INSO
15355
1 st.Edition
2018
Identical with
ISO 28961:
2012

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۵۳۵۵
چاپ اول
۱۳۹۶

آکوستیک- توزیع آماری آستانه شنوایی افراد با شنوایی طبیعی در گستره سنی ۱۸ تا ۲۵ سال تحت شرایط میدان شنوایی باز

Acoustics- Statistical distribution of hearing thresholds of otologically normal persons in the age range from 18 years to 25 years under free-field listening conditions

ICS: 13.140

استاندارد ملی ایران شمارۀ۱۵۳۵۵(چاپ اول): سال ۱۳۹۶

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: http://www.isiri.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین‌شده تهیه می‌کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته‌شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی‌شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه-بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی‌نامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات‌گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«آکوستیک- توزیع آماری آستانه شنوایی افراد با شنوایی طبیعی در گستره سنی ۱۸ تا ۲۵ سال تحت شرایط میدان شنوایی باز»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
بیات، آرش (دکتری شنوایی‌شناسی)	عضو هیات علمی- دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز
دبیر:	
آرین‌نژاد، حسین (کارشناسی مهندسی برق- الکترونیک)	کارشناس تدوین- اداره‌کل استاندارد خوزستان
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
امیری، مرضیه (کارشناسی ارشد شنوایی‌شناسی)	عضو هیات علمی- دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز
برج‌سفیدی، آذرخواجه (کارشناسی ارشد شنوایی شناسی)	انجمن شنوایی‌شناسی- کلینیک فوق تخصصی شنوایی مروارید
سیاف، رضوان کارشناسی ارشد شنوایی شناسی	بیمارستان نفت- کلینیک شنوایی‌سنجی طنین
توکلی، مجتبی (دکتری روان‌شناسی)	مرکز تخصصی ارزیابی شنوایی و تجویز سمعک خاتم
شهبازی، سحر (کارشناسی ارشد شنوایی شناسی)	مرکز ارزیابی شنوایی پارس
قوچانی، زهرا کارشناسی شنوایی‌شناسی	کلینیک ارزیابی شنوایی نجوا
دلفی، مریم (دکتری شنوایی‌شناسی)	عضو هیات علمی- مرکز جامع ارزیابی شنوایی و گفتار آوا
ویراستار:	
حاذق‌جعفری، کوروش (دکتری دامپزشکی)	کارشناس گروه پژوهشی مهندسی پزشکی پژوهشگاه استاندارد و مسئول امور پژوهشی دانشگاه علمی-کاربردی سازمان ملی استاندارد

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار و
مقدمه ز
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ محاسبه صدک‌های توزیع آستانه شنوایی ۲
۳-۱ کلیات ۲
۳-۲ توزیع آستانه در فرکانس‌های کمتر از ۱۰۰۰۰ Hz ۳
۳-۳ توزیع آستانه در ۱۰۰۰۰ Hz و فرکانس‌های بالاتر ۴
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) مثال‌های عددی جهت شرح‌دادن روش اجرا ۶
پیوست ب (آگاهی‌دهنده) مقادیر منتخب توزیع آماری آستانه شنوایی افراد با شنوایی طبیعی در محدوده سنی ۱۸ تا و شامل ۲۵ سال ۷
پیوست پ (آگاهی‌دهنده) مقادیر منتخب Zx ۱۰
پیوست ت (آگاهی‌دهنده) ملاحظاتی در مورد استنتاج توزیع آماری آستانه شنوایی طبیعی ۱۱
کتاب‌نامه ۱۳

پیش‌گفتار

استاندارد «آکوستیک- توزیع آماری آستانه شنوایی افراد با شنوایی طبیعی در گستره سنی ۱۸ تا ۲۵ سال تحت شرایط میدان شنوایی باز» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط برمبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره‌شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارۀ ۵ تهیه و تدوین شده، در ششصد و شصت و ششمین اجلاسیه کمیتۀ ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۱۳۹۶/۱۱/۳۰ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادۀ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارۀ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوۀ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم وخدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO 28961:2012, Acoustics- Statistical distribution of hearing thresholds of otologically normal persons in the age range from 18 years to 25 years under free-field listening conditions

مقدمه

آستانه شنوایی در یک میدان صدای باز در استانداردهای ISO 226 و ISO 389-7 تعیین شده است. در استانداردهای مذکور داده‌های آستانه از افراد دارای شنوایی طبیعی در گسترهٔ سنی ۱۸ تا و شامل ۲۵ سال به دست آمده‌اند. همان‌طور که در استاندارد ISO 389-7 شرح داده شد، آستانه شنوایی برای افراد مختلف، متغیر است. استانداردهای مذکور صرفا مقادیر میانه آستانه شنوایی را ارائه می‌کنند. اگرچه، دیگر مقادیر توزیع آستانه افراد برای ارزیابی قابلیت شنوایی یک فرد نسبت به دیگر افراد جامعه ضروری است. همچنین این مقادیر در ارزیابی نوفه برای تخمین نسبت افراد جوان با شنوایی طبیعی یک جامعه که ممکن است قادر به تشخیص صدای نگران‌کننده[1] هم‌چون صدای نامطلوب منتشرشده از یک ماشین باشند، استفاده شده‌اند.

