تأثیر طراحی آکوستیکی در تأمین آسایش صوتی در آپارتمان‌های مسکونی شهر تهران

شهلا غفاری جباری* ـ شیوا غفاری جباری**
الهام صالح***

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۸
تاریخ پذیرش نهایی: ۹۳/۱/۱۶

چکیده

داشتن زندگی توأم با آرامش و آسایش اهمیت فراوانی دارد. هیاهوی شهری و صدای ترافیک از جمله عواملی است که آرامش را از بین می‌برد. این صداها تأثیر منفی بر زندگی مردم دارد و استفاده از تدابیر مناسب در جهت کاهش آلودگی صدا یکی از مهم‌ترین نکاتی است که باید مدّ نظر قرار گیرد، انتظار می‌رود که پروژه‌ها و مقالات بسیاری درباره این موضوع ارائه شده باشد، در صورتی که چنین نیست و مقالات ارائه شده در این زمینه بسیار محدود است و بسیاری از دانشجویان ساختمان آموزش مناسب را در این زمینه نمی‌بینند. و در طراحی‌های خود به این موضوع توجهی نمی‌کنند. بنابراین لزوم ارائه مقاله‌ای شامل یک روش کاربردی ساده که به بررسی وضعیت آکوستیکی یک نمونه موردی می‌پردازد، احساس می‌شود. در این مقاله با استفاده از روش میدانی ـ تحلیلی وضعیت صدا در یکی از آپارتمان‌های متداول شهر تهران مورد بررسی قرار گرفته است. نمونه موردی از جامعه آماری آپارتمان‌های متداولی که معمولاً در سطح شهر وجود دارد، انتخاب شده است. چرا که باید موضوع آسایش صوتی در ساختمان را برای همه ساخت و سازهای متداول فرهنگ‌سازی کرد. این موضوع به ویژه در ساختمان‌های حواشی بزرگراه‌ها از اهمیت فراوان برخوردار است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که با یک طراحی مناسب و استفاده از مصالح مناسب می‌توان تا میزان زیادی در برابر صداهای هوابرد چون ترافیک، عایق صوتی ایجاد کرد. در مورد نمونه‌های اجرا شده، اصلاح جدارها، باعث بهبود افت صوتی خواهد شد.

واژگان کلیدی: آکوستیک، صدای هوابرد، نوفه، افت صوتی، ساختمان‌های حواشی بزرگراه.

* دانشجوی دکتری معماری اسلامی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران (نویسنده مسئول).
Email: s.ghaffari@tabriziau.ac.ir
** دانشجوی دکتری معماری، دانشکده معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران.
*** کارشناس ارشد معماری، گرایش منظر، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

مقدمه

امروزه زندگی ماشینی، باعث ایجاد مشکلات آکوستیکی در شهرها شده و به موجب آن پیامدهای ناهنجاری به همراه داشته است. پیامدهای زیان‌بار آلودگی صوتی بر انسان به صورت مستقیم و در کوتاه مدت پدیدار نمی‌شود. بلکه صوت زوالی بلند مدت دارد و در همین مدت، تأثیر چشمگیری بر انسان و محیط پیرامون می‌گذارد. آثار فیزیولوژیکی و روانی صدا بر روی انسان غالباً به صورت تدریجی ظاهر می‌شود و در دراز مدت، مستقیماً بر دستگاه عصبی انسان اثر گذاشته و پیامدهای منفی آن بروز می‌کند. امروزه صدا به یک پیامد جهانی تبدیل شده و نظرسنجی‌ها در بسیاری از کشورها نشان می‌دهد که صدا یکی از دلایل اصلی کاهش کیفیت زندگی مردم است. محیط مسکونی ناحیه‌ای است که در معرض مشکلات عمده، به خصوص آلودگی صوتی است (Kia, 2009). بنابراین در طراحی ساختمان‌ها با عملکردهای گوناگون نیازمند تأمین آسایش صوتی هستیم و باید با اتخاذ تدابیری از نوفه (صداهای مزاحم) بیش از حد در محل سکونت و کار پیشگیری شود. به همین جهت در این مقاله سعی شده با محاسبه عملکرد صوتی مصالح رایج مورد استفاده در ساختمان‌های متداول در حاشیه بزرگراه، میزان افت صوتی جداره‌های مرکب محاسبه شود. بدین منظور، ابتدا میزان نوفه زمینه محاسبه شده سپس، شاخص کاهش صدا برای جداره‌های نما به دست آمده است تا به این ترتیب میزان آلودگی صوتی که در داخل واحد به گوش می‌رسد، به دست آید. سپس به کمک راهکارهای پیشنهادی میزان جذب صدا به حد مطلوب رسانده شده و مقایسه‌ای بین عملکرد آن‌ها انجام شده است. در این مقاله از اثر پژواک در فضای داخلی آپارتمان صرفنظر شده است.

