علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره چهاردهم، شماره چهار، زمستان ۹۱

مدلی برای تعیین معادل مالی هزینه‌های اجتماعی آلودگی صدا در اجرای پروژه‌های تأسیسات شهری (مطالعه موردی: طرح فاضلاب تهران)

برنا میراحمدیان[۱]

borna.mirahmadian@gmail.com

مسعود باباخانی[۲]

تاریخ دریافت:۸۷/۷/۱۵ **تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۱**

چکیده

تعداد زیادی از پروژه‌های اجرا یا بازسازی تأسیسات شهری در نواحی پرجمعیت و پرتراکم اجرا می‌شوند؛ در این گونه پروژه‌ها تبعات منفی آلودگی صدا به دلیل تراکمِ بالای ساختمان ها محدود به چند نفر خاص نبوده و آسایش تعداد کثیری از افراد جامعه را برهم می‌زند. آلودگی صدا همچنین باعث اختلال در خواب، استرس، زودرنجی، کاهش بازدهی در ادارات، مدارس و غیره می‌شود. این مطلب توجه بیشتر به موضوع آلودگی صدا و هزینه‌های اجتماعیِ ناشی از آن را در محیط های شهری ضروری می‌سازد. در این مقاله مدلی برای تخمین معادل مالی هزینه‌های اجتماعی آلودگی صدا ناشی از اجرای پروژه‌های تأسیسات شهری ارایه شده است. رویکرد مورد استفاده در این مدل بدین صورت است که ابتدا حداکثر تراز مجاز آلودگی صدا در منطقهٔ مورد نظر تعیین شده و سپس تراز فشار صوت ناشی از عملیات اجرایی در نقاط حساس مجاور سایت محاسبه می‌گردد. تفاضل تراز مجاز و تراز فشار صوت موجود، از هزینه‌های اجتماعی اجرای پروژه به شمار می‌رود که روش هایی برای تبدیل آن به معادل مالی پیشنهاد شده است. رقم حاصل در حقیقت بیانگر میزان خسارات وارد شده به مردم در اثر آلودگی های صدا می‌باشد و طبیعی است که چنانچه این رقم، عدد بالایی باشد باید با اقدامات مناسب تراز فشار صوت را کاهش داد. تعدادی از این اقدامات نیز در این نوشتار مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در انتها با استفاده از مدل پیشنهادی، معادل ریالی هزینه‌های اجتماعی آلودگی صدا در یک منطقهٔ پایلوت از شهر تهران که شبکهٔ فاضلاب در آن اجرا شده، محاسبه گردیده است.

واژه های کلیدی: آلودگی صدا، هزینه‌های اجتماعی، پروژه‌های فاضلاب شهری.

۱- کارشناس عمران و کارشناس ارشد مدیریت اجرایی، شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس*(مسئول مکاتبات).

۲- استادیار دانشکده صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

در اجرای پروژه‌های تأسیسات شهری، هزینه‌های اجتماعی عبارتند از هزینه‌هایی خارج از محدودهٔ متعارف مخارج پروژه که به طرفین قرارداد اغلب زیان و هزینه‌ای از این بابت متوجه نمی‌گردد، بلکه بارِ این هزینه‌ها بر دوش شهروندان و مردم جامعه است. باید توجه داشت که هرچند از اصطلاح هزینه‌های اجتماعی استفاده می‌شود اما در بسیاری موارد افرادی که این هزینه‌ها را متحمل می‌شوند در عمل مبلغی را پرداخت نمی‌کنند و در حقیقت منظور از هزینه‌های اجتماعی تبعات نامطلوبی است که می‌توانند دارای ارزش مالی نیز باشند. اغلب هزینه‌های اجتماعی ناملموس هستند و در بازار دارای قیمت مشخصی نمی‌باشند، بنابراین اندازه‌گیری و کمی‌سازی آن ها با استفاده از روش های موجود به سادگی امکان‌پذیر نیست. آلودگی صدا نیز یکی از انواع این هزینه‌ها به شمار می‌رود و در صورتی که تحت کنترل قرار نگیرد موجب تضییع حقوق شهروندان می‌گردد.

آلودگی صدا معمولاً به هر صدایی که پتانسیل آزار یا برهم زدنِ آرامش انسان ها را داشته باشد یا موجب بروز تأثیرات منفی و نامطلوبِ فیزیکی یا روانی در آن ها شود، اطلاق می‌گردد. اصوات قابل تشخیص توسط گوش انسان در گروه A از طبقه‌بندی صداها قرار می‌گیرند و با واحد دسی‌بل (dBA) مورد سنجش واقع می‌شوند. اکثر صداهایی که گوش انسان قابلیت دریافت و درک آن ها را دارد، در محدودهٔ ۰ تا ۱۴۰ dBA قرار دارند. صدای یک نجوا در حدود ۳۰ dBA شدت دارد در حالی که تراز صوت در محاورهٔ عادی حدود ۶۰ dBA است و ۱۳۰ dBA نیز آستانهٔ دردناکی گوش انسان به شمار می‌رود (۱). لازم به ذکر است که تغییر اندکی در تراز صوت از لحاظ مقدار دسی‌بل، بلندی آن را به مقدار قابل توجهی تغییر می‌دهد. به طور مثال یک صوت با تراز ۷۳ دسی‌بل، دو برابر بلندتر از یک صوت با تراز ۷۰ دسی‌بل است (۲).

معمولاً صوت در محیط دارای نوسان است و شدت آن در طول زمان کم و زیاد می‌شود، به همین دلیل در هنگام آنالیز و مقایسهٔ تراز صوت، از یک تراز معادل[1] که برابر با میانگین نوسانات آن صوت در طول زمان است استفاده می‌شود. این تراز معادل با L_{eq} نشان داده می‌شود و انرژی آن معادل با سطحِ انرژی یک صوت پایدار و بی‌تغییر است (۳).

به‌طورکلی افراد هنگامی که خودشان عامل تولید آلودگی صدا باشند، یا وقتی احساس کنند که صدا ناشی از فعالیتی ضروری است که حتماً باید انجام شود یا زمانی که بدانند منشأ تولید صدا چیست، آلودگی صدا را راحت‌تر تحمل می‌کنند. با وجود این، آلودگی های صدا تأثیرات نامطلوبی بر جامعه و سلامت جسمی و روانی انسان‌ها باقی می‌گذارند که تعدادی از مهم‌ترین آن‌ها در جدول ۱ خلاصه شده است (۳).

جدول ۱- تأثیرات ناشی از آلودگی صدا (۳)

تأثیرات فیزیکی و جسمی	• کاهش یا ازدست دادن شنوایی • بیماری‌های قلبی، عروقی • دردهای معدی و شکمی • خستگی • اختلال در خواب
تأثیرات روانی	○ کج خلقی و زودرنجی ○ استرس و تنش فکری
تأثیرات اجتماعی	▪ اختلال در برقراری ارتباط با دیگران از طریق صحبت ▪ اختلال در روابط میان‌فردی ▪ کاهش بهره‌وری و بازدهی در ادرات، مدارس و... ▪ اختلال در تجارت (از دست دادن مشتری‌ها)

1- Equivalent Sound Level

Archive of SID

www.SID.ir

روش رویکرد به مسأله و گام‌های اساسی در مدل پیشنهادی

در ادامه، مدلی برای کمّی‌سازی و تعیین معادل مالی هزینه‌های اجتماعی[1] آلودگی صدا پیشنهاد شده است که مشتمل بر سه گام اساسی می‌باشد. گام اول عبارت است از تعیین حداکثر تراز مجاز آلودگی صدا در منطقهٔ مورد نظر و گام دوم مشتمل است برمحاسبهٔ تراز فشار صوت ناشی از عملیات اجرایی در نقاط حساس مجاور سایت. نهایتاً در گام سوم تفاضل تراز مجاز و تراز موجود آلودگی صدا محاسبه شده و با استفاده از یکی از روش های پیشنهادی، معادل مالی هزینه‌های اجتماعی ناشی از آن محاسبه می‌گردد.

