

طراحی نورگیر سقفی با الهام از طبیعت (بیومیمتیک)

زهرا قیابکلو *

تاریخ دریافت مقاله :

۱۳۹۵/۰۲/۰۲

تاریخ پذیرش مقاله :

۱۳۹۵/۱۰/۲۵

چکیده

آتریومها با توجه به اهداف معماری پایدار می‌توانند چنان طراحی شوند که دارای اتلاف انرژی اندکی باشند و منجر به فراهم آوردن امکاناتی برای بهره‌برداری از سامانه‌های طبیعی شوند. علی‌رغم تمامی مزایای استفاده از آتریومها در زمینه صرفه‌جویی انرژی، دریافت بیش از اندازه گرمای خورشید در تابستان می‌تواند باعث افزایش مصرف انرژی ساختمان شود. در این مقاله، یک نورگیر سقفی سهموی شکل با الهام از منافذ موجود در دیاتومها- که نوعی موجود تک‌سلولی و شاخه‌ای از جلبک‌هاست و جزو بزرگترین گروه فیتوپلانکتونها- طراحی و از لحاظ میزان دریافت انرژی تابشی در فصول مختلف بررسی شده است. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که این نورگیر اجازه ورود نور روز کافی و در عین حال اشعه کنترل شده خورشید را به درون فضا می‌دهد و در فصول گرم سال انرژی گرمایی دریافتی را کاهش می‌دهد. طراحی این پوسته توسط برنامه Rhino صورت گرفته و شبیه‌سازی عبور نور روز و تشعشعات خورشیدی از روزنه‌های نورگیر با برنامه Ecotect انجام شده است.

کلمات کلیدی: تقلید از موجودات زنده، دیاتوم، نور روز، آتریوم، بیونیک.

* دانشیار دانشکده معماری پردیس هنرهای زیبای دانشگاه تهران، ایمیل: ghiabaklou@ut.ac.ir

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با عنوان " الگوبرداری از دیاتومها در معماری " در دانشکده معماری پردیس هنرهای زیبای دانشگاه تهران است.

مقدمه

کلمه بیومیمتیک (Biomimicry) که مرکب از دو کلمه Bio به معنای حیات و Mimesis به معنای تقلید کردن است، به علم نوپایی اطلاق می‌شود که در آن تکنیکها و ایده‌های برتر طبیعت بررسی و از آن در حل مشکلات مهندسی استفاده می‌شود. برای نخستین بار خانم جنین بنس^۱ در سال ۱۹۹۷م. این اصطلاح را بکار برد. رویکرد بیومیمتیک انتقال دانش از علوم زیست‌شناسی به تکنولوژی است. علوم و ابزار امروزی این فرصت را فراهم می‌آورد که اصول و خواص بیولوژیک مواد در مقیاس نانو تجزیه و تحلیل شوند. مهندسی بیومیمتیک در پی الهام‌گیری از طبیعت و موجودات زنده با استفاده از خواص مولکولی آنها و با کمک علوم فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی، قادر به خلق سازه‌های پیشرفته نو، مواد و تجهیزات است.

دیاتومها شاخه‌ای از آغازیان فتوسنتز کننده هستند که دیواره سلولی آنها مرکب از دونیمه است که یک نیمه، نیمه دیگر را شبیه جعبه می‌پوشاند. جنس آنها از سیلیس است که به اشکال منظم و مهندسی جزو زیباترین پلانکتونهای گیاهی به‌شمار می‌آیند. سیلیس یکی از وسیع‌الانتشارترین مواد در دنیا و فراوانترین جزء شیشه است. پوسته دیاتومها با انواع متنوعی از خطوط، دانه‌ها، خطوط برجسته، منافذ و سایر علائم پوشیده شده است که موجب زیبایی بی نظیر آنها در زیر میکروسکوپ می‌شود.

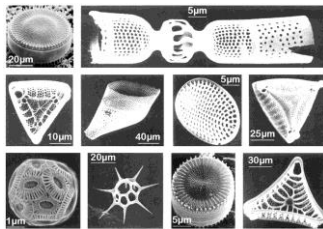
دیاتومها پوششی سیلیسی (سیلیکون دی اکسید) ترشح می‌کنند که فروستول^۲ نامیده می‌شود و بعد از مرگ در دریا ته‌نشین می‌شوند و نوعی

سنگ سیلیسی ایجاد می‌نمایند. انباشتهای فسیلی^۳ آن در ساخت فیلترها و همچنین سمباده استفاده می‌شود.