بسیاری از مهندسان محیط تاکنون پژوهش هایی را در زمینه تأثیر نامطلوب آلودگی صوتی بر انسان انجام داده‌اند. برای مثال می‌توان به (Movafagh, 2009) و (Hedayati, 1994) اشاره کرد. در این مقالات با بررسی نمونه‌های موردی چون آپارتمان‌های اکباتان و یا بیمارستان الغدیر تهران و با استفاده از دستگاه صدا سنج[1]، آلودگی صوتی زمینه به دست آمده و راهکارهایی برای کاهش آلودگی صوتی بیان شده است. در این مقاله سعی شده به منظور تکمیل روند پروژه‌های قبلی و با روش محاسبه آیین نامه ۱۸ مقررات ملی و به کمک تحلیل داده‌های موجود، نحوه دستیابی به آسایش صوتی در محیط‌های مسکونی با مصالح رایج ارائه شود.

۱. مبانی نظری پژوهش

آکوستیک را می‌توان فن طراحی فضاها و بناها و سیستم‌های مکانیکی مطابق با نیازهای شنوایی دانست که با طراحی صحیح بتوان صدای مطلوب را شنید و نوفه (صداهای ناخواسته) را تا حد قابل قبول کاهش داد. در اینجا ابتدا معرفی کوتاهی درباره ویژگی‌های صوت می‌شود: صدا دارای دو عامل فیزیکی (بسامد، شدت صدا) و روانی (زیر و بم، بلندی صدا) است. این دو عامل با هم متناظر هستند یعنی وقتی صحبت از زیر و بمی صدا می‌کنیم منظور همان بسامد صدا است یا شدت صدا همان بلندی صدا است. اما ساختار گوش انسان به گونه‌ای است که اگر شدت ثابت بماند و بسامد تغییر کند شخص احساس می‌کند که بلندی صدا تغییر کرده است، در حالی که چنین نیست.

صدا را می‌توان به سه حالت نغمه ناب، نغمه و نوفه دسته‌بندی کرد (Jacobsen et al., 2011). در معماری، هدف کنترل نوفه است. صدای ترافیک، هواپیما و ... از جمله صداهای نوفه می‌باشد. برای کنترل نوفه باید ابتدا بتوان میزان صدا را اندازه‌گیری کرد. حداکثر تراز شنوایی انسان۱۴۰دسی بل است؛ یعنی اگر تراز صدا بیشتر از ۱۴۰ دسی بل شود، پرده گوش انسان پاره می‌شود و صدای زیر ۴۰ دسی بل در منطقه سکوت قرار دارد (Jacobsen et al., 2011).

برای آکوستیک کردن ساختمان باید موارد زیر را در نظر گرفت: ۱. برسنج نوفه[2] ۲. صدا بندی جداره‌ها ۳. ساکت‌سازی سیستم‌های تأسیساتی ۴. شکل بنا ۵. تراز صدای خواسته. برسنج نوفه برای ساختمان‌ها با کاربری‌های مختلف در آیین نامه مقررات ملی مبحث ۱۸ آمده است. علاوه بر سر و صدای محیط بیرونی که شامل صدای ترافیک می‌شود، باید صداهای موجود داخل فضا را نیز تحت کنترل قرار دارد. این موضوع به ویژه در سالن‌های کنفرانس یا تالارها و سینماها حائز اهمیت است (Hedayati, 1994).

