Archive of SID

صفحات ۱۷ - ۲۴

نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی ● دوره ۱۸ ● شماره ۳ ● پاییز ۱۳۹۲

طراحی آکوستیکی سالن همایش چند منظوره با الهام از پوسته صدف دریایی*

زهرا قیابکلو**

دانشیار دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۸/۲۷، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۱/۱۲/۱۲)

چکیده

طبیعت شامل پدیده‌ها و فرایندهایی است که از ابعاد بزرگ تا مقیاس نانو در جریان هستند. درک از توابع ارایه شده توسط موضوعات و فرایندهای موجود در طبیعت می‌تواند جوامع بشری را به تقلید و تولید نه تنها فرم، بلکه فرآیند و عملکرد مناسب راهنمایی کند. در طی میلیون‌ها سال که از سن زمین می‌گذرد، فقط کاراترین، قوی‌ترین و قابل انعطاف‌ترین موجودات و فرم‌های طبیعی باقی مانده‌اند. صدف‌های دوکفه‌ای که بزرگ‌ترین رده صدف‌های دریایی را تشکیل می‌دهند، موارد استفاده گوناگونی برای بشر دارند. در این مقاله، با الهام‌گیری از پوسته صدف‌ها، سالن همایش چند منظوره‌ای به منظور برگزاری کنفرانس، سخنرانی، نمایش فیلم و اجرای کنسرت طراحی شده است. برای بررسی پارامترهای آکوستیکی، همزمان با سالن صدفی شکل، دو سالن دیگر با شکل‌های پره‌ای و مکعبی با حجم‌ها و زمان‌های واخنش یکسان مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. طراحی شکل سالن‌ها توسط برنامه راینو صورت پذیرفته و شبیه‌سازی آن با برنامه ایس انجام شده است. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که سالن صدفی شکل به لحاظ شاخص‌های قابلیت فهم گفتار نسبت به دو شکل دیگر برتری داشته و همچنین از نظر پارامترهای مربوط به وضوح و درک جزئیّات موسیقیایی نیز همانند سایر اشکال در محدوده قابل قبول قرار دارد.

واژه‌های کلیدی

ادیتوریوم، زیست مقلد (بیومیمتیك)، بیونیک، صدف دریایی، آکوستیک.

* این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی نگارنده با عنوان "طراحی پارامتریك بر اساس فرم پوسته صدف‌ها" است که در سال ۱۳۹۰ در پردیس هنرهای زیبای دانشگاه تهران به تصویب رسیده است.

** تلفن: ۶۶۴۰۹۶۹۶-۰۲۱، نمابر: ۶۶۹۷۲۰۸۳-۰۲۱، E-mail: Ghiabaklou@ut.ac.ir.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پس از انقلاب صنعتی، انسان با استفاده از کشفیات علمی و قانون‌مندی‌های طبیعت، توانست اسرارش را کشف و از آن در الهام بخشی در پروژه‌های صنعتی بهره‌برداری کند. اصطلاح "بیونیک" برای اولین بار در اواسط قرن بیستم، با هدف استفاده از مطالعات بیولوژیکی در جنبه‌های فنی، طراحی صنعتی و علوم مواد ابداع شد. شکل‌گیری بیونیک، تلاشی در جهت ایجاد یک موازنه معقول و واقع بینانه بین انسان و طبیعت است؛ موازنه‌ای که با توجه به الهام‌گیری از طبیعت، نیازهای بشر را برآورده و سلامت طبیعت را در کنار سیستم‌های اکولوژیک تامین کند. ارسطو فیلسوف دوران باستان از نخستین افرادی بود که در مورد طبیعت به عنوان منبعی عظیم و الهام بخش نام برد. او بیان کرد که زیبایی عملکردی حتی در مخلوقات بسیار کوچک هم وجود دارد.

طبیعت به عنوان یک دفتر مهندسی است که میلیون‌ها سال به سعی و خطا پرداخته و بهترین پاسخ‌های متناسب با نیازهایش را کشف می‌کند. این روش حل مسئله می‌تواند منبعی موثق برای الهام‌گیری در حل مسائل مهندسی باشد. در نظر گرفتن روند جهانی حفاظت از محیط زیست و همچنین تمایل به کار بر روی موضوع توسعه پایدار، موجب گسترش علم بیونیک شده است. با این حال، در حوزه معماری، هر چند تحقیقات طراحی سازگار با محیط زیست و طراحی سبز افزایش یافته است، اما این تحقیقات بیشتر در جنبه‌های مواد انجام شده و استفاده از علم بیونیک در معماری و طراحی به نظر می‌رسد که به عنوان یک ایده جدید و معاصر مطرح است. تحقیقات مرتبط در مطالعه بیونیک عمدتاً توسط غربی‌ها انجام شده است، و بنابراین نتایج و تولیدات آن در اشکال محصول بیونیک و معماری نیز توسط آنها صورت پذیرفته است.

این پژوهش که با هدف ارایه مدلی کاربردی از بیونیک در معماری انجام‌شده، توسط قلمرو علم زیست شناسی و با کمک محاسبات عددی مورد پشتیبانی واقع می‌شود و در حقیقت یک معماری آلی است که از محیط طبیعی الهام گرفته و به بحث در مورد زمینه‌های استفاده از فرم های طبیعی در بهبود کیفیت آکوستیکی تالارهای چندمنظوره می پردازد که برای اولین بار در جهان مطرح می‌شود و امید است سهم کوچکی در توسعه بالقوه این مفهوم در آینده را داشته باشد.

علم فعالیتی مبتنی بر مشاهده است که به افزایش آگاهی‌های بشر از محیط می‌انجامد. تولید فرضیه‌های علمی بستگی به نوع دیدگاه محقق در بحث جهت‌داری علوم دارد. علم به معنای کشف قوانین طبیعی برای رفع نیازمندی‌های فردی و اجتماعی بشر است. همواره خلق تفکرات، فرضیه‌ها و تئوری‌های جدید از طریق مسلح شدن به مولفه‌های خلاقانه، راحت‌تر و در سطح وسیع‌تری صورت می‌گیرد.

