ارزیابی شرایط آکوستیکی کلاس‌های درس با روش ارزیابی پس از بهره‌برداری

محمد دیده‌بان *
استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه صنعتی جندی شاپور، دزفول، ایران
mdidehban1810@gmail.com

محسن تابان
استادیار گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه صنعتی جندی شاپور، دزفول، ایران
mntaban@jsu.ac.ir

مریم السادات شرافت
کارشناسی ارشد گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه صنعتی جندی شاپور، دزفول، ایران
maryam.sherafat@outlook.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۱۳

چکیده

فضاهای آموزشی نقش اساسی در رشد و تعالی سرمایه‌های انسانی یک کشور دارند؛ از این‌رو شناخت و بررسی کیفیت این فضاها بسیار حائز اهمیت است. سنجش کیفیت این فضاها مستلزم توجه جدی به مرحله‌ی ارزیابی به عنوان جزئی مهم از فرایند طراحی و بهره‌برداری ساختمان‌ها است. ارزیابی پس از بهره‌برداری[1]، فرایند ارزیابی ساختمان‌ها با شیوه‌ای نظام‌مند و دقیق است و زمانی انجام می‌شود که مدتی از ساخت و بهره‌برداری ساختمان‌ها گذشته است. زمینه‌های مختلف عملکرد یک ساختمان می‌توانند از موضوعات مورد بررسی در ارزیابی پس از بهره‌برداری باشند. کیفیت محیط داخلی دربرگیرنده چهار عامل کیفیت نور، دما، صوت و هوا است. در این پژوهش، به‌منظور ارزیابی کیفیت محیط داخلی کلاس‌های آموزشی دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، ابتدا نظر کاربران در مورد کیفیت این فضاها از طریق نظرسنجی مورد پرسش قرار گرفت. طبق نتایج پرسشنامه، بیشترین میزان نارضایتی کاربران مربوط به کیفیت آکوستیکی محیط بود. در مرحله بعد برای بررسی درستی این نتیجه، نوفه زمینه با استفاده از دستگاه صداسنج اندازه‌گیری شد. نتیجه حاصل از ارزیابی، نظر کاربران مبنی بر پایین بودن کیفیت آکوستیکی محیط را تأیید می‌کرد. نتیجه ارزیابی این ساختمان به عنوان نمونه‌ای از ساختمان‌های آموزشی رایج در ایران، بیانگر احتمال وجود مشکلات جدی در این زمینه و اهمیت پرداختن به پژوهش‌های بیشتر برای رفع مشکلات موجود است.

واژگان کلیدی: کیفیت محیط داخلی، ارزیابی پس از بهره‌برداری، ارزیابی شرایط آکوستیکی، شرایط فیزیکی کلاس درس.

۱. مقدمه

دانش‌آموزان و دانشجویان زمان زیادی را در مدرسه و دانشگاه می‌گذرانند و کیفیت محیطی این مکان‌ها بر سلامت و عملکرد آنها بسیار تأثیرگذار است. این تأثیر ناشی از عوامل مختلفی است که هر یک به نحوی بر عملکرد آنها مؤثر است. کیفیت پایین محیط ساخته شده به دلایل مختلفی مانند توجه ناکافی طراح در مرحله طراحی، مشکلات اجرا، عدم تطابق نظر طراح با نظر کاربران و مواردی از این قبیل ایجاد می‌شود. حتی در مواردی که تمام نکات به‌دقت در نظر گرفته شده‌اند نیز احتمال بروز مشکل و نارضایتی وجود دارد. در این زمان است که اهمیت مرحله ارزیابی مشخص می‌شود. این نوع از ارزیابی که پس از تحویل ساختمان به کاربر انجام می‌شود، ارزیابی پس از بهره‌برداری نام دارد [۱] و نتایج آن علاوه بر بهبود وضعیت موجود، می‌تواند موجب پیشگیری از بروز مشکلات مشابه در طرح‌های آینده شود [۲]. ضروری است این مرحله به عنوان یکی از مراحل انجام طرح به رسمیت شناخته شود [۳] و ارتباط گروه اجرایی ساختمان پس از تحویل بنا با ساکنان قطع نشود؛ مسئله‌ای که متأسفانه در کشور ما کم‌تر به آن توجه می‌شود.

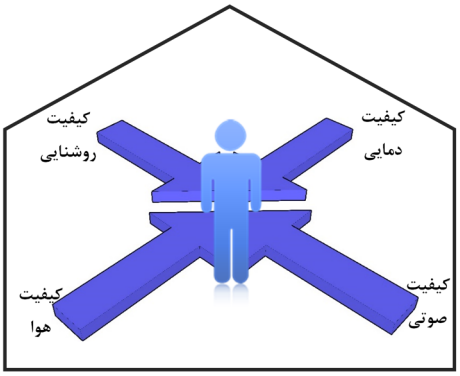
عواملی که در ارزیابی پس از بهره‌برداری مورد بررسی قرار می‌گیرند شامل موضوعات تحقیقی متفاوتی می‌شوند. بنا به گفته‌ی پرایسر[۲] بیش از ۱۲۵ مورد عملکرد ساختمان‌های آموزشی را تحت تأثیر قرار می‌دهند [۴]. به‌طورکلی عوامل تأثیرگذار بر کیفیت یادگیری را به صورت زیر می‌توان دسته‌بندی نمود:

۱) عوامل محیطی؛

۲) عوامل انگیزشی، اجتماعی–اقتصادی و اجتماعی–فرهنگی؛

۳) عوامل آموزشی و برنامه درسی [۵].