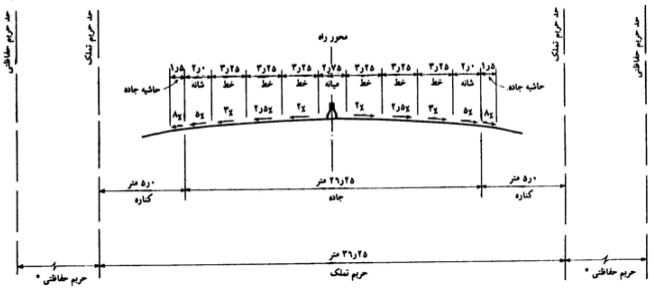
۲. روش تحقیق

روش تحقیق در این مقاله به این صورت است که در ابتدا با توجه به میزان سر و صدای ناشی از ترافیک بزرگراه کردستان، میزان نوفه‌ای که به ساختمان می‌رسد. سپس میزان صدابندی جداره‌های محاسبه می‌شود. اگر میزان صدابندی مناسب نباشد راهکارهایی برای بهبود صدابندی جداره‌ها پیشنهاد می‌شود. محاسبات مربوطه تکرار شده و میزان صدابندی به دست آمده برای هر یک از تمهیدات با هم مقایسه شده و نتایج به صورت دسته‌بندی شده بیان می‌شود.

۳. معرفی نمونه موردی «آپارتمان مسکونی بوستان»

آپارتمان مسکونی بوستان در جنب بزرگراه کردستان و در۶ طبقه ساخته شده است که طبقات تیپ هم و طبقه همکف پارکینگ می‌باشد. جنس مصالح نمای ساختمان از مصالح متداول و معمول است. در شکل ۱ و ۲ نقشه‌های مربوطه ارائه شده است.

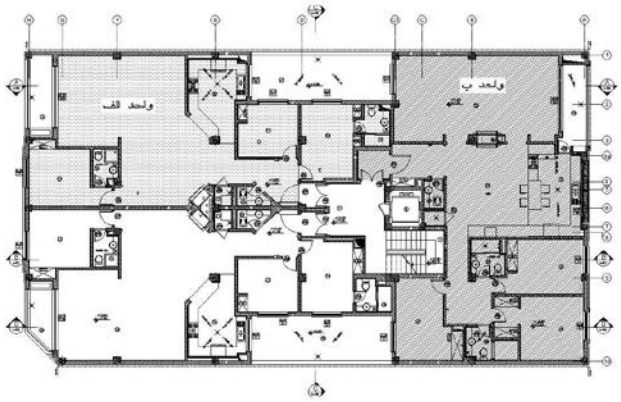
شکل ۱: نیم‌رخ عرضی بزرگراه شش خطه کردستان



(Hedayati, 1994, p. 2)

بزرگراه کردستان ۶ خطه بوده و عریض می‌باشد و فاصله ساختمان‌های مسکونی با لبه این بزرگراه کم می‌باشد (Hedaya-ti, 2006, p. 32).

شکل ۲: پلان آپارتمان مسکونی بوستان



در جدول ۱ مصالح مورد استفاده در ساختمان به همراه مقدار عددی شاخص کاهش صوتی (Rw) آن‌ها مطابق با آیین نامه مقررات ملی مبحث ۱۸ آمده است (Mogharare Melli, 2001, p. 29).

