از مزیت‌های استفاده از سطوح سبز کنترل آلودگی‌های صوتی و کاهش نوفه‌هاست. اساسا میزان تاثیر گیاهان بر کنترل سطوح صوتی بستگی به صدا(نوع صدا، سطح دسی بل، شدت و منبع صدا)، گیاهان پوششی(نوع، ارتفاع، تراکم و محل قرار گرفتن آن) و عوامل اقلیمی (جهت وزش و شدت باد، درجه حرارت و رطوبت) دارد(۱۳). برخی از فرکانس‌های صوتی بیش از سایر فرکانس‌ها توسط گیاهان کاهش می‌یابد. استفاده از گیاهان به‌ویژه برای کاهش تراز صدا در فرکانس‌های بیش‌تر از دوهزار هرتز موثر است. هم‌چنین اگر منبع صوتی توسط پوشش گیاهی از چشم شنونده پنهان باشد، آسایش بیش‌تری احساس خواهد شد(۱۴).

۲- چالش دیوارهای سبز:

با همه‌ی مزایایی که در بهره‌گیری از دیوارهای سبز وجود دارد، همانندِ هر سیستم نوین دیگری، چالش‌هایی نیز در استفاده از این دیوارها وجود دارد که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. لازم به‌ذکر است که این موارد با انتخاب هوشمندانه نوع گیاه و نوع سیستم می‌توانند برطرف یا به میزان قابل

1- Living Architecture

توجهی کاهش یابند.

۲-۱- هزینه نصب و نگه‌داری

دیوارهای سبز به دلایل متعددی هزینه بسیار بیش‌تری از دیوارهای معمولی را به پروژه تحمیل می‌کنند که از میان آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: استفاده از سازه‌ای اضافه بر روی دیوار، بالا بودن هزینه‌های اجرایی نصب و راه‌اندازی، نیاز به حضور کارگران حرفه‌ای و متخصص، دارا بودن سیستم آبیاری، نیاز به نگه‌داری دایمی برای حفظ طراوت گیاهان، ضرورت نصب لایه‌ی اضافی عایق بر روی دیوار از موارد مهمی هستند که اجرای این سیستم‌ها را مستلزم صرف هزینه‌ی قابل توجهی می‌نمایند.

۲-۲- ایجاد اکوسیستمی برای حشرات مزاحم

هرچند متخصصان محیط زیست یکی از فواید دیوارهای سبز را ارتقای تنوع زیستی و فراهم آوردن اکوسیستمی برای گونه‌های متفاوت از حشرات دانسته‌اند(۱۵)، اما این مزیت خود می‌تواند در قالب یکی از معایب این دیوارها نیز قرار گیرد. البته با انتخاب گیاهانی که میوه یا به‌عبارتی یک منبع غذایی را فراهم نمی‌کنند و هم‌چنین پوشش‌های گیاهی کم‌حجم که پرندگان را به لانه‌سازی تشویق نمی‌کنند می‌توان تا حدودی با این مشکل مبارزه کرد. در سیستم آبیاری نیز باید دقت کرد تا آب اضافی بر روی خاک نماند(۱۶).

۲-۳- افزایش وزن ساختمان

دیوارهای سبز بسته به نوع سیستم، عمق و نوع بستر کاشت، جنس سازه اتصالی و پانل‌های مدولار وزن‌های متفاوتی داشته، بار متفاوتی را به ساختمان وارد می‌کنند. با بررسی نقشه‌های سازه ساختمان و بررسی میزان بار قابل قبول اضافی، نوع سیستم دیوار سبز انتخاب و طراحی می‌شود(۱۷). لازم است میزان بار وارده از طرف سیستم دیوار سبز به ساختمان و بارهای اضافه‌ای مانند برف، باد و گیاهان درحالت رشد نهایی، محاسبه شده و از قابلیت سازه بنا برای قبول مجموعه بار اضافی سیستم دیوار سبز اطمینان حاصل شود. چگونگی و مکان‌های اتصال سیستم دیوار سبز از فاکتورهای مهم برای پخش مناسب بار دیوار سبز بر روی ساختمان می‌باشد که حتما بایستی توسط متخصص معماری و سازه بررسی و طراحی شود.

۲-۴- افزایش رطوبت در فضا

هر چند افزایش رطوبت در برخی مناطق خشک می‌تواند مطلوب باشد، در مناطق مرطوب یا نسبتا مرطوبت، حضور گیاهان به ویژه در مناطق مسکونی می تواند موجب ایجاد رطوبت نامطلوب گردد.