۱- تعیین حداکثر تراز مجاز آلودگی صدا در مناطق مختلف با کاربری‌های متفاوت

استاندارد BS 5228 در کشور انگلستان، تعدادی از عوامل موثر بر تراز آلودگی صدای ایجاد شده در اثر فعالیت های عمرانی و ساختمانی و همچنین عوامل تأثیرگذار در سطح پذیرش مردم و توانایی آن ها در تحمل این آلودگی را بر می‌شمارد (۴). این پارامترها عبارتند از: موقعیت و مکان سایت اجرایی و فاصلهٔ آن تا نقاط حساس از قبیل منازل مسکونی، بیمارستان ها و مراکز آموزشی، همچنین میزان آلودگی صدای موجود در محل قبل از شروع پروژه، مدت زمانی که عملیات اجرایی به طول می‌انجامد، ساعات کاری پروژه (روز، شب و مدت زمان آن در هر شبانه روز)، پیوستگی یا انفصالِ انجام فعالیت های مولّد آلودگی صدا، رفتار کارگران در سایت اجرایی و میزان تلاش آن ها برای کاهش صدا، نوع و تعداد ماشین‌آلات مورد استفاده و کهنه یا تازه‌ساخت بودن آن ها، نوع فعالیت عمرانی و طبیعت آن کار از لحاظ ایجاد آلودگی صدا و در نهایت میزان اطلاع رسانی به مردم تحت تأثیر در مورد فواید حاصل از پروژه و طول مدت زمان عملیات اجرایی، همچنین سطح مشارکت مردم در برنامه‌ریزی و پیشبرد پروژه.

در بسیاری از شهرهای جهان حداکثر تراز مجاز آلودگی های صوتی، در قانون صراحتاً ذکر نشده و در عوض ساعاتی از شبانه‌روز که انجام فعالیت های عمرانی ممنوع می‌باشد، در قانون آورده شده است. در مقابل شهرداری‌های برخی دیگر از شهرهای دنیا، حداکثر تراز مجاز ایجاد آلودگی‌های صوتی را به صورت قانون درآورده و رسماً ابلاغ نموده‌اند. این عدد در شهرهای مختلف جهان متفاوت است و مقدار ثابتی نمی‌باشد؛ مثلاً در آمریکا و کانادا حداکثر تراز مجاز آلودگی صدا بین ۴۵ تا ۹۰ dBA با مقدار میانگین ۸۵ dBA در شهرهای مختلف و ساعات متفاوت شبانه‌روز متغیر است (۲).

دپارتمان محیط‌زیست انگلستان پیشنهاد می‌کند که حداکثر مقدار مجازِ آلودگی صدا در مناطق مسکونی در نزدیک‌ترین وجه ساختمان به سایت اجرایی در ساعات روز (۷ صبح تا ۷ شب) برابر با مقادیر زیر در نظر گرفته شود (۴):

- ۷۵ dBA در مناطق شهری برای ساختمان‌های نزدیک به خیابان‌های اصلی یا در ساختمان‌های مجاورِ شهرک های صنعتی
- ۷۰ dBA در مناطق روستایی یا برای ساختمان‌های واقع در مناطق شهری که دور از خیابان‌های اصلی و مناطق صنعتی هستند.

در زمینهٔ تعیین حداکثر تراز مجاز آلودگی صدا در مناطق مختلف با کاربری‌های متفاوت، شورای عالی حفاظت محیط زیست ایران، قوانینی تدوین نموده که به تصویب هیأت دولت نیز رسیده است و می‌توان به‌سهولت از آن ها استفاده نمود. اما در این جا به‌منظور آشنایی خوانندگان با قوانین مشابه در سایر نقاط جهان، به توضیح استاندارد مورد استفاده در کشور پرتغال می‌پردازیم که در ذیل آمده است (۵):

❖ *برای مناطق مسکونی و نقاط حساس به صدا:*

- در طول روز (ساعت ۷ صبح تا ۷ شب) حداکثر تراز استاندارد آلودگی صدا ۵۵ dBA است ($L_{eq}R$= ۵۵). اما در طول عملیات اجرایی این

1- Social Costs

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار امکان افزایش تا ۵ dBA بالاتر را داراست، یعنی حداکثر تراز مجاز آلودگی صدا ۶۰ dBA می‌باشد (LeqW = ۶۰ dBA). چنانچه قصد داشته باشیم حداکثر تراز مجاز را با دقت بیشتر و برحسب تابعی از طول عملیات اجرایی در روز تعیین نماییم، می‌توان برای عملیات کوتاه مدت (کمتر از ۸ ساعت در روز) تراز مجاز را بر طبق جدول ۲، به‌اندازه Y بالاتر در نظر گرفت.

$$L_{eq}W,T = L_{eq}W + Y = L_{eq}R + 5\ dBA + Y \quad (۱)$$

جدول ۲- مقادیر Y به ازای ساعات کاری متفاوت (۵)

طول مدت زمان عملیات اجرایی (ساعت)	مقدار Y برحسب dBA
$T \le ۱$	۴
$۱ \le T \le ۲$	۳
$۲ \le T \le ۴$	۲
$۴ \le T \le ۸$	۱
$T \ge ۸$	۰

- در طول عصر (ساعت ۷ شب تا ۱۱ شب) روابط بالا با اندکی تغییر عبارت خواهند بود از:

$$L_{eq}R = 45\ dBA$$

$$L_{eq}W = L_{eq}R + 3\ dBA = 48\ dBA$$

$$L_{eq}W,T = L_{eq}R + 3dBA + Y \quad (۲)$$

- در طول شب (ساعت ۱۱ شب تا ۷ صبح):

$$L_{eq}R = L_{eq}W = L_{eq}W,T = 45\ dBA \quad (۳)$$

❖ برای مراکز خرید و نواحی صنعتی:

- در طول روز (ساعت ۷ صبح تا ۷ شب)، از همان روابط مربوط به مناطق مسکونی در طول روز استفاده می‌شود، با این تفاوت که:

$$L_{eq}R = 65\ dBA$$

- در طول عصر (ساعت ۷ شب تا ۱۱ شب)، از همان روابط مربوط به مناطق مسکونی در طول عصر استفاده می‌شود. با این تفاوت که:

$$L_{eq}R = 55\ dBA$$

- در طول شب (ساعت ۱۱ شب تا ۷ صبح):

$$L_{eq}R = L_{eq}W = L_{eq}W,T = 55\ dBA \quad (۴)$$

۲- تخمین تراز آلودگی صدا ناشی از فعالیت های عمرانی در نقاط دریافت‌کننده

در سال ۲۰۰۴ مدلی توسط Gilchrist و همکارانش (۱) برای تخمین تراز آلودگی صدا در نقاط اطراف یک سایت اجرایی پیشنهاد گردید که مبنای آن را فرمول‌ها و قوانین فیزیک صوت تشکیل می‌دهد. در این مدل، تأثیرِ تعداد، نوع و موقعیت منابع آلاینده، سختی خاک و نقش دیواره‌های صوتی تعبیه شده (درصورت وجود) همگی درنظر گرفته می‌شود. این مدل در ادامه به تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

لازم به ذکر است که در برآورد تراز فشار صوت در محل شنونده، می‌توان به منابع معتبر تخصصی مانند هندبوک Harris یا مدلینگ Zanetti و یا منابع معتبر فارسی نیز مراجعه کرد.

۲-۱- فرمول‌ها و روابط مورد استفاده در مدل Gilchrist

فرمول مورد استفاده برای پیش‌بینی تراز آلودگی صدا حاصل از چند منبع آلاینده در یک کارگاه عمرانی سرباز، در رابطهٔ ۵ آمده است (۱):

$$f_s \sum_{1}^{i} (S_0 - A - B) \le L_{\max} \quad (۵)$$

- f_s: تابع محاسبهٔ برآیند تراز فشار صوت در هنگام عملکرد همزمان چندمنبعِ آلاینده[1]
- i : تعداد ماشین‌آلات (منابع آلاینده) که به صورت همزمان کار می‌کنند.