جدول ۱: مقدار شاخص کاهش صدا برای مصالح مورد استفاده (Rw)

نوع	دیوار آجری فشاری ۲۵ سانتی با چگالی ۳۶۵	دیوار آجری فشاری ۱۲ سانتی با چگالی ۲۷۵	سقف بتنی با ساختار تیرچه بلوک فرش شده با موزائیک	پنجره معمولی با پروفیل آهنی و شیشه ۴ میلی متر	در یک لایه برای اتاق
Rw (دسی بل)	۵۱	۴۸	۸۳	۱۶	۲۵

۴. کاهش تراز نوفه ترافیک بر اثر فاصله

با توجه به اینکه بنای مورد نظر بسیار نزدیک بزرگراه می‌باشد. باید میزان نوفه‌ای که به ساختمان می‌رسد، هم در نظر گرفته شود. بنابراین در اینجا به بررسی شرایط بزرگراه پرداخته شده است و میزان نوفه‌ای که به ساختمان می‌رسد را محاسبه می‌شود. چرا که میزان نوفه بر نوع انتخاب جداره‌ها تأثیر می‌گذارد. جداره‌های ساختمان باید به نوعی انتخاب شوند که میزان صدای داخل تا حد مطلوب کاهش یابد. نوفه ترافیک دراین بزرگراه که حرکت وسیله نقلیه کمابیش به صورت پیوسته در آن جریان دارد، به صورت منبع خطی است که در این شرایط امواج صوتی به شکل استوانه‌ای پخش

می‌شود. از بررسی انجام شده توسط سازمان تحقیقات مسکن نتیجه‌گیری شده است که تراز نوفه ترافیک در کنار بزرگراه کردستان (تراز معادل صدای وزن یافته (LAeqT) برابر ۷۷,۷ دسی بل است (Hedayati, 2004, p. 2). اما این میزان با فاصله گرفتن از بزرگراه کاهش می‌یابد. میزان کاهش تراز نوفه ترافیک بر اثر فاصله بستگی به فاصله افقی بین خط منبع تا ساختمان و ارتفاع دریافت کننده دارد و مقدار کاهش از رابطه (۱) و (۲) به دست می‌آید:

$$L = -10\log d'/d_0 \qquad (۱)$$

$$d' = (d^2 + h^2)^{1.2} \qquad (۲)$$

جدول۲ محاسبات مربوطه را نشان می‌دهد. همانگونه که دیده می‌شود میزان کاهش ۲,۸ دسی بل است. در نتیجه نوفه هنگام رسیدن به جداره نما ۷۴,۹ دسی بل است. اکنون میزان صدابندی جداره‌ها محاسبه می‌شود.

جدول ۲: میزان کاهش نوفه ترافیک بر حسب فاصله

L	d_1	h	d	d_0
-۲,۸	۱۳۰۸	۱۹,۲۵	۵	۲

۵. روش محاسبه

برای محاسبه صدابندی جداره در اینجا از روش تک عددی استفاده می‌شود. در این روش، به این صورت عمل می‌شود که مساحت و شاخص کاهش صدای همه جداره‌های ساده موجود در طرح به دست می‌آید. منظور از جداره ساده، جداره‌ایست که در مقطع از یک یا چند لایه تشکیل شده باشد. مانند در، پنجره، دیوار آجری. مساحت جداره‌ها (S) که به راحتی قابل محاسبه است. مقدار شاخص کاهش صدا هم بر اساس جداول ارائه شد در آیین نامه مقررات ملی مبحث ۱۸ به دست می‌آید (Iranian fuel conservation company,1380, p. 14).

سپس ضریب تراگسیل جداکننده‌های ساده با استفاده از فرمول (۳) محاسبه می‌شود. سپس با داشتن τ و S تک تک جداره، ضریب تراگسیل جداکننده مرکب با فرمول (۴) محاسبه می‌شود.

$$R = 10\log\frac{1}{\tau} \Rightarrow \tau = 10^{-(0.1)R} \qquad (۳)$$

$$\tau = \frac{\tau_1 s_1 + \tau_2 s_2 + \ldots + \tau_n s_n}{s_1 + s_2 + \ldots + s_n} \qquad (۴)$$

با داشتن ضریب گسیل و با استفاده از فرمول (۵) مقدار کاهش صدای جداره محاسبه می‌شود.