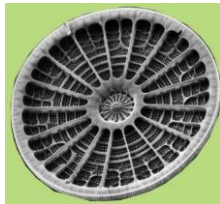
ساختار دیاتومها

دیاتومها با توجه به خاصیت سازگاری، توزیع و زیست توده‌ای (کلونی) به صورت شگفت آوری موجودات موفق هستند. تنوع دیاتومها حیرت آور است و تعداد گونه‌های آنها به صدهزار می‌رسد. یکی از توفیقهای بیولوژیکی و زیست شناختی آنها می‌تواند به دیواره سلولی منحصر به فرد ساخته شده از سیلیکا مربوط باشد.

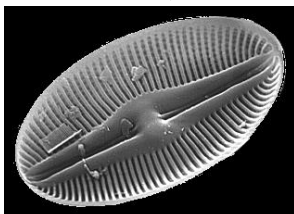
دیاتومها معمولاً بسته به تقارن پوسته خود به دو دسته تقسیم می‌شوند: دیاتومهای متمرکز که تمایل به تقارن شعاعی دارند و دیاتومهای کشیده که شیارها یا ردیف حفره‌ها در سیلیکا عمود بر محور طولی آنها است.



تصویر ۱: گونه‌های از دیاتومها (URL 1)



تصویر ۲: دیاتوم متمرکز (URL 2)



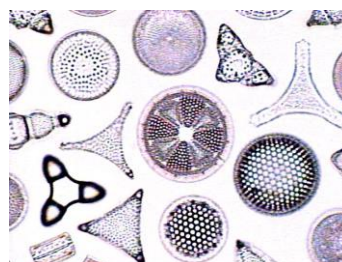
تصویر ۳: دیاتوم کشیده (URL 3)



هزاران گونه متفاوت از گونه‌های آب شیرین و دیاتومهای دریایی در طبیعت وجود دارند، که هر کدام پوسته شیشه‌ای منحصر به فردی دارند.

بهینه‌سازی از طریق دستکاری ژنتیکی، قطعاً یکی از روشهای انتخابی برای ساخت بیوتکنولوژی دیاتومها نه فقط زنده و نافع است. همچنین استفاده از آنها به عنوان لوله‌های نوری نیز پیشنهاد شده است.

در سالهای اخیر، از رویکرد بیومیمتیک به عنوان یک مکانیسم برای پیشرفت تکنولوژی استفاده می‌شود. شباهتها بین سیستمهای طبیعی و سیستمهای مهندسی، عوامل محیطی را تعریف می‌کنند. هدف بیومیمتیک و یا علم فرآیند زیستی، تولید سیستمهای مهندسی است که ویژگی سیستمهای زنده را دارند. تنوع موجودات که ناشی از تکامل طبیعت است، ارائه دهنده راه‌های ممکن از عملکرد مطلوب است.



تصویر ۴: برخی از انواع دیاتومها (URL 4)

معماری منافذ پیچیده پوسته دیاتومها اساس طبقه بندی آنها قرار گرفته است. با این حال، مطالعات و گزارشهای کمی در درک اثر معماری منافذ در جنبش مولکولی از طریق منافذ پوسته تا به حال صورت گرفته است.

دیاتومها به دلیل ساختار پوسته بیرونی خود برای پژوهشگران بسیار جالب هستند. پوسته که از سیلیکای آمورف تشکیل شده است، تنوع بی

نظیری در ساختار و مورفولوژی دارد. همچنین سازه‌های نانو منافذ پوسته، این پتانسیل را دارند که برای روشهای تصفیه تخصصی استفاده شود. به منظور درک عمل فیلتراسیون دیاتومها مبانی رفتار انتشار مولکولها در میان منافذ دیاتومها را بایست درک کرد. در میان روشهایی متعدد که برای اندازه گیری ضریب انتشار استفاده می‌شود، طیف همبستگی فلورسنس^۴ می‌تواند قابل توجه باشد.

