

## ارزیابی کیفیت آکوستیک در گنبدخانه نظام‌الملک مسجد جامع اصفهان\*



وحید افشین‌مهر

استادیار دانشگاه پیام نور

نویسنده‌ی مسئول: [afshinmehr11@yahoo.com](mailto:afshinmehr11@yahoo.com)

عباس غفاری

استادیار، دانشگاه هنر اسلامی تبریز

ریحانه زمانی

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته معماری، گرایش معماری دانشگاه پیام نور

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۱۳ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۱۲/۰۴

### چکیده

صدا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای ارتباط انسان‌ها با یکدیگر و محیط پیرامونشان در علم معماری مطرح می‌گردد و مساجد از آن دسته فضاهایی است که با توجه به نوع کاربری، ویژگی‌های آکوستیکی در میزان عملکرد و تامین حس آرامش، تاثیر به‌سزایی دارد. رمزگشایی هندسی معماری مساجد ایرانی از منظر مهندسی و درک پارامترهای موثر در قابلیت‌های سازه‌ای و عملکردی آن‌ها از ملزوماتی است که جهت حفظ و احیای این آثار و کاربرد آنها در معماری معاصر مورد توجه قرار می‌گیرد. یکی از ناشناخته‌ترین قابلیت‌های عملکردی مساجد مخصوصاً در گنبدخانه‌ها وضعیت صوتی آنهاست که با توجه به دانش معاصر، مهندسی خوانایی نداشته؛ و تناقضاتی را به همراه دارد. وضوح گفتار و زمان واخشی به‌عنوان اصلی‌ترین پارامترهای آکوستیک معماری، شاخصه‌هایی جهت بررسی آسایش صوتی در فضا هستند که عاملی به نام هندسه در معماری گنبدخانه‌ها آنها را تحت تاثیر قرار داده است. در این پژوهش بنای زیبای مسجد جامع اصفهان که از بدو شکل‌گیری در قرن دوم هجری، به عنوان نقطه مرکزی بافت شهر اصفهان مورد توجه بوده است و با قدمت هزارساله خود و با ارزش‌های والای سازه‌ای، هنری، اسنادی، فرهنگی، و حتی علمی خود مایه‌های فخر بسیار را در خود دارد و گنبدخانه نظام‌الملک مسجد جامع اصفهان که در جبهه جنوبی آن قرار گرفته است؛ و یادگاری ارزشمند از دوره سلجوقیان با فضای داخلی پوشیده از تزیینات زیبای آجری، گچبری، سنگ و کاشی است؛ به‌عنوان یکی از شاخص‌ترین گنبدخانه‌های آجری از منظر تقابل هندسه و صدا مورد ارزیابی قرار گرفته است.

این پژوهش به صورت کمی با کمک شبیه‌سازی و محاسبات دقیق نرم‌افزار Ease 4.4 و با توجه به استانداردهای بین‌المللی ارائه شده در کتب آکوستیک، کیفیت صدا و پارامترهای آکوستیک در گنبدخانه را مورد تحلیل قرار داده است و نتایج حاصل نشان می‌دهد که پارامترهای آکوستیکی (که RT مهم‌ترین آنهاست) در گنبدخانه قابل قبول نمی‌باشند و نیاز به بهینه‌سازی دارند. این درحالی است که وضوح گفتار (C50) در این فضا مناسب و قابل قبول است؛ همین تضاد، گویای هماهنگی اجزای گنبدخانه مانند ارتفاع، حجم، گوشه‌سازی‌ها و مقرنس‌ها و تاثیر آنها در کیفیت صدا می‌باشد. به عبارت دیگر، صدای نامناسب در این فضا به سطوح بالاتر از ارتفاع انسانی سوق داده می‌شود تا قابلیت فهم و وضوح گفتار گنبدخانه را تامین نماید.

**واژه‌های کلیدی:** وضوح گفتار، زمان واخشی، آکوستیک، گنبدخانه نظام‌الملک، C50.

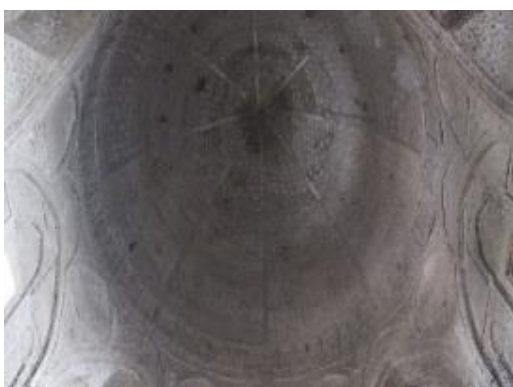
## ۱. مقدمه

با توجه به ذات کمال طلب انسان در شنیدن صداهای مطبوع و خوش آیند، نقش علم آکوستیک و ضرورت توجه به آن در معماری و مراحل اولیه طراحی بیش از پیش نمایان می‌شود. این علم مهجور مانده با بهبود کیفیت صدا موجب تقویت عملکرد هر فضا و رضایت استفاده‌کنندگان خواهد شد و مساجد به‌عنوان مهم‌ترین مکان مذهبی، اجتماعی و سیاسی مسلمین از جمله فضاهایی است که کیفیت صدا و وضوح گفتار در آن از گذشته تا کنون بسیار حائز اهمیت است. مسجد جامع اصفهان یکی از شاهکارهای معماری ایرانی دارای فضاهای متنوع و ارزشمندی است که هر یک شایسته و نیازمند تحقیق و بررسی جداگانه در حیطه آکوستیک معماری می‌باشد. گنبدخانه نظام‌الملک مسجد جامع، با گنبد آجری دارای تزئینات آجری و گچی فاخر، کتیبه‌ها و محراب‌های ارزشمندی است که در این پژوهش با هدف بررسی عوامل موثر بر کیفیت صدا و وضوح گفتار در آن مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفته است. مطالعات و تحقیقات در این پژوهش به کمک مطالعات میدانی و شبیه‌سازی فضا در نرم‌افزار AUTOCAD و اطلاعات دقیق بدست آمده از نرم‌افزار تخصصی آکوستیک (EASE 4.4)<sup>۱</sup>، با هدف بررسی پارامترهای مربوط به متغیر وضوح گفتار تاثیر گوشه‌بندی چند مکان مذهبی (مکان‌های مذهبی مناطق آذربایجان شرقی و یزد) بر افزایش وضوح گفتار، انجام گرفته است و مشخص شد هرچه زمان واخنش به طور یکنواخت کاهش یابد؛ تأثیر گوشه‌بندی در افزایش وضوح گفتار بیشتر نمایان می‌شود و بیشترین اثر در افزایش وضوح گفتار توسط مقرنس ایجاد شده است و این تزئینات به عنوان پخش‌گرهای سنتی در بناهای مذهبی عمل می‌کنند (سعادت ۱۳۹۱). برای اثبات تاثیر ارتفاع گنبد بر کیفیت وضوح گفتار، دو مسجد فرضی با شرایط یکسان و ارتفاع متفاوت به کمک نرم‌افزار EASE تحلیل و ثابت شد که مسجد با ارتفاع کوچکتر دارای زمان واخنش کمتر و وضوح گفتاری بهتر است (سعادت ۱۳۹۱). با تمرکز روی تاثیر مصالح بر کیفیت آکوستیک گنبد اثبات شد که پلاستر سیمانی بر خواص صوتی موثر است؛ زیرا خواص جذب صدا در مصالحی مانند سیمان بسیار کمتر از گچ و آهک است (سو<sup>۴</sup>، کالیسکان<sup>۵</sup>، تاو کچوگلو<sup>۶</sup> ۲۰۱۴). همچنین اثبات شده که قوس گنبد داخلی و ارتفاع گنبد بر صدای موجود