$$R = 10\log\frac{1}{\tau} \qquad (۵)$$

۶. میزان صدابندی جداره‌ها

در شکل۲ پلا ن تیپ طبقات نشان داده شده است. روش تحقیق به این صورت است که با استفاده از داده‌های مربوط به میزان کاهش صدای مصالح مختلف که در آیین نامه مقررات ملی مبحث ۱۸ درج شده است و محاسبه مساحت جدارهای میزان Rw جداره‌های مرکب به کمک فرمول‌های (۱،۲،۳) به دست می‌آید. جداره‌های مرکب بر اساس تعریف سازمان تحقیقات و مسکن جداری است که سطح آن از چند جدا کننده ساده تشکیل شده است. مانند دیواری که شامل در و پنجره باشد (Iranian Fuel Conservation Company, 1380, p. 14).

مقادیر Rw به دست آمده باید به مقادیر پیشنهاد شده در آیین نامه مقررات ملی برابر باشد. در مورد جداره‌های ساده نیز ارقام محاسبه شده باید با اعداد پیشنهادی مقررات ملی مقایسه می‌شود و در صورت نیاز باید با اصلاح مصالح مقدار Rw بهینه‌سازی شود. در جدول۳ میزان نوفه زمینه‌ای که در اتاق‌های واحدهای الف و ب به گوش می‌رسد در مقایسه با ارقام پیشنهادی آیین نامه آمده است.

جدول ۳: مقدار کاهش صوتی جداره‌ها

	تراز نوفه زمینه	حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز	اختلاف بین تراز مجاز و موجود
اتاق خواب واحد الف	۵۴	۳۰	۲۴
نشیمن واحد الف	۵۵,۴	۳۵	۲۰,۴
آشپزخانه واحد الف	۵۶	۴۵	۱۱
اتاق خواب واحد ب	۵۳,۹	۳۰	۲۳,۹
نشیمن واحد ب	۵۵	۳۵	۲۰
آشپزخانه واحد ب	۵۴,۴	۴۵	۹,۴

محاسبات مربوط به دو واحد الف و ب که در مجاورت اتوبان قرار دارند، در جدول ۴ آمده است. با توجه به اینکه میزان نوفه زمینه رسیده به ساختمان مذکور ۷۴,۹ دسی بل است و جدارها به طور متوسط تا ۲۰,۱ دسی بل می‌توانند جلوی صدا را بگیرند.

میزان صدای درون فضاها به طور متوسط ۵۴,۸ دسی بل می‌باشد که در مقایسه با ارقام آیین نامه بسیار زیاد است. پس باید با تمهیداتی میزان Rw جداره‌ها افزایش یابد. سه حالت برای بهبود میزان Rw جدار مرکب در نظر گرفته می‌شود:

۱. استفاده ازپنجره دو جداره با دو لایه ۴ و ۸ میلیمتر با فاصله ۵ سانتی‌متر از هم

۲. استفاده از دیوار دو جداره شامل یک لایه صفحه گچی ۱ سانتی‌متری، لایه وسط از پشم سنگ به ضخامت ۵ سانتی‌متری و جدار دوم از صفحه گچی ۱ سانتی‌متری

۳. استفاده از هر دو مورد ذکر شده به طور هم زمان. به این ترتیب محاسبات دوباره انجام می‌شود. در جدول ۴ محاسبات مربوط به سه حالت ذکر شده و در جدول ۵ محاسبات بعد از اصلاح جداره‌ها در سه حالت پیشنهادی نشان داده شده است. جدول۶ نیز میزان نوفه زمینه موجود در فضاها با حداکثر تراز نوفه مجاز را نشان می‌دهد.