این استاندارد روشی برای محاسبه صدک‌های توزیع آستانه شنوایی برای یک سوم اکتاو باند و دیگر فرکانس‌های شنیداری از ۲۰ Hz تا ۱۶۰۰۰ Hz ارائه می‌کند. مقدار میانگین توزیع معادل با آستانه شنوایی تعیین شده در استانداردهای ISO 226 و ISO 389-7 درنظر گرفته می‌شود. علاوه بر این، روش مورد بحث با استفاده از تعداد بسیاری از داده‌های آستانه شنوایی که استانداردهای مذکور مبتنی بر آن‌ها می‌باشند، تهیه شده است.

یادآوری– صدک‌های توزیع آستانه شنوایی برای باندهای نوفه نیز قابل تعیین هستند. اگرچه، در این استاندارد صرفا صدک‌های صدای خالص تعیین می‌شوند زیرا برای باندهای نوفه داده‌های کافی موجود نیست. با این وجود استفاده از این استاندارد برای باندهای یک سوم اکتاو نوفه امکان‌پذیر است.

1- Sound of concern

آکوستیک- توزیع آماری آستانه شنوایی افراد با شنوایی طبیعی در گستره سنی ۱۸ تا ۲۵ سال تحت شرایط میدان شنوایی باز

۱ هدف و دامنۀ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه آمار توصیفی، صدک‌ها، توزیع آستانه شنوایی است که میانگین آن مقدار آستانه مرجع تعیین شده در استانداردهای ISO 226 و ISO 389-7 می‌باشد. آستانه‌های میانه و صدکی تحت شرایط زیر تعیین می‌شوند:

الف- میدان صدا در نبود شنونده که از یک موج صفحه‌ای پیش‌رونده باز تشکیل شده است (میدان باز)؛

ب- میدان صدا مستقیما در جلوی شنونده قرار دارد (انتشار از روبرو)؛

پ- سیگنال‌های صوت، اصوات خالص (سینوسی) هستند؛

ت- سطح فشار صدا در نبود شنونده در موقعیت مرکز سر شنونده اندازه‌گیری می‌شود؛

ث- شنیدن با دو گوش انجام می‌شود؛

ج- شنوندگان افرادی با شنوایی طبیعی در گستره سنی ۱۸ تا و شامل ۲۵ سال هستند.

یادآوری ۱- آستانه صدکی x ام مقدار آستانه‌ای است که x % از آستانه‌های افراد جامعه در کمتر از آن مقدار قرار می‌گیرد. توزیع آستانه‌ها در این استاندارد از نتایج تحلیل آماری جامع استنتاج شده است. به پیوست ت مراجعه شود.

یادآوری ۲- قابلیت کاربرد صدک‌ها و مقادیر پارامترهای داده شده در این استاندارد برای شرایط شنوایی میدان انتشاری[1] آزموده نشده‌اند. انتظار می رود این موارد برای شرایطی با فرکانس ۲۰ Hz تا ۲۵۰ HZ که اختلاف آستانه بین شرایط شنوایی میدان باز و انتشاری صفر است، قابل کاربرد باشند. طبق جدول ۱ استاندارد ملی ایران شماره ۷-۱۰۵۳۵: سال ۱۳۸۶

صدک‌ها به شکل عددی برای فرکانس‌های مرجع در مجموعه‌های یک سوم باند اکتاو از ۲۰ HZ تا و شامل ۱۶۰۰۰ HZ مطابق با استاندارد ISO 266 و برای بعضی فرکانس‌های میانی شنوایی‌سنجی تعیین می‌شوند.

صدک‌ها جهت ارزیابی شنوایی یک فرد نسبت به توزیع آستانه‌های شنوایی تحت شرایط فوق قابل کاربرد می باشند. همچنین می‌توان از صدک‌ها جهت ارزیابی قابلیت‌شنوایی نوفه‌های سطح-پایین مجاور آستانه شنوایی استفاده نمود.

یادآوری ۳- یک نمونه کاربرد توزیع آستانه شنوایی به منظور ارزیابی نوفه در استاندارد ملی ایران شمارۀ ۹۸۲۳: سال ۱۳۸۶موجود است.

1- Diffuse field

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۵۳۶: سال ۱۳۸۶، آکوستیک- نمودارهای هم سطح بلندی نرمال

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۴۶۰: سال ۱۳۹۴، آکوستیک- فرکانس‌های ترجیحی

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۷-۱۰۵۳۵: سال ۱۳۸۶، آکوستیک- صفر مرجع برای کالیبراسیون تجهیزات شنوایی‌سنجی- قسمت هفتم- آستانه مرجع شنوایی در شرایط شنیدن در میدان باز و میدان پخش

۳ محاسبه صدک‌های توزیع آستانه شنوایی

۳-۱ کلیات

توزیع آستانه برای فرکانس‌های f زیر ۱۰۰۰۰ Hz باید توسط توزیع گاوسی تقریب زده شود، که با استفاده از مقدار میانگین T_f و انحراف معیار σ_f تعیین می‌شود. با استفاده از T_f و σ_f هر صدک توزیع طبق زیربند ۳-۲ قابل محاسبه است.