تاثیرگذار است (کریمی و گودرز نیا ۱۳۸۷). با هدف تقویت میراث آکوستیک مساجد و کلیساهای بیزانس تحقیقی بر مبنای تحقیق CAHRISMA قیاسی بین کلیسای در استانبول (اکنون مسجد است) و کلیسایی در راونای ایتالیا انجام گرفت. اطلاعات حاکی از زمان واخنش بسیار بالا در فضاهای مذکور است که حس عظمت را تداعی می‌کند و آسایش صوتی را کاهش داده است (فایوستی<sup>۷</sup>، پومپولی<sup>۸</sup>، و پرودی<sup>۹</sup> ۲۰۰۳). دو محقق آکوستیک کنیسه‌ای در پرتغال را با هدف مقایسه رفتار آکوستیکی کنیسه با کلیساهای کاتولیک پرتغال و مساجد عربستان سعودی با حجم قابل قیاس و مشابه، مورد مطالعه قرار دادند؛ و به این نتیجه رسیدند که با کاهش RT در گنبد می‌توان کیفیت آکوستیک کنیسه را بهبود داد (کاروالهوه<sup>۱۰</sup> و آمادو<sup>۱۱</sup> ۲۰۱۱). در پژوهشی با بررسی (RT) در سه مسجد مربوط به دوره قاجار (تبریز) و کلیساها و مساجد در ترکیه، اسپانیا، پرتغال مشخص شد زمان واخنش مساجد از کلیساها کم‌تر و کیفیت آکوستیکی مساجد برای وضوح گفتار موثرتر و مسجد مکان مناسبی برای سخنرانی و کلیسا مکان مطلوبی برای عملکرد موسیقی است (غفاری<sup>۱۲</sup> و مفیدی<sup>۱۳</sup> ۲۰۱۴). با بررسی شرایط آکوستیکی مسجد سلیمانیه در دوران بعد از مرمت تا کنون، این نتیجه حاصل شد که طی سالیان، با وجود حفظ فرم و حجم، کیفیت پارامترهای صوتی به دلیل مرمت‌های صورت گرفته دستخوش تغییر شده و مشکلات صوتی قابل توجهی در مسجد به وجود آورده است (سو، کالیسکان، تاو کچوگلو ۲۰۱۴). با وجود تمرکز زیاد پژوهش‌های پیشین بر روی پارامترهای وضوح گفتار و کنترل نوفه (زمان واخنش)، در هیچ یک از پژوهش‌ها دلیل مشخصی برای وجود آسایش صوتی همراه با زمان‌های واخنش بالا ارائه نشده است که این امر پژوهشگر را بر آن داشت تا با انتخاب یکی از نمونه‌های موفق آکوستیکی در معماری مساجد ایرانی با بررسی زمان واخنش و پارامترهای وضوح گفتار (شامل STI-ALCONS- C50) علاوه بر بررسی علمی تاثیر این پارامترها در آسایش صوتی کاربران، پارامترهای غالب هندسی موثر بر آسایش پارامتر آکوستیکی معرف آنرا شناسایی کنند و سپس با تحلیل تاثیر پارامتر معرف که در پژوهش حاضر C50 است با زمان واخنش، رفتار آکوستیکی فضا رمزشکنی شده و دلایل غلبه این پارامتر بر زمان واخنش مشخص گردد. پژوهش ابتدا با بررسی



تصویر ۱. گنبد نظام‌الملک (مأخذ: نگارندگان)



تصویر ۲. نمای داخلی گنبد نظام‌الملک (مأخذ: نگارندگان)



تصویر ۳. سه ضلع شرقی، جنوب و غرب گنبدخانه نظام‌الملک (مأخذ: نگارندگان)



تصویر ۴. تزئینات زیر گنبد نظام‌الملک (مأخذ: نگارندگان)

وضعیت هندسی گنبدخانه آغاز شده و سپس میزان پارامترهای مذکور در این بنا با استفاده از نرم‌افزار EASE استخراج گشته و تحلیل عددی صورت گرفته است؛ با استدلال منطقی از تحلیل‌های عددی دلایل غلبه پارامترها بر هم ارائه شده است.

### نمونه مورد مطالعه

اصفهان در طول تاریخ در فرهنگ و تمدن مسلمین تأثیرات بسزایی داشته است و مرکز دینی و مسجد اصلی این شهر، مسجد جامع بزرگ یعنی مسجد عتیق بوده است (کارگر ۱۳۹۵، ۱۲-۱۳). در هر دوره تاریخی مسجد جامع اصفهان شاهد تغییرات بسیار زیادی بوده که آنرا به یک دایره‌المعارف هنر اسلامی تبدیل نموده است. گالدیری<sup>۱۴</sup> با تشخیص دقیق تمام مراحل و تغییرات، ثابت می‌کند که مسجد جامع اصفهان<sup>۱۵</sup> یک بنای نو احداث زمان سلجوقی نبوده بلکه از قرون پیشین وجود داشته و آثار آن در زیر سطح بنا و یا در داخل جرزهای فعلی پنهان شده است (گالدیریگ ۱۳۷۰، جلد سوم). یکی از گنبد‌های مسجد، گنبد نظام‌الملک است که در قرن پنجم به دستور وزیر ملک‌شاه، نظام‌الملک در جنوبی-ترین ضلع مسجد احداث گردید و به گنبد صاحب مشهور است (گالدیری، ۱۳۷۰ جلد اول).



### تحلیل اطلاعات شبیه‌سازی

آلکون (Alcons)، تراز انتقال صدا (STI) و شفافیت صوتی (C50) به‌عنوان شاخصه‌های وضوح گفتار و زمان واخنش (RT) و تراز فشار صدا (SPL)، به‌عنوان شاخصه کنترل نوفه به قرار زیر شبیه‌سازی و تحلیل شده است.

#### ۱. زمان واخنش (RT)

زمان واخنش، زمان لازم برای از بین رفتن تراز فشار صدا به میزان 60db، بعد از قطع منبع صدا است. در فضاهای سخنرانی باید زمان واخنش کمتر باشد و وضوح کلمات بیشتر و فضاهای اجرای موسیقی، به واخنش بیشتر نیاز دارد (نصیری ۱۳۷۸، ۴۱-۴۰).

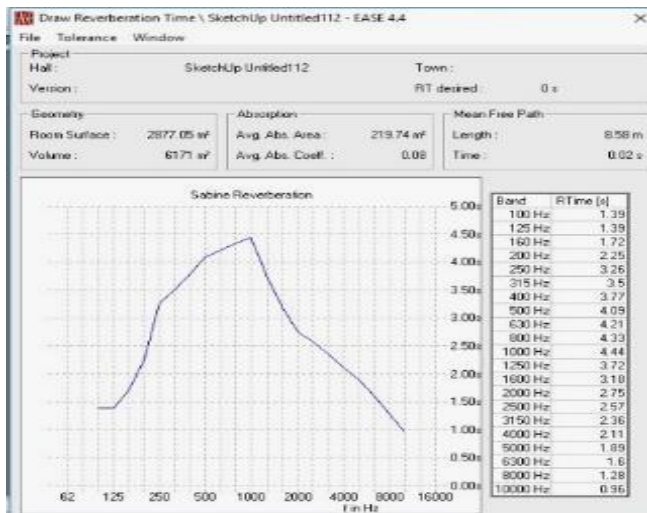
$$T = \frac{V}{A} \cdot 0.161 \text{ s m}^{-1}$$

فرمول زمان واخنش:

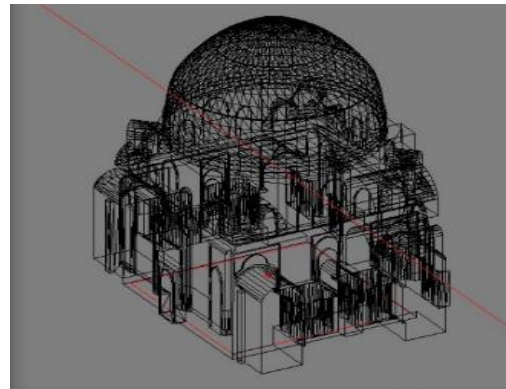
(اورست<sup>۱۶</sup> و پولمان<sup>۱۷</sup> ۱۹۸۱، ۱۵۵)

#### زمان واخنش در گنبدخانه نظام‌الملک

با توجه به نمودار ۱ و جدول ۱، زمان واخنش در فضای گنبدخانه نظام-الملک نمودار صعودی و سپس نزولی دارد. RT به طور مستقیم با حجم و مقدار کل جذب صدا در فضا مرتبط است؛ به عبارت دیگر فضاهایی با حجم بالا و جذب کم مانند کلیساهای بزرگ گوتیک زمان واخنش طولانی‌تری دارند و فضاهای کوچک با سطوح جاذب زیاد زمان واخنش کمتری دارند (اورست و پولمان ۱۹۸۱، ۱۷۳-۱۷۴).



نمودار ۱. زمان واخنش (فرکانس - ثانیه) (مأخذ: نرم‌افزار EASE)



تصویر ۵. شبیه‌سازی گنبدخانه در نرم‌افزار

جدول ۱. زمان واخنش گنبدخانه در فرکانس‌های مختلف (مأخذ: نگارندگان)

فرکانس (Hz)	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰	۱۰۰۰۰
Sabine Reverberation	۱.۳۹	۳.۲۶	۴.۰۹	۴.۴۴	۲.۷۵	۲.۱۱	۱.۲۸	۰.۹۶

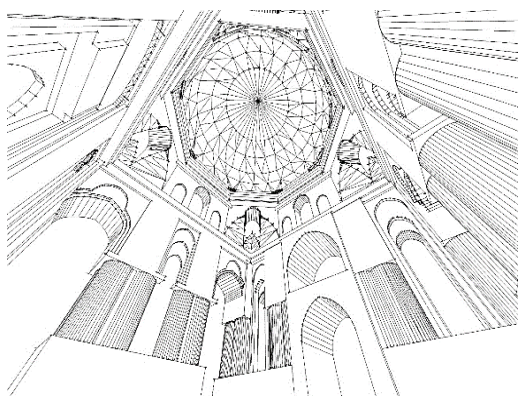
مشخص شد که گنبدخانه در فرکانس ۱۲۵ هرتز و ۸۰۰۰ هرتز زمان واخنش خوبی جهت اجرای موسیقی و در فرکانس ۱۰۰۰۰ هرتز زمان واخنش مناسب جهت سخنرانی دارد؛ اما به دلیل اینکه این فرکانس‌ها، در مکالمه کاربردی نمی‌باشند؛ RT در گنبدخانه رضایت بخش نیست و نیازمند بهینه‌سازی است. به شکل تجربی