باید توجه داشت که پژوهش در هریك از اقسام علم روند متفاوتی دارد. حتی در یك قسم خاص از علم نیز می‌توان برحسب متدلوژی متفاوت هر رشته، روش متفاوتی را مدنظر قرار داد. یك گزاره علمی که به اهداف، فرضیه و روش‌شناسی آن وابسته است، عبارت است از پردازش اطلاعاتِ برخوردار از انتظام و متعلق به گستره خاصی از علوم که به نوآوری و تولید علم می‌انجامد. بر این اساس، تولید علم غایت پژوهش است و پژوهش چیزی جز کشف و نوآوری نیست.

هرگاه نوآوری در معماری با الهام از طبیعت، به عنوان استخراج حکمت از طبیعت و تقلید مهارت‌های خاصی از موجودات در جهت نیاز به انطباق با محیط و بهبود روش زندگی در نظر گرفته شود، نظریه‌پردازی و تولید فرضیه‌ها و ایده‌های بکر در این حوزه، نیاز به داشتن توانایی‌های خلاقانه جهت ایجاد ارتباطات جدید بین عناصر انتزاعی دارد. از آنجایی که خلاقیت عامل تولید فرضیه‌های بدیع است، یک پژوهش خلاقانه در گستره بی‌نظم مفاهیم انتزاعی به ایجاد ارتباط‌های جدید دست می‌زند و پاسخ به این پرسش که چه دلایل قانع کننده‌ای برای تولید چنین فرضیه‌ای وجود دارد، بسیار دشوار و گاه غیر ممکن می‌گردد زیرا همواره این امکان وجود دارد که ادعا شود فرضیه موردنظر، صرفاً در اثر یک جرقه ذهنی غیرقابل توصیف ایجاد شده است. اما نکته حایز اهمیت، چگونگی اثبات فرضیات بوده که می‌بایست از روش‌های علمی صورت پذیرد و این امر به کمک ادبیات تحقیق و با استفاده از ابزار موجود و تجارب علمی و عملی پژوهشگر محقق می‌گردد.

۱- روش‌ها و سطوح مختلف تقلید از طبیعت

علم بیومیمتیك، بیش از آنکه بر روی تقلید صرف از ساختار موجود طبیعی تاکید کند، بر روی به‌کارگیری تکنیک‌های موجود در طبیعت متمرکز می‌شود. تقلید آگاهانه به شکل مطالعه موردی راه حل‌های موجود در طبیعت، به معنی دستیابی به یک بانک اطلاعاتی از راه حل‌های موفق می‌باشد که راه‌گشای مشکلات پیش روی انسان امروز است. در مطالعات صورت‌گرفته در زمینه بیومیمکری، مثال‌ها و نمونه‌های بسیار وسیعی در منابع مکتوب ارایه شده‌اند که بدون در نظر گرفتن طبقه‌بندی از نظر روش تقلید و همچنین گستره آن از نظر سطح مورد توجه، احتمال مغشوش‌شدن و سردرگمی در حوزه مطالعات وجود دارد. بنابراین به طور کلی می‌توان پنج روش متمایز را در تکنولوژی تقلید از طبیعت بر شمرد:

۱. تقلید از شکل[۱]
۲. تقلید از ماده[۲]
۳. تقلید از نحوه ساخت[۳]
۴. تقلید از فرآیند[۴] (مراحل و روش‌ها)

www.SID.ir

Archive of SID

۵. تقلید از عملکرد[۵]

هریك از پنج روش فوق در سه سطح زیر امکان‌پذیر است:

۱. ساختار و اندام‌های موجود زنده

۲. رفتار انفرادی موجود زنده

۳. اکوسیستم و رفتار گروهی موجود زنده

بنابراین ۵ روش در ۳ سطح یعنی به‌طور کلی ۱۵ روش در سطوح گوناگون برای تقلید از موجود زنده می‌تواند وجود داشته باشد. به منظور درك بهتر از روش‌های تقلید در سطوح مختلف، جدول ۱ همراه با مثالی مرتبط با حوزه معماری ارایه شده است.

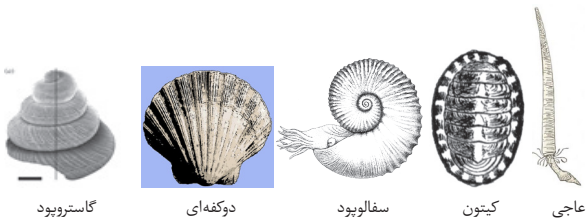
لازم به ذکر است که نظام ارتباطات و رفتار گروهی موریانه‌ها دارای شگفتی‌های بیشماری است که تحقیقات بسیاری در خصوص آنها صورت پذیرفته که در بسیاری از موارد، خرد جمعی حاکم بین آنها در بسیاری از زمینه‌های تکنولوژی و سایر علوم نیز قابل تقلید و بهره‌برداری است.

۲- انواع صدف‌های دریایی

صدف دریایی نام عامی است که به پوسته سخت کلیه جانوران نرم‌تنی که دارای پوشش خارجی هستند، اطلاق می‌شود. نرم‌تنان، جانوران بی مهره پرسلولی هستند و یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین گروه‌های بی مهرگان محسوب می‌شوند. صدف‌های آهکی حاشیه دریاها اکثراً از شاخه نرم‌تنان بوده و از شناگران غیرفعال در دریا می باشند.

این جانوران به وسیله غشاء خود در محیط‌های دریایی، بیکربنات کلسیم محلول را از آب جذب و در اطراف خود پوسته‌های آهکی تشکیل می‌دهند. غذای این جانوران را میکروارگانیسم‌ها تشکیل می‌دهند. اندازه طولی صدف‌های دریایی از چندین میلیمتر تا چندین سانتیمتر است.