کیفیت محیط داخلی ازجمله عوامل محیطی مؤثر بر یادگیری است و شامل چهار عامل کیفیت دمایی، کیفیت روشنایی، کیفیت صوتی و کیفیت هوا است که در شکل ۱ نشان داده شده است و در این میان کاربران ساختمان عامل مهمی در ارائه اطلاعات در مورد شرایط محیط داخلی ساختمان هستند [۶]. در این پژوهش ابتدا توضیحاتی در مورد تأثیر شرایط صوتی بر کیفیت محیط داخلی ساختمان ارائه می‌شوند و در ادامه مراحل مختلف و نتایج ارزیابی انجام شده در این زمینه بررسی خواهند شد.



شکل ۱. عوامل تشکیل‌دهنده کیفیت محیط داخلی

۲. کیفیت صوتی

صدا ازجمله عوامل تأثیرگذار بر کیفیت محیط داخلی است که مستقیماً بر آن تأثیر می‌گذارد [۷]. در ساختمان‌های آموزشی و فرهنگی اجتماعی، صداهای ناخواسته می‌توانند مانع انجام فعالیت‌ها شوند و توانایی تمرکز را کاهش دهند [۷]. در چنین فضایی، صداهای ناخواسته مانند نوفه‌های خارجی، تهویه داخلی، همهمه افراد و مانند این‌ها نباید از حد مشخصی فراتر روند و صداهای خواسته همچون گفتار معلم باید با بلندا و وضوح کافی به گوش تمامی دانش‌آموزان برسند [۸]. روزانه هزاران دانش‌آموز از شنیدن ۲۵ تا ۳۰ درصد از حرف‌هایی که در کلاس گفته می‌شود ناتوان هستند [۹]؛ با وجود این در طراحی ساختمان‌ها، آکوستیک هنوز به‌اندازه شرایط دمایی، تهویه و سایر ملاحظات مهندسی و معماری مورد توجه قرار نمی‌گیرد و دلایل و نتایج حاصل از

عملکرد ضعیف آکوستیک، شاید به‌اندازه کافی توسط طراحان و مالکان ساختمان شناخته نشده‌اند [۱۰].

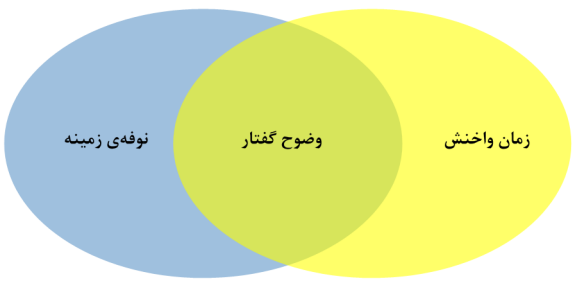
به‌این‌ترتیب می‌توان اهمیت توجه به مبحث کیفیت صدا و آسایش صوتی در محیط‌های آموزشی و لزوم ارزیابی آن را درک کرد. این موضوع در سال‌های اخیر توسط کشورهای توسعه یافته بسیار مورد توجه قرار گرفته است تا جایی که قانون‌هایی نیز به این منظور تهیه و تدوین شده‌اند. هدف از این مقاله نیز، درک هرچه بهتر تأثیر سازه و طراحی یک ساختمان بر کیفیت صوتی در یک محیط آموزشی است و به این منظور نتیجه ارزیابی کیفیت محیط داخلی یک محیط آموزشی در بخش کیفیت صوتی محیط بررسی شده است.

۱-۲. شاخصه‌های کیفیت صدا

نوفه زمینه[۳] و زمان واخنش[۴] دو عاملی هستند که بیشترین تأثیر را بر ادراک صوتی دانش‌آموزان و دانشجویان دارند و می‌توانند منجر به اختلال در شنیدن آشکار صدای استاد شوند [۱۱]. نوفه زمینه به صداهای ناخواسته موجود در یک فضا گفته می‌شود. نوفه زمینه می‌تواند از منابع خارجی مانند نوفه ترافیک و نوفه ناشی از ساختمان‌های مجاور و همچنین منابع داخلی مانند نوفه ناشی از سیستم‌های تأسیسات مکانیکی و الکتریکی از قبیل تهویه، آب‌رسانی و آسانسور سرچشمه بگیرد [۱۲].