به RT به طور مستقیم با حجم و مقدار کل جذب صدا در فضا مرتبط است، به عبارت دیگر فضاهایی با حجم بالا و جذب کم مانند کلیساهای بزرگ گوتیک زمان واخنش طولانی‌تری دارند و فضاهای کوچک با سطوح جاذب زیاد زمان واخنش کمتری دارند (اورست و پولمان ۱۹۸۱، ۱۷۳-۱۷۴). در بررسی زمان واخنش بر اساس حجم مورد مطالعه در جدول ۲،

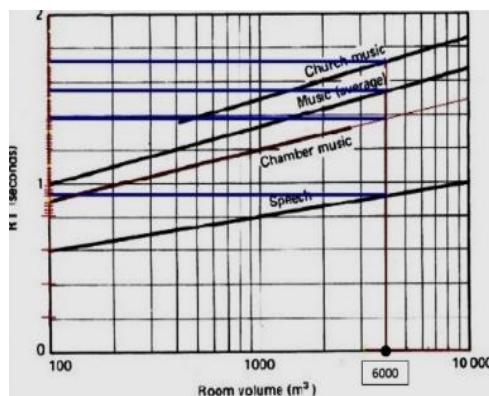


برای اطمینان از صحت داده‌های خروجی موجود، حجم شبیه‌سازی شده در محیط نرم‌افزار آکوستیکی Odeon قرار داده شد. نتایج بدست آمده صحت نتایج نرم‌افزار EASE را اثبات می‌کند

ثابت شده است زمان واخشن در بازه ۱-۱.۲ ثانیه برای گوش انسان قابل تفکیک نیست؛ بنابراین، این بازه ارزش مطالعاتی دارد و نسبت به بالاتر از این بازه باید حساس بود.



تصویر ۶ شبیه‌سازی گنبدخانه در نرم‌افزار AutoCad (مأخذ: نگارندگان)

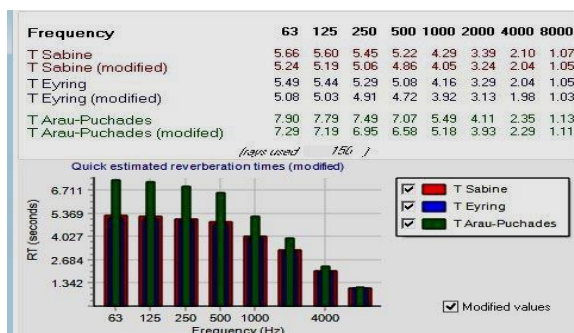
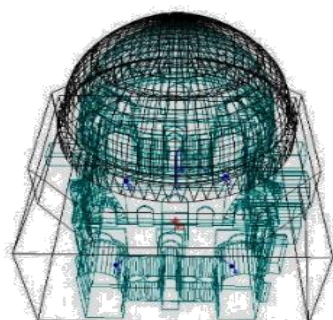


نمودار ۲. بررسی زمان واخشن بر اساس حجم مورد مطالع (مأخذ: قیابکلو<sup>۱۸</sup> ۲۰۰۸)

جدول ۲. زمان واخشن متناسب با حجم فضا طبق نمودار ۲

سخنرانی	موسیقی جاز	موسیقی سمفونی	موسیقی کلیسا	V= 6000 m <sup>3</sup>
Rt = 0.88	Rt = 1.38	Rt = 1.54	Rt = 1.72	
۱۰۰۰۰ هرتز		۱۲۵ هرتز و ۸۰۰۰ هرتز		فرکانسی گنبدخانه

لازم به توضیح است علی‌رغم اینکه فضای مورد مطالعه، مسجد است؛ قطعاً در آن صدای سمفونی و یا موسیقی جاز شنیده نخواهد شد؛ اما با توجه به این که کیفیت صوت در این پژوهش اهمیت زیادی دارد؛ اکتاواهای مشابه نیز مورد بررسی قرار گرفته است.



نمودار ۳. زمان واخشن در نرم‌افزار Odeon (مأخذ: نگارندگان)

جدول ۳. زمان واخشن استاندارد مکالمه بر اساس 1 < RT < 1.2 (مأخذ: نگارندگان)

نامطلوب	RT > 1.2	فرکانس پایین (۱۲۵/۲۵۰/۵۰۰ هرتز)
نامطلوب	RT > 1.2	فرکانس میانی (۵۰۰ تا ۱۰۰۰)
نامطلوب	RT > 1.2	فرکانس بالا (۲۰۰۰/۴۰۰۰/۸۰۰۰ هرتز)
مطلوب	1 < RT < 1.2	فرکانس بالا (۱۰۰۰۰ هرتز)



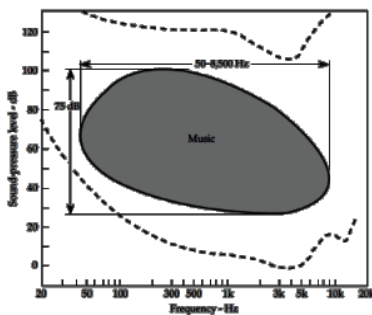
## ۲. تراز فشار صوتی (SPL) در گنبدخانه

تراز فشار صدا یک مقدار لگاریتمی فشار صداست که به شدت صدا وابسته است و به سطح صدا اشاره دارد و با دسی‌بل اندازه‌گیری می‌شود (اورست و پولمان ۱۹۸۱، ۲۲).

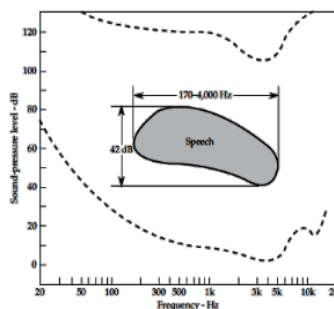
$$SPL = 10 \log_{10} \frac{P^2}{P_{ref}^2}$$

$$= 20 \log_{10} \frac{P}{20 \mu Pa} \text{ decibels}$$

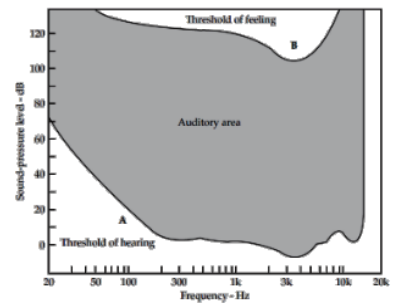
SPL: تراز فشار صدا، دسی‌بل، P: فشار (میکروپاسکال)  
 PO: فشار صوت (میکروپاسکال)  
 (اورست و پولمان ۱۹۸۱، ۲۲)  
 در بررسی تراز فشار صوتی (SPL) سه محدوده استانداردهای ۱. شنوایی، ۲. مکالمه و ۳. موسیقی مورد مطالعه قرار گرفت.



نمودار ۶. تراز فشار استاندارد موسیقی (مأخذ: اورست و پولمان ۱۹۸۱، ۸۲)



نمودار ۵. تراز فشار استاندارد مکالمه (مأخذ: اورست و پولمان ۱۹۸۱، ۸۲)

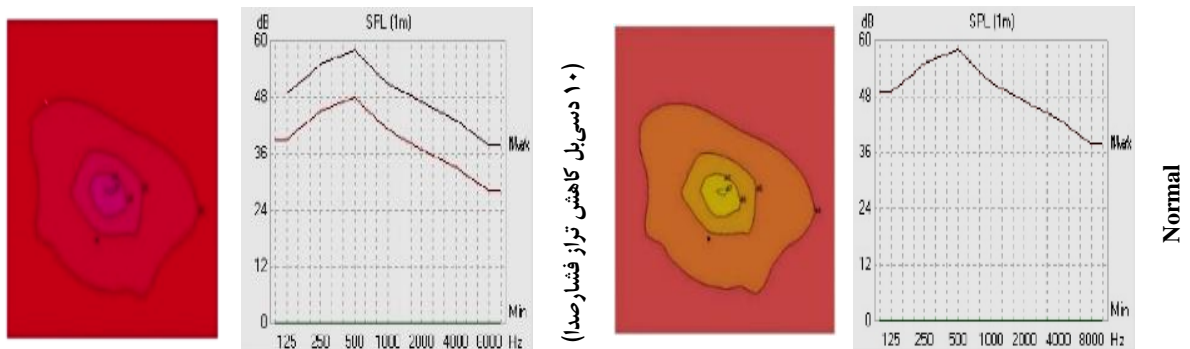


نمودار ۴. آستانه شنوایی و درد (مأخذ: اورست و پولمان ۱۹۸۱، ۴۸)

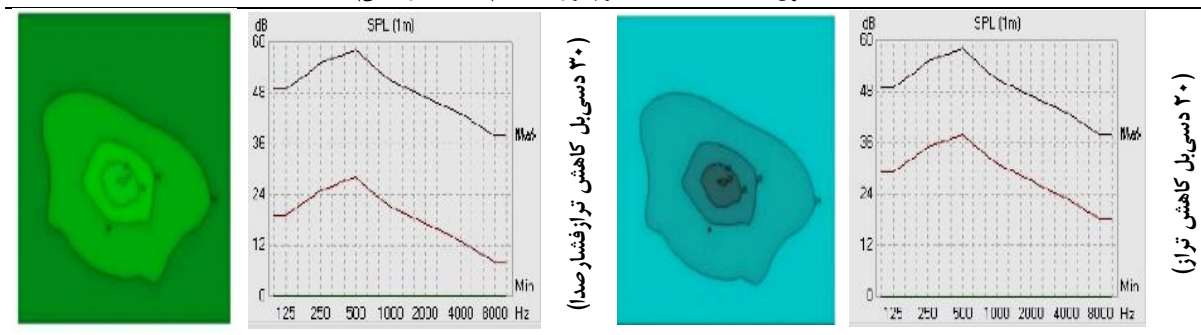
جدول ۴. داده‌های SPL (مأخذ: نگارندگان)