1- Synchronization Function

Archive of SID

www.SID.ir

- S_0 : تراز آلودگی صدا ناشی از هریک از منابع آلاینده[1] (dBA)
- A : استهلاک صدا به علت طیّ مسیر در هوا (استهلاک ناشی از طیّ فاصلهٔ منبع تا دریافت‌کننده) (dBA)
- B : استهلاک و کاهش تراز آلودگی صدا به دلیل برخورد با دیواره‌های صوتی (در صورت وجود) (dBA)
- L_{max}: حداکثر تراز مجاز برای آلودگی صدا در منطقهٔ مورد مطالعه (dBA)

در این فرمول، پارامترهای S_0، A و B به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

- مقدار S_0 با استفاده از جداولی مانند جدول ۳ برای انواع مختلفِ ماشین‌آلات قابل تعیین است (۱). شایان توجه است که به دلیل تنوع ماشین‌آلاتِ مورد استفاده در عملیات عمرانی و وجود کارخانه‌های سازندهٔ گوناگون، ممکن است اعداد موجود در جدول ۳ با جداول مشابه در سایر منابع، تفاوت عمده‌ای داشته باشد. به همین دلیل لازم است که پیش از انجام محاسبات، تراز فشار صوتِ حاصل از دستگاه های مورد استفاده را از کارخانهٔ سازنده استعلام نمود.

جدول ۳- تراز آلودگی صدای هریک از منابع آلاینده (۱)

نوع	متوسط تراز آلودگی صدا در فاصلهٔ ۵۰ فوتی از ماشین آلات
کمپرسور هوا	۸۰
کج بیل	۸۱
ماشین تراکم خاک	۸۲
میکسر بتون	۸۵
پمپ بتون	۸۲
ویبراتور بتون	۷۶
جرثقیل متحرک	۸۳
بولدورز	۸۵
ژنراتور	۸۱
گریدر	۸۵
کلنگ بادی	۸۸
لودر	۸۵
پمپ	۷۶
اره برقی	۹۰
غلتک	۷۴
دستگاه برش آسفالت	۸۳
بیل مکانیکی	۸۲
کامیون	۸۸

1- Noise Emission

Archive of SID

www.SID.ir

➢ برای به دست آوردن مقدار A از روابط ۶ تا ۸ استفاده می‌کنیم (۱و۲):

$$A = A_{DIV} + A_{AIR} + A_{GROUND} + A_{REFLN} \quad (۶)$$

- A : استهلاک و میراییِ صدا به علت طیِّ فاصلهٔ منبع تا دریافت‌کننده در هوا[1]
- A_{DIV} : استهلاک و میرایی صدا به علت واگرایی هندسی[2]
- A_{AIR} : استهلاک و میرایی صدا به علت جذب توسط مولکول‌های هوا[3]
- A_{GROUND} : استهلاک و میرایی صدا به علت جذب توسط خاک[4]
- A_{REFLN} : استهلاک و میرایی صدا به علت بُروزِ انعکاس که ناشی از وجود اختلاف ارتفاع بین منبع صدا و دریافت کنندهٔ آن است.[5]

شرح هریک از پارامترهای بالا در ذیل آمده است:

❖ A_{DIV}: برای تعیین مقدار این افت، از رابطهٔ ۷ استفاده می‌شود (۱):

$$A_{DIV} = L_1 + ۲۰ \log (r_1/r_2) \quad (۷)$$

- L_1: تراز صوت در محل انتشار
- r_1: فاصله‌ای مشخص از منبع تولید صدا با نام فاصلهٔ کالیبراسیون[6] (این فاصله معمولاً برابر با ۱۵/۲ متردر نظر گرفته می‌شود)
- r_2: فاصلهٔ بین منبع و دریافت کننده $(r_2 >= r_1)$ (m)

❖ A_{AIR} : مقدار این افت بسیار کوچک بوده و در فواصل کوچک‌تر از چندصدمتر، قابل چشم‌پوشی است (۲).

❖ A_{GROUND}: محاسبهٔ این افت بسیار پیچیده است و مقدار آن بستگی به سختیِ زمین در فاصلهٔ بین منبع تا دریافت‌کننده دارد. اما با استفاده از تعدادی فرضیات ساده‌کننده می‌توان مقدار این افت را به کمک رابطهٔ ۸ تعیین نمود (۱):

$$A_{GROUND} = ٤/٨ - (۲ \frac{h_m}{r_2}) \times (۱۷ + \frac{۳۰}{r_2}) \quad (۸)$$

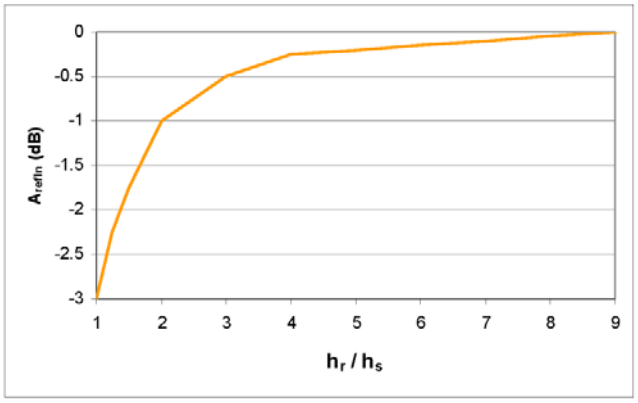
- h_m : متوسط ارتفاعِ مسیرِ انتشار از سطح زمین (m)
- r_2: فاصلهٔ بین منبع و دریافت کننده (m)

❖ A_{REFLN}: مقدارِ این افت ناشی از وجود اختلاف ارتفاع بین منبعِ صدا و نقطهٔ دریافت‌کننده است. اگر ارتفاعِ منبع تولید آلودگی صدا از سطح زمین برابر با h_s و ارتفاع نقطه دریافت‌کننده برابر با h_r باشد، با استفاده از نسبت h_r/h_s و نمودار ۱ می‌توان A_{REFLN} را به دست آورد (۱):

1- Air Attenuation Value
2- Geometrical Divergence
3- Air Absorption
4- Ground Absorption
5- Reflection due to Differential Heights
6- Calibration Distance

Archive of SID

www.SID.ir



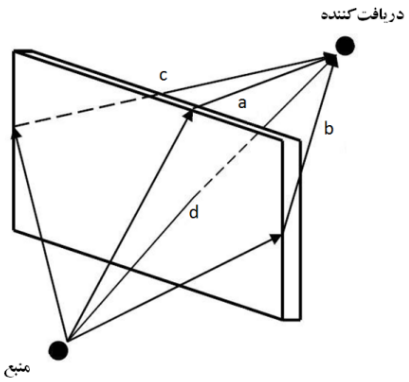
نمودار ۱- افت ناشی از وجود اختلاف ارتفاع بین منبعِ صدا و نقطهٔ دریافت‌کننده (۱)

➢ برای تعیین مقدار B در رابطهٔ ۵ نیز از فرمول زیر (رابطهٔ ۹) استفاده می‌شود (۱):

$$B = f_s \sum_{1}^{j} [10 log (3 + \frac{20 f}{343}(j - d)) - A_{GROUND}]$$

(۹)

- f: فرکانس صدای ناشی از هر منبع آلاینده[1] (HZ)
- j : طول مسیر انتقالِ صوت از بالا یا اطراف دیوارهٔ صوتی بر حسب متر (مسیرهای a، b و c در شکل ۱)
- d : فاصلهٔ بین منبع و نقطهٔ دریافت‌کننده
- f_s : تابع محاسبهٔ مجموع



شکل ۱- طول مسیر انتقالِ صوت از بالا یا اطراف دیوارهٔ صوتی (۱)

❖ در این فرمول، عملکرد تابع f_s (با فرض وجود یک منبع آلاینده و یک دیوارهٔ صوتی) به صورت زیر است (۱):

۱- ابتدا مقدار B را برای سه مسیرِ a، b و c به صورت جداگانه محاسبه می‌نماییم.

۲- تراز فشار صوت در دریافت‌کنندهٔ موردنظر، با استفاده از رابطهٔ ۵ و به ازای سه مقدار متفاوت B که در گام قبل به دست آمده، محاسبه می‌گردد.

۳- با استفاده از روش شاخه‌ای[2] یا سایر روش های موجود در منابع معتبر، سه عددِ به دست آمده در گام قبل ترکیب شده و تراز نهایی صدا در دریافت‌کنندهٔ موردنظر تعیین می‌گردد.