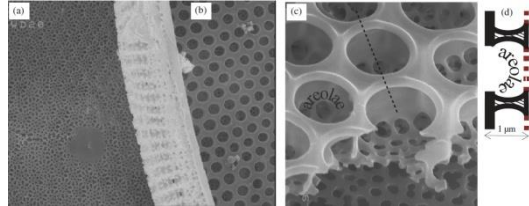
تصویر شماره ۵، معماری منافذ تحت مطالعه را نشان می‌دهد. در این تصویر، لایه بیرونی با منافذ کوچکتر دیده می‌شود. تصویر ۶، لایه داخلی با دایره‌ای را با اندازه بزرگتر نشان می‌دهد. با تجزیه و تحلیل تصویر، اندازه حفره‌ها در یک منطقه مخصوص، تخلخل لایه درونی؛ برای مثال نسبت حفره منطقه به کل منطقه را می‌توان محاسبه کرد. بطور متوسط اندازه حفره‌ها (خلل و فرج) در لایه با حفره‌های کوچکتر در حدود ۲۷۰ نانو متر است. همانگونه که نشان داده شده است، در فضای بین دو بخش، لایه‌های متخلخل شناخته شده‌ای با عنوان (areolae) دارد. تصویر ۷، مقطعی از دیاتوم را نشان می‌دهد که درکی عمیق و آشکارتر از معماری سه بعدی است. مولکولها در areolae توسط دو لایه متخلخل احاطه شده‌اند. برای مشاهده نوسان رنگ فلورسانس عبوری از نانو تخلخلهای دیاتوم از FCS استفاده می‌شود.

مطالعات نشان می‌دهد که حرکت مولکولها در میان ساختار سه بعدی پیچیده دیاتومها عامل پدیده انتشار است. دیاتومها دارای سازه سه بعدی پیچیده‌ای از منافذ هستند. تأثیر هندسه و سازه حفره‌های منحصر به فرد، روی حرکت تصادفی مولکولها از میان منافذ، پیش بینی می‌شود (Kucki, 2009).

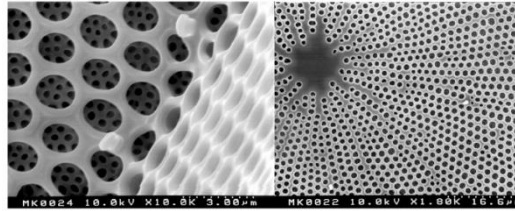


ولی با این حال وجود سایه‌بان در این مواقع بسیار ضرورت دارد.

هدف این پژوهش، عرضه راهکارهای مناسب دستیابی به دانش فنی برگرفته از موجودات زنده برای پایدار سازی ساخت و ساز و معماری بوده است. استفاده از الگوریتمهای استفاده شده در پوسته دیاتومها و الگوگیری از آنها در طراحی فرم سقف و نورگیر می‌تواند گامی در جهت بهینه‌سازی از نظر سازه و انرژی و کاهش آلودگی محیطی باشد. در این مقاله، یک نورگیر سقفی با الهام از منافذ موجود در دیاتومها طراحی و میزان دریافت حرارت و نور در آن بررسی شده است.



تصویر ۵: حفره‌های موجود در دیاتومها (Kucki, 2009)

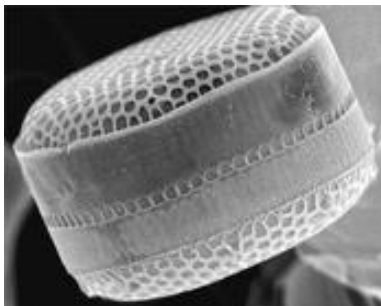
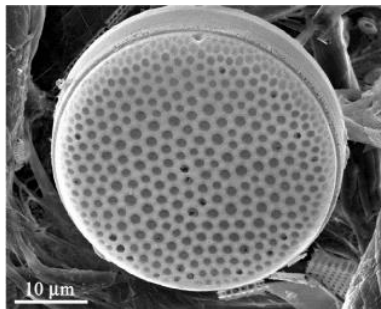
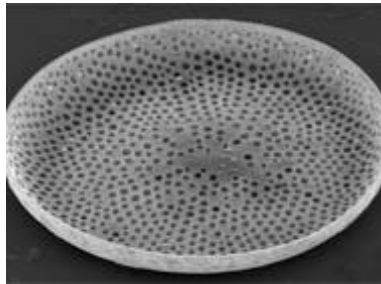


