

طراحی نورگیر سقفی با الهام از طبیعت (بیومیمتیک)

زهرا قیابکلو *

تاریخ دریافت مقاله :

۱۳۹۴/۰۲/۰۲

تاریخ پذیرش مقاله :

۱۳۹۴/۰۵/۲۶

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 روزه‌های 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 می شود که در آن تکنیکها و ایده های برتر طبیعت بررسی و از آن در حل مشکلات مهندسی استفاده می شود. برای نخستین بار خانم جنین بنس^۱ در سال ۱۹۹۷م. این اصطلاح را بکار برد. رویکرد بیومیمتیک انتقال دانش از علوم زیست شناسی به تکنولوژی است. علوم و ابزار امروزی این فرصت را فراهم می آورد که اصول و خواص بیولوژیک مواد در مقیاس نانو تجزیه و تحلیل شوند. مهندسی بیومیمتیک در پی الهام گیری از طبیعت و موجودات زنده با استفاده از خواص مولکولی آنها و با کمک علوم فیزیک، شیمی و زیست شناسی، قادر به خلق سازه های پیشرفته نو، مواد و تجهیزات است.

دیاتومها شاخه ای از آغازیان فتوسنتز کننده هستند که دیواره سلولی آنها مرکب از دو نیمه است که یک نیمه، نیمه دیگر را شبیه جعبه می پوشانند. جنس آنها از سیلیس است که به اشکال منظم و مهندسی جزو زیباترین پلانکتونهای گیاهی به شمار می آیند. سیلیس یکی از وسیع الانتشارترین مواد در دنیا و فراوانترین جزء شیشه است. پوسته دیاتومها با انواع متنوعی از خطوط، دانه ها، خطوط برجسته، منافذ و سایر علائم پوشیده شده است که موجب زیبایی بی نظیر آنها در زیر میکروسکوپ می شود.

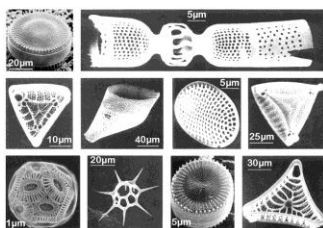
دیاتومها پوششی سیلیسی (سیلیکون دی اکسید) ترشح می کنند که فروستول^۲ نامیده می شود و بعد از مرگ در دریا ته نشین می شوند و نوعی

سنگ سیلیسی ایجاد می نمایند. انباشتهای فسیلی^۳ آن در ساخت فیلترها و همچنین سمباده استفاده می شود.

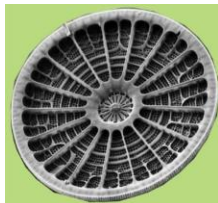
ساختار دیاتومها

دیاتومها با توجه به خاصیت سازگاری، توزیع و زیست توده ای (کلونی) به صورت شگفت آوری موجودات موفقی هستند. تنوع دیاتومها حیرت آور است و تعداد گونه های آنها به صدهزار می رسد. یکی از توفیقهای بیولوژیکی و زیست شناختی آنها می تواند به دیواره سلولی منحصر به فرد ساخته شده از سیلیکا مربوط باشد.

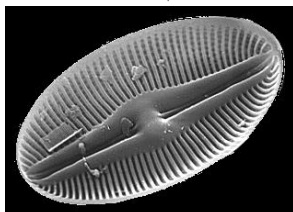
دیاتومها معمولاً بسته به تقارن پوسته خود به دو دسته تقسیم می شوند: دیاتومهای متمرکز که تمایل به تقارن شعاعی دارند و دیاتومهای کشیده که شیارها یا ردیف حفره ها در سیلیکا عمود بر محور طولی آنها است.