جدول ۴: محاسبات مربط به واحدهای الف و ب

			Swall	Swin	کل S	Rwall	Rwin	کل Rw	قابل قبول Rw
دیوارهای خارجی واحد الف	اتاق خواب	دیوار A	۸,۳	۳,۶	۱۱,۹	۵۱	۱۶	۲۱	۴۵
		دیوار B	۶,۲۶	۳,۶	۹,۸۶	۵۱	۱۶	۲۰	۴۵
		دیوار C	۷,۲۸	۳,۶	۱۰,۹	۵۱	۱۶	۲۱	۴۵
	نشیمن	دیوار L	۹,۲۶	۷,۴	۱۶,۷	۵۱	۱۶	۲۰	۴۰
	آشپزخانه	دیوار O	۳,۷۵	۴	۷,۷۵	۵۱	۱۶	۱۹	۳۵
دیوارهای خارجی واحد ب	اتاق خواب	دیوار G	۷,۷۹	۳,۶	۱۱,۴	۵۱	۱۶	۲۱	۴۵
		دیوار H	۹,۶۶	۳,۶	۱۳,۳	۵۱	۱۶	۲۲	۴۵
		دیوار I	۴,۹	۳,۶	۸,۵	۵۱	۱۶	۲۰	۴۵
	نشیمن	دیوار M	۹	۸	۱۷	۵۱	۱۶	۱۹	۴۵
		دیوار N	۶,۶	۳,۶	۱۰,۲	۵۱	۱۶	۲۱	۴۰
	آشپزخانه	دیوار P	۱۱	۶	۱۷	۵۱	۱۶	۲۱	۳۵
جداکننده بین دو واحد مجاور و مستقل								۵۱	۵۰

۷. نتیجه‌گیری

شکل۳ محاسبات و نمودار مربوطه نشان می‌دهد که با استفاده صرف از دیوار دو جداره میزان Rw بسیار کم افزایش می‌یابد و به حد قابل قبول نمی‌رسد. به طور مثال در اتاق خواب واحد الف تغییر میزان Rw دیوار تنها ۰,۲ بوده است. اما زمانی که به جای دیوار دو جداره از پنجره دو جداره استفاده می‌شود، میزان Rw به طور متوسط تا ۲۶,۵ دسی بل بهبود می‌یابد. اگر از هر دو حالت دیوار و پنجره دو جداره به طور همزمان استفاده شود، میزان Rw به طور متوسط ۲۷,۸ دسی بل بهبود می‌یابد. شکل ۴ نتایج محاسبه سه طریق پیشنهادی و تأثیر تغییر مصالح بر نوفه زمینه را نشان می‌دهد. همانگونه که مشخص است، دیوار دو جداره تأثیری بر میزان نوفه زمینه ندارد اما با استفاده از پنجره دو جداره می‌توان به تراز نوفه زمینه مجاز رسید.

۸. جمع بندی

با توجه به آنچه گفته شد می‌توان به جمع‌بندی زیر رسید:
در مقایسه سه حالت ذکر شده بهینه‌ترین تأثیر در تعویض پنجره ساده و استفاده از پنجره دو جداره می‌باشد. با این تعویض بدون اینکه به نوع دیوار تغییر داده شود، می‌توان میزان صدای مطلوب را در داخل ساختمان ایجاد کرد. کمترین تأثیر هم، زمانی است که نوع پنجره را ثابت گرفته و دیوار دوجداره باشد. در این حالت میزان صدابندی جداره‌های مرکب به طو متوسط ۲۰ دسی بل است که میزان کمی می‌باشد و حالت دلخواه نمی‌باشد. در حالت سوم با دوجداره کردن پنجره و دیوار به میزان خواسته شده می‌رسد. اما با توجه به هزینه‌های زیادی که این روش ایجاد می‌کند و اینکه با استفاده از پنجره دو جداره هم، می‌توان به میزان دلخواه رسید بنابراین حالت بهینه پیشنهادی، استفاده از پنجره دوجداره می‌باشد.