صدک‌های قرارگرفته در فرکانس‌های ۱۰۰۰۰ Hz و بالاتر باید توسط روش اجرایی مشابه، طبق زیر بند ۳-۳ محاسبه شوند، البته، ابتدا یک تبدیل عددی باید انجام شود تا توزیع آستانه شنوایی با استفاده از توزیع گاوسی در دامنه تبدیل قابل تقریب شود.

برای هر دو محدوده فرکانس‌ها ، مقدار متوسط توزیع باید معادل با آستانه مرجع در میدان باز، T_f، برحسب دسی‌بل قرارگیرد که دراستانداردهای ISO 226 و7-ISO 389 معین شده است.

مثال‌هایی از محاسبات در پیوست الف نشان داده می‌شود. مقادیر منتخب توزیع آماری آستانه که طبق این روش‌های اجرا محاسبه می‌شوند، در پیوست ب به صورت شکل و جدول ارائه می‌شوند.

۳-۲ توزیع آستانه در فرکانس‌های کمتر از ۱۰۰۰۰ Hz

صدک x ام توزیع آستانه، $P_{x,f}$ (مقدار مرجع ۲۰ μPa)، برحسب dB در فرکانس‌هایی کمتر از ۱۰۰۰۰ Hz باید با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شوند.

$$P_{x,f} = T_f + z_x \sigma_f \qquad (۱)$$

که z_x مقدار محور z توزیع گاوسی است که با صدک x ام متناظر است.

مقادیر منتخب z_x در پیوست پ ارائه می‌شود. مقادیر انحراف معیار σ_f برای توزیع آستانه در فرکانس‌هایی کمتر از ۱۰۰۰۰ Hz در جدول (۱) ارائه می‌شود. مقادیر مذکور، نتیجه تحلیل آماری جامع است. درستی ارائه شده صرفا جهت محاسبه می‌باشد.

یادآوری- هنگامی که x به صفر یا ۱۰۰ میل می‌کند، به علت عدم قطعیت در داده‌های تجربی‌ای که این استاندارد مبتنی بر آن‌ها می‌باشد $P_{x,f}$ شامل عدم قطعیتی بیشتر جهت تخمین آستانه می‌شود.

جدول ۱ – انحراف معیار توزیع آستانه ، σ_f، در فرکانس‌های f پایین‌تر از ۱۰۰۰۰ Hz

σ_f برحسب dB	f برحسب Hz
۶٫۱۴	۲۰
۶٫۳۸	۲۵
۶٫۴۸	۳۱٫۵
۶٫۳۷	۴۰
۶٫۰۴	۵۰
۵٫۴۰	۶۳
۴٫۵۸	۸۰
۴٫۰۳	۱۰۰
۳٫۷۹	۱۲۵
۳٫۷۸	۱۶۰
۳٫۸۴	۲۰۰
۳٫۸۴	۲۵۰
۳٫۷۵	۳۱۵
۳٫۶۱	۴۰۰
۳٫۵۴	۵۰۰
۳٫۶۳	۶۳۰
۳٫۸۱	۷۵۰

f برحسب Hz	σ_f برحسب dB
۸۰۰	۳٫۹۱
۱۰۰۰	۴٫۲۹
۱۲۵۰	۴٫۶۹
۱۵۰۰	۴٫۹۴
۱۶۰۰	۵٫۰۰
۲۰۰۰	۵٫۰۹
۲۵۰۰	۵٫۰۲
۳۰۰۰	۴٫۹۱
۳۱۵۰	۴٫۸۹
۴۰۰۰	۴٫۸۶
۵۰۰۰	۵٫۰۳
۶۰۰۰	۵٫۳۰
۶۳۰۰	۵٫۳۸
۸۰۰۰	۵٫۷۵
۹۰۰۰	۵٫۹۵

۳-۳ توزیع آستانه در Hz ۱۰۰۰۰ و فرکانس‌های بالاتر

توزیع آستانه در Hz ۱۰۰۰۰ و فرکانس‌های بالاتر باید با استفاده از توزیع گاوسی بعد از اینکه آستانه‌ها با عملیات ریاضی با استفاده از رابطه تبدیل توانی زیر محاسبه شدند، تقریب زده شوند.

$$\dot{u} = (u - \alpha_f)^{\beta_f} \qquad (۲)$$

که در آن:

u آستانه فردی در توزیع بر حسب dB (مقدار مرجع ۲۰ µPa)؛

α_f پارامتر تعیین منشأ تبدیل توانی؛

β_f توان تبدیل توانی است.