۴- چنانچه بیش از یک منبع آلاینده وجود داشته باشد، این فرآیند برای هریک از منابع، تکرارشده و مقادیرِ به دست‌آمده برای تراز آلودگی صدای حاصل از هر منبع در دریافت‌کننده، مجدداً با استفاده از روش شاخه‌ای یا سایر روش های موجود در منابع معتبر، ترکیب می‌شوند تا مقدار نهایی حاصل گردد و این همان عملکرد تابع f_s در رابطهٔ ۵ است.

1- Equipment Noise Frequency

2- Branch Method

Archive of SID

www.SID.ir

➢ **نحوهٔ به کاربردن روش شاخه‌ای**

در این روش که بر مبنای مقایسهٔ زوجیِ اعداد است، دو عدد از گروهِ اعداد، انتخاب شده و تفاضل آن ها به دست می‌آید، سپس بر مبنای مقدارِ این تفاضل و با استفاده از جدول ۴، مقداری که باید به عدد بزرگ‌تر از زوج انتخابی اضافه گردد، تعیین می‌شود. بعد از اضافه نمودنِ این مقدار به عدد بزرگ تر، عدد حاصل از این زوج با عدد حاصل از یک زوج دیگر جفت می‌گردند و مراحل قبلی در مورد آن ها تکرار می‌شود (۱).

جدول ۴- مقادیر مورد استفاده در روش شاخه‌ای (۱)

تفاضل دو عدد در زوج انتخابی	مقداری که به عدد بزرگ تر در همان زوج اضافه می‌گردد
۰ یا ۱ dBA	۳ dBA
۲ یا ۳ dBA	۲ dBA
۴ تا ۷ dBA	۱ dBA
۸ یا ۹ dBA	۰/۵ dBA
۱۰ dBA و بالاتر	۰ dBA

۳- روش‌های تبدیل هزینه‌های اجتماعیِ ناشی از آلودگی صدا به معادل مالی

تاکنون روش کاملاً رضایت‌بخشی برای اندازه‌گیریِ هزینه‌های اجتماعیِ ناشی از آلودگی صدا کشف نشده است. می‌دانیم که مدت زمان، فرکانس و نظم در تکرار[1] عواملی هستند که در این زمینه تأثیرگذارند اما ارزیابی و سنجش این پارامترها در محل اجرای پروژه بسیار مشکل است (۶) و تبدیل آلودگی صدا به معادل مالی بر حسب این پارامترها نیز سخت و پیچیده به نظر می‌رسد. بنابراین برای تعیین ارزش و قیمت هزینه‌های اجتماعیِ مربوط، از روش های دیگری استفاده می‌شود که عبارتند از:

۱- *بررسی تأثیر آلودگی صدا بر قیمت ساختمان ها و آپارتمان ها در بازار:* این روش تنها تأثیر آلودگی صدا بر ساختمان های مسکونی را مورد سنجش قرار می‌دهد، بنابراین بهتر است که در کنار استفاده از این روش، تأثیر آلودگی صدا بر واحدهای اداری، تجاری، آموزشی و غیره نیز با روش دیگری مورد بررسی قرار گیرد.

۲- *بررسی هزینه‌های اقدامات پیش‌گیرانه برای حذف یا کاهش آلودگی صدا در حین عملیات اجرایی:* استفاده از عایق‌های صوتی، تجهیزات صداخفه‌کن و به‌کاربردن ماشین‌آلات جدید و پیشرفته که صدای کم‌تری تولید می‌کنند هزینه‌بردار است و هزینهٔ صرف شده برای انجام این اقدامات را می‌توان معادلِ مالیِ هزینه‌های اجتماعیِ ناشی از آلودگی‌های صوتی به شمار آورد (۷).

۳- *اندازه‌گیری معادلِ مالیِ صدمات و خسارت‌های ناشی از آلودگی صدا:* این خسارات مشتمل است بر صدمات روانی و جسمانی بر سلامت انسان‌ها، کاهش بازدهی و بهره‌وری نیروی کار در ادارات و کارخانه‌ها و افت آموزشی در مدارس و آموزشکده‌ها که تبدیل تمامی این تأثیرات به معادل مالی، فرآیندی سخت و پیچیده است.

۴- تعیین معادل مالیِ آلودگی صدا از طریق مصاحبه با مردم و تکمیل پرسشنامه جهت تعیین میزان تمایل برای پرداخت (WTP)[2] که صرف کاهش صدا و آلودگی های ناشی از آن گردد. پدیده‌ای که هنگام استفاده از این روش شاهد آن هستیم، بالاتر بودن معادل مالی محاسبه شده با این روش در مقایسه با سایر روش های کمی‌سازی آلودگی صداست و علت این امر نیز آن است که افرادِ مصاحبه شده مجبور نیستند واقعاً مبلغ مورد ادعا را پرداخت نمایند و این مسئله باعث می‌شود که رقمی‌دست‌بالا را پیشنهاد بدهند (۸). لازم به ذکر است که روش اول نیز حالت خاصی از این روش می‌باشد.

1- Duration, Frequency, Regularity

2- Willingness To Pay

Archive of SID

www.SID.ir

۳-۱- تعیین معادل مالی هزینه‌های اجتماعی آلودگی صدا با بررسی تأثیر این آلودگی ها بر قیمت ساختمان‌ها و آپارتمان‌ها در بازار و میزان تمایل برای پرداخت

شاخصِ کاهش بهای ناشی از آلودگی صدا (NDI)[1]، بیانگر میزان کاهش فرضی یا حتی واقعی در قیمت آپارتمانهای منطقهٔ تحت تأثیر است و می‌توان از آن به منظور تعیین معادل مالی هزینه‌های اجتماعی آلودگی صدا استفاده کرد.

Feitelson و همکارانش در سال ۱۹۹۶، به منظور تعیین NDI در مناطق مسکونیِ مجاورِ یک فرودگاهِ بزرگ، به نظرخواهی از چندهزار نفر از ساکنانِ مناطق مجاور پرداختند و تمایل آن ها برای پرداخت (WTP) به منظور رهایی از آلودگی صدای فرودگاه را مورد سنجش قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که در منطقهٔ مورد مطالعه، میزان NDI برای مالکان خانه‌ها بین ۲/۴ تا ۴/۱٪ و برای اجاره نشینان بین ۱/۸ تا ۳٪ تغییر می‌کند؛ این اعداد بدین معناست که مالکان به ازای هر dBA کاهش آلودگی صدا حاضر به پرداخت ۲/۴ تا ۴/۱٪ اضافه‌تر از مبلغِ فعلی قیمت خانه‌هایشان هستند تا آلودگی صدای فرودگاه آن‌ها را کم‌تر آزار دهد و این مطلب، خود هم‌ارز است با کاهشِ قیمت خانه و آپارتمان به میزان ۲/۴ تا ۴/۱ ٪ در مناطق تحت تأثیر فرودگاه به علت وجود آلودگی صدا (۹). البته لازم به ذکر است که مقدار NDI برای صدای فرودگاه بسیار بیشتر از مقدار متناظر برای آلودگی صدای ناشی از فعالیت های عمرانی است. چون صدای فرودگاه در تمام روزهای سال به‌صورت ۲۴ ساعته موجب آزار می‌گردد، اما یک پروژهٔ عمرانیِ مربوط به اجرا یا بازسازی تأسیسات شهری، تنها به مدت چندماه و تعداد محدودی ساعت در روز باعث اخلال در آرامش مردم می‌شود. Jung و Sinha (۲۰۰۷) معتقدند که می‌توان نرخ NDI برای صدای فرودگاه را با استفاده از نسبت های سادهٔ ریاضی تبدیل به نرخِ متناظرِ فعالیت های عمرانی نمود. یعنی اگر پروژه m ماه به طول بیانجامد و h ساعت در روز کار انجام شود، NDI برای پروژهٔ مورد نظر برابر خواهد بود با (۸):

$$NDI\ فعالیتهای\ عمرانی = NDI\ فرودگاه\ (۱۲\ ماه،\ ۲٤\ ساعت\ در\ روز) \;/\; (\frac{۱۲}{m}).(\frac{۲۴}{h}) \qquad (۱۰)$$