فرکانس (Hz)	۱۰۰۰۰	۸۰۰۰	۴۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۱۲۵	
Normal db	۳۸	۳۸	۴۳	۴۷	۵۱	۵۸	۵۵	۴۹	
Spl (-10 db)	۲۸	۲۸	۳۳	۳۷	۴۱	۴۸	۴۵	۳۹	خارج از محدوده مکالمه
Spl (-20 db)	۱۸	۱۸	۲۳	۲۷	۳۱	۳۸	۳۵	۲۹	خارج از محدوده شنوایی
Spl (-30 db)	۸	۸	۱۳	۱۷	۲۱	۲۸	۲۵	۱۹	خارج از محدوده موسیقی

جدول ۵. داده‌های SPL نرم‌افزار Ease (مأخذ: نگارندگان)



ادامه جدول ۵. داده‌های SPL نرم‌افزار Ease (مأخذ: نگارندگان)



### ۳. شاخص عبور صدای مستقیم (STI)

این ضریب معروف‌ترین پارامتر برای ارزیابی وضوح گفتار است که از طریق توابع انتقال مدولاسیون به دست می‌آید و شاخص کیفیت گفتار را اندازه می‌گیرد و 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 (هاوتگاست<sup>۱۹</sup> و استینکن<sup>۲۰</sup> ۲۰۰۲).

داده‌های spl نشان می‌دهد که با وجود قرار گرفتن فضای گنبدخانه در محدوده قابل قبول شنوایی، از نظر مکالمه قابل قبول نیست. تراز فشار صوتی مناسب برای موسیقی در گنبدخانه، تقریباً در بازه فرکانسی ۲۵۰ هرتز تا ۸۰۰۰ هرتز تامین می‌شود. به طور کلی در فضای گنبدخانه تراز فشار صوتی مربوط به صدا و موسیقی تامین می‌شود اما برای مکالمه و سخنرانی به حد استاندارد نمی‌رسد و قابل قبول نیست.

جدول ۶. استاندارد قابل قبول در STI

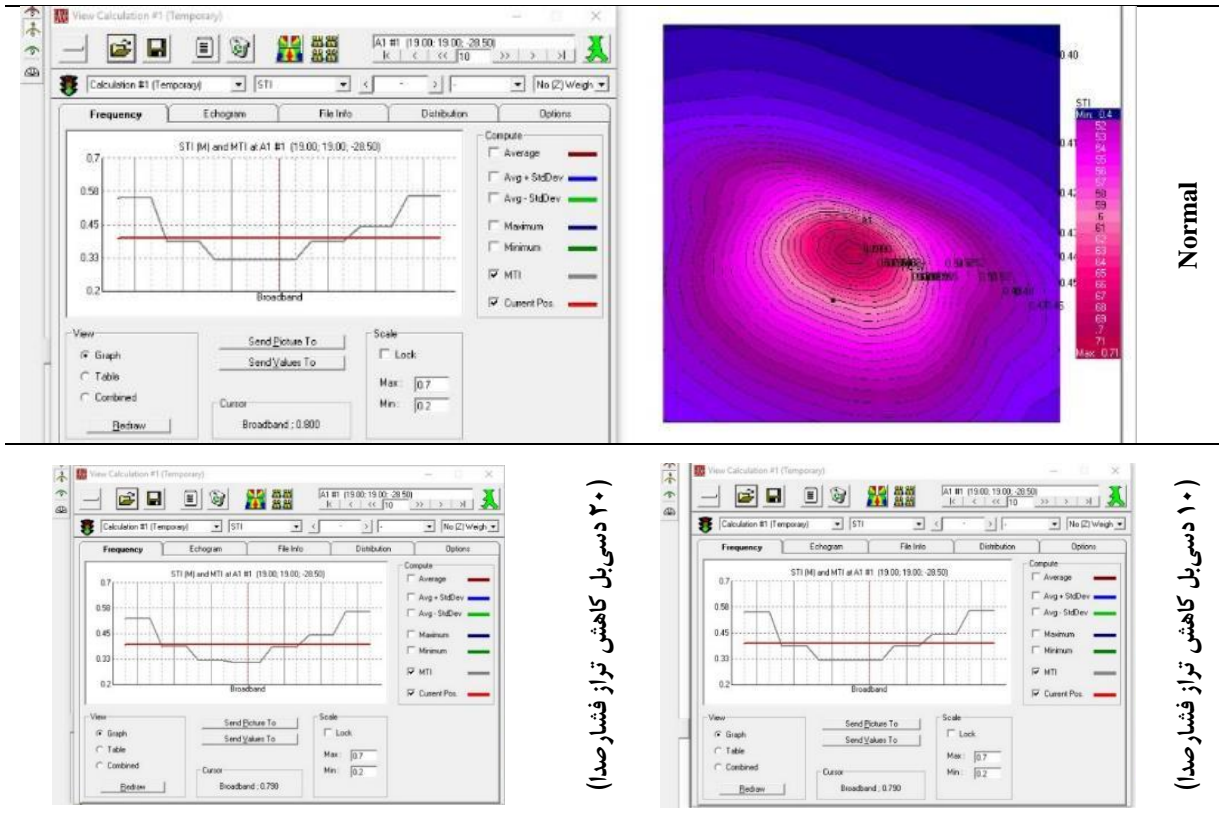
(International Electrotechnical Commission (IEC). IEC 60268-16, 1998)

STI	Speech Intelligibility
0.00 – 0.30	Bad
0.30 – 0.45	Poor
0.45 – 0.60	Fair
0.60 – 0.75	Good
0.75 – 1.00	Excellent

جدول ۷. مجموع گستردگی MTI<sup>۲۱</sup> (مأخذ: نگارندگان)

مجموع (۱۰۰٪)									NORMAL	جمع (۱۰۰٪)
-۵۰	-۴۰	-۳۰	-۲۰	-۱۰	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	مجموع حد گستردگی خوب
۰٪	۴۲٫۳٪	۳۸٫۰٪	۷٪	۷٪	۷٫۱۰٪	۶۰٫۳۰٪	۳۶٫۶۰٪	۳۳٫۶۰٪	۰٪	مجموع حد گستردگی رضایت‌بخش
۰٪	۶۱٫۹۵٪	۵۳٫۷۰٪	۵۶٫۹۰٪	۶۰٪	۳۳٪	۳۲٫۶۰٪	۳۶٫۱۰٪	۴۲٫۵۰٪	۰٪	مجموع حد گستردگی ضعیف
۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۱۰۰٪	مجموع حد گستردگی غ ق ق
-	۰٫۶۱	۰٫۵۶	۰٫۵۶	۰٫۵۷	۰٫۵۶	۰٫۵۷	۰٫۵۶	۰٫۵۷	-	نمودار MTI
-	۰٫۶۷	۱٫۴۳	۲٫۰۵	۱٫۸۱	۲٫۱۱	۱٫۸۶	۲٫۰۵	۱٫۸۵	-	میانگین (درصد)

جدول ۸. داده‌های STI، نرم‌افزار Ease



می‌شود؛ و از نسبت بین انرژی صدای اولیه و انرژی دیررس (صدای واخشی) بدست می‌آید (اورست و پولمان ۱۹۸۱، ۴۰۵).  
 وضوح گفتار عبارت است از تناسب قسمت‌های مختلف گفتار (سیلاب‌ها، کلمات یا جملات) که به طور صحیح توسط شنونده شنیده می‌شوند (سعادت ۱۳۹۱، ۳۰). معمولاً یک قابلیت فهم گفتار خوب زمانی حاصل می‌شود که مقدار آشکاری بزرگتر یا مساوی صفر  $C50 \geq 0$  dB دسی‌بل باشد (قیابکلو ۱۳۹۲، ۲۰).

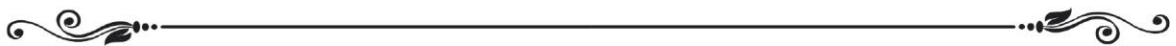
مقدار شاخص عبور صدای مستقیم در فضای گنبدخانه ثابت و میزان MTI نسبت به استاندارد ارائه شده توسط آگان در شمال، شمال شرقی و شمال غربی و شرق گنبدخانه ضعیف است و در مرکز و سایر قسمت‌های آن تا حدودی قابل قبول می‌باشد که علت آن را می‌توان به گنبدی شکل بودن فضا و وجود کانون در آن، ارتباط داد.