پارامترهای α_f و β_f در جدول ۲ نشان داده می‌شوند. این مقادیر نتیجه تحلیل آماری جامع می‌باشد. درستی ارائه شده صرفا جهت محاسبه است.

در این استاندارد، متغیرهای دارای نقطه به معنی مقداری در دامنه تبدیل-توانی[1] می‌باشند.

جدول ۲ – پارامترهایی برای محاسبه صدک‌های آستانه در فرکانس‌های *f*، ۱۰۰۰۰ Hz و بالاتر

$\dot{T}_f$	$\dot{\sigma}_f$	β_f	α_f	f
۱۷٫۱۰	۱٫۸۶۱	۰٫۷۶۶۴	−۲۶٫۷۲	۱۰۰۰۰
۶٫۰۷۵	۰٫۹۳۲۳	۰٫۵۶۷۵	−۱۱٫۰۳	۱۱۲۰۰
۳٫۶۴۰	۰٫۷۱۵۵	۰٫۴۵۱۱	−۴٫۵۳۷	۱۲۰۰۰
۲٫۸۰۰	۰٫۶۲۱۵	۰٫۳۸۴۹	−۲٫۲۱۹	۱۲۵۰۰
۱٫۹۰۱	۰٫۲۵۳۴	۰٫۲۱۶۵	−۱٫۰۳۳	۱۴۰۰۰
۱٫۲۴۸	۰٫۰۳۸۸۹	۰٫۰۶۲۸۳	۶٫۲۷۱	۱۶۰۰۰

صدک x ام، $P_{x,f}$، توزیع آستانه باید توسط رابطه (۳) معین شود:

$$\dot{P}_{x,f} = \dot{T}_f + z_x \dot{\sigma}_f \qquad (۳)$$

که در آن:

$\dot{T}_f$ میانگین توزیع آستانه داده‌شده در استانداردهای ISO 226 و ISO 389-7 است؛

$\dot{\sigma}_f$ انحراف معیار از توزیع آستانه در فرکانس‌های ۱۰۰۰۰ Hz و بالاتر است.

هر دو متغیر در جدول ۲ نیز نشان داده شده‌اند.

برای استخراج یک آستانه صدکی (مقدار مرجع ۲۰ µPa) برحسب دسی‌بل، باید $P_{x,f}$ با استفاده از رابطه (۴) تبدیل شود، که تابع معکوس رابطه (۲) می‌باشد، که u و $\dot{u}$ با $P_{x,f}$ و $\dot{P}_{x,f}$ جایگزین شده‌اند.

$$P_{x,f} = \exp\left(\frac{\ln \dot{P}_{x,f}}{\beta_f}\right) + \alpha_f \qquad (۴)$$

یادآوری- هنگامی که x به صفر یا ۱۰۰ میل می‌کند، به علت عدم قطعیت در داده‌های تجربی‌ای که این استاندارد مبتنی بر آن‌ها می‌باشد $P_{x,f}$ شامل عدم قطعیتی بیشتر جهت تخمین آستانه می‌شود.

1- Power-transformed

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

مثال‌های عددی جهت تشریح روش اجرا

الف – ۱ مثال ۱

صدک ۱۰ام آستانه شنوایی افراد با شنوایی طبیعی در فرکانس شنیداری ۱۰۰۰ Hz طبق مراحل زیر محاسبه می‌شود:

مرحله ۱: طبق جدول ۱ این استاندارد، اگر f = ۱۰۰۰ Hz ، آن‌گاه $\sigma_{۱۰۰۰}$ = ۴٫۲۹ dB؛

مرحله ۲: طبق جدول پ-۱ این استاندارد، اگر x = ۱۰، آن‌گاه z_x = -۱٫۲۸۲ ؛

مرحله ۳: طبق جدول ۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۵۳۶: سال ۱۳۸۶ و جدول ۱ استاندارد ملی ایران شماره ۷-۱۰۵۳۵: سال ۱۳۸۶، اگر f = ۱۰۰۰ Hz آن‌گاه $T_{۱۰۰۰}$ = ۲٫۴ dB؛

مرحله ۴: طبق رابطه (۱) این استاندارد به ازای $T_{۱۰۰۰}$ = ۲٫۴ dB، z_x = -۱٫۲۸۲ و $\sigma_{۱۰۰۰}$ = ۴٫۲۹ dB داریم $P_{۱۰,۱۰۰۰}$ = -۳٫۱ dB؛

مرحله ۵: توصیه می‌شود که نتیجه به نزدیکترین عدد صحیح یعنی ۳ dB- گرد شود.