بنابراین اگر بخواهیم از نتایج تحقیقِ انجام شده استفاده نماییم و شاخص NDI برای مالکان ساختمان‌های مجاورِ فرودگاه را به‌طور متوسط برابر با ۳٪ (۲/۴ تا ۴/۱ ٪) درنظر بگیریم، میزان افت قیمتِ فرضی در ساختمان های مجاورِ یک پروژهٔ عمرانی در اثر وجود آلودگی صدا برابر خواهد بود با (۸):

$$RSC = میزان\ افت\ قیمت\ فرضی = [\ ۰/۰۳ \times (h \times m) / (۱۲ \times ۲٤)] \times k \times p = ۰/۰۰۰۱۰٤\ hmkp \qquad (۱۱)$$

- h : تعداد ساعات کار در هر روز برای پروژه
- m : تعداد ماه هایی که پروژه به‌طول می‌انجامد ($m \leq ۱۲$ و اگر پروژه بیشتر از یک سال به‌طول بیانجامد، $m = ۱۲$)
- k : تفاضل تراز آلودگی صدای موجود در مقایسه با تراز مجاز (تفاضل مقدار مجاز و مقدار موجود)
- p : قیمتِ اصلیِ خانه‌ها یا آپارتمان های منطقه قبل از شروع عملیات اجرایی

افت قیمتِ واحدهای مسکونی در اثر وجود آلودگی صدا در مناطق مجاورِ فرودگاه ها امری طبیعی و حقیقی است اما بعید به‌نظر می‌رسد که صدایِ کوتاه مدت ناشی از اجرای یک پروژهٔ تأسیسات شهری باعث افت قیمت آپارتمان ها در محل گردد و به همین دلیل در متن بالا از اصطلاح افت قیمت فرضی استفاده شده است که این کاهش در واقع به نوعی بیانگر میزان نارضایتی اهالی منطقه و هزینه‌های اجتماعی پروژه می‌باشد، نه پایین آمدن ارزش واحدهای مسکونی.

1- Noise Depreciation Index

Archive of SID

www.SID.ir

۳-۲- تعیین معادل مالی هزینه‌های اجتماعیِ ناشی از آلودگی صدا با استفاده از هزینه‌های اقدامات پیش‌گیرانه برای حذف یا کاهش صدا در حین عملیات اجرایی

روش های کاهش آلودگی صدا به سه بخش قابل تقسیم هستند: کنترل صدا در محل انتشار[1]، در مسیر انتقال[2] و در نقاط حساس دریافت‌کنندهٔ صدا[3] (۱).

روش های کنترل صدا در محل انتشار از بقیهٔ روش ها موثرتر هستند و از یک امتیاز مهم نیز برخوردارند که انتشار آلودگی صدا را در تمامی جهت ها کاهش می‌دهند نه در یک مسیر بخصوص و برای یک دریافت‌کنندهٔ خاص. این روش ها همگی متناظرند با تولید صدای کمتر!

برای کنترل صدا در مسیر انتقال نیز سه راهبرد وجود دارد که عبارتند از: فاصله، جذب و انعکاس[4]. منظور از راهبرد فاصله، زیاد نمودن فاصلهٔ بین ماشین‌آلات پرصدا و نقاط حساس دریافت‌کننده است. در مورد راهبردهای جذب و انعکاس نیز از دیواره‌های صوتی استفاده می‌شود که تراز آلودگی صدا را بین ۱۰ تا ۲۰ dBA کاهش می‌دهند؛ اما از آن جاکه برپایی چنین دیواره‌هایی معمولاً پرهزینه است باید استفاده از آن ها توجیه اقتصادی داشته باشد (۱). طول این دیواره‌ها تقریباً دو برابر فاصلهٔ منبع صدا تا دیواره درنظر گرفته شده و جنس آن ها نیز برحسب شرایط از چوب، ورق های فلزی، بتون، پلاستیک یا فایبرگلاس انتخاب می‌شود.

همان طور که پیش‌تر عنوان شد، یکی از راه های اندازه‌گیریِ هزینه‌های اجتماعی ناشی از آلودگی صدا، برآورد هزینه‌های لازم برای کاهش این نوع آلودگی تاسطح مجاز و استاندارد تراز صوت می‌باشد. بنابراین با تخمین هزینه‌های ساخت چنین دیواره‌هایی می‌توان هزینه‌های اجتماعی آلودگی صدا را به طور تقریبی تخمین زد. لازم به ذکر است که ساخت دیوارهٔ صوتی برای اجرای پروژه‌های تأسیسات شهری چندان متداول نیست مگر در موارد خاص یا پروژه‌های بزرگ و طولانی‌مدت؛ بنابراین هدف از ذکر این مطلب در این قسمت بیشتر بیان نحوهٔ رویکرد به مسأله بوده است.

زمانی که هیچ کدام از روش های قبلی در کنترل صدا عملی و قابل اجرا نباشد، تنها راه حل باقی مانده برای کاهش آلودگی صدا، کنترل صدا در نقاط حساسِ دریافت‌کننده است. هنگامی که تعداد نقاط حساس زیاد باشد، این روش بسیار مشکل و پرهزینه خواهد بود، اما در حالتی که این نقاط محدود باشند، روش یاد شده توجیه اقتصادی پیدا می‌کند و با تعیین هزینه‌های نصب عایق صوتی در سمت داخلی پنجره‌ها یا دوجداره کردن شیشه‌ها در نقاط حساسِ دریافت‌کننده می‌توان تخمینی از هزینه‌های اجتماعی آلودگی صدا به دست آورد.

۳-۳- تعیین هزینه‌های اجتماعیِ ناشی از آلودگی صدا با اندازه‌گیری معادل مالی صدمات و خسارت‌های آن

همان‌طور که پیش‌تر عنوان شد، مهم ترین خسارات ناشی از آلودگی صدا مشتمل است بر صدمات روانی و جسمانی بر سلامت انسان‌ها، کاهش بازدهی و بهره‌وری نیروی کار در ادارات و کارخانه‌ها و افت آموزشی در مدارس و آموزشکده‌ها؛ اندازه‌گیری معادل مالی تمامی این خسارات فرایندی پیچیده است اما می‌توان هزینه‌های اجتماعی ناشی از کاهش بهره‌وری در ساختمان های اداری، تجاری و تولیدی را با استفاده از رابطهٔ ۱۲ و نمودار ۲ به صورت تقریبی تخمین زد (۷).

$$LOP=NOEA \times AHO \times PRF \times PD \qquad (۱۲)$$

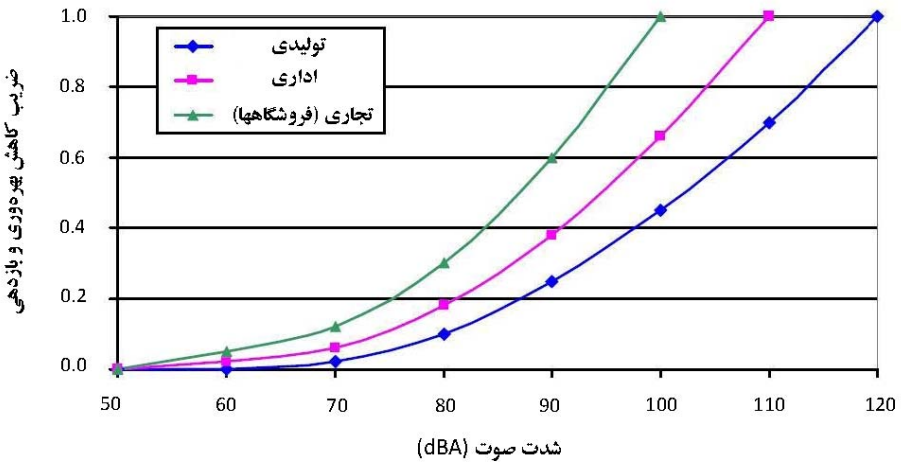
- LOP[5] : کاهش بازدهی و بهره‌وری
- NOEA[6] : تعداد کارکنان تحت تأثیر.
- AHO[7] : معادلِ مالیِ متوسط خروجیِ سرانه در ساعت برحسب ریال/ نفر/ ساعت
- PRF[8] : ضریب کاهش بازدهی
- PD[9] : مدت زمان اجرای پروژه برحسب ساعت

1 - Source
2 - Transmission path
3 - Receptor
4 - Distance, Absorption and Reflection

5- Loss Of Productivity
6 - Number Of Employees Affected
7 - Average Hourly Output
8 - Productivity Reduction Factor
9 - Project Duration

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۲- ضریب PRF در مورد تأثیر آلودگی صدا بر محیط های تولیدی، تجاری (فروشگاه ها) و اداری (۷)

در مناطقی که ترکیبی از بافت های مسکونی و اداری/ تجاری/ تولیدی وجود داشته باشد، تعیین معادل مالی زیانِ ناشی از کاهش بازدهی و بهره‌وری، در کنار بررسی تأثیر آلودگی صدا بر افت فرضی قیمت واحدهای مسکونی (روش ۳-۱)، می‌تواند تخمین دقیق‌تری از هزینه‌های اجتماعی آلودگی صدا به دست دهد.