پس از مرگ نرم‌تنان و از بین رفتن قسمت‌های نرم، پوسته صدفی آنها به وسیله امواج و جریان‌های سطحی آب به سواحل دریا و حاشیه جزایر حمل می‌گردند و ذخایر صدف آهکی را تشکیل می‌دهند. صدف‌ها به پنج رده اصلی تقسیم می شوند. حدود ۸۰ درصد صدف‌های زنده متعلق به رده گاستروپودها[۶] (شکم‌پایان) هستند. دوکفه‌ای‌ها[۷] دومین رده بزرگ صدف‌های دریایی را تشکیل می‌دهند و رده‌های دیگر نظیر صدف‌های عاجی[۸] شکل، کیتون[۹] و سفالوپودها[۱۰] از لحاظ تعداد و تنوع بسیار محدود می‌باشند. گاستروپودها صدف‌های تک جزئی و معمولاً مارپیچی شکل هستند در حالی که دوکفه‌ای‌ها، صدف‌های دو جزئی بوده و به‌طور طبیعی در امتداد یک پهلو لولا شده‌اند.



تصویر۱- تقسیم‌بندی صدف‌های دریایی در پنج رده اصلی.

۲-۱- دوکفه‌ای‌ها

دوکفه‌ای‌ها رده‌ای از نرم‌تنان هستند که دارای غشاء دوکفه‌ای با تقارن دو طرفی می‌باشند. صدف دوکفه‌ای به کفه راست و چپ تقسیم می‌شود و این دوکفه به وسیله یک رباط[۱۱] به یکدیگر متصل شده‌اند. در بخش پشتی صدف، لولا[۱۲] قرار گرفته که برای باز و بسته‌کردن کفه‌ها توسط ماهیچه‌ها به کار می‌رود. لولا در دوکفه‌ای‌ها از یک قشر بیرونی سخت (لایه لاملار) و یک لایه داخلی کاملاً الاستیکی به نام رزیلیوم یا لایه رشته‌ای ساخته شده است. یک صدف دوکفه ای از حاشیه و لبه‌های اطراف کفه رشد میکند و بدون تغییر جهت رشد، بزرگ می‌شود. همه دوکفه‌ای‌ها آب‌زی هستند برخی از آنها دریازی‌اند و برخی دیگر در آب‌های شیرین زندگی می‌کنند.

سطح صدف به وسیله برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌های خطوط

جدول۱- مثالی از چارچوب کاربرد بیومیمتیك.

سطح تقلید	روش تقلید	مثال ساختمانی که از موریانه تقلید می‌کند
ساختار و اندام‌ها	شکل	ساختمانی که شبیه به یك موریانه باشد.
	ماده	ساختمانی که از مواد مشابه اندام‌های موریانه مانند پوست یا اسکلت آن ساخته شده است.
	نحوه ساخت	ساختمانی که مانند موریانه دارای دوره‌های رشد متفاوت باشد.
	فرآیند	ساختمانی که مانند موریانه با ترکیب اکسیژن هوا با هیدروژن، پیوسته آب کافی در دسترس خود داشته باشد (بازیافت ضایعاتی نظیر زباله به بیوگاز و فاضلاب در محل).
	عملکرد	ساختمانی که مانند عملکرد موریانه (که ضایعات سلولزی را به خاك تبدیل می‌کند) با مواد بازیافتی ساخته شود.
رفتار انفرادی	شکل	ساختمانی که گویا توسط موریانه ساخته شده و شکل آن شبیه به لانه موریانه است.
	ماده	ساختمانی که مصالح آن شبیه مصالح لانه موریانه است.
	نحوه ساخت	ساختمانی که با روش ساخت‌وساز موریانه بنا شده است (کندن زمین و احداث طبقات).
	فرآیند	ساختمانی که مانند لانه موریانه دارای مناسب‌ترین جهت، شکل و مواد باشد.
	عملکرد	ساختمانی که شرایط داخلی آن از جهت شرایط حرارتی همواره در یك دمای بهینه باشد.
اکوسیستم و رفتار گروهی	شکل	ساختمانی که شبیه به اکوسیستمی است که موریانه در آن زندگی می‌کند.
	ماده	ساختمانی که از منابع طبیعی موجود در اکوسیستمی که موریانه در آن زندگی می‌کند ساخته می‌شود.
	نحوه ساخت	ساختمانی که مانند اکوسیستم موریانه از اصول توالی و پیچیدگی در طول زمان بهره ببرد.
	فرآیند	ساختمانی که مانند اکوسیستم موریانه انرژی را از خورشید دریافت کرده و آب را ذخیره می‌کند.
	عملکرد	ساختمانی که مانند اکوسیستم موریانه از ارتباط بین چرخه آب، کربن و نیتروژن بهره‌برداری می‌کند.

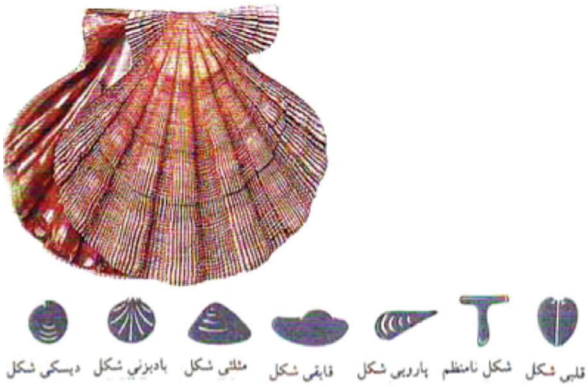
www.SID.ir

Archive of SID

رشد به صورت‌های مختلفی تزئین یافته است. خطوط رشد و تزئینات صدف ممکن است مشترکاً ساختمان شبکه‌ای را به وجود آورند. این تزئینات به صورت‌های: شیار یا برآمدگی شعاعی[۱۳]، آرایش متحدالمرکز[۱۴]، آرایش مورب[۱۵] و ... ظاهر می‌شوند. برآمدگی‌های سطح صدف ممکن است به صورت تیغه‌ایی[۱۶] نیز ظاهر گردند (حسن‌زاده، ۱۵،۱۳۷۹).