واخنش نیز یک پدیده صوتی است که در فضاهای بسته مانند کلاس درس اتفاق می‌افتد. این پدیده هنگامی رخ می‌دهد که صدا در نتیجه انعکاس مکرر و یا پراکندگی از سطوح و یا اشیاء در فضا همچنان ادامه یابد. زمان واخنش بیانگر مدت زمان کاهش انرژی آکوستیکی به اندازه مشخص در یک فضا است. شاخص‌های مختلفی برای اندازه‌گیری و بیان زمان واخنش وجود دارد، از جمله T60، T30 و T20. شاخص T60 بیان‌کننده زمان مورد نیاز برای کاهش تراز فشار صدا به اندازه ۶۰ دسی‌بل پس از قطع منبع صداست. به منظور اندازه‌گیری زمان واخنش، باید تمام اشیائی که موجب تولید نوفه می‌شوند حذف شوند و بازآوایی‌های صوتی به‌دقت درنظر گرفته و ارزیابی شوند [۱۴].

در کلاس‌های درس، ترکیب نوفه زمینه و واخنش بیش از حد مجاز، در قابلیت فهم گفتار مانع ایجاد می‌کند که موجب اختلال در روند یادگیری می‌شود؛ تأثیری که به مراتب شدیدتر از تأثیر هر یک از آنها به صورت جداگانه است [۱۵]. وضوح گفتار نیز زمانی به وجود می‌آید که دو عامل نوفه زمینه و زمان واخنش در شرایط مناسب باشند که در شکل ۲ آمده است. در این پژوهش که به‌منظور ارزیابی مقدماتی کیفیت صوتی کلاس‌های درس انجام شد میزان نوفه زمینه در کلاس‌های درس ساختمان آموزشی دانشگاه با توجه به استانداردهای بین‌المللی موجود اندازه‌گیری شد.



شکل ۲. وضوح گفتار نیازمند توجه به دو عامل نوفه زمینه و زمان واخنش است.

۳. مراحل انجام ارزیابی

برای ارزیابی کیفیت محیط داخلی ساختمان، مراحل انجام ارزیابی به صورت زیر تعریف شد:

- مرحله اول: دریافت نظر کاربران در مورد میزان رضایت آنها از کیفیت محیط داخلی ساختمان، برای مشخص شدن نقاط ضعف ساختمان از دیدگاه آنها.
- مرحله دوم: ارزیابی دقیق عواملی که موجب نارضایتی کاربران هستند.

در مرحله اول ارزیابی، با توجه به نقش کاربران در تشخیص نقاط قوت و ضعف ساختمان، نظر آنها در مورد میزان رضایت از هر چهار عامل کیفیت محیط داخلی پرسیده شد و با

استفاده از آزمون‌های آماری مختلف، عواملی که رضایت کاربران در مورد آنها پایین بود مشخص شدند. در مرحله دوم برای اطمینان از نظر کاربران و بررسی دقیق‌تر مشکلات، به ارزیابی عملی محیط با استفاده از ابزارهای دقیق پرداخته شد.

۱-۳. مرحله اول: ارزیابی نظر کاربران از طریق پرسشنامه

در بحث ارزیابی پس از بهره‌برداری، به دلیل استفاده مداوم کاربران از ساختمان، نظر آنها در مورد جوانب مختلف عملکرد ساختمان اهمیت ویژه‌ای دارد. از این‌رو برای تشخیص نقاط ضعف احتمالی ساختمان در زمینه کیفیت محیط داخلی، به نظرات کاربران ساختمان رجوع شد. کاربران ساختمان شامل دانشجویان، اساتید و کارمندان بودند. برای انجام این نظرسنجی از پرسشنامه سازمان AUDE [۱۶] استفاده شد، زیرا سؤالات آن متناسب با فضاهای آموزشی و به خصوص دانشگاه‌ها طراحی شده‌اند. در این پرسشنامه، رضایت کاربران در مورد چهار عامل کیفیت دمای هوا، نور، کیفیت هوا و کیفیت صوتی محیط مورد پرسش قرار گرفت و با استفاده از دو آزمون تی تک گروهی و فریدمن بررسی شد.

آزمون‌های تی به منظور مقایسه مقدار میانگین‌ها استفاده می‌شوند. جدول ۱ نتیجه آزمون تی تک نمونه‌ای برای بررسی درستی فرضیه آزمون که معنادار بودن اختلاف میانگین پاسخ‌های کاربران و میانگین نظری سؤالات پرسشنامه را نشان می‌دهد. نتیجه تحلیل نظرات کاربران ساختمان نشان می‌دهد که در دو مورد کیفیت نور محیط و کیفیت صوتی محیط، درستی فرضیه اثبات می‌شود. در مورد کیفیت روشنایی محیط با توجه به بالاتر بودن میانگین واقعی از میانگین نظری می‌توان نتیجه گرفت رضایت کاربران از این عامل به صورت معناداری بالا است؛ اما در مورد کیفیت صوتی محیط، با توجه به پایین‌تر بودن میانگین واقعی از میانگین نظری، مشخص می‌شود که رضایت کاربران به صورت معناداری پایین است که نیاز به ارزیابی دقیق‌تری دارد.