مطالعهٔ موردی: محاسبهٔ معادلِ ریالیِ هزینه‌های اجتماعیِ آلودگی صدا ناشی از اجرای پروژهٔ فاضلاب به روش تونل‌سنتی در یک منطقهٔ پایلوت از شهر تهران

در این جا قسمت بسیار کوچکی از پروژهٔ فاضلاب تهران مشتمل بر عملیات لوله‌گذاری در خیابان شهید محمد باقر خدامی (ولیعصر، نرسیده به میدان ونک)، حد فاصل خیابان ژاندارمری (نیروی انتظامی) تا ورودی به بزرگراه کردستان به عنوان منطقهٔ پایلوت جهت مطالعهٔ موردی و آزمایش مدل پیشنهادی انتخاب گردیده است. طول مسیر لوله‌گذاری شده در این قسمت از خیابان حدوداً ۱۷۰ متر است که با استفاده از لولهٔ پلی‌اتیلن به قطر ۲۵۰ میلی متر در عمق ۳/۵ متر از سطح زمین اجرا شده است و مشتمل بر ۴ آدم‌رو نیز می‌باشد.

روش اجرای پروژه در منطقهٔ پایلوت مانند اکثر نقاط تهران، روش تونل سنتی بوده است. این روش در بیشتر نقاط جهان ناشناخته است و به ندرت مشاهده گردیده که در جای دیگری به کار برده شود اما در ایران به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش یاد شده را می‌توان در گروه روش های بدون‌ترانشه قرار داد چون در آن عملاً ترانشه‌ای برای کارگذاریِ لوله حفر نمی‌گردد، اما برخلاف سایر روش های بدون‌ترانشه تجهیزات و ماشین‌آلات ویژه‌ای در روش تونل سنتی به کار گرفته نمی‌شود و تنها تجهیزاتی از قبیل دستگاهِ برش آسفالت، کمپرسور و کلنگ‌بادی، پمپ هواده، خاور، بتونیر (میکسر)، ویبراتور بتون و همچنین جرثقیل برای کارگذاریِ قطعات پیش‌ساخته مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به منظور تخمین هزینه‌های اجتماعیِ ناشی از آلودگی صدا، نخستین گام، شناخت نقاط حساس و آسیب‌پذیر نسبت به آلودگی صدا در منطقهٔ پایلوت می‌باشد. بدین منظور با پیمایش خیابان خدامی، فهرستی به شرح ذیل از این نقاط حساس تهیه گردید:

- شش دستگاه ساختمانی مسکونی (جمعاً ۲۰ واحد)
- چهار شرکت خصوصی هرکدام باحدود ۲۰ نفر پرسنل
- شرکت عمران و بهسازی شهری با حدود ۲۰۰ نفر پرسنل
- سازمان ملی زمین و مسکن (وزارت مسکن و شهرسازی) با حدود ۲۵۰ نفر پرسنل
- شرکت خدمات کیفیت آریا اس جی اس با حدود ۱۰۰ نفر پرسنل

Archive of SID

www.SID.ir

لازم به ذکر است که امکانِ کسبِ معرفی‌نامه برای تمامیِ این شرکت ها میسر نبوده و آن ها نیز حاضر به دادن اطلاعات بدون ارایه معرفی‌نامه نشدند. بنابراین تعداد پرسنل شرکت های یاد شده با توجه به تعداد طبقات و بـــزرگی ساختمان ها از نمای بیرونی تخمین زده شده است.

گام بعدی، تعیین حداکثر تراز مجاز آلودگی صدا در منطقهٔ پایلوت است که علیرغم امکان استفاده از استانداردهای ایران، عمداً با استفاده از استاندارد کشور پرتغال که پیشتر تشریح گردید، محاسبه شده است. بر طبق این استاندارد باتوجه به آن‌که شیفت‌های کاری ۸ ساعته می‌باشد، پارامتر Y در جدول ۲ برابر با صفر بوده و حداکثر تراز مجاز آلودگی صدا برای پروژهٔ یاد شده که در طول روز انجام می‌شود، ۶۰ dBA خواهد بود. اما از آن جا که واحدهای مسکونی و شرکت های مذکور فاصلهٔ اندکی تاخیابان دارند، صدای ناشی از حرکت خودروها تبدیل به پس‌زمینهٔ زندگی آن ها شده است یعنی به عبارتی دیگر به آلودگی صدای موجود در محیط عادت دارند و به همین دلیل در محاسبات، تراز مجاز آلودگی صدا به اندازهٔ ۱۰ dBA بالاتر و برابر با ۷۰ dBA درنظر گرفته شده است (این ۱۰ dBA نمایانگر تراز زمینه مربوط به ترافیک و سایر منابعِ آلاینده می‌باشد که تنها یک عدد فرضی است)

ماشین‌آلات مولّد آلودگی صدا در عملیات اجرایی به روش تونل سنتی عبارتند از: دستگاه برش آسفالت، کمپرسور و کلنگ‌بادی، میکسر بتون، ویبراتور بتون، جرثقیل و غلتک. ترتیب انجام عملیات معمولاً به‌گونه‌ای است که این ماشین‌آلات همزمان کار نمی‌کنند و نیازی به استفاده از روش شاخه‌ای برای محاسبهٔ برآیند آلودگی های صوتی ایجاد شده ناشی از فعالیت همزمان چنددستگاه نیست. تنها دو مورد استثنا در این میان وجود دارد که عبارتند از: ۱- میکسر و ویبراتور بتون، ۲- کمپرسور و کلنگ بادی. هر یک از این دو جفت دستگاه معمولاً همزمان کار می‌کنند و بنابراین باید برآیند صدای ناشی از عملکرد همزمان آن ها محاسبه گردیده و با آلودگی صدای ناشی از بقیهٔ دستگاه ها، میانگین وزنی (برحسب مجموع تعداد ساعات کارکرد هر ماشین) گرفته شود تا تخمینی از تراز فشار صوت حاصل از این پروژه حاصل گردد.

با توجه به این که در خیابان خدّامی فاصلهٔ واحدهای مسکونی و اداری تا محل اجرای پروژه بین ۱۵ تا ۲۰ متر است، می‌توان با استفاده از جدول ۳ (یا هر جدول مشابه دیگری)، تراز فشار صوت حاصل از ماشین‌آلاتِ مختلف را در محل واحدهای مسکونی و اداری تعیین نمود، که نتایج حاصل شده در جدول ۵ ارایه گشته است:

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- تراز فشار صوت حاصل از ماشین‌آلات مختلف در روش تونل سنتی و برآیند آن ها در محل واحدهای مسکونی و اداری مجاور

نام دستگاه	حداکثر تراز آلودگی صدا در فاصلهٔ ۱۵ متری (dBA)	تعداد روزهای کارکرد (۸ ساعت در روز)	حاصل‌ضرب دو ستون قبل
دستگاه برش آسفالت	۸۳	۱	۸۳
کمپرسور کلنگ بادی	۸۰ ۸۸ / ۸۸/۵	۲	۱۷۷
بتونیر(میکسربتون) ویبراتوربتون	۸۵ ۷۶ / ۸۵/۵	۶	۵۱۳
جرثقیل	۸۳	۰/۵	۴۱/۵
غلتک	۷۴	۰/۵	۳۷
میانگین وزنی در طول ۱۰ روز			**۸۵ = ۱۰ / (۸۳+۱۷۷+۵۱۳+۴۱/۵+۳۷)**

در جدول بالا، به طور مثال برآیند آلودگی صدا ناشی از میکسر و ویبراتور بتون، با استفاده از روش شاخه‌ای به صورت زیر محاسبه شده است:

از آن جا که تفاضل دو عدد ۸۵ و ۷۶ برابر با ۹ می‌باشد، جدول ۴ نشان می‌دهد که ۰/۵ dBA باید به عدد بزرگ‌تر اضافه شود؛ یعنی آلودگی صدا حاصل از عملکرد همزمان میکسر و ویبراتور بتون، برابر با ۸۵/۵ dBA می‌باشد.