تصویر ۱: گونه های از دیاتومها (URL 1)



تصویر ۲: دیاتوم متمرکز (URL 2)



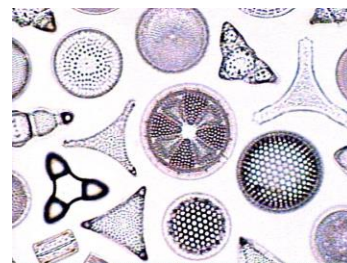
تصویر ۳: دیاتوم کشیده (URL 3)



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 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 فلورسانس^۴ می‌تواند قابل توجه باشد.

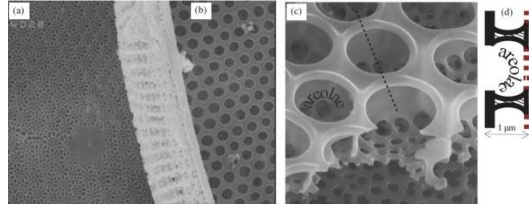
تصویر شماره ۵، معماری منافذ تحت مطالعه را نشان می‌دهد. در این تصویر، لایه بیرونی با منافذ کوچکتر دیده می‌شود. تصویر ۶، لایه داخلی با دایره‌ای را با اندازه بزرگتر نشان می‌دهد. با تجزیه و تحلیل تصویر، اندازه حفره‌ها در یک منطقه مخصوص، تخلخل لایه درونی؛ برای مثال نسبت حفره منطقه به کل منطقه را می‌توان محاسبه 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).

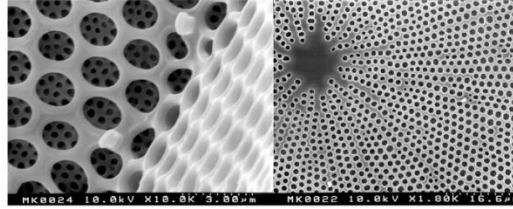


ولی با این حال وجود سایه بان در این مواقع بسیار ضرورت دارد.

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 می تواند گامی در جهت بهینه سازی 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 5: حفره های موجود در دیاتومها (Kucki, 2009)

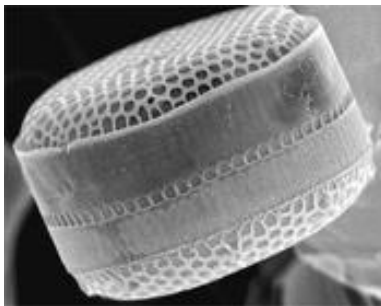
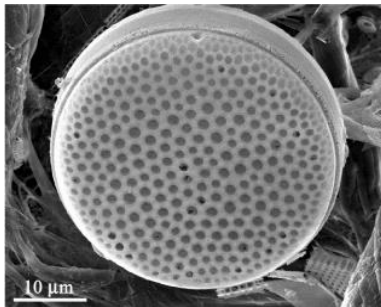
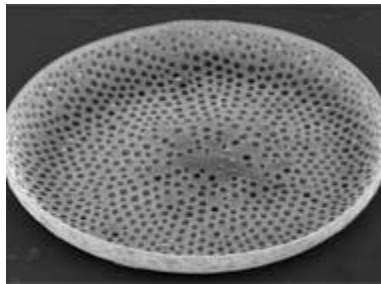


تصویر 7: حفره های موجود در نوعی دیاتوم (Kucki, 2009)

طراحی نورگیر سقفی با الهام از دیاتوم

در معماری مدرن، آتریوم به فضای وسیع و گشوده ای گفته می شود که اغلب چندین طبقه ارتفاع دارد و با سقف شیشه ای یا پنجره های بزرگ و یا هر دوی آنها پوشانده می شود. از جمله مزایای آتریومها می توان به عملکرد آنها به عنوان نظام غیرفعال خورشیدی در گرمایش فضاهای 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 می کند و باعث گرم شدن درون فضا می شود، هنگام بازتاب به سبب طول موج بلند نمی تواند از شیشه عبور کند، در نتیجه به گرمتر شدن فضای داخلی کمک می نماید. گرچه این پدیده در زمستانها مطلوب است، در فصول گرم سال موجب بالا رفتن بیش از حد دمای داخلی می گردد. به همین علت، معمولاً در بالای آتریوم دریچه هایی برای خروج هوای گرم تعبیه می گردد؛