#### ۴. وضوح گفتار (C50)

شفافیت معیاری برای چگونگی کیفیت صدا است که با واحد دسی‌بل بیان

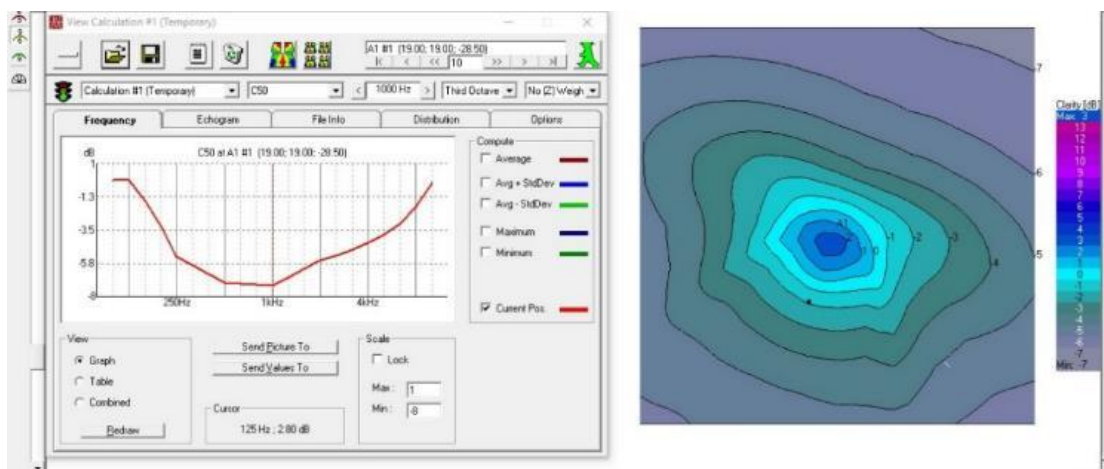
جدول ۹. میانگین گستردگی (C50) (مأخذ: نگارندگان)

-۵۰	-۴۰	-۳۰	-۲۰	-۱۰	NORMAL				
۰	۸.۵۶	۸۱.۷۸	۸۱.۷۹۹	۸۱.۲۳	۸۲	مجموع حد گستردگی استاندارد (درصد)			
۱۰۰	۹۱.۴۴	۱۸.۲۲	۱۸.۲۱	۱۸.۷۷	۱۸	مجموع حد گستردگی غیر استاندارد (درصد)			
-	-1 db	-5 db	-1 db	-8 db	-1 db	-8 db	نمودار C50		
۰	۰.۹۹	۰.۶۵	۴.۵	۳.۵۶	۴.۴۴	۳.۵۴	۴.۴۴	۴.۴۸	میان (درصد)

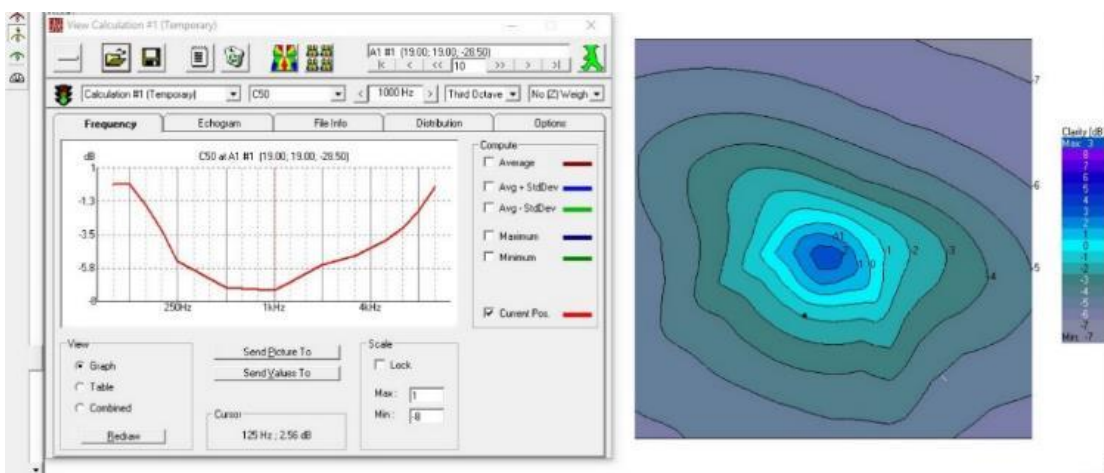




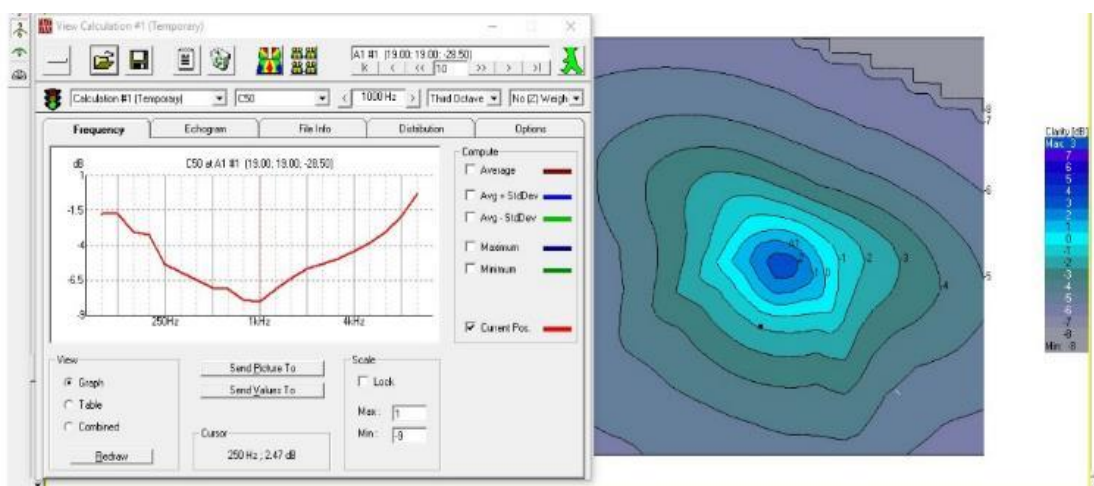
جدول ۱۰. نمودارهای Ease-C50



Normal



۱۰ دسی‌بل کاهش تراز فشارصدا

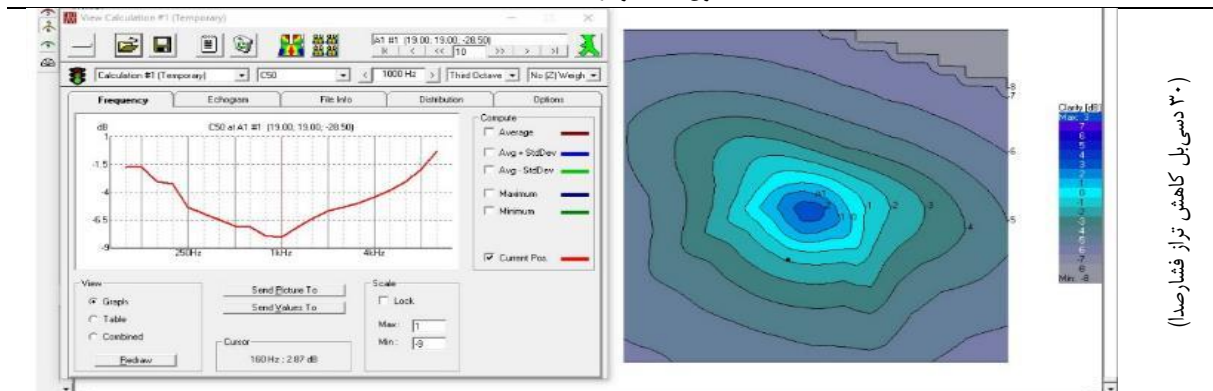


۲۰ دسی‌بل کاهش تراز





ادامه جدول ۱۰. نمودارهای Ease-C50



جدول ۱۱. استاندارد ALCONS (مأخذ: اورست و پولمان ۱۹۸۱، ۳۸۵)

Subjective Intelligibility	%Alcons
Ideal	≤3%
Good	3-8%
Satisfactory	8-11%
Poor	>11%
Worthless	>20%*

\*Limit value is 15%.

از جداول شماره ۹ و ۱۰ مشخص شد که ۸۲ درصد وضوح گفتار در فضای گنبدخانه تامین می‌شود؛ و تنها ۱۸ درصد عدم وضوح گفتار؛ و وضوح گفتار در گنبدخانه به استثنای گوشه‌های گنبدخانه مناسب است.