دوکفه‌ایها از نظر شکل در مقایسه با گاستروپودها تنوع کمتری دارند و در یکی از گروه‌های شکلی زیر قرار می‌گیرند:

۱-صدف دیسکی شکل[۱۷]
۲-صدف بادبزنی شکل[۱۸]
۳-صدف مثلثی شکل[۱۹]
۴-صدف قایقی شکل[۲۰]
۵-صدف پارویی شکل[۲۱]
۶-صدف قلبی شکل[۲۲]
۷-صدف نامنظم شکل[۲۳]



تصویر۲- گروه‌بندی صدف‌های دوکفه‌ای بر اساس شکل ظاهری.
ماخذ: (حسن‌زاده، ۱۵،۱۳۷۹).

تصویر۳- برخی از صدف‌های دو کفه‌ای.

۳- طراحی سالن چند منظوره با الهام از دوکفه‌ای‌ها

در این مقاله، هدف، ارایه راهکارهای مناسب دستیابی به دانش فنی برگرفته از موجودات زنده در جهت پایدارسازی ساخت‌وساز و معماری بوده است. استفاده از الگوریتم‌های استفاده شده در پوسته صدف‌ها و الگوگیری از آنها در طراحی ادیتوریوم چند منظوره می‌تواند گامی در جهت بهینه‌سازی از نظر سازه و انرژی (به لحاظ نسبت کم پوسته به حجم) و کاهش آلودگی محیطی باشد. در عین حال، در این پژوهش، یک سالن همایش چند منظوره با الهام از پوسته صدف‌های دریایی دو کفه‌ای طراحی و مورد بررسی قرار گرفته است. بدیهی است که برای بررسی اثر صرفاً فرم بر متغیرهای آکوستیکی یک فضای محصور و مقایسه آن با دیگر فرم‌های متداول، سایر شاخص‌ها ثابت فرض می‌شوند.

۴- مشخصات نمونه شبیه‌سازی شده

نمونه شبیه‌سازی شده، فضایی است به مساحت ۱۲۰۰ متر مربع با گنجایش تقریبی ۱۰۰۰ نفر. با توجه به حداکثر حجم مناسب سالن چند منظوره نسبت به عملکرد به ازای هر صندلی (حداکثر)، حجم سالن ۸۵۰۰ مترمکعب در نظر گرفته شده است. سقف سالن از جنس بتن رنگ شده، دیوارها از جنس آجرنما، کف آن موکت و بخش کف صحنه از جنس پارکت می‌باشد. صندلی‌ها دارای پوشش پارچه‌ای بوده و محاسبات با ظرفیت تکمیل انجام شده است. متوسط زمان واخنش در فرکانس‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هرتز معادل با ۱/۴۵ ثانیه می‌باشد که مطابق با استاندارد سالن‌های چند منظوره است.

در این مطالعه، معیار تعیین گنجایش سالن بر مبنای دو ویژگی استوار است:

۱- بررسی پدیده‌های آکوستیکی که کنترل آن اغلب در سالن‌های با حجم زیاد دشوارتر است.

۲- امکان بهره‌برداری از فرم و حجم سالن‌های بزرگ از دیدگاه احجام شاخص شهری.

به منظور مقایسه نتایج، دو سالن دیگر به شکل‌های پره‌ای و

جدول۲- تخمین حجم مناسب سالن نسبت به عملکرد به ازای هر صندلی.

عملکرد	حداقل (m^3)	بهینه (m^3)	حداکثر (m^3)
سخنرانی	۲/۳	۳/۱	۴/۳
کنسرت	۶/۲	۷/۸	۱۰/۸
اُپرا	۴/۵	۵/۷	۷/۴
کلیسا (کاتولیك)	۵/۷	۸/۵	۱۲/۰
کلیسا (سایر)	۵/۱	۷/۲	۹/۱
چند منظوره	۵/۱	۷/۱	۸/۵
سینما	۲/۸	۳/۵	۵/۶

ماخذ: (Marsh, 2000)

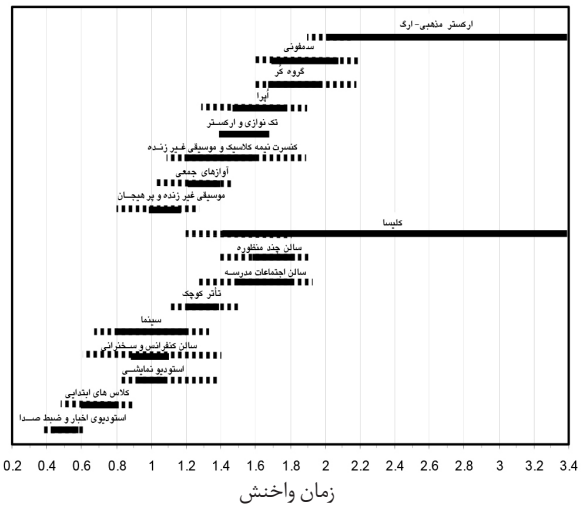
www.SID.ir

Archive of SID

مکعب با شرایط یکسان از لحاظ گنجایش، حجم، مصالح و زمان واخنش همزمان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند.

۵- نتایج شبیه‌سازی

از آنجایی‌که ارایه و روند محاسبات فرم ریاضی صدف دوکفه‌ای و توصیف هریک از پارامترها بسیار طولانی بوده و خارج از حوصله خوانندگان نشریات مرتبط با معماری (نظیر هنرهای زیبا) است، شبیه‌سازی فرم تولید شده در این پژوهش بر مبنای الگوریتم نرم‌افزار راینو[۲۴] ایجاد شده و از چرخش منحنی مقطع طولی یک نمونه عمومی از صدف دوکفه‌ای پدید آمده است.