تصویر 6: دیاتومهای الگوبرداری شده

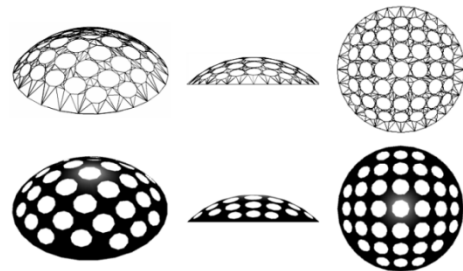


مشخصات نمونه شبیه‌سازی شده

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.

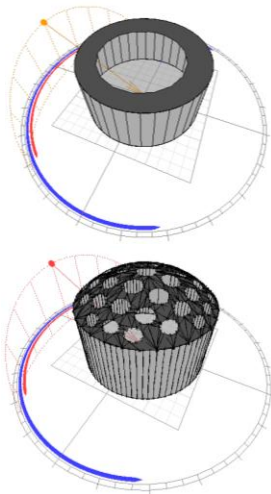


تصویر ۸: پلان، نما و پرسپکتیو پوسته سهموی

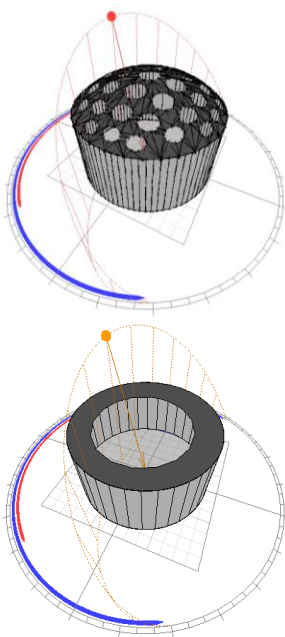
شبیه‌سازی برای گرمترین (اول تیر) و سردترین (اول دی‌ماه) روز سال، در سه زمان؛ ۹ صبح (۳ بعد از ظهر)، ۱۲ ظهر، تمام روز و همچنین کل فصل تابستان و زمستان بر روی سطح مورد

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



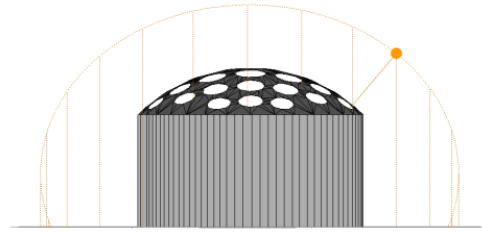
تصویر ۱۰: پرسپکتیو منحنی حرکت خورشید در تیرماه برای نمونه مورد مطالعه در تهران



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.

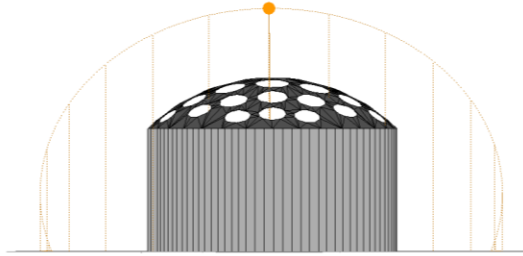
جدول ۱ مجموع انرژی دریافتی مستقیم و غیر مستقیم بر اثر تابش خورشید را بر حسب وات‌ساعت (Wh) برای دو نمونه، در زمان‌های مختلف بر روی صفحه محاسبه نشان می‌دهد.