### ۵. درصد اشتباهات شنیداری (ALCONS)

یکی از معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی وضوح گفتار، قابلیت تشخیص گفتار است که به صورت درصد بیان می‌شود؛ و روی درک اطلاعات گفتاری تمرکز می‌کند.

$$\%Alcons \approx 0.652 \left( \frac{r_{th}}{r_h} \right)^2 RT_{60}$$

$R_{1h}$ : فاصله منبع صدا تا شنونده

$r_h$ : شعاع بازتاب

$RT$ : زمان واخنش (ثانیه)

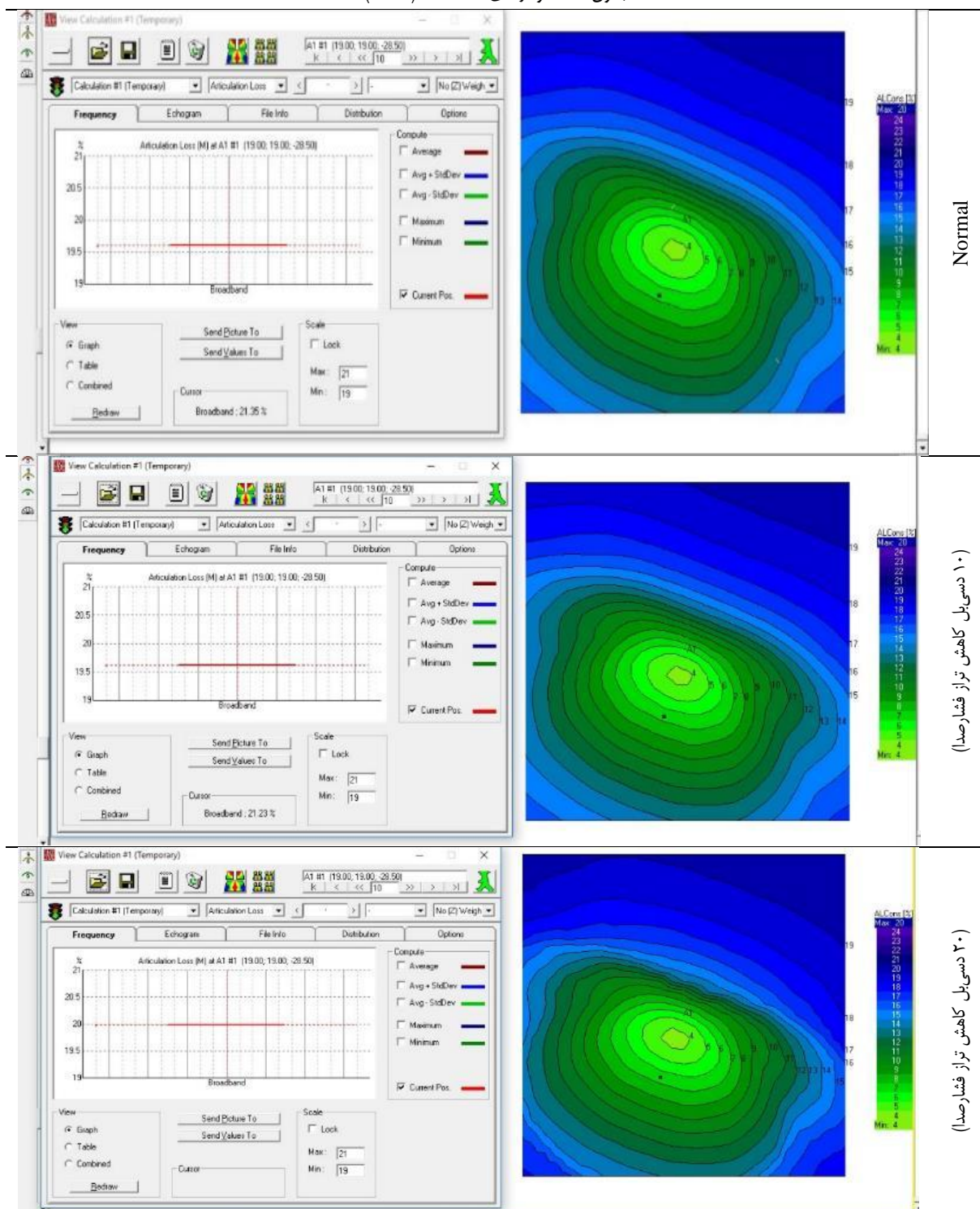
(اورست و پولمان ۱۹۸۱، ۴۰۳)

جدول ۱۲. مجموع گستردگی Alcons (مأخذ: نگارندگان)

جمع (۱۰۰٪)						NORMAL										
مجموع حد گستردگی خوب (درصد)	۶٪	۶.۲۰٪	۶٪	۴.۴۶٪	۱.۲۱٪	۰٪	۱۳	۱۲	۱۱	۱۲	۲۱	۱۲	۱۸	۲۱	۱۱	۱۷
مجموع حد گستردگی رضایت بخش (درصد)	۵۱.۵۰٪	۵۱.۴۵٪	۴۶٪	۳۷.۸۸٪	۲۵.۹۷٪	۰٪	۱۳	۱۲	۱۱	۱۲	۲۱	۱۲	۱۸	۲۱	۱۱	۱۷
مجموع حد گستردگی ضعیف (درصد)	۴۲.۵٪	۴۲.۳۵٪	۴۸٪	۵۷.۶۶٪	۳۸.۵۹٪	۰٪	۱۳	۱۲	۱۱	۱۲	۲۱	۱۲	۱۸	۲۱	۱۱	۱۷
مجموع حد گستردگی غ ق ق (درصد)	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۳۴.۲۳٪	۱۰۰٪	۱۳	۱۲	۱۱	۱۲	۲۱	۱۲	۱۸	۲۱	۱۱	۱۷
شماره نمودار alcons	۱۷	۱۱	۲۱	۱۲	۲۱	۱۳	۱۳	۱۲	۱۱	۱۲	۲۱	۱۲	۱۸	۲۱	۱۱	۱۷
میانه (درصد) alcons در هر نمودار	۵.۷۶	۵.۹۳	۵.۵۳	۵.۷۲	۵.۹۷	۶.۲۸	۱۰۰	۲	۴.۴۷	۴.۴۷	۶.۲۸	۵.۹۷	۵.۷۲	۵.۵۳	۵.۹۳	۵.۷۶

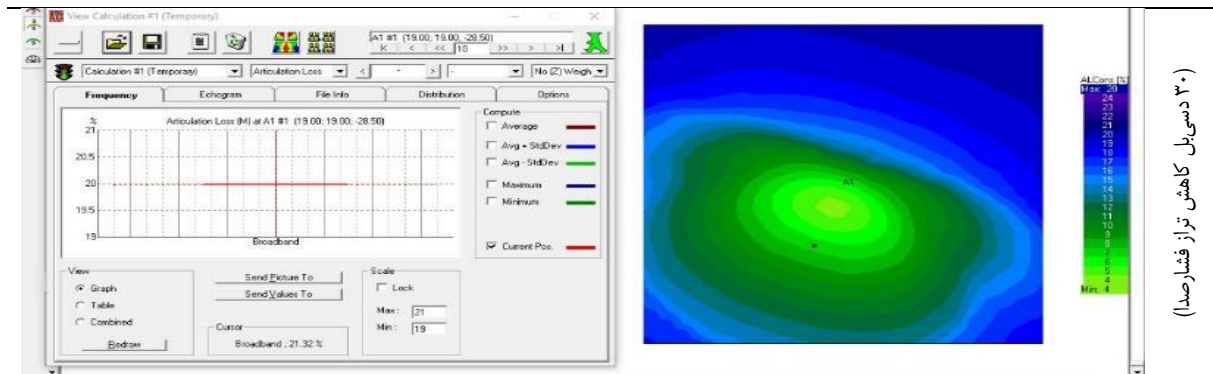


جدول ۱۳. نمودارهای (Ease) Alcons





ادامه جدول ۱۳. نمودارهای (Ease) Alcons



می‌شوند (اگان ۱۳۹۰، ۵۳-۵۴). مصالح جاذب در کنترل واخشن و پژواک بسیار موثر هستند. آجر از جمله مصالح ساختمانی مناسب برای تضعیف صوت است. دیوارهای آجری، صوت بسیار کمی را جذب می‌کنند و آن را با هر نوع فرکانسی منعکس می‌سازند و یک دیوار متراکم بتنی رنگ شده یا گچی ۵ درصد از صوتی که به آن اصابت می‌کند را جذب می‌کند. از این‌رو، چنین دیواری یک دیوار منعکس‌کننده است (هاشمی و داداش‌زاده ۱۳۸۹، ۴۱-۴۲). طبق جدول ۱۴ سنگ ساختمانی به کار رفته در گنبدخانه که در ازاره‌های سنگی، نقش جاذب صدا و سایر مصالح نقش بازتاب‌دهنده و پخش‌کننده را ایفا می‌کنند.

با توجه به جدول ۱۲، در گنبدخانه ۵۰ درصد کلمات به درستی شنیده می‌شوند و با افزایش تراز فشار صوت درصد اشتباهات گفتاری افزایش پیدا می‌کند. با توجه به جدول ۱۳، می‌توان نتیجه گرفت که بهترین میزان Alcons در مرکز گنبدخانه، جنوب، جنوب‌غربی و تا حدودی جنوب‌شرقی (با رنج استاندارد ۷٪ تا ۳٪) است.