الف-۲ مثال ۲

صدک ۷۵ ام آستانه شنوایی افراد با شنوایی طبیعی در فرکانس شنیداری ۱۲۵۰۰ Hz طبق مراحل زیر محاسبه می‌شود:

مرحله ۱: طبق جدول ۲ این استاندارد، اگر f = ۱۲۵۰۰ Hz ، آن‌گاه $\alpha_{۱۲۵۰۰}$ = -۲٫۲۱۹، $\beta_{۱۲۵۰۰}$ = ۰٫۳۸۴۹، $\dot{T}_{۱۲۵۰۰}$ = ۲۸۰۰ $\dot{\sigma}_{۱۲۵۰۰}$ = ۰٫۶۲۱۵

مرحله ۲: طبق جدول پ-۱ این استاندارد، اگر x = ۷۵، آن‌گاه z_x = ۰٫۶۷۴۵ ؛

مرحله۳: طبق رابطه (۳) این استاندارد به ازای $\dot{T}_{۱۲۵۰۰}$ = ۲۸۰۰، z_x = ۰٫۶۷۴۵ و $\dot{\sigma}_{۱۲۵۰۰}$ = ۰٫۶۲۱۵ داریم $\dot{P}_{۷۵,۱۲۵۰۰}$ = ۳٫۲۱۹؛

مرحله ۴: طبق رابطه (۴) این استاندارد به ازای $\dot{P}_{۷۵,۱۲۵۰۰}$ = ۳٫۲۱۹، $\alpha_{۱۲۵۰۰}$ = -۲٫۲۱۹ و $\beta_{۱۲۵۰۰}$ = ۰٫۳۸۴۹ داریم $P_{۷۵,۱۲۵۰۰}$ = ۱۸٫۶ dB؛

مرحله ۵: توصیه می‌شود که نتیجه به نزدیکترین عدد صحیح یعنی ۱۹ dB گرد شود.

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

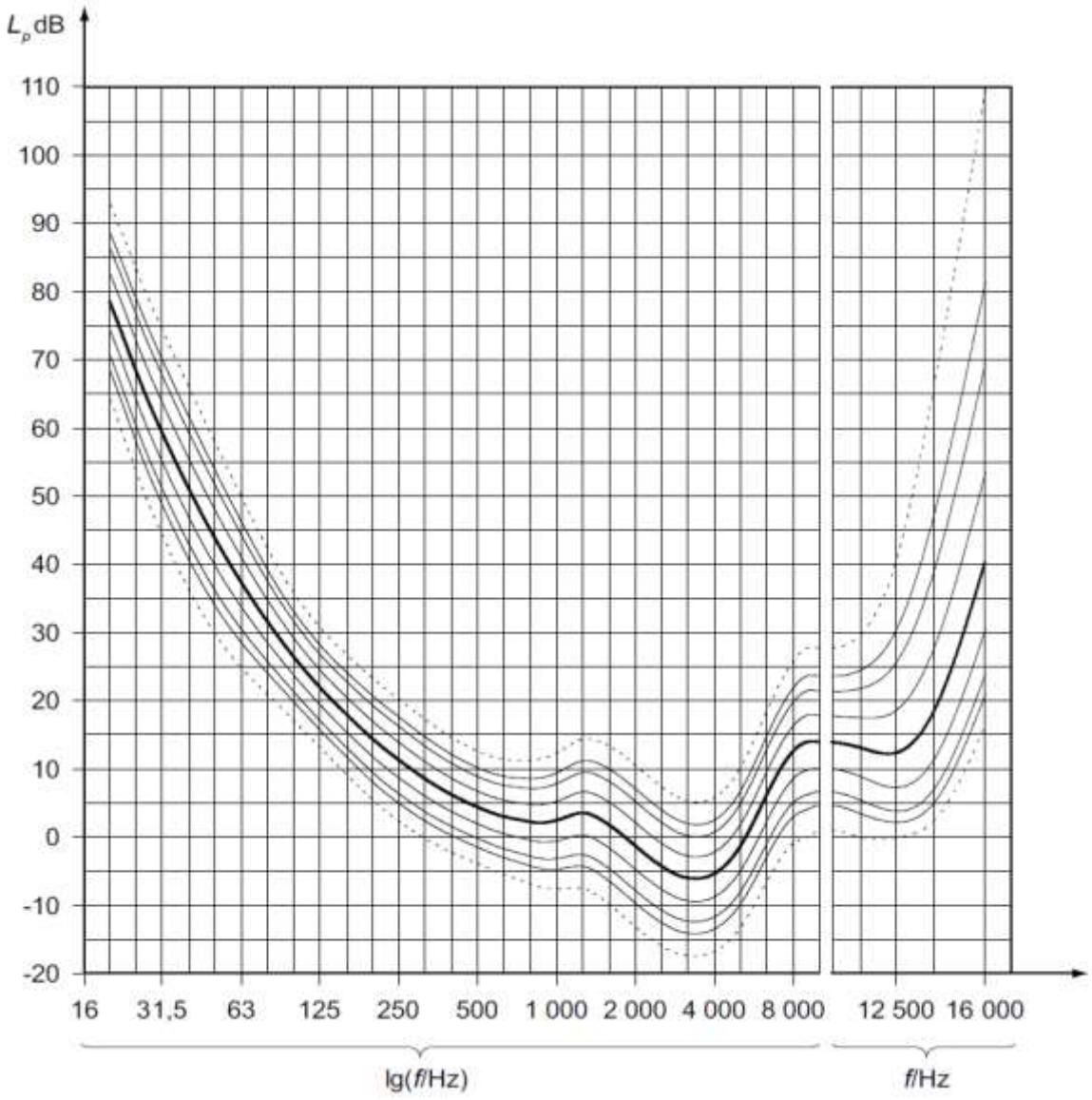
مقادیر منتخب توزیع آماری آستانه شنوایی افراد با شنوایی طبیعی در گستره سنی ۱۸ تا و شامل ۲۵ سال