جدول ۵ نشان می‌دهد که تراز معادل آلودگی های صوتی حاصل از این پروژه به طور متوسط برابر با ۸۵ dBA در طول ۱۰ روز کاری می‌باشد که در محاسبهٔ این عدد از روش میانگین‌گیری وزنی استفاده شده است؛ بدین معنا که تراز فشار صوت حاصل از دستگاه هایی که تعداد روزهای بیشتری مشغول به کار هستند، در محاسبهٔ تراز معادل، وزن بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند. تراز معادل در مقایسه با حداکثر تراز مجاز آلودگی صدا در منطقه که برابر با ۷۰ dBA فرض شده است، ۱۵ dBA بالاتر می‌باشد که باید هزینه‌های اجتماعی ناشی از آن محاسبه گردد. این هزینه‌ها در دو زیربخش به شرح ذیل مورد بررسی قرار خواهند گرفت:

۱- تأثیر آلودگی صدا بر واحدهای مسکونی در منطقهٔ پایلوت

در این جا به‌منظور تعیین هزینه‌های اجتماعی ناشی از این آلودگی صدا، تاثیر آن بر قیمت ساختمان ها و آپارتمان ها در بازار مورد بررسی قرار می‌گیرد. پارامترهای مورد استفاده در این روش عبارتند از:

- h (شیفت کاری یا همان تعداد ساعات کار در هر روز به منظور اجرای پروژه) : ۸ ساعت
- m (تعداد ماه هایی که فعالیت های مولد آلودگی صدا به‌طول می‌انجامد) : ۱۰ روز = ۰/۳۳ ماه

Archive of SID

www.SID.ir

- k (میزان تجاوز از مقدار مجاز آلودگی صدا) : ۱۵ dBA
- p (قیمت اصلی کل واحدهای مسکونی تحت تاثیر، قبل از شروع عملیات اجرایی) : باتوجه به در دسترس نبودنِ متراژ دقیق واحدهای مسکونی موجود در این خیابان، متراژ هرکدام از ۲۰ واحد مسکونی مذکور، به طور متوسط حدود ۱۰۰ مترمربع فرض گردیده است. همچنین با استعلام از بنگاه معاملات ملکی محل، قیمت روز هر مترمربع از این واحدهای مسکونی قبل از شروع پروژه حدود ۲۰٬۰۰۰٬۰۰۰ ریال برآورد گردید؛ بنابراین:

$p = ۲۰ * ۱۰۰ * ۲۰٬۰۰۰٬۰۰۰ = ۴۰٬۰۰۰٬۰۰۰٬۰۰۰$ ریال

پس معادل ریالی هزینه‌های اجتماعی ناشی از آلودگی صدا برای واحدهای مسکونی برابر است با:

$RSC = ۰/۰۰۰۱۰۴ hmkp = ۰/۰۰۰۱۰۴ * ۸ * ۰/۳۳$

$* ۱۵ * ۴۰٬۰۰۰٬۰۰۰٬۰۰۰ = ۱۶۴٬۶۳۶٬۰۰۰$ ریال

لازم به‌ذکر است که این رقم در واقع نشانگر میزان نارضایتیِ اهالی منطقه از وجود آلودگی صدا می‌باشد که بر مبنای سنجش میزان تمایل برای پرداخت به دست آمده است (رجوع شود به بخش ۳-۱ از همین نوشتار) و به معنای افت واقعی قیمت واحدهای مسکونی نمی‌باشد.

۲- تأثیر آلودگی صدا بر واحدهای اداری از حیث کاهشِ بازدهی و بهره‌وری در منطقهٔ پایلوت

جنبهٔ دیگری از تاثیرات منفی آلودگی صدا در غالب تأثیر آن بر واحدهای اداری از حیث کاهش بازدهی و بهره وری قابل بررسی است که برای تعیین معادل ریالی آن از پارامترهای زیر استفاده می‌شود:

- NOEA *(تعداد کارکنان تحت تاثیر)*: در قسمت تحت بررسی از خیابان خدامی، در مجموع ۷ شرکت یا سازمان وجود دارد که مجموع تعداد پرسنل آن ها بالغ بر ۶۳۰ نفر تخمین زده می‌شود. اما فعالیت تمامی این پرسنل به گونه‌ای نیست که آلودگی صدا منجر به کاهش بازدهی آن ها گردد. در این جا فرض می‌نماییم که ۶۰٪ از این افراد دچار افت بازدهی گردند یعنی ۳۷۸ نفر.
- AHO *(معادل مالی فعالیت یک ساعتهٔ هریک از پرسنل)*: به منظور تخمین این پارامتر فرض شده است که درآمد شرکت، حاصل از فعالیت یک ساعتهٔ هریک از پرسنل، ۳۰٪ بیشتر از متوسط نرخ دستمزد در منطقه باشد، یعنی به عبارت ساده تر، درآمدی که از فعالیت پرسنل نصیب شرکت می‌شود به طور متوسط ۳۰٪ بالاتر از مجموع حقوقی باشد که به پرسنل پرداخت می‌گردد.

متأسفانه دستیابی به آماری رسمی که بیانگر مقدار متوسط حقوق ماهانه یا متوسط نرخ دستمزد ساعتی در منطقهٔ پایلوت و نواحی اطراف آن باشد میسر نگردید. بنابراین مقدار این پارامتر برابر با سه میلیون ریال فرض شده و با در نظر گرفتن ۱۹۱ ساعت کار در ماه، پارامتر AHO به صورت زیر حاصل گردید:

$AHO = \frac{۳٬۰۰۰٬۰۰۰}{۱۹۱} \times ۱/۳ = ۲۰٬۴۱۹$ ریال

همان طور که ملاحظه می‌شود، این عدد به صورت محافظه‌کارانه و در جهت کم‌تر نشان دادن هزینه‌های اجتماعی انتخاب شده است.

- PRF *(ضریب کاهش بازده)*: با استفاده از نمودار ۲، ضریب PRF برای تراز صوت ۸۵ dBA، در محیط های اداری برابر با ۰/۲۸ فرض می‌شود.
- PD *(مدت زمان انجام عملیات مولد آلودگی صدا برحسب ساعت)* : $PD = ۱۰ * ۸ = ۸۰$

در نهایت معادل ریالی کاهشِ بازدهی و بهره‌وری با استفاده از رابطهٔ زیر تعیین می‌گردد:

$$LOP = NOEA \times AHO \times PRF * PD$$

$LOP_{(۸۵)} = ۳۷۸ * ۲۰٬۴۱۹ * ۰/۲۸ * ۸۰ = ۱۷۲٬۹۱۷٬۵۷$ ریال

Archive of SID

www.SID.ir

توجه به این نکته ضروری است که تمامی شرکت های مستقر در این منطقه، در حالت عادی نیز به علت نزدیک بودن به خیابان، آلودگی صدا را تجربه می‌کنند و تأثیر اجرای پروژهٔ یاد شده، تنها در تشدید شدت این آلودگی خلاصه می‌شود؛ بنابراین هزینه‌های اجتماعی کاهش بازدهی و بهره وری باید نسبت به سطح قبلی از آلودگی صدای موجود در محیط سنجیده شود نه نسبت به حالت سکوت کامل! عدد به دست آمده در بالا، هزینه‌های اجتماعی کاهش بازدهی و بهره وری را در حالت ایجادِ ۸۵ dBA آلودگی صدا در یک محیط کاملاً آرام و ساکت نشان می‌دهد که باید اصلاح گردد. به‌منظور اصلاح این رقم، LOP را با فرض وجود ۷۰ dBA آلودگی صدا در محیط به دست آورده و از عدد حاصل شده در بالا کسر می‌نماییم.