بررسی مصالح گنبدخانه

مصالحی که ضریب جذب<sup>۲۲</sup> صدای آن‌ها بزرگتر از ۰.۵ باشد؛ به‌عنوان مصالح جاذب صدا شناخته می‌شوند و مصالحی که ضریب جذب آن‌ها پایین و کوچکتر از ۰.۲ باشد؛ منعکس‌کننده صدا نامیده

جدول ۱۴. ضرایب جذب مواد و مصالح گنبدخانه نظام‌الملک در نرم افزار Ease (مأخذ: نگارندگان)

فرکانس	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰	۱۰۰۰۰	
CCLY BRIKE آجر رسی	۰.۰۲	۰.۰۲۵	۰.۰۳	۰.۰۳۵	۰.۰۵	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۰۷	سنگ ساختمانی
TILE GLAZD کاشی لعابدار	۰	۰	۰	۰	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	
GRAVEL سنگ ساختمانی	۰.۲۵	۰.۶	۰.۶۵	۰.۷۱	۰.۷۶	۰.۸	۰.۷۱	۰.۷۱	
GYPBRD 5/8 گچ	۰.۵۶	۰.۱۹	۰.۱۷۵	۰.۱۳	۰.۱۶	۰.۱۵	۰.۱۴	۰.۱۴	

راهنمای جدول	جاذب صدا (بزرگتر از ۰.۵)	منعکس‌کننده صدا (کوچتر از ۰.۲)
--------------	--------------------------	--------------------------------

جدول ۱۵. ضرایب پراکندگی مواد و مصالح EASE 4.4 Material Database (مأخذ: نگارندگان)

فرکانس	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰	۱۰۰۰۰	
CCLY BRIKE آجر رسی	۰.۹۸	۰.۹۷۵	۰.۹۷	۰.۹۶	۰.۹۵	۰.۹۳	۰.۹۳	۰.۹۳	سنگ ساختمانی
TILE, GLAZD کاشی لعابدار	۱	۱	۱	۱	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۹۹	
GRAVEL سنگ ساختمانی	۰.۷۵	۰.۴	۰.۳۵	۰.۲۹	۰.۲۴	۰.۲	۰.۲	۰.۲۹	
GYPBRD 5/8 گچ	۰.۴۴	۰.۸۱	۰.۸۲۵	۰.۸۷	۰.۸۴	۰.۸۵	۰.۸۶	۰.۸۶	





تصویر ۷. تفکیک مصالح بکار رفته در فضای داخلی مدل سه‌بعدی (مأخذ: نگارندگان)

کیفیت گفتار در گنبدخانه در رنج ۰.۴ تا ۰.۷۱ یعنی ضعیف تا خوب قرار گرفته است؛ و بهترین کیفیت گفتار در مرکز گنبدخانه و سپس جنوب و جنوب‌غربی و تا حدودی جنوب‌شرقی است. شدت تراز فشار صدا در حالت نرمال، ۸۲ درصد وضوح گفتار در فضای را تامین می‌کند.

Alcons که مقدار ثابتی است و در محدوده ضعیف (اما قابل قبول) قرار دارد.

### بحث و نتیجه‌گیری

طبق این پژوهش مشخص شد که در فرکانس‌های میانی، گنبدخانه زمان واخنش مطلوبی ندارد؛ و بهترین زمان واخنش در فرکانس‌های پایین و بالا (خارج از محدوده فرکانس‌های مکالمه) ایجاد می‌گردد. تراز فشار صوتی در همه فرکانس‌ها در محدوده شنوایی و تا حدی محدوده‌ی موسیقی قرار می‌گیرد؛ اما خارج از محدوده مکالمه است. با توجه به جدول استاندارد STI، میزان

جدول ۱۶. خلاصه نتایج بررسی پارامترهای آکوستیکی در گنبدخانه (مأخذ: نگارندگان)

Alcons	C50	STI	SPL	RT	پارامتر آکوستیک
۵۰ درصد	۸۲ درصد	۶۷ درصد	غیرقابل قبول	در فرکانس‌های مکالمه غیرقابل قبول	پذیرش بر اساس استاندارد جهانی

کاهش انرژی صدا توسط مصالح جاذب و خلل و فرج بین آجرها و حذف پخش‌کنندگی در پایین وضوح گفتار مطلوب در این فضا تامین می‌گردد؛ و همه این دلایل اثبات‌کننده این موضوع است که عناصر تشکیل‌دهنده گنبدخانه، اعم از ساختار و مصالح، با یکدیگر هماهنگ با وضوح گفتار فضا در ارتباط هستند.

### پی‌نوشت‌ها

۱. نرم افزار E.A.S.E یکی از برنامه‌های کاربردی در زمینه آکوستیک و الکتروآکوستیک می‌باشد. این برنامه، ابزار جامع تحلیل آکوستیکی فضاهای محصور می‌باشد و قادر است تحلیل‌های مربوطه را در محیطی کاملاً گرافیکی توسط مدل‌های سه‌بعدی که در محیط خود برنامه ساخته شده و یا از طریق نرم افزارهای دیگر ساخته و به برنامه وارد می‌شود را انجام دهد (قیابکلو ۱۳۹۲).

بنابراین فضای گنبدخانه زمان واخنش مطلوبی ندارد و نیاز به بهینه‌سازی از طریق مصالح دارد. با توجه به درصد اشتباهات شنیداری بدست آمده در گنبدخانه می‌توان گفت که هندسه و مصالح کاربردی در گنبدخانه در راستای پخش صوتی و انعکاس بیشتر و مانایی بیشتر اصوات در فضا، طراحی شده است؛ و روی خوانایی اصوات و وضوح آن توجه و تمرکز زیادی ندارد. شاید هدف طراح ارتقای حس مکان با استفاده از اصوات بوده نه یادآوری کلامی آن، که کلام صرفاً انتقال‌دهنده مفهوم و محتوا است؛ و صدای زمینه (بدون ارتباط معنایی) ایجادکننده حس فضا و مکان می‌باشد. با توجه به پخش‌گر بودن مصالح گنبدخانه، هندسه فضا باید برای بهبود صدا، خاصیت جذب‌کنندگی را فراهم نماید؛ بنابراین ارتفاع زیاد در گنبدخانه باعث بالا رفتن صدا به کمک جریان هوا می‌گردد؛ و به جای جذب صوت از طریق مصالح پایین‌دستی با انتقال صوت به فضاهای فوقانی و



۱۵. بنای تاریخی مسجد جامع در سال ۲۰۱۲ میلادی با شماره ۱۳۹۷ در فهرست آثار جهانی به ثبت رسید.
- 16 Everest  
17 Pohlmann  
18 Ghiyabaklu  
19 Houtgast  
20 Steeneken
۲۱. گستردگی کمی بر پایه مساحت فضا است.
۲۲. ضریب جذب صدا نشان‌دهنده‌ی میزان جذب انرژی صوتی یک ماده با ابعاد مشخص در یک برخورد است که با سنجش دقیق در آزمایشگاه به دست می‌آید. ضرایب جذب برای مصالح ساختمانی معمولاً بین ۰.۰۱ تا ۰.۹۹ متغیر است.
- 2 António P. O  
3 Zühre Sü Gül  
4 Sü  
5 Caliskan  
6 Tavukcuoglu  
7 Fausti  
8 Pompoli  
9 Prodi  
10 Carvalho  
11 Amado  
12 Ghaffari  
13 Mofidi  
14 Eugenio Galdieri

## منابع

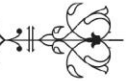
۱. اگان، ام. دیوید. ۱۳۹۰. آکوستیک در معماری. ترجمه م. حسنی. تهران: یزدا.
۲. دادخواه، پژمان. ۱۳۹۵. جستاری بر تزئینات گنبدخانه نظام الملک مسجد جامع اصفهان. در همایش بین‌المللی افق‌های نوین در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی و مدیریت فرهنگی شهرها. تهران: دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.
۳. داداش‌زاده، زینب، و سید ابوالفضل هاشمی. ۱۳۸۹. آکوستیک و کنترل صدا. تهران: یزدا.
۴. سعادت، سیده ناهید. ۱۳۹۱. مقایسه وضوح گفتار و زمان واخنش در مسجد شبیه‌سازی شده با ارتفاع گنبد‌های متفاوت توسط نرم‌افزار شبیه‌ساز صوتی EASE. در دومین کنفرانس بین‌المللی آکوستیک و ارتعاشات. تهران: دانشگاه صنعتی شریف، دی‌ماه.
۵. ۱۳۹۱. بررسی اثر شکل‌های مختلف گوشه‌بندی (مقرنس، شمسه، کاربندی، و یزدی‌بندی) در مکان‌های مذهبی بر وضوح گفتار. کارشناسی ارشد رشته مهندسی صدا. تهران: دانشگاه صدا و سیمای جمهوری اسلامی ایران.
۶. فرحزاد، نریمان، سمیرا صفی، و عباس غفاری. ۱۳۹۱. ارزیابی کیفیت آکوستیکی مسجد جامع یزد. در دومین کنفرانس بین‌المللی آکوستیک و ارتعاشات. تهران: دانشگاه صنعتی شریف، دی‌ماه.
۷. قیابکلو، زهرا. ۱۳۹۲. طراحی آکوستیکی سالن همایش چندمنظوره با الهام از پوسته صدف دریایی. نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی ۱۸ (۳): ۱۷-۲۴.
۸. کارگر، عبدالرضا. ۱۳۹۵. مسجد جامع عتیق، موزه‌ای از در و عتیق. تدوین شده توسط م. قانونی. اصفهان: سازمان فرهنگی تفریحی شهرداری اصفهان.
۹. کریمی، عقدا، احمد گودرزینیا، و ایرج گودرزینیا. ۱۳۸۷. بررسی نقش ارتفاع گنبد اصلی در آکوستیک مسجد امام اصفهان. در نخستین همایش فناوری‌های بومی ایران. تهران: انجمن فناوری‌های بومی ایران.
۱۰. گالدیری، اوژنیو. ۱۳۵۵. اطلاعاتی راجع به گنبدخانه نظام‌الملک مسجد جامع اصفهان. فرهنگ معماری ایران (۲-۳).
۱۱. گالدیری، اوژنیو. ۱۳۷۰. مسجد جامع اصفهان. ترجمه ع. جبل عاملی. تهران: موسسه متن.
۱۲. محمدی، مسعود. ۱۳۹۴. تحلیل اندازه‌گیری زمان واخنش و نوبه زمینه در اتاق موسیقی عمارت عالی‌قاپوی اصفهان. صوت و ارتعاش ۴ (۷): ۳۲-۳۷.
۱۳. نصیری، پروین. ۱۳۷۸. مبانی آکوستیک در ساختمان. تهران: انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.