جدول ب-۱- $P_{x,f}$: صدک‌های xام توزیع آستانه شنوایی در فرکانس f

f برحسب Hz	$P_{x,f}$ بر حسب dB						
	x= ۵	x= ۱۰	x= ۲۵	x= ۵۰	x= ۷۵	x= ۹۰	x= ۹۵
۲۰	۶۸	۷۱	۷۴	۷۹	۸۳	۸۶	۸۹
۲۵	۵۸	۶۱	۶۴	۶۹	۷۳	۷۷	۷۹
۳۱٫۵	۴۹	۵۱	۵۵	۶۰	۶۴	۶۸	۷۰
۴۰	۴۱	۴۳	۴۷	۵۱	۵۵	۵۹	۶۲
۵۰	۳۴	۳۶	۴۰	۴۴	۴۸	۵۲	۵۴
۶۳	۲۹	۳۱	۳۴	۳۸	۴۱	۴۴	۴۶
۸۰	۲۴	۲۶	۲۸	۳۲	۳۵	۳۷	۳۹
۱۰۰	۲۰	۲۱	۲۴	۲۷	۲۹	۳۲	۳۳
۱۲۵	۱۶	۱۷	۲۰	۲۲	۲۵	۲۷	۲۸
۱۶۰	۱۲	۱۳	۱۵	۱۸	۲۰	۲۳	۲۴
۲۰۰	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۷	۱۹	۲۱
۲۵۰	۵	۷	۹	۱۱	۱۴	۱۶	۱۸
۳۱۵	۲	۴	۶	۹	۱۱	۱۳	۱۵
۴۰۰	۰	۲	۴	۶	۹	۱۱	۱۲
۵۰۰	۱-	۰	۲	۴	۷	۹	۱۰
۶۳۰	۳-	۲-	۱	۳	۵	۸	۹
۷۵۰	۴-	۳-	۰	۲	۵	۷	۹
۸۰۰	۴-	۳-	۰	۲	۵	۷	۹
۱۰۰۰	۵-	۳-	۱-	۲	۵	۸	۱۰
۱۲۵۰	۴-	۳-	۰	۴	۷	۱۰	۱۱
۱۵۰۰	۶-	۴-	۱-	۲	۶	۹	۱۱
۱۶۰۰	۷-	۵-	۲-	۲	۵	۸	۱۰
۲۰۰۰	۱۰-	۸-	۵-	۱-	۲	۵	۷

f برحسب Hz	$P_{x,f}$ بر حسب dB						
	x= ۵	x= ۱۰	x= ۲۵	x= ۵۰	x= ۷۵	x= ۹۰	x= ۹۵
۲۵۰۰	۱۳-	۱۱-	۸-	۴-	۱-	۲	۴
۳۰۰۰	۱۴-	۱۲-	۹-	۶-	۳-	۱	۲
۳۱۵۰	۱۴-	۱۲-	۹-	۶-	۳-	۰	۲
۴۰۰۰	۱۳-	۱۲-	۹-	۵-	۲-	۱	۳
۵۰۰۰	۱۰-	۸-	۵-	۲-	۲	۵	۷
۶۰۰۰	۴-	۳-	۱	۴	۸	۱۱	۱۳
۶۳۰۰	۳-	۱-	۲	۶	۱۰	۱۳	۱۵
۸۰۰۰	۳	۵	۹	۱۳	۱۷	۲۰	۲۲
۹۰۰۰	۴	۶	۱۰	۱۴	۱۸	۲۲	۲۴
۱۰۰۰۰	۵	۷	۱۰	۱۴	۱۸	۲۱	۲۴
۱۱۲۰۰	۳	۵	۹	۱۳	۱۸	۲۲	۲۵
۱۲۰۰۰	۳	۵	۸	۱۳	۱۹	۲۴	۲۸
۱۲۵۰۰	۲	۴	۷	۱۲	۱۹	۲۶	۳۰
۱۴۰۰۰	۵	۷	۱۲	۱۸	۲۸	۳۹	۴۸
۱۶۰۰۰	۲۱	۲۴	۳۱	۴۰	۵۴	۷۰	۸۲

یادآوری- صدک‌ها برای فرکانس‌های ۲۰ Hz تا ۵۰ Hz از منبع [2] کتاب‌نامه، برای فرکانس‌های ۶۳ Hz تا ۹۰۰۰ Hz از منابع [3] و [4] کتاب‌نامه و برای فرکانس‌های ۱۰۰۰۰ Hz تا ۱۶۰۰۰ Hz از منبع [5] کتاب‌نامه گرفته شده‌اند. صدک‌های ۵۰ام، آستانه‌های مرجع T_f در استانداردهای ISO 226 و ISO 389-7 می‌باشند.