۳- ارزیابی CBA (سود و زیانی)

بعد از کلیه بررسی‌ها در مورد دیوارهای سبز می‌توان یک تحلیل CBA(سود و زیانی) در مورد آن‌ها ارایه داد:

در محاسبه سود مستقیم اقتصادی مربوط به دیوارهای سبز مهم‌ترین مبحث کاهش مصرف انرژی برای سرمایش و گرمایش ساختمان‌هاست. همان‌گونه که ذکر شد مطالعات نشان می‌دهد که یک لایه عمودی از گیاهان با ایجاد لایه‌ای از هوا می تواند تاثیری مشابه یک عایق حرارتی داشته باشد(۷).

با توجه به نوپا بودن این تکنولوژی در ایران و تعداد اندک شرکت‌های مجری دیوار سبز، تنها برخی سیستم‌های محدود در ایران اجرا می‌شوند. اطلاعات مربوط به هزینه‌های مربوط به اجرای دیوار سبز، از طریق شرکت‌های مجری این تکنولوژی در تهران به‌دست آمد. با توجه به دامنه نسبتا گسترده هزینه‌ها، اطلاعات در قالب سه سناریو بیشینه، کمینه و میانگین بیان می‌شود. براساس جدول برای اجرا و نگهداری یک دیوار سبز در ایران به شرح زیر بایستی هزینه پرداخت شود.

جدول ۱- هزینه‌های ناشی از نصب و نگه‌داری دیوارهای سبز در ایران، ۱۳۹۴ ماخذ: نگارندگان (اطلاعات اخذ شده از شرکتهای نمابرگ نگار، بام رویایی، ایران روف گاردن در پاییز ۱۳۹۴)

Table 1.Costs of Installation and Maintenance of Green Walls in Iran, 2015

نوع هزینه	موارد هزینه	میزان هزینه(تومان)	توضیحات
هزینه نصب دیوار سبز خارجی براساس مترمربع	سازه، گیاهان، سیستم آبیاری، خاک	بیشینه ۱۵۰۰۰۰۰ تومان میانگین ۱۰۲۵۰۰۰ تومان کمینه ۵۵۰۰۰۰ تومان	❖ هزینه‌های ذکر شده مربوط به دیوارهای خارجی بناست، هزینه دیوارهای داخلی متفاوت است. ❖ با توجه به محدود بودن گونه‌های گیاهی سازگار با اقلیم تهران، هزینه‌های ذکر شده با تنوع نوع گیاهان تغییر محسوسی نخواهد کرد. ❖ هزینه‌های مذکور برای سیستم‌های آبیاری مکانیزه به صورت قطره‌ای است و در صورت دستی بودن سیستم آبیاری، هزینه ها در دامنه کمینه ذکر شده قرار می گیرد.
هزینه سالیانه نگهداری، سرکشی و تعمیرات به صورت سرکشی ماهیانه برای یک متر مربع	سموم لازم، کود، هرس	بیشینه ۵۰۰۰۰۰ تومان میانگین ۴۰۰۰۰۰ تومان کمینه ۳۰۰۰۰۰ تومان	❖ نگهداری شامل سرکشی ماهیانه به دیوار برای بررسی آفات و بیماری‌ها، نیاز به اضافه کردن کود و هرس کردن در صورت نیاز می‌باشد. ❖ هزینه آبیاری با توجه به سیستم آبیاری قطره‌ای، بسیار پایین بوده و برای یک فلاورباکس در سه روز به میزان ۴ لیتر است. ❖ هزینه‌ها با افزایش متراژ به طور تصاعدی افزایش نمی‌یابند. به طور میانگین در حدود ۱۰۰ تا ۶۰۰ هزار تومان برای هر دیوار سبز در مقیاس محدود می باشد.