جدول ۱. آزمون تی تک گروهی برای بررسی میزان رضایت از عوامل کیفیت محیط داخلی در کلاس‌های درس از دیدگاه کاربران

	میانگین نظری	میانگین واقعی	انحراف معیار	درجه آزادی	t	سطح معناداری	سطح خطا	نتیجه آزمون
دمای هوای محیط	۳	۳/۰۱	۰/۵۸	۸۷	۰/۲۲	۰/۸۲۵	۰/۰۵	رد فرضیه
کیفیت نور محیط	۳	۳/۲۶	۰/۴۵	۸۷	۵/۳۵	۰/۰۰۰	۰/۰۵	قبول فرضیه
کیفیت هوای محیط	۳	۳/۱۲	۰/۸۱	۸۷	۱/۴۰	۰/۱۶۵	۰/۰۵	رد فرضیه
کیفیت صوتی محیط	۳	۲/۱۸	۰/۹۵	۸۷	-۸/۱۲	۰/۰۰۰	۰/۰۵	قبول فرضیه

ازجمله کاربردهای آزمون فریدمن نیز، مقایسه میانگین رتبه‌بندی گروه‌های مختلف است. جدول ۲ اولویت‌بندی رضایت کاربران از عوامل کیفیت محیط داخلی را با استفاده از این آزمون نشان می‌دهد. نتیجه آزمون نشان می‌دهد کیفیت روشنایی محیط با داشتن بالاترین میانگین رتبه، رتبه اول میزان رضایت کاربران از عوامل کیفیت محیط داخلی را دارد و کیفیت صوتی با کسب کمترین میانگین رتبه، پایین‌ترین میزان رضایت کاربران را دارا است که با نتایج آزمون تی نیز همخوانی دارد.

جدول ۲. رتبه‌بندی فریدمن برای اولویت‌بندی میزان رضایت از کیفیت محیط داخلی کلاس‌های درس از دیدگاه کاربران

	میانگین رتبه	اولویت‌بندی میزان رضایت
دمای هوای محیط	۲/۵۲	۳
کیفیت نور محیط	۳/۰۶	۱
کیفیت هوای محیط	۲/۸۹	۲
کیفیت صوتی محیط	۱/۵۳	۴

با توجه به نتایج هر دو آزمون این نتیجه به دست می‌آید که رضایت کاربران از کیفیت صوتی محیط، نسبت به سایر عوامل در پایین‌ترین جایگاه قرار می‌گیرد و برای ارزیابی و بررسی‌های دقیق‌تر در اولویت قرار دارد.

در مرحله بعد کیفیت صوتی محیط با استفاده از ابزار مخصوص و تطبیق نتایج با استانداردهای بین‌المللی ارزیابی خواهد شد.

۲-۳. مرحله دوم: ارزیابی میدانی

برای تضمین کیفیت جنبه‌های مختلف عملکرد ساختمان‌ها با کاربرهای مختلف، استانداردهایی توسط سازمان‌های بین‌المللی تنظیم شده است. برای انجام این ارزیابی دو استاندارد به کار گرفته شد؛ استاندارد ISO 3382 [۱۷, ۱۸] که روش‌های انجام ارزیابی را مشخص می‌کند و استاندارد ANSI/ASA S12.60 [۱۳] که محدوده‌های پذیرفته شده برای یک محیط صوتی مطلوب در کلاس درس را مشخص می‌کند.

دستگاه تهیه شده برای انجام ارزیابی، که در شکل ۳ مشاهده می شود، دستگاه صداسنج لوترون مدل SL4023sd است؛ این دستگاه مطابق با استاندارد IEC 61672 [۱۹] که خصوصیات دستگاه‌های صداسنج را مشخص می‌کند طراحی شده است و از این‌رو برای انجام این ارزیابی مناسب است.

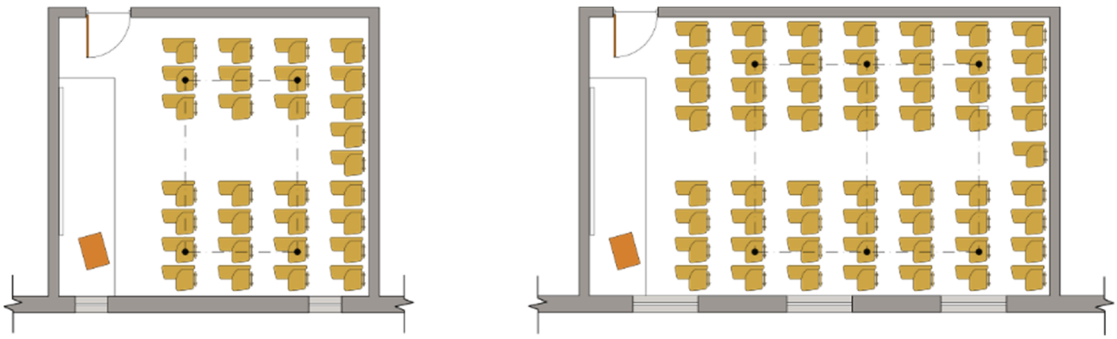
شکل ۳. دستگاه صداسنج SL4023sd

برای انجام ارزیابی، مطابق استاندارد ISO 3382، فاصله میکروفون‌ها از سطوح بازتابنده مانند کف باید حداقل ۱ متر باشد و با توجه به متوسط ارتفاع گوش انسان در حالت نشسته بر روی صندلی‌های معمول، محل قرارگیری میکروفون‌ها باید ۱/۲ متر بالاتر از سطح زمین باشد و همچنین ارزیابی زمانی انجام شود که افراد در فضا حضور نداشته باشند [۱۷]. همانند شکل ۴، در هر کلاس با توجه به اندازه آن، ۴ یا ۶ نقطه برای اندازه‌گیری در نظر گرفته شد و تراز صدای زمینه در هر نقطه به مدت ۵ دقیقه اندازه‌گیری شد.