تصویر ۶: حفره‌های موجود در نوعی دیاتوم (Kucki, 2009)

طراحی نورگیر سقفی با الهام از دیاتوم

در معماری مدرن، آتریوم به فضای وسیع و گشوده‌ای گفته می‌شود که اغلب چندین طبقه ارتفاع دارد و با سقف شیشه‌ای یا پنجره‌های بزرگ و یا هر دوی آنها پوشانده می‌شود. از جمله مزایای آتریومها می‌توان به عملکرد آنها به عنوان نظام غیرفعال خورشیدی در گرمایش فضاهاى جانبی، امکان دریافت نور مناسب روز، امکان تهویه مطلوب طبیعی، دسترسی مناسب کاربریهای جانبی و ایجاد یک فضای مطلوب معماری از لحاظ دید و منظر، اشاره نمود.

اشعه خورشید که با طول موج کوتاه از جدار شیشه آتریوم عبور می‌کند و باعث گرم شدن درون فضا می‌شود، هنگام بازتاب به سبب طول موج بلند نمی‌تواند از شیشه عبور کند، در نتیجه به گرمتر شدن فضای داخلی کمک می‌نماید. گرچه این پدیده در زمستانها مطلوب است، در فصول گرم سال موجب بالا رفتن بیش از حد دمای داخلی می‌گردد. به همین علت، معمولاً در بالای آتریوم دریچه‌هایی برای خروج هوای گرم تعبیه می‌گردد؛



تصویر ۷: دیاتومهای الگوبرداری شده

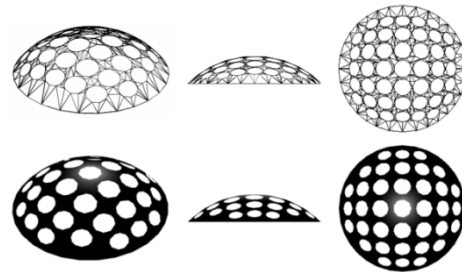


مشخصات نمونه شبیه‌سازی شده

نمونه شبیه‌سازی شده، فضای مدوری است به شعاع و ارتفاع ۶m که دارای سقفی سهموی شکل با روزنه‌هایی الهام گرفته شده از دیاتومها با مشخصات ذیل است:

- پوسته سهموی شکل به شعاع ۶m و ارتفاع ۲/۵m
- سطح جانبی کل سقف معادل ۱۳۰m^2
- شعاع روزنه‌ها ۸۰cm
- مجموع مساحت روزنه‌ها ۵۰m^2
- مساحت جانبی پوسته بدون روزنه‌ها، ۸۰m^2

همزمان، فضای مشابه دیگری بدون پوسته سهموی در نظر گرفته شده که تنها دارای یک نورگیر تخت در سقف بوده و مساحت آن مساوی با مساحت روزنه‌های پوسته سهموی (۵۰m^2) است. به منظور مقایسه نتایج حاصل شده از شکل نورگیر به جای زوایای شیشه و بازتابشهای مربوط به آن، شبیه‌سازی نورگیرها بدون شیشه در نظر گرفته شده است.

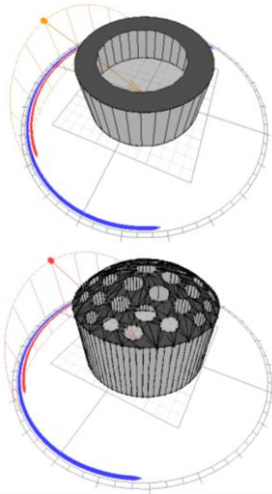


تصویر ۸: پلان، نما و پرسپکتیو پوسته سهموی

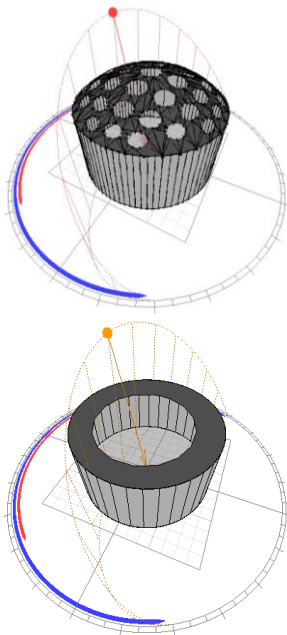
شبیه‌سازی برای گرمترین (اول تیر) و سردترین (اول دی‌ماه) روز سال، در سه زمان؛ ۹ صبح (۳ بعد از ظهر)، ۱۲ ظهر، تمام روز و همچنین کل فصل تابستان و زمستان بر روی سطح مورد

محاسبه - که ۷۰cm از کف فاصله دارد - انجام شده است.