برای ادامه تحلیل یک ساختمان فرضی شبیه‌سازی شده در پژوهشی از برزگر گنجی(۸) انتخاب شد. در این پژوهش طبق شبیه‌سازی انجام شده با نرم افزار انرژی پلاس و اکوتکت این نتیجه به‌دست آمده که میزان کاهش مجموع بار گرمایشی و سرمایشی سالانه، در زون دارای دیوار سبز با تراکم متوسط، نسبت به زون دارای دیوار ساده آجری ۲۰ سانتی‌متری با نمای سنگ سه سانتی‌متری و بدون عایق؛ در تهران، ۱۴۰۵ کیلووات ساعت است. در این محاسبات اطلاعات آب و هوای شهر تهران از خود سایت انرژی پلاس اخذ شده و معتبر می‌باشد. لازم به ذکر است که نتیجه‌ی پژوهش فوق با پژوهش‌های مشابه مقایسه گردید و این نتایج هم‌خوانی قابل قبولی داشتند. با ضرب این عدد در نرخ انرژی با تعرفه سال۹۴ طبق جدول زیر، کاهش هزینه سالانه انرژی به تومان حاصل می‌گردد. با تبدیل اعداد موجود در جدول به سه حالت بیشینه، میانگین و کمینه این اعداد قابل مقایسه با جدول بالا می شوند.

جدول ۲- قیمت پایه سال ۱۳۹۴ به ازای انرژی مصرفی، ۱۳۹۴ http://www.isna.ir

Table 2. Costs of Energy Consumption in Iran, 2015

قیمت پایه سال ۹۴به ازای هر کیلووات ساعت(ریال)	متوسط انرژی مصرفی ماهانه(کیلووات ساعت در ماه)
۴۰۹	۰ تا ۱۰۰
۴۷۷	۱۰۰ تا ۲۰۰
۱۰۲۳	۲۰۰ تا ۳۰۰
۱۸۴۱	۳۰۰ تا ۴۰۰
۲۱۱۴	۴۰۰ تا ۵۰۰
۲۶۶۰	۵۰۰ تا ۶۰۰
۲۹۳۳	مازاد بر ۶۰۰

در مدل شبیه سازی شده پژوهش مورد استفاده، دیوار سبز در ضلع جنوبی با ابعاد پنج متر در سه متر با کسر دو متر مربع پنجره اجرا شده است، یعنی مساحت دیوار سبز اجرا شده ۱۳ متر مربع می‌باشد. از مقایسه میزان هزینه های اولیه و هزینه‌های در حین بهره برداری از دیوار سبز و کاهش هزینه های مربوط به سرمایش و گرمایش جدول زیر به دست می آید:

جدول ۳- میزان کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی با بهره‌گیری از سطوح سبز

Table 3. Reduction of Heating and Cooling Loads by Using Green Walls

کاهش مجموع بار گرمایشی و سرمایشی در تهران با استفاده از دیوار سبز		هزینه کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی براساس تعرفه های برق خانگی در سال ۹۴(تومان)
۱۴۰۵ کیلووات ساعت در سال	بیشینه	۲۹۳*۱۴۰۵ = ۴۱۱۶۶۵
	میانگین	۱۸۴*۱۴۰۵ = ۲۵۸۵۲۰
	کمینه	۴۰ *۱۴۰۵ = ۵۶۲۰۰

جدول ۴- کاهش هزینه‌های ناشی از کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی در یک سال

Table 4. Reduction of Heating and Cooling Costs by Using Green Walls in a Year

	هزینه کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی براساس تعرفه های برق خانگی در سال ۹۴(تومان)	هزینه اجرای دیوار سبز شبیه سازی شده (تومان)	هزینه نگهداری سالیانه دیوار سبز شبیه سازی شده (تومان)	مجموع هزینه سالیانه
بیشینه	۴۱۱۶۶۵	۱۵۰۰۰۰۰ * ۱۳ متر مربع = ۱۹/۵۰۰/۰۰۰	۵۰۰/۰۰۰ *۱۳ = ۶/۵۰۰/۰۰۰	۲۸/۰۰۰/۰۰۰
میانگین	۲۵۸۵۲۰	۱۰۲۵۰۰۰ * ۱۳ متر مربع = ۱۳/۳۲۵/۰۰۰	۴۰۰/۰۰۰*۱۳=۵/۲۰۰/۰۰۰	۱۸/۵۲۵/۰۰۰
کمینه	۵۶۲۰۰	۵۵۰۰۰۰ * ۱۳ متر مربع = ۷/۱۵۰/۰۰۰	۳۰۰/۰۰۰*۱۳=۳/۹۰۰/۰۰۰	۱۱/۰۵۰/۰۰۰

براساس نتایج حاصل از جداول بالا، در حالت بیشینه یک دیوار سبز با عملکرد خود در طی بیست سال هزینه ای معادل جدول زیر را داراست:

جدول ۵- کاهش هزینه‌های ناشی از کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی در ۲۰ سال

Table 5. Reduction of Heating and Cooling Costs by Using Green Walls in 20 Years

	هزینه کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی در طی ۲۰ سال (با فرض تورم ۰)	هزینه اجرای دیوار سبز شبیه سازی شده (تومان)	هزینه نگهداری در طی ۲۰ سال (با فرض تورم ۰)	مجموع هزینه در ۲۰ سال
بیشینه	۸۲۳۳۳۰۰	۱۹۵۰۰۰۰۰	۱۳۰۰۰۰۰۰۰	۱۴۹۵۰۰۰۰
میانگین	۵۱۷۰۴۰۰	۱۳۳۲۵۰۰۰	۱۰۴۰۰۰۰۰۰	۱۱۷۳۲۵۰۰۰
کمینه	۱۱۲۴۰۰۰	۷۱۵۰۰۰۰	۷۸۰۰۰۰۰۰	۸۵۰۰۰۰۰۰

برای درنظر گرفتن حالتی نزدیک‌تر به واقعیت، ارقام جداول فوق با احتساب نرخ تورم ۱۴٪ نیز محاسبه و به‌ترتیب برای ۲۰ و ۵۰ سال مطابق جداول زیر محاسبه شدند.

جدول۶- کاهش هزینه‌های ناشی از کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی در ۲۰ سال با تورم ۱۴٪

Table 6. Reduction of Heating and Cooling Costs by Using Green Walls in 20 Years with inflation rate of 14%

	هزینه کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی در طی ۲۰ سال (با فرض تورم ۱۴٪)	هزینه اجرای دیوار سبز شبیه سازی شده (تومان)	هزینه نگهداری در طی ۲۰ سال (با فرض تورم ۱۴٪)	مجموع هزینه در ۲۰ سال
بیشینه	۳۷۴۷۱۵۲۰	۱۹۵۰۰۰۰۰	۵۹۱۶۶۱۸۹۷	۶۱۱۱۶۱۸۹۷
میانگین	۲۳۵۳۱۴۲۷	۱۳۳۲۵۰۰۰	۴۷۳۳۲۹۴۲۱	۴۸۶۶۵۴۴۲۱
کمینه	۵۱۱۵۳۹۰	۷۱۵۰۰۰۰	۳۵۴۹۹۷۰۳۶	۳۶۲۱۴۷۰۳۶

جدول ۷- کاهش هزینه‌های ناشی از کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی در ۵۰ سال با تورم ۱۴٪

Table 7. Reduction of Heating and Cooling Costs by Using Green Walls in 50 Years with inflation rate of 14%

	هزینه کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی در طی ۵۰ سال (با فرض تورم ۱۴٪)	هزینه اجرای دیوار سبز شبیه سازی شده (تومان)	هزینه نگهداری در طی ۵۰ سال(با فرض تورم ۱۴٪)	مجموع هزینه در ۵۰ سال
بیشینه	۲۰۵۶۰۵۲۰۸۶	۱۹۵۰۰۰۰۰	۳۲۴۶۴۳۸۸۷۴۹	۳۲۴۸۳۸۸۸۷۴۹
میانگین	۱۲۹۱۱۶۱۲۷۲	۱۳۳۲۵۰۰۰	۲۵۹۷۱۵۱۰۹۹۹	۲۵۹۸۴۸۳۵۹۹۹
کمینه	۲۸۰۶۷۶۹۸۷	۷۱۵۰۰۰۰	۱۹۴۷۸۶۳۳۲۴۹	۱۹۴۸۵۷۸۳۲۴۹

$$x_1 = first\ \ year\ \ \cos t$$

$$x_n = first_{n-1^*}\ \ \inf lationRate + x_{n-1}$$

فرمول بالا توسط یک برنامه کامپیوتری به زبان C برای سال‌های ذکر شده محاسبه شده است.

نتیجه‌گیری

بنابر تمام مطالب ذکر شده، به‌نظر می‌رسد تنها با در نظر گرفتن هزینه‌های مربوط به اجرا و نگه‌داری دیوارهای سبز در مقابل کاهش هزینه‌های سرمایش و گرمایش، این سیستم‌ها مقرون به‌صرفه نبوده و حتی در طول ۵۰ سال نیز به بازدهی نمی‌رسند. با درنظر گرفتن پایین بودن عمر مفید ساختمان‌ها در ایران و تمایل عموم و معماران به ساختن دوباره بناها بعد از حدود ۲۰ سال شرایط مذکور دچار چالش بیش‌تری می‌شود.