برای اطمینان از نتایج، ارزیابی در دو نوبت صبح و بعد از ظهر صورت گرفت و همچنین به منظور بررسی دقیق‌تر وضعیت آکوستیکی کلاس در حالت‌های مختلف بهره‌برداری، سه حالت مختلف برای ارزیابی تعریف شدند:

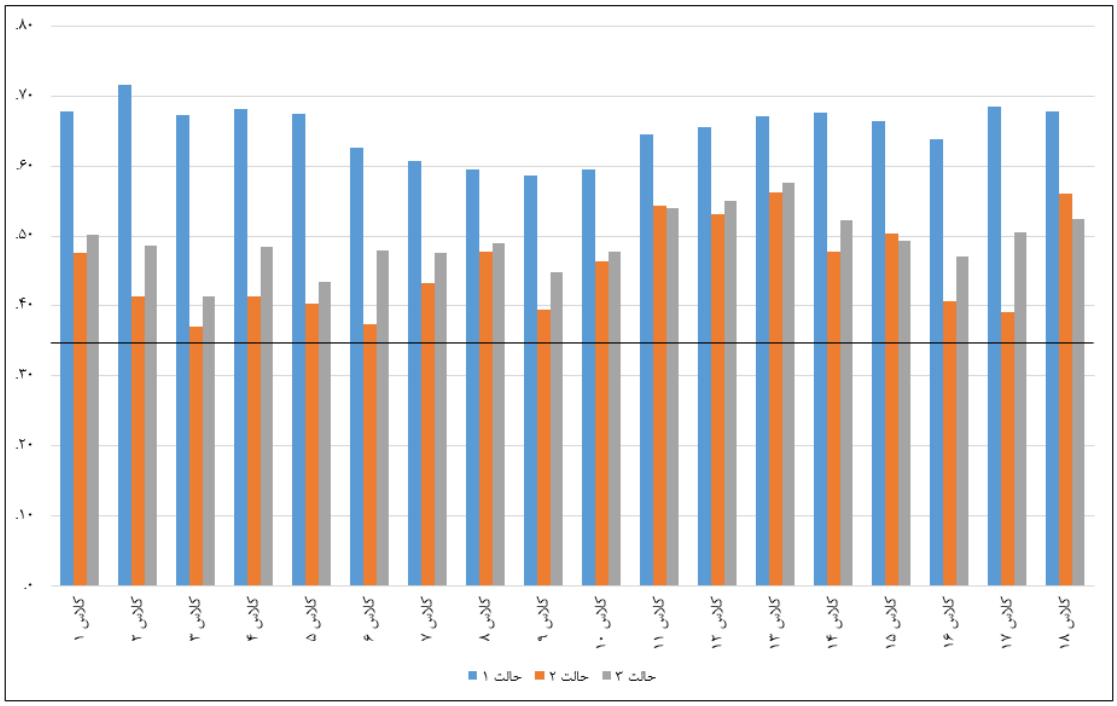
۱) پنجره‌ها بسته و کولرها روشن،
۲) پنجره‌ها بسته و کولرها خاموش،
۳) پنجره‌ها باز و کولرها خاموش.

حالت اول وضعیت آکوستیکی کلاس‌ها را در فصول گرم نشان می‌دهد. حالت دوم بیانگر وضعیت آکوستیکی کلاس در مواقعی است که نیازی به سرمایش نیست. حالت سوم نیز تأثیر پنجره‌ها در کنترل صدای محیط بیرون را نشان می‌دهد.