## References

1. António P. Carvalho, José D. Amado. 2011. *The Acoustics of the Mekor Haim Synagogue*. Portugal: Inter Noise.
2. António P. O. Carvalho, C. P. 2011. *Acoustical Characterization of the Central Mosque of Lisbon*. Forum Acusticum 2011
3. Carvalho AP, Amado JD. 2011. *The Acoustics of the Mekor Haim Synagogue, Portugal*, Portugal Laboratory of Acoustics, Faculty of Engineering. Osaka, Japan: University of Porto.
4. Dadashzade, Zeinab, and Seyed Abolfazl Hashemi. 2010. *Acoustics and Sound Control*. Tehran: Yazda.
5. Dadkhah, Pejman. 2016. An Inquiry into the Decorations of the Dome of the Nizam-ol-Molk Mosque in Isfahan. *International Conference on New Horizons in Civil Engineering, Architecture and Urban Planning and Cultural Management of Cities*. Tehran: Islamic Azad University, Central Tehran Branch.
6. Egan, M. 2011. *Architeturual Acoustics*. Translated by M. Hasani. Tehran: Yazda.
7. Everest, F. Alton, and Ken C. Pohlmann. 1981. *Master Handbook of Acoustucd (Fifth ed.)*. The McGraw-Hill Companies.
8. Farahza, Nariman, Samira Safi, and Abbas Ghafari. 2012. Assessing the Acoustic Quality of Yazd Grand Mosque. In *International Conference on Acoustics and Vibration*. Tehran: Sharif University of Technology.
9. Fausti, P., R. Pompoli, and N. Prodi. 2003. *Comparing The Acoustics of Mosques and Byzantine Churches*. Università di Ferrara.
10. Galdiri, Eugenio. 1992. *Jame Mosque of Isfahan*. Translated by Jabal Ameli. Tehran: Text Institute.
11. Ghaffari Abbas, Mofidi Seyyed Majid. 2014. Comparing Reverberation Time in West Churches and Mosques of Qajar Era in Tabriz. *Armanshahr* 7 (12): 13-29.
12. Ghiyabaklu, Zahra. 2008. *Fundamentals of Physics Building One (Acoustics)*. Tehran: University Jihad Amirkabir University of Technology.
13. Houtgast, T, and H.J.M Steeneken. 2002. *Past, Present and Future of the Speech Transmission Index*. The Netherlands: TNO Human Factors, Soesterberg
14. International Electrotechnical Commission (IEC). IEC 60268) .-1998 -16.Sound system equipment- Part 16- Objective Rating of Speech Intelligibility by Speech Transmission Index .
15. Kargar, A. 2016. *Jame Mosque of Isfahan, the Museum of Gem and Onyx*. Isfahan: Isfahan Municipality Cultural and Entertainment Organization.
16. Karimi, Aghda, Ahad Godarzniya, and Iraj Godarzniya. 2008. Investigating the Role of the Height of the Main Dome in the Acoustics of Imam Mosque in Isfahan. In *the First Conference of Iranian Indigenous Technologies*. Tehran: Iranian Association of Indigenous Technologies.

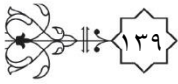




17. Mohamadi, Masoud. 2015. Analysis of Time Measurement and Background Noise in the Music Room of Aali Qapo Mansion in Isfahan. *Sound and Vibration Promotion* 4 (7): 32-37.
18. Nasiri, Parvin. 2000. *Acoustic Basics in the Building*. Tehran: Publications of the Building and Housing Research Center.
19. Saadati, Nahid. 2012. Comparison of Speech Clarity and Timing in Two Simulated Mosques with Different Dome Heights by EASE Audio Simulator Software. In *International Conference on Acoustics and Vibration*. Tehran: Sharif University of Technology.
20. . 2012. *Investigating the Effect of Different Angles of Separation (Mogharnas, Shamseh, Karbandi and Yazdibandi)*. Tehran: Faculty of Radio and Television of the Islamic Republic of Iran.
21. Zühre Sü Gül, and Mehmet Çalışkan. 2012. Impact of Design Decisions on Acoustical Comfort Parameters: Case Study of Doğramacızade Ali Paşa Mosque. *Applied Acoustics* 74(6):834–844
22. Zühre Sü, Mehmet Caliskan, and Ayse Tavukcuoglu. 2014. *On The Acoustics of Süleymaniye Mosque*. *MEGARON / Yıldız Technical University Faculty of Architecture E-Journal* 9(3):201-2016.







**Acoustic quality assessment at Nezamol molk dome of Jame Mosque of Isfahan \***

**Vahid Afshin mehr**

Assistant Professor of Payame Noor University

*Corresponding Author: afshinmehr11@yahoo.com*

**Abbas Ghafary**

Assistant Professor of Islamic Art, Tabriz University

**Reyhaneh Zamani**

M.Sc. Student of Architecture, Department of Architecture,  
Payame Noor University

**Received:** 04/10/2020      **Accepted:** 23/02/2021

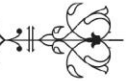
## Abstract

Incontrovertibly, the sense of hearing is one of the five most substantial human senses. In fact, the human ear receives sound and transmits to the human brain by the auditory organs. Hence, sound can be considered as one of the key tools of human communication with each other and the environment around them. Since acoustic has a profound impact on the body, soul, and the performance of human it finds a unique place in cooperation with other sciences, namely architecture, in its' hundred years of existence. In accordance with this issue, one of those spaces that has a great impact on the level of performance, and sense of serenity is mosque. This is because individuals gather together in mosques in order to find a quite space away from everyday conflicts.

In the past due to lack of cutting-edge technology, there were some predicaments for people inside the mosque to hear the voice of speaker; however, mosques were designed in a way to have a great acoustic response on the environment. Actually the high volume of space and the large number of hard and reflective materials, somehow made it difficult for the audience to understand speech and sound.

Geometric decoding of the architecture of Iranian mosques from the perspective of engineering and understanding the effective parameters of the capabilities of structures and their performance are the requirements that should be considered in order to preserve and revive these works and their application in contemporary architecture. One of the most unknown functionality features of mosques, especially in domes, are their sound status which according to contemporary knowledge does not have comprehensible engineering and even has some inconsistencies. Speech clarity and reverberation time are the main acoustic parameters of architecture that can be considered as indexes to examine audio comfort that have been influenced by a factor called geometry in the architecture of domes. In this research, jame mosque of Isfahan has been selected because it was a center of old texture of this city at the beginning of its formation at the second century AH which encompasses thousands of years of valuable structural, architectural, and artistic characteristics. The Nezam Al molk dome which is located on the south of jame mosque belongs to Saljuk era is one of the precious mementos with covered interior space decorated with brick, stucco, stone, tile has been evaluated as one of the most prominent brick domes in terms of geometry and sound effects.





Among the large number of studies and research that are done in the world a very small percentage of it belongs to the acoustic science and especially the acoustics of mosques. While in this quantitative research with the help of simulation and accurate calculations of Ease 4.4 software which is one of the widely used applications in acoustic field, and according to the international standards presented in Acoustic books analyze the quality of sound and acoustic parameters in the dome the factors including reverberation time (RT), sound clarity (C50), speech transfer coefficient (STI), and audio pressure level (SPL) have been evaluated. The results show that acoustic parameters (RT is the most important) are not acceptable in the dome and need to be optimized and owing to the fact that geometry and physical structure is inconvertible, optimization can be achieved by focusing on available materials. In contrast, Speech resolution (C50) in this space is appropriate and acceptable. In other words, mogharnas, squinches and all the introduced spaces in this model create a space that despite the inability to create an appropriate time reverberation, provides the required clarity of speech of the space. These contradictions, indicates the coordination of the components of the dome such as height, volume, squinch and Mogharnas and their effect on sound quality. In other words, transmission of sound to the upper space and exiting out of the level of the human ear as well as absorption of sound energy will assist to broadcast sound greatly and create clear audio in the space itself. As a consequence, the effect of background sound from external environments will be minimized in order to provide understandability and clarity of speech in the dome. Geometry and applied materials at the dome were designed to broadcast the sound, more reflection and stability of the sound in the atmosphere, and it is not focused on clarity of the sound. Perhaps the goal of the space designer is to enhance the sense of place by using sounds, not verbal reminders, which are merely conveying meaning and content, and background sound (without semantic connection) creates a sense of space and place. Center, south, southwest, southeast, of dome have a better position in terms of acoustic. Certainly, the acoustic study in such an important historical building is a turning point for more knowledge of traditional Iranian architecture and its preservation and continuity based on the needs of the contemporary era.

**Keywords:** clarity/ Reverberation time / Acoustic / Nezamol molk dome / C50