راهنما:

f فرکانس برای $f < ۱۰۰۰$ Hz بر مقیاس لگاریتم و برای $f \geq ۱۰۰۰۰$ Hz بر مقیاس خطی

L_p سطح فشار صوت

منحنی‌ها از بالا به پایین عبارتند از P99 (نقطه‌چین)، P95، P90 ، P75 ، P50 (پررنگ)، P25 ، P10، P5 و P1 (نقطه‌چین)

یادآوری- P99 و P1 در انتهای توزیع آستانه هستند و بنابراین به علت عدم قطعیت داده‌های تجربی که این استاندارد مبتنی بر آن‌ها می‌باشد، مشمول عدم قطعیتی بزرگ جهت تخمین می‌شوند. منحنی‌ها برای صدک‌ها مذکور صرفا جنبه آگاهی‌دهنده دارد.

شکل ب-۱ منحنی‌های صدکی توزیع آستانه شنوایی

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

مقادیر منتخب Zx

جدول پ-۱ مقادیر منتخب Zx از توزیع گاوسی متناظر با صدک Xام

z_x	x
-۲٫۳۲۶	۱
-۱٫۶۴۵	۵
-۱٫۲۸۲	۱۰
-۰٫۸۴۱۶	۲۰
-۰٫۶۷۴۵	۲۵
-۰٫۵۲۴۴	۳۰
-۰٫۲۵۳۳	۴۰
۰٫۰۰۰۰	۵۰
۰٫۲۵۳۳	۶۰
۰٫۵۲۴۴	۷۰
۰٫۶۷۴۵	۷۵
۰٫۸۴۱۶	۸۰
۱٫۲۸۲	۹۰
۱٫۶۴۵	۹۵
۲٫۳۲۶	۹۹

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

ملاحظاتی در مورد استنتاج توزیع آماری آستانه‌های شنوایی طبیعی

ت-۱ شکل توزیع آستانه در فرکانس‌های کمتر از Hz ۱۰۰۰۰

تحلیل آماری داده‌های تجربی آستانه شنوایی نشان می‌دهد که شکل توزیع آستانه شنوایی طبیعی در فرکانس‌هایی کمتر از Hz ۱۰۰۰۰ می‌تواند توسط توزیع گاوسی تقریب زده شود (به مراجع ۲ تا ۴ کتاب‌نامه مراجعه شود).

انحراف معیار توزیع آستانه طبق جدول ۱بسته به فرکانس متغیر است.

ت-۲ شکل توزیع آستانه در Hz ۱۰۰۰۰ و فرکانس‌های بالاتر

انحراف توزیع آستانه از یک توزیع گاوسی در فرکانس‌های Hz ۱۰۰۰۰ و بالاتر آشکار می‌شود.

توزیع چولگی[1] مثبت با دم بلندتر به سمت سطح فشار صدای بالاتر است . (به منبع [5] کتاب‌نامه مراجعه شود).

انطباق با توزیع گاوسی با تبدیل توانی آستانه افراد بهبود می‌یابد. بعد از تبدیل، توزیع آستانه می‌تواند هم‌چون توزیع گاوسی مورد عمل قرار گیرد.

انحراف معیار از توزیع آستانه بسته به فرکانس متغیر بوده و به عنوان مقداری در دامنه تبدیل طبق جدول ۲ نشان داده می‌شود.

ت.۳ ارزیابی آستانه‌های شنوایی طبیعی استفاده‌شده جهت استنتاج توزیع آماری

داده‌های درج‌شده جهت بررسی طبیعی بودن توزیع آستانه و تخمین انحراف معیار استفاده شده‌اند.

منابع [6] تا [14] منابعی هستند که جهت استنتاج آستانه شنوایی مرجع تحت میدان شنوایی باز در استانداردهای ISO 226 و ISO 389-7 استفاده شده‌اند. این ۹ منبع از منابعی دیگر گرفته شده که در این استانداردها ذکر شده‌اند زیرا این منابع آمار تغییرپذیری آستانه را به شکل عددی ارائه می‌کنند، که تخمین ریاضی انحراف معیار را میسر می‌سازد.

داده‌های دیگر، در منابع [2] و [15] تا [20]، در استانداردهای ISO 226 و ISO 389-7 ذکر نشده‌اند، اما تحت شرایط اندازه‌گیری مشابه با داده‌هایی به دست آمده‌اند که استانداردهای مذکور بر مبنای آن‌ها دایر

1- Skewed

شده است.(به منبع [21] مراجعه شود). منابع [2] و [15] تا [20] به منظور جبران کمیابی داده‌های آستانه در فرکانس‌های بسیار پایین و بالا پذیرفته شده‌اند، بنابراین، درستی تخمین آستانه افراد را بهبود دادند.