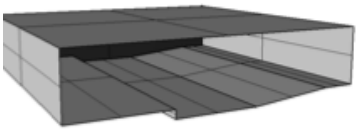
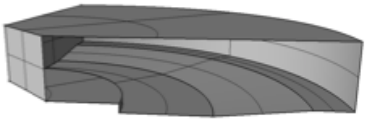
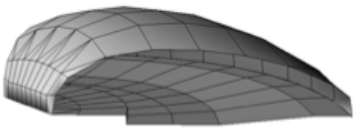
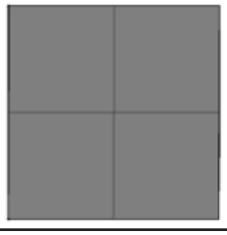
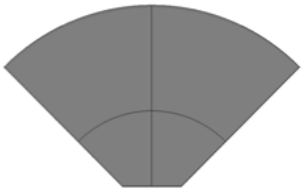
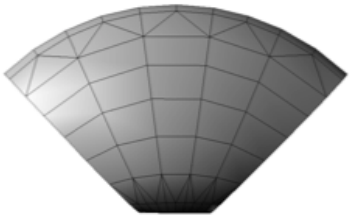
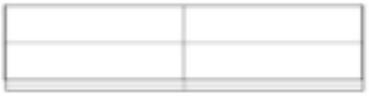
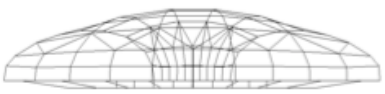
تصویر۴- زمان واخنش بهینه برای انواع فعالیت‌های مختلف.
ماخذ: (نگارنده بر اساس Egan, 1972)

آنگاه محاسبات و شبیه‌سازی آکوستیکی توسط نرم‌افزار آلمانی ایس[۲۵] انجام شده است. این برنامه، یك ابزار جامع تحلیل آکوستیکی فضاهای محصور می‌باشد که قادر است تحلیل‌های مربوطه را در محیطی کاملاً گرافیکی توسط مدل‌های سه بعدی که در محیط خود برنامه ساخته شده و یا از طریق نرم‌افزارهای دیگر ساخته و به برنامه وارد می‌شود را انجام دهد. این برنامه می‌تواند تحلیل‌های عددی و بصری مربوطه را به صورت جدول، نمودار، تصویر و یا پویانمایی ارایه نماید. از جمله ویژگی‌های قابل توجه این نرم‌افزار این است که کلیه مراحل ترسیمات، محاسبات و تجزیه تحلیل نتایج، همگی در محیط برنامه صورت گرفته و انجام اصلاحات و اجرای مجدد محاسبات، بدون اتلاف وقت و به سادگی قابل انجام است.

از آنجایی که فرم پیشنهادی، برای سالن همایش چند منظوره در نظر گرفته شده است، بنابراین باید هم‌زمان قابلیت برقراری آشکاری[۲۶] در گفتار برای سخنرانی و در عین حال وضوح[۲۷] برای درک جزئیّات موسیقیایی را دارا باشد. البته قابل ذکر است که در این گونه سالن‌ها بیشتر برپایی انواع کنفرانس‌ها مد نظر قرار دارد و بدین ترتیب، وضوح گفتار از اهمیت بیشتری برخوردار است.

۵-۱- بررسی پارامترهای مربوط به قابلیت فهم گفتار[۲۸]

قابلیت فهم گفتار مستقیماً به تراز نوفه زمینه و زمان واخنش بستگی دارد. با این حال نه تنها نوفه و واخنش، قابلیت فهم گفتار را کاهش می‌دهد بلکه عموماً همه سیگنال‌های خارجی یا تغییرات سیگنالی که در مسیر منبع صوتی تا دریافت کننده اتفاق می‌افتد باعث کاهش قابلیت فهم گفتار می‌شود. امروزه روش‌های مختلفی

مکعبی (BOX)	پره‌ای (FAN)	صدفی (SHELL)
		
		
		

تصویر۵- مشخصات نمونه‌های شبیه‌سازی شده.

www.SID.ir

Archive of SID

برای رتبه بندی قابلیت فهم گفتار از جمله شاخص تراگسیل گفتار[۲۹] و افت ادای حروف صامت[۳۰] وجود دارد.

افت ادای حروف صامت که بصورت درصد بیان می‌شود، از مقادیر اندازه‌گیری شده برای نسبت صدای مستقیم به واخنش‌دار و زمان تباهی پیشینی محاسبه می‌شود. از آنجایی‌که حروف صامت نقش عمده‌تری در قابلیت فهم گفتار نسبت به حروف صدا دار بازی می‌کنند، اگر به‌طور واضح شنیده شوند گفتار راحت‌تر قابل فهمیدن است. عموماً این گونه فرض می‌شود که مقدار قابل قبول AL_{cons} برای سامانه‌های احضار عمومی برابر با ۱۰٪ و برای محیط‌های آموزشی ۵٪ است. در ضمن حداکثر مقدار قابل قبول برای افت ادای حروف صامت به شرطی که به قابلیت فهم گفتار لطمه نزند، ۱۵٪ است. با این‌که AL_{cons} به‌طور گسترده‌ای در مشاوران آکوستیک بویژه در امریکا مورد استفاده است، دارای نقیصه‌هایی نیز هست. اولاً تنها در یک اکتاو بسامدی یک سوم هنگامی یعنی ۲۰۰۰ هرتز اندازه گیری می‌شود و تمام بسامدهای دیگر چشم پوشی می‌شوند. ثانیاً این روش بسیاری از عواملی را که شدیداً در قابلیت فهم گفتار تأثیر می‌گذارند از جمله نسبت سیگنال به نوفه، طیف نوفه زمینه، اعوجاج و پژواک محاسبه نمی‌کند. بنابراین به‌نظر می‌رسد که AL_{cons} معمولاً نتایج خوش‌بینانه‌ای به همراه می‌آورد.