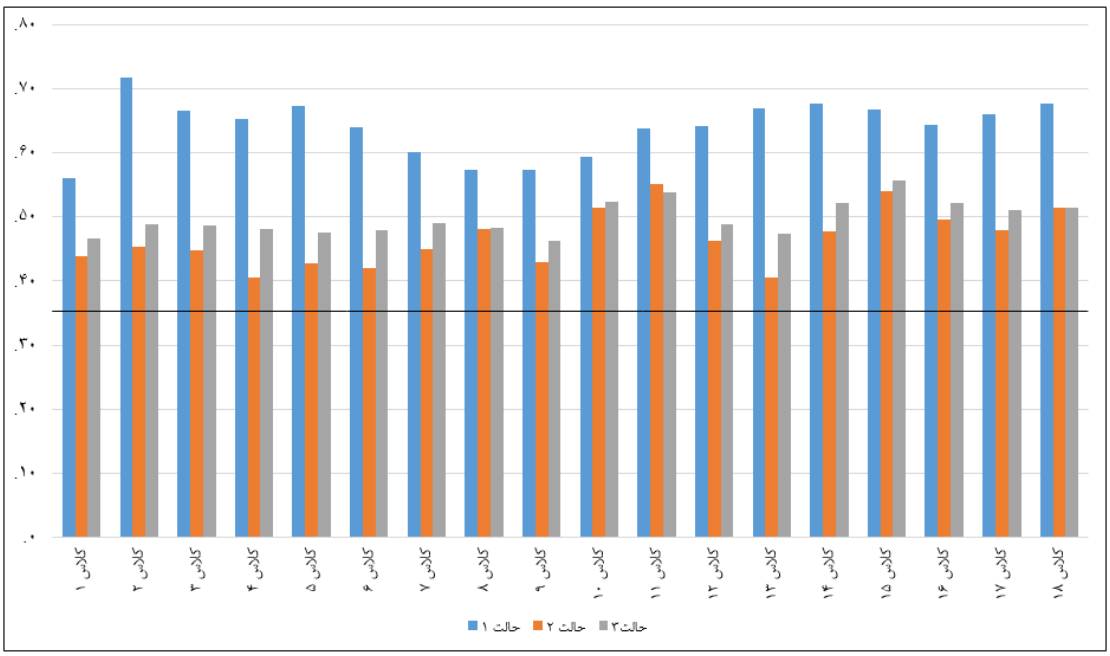


شکل ۴. نقاط قرارگیری دستگاه برای انجام ارزیابی صوتی

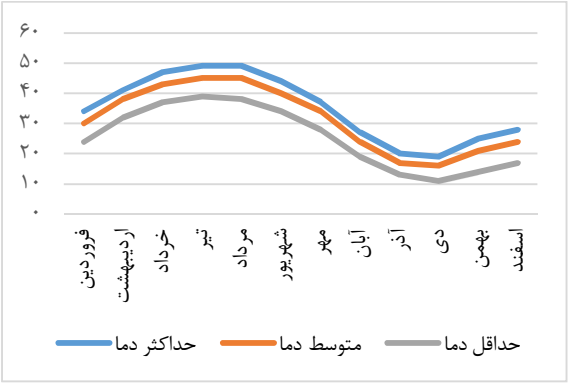
شکل‌های ۵ و ۶ نتایج ارزیابی کلاس‌های درس را نشان می‌دهند. مطابق استاندارد ANSI/ASA S12.60، حداکثر میزان صدای پس‌زمینه قابل قبول در یک کلاس درس، ۳۵ دسی‌بل است [۱۳] که با یک خط افقی در نمودارها مشخص شده است و با توجه به آن، وضعیت صوتی کلاس‌ها در هیچ یک از سه حالت تعریف شده مناسب نیست. هر دو نمودار نشان می‌دهند که بیشترین نوفه زمینه در کلاس‌ها مربوط به حالت اول است، یعنی زمانی که کولرها روشن هستند. از آنجا که این ساختمان آموزشی در منطقه‌ای قرار دارد که هوای آن در اکثر اوقات سال گرم و یا بسیار گرم است و نیاز به ایجاد سرمایش است، این مسئله یک مشکل جدی به حساب می‌آید. شکل‌های ۷ و ۸ خلاصه شرایط آب و هوایی شهر دزفول را در سال ۱۳۹۴ نشان می‌دهد. در حالت دوم که کولرها خاموش و پنجره‌ها نیز بسته هستند، منابع ایجاد آلودگی صوتی کم‌تر مداخله دارند و با توجه به نمودار شکل‌های ۵ و ۶ هم مشخص است که نسبت به دو حالت دیگر وضعیت مناسب‌تری وجود دارد. با این وجود نوفه زمینه هنوز بیش از حد مجاز است؛ یعنی بهترین شرایط صوتی که در این کلاس می‌توان ایجاد کرد نیز با استاندارد محیط‌های آموزشی فاصله دارد. حالت سوم که پنجره‌ها باز هستند و کولرها خاموش هستند، تأثیر پنجره‌ها در کنترل صداهای ناخواسته که منبع آنها بیرون از ساختمان است را نشان می‌دهد. نوفه زمینه در کلاس‌هایی که پنجره دوجداره داشتند (کلاس‌های ۱ تا ۶) اختلاف قابل‌توجهی نسبت به سایر کلاس‌ها ندارد؛ بنابراین این عامل خود به تنهایی موجب ایجاد محیطی با کیفیت صوتی مطلوب نمی‌شود و عوامل دیگر از جمله رعایت جزئیات اجرایی مناسب برای دیوارها، سقف و کف را نیز باید در نظر گرفت.