تصاویر ۹ و ۱۰ منحنی حرکت و موقعیت خورشید را با نمونه مورد مطالعه برای تیر و دی‌ماه در تهران با عرض جغرافیایی ۳۵/۵ درجه نشان می‌دهند.



تصویر ۹: پرسپکتیو منحنی حرکت خورشید در دی‌ماه برای نمونه مورد مطالعه در تهران



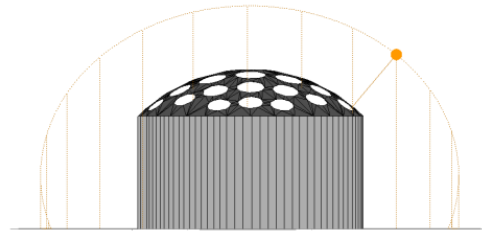
تصویر ۱۰: پرسپکتیو منحنی حرکت خورشید در تیرماه برای نمونه مورد مطالعه در تهران



شبیه‌سازی و تجزیه و تحلیل نتایج

شبیه‌سازی فرم پوسته توسط برنامه Rhino همچنین شبیه‌سازی دریافت نور و انرژی توسط نرم‌افزار Ecotect انجام شده است. این برنامه یک ابزار جامع تحلیل انرژی، نور و صداست که قادر است توسط مدل‌های سه بعدی که در محیط خود برنامه ساخته شده‌اند یا از طریق نرم‌افزارهای دیگر ساخته و به برنامه وارد می‌شود، تحلیل‌های مربوط را در محیطی کاملاً گرافیکی انجام دهد. این برنامه قادر است که تحلیل‌های عددی و بصری مربوط را به صورت جدول، نمودار، تصویر و یا پویانمایی نشان دهد. از جمله ویژگی‌های قابل توجه این نرم‌افزار این است که کلیه مراحل ترسیمات، محاسبات و تجزیه و تحلیل نتایج، همگی در محیط برنامه صورت می‌گیرد و انجام اصلاحات و Run کردن مجدد محاسبات، بدون اتلاف وقت و به سادگی قابل انجام است.

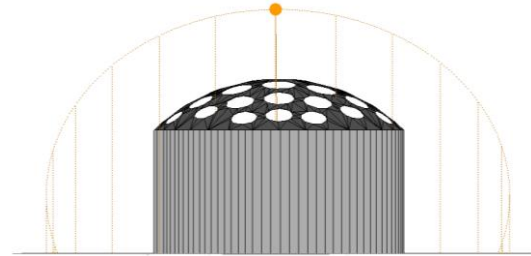
جدول ۱ مجموع انرژی دریافتی مستقیم و غیر مستقیم بر اثر تابش خورشید را بر حسب وات‌ساعت (Wh) برای دو نمونه، در زمان‌های مختلف بر روی صفحه محاسبه نشان می‌دهد.



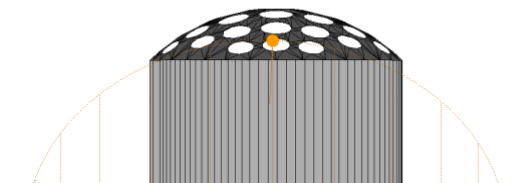
تصویر ۱۱: موقعیت خورشید در ساعت ۹ صبح در تیر



تصویر ۱۲: موقعیت خورشید در ساعت ۹ صبح دی‌ماه



تصویر ۱۳: موقعیت خورشید در ساعت ۱۲ ظهر در تیر



تصویر ۱۴: موقعیت خورشید در ساعت ۱۲ ظهر در دی‌ماه

جدول ۱: مجموع انرژی دریافتی بر اثر تابش بر حسب وات‌ساعت

کل فصل		کل روز		۱۲ ظهر		۹ صبح		زمان محاسبه
تخت	سه‌موی	تخت	سه‌موی	تخت	سه‌موی	تخت	سه‌موی	فصل/نوع نورگیر
۲۴۰۶۶۲,۹۱	۱۸۴۶۶۴,۶۲	۳۰۸۷,۲۶	۲۳۰۵,۴۲	۴۹۷,۱۲	۴۰۰,۳۳	۳۰۳,۶	۲۰۸,۱۹	تابستان
۵۶۶۳۴,۴۳	۴۷۵۳۸,۰۲	۵۴۵,۳۳	۴۶۹,۷۱	۱۰۳,۸۶	۸۶,۰۲	۴۸,۸۴	۳۹,۵۱	زمستان