در روش STI، گفتار به‌وسیله یک آزمایش سیگنال ویژه به نام MTF[۳۱] که در آن سیگنال‌های با بسامد پایین با مشخصات و ویژگی‌های گفتار بکار می‌رود، مدل سازی می‌شود. بنابراین می‌توان گفت STI یک برنامه تلفیق دامنه‌ای پیچیده را برای ایجاد آزمایش سیگنال خود به خدمت می‌گیرد. شاخص تراگسیل گفتار در یک بازه صفر تا یک تعریف شده است که در آن صفر نمایانگر غیر قابل فهم بودن کامل و یک بیانگر قابلیت فهم کامل گفتار است. همچنین مدل ساده‌تری از STI نیز به نام RASTI[۳۲] در سال‌های اخیر توسعه داده شده است که برای موقعیت‌های ویژه و خاص به‌کار می‌رود.

با استفاده از معادله زیر و جدول۳ می‌توان این دو پارامتر را به یکدیگر تبدیل کرد. لازم به ذکر است که کمیت‌های دیگری نیز از جمله شاخص ادای گفتار[۳۳] و شاخص حریم گفتار[۳۴] نیز در سال‌های اخیر برای توصیف قابلیت فهم گفتار تعریف شده‌اند.

$$ALcons = 170.5405 \cdot e^{-5.419 \cdot STI}$$

نتایج شبیه‌سازی انجام شده برای محاسبه STI، برای سه نمونه ارایه شده که با تکنیک مبتنی بر شعاع صوتی[۳۵] توسط نرم‌افزار EASE صورت پذیرفته، در تصویر۶ قابل مشاهده است.

همان‌گونه که در تصویر۶ قابل مشاهده است، مقادیر STI برای سالن صدف شکل ۰/۵۳۹، برای سالن پره‌ای ۰/۵۳۳ و برای سالن مکعبی معادل ۰/۵۳۲ است. گرچه این مقادیر تفاوت بسیار چشم‌گیری را ارایه نمی‌نمایند (عمدتاً به دلیل زمان واخنش یکسان)، اما نتایج، نشان‌دهنده برتری شکل صدفی بر سایر اشکال ارایه شده است. بدیهی است که پس از گزینش نهایی شکل مورد نظر، این مقادیر با ایجاد تغییرات در پارامترهای آکوستیکی قابلیت بهبود بیشتری را دارا می‌باشد.

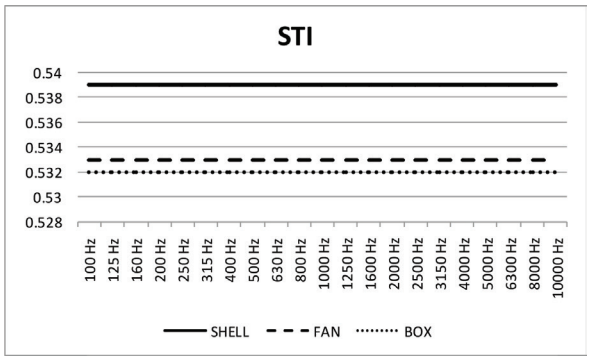
مسأله آشکاری که با پارامتر C_{50} اندازه‌گیری می‌شود، بیشتر به حوزه سخن‌گویی برگشته و قابلیت فهم گفتار را توصیف می‌کند و عبارت است از نسبت لگاریتمی بین مقدار انرژی رسیده به یک دریافت کننده در ۵۰ms اول پس از صدای مستقیم و مقدار مجموع کل انرژی که بعد از آن دریافت می‌شود و عموماً در فاصله چهار اکتاو بسامدی بین ۵۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز اندازه‌گیری می‌شود. معمولاً یک قابلیت فهم گفتار خوب زمانی حاصل می‌شود که مقدار آشکاری بزرگتر یا مساوی صفر ($C_{50} \geq 0dB$) دسی‌بل باشد (Ahnert, 2002).

نتایج شبیه‌سازی انجام شده برای محاسبه C_{50}، در تصاویر ۷و۸ قابل مشاهده است.

همان‌گونه که در تصویر۸ قابل مشاهده است، طبق تعاریف ارایه شده، مقادیر C_{50} برای نمونه صدفی بیش از صفر دسی‌بل است ($C_{50} \geq 0dB$).

یکی دیگر از پارامترهای آکوستیکی، زمان میانی T_S[۳۶] است که از نسبت خطی بین مجموع حاصل ضرب انرژی‌های رسیده از صداهای بازتابی در زمان‌های تأخیر رسیدن آنها در نقطه اندازه‌گیری شده و مقدار کل انرژی دریافت‌شده در همان نقطه است. حداکثر میزان قابل دستیابی کمیت T_S در یک هال براساس زمان واخنش بهینه آن تعیین می‌شود. همواره یک همبستگی مناسب بین زمان میانی با قابلیت فهم گفتار و وضوح موسیقی وجود دارد بدین ترتیب که مقدار مطلوب T_S برای موسیقی بین ۷۰ تا ۱۵۰ میلی ثانیه در اکتاو میانی ۱۰۰۰ هرتز و برای گفتار بین ۶۰ تا ۸۰ میلی ثانیه در چهار اکتاو بسامدی بین ۵۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز است (Hoffmeier, 1996).

همان‌گونه که در تصویر۱۰ مشاهده می‌شود، مقدار Ts در



تصویر۶- مقادیر متوسط STI شبیه‌سازی شده برای سه شکل مختلف.

جدول ۳- مقادیر متناظر افت ادای حروف صامت و شاخص تراگسیل گفتار برای کیفیت‌های مختلف قابلیت فهم گفتار.