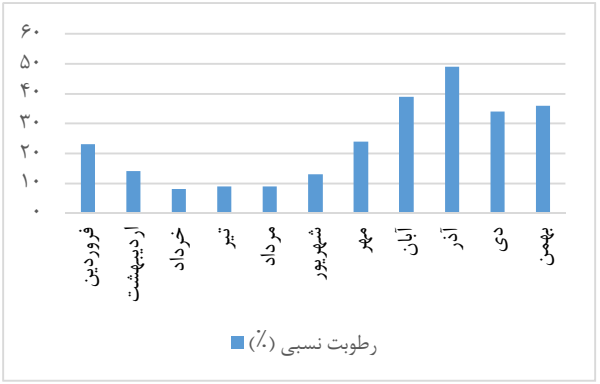
شکل ۵. نمودار ارزیابی میزان نوفه زمینه برحسب دسی‌بل در کلاس‌های درس در ساعات صبح



شکل۶. نمودار ارزیابی میزان نوفه زمینه برحسب دسی‌بل در کلاس‌های درس در ساعات بعد از ظهر



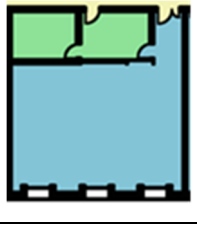
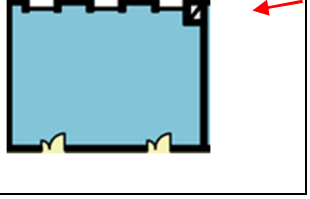
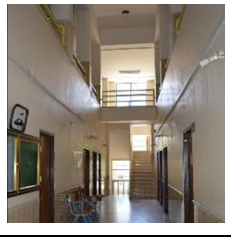
شکل۷. نمودار شرایط دمایی شهر دزفول در سال ۱۳۹۴



شکل۸. نمودار رطوبت نسبی هوای شهر دزفول در سال ۱۳۹۴

نتیجه ارزیابی نشان می‌دهد که نوفه زمینه در هیچ یک از کلاس‌ها در وضعیت مناسبی قرار ندارد. با این حال اعداد مختلفی که در ارزیابی کلاس‌ها به دست آمدند، توجه را به سمت دلیل این تفاوت‌ها جلب می‌کنند. با بررسی تطبیقی نتایج و موقعیت کلاس‌ها مطابق با جدول ۳، برخی دلایل بروز مشکلات و همچنین نقاط مثبت در نظر گرفته شده در ساختمان مشخص می‌شوند. کلاس‌های ۱۱، ۱۴، ۱۵ و ۱۸ که نسبت به سایر کلاس‌ها در حالت دوم و سوم، نوفه زمینه بالاتری دارند، در کنار راه پله و محل رفت و آمد دانشجویان قرار دارند. وجود بازشوی سرتاسری میان طبقات[5] در بخشی از ساختمان نیز موجب انتقال صدا میان طبقات می‌شود. عدم عبور داکت[6] تأسیساتی از کلاس‌ها نیز مسئله مهمی است که در کلاس ۱۱ رعایت نشده است. در مجاورت کلاس‌های ۷ تا ۱۰ نیز یک فضای واسط قرار دارد که آنها را از فضای راهرو جدا می‌کند.

جدول ۳. برخی نقاط قوت و ضعف ساختمان در ایجاد کیفیت صوتی مناسب

نقاط ضعف		نقاط قوت
عدم تفکیک فضاهای جمعی و راهروی ورودی کلاس‌ها	عایق نبودن درب‌ها و پنجره‌ها در برخی از کلاس‌ها	وجود فضاهای واسط میان کلاس و راهرو
		
عبور داکت تأسیساتی از کلاس درس	وجود بازشوی سرتاسری میان طبقات (وید) در راهروی کلاس‌ها	پنجره‌های دوجداره در برخی کلاس‌ها
		

٤. نتیجه‌گیری

این پژوهش به‌منظور ارزیابی پس از بهره‌برداری در زمینه کیفیت محیط داخلی فضاهای آموزشی صورت گرفت. پس از انجام مرحله اول ارزیابی و تعیین نظر کاربران در مورد رضایت آنها از کیفیت محیط داخلی ساختمان، مشخص شد که بیشترین میزان نارضایتی مربوط به کیفیت صوتی محیط است. از این‌رو تراز نوفه زمینه برای تمامی کلاس‌های درس آن ساختمان اندازه‌گیری شد و نتایج آن به منظور ارزیابی کیفیت صوتی محیط در این مقاله بررسی شدند. نتیجه ارزیابی، نظر کاربران را مبنی بر پایین بودن کیفیت صوتی محیط تأیید می‌کرد. برای انجام ارزیابی، سه حالت مختلف در نظر گرفته شد که هر یک نماینده وضعیت کلاس در مواقع مختلف بودند و در هیچ یک از این سه حالت، تراز نوفه زمینه کم‌تر از ۳۵ دسی‌بل که حداکثر میزان قابل قبول برای کلاس درس است، نبود. همچنین باید در نظر گرفت که ۳۵ دسی‌بل حداکثر میزان قابل قبول برای نوفه زمینه در کلاس‌ها است و برای ایجاد کیفیت صوتی ایده آل می‌بایست تلاش کنیم تا به مقادیری کم‌تر از آن دست پیدا کنیم. نتیجه این ارزیابی نشان می‌دهد که کیفیت صوتی محیط در این ساختمان فاصله زیادی با استانداردهای یک محیط آموزشی دارد. این مسئله می‌تواند موجب عدم آسایش و کاهش عملکرد کاربران و در نتیجه هدر رفتن زمان و هزینه‌ای شود که صرف آموزش می‌شود. با در نظر گرفتن نتایج ارزیابی این ساختمان به عنوان نمونه‌ای از ساختمان‌های آموزشی رایج در کشور ما، امید است مطالعات در این زمینه بیش از پیش جدی گرفته شوند.