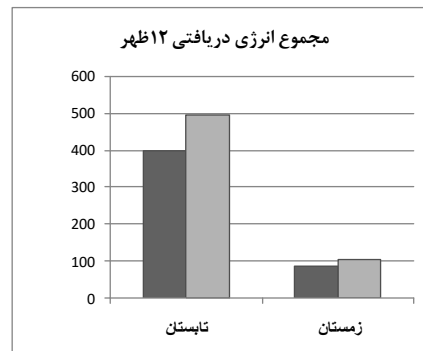
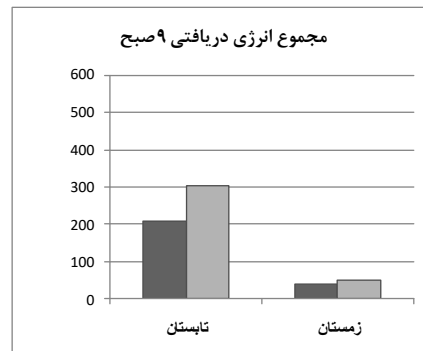
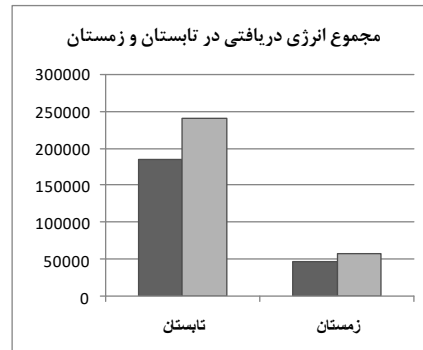
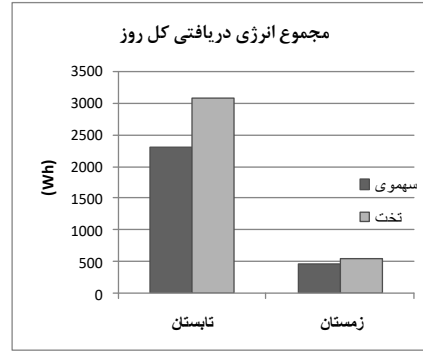


دریافتی در گرمترین روز سال برای نورگیر تخت در ۳۰۸۷/۲۶ وات ساعت است؛ در حالی که این مقدار برای نورگیر سهموی معادل ۲۳۰۵/۴۲ وات ساعت است که ۲۵/۳٪ کمتر از نورگیر تخت انرژی دریافت می‌کند که برای فصول گرم سال بهتر است. در سردترین روز سال، نورگیر سهموی ۱۳/۹٪ کمتر از نورگیر تخت انرژی دریافت می‌نماید. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که نورگیر سهموی روزنه‌دار به دلیل ایجاد سایه‌روشن، در کاهش مصرف انرژی برای خنک نمودن ساختمانها در فصول گرم سال مؤثرتر از نورگیر تخت به شمار می‌رود.

بدیهی است که با ایجاد ابعاد و هندسه متفاوت در روزنه‌ها و فرم کلی پوسته، نتایج متفاوتی به دست می‌آید که مستلزم مطالعات آتی بیشتر در این زمینه است.

در طراحی آتریومها در برخی موارد مسأله نورگیری و ایجاد سایه با هم در تعارض قرار می‌گیرند. استفاده از سایه‌بان سبب جلوگیری از نورگیری کامل در زمستان و لزوم وجود نورهای مصنوعی بیشتر در بقیه اتاقهای ساختمان و حتی در خود آتریوم می‌شود. بدین منظور معمولاً از سایه‌بان‌های متحرک و قابل جابه‌جایی در زمستان و تابستان استفاده می‌شود که با رنج و زحمت همراه است.

نمودار تصویر ۱۶ مقادیر فاکتور نور روز را برای دو نمونه مورد مطالعه در شرایط آسمان **Overcast** و **Uniform** نشان می‌دهد. همانگونه که ملاحظه می‌شود، حداکثر تفاوت نزدیک به ۲٪ است که چندان قابل ملاحظه نیست. بنابراین نورگیر پیشنهادی سهموی نقشی در کاهش نور روز در فضا ندارد.



تصویر ۱۵: مقایسه نتایج شبیه‌سازی برای دو نمونه مورد مطالعه همانگونه که از جدول ۱ و نمودارهای تصویر ۱۵ قابل مشاهده است، مجموع انرژی تابشی



در جهان است. بطور کلی درس حاصل از طبیعت کمک به فلسفه طراحی مهندسی، نوآوریها و راه‌حلهای پایداری به همراه دارد. گام بعدی نتیجه‌گیری از این مطالعات و ارائه راهکارهای جدید برای حل مشکلات موجود است.

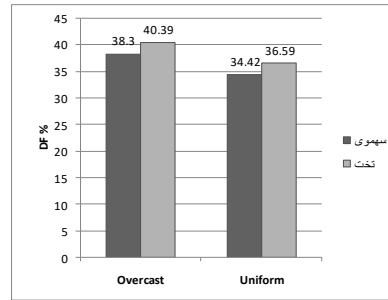
مقاله حاضر گامی هرچند کوچک در راستای دستیابی به استخراج گوشه‌ای از اصول مهندسی معماری مبتنی بر طبیعت است. بدیهی است که این مطالعه نیاز به گسترش و تعمیق در جنبه‌های گوناگون دارد.

پی نوشت ها:

1. Janine Benyus
2. Frustule
3. Diatomaceous Earth
4. Fluorescence Correlation Spectroscopy (FCS)

منابع

1. Bismuto Setaro, Maddalena, De Stefano M., De Stefano, L.(2007). Marine diatoms as optical chemical sensors: A time-resolved study.
2. Kucki, Melanie.(2009). Biological Photonic Crystals: Diatoms Dye functionalization of biological silica nanostructures, University of Kassel, Department of Natural Sciences.
3. URL1, <http://sustainingfarm.blogspot.com/2012/05/using-diatomaceous-earth-to-deworm.html>, visited on 10/12/2012. .
4. URL2, <http://osp.mans.edu.eg/abuzied/Micropaleontology.htm>, visited on 10/23/2012.
5. URL3, <http://esp.cr.usgs.gov/info/lacs/diatom.htm>, visited on 10/23/2012.
6. URL4, <http://www.ucmp.berkeley.edu/chromista/diatoms/diatommm.html>, visited on 10/23/2012.



تصویر ۱۶: فاکتور نور روز برای دو نمونه در شرایط آسمان

Uniform و Overcast

نتیجه‌گیری

بیشترین اشکال آتریومها در تابستان بالا رفتن بیش از اندازه دما در آنهاست. گرچه سایه‌بانها نخستین راه حل کم کردن دما در طول تابستان هستند، ولی سایه‌بانهای بدون حرکت و ثابت باعث کاهش دما در طول سال می‌شود که برای زمستانها مطلوب نیست. سایه‌بانهای متحرک نیز گاهی برای استفاده‌کنندگان زحمت ایجاد می‌کنند.

برای رفع این مشکل، در این پروژه از دیاتومها الهام گرفته شده است که موجودات بی نظیری به‌شمار می‌روند و عرضه‌کننده نکاتی ارزشمند برای پاسخ به چالشهای مهندسی هستند. نتایج مطالعات نشان دادند که استفاده از طرح پیشنهادی موجب کاهش بیشتر جذب انرژی در فصول گرم سال نسبت به فصول سرد می‌گردد و همچنین تأثیری قابل توجه در کاهش روشنایی روز ندارد.

در طراحی و توسعه ساختارها و سیستمها، درس گرفتن از اصول خلاق طبیعی مهمتر از تقلید کردن الگوهای رسمی و مدل فرمی صرف است. اصول آموخته شده از طبیعت می‌تواند در حل و فصل مشکلات با موفقیت کمک کند. اهمیت اصول تجانس، پیچیدگی، سازگاری و یکپارچگی با رشد رو به تعمیق اکتشاف از طبیعت همراه است که نمود آنها در تنوع بی پایان از فرمها و روابط آنها