	غیر قابل قبول	ضعیف	رضایت‌بخش	خوب	عالی
STI	۰-۰/۳	۰/۳-۰/۴۵	۰/۴۵-۰/۶	۰/۶-۰/۷۵	۰/۷۵-۱
AL_{cons}	٪۳۳-٪۱۰۰	٪۱۵-٪۳۳	٪۷-٪۱۵	٪۳-٪۷	٪۰-٪۳

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه صدفی شکل به مقادیر قابل قبول برای گفتار ($60<T_S<80$) نزدیک‌تر از سایر اشکال است.

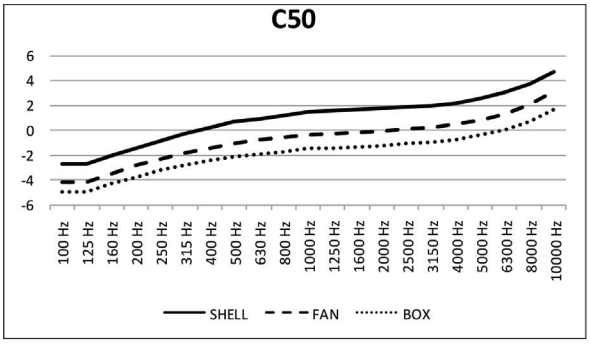
۵-۲- بررسی پارامترهای مربوط به وضوح و درک جزئیّات موسیقیایی

مسأله وضوح که با پارامتر C_{80} اندازه‌گیری می‌شود، بیشتر به حوزه موسیقی مربوط بوده و یک نسبت لگاریتمی است بین مقدار انرژی رسیده به یک دریافت کننده در 80 ms اول پس از صدای مستقیم و مقدار مجموع کل انرژی که بعد از آن دریافت می‌شود و معمولاً تنها در بسامد میانی ۱۰۰۰ هرتز محاسبه می‌شود. مقادیر قابل قبول برای وضوح قویاً به نوع و سبک موسیقی که اجرا می‌شود بستگی داشته و معمولاً در محدوده $-3dB \leq C_{80} \leq +4dB$ قرار دارد. اعداد منفی معمولاً به ارکسترهای سمفونی و مقادیر مثبت به پاپ و راک تعلق دارد (Reichardt et all, 1975, 126).

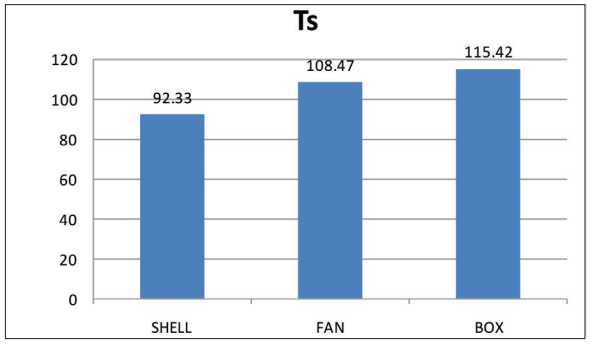
همان‌گونه که در تصویر۱۲ مشاهده می‌شود، مقادیر C_{80} در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز برای سالن‌های صدفی، پره‌ای و مکعبی شکل به ترتیب معادل ۲، ۰/۴۴ و ۰/۲۲- دسی‌بل می‌باشد که همگی آنها در محدوده قابل قبول موسیقیایی قرار دارند ($-3dB \leq C_{80} \leq +4dB$).

همچنین درتصویر۱۳، مقادیر T_S در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز نیز حاکی از آن است که تمامی اشکال در محدوده قابل قبول ($70<T_S<150$) برای موسیقی قرار دارند.

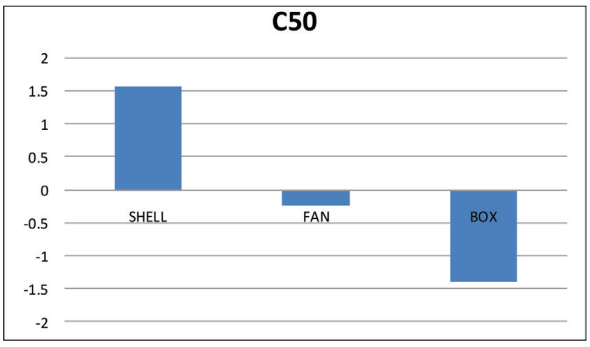
همان‌گونه که در تصویر۱۴ مشاهده می‌شود، در سالن صدفی شکل، شعاع‌های صوتی منعکس شده به خوبی محل حضار را پوشش می‌دهد در حالی که در شکل‌های پره‌ای و مکعبی این شعاع‌ها به محل صحنه نیز رسیده و همچنین به صورت عرضی از دیوارها منعکس می‌شود.



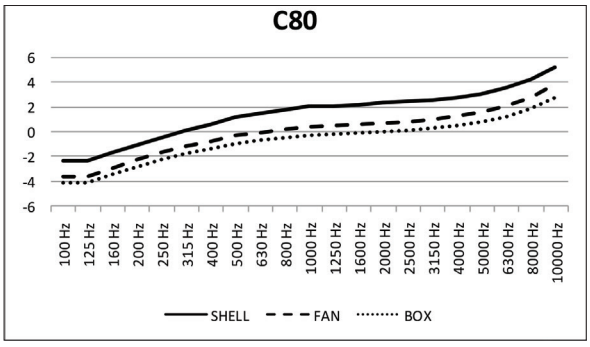
تصویر۷- مقادیر متوسط C ۵۰ شبیه‌سازی شده در فرکانس‌های مختلف برای سه شکل مختلف (dB).