٥. پیشنهاد برای مطالعات بعدی

روش‌شناسی این مقاله می‌تواند برای بررسی زمان واخنش نیز مورد استفاده قرار بگیرد و مقادیر بهینه این شاخص در کلاس درس نیز مورد بررسی قرار بگیرد. از جمله مطالعات دیگری که برای بررسی هر چه دقیق‌تر شرایط آکوستیکی کلاس درس قابل انجام است، می‌توان به محاسبه شاخص عبور مستقیم صدا و گفتار و تحلیل شفافیت صدا در کلاس درس اشاره کرد.

٦. مآخذ

[1] Preiser WF, Vischer JC. "*The evolution of building performance evaluation: An introduction*", Assessing building performance*,* Routledge, 2006.

[2] Mumovic, Dejan, and Mat Santamouris, eds." *A Handbook of Sustainable Building Design and Engineering: An Integrated Approach to Energy, Health and Operational Performance".* Routledge, 2013.

[3] Preiser, Wolfgang FE. "The evolution of post-occupancy evaluation: Toward building performance and universal design evaluation." *Learning from our buildings a state-of-the practice summary of post-occupancy evaluation*, 2001, pp.9-22.

[4] Tookaloo, Ardavan, and Ryan Smith. "Post occupancy evaluation in higher education." *Procedia engineering,* Vol.118, 2015, pp.515-521.

[5] Imms, Wesley, Benjamin Cleveland, and Kenn Fisher, eds. "*Evaluating learning environments: Snapshots of emerging issues, methods and knowledge",* Springer, 2016.

[6] Galatioto, Alessandra, Giuliana Leone, Daniele Milone, Salvatore Pitruzzella, and Vincenzo Franzitta"Indoor environmental quality survey: a brief comparison between different post occupancy evaluation methods." *Advanced Materials Research,* Vol. 864, 2014, pp.1148-152. Trans Tech Publications.

[7] Mihai, Toderaşc, and Vlad Iordache. "Determining the indoor environment quality for an educational building." *Energy Procedia,* Vol.85, 2016, pp.566-574.

[۸] سهرابی‌کیا، زینب، محمد جعفر هدایتی، "بررسی شرایط اکوستیکی کلاس‌های درسی با استفاده از نرم‌افزار ادئون (مطالعه موردی)"، *صوت و ارتعاش*، س. ۴، ش. ۷، بهار و تابستان ۱۳۹۴.

[9] *CLASSROOM ACOUSTICS AND ANSI STANDARD S12.60.* 28 September 2016; Available from: https://www.armstrongceilings.com/commercial/en-us/articles/classroom-acoustics-ansi-standard.html

[10] Jensen, K. L., E. Arens, and L. Zagreus. "Acoustical quality in office workstations, as assessed by occupant surveys: 2.11-1." *Indoor Air Supplement,* VOL.15, 2005, p.127.

[11] National Research Council. "*Review and assessment of the health and productivity benefits of green schools: An interim report",* National Academies Press, 2006.

[۱۲] عایق‌بندی و تنظیم صدا - مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان ایران. *دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان*، ۱۳۹۶

[13] American National Standard Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part 1: Permanent Schools, ANSI/*ASA, ANSI/ASA S12.60-2010/Part 1.* 2010.

[14] Yang, Z., B. Becerik-Gerber, and L. Mino, "A study on student perceptions of higher education classrooms: Impact of classroom attributes on student satisfaction and performance", *Building and Environment*, Vol.70**,** 2013, pp.171-188.

[15] Abdelouahab, B., et al., "Evaluation of the Acoustic Performance of Classrooms in Algerian Teaching Schools", *International Journal of Civil, Architectural, Structural and Construction Engineering*, Vol.7, No.11, 2013.

[16] Blyth, Alastair, Anthony Gilby, and Mel Barlex. "Guide to post occupancy evaluation." *Higher Education Funding Council for England (HEFCE). Retrieved February*, Vol.13, 2006, p.2011.

[17] ISO, E., 3382-1, 2009, "Acoustics—Measurement of Room Acoustic Parameters—Part 1: Performance Spaces", *International Organization for Standardization, Brussels, Belgium*, 2009.

[18] ISO, I. "3382-Acoustics–Measurement of room acoustic parameters." *International Organization for Standardization,* 2009.

[19] Level Meters-Part, Electroacoustics-Sound.1*: Specifications, International Standard IEC 61672-1: 2013*. Tech. Rep, 2013.

پی‌نوشت:

1. Post Occupancy Evaluation (POE)
2. Preiser
3. Background noise level
4. Reverberation time
5. Void
6 . Duct