بسیاری از پژوهش‌ها برای توجیه اقتصادی استفاده از این سطوح به سایر صرفه‌های اقتصادی مربوط به آن‌ها اشاره می‌نمایند که در زیر به اختصار به شش مورد اصلی موردبحث اشاره می‌شود:

- جداره‌های سبز موجب کاهش جزیره گرمایی شهری می‌شوند و این مساله خود باعث کاهش مصرف انرژی در مقیاس کلان می‌شود. طبق تحقیقات انجام شده کاهش جزیره گرمایی با استفاده از درختان، دیوارها و بام‌های سبز در ایالات متحده، مصرف انرژی برای تهویه مطبوع را ۲۰ درصد کاهش داده و موجب ذخیره ده بیلیون دلاری در سال شده است(۱۸).
- مطالعات نشان می‌دهد با افزایش هر یک درجه در دمای شهر، مصرف برق بین ۲ تا ۴ درصد افزایش می‌یابد (۱۹). کم‌تر شدن تقاضای انرژی برق، هم‌چنین به معنای کم‌تر شدن تولید انرژی در نیروگاه‌هاست.
- در کنار مسایل فوق، کاهش آلودگی هوا نیز منجر به افزایش سطح سلامتی انسان‌ها و کاهش بیماری‌های تنفسی و در نتیجه کاهش هزینه‌های درمانی می‌شود.
- علاوه بر کاهش هزینه‌های مربوط به تولید انرژی، افزایش ارزش ملک از جمله مواردی است که می‌تواند در بازدهی این جداره‌ها موثر باشد(۷).
- تاثیرات اقتصادی جداره های سبز بر ارزش ملک در مطالعاتی نظیر پِک و همکاران بررسی شده است. این مطالعات نشان می‌دهد که یک دیوار سبز می تواند ۶ تا ۱۵ درصد بر ارزش بنا بیفزاید(۲۰). در پژوهشی از روزیر و همکاران، برآورد شده که جداره سبز می‌تواند ارزش ملک را ۹/۳ درصد افزایش دهد(۲۱). البته لازم به ذکر است با توجه به نوپا بودن این سیستم‌ها در ایران بررسی تاثیر اجرای دیوار سبز بر ارزش افزوده ساختمان نمی‌تواند به درستی انجام گیرد.
- با نگاهی کلان‌تر به تاثیرات اقتصادی سیستم‌های سبز، مواردی از جمله تولید اکسیژن و جذب دی اکسید کربن نیز در موضوع بازدهی این جداره‌ها بسیار مهم جلوه می‌کنند. مطالعات نشان می‌دهد که یک درخت راش با عمر ۸۰ تا ۱۰۰ سال با سطح برگی معادل ۱۶۰۰ مترمربع، در هر ساعت ۷۱ /۱ کیلوگرم اکسیژن تولید و ۲/۴ کیلوگرم دی‌اکسید کربن جذب می‌کند. این حجم از تولید اکسیژن معادل نیاز ده انسان در هر ساعت است(۱۹).
- مالیات بر کربن از جمله هزینه‌هایی است که می‌تواند با استفاده از سطوح سبز کاهش یابد. در حال حاضر در آمریکا مالیات ۲۰ دلاری برای هر تن گاز دی اکسیدکربن درنظر گرفته شده که با احتساب نرخ تورم هر سال افزایش می یابد(۲۲).

اما با نگاهی دقیق‌تر به موارد ذکر شده در بندهای فوق، این نکته مشخص می‌شود که همه‌ی موارد شش‌گانه مربوط به بهره‌گیری از گیاهان و نه الزاما جداره‌های سبز است. بدین ترتیب با بهره‌گیری از پوشش‌های گیاهی به اشکال مختلف در قالب فضای سبز نیز فواید مندرج در موارد فوق حاصل خواهد شد. این در حالی است که طبق بررسی‌ها، هنگامی که صحبت از اجرای گیاهان در قالب یک سیستم عمودی سبز به میان می‌آید، هزینه‌هایی ناشی از نصب و نگه‌داری آن‌ها بسیار بالاتر از ایجاد یک پوشش گیاهی مجزا خواهد بود.