$$LOP_{(70)} = 378 * 20419 * 0/03 * 80 = 18524117 \quad \text{ریال}$$

$$LOP = LOP_{(85)} - LOP_{(70)} = 1543676740 \quad \text{ریال}$$

۳- مجموع هزینه‌های اجتماعیِ ناشی از آلودگی صدا در منطقهٔ پایلوت

مجموع هزینه‌های اجتماعی محاسبه شده در دو قسمت قبل که ناشی از آلودگی صداست برابر می‌شود با:

$$3191036740 = 1543676740 + 164736000 \quad \text{ریال}$$

باید توجه داشت که عدد بالا با این فرض حاصل شده است که تمامی واحدهای مسکونی و اداری مستقر در دو طرف خیابان خدامی به مدت ۱۰ روز (۸ ساعت در روز) در معرض آلودگی صدا با شدت ۸۵ dBA باشند؛ اما حقیقت این است که چنانچه طول مسیر اجرا در خیابان خدامی را به سه قسمت مساوی تقسیم نماییم، در هر لحظه تنها ساختمان های مستقر در یکی از این سه بخشِ خیابان چنین شدت بالایی از آلودگی صدا را تجربه می‌کنند و شدت صدا برای افراد مستقر در دو قسمت دیگر به دلیلِ فاصلهٔ زیاد بسیار پایین‌تر از این حد است. به‌طور مثال چنانچه دستگاه های مولد آلودگی صدا در ابتدای خیابان مستقر باشند، افرادی که منزل یا محل‌کار آن ها در انتها یا وسط خیابان است، آلودگی صدای بسیار کم‌تری را احساس می‌نمایند. بنابراین معادل ریالی کل هزینه‌های اجتماعی ناشی از آلودگی صدا برابر است با:

$$3191036740 \div 3 = 1063678880 \quad \text{ریال}$$

نتیجه‌گیری

- مجموع هزینه‌های قراردادی اجرای پروژهٔ تحت بررسی به روش تونل سنتی (هزینهٔ مصالح، نیروی انسانی، بالاسری و غیره) که شامل ۱۷۰ متر لوله‌گذاری به قطر ۲۵۰ میلی متر و ساخت ۴ آدم رو می‌باشد، در حدود ۲۷۲٬۰۰۰٬۰۰۰ ریال تخمین زده می‌شود. مشاهده می‌گردد که هزینه‌های اجتماعیِ ناشی از آلودگی صدا به تنهایی ۱۰۶٬۳۶۷٬۸۸۰ ریال بر کل هزینه‌های پروژه می‌افزاید که در مقایسه با هزینه‌های قراردادی اجرای پروژه، رقم بسیار بالایی به حساب می‌آید. بدیهی است که چنانچه هزینه‌های اجتماعی ناشی از ترافیک، آلودگی هوا و غیره را نیز محاسبه نماییم، مبلغ کل هزینه‌های پروژه (مجموع هزینه‌های قراردادی و هزینه‌های اجتماعی) به طرز چشم‌گیری افزایش می‌یابد و این امر نیاز به توجه بیشتر به مبحث هزینه‌های اجتماعی را بیش از پیش نمایان می‌سازد.
- در این مقاله مدلی برای تخمین معادل مالی هزینه‌های اجتماعی آلودگی صدا ناشی از اجرای پروژه‌های تأسیسات شهری (با تکیه بر بخش فاضلاب) ارایه گردید؛ بعد از تعیین معادل مالی این هزینه‌ها می‌توان در مورد نیاز یا عدم نیاز به استفاده از روش های کنترل و کاهش آلودگی صدا بهتر تصمیم‌گیری نمود و در صورت نیاز، روش های مناسب‌تر را انتخاب کرد.
- گام های اساسی در ایجاد یک برنامهٔ کنترل و کاهش آلودگی صدا عبارتند از:

Archive of SID

www.SID.ir

۱- شناسایی نقاط حساس به صدا[1] در اطراف سایت اجرایی، مشتمل بر واحدهای مسکونی، ادارات، بیمارستان ها و مراکز آموزشی.

۲- اندازه‌گیری و تعیین تراز آلودگی صدای موجود در محیط[2] قبل از شروع عملیات اجرایی پروژهٔ موردنظر؛ نتیجهٔ حاصل، برای تعیین حداکثر تراز مجاز آلودگی صدا در حین اجرای پروژه به‌کار می‌رود. (این اعداد برای ساعات روز و شب جداگانه تعیین می‌شوند.)

۳- پیش‌بینی تراز آلودگی صدای مورد انتظار از عملیات اجرایی پروژهٔ مورد نظر؛ در این پیش‌بینی، نوع و تعداد ماشین‌آلات مورد نیاز، فاصلهٔ سایت تا نقاط حساس که در گام اول شناسایی شدند و برنامهٔ زمان‌بندی پروژه که فعالیت ها در روز انجام می‌شوند یا هنگام شب، همگی مورد توجه قرار می‌گیرند.

۴- تراز آلودگی صدای پیش‌بینی شده، با حداکثر تراز مجاز در آن منطقه مقایسه شده و میزان انحراف از مقدار مجاز تعیین می‌گردد.

۵- در گام آخر باید با اتخاذ تصمیمات مناسب و استفاده از روش های کنترل آلودگی صدا، میزان انحراف پیش‌بینی شده را از بین برده و آلودگی صدا را به مقادیر مجاز نزدیک ساخت. انجام تعدادی از عملیات پرصدای اجرایی به‌صورت همزمان، محدودکردنِ استفاده از بعضی ماشین‌آلات پرصدا به ساعاتِ مشخصی از روز و استفاده از دیواره‌های صوتی، از جمله اقدامات موثر در این زمینه به شمار می‌روند.

۶- در فواصل زمانی مرتب، تراز آلودگی صدا باید مورد سنجش و کنترل مجدد قرار گیرد تا از موثر بودن اقدامات انجام شده مطمئن شویم. راه‌اندازی سیستم تلفنیِ رسیدگی به شکایات مردمی[3] روش موثری برای شناسایی مشکلات احتمالی به شمار می‌رود.

1- Sensitive Noise Receptors
2- Background Noise
3- Complaint Hotline

منابع

1. Gilchrist, A., Allouche, E. N. and Cowan, D. (2004). "Prediction and Mitigation of Construction Noise in Urban Environments.", *Canadian Journal of Civil Engineering CSCE*.
2. Gannoruwa, A. and Ruwanpura, J. Y. (2007). "Construction Noise Prediction and Barrier Optimization Using Special Purpose Simulation.", *Proce. of the 2007 Winter Simulation Conference, Calgary, Canada.*
3. Bugliarello, G., Alexandre, A., Barnes, J., & Wakstein, C. (1976). "The Impact of Noise Pollution: A Socio-Technological Introduction", *Oxford: Pergamon Press*.
4. The Saudi - Malaysian Consortium, (November 2005). *Shuaibah Phase III IWPP, Environmental and Social Impact Assessment.*
5. Werey, Caty, et al. (September 2005). "WP5 – Socio-Economic Impacts of Rehabilitation Strategies, D13 Report: Rehabilitation Impacts On Socio-Economic Costs.", *Research And Technological Development Project of European Community : Public Utilities Management Joint Research Unit, Cemagref - ENGEES, EVK1-CT-2002-00106.*
6. Quinet, E. (2006). "Internalising the Social Costs Of Transport, Chapter2: Evaluation and Links with Internalisation Policies." *OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) & ECMT*

Archive of SID

www.SID.ir

(European Conference of Ministers of Transport.)

7. Gilchrist, A. and Allouche, E. N. (2005). "Quantification Of Social Costs Associated With Construction Projects.", *The University of Western Ontario :Tunnelling and Underground Space Technology, Elsevier, pp. 89-104.*
8. Jung, Y. J. and Sinha, S. K. (2007). "Evaluation of Trenchless Technology Methods for Municipal infrastructure system.", *Journal of Infrastructure Systems 13(2), pp. 144-156.*
9. Feitelson, E., Hurd, R. and Mudge, R. "The Impact of Airport Noise on Willingness to Pay for Residences.", *Washington D.C : Transportation Research Record. Part D, Transportation Research Board 1(1), 1996. pp. 1-14.*

Archive of SID

www.SID.ir