جدول ۵: محاسبات بعد از اصلاح جداره‌ها در سه حالت پیشنهادی

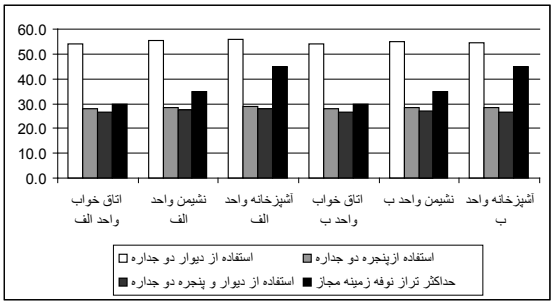
	نوع فضا	شماره دیوار	فقط استفاده از پنجره دو جداره			فقط استفاده از دیوار دو جداره			استفاده از دیوار و پنجره دو جداره			قابل قبول Rw
			Rwall	Rwin	کل Rw	Rwall	Rwin	کل Rw	Rwall	Rwin	کل Rw	
دیوار خارجی واحد الف	اتاق خواب	دیوار A	۴۸,۰	۴۵,۰	۴۶,۹	۵۲,۰	۱۶,۰	۲۱,۲	۵۲,۰	۴۵,۰	۴۸,۵	۴۵
		دیوار B	۴۸,۰	۴۵,۰	۴۶,۷	۵۲,۰	۱۶,۰	۲۰,۴	۵۲,۰	۴۵,۰	۴۸,۱	۴۵
		دیوار C	۴۸,۰	۴۵,۰	۴۶,۸	۵۲,۰	۱۶,۰	۲۰,۸	۵۲,۰	۴۵,۰	۴۸,۳	۴۵
	نشیمن	دیوار L	۴۸,۰	۴۵,۰	۴۶,۴	۵۲,۰	۱۶,۰	۱۹,۵	۵۲,۰	۴۵,۰	۴۷,۶	۴۰
	آشپزخانه	دیوار O	۴۸,۰	۴۵,۰	۴۶,۲	۵۲,۰	۱۶,۰	۱۸,۹	۵۲,۰	۴۵,۰	۴۷,۱	۳۵
دیوار خارجی واحد ب	اتاق خواب	دیوار G	۴۸,۰	۴۵,۰	۴۶,۸	۵۲,۰	۱۶,۰	۲۱,۰	۵۲,۰	۴۵,۰	۴۸,۴	۴۵
		دیوار H	۴۸,۰	۴۵,۰	۴۷,۰	۵۲,۰	۱۶,۰	۲۱,۷	۵۲,۰	۴۵,۰	۴۸,۸	۴۵
		دیوار I	۴۸,۰	۴۵,۰	۴۶,۵	۵۲,۰	۱۶,۰	۱۹,۷	۵۲,۰	۴۵,۰	۴۷,۷	۴۵
	نشیمن	دیوار M	۴۸,۰	۴۵,۰	۴۶,۳	۵۲,۰	۱۶,۰	۱۹,۳	۵۲,۰	۴۵,۰	۴۷,۴	۴۰
		دیوار N	۴۸,۰	۴۵,۰	۴۶,۷	۵۲,۰	۱۶,۰	۲۰,۵	۵۲,۰	۴۵,۰	۴۸,۲	۴۰
	آشپزخانه	دیوار P	۴۸,۰	۴۵,۰	۴۶,۷	۵۲,۰	۱۶,۰	۲۰,۵	۵۲,۰	۴۵,۰	۴۸,۲	۳۵

جدول ۶: میزان نوفه زمینه موجود در فضا با حداکثر تراز نوفه مجاز

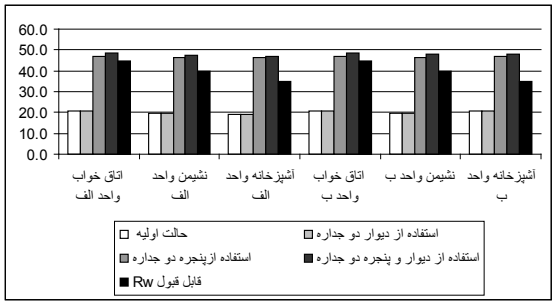
	تراز نوفه زمین			
	استفاده از دیوار دو جداره	استفاده ازپنجره دو جداره	استفاده از دیوار و پنجره دو جداره	حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز
اتاق خواب واحد الف	۵۴,۱	۲۸,۱	۲۶,۶	۳۰
نشیمن واحد الف	۵۵,۴	۲۸,۵	۲۷,۳	۳۵
آشپزخانه واحد الف	۵۶,۰	۲۸,۷	۲۷,۸	۴۵
اتاق خواب واحد ب	۵۳,۹	۲۸,۱	۲۶,۵	۳۰
نشیمن واحد ب	۵۵,۰	۲۸,۴	۲۷,۱	۳۵
آشپزخانه واحد ب	۵۴,۴	۲۸,۲	۲۶,۷	۴۵

با توجه به مباحث مطرح شده می‌توان گفت که برای فراهم نمودن یک صدای خوب در محیط باید از ایجاد نویز یا نوفه جلوگیری کرد که از طریق انتخاب سایت مناسب دور از آلودگی صوتی، دیوارهای دوجداره، مصالح جاذب از چنین محیط‌هایی و همچنین قرار دادن فضاهای واسطه‌ای چون کریدور و انبار میان محیط خارج و داخل می‌توان عایق صوتی ایجاد کرد. همچنین می‌توان در پوشش داخلی دیوارهای دوجداره از مصالح جاذب صوت، میزان جذب نوفه زمینه را افزایش داد. استفاده از عایق‌های صوتی و جداگرهای مناسب درساختمان‌ها نیز باعث داشتن حد مطلوب صدا و کاهش آلودگی صوتی می‌شود تا از ورود صداهای مزاحم بالای ۵۰ دسی بل به داخل ساختمان‌ها جلوگیری نماید.

شکل ۳: مقایسه حداکثر تراز نوفه زمینه و حالت‌های پیشنهادی



شکل ۴: نتایج محاسبه سه طریق پیشنهادی و تأثیر تغییر مصالح بر نوفه زمینه



پی‌نوشت

۱. مدل CEL-450/490

2. Noise Criterion

۳. D_0 فاصله مرجع از خط منبع (m)
۴. d فاصله افقی بین خط منبع و دریافت کننده (m)
۵. d فاصله افقی بین خط منبع و دریافت کننده (m)
۶. d' حداقل فاصله بین خط منبع و دریافت کننده (m)
۷. h ارتفاع دریافت کننده نسبت به مکان مؤثر منبع (m)
۸. L مقدار کاهش فاصله و ارتفاع از دریافت کننده (db)
۹. R شاخص کاهش صدای جدا کننده (db)
۱۰. ضریب تراگسیل جداکننده

References

- Colin H. H. (2011). *Fundamentals of Acoustics*, Department of Mechanical Engineering, University of Adelaide, South Australia 5005, AUSTRALIA, chansen@mecheng.adelaide.edu.au.
- Department of Environment, Climate Change and Water NSW (2010). *Noise Guide for Local Government*, NSW Government, www.environment.nsw.gov.au.
- Jacobsen, F., Poulsen, T., Rindel, J. H., Gade, A. Ch., Ohlrich, M. (2011). *Fundamentals of Acoustics and Noise Control*, Department of Electrical Engineering, Technical University of Denmark.
- Hedayati, M.J. (1994). *Evaluation of the Final Project Report for Acoustic in Ekbatan Buildings,* Tehran.
- Hedayati, M.J. (2004). Management and Planning Organization, Guide to the Acoustic Design of Educational Facilities, Vol. 343, 2, *http://www.bhrc.ac.ir*.
- Hedayati, M.J., Bagheri, H. (2006). Management and Planning Organization of Iran, *Strategies to Reduce Traffic Noise for Surrounding Buildings Highways*, Vol. 342.
- Kia, R. (2009). *Management Strategies to Reduce Noise Pollution; Case Study: Tehran's Nobovat Square in Region 8,* Master Thesis, Tehran University, Faculty of Environment, Department of Environmental Planning and Management.
- Movafagh, A., Jalil zadeh, R., Daliry, A.S., Dosti, M.R. (2009). Evaluation and Measurement of Noise Pollution in One of the Hospitals in Tehran; Case Study: Alghadir Hospital, *Conference and Exhibition of Environmental Engineerin*, Tehran.
- Office of National Building rules (18th Section) (2001). *Insulation & Sound Control in Buildings*, Tehran: Naghsh Toseie Iran.