براساس کلیه مباحث یاد شده، با توجه به هزینه‌های بالای اجرای سیستم‌های سبز در وضعیت کنونی تهران، این جداره‌ها از ابعاد اقتصادی در حال حاضر در تهران به صرفه نبوده و برای دست‌یابی به فواید ناشی از آن‌ها بهتر است از پوشش‌های گیاهی مجزا استفاده شود که به مراتب هزینه‌های کم‌تری را به پروژه تحمیل می‌نمایند. زیرا هزینه نصب اولیه، هزینه اتصالات

سازه نما به دیوار، هزینه نصب لایه‌های محافظ بر پوسته‌ی ساختمان و از همه مهم‌تر هزینه مربوط به نگه‌داری این جداره‌ها در مورد یک پوشش گیاهی وجود نخواهد داشت.

Reference

1. Malmir, Elham et al., 2012, "The Effects of Urban Forestry on Energy Economics", Journal of Forest and Poplar Research, No. 20, p. 2.
2. Mir, m.a. , 2011, green facades and building structures, master thesis, delft university of technology
3. Yang, J, Yu, Q, Gong P, 2008.Quntifying air pollution removal by green roofs in Chicage. Atmospheric Environment 42 (2008) 7266–7273.
4. Kohler, Manfred., 2008, green facades- a view back and some visions. Urban Ecosyst, Vol. 11,pp. 423-436.
5. Thottathil, V. Jacob., C.Balamuralikrishna, S.Ghosh, 2011. Role of Green Facades in Creating Sustainable Environments: Comparing Chemical Analyses and Sem Images to Quantify the Atmospheric Cleansing by Green Creepers. World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 53, pp 343-346.
6. www.greenroofs.org, 2008. "Introduction to Green walls technology, Benefits and design."
7. Perini, K., Ottelé, M., Fraaij, ALA., Haas, EM., Raiteri, R., 2011. Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. Building and Environment, Vol.46, 2287-94.
8. Bazgar Ganji, Hoda. 2012,"Study of Different Types of Green Wall and Their Effectiveness in Reducing Energy Consumption in Iran", Thesis of Master of Science, University of Tehran
9. Qaybakloo, Zahra,2002, The Effect of Vegetation on Energy Saving of Buildings. Proceedings of the Second Fuel Fuel Optimization Conference in Building, Tehran.
10. Hamid, Najmeh, Babamiri, Mohammad,2010, "The Relationship between Green Space and Mental Health," Journal of Yasuj University of Medical Sciences.
11. Velarde, MD., Fry, G., Tveit, M., 2007. Health effects of viewing landscapes- landscape types in environmental psychology. Urban Forestry and Urban Greening; Vol. 6, pp. 199-212.
12. Sharghi, Ali, Mohtashami, Mohammad Hussein,2010, Green space in high buildings with an approach to nature again. "Journal of Environmental Science and Technology, 2010, Ninth Volume, No. 4.
13. Booklet of Applied Botany", Dr. Kafi, Landscape Group, Faculty of Architecture, College of Fine Arts, Tehran University.
14. Qaybakloo, Zahra.2010, Building Physics Principles 2, Environmental Condition Adjustment, Jahad Publishing, University of Amir Kabir p.3-7.
15. Weinmaste, Mike., 2009. Are Green Walls as “GREEN” as They Look? An Introduction to the Various Technologies and Ecological Benefi ts of Green Walls, Journal of Green Building. Vol. 4, Number 4.
16. Sharp, Randy., 2007. 6 Things You Need to Know About Green Walls, Building Design and Construction

Magazine. see information in: http://www.bdcnetwork.com/
17. Saeednia, Ahmad,1989, Place of Tehran City, Journal of Environmental Studies, No.15.
18. Akbari, H., 2002. Shade trees reduce building energy use and CO2 emissions from power plants. Environmental Pollution, Vol.116, pp. 119–126.
19. Ottele, M., 2011. The Green Building Envelope,vertical Greening, phd thesis, delft university of technology.
20. Peck, S.W. et al., 1999. Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada, Status report on benefits, barriers and opportunities for green roofs and vertical garden technology diffusion, environmental adaption research group, Canad.
21. Des Rosiers F., Thériault M., Kestens Y., Villeneuve P., 2002, Landscaping and house values: an empirical investigation. Journal of Real Estate Research, Vol.23, pp.61-139.
22. CBO (CONGRESSIONAL BUDGET OFFICE), 2013, Effects of a Carbon Tax on the Economy and the Environment, Congress Of The Uited States.