انحراف معیار توزیع آستانه‌ها در جدول‌های [1] و [2] با تجمیع آستانه‌هایی که در متن فوق گزارش شد، محاسبه شده‌اند. شرح تفصیلی روش محاسبه در منابع [2] تا [5] ارائه شده است.

کتاب‌نامه

[۱] استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۲۳: سال ۱۳۸۶، آکوستیک- اندازه‌گیری نوفه هوابرد منتشر شده توسط تجهیزات فناوری اطلاعات و مخابرات.

[2] Kurakata, K., Mizunami, T. The statistical distribution of normal hearing thresholds for low-frequency tones. J. Low Freq. Noise Vib. Act. Contr. 2008, 27, pp. 97-104

[3] Kurakata, K., Mizunami, T., Matsushita, K., Ashihara, K. Statistical distribution of normal hearing thresholds under free-field listening conditions. Acoust. Sci. Technol. 2005, 26, pp. 440-446

[4] Kurakata, K., Mizunami, T., Matsushita, K. Percentiles of normal hearing-threshold distribution under free-field listening conditions in numerical form. Acoust. Sci. Technol. 2005, 26, pp. 447-449

[5] Kurakata, K., Mizunami, T. Statistical distribution of normal hearing thresholds for high-frequency tones. Acoust. Sci. Technol. 2008, 29, pp. 378-380

[6] Robinson, D.W., Dadson, M.A. A re-determination of the equal-loudness relations for pure tones. Br. J. Appl. Phys. 1956, 7, pp. 166-181

[7] Teranishi, R. Study about measurement of loudness on the problems of minimum audible sound. Researches of the Electrotechnical Laboratory, No. 658, Tokyo, Japan, 1965

[8] Brinkmann, K. Audiometer-Bezugswelle und Freifeld-Hörschwelle [Audiometer reference threshold and free field hearing threshold]. Acustica 1973, 28, pp. 147-154

[9] Watanabe, T., Møller, H. Hearing threshold and equal loudness contours in free field at frequencies below 1 kHz. J. Low Freq. Noise Vib. 1990, 9, pp. 135-148; Watanabe, T, Møller, H. Low frequency hearing thresholds in pressure field and in free field. J. Low Freq. Noise Vib. 1990, 9, 1990, pp. 106-115

[10] Vorländer, M. Freifeld-Hörshwellen von 8 kHz - 16 kHz [Free field hearing threshold from 8 kHz - 16 kHz]. Fortschritte der Akustik — DAGA ‘91, Bad Honnef, DPG-GmbH, 1991, pp. 533-536

[11] Takeshima, H., Suzuki, Y., Kumagai, M., Sone, T., Fujimori, T., Miura, H. Threshold of hearing for pure tone under free-field listening conditions. J. Acoust. Soc. Jpn. (E) 1994, 15, pp. 159-169

[12] Poulsen, T., Han, L.A. The binaural free field hearing threshold for pure tones from 125 Hz to 16 kHz. Acust. Acta Acust. 2000, 86, pp. 333-337

[13] Takeshima, H., Suzuki, Y., Fujii, H., Kumagai, M., Ashihara, K., Fujimori, T., Sone, T. Equal loudness contours measured by the randomized maximum likelihood sequential procedure. Acust. Acta Acust. 2001, 87, pp. 389-399

[14] Takeshima, H., Suzuki, Y., Ashihara, K., Fujimori, T. Equal-loudness contours between 1 kHz and 12.5 kHz for 60 and 80 phons. Acoust. Sci. Technol. 2002, 23, pp. 106-109

[15] Corso, J.F. Absolute thresholds for tones of low frequency. Am. J. Psychol. 1958, 71, pp. 367-374

[16] Nagai, N., Matsumoto, K., Takeuchi, H., Takeda, S. The threshold of sensation for infrasound. *J. Low Freq. Noise Vib.* 1982, 1, pp. 165-173

[17] Landström, U., Lundström, R., Byström, M. Exposure to infrasound- Perception and changes in wakefulness. *J. Low Freq. Noise Vib.* 1983, 2, pp. 1-11

[18] Kurakata, K., Mizunami, T., Sato, H., Inukai, Y. Effect of ageing on hearing thresholds in the lowfrequency region. *J. Low Freq. Noise Vib. Act. Contr.* 2008, 27, pp. 175-184

[19] Kurakata, K., Ashihara, K., Matsushita, K., Tamai, H., Ihara, Y. Threshold of hearing in free field for high-frequency tones from 1 to 20 kHz. *Acoust. Sci. Technol.* 2003, 24, pp. 398-399

[20] Lydolf, M. The threshold of hearing and contours of equal loudness- A study of measuring methods and normal hearing. Ph. D. Thesis, Aalborg University, 1999, pp. 48-64

[21] Threshold of hearing: Preferred test conditions for determining hearing thresholds for standardisation Scand. Audiol. 1996, 25, pp. 45-52