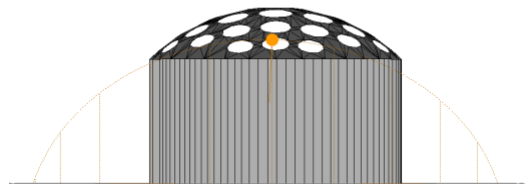
تصویر ۱۱: موقعیت خورشید در ساعت ۹ صبح در تیر



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 وات ساعت

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

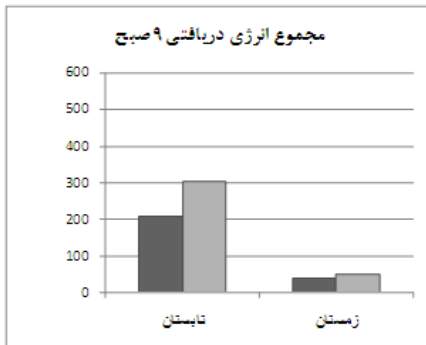
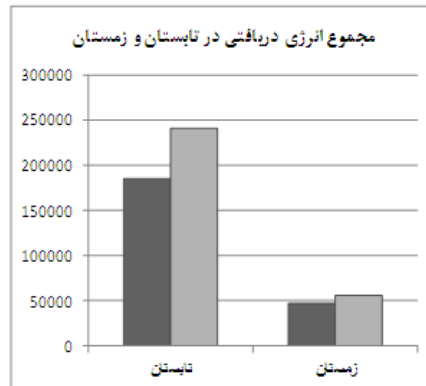
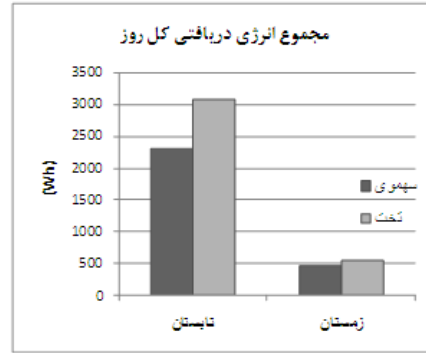


دریافتی در گرمترین روز سال برای نورگیر تخت در ۳۰۸۷/۲۶ وات ساعت است؛ در حالی که این مقدار برای نورگیر سهموی معادل ۲۳۰۵/۴۲ وات ساعت است که ۲۵/۳٪ کمتر از نورگیر تخت انرژی دریافت می کند که برای فصول گرم سال بهتر است. در سردترین روز سال، نورگیر سهموی ۱۳/۹٪ کمتر از نورگیر تخت انرژی دریافت می نماید. بنابراین می توان نتیجه گرفت که نورگیر سهموی روزنه دار به دلیل ایجاد سایه روشن، در کاهش مصرف انرژی برای خنک نمودن ساختمانها در فصول گرم سال مؤثرتر از نورگیر تخت به شمار می رود.

بدیهی است که با ایجاد ابعاد و هندسه متفاوت در روزنه ها و فرم کلی پوسته، نتایج متفاوتی به دست می آید 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 می گیرند. استفاده از سایه بان سبب جلوگیری از نورگیری کامل در زمستان و لزوم وجود نورهای مصنوعی بیشتر در بقیه اتاقهای ساختمان و حتی در خود آتریوم می شود. بدین منظور معمولاً از سایه بانهای متحرک و قابل جابه جایی در زمستان و تابستان استفاده می شود 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 می دهد. همانگونه که ملاحظه می شود، 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 شبیه سازی برای دو نمونه مورد مطالعه همانگونه که از جدول ۱ و نمودارهای تصویر ۱۵ قابل مشاهده است، مجموع انرژی تابشی



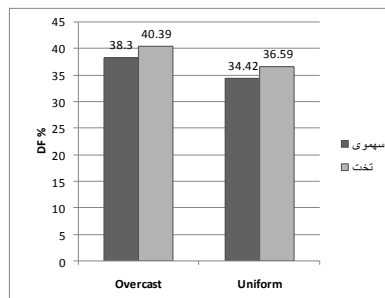
آنها در جهان است. بطور کلی درس حاصل از طبیعت کمک به فلسفه طراحی مهندسی، نوآوریها و راه‌حلهای پایداری به همراه دارد. گام بعدی نتیجه‌گیری از این مطالعات و ارائه راهکارهای جدید برای حل مشکلات موجود است.

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 دیاتومه‌ها الهام گرفته شده است که موجودات بی نظیری به شمار 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