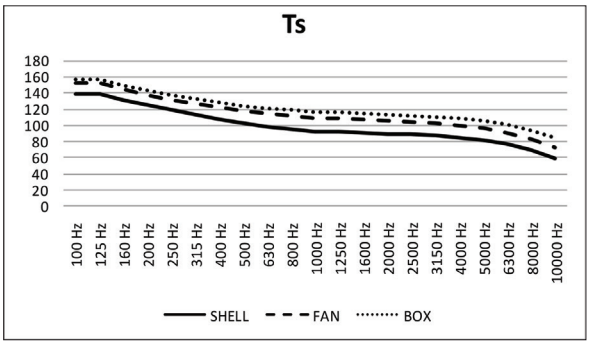
تصویر۱۰- مقادیر متوسط Ts در چهار اکتاو بسامدی بین ۵۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز بر حسب ms.



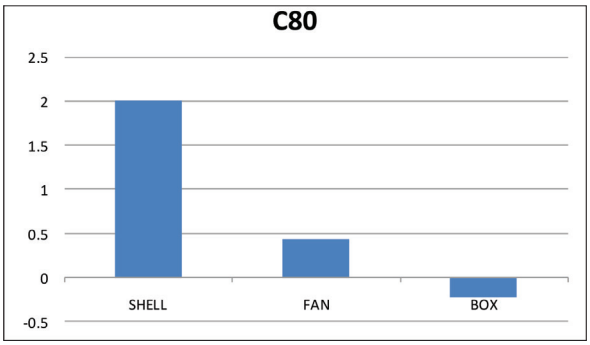
تصویر۸- مقادیر متوسط C ۵۰ در چهار اکتاو بسامدی ۵۰۰ الی ۴۰۰۰ هرتز برای سه شکل مختلف (dB).



تصویر۱۱- مقادیر متوسط C ۸۰ شبیه‌سازی شده برای سه شکل مختلف (dB).



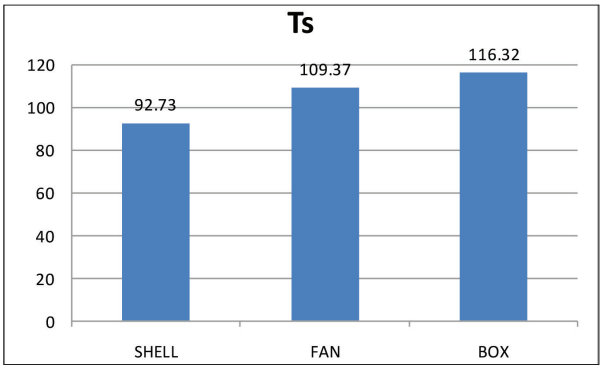
تصویر۹- مقادیر متوسط Ts در فرکانس‌های مختلف بر حسب ms.



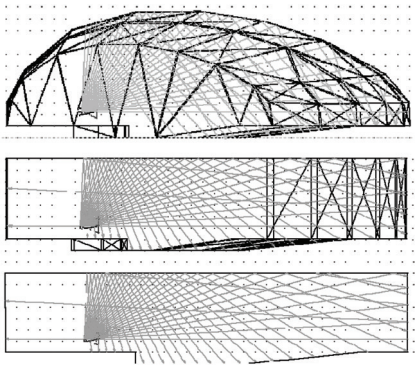
تصویر۱۲- مقادیر C ۸۰ در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز برای سه شکل مختلف (dB).

www.SID.ir

Archive of SID



تصویر۱۳- مقادیر متوسط Ts در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز بر حسب ms.



تصویر۱۴- انعکاس شعاع‌های صوتی از سقف به ترتیب از بالا برای سالن‌های صدفی، پره ای و مکعبی.

نتیجه

صدف‌ها موجودات بسیار سودمندی هستند که ارائه دهنده نکات ارزشمندی برای پاسخ به نیازهای امروزی هستند. 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 در جهان است. به طور 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 می‌باشد.

پژوهش 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.

پی‌نوشت‌ها

1 Form.
2 Material.
3 Construction.
4 Process.
5 Function.
6 Gastropoda.
7 Bivalvia.
8 Scaphopoda (Tusks).
9 Polyplacaphora (Chitons).
10 Cephalopoda.
11 Iigament.
12 Hinge.
13 Radial Rib or Groove.
14 Concentric Ornament.
15 Oblique Ornament.
16 Spines.
17 Discus Shape.
18 Fan Shape.
19 Triangular Shape.
20 Boat Shape.
21 Paddle Shape.
22 Heart Shape.
23 Irregular Shape.
24 Rhino.
25 Enhanced Acoustic Simulator for Engineers (EASE).
26 Definition.
27 Clarity.
28 Speech Intelligibility.
29 Speech Transmission Index (STI).
30 Articulation Loss of Consonants (%ALcons).
31 Modulation Transmission Function.
32 Rapid STI.
33 Articulation Index (AI).
34 Privacy Index (PI).
35 Ray-Based Method.
36 Center Time.

فهرست منابع

حسن‌زاده، سیدنورالله(۱۳۷۹)، *اکتشاف ذخایرآهکی ساحل خلیج فارس در استان خوزستان*، وزارت معادن و فلزات، اداره کل معادن و فلزات استان خوزستان، ص۱۵.

Ahnert, W. (2002), *Handbook for Sound Engineers*, Chapter 6, Third edition, Editor Glen M. Ballou, Focal Press Boston.

Egan, M. D. (1972), *Concepts in Architectural Acoustics*, NY, Mc-Graw Hill, New York.

Hoffmeier, J. (1996), *Untersuchungen zum Einfluß von Raumklangfaer-bungen auf die Deutlichkeit von Sprache*, Diplomarbeit an der TU Dresden.

Marsh, A. (2000), *Square One research PTY LTD*, Cardiff University, UK.

Reichardt, W. (1975), Abdel Alim, O.; Schmidt, W.: Definitionen und Meßgrundlage eines objektiven Maßes zur Ermittlung der Grenze zwischen brauchbarer und unbrauchbarer Durchsichtigkeit bei Musik-darbietungen, *Acustica*, 32, 3, p126.

URL1: http://sanibelcaptivablog.com/sanibel-seashells-by-the-sea-shore, Visited on 20/9/2012.

www.